الفصل 54

علم الأحياء السّلوكيّ
Behavioral Biology

مقدّمة

تتفاعل المخلوقات الحية مع بيئاتها بطرق عدّة. لفهم مثل هذه التَّفاعلات، نحن في حاجة إلى تقدير القوى الداخلية التي تصوغ طريقة سلوك الحيوان، وكذلك تقدير نواحي البيئة الخارجية التي تُؤثِّر في المخلوق. في هذا الفصل، سنستكشف الآليات التي تُحدِّد سلوك الحيوان، وسنفحص حقل علم البيئة السّلوكيّ الذي يبحث كيف صاغ الانتخاب الطبيعي السُّلوك خلال الزَّمن التَّطوري.

موجز المفاهيم

54-1 مقاربات دراسة السُّلوك
- *مُكوِّنا السُّلوك هما: سببه المباشر وأصله التَّطوري.*
- *السُّلوك الغريزي لا يتطلَّب تعلُّمًا.*

54-2 علم وراثة السُّلوك
- *يُمكن اختيار الجرذان بشكل اصطناعي من حيث مقدرتها على التَّعلُّم.*
- *أظهرت دراسات التوائم في الإنسان تشابهات غير معتمدة على البيئة.*
- *يبدو أن بعض السُّلوك يتحكَّم فيها جين واحد.*

54-3 التَّعلُّم
- *يحدث التَّعود عندما تستجيب المخلوقات بشكل أقل للمُنبِّه مع الوقت.*
- *يربط التَّعلُّم الارتباطي بين المُنبِّه والاستجابة.*

54-4 تطور السُّلوك
- *تؤثِّر تفاعلات الآباء مع الأبناء في الإدراك والسُّلوك.*
- *ربما تتفاعل الفطرة (الغريزة) والتَّعلُّم في أثناء تطور السُّلوك.*

54-5 الإدراك (التّعرّف العقلي) عند الحيوان

54-6 سلوك تحديد الاتجاه والهجرة
- *غالبًا ما تتطلَّب الهجرة جماعات تنتقل مسافات شاسعة.*
- *يجب أن تمتلك الحيوانات المُهاجرة القُدرة على تحديد الاتجاه وعلى الملاحة.*

54-7 اتصال الحيوان
- *يعتمد التَّكاثر النَّاجح على الإشارات والاستجابات المناسبة.*
- *يُسهِّل الاتصال عيش المجموعة.*
- *تختلف الإشارات في درجة تخصُّصها.*

54-8 علم البيئة السّلوكيّ
- *يُمكن أن يُؤثِّر سلوك جمع الغذاء بشكل مُباشر في تلاؤم الفرد.*
- *يُؤمِّن سلوك تحديد المنطقة المصادر (سلوك الإقليم الخاص).*

54-9 إستراتيجيات التَّكاثر والانتخاب الجنسي
- *يحدث الانتخاب التكاثري بطرق عدّة.*
- *تعكس أنظمة التَّزاوج تكيُّفات للنَّجاح التَّكاثري.*

54-10 الإيثار وحياة الجماعة
- *ربما تُفسِّر التبادلية بعض الإيثار.*
- *يقترح انتخاب النسب إيجابية وراثية مُباشرة للإيثار.*

54-11 نشوء الأنظمة الاجتماعية
- *تتضمَّن مُجتمعات الحشرات أفرادًا متخصصين لأداء مهام مُختلفة.*
- *توجد مُجتمعات الفقريات على أشكال وتراكيب عدَّة.*

1-54 مقاربات دراسة السُّلوك

يُمكن تعريف **السّلوك Behavior** بأنَّه الطَّريقة التي يستجيب فيها الحيوان لمُنبهات في بيئته. ربما يكون المُنبِّه بسيطًا مثل اكتشاف وجود الغذاء في البيئة. بهذا المعنى، "تتصرَّف" البكتيريا بالتَّحرُّك نحو تركيز السُّكر الأعلى في الوسط المُحيط بها. هذا التَّصرُّف بسيط جدًا ومُناسب لحياة البكتيريا، ويفسح المجال لهذه المخلوقات للعيش والتَّكاثر.

مع نشوء الحيوانات، فإنَّها احتلت أماكن مُختلفة، وواجهت مشكلات مُتنوعة أثَّرت في حياتها وتكاثرها. وقد أصبح جهازها العصبي وسلوكها أكثر تعقيدًا بشكل مُتلازم. يستقبل جهازها العصبي المعلومات، ويُعالجها، ويُحفِّز استجابات حركية تكيُّفية، نراها أنماطًا للسُّلوك.

مُكوِّنا السُّلوك هما: سببه المُباشر وأصله التَّطوري

يُمكن أن نتحدث عن سلوك الحيوان بطريقتين مُختلفتين: في الأولى، ربما نسأل كيف يتم ذلك كلُّه- أي، كيف توفر حواس الحيوان، أو شبكاته العصبية، أو حالته الدَّاخلية أساسًا فسيولوجيًّا للسُّلوك. "كيفية" السُّلوك هو السؤال عن المُسبِّب القريب *Proximate causation*. لتحليل السبب القريب للسُّلوك، ربما نقيس مُستوى الهرمونات، أو نُسجِّل نشاط السَّيال العصبي في الخليّة العصبية في الحيوان. فمثلًا، قد يُفرِّد ذكر العصفور المُغرِّد خلال موسم التَّكاثر بسبب ارتفاع مُستوى هرمون الجنس الذَّكري التستوستيرون، الذي يرتبط بمُستقبلات في الدِّماغ مُحفِّزًا سلوك التَّغريد؛ هذا التَّفسير يُمكن أن يصف السبب القريب لتغريد الطائر الذَّكر.

لماذا نشأ السُّلوك - أي بحث قيمته التكيفية- هو سؤال يهتم بالمُسبِّب النِّهائي *Ultimate causation*. لدراسة السبب النِّهائي للسُّلوك، نُحاول تحديد كيف أثَّر السُّلوك في بقاء الحيوان أو نجاحه التَّكاثري. يُفرِّد ذكر الطائر لصد ذكور أخرى عن منطقته ولجذب أنثى ليتكاثر معها، وهذا هو التَّفسير النِّهائي أو التَّطوري، لتغريد الذَّكر.

إنَّ لدراسة السُّلوك تاريخًا طويلًا من التَّناقض. أحد مصادر التَّناقض هو السُّؤال فيما إذا كان مُحدِّد السُّلوك هو جينات الفرد أكثر من خبرته وتجربته. بكلمات أخرى، هل سبب السُّلوك الطَّبيعة (الغريزة) أم التربية (الخبرة)؟ في الماضي، كان هذا السُّؤال يُعَدُّ افتراضًا يحتمل إجابة بإما/ أو، ولكننا الآن نعلم أنَّ كلًّا من الغريزة والخبرة يؤديان دورًا مهمًّا، وغالبًا ما يتفاعلان بطرق مُعقدة لإنتاج السُّلوك النِّهائي.

السلوك الغريزي لا يتطلَّب تعلّمًا

ركَّز البحث المُبكر في مجال سلوك الحيوان على أنماط سلوكية تملكها دائمًا أعضاء نوع مُعين استجابة لمُنبه مُعين؛ أي إنَّها، تبدو **سلوكًا فطريًّا، أو غريزيًّا Innate, behaviors**. ولأنَّ السُّلوك نمطيٌّ يظهر بالطريقة نفسها في أفراد مختلفين من النوع نفسه، فإنّ هؤلاء الباحثين الأوائل يُشدِّدون على أنَّه يجب أن يعتمد على مسارات محددة مُسبقًا في الجهاز العصبي. فبحسب وجهة نظرهم، تُنظم هذه المسارات بناء على مُخطَّطات وراثية تجعل الحيوانات تُظهر بشكل أساسي السُّلوك نفسه منذ أول مرة يظهر خلال حياتها.

يعتمد هؤلاء الباحثون بآرائهم على سلوكات مثل سلوك استرجاع البيضة عند الإوز. تحتضن الإوزة بيوضها داخل عشّ. فإنْ لاحظت الإوزة أنَّ بيضة قذفت خارج العُش، فإنَّها تمدُّ رقبتها نحو البيضة، وتنهض، وتُدحرج البيضة نحو العُشّ بحركة جانبية من رقبتها في حين تحضن البيضة تحت منقارها (الشكل 54-1). حتى إن أُزيلت البيضة في أثناء استرجاعها، فإنَّ الإوزة تُكمل السُّلوك، وكأنَّه يقودها برنامج انطلق بالمشهد الأولي للبيضة خارج العُشّ.

يُحفِّز سلوك استرجاع البيضة **مُنبِّه إشارة Sign stimulus**، وهو ظهور بيضة خارج العُش، ويُوفِّر مُكوِّن من مكونات الجهاز العصبي للإوزة **آلية إطلاق الغريزة Innate releasing mechanism**، أي التَّعليمات العصبية للبرنامج الحركي، أو **نمط الفعل الثابت Fixed action pattern**، المسؤول عن استرجاع البيضة. بالتَّعميم أكثر، إنَّ مُنبِّه الإشارة هو إشارة في البيئة تُحفِّز سلوكًا، في حين أن آلية إطلاق الغريزة هي آلية رصد تكشف الإشارة، ويكون نمط الفعل الثابت فعلًا نمطيًّا.

أحد الجوانب المُثيرة للاهتمام في مُنبهات الإشارة هو أنَّها غالبًا غير مُحددة بدقة؛ في بعض الأحيان، يُمكن لأهداف كثيرة مُتنوعة أن تُحفِّز نمط فعل ثابت واحد. فمثلًا، تحاول الإوزة دحرجة كرات قاعدة، وحتى علب المشروبات الغازية وتعيدها إلى أعشاشها. وفضلًا عن ذلك، فحالما تُصبح هذه الأشياء في العُشّ، فإنَّ الإوزة تُميِّز بأنَّها ليست بيوضًا، وتقوم بإخراجها!

مثال شبيه يُوفِّره ذَكَرُ سمك أبو شوكة. فخلال موسم التَّزاوج، تُطوِّر الذُّكور ألوانًا حمراء فاتحة على جانبيها من جهة البطن. تتفاعل الذكور المحددة لمنطقتها بشكل عدائي عند اقتراب ذكور أخرى، مُؤديةً عرضًا عدائيًّا، بل تُهاجم. وعندما لاحظ الباحث نيكو تنبرجن ذكر سمكة أبو شوكة في حوض ماء في المُختبر

الشكل 54-1

استجابة دحرجة البيضة الغريزية في الإوز. تمثل سلسلة الحركات التي تستعملها الإوزة لاستعادة بيضة نمط فعل ثابت. عندما تكتشف مُنبِّه إشارة (في هذه الحالة، بيضة خارج العش)، تقوم الإوزة بمجموعة الحركات كاملة: فهي تمدُّ رأسها نحو البيضة، وتُدحرج البيضة نحو العش بحركة جانبية عن طريق رقبتها، في حين تحضن البيضة تحت مِنقارها.

الشكل 54–2

مُنبِّه إشارة في سمكة أبو شوكة. ذكور سمك أبو شوكة إقليمية جدًا، وتُدافع بشدة عن إقليمها ضد الذُّكور الأخرى. تمتلك الذُّكور الإقليمية بطونًا حمراء؛ لذلك، فهو اللَّون الذي يُحفِّز سلوك العدوانية. في دراسات مِخبرية (يُعرض فيها للأسماك عادة نموذج واحد فقط في المرة الواحدة)، يُحدِّد وجود الشَّريط الأحمر ما إذا كان الذَّكر سوف يتفاعل بعدوانية.

يتصرف بشكل عدائي عند مرور عربة بريد حمراء بجانب الشُّباك، أدرك الباحث أنَّ اللَّون الأحمر هو مُنبِّه الإشارة (الشكل 54-2). وقد أوضحت تجارب لاحقة أنَّ الذُّكور تستجيب لنماذج عدة لا تشبه السمك طالما أنها تمتلك شريطًا أحمر. وقد فاز تنبرجن بجائزة نوبل عام 1973 في الطِّب أو الفسيولوجيا لعمله هذا.

جرت متابعة هذه الظاهرة خطوة إضافية بدراسة ما يُسمَّى **المُنبهات فوق العادية Supernormal stimuli**. فإذا أعطي الحيوان الخيار بين مُنبهي إشارة: أحدهما حجمه طبيعي، والآخر حجمه أكبر بكثير، فإنَّ كثيرًا من الحيوانات تستجيب للإشارة الأكبر. وعلى هذا، إذا أُعطيت الإوزة الخيار بين بيضة إوزة طبيعية، وأخرى بحجم كرة الطائرة، فإنَّها سوف تُحاول دحرجة البيضة الأكبر نحو العُش.

ليس من الواضح سبب وجود المُنبهات فوق العادية. إن ما يجب أن يبقى في البال، على كلّ حال، هو أنَّه في كثير من الحالات، لا توجد المُنبهات فوق العادية في الطَّبيعة. وبذلك، ربما يفضل الإوز بيضًا بحجم كرة طائرة، ولكنَّه لا يُصادف بيضًا بذلك الحجم أبدًا. ربما تطور الإوز ليستجيب للأجسام الأكبر لكي يهتم بالبيض، لا بالحجارة الدَّائرية، الأصغر حجمًا. وبسبب هذا، ربما حابى الانتخاب الطبيعي تطور تفضيل الأجسام الأكبر. هذه الاستجابة العامة ربما أدَّت إلى نتائج غير مُتوقعة في التجارب، ولكنَّها في الغالب لن تُؤدي إلى سلوك ذي خلل تكيُّفي في الطبيعة.

أكد البحث المُبكر في سلوك الحيوان السلوكات الغريزية التي تنتُج من مسارات محددة مسبقًا في الجهاز العصبي، ولذلك فهي على الأغلب مسيطر عليها وراثيًا.

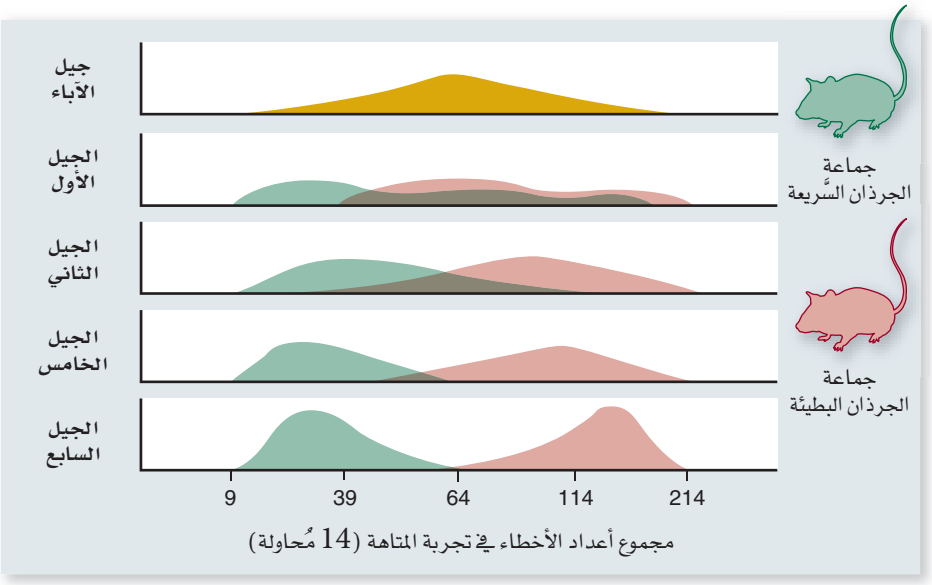
2-54 علم وراثة السُّلوك

تتعلَّق دراسة علم وراثة السُّلوك بمُكونات السُّلوك التي هي وراثية، تحكمها الجينات، وتنتقل من جيل إلى الجيل الذي يليه. وتُشير بيانات متعددة مُتنوعة، من الانتخاب الاصطناعي إلى علم الوراثة الجُزيئية الحديث، إلى أنَّ الاختلافات السُّلوكية بين الأفراد غالبًا ما تعود إلى اختلافات وراثية.

يُمكن اختيار الجرذان بشكل اصطناعي من حيث مقدرتها على التَّعلُّم

في تجربة مشهورة أجريت في أربعينيات القرن الماضي، دُرست مقدرة الجرذان على أن تجد طريقها في متاهة مُكوَّنة من أزقَّة عدَّة مُغلقة ولها فتحة واحدة، حيث تنتظرها جائزة من الطعام. تعلَّمت بعض الجرذان بسرعة أن تعبر المتاهة نحو الغذاء، مرتكبة القليل من المحاولات غير الصحيحة، لكن بعض الجرذان الأخرى أخذت فترة أطول للوصول إلى الطريق الصَّحيح.

قام الباحثون بتكثير الجرذان سريعة التَّعلُّم مع بعضها لإنشاء مُستعمرة "ذكية المتاهة"، وكثَّروا الفئران بطيئة التَّعلُّم لإنتاج مُستعمرة "غبية المتاهة". ثُمَّ تمَّ فحص الأبناء الناتجة في كلّ مُستعمرة على سرعة تعلُّمها على المتاهة. لقد تعلَّم أبناء الجرذان ذكية المتاهة بصورة أسرع حتى من آبائها، وتعلَّم أبناء الجرذان غبية المتاهة بصورة أبطأ حتى من آبائها. تكرار مثل هذا الاختيار أجيالًا عدة أدَّى إلى نوعين من الجرذان مُختلفين جدًا في المقدرة على تعلُّم المتاهة (الشكل 54-3).



مجموع أعداد الأخطاء في تجربة المتاهة (14 مُحاولة)

الشكل 54–3

وراثة التَّعلُّم. الجرذان الأسرع (تلك التي ترتكب أقل الأخطاء) في جماعة الآباء استُعملت لتأسيس إحدى الجماعات (الأخضر)، والجرذان الأبطأ لتأسيس الجماعة الأخرى (الأحمر). في الأجيال اللاحقة، استُعملت الطريقة نفسها لاختيار الجرذان السَّريعة (الأخضر) والبطيئة (الأحمر).

من الواضِّح، أنَّ المقدرة على تعلُّم المتاهة كان وراثيًّا إلى حد ما. إضافة إلى هذا، بدت هذه الجينات مُتخصِّصة لهذا السُّلوك؛ لأنَّ مجموعتي الجرذان لم تختلفا في مقدرتهما على أداء مهام سلوكية أخرى، مثل جريان متاهة أخرى مُختلفة تمامًا. لقد أوضح هذا البحث كيف يُمكن لدراسة واحدة بيان أنَّ للسُّلوك مكوِّنًا وراثيًّا.

أظهرت دراسات التَّوائم في الإنسان تشابهات غير معتمدة على البيئة

يُمكن رؤية دور الوراثة في الإنسان بمُقارنة سلوك التَّوائم المُتطابقة (الصنوية). التَّوائم المُتطابقة، كما يُظهر الاسم، مُتطابقة وراثيًّا، وأغلب مجموعات التَّوائم المُتطابقة نمت في البيئة نفسها، لذلك، لا يمكن أن نُحدِّد ما إذا كانت التَّشابهات في السُّلوك سببها التَّشابه الوراثي، أم من خبرات بيئية تشاركت بها في أثناء نموها (جدل الوراثة ضد البيئة التقليدي). في بعض الحالات، على كلّ حال، انفصل فيها التوءمان عن بعضهما، وتربى كلّ واحد عند عائلة مُختلفة.

أظهرت دراسة حديثة لخمسين مجموعة من هذه التَّوائم تشابهات عدة في الشَّخصية، والمزاج، وحتى في أنشطة أوقات الفراغ، على الرَّغم من أنَّ التَّوائم تربَّت في بيئات شديدة التباين. تُشير هذه التَّشابهات إلى أنَّ الوراثة تؤدي دورًا في تحديد السُّلوك، حتى في الإنسان، على الرَّغم من أنَّ الأهمية النِّسبية للوراثة مُقابل البيئة ما زالت قيد النِّقاش السَّاخن.

يبدو أن بعض السلوكات يتحكم فيها جين واحد

تقترح دراسات تعلُّم المتاهة والتَّوائم المُتطابقة أنَّ الجينات تؤدي دورًا في السُّلوك، ولكن بحثًا حديثًا وفَّر تفاصيل وفيرة جدًا عن الأساس الوراثي للسُّلوك. ارتبطت طفرات عدة، في كلّ من ذبابة الفاكهة *Drosophila* والفئران، بعيوب سلوكية مُحدَّدة.

في ذبابة الفاكهة، مثلًا، الأفراد التي تمتلك أليلات بديلة لجين واحد تختلف بشكل كبير في سلوك تغذيتها، عندما تكون يرقة: اليرقة التي بها أحد الأليلات تتحرَّك بشدة حالما تتغذَّى، ولكن الأفراد ذات الأليل البديل تكون قليلة الحركة. وهناك تنوع واسع من الطَّفرات في جينات أخرى معروفة الآن في ذبابة الفاكهة يُمكن لها أن تُؤثر في كلّ ناحية من سلوك المغازلة تقريبًا.

لقد دُرست الطُّرق التي تُؤثر بها الاختلافات الوراثية في السُّلوك مدة طويلة في جينات الفأر. فمثلًا، بعض الفئران التي بها طفرة معينة تُعاني مشكلة تذكُّر معلومات تعلَّمتها قبل يومين عن مكان الأشياء. يظهر هذا الفرق لأنَّ الفئران ذات الطَّفرة لا تُنتج أنزيمًا اسمه المفسفر المعتمد على كالسيوم وكالموديولين α–calcium– calmodulin–dependent kinase II، الذي يؤدي دورًا مُهمًّا في عمل قرن آمون، وهي منطقة في الدِّماغ لها دور في التَّعلُّم المكاني (ذُكر في الفصل الـ 46).

لقد سمحت البيولوجيا الجُزيئية الحديثة وطُرقها بدراسة دور الوراثة في السُّلوك بدقة أعلى. فمثلًا، ذكور الفئران المُهندسة وراثيًّا لتفقد القدرة على تكوين أكسيد النتريك، وهو ناقل عصبي في الدِّماغ، ظهر لديها سلوك عدواني مُتزايد.

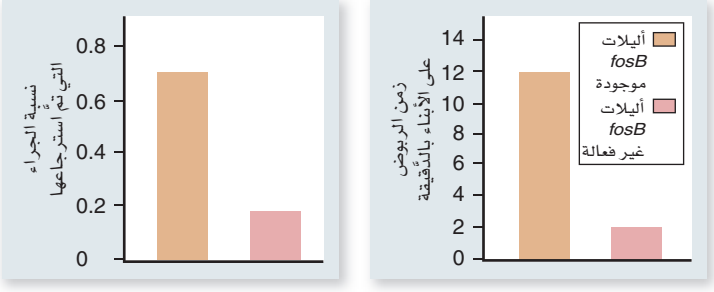
حدث اكتشاف رائع عام 1996، عندما اكتشف العلماء جينًا جديدًا، *fosB*، الذي على ما يبدو يُحدِّد إن كانت إناث الفئران تُربي صغارها بطرق مُعيَّنة. الإناث التي لديها كلا الأليلين في جين *fosB* مُعطلان تتحرَّى مبدئيًّا صغارها حديثي الولادة، ثُمَّ تتجاهلهم، بعكس الإناث الطَّبيعيات اللواتي يُظهرن سلوك العناية والحماية (الشكل 54–4).

ينتج هذا الإهمال على ما يبدو عن تفاعل تسلسلي. عندما تتحرَّى الأمهات صغارها الجُدد ابتداءً، فإنَّ معلوماتٍ قادمة من حواس السَّمع، والشَّم، واللَّمس تنتقل إلى تحت المهاد، حيث تنشط أليلات الجين *fosB*، فتُنتج بروتينًا مُحدَّدًا، يُنشِّط بدوره

أنزيمات وجينات أخرى تُؤثِّر في الدَّائرة العصبية داخل تحت المهاد. تجعل هذه التَّعديلات داخل دماغ الأنثى تستجيب كأم نحو صغارها. وعلى العكس، في الأمهات اللاتي تنقصها أليلات *fosB*، يتوقف هذا التَّفاعل في منتصف الطَّريق. لا تُنشَّط أي بروتينات، ولا يتمُّ إبراق الدَّائرة العصبية، ولا ينتُج سلوك الأمومة.

أ.

ب.



جـ. د.

الشكل 54-4

خلل وراثي في عناية الأم. أ. في الفئران، تعتني الأمهات الطبيعيات بنسلها عناية جيدة جدًا، كاسترجاعهم عندما يتحركون بعيدًا، والربوض عليهم. ب. أمهات بأليل *fosB* المُطفَّر لا تُؤدي مثل هذه السلوكات، بل تترك جراءها مكشوفة. جـ. كمية الوقت الذي لوحظت فيه إناث الفئران تربض بحالة إرضاع. د. نسبة الجراء التي تمَّ استرجاعها عندما حُرِّكت بشكل تجريبي.

استقصاء

لماذا يُؤدي نقص أليلات *fosB* إلى عدم انتباه الأم؟

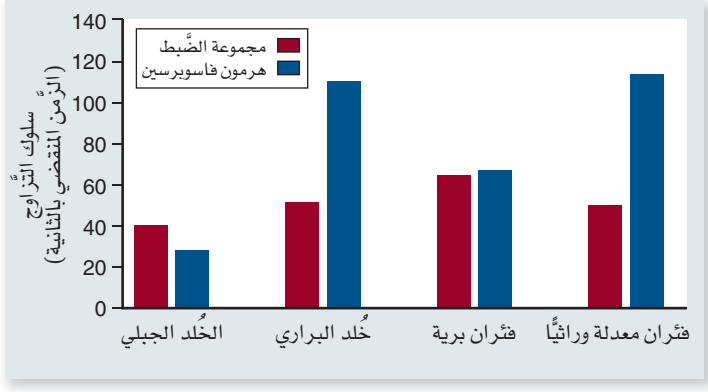
مثال مُدهش آخر للأساس الوراثي للسُّلوك يتعلق بنوعي قوارض في أمريكا الشَّمالية: خُلد البراري والخلد الجبلي. يختلف هذان النوعان القريبان من بعضها في سلوكهما الاجتماعي: إذ ترتبط ذكور خُلد البراري وإناثه بزواج أحادي، ويعملان معًا لتنشئة صغارهما، في حين يتزاوج ذكور الخلد الجبلي وإناثه، ويذهب كلّ منهما في طريق مُنفصل.

تمَّت دراسة الفروق بين هذين النَّوعين بشكل مُكثَّف. تُؤدي عملية التَّزاوج إلى إطلاق ببتيدات عصبية تُدعى فاسوبريسن وأُكسيتوسين في كلا نوعي الخُلد (كذلك في الكثير من أنواع الثدييات). تختلف استجابة الخُلد لهذين الببتيدين، بشكل شديد، فحقن أي منهما في خُلد البراري يُؤدي إلى ازدواج الذكور والإناث، حتى دون جماع. وعلى العكس، فحقن مادة كيميائية تُثبِّط عمل هذين الببتيدين العصبيين تجعل خُلد البراري لا يزدوج بعد الجماع. في المقابل، لا يتأثر الخُلد الجبلي بأيٍّ من هذه العمليات.

يُعزى سبب هذه الاستجابات المُختلفة إلى اختلافات بين الأنواع في تركيب الدِّماغ (الشكل 54-5). يمتلك خُلد البراري كثيرًا من مُستقبلات هذه الببتيدات في مكان مُحدَّد من الدِّماغ، هو النواة المتكئة، حيث تُشارك هذه المستقبلات على ما يبدو في إظهار سلوك الارتباط. وعلى العكس، توجد كمية قليلة من المُستقبلات موجودة في المنطقة نفسها من دماغ الخُلد الجبلي. وقد وجد، في تجارب مخبرية

ب. الخُلد الجبلي

أ. خُلد البراري



جـ.

الشكل 54-5

الأساس الوراثي لسلوك الارتباط في نوعين من القوارض. أ. و ب. خُلد البراري (*Microtus ochrogaster*) والخُلد الجبلي (*M. montanus*) يختلفان في توزيع نوع من أنواع مُستقبلات الفاسوبريسين Vasopressin في الدِّماغ. جـ. فئران مُعدَّلة وراثيًّا أعدت من نسخة جينات المُستقبل الخاصة بخُلد البراري تستجيب لحقن الفاسوبريسين بإظهارها مُستويات أعلى من سلوك الازدواج للتكاثر في مُحاولات مدتها 5 دقائق مُقارنةً باستجابتها لحقن ضابط التَّجربة. في المقابل، لا تُظهر الفئران البرية الطبيعية أيًّا من هذه السلوكات.

على خُلد البراري، أن إغلاق مثل هذه المُستقبلات يُؤدي إلى منع الارتباط، في حين يُؤدي تنشيطها إلى سلوك الارتباط.

وقد تمَّ الكشف حديثًا عن الأساس الوراثي لهذه الاختلافات. فقد تعرَّف العلماءُ الجينَ المسؤولَ عن صناعة مُستقبلات الببتيدات، واكتشفوا وجود اختلافات في تركيب DNA بين النَّوعين. ولاختبار فرضية أنَّ هذا الاختلاف الوراثي هو المسؤول عن الاختلاف في السُّلوك، أعدَّ العلماء فأرًا مُعدَّلًا وراثيًّا يحمل نسخة من جين خُلد البراري. وبشكل مطابق للتوقعات، أظهر الفأر المُعدَّل وراثيًّا – عندما حقن بفاسوبريسن – سلوكًا تزاوجيًّا شبيهًا إلى حدٍّ كبير بسلوك خُلد البراري، أمّا الفأر الطبيعي فلم يظهر أي استجابة (انظر الشكل 54-5).

يدعم الأساس الوراثي للسُّلوك تجارب انتخاب اصطناعية، ودراسات على التَّوائم المُتطابقة، ودراسات على سلوك الحيوانات ذات الطَّفرة الوراثية. أدَّت تطوُّرات حديثة في مجال البيولوجيا الجُزيئية إلى اكتشاف جينات مُحدَّدة تتحكَّم في السُّلوك.

3-54 التَّعلُّم

كثير من الأنماط الوراثية التي يُظهرها الحيوان ليست ناتجة عن الغريزة وحدها. ففي حالات عدَّة، يُعدِّل الحيوان سلوكه بناء على خبرات سابقة، وهي عملية تُسمَّى **التَّعلُّم Learning**. تمَّ دراسة دور التَّعلُّم بدايةً بشكل مكثف على القوارض في المُختبرات، لكن الباحثين الآن يستقصون عمليات التَّعلُّم وقدراته على عدد واسع من المخلوقات.

يحدث التَّعود عندما تستجيب المخلوقات بشكل أقل للمُنبِّه مع الوقت

أبسط أنواع التَّعلُّم لا يحتاج من الحيوان إلى أن يربط بين مُنبهين أو مُنبه واستجابة. شكل من أشكال التَّعلُّم غير الارتباطي *Nonassociative learning* هو **التَّعود Habituation**، الذي يُمكن تعريفه بتناقُص الاستجابة لمُنبه مُتكرِّر ليس له عواقب سلبية أو إيجابية. في كثير من الحالات، يُثير المنبه استجابة قوية للمرة الأولى، لكن قوة الاستجابة تقل بالتَّدريج مع التَّعرض المُتكرر.

فمثلًا، ترى الطُّيور الصغيرة أجسامًا عدَّة تتحرَّك حولها. في البداية، تستجيب بأنّ تربض للأسفل، وتبقى في حالة سكون. بعض الأجسام، مثل الأوراق الساقطة أو بعض الأفراد من نوعها نفسه تطير قريبًا، وتُشاهد بكثرة، وليس لها أيّ تأثير سلبي أو إيجابي في الصغار. مع الوقت، قد تعتاد الطُّيور الصَّغيرة على مثل هذه المُنبهات، فتتوقف عن الاستجابة. لذلك، يُمكن اعتبار التَّعود على أنَّه تعلم عدم الاستجابة إلى مُنبه.

إنَّ من المُهم أن تكون هناك قُدرة للحيوان على أن يتجاهل المُنبهات غير المُهمة خصوصًا، وهو يُواجه مجموعة كبيرة عن المُنبهات في بيئته المُعقَّدة؛ إنَّ الحيوانات التي لا تقوم بعمل هذا تفشل في التَّركيز على الأنشطة المُهمة، مثل إيجاد الطَّعام، وتجنُّب المُفترسات، وربما ستترك نسلًا قليلًا في الجيل المقبل.

يربط التَّعلُّم الارتباطي بين المُنبه والاستجابة

التغيُّر في السُّلوك الذي يتعلَّق بالربط بين مُنبهين، أو بين مُنبه واستجابة، يُدعى **التَّعلُّم الارتباطي Associative learning** (الشكل 54-6). يتعدَّل السُّلوك، أو يُصبح شرطيًّا *Conditioned*، من خلال الارتباط. يُعدّ هذا الشَّكل من التَّعلُّم أكثر تعقيدًا من التَّعود. هناك نوعان رئيسان من التَّعلُّم الارتباطي هما: الارتباط التقليدي والارتباط الفاعل، وهما يختلفان في طريقة تكوين الارتباط.

الارتباط التقليدي

في **الارتباط التقليدي Classical conditioning**، يجعل العرض المُزدوج لنوعين مُختلفين من المُنبهات الحيوان يُشكِّل ارتباطًا بين المُنبهين. الارتباط التقليدي يُدعى أيضًا **تكيفًا أو ارتباط بافلوف Pavlovian conditioning**، نسبة لعالم النَّفس الروسي إيفان بافلوف، الذي كان أول من وصفه.

قدَّم بافلوف لحمًا مطحونًا، وهو مُنبِّه غير شرطي *Unconditioned stimulus*، إلى كلب، فلاحظ أنَّ الكلب يستجيب بإسالة اللُّعاب، وهذه استجابة غير شرطية *Unconditioned response*. إذا تمَّ تقديم مُنبِّه ليس له علاقة، مثل قرع جرس، بشكل مُتكرِّر في الوقت نفسه مع اللَّحم المطحون، فإنَّ الكلب سيسيل لعابه سريعًا استجابة لقرع الجرس وحده. لقد تعلم الكلب الربط بين المُنبِّه الذي ليس له علاقة، أي قرع جرس، ومؤثر تقديم اللَّحم المطحون. إنَّ استجابته لمُنبِّه الصوت، عندئذ، ستكون شرطية، ويُدعى صوت الجرس المُنبِّه الشرطي *Conditioned stimulus*.

الارتباط الفاعل

في **الارتباط الفاعل Operant conditioning**، يتعلم الحيوان أن يربط استجابة سلوكية مع المُكافأة أو العقاب. درس عالم النَّفس الأمريكي ب. ف. سكِنَر تعلُّم الارتباط الفاعل في الجرذان عن طريق وضعها في جهاز يُدعى "صندوق سكنر". حالما يبدأ الجرذ باستكشاف الصندوق، فإنَّه يضغط مفتاحًا بطريق المصادفة، مُسببًا تدفق بعض الغذاء. في البداية، يتجاهل الجرذ المفتاح، ويأكل الغذاء، ويستمر في الحركة. على كلّ حال، يتعلَّم الجرذ بسرعة أن يربط بين الضَّغط على المفتاح (استجابة سلوكية) والحصول على الغذاء (الجائزة التعزيز). وعندما يكون جائعًا، فإنَّه يقضي مُعظم وقته في الضَّغط على المفتاح. هذا النَّوع من التَّعلُّم عن طريق التَّجربة والخطأ مُهم جدًا عند مُعظم الفقريات.

اعتاد علماء النَّفس المُقارن على الاعتقاد أنَّ أي مُنبهين يُمكن أن يرتبطا معًا عن طريق الارتباط التقليدي، وأنَّ الحيوانات يُمكنها أن تتكيَّف لأداء أيّ سلوك

يمكن تعلمه استجابة لأي مُنبِّه عن طريق الارتباط الفاعل. وكما سترى في النِّقاش الآتي، هذه النَّظرة قد تغيَّرت، إذ يعتقد الباحثون اليوم، أنَّ الغريزة تقود التَّعلُّم عن طريق تحديد نوع المعلومات التي يُمكن تعلُّمها عن طريق الارتباط.

الغريزة (الفطرة) والتَّعلُّم

من الواضح الآن أنَّ بعض الحيوانات تمتلك ميلًا فطريًّا نحو تكوين ارتباطات مُعينة. فمثلًا، إذا أُعطي الجرذ طعامًا على هيئة حبيبات وفي الوقت نفسه تعرَّض إلى الأشعة السِّينية (التي تُسبِّب لاحقًا الغثيان)، فإنَّ الجرذ يتذكَّر مذاق الغذاء، ولكن ليس حجم حبيباته، وفي المُستقبل سوف يتجنَّب الغذاء بذلك المذاق، ولكنَّه سوف يأكل بسهولة حبيبات بالحجم نفسه إن كان لها مذاق مُختلف.

بالطريقة نفسها، يُمكن للحمام أن يتعلَّم ربط الغذاء مع الألوان، ولكن ليس مع الأصوات. على العكس من ذلك، يستطيع الحمام الربط بين الخطر والأصوات، وليس الألوان.

هذه الأمثلة على الاستعداد التَّعلُّمي تُظهر أنَّ ما يُمكن للحيوان أن يتعلمه يتأثر بيولوجيًّا، أي إنَّ التَّعلُّم مُمكن فقط ضمن حدود وضعتها الغريزة. وقد تطوَّرت البرامج الفطرية؛ لأنَّها تُؤكد الاستجابات الارتباطية. في الطبيعة، الطَّعام السَّام لجرذ يُحتمل أن يكون له مذاق مُعين؛ ولهذا، من التكيف أن تربط المذاق مع شعور المرض الذي يُمكن أن يتطور بعد ساعات. البذور التي تأكلها حمامة قد يكون لها لون مُعين تراه الحمامة، ولكنها لا تعطي صوتًا يُمكن للحمامة أن تسمعه.

إنَّ بيئة الحيوان هي المفتاح لفهم قدراته الذِّهنية. بعض أنواع الطُّيور، مثل كاسر الجوز، يتغذَّى على البذور. عندما تكون البذور مُتوافرة، تقوم هذه الطُّيور بخزن البذور في مخابئ تحت الأرض؛ كي تتغذَّى عليها خلال الشِّتاء. الآلاف من المخابئ يُمكن دفنها، ومن ثَمَّ استرجاعها لاحقًا، وأحيانًا بعد أكثر من تسعة أشهر. بعضنا قد يتوقع أن يكون للطُّيور ذاكرة مكانية خارقة، وهذا ما تمَّ فعلًا التحقق منه (الشكل 54-7). فالطُّيور خازنة البذور الأخرى، تمتلك قرن آمون، وهو مركز خزن الذَّاكرة في الدِّماغ، كبير بشكل غير طبيعي.

الشكل 54-7

يمتلك طائر كسارة الجوز ذاكرة غير عادية. يُمكن لطائر كسارة الجوز، *Nucifraga columbiana* أن يتذكَّر مواقع أكثر من 2000 مخبأ بذور بعد أشهرٍ من إخفائها. بعد إجراء التَّجارب، توصَّل العلماء إلى أنَّ الطيور تستخدم خصائص في الموقع، وأهدافًا مُحيطة أخرى بوصفها مراجع مكانيةً لحفظ مواقع المخابئ.

التَّعود شكل بسيط من التَّعلُّم لا يتطلب الرَّبط بين المُنبهات والاستجابات. على العكس، التَّعلُّم الارتباطي (الارتباط التقليدي، والارتباط الفاعل) يتطلَّب تكوين ربط بين مُنبهين أو بين سلوك واستجابة.

أ. ب. جـ.

الشكل 54-6

تعلُّم ما هو قابل للأكل. التَّعلُّم الارتباطي له علاقة بتفاعلات المُفترس والفريسة. أ. عرضت على ضفدع بسيط نحلةٌ طنَّانة بوصفها طعامًا. ب. لُسع الضفدع، و (جـ) ومن ثم تجنَّب أكل النَّحل الطنَّان أو أي حشرة أخرى لها ألوان سوداء وصفراء. لقد ربط الضِّفدع بين مظهر الحشرة والألم، فعدَّل سلوكه.

4-54 تطوُّر السُّلوك

يُميِّز علماء أحياء السُّلوك الآن أنَّ للسُّلوك مُكوِّنات وراثية وتعلُّمية. وقد ناقشنا في هذا الفصل حتى الآن تأثير الجينات والتَّعلُّم مُنفصلين. ولكن كما سوف تُلاحظ، فإنَّ هذين العاملين يتداخلان خلال التَّطور لتشكيل السُّلوك.

تُؤثر تفاعلات الآباء مع الأبناء في الإدراك والسُّلوك

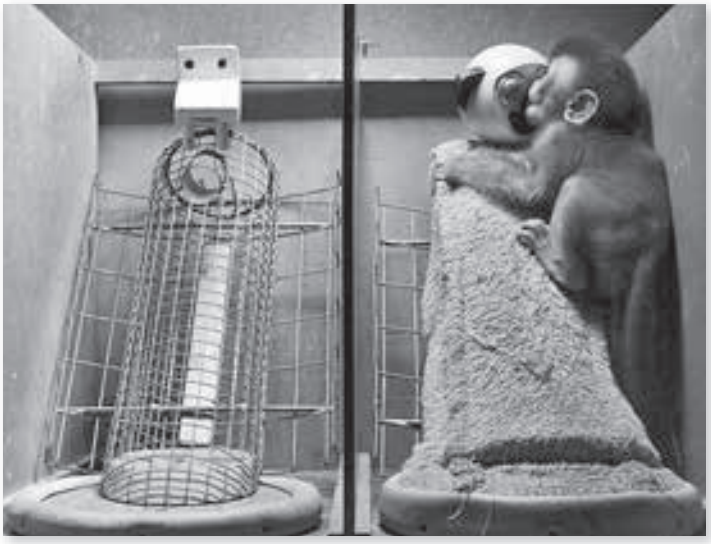
حالما ينضج الحيوان، فإنَّه قد يُكوِّن ارتباطات سلوكية مع أفراد آخرين، أو يُطوِّر خيارات أخرى تُؤثِّر في سلوكه لاحقًا في الحياة. هذه العملية تُدعى **الانطباع** أو **الدَّمغ Imprinting**، وتُعدّ أحيانًا نوعًا من التَّعلُّم.

في انطباع البنوة *Filial imprinting*، تتكوَّن ارتباطات اجتماعية بين الآباء والأبناء. فمثلًا، تبدأ صغار الطُّيور لبعض الأنواع في اللَّحاق بأمها بعد ساعات قليلة من الفقس، وتُسبِّب استجابة اللَّحاق هذه تكوين رابطة بين الأم والصغير. على كلّ حال، التَّعرض الأولي لصغار الطُّيور يُحدِّد كيفية تكوُّن هذا الانطباع. لقد ظنَّ عالم السُّلوك الألماني كونراد لورينز أنَّ الإوزة سوف تتبع أول جسم تراه بعد الفقس، وتُوجِّه سلوكها الاجتماعي نحو ذلك الجسم. ربَّى لورينز إوزًا من البيض، وعندما عرض نفسه بوصفه نموذجًا للانطباع، عاملته الصِّغار كما لو أنَّه أحد أبويها، تلحق به بإطاعة تامة (الشكل 54-8). يكون نجاح الانطباع أعلى ما يُمكن في فترة حرجة (تقريبًا بعد 13-16 ساعة من الفقس عند الإوز).

أوضحت دراسات عدَّة أنَّ التَّفاعلَ الاجتماعيَّ الذي يحصل بين الآباء والأبناء مهمٌ للتطوُّر الطبيعي في السُّلوك. فقد أعطى عالم النفس هاري هارلو قرودًا رايزيسية رضيعة ويتيمة الفرصة لإقامة علاقات اجتماعية مع "والدتين" بديلتين: إحداهما مصنوعة من ثياب ناعمة تُغطي إطارًا من الأسلاك، والأخرى مصنوعة من الأسلاك فقط (الشكل 54-9). وقد اختارت القرود الرَّضيعة أن تقضي وقتها مع الأم ذات الثياب، حتى إنْ كانت الأم من الأسلاك هي وحدها التي قدَّمت الغذاء، ما يشير إلى أنَّ اتصال القماش والملمس، وليس التَّزويد بالغذاء، ربما يكون من

الشكل 54-8

أبٌ غير محتمل. تتبع صغارُ الإوز المُتحمِّسة العالِمَ كونراد لورينز كما لو أنَّه أبوها. إنَّه الهدف الأول الذي رأوه بعد أن فُقسوا، واستعملوه نموذجًا للانطباع أو للدَّمغ. فاز لورينز بجائزة نوبل عام 1973 للطِّب أو الفسيولوجيا لعمله هذا.



الشكل 54-9

مُحاولات الاختيار عند القرود الرَّضيعة. إذا أُعطي الخيار بين إطار معدني يزوِّدها بالطَّعام، وإطار مُشابه غُطِّي بالثياب، ووضع عليه رأس قرد، فإنَّ القرود الرايزيسية اليتيمة تختار الشَّكل الشبيه بالقرد على الشَّكل الذي زوَّدها بالغذاء.

بين الخصائص الأساسية في الأم التي تُشجِّع الرَّضيع على الارتباط الاجتماعي. وقد أظهرت دراسات أخرى أنَّه إذا حُرم رضيع القرد من الاتصال الاجتماعي الطَّبيعي، فإنَّ تطوره يختل، وأن الزِّيادة في درجة الحرمان تُؤدي إلى زيادة الخلل في السُّلوك الاجتماعي خلال مرحلة الطُّفولة والبلوغ. وتُشير دراسات على الأيتام الرَّضيعة من البشر تمت بشكل مُشابه إلى الحاجة إلى "شكل أم" للنُّمو الطَّبيعي والتَّطور النفسي.

أظهر بحث حديث الحاجة البيولوجية إلى المنبه الذي يحدث خلال تفاعل الأب والابن خلال بداية الحياة. تلعق إناث الجرذان صغارها بعد الولادة، وهذا المُنبِّه يُنبِّط إطلاق مادة كيميائية تُشبه الهرمون يُمكن لها أن تُثبِّط النُّمو الطبيعي. تمتلك الصغار التي تستقبل تنبيه اللَّمس الطَّبيعي أيضًا مُستقبلات دماغية أكثر للهرمونات السكرية القشرية، وخلايا عصبية أطول عمرًا، وأكثر تحمُّلًا للضَّغط النَّفسي. وأطفال البشر الخداج الذين يتمُّ تدليكهم يكسبون الوزن بسرعة. تُشير هذه الدِّراسات إلى أنَّ الحاجة إلى تفاعل اجتماعي طبيعي تستقر في الدِّماغ، وأنَّ اللَّمس ونواحيَ أخرى من الاتصال بين الآباء والأبناء مُهمة للتَّطور الفيزيائي والسّلوكيّ.

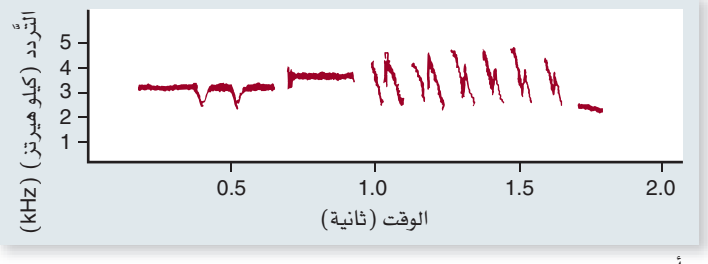
الانطباعُ الجنسيُّ Sexual imprinting عمليةٌ يتعلَّم فيها الفرد توجيه سلوكه الجنسي نحو أفراد من النَّوع نفسه. وقد أظهرت **دراسات التَّبني الهجين Cross-fostering**، التي تتمّ فيها تنشئة أفراد نوع مُعين من قبل أبوين من نوع آخر أنَّ هذا النَّوع من الانطباع يحدث أيضًا مُبكرًا في الحياة. في أغلب أنواع الطُّيور، أظهرت الدِّراسات أنَّ الطائر المُتبنى سوف يُحاول التزاوج مع أفراد من النَّوع المُتبني عندما ينضج جنسيًّا.

ربما تتفاعل الفطرة (الغريزة) والتَّعلُّم في أثناء تطور السُّلوك

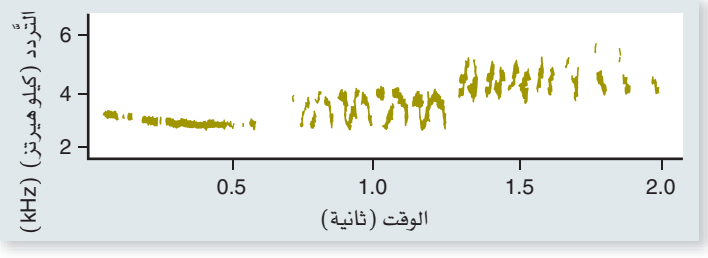
يُطلق ذَكَرُ عصفور الدُّوري ذو التَّاج الأبيض البالغ تغريدة غزل مُتخصِّصة في النَّوع في أثناء فصل التَّزاوج. تكتسب ذكور الطُّيور الشَّابة التَّغريدة عن طريق خليط من الفطرة والتَّعلُّم.

في إحدى التَّجارب، ربَّى الباحثون ذكور طيور في حاضنات عازلة للصَّوت، ومُجهزة بسمّاعات ومُكبِّرات صوت. بهذه الطَّريقة، كان الباحثون يتحكَّمون فيما يسمعه الطائر في أثناء نضجه، وسجلوا التَّغريد الذي يُطلقه، وهو بالغ. عصافير الدُّوري ذو التَّاج الأبيض التي لم تسمع أي تغريد، أو التي سمعت تغريدًا لنوع آخر، هو الدُّوري المُغرِّد، غرَّدت كبالغ ألحانًا ضعيفة (الشكل 54-10). ولكن الطُّيور التي سمعت تغريدًا للنوع نفسه، أو التي سمعت ألحانًا من كلٍّ من الدُّوري ذي التَّاج الأبيض والدُّوري المُغرد، غرَّدت بشكل مُتطور جدًا، ألحانًا للدُّوري ذي التَّاج الأبيض، عندما أصبحت بالغة.

تقترح هذه النتائج أنَّ هذه الطُّيور تمتلك **قالبًا وراثيًّا Genetic template**، أو برنامجًا غريزيًّا، يقودها لتعلُّم التَّغريدة المُناسبة. خلال مرحلة حرجة في التَّطور، يتقبَّل القالب التَّغريدة المُناسبة بوصفها نموذجًا. لذا، يعتمد اكتساب التَّغريدة على التَّعلُّم، ولكن تغريدة النَّوع الصحيحة هي التي يُمكن تعلُّمها؛ إنَّ القالب الوراثي للتَّعلُّم اختياري.



أ.



ب.

الشكل 54-10

تطوُّر التَّغريد في الطُّيور. أ. التسجيلات الصوتية لتغريدات أصدرتها ذكور عصفور الدوري ذي التاج الأبيض (*Zonotrichia leucophrys*) التي تعرَّضت لتغريد أفراد من نوعها نفسه خلال التَّطور الجنيني كانت مُختلفة عن (ب) تلك التي أصدرتها ذكور عصفور دوري لم تتعرَّض لتغريد خلال التَّربية. يُشير هذا الاختلاف إلى أنَّ البرنامج الوراثي نفسه غير كافٍ لإصدار تغريد طبيعي.

الشكل 54-11

مُتطفِّلات الحضانة. تضع طيور الوقواق بيوضها في أعشاش أنواع أخرى من الطيور. ولأنَّ صغار الوقواق (الكبير على اليمين) ربَّتها أنواع أخرى (مثل طائر جُشْنَة المرج، الطائر الأصغر على اليسار)، فإنها لم تحصل على فرصة لتعلُّم تغريد الوقواق؛ إنَّ تغريدَ الوقواق الذي سوف يُغرِّده لاحقًا غريزيٌّ.

ولكن التَّعلُّم يؤدي دورًا بارزًا أيضًا. إذا أُصيب عصفور دوري شاب أبيض التَّاج بالصمَّم بعد أن سمع صوت تغريد أبناء نوعه خلال الفترة الحرجة، فإنَّه سوف يغرد ألحانًا ضعيفةً عند بلوغه. ولهذا، يجب أن "يستمع" العصفور لنفسه، وهو يُغرِّد، ويُطابق بين ما سمعه والنَّموذج الذي قبله قالبه.

وعلى الرَّغم من أنَّ هذا التَّفسير لتطوُّر التَّغريد بقيَ دون مُنافسة سنوات عدة، فإن بحثًا جديدًا أظهر أنَّ العصفور الدُّوري أبيض التَّاج يُمكن أن يتعلَّم تغريد نوع آخر في ظروف مُعينة. فإذا وُضع ذكر حسون التُّوت حيًّا في قفص بجانب ذكر دوري صغير، فإنَّ ذكر الدُّوري الصَّغير سيتعلَّم تغريد عصفور الحسون. يُشير هذا الاكتشاف إلى أنَّ المُنبهات الاجتماعية – في هذه الحالة، مقدرته على رؤية طائر آخر- ربما تكون أكثر تأثيرًا، من التَّغريد المُسجل على أشرطة تسجيل، في تعديل البرنامج الفطري الذي يُوجِّه تطوُّر التَّغريد.

لا تمتلك ذكور بعض أنواع الطُّيور أي فرصة لأن تسمع تغريد أبناء نوعها. في مثل هذه الحالة، يبدو أنَّ الذُّكور "يعرفون" تغريد أبناء جنسهم بشكل فطري. فمثلًا، طيور الوقواق هي مُتطفِّلات حضانة؛ تضع الإناث بيوضها في عش نوع آخر من الطُّيور، والصِّغار التي تفقس تربيها آباء بالتَّبني (الشكل 54-11). عندما تبلغ طيور الوقواق، فإنَّها تُغرِّد لحن أبناء نوعها لا تغريد آبائها بالتَّبني. ولأنَّ الذُّكور مُتطفلات الحضانة تسمع على الأغلب تغريد الأنواع المُضيفة خلال النُّمو، فإنَّ من التكيف بالنِّسبة إليها أن تتجاهل مثل هذه المُنبهات "غير الصحيحة". إنها لا تسمع تغريد أي ذكور بالغة من أبناء نوعها، لهذا لا تُوجد نماذج تغريد صحيحة مُتوافرة. في هذه الأنواع، أنتج الانتخاب الطَّبيعي تغريدًا موجّهًا وراثيًّا بشكل كامل.

إنَّ التَّفاعلات التي تحدث خلال مراحل حرجة من التَّطور مُهمة جدًا لتَّطور السُّلوك الطَّبيعي. يؤدي الاتصال الجسدي دورًا مُهمًّا في النُّمو، وفي تطوُّر الرَّاحة النَّفسية.

5-54 الإدراك (التعرف العقلي) عند الحيوان

إنَّ الدَّرجة التي "يُفكِّر" بها الحيوان ما زالت قيد النِّقاش المُكثَّف. الكثير منا لاحظ سلوك قِط أو كلب أليف جعلنا نعتقد أنَّ للحيوان نوعًا من قُدرة التَّفكير أو من الاستنتاج. منذ عقود عدة، على كلّ حال، رفض دارسو سلوك الحيوان بشدَّة فكرة أنَّ الحيوانات من غير البشر يُمكن لها أن تُفكر. وفي الحقيقة، أوضح عالم السُّلوك لويد مورجان في أواخر القرن التاسع عشر أنَّ أحدنا يجب عدم افتراضه سلوكًا ما يُمثل التَّفكير الواعي، إن كان هناك أي تفسير آخر يحول دون افتراض الوعي. إن المقاربة السَّائدة كانت أن تُعامل الحيوانات وكأنَّها استجابت للبيئة من خلال سلوكات فطرية ومن خلال تعلُّم بسيط، فطري ومُبرمج.

في السنوات الحديثة، جرى إعطاء اهتمام واسع لموضوع إدراك الحيوان. وكان السُّؤال الأساسي: هل تُظهر الحيوانات **سلوكًا تعرفيًا إدراكيًا Cognitive behavior** – أي، هل تقوم بمُعالجة المعلومات، وتستجيب بطريقة تُظهر التَّفكير (الشكل 54-12)؟

ما أنواع السُّلوك التي يُمكن أن تُظهر الإدراك؟ هناك حالات عدَّة تُظهر القُدرات الإدراكية:

- بعض الطُّيور في المناطق المدنية في منتصف القرن العشرين، حيث كان توزيع الحليب على البيوت شائعًا، تعلَّمت أن تنزع أغطية القصدير عن زجاجات الحليب غير المُتجانس لتصل إلى القشدة التي تحتها؛ وقد تعلَّمت طيور أُخرى هذا السُّلوك عن طريق المُلاحظة.
- تعلَّم قرد المكاكا الياباني أن يغسل الرَّمل عن البطاطا، وأن يغسل الحبوب بالماء؛ لإزالة الرَّمل عنها.

ب.

أ.

الشكل 54-12

تفكير الحيوان. أ. هذا الشمبانزي ينزع الأوراق من على غصن شجرة، وسيستعمله مجسًّا لعش النَّمل الأبيض. هذا السُّلوك يُظهر بشدة أنَّ الشَّمبانزي يُخطط بوعي للأمام، مع معرفة تامة لما ينوي أن يفعل. ب. ثعلب البحر هذا يستعمل صخرة بوصفها "سندانًا" لكسر محارة ليفتحها. ربما يبقي ثعلب البحر صخرة مفضلة لديه مدة طويلة من الوقت، وكأنَّ لديه فكرة واضحة لاستعماله المُستقبلي للصَّخرة. سلوكات مثل هذه تدلُّ على أنَّ الحيوانات لديها قدرات إدراكية.

الشكل 54-13

حلّ مشكلة من قِبَل شمبانزي. لم يستطع الشمبانزي أن يحصل على الموز بالقفز، فبدأ يُصمِّم حلًّا.

- لوحظت قرود الشَّمبانزي، وهي تسحب الأوراق من فرع الشَّجرة، ثُمَّ تدسّ الفرع داخل مدخل عشّ النَّمل الأبيض؛ وعندما يتسلَّق النَّمل الأبيض الفرع، كان الشَّمبانزي ينزع الفرع، ويأكل النَّمل الأبيض.

اختبرت تجارب قليلة قُدرة الحيوانات من غير البشر على التَّفكير. تقترح بعض هذه الدِّراسات أنَّ الحيوانات ربما تُعطي وبشكل مُتعمَّد معلومات غير صحيحة. حاليًّا، يُحاول الباحثون تحديد ما إذا كانت بعض الرَّئيسيات تخدع غيرها لكي تُؤثر في سلوك أعضاء آخرين في القطيع. وتوجد روايات تُشابه الخيال على ما يبدو تدعم فكرة أنَّ الخداع يحدث في بعض أنواع الرَّئيسيات من غير الإنسان، مثل قرد البابون والشَّمبانزي، ولكن كان من الصَّعب تصميم تجارب حقلية لفحص مثل هذه الفكرة. الكثير من هذا النوع من البحث على إدراك الحيوان هو في بدايته، ولكن من المُؤكد أنَّه يتزايد، وأنَّه سيثير جدلًا. على أي حال، ليس هناك ما نكسبه بالإنكار الجازم لاحتمالية وعي الحيوان.

بعض السلوكات، كتلك التي تتعلَّق بحل المشكلات بالتَّحديد، صعبة التَّفسير بأي طريقة غير أنَّها تنتُج عن نوعٍ من العمليات العقلية (الذهنية). فمثلًا، في سلسلة من التَّجارب الكلاسيكية أُجريت عام 1920، تُرك شمبانزي في غرفة مع موز مُعلَّق في سقف يصعب الوصول إليه. كان في الغرفة أيضًا صناديق عدَّة، كلها على أرض الغرفة. بعد مُحاولات عدَّة فاشلة للقفز للإمساك بالموز، نظر الشَّمبانزي فجأةً إلى الصَّناديق، وبسرعة بدأ بتحركيها تحت الموز، مُرتِّبًا الواحد فوق الآخر، ثُمَّ تسلَّق للأعلى للحصول على جائزته (الشكل 54-13).

توصَّلت دراسات حديثة إلى أنَّ حيوانات أُخرى غير الرَّئيسيات تُظهر أيضًا دليلًا على الإدراك. ولطالما عُدَّ الغُراب الأسود أكثر الطُّيور ذكاءً. وقد أعطت تجربة حديثة باستعمال غربان ربَّتها أيدي البشر، وعاشت في قفص كبير في الهواء الطَّلق، دليلًا على القُدرة على التَّفكير. وُضعت قطعةٌ من اللَّحم في نهاية حبل عُلِّق على غُصن شجرة في الصُّندوق. أحبَّت الطُّيور أكل اللَّحم، ولكنَّها لم تشاهد حبلًا من قبل، ولم تنجح في الحصول على اللَّحم. بعد ساعات عدَّة، كانت تنظر الطُّيور خلالها إلى اللَّحم بشكل دوري دون أن تعمل شيئًا آخر، طار أحد الطيور نحو الغُصن، فهبط عليه، وأمسك الحبل بمنقاره، وسحبه إلى الأعلى، ووضع الحبل

تحت رجله. ثُمّ دنا إلى الأسفل، وأمسك قطعة أخرى من الحبل، مُكرِّرًا هذا الفعل مرة بعد مرة، مُقرِّبًا اللَّحم أكثر في كلّ مرة (الشكل 54-14). أخيرًا، أوصل الغُراب اللَّحم إليه، وأمسكه. وقد حلَّ ثلاثة من أصل خمسة غربان مُشكلة الوصول إلى اللَّحم. لقد واجه الغُراب مُشكلةً جديدة، فطوَّر لها حلًّا.

الشكل 54-14

حل المُشكلة عند الغُراب الأسود. مُواجهًا مُشكلة لم يتعرَّض لها من قبل، فكَّر الغُراب كيف يصل إلى اللَّحم في نهاية الخيط، وذلك بتكرار سحب الخيط إلى الأعلى قليلًا، ثُمَّ وضع رجله عليه.

البحث في السُّلوك الإدراكي للحيوانات في بدايته، ولكن بعض الأمثلة تُمثِّل أدلة قوية.

6-54 سلوك تحديد الاتجاه والهجرة

تشغل بعض الحيوانات بكثير من الحركات التي يبدو أنها مُوجَّهة نحو هدف ما. فهي قد تُسافر، مثلًا، نحو العُش أو منه، أو نحو تجمُّع مائي. لكي تنجز هذا، يجب أن تُوجِّه نفسها من خلال اتِّباع مُنبِّهات في البيئة، بعملية تُسمَّى **تحديد الاتجاه أو التَّوجُّه Orientation**. الحيوانات ذات غريزة الوطن، مثل الحمام، تُميِّز أدلة بيئية مُعقَّدةً لتعود إلى وطنها، وغالبًا من مسافات بعيدة.

يسمى التَّحرُّك نحو مُنبِّه أو بعيدًا عنه **الانتحاء Taxis**. إنّ انجذابَ الحشرات الطَّائرة نحو الضوء خارج المنازل مثالٌ على الانتحاء الضوئي الإيجابي. وتمتلك الحشرات التي تتجنَّب الضوء، مثل الصرصور الشَّائع، انتحاءً ضوئيًّا سلبيًّا. يُمكن أن تُستعمل مُنبِّهات أُخرى بوصفها تلميحات للتَّوجُّه. فمثلًا، تُوجِّه أسماك السَّلمون المُرقَّط نفسها في الجدول لكي تسير عكس التيار.

لا تتطلَّب الاستجابات جميعها توجُّهًا مُحدَّدًا، على كلّ حال. فبعض الحيوانات تُصبح أكثر أو أقل نشاطًا فقط عندما تزداد شدة المُنبِّه؛ مثل هذه الاستجابات تُسمّى **التَّنشُّط Kineses**.

غالبًا ما تتطلب الهجرة جماعات تنتقل مسافات شاسعة

التَّحرُّكات طويلة المدى، في اتجاهين تُدعى **الهجرات Migrations**. كلّ خريف، تُهاجر طيور البط، والإوز، وطيور أخرى إلى الجنوب عبر خطوط طيران من كندا عبر الولايات المُتحدة، مُتجهةً بعيدًا نحو أمريكا الجنوبية، فقط لكي تعود ثانية كلّ ربيع.

ويُهاجر الفراش الملكي أيضًا كلّ خريف من وسط أمريكا الشَّمالية وشرقها نحو مناطق عدَّة صغيرة، ومُنفصلة جُغرافيًّا، من الغابات المخروطية في جبال وسط المكسيك (الشكل 54-15). كلّ أغسطس، تبدأ الفراشات في الطَّيران في اتجاه الجنوب إلى مناطق تجاوز الشتاء. عند نهاية الشِّتاء، تبدأ الفراشات في العودة طائرة إلى مساحات التَّكاثر الصَّيفية. ما هو مُثير عن هجرة هذه الفراشات، على كلّ حال، أنَّه قد يتكون جيلان إلى خمسة أجيال، عندما تُهاجر الفراشات إلى الشَّمال. إن الفراشات التي تُهاجر في الخريف نحو أراضٍ تجاوز الشِّتاء المُحدَّدة بدقة في المكسيك لم تكن قد زارت هذه الأماكن من قبل.

لقد أظهر التمديد الحديث للمدى الجغرافي من قِبَل بعض الطُّيور المُهاجرة كيف أنَّ أنماط الهجرة تتغيَّر. عندما تؤسَّس مُستعمرات من طيور الممراح في غربي

أ.

ب.

جـ.

الشكل 54-15

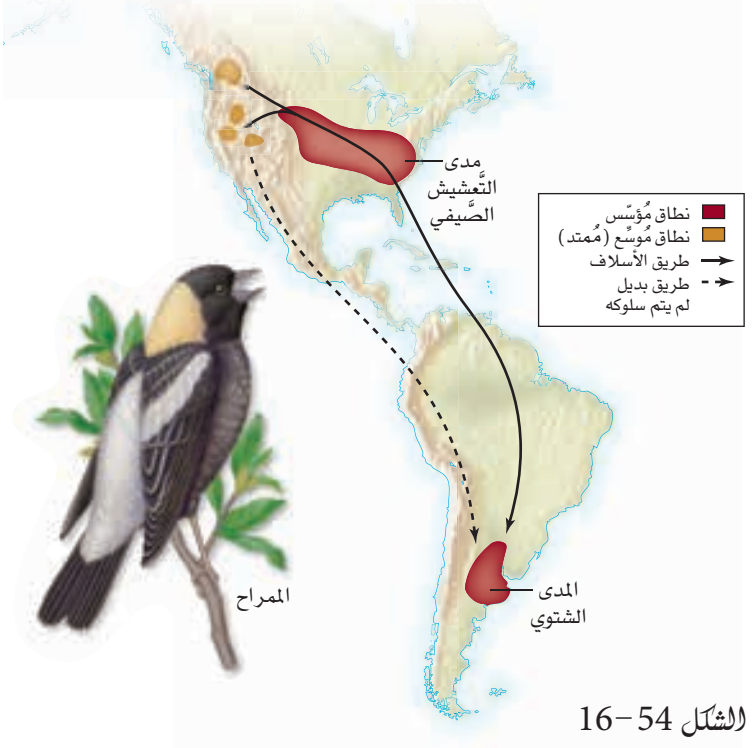
هجرة الفراشات الملكية (*Danaus plexippus*). أ. فراشات ملكية من غربي أمريكا الشَّمالية تتجاوز الشِّتاء في مناطق ذات مُناخ مُعتدل على طول ساحل المُحيط الهادي. تلك التي من شرقي الولايات المُتحدة وجنوبي كندا تُهاجر إلى المكسيك، وهي رحلة تتجاوز 3.000 كم. ب. فراشات ملكية تصل غابات تنَوب نائية، حيثُ أماكن تُجاوُز الشتاء في المكسيك، فهناك (جـ) تُكوِّن تجمُّعات على جذوع الأشجار.

الولايات المتحدة، بعيدًا عن أماكنها الطبيعية في وسط الغرب وفي الشَّرق، فإنَّها لا تُهاجر مُباشرة إلى أماكنها الشَّتوية في أمريكا الجنوبية. بدلًا من ذلك، تُهاجر شرقًا، حيث أماكن أسلافها، ثُمَّ جنوبًا عبر خط الطَّيران الأصلي (الشكل 54-16). بدلًا من تغيير نمط الهجرة الأصلي، ببساطة أضافت قطعة جديدة. يستمر العلماء في دراسة طيور الممراح الغربية ليعرفوا فيما إذا كان سينشأ مع الوقت خط هجرة فعَّال أكثر، أم أنَّ الطُّيور سوف تتَّبع دائمًا مسار أسلافها.

يجب أن تمتلك الحيوانات المُهاجرة القُدرة على تحديد الاتجاه وعلى الملاحة

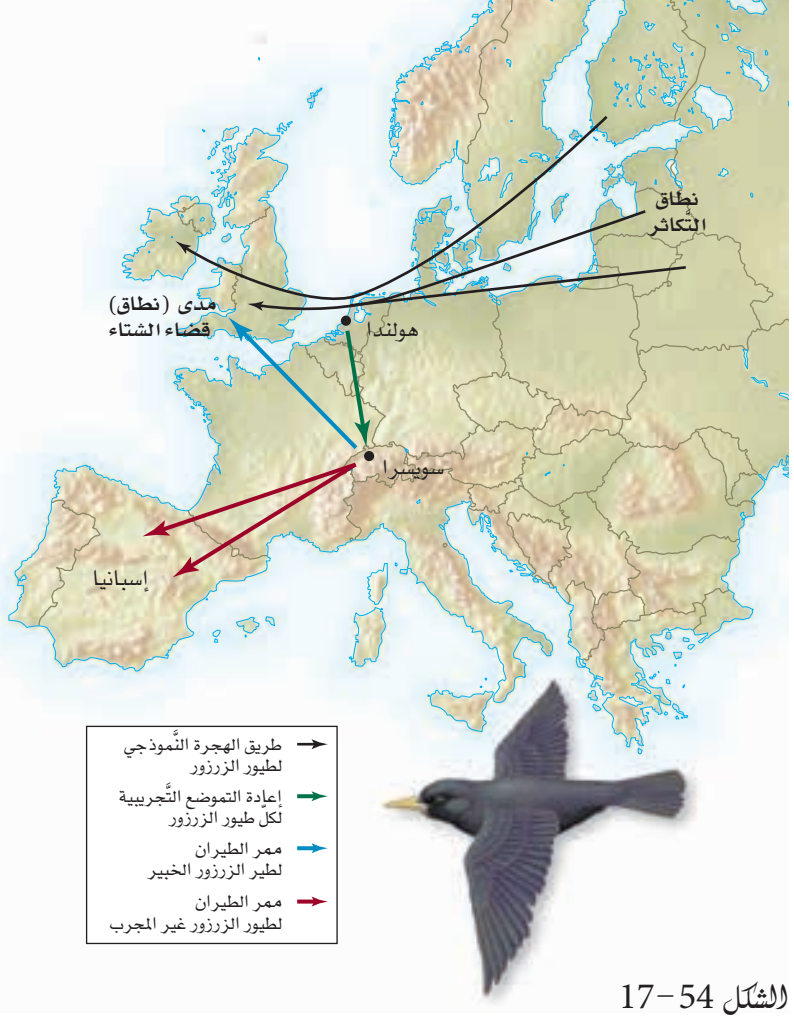
درس علماء الأحياء الهجرة باهتمام شديد، ونملك الآن فهمًا جيدًا عن كيفية الوصول إلى هذه القُدرات الملاحية. من المُهم أن نفهم الفرق بين تحديد الاتجاه، أي القُدرة على اتِّباع مسلك، **والملاحة Navigation**، أي القُدرة على وضع مسلك أو تعديله، ثُمَّ اتِّباعه. الأول شبيه باستخدام بوصلة، والآخر شبيه باستعمال البوصلة بالنَّوازي مع الخريطة. أوضحت التجارب على طيور الزرزور أن الطُّيور قليلة الخبرة تهاجر عن طريق تحديد الاتجاه، ولكن الطيور الأكبر سنًّا التي هاجرت سابقًا تستخدم الملاحة الحقيقية (الشكل 54-17).

تقوم الطُّيور وبعض الثدييات بالملاحة عن طريق النَّظر إلى الشَّمس والنُّجوم. عصفور الدَّرس النِّيلي، الذي يطير خلال النَّهار، ويستعمل الشَّمس دليلًا له، يُعوِّض عن حركة الشَّمس في السماء مع تقدم النَّهار بالرُّجوع إلى النَّجم الشَّمالي، الذي لا يتحرك في السَّماء. تستعمل طيور الدَّرس أيضًا مواقع الأبراج وموقع النَّجم الجنوبي في السماء ليلًا، بوصفها أدلة تتعلَّمُها، وهي صغيرة.



الشكل 54-16

طيور في أثناء الحركة. اتسع نطاق قضاء الصَّيف للممراح (*Dolichonyx oryzivorus*) حديثًا إلى أقصى الغرب للولايات المُتحدَّة عن النِّطاق المُؤسّس أصلًا في الغرب الأوسط. عندما تُهاجر الطُّيور في هذه الجماعات المُؤسسة حديثًا إلى أمريكا الجنوبية في الشِّتاء، فإنها لا تطير مُباشرة إلى نطاق قضاء الشِّتاء؛ بدلًا من ذلك، تطير إلى الغرب الأوسط، ثمَّ تستعمل طريق طيران الأسلاف، ذاهبة أبعد بكثير مما لو أنَّها طارت مُباشرة إلى مناطق قضاء الشِّتاء الخاصة بها.



الشكل 54-17

سلوك الهجرة عند الزرزور (*Sturnus vulgaris*). القُدرات الملاحية للطُّيور غير الخبيرة تختلف عن تلك التي للبالغين الذَّين قاموا برحلة هجرة من قبل. تمَّ الإمساك بطيور الزرزور في هولندا، في مُنتصف الطريق على طول مسار هجرتها الكاملة من أراضي التكاثر في بحر البلطيق نحو أراضي قضاء الشِّتاء في الجُزُر البريطانية؛ نُقلت هذه الطُّيور إلى سويسرا، حيث أُطلقت هناك. الطيور الأكبر والأكثر خبرة عوَّضت عن هذا التَّغيير، وطارت نحو مناطق قضاء الشِّتاء الطبيعية (السَّهم الأزرق). أما الطُّيور الصغيرة غير الخبيرة، فاستمرت في الطَّيران في الاتجاه نفسه، بمسار قادها إلى إسبانيا (الأسهم الحمراء). هذه المشاهد تُشير إلى أنَّ الطُّيور غير الخبيرة طارت عن طريق تحديد الاتجاه، في حين تعلَّمت الطُّيور الخبيرة الملاحة الحقيقية.

يمتلك كثير من الطُّيور المُهاجرة أيضًا المقدرة على الكشف عن المجال المغناطيسي للأرض، وأن تُوجِّه نفسها بالنِّسبة إليه. ففي قفص داخلي مُغلق، سوف تُحاول الطُّيور أن تتحرَّك في الاتجاه الجغرافي الصَّحيح، حتى مع عدم وجود أدلة خارجية واضحة. من ناحية أخرى، يؤدي وضع مغناطيس قريب من القفص إلى تغيير الاتجاه الذي تُحاول الطُّيور التَّحرك نحوه. وقد وجد الباحثون ماغنيتايت، وهو خام حديد مُمغنط، في رؤوس بعض الطُّيور، ولكنهم لم يجدوا المُستقبلات الحسِّية التي تُوظِّفها الطُّيور للكشف عن المجال المغناطيسي.

إنَّ أول هجرة للطَّائر تقودها على ما يبدو الغريزة عن طريق كلّ من دلائل من الإجرام السَّماوية (تطير الطُّيور غالبًا ليلًا) والمجال المغناطيسي للأرض. وعندما تمَّ مُعالجة الدَّليلين في المُختبر لإعطاء اتجاهات مُتضاربة، كانت المعلومات المُتوافرة من النُّجوم على ما يبدو تطغى على المعلومات المغناطيسية. على كلّ حال، أشارت دراسات حديثة إلى أنَّ الأدلة من الأجرام السماوية تُحدِّد

الاتجاه العام للهجرة، في حين تُحدِّد الأدلة المغناطيسية طريق الهجرة الخاص (ربما التفاف ما يجب أن يقوم به الطائر في مُنتصف الطَّريق).

نعرف القليل نسبيًّا عن كيفية قيام الحيوانات المُهاجرة الأخرى بالملاحة. على سبيل المثال، تُهاجر سلاحف البحر الخضراء (*Chelonia maydas*) من البرازيل في مُنتصف الطريق عبر المُحيط الأطلسي إلى جزيرة أسكنزيون، حيث تضع الإناث بيوضها. كيف تجد هذه الحيوانات هذه الجزيرة الصَّغيرة في مُنتصف المُحيط، التي لم تَرَها ربما مُنذ 30 عامًا؟ كيف يُمكن للصِّغار التي تفقس على الجزيرة أن تعرف كيف تجد طريقها إلى البرازيل؟ لاتزال الإجابات عند الباحثين قليلة عن هذه الأسئلة.

تُهاجر كثير من الحيوانات بطرق يُمكن التَّنبؤ بها، وتقوم بالملاحة بالنَّظر إلى الشَّمس والنُّجوم، وفي بعض الحالات عن طريق تحديد المجالات المغناطيسية.

7-54 اتصال الحيوان

الاتصال بين أفراد من النَّوع نفسه، وكذلك بين نوعين، يُمكن أن يؤدي دورًا مُهمًّا في سلوكات عدَّة. كثير من الأبحاث في سلوك الحيوان مُكرَّسة لتحليل طبيعة إشارات الاتصال، وتحديد كيف تُدركها الحواس، والتَّعرُّف إلى أدوارها البيئية وأصولها التَّطورية. إنَّ الاتصال مُهم جدًا بالتَّحديد في التَّكاثر والتَّفاعلات الاجتماعية في الجماعات. يُمكن للاتصال أن يأخذ أشكالًا عدَّة، تشمل إشارات بصرية، وسمعية، وكيميائية.

يعتمد التَّكاثر النَّاجح على الإشارات والاستجابات المُناسبة

تمييز النَّوع

خلال الغَزَل، تُنتج الحيوانات إشارات للاتصال مع رفيقها المُحتمل ومع أعضاء آخرين من نوعها نفسه. تحدث **سلسلة المُنبِّه- الاستجابة Stimulus- response chain** أحيانًا، وفيها يُطلق سلوك فرد واحد بدوره سلوكًا في فردٍ آخر (الشكل 54-18).

تكون إشارات الغَزَل غالبًا خاصة بالنَّوع الواحد، بحيث يقصر الاتصال على أعضاء من النَّوع نفسه، ما يجعلها تؤدي دورًا مهمًّا في العزل التَّكاثري (ذُكر في الفصل الـ 22). تُعدّ ومضات اليراعات المُضيئة (وهي خنافس في الحقيقة) مثالًا على الإشارة الخاصة بالنَّوع. حيث تُميِّز الإناث الذُّكور من النوع نفسه عن طريق نمط ومضاته (الشكل 54-19)، وتُميِّز الذُّكور الإناث من النَّوع نفسه بومضات الاستجابة لديها. هذه السِّلسلة من الاستجابات المُتبادلة تُوفِّر "فحصًا" مُستمرًّا للهوية النَّوعية للرُّفقاء المُحتملين.

الاتصال بعيد المدى

تتوسَّط الإشارات الكيميائية التَّفاعلات بين الذُّكور والإناث. تؤدي **الفرمونات Pheromones**، وهي رسائل كيميائية تُستعمل للاتصال بين الأفراد من النوع نفسه، دورًا في الانجذاب الجنسي، من بين الوظائف الأخرى، في الكثير من

الشكل 54-18

سلسلة المُنبِّه - الاستجابة. يتضمَّن غَزل سمك أبو شوكة تتابُعًا من السلوكات تُؤدي إلى إخصاب البيوض.

1. تعرض الأنثى رفع الرَّأس للذَّكر.

2. يسبح الذَّكر بشكل مُتعرِّج إلى الأنثى، ثُمَّ يقودها إلى العُش.

3. يُري الذَّكر الأنثى المدخل إلى العُش.

4. تدخل الأنثى العُش، وتبيض في حين يُحفِّز الذَّكر الذَّيل.

5. يدخل الذَّكر العُش ويُلقِّح البيوض.

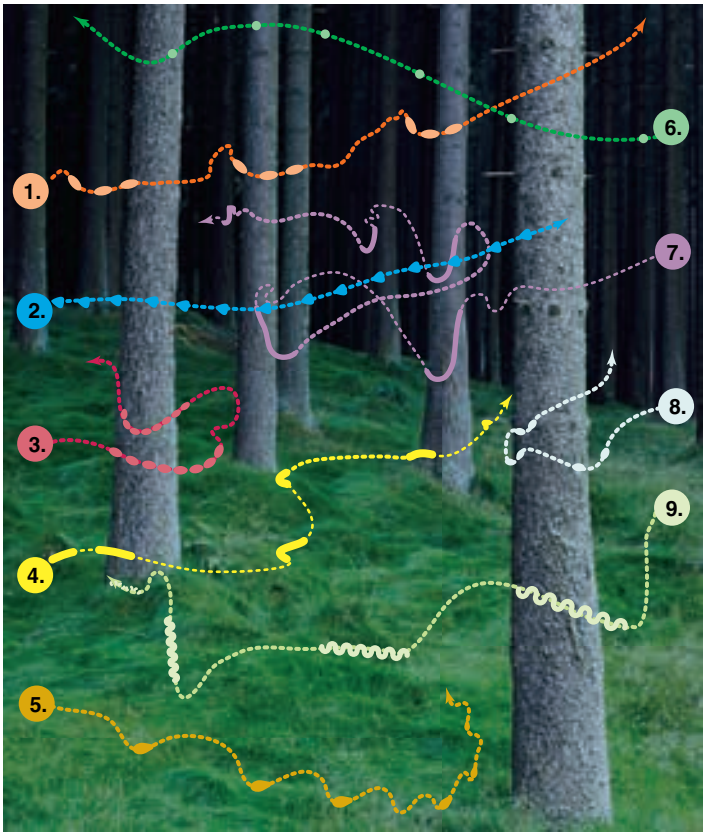
الحيوانات. إناث فراشات الحرير (*Bombyx mori*) تُنتج فرمونًا جنسيًّا يُدعى بومبيكول *Bombykol* من غُدَّة مُرتبطة بالجهاز التَّناسلي. أظهرت دراسات عصبية فسيولوجية أنَّ قرون الاستشعار في الذَّكر تحتوي على مُستقبلات خاصة بالفرمون بومبيكول. هذه المُستقبلات عالية الحساسية؛ ففي بعض أنواع الفراشات، تستطيع الذُّكور الكشف عن تراكيز قليلة جدًا من بومبيكول، وأن تجد الإناث من بعد 7 كم تقريبًا.

تُنتج كثير من الحشرات، والبرمائيات، والطُّيور إشارات صوتية خاصة بالنَّوع لجذب الرُّفقاء. تُنادي ذكور الضفدع الأمريكي الكبير عن طريق ملء الهواء وتفريغه من أكياسها الصوتية الموجودة تحت فكها السُّفلي. تستطيع الإناث تمييز نداء ذكر من النَّوع نفسه من نداء ضفادع أخرى موجودة في الموقع نفسه، وتقوم بعملية النِّداء في الوقت نفسه. وكما ذكرنا سابقًا، تُغرِّد ذكور الطُّيور للإعلان عن وجودها ولجذب الإناث. ففي كثير من الأنواع، يُوضِّح التَّنوع في تغريد الذُّكور هوية الذَّكر بشكل فردي في الجماعة. في هذه الأنواع، يكون التَّغريد خاصًّا بالفرد وأيضًا خاص بالنَّوع.

سلوكات الغَزَل هي العامل الرئيس في الانتخاب الجنسي الذي سنبحثه في مكان لاحق في الفصل.

يُسهِّل الاتصال عيش المجموعة

كثير من الحشرات، والأسماك، والطُّيور، والثدييات تعيش في مجموعات اجتماعية، حيث تتَّصل أعضاء المجموعة ناقلة المعلومات فيما بينها. فمثلًا، بعض



الشكل 54–19

الألعاب النَّارية لليراع المضيء. عروض الإضاءة الحيوية لهذه الخنافس المصباحية هي خاصة بالنَّوع، وتخدم في آليات سلوكية للعَزل التَّكاثري. كلّ رقم يُمثِّل نمط الوميض لذكور نوعٍ مُختلف.

الأفراد في المُجتمعات الثديية يعملون "حراسًا". وعند ظهور المُفترس، يُعطي الحُرَّاس صوت إنذار، فتستجيب أعضاء المجموعة بالبحث عن ملجأ (الشكل 54–20). الحشرات الاجتماعية مثل النَّمل ونحل العسل تُطلق فرمونات إنذار تُحفِّز سلوك العداء. النَّمل يضع أيضًا فرمونات على الأرض بين العُش ومصدر الغذاء لتدلّ الأعضاء الآخرين في المُستعمرة عليه. ويمتلك نحل العسل لغة رقص مُعقَّدة جدًا تدلّ زملاءه في خليّة النَّحل إلى المصادر الغنية بالرَّحيق.

لغة الرَّقص عند نحل العسل

يعيش نحل العسل الأوروبي في خلايا تتكون من 30.000 إلى 40.000 فرد يتكامل سلوكها في مُستعمرة مُعقَّدة. تطير النَّحلات العاملات ربما أميالًا بعيدًا عن الْخليّة، جامعةً الرَّحيق وحبوب اللِّقاح من أنواع كثيرة من النباتات، ومُتنقلة بين أنواع النباتات على أساس مُحتوى الطَّاقة في غذائها.

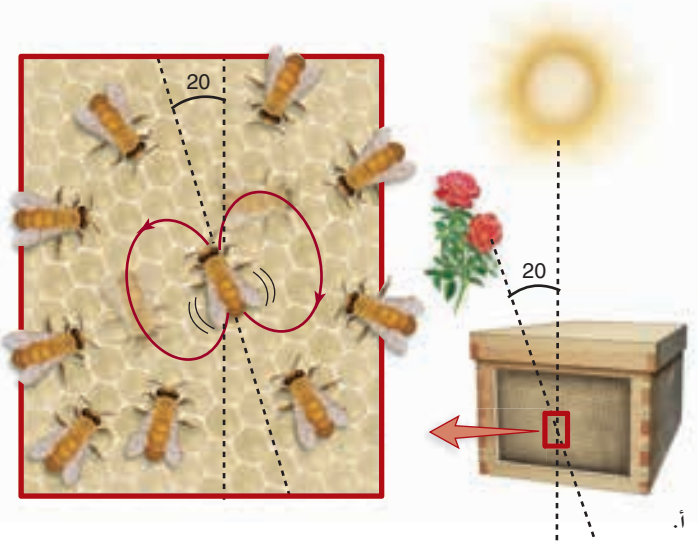
تميل مصادر الغذاء الذي يبحث عنه النَّحل إلى الوجود في قطع أراضٍ صغيرة، تحتوي كلّ قطعة على كمية غذاء أكبر مما تقدر نحلة صغيرة على نقله إلى الْخليّة. وتستطيع المُستعمرة أن تستغل مصادر قطعة الأرض؛ لأنَّها تتَّبع سلوك النَّحل الكشَّاف الذي يُحدِّد قطع الأراضي، ثم يُخبر رفاقه في الْخليّة بمكانها عن طريق لغة الرَّقص. عبر سنوات طويلة، استطاع الحائز على جائزة نوبل كارل فون فريتش (الذي حصل على جائزة نوبل عام 1973 في مجال الفسيولوجيا والطِّب بالمُشاركة مع تنبرجن ولورينز) أن يكتشف تفاصيل نظام الاتصال هذا.

بعد عودة النَّحلة الكشافة النَّاجحة إلى الْخليّة، تقوم بأداء سلوك رائع يُسمَّى رقصة الاهتزاز *Waggle dance* على قرص عسل عمودي (الشكل 54–21). يُشابه مسار النَّحلة خلال الرَّقصة العدد 8 الإنجليزي. في الجزء المُستقيم من المسار، تُذبذب النحلة بطنها أو تهزُّه في حين تُصدر انفجارات من الصوت. ربما تتوقف النَّحلة بشكل دوري لإعطاء زميلاتها في الْخليّة عينة من الرَّحيق الذي حملته عائدة إلى الْخليّة في داخل حوصلتها. في أثناء رقصها، تتابعها عن كثب نحلات أُخر، تظهر سريعًا كجامعات للطَّعام في مصدر الطَّعام الجديد.

لقد أعلن فون فريتش وزميلاه أنَّ النَّحلات الأُخر تستعمل معلومات من رقصة الاهتزاز لتحديد مصدر الغذاء. وبحسب تفسيرهم، تُحدِّد النَّحلة الكشافة اتجاه

الشكل 54–20

نداء الإنذار عند كلب البراري (*Cynomys ludovicianus*) عندما يُشاهد كلب البراري مُفترسًا، يقف على رجليه الخلفيتين، ويُطلق نداء إنذار، ما يجعل كلاب البراري الأخرى تعود مُسرعةً إلى جحورها.



أ.

ب.

الشكل 54–21

رقصة الاهتزاز لنحل العسل (*Apis mellifera*). أ. تُمثل النَّحلة الرَّاقصة المسافة بين مصدر الغذاء، والعش، والشمس كزاوية بين الجزء المُستقيم للرَّقصة والعمود القائم. يُوجد الغذاء بزاوية 20° على يمين الشَّمس، والجزء المُستقيم لرقصة النَّحلة على الْخليّة هو 20° على يمين العمود. ب. نحلة كشافة ترقص على قرص العسل في الْخليّة.

مصدر الغذاء بإظهار الزَّاوية بين مصدر الغذاء، والْخليّة، والشَّمس كانحراف عن عمود الجزء المُستقيم من الرَّقصة التي أُديت على جدار الْخليّة (أي، إذا تحركت النَّحلة بشكل مُستقيم، فإن مصدر الغذاء سيكون في اتجاه الشَّمس، ولكن إن كان الغذاء بزاوية 30° نسبة إلى موقع الشمس، فسوف تتحرَّك إلى الأعلى بزاوية 30° عن العمودي) (الشكل 54-21أ). أما المسافة إلى الغذاء فيُشار إليها بمُدَّة (زمن) الرَّقصة.

تحدَّى أيدريان ونر، عالم من جامعة كاليفورنيا، تفسير فريتش. أكَّد ونر بالدَّليل أنَّ رائحة الأزهار هي أهم دليل يقود النَّحل للوصول إلى مصدر الغذاء الجديد. ودار جدلٌ حادّ عندما نشرت مجموعتا العالمين أبحاثًا تدعم موقفيهما.

مثل هذا الجدل قد يكون مُفيدًا جدًا؛ لأنَّه يُولِّد تجارب خلاقة. في الحالة هذه، تمَّ حل "جدل لغة الرَّقص" (في أذهان مُعظم العلماء) في مُنتصف 1970 بالبحث المُبدع لجيمس ل. جولد. صمَّم جولد تجربة خدع فيها أعضاء الْخليّة، حيثُ أساءت تقدير الاتجاهات التي أعطتها إياها النَّحلة الكشَّافة عن طريق الرَّقص. ونتيجةً لهذا، تمكَّن جولد من التَّحكُّم في الاتجاه الذي يسلكه أعضاء الْخليّة إن كانت تستعمل الإشارات البصرية. أما إن كان النَّحل يستعمل الرَّائحة دليلًا، فإنه سوف يظهر في مكان الطعام على الرغم من هذا، ولكنها ظهرت تمامًا، حيث تنبأ جولد. هذه النَّتيجة أكدَّت صحة أفكار فون فريتش.

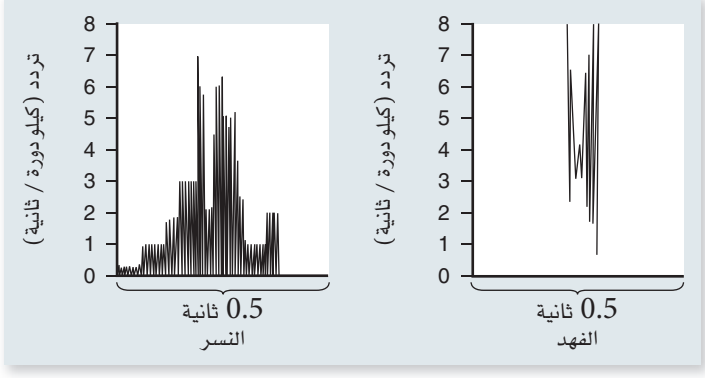
توسَّع الباحثون حديثًا في دراسة لغة رقص النَّحل ببناء نحل آلي يُمكن التَّحكم في رقصه بشكل كامل. بُرمجت رقصاته عن طريق جهاز الحاسوب، وطابقت بشكل تام رقص عسل النَّحل الطبيعي- حتى إنَّ النحل الآلي توقف لإعطاء العسل. سمح النَّحل الآلي للعلماء بأن يُحدِّدوا بدقة أي دليل يقود نحل العسل الى مصادر غذائه.

لغة الرَّئيسيات

بعض الرَّئيسيات تمتلك "مُفردات" تسمح للأفراد بالتَّحدُّث عن شخصية مُفترسات مُعينة. أصوات مُختلفةٌ لقرود الفَرْفَت الإفريقية، مثلًا، تُشير إلى النُّسور، والنُّمور، والأفاعي (الشكل 54-22). قرود الشَّمبانزي والغوريلا يُمكن أن تتعلَّم التَّمييز بين عدد كبير من الرُّموز، وتستعملها لإيصال مفاهيم مجردة، وليست مادية.

لقد بدا أنَّ تعقيد لغة الإنسان في البداية يتحدَّى التَّفسير البيولوجي، ولكن الفحص عن قُرب أظهر أنَّ الاختلافات في الحقيقة سطحية – فكل اللُّغات تشترك في تشابهات عدَّة بنائية أساسية. إن ثلاثة آلاف لغة تقريبًا مأخوذة من المجموعة المُكوَّنة من 40 صوتًا ساكنًا نفسها (تستعمل اللُّغة الإنجليزية 24 صوتًا منها)، وإنَّ أي إنسان يستطيع تعلُّمها. ويعتقد الباحثون أنَّ التَّشابهات هذه تعكس الطَّريقة التي يتعامل بها دماغنا مع المعلومات المُجردة، وهي صفة مُحدَّدة وراثيًّا لكلّ البشر.

أ.



ب.

الشكل 54–22

لغة الرَّئيسيات. قرود الفرفت *Cercopithecus aethiops*، تُطلق نداءات إنذار مُختلفة (أ) عندما تُشاهد أعضاء القبيلة نسرًا، أو فهدًا، أو أفعى. ب. يُحفِّز كلّ نداء مُميز سلوك هروب مُختلفًا وتكيُّفيًّا.

وعلى الرَّغم من أنَّ اللُّغة هي القناة الأولية التي يتَّصل بها الإنسان، يُمكن للرَّائحة والإشارات غير الشَّفهية (مثل "لغة الجسد") أن تنقل المعلومات أيضًا. على كلّ حال، من الصعب تحديد الأهمية النِّسبية لقنوات الاتصال الأخرى هذه في الإنسان.

تختلف الإشارات في درجة تخصُّصها

تُوفِّر الإشارات المُختلفة مستويات مُختلفة من المعلومات عن المُرسل. يرتبط **مستوى التَّخصص والنوعية Level of specificity** بوظيفة الإشارة. فكثير من إشارات الغَزَل مُتخصِّصة على مُستوى النَّوع لمُساعدة الحيوانات على تجنُّب ارتكاب أخطاء في التَّزاوج يُمكن أن تنتج أفرادًا غير أحياء أو تضيع الجُهد التَّكاثري.

ولكن لا تمتلك الإشارات جميعها مثل هذا النَّوع من التَّخصُّص؛ فكثير من الثدييات تُميِّز حدود مناطقها بفرمونات مُكونةً من خليط من المواد الكيميائية، تُشير إلى هوية الفرد. يُمكن لأفراد النَّوع نفسه اكتشاف هذه الإشارة الكيميائية، وتكتشفها حيوانات أخرى عدة، فتعلم بوجود الحيوان المعلِّم. إشارات أخرى، مثل نداءات الإنذار للطُّيور، مجهولة، ولا تنقل أي معلومات عن هوية المُرسل. ربما تسمح هذه الإشارات بالإخبار عن وجود مُفترس لأنواع عدة من الطُّيور.

يؤدي الاتصال دورًا بالعلاقات بين الأنواع، وقد ذُكرت بالتَّفصيل في (الفصل الـ 56). إنَّ السَّمكة المُصابة بطفيليات تتخذ وضعية مُعيَّنة بوجود "سمكة مُنظِّفة" تُشير إلى أنَّها جاهزة للتَّنظيف (الشكل 54-23). وفي المجال نفسه، تُرسل بعض الحيوانات إشارات إلى المُفترسات. الغزال ذو الذَّيل الأبيض، مثلًا، يرفع ذيله لإظهار اللَّون الأبيض الواضح لجوانبه السُّفلية في أثناء هربه بعيدًا عن مُفترس. من المُفترض لهذه الإشارات "المُعيقة للمُطاردة" أن تُشير إلى المُفترس بأنَّه تمَّت مُشاهدته، وأنَّه لا جدوى من إضاعة الوقت في الإمساك به.

تخدم اتصالات الحيوانات أهدافًا عدَّة، وهي تُرسل بطُرق عدَّة.

تتطلَّب دراسة اتصال الحيوانات تحليل درجة نوعية الإشارة، ومُحتوى المعلومات فيها، والطُّرق المُستعملة في إنتاجها واستقبالها.

الشكل 54-23

السَّمكة المُنظِّفة. يدخل هذا الأخفس "محطَّة" السَّمك المُنظِّف، ويتَّخذ وضعية تسمح للسَّمك المُنظِّف بأن يدخل الفم والخياشيم، ويتغذَّى على الطُّفيليات المُلتصقة.

8-54 علم البيئة السّلوكيّ

قسَّم نيكو تنبرجن البحث في السُّلوك إلى دراسة تطور السُّلوك، وأساسه الفسيولوجي، ووظيفته، وأهميته التَّطورية. كان تنبرجن رائدًا في دراسة أحد أنواع التَّحليل التَّطوري، وهو دراسة **القيمة البقائية Survival value** للسُّلوك. أي، كيف يسمح سلوك الحيوان في بقائه حيًّا أو بقاء نسله حيًّا؟

في أحد الأمثلة، لاحظ تنبرجن أنَّه بعد فقس صغار النَّورس، يُزيل الأبوان قشر البيض من العُش. لفهم هذا السُّلوك، موّه بيض دجاج عن طريق طليه ليُصبح شبيهًا بالخلفية الطَّبيعية، حيث يُمكن أن يضع النَّورس بيوضه، ووزعها في المكان، حيث يضع النَّورس أعشاشه (الشكل 54-24). وضع قشر بيض مكسور بجانب بعض البيض، وضبطًا للتَّجربة، ترك بعض البيض المُموّه دون قشور.

لاحظ تنبرجن أن البيوض وجدت بسهولة من قبل الغربان المفترسة. وحيث إنّ الغربان تستخدم داخل القشرة الأبيض اللون دليلًا، فقد استطاعت التهام بيوض مموهة أكثر كانت بقرب قشور البيض. توصَّل تنبرجن إلى أنَّ سلوك إزالة قشور البيض تكيُّفي: أي إنَّه يُقلِّل الافتراس، ويزيد بذلك فرصة بقاء النَّسل حيًّا.

يُعزى الفضل لتنبرجن في أنَّه أحد مُؤسسي **علم البيئة السّلوكيّ Behavioral ecology**، أي دراسة كيف يصقل الانتخاب الطَّبيعي السُّلوك. يدرس هذا الفرع من علم البيئة **الأهمية التكيفية Adaptive significance** للسُّلوك، أو كيف يُمكن للسُّلوك أن يزيد البقاء والتَّكاثر. ويُركِّز البحث الراهن في علم البيئة السّلوكيّ على كيفية مساهمة السُّلوك في نجاح تكاثُر الحيوان، أو تلاؤمه. وكما شاهدنا في الجزء 54-2، فإن الاختلافات في السُّلوك بين الأفراد غالبًا ما يكون سببها وراثيًّا. ولهذا، يمتلك الانتخاب الطبيعي الذي يعمل على السُّلوك القُدرة على إحداث تغيُّر تطوري.

بناءً على هذا، يهتم حقل علم البيئة السّلوكيّ بسؤالين: الأول، هل السُّلوك تكيُّفي؟ على الرَّغم من أنَّه من المُغري الافتراض أنَّ السُّلوك الذي يصدر عن أفراد يُمثِّل إلى حدٍّ ما استجابة تكيُّفية للبيئة، فإنّ هذا ليس هو الحال بالضرورة. فكما شاهدت في (الفصل الـ 20)، يُمكن للصِّفات أن تظهر لأسباب عدَّة غير الانتخاب الطبيعي، مثل الانجراف الوراثي، وتدفُّق الجينات، أو النتائج المُرتبطة بالانتخاب الطَّبيعي على صفات أخرى. فضلًا على هذا، ربما ظهرت صفات في جماعة؛ لأنَّها تطوَّرت بوصفها تكيُّفات في الماضي، ولكنَّها لم تَعُدْ ذات فائدة. هذه الاحتمالات تحتمل الصِّحة للصِّفات السُّلوكية بالقدر نفسه، كما هي لأي نوع آخر من الصِّفات.

وإذا كانت صفة ما تكيُّفية، فإنَّ السُّؤال الآتي: كيف تكون تكيُّفية؟ على الرَّغم من أنَّ المعيار هو النجاح التَّكاثري، فإن علماء البيئة السّلوكيّ مُهتمون بمعرفة كيف

الشكل 54-24

القيمة التَّكيفية لألوان البيضة. الفائز بجائزة نوبل سنة 1973 في مجال الفسيولوجيا أو الطِّب، نيكو تنبرجن، طلى بيض دجاجة ليُشابه التَّمويه البني المُرقش (المُنقَّط) لبيوض النَّورس. استُعملت البيوض لاختبار فرضية أنَّ البيوض المُموهة صعبة الاكتشاف على المُفترسات، وبهذا تزيد من فرصة بقاء الصِّغار.

يُمكن أن تُؤدي الصِّفة إلى نجاح تكاثري أكبر. هل يزيد السُّلوك تناول الطَّاقة، ومن ثم يزيد عدد النَّسل النَّاتج؟ هل يزيد من نجاح التَّزاوج؟ هل يُقلِّل من فرصة الافتراس؟ إنَّ عمل علماء البيئة السّلوكيّ هو في تحديد تأثير الصِّفة السُّلوكية – مثلًا، فعالية جمع الغذاء – على كلّ واحدة من هذه الأنشطة، ومن ثمَّ في اكتشاف ما إن كانت الزِّيادة ستُترجم إلى زيادة في التَّلاؤم.

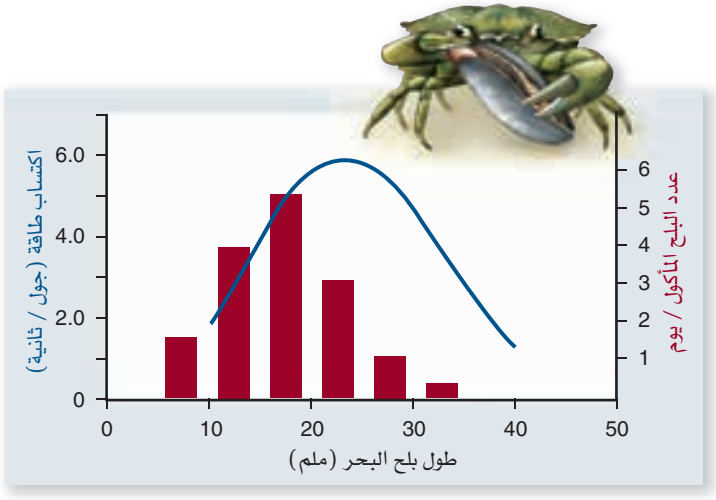
يُمكن أن يُؤثِّر سلوك جمع الغذاء بشكل مُباشر في تلاؤم الفرد

أفضل الطُّرق لتقديم علم البيئة السّلوكيّ هو بدراسة أحد السلوكات المعروفة بالتَّفصيل. وعلى الرَّغم من أنَّ سلوكات عدَّة يُمكن اختيارها، إلا أنَّنا سنُركِّز على سلوك جمع الغذاء.

في كثير من الحيوانات، يأتي الغذاء بأحجام مُختلفة. الأغذية الكبيرة ربما تحتوي على كمية أكبر من الطَّاقة، إلا أنَّها صعبة المنال وقليلة الوجود. إضافة إلى هذا، ربما تجمع الحيوانات بعض أنواع الطَّعام الأبعد في الوجود من أنواع أخرى. يتطلَّب الأمر من هذه الحيوانات الجامعة للغذاء مُقايضة بين مُحتوى الغذاء من الطَّاقة، وتكلفة الحصول عليه. إن مقدار الطَّاقة الصَّافية المُكتسبة (بالكالوري أو بالجول) من التَّغذي على فريسة من كلّ حجم هو ببساطة مُحتوى الطَّاقة في الفريسة مطروحًا منه تكلفة الطَّاقة اللازمة لمُطاردة الفريسة والإمساك بها. بحسب **نظرية جمع الغذاء الأمثل Optimal foraging theory**، يُفضِّل الانتخاب الطبيعي الأفراد الذين يملكون سلوك جمع الغذاء الأكثر فعالية من حيث الطَّاقة. بعبارة أخرى، تميل الحيوانات إلى أكل الفريسة التي تزيد، للحد الأقصى، طاقة الحيوان الصافية المأخوذة لكلّ وحدة زمن استخدمت في جمع غذاء.

أوضحت كثير من الدِّراسات أنَّ جامعي الغذاء يُفضِّلون استهلاك الفريسة التي ترفع إلى الحدِّ الأقصى عائد الطَّاقة عندها. سرطانات الشاطئ، مثلًا، تميل إلى التَّغذي بشكل مبدئي على بلح البحر مُتوسط الحجم، الذي يُوفِّر أقصى عائد طاقة؛ بلح البحر الأكبر حجمًا يُعطي طاقة أكبر، ولكنَّه يستلزم كمية كبيرة جدًا من الطَّاقة لفتحه عن طريق الكسر (الشكل 54-25).

إنَّ مسار جمع الغذاء الأمثل هذا يضع افتراضين: الأول، أنَّ الانتخاب الطبيعي سوف يُفضِّل السُّلوك الذي يجعل الحصول على الطَّاقة أقصى ما يُمكن، فقط إن أدَّت زيادة تخزين الطَّاقة إلى زيادة في النَّجاح التَّكاثري. ففي كلّ من سناجب الأرض الكولومبية، وحسون حمار الوحش الموجودة في الأسر، كانت هناك علاقة مُباشرة بين عائد الطَّاقة الصَّافي، وعدد أفراد النَّسل التي يُربيها؛ وبالطريقة نفسها، يرتبط النَّجاح التَّكاثري للعناكب غازلة الدَّوائر بكمية الغذاء الذي تُمسك به.



الشكل 54-25

الغذاء الأمثل. يختار سلطعون الشاطئ غذاءً من فريسة ذات مكسب طاقة عالٍ. يُظهر المُنحنى مكسب الطَّاقة الصَّافي (يُساوي الطَّاقة المُكتسبة مطروحًا منها الطَّاقة المصروفة) المشتق من التَّغذي على بلح بحر مُختلف الأحجام. يمثل كلّ عمود عدد بلح البحر من كلّ حجم في غذاء سلطعون الشاطئ. يتغذَّى سلطعون الشاطئ على بلح البحر الذي يُزوِّده بالطَّاقة الأكثر.

استقصاء

ما العوامل المسؤولة عن الاختلاف البسيط بين طول الفريسة الأقصى نسبةً إلى الطُّول الأمثل لمكسب الطاقة الأقصى؟

على كلّ حال، تحتاج الحيوانات إلى حاجات أخرى غير الطَّاقة، وفي بعض الأحيان تتضارب هذه الحاجات. حاجة واحدة واضحة هي تجنُّب المُفترسات: فالسُّلوك الذي يزيد مدخول الطَّاقة إلى الحد الأقصى غالبًا هو ليس الذي يُقلِّل من خطر الافتراس. في هذه الحالة، السُّلوك الذي يزيد من تلاؤم الحيوان إلى الحد الأقصى ربما في الأغلب يعكس مُقايضة بين الحصول على أغلب الطَّاقة، مع أقل مُجازفة بأنّ يتعرَّض للافتراس. وبشكل لا يدعو إلى الدَّهشة، أظهرت دراسات عدَّة أنَّ تنوعًا واسعًا من الحيوانات تُغيِّر سلوك جمع الغذاء الخاص بها- بأنّ تُصبح أقل نشاطًا، ممضيةً وقتًا أكثر في مُراقبة المُفترسات، أو البقاء قريبة من المخبأ- عندما تكون المُفترسات موجودة.

ثمة حاجة أُخرى، هي إيجاد الرَّفيق في التَّزاوج: الكثير من الأنواع مثلًا، تُقلِّل مُعدَّلات تغذيتها بشكل كبير لتُحسِّن مقدرتها على جذب الإناث وحمايتها.

حتى خلال سلوك جمع الغذاء نفسه، يجب عمل مُقايضات؛ لأنَّ زيادة الطَّاقة إلى الحدِّ الأقصى ليس الهدف الوحيد لجمع الغذاء؛ هناك مواد غذائية مُعيَّنة تحتاج إليها أيضًا. يتغذَّى حيوان الموظ، مثلًا، على أعشاب مائية قليلة الطَّاقة من أجل الحصول على كمية مناسبة من الكالسيوم.

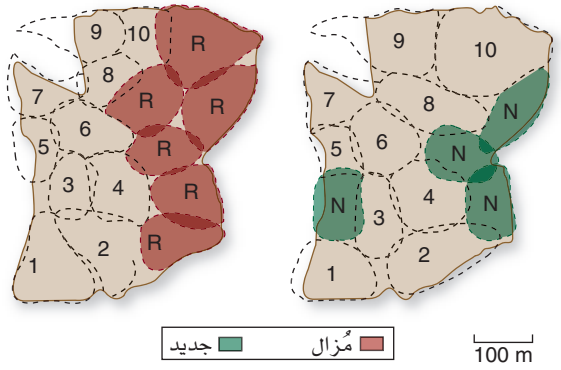
الافتراض الثاني لنظرية جمع الغذاء الأمثل هو أنَّ السُّلوك الأمثل نشأ من الانتخاب الطَّبيعي. كما ذكرنا في فصول سابقة، يُمكن للانتخاب الطَّبيعي أن يُؤدي إلى تغيُّر تطوري عندما تكون الاختلافات بين الأفراد ذات أساس وراثي. تبحث دراسات قليلة فيما إذا كان سبب الفروق في مقدرة الفرد على جعل مدخول الطَّاقة أقصى ما يُمكن هو الاختلافات الوراثية. لقد وجدت إحدى هذه الدِّراسات أنَّ إناث حسون حمار الوحش التي كانت بشكل مُحدَّد ناجحة في جعل مدخول الطَّاقة أقصى ما يُمكن، كانت تمتلك بالطريقة نفسها نسلًا ناجحًا. ولأنَّ صغار الطُّيور نُزعت عن أمهاتها قبل أن تكون قادرة على مُغادرة العُش، فقد أظهر هذا التَّشابه أنَّ سلوك جمع الغذاء ذلك قد يكون له مُكوِّن غريزي كبير.

إنَّ الاختلاف في سلوك جمع الغذاء بين الأفراد ربما يكون له أيضًا ارتباط مع العمر. فطائر الجنك أصفر العينين *Junco phaeontus* (طائر صغير يعيش في أمريكا الشمالية) قليل التَّجربة، مثلًا، لم يتعلَّم بعد كيف يتعامل مع أجزاء فريسة كبيرة بشكل فعَّال. لذلك، تكون تكاليف الطَّاقة من أكل مثل هذه الفريسة أعلى من فوائدها، ولهذا تُركِّز مثل هذه الطُّيور على فريسة أصغر. وعندما تُصبح الطُّيور أكبر عمرًا، وأكثر خبرة فقط تتعلَّم قتل مثل هذه الفريسة ببساطة، وتدخلها بعد ذلك في قائمة غذائها.

يُؤمِّن سلوك تحديد المنطقة المصادر (سلوك الإقليم الخاص)

تتحرَّك الحيوانات في الأغلب في منطقة واسعة، تسمى **نطاق البيت Home range**، خلال مسار نشاطها اليومي. في كثير من أنواع الحيوانات، يتداخل نطاق البيت لأفراد عدة في الزَّمان أو في المكان، ولكن كلّ فرد يُدافع عن جزء من نطاق بيته بشكل حصري. يُسمَّى هذا السُّلوك **الإقليمية (سلوك الإقليم الخاص) Territoriality** (الشكل 54-26).

إن الجانب الحرج للسُّلوك الإقليمي هو الدِّفاع ضد الاعتداء من قِبَل أفراد آخرين. تُحمى الأقاليم الخاصة عن طريق الإعلان أن المنطقة مأهولة، وعن طريق العدوانية الواضحة. يُغرِّد الطائر من على مكانه الخاص داخل الإقليم الخاص لمنع الاستيلاء عليه من قِبَل طائر بالجوار. إن لم يتم طرد الدَّخيل عن طريق التَّغريد، فربما يُهاجم مالك الإقليم الخاص، محاولًا طرد الدخيل بعيدًا. لكن الدِّفاع عن الإقليم الخاص له تكلفته. إنَّ التغريد مكلف من حيث الطَّاقة، ولكن يُمكن أن تُؤدي



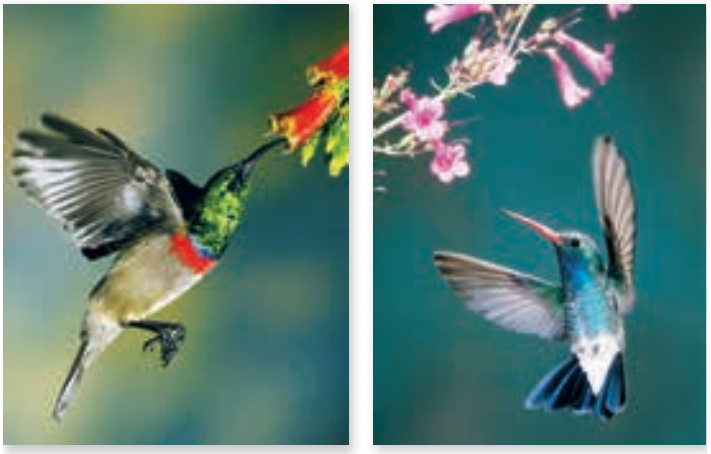
الشكل 54-26

الصِّراع على المكان. يتمُّ تعديل حجم الإقليم في الطُّيور بحسب عدد المُتنافسين. عندما أُزيلت ستة أزواج من العصافير الكبرى (*Parus major*) من أقاليمها (مُشار إليها بـ R في الشَّكل الذي على اليسار)، احتلَّت أقاليمُها من قبل طيور أخرى في المنطقة ومن قبل أربعة أزواج جديدة (مُشار إليها بـ N في الشَّكل الذي على اليمين). الأعداد تُقابل الطُّيور الموجودة قبل التجربة وبعدها.

الهجمات إلى الجراح. إضافة إلى ذلك، يُمكن أن يُؤدي الإعلان عن طريق التَّغريد أو الاستعراض الصَّوتي إلى كشف موقع الطائر بالنِّسبة إلى المُفترس.

لماذا يتحمَّل الحيوان تكاليف الدِّفاع عن الإقليم الخاص؟ إنَّ المدخل الاقتصادي يُمكن أن يكون مُفيدًا في تفسير هذا السُّؤال. وعلى الرَّغم من وجود تكاليف لحماية منطقةٍ خاصة، فهناك مكاسب أيضًا؛ ربما تأخذ هذه المكاسب شكل زيادة في مدخول الغذاء، والوصول الحصري لرُفقاء التَّزاوج، أو الحصول على ملجأ من المُفترسات.

إن الدراسات على الطُّيور التي تتغذَّى على الرَّحيق مثل الطائر الطَّنان، وطائر الشَّمس تقدم لنا الأمثلة (الشكل 54-27). يستفيد الطَّائر من حصوله على

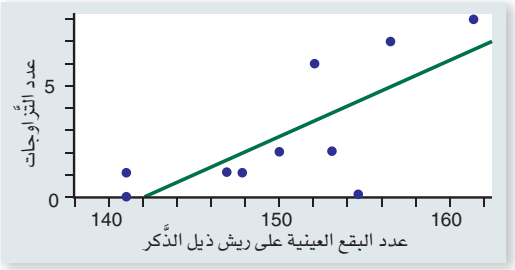


الشكل 54-27

فائدة الإقليمية. طيور الشَّمس (على اليسار)، التي توجد في إفريقيا، وتُشبه من النَّاحية البيئية طيور الطَّنان في العالم الجديد (على اليمين)، تحمي مصدر غذائها بمُهاجمة طيور الشَّمس الأخرى التي تقترب من الأزهار الموجودة في إقليمها.

أ.

ب.



جـ.

الشكل 54-28

نواتج الانتخاب الجنسي. جذب الشُّركاء عن طريق ريش طويل أمر شائع في أنواع الطيور، مثل (أ) طائر فردوس الهويد الإفريقي، *Vidua paradisaea*، و (ب) الطَّاووس، *Pavo cristatus*، الذي يُظهر ثنائية جنسية واضحة جدًا. جـ. إناث الطَّاووس تُفضِّل الذَّكر الذي يمتلك العدد الأكبر من البُقع على ريش ذيله.

استقصاء

لماذا تُفضِّل الإناث ذكورًا ببقع أكثر؟

الاستعمال الحصري لقطعة أرض من الزُّهور؛ لأنَّه يتمكَّن من جمع الرَّحيق الذي تُنتجه الأزهار بفعالية. للإبقاء على الاستعمال الحصري، على كلّ حال، يجب أن يقوم الطَّائر بالدِّفاع عن قطعة الأرض. إنَّ منافع الاستعمال الحصري تُرجَّح على تكاليف الدِّفاع في ظروف مُعيَّنة فقط.

عصافير الشَّمس، مثلًا، تصرف 3000 سعر في كلّ ساعة تُطارد المُتطفلين على الإقليم الخاص بها. وفيما إذا كانت مكاسب الدِّفاع عن المنطقة سوف تتجاوز هذه التَّكاليف يعتمد على كمية الرَّحيق في الأزهار، وعلى الفاعلية التي يُمكن للطَّائر أن يجمعه بها. عندما تكون الأزهار شحيحة جدًا، أو تكون مُستويات الرَّحيق مُنخفضة جدًا، ربما لا يكسب الطَّائر جامع الرَّحيق كمية طاقة كافية لمُوازنة الطَّاقة المُستعملة في الدِّفاع. في مثل هذا الظرف، ليس من المُفيد أن تُكوِّن إقليمًا. بطريقة مُشابهة، عندما تكون الأزهار وفيرة جدًا، يُمكن للطَّائر أن يُلاقي حاجاته اليومية من الطَّاقة دون أن يُظهر السُّلوك الإقليمي، ويضيف تكاليف الدِّفاع. لذلك من وجهة نظر الطَّاقة، الدِّفاع عن مصادر متوافرة لا يساوي أيضًا التَّكلفة. لهذا، تحدث الإقليمية فقط عند مُستويات مُتوسطة من توافر الأزهار وإنتاج الرَّحيق، وعندما تكون مكاسب الدِّفاع تفوق التَّكاليف.

في كثير من الأنواع، يكون الوصول الحصري للإناث عاملًا مُؤثِّرًا في تحديد حجم الإقليم للذُّكور أكثر من توافر الطَّعام. ففي بعض السَّحالي، مثلًا، تُحافظ الذُّكور على مناطق شاسعة خلال موسم التَّكاثر. هذه المناطق، التي تشمل مناطق عدَّة إناث، أكبر مما تحتاج إليه لتوفير غذاء كافٍ. وفي فصل عدم التزاوج، يحدث العكس، إذ يتقلَّص حجم منطقة الذَّكر بشكل كبير، ويقل حجم منطقة السُّلوك العدواني.

علم البيئة السّلوكيّ هو دراسة كيف يصقل الانتخاب الطَّبيعي السُّلوك.

ربما يُفضِّل الانتخاب الطبيعي نشوء سلوكات جمع الغذاء التي ترفع كمية الطَّاقة المُكتسبة في وحدة زمن جمع الغذاء إلى الحدّ الأقصى. الحيوانات التي تكتسب الطّاقة بفعالية خلال جمع الغذاء، ربما تزيد من تلاؤمها، ولكن اعتبارات أخرى، مثل تجنُّب المُفترسات، هي مُهمة أيضًا في تحديد النَّجاح التَّكاثري.

يُمكن استعمال المسار الاقتصادي لتفسير تطور سلوكات وبيئاتها، مثل الإقليمية. يفترض هذا المسار أنَّ الحيوانات التي تكسب طاقة من سلوك ما أكثر مما تصرف سوف تمتلك إيجابية في البقاء والتَّكاثر.

9-54 إستراتيجيات التَّكاثر والانتخاب الجنسي

خلال فصل التَّكاثر، تضع الحيوانات، "قرارات" عدَّة مهمة تتعلَّق باختيار الرُّفقاء في التَّزاوج، كم من الرُّفقاء ستمتلك، وكم من الزَّمن والطَّاقة تُكرِّس لتربية أنسالها؟ تُشكِّل هذه القرارات جوانب **إستراتيجية التَّكاثر Reproductive strategy** للحيوان، أو مجموعة السلوكات التي يفترض أنَّها نشأت لرفع النَّجاح التَّكاثري إلى الحد الأقصى.

نشأت إستراتيجيات التّكاثر بشكل جُزئي استجابةً لتكاليف الطَّاقة المصروفة للتَّكاثر. وظهرت أيضًا بوصفها استجابات لطريقة التَّوزيع المكاني لمصادر الغذاء في البيئة، ومواقع الأعشاش، وأفراد الجنس الآخر.

غالبًا ما يملك الجنسان إستراتيجيات تكاثرية مُختلفة

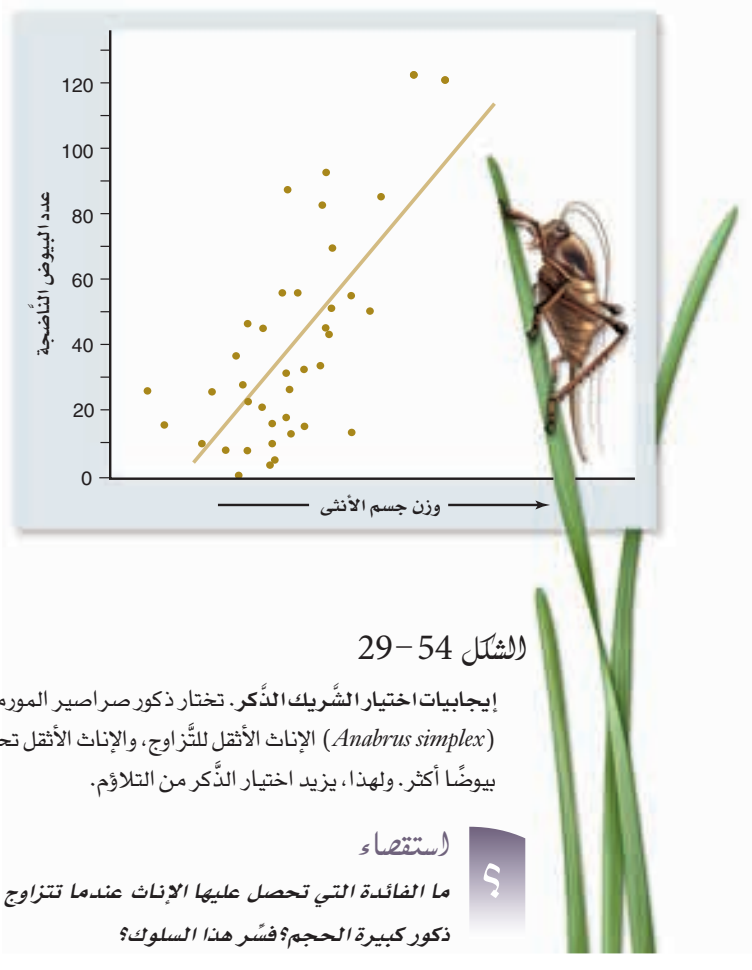
يختلف الذَّكر والأنثى غالبًا في إستراتيجيات التَّكاثر. كان داروين أول من لاحظ أنَّ الإناث لا تتزاوج ببساطة مع أول ذكر تُقابله، وبدلًا من ذلك تُقيِّم نوعية الذَّكر، وبعد ذلك تُقرِّر ما إذا كانت ترغب في التَّزاوج معه أم لا. تُفضِّل إناث الطَّاووس التَّزاوج مع الذُّكور التي تمتلك بقعًا أكثر على ريش ذيلها الطَّويل (الشكل 54-28 ب، جـ). وبشكل مُشابه، تُفضِّل إناث الضّفادع التَّزاوج مع الذُّكور ذات النِّداءات الأكثر تعقيدًا. يُدعى هذا السُّلوك **اختيار الرَّفيق Mate choice**، وقد وُصف في الكثير من أنواع اللافقريات والفقريات.

ترتبط الذُّكور بعملية اختيار الرَّفيق بشكل أقل شيوعًا من الإناث. لماذا يحدث هذا؟ كثير من الاختلافات في إستراتيجيات التَّكاثر بين الجنسين يُمكن فهمها بمُقارنة مُساهمة الآباء من الذُّكور والإناث. يُشير مفهوم **استثمار الآباء Parental investment** إلى مُساهمة كلّ جنس في إظهار النَّسل وتربيته؛ وهو، من حيثُ الأثر، مقياس الطَّاقة المصروفة من الذُّكور والإناث في كلّ مرحلة تكاثرية.

لقد أظهرت دراسات عدَّة أنَّ الإناث بشكل عام لها استثمار آباء أعلى. أحد الأسباب أنَّ البيوض أكبر من الحيوان المنوي بكثير، 195,000 مرة أكبر في الإنسان! تحتوي البيضة على البروتينات والدهون في المُحّ ومواد غذائية أخرى للجنين المُتطوِّر، ولكن الحيوان المنوي ليس إلا حزمة DNA صغيرة مُتحرِّكة. في بعض المجموعات من الحيوانات، تكون الإناث مسؤولة عن الحمل والإرضاع، وهي وظائف تكاثرية مُكلفة لا يقوم بها غيرها.

إن نتيجة مثل هذا التَّبايُن الكبير في الاستثمار التَّكاثري هو أنَّ الجنسين يُواجهان ضغوط انتخاب مُختلفة جدًا. ولأنَّ أي حدث تكاثري وحيد هو نسبيًّا رخيص بالنِّسبة إلى الذُّكور، فإنهم يزيدون من تلاؤمهم بالتَّزاوج مع أكبر عدد مُمكن من الإناث. ملاءمة الذَّكر نادرًا ما تحددها كمية الحيوانات المنوية التي يُمكن إنتاجها. وعلى العكس، كلّ حدث تكاثري للإناث مُكلف بشكل كبير، وكمية البيوض التي يُمكن إنتاجها عادةً تُحدِّد النَّجاح التَّكاثري. لهذا السبب، يكون لدى الأنثى حافز على الاختيار، مُحاولةً اختيار الذَّكر الذي يُمكن أن يُوفِّر أكبر فائدة لنسلها.

تصلُح هذه الاستنتاجات فقط عندما يكون الاستثمار التَّكاثري للأنثى أعلى بكثير مما عند الذكور. في الأنواع التي يقوم فيها كلا الأبوين بالرِّعاية، ربما تُسهم الذُّكور بتكلفة رعاية الصِّغار نفسها؛ وفي هذه الحالة، يجب أن يكون اختيار الشَّريك مُتساويًا بين الجنسين.



الشكل 54–29

إيجابيات اختيار الشَّريك الذَّكر. تختار ذكور صراصير المورمون (*Anabrus simplex*) الإناث الأثقل للتَّزاوج، والإناث الأثقل تحمل بيوضًا أكثر. ولهذا، يزيد اختيار الذَّكر من التلاؤم.

استقصاء

ما الفائدة التي تحصل عليها الإناث عندما تتزاوج مع ذكور كبيرة الحجم؟ فسِّر هذا السلوك؟

في بعض الأحيان، يكون استثمار الذَّكر أكثر من الأنثى. فمثلًا، تنقُل ذكور صراصير المورمون في أثناء الجماع رزمة مُحتوية على البروتين (تُسمّى حاملة الحيوانات المنوية) إلى الأنثى. إن نحو 30% من جسم الذَّكر مُكوَّن من حاملة الحيوانات المنوية التي تُزوِّد الأنثى بالغذاء، وتُساعدها على نمو بيوضها. وكما قد نتوقع في هذه الحالة، تتنافس الإناث مع بعضها للوصول إلى الذُّكور. وفي الحقيقة، تكون الذُّكور اختيارية بشكل تام، وتُفضِّل الإناث الأثقل وزنًا. إنَّ الإيجابية الاختيارية في هذه الإستراتيجية نتجت لأنَّ الإناث الأثقل وزنًا تحتوي بيوضًا أكثر؛ لهذا، تختار الذكور الإناث الأكبر، التي تمتلك عددًا أكبر من الأنسال (الشكل 54–29).

تقوم الذُّكور بالعناية بالبيوض والصِّغار النَّامية في الكثير من الأنواع، ويشمل ذلك فرس البحر، وكثيرًا من الطُّيور وأنواع الحشرات. في هذه الأنواع، كما في صراصير المورمون، تكون الذُّكور محطَّ اختيار، والإناث يجب أن تتنافس من أجل الرُّفقاء.

إنَّ الاستثمار الأبوي يُفسِّر السبب في أن يكون أحد الجنسين محطّ اختيار أكثر من الآخر. في الجُزء الآتي سوف نستعرض العوامل التي تُسهم في اختيار الرَّفيق.

يحدث الانتخاب التكاثري بطرق عدّة

كما ذكرنا في (الفصل الـ 20)، إنَّ النَّجاح التَّكاثري للفرد يتحدَّد بعوامل عدّة، هي: مُدَّة حياة الفرد، وعدد مرات تزاوجه، وعدد الأنسال التي يُنتجها في التَّزاوج الواحد، العامل الثاني من هذه العوامل، أي التَّنافس على فُرَص التَّزاوج، يُسمَّى **الانتخاب الجنسي Sexual selection**. بعض النَّاس يعدّون أنَّ الانتخاب الجنسي مُنفصل عن الانتخاب الطبيعي. في حين يعدّه آخرون جزءًا من الانتخاب الطبيعي، وهو عامل آخر من عوامل كثيرة تُؤثِّر في تلاؤم المخلوق الحي.

يتضمَّن الانتخاب الجنسي كلًّا من **الانتخاب الجنسي الداخلي Intrasexual selection**، أو التَّداخلات بين أفراد من الجنس نفسه ("القُدرة على هزم ذكور آخرين في معركة"، كما قال داروين)، **والانتخاب الجنسي البيني Intersexual selection**، الذي يُعَدُّ اسمًا آخر لاختيار الرَّفيق ("قوة الجمال"). يُؤدي الانتخاب الجنسي إلى ظهور تراكيب تُستعمل لمُصارعة ذكور آخرين، مثل قرون الغزال وقرون الكبش، وكذلك الزينة المُستخدمة في "إقناع" أعضاء الجنس المُقابل للتَّزاوج، مثل ذيل طويل الرِّيش، والرِّيش الزَّاهي (انظر الشكل 54–28 أ، ب). تُسمَّى هذه الصِّفات الصِّفات الجنسية الثانوية *secondary sexual characteristics*.

الانتخاب الجنسي الدَّاخلي

في كثير من الأنواع، يتنافس أفراد الجنس الواحد – عادةً الذُّكور– مع بعضهم على فرصة للتَّزاوج. هذه المُنافسة ربما تتم على ملكية منطقة تُقيم فيها إناث، أو على الوصول المُباشر للإناث نفسها. يُمكن ضرب مثال على الحالة الثانية باستعمال أنواع عدَّة، مثل الوعل الإفريقي (*Aepyceros melampus*)، حيث تُسافر الإناث بمجموعات كبيرة مع ذكر واحد يُمكنه أن يتزاوج بشكل حصري مع هذه الإناث. يُقاتل الذَّكر بشدَّة للدِّفاع عن هذا الوصول السَّهل ضد ذكور آخرين.

في أنظمة التَّزاوج كهذه، ترتبط ذكور قليلة في تزاوجات عدَّة جامحة، في حين لا تتمكَّن أغلب الذُّكور من التَّزاوج بتاتًا. في الفقمة الفيل، تتحكَّم الذُّكور في مناطق على شواطئ التَّزاوج، وتقوم بعض الذُّكور المُهيمنة بمُعظم عمليات التَّزاوج (الشكل 54–30). فعلى شاطئ واحد، مثلًا، تُلقِّح 8 ذكور 348 أنثى، في حين تتزاوج الذُّكور المُتبقية، بشكل نادر، أو لا تتكاثر أبدًا.

لهذا السبب، يُفضِّل الانتخاب بقوة أي صفة تُظهر قُدرة أكبر على هزم ذكور آخرين. في الكثير من الحالات، تُهيمن الذُّكور الكبيرة على الصَّغيرة. ولهذا السبب، تكون

الشكل 54-30

دفاع الذَّكر عن الـزَّواج المُتعدِّد في الفقمة الشَّمالية (*Mirounga angustirostris*). يُقاتل ذكور الفقمة بعضهم بعضًا لحيازة الأقاليم. الذُّكور الأضخم فقط هي التي تحتفظ بالأقاليم التي تحتوي على كثير من الإناث.

الذُّكور أكبر من الإناث في كثير من الأنواع الإقليمية لسبب بسيط هو أنَّ الذُّكور الكبيرة هي الوحيدة التي تتزاوج. تُسمَّى مثل هذه الفروق بين الجنسين **ازدواج الهيئة الجنسي Sexual dimorphism**. في أنواع أخرى، ظهرت تراكيب تُساعد على القتال، في الذُّكور، مثل القرون، والأنياب، والأسنان القاطعة الكبيرة. هذه الصِّفات غالبًا ما تكون مُزدوجة الهيئة الجنسية، وربما تكون هذه الصِّفات قد نشأت بسبب الإيجابية التي تُوفِّرها في الصِّراعات الجنسية الدَّاخلية.

يحدث بعض التَّنافس أحيانًا ليس بين الذُّكور أنفسها، بل بين حيواناتها المنوية، بظاهرة تُسمَّى **تنافس الحيوانات المنوية Sperm competition**. في الأنواع التي تتزاوج إناثها مع ذكور عدَّة، ظهرت صفات عدَّة لزيادة نجاح الحيوان المنوي إلى الحد الأقصى: تكون الخصيتان كبيرتين، وتُنتجان كميات كثيرة من الحيوانات المنوية في التَّزاوج الواحد، والحيوانات المنوية نفسها تكون أكبر، وتسبح بسرعة أكبر مهيئة فرصة تلقيح البويضة.

الانتخاب الجنسي البيني

كما ذكرنا في الجُزء السَّابق، ترتبط كثير من الأنواع في اختيار الرَّفيق بدلًا من التَّزاوج العشوائي. عادةً، جنس المخلوق الذي يمتلك استثمارًا أبويًّا أكبر هو الذي يتمُّ اختياره، وفي كثير من الأنواع، ككثير من الطُّيور والثَّدييات، الأنثى هي التي تختار. نشأت في ذكور هذه الأنواع خصائص عدَّة ثانوية، مثل الألوان الزَّاهية، والتَّغريدات العالية والمُعقَّدة، أو سلوكات عرض مُحدَّدة.

المكاسب المُباشرة لاختيار الشَّريك (الرَّفيق)

في بعض الأحيان، يكون اختيار الشَّريك واضحًا. في كثير من أنواع الطُّيور والثدييات، وبعض أنواع حيوانات أخرى، تُساعد الذُّكور على تربية النَّسل. في هذه الحالات، سوف تكسب الإناث باختيارها الذَّكر الذي يُوفِّر أفضل عناية، فكلما كان الأب أفضل، تكون احتمالية تربية أنسال لها أكبر.

في أنواع أخرى، لا تشارك الذُّكور في تربية الصِّغار، وإنَّما تُحافظ على المناطق التي تحتوي على الغذاء، ومواقع التَّعشيش، وتوفر ملجأ من المُفترس. في مثل هذه الأنواع، الإناث التي تختار ذكورًا في مناطق أفضل سوف ترفع نجاحها التَّكاثري إلى الحد الأقصى.

المكاسب غير المُباشرة لاختيار الشَّريك

في كثير من الأنواع، على كلّ حال، لا تُوفِّر الذُّكور للإناث مكاسب مُباشرة من أي نوع. في مثل هذه الحالات، ليس من المُلاحظ بشكل واضح ماذا ستكسب الأنثى من كونها "محطّ اختيار". إضافة إلى هذا، ماذا ستكون المكاسب المُحتملة من اختيار ذكر بذيل طويل أو يمتلك تغريدًا مُعقَّدًا؟

اقتُرحت نظريات عدَّة لتفسير نشوء مثل هذه الأفضليات. أحد الأفكار أنَّ الإناث تختار الذَّكر الأكثر صحة أو الأكبر. الذُّكور الأكبر، مثلًا، ربما تمتلك القُدرة على العيش مدة أطول، وتكتسب كمية كبيرة من الغذاء، وتقاوم الطُّفيليات والأمراض. في أنواع أخرى، ربما تُشير صفات أخرى غير الحجم إلى حالة الذكر. في أسماك الزِّينة الفطساء، وبعض الطُّيور، يعكس لون الذَّكر الزَّاهي نوعية غذائه وصحته العامة. وربما تكسب الإناث فائدتين من تزاوجها مع ذكور أكثر صحة: أولًا، الذُّكور الأكثر صحة يكون احتمال حملها للأمراض أقل، فلا تنتقل للأنثى خلال التَّزاوج. وثانيًا، مدى نجاح الذُّكور في العيش الطَّويل والازدهـار هو ناتج عن المُحتوى الوراثي، لذلك تتأكَّد الأنثى من حصول أنسالها على جينات جيدة من الذكور.

أُجريت دراسات تجريبية عدَّة على الأسماك والفراش لاختبار ما إذا كان اختيار الأنثى للشَّريك يُؤدي إلى نجاح تكاثري. في هذه التَّجارب، سُمح للإناث من إحدى المجموعات باختيار الذُّكور، في حين تزاوجت الذُّكور بشكل عشوائي مع مجموعة مُختلفة من الإناث. كان نسل الإناث التي اختارت شريكها أكثر عدوانية، وعاش بشكل أفضل من نسل الإناث التي لم تختر، وهذا يعني أنَّ الإناث اختارت ذكورًا بمُحتوى وراثي أفضل.

أسهم تعديل على النَّظرية في نقلها خطوة واحدة للأمام. في بعض الأحيان، تختار الإناث شُركاء ذوي صفات تبدو مُضرة بالبقاء (انظر الشكل 54-28). الذَّيل الطَّويل للطَّاووس مُعيق للطَّيران، ويجعل الذُّكور أكثر عُرضةً للمُفترسات. لماذا تُفضِّل الإناث ذكورًا بمثل هذه الصِّفات؟ تنص **فرضية الإعاقة Handicap hypothesis** على أنَّ الشُّركاء المُتفوقين وراثيًّا فقط يستطيعون العيش بوجود مثل هذه الإعاقة. فباختيار ذكر بإعاقة أكبر، تضمن الأنثى أنَّ نسلها سوف يحصل على هذه النَّوعية من الجينات. بالطَّبع، سوف ترثّ أنسال الذَّكر أيضًا جينات الإعاقة. ولهذا السبب، ما زال علماء التطور يشكُّون في صحة هذه الفرضية.

الشكل 54-31

نداء ذكور ضفدع تنجارا (*Physalaemus pustulosus*). تُفضِّل ضفادع إناث أنواع مُختلفة من الجنس *Physalaemus* ذكورًا تتضمَّن الصوت "chuck" في ندائها. على الرغم من أن ذكور ضفادع تنجارا فقط تُصدر مثل هذه النِّداءات.

فرضيات بديلة عن تطور اختيار الشَّريك يبدو أنَّ مظاهر غزل أخرى نشأت من ميل سابق لجهاز الإحساس في الأنثى نحو نوع مُعيَّن من المُنبهات. فمثلًا، ربما تكون الإناث أفضل في التقاط ألوان مُحدَّدة أو أصوات مُحدَّدة على ذبذبة مُعيَّنة. يتضمن هذا **الاستغلال الحسّي Sensory exploitation** تطور إشارة التقاط في الذُّكور "تستغل" الانحيازات الموجودة في الأصل، فمثلًا، إن كانت الإناث مُتمرِّسة بشكل مُعيَّن على كشف الأجسام الحمراء، فإنَّ الألوان الحمراء سوف تنشأ غالبًا في الذُّكور.

مثال آخر، خذ الأصوات في ضفدع التِّنجارا (الشكل 54-31). على عكس الأنواع القريبة، تُصدر الذُّكور انفجارًا صغيرًا لصوت تناغُمي، يُدعى "chuck"، في نهاية نداءاتها. اقترح بحث حديث أنَّه ليس فقط إناث هذا النَّوع تنجذب بشكل مُحدَّد لنداء من هذا النَّوع، ولكن أيضًا إناث من أنواع أخرى قريبة، مع أنَّ ذكور هذه الأنواع لا تُطلق الصوت نفسه "chuck". إن سبب نشوء مثل هذا التَّفضيل ما زال غير معلوم، ولكن ذكر ضفدع تنجارا يستغل هذا بشكل واضح.

اقتُرحت تعديلات كبيرة على فرضيات أخرى لتفسير نشوء تفضيل التَّزاوج. كثير من هذه الفرضيات يُمكن أن يكون صحيحًا في بعض الظُّروف، ولكن كلها على ما يبدو غير قادرة على تفسير التَّعديلات كلها في سلوك التَّزاوج في حيوانات العالم. تشكل هذه منطقة بحث نابض بالحياة، وتظهر اكتشافات جديدة بشكل مُنتظم.

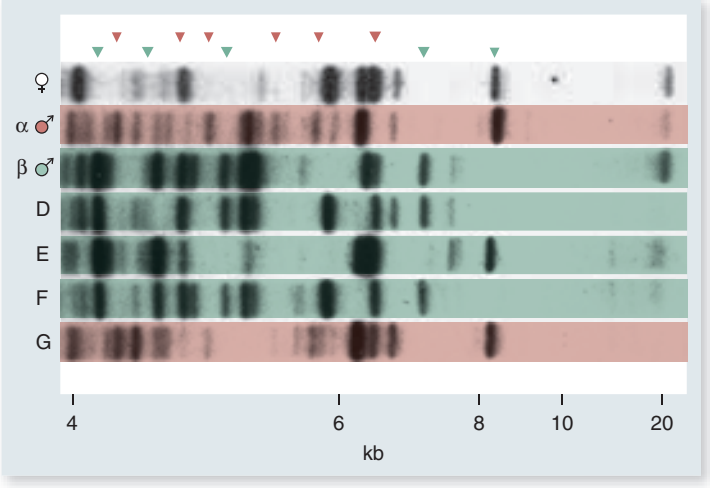
تعكس أنظمة التَّزاوج تكيُّفات للنَّجاح التَّكاثري

نشأت إستراتيجيات التَّكاثر للحيوان بشكل جُزئي استجابة لتكاليف الطَّاقة للتَّكاثر ولطريقة توزيع مصادر الغذاء، ومناطق الأعشاش، وأفراد الجنس الآخر في البيئة.

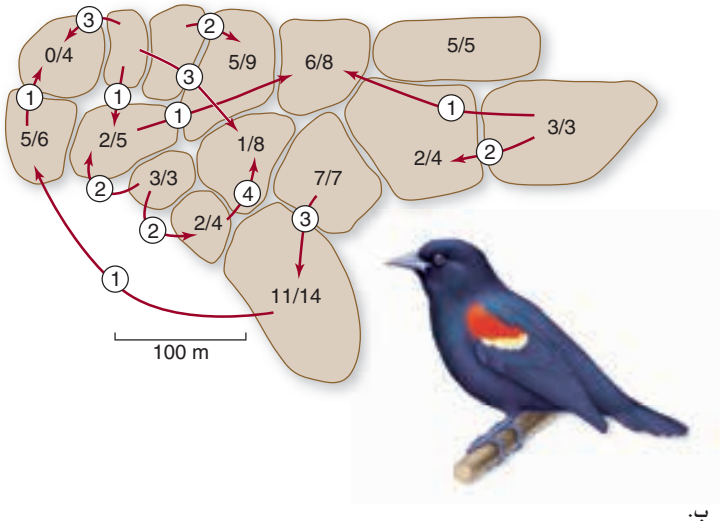
يختلف عدد الأفراد التي يتزاوج معها الحيوان خلال موسم التَّزاوج ضمن المملكة الحيوانية. تشمل **أنظمة التَّزاوج Mating systems** الزَّواج الأُحادي *Monogamy* (ذكر واحد يتزاوج مع أُنثى واحدة)، تعدد الإناث *polygyny* (ذكر واحد يتزاوج مع أكثر من أنثى واحدة؛ انظر الشكل 54-30)، وتعدُّد الذُّكور *Polyandry* (أنثى واحدة تتزاوج من أكثر من ذكر واحد). نشأت أنظمة التَّزاوج، مثل عملية اختيار الشريك؛ لتزيد من التلاؤم التَّكاثري إلى الحد الأقصى.

أظهرت كثير من الأبحاث أنَّ أنظمة التَّزاوج تأثَّرت بشكل قوي بالبيئة. ربما يُدافع الذَّكر عن إقليم، مثلًا، يحتضن مواقع الأعشاش، أو مصادر الغذاء الكافية لأكثر من أنثى واحدة. فإذا اختلفت الأقاليم في نوعية المصادر وكميتها، فإنَّ تلاؤم الأنثى يُصبح أقصى ما يُمكن إن تزاوجت مع ذكر يمتلك إقليمًا عالي النَّوعية. مثل هذا الذَّكر، قد يكون له شريكة أصلًا، ولكن لا يزال مفيدًا أكثر للأنثى أن تتزاوج مع هذا الذَّكر بالمقارنة مع ذكر لم يتزاوج لأنَّه يمتلك إقليمًا قليل النَّوعية. في هذه الحالة، سيُفضِّل الانتخاب الطَّبيعي الزَّواج المُتعدِّد.

أنظمة التَّزاوج تحدِّدها أيضًا حاجات النَّسل. إن كان وجود الأبوين ضروريًّا من أجل تربية النَّسل بنجاح، فإنَّ الزَّواج الأحادي ربما يكون مُفضَّلًا. بشكل عام، تسود هذه الحالة في الطُّيور، حيث يكون فيها أكثر من 90% من الأنواع أُحادية التَّزاوج. ربما يبقى الذَّكر مع رفيقته ويُوفِّران الرِّعاية للنَّسل، أو يهجر رفيقته ليبحث عن أُخريات؛ كلتا الإستراتيجيتين ربما تزيدان من ملاءمة الذَّكر. إنَّ الإستراتيجية التي سيُفضِّلها الانتخاب الطَّبيعي تعتمد على الحاجة ليساعد الذَّكر في التَّغذية أو في الدِّفاع عن النَّسل. في بعض الأنواع، يكون النَّسل **مُتأخر النُّضج Altricial** أي يحتاج إلى عناية طويلة ومُكثَّفة. في هذه الأنواع، تقلِّل الحاجة إلى العناية من قِبَل الأبوين من ميل الذَّكر لهجر شريكته والبحث عن تزاوجات أخرى. في الأنواع، حيث تكون الصِّغار **مُبكرة النُّضج Precocial** (تحتاج إلى القليل من رعاية الأبوين)، ربما تكون الذُّكور مُتعدِّدة التَّزاوج.



أ.



ب.

الشكل 54-32

دراسة الأبوة. أ. هلام يُبيِّن فحص البصمة الوراثية DNA من طائر الشحرور (*Prunella modularis*). تُبيِّن الأشرطة قطعًا من DNA مُختلفة الطُّول. الكتاكيت الأربعة (D–G) كانوا في عش الأنثى. بمُقارنة الأشرطة الظاهرة في الذَّكرين والأنثى، يُمكن أن نحكم أي ذكر هو والد الكتاكيت. تُشير المُثلثات إلى الأشرطة المُميِّزة للذَّكر الأول، ولكن ليس الذَّكر الثاني. في هذه الحالة، الذَّكر β هو والد لثلاثة (D، E، F، ولكن ليس لـ G) من أربعة كتاكيت. **ب.** نتائج دراسة البصمة الوراثية DNA للطُّيور السَّوداء ذات الجناح الأحمر (*Agelaius phoeniceus*). تُشير الكسور إلى نسب الأبناء لآباء يوجد العُشّ في إقليمهم. وتُشير الأسهم إلى عدد الأبناء الذين آباؤهم ذكور من خارج كلّ إقليم. أعشاش بعض الأقاليم لم يتم أخذ عينات منها.

وعلى الرَّغم من أنَّ الزَّواج المُتعدِّد سائد أكثر، إلا أنَّ أنظمة تعدُّد الذُّكور- زواج أنثى واحدة مع أكثر من ذكر واحد- معروفة في أنواع مُختلفة من الحيوانات. فمثلًا، تهتم ذكور طيور الطيطوي المُنقَّطة (*Actitus maculeria*)، بكل الحضانة والأبوة، وتتزاوج الإناث، وتترك البيوض مع ذكرين أو أكثر.

عمليات التَّلقيح خارج- الزَّوجين

في السَّنوات القريبة، استطاع الباحثون الكشف عن كثير من النَّواحي غير المُتوقعة في تزاوج الحيوانات. بعض هذه الاكتشافات نتجت عن تطبيق تقنيات جديدة، في حين نتجت الاكتشافات الأخرى عن دراسات حقلية مُكثَّفة ومُفصَّلة.

يصف (الفصل الـ 15) كيفية استخدام تقنية البصمة الوراثية DNA في التعرف إلى عينات الدَّم. استعمال شائع آخر لهذه التَّقنية هو في تحديد الأبوة. باستعمال تقنية البصمة الوراثية DNA، يُمكن لعلماء البيئة السّلوكيّ أن يُحدِّدوا بدقة كمية النَّجاح التَّكاثري في الأفراد الذُّكور، ثُمَّ يقيّموا كم كانت إستراتيجيتهم التَّكاثرية بالتَّحديد ناجحة (الشكل 54-32 أ).

في دراسة كلاسيكية على طائر الشَّحرور ذي الأجنحة الحمراء (الشكل 54-32 ب)، توصَّل الباحثون إلى أنَّ نصف الأعشاش احتوت على صغير واحد على الأقل نتج عن تلقيح ذكر ليس صاحب المنطقة؛ بشكل عام، 20% من النَّسل كان ناتجًا عن **عمليات التَّلقيح خارج-الأبوين (Extra-pair copulations (EPCs**.

بيَّنت دراسات كهذه أنَّ التَّلقيح خارج-الأبوين مُنتشر في عالم الطُّيور أكثر من المُتوقع. حتى في بعض الأنواع التي كان يُعتقد أنَّها أُحادية التَّزاوج على أساس المُراقبات السُّلوكية، وجدت حالات تمَّ تلقيحها من ذكر غير شريك الأنثى، وكانت الحالات عالية بشكل مدهش.

ما الإيجابية التَّطورية للتَّلقيح خارج-الأبوين؟ بالنِّسبة إلى الذُّكور، الإجابة كانت واضحة؛ زيادة النَّجاح التَّكاثري. بالنِّسبة إلى الإناث، الإجابة أقل وضوحًا؛ لأنَّه في مُعظم الحالات لا ينتُج عنه ازدياد في أعداد النَّسل. أحد الاحتمالات هي أنَّ الإناث تميل للتَّزاوج مع أفراد متفوقين وراثيًّا حتى لو أنَّها قد تزاوجت مع ذكر مُسبقًا، وبهذا تُحسِّن الجينات المُنتقلة إلى نسلها. احتمالية أخرى هي أنَّ الإناث تزيد من كمية المُساعدة التي تحصل عليها في تربية الأبناء. هذا بالضَّبط ما يحصل في الطَّائر الإنجليزي الشَّائع، الدَّنوك. تتزاوج الإناث ليس فقط مع صاحب المنطقة، ولكن أيضًا مع ذكور ثانويين تتسكَّع حول حافة المنطقة. إذا تزاوجت أنثى مع هؤلاء الثانويين عددًا كافيًا من المرات، فإنهم سيساعدون على تربية صغارها؛ لاعتقادهم أنَّهم ربما يكونون آباء لبعض هذه الصِّغار.

إستراتيجيات التَّزاوج المُتبادل

أدَّى الانتخاب الطبيعي لنُشوء طرق عدَّة لزيادة النَّجاح التَّكاثري. فمثلًا، في كثير من أنواع الأسماك، هناك صنفان وراثيان من الذُّكور: المجموعة الأولى كبيرة تُدافع عن المناطق للحصول على التَّزاوجات. والمجموعة الثانية أصغر تتَّبع إستراتيجية مُختلفة تمامًا. هذه الذُّكور لا تمتلك إقليمًا، ولكنها تتسكَّع على حافة أقاليم الذُّكور الكبيرة. عند انتهاء غزل الذَّكر، وعندما تقوم الأنثى بوضع بيوضها، ويقوم الذَّكر المُهيمن بوضع حيواناته المنوية، يتدخل الذَّكر الأصغر، فيُطلق حيواناته المنوية في الماء، مُخصِّبًا بعض البيوض. إن كانت هذه الإستراتيجية ناجحة، فإنَّ الانتخاب الطبيعي سيُفضل نشوء الإستراتيجيات التَّكاثرية لهذين الذَّكرين المُختلفين.

لوحظت أنماط مُشابهة في مخلوقات حية أخرى. في بعض خنافس الرَّوث، تمتلك الذُّكور المُهيمنة قرونًا كبيرة تستعملها لحماية الغُرف التي تُقيم بها الإناث، في حين لا تمتلك الذُّكور الأصغر وراثيًّا أي قرون. بدلًا من ذلك، تشق الذُّكور الأصغر أنفاقًا جانبية، وتُحاول التَّزاوج مع الأنثى داخل غرفتها. في مُتساويات الأرجل، هناك ثلاثة أصناف للأحجام الوراثية. الذُّكور مُتوسطة الحجم تعبر إلى الإناث، وتدخل منطقة الذَّكر الكبير بهذه الطَّريقة؛ أما الصِّنف الأصغر فهو صغير جدًا، ويستطيع أن يتسلَّل تمامًا دون أن يتمَّ اكتشافه.

هذه فقط نظرة خاطفة على تنوع غني في أنظمة التَّزاوج التي تطورت. المُهم في الموضوع: إذا كانت هناك طريقة لزيادة النَّجاح التَّكاثري، فإنَّ الانتخاب الطَّبيعي سوف يُفضِّل نُشوءها.

تُحدِّد نسبة الاستثمار الأبوي للجنسين الإستراتيجيات التَّكاثرية. يميل الجنس الذي يستثمر أكثر لأن يكون محطَّ نظر بالنِّسبة إلى اختيار الشَّريك.

في بعض الأنواع، يتنافس أفراد الجنس الواحد مع بعضهم بعضًا للوصول إلى أفراد الجنس الآخر. في أنواع أخرى يختار أعضاء الجنس الأول أعضاء الجنس الآخر الذين سيتزاوجون معهم. هناك كثير من العوامل المُختلفة التي ربما تُؤثِّر في تطور اختيار الجنس.

10-54 الإيثار وحياة الجماعة

يحدث **الإيثار Altruism** –وهو أداء فعل يُفيد فردًا آخر على حساب الفاعل– في أشكال عدَّة في عالم الحيوان. في كثير من أنواع الطُّيور، مثلًا، يُساعد الأبوين في تربية صغارهما طيورٌ أخرى، ولذلك يُدعون "المُساعدون في العُش" في أنواع من الذبيات والطُّيور، تُعطي الأفراد التي تتكشف المُفترس نداء إنذار، مُحذِّرةً أفراد مجموعتها الآخرين، حتى لو أنَّ مثل هذا الفعل قد يجلب انتباه المُفترس نحو المنادي. أخيرًا، قد تسمح اللبوءات المرضع لكلّ الجراء في القطيع برضاعة الحليب، ويشمل هذا جراء إناث أخريات.

لقد حيَّر وجود الإيثار علماء الأحياء التَّطوري. إن كان الإيثار يفرض تكلفة على الفرد، كيف يُمكن للانتخاب الطبيعي أن يُفضِّل أليل الإيثار؟ يُمكن للمرء أن يتوقع أنَّ مثل هذه الأليلات تكون سلبية، وأنَّ تكرارها في مستودع الجينات يجب أن يتناقص مع الوقت.

وُضعت تفسيرات عدَّة لتفسير نشوء الإيثار. أحد الاقتراحات التي نسمعها على الأغلب في البرامج الوثائقية على التِّلفاز هو أنَّ مثل هذه الصِّفات تنشأ لمصلحة الأنواع. المُشكلة في مثل هذه التَّفسيرات هي أنَّ الانتخاب الطَّبيعي يعمل على أفراد داخل الأنواع، وليس على الأنواع نفسها. لذلك، لن يُفضل الانتخاب الطبيعي الأليلات التي تقود الفرد ليتصرف بطرق تُفيد آخرين فقط على حساب الفرد نفسه؛ من المحتمل نشوء صفات مُؤذية للنوع ككل، طالما هي مفيدة للفرد.

في بعض الأحيان، يُمكن للانتخاب أن يعمل على مجموعات من الأفراد، ولكن مثل هذا **انتخاب للمجموعة Group selection** نادر. فمثلًا، إذا نشأ أليل أكل اللُّحوم داخل الجماعة، فإنَّ الأفراد بهذا الأليل سوف تُحابى لأنَّها سوف تجد أكلًا أكثر لتأكله؛ من ناحية أخرى، ربما تأكل المجموعة نفسها في النِّهاية إلى

درجة الانقراض، وسيُنزع الأليل من النوع. لهذا، فالانتخاب بين المجموعات سوف يُؤدي إلى تناقُص في تكرار الأليل في النَّوع، حتى لو أنَّ الانتخاب داخل مجموعة مُعيَّنة فضَّل ذلك الأليل. وعلى الرَّغم من أنَّ اختيار المجموعة مُمكن الحدوث، فإنّ الظروف اللازمة نادرة التوافر في الطَّبيعة. في أغلب الأحيان، وبناء على هذا، لا يُفسِّر تعبير "مصلحة المجموعة" نشوء صفات الإيثار.

هناك احتمال آخر؛ أن تصرُّفات الإيثار الظَّاهرية ليست إيثارًا مُطلقًا. مثلًا، المُساعدون في العُش غالبًا صغار في العُمر، ويكسبون تجربة أبوية غنية بمُساعدة أبوين مُنتجين، ما يُعطيهم إيجابية عند تزاوجهم. زيادة على ذلك، بالتَّجوال في منطقة ما، قد ترثّ مثل هذه الأفراد هذه المنطقة عند موت الأبوين المُنتجين. بشكل مُشابه، ربما تُفيد نداءات التَّحذير في الحقيقة مُطلقي النداء بجعل الحيوانات الأُخرى تشعر بالفزع. فعن طريق إشاعة البلبلة، ربما يتمكَّن مُطلق النِّداء من التَّسلل دون أن يُكتشف. لقد أظهرت دراسات حقلية مُفصَّلة حديثة أنَّ بعض التَّصرُّفات إيثارية حقيقية، في حين أن بعضها الآخر ليس كذلك.

ربما تُفسّر التبادلية بعض الإيثار

يقترح أحد تفسيرات الإيثار أنَّ الأفراد ربما يُشكِّلون "شراكات" يحدث فيها تبادُلات منفعة لأفعال إيثارية؛ لأنَّها تُفيد كلا المُشاركين. في نشوء مثل هذا **الإيثار المُتبادل Reciprocal altruism**، يتمُّ التَّمييز ضد "المُخادعين" (غير متبادلي المنفعة) وتُمنع عنهم المُساعدة المُستقبلية. بحسب هذه الفرضية، إذا كان عمل الإيثار غير مُكلف نسبيًّا، فالمكسب القليل الذي يصل للمُخادع بكونه غير مُتبادل المنفعة تتفوق عليه التَّكلفة المُتوقعة من عدم الحصول على المعونة المُستقبلية. في هذه الظُّروف، يجب إزالة سلوك الخداع بالانتخاب.

تُعشش الوطاويط مصاصة الدِّماء في الأشجار المُجوَّفة، والكهوف، والمناجم، على شكل مجموعات من 8 إلى 12 فردًا (الشكل 54-33). ولأنَّ مثل هذه الوطاويط لها مُعدَّل أيض عالٍ، وربما تموت الأفراد إن لم تحصل على غذاء، تمتص الوطاويط التي تجد عائلًا كمية كبيرة من الدِّماء، لذلك لا يُكلِّف التَّخلي عن كمية صغيرة من الدَّم لشريك العُش لحمايته من الموت جوعًا كمية كبيرة من الطَّاقة للمُتبرع. تُشارك الوطاويط مصاصة الدِّماء الدَّم مع مُتبادل سابق. وإذا فشل فرد في إعطاء دم إلى وطواط تلقَّى منه دمًا في السَّابق، فإنَّه سوف يُستثنى من مُشاركة الدم مستقبلًا.

يقترح انتخاب النَّسَب Kin selection إيجابية وراثية مُباشرة للإيثار

أكثر التَّفسيرات أهمية لأصل الإيثار قدَّمه وليام د. هاميلتون سنة 1964. إنَّ أفضل تقدمة له هي باقتباس مُلاحظة عابرة وضعها عالم وراثة الجماعات ج. ب. س هالدين في حانة سنة 1932. لقد قال هالدين: إنه سيتخلى عن حياته طوعًا لشقيقين أو ثمانية أبناء عم من الدَّرجة الأولى.

من النَّاحية التَّطورية، فإنَّ كلام هالدين هذا له معنى؛ لأنَّ مقابل كلّ أليل حصل عليه هالدين من أبويه، فإنَّه قد حصل كلّ واحد من إخوانه على 50% فُرصة للحصول على الأليل نفسه (الشكل 54-34). وبسبب هذا، من المُتوقع إحصائيًّا أنَّ اثنين من أشقَّائه سوف ينقلان خليطًا مُعينًا من أليلات هالدين إلى الجيل اللاحق بالكمية نفسها التي يُمكن أن ينقلها هالدين ذاته. وبطريقة مماثلة، يُمكن لهالدين وأحد أبناء عمه من الدَّرجة الأولى أن يشتركا في ثُمن أليلاتهم (انظر الشكل 54-34). آباؤهم، وهم أشقاء، يُمكن لكلّ منهم أن يُشترك في نصف أليلاته، وكلّ واحد من أبنائهم يُمكن أن يحصل على نصف هذه الأليلات، ومن هذه يُمكن أن يكون نصفها بالمُعدَّل مُشتركًا: $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$ لهذا، فإنّ

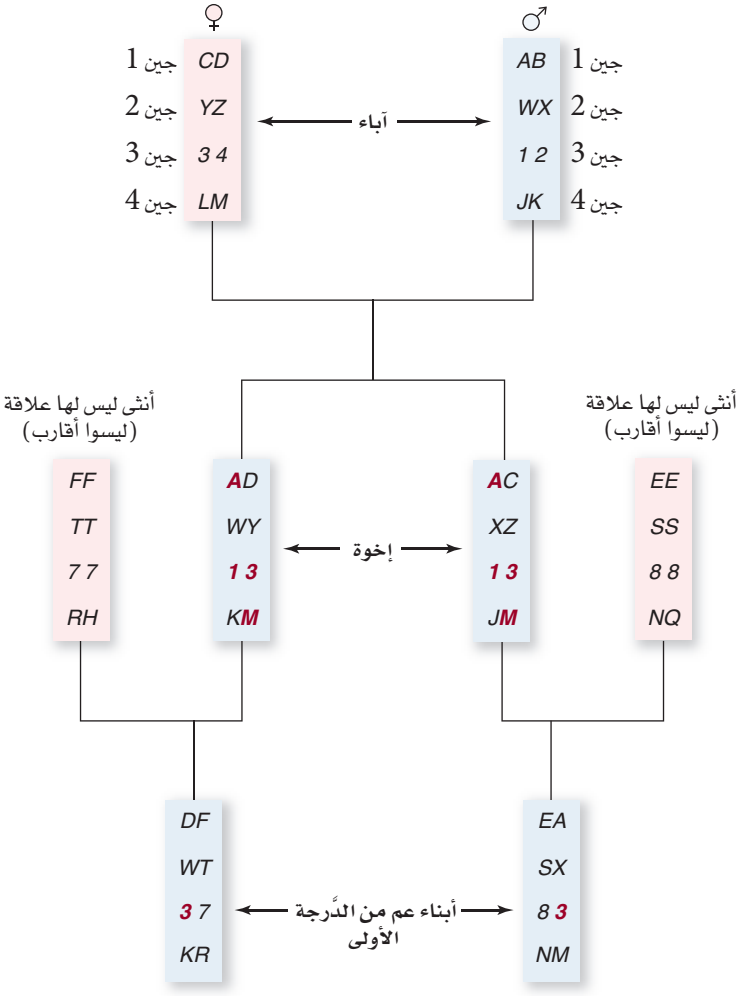
الشكل 54-33

الحقيقة أغرب من الخيال. الإيثار التَّبادلي في الوطاويط مصاصة الدِّماء (*Desmodus rotundus*). تتغذَّى الوطاويط مصاصة الدِّماء على دماء الثدييات الكبيرة، ولكنها لا تتحوَّل إلى بشر، ولا تعيش في أكفان. تعيش مصاصة الدِّماء في مجموعات تتشارك وجبات الدَّم. وهي تتذكر من هي الوطاويط التي زوَّدتها بدم في الماضي، وعلى الأغلب تتشارك مع تلك الوطاويط التي شاركتها في السَّابق.

ثمانية أبناء عم من الدَّرجة الأولى يُمكنهم نقل هذه الأليلات إلى الجيل المقبل بالكمية نفسها التي يُمكن أن ينقلها هالدين نفسه. لاحظ هاميلتون وجهة نظر هالدين بوضوح: سوف يُفضِّل الانتخاب الطبيعي أي إستراتيجية يُمكنها أن تزيد التَّدفق الصَّافي لأليلات فرد ما إلى الجيل المقبل.

أوضح هاميلتون أنَّه بتوجيه المُساعدة نحو الأقارب القريبين وراثيًّا، ربما يزيد الإيثار من النَّجاح التَّكاثري للأقارب لدرجة تكفي للتَّعويض عن التَّقليص من تلاؤمه هو. ولأنَّ سلوك الإيثار يزيد من انتقال الأليلات في الأقارب، فإنَّه سيتمُّ تفضيل الإيثار من قِبَل الانتخاب الطَّبيعي. يُدعى الانتخاب الذي يُحابي الإيثار المُوجَّه نحو الأقارب **انتخاب النَّسب Kin selection**. وعلى الرَّغم من أنَّ السلوكات التي يتمُّ تفضيلها تعاونيةٌ، فإنّ الجينات حقيقة "تتصرف بأنانية"، لأنَّها تُشجِّع المخلوق الحي على دعم نُسخ لها في أفراد آخرين. بكلمات أخرى، إن كان للفرد أليلًا سائدًا بسبب الإيثار، فإنَّ أي فعل يزيد من تكرار هذا الأليل في الأجيال المقبلة سوف يُفضَّل، حتى لو كان هذا الفعل مُؤذيًا للفرد الذي يقوم به.

يتنبأ نموذج انتخاب النِّسب لهاميلتون أن الإيثار غالبًا ما يكون موجهًا نحو الأقارب من الدَّرجة الأولى. وكلما زادت درجة القرابة بين فردين، كان المردود الوراثي المُتوقع أكبر. تُعرف هذه العلاقة **بقاعدة هاميلتون Hamilton's rule**، وهي تنصُّ على أنَّ الأفعال الإيثارية يتمُّ تفضيلها عندما تكون $rb>c$. في هذا التَّعبير، تكون b مكاسب الفعل الإيثاري، و c تكاليف الفعل الإيثاري، في حين تكون r مُعامل الارتباط، أي نسبة الأليلات التي يتشارك فيها فردان من أصل مُشترك. فمثلًا، يُمكن أن يحصل فرد على طفل واحد أقل ($c = 1$) إذا سمحت مثل هذه الأفعال لأخيه نصف الشَّقيق، الذي يُشارك بربع جيناته ($r = 0.25$)، أن يحصل على خمسة أبناء إضافيين أو أكثر من النَّسل ($b=5$).



مُعدَّل الارتباط الوراثي	
أب – ابن	1/2
أخوان شقيقان	1/2
أخوان غير شقيقين	1/4
أبناء عم من الدَّرجة الأولى	1/8

الشكل 54–34

مثال افتراضي للعلاقات الوراثية. بالمُعدَّل، يتشارك الأشقاء بنصف أليلاتهم. في المقابل، أبناء العم يتشاركون بثُمن أليلاتهم بالمُعدَّل. كلّ حرف ورقم يُمثِّل أليلًا مُختلفًا.

أمثلة على انتخاب النِّسب

تعرف أمثلة عدَّة على انتخاب النِّسب من عالم الحيوان. فمثلًا، تُطلق سناجب بلدنج الأرضية (*Spermophilus belding*) نداءات عندما ترى مُفترسًا مثل القيوط والغرير. مثل هذه المُفترسات ربما تُهاجم السِّنجاب مُطلق النِّداء، لذلك فإنَّ إطلاق الإشارة يعرّض مُطلق الإشارة للخطر.

تتكوَّن الوحدة الاجتماعية لمُستعمرة السِّنجاب الأرضي من أنثى وبناتها، وأخواتها، وعماتها، وبنات الأخت. عندما تنضج الذُّكور، تنتشر مسافات بعيدة عن المكان الذي ولدت فيه، لذلك تكون الذُّكور البالغة في المُستعمرة غير مُرتبطة وراثيًّا بالإناث. عن طريق وضع علامات على كلّ سناجب المُستعمرة باستعمال نمط صبغ على فرائها وبتسجيل الأفراد التي أطلقت نداءات جميعهم، والظُّروف الاجتماعية لندائها، وجد الباحثون أنَّ الإناث التي لها أقارب يعيشون بالقرب منها كانت أكثر احتمالًا لإطلاق الإنذارات من السَّناجب التي ليس لها أنسباء قريبون. تميل الذُّكور للنِّداء بشكل أقل شيوعًا، كما هو مُتوقع؛ لأنَّها غير مُرتبطة مع مُعظم أعضاء المُستعمرة.

يأتي مثال آخر على انتخاب النِّسب من طائر يُدعى آكل النَّحل أبيض المُقدمة، الذي يعيش على طول الأنهر في إفريقيا على شكل مُستعمرات من 100 إلى 200 طائر (الشكل 54-35). على عكس سناجب الأرض، يبقى الذَّكر عادة في المُستعمرة التي ولد فيها، وتتفرَّق الإناث للانضمام إلى مُستعمرات جديدة. لا تُربي مُعظم طيور آكل النَّحل صغارها، ولكنها تُساعد الآخرين على ذلك. مُعظم المُساعدين من الطُّيور الشابة، ولكن الطُّيور الأكبر عمرًا التي فشلت مُحاولات تعشيشها يُمكنها أن تُساعد أيضًا. إن وجود مُساعد واحد، بالمُعدَّل، يُضاعف عدد الصِّغار التي تبقى على قيد الحياة. هناك دليلان يدعمان فكرة أنَّ انتخاب النِّسب مُهم جدًا في تحديد سلوك المُساعدة في هذا النَّوع: الأول، المُساعدون عادةً هم من الذُّكور الذين يرتبطون في العادة مع طيور أخرى في المُستعمرة، وهم ليسوا إناثًا، التي تكون في العادة ليست مُرتبطة. والثاني، عندما تمتلك الطُّيور الاختيار لمُساعدة آباء مختلفين، فإنَّها تختار آباءها الأكثر ارتباطًا بها بصورة ثابتة تقريبًا.

الشكل 54–35

انتخاب النِّسب في آكل النَّحل ذي المُقدمة البيضاء *Merops bullockoides*. آكل النَّحل طيور مُتميِّزة من آكلات الحشرات تعيش في إفريقيا في مُستعمرات كبيرة. يُساعد آكل النَّحل غالبًا الآخرين على تربية أبنائهم؛ يختار المُساعدون عادةً أقارب مقربين لمُساعدتهم.

فردية- زوجية المجموعة الكروموسومية والنُّشوء الاجتماعي في غشائيات الأجنحة

لعلَّ من أشهر التَّطبيقات لنظرية انتخاب النِّسب كان في الحشرات الاجتماعية. تتكوَّن خليّة نحل العسل من ملكة واحدة، وهي الوحيدة التي تضع البيوض، وقرابة 50,000 من نسلها، كلُّهم تقريبًا عاملات بمبايض لا تعمل (الشكل 54-36). إضافة إلى هذا التَّوزيع التَّكاثري للعمل، يمتلك نحل العسل تعاونية في العناية بالحضنة من البيوض وتداخل الأجيال، بحيث تعيش الملكات بجانب نسلها. هذه هي علامات **النِّظام الاجتماعي الحقيقي Eusocial system**.

كان الأصل التطوري للاجتماعية الحقيقية لُغزًا مدة طويلة. كيف يُمكن للانتخاب الطَّبيعي أن يُفضِّل نشوء عاملات عقائم لا تُعطي أي نسل؟ فسَّر هاميلتون نشوء الاجتماعية الحقيقية في غشائيات الأجنحة (النَّحل، واليعاسيب، والنَّمل) بنموذجه انتخاب النِّسب. في هذه الحشرات، تكون الذُّكور فردية المجموعة الكروموسومية، في حين تكون الإناث زوجية المجموعة الكروموسومية. هذا النِّظام غير الطبيعي في تحديد الجنس، الذي يُدعى فردية- زوجية المجموعة الكروموسومية، يُؤدي إلى وضع غير طبيعي. إذا تلقَّحت الأنثى من ذكر واحد، فإنَّ الأنسال جميعها سترث الأليلات نفسها من أبيها (لأنَّه فردي المجموعة الكروموسومية، ولا يملك إلا نسخة واحدة من كلّ أليل). هذه الأنسال الإناث ستشترك فيما بينها، بالمُعدَّل، بنصف الأليلات التي تحصل عليها من الملكة. وعلى هذا، فإنَّ كلّ أنثى ستشترك، بالمُعدَّل، بـ 75% من أليلاتها مع شقيقاتها (للتَّأكد من هذا، استعمل الشَّكل 54-34)، مرة أخرى، ولكن اجعل الأب يحصل على نسخة واحدة من كلّ جين).

في المقابل، إن حصلت أنثى من النسل على نسل خاص بنفسها، فإنَّها سوف تتشارك بنصف أليلاتها فقط مع هذا النَّسل (النِّصف الآخر سيأتي من أبيهن). وهكذا، بسبب هذا التَّرابط الوراثي القريب، فإنَّ العاملات تنقل من أليلاتها الخاصة أكثر بتخلِّيها عن قدرتها على التَّكاثر لمُساعدة أمها على تربية شقيقاتها اللَّواتي سيُصبح بعضهن ملكات، ويبدأن مُستعمرة أخرى، ويتكاثرن.

بهذه الطريقة، فإنَّ نظام فردية-زوجية المجموعة الكروموسومية ربما وضع مرحلة نشوء الاجتماعية الحقيقية في غشائيات الأجنحة، وفي الحقيقة، نشأت مثل هذه الأنظمة 12 مرة مُنفصلة أو أكثر في غشائيات الأجنحة. مع ذلك، هناك عجز واحد في هذه النَّظرية، وهو أنَّ الأنظمة الاجتماعية الحقيقية نشأت في كثير من المجموعات الأخرى، بما في ذلك حشرات التُّربة (الثربس)، ونمل الخشب، وجرذان الخُلد العاري. وعلى الرَّغم من أنَّ حشرات التُّربة فردية-زوجية المجموعات الكروموسومية، فإنَّ كلًّا من نمل الخشب وجرذان الخُلد ليست كذلك. وعلى هذا، على الرغم من أنَّ فردية-زوجية عدد الكروموسومات سهَّلت نشوء الاجتماعية الحقيقية، إلا أنَّها ليست مُتطلبًا سابقًا ضروريًّا.

الشكل 54-36

توزيع العمل التَّكاثري في نحل العسل. الملكة (تظهر هنا بنقطة حمراء مطلية على صدرها) هي واضعة البيض الوحيدة. بناتها عاملات عقائم.

هناك عوامل عدَّة يُمكن أن تكون مسؤولة عن نشوء سلوكات الإيثار. يستفيد الأفراد إذا كانت الأفعال الإيثارية مُتبادلة. يُفسِّر انتخاب النِّسب كيف أنَّ أليلات الإيثار يُمكن أن تزداد في التَّكرار إن وجَّهت أفعال الإيثار نحو الأقارب. إنَّ انتخاب النِّسب قوة فعَّالة تحابي، في بعض الأحيان، نشوء الإيثار وحتى نشوء الأنظمة الاجتماعية المُعقَّدة.

11-54 نشوء الأنظمة الاجتماعية

إنَّ المخلوقات الحية متنوعة مثل بدائيات النوى، واللاسعات، والحشرات، والأسماك، والطُّيور، والكلاب، والأسود، والحيتان، والشمبانزي، توجد على شكل مجموعات اجتماعية. ولكي نشمل الظَّواهر الاجتماعية المُتنوعة جميعها، يُمكننا تعريف **المجتمع Society** بشكل واسع بأنَّه مجموعة من المخلوقات الحية من النَّوع نفسه التي تكون مُنظَّمة بشكل تعاوني.

لماذا تخلَّت أفراد في بعض الأنواع عن الحياة الانفرادية لتُصبح أعضاء في مجموعة؟ رأينا قبل قليل أحد التَّفسيرات، وهو انتخاب النِّسب: ربما تكون المجموعات مُكوَّنة من أقارب شديدي القرابة. في حالات أخرى، ربما ينتفع الأفراد من الحياة الاجتماعية بشكل مُباشر. فمثلًا، الطَّائر الذي ينضم إلى سرب من الطُّيور ربما يحصل على حماية أكبر من المُفترسات. وكلما زاد حجم السِّرب، تناقصت أخطار الافتراس؛ لأنَّ هناك أفرادًا أكثر يمسحون البيئة بحثًا عن المُفترسين (الشكل 54-37).

عضو سرب الطُّيور ربما يزيد من نجاحه في التَّغذية إذا تمكَّن من الحصول على معلومات من أعضاء آخرين في السِّرب عن موقع مصادر غذاء جديدة، وغنية.

عند بعض المُفترسات، الصَّيد على شكل مجموعات يُمكنه أن يزيد من النَّجاح، ويسمح للمجموعة بأن تُمسك فريسة أكبر من أن يصطادها فرد واحد.

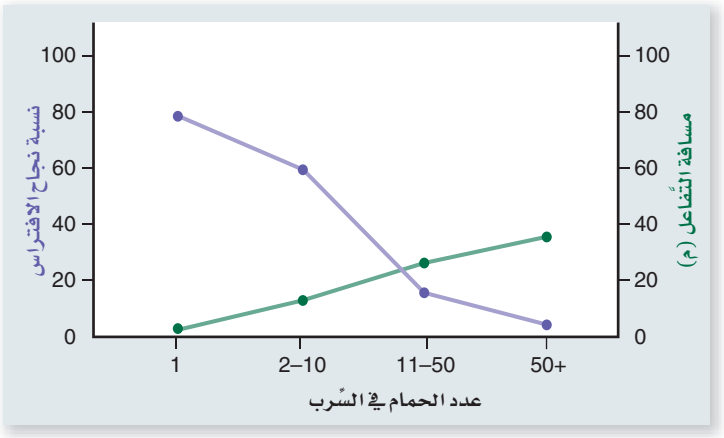
تتضمَّن مُجتمعات الحشرات أفرادًا مُتخصِّصين لأداء مهام مُختلفة

في الحشرات، نشأت التَّخصُّصية بشكل رئيس في رتبتين: رتبة غشائية الأجنحة (النَّمل، والنَّحل، واليعاسيب) ورتبة مُتساوية الأجنحة (النَّمل الأبيض)، على الرغم من أنَّ القليل من مجموعات الحشرات تتضمَّن أنواعًا اجتماعية. كما ذكرنا سابقًا، طوَّر عدد من أنواع الحشرات أنظمة اجتماعية حقيقية. مُستعمرات الحشرات الاجتماعية هذه مُكوَّنة من طبقات اجتماعية (أو فرق) **Castes** مُختلفة، وهي مجموعات من الأفراد تختلف في الحجم والشَّكل، وتُؤدي واجبات مُختلفة، بوصفها عاملات وجنودًا (الشكل 54-38).

نحل العسل

تُحافظ الملكة، في نحل العسل، على سيطرتها على الخليّة بإفراز فرمون يُسمَّى "مادة الملكة"، ويُثبِّط تطور مبايض الإناث الأُخر، مُحوِّلةً إياهن إلى عاملات عقائم. تُنتَج ذكور النَّحل من أجل التَّزاوج فقط. عندما تنمو المُستعمرة بشكل أكبر في الرَّبيع، لا تتسلّم بعض الأعضاء كمية كافية من مادة الملكة، وتبدأ في التَّحوُّل إلى ملكات، وتبدأ المُستعمرة في الاستعداد لتكوين مُستعمرة أخرى.

تصنع العاملات غُرف ملكات عدَّة جديدة، وتبدأ ملكات جديدة في التَّطور فيها. تبحث العاملات الكشَّافة عن مكان عُش جديد، وتُبلِّغ عن مكانه للمُستعمرة. ثُمَّ تتحرَّك الملكة القديمة مع سرب من العاملات إلى الموقع الجديد. فيما تبقى من المُستعمرة، تظهر ملكة جديدة، تقتل الملكات المُحتملات الأُخريات، وتطير خارجًا من أجل التَّزاوج، ثمَّ تعود لتبدأ حكم الخليّة.



الشكل 54–37

سلوك الأسراب يُقلِّل الافتراس. عندما يكون هناك أفراد من الحمام أكثر في السِّرب، يُمكنها أن تكتشف الصُّقور على مسافات أكبر، ما يعطي وقتًا أكبر للحمام لكي يهرب. ولذلك، كلما زاد عدد الحمام في السِّرب أصبحت الصقور أقل نجاحًا في الإمساك بالحمام.

استقصاء

هل يؤثر عيش الحمام في أسراب في الوقت اللازم للبحث عن الطعام؟

النَّمل قاطع–الأوراق

يُوفِّر النَّمل قاطع–الأوراق مثالًا مُدهشًا لنموذج مُميَّز للحياة الاجتماعية للحشرات. يعيش النَّمل قاطع–الأوراق في مُستعمرات تحتوي على ملايين من الأفراد تقريبًا، تزرع محاصيل الفطريات تحت الأرض. أعشاشها التي تُشبه الكومة هي "مدن" تحت الأرض تُغطِّي أكثر من 100م^2، بمئات المداخل والغُرف التي يصل عمقها إلى 5م تحت الأرض. تشير دراسات جُزيئية حديثة إلى أنَّ هذا النَّمل كان يزرع الفطريات منذ أكثر من 5 ملايين سنة.

الشكل 54–38

الطَّبقات الاجتماعية عند النَّمل. النَّمل قاطع الأوراق أعضاء في طبقات اجتماعية مُختلفة. النَّمل الكبير يحمل الأوراق نحو العُش، في حين يحمي النَّمل الأصغر العاملات من الهجوم.

إن توزيع العمل بين النَّمل العاملات مُرتبط بحجمها. كلّ يوم، تُسافر العاملات عبر قوافل من العُش إلى شجرة أو شجيرة، فتُقطِّع الأوراق إلى قطع صغيرة، وتحمل القطع عائدة إلى العُش (انظر الشكل 54-38). تقوم عاملات صغيرات بمضغ قطع الأوراق لتصبح على شكل نشارة، تنثره على شكل سجادة في غرفة الفطريات تحت الأرض. لا، بل إنَّ العاملات الصَّغيرة تغرس خيوط الفطريات في النشارة؛ سريعًا ما تنمو حديقة فخمة من الفطريات.

في حين تزيل العاملات الأخريات أنواع الفطريات غير المرغوبة، تقوم الحاضنات بحمل يرقات العُش إلى أماكن مُختارة في الحديقة، حيث تتغذَّى اليرقات. بعض هذه اليرقات تنمو إلى ملكات مُنتجات ستنتشر من العُش الأصلي، وتبدأ في تكوين مُستعمرات جديدة، مُكرِّرة الدَّورة.

توجد مُجتمعات الفقريات على أشكال وتراكيب عدَّة

على عكس مُجتمعات الحشرات راقية البناء والتَّكامُل وأشكال الإيثار الفريدة، فإنَّ مجموعات الفقريات الاجتماعية عادةً ما تكون أقل تنظيمًا وتماسُكًا. قد يبدو هذا تناقضًا، حيث إنَّ الفقريات التي تمتلك أدمغةً كبيرة وقادرة على سلوكات أكثر تعقيدًا أقل إيثارًا بشكل عام من الحشرات. على كلّ حال، في بعض أنظمة الفقريات، تمتلك الأفراد كلًّا من التَّبادلية والإيثار المُنتخب على أساس النِّسب. تُظهر مجتمعات الفقريات بشكل عام أيضًا صراعًا وعدوانيةً بين أفراد المجموعة أكثر من مُجتمعات الحشرات. يتركَّز الصِّراع في مُجتمعات الفقريات بشكل عام حول الحصول على الغذاء وشريك التَّزاوج.

تمتلك مُجتمعات الفقريات، مثل مُجتمعات الحشرات، أنواعًا مُحدَّدة من التَّنظيم. كلّ مجموعة اجتماعية من الفقريات تمتلك حجمًا مُعيَّنًا ثابتًا في الأفراد، وعددًا من الإناث والذُّكور المتزاوجين، ونوعًا من نظام التَّزاوج. عرَف علماء البيئة السّلوكيّ أنَّ طريقة تنظيم المجموعة تتأثَّر غالبًا بعوامل بيئية مثل نوع الغذاء والافتراس. فمثلًا، تأخذ حيوانات النمس جولات في مُراقبة المُفترسات في حين تقوم الأعضاء الأُخرى في المجموعة بجمع الغذاء (الشكل 54-39).

طيور الحائك الإفريقية، التي تُكوِّن أعشاشًا من الحشائش، تعطي مثالًا مُمتازًا على العلاقة بين البيئة والتَّنظيم الاجتماعي. يُمكن تقسيمها إلى 90 نوعًا منها تقريبًا بحسب المجموعة الاجتماعية التي تُكوِّنها. إحدى مجموعات الأنواع تعيش في الغابة وتبني أعشاشًا مُفردةً، مُموهة. الذُّكور والإناث أُحادية التَّزاوج؛ وتجمع غذاء من الحشرات لإطعام صغارها. المجموعة الثانية من الأنواع تُعشش في مُستعمرات في أشجار في السَّافانا، وهي مُتعدِّدة التَّزاوج، وتتغذَّى على شكل أسراب على البذور.

عادات التَّغذية والتَّعشيش لهاتين المُجموعتين مُرتبطتان بأنظمة التَّزاوج الخاصة بهما. في الغابة، من الصَّعب إيجاد الحشرات، ويجب على الوالدين التَّعاون لإطعام الصِّغار. لا تلفت الأعشاش المُموهة انتباه المُفترسين إلى الصِّغار. في السَّافانا المفتوحة، بناء عُش مُموه ليس خيارًا. ولكن، تحمي طيور الحائك التي تعيش في السَّافانا صغارها من المُفترسات بالتَّعشيش في الأشجار، التي ليست متوافرة بكثرة. هذا النَّقص في أماكن التَّعشيش الآمنة يعني أنَّ الطُّيور يجب أن تُعشِّش معًا على شكل مُستعمرات. إنَّ البذور مُتوافرة، والأنثى يُمكنها أن تحصل على كلّ الطَّعام الذي يلزم لتربية أبنائها دون مُساعدة الذَّكر. أمّا الذَّكر المُتحرِّر من تربية الأبناء فيقضي وقته في التَّزاوج مع أكثر من أنثى؛ نظام الزَّواج المُتعدِّد.

أحد الاستثناءات للقاعدة العامة التي تقول: إنّ مُجتمعات الفقريات ليست مُنظَّمة مثل تلك في الحشرات هي جرذ الخُلد العاري (*Heterocephalus glaber*)، وهو قارض صغير، غير مُغطًّى بالشَّعر، يعيش في إفريقيا الشَّرقية الدُّنيا. بخلاف الأنواع الأخرى من جرذان الخُلد، التي تعيش وحدها، أو في مجموعات عائلية صغيرة، تُكوِّن جرذان الخُلد العارية مُستعمرات كبيرة تحت الأرض مع نظام أنفاق

الشكل 54-39

جمع الغذاء وتجنُّب المُفترسات. حارس من النمس عند تأديته الواجب. النمس *Suricata suricata*، هو نوع من حيوان النِّمس راقٍ اجتماعيًّا، ويعيش في الرِّمال شبه الجافة في صحراء كالهاري في جنوب إفريقيا. يأخذ النمس دوره ليعمل مُراقبًا للمُفترسات. عند يقظته، يُمكن لباقي أعضاء المجموعة أن يُركِّزوا انتباههم على جمع الغذاء.

طويل المدى، ومنطقة تعشيش مركزية. ليس من المُستغرب أن تحتوي المُستعمرة على 80 فردًا.

تتغذَّى جرذان الخُلد العارية على الأبصال، والجذور، والدَّرنات التي تجدها عن طريق شق الأنفاق المُستمر. كما في مجتمعات الحشرات الاجتماعية، هناك توزيع للعمل بين أعضاء المُستعمرة، فبعض جرذان الخُلد مسؤولة عن شق الأنفاق، في حين يُؤدي الآخرون واجبات مُختلفة، بناء على حجم أجسامهم. إذ تقوم جرذان الخُلد الكبيرة بالدِّفاع وشق الأنفاق.

تمتلك مُستعمرات جرذان الخُلد العاري توزيعًا للعمل التَّكاثري شبيهًا بذلك المُرتبط مع الحشرات حقيقة النِّظام الاجتماعي. التَّكاثر كلُّه تقوم به أنثى واحدة، أو "ملكة"، لها رفيق ذكر أو اثنان. العُمَّال مكونون من الجنسين، ويُحافظون على نظافة الأنفاق وترتيبها، ويجمعون الطَّعام.

تمتلك الحشرات حقيقية النِّظام الاجتماعي تركيبًا اجتماعيًّا مُتقدِّمًا يشمل توزيع العمل التَّكاثري، وهناك عُمَّال بمهام مُختلفة. يتميَّز السُّلوك الاجتماعي في الفقريات غالبًا بالإيثار المُنتخب عن طريق النِّسب. يتضمن سلوك الإيثار التَّكاثر التَّعاوني في الطُّيور، ونداء الإنذار في الثدييات.

مراجعة المفاهيم

54-1 مقاربات دراسة السُّلوك

يُعرَّف السُّلوك بأنَّه الطَّريقة التي يستجيب بها الحيوان لمُنبِّه في بيئته.

- المُسبِّب القريب: "كيفية" السُّلوك، يدرس السَّبب المُباشر للسُّلوك.
- المُسبِّب النهائي: "سبب" السُّلوك، يدرس الأهمية التَّطورية وكيف يُؤثِّر في البقاء والتَّكاثر.
- السُّلوك الغريزي: استجابة إلى مُنبِّه بيئي لا يتطلَّب تعلُّمًا.

54-2 علم الوراثة السّلوكيّ

علم الوراثة السّلوكيّ يتعلَّق بمُكونات السُّلوك التي تحكمها الجينات التي تُورّث.

54-3 التَّعلُّم

التَّعلُّم: عمليةٌ يُعدّل فيها السُّلوك نتيجة لخبرة سابقة.

- التَّعود: شكل من أشكال التَّعلُّم غير الارتباطي، يُعرَّف بأنَّه تناقُص في الاستجابة لمُنبهات مُتكرِّرة غير مهمة.
- التَّعلُّمُ الارتباطيُّ: تغيُّرٌ في السُّلوك بسبب ارتباط بين مُنبهين، أو بين سلوك واستجابة.
- الارتباط التقليدي، ويُدعى أيضًا تكيُّف بافلوف، يحدث عندما يرتبط مُنبهان مع بعضهما.
- يحدث التكيف الفعَّال عندما يربط الحيوان السُّلوك مع مُكافأة أو عقاب.

54-4 تطور السُّلوك

للسُّلوك مُكوِّنات وراثية وتعلمية.

- الانطباع أو الدَّمغ شكل من أشكال التَّعلُّم يقوم فيه الحيوان الصَّغير بتكوين رابطة اجتماعية مع أفراد آخرين، أو بتطوير خيارات ستُؤثِّر في السُّلوك لاحقًا في الحياة.
- ربما تمتلك الحيوانات قالبًا وراثيًّا غريزيًّا يتحكَّم في التَّعلُّم في أثناء تطور السُّلوك.

54-5 الإدراك (التعرف العقلي) عند الحيوان

قد تمتلك بعض الحيوانات سلوكًا إدراكيًّا، أي إنَّها تستطيع أن تحل المشكلات.

54-6 سلوك تحديد الاتجاه والهجرة

ترتبط بعض الحيوانات بحركات ظاهرة ومُوجَّهة لهدف.

- تحديدُ الاتجاه: آليةٌ تتحرَّك عن طريقها الحيوانات بأنّ تتعقَّب مُنبهات بيئية.
- الهجراتُ: تحرُّكاتٌ للحيواناتِ طويلة المدى، في اتجاهين باستخدام تحديد الاتجاه أو الملاحة (أو كليهما).
- عند الطُّيور، تُحدِّد أدلة سماوية اتجاه الهجرة، في حين تُحدّد أدّلة مغناطيسية طريق الهجرة المُحدَّد.
- تُهاجر الحيوانات غير المُجرِّبة عن طريق تحديد الاتجاه، وتُهاجر الحيوانات المُجرِّبة عن طريق الملاحة.

54-7 اتصال الحيوان

إنَّ الاتصال بين الأنواع مُهم جدًا في بعض السلوكات.

- يعتمد التَّكاثر النَّاجح على تبادُل مُتقدِّم للإشارات والاستجابات المُناسبة.
- تكون إشارات الغَزَل عادةً من نوع إلى آخر، وتقصر الاتصال على أفراد النَّوع الواحد.
- يشمل الاتصال على عروض بصرية، وأصوات، وإشارات كهربائية، وفرمونات.
- يُشجِّع الاتصال بين أفراد النوع نفسه على حياة المجموعة.

54-8 علم البيئة السّلوكيّ

علم البيئة السّلوكيّ: دراسة كيف يُؤثِّر الانتخاب الطبيعي في السُّلوك الذي يزيد من البقاء والتَّكاثر.

- يُحابي الانتخاب الطبيعي إستراتيجيات جمع الغذاء الأمثل، حيث يكون الحصول على الطَّاقة (التَّكلفة) أقل ما يُمكن، ويكون النَّجاح التَّكاثري (المنفعة) أقصى ما يُمكن.
- بعض الحيوانات إقليمية. الدِّفاع الإقليمي له تكاليفه، والإقليمية ربما تقع فقط عندما تفوق المنافع التَّكاليف.

54-9 إستراتيجيات التَّكاثر والانتخاب الجنسي

الإستراتيجياتُ التَّكاثريةُ: مجموعةٌ من السلوكات ترفع النَّجاح التَّكاثري إلى الحد الأقصى. وتشمل اختيار الشَّريك، وعدد الشُّركاء المطلوبين، والاستثمار الأبوي في العناية بالنَّسل.

- الإستراتيجياتُ التَّكاثريةُ: استجاباتٌ للتَّوزيع المكاني لمصادر الغذاء، وأماكن الأعشاش، وأفراد الجنس الآخر.
- يُؤثِّر الاستثمار الأبوي النِّسبي للجنسين في إستراتيجيات التَّكاثر.
- يتطلَّب الانتخاب الجنسي الدَّاخلي أفرادًا من الجنس نفسه لفرصة التَّزاوج. يُعَدُّ تنافس الحيوانات المنوية شكلًا من الانتخاب الجنسي الدَّاخلي.
- يُشير الانتخاب الجنسي البيني إلى اختيار الشُّركاء من الجنس المُقابل.
- الفوائد المُباشرة لاختيار الشَّريك تُشير إلى مزايا، مثل: نوعية الإقليم، أو درجة العناية الأبوية التي تختلف بين الشُّركاء المُحتملين.
- تشمل الفوائد غير المُباشرة لاختيار الشَّريك عوامل، مثل النَّوعية الوراثية للشَّريك، التي يُمكن أن تورّث، مُنتجةً نسلًا ذا نوعية أعلى.
- أنظمة التَّزاوج تشمل التَّزاوج الأحادي، وتعدد الإناث، وتعدُّد الذُّكور، وتتأثر بالبيئة، وتُحدِّدها حاجات النَّسل.

54-10 الإيثار وحياة الجماعة

يُشير الإيثار إلى عمل فرد يُفيد تلاؤم فرد آخر، أو أفراد آخرين.

- قد لا تكون الأفعال الإيثارية إيثارية كما تبدو؛ لأنَّ المُساعدين يستفيدون بتعلُّم تجارب قيِّمة، ويرثون الأقاليم، أو يزيدون من قُدرتهم على الهروب من مُفترس.
- يزيد انتخاب النّسب النَّجاح التَّكاثري للأقارب، ويرفع تكرار الأليلات المُشتركة بالنّسب.
- تنُصّ قاعدة هاميلتون على أنَّ الأفعال الإيثارية يتمُّ محاباتها عندما يكون حاصل ضرب فوائد الإيثار في مُعامل الارتباط أكبر من تكاليف الفعل الإيثاري.

54-11 نشوء الأنظمة الاجتماعية

النِّظامُ الاجتماعيُّ مجموعةٌ من المخلوقاتِ من النَّوع نفسه تكون مُنظمَّة بطريقة تعاونية.

- يستفيد الأفراد من الحياة الاجتماعية، وتزداد الفائدة مع ازدياد عدد المخلوقات.
- تتكوَّن الحشرات الاجتماعية من طبقات اجتماعية عدَّة، لكلّ منها مهام مُتخصِّصة.
- الأنظمة الاجتماعية للفقريات أقل تنظيمًا، وتتأثَّر بتوافر الغذاء والافتراس.

أسئلة مراجعة

اختبار ذاتي

ارسم دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. مُنبِّه إشارة، آلية مُطلقة للغريزة، نمط فعل ثابت، ومُنبِّه فوق عادي:
   أ. هي آليات مُرتبطة مع سلوكات تمَّ تعلُّمها.
   ب. هي مُكونات سلوكية غريزية.
   جـ. تتضمَّن سلوكات لا يُمكن تفسيرها على أساس المُسبِّب النِّهائي.
   د. تتضمَّن سلوكات لا تخضع للانتخاب الطبيعي.
2. في التكيف الفعَّال:
   أ. يتعلَّم الحيوان أنَّ سلوكًا مُعيَّنًا يُؤدي إلى جائزة أو عقاب.
   ب. يربط الحيوان بين مُنبِّه غير شرطي مع استجابة شرطية.
   جـ. يكون التَّعلُّم غير مُهم.
   د. يكون التَّعود مطلوبًا للاستجابة المُناسبة.
3. من دراسة تطور التَّغريد في العصفور الدُّوري ظهر أنَّ:
   أ. اكتساب التَّغريد الخاص بالنَّوع غريزيّ.
   ب. هناك مكونين لهذا السُّلوك: قالب وراثي وتعلُّم.
   جـ. اكتسابَ التَّغريد مثالٌ على التَّعلُّم الارتباطي.
   د. كلّ ما ذُكر صحيح.
4. الفرق بين اتباع مجموعة من تعليمات القيادة أعطاك إياها أحدهم على الطَّريق (مثل "... خذ اليمين عند الضوء المقبل، تجاوز أربعة أحياء، وانعطف نحو اليسار...") واستعمال خريطة لإيجاد وجهتك مثل الفرق بين:
   أ. الملاحة وتحديد الاتجاه، على التَّوالي.
   ب. التَّعلُّم والهجرة، على التَّوالي.
   جـ. تحديد الاتجاه والملاحة، على التَّوالي.
   د. هو سبب عدم امتلاك الطيور القُدرة على تحديد الاتجاه.
5. أحد أهم الاختلافات بين الإشارة في أثناء الغزل ووضع علامات منطقة سيادة هو:
   أ. أنَّ الأول دائمًا خاص بالنَّوع.
   ب. أنَّ الثاني دائمًا خاص بالنَّوع.
   جـ. كلاهما دائمًا يتضمَّن سلسلة من المُنبه والاستجابة.
   د. الأول دائمًا يبدأ بالذَّكر.
6. يفترض علم البيئة السّلوكيّ أنّ:
   أ. الصِّفات السُّلوكية جميعها غريزية.
   ب. التَّعلُّم هو السُّلوك المُحدِّد السَّائد.
   جـ. الصِّفات السُّلوكية تخضع للانتخاب الطبيعي.
   د. الصِّفات السُّلوكية لا تؤثِّر في التَّلاؤم.
7. بحسب نظرية جمع الغذاء الأمثل:
   أ. يُقلِّل الأفراد إلى الحد الأدنى الطَّاقة المتناولة لكلّ وحدة زمن.
   ب. مُحتوى الطَّاقة للمادة الغذائية هو المُحدِّد الوحيد لاختيار جامع الغذاء للغذاء.
   جـ. فترة جمع الغذاء هي المُحدِّد الوحيد لاختيار جامع الغذاء للغذاء.
   د. ربما يكون الغذاء الأعلى في الطَّاقة أقل أهمية من الغذاء الأقل طاقة إذا كان يأخذ وقتًا أطول لجمع الغذاء الأكبر.
8. نشأ ريش الذَّيل الزاهي في ذكر الطاووس؛ لأنَّه:
   أ. يُشجِّع النَّجاح التَّكاثري.
   ب. يُشجِّع بقاء الذُّكور.
   جـ. يُقلِّل البقاء والنَّجاح التَّكاثري.
   د. لا شيء مما ذُكر.
9. من وجهة نظر الإناث، التَّلقيح خارج-الزَّوجين:
   أ. سلبي دائمًا.
   ب. يقدم دائمًا منافع غير مُباشرة من الجينات الجيدة.
   جـ. ربما يكون مفيدًا إذا كانت المنفعة المُكتسبة من شريك التَّلقيح خارج-الزَّوجين أكثر من التَّكلفة.
   د. يُمكن حدوثه إن كان ذكر التَّلقيح خارج-الزَّوجين يمتلك صفة "إعاقة".
10. في نظام فردية-زوجية المجموعة الكروموسومية لتحديد الجنس، تكون الذُّكور:
    أ. أحادية المجموعة الكروموسية.
    ب. ثنائية المجموعة الكروموسية.
    جـ. عقيمة.
    د. ليست موجودة؛ لأنَّ النحل يوجد على شكل جماعات أحادية الجنس.
11. وَفق انتخاب النِّسب، إنقاذ حياة _____ سوف يكون له التأثير الأقل في زيادة تلاؤمك التَّام.
    أ. أمك. ب. أخيك.
    جـ. أخت زوجتك. د. ابنة أخيك.
12. الإيثار:
    أ. مُمكن فقط مع التَّبادلية.
    ب. مُمكن فقط مع انتخاب النِّسب.
    جـ. لا يُمكن تفسيره إذا علمت كيفية عمل الانتخاب الطبيعي.
    د. سوف يحدث فقط عندما تكون فائدة التَّلاؤم من عمل ما أكبر من تكلفة التَّلاؤم.

أسئلة تحدٍّ

1. عُد إلى (الشَّكل 54-25). البيانات عن حجم بلح البحر التي أكلتها سرطانات الشاطئ تقترح أنَّها تأكل أحجامًا أصغر من المُتوقع استنادًا إلى نموذج جمع الغذاء الأمثل. اقترح فرضية للسَّبب، وصِف تجربة لاختبار فرضيتك.
2. عُد إلى (الشَّكل 54-26). أُزيلت ستة أزواج من الطُّيور، وأُدخلت أربعة أزواج. من أين جاء الزوجان الجديدان؟ إضافة إلى ذلك، لقد تبين أن كثيرًا من الطيور التي لم تُزل وسّعت من إقليمها الخاص، أما الزوجان الجديدان اللذان أُدخلا فكانت أقاليمهما في النهاية أصغر مقارنة مع الزوجين القديمين (اللذين أزيلا). وضح سبب حدوث ذلك.
3. عُد إلى (الشكل 54-28). تُفضِّل إناث الطَّاووس التَّزاوج مع ذكور تمتلك بُقعًا أكثر على ريش ذيلها (أي، ريش ذيل أطول). كان مُقترحًا أنَّه كلما كان ريش الذَّيل أطول أصبح طيران الذَّكر أصعب. إحدى الفرضيات المُحتملة لتفسير مثل هذه الخيارات بالنِّسبة إلى الأنثى، هو أنَّ الذُّكور بريش ذيل أطول تُعاني إعاقة أكثر خطورة، ولأنَّها استطاعت النجاة مع ذلك، فإنَّ ذلك يعكس "حيويتها". اقترحْ بعض الدِّراسات التي تسمح لك بفحص هذه الفرضية. يجب أن يشمل وصفك نوع الصِّفات الوراثية التي عليك فحصها، ولماذا؟
4. يُعرَّف العمل الإيثاري بأنَّه السّلوك الذي يُفيد فردًا آخر على حساب الفرد الذي يقوم بالعمل. هناك نظريتان حول كيفية تفسير نشوء مثل هذا السُّلوك: التَّبادلية وانتخاب النِّسب. في سياق الانتخاب الطَّبيعي، هل الفعل الإيثاري "مُكلف" على الفرد الذي يُؤدِّيه؟
5. ما النتائج المُحتملة لتطور فريسة على مُفترس ما، مثل ربط الضِّفدع للألوان الصفراء والسوداء مع ألم لسعة نحلة؟

هل أنت في حاجة إلى مراجعة إضافية؟ زر الموقع www.ravenbiology.com. لتتدرب على الاختبارات القصيرة، والرسوم المتحركة، والتسجيلات التلفزيونية، وأنشطة مخصصة لمساعدتك على فهم المادة الموجودة في هذا الفصل.

الفصل 55

علم بيئة الجماعات
Population Ecology

سوجز المفاهيم

55-1 التَّحدي البيئي

- *المخلوقات الحية قادرة على الاستجابة للتَّغيُّرات البيئية التي تحدث خلال فترة حياتها.*
- *يؤدي الانتخاب الطَّبيعي إلى تكيُّف تطوري للظُّروف البيئية.*

55-2 الجماعات: مجموعات من نوع واحدٍ في مكان واحد

- *يطلق على التوزيع الجغرافي للجماعة النطاق (المدى).*
- *تخضع النِّطاقات للتوسّع والتضيّق.*
- *تمتلك الأفراد في الجماعات أنماطَ تباعدٍ مُختلفة.*
- *تتكون فوق الجماعة من جماعات مُختلفة، ويُمكنها أن تتبادل الأعضاء.*

55-3 ديموغرافية الجماعة وديناميكيتها

- *نسبة الجنس وزمن الجيل يؤثِّران في مُعدَّلات نمو الجماعة.*
- *يتحدَّد التَّركيب العمري بأعداد الأفراد في المجموعات العمرية المُختلفة.*
- *جداول الحياة تُظهر احتمالية البقاء والتَّكاثر خلال فترة حياة العُصبة.*
- *توضِّح مُنحنيات علامات البقاء كيفية تغير احتمالية البقاء مع تقدم العمر.*

55-4 تاريخ الحياة وتكلفة التَّكاثر

- *يهدف الاستثمار لكل فرد من النسل إلى زيادة التلاؤم إلى الحد الأقصى.*
- *تُمثِّل الأحداث التَّكاثرية لكل فترة عمرية مقايضة إضافية.*
- *العمر عند أول تكاثر يرتبط مع فترة الحياة.*

مقدّمة

علم البيئة، دراسة كيفية ارتباط المخلوقات الحية بعضها مع بعض، وكيفية ارتباطها مع بيئاتها، جزء مُعقَّد ورائع من علم الأحياء له تأثيرات مُهمة في كل واحد منّا. في أثناء استكشاف المبادئ البيئية، سوف ندرس أولًا كيف تستجيب المخلوقات الحية للبيئة غير الحية التي توجد فيها، وكيف تؤثر هذه الاستجابات في خصائص الجماعات، مؤكِّدين ديناميكية الجماعة. في الفصل الـ 56، سنُناقش مُجتمعات الأنواع المُتعايشة والتَّفاعلات التي تحدث بينها. وأمّا في الفصول اللاحقة، فسنُناقش عمل الأنظمة البيئية كلها والغلاف الحيوي، مُنتهين إلى دراسة المشكلات التي تواجه كوكبنا والأنواع المُرافقة لنا.

55-5 نمو الجماعة والحدود البيئية

- *ينطبق نموذج النمو الأُسي على الجماعات التي ليس لها حدود نمو.*
- *نموذج النمو المنطقي (اللوجستي) ينطبق على جماعات تقترب من قدرة الحمل الخاصة بها.*

55-6 العوامل التي تُنظِّم الجماعات

- *تحدث التَّأثيرات المُعتمدة على الكثافة، عندما يتأثر كلّ من التَّكاثر والبقاء بحجم الجماعة.*
- *تشمل التَّأثيرات غير المُعتمدة على الكثافة الاضطرابات البيئية والكوارث.*
- *دورات الجماعة ربما تعكس تفاعلات مُعقدة.*
- *توافر المصادر يؤثر في تكيُّفات تاريخ الحياة.*

55-7 نمو الجماعة البشرية

- *نمت الجماعات البشرية بشكل أُسي.*
- *تُظهر أهرام الجماعة نزعات الولادة والوفاة.*
- *نمو البشرية المُستقبلي مشكوك فيه.*
- *تَناقُص مُعدَّل نمو الجماعة.*
- *الاستهلاك في العالم المُتطور ضاءل المصادر أكثر.*

55-1 التَّحدي البيئي

تُحدِّد طبيعة البيئة الفيزيائية بمقدار كبير أي المخلوقات يمكن أن تعيش في مُناخ أو منطقة مُعينة. تشمل العناصر المُهمة في البيئة مايأتي:

درجة الحرارة Temperature. تكيَّفت مُعظم المخلوقات الحية للعيش ضمن نطاق درجات حرارة ضيق نسبيًّا، وسوف تموت إن زادت أو نقصت درجات الحرارة. ففصل النُّمو للنَّبات على سبيل المثال يتأثَّر كثيرًا بدرجة الحرارة.

الماء Water. تحتاج كلّ المخلوقات الحية إلى الماء. يكون الماء على اليابسة، شحيحًا في الأغلب، لذلك فإنَّ أنماط هطل الأمطار له تأثير أساسي في الحياة.

أشعة الشمس Sunlight. يعتمد النِّظام البيئي كله تقريبًا على الطَّاقة المُلتقطة عن طريق التَّمثيل الضوئي؛ إذ يؤثر توافر أشعة الشمس في كمية الحياة التي يدعمها النِّظام البيئي، خاصةً تحت السطح في المُجتمعات البحرية.

التربة Soil. القوام الفيزيائي، ودرجة الحموضة، والمُكونات المعدنية للتربة تُحدِّد بشكل شديد غالبًا نموَّ النَّبات، خاصةً توافر النيتروجين والفوسفور.

الفرد الذي يواجه تغيرًا بيئيًّا ربما يحافظ على "حالة ثبات" للبيئة الدَّاخلية، وهي حالة تُعرف بالاستتباب أو **الاتزان الداخلي Homeostasis**. تستخدم حيوانات عدة، ونباتات آليات فسيولوجية، أو شكلية، أو سلوكية للإبقاء على الاتزان. تستعمل حشرة الخنفساء في (الشكل 55-1) آلية سلوكية لتتغلَّب على التَّغيُّرات الشديدة في توافر الماء. تُعرَّف حيوانات ونباتات أُخرى بأنها **مُتكيِّفة Conformers** لأنها تتكيَّف مع البيئة التي تعيش فيها، فأجسامها تكيَّفت لدرجة الحرارة، والملوحة، ونواحٍ فيزيائية أُخرى في محيطها.

يُمكن رؤية الاستجابات للتَّغيُّر البيئي على المدى القريب والبعيد. على المدى القريب، أي الفترات الزَّمنية من دقائق قليلة وحتى كامل فترة حياة المخلوق الحي، تمتلك المخلوقات طرقًا مُختلفة للتَّغلُّب على التغيّر البيئي. على المدى الأطول، يمكن للانتخاب الطَّبيعي أن يعمل لجعل الجماعة أكثر تكيُّفًا مع البيئة.

الشكل 55-1

مواجهة تحدّي الحصول على الرُّطوبة. على تلال الرِّمال الجافة لصحراء ناميبيا في جنوب غرب إفريقيا، الخنفساء جامعة الضباب *Onymacris unguicularis* تجمع الرُّطوبة من الضباب عن طريق رفع بطنها إلى أعلى عند قمة تلة لتجمع الماء المُتكاثِّف؛ يتكاثف الماء على شكل قُطيرات تسيل إلى الأسفل نحو فم الخنفساء.

الجدول 55-1 التَّغيُّرات الفسيولوجية على ارتفاعات عالية	
زيادة في مُعدَّل التَّنفس.	
زيادة في إنتاج خلايا الدَّم الحمراء، رافقًا كمية الهيموجلوبين في الدَّم.	
تناقُص قدرة الارتباط الخاصة بالهيموجلوبين، زيادة في المُعدَّل الذي يُفرَّغ فيه الأكسجين إلى الأنسجة.	
زيادة كثافة الميتوكندريا، والشُّعيرات الدَّموية، وصبغة الميوجلوبين في العضلات.	

المخلوقات الحية قادرة على الاستجابة للتَّغيُّرات البيئية التي تحدث خلال فترة حياتها

خلال اليوم، أو الفصل، أو فترة الحياة، يجب أن يتغلَّب المخلوق على كثير من ظروف الحياة. تفعل المخلوقات ذلك من خلال قُدرات فسيولوجية، وشكلية، وسلوكية تمتلكها. هذه القُدرات هي نواتج انتخاب طبيعي يعمل على خلفية بيئية مُحدَّدة عبر الوقت، وذلك يفسر لماذا قد لا يستمر في الحياة المخلوق الفرد إذا انتقل إلى بيئة مُختلفة.

الاستجابات الفسيولوجية

كثير من المخلوقات قادر على التَّكيُّف مع التَّغيُّر البيئي بإنجاز تعديلات فسيولوجية. على سبيل المثال، أنت تتعرق عندما يكون الجو حارًّا، لزيادة فقدان الحرارة بالتبخر، وبهذا يتم منع السخونة الزائدة. بالطريقة نفسها، ربما يتعرض الناس الذين يزورون المناطق العالية مبدئيًّا لمرض المرتفعات- الذي تشمل أعراضه اضطرابًا في دقات القلب، ودوارًا، وتعبًا، وصداعًا، واضطراب الذِّهن، وفي حالات جدِّية تجمُّع السوائل في الرئتين- بسبب الضَّغط الجوي المُنخفض، وما يتبعه من نقص توافر الهواء. بعد أيام عدَّة، عادة ما يشعر الناس أنفسهم بحالٍ أحسن، لأنَّ كثيرًا من التَّغيُّرات الفسيولوجية زادت من توصيل الأكسجين لأنسجة أجسامهم (جدول 55-1).

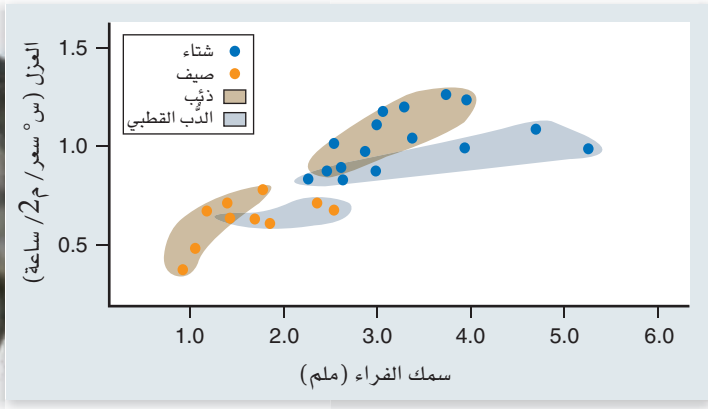
تتجنب بعض الحشرات التجمُّد في الشتاء بإضافة جليسرول "مضاد للتَّجمد" في دمائها، وتقاوم حشرات أُخرى التجمُّد بتحويل كمية كبيرة من مخازن الجلايكوجين إلى كحولات تحمي أغشية خلاياها من تلف التَّجمد.

القُدرات الشَّكلية (المورفولوجية)

الحيوانات التي تُحافظ على درجة حرارة داخلية ثابتة (ذوات الدم الحار) في البيئة الباردة تمتلك تكيُّفات تُقلِّل فقدان الطاقة. على سبيل المثال، الكثير من الحيوانات تُكوِّن فراءً سميكًا خلال الشتاء، يقوم فراؤها بالعزل الحراري للإبقاء على حرارة الجسم. بشكل عام، كلما كان الفراء أسمك، كان العزل الحراري أكبر (الشكل 55-2). ولذلك، فإنَّ فرو الثَّعلب أسمكُ بثلاث مرات تقريبًا في الشتاء منه في الصيف، ويعزل أكثر من مرتين تقريبًا.

الاستجابات السُّلوكية

تتعامل الكثير من الحيوانات مع التَّغيُّرات البيئية بالتَّحرك من بقعة في البيئة إلى بقعة أُخرى مُتجنِّبة المناطق غير المُلائمة. تستطيع السحلية الاستوائية في (الشكل 55-3) أن تُبقي درجة حرارة جسمها مُنتظمة تقريبًا في البيئة المفتوحة



الشكل 55–2

التكيفات الشَّكلية. سُمك الفراء في ثدييات أمريكا الشمالية له تأثير مهم في درجة العزل التي يقدِّمها الفراء.

بالاستلقاء في رُقع تقع عليها أشعة الشمس، ومن ثَمَّ تتراجع في الظِّل عندما تصبح ساخنةً بدرجة كافية. على العكس من ذلك، في الغابات الظَّليلة، لا تمتلك السحلية نفسها الفرصة لتنظيم درجة حرارة جسمها من خلال طرق سلوكية. لذلك، فهي تُصبِّح مُتكيِّفة وتتكيف مع درجة الحرارة المُحيطة.

التكيفات السلوكية يمكن أن تكون مُتطرفة. فضفادع الطِّين ذوات الرِّجل المجرفة (الجنس *Scaphiophus*)، التي تعيش في صحارى أمريكا الشمالية، يمكن أن تدفن نفسها مترًا تحت السطح تقريبًا. وتبقى هناك مدة قد تصل إلى 9 أشهر كل عام، تنخفض مُعدَّلات أَيْضِها بشكلٍ كبير، حيث تعيش على مخزون الدُّهن. وعندما يصبح الجوُّ رطبًا، باردًا مرة أُخرى، تخرج وتتكاثر. تنضج ضفادع الطِّين الشابة بسرعة، وتدفن نفسها تحت الأرض.

يؤدّي الانتخاب الطبيعي إلى تكيّف تطوري للظروف البيئيَّة

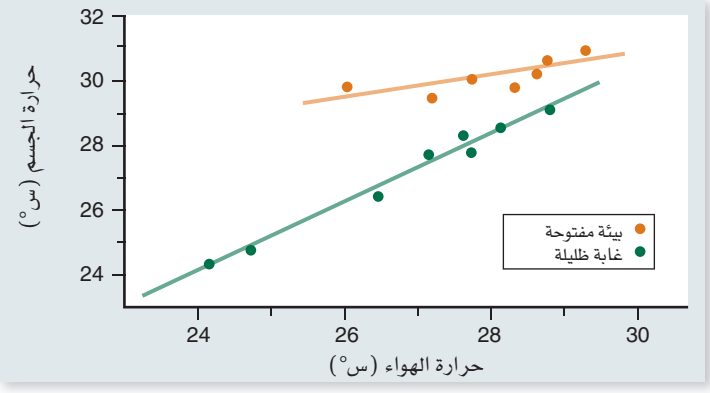
قُدرة الفرد على تعديل فسيولوجيته، أو شكله، أو سلوكه هو ذاته تكيّف تطوّريّ، أي نتاج الانتخاب الطَّبيعي. يُمكن أيضًا أن تكشف نواتج الانتخاب الطبيعي بمُقارنة الأنواع القريبة جدًا من بعضها التي تعيش في بيئات مُختلفة. في مثل تلك الحالات، تكون الأنواع قد طوَّرت تكيّفات أخّاذة للبيئة المحدَّدة التي تعيش بها.

على سبيل المثال، الحيوانات التي تعيش في مُناخات مُختلفة تُظهر اختلافاتٍ عدة. الثدييات من مُناخات باردة تميل إلى أن يكون لها آذان وأطراف قصيرة –وهي ظاهرة تُدعى قاعدة ألن *Allen's rule* – التي تُقلّل مساحة السطح الذي يفقد الحيوان من خلاله الحرارة. السحالي التي تعيش في مُناخات مختلفة تمتلك تكيفات فسيولوجية للتلاؤم مع الحياة على درجات حرارة مختلفة. سحالي الصحراء لا تتأثر بدرجات الحرارة العالية التي يمكنها أن تقتل سحلية من شمال أوروبا، ولكن السحالي الشمالية قادرة على الرَّكض، والإمساك بالفريسة، وهضم الغذاء على درجات حرارة أبرد لا تتمكن عندها سحالي الصحراء من الحركة.

تمتلك كثير من الأنواع أيضًا تكيّفات للعيش في مناطق شحيحة المياه. الكل يعرف عن الجمل وحيوانات الصحراء الأُخرى التي يُمكنها أن تبقى أزمانًا طويلة دون أن تشرب الماء. مثال آخر للتكيّف مع الصحراء يمكن مشاهدته في الضفادع. مُعظم الضفادع تمتلك جلودًا رطبةً يمكن من خلالها نفاذ الماء بسهولة. مثل هذه الحيوانات لا يمكنها أن تعيش في مُناخات جافة؛ لأنها سوف تعاني الجفاف، وتموت. على كل حال، حلت بعض الضفادع هذه المشكلة بتقليل سرعة فقدان الماء لحدٍّ منخفض جدًا. أحد الأنواع، على سبيل المثال، يُفرز مادة شمعية من غدد مُتخصِّصة تعزل الجلد، وتُقلِّل مُعدَّلات فقدان الماء بـ 95%.

يمكن دراسة التكيف لبيئات مُختلفة أيضًا بطريقة تجريبية. على سبيل المثال، عندما زُرعت سلالات من بكتيريا *E. coli* على درجات حرارة عالية (42° س)، فإنَّ السرعة التي تستهلك عندها المصادر تحسنَّت خلال الوقت. بعد 2,000 جيل، زادت مثل هذه المقدرة 30% أكثر عمّا كانت عليه عند بداية التَّجربة. ما زالت الآلية التي زادت بها فعالية استخدام المصادر غير معلومة ومركزًا عليها في الأبحاث الحالية.

تستخدم المخلوقات الحية آليات فسيولوجية، وشكلية، وسلوكية مختلفةً للتكيف مع التَّغيُّرات البيئية. طوَّرت الأنواع، مع الزمن، تكيفات للعيش في البيئات المُختلفة.



الشكل 55–3

التكيفات السُّلوكية. في المناطق المفتوحة، سحلية عُرف الدِّيك في بورتوريكو (*Anolis cristatellus*) تُحافظ على درجة حرارة ثابتة نسبيًّا بالبحث عن الشمس والتَّشمُّس في رُقَع من أشعة الشمس؛ وينتج عن هذا، أنها تستطيع المحافظة على درجة حرارة عالية نسبًّا حتى بعد أن يبرد الهواء. على العكس، في الغابات الظَّليلة هذا السُّلوك غير مُمكن، وتتكيَّف درجة حرارة الجسم إلى ذلك الوسط المُحيط.

استقصاء

عندما تسنح الفرصة، تُنظِّم السَّحالي درجة حرارة جسمها لتُحافظ على درجة حرارة مُثلى لأداء الوظائف الفسيولوجية. هل السَّحالي في المناطق المفتوحة تمتلك سلوكات هروب مُختلفة عن السَّحالي في الغابة الظليلة؟

2-55 الجماعات: مجموعات من نوع واحد في مكان واحد

تعيش المخلوقات الحية أعضاء في **جماعات Populations**، أي مجموعات من الأفراد تعيش معًا في مكان وزمان واحد. فيما تبقى من هذا الفصل، سوف ندرس خصائص الجماعات، مُركِّزين على العناصر التي تُؤثر فيما إذا كانت الجماعة ستنمو أم ستنكمش وبأي مُعدَّل. سيكون التَّركيز في تساؤلنا على النمو الانفجاري لجماعة البشر في العالم خلال العقود الماضية.

يمكن تعريف التَّعبير جماعة بشكل أضيق أو أوسع. هذه المرونة تسمح لنا بالتَّحدُّث بتعابير مُشابهة عن جماعة البشر في العالم، أو جماعة الطلائعيات في أمعاء النمل الأبيض أو جماعة الغزلان التي تعيش في الغابة. في بعض الأحيان، يكون حدود تعريف الجماعة واضحًا، مثل حافة بحيرة جبلية مُنعزلة لسمك السلمون، وفي بعض الأحيان تكون غير واضحة، كَتَحرُّكِ أفراد الغزلان بسهولةٍ جيئةً وذهابًا بين غابتين يفصلهما حقل ذرة.

هناك ثلاث خصائص لبيئة الجماعة على جانب من الأهمية: نِطاق (مدى) الجماعة المساحة التي توجد عليها الجماعة، ونمط توزيع الجماعة ضمن ذلك النِّطاق، وكيف تتغير الجماعة في الحجم خلال وقت معين.

يُطلق على التَّوزيع الجغرافي للجماعة النِّطاق (المدى)

لا توجد جماعة تعيش في مناطق العالم كلها، حتى البشر. مُعظم الأنواع، حقيقةً، تمتلك نطاقات جغرافية مُحدَّدة نسبيًّا، ونطاق بعض الأنواع ضئيل. على سبيل المثال، سمكة ثقب الشيطان تعيش في ينبوع واحد في جنوب نيفادا (الشكل 55-4)، وحشرة سوكورو متساوية الأرجل (*Thermosphaeroma thermophilus*) تعيش في ينبوع واحد في نيومكسيكو. على الطَّرف الآخر، بعض الأنواع عالية التَّوزيع، الدولفين العادي (*Dolphinus delphis*)، على سبيل المثال، يعيش في مُحيطات العالم جميعها.

كما ذكرنا سابقًا، يجب أن تكون المخلوقات مُتكيفةً مع البيئة التي توجد فيها. الدّببة القُطبية مُتكيفة بشكل خاص للعيش في برودة المنطقة القطبية، ولكنك لن تجدها في الغابة المطرية الاستوائية. تعيش بعض بدائيات النوى في المياه الساخنة لينابيع يلوستون القريبة من الغليان، ولكنها لا توجد في مياه الجداول الباردة المُجاورة. لكل جماعة احتياجاتها الخاصة- درجة حرارة، ورطوبة، وأنواع مُعينة من الغذاء، ومجموعة من العوامل الأُخرى- التي تُحدِّد أماكن تعايشها وتكاثرها، والأمكنة التي لا تستطيع العيش فيها. إضافة إلى ذلك، ففي الأماكن التي يمكن أن تكون مناسبة، توجد المُفترسات، أو المُنافسات، أو الطفيليات التي ربما تمنع الجماعة من احتلال مساحة مُعينة، وهو موضوع سوف نتحدث عنه في (الفصل الـ 56).

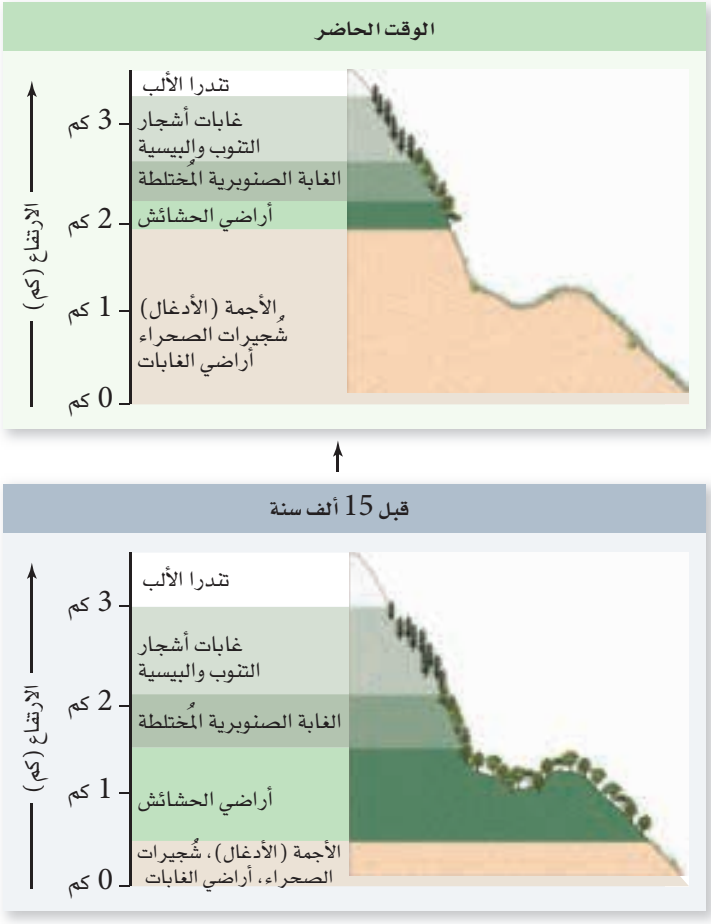
الشكل 55-4

سمكة ثقب الشيطان (*Cyprinodon diabolis*). تمتلك هذه السمكة نطاقًا أصغر من أي نوع من الفقريات في العالم.

تخضع النِّطاقات للتوسّع والتضيّق

نطاقات الجماعة ليست ساكنة، ولكنها تتغير خلال الوقت. هذه التغيُّرات تحدث لسببين. في بعض الحالات، تتغير البيئة، فبتراجع الأنهار الجليدية في نهاية العصر الجليدي الأخير قبل 10,000 سنة تقريبًا، توسَّعت كثير من جماعات نباتات وحيوانات أمريكا الشمالية شمالًا. في الوقت نفسه، كلما أصبحت المُناخات أكثر دفئًا، واجهت الأنواع إزاحة في الارتفاع الذي يمكن أن تعيش عليه (الشكل 55-5).

إضافة إلى هذا، يُمكن للجماعات أن تُوسِّع نطاقاتها عندما تُصبح قادرة على التَّغلب على بيئة غير مُلائمة كي تستوطن مساحات مُلائمة، لم تصل إليها من قبل. على سبيل المثال بلشون الماشية الأبيض المُستوطن في إفريقيا، في وقت ما في



الشكل 55-5

إزاحة الارتفاع في التوزيع بحسب الارتفاعات للأشجار على جبال جنوب غرب أمريكا الشمالية. خلال الفترة الجليدية، أي قبل 15 ألف سنة، كانت الظروف أبرد مما هي عليه الآن. عندما أصبح المُناخ أدفأ، غيَّرت أنواع الأشجار التي تحتاج إلى درجات حرارة أبرد نطاقها إلى الأعلى في الارتفاع؛ حتى تعيش في ظروف مُناخية متكيفة معها.

الشكل 55-6

توسُّع نطاق بلشون الماشية (*Bubulcus ibis*). بلشون الماشية- سُمِّيَ كذلك لأنه يتبع الماشية والحيوانات ذات الحافر الأُخرى، مُلتقطًا أيّ حشرات أو فقريات صغيرة تثيرها الماشية- وصل أولًا أمريكا الجنوبية في أواخر 1800. منذ 1930، تمَّ توثيق تمدُّد نطاق هذا النَّوع بشكل جيد، عندما انتقل شمالًا إلى أغلب أمريكا الشمالية، وجنوبًا على طول الجانب الغربي للأنديز إلى القرب من الحافة الجنوبية لأمريكا الجنوبية.

أواخر 1800، ظهرت هذه الطيور في شمال أمريكا الجنوبية، قاطعةً 3,500 كم تقريبًا عبر الأطلسي، ربما بمساعدة الرِّياح القوية. منذ ذلك الوقت، وسَّعت بشكل ثابت نطاقها، ويمكن الآن أن توجد في مُعظم الولايات المُتحدة (الشكل 55-6).

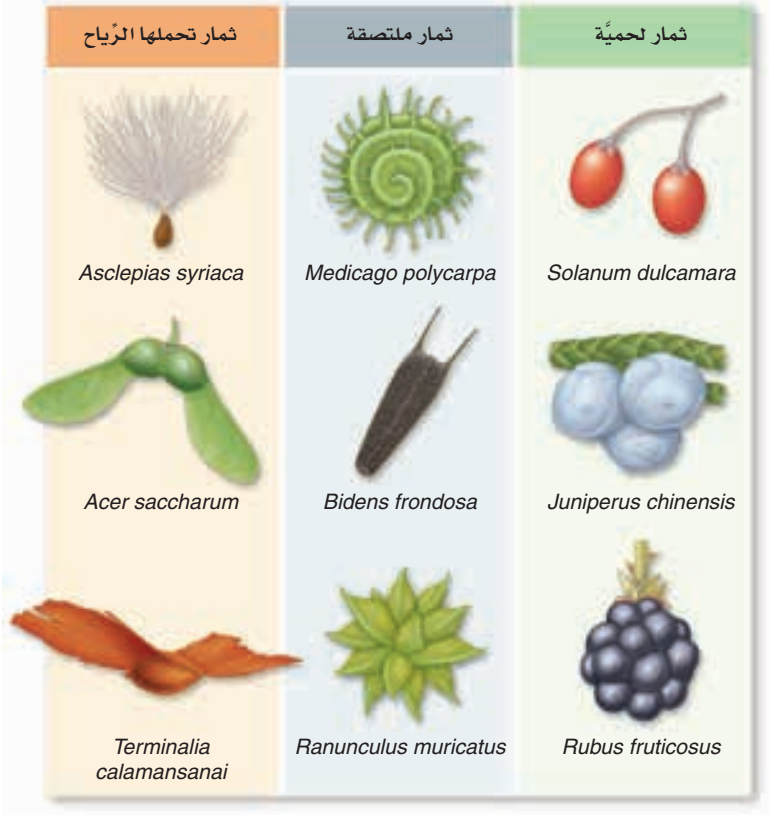
تأثير البشر

بتغيير البيئة، سَمَحَ البشر لبعض الأنواع، مثل القيوط، بتوسيع نطاقاتها، وبالتحرك إلى مساحات لم توجد فيها من قبل. وأكثر من ذلك، عمل البشر بوصفهم وسيلة انتشار لكثير من الأنواع. بعض هذه الأنواع كانت ناجحة بشكل كبير، كما سنُناقش في (الفصل الـ59). على سبيل المثال، تم إدخال 100 طائر زرزور إلى مدينة نيويورك سنة 1896 بمحاولة غير مُنظَّمة لتجميع كل أنواع الطيور التي ذكرها شكسبير. انتشرت جماعتها بشكل ثابت، حتى إنه مع حلول 1980، انتقلت عبر الولايات المُتحدّة جميعها. يمكن إعطاء أمثلة عن نباتات وحيوانات لا حصر لها، وتزداد القائمة كل سنة. ولسوء الحظ، فإن نجاح مثل هذه الأنواع الدَّخيلة يتمُّ على حساب الأنواع الأصيلة.

آليات الانتشار

إنَّ الانتشار إلى مساحات جديدة يمكن أن يحدث بطرق عدّة. كأحد الأمثلة، لقد استعمرت السحالي جزرًا عدّة بعيدة، ربما بسبب طفو أو انجراف الأفراد أو بيوضها مُحمَّلة على النباتات. توجد الوطاويط على الجزر البعيدة غالبًا، بسبب قدرتها على الطيران إليها. وقد تكون هي الثدييات الوحيدة على هذه الجزر.

إنَّ بذور النباتات مُصمَّمة للانتشار بطرق عدَّة (الشكل 55-7). بعض البذور مُصمَّمة بطريقة الدِّيناميكا الهوائية لتقذفها الرِّياح إلى مسافات بعيدة. تمتلك بذور أُخرى تراكيب تلتصق بفراء أو ريش الحيوانات، ولذلك تُحمل إلى مسافات بعيدة قبل أن تسقط على الأرض. بذور أُخرى مُحاطةٌ بثمار لُبيَّة، ويُمكن لهذه البذور أن تعبر الجهاز الهضمي للثدييات أو الطيور، ومن ثم تنمو، حيث يتم تبرُّزها. وأخيرًا، يتمُّ دفع بذور نبات الهدال (*Arceuthobium*) بقوة من قاعدة الثمرة بانطلاق انفجاري. وعلى الرَّغم من أنَّ احتمالَ وقوع أحداث الانتشار بعيد المدى الذي يؤدي إلى تأسيس جماعة جديدة قليلٌ، فإنه خلال ملايين السنوات، وقع كثير من مثل هذه الانتشارات.



الشكل 55-7

بعض كثير من تكيفات البذور. طوَّرت البذور عددًا من الطُّرق المُختلفة التي سهَّلت انتشارها من النَّبات الأُم. بعض البذور يُمكنها أن تنتقل مسافات بعيدة جدًا عن طريق الرِّياح، في حين تُنقَل البُذور المُحاطة بثمار ملتصقة أو لحمية عن طريق الحيوانات.

تمتلك الأفراد في الجماعات أنماط تباعد مُختلفة

إن الطريقة التي يتوزع فيها أفراد الجماعة هي ميزة أخرى لتركيب الجماعة. فلربما تتوزع بطريقة عشوائية، أو متُناسقة، أو تكتُّلية (الشكل 55-8أ).

التَّوزيع العشوائي

يحدث التَّوزيع العشوائي للأفراد في داخل المجموعات عندما لا تتفاعل مع بعضها بقوة، وعندما لا تتأثر بالنَّواحي غير المُنتظمة من بيئتها. إنَّ التَّوزيعات العشوائية غير شائعة في الطبيعة. بعض أنواع الأشجار، على كل حال، تمتلك على ما يبدو توزيعات عشوائية في الغابات المطرية البنميَّة (الشكل 55-8ب).

التَّوزيع المُتناسق (المنتظم)

ربما يحدُث التَّوزيع المُتناسق للأفراد داخل المجموعات، ولكنه لا يحدث دائمًا، بسبب التَّنافس على المصادر. يُمكن الوصول إلى هذا التَّوزيع، على كل حال، بطرق عدة

في الحيوانات، يحصل التَّوزيع المُتناسق غالبًا عن طريق تفاعلات سلوكية، كما ذكرنا في (الفصل الـ 54). في كثير من الأنواع، تُدافع أفراد من جنس واحد أو من جنسين عن منطقتها ضد أفراد تمَّ استبعادهم عنها. هذه المناطق تزوِّد المالك بالوصول الحصري إلى المصادر مثل الغذاء، والماء، وإخفاء الهاربين، أو الشريك، وتميل إلى توزيع الأفراد بشكل متساوٍ عبر الموقع. حتى في الأنواع التي ليس لها مناطق، تُحافظ الأفراد غالبًا على مساحات تُدافع عنها، فلا تسمح لحيوانات أُخرى بالدُّخول إليها.

التَّوزيع المُتناسق شائع بين النباتات أيضًا، بسبب التَّنافس على المصادر. الأفراد المُتقاربة من بعضها ستتنافس على الضوء المُتوافر، أو الغذاء، أو الماء. هذه التنافسات قد تكون مُباشرة، كأن يلقي نبات ظله على نبات آخر، أو غير مُباشرة، كأن يتنافس نباتان باستخلاص الغذاء أو الماء من مساحة مُشتركة. إضافة إلى هذا، بعض النباتات، مثل شُجيرات الكريوسوت، تُفرز مواد كيميائية في التُّربة المُحيطة تكون سامة لأفراد آخرين من النوع نفسه. في كل الحالات هذه، فقط النباتات التي تتباعد عن بعضها بشكل كافٍ هي التي تستطيع العيش معًا، ما يؤدي إلى توزيع مُنتظم.

التَّوزيع التَّكتُّلي

تتجمع الأفراد على شكل مجموعات أو كتل بسبب التَّوزيع غير المُتساوي للمصادر في بيئاتها الحالية. إنَّ التَّوزيعات التَّكتُّلية شائعة في الطبيعة؛ لأنَّ الحيوانات، والنباتات، والمخلوقات الدَّقيقة المُنفردة تميل إلى العيش في مناطق مُعرَّفة بنوع التُّربة، والرُّطوبة أو نواحٍ أُخرى من البيئة التي تكيفَّت معها بشكل حسن.

تقود التَّفاعلات الاجتماعية أيضًا إلى توزيعاتٍ تكتُّلية. فكثير من الأنواع تعيش، وتتنقل في مجموعات كبيرة، تندرج عليها أسماء عدة (على سبيل المثال، قطيع، أو سرب، أو جماعة). يُمكن لهذه التَّجمعات أن توفر كثيرًا من الإيجابيات، مثل زيادة الانتباه والحماية من المُفترسات، وتقليل تكلفة طاقة التَّحرك خلال الماء والهواء، وتسهيل التَّعرُّف إلى كل أفراد المجموعة.

على نطاق أوسع، تتوزع المجموعات بكثافة عالية في داخل نطاقها، وبكثافة أقل في الاتجاه نحو الحواف. تنتج مثل هذه الأنماط غالبًا بسبب الطريقة التي تتغير فيها البيئة في المساحات المُختلفة.

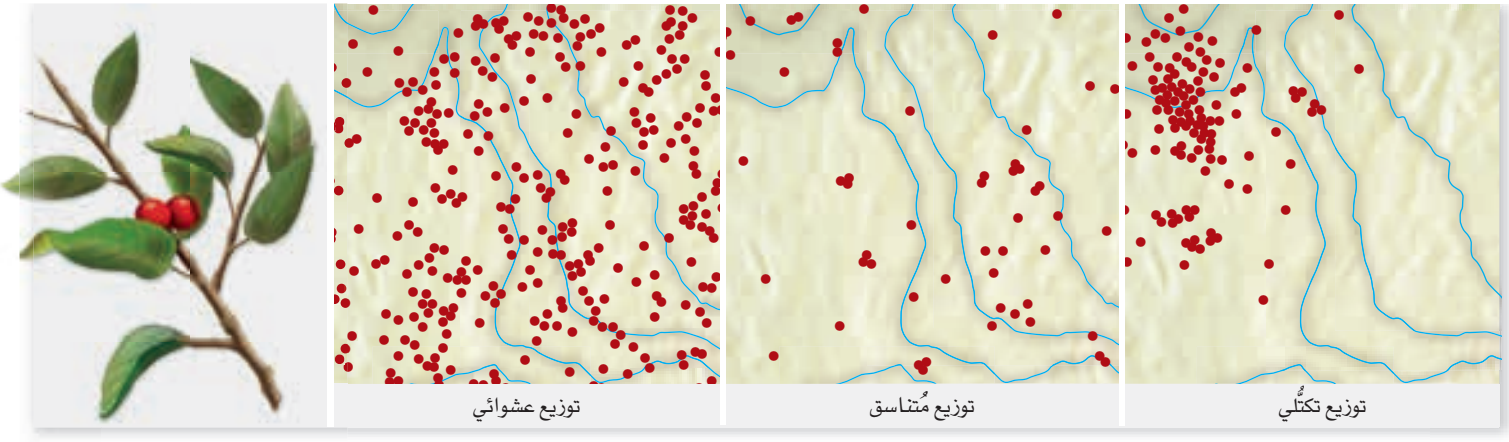
تكون الجماعات أفضل تكيفًا للظُّروف الموجودة في داخل نطاق توزيعها. وعندما تتغير الظُّروف، تصبح الأفراد أسوأ تكيفًا، ولذلك تقل الكثافات. في النهاية، يصل الأفراد إلى النُّقطة التي لا يستطيعون بعدها المُقاومة أو العيش أبدًا؛ وهذا ما يُميِّز حواف نطاق الجماعة.

الشكل 55-8

توزيع الجماعة. الأنماط المُختلفة من التَّوزيع تُظهرها (أ) توزيعات مُختلفة لمُستعمرات البكتيريا و(ب) ثلاثة أنواع مُختلفة لأشجار من المكان نفسه في بنما.

المصدر: البيانات من اليزابيث لوسوس، مركز علم الغابات الاستوائية، معهد سميثسون للأبحاث الاستوائية.

أ.



ب. *Chamguava schippii* *Coccoloba coronata* *Brosimum alicastrum*

تتكون فوق الجماعة من جماعات مُحددة مختلفة ويمكنها أن تتبادل الأعضاء

توجد الأنـواع غالبًا على شكل شبكة من الجماعات المُختلفة تتفاعل مع بعضها عن طريق تبادُل الأفراد. مثل هذه الشبكة، تُدعى **فوق الجماعات Metapopulations**، توجد في مساحات تكون فيها البيئة المُناسبة مُوزَّعة على شكل رُقَع مُنفصلة بامتداداتٍ من بيئة غير مناسبة.

الانتشار واحتلال البيئة

الدَّرجة التي تتفاعل فيها الجماعات داخل فوق الجماعة تعتمد على كمية الانتشار؛ هذا التَّفاعل في الأغلب غير مُتناظر؛ الجماعات المُتزايدة في الحجم تميل إلى إطلاق كثير من الأفراد المُنتشرة، في حين تميل الجماعات ذات المستويات الأقل إلى استقبال مهاجرين أكثر مما تُطلق. إضافة إلى ذلك، تميل الجماعات المُنعزلة نسبيًّا إلى استقبال القليل من القادمين نسبيًّا.

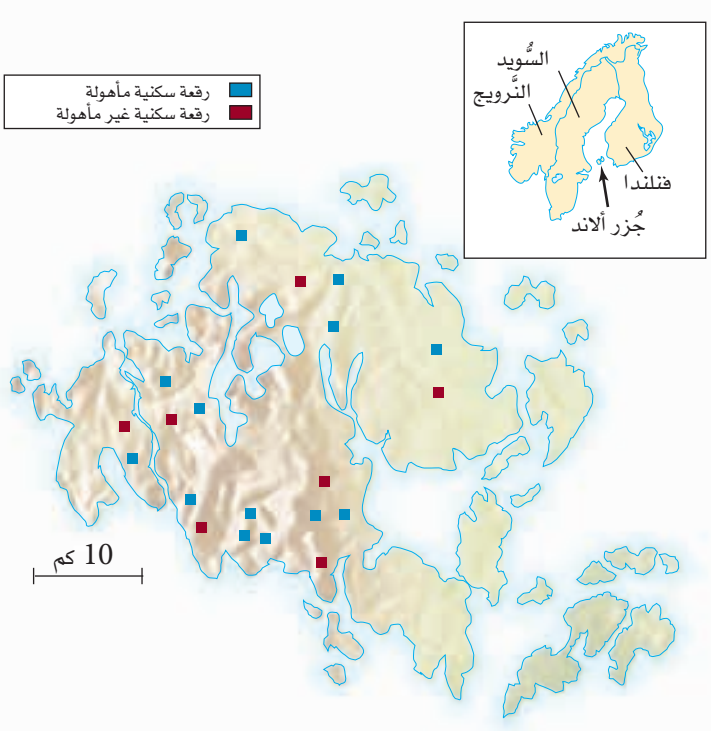
لا يُمكن أن تُحتَل كلُّ البيئات المُناسبة داخل مساحة فوق الجماعة في أي وقت، لأسباب عدة. ربما تنقرض بعض الجماعات المُنفردة بسبب مرض وبائي، أو حرائق مأساوية أو فقدان التَّنوع الوراثي نتيجة لوصول الجماعة إلى عنق الزجاجة (راجع الفصل الـ59). على كل حال، الانتشار من مجموعات أُخرى ربما يعيد استعمار مثل تلك المناطق في النهاية. في بعض الحالات، عدد البيئات المُحتلة في فوق الجماعة ربما يُمثِّل اتِّزانًا يكون فيه مُعدَّلُ انقراض جماعات موجودة متوازنًا مع معدَّل استعمار بيئات فارغة.

فوق الجماعات المصدر – والمهبط

ربما يمتلك نوع ما تركيب فوق الجماعة في مناطق تكون فيها بعض البيئات مناسبة للإبقاء على جماعة مدة طويلة، ولكن بعضها الآخر لا يكون كذلك. في هذه الأوضاع، التي تُسمّى **فوق الجماعات المصدر– والمهبط Source–sink metapopulations**، تُرسل الجماعات في البيئات الأفضل (المصادر) باستمرار أفرادًا مُنتشرة تدعم الجماعات في البيئات الأفقر (المهابط). بغياب مثل هذا التَّعويض المُستمر، يمكن أن يُصبح نمو البيئات المهابط سلبيًّا، وقد يؤول مصيرها إلى الانقراض.

تـمَّ دراسة فـوق الجماعـات للفراشات بالتَّحديـد بشكل مُكثَّـف. في إحـدى الدِّراسات، أخـذ الباحثون عينات من فراشة جلانفيل Glanville في 1600 مرج أخضر في جنوب غرب فنلندا (الشكل 55-9). بالمُعدَّل، تنقرض 200 جماعـة كل عـام، ولكن 114 مَرْجًـا فارغًا يتمُّ استعمارها. تزيد عوامـل مُتنوعة على ما يبدو من فرصة انقراض جماعة، ويشمل هذا صِغَر حجم الجماعة، وانعزالها عن مصدر المُهاجرين، وقِلَّة توافر المصادر (كما هو مُشار إليه بعدد الأزهار في المَرْج)، ونقص التَّنوع الوراثي في الجماعة.

عزا الباحثون سبب زيادة عدد الانقراضات بشكل أكبر من عدد الاستعمار إلى صرامة فصول الصّيف الجافة. ولأن أيًّا من الجماعات لم يكن كبيرًا بشكل كافٍ ليعيش وحده، فإنَّ استمرار عيش الأنواع يحتاج على ما يبدو إلى وجود مُستمر لشبكة فوق الجماعات، حيثُ يتمُّ فيها تكوين جماعات جديدة بشكل مُستمر، ويتمُّ تزويد الجماعات الموجودة بمهاجرين. لهذا، فإنَّ الطَّقس السَّيئ ربما يقضي على الأنواع، على الأقل في هذا الجزء من النِّطاق الخاص به.



الشكل 55–9

فوق جماعات الفراشات. توجد فراشة جرانفيل (*Melitaea cinxia*) في فوق جماعات في جنوب غربي فنلندا على جُزر ألاند. لا يوجد أي جماعات كبيرة بالحجم الكافي، بحيث تعيش وحدها فترات طويلة، ولكن الهجرة المُستمرة للأفراد من جماعات أُخرى تسمح بالبقاء. إضافة إلى هذا، يؤدي تكوُّن الجماعات الجديدة المُستمر إلى معادلة انقراض الجماعات المُؤسَّسة أصلًا، على الرَّغم من أنَّ الانقراضات في السنوات الحديثة زادت على الاستعمارات.

حيث توجد فوق الجماعات، يُمكن أن تمتلك مضمونين مُهمَّين لنِطاق النَّوع: الأول من خلال الاستعمار المُستمر للرُّقع الفارغة، تمنع فوق الجماعات الانقراض طويل الأمد. إن لم يكن هناك مثل هذا الانتشار، فإنَّ كلّ جماعة ربما تهلك في النِّهاية، ما يؤدي إلى اختفاء النَّوع من المساحة كلّها. زيادةً على هذا، في فوق الجماعات من النَّوع مصدر–مهبط، قد يحتل النَّوع مساحة أكبر مما يحتاج إليه، شاملًا المساحات على الحواف، التي لا يمكنها دعم الجماعة دون تزويد مُتواصل للمُهاجرين. لهذه الأسباب، فإنَّ دراسة فوق الجماعات أصبحت مُهمةً جدًا في بيولوجيا المُحافظة، حيث أصبحت البيئات الطبيعية مُقطَّعة بشكل مُتزايد.

الجماعة: مجموعة من الأفراد من النَّوع نفسه تعيش معًا في مساحة ما. النِّطاق، أو المساحة التي تحتلها الجماعة، يتغيَّر مع الوقت.

يُمكن أن يكون توزُّع الأفراد في جماعة ما عشوائيًا، أو مُتناسقًا، أو تكتُّليًا، وهذا يتحدَّد بشكل جزئي بتوافر المصادر.

قد يوجد الأفراد على شكل جماعات ضعيفة التَّرابط فيما بينها، تُدعى فوق الجماعات.

ديموغرافية الجماعة وديناميكيتها

تتأثر ديناميكية الجماعة – كيف تتغير عبر الزمن– بعوامل عدة. أحد العوامل المُهمة هو التَّوزيع العمري للأفراد، أي نسبة الأفراد البالغين، واليافعين، والصغار.

الديموغرافيا Demography: الدِّراسة الكمية للجماعات. يمكن دراسة كيفية تغيّر حجم الجماعة خلال الزَّمن على مستويين: كُلِّي وجُزئي. على المُستوى الأشمل، يُمكننا دراسة الجماعة ككل كي نُحدِّد ما إذا كانت تتزايد، أم تتناقص، أم تبقى ثابتة. ببساطة، تنمو الجماعات إذا زاد عدد المواليد على عدد الوفيات، وتتناقص إذا كان عدد الوفيات يزيد على عدد المواليد. يكون فهم مثل هذه الثوابت غالبًا أسهل، على كل حال، إن جزَّأنا الجماعة إلى وحدات أصغر مُكونة من أفراد من العمر نفسه (على سبيل المثال، أعمارهم سنة واحدة) ودرسنا العوامل التي تؤثر في مُعدَّلات الولادة ومُعدَّلات الوفاة لكل وحدة بشكل مُنفصل.

نسبة الجنس وزمن الجيل يُؤثران في مُعدَّلات نمو الجماعة

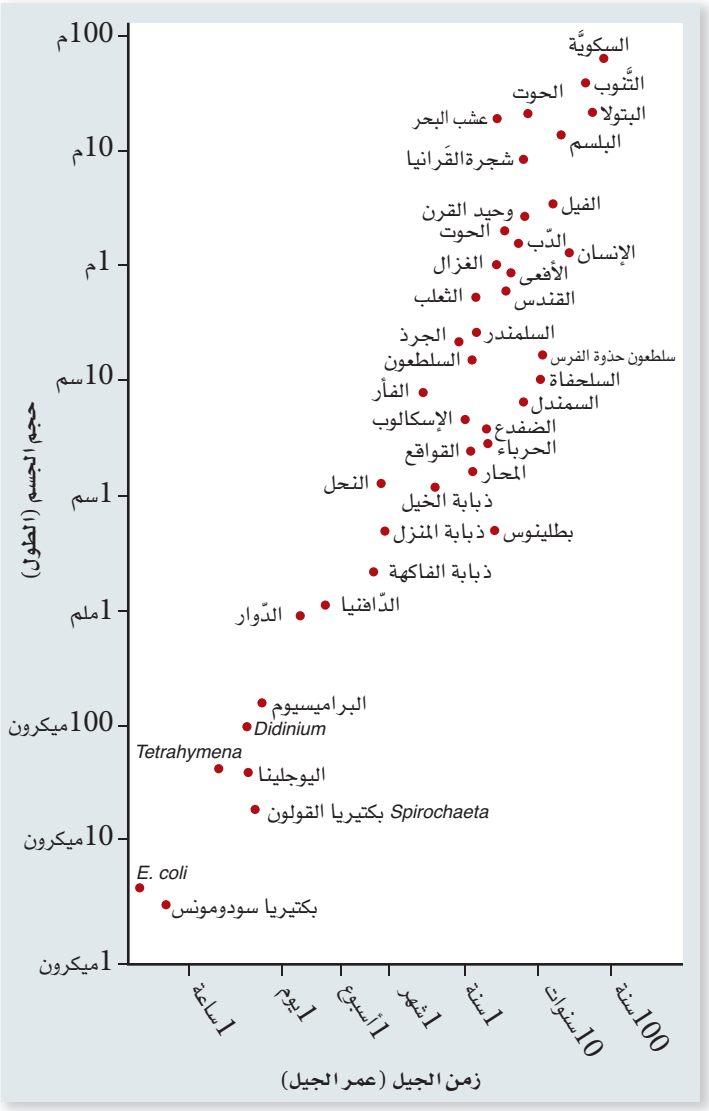
يُمكن أن يتأثر نمو الجماعة **بنسبة الجنس Sex ratio** للجماعة. عادة ما يرتبط عدد الولادات في جماعة بشكل مُباشر مع عدد الإناث؛ وربما لا ترتبط الولادات بشكل قوي مع أعداد الذُّكور في الأنواع التي يتزاوج فيها ذكر واحد مع إناث كثيرات. في أنواع كثيرة، يتنافس الذُّكور لفرصة التَّزاوج مع الإناث، كما تعلمت في الفصل السابق؛ ولهذا، نجد أن القليل من الذُّكور له كثير من التَّزاوجات، وكثير من الذكور لا يتزاوجون أبدًا. في مثل هذه الأنواع، لا تؤثّر نسبة الجنس المُنحازة للإناث في مُعدَّلات النُّمو؛ إنَّ الانخفاض في عدد الذُّكور سيغير ببساطة هويات الذُّكور المُتزاوجة دون أن يُقلِّل من عدد الولادات. على العكس، بين الأنواع أُحادية التَّزاوج، ربما يكون للأزواج روابط تكاثرية طويلة الأمد، وانخفاض أعداد الذكور هنا ربما يُمكنه أن يُقلِّل بشكل مُباشر أعداد الولادات.

زمن الجيل Generation time: مُعدَّل الفترة الزمنية بين ولادة الفرد وولادة نسله. ويُمكنه أيضًا أن يؤثر في مُعدَّلات نمو الجماعة. تختلف الأنواع في زمن الجيل لها. يمكن لاختلاف حجم الجسم أن يُفسِّر الكثير من هذا التَّنوع، تمر الفئران بـ 100 جيل تقريبًا مقارنة مع مرور الفيل بجيل واحد (الشكل 55-10). ولكن لا يعني الحجم الصغير دائمًا زمن جيل قصير. فسمندل الماء، على سبيل المثال، أصغر من الفئران، ولكنه يملك زمن جيل أطول بشكل واضح.

مع تساوي الأشياء الأخرى جميعها، يمكن للجماعات ذات زمن الجيل القصير أن تزيد في الحجم بشكل أسرع من الجماعات ذات الأعمار الأطول. وبشكل مُعاكس، ولأنَّ زمن الجيل وفترة الحياة في العادة مُرتبطان بشكل قوي، فإنّ الجماعات ذات أزمان الجيل القصيرة ربما يُمكنها أيضًا أن تتضاءل في الحجم بسرعة أكبر، إذا تناقص مُعدَّل الولادة بشكل مُفاجئ.

يتحدَّد التَّركيب العمري بأعداد الأفراد في المجموعات العمرية المُختلفة

يُطْلَقُ على مجموعة من الأفراد في العمر نفسه **العصبةُ Cohort**. في مُعظم الأنواع تختلف احتمالية أنَّ فردًا ما سوف يتكاثر أو يموت خلال فترة حياته. ولهذا السبب وداخل الجماعة، لكل عصبة مُعدَّل ولادة خاص بها، أو **خصوبة Fecundity**، وتُعرَّف بأنها عدد النَّسل النَّاتج في زمن قياسي (على سبيل المثال، كل عام)، ومُعدَّل وفاة أو **فنائية Mortality**، وهو عدد الأفراد الذين يموتون خلال تلك الفترة.



الشكل 55-10

العلاقة بين حجم الجسم وزمن الجيل. بشكل عام، تمتلك المخلوقات الأكبر أزمان جيل أطول، على الرَّغم من وجود حالات استثنائية.

استقصاء

إذا أصبحت المصادر أكثر وفرة، هل تتوقع زيادةً في حجم الجماعة للأنواع الصغيرة أم الكبيرة بشكل سريع؟

عدد الأفراد النِّسبي في كل عصبة يُبيِّن **التَّركيب العمري Age structure** للجماعة. ولأنَّ العُصَب المُختلفة تمتلك خصوبة ومُعدَّلات فنائية مُختلفة، فإنَّ التَّركيب العمري له تأثير حساس في مُعدَّل نمو الجماعة. إنَّ الجماعات ذات نسبة الأفراد الصغار الكبيرة على سبيل المثال، تميل إلى النُّمو بسرعة؛ لأنَّ نسبة مُتزايدة من أفرادها قابلة للتَّكاثر. الجماعات البشرية في كثير من الدُّول النامية هي مثال على ذلك، كما سنُناقش لاحقًا في هذا الفصل. على العكس، إن كانت النِّسبة الكبيرة من الجماعة هي نسبيًّا كبيرة في العمر، فإنَّ الجماعات ربما تتناقص. هذه الظاهرة تُمثِّلها الآن اليابان وبعض الدُّول في أوروبا.

الجدول 55-2 **جدول حياة العصبة للعشب *Poa annua*، مكونة من 843 نبتة صغيرة**

العمر (في فترة 3 – أشهر)	عدد الأحياء عند بداية زمن الفترة	نسبة العُصبة الحية عند بداية زمن الفترة (البقائية)	الوفيات خلال زمن الفترة	مُعدَّل الفناء خلال زمن الفترة	البذور المُنتجة خلال زمن الفترة	البذور المُنتجة لكل فرد ناجٍ (الخصوبة)	البذور المُنتجة لكل عضو في العصبة (الخصوبة×البقائية)
0	843	1.000	121	0.143	0	0.00	0.00
1	722	0.857	159	0.271	303	0.42	0.36
2	527	0.625	211	0.400	622	1.18	0.74
3	316	0.375	172	0.544	430	1.36	0.51
4	144	0.171	90	0.626	210	1.46	0.25
5	54	0.064	39	0.722	60	1.11	0.07
6	15	0.018	12	0.800	30	2.00	0.04
7	3	0.004	3	1.000	10	3.33	0.01
8	0	0.000	.		المجموع=1665		المجموع=1.98

جداول الحياة تُظهر احتمالية البقاء والتَّكاثر خلال فترة حياة العُصبة

لتقييم كيفية تغير الجماعات في الطبيعة، يستخدم علماء البيئة **جدولَ الحياة Life table**، الذي يُجدولُ مصير العُصبة من الولادة حتى الموت، مُظهرًا عدد الأنسال النَّاتجين، وعدد الأفراد الذين يموتون كلّ عام. الجدول 55-2 يُظهر مثالًا تحليليًّا لجدول حياة من دراسة لعشب المرج *Poa annua*. تتبّعت هذه الدِّراسة مصير 843 فردًا خلال زمن، مُظْهرةً بالرَّسم عدد المُتبقين في كلّ فترة، وعدد الأنسال التي يُنتجها كلُّ مُتبقٍّ.

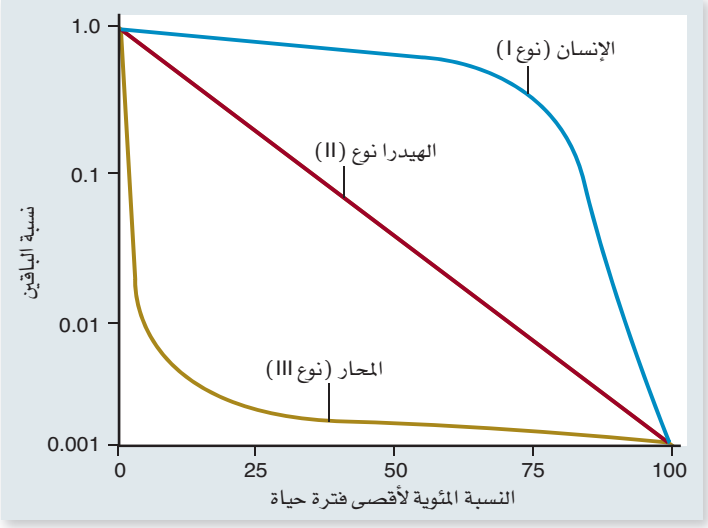
في (الجدول 55-2)، يُشير العمود الأول إلى عمر العُصبة (أي، عدد فترات الثلاثة أشهر من بداية الدِّراسة). ويُشير العمودان الثاني والثالث إلى عدد النَّاجين ونسبة العُصبة الأصلية التي بقيت حية عند بداية تلك الفترة. العمود الخامس يُمثِّل **مُعدَّل الفناء Mortality rate**، ونسبة الأفراد التي بدأت الفترة وهي حية، ولكن ماتت في نهايتها. ويشير العمود السابع إلى مُعدَّل عدد البذور التي يُنتجها كلّ فرد ناجٍ في تلك الفترة، في حين يظهر العمود الأخير عدد البذور المُنتجة نسبة إلى حجم العُصبة الأصلي.

يُمكن تعلُّم الكثير من دراسة جداول الحياة. في حالة *P. annua*، نُلاحظ أنَّ كلاًّ من احتمال الموت وعدد النَّسل المُنتج لكل فرد ناجٍ يزيد بثبات مع العمر. بإضافة الأرقام في العمود الأخير، نحصل على مجموع أعداد الأنسال التي أنتجتها الأفراد في العُصبة الابتدائية. هذا الرَّقم هو 2 تقريبًا، وهذا يعني أنَّ لكلّ عضو أصلي في العُصبة، في المُعدَّل فردين جديدين تمَّ إنتاجهما. العدد 1.0 سيكون رقم كسر التَّعادُل، أي النُّقطة التي تكون عندها الجماعة لا تنمو، ولا تتكمش. في هذه الحالة، تنمو الجماعة بُسرعة على ما يبدو.

في أغلب الحالات، يكون تحليل جدول الحياة أكثر تعقيدًا من هذا. أولًا، فيما عدا المخلوقات ذات فترات الحياة القصيرة، من الصَّعب تتبُّع مصير العُصبة حتى موت آخر فرد. المسار البديل هو بناء دراسة مَقْطَعِيَّة، واختبار مصير العُصَب من أعمار مُختلفة في فترة واحدة. إضافة إلى هذا، فإن وجود عوامل كثيرة- مثل تكاثُر الأنسال قبل أن تموت كلّ أعضاء العُصبة الأم- يُعقِّد تفسير ما إذا كانت المُجتمعات تنمو أم تتكمش.

تُوضِّح مُنحنيات علامات البقاء كيفية تغير احتمالية البقاء مع تقدم العمر

تسمى نسبة الجماعة الأصلية التي تعيش إلى عمر معين **البقائية Survivorship** الخاصة بها. بعض نواحي التَّعبير عن التَّوزيع العمري للمجموعات يتم من خلال مُنحنيات البقائية. ويوضح (الشَّكل 55-11) أمثلة على مُنحنيات بقائية مُختلفة. يُنتج المحار أعدادًا كبيرة من النَّسل، القليل منها فقط يعيش ليتكاثر. لكن، حالما تستقر، وتنمو إلى أفراد يُمكنها أن تتكاثر، فإنَّ مُعدَّل فنائها سيقلّ جدًا (مُنحنى البقائية من النَّوع III). لاحظ أنَّ في مثل هذا النَّوع من المُنحنيات، ترتبط البقائية والفنائية بشكل عكسي. ولهذا، فالتَّناقُص السَّريع في نسبة المحار المُتبقي يُشير إلى أنَّ القليل من الأفراد ناجون، مُنتجًا بذلك مُعدَّل فناء عاليًا. على العكس، الخط المُستوي عند الأعمار الكبيرة يُشير إلى بقائية عالية وفنائية مُنخفضة.



الشَّكل 55-11

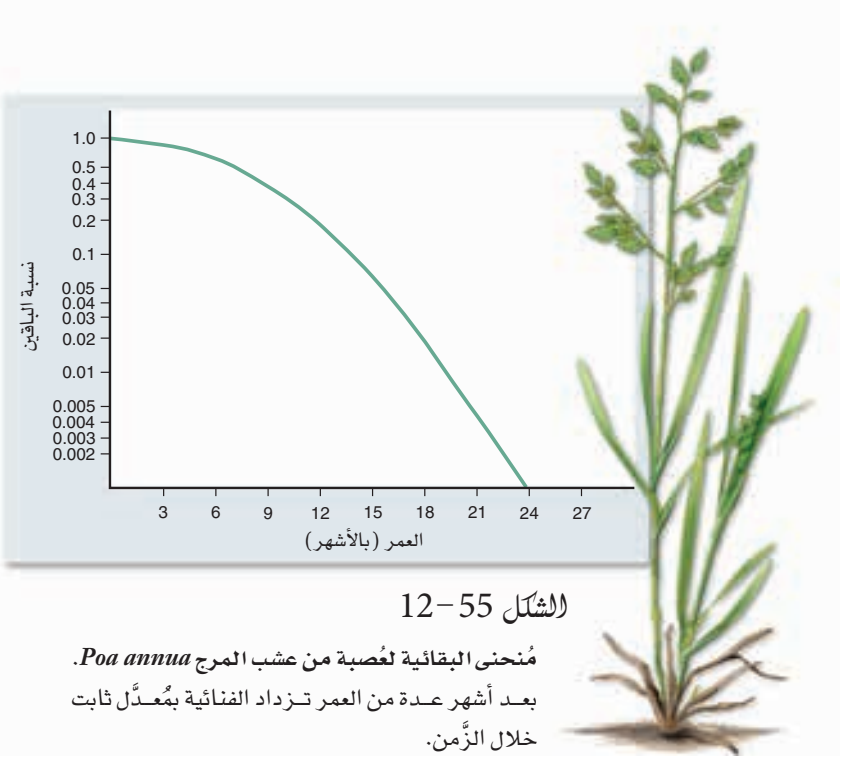
مُنحنيات البقائية. اصطلاحًا، البقاء (المحور العمودي) مرسوم على محور لوغاريتمي. يمتلك الإنسان دورة حياة من نوع I، والهيدرا (حيوان قريب من هلام البحر) نوع II، والمحار نوع III.

في الهيدرا، وهي حيوانات قريبة من هلام البحر، هناك الاحتمالية نفسها لأن تموت عند أي عمر، والنتيجة مُنحنى بقائية مستقيم (نوع II).

وأخيرًا، فإن مُعدَّلات الفنائية في الإنسان، كما في الحيوانات الأُخرى وفي الطَّلائعيات، ترتفع بشكل حاد في أواخر الحياة (مُنحنى البقائية من النَّوع I).

بالطَّبع، هذه التَّوصيفات هي فقط تعميمات، وكثير من المخلوقات تُظهر أنماطًا أكثر تعقيدًا. فاختبار البيانات لـ *P. annua*، على سبيل المثال، يُظهر أنها أقرب ما يُمكن إلى مُنحنى البقائية من النَّوع II (الشكل 55-12).

مُعدَّل نمو الجماعة هو دالة حساسة لتركيبها العمري. التَّركيب العمري للجماعة والكيفية التي تختلف فيها الفنائية ومُعدَّلات الولادة بين العُصَب العمرية المُختلفة يُحدِّد ما إذا كانت الجماعة ستزيد أم تقل في الحجم.



الشكل 55-12

مُنحنى البقائية لعُصبة من عشب المرج *Poa annua*. بعد أشهر عدة من العمر تزداد الفنائية بمُعدَّل ثابت خلال الزَّمن.

استقصاء

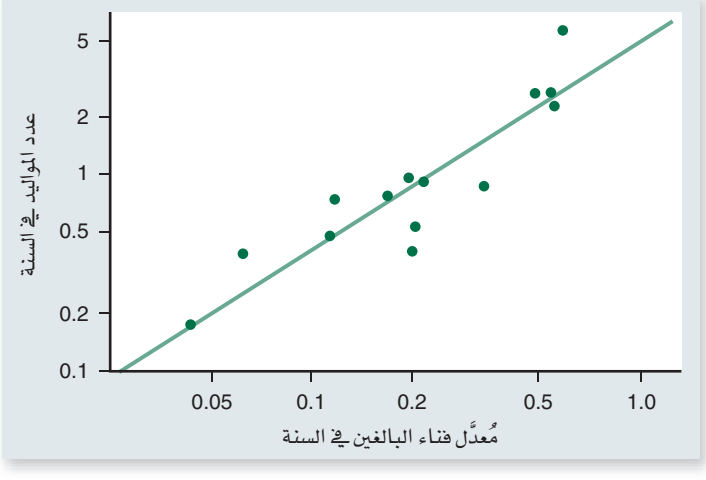
افترض أنَّك أردت إبقاء عشب المرج في غرفتك بوصفه نباتًا منزليًّا. افترض، أيضًا، أنَّك أردت شراء نبات مُنفرد يمكنه العيش لأطول فترة مُمكنة. أي عمر نبات ستشتري؟ كيف يُمكن لشكل مُنحنى البقائية أن يؤثر في إجابتك؟

4-55 تاريخ الحياة وتكلفة التَّكاثر

يُحابي الانتخاب الطَّبيعي الصفات التي تزيد أعداد الأنسال النَّاجية المُتبقية في الجيل القادم إلى حد أقصى. العاملان المؤثران في هذه الكميَّة هما: مُدَّة حياة الفرد، وعدد المواليد كل سنة.

لماذا لا يتكاثر كل فرد مُباشرة بعد أن يُولد، ويُنتج عائلات كثيرة من الأنسال، ويعتني بهم بشكل مُكثَّف، ويؤدي هذه الوظائف بشكل مُتكرِّر عبر حياة طويلة، ويفوق الآخرين تنافسيًّا، ويهرب من المُفترسات، ويُمسك الغذاء بسهولة؟ الإجابة هي أنَّه لا يوجد مخلوق واحد يستطيع أداء كلّ هذا. ببساطة، بسبب عدم وجود مصادر كافية مُتوافرة. وبناءً على هذا، تقسم المخلوقات المصادر، إما للتَّكاثر الحالي، أو لزيادة إمكانيتها للبقاء والتَّكاثر في فترات حياة متقدمة.

دورة حياة المخلوق الكاملة تُكوِّن **تاريخ حياته Life history**. كل تواريخ الحياة تتضمَّن تبادُلات مُهمَّة. وحيث إنَّ المصادر محدودة، فإن التغيُّر الذي يزيد من التَّكاثر ربما يُقلِّل كلًّا من البقائية والتَّكاثر المُستقبلي. أحد الأمثلة على ذلك، شجرة التَّنوب التي تُنتِج مخاريط أكثر تزيد من نجاحها التَّكاثري الحالي، ولكنها تنمو أيضًا ببطء أكثر. ولأنَّ عدد المخاريط المُنتَجة يدلّ على حجم الشجرة، فإن هذا النُّمو المنخفض سيُقلِّل عدد المخاريط التي يُمكنها إنتاجها في المُستقبل. وبشكل مُشابه، تمتلك الطُّيور التي تمتلك أنسالًا أكثر كلّ عام احتمالية أكبر للموت



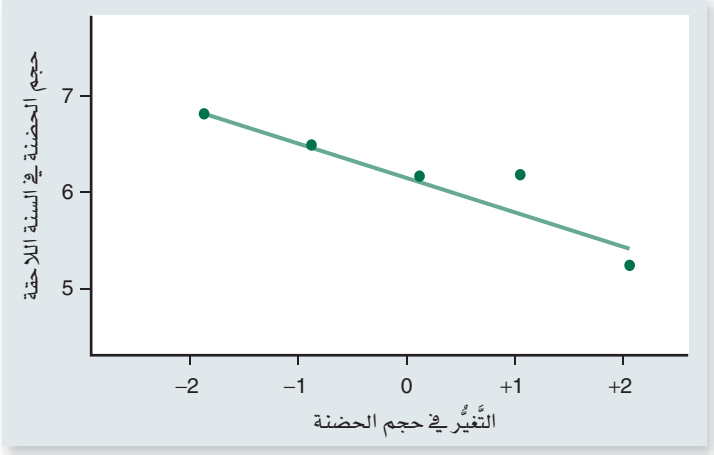
الشكل 55-13

الإنتاجية لها ثمن. بيانات من أنواع عدّة من الطُّيور تُشير إلى أنَّ الخُصوبة المُتزايدة في الطُّيور ترتبط بالفنائية العالية، تتراوح من القَطْرَس (الأقل) إلى الدّوري (الأعلى). الطُّيور التي تُربي أنسالًا أكثر كلّ عام لديها احتمالية أكبر للموت خلال ذلك العام.

خلال تلك السنة، أو تُنتج حضنات بيض أصغر في السَّنة اللاحقة (الشكل 55-13). وبشكل مُعاكس، الأفراد التي تُؤخر التَّكاثر ربما تنمو بصورة أسرع وأكبر، مُحسِّنة التَّكاثر المُستقبلي.

في إحدى التَّجارُب الرَّائعة، بدَّل الباحثون عدد البيوض في أعشاش طائر مُلتقِط الذُّباب المُطوق (الشكل 55-14). الطُّيور التي تمتلك حضنة بيض (عدد البيوض المُنتجة في فترة تكاثُر واحدة) تمَّ تقليلها، صرفت طاقة أقل في تربية صغارها، ولذلك كانت قادرةً على أن تضع بيوضًا أكثر في السنة التي بعدها، أما تلك التي أُعطيت بيوضًا أكثر، فعملت بجدّ أكثر، ومن ثم وضعت بيوضًا أقل في السنة التي بعدها. أشار علماء البيئة إلى تناقُص الجهد التَّكاثري المُستقبلي بسبب جهود التكاثر الحالية؛ فأسموه **تكلفة التَّكاثر Cost of reproduction**.

سيُفضِّل الانتخاب الطَّبيعي تاريخ الحياة الذي يزيد من نجاح فترة الحياة إلى الحد الأقصى. وعندما تكون تكلفة التَّكاثر قليلة، يجب أن يُنتج الأفراد أنسالًا كثيرة أقصى ما تستطيع؛ لأنَّ التَّكلفة قليلة. وقد تكون التَّكاليف قليلة عندما تتوافر المصادر، وقد تكون قليلةً نسبيًّا عندما تكون مُعدَّلات الفناء الكلية عالية. في الحالة الأخيرة، قد لا يستطيع الأفراد البقاء لفصل التَّكاثر المقبل على كل



الشكل 55-14

الأحداث التَّكاثرية خلال فترة الحياة. إضافة البيوض إلى الأعشاش الخاصة بطيور صائد الحشرات المُطوق (*Ficedula albicollis*)، والتي تزيد جهود التَّكاثر للأنثى التي تُربي الصِّغار، تقلل حجم الحضنة في السنة اللاحقة؛ وإزالة البيض من العشّ يزيد حجم الحضنة في السنة اللاحقة. هذه التجربة تُوضِّح التَّبادل بين جهد التَّكاثر الحالي والنَّجاح التَّكاثري المُستقبلي.

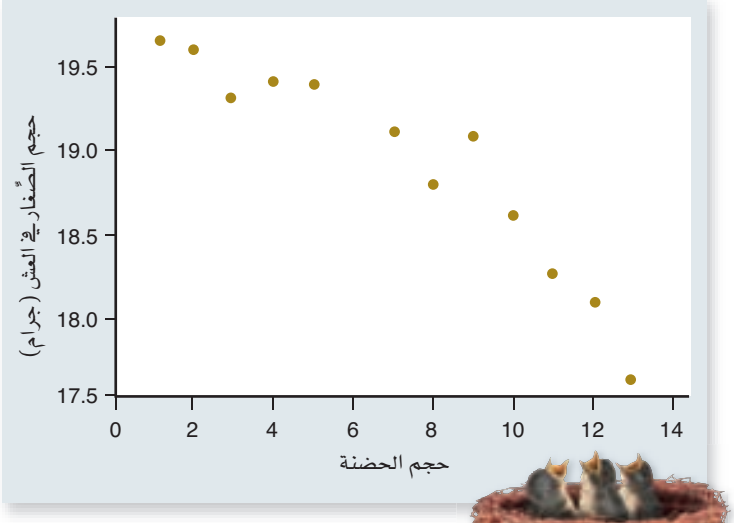
حال، لذلك فالتَّأثير المُتزايد لزيادة الجهود التَّكاثرية ربما يكون له تأثير بسيط في الباقين المُستقبليين.

وبشكل بديل، وعندما تكون تكاليف التَّكاثر عالية، ربما يرتفع النَّجاح التَّكاثري لفترة العمر إلى الحد الأقصى عن طريق تحويل التَّكاثر الحالي أو تقليله إلى الحد الأدنى لتحسين مُعدَّلات النُّمو والبقاء. قد تحصل مثل هذه الحالة عندما تُؤثِّر تكاليف التَّكاثُر بشكل واضح في قُدرة الفرد على البقاء، أو تُقلِّل عدد النَّسل الذي يُمكن أن يُنتجه في المُستقبل.

يهدف الاستثمار لكل فرد من النسل إلى زيادة التلاؤم إلى الحد الأقصى

على حسب الانتخاب الطبيعي، لا يكون عدد النَّسل المُنتَج بمثل أهمية كم هو عدد الأفراد الذين يعيشون ليتكاثروا من هذا النَّسل نفسه. وبافتراض أنَّ كمية الطَّاقة التي يتمُّ استثمارها في النَّسل محدودة، فمن اللازم وجود حالة اتزان بين عدد أفراد النَّسل النَّاتج وحجم كلّ فرد (الشكل 55-15). هذا التَّبادُل تمَّ توضيحه بشكل تجريبي في السحلية ذات البُقع الجانبية، التي تضع، في المُعدَّل بين أربع إلى خمس بيوض في المرَّة الواحدة. عندما أُزيلت بعض البيوض جراحيًّا مُبكرًا في الدَّورة التَّناسلية، أعطت الأنثى بيضة إلى ثلاث بيوض فقط، ولكنَّها زوَّدت كلّ بيضة بكميات أكبر من المُحّ، مُنتجةً بيوضًا، ومن ثمَّ صغارًا، أكبر بكثير من الطَّبيعي (الشكل 55-16). وبشكل بديل، عندما أزيل المُحّ من البيوض، أوضح العلماء أنه يُمكن إنتاج صغار أقلّ حجمًا.

في السحلية ذات البُقع الجانبية وأنواع أُخرى عدة، يُؤثِّر حجم النَّسل بشكل دقيق في إمكانيات بقائها- النَّسل الأكبر حجمًا يمتلك فرصة أكبر للبقاء. إن إنتاج



الشكل 55-15

العلاقة بين حجم كلّ من الحضنة النَّسل. في العصافير من النوع *Parus major*، يتناسب حجم الصِّغار في العش عكسيًّا مع عدد البيوض الموضوعة. كلما زاد عدد الأفواه التي تحتاج إلى غذاء، قلَّت قُدرة الآباء على تزويد أي منها.

استقصاء

هل يُفضِّل الانتخاب الطَّبيعي إنتاج صغار صغيرة الحجم كثيرة، أم قليلة كبيرة؟

الشكل 55-16

التَّنوع في حجم صغار السحالي ذات البُقع الجانبية (*Uta stansburiana*) عن طريق التلاعب التَّجريبي. في الحضنات التي أُزيلت منها بعض البيوض المُتطورة جراحيًّا، كانت الأنسال المُتبقية أكبر (في الوسط) من السحالي المُنتجة من حضنات ضابطة سُمِحَ لجميع أنسالها بالنُّمو (إلى اليمين). وفي تجارب أُزيل فيها بعض المُحّ من البيوض، فقست سحالي أصغر (إلى اليسار).

أنسال عدة بفُرص قليلة للبقاء ربما لا تكون أفضل إستراتيجية، لكن إنتاج نسل واحد، قوي فوق العادة أيضًا، لن يزيد عدد الأنسال الناجية إلى الحد الأقصى. ولكن، الحالة الوسط، التي ينتُج فيها أنسال عدَّة كبيرة بشكل مقبول، يجب أن تزيد عدد الأنسال النَّاجية.

تُمثِّل الأحداث التَّكاثرية لكل فترة عمرية مقايضة إضافية

إنَّ التبادُل بين العمر والخصوبة يؤدي دورًا أساسيًّا في كثير من تواريخ الحياة. تُركِّز النباتات الحوليّة ومُعظم الحشرات كلّ مصادرها التَّكاثرية على حدث كبير وحيد، ومن ثمَّ تموت. هذا التكيّف في تاريخ الحياة يُدعى **الإنجابية الأُحادية Semelparity**. المخلوقات التي تُنتج أنسالًا مرات عدَّة خلال فصول عدة تمتلك تاريخ حياة يُدعى **الإنجابية المُتكرِّرة Iteroparity**.

يجب أن تتجنب الأنواع التي تتكاثر سنويًّا تجميع نفسها بشكل زائد في أي حدث واحد تكاثري حتى تتمكن من البقاء والتَّكاثر في المُستقبل. الإنجابية الأُحادية، أو تكاثر "الضَّربة الكبيرة"، يوجد في العادة في الأنواع قصيرة العمر، التي تملك احتمالية قليلة للبقاء بين الحضنة والأُخرى، مثل النَّباتات التي تعيش في المُناخات الصعبة. تُفضَّل الإنجابية الأُحادية عندما تجلب الخصوبة تكلفة تكاثرية عالية، مثل سِباحة سمك السلمون الهادئ عكس تيار النهر إلى مناطق وضع البيوض. في هذه الأنواع، بدلًا من استثمار بعض المصادر في رهان غير مُتوقع للبقاء لفصل التَّكاثر المقبل، تضع الأفراد كلّ مصادرها في حدث تكاثري واحد.

العمر عند أول تكاثر يرتبط معَ فترة الحياة

من بين الثدييات وكثير من الحيوانات الأُخرى، تُؤجِّل الأنواع الأطول عمرًا تكاثُرها فترة أطول من الأنواع قصيرة العمر، بالنِّسبة إلى فترة الحياة المُتوقعة. تتمثل إيجابية تأخير التَّكاثر في أنَّ اليافعين يكتسبون خبرة قبل صرف تكاليف عالية للتَّكاثر. في الحيوانات طويلة العمر، تفوق هذه الميزة الإيجابية الطَّاقة التي تُستثمر في البقاء والنمو فضلًا على التَّكاثر.

في المقابل، في الحيوانات قصيرة العمر، الوقت مهم؛ لهذا، فإنَّ التَّكاثُر السريع أكثر أهمية من تدريب اليافع، ويميل التَّكاثر إلى الحدوث مُبكرًا.

تكيفات تاريخ الحياة تتضمَّن تبادُلًا بين تكلفة التَّكاثر والاستثمار في البقاء. الأنواع المُختلفة للحيوانات والنباتات تُوظِّف طُرُقًا مُختلفةً تمامًا.

5-55 نمو الجماعة والحدود البيئية

غالبًا، تبقى الجماعات عند حجم ثابت نسبيًّا، بغض النَّظر عن عدد الأنسال التي وُلدت. وكما رأيت في فصول سابقة من هذا الكتاب، استند داروين في نظريته عن الانتخاب الطبيعي بشكل جزئي إلى مثل هذا التَّناقض الظاهر. يحدث الانتخاب الطبيعي بسبب السيطرة على التَّكاثر، حيث تنتج بعض الأفراد أنسالًا ناجية أقل من أفراد آخرين. لفهم الجماعات، علينا أن نأخذ في الحسبان كيفية تكاثرها والعوامل التي تَحُدّ من نموّ الجماعة في الطبيعة.

ينطبق نموذج النمو الأُسي على الجماعات التي ليس لها حدود نموّ

يُعرَّف مُعدَّل زيادة الجماعة، ***r***، بأنَّه الفرق بين مُعدَّل الولادة ***b***، ومُعدَّل الفناء ***d***، مُصحَّحًا لحركة الأفراد داخل الجماعة أو خارجها (***e***، مُعدَّل الحركة إلى خارج المساحة؛ ***i***، مُعدَّل الحركة إلى داخل المساحة). وعلى هذا،

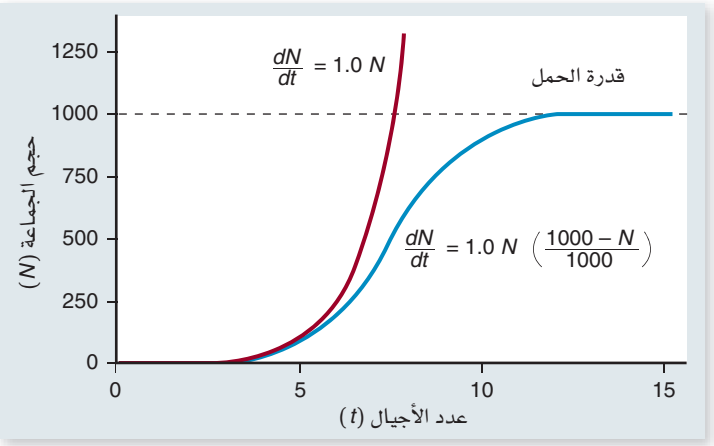
$$r = (b - d) + (i - e)$$

يُمكن أن يكون لحركة الأفراد تأثير رئيس في مُعدَّلات نمو الجماعة. وعلى سبيل المثال، فالزِّيادة في الجماعة البشرية في الولايات المُتحدة خلال العقود الأخيرة من القرن العشرين كانت بسبب الهجرة على الأغلب.

النموذج الأبسط لنمو الجماعة يفترض أنَّ الجماعة تنمو دون حدود على مُعدلها الأقصى، وأنَّ مُعدَّلات الهجرة إلى الجماعة ومنها مُتساوية أيضًا. هذا المُعدَّل، يُسمّى **الجهد الحيوي Biotic potential**، وهو المُعدَّل الذي ستزيد عنده جماعةٌ من نوع مُعيَّن عندما لا تكون هناك حدود موضوعة على مُعدَّل نُموها. رياضيًّا، يُحدد هذا بالمُعادلة الآتية:

$$\frac{dN}{dt} = r_i N$$

حيثُ N عدد الأفراد في الجماعة، و dN/dt مُعدَّل التَّغيُّر في أعدادها خلال الزمن، و r_i المُعدَّل الدَّاخلي للزِّيادة الطبيعية في الجماعة- أو المقدرة الذَّاتية للنُّمو.



الشكل 55-17

نموذجان لنمو الجماعة. يُظهر الخط الأحمر نموذج النمو الأسّيّ لجماعة لها $r=1.0$. ويوضِّح الخط الأزرق نموذج النمو اللوجستي في مجموعة لها $r=1.0$ و $K=1000$ فرد. في البداية، يتسارع النمو اللوجستي بشكل أسي؛ وعندما تُصبح المصادر محدودة، يزداد مُعدَّل الوفاة، ويتباطأ النمو. يتوقف النمو عندما يتساوى مُعدَّلا الوفاة والولادة. تعتمد في النهاية قدرة الحمل (K) على المصادر المُتوافرة في البيئة.

الجهد الحيوي لأي جماعة أُسيٌّ (الخط الأحمر في الشكل 55-17). وحتى عندما تكون الزيادة في المُعدَّل ثابتة، يتسارع عدد الأفراد الحقيقي بسرعة حالما ينمو حجم الجماعة. إن نتيجة النُّموّ الأُسّيّ دون رقابة هو انفجار الجماعة.

يضع زوج واحد من ذباب المنزل 120 بيضة في كل جيل، ويُمكنه وضع 5 تريليونات سلف في السَّنة. في عشر سنوات، ستُكوِّن أسلافهم سِربًا يُغطي سطح الكرة الأرضية بارتفاع 2م! عمليًّا، مثل هذا النمط من النموّ غير المُقيَّد يسود فترات قصيرة فقط، عادةً عندما يصل المخلوق بيئة جديدة بمصادر وفيرة. تشمل الأمثلة الطبيعية الهندباء البرية التي وصلت إلى الحقول والمروج في أمريكا الشمالية من أوروبا للمرة الأولى؛ وتستعمر الطحالب بركة حديثة الإنشاء؛ أو دخول قطط جزيرة فيها كثير من الطيور، ولكن ليس فيها مُفترسات سابقًا.

قُدرة الحمل

لا يهمّ كم تنمو الجماعات بسرعة، إذ إنَّها تصل في النِّهاية إلى حد يفرضه نقص في عوامل بيئية مهمة، مثل الحيِّز، والضَّوء، والماء، أو الغذاء. إنَّ الجماعة ربما تصل في النِّهاية إلى حالة اتزان عند حجم مُعين، يُدعى قُدرة الحمل للمكان المُعين حيث تعيش. يُرمز إلى قدرة الحمل **Carrying capacity**، بـ **K**، هو العدد الأقصى من الأفراد الذي تستطيع البيئة دعمه.

نموذج النُّمو المنطقي (اللوجستي) ينطبق على جماعات تقترب من قدرة الحمل الخاصة بها

عندما تقترب جماعة من قُدرة الحمل الخاص بها، فإنَّ مُعدَّل نُموها ينخفض بشدة؛ لأنَّ مصادر أقل تبقى لكل فرد جديد كي يستخدمها. يمكن مقاربة مُنحنى النُّموّ لمثل تلك الجماعة، التي يُقيِّدُها عامل أو أكثر في البيئة، بمعادلة النُّمو اللوجستي الآتية:

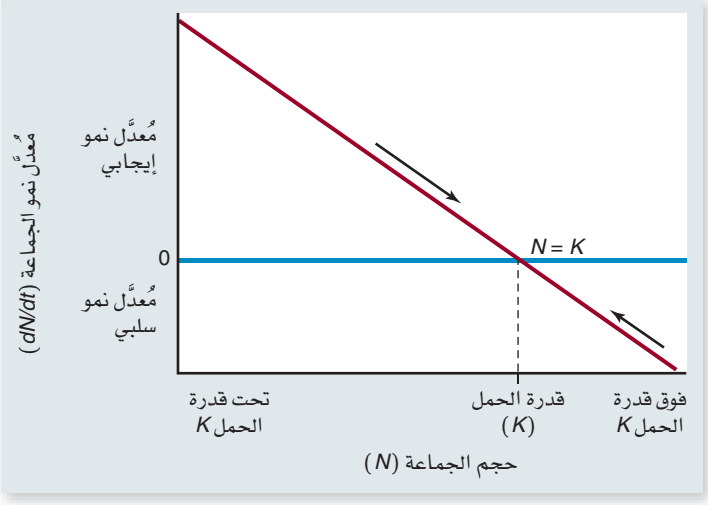
$$\frac{dN}{dt} = rN\left(\frac{K-N}{K}\right)$$

في هذا النُّموذج لنموّ الجماعة، مُعدَّل نموّ الجماعة (dN/dt) يُساوي المُعدَّل الدَّاخليّ لنموّها الطَّبيعي (r مضروبًا في N، عدد الأفراد الموجودين في أي وقت)، مُعدّلة لكمية المصادر المُتوافرة. يحدث التَّعديل بضرب rN في ذلك الكسر من K، قُدرة الحمل التي مازالت غير مُستخدمة $[(K-N)/K]$. كلما زادت N، يُصبح الكسر من المصادر الذي تُضرب فيه r أصغر فأصغر، ويتناقص مُعدَّل الزِّيادة في الجماعة.

باستخدام الرَّسم البياني، إذا رسمت العلاقة بين N و t (الزمن)، تحصل على **مُنحنى نموّ سيني Sigmoidal growth curve** مميز لكثير من الجماعات الحيوية. يُسمّى المُنحنى "السيني" لأنَّ له منحنى مزدوجًا مثل حرف S بالإنجليزية. عندما يستقر حجم الجماعة عند قُدرة الحمل، يتباطأ مُعدَّل نُموها، ليتوقف في النهاية (الخط الأزرق في الشَّكل 55-17).

حسابيًّا، حالما تؤول N إلى K، يبدأ مُعدَّل نموّ الجماعة (dN/dt) في التباطؤ، فيصل إلى قيمة صفر عندما $N=K$ (الشكل 55-18). وبالعكس، إذا تجاوز حجم الجماعة قُدرة الحمل، فسوف تُصبح $K-N$ سالبة، وستُواجه الجماعة مُعدَّل نُمو سلبيًّا. بعد ذلك عندما يتناقص حجم الجماعة في اتجاه قُدرة الحمل، يتناقص مقدار مُعدَّل هذا النُّمو السلبي حتى يصل إلى صفر عندما $N=K$.

لاحظ أنَّ الجماعة سوف تميل إلى التَّحرك نحو قُدرة الحمل بغض النَّظر عما إذا كانت في البداية فوقه أم تحته. لهذا السبب، يميل النُّمو اللوجستي إلى إعادة الجماعة إلى الحجم نفسه. في هذه الحالة، تُعدّ مثل تلك الجماعات في حالة اتزان؛ لأنَّ من المُتوقع أن توجد على قُدرة الحمل أو قريبًا منها في أغلب الأوقات.



الشكل 55-18

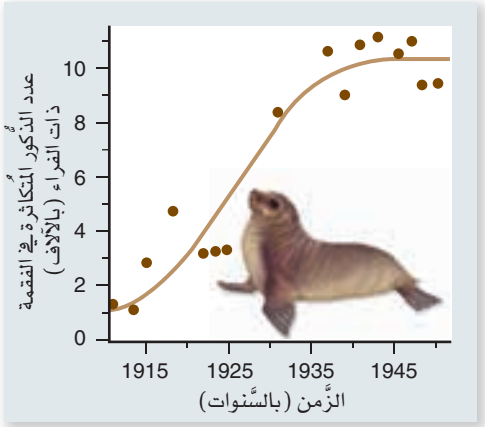
العلاقة بين مُعدَّل نمو الجماعة وحجمها. الجماعات البعيدة عن قُدرة الحمل (K) ستمتلك مُعدَّلات نمو عالية – موجبة. إن كانت الجماعة تحت قدرة الحمل K، وسلبية إن كانت فوق قدرة الحمل K. عندما تصل الجماعة إلى قدرة الحمل K، يصل مُعدَّل النمو إلى صفر.

استقصاء

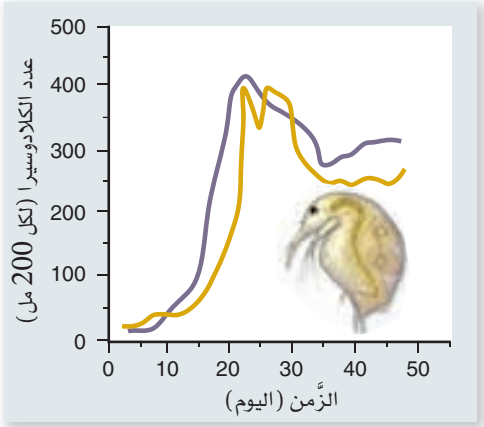
لماذا يلتقي مُعدَّل النمو عند الصفر؟

الشكل 55-19

يمتلك كثير من الجماعات نموًّا لوجستيًّا. أ. جماعة فقمة الفراء (*Callorbinus ursinus*) على جزيرة سانت بول، ألاسكا. ب. جماعتان مخبريتان من كلادوسيرا *Bosmina longirostris*. لاحظ أنَّ الجماعات في البداية تجاوزت قُدرة الحمل قبل تناقُصها إلى حجم تمَّ بعد ذلك الحفاظ عليه.



أ.



ب.

في الكثير من الحالات، تُظهر الجماعات الحقيقة نزعات تُطابق مُنحنى النُّمو اللوجستي. ليس هذا صحيحًا في المُختبر فقط، ولكن أيضًا في الجماعات الطبيعية (الشكل 55-19أ). في بعض الحالات، على كل حال، يكون التلاؤم غير تام (الشكل 55-19ب)، وكما سنرى بعد قليل، فإن كثيرًا من الجماعات تُظهر أنماطًا أُخرى.

الحجم الذي تستقر عنده جماعة في مكان مُحدَّد يُعرف بقُدرة الحمل لهذا المكان لذلك النَّوع. تنمو الجماعات غالبًا حتى قُدرة حمل بيئتها.

6-55 العوامل التي تُنظِّم الجماعات

ربما تُؤثِّر عوامل عدة في حجم الجماعة خلال الوقت. يعتمد بعض هذه العوامل على حجم الجماعة، ويُطلق عليها المُعتمدة على الكثافة. في حين تُؤثِّر عوامل أُخرى في الجماعة بغض النَّظر عن الحجم كالكوارث الطبيعية. وهذه العوامل تُدعى غير المُعتمدة على الكثافة. تمتلك بعض الجماعات تقلُّبات حلقية في الحجم ربما تنتُج عن تفاعلات مُعقَّدة للعوامل.

تحدث التَّأثيرات المُعتمدة على الكثافة عندما يتأثر كلٌّ من التَّكاثر والبقاء بحجم الجماعة

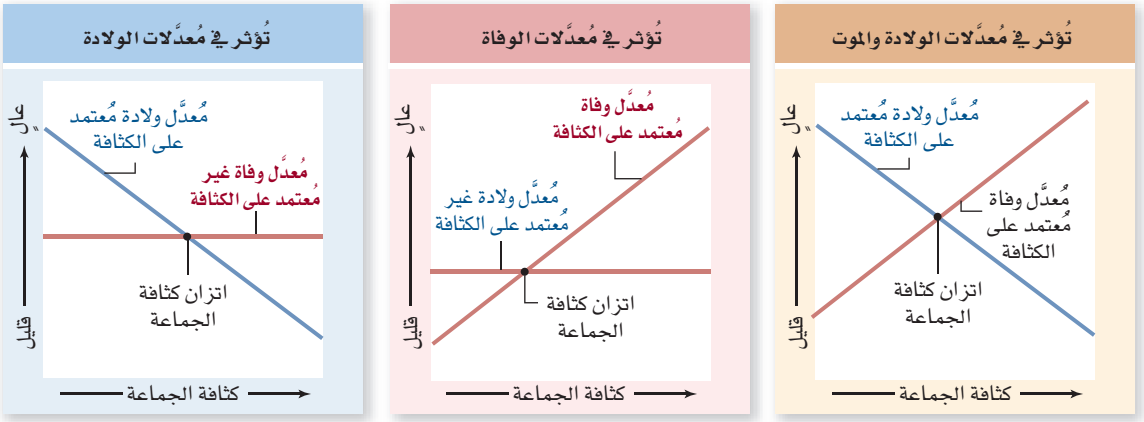
سبب تأثُّر مُعدَّلات نمو الجماعة بحجم الجماعة هو أنَّ كثيرًا من العمليات المُهمة تمتلك **تأثيرات مُعتمدة على الكثافة Density-dependent effects**. أي إنَّه، كلما زاد حجم الجماعة، فإنَّ مُعدَّلات التَّكاثر تتناقص، أو تزداد مُعدَّلات الفناء، أو كليهما، بظاهرة تُدعى التَّغذية الرَّاجعة السلبية *Negative feedback* (الشكل 55-20).

يُمكن تنظيم الجماعات بطرق عدّة مُختلفة. عندما تقترب الجماعات من قُدرة الحمل الخاصة بها، يُصبح التَّنافس على المصادر شديدًا، مُؤديًا إلى التَّناقُص في مُعدَّل الولادة وزيادة فُرَص الموت (الشكل 55-21). إضافة إلى هذا، تُركِّز المُفترسات غالبًا انتباهَها على أنواع فرائس شائعة ومُحدَّدة، ما يتسبَّب أيضًا في زيادة مُعدَّلات الفناء كلما ازدادت الجماعات. ويُمكن أن تؤدي كثافات الجماعة العالية إلى تراكُم الفضلات السّامة في البيئة.

ربما تُؤثِّر التَّغيُّرات السلوكية في مُعدَّلات نمو الجماعة. بعض أنواع القوارض، على سبيل المثال، تصبح عدوانية لا اجتماعية، تتقاتل أكثر، وتتكاثر أقل، وتتصرَّف بشكل عام تحت ضغط شديد. هذه التَّغيُّرات السُّلوكية سببها هرموني، ولكن سببها الأصلي غير واضح حتى الآن؛ وعلى الأغلب، فإنها تطورت بوصفها استجابات إلى ظُروف تكون فيها المصادر شحيحة. إضافة إلى ذلك، في الجماعات المُزدحمة، ربما يقل مُعدَّل نمو الجماعة بسبب زيادة مُعدَّل نزوح الأفراد في محاولة لإيجاد ظروف أحسن في أماكن أُخرى (الشكل 55-22).

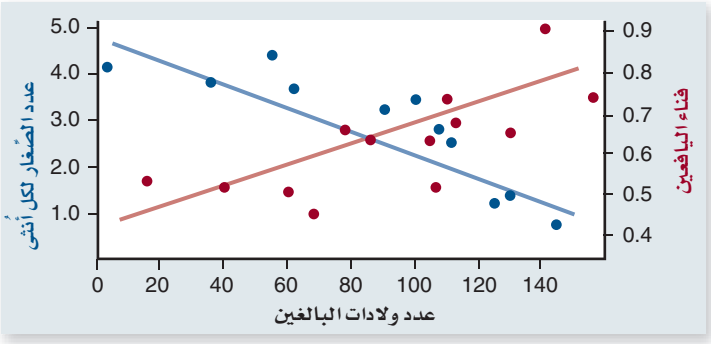
الشكل 55-20

الجماعة المُعتمدة على الكثافة. يُمكن للعوامل المُعتمدة على الكثافة أن تُؤثِّر في معدلات الولادة، أو الوفاة، أو كليهما.



استقصاء

لماذا يجب أن تكون مُعدَّلات الولادة مُعتمدة على الكثافة؟



الشكل 55-21

الاعتماد على الكثافة في العصفور الدّوري المُغرّد (*Melospiza melodia*) على جزيرة ماندارت. يتناقص نجاح التّكاثر، وتزداد مُعدّلات الفناء كلما زاد حجم الجماعة.

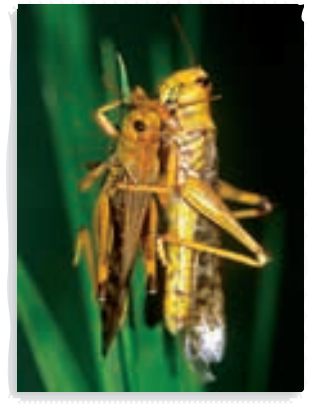
استقصاء

ماذا يُمكن أن يحدث إذا قام الباحثون بتقديم الغذاء المُتوافر للطُّيور؟

على كل حال، ليست كلّ العوامل المُعتمدة على الكثافة ترتبط سلبيًّا مع حجم الجماعة. في بعض الحالات، تزداد مُعدّلات النُّموّ مع حجم الجماعة. هذه الظاهرة تُعرف **بتأثير آلي Allee effect** (على اسم واردر آلي، الذي كان أول من وصفها)، وهي مثال على التغذية الرَّاجعة الإيجابية *Positive feedback*. يُمكن لتأثير آلي أن يأخذ أشكالًا عدّة . أكثرها وضوحًا، في الجماعات المُتوزِّعة بشكل مُتناثر، أن يجد الأفراد صعوبة في العثور على شركاء. زيادة على ذلك، ربما تعتمد بعض الأنواع على المجموعات الكبيرة لصدِّ المُفترسات، أو لتوفير التحفيز الضَّروري لأنشطة التّكاثر.

تشمل التَّأثيرات غير المُعتمدة على الكثافة الاضطرابات البيئية والكوارث

مُعدّلات النُّمو في الجماعات لا تتطابق أحيانًا مع معادلة النُّموّ اللوجستي. في كثير من الحالات، تُنتجُ مثل هذه الأنماط بسبب أن النُّموَّ يقع تحت سيطرة **تأثيرات غير مُعتمدة على الكثافة Density-independent effects**. بكلمات أُخرى، مُعدَّل نموّ جماعة في أيّ لحظة يُحدِّده عوامل ليس لها علاقة بحجم الجماعة.



الشكل 55-22

تأثيرات مُعتمدة على الكثافة. الجراد المُهاجر، *Locusta migratoria*، طاعون أُسطوري لمساحات واسعة من إفريقيا وآسيا وأوروبا. بكثافات سكانية عالية، يمتلك الجراد خصائص فيزيائية وهرمونية مُختلفة. ويطير على شكل أسراب.

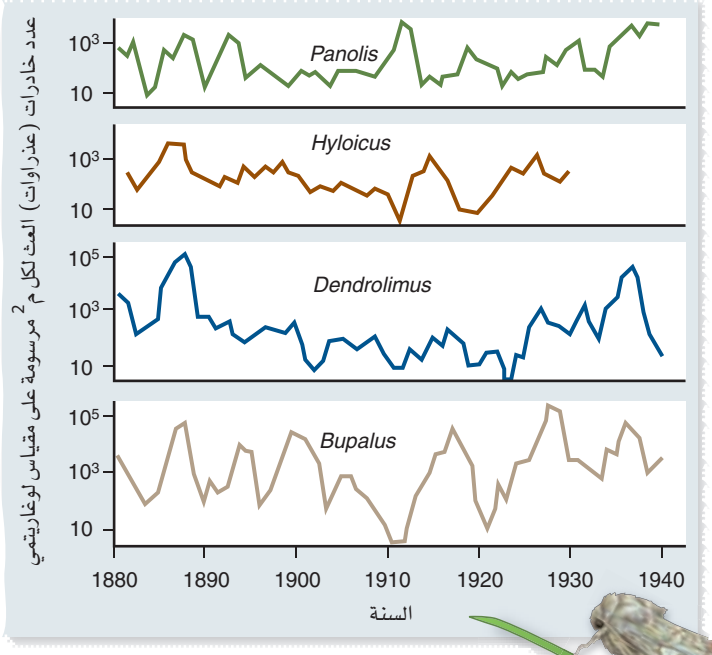
يُمكن أن تُؤثِّر عوامل عدَّة في الجماعة بطريقة لا تعتمد على الكثافة. مُعظم هذه العوامل نواحٍ في البيئة الخارجية، مثل فصول الشتاء شديدة البرودة، والجفاف، والعواصف، أو الانفجارات البُركانية. يتأثر الأفراد بهذه الأحداث بغض النَّظر عن حجم الجماعة.

ستُظهر الجماعات التي توجد في المساحات التي تقع فيها مثل هذه الأحداث غالبًا وبشكل مُتكرِّر، أنماطَ نموٍّ شاذة تنمو فيها الجماعات بشكل مُفاجئ عندما تكون الظُّروف مُعتدلة، ولكنها تُظهر انخفاضًا كبيرًا عندما تُصبح البيئة عدائية (الشكل 55-23). لا ضرورة للقول: إنَّ مثل هذه الجماعات لا تُظهر مُنحنيات النموّ الأُسّيّة الخاصة بالمُعادلة اللوجستية.

دورات الجماعة ربما تعكس تفاعلات مُعقَّدة

في بعض الجماعات، تؤدي التَّأثيرات المُعتمدة على الكثافة إلى اتزان في حجم الجماعة، وكذلك إلى أنماط حلقية من التَّزايد والتَّناقُص. على سبيل المثال، درس علماء البيئة الدورات في جماعات الأرانب منذ 1820. وقد وجدوا أن أرنب حذاء الثلج في أمريكا الشمالية (*Lepus americanus*) يتبع "دورة 10 سنوات" (في الحقيقة، تختلف بين 8 إلى 11 سنة). تتناقص أعداد الأرانب 10 أضعاف إلى 30 ضعفًا في الدورة النّموذجية، ويُمكن حدوث تغيُّرات تصل إلى 100 ضعف (الشكل 55-24). يولِّدُ الدورةَ عاملان اثنان على ما يبدو: نباتات الغذاء والمُفترسات.

نباتات الغذاء Food plants. الأغذية المُفضَّلة لأرانب حذاء الثَّلج هي أغصان الصفصاف والبتولا. عندما تزداد كثافة الأرانب، تتناقص كمية



الشكل 55-23

التَّذبذب بعدد الخادرات لأربعة أنواع من العثّ في ألمانيا. تذبذبات الجماعة يقترح أنَّ العوامل غير المُعتمدة على الكثافة تُنظِّم حجم الجماعة. يقترح التزامن في الميل عبر الزَّمن أنَّ العوامل نفسها تُنظِّم حجم الجماعة للأنواع الأربعة كلّها.

هذه الأغصان، مُجبرة الأرانب على التَّغذي على الغذاء عالي الألياف (رديء النَّوعية). يتبع ذلك مُعدَّلات ولادة أقل، وبقائية قليلة لليافعين، ومُعدَّلات نموّ قليلة. وتُمضي الأرانب أيضًا وقتًا أطول في البحث عن الغذاء، في عملية زادت من تعرّضها للافتراس. كانت النَّتيجة تناقُصًا تراكميًّا في وجود أغصان الصفصاف والبتولا، يُرافقه تناقُص لوجود الأرانب. ويستغرق نضج الأغصان مرة أخرى من سنتين إلى ثلاث سنوات.

المُفترسات Predators. الوشق الكندي هو المُفترِس الرئيس لأرنب حذاء الثلج. يُظهر الوشق الكندي دورة "10 سنوات" من الوجود التي على ما يبدو تتبع دورة توافر الأرانب (انظر الشكل 55-24). كلما زادت أعداد الأرانب، زادت أعداد الوشق استجابة لزيادة غذائه. وعندما تتناقص أعداد الأرانب، تتناقص أعداد الوشق، لتناقُص مصدر الغذاء الخاص بها.

ما العامل المسؤول عن تذبذُب المُفترس- الفريسة؟ هل أدَّت زيادة أعداد الأرانب إلى الاستهلاك الزَّائد للنَّباتات (دورة أرنب- نبات)، أم هل أدَّت زيادة أعداد الوشق إلى الاستهلاك الزَّائد للأرانب (دورة الأرنب- الوشق)؟ قدمت تجاربُ حقلية قام بها ك. كريس ومساعدوه عام 1992 الإجابة.

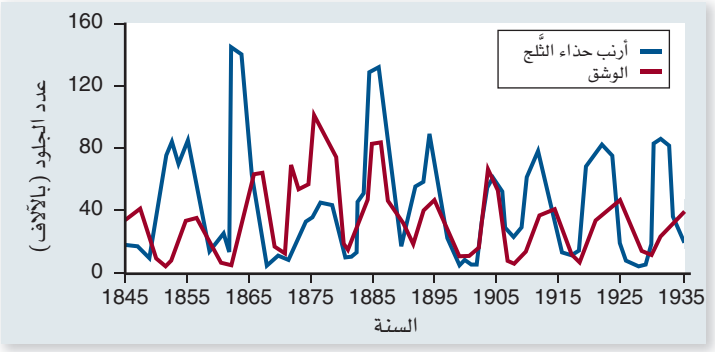
في يوكن بكندا، قام كريس بإقامة أراضٍ تجريبية تحتوي على جماعات أرانب. إذا أُضيف الغذاء (لا تأثير لنقص الغذاء) وتمَّ استثناء المُفترسات (لا تأثير للمُفترسات) في مساحة التَّجربة، زادت أعداد الأرانب 10 أضعاف، وأقامت هناك – أي فُقدت الدورة. على كل حال، تُستعاد الدورة إذا سُمِح لأحد العَامِلَيْن ليعمل وحده: استثنيت المُفترسات، ولكن لا يضاف الغذاء (تأثير نقص الغذاء فقط)، أو يضاف الغذاء بوجود المُفترسات (تأثير المُفترس وحده). وهكذا، كلا العاملين يُمكنهما أن يؤثرا في الدورة، وينشأ ذلك عمليًّا بالتَّداخل بين العاملين.

تُعدّ دورات الجماعة نادرة الحدوث، ومع ذلك، وجدت مُراجعة حديثة لنحو 700 دراسة طويلة الأمد (25 عامًا أو أكثر) للتَّوجهات داخل الجماعات أنَّ الدورات ليست نادرة؛ تقريبًا 30% من الدِّراسات – تتضمَّن الطُّيور، والثدييات، والأسماك، والقشريات- قدمت أدلة لبعض النَّمط الحلقي في حجم الجماعة خلال الزَّمن،على الرغم من أنَّ مُعظم هذه الدورات ليست قريبة من الاتساع اللافت للنظر لدورات أرنب حذاء الثلج والوشق. في بعض الحالات كما هو الحال في دورة الأرنب والوشق، عوامل مُعتمدة على الكثافة قد تكون مُشتركة، وفي حالات أُخرى، هناك عوامل لا تعتمد على الكثافة، مثل أنماط مُناخية حلقية، قد تكون مسؤولة.

توافر المصادر يُؤثِّر في تكيفات تاريخ الحياة

كما رأيت سابقًا، تُحافظ بعض الأنواع على أحجام جماعات مُستقرة قرب قُدرة الحمل، في حين تتذبذب أحجام جماعات بعض أنواع أخرى بشكل واضح، وغالبًا بعيدًا تحت قُدرة الحمل. تختلف العوامل الاختيارية التي تُؤثِّر في مثل هذه الأنواع بشكل واضح. فربما تُواجه الجماعات القريبة من قُدرة الحمل مُنافسة عنيفة على مصادر محدودة؛ وعلى العكس، تمتلك الجماعات الواقعة بعيدًا تحت قُدرة الحمل الحُرِّية للوصول إلى مصادر مُتوافرة.

لقد ذكرنا سابقًا عواقب مثل هذه الاختلافات؛ عندما تكون المصادر محدودة، تُصبح تكلفة التَّكاثر عالية جدًا. وبسبب هذا، سيُفضِّل الانتخاب أفرادًا يُمكنها أن تُنافس بفعالية، وتستهلك المصادر بكفاءة. مثل هذه التكيفات تأتي غالبًا على حساب تخفيض مُعدَّلات التَّكاثر. يُطلق على مثل هذه الجماعات المُنتخبة بقدرة الحمل K (K-selected) لأنها تكيفت لكي تزدهر، عندما تكون الجماعة بالقُرب من قُدرة الحمل (K) الخاص بها. ويُبيِّن (الجدول 55-3) بعض الخصائص النّموذجية للجماعات المُنتخبة بقدرة الحمل K. تشمل الأمثلة على الأنواع المُنتخبة K أشجار جوز الهند، وطيور الكركي، والحيتان، والإنسان.



الشكل 55-24

دورات الجماعة المُرتبطة لأرنب حذاء الثلج (*Lepus americanus*) والوشق الشمالي (*Lynx canadensis*). تعتمد هذه البيانات على سجلات من عائدات الفراء للصيادين في منطقة خليج هدسون في كندا. تتبع جماعة الوشق بحذر جماعة أرنب حذاء الثلج، ولكن تتأخر وراءها بشكل بسيط.

استقصاء

افترض أن أحد الباحثين قد جعل أعداد جماعة أرنب حذاء الثلج عالية وبشكلٍ ثابت؛ ماذا سيحدث لجماعة الوشق؟ وعلى العكس من ذلك، ماذا سيحدث لجماعة الأرنب إذا زاد الباحث أعداد جماعة الوشق؟

وعلى العكس، في الجماعات الواقعة بعيدًا تحت قُدرة الحمل، تكون المصادر مُتوافرة، وستكون تكاليف التَّكاثر قليلة، وسيُفضِّل الانتخاب تلك الأفراد التي تستطيع إنتاج أقصى عدد من الأنسال. يُفضِّل الانتخاب هنا الأفراد ذات مُعدَّلات التَّكاثر الأعلى؛ مثل هذه الجماعات تُدعى المُنتخبة بمعدل الزيادة r (**r-selected**). من الأمثلة على مخلوقات تُظهر تكيفات تاريخ حياة مُنتخبة بمعدل الزيادة r الهندباء البَّرية، والمنّ، والفئران، والصراصير.

الجدول 55-3

التَّكيُّف	تكيُّفات تاريخ الحياة المُنتخبة بمعدل الزيادة -r والمُنتخبة بقدرة الحمل -k	
	جماعات مُنتخبة بمعدل الزيادة -r	جماعات مُنتخبة بقدرة الحمل -k
العمر عند أول تكاثر	مُبكر	مُتأخر
فترة الحياة	قصيرة	طويلة
فترة النُّضوج	قصيرة	طويلة
مُعدَّل الفناء	غالبًا عالٍ	عادةً مُنخفض
عدد الأنسال المُنتجة في كل فترة تكاثر	كثير	قليل
عدد التَّكاثرات خلال فترة الحياة	قليل	كثير
اعتناء الأبوين	لا يوجد	مُكثَّف غالبًا
حجم الأنسال أو البيوض	صغير	كبير

تُظهر مُعظم الجماعات الطبيعية تكيفات تاريخ حياة توجد على استمرارية تتراوح من صفات مُنتخبة بمعدل الزيادة -r بشكل كامل إلى صفات مُنتخبة بقدرة الحمل -K بشكل كامل. على الرَّغم من أنَّ هذه الاتجاهات صحيحة بوصفها تعميمات، فإن هناك القليل من الجماعات المُنتخبة بمعدل التكاثر -r بشكل نقي أو المُنتخبة بقدرة الحمل -K بشكل نقي، وتُظهر كلّ الصفات المُدرجة في (الجدول 55-3). هذه الخصائص يجب اعتبارها كتعميمات، مع العلم أنَّ هناك حالات استثنائية عدة موجودة.

التَّأثيرات المُعتمدة على الكثافة تنتُج من عوامل تعمل بشكل مُحدَّد عندما يكون حجم الجماعة أكبر؛ تنتُج التَّأثيرات غير المُعتمدة على الكثافة من عوامل تعمل بغض النَّظر عن حجم الجماعة. بعض تكيفات تاريخ الحياة لبعض الجماعات تُفضّل النُّمو قرب-أُسي؛ في حين يفضل غيرها النُّمو اللوجستي الأكثر تنافسًا. مُعظم الجماعات الطبيعية تمتلك خليطًا بين هذين النوعين من النموّ.

7-55 نمو الجماعة البشرية

يمتلك البشر كثيرًا من صفات تاريخ الحياة المُنتخبة بقدرة الحمل -K، مثل حجم حضنةٍ صغير، وتكاثر مُتأخر، ودرجة عالية من الرِّعاية الأبوية. نشأت صفات تاريخ الحياة هذه خلال التاريخ المُبكر للإنسان، عندما تحكَّمت المصادر المحدودة من الطَّبيعة في حجم الجماعة. خلال مُعظم تاريخ البشرية، تحكَّم في جماعتنا توافُر الغذاء، والأمراض والمُفترسات. وعلى الرَّغم من أنَّ اضطرابات غير عادية، مثل الطوفان، والطاعون، والجفاف أثرت من دون شك في نمط نمو الجماعة البشرية، فإن الحجم الإجمالي للجماعة البشرية نما ببطء خلال تاريخنا المُبكر.

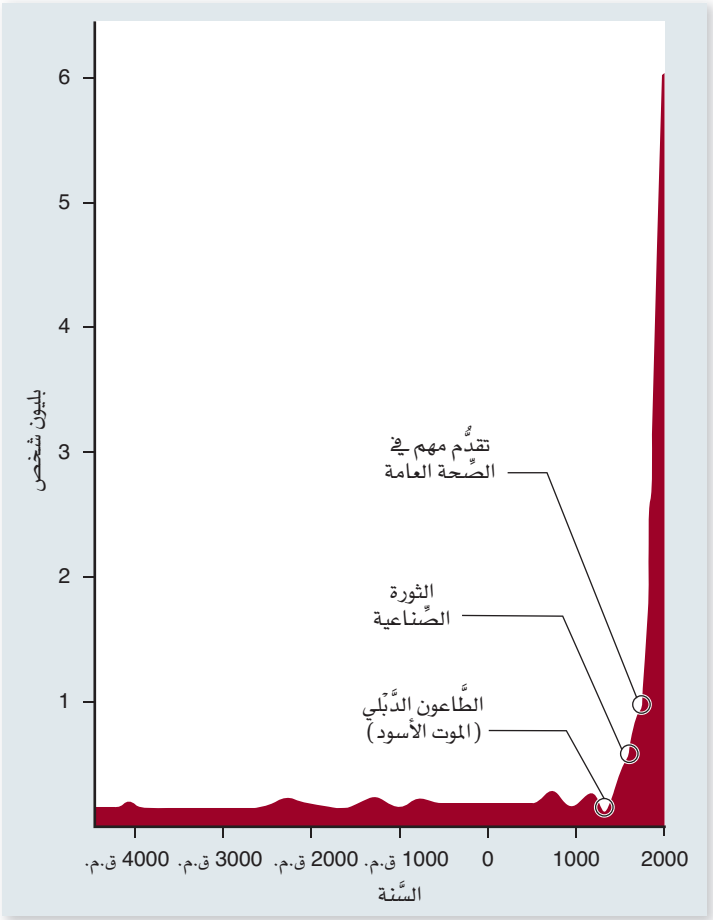
قبل 2000 عام مضت، سكن الأرض- ربما- 130 مليون شخص. واستغرق الأمر 1000 عام لكي يتضاعف هذا الرَّقم، وعام 1650 تضاعف هذا الرَّقم مرة أُخرى ليُصبح 500 مليون تقريبًا. بكلمات أُخرى، لأكثر من 16 قرنًا، اتَّسمت الجماعة البشرية بالنمو البطيء جدًا. في هذه النَّاحية، شابهت الجماعات البشرية أنواعًا أُخرى كثيرة بسيادة تكيفات تاريخ الحياة المُنتخبة بقدرة الحمل -K.

نمت الجماعات البشرية بشكل أُسيّ

مُبكِّرًا، ومَعَ بداية عام 1700، أعطت التَّغيُّرات في التكنولوجيا البشر تحكُّمًا أكبر في مصدر غذائهم، ومكَّنتهم من تطوير أسلحة مُتقدمة لتفادي المُفترسات، وأدَّت إلى تطور في علاجات الكثير من الأمراض. في الوقت نفسه، جعلت تحسينات في قدرات السكن والخزن الإنسان أقل عُرضة للتَّغيُّرات المُناخية. سمحت هذه التَّغييرات للبشر بتوسيع قُدرة الحمل للبيئات التي عاشوا فيها لتهرب من حدود النُّمو اللوجستي، وتدخل مرة أُخرى الطور الأُسّيّ لمُنحنى النُّموّ السيني.

نتيجةً للنقص في العوائق البيئية، نمت الجماعة البشرية بشكل مُنفجر خلال 300 عام الأخيرة. وعلى الرَّغم من أنَّ مُعدَّل الولادة بقي ثابتًا لم يتغير عن 30 لكل 1000 سنة خلال هذه الفترة تقريبًا، فقد هبط مُعدَّل الموت بشكل لافت للنظر، من 20 لكل 1000 لكل سنة إلى المستوى الحالي عند 13 لكل 1000 لكل سنة. بيَّن الفرق بين معدّلي الولادة والوفاة أنَّ الجماعة نمت بنحو 2% لكل سنة، على الرغم من أنَّ المُعدَّل تناقص الآن إلى 1.2% لكل سنة.

ربما لا يبدو 1.2% مُعدَّل نمّو كبيرًا، لكنه أنتج الجماعة البشرية الحالية ذات الـ 6.5 بليون شخص (الشكل 55-25). عند مُعدَّل النُّمو هذا، سوف يُضاف 78 مليون شخص إلى عدد البشر في العالَم في السنة المقبلة، وستتضاعف جماعة البشر خلال 58 سنة. إنّ مستوى جماعة البشر الحالي، ومُعدَّل النُّمو المُتخيَّل كليهما له عواقب مُميتة مُتوقعة على مُستقبلنا.



الشكل 55-25

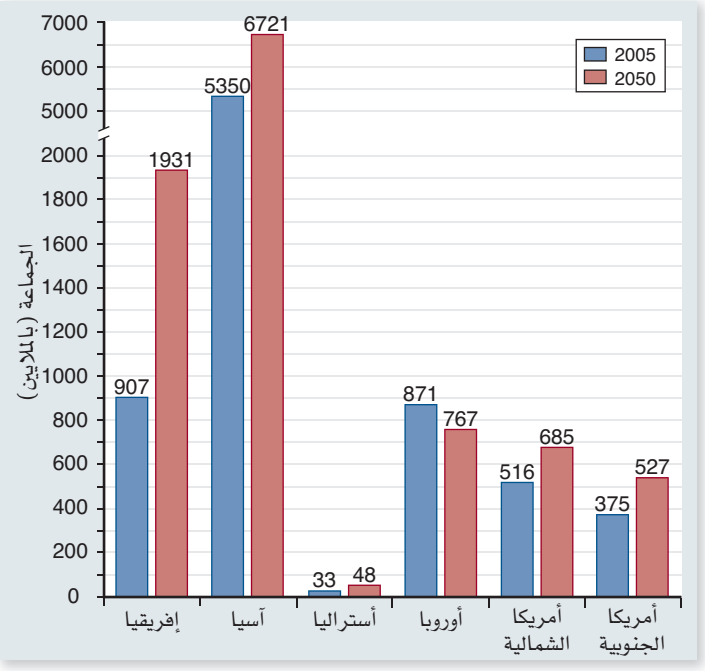
تاريخ حجم الجماعة البشرية. للزيادات المُؤقتة في مُعدَّلات الوفاة، حتى الحالات الشَّديدة مثل التي حدثت خلال الموت الأسود سنة 1300، تأثير قصير المُدَّة. بدأ النمو الانفجاري بالثَّورة الصناعية سنة 1800، التي أنتجت انخفاضًا مهمًّا، وطويل المدى لمُعدَّل الوفاة. عدد سكان العالم 6.5 بليون، وفي المُعدَّل الحالي، سوف يتضاعف خلال 58 سنة.

استقصاء

استنادًا إلى ما تعلمته عن نموّ الجماعة، ماذا تتوقع أن يحدث لحجم السكان البشري؟

تُظهر أهرام الجماعة نزعات الولادة والوفاة

على الرَّغم من أنَّ جماعة الإنسان بشكل عام تستمر في النُّمو بسرعة منذ بداية القرن الواحد والعشرين، فإن هذا النُّمو لا يحدث بشكل مُتماثل على سطح الكوكب. في الحقيقة، يحدث مُعظم نموّ الجماعة في إفريقيا، وآسيا، وأمريكا اللاتينية (الشكل 55-26). وعلى العكس، تتناقص الجماعات حقيقة في بعض دولِ أوروبا.



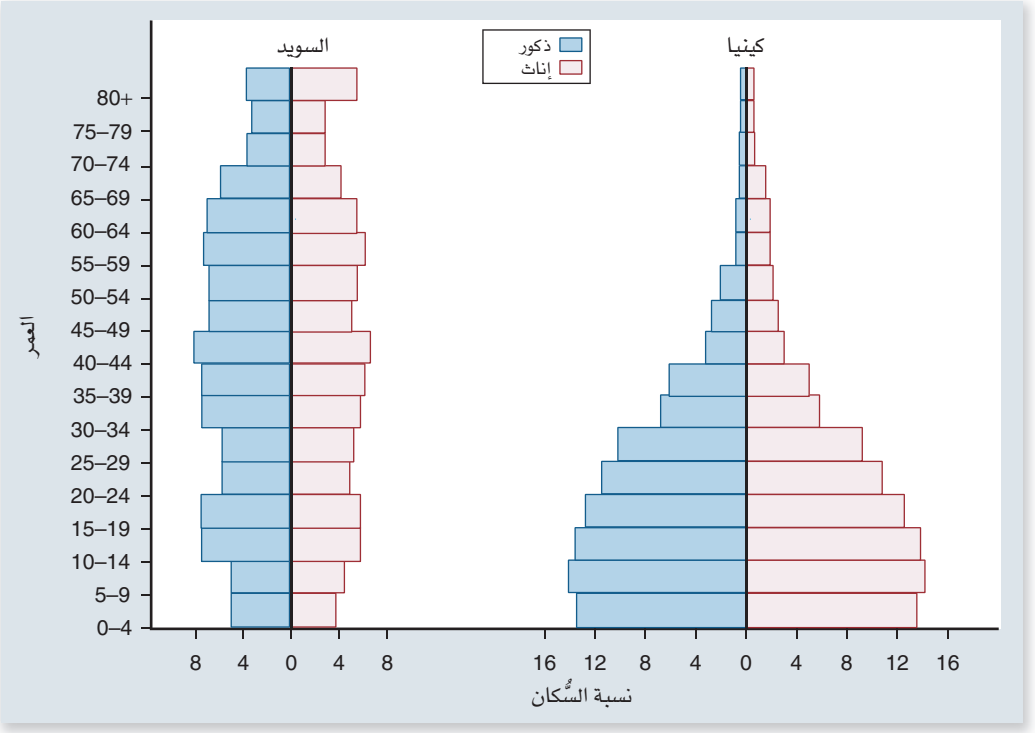
الشكل 55-26

نمو السُّكان المُتوقع عام 2050. يُتوقع أن تنمو الدُّول المُتطورة بشكل قليل؛ وستحصل الزيادة السُّكانية جميعها في الدُّول الأقل تطورًا تقريبًا.

مُعدَّل النُّمو الذي يُتوقع أن تنمو به الجماعة في المُستقبل يُمكن أن يُقيّم بيانيًّا عن طريق **هرم الجماعة Population pyramid**، وهو رسم بياني على شكل أعمدة يُظهر أعداد البشر في كلّ مجموعة عمرية (الشكل 55-27). تظهر الذُّكور بشكل تقليدي على يسار محور العمر العمودي، والإناث على اليمين. يُظهر هرم الجماعة البشرية هذا التَّركيب العمري للجماعة مع الجنس. في مُعظم أهرام الجماعة البشرية، يكون عدد الإناث الكبيرات في العمر كبيرًا بشكل غير مُتناسب مقارنةً مع عدد الذُّكور كبيري العمر؛ لأن الإناث في الكثير من المناطق تمتلك توقُّع حياة أطول من الذُّكور.

بالنظر إلى مثل ذلك الهرم، يُمكننا أن نتنبأ بالنَّزعات الديموغرافية في الولادات والوفيات. بشكل عام، الهرم المُستطيل هو ميزة الدُّول التي تكون جماعاتها مُستقرة، فلا هي تنمو ولا تنكمش. أما الهرم المثلث فهو ميزة الدَّولة التي ستمتلك نموًّا سريعًا في المُستقبل؛ لأنَّ مُعظم أفراد جماعتها لم تصل سنوات الإنجاب بعد. في حين المثلثات المقلوبة ميزة الجماعات التي تنكمش عادةً بسبب التَّناقُص الحاد لمُعدَّلات الولادة.

يوضح (الشكل 55-27) أمثلة لأهرام سكان السويد وكينيا عام 2005. تمتلك الدَّولتان توزيعين عمريين مختلفين جدًا. هرم الجماعة المُستطيل تقريبًا للسويد، يُشير إلى أنَّ جماعتها لا تتمدَّد؛ لأنَّ مُعدَّلات الولادة تتناقص؛ ولأنَّ مُعدَّل فترة الحياة يتزايد. أما الهرم المُثلث جدًا في كينيا، على العكس، فينشأ عن مُعدَّلات ولادة عالية نسبيًّا ومُعدَّل فترة حياة أقصر، ما يُمكن أن يؤدي إلى نمو مُستقبلي انفجاري. الفرق أكثر وضوحًا عندما نعرف أنَّ 17% من مجموع السويديين هم أقل من عمر 15 سنة، مُقابل نحو نصف مجموع الكينيين. وأكثر من ذلك، فمُعدَّل الخصوبة (نسل لكلّ امرأة) في السويد 1.6؛ ولكنه في كينيا 4.4. بسبب هذا، قد يتضاعف سكان كينيا في أقل من 35 سنة، في حين سيبقى السويديون في حالة ثبات.



الشكل 55-27

أهرام الجماعة من عام 2005. أهرام الجماعة مرسومة بحسب التَّوزيع العُمري للسُّكان. هرم كينيا له قاعدة عريضة بسبب العدد الكبير للأفراد دون سن الإنجاب. عندما يبدأ الأفراد في الإنجاب ستُعاني الجماعة نموًّا سريعًا. الهرم السويدي يمتلك انتفاخًا قليلًا بين السويديين مُتوسطي الأعمار، نتيجة "ازدهار الأطفال" الذي حصل في مُنتصف القرن العشرين، وبسبب كثير من الأفراد ممن هم بعد سن الإنجاب النَّاتج عن مُعدَّل فترة الحياة الطَّويل للسويديين.

استقصاء

ماذا سيكون شكل التَّوزيع السُّكاني خلال 20 عامًا؟

الجدول 55-4	مُقارنة بيانات السكان عام 2005 للدُّول النَّامية والدُّول المُتطورة		
	الولايات المُتحدة (دول عالية التَّطور)	البرازيل (دول مُتوسطة التَّطور)	أثيوبيا (دول ضعيفة التَّطور)
مُعدَّل الخصوبة	2.1	1.9	5.3
زمن التَّضاعف على المُعدَّل الحالي (بالسَّنوات)	75	65	29
مُعدَّل وفيات الأطفال (لكل 1000 ولادة)	6.5	30	95
توقُّعات الحياة منذ الولادة (بالسَّنوات)	78	72	49
الدَّخل السَّنوي GNP (بالدُّولار الأمريكي)	40.100	8100	800
السُّكان < 15 عامًا في العمر (%)	21	26	44

نمو البشرية المُستقبلي مشكوك فيه

يُشكِّل النُّمو المُتسارع لسكان الأرض من البشر التَّحدي الأعظم لمُستقبل **الغلاف الحيوي Biosphere**، أو المُجتمع العالمي لتفاعل المخلوقات الحية. تُضيف البشرية 78 مليون شخص كلّ سنة إلى أعدادها – أكثر من مليون كل 5 أيام، 150 كلّ دقيقة! في الدُّول الأسرع نموًّا، تكون زيادة السكان الناتجة مُذهلة (الجدول 55-4). الهند، على سبيل المثال، كان عدد سكانها 1.05 بليون سنة 2002؛ ومن المُحتمل أن يتجاوز عدد سكانها 1.6 بليون، بحلول سنة 2050.

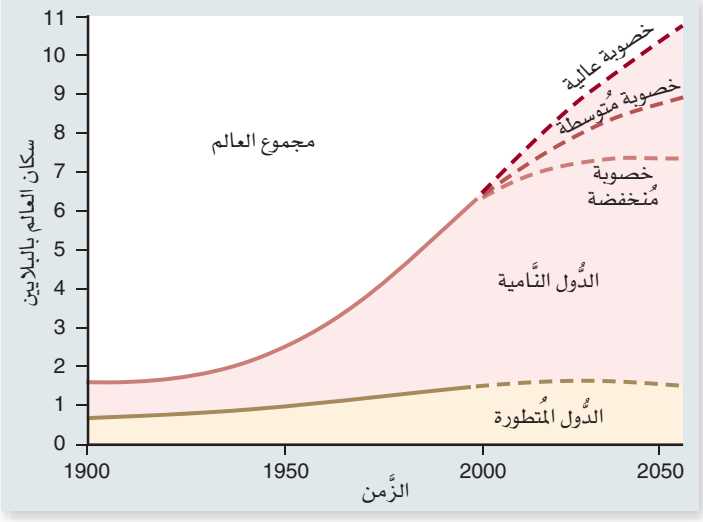
العنصر المُهم في نمو السكان العالمي هو توزيعه غير المُتماثل بين الدول. من بين البليون شخص الذين أُضيفوا إلى سكان العالم في 1990، 90% يعيشون في الدُّول النَّامية (الشكل 55-28). وهكذا، فإنَّ الجزء من سكان العالم الذي يعيش في الدُّول الصناعية يتضاءل. عام 1950، عاش ثُلث سكان العالم في الدُّول الصناعية؛ أما بحلول عام 1996، فقد هبط هذا الجزء إلى الرُّبع؛ وعام 2020، سوف يهبط إلى السُّدس. وفي المُستقبل، سيتركز نموّ سكان العالم في أجزاء من العالم، وهي الأقل تأهلًا للتَّعامل مع ضغوط النُّمو السريع.

أدى نمو السكان السريع في الدُّول النَّامية إلى عواقب وخيمة، كزيادة الفجوة بين الأغنياء والفقراء. اليوم، 19% من سكان العالم الذين يعيشون في العالم الصناعي يمتلك الفرد الواحد دخلًا سنويًّا مقداره 22.060 دولارًا أمريكيًّا، في حين يعيش 81% من سكان العالم في الدُّول النَّامية، ويمتلك الفرد الواحد دخلًا سنويًّا مقداره 3.580 دولارات أمريكية. زيادة على هذا، ومن بين سكان الدُّول النَّامية، يحصل ربع السُّكان تقريبًا على دولار أمريكي واحد في اليوم. ويستهلك العالم الصناعي 80% من الطَّاقة المُستعملة هذه الأيام، أما الدُّول النَّامية فتستعمل 20% فقط.

لا أحد يعلم ما إذا كان يُمكن للعالَم أن يسد حاجات سكان الأرض اليوم وعددهم 6.5 بلايين شخص، أو الأعداد الأكثر المُتوقعة مُستقبلًا. ويُبيِّن (الفصل الـ 58)، النِّظام البيئي للأرض الآن تحت ضغط هائل. ولا نتوقع بالعقل أن تتمدَّد قُدرة الحمل الخاصة به بشكل لا نهائي، ونحن الآن على ما يبدو نوسِّع حدوده.

على الرَّغم من استعمال ما يقدر بـ 45% من المجموع الكلي للإنتاجية الحيوية للكُتل البرية للأرض، وأكثر من نصف مجموع المصادر المُتجددة للماء العذب، يُعاني بين ربع وثُمن مجموع البشر في العالم سوء التَّغذية. فضلًا على ذلك، وكما ذكر كتاب العالِم توماس مالثوس عام 1798، (مقال في مبادئ الجماعة)، فإن مُعدَّلات الفناء بدأت ترتفع في بعض الأماكن. في مناطق شبه الصحراء الإفريقية، على سبيل المثال، يُتوقع أن يتراجع السكان من 1.33 بليون إلى 1.05 بليون (21%) بسبب تأثير الإيدز. وهناك تراجعات مُتشابهة مُتوقعة في روسيا بسبب مُعدَّل الوفيات المُرتفع بسبب المرض.

إن أردنا تجنُّب الزِّيادات الكارثية في مُعدَّل الوفاة، يجب أن تهبط مُعدَّلات الولادة بشكل لافتٍ. وفي مواجهة هذا التُّنائي الشرس، تُبذل جهود مُهمة على مستوى العالم لتخفيض مُعدَّلات الولادة.



الشكل 55-28

توزيع النمو السُّكاني. مُعظم الزِّيادة العالمية في السُّكان حدثت في الدول النامية منذ عام 1950. التَّراكيب العُمرية للدُّول النَّامية تُشير إلى أنَّ هذا التَّوجُّه سوف يزداد في المُستقبل القريب. ومن المُحتمل أن يُصبح سكان العالم في 2050 بين 7.3 و 10.7 بلايين، بحسب دراسة حديثة للأمم المُتحدّة. وبالاعتماد على مُعدَّلات الخصوبة، فإن السُّكان في ذلك الوقت، إما سيتزايدون بشكل سريع أو قليل، أو في أحسن الأحوال سيتناقصون قليلًا.

تناقُص مُعدَّل نمو الجماعة

إنَّ معدل نمو سكان العالم يتناقص، من أكثر من 2.0% في الفترة بين 1965-1970 إلى 1.2% عام 2005. مع ذلك، بسبب حجم السُّكان الكبير، هذا يُساوي زيادة بـ 78 مليون شخص كلّ سنة على سكان العالم، مُقارنةً بـ 53 مليونًا كلّ سنة عام 1960.

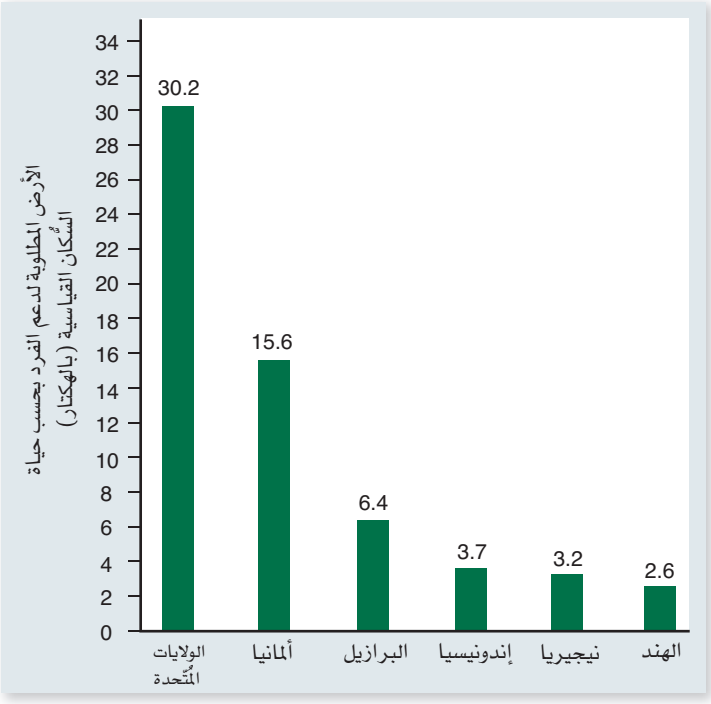
تعزو الأمم المُتحدة تناقُص مُعدَّل النُّمو إلى زيادة جهود تخطيط الأسرة، وإلى زيادة القوة الاقتصادية والمكانة الاجتماعية للمرأة أيضًا. قادت الولايات المُتحدة العالم لدعم برامج تخطيط الأسرة في الخارج، لكن بعض المجموعات تعارض صرف الأموال على تخطيط الأسرة العالمي. يُؤمن المُعارضون بأن من الأفضل صرف الأموال على تحسين التَّعليم والاقتصاد في الدُّول الأُخرى، ما يؤدي إلى زيادة الوعي، وتناقُص مُعدَّلات الخصوبة. تدعم الأمم المُتحدة بالتأكيد تحسين برامج التَّعليم في الدُّول النَّامية، ولكنَّها وبشكل مُثير للاهتمام، أعلنت عن تزايد مستويات التعليم عقب انخفاض حجم العائلة بسبب التَّخطيط الأُسري.

تُكرِّس مُعظم الدُّول اهتمامًا كبيرًا لتخفيض مُعدَّل نموّ سكانها، وهناك مُؤشرات على التَّقدُّم. على سبيل المثال، من 1984 إلى 2005، نجحت برامج تخطيط الأسرة في كينيا في تخفيض مُعدَّل الخصوبة من 8.0 إلى 5.0 أطفال لكل زوجين، وبذلك انخفض مُعدَّل نمو الجماعة من 4.0% في السنة إلى 2.6%. بسبب هذه الجهود، ربما يستقر سكان العالم عند 8.9 بلايين شخص تقريبًا بحلول مُنتصف القرن الحالي. عدد البشر الذين يُمكن للكوكب أن يدعمهم بشكل ثابت يعتمد على نوعية الحياة التي نرغب في الحصول عليها؛ هناك حاليًا بشر أكثر مما يُمكن دعمه بشكل ثابت بالتَّقنيات الحديثة.

الاستهلاك في العالم المُتطور ضاءل المصادر أكثر

حجم الجماعة ليس العامل الوحيد الذي يُحدِّد استعمال المصادر؛ بل إنَّ الاستهلاك السنوي مُهم أيضًا. في هذا المجال، نحن في العالم الصناعي نحتاج إلى أن ننتبه أكثر إلى تقليل الأثر الذي يتركه كلّ واحد منا لأنه، على الرَّغم من أنَّ مُعظم سكان العالم موجودون في الدُّول النَّامية، إلا أن الاستهلاك الأعظم للمصادر يقع في الدُّول الصناعية. في الحقيقة، أغنى 20% من سكان الأرض مسؤولون عن استهلاك 86% من مصادر العالم، ويُنتجون 53% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمي، أما أفقر 20% من سكان الأرض فمسؤولون عن استهلاك 1.3% وعن 3% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. من زاوية ثانية، ومن ناحية استخدام المصادر الطفل المولود اليوم في العالم الصناعي سيستهلك مصادر خلال حياته أو حياتها أكثر بكثير من طفل وُلِدَ في العالم النَّامي.

إحدى طرق تحديد كمية هذا التَّفاوت هو بحساب ما يُطلق عليه **بصمة القدم البيئية Ecological footprint**، وتعني كمية الأرض المُنتِجة المطلوبة لدَّعم فرد على مستوى حياة قياسي لجماعة مُعينة خلال مسار حياته أو حياتها. يشمل هذا الرَّقم المساحة المُستخدمة لإنتاج الغذاء (كلّ من النبات والحيوان)، ومُنتجات الغابات، والإسكان، ومساحة الغابات المطلوبة لامتصاص ثاني أكسيد الكربون المُنتج من احتراق الوقود الأحفوري. ويوضح (الشكل 55-29)، بصمة القدم البيئية للفرد في الولايات المُتحدة أكثر 10 مرات من تلك التي لشخص ما في الهند.



الشكل 55-29

بصمات القدم البيئية لأفراد في دول مُختلفة. تَحسِب بصمة القدم البيئية مقدار الأرض المطلوبة لدعم شخص خلال حياته أو بـ / حياتها، مُتضمنًا مساحة الأرض المُستعملة لإنتاج الغذاء، ومُنتجات الغابات، والإسكان، إضافة إلى الغابة المطلوبة لامتصاص ثاني أكسيد الكربون المُنتَج من احتراق الوقود الأُحفوري.

استقصاء

ما السبب الأهم في نفاذ المصادر، الزِّيادة في السُّكان أم الاستهلاك الجائر؟

بالاعتماد على هذه القياسات، قدّر الباحثون أنَّ استعمال البشر للمصادر الآن أكبر بثلث من الكمية التي تستطيع الطَّبيعة استبدالها بشكل مستمر. فضلًا على ذلك، يتزايد الاستهلاك بسرعة في بعض مناطق العالم النَّامي؛ إذا عاش كلّ البشر على مستوى الحياة في العالم الصناعي، فإننا نحتاج إلى كوكبي أرض إضافيين.

إنَّ بناء عالم مُستقر وثابت هو من أهم التحديات التي تُواجه مُستقبل البشرية. وستعتمد نوعية الحياة المُتوافرة لأبنائنا إلى حد بعيد على نجاحنا في تحديد كلٍّ من نمو البشرية، ومقدار الاستهلاك السنوي للمصادر.

عام 2005، كان مُعدَّل النمو لـ6.5 بلايين من البشر على الأرض يعادل 1.2% سنويًّا تقريبًا. عند هذا المُعدَّل، ستتضاعف البشرية خلال 58 سنة. مُعدَّلات النُّمو -على كلّ حال- هي في حالة هبوط، ولكن الاستهلاك السنوي في العالم المُتطور يشكل أيضًا عبئًا واضحًا على المصادر.

مراجعة المفاهيم

55-1 التَّحدي البيئي

تُحدِّد البيئة الفيزيائية بشكل أولي أيَّ المخلوقات تعيش في مُناخ مُعيَّن ومنطقة مُعيَّنة.

- العوامل البيئية الأساسية تشمل درجة الحرارة، والماء، وأشعة الشمس، ونوع التُّربة.
- يُمكن للمخلوقات أن تُحافظ على الاتزان الداخلي عن طريق تنظيم بيئتها الدَّاخلية بمعزل عن البيئة الخارجية، أو أن تتكيَّف مع التَّغيُّرات البيئية.
- تتكيف المخلوقات للبيئة بإحداث تغيُّرات فسيولوجية، أو شكلية، أو سلوكية تُمكِّنها من التَّكيُّف أكثر مع البيئة التي يوجدون فيها.

55-2 الجماعات: مجموعات من نوع واحد في مكان واحد

تُعرَّف الجماعات بأنها مجموعات من الأفراد التي توجد في مكان واحد وزمان واحد.

- تمتلك مُعظم الجماعات نطاقات جغرافية محدّدة.
- تختلف نطاقات الجماعة خلال الزَّمن؛ لأن الجماعات تتوسع، وتنكمش عندما تتغير الظُّروف.
- تتوزَّع الأفراد داخل الجماعة بشكل عشوائي، أو مُتناسق، أو تكتُّلي (الشكل 55-8).
- فوق الجماعات شبكاتٌ من الجماعات ضعيفة الاتصال، وتتبادل الأفراد. تكون درجة التبادل أعلى ما يُمكن عندما تكون الجماعات كبيرة وأكثر ارتباطًا.
- تمنع فوق الجماعات الانقراض طويل الأمد، وتؤدي إلى استعمال المناطق التي على الحواف.

55-3 ديموغرافية الجماعة وديناميكيتها

الدِّيموغرافيا هي: الدِّراسة الإحصائية للعوامل التي تُؤثر في تغيُّر الجماعة خلال الزَّمن.

- تُؤثر نسبة الجنس في نمو الجماعة؛ كلما كانت الإناث أكثر ازداد عدد النَّسل، ونمت الجماعة بشكل أسرع.
- كلما كان زمن الجيل أقصر، نمت الجماعة بشكل أسرع.
- يُؤثر التَّركيب العمري للجماعة في نمو الجماعة؛ لأنَّ لكل عُصبة عمرية خصوبة، ومُعدَّل وفاة مميزًا.
- تُوضِّح مُنحنيات البقاء كيفية تغيّر البقائية والفنائية خلال العمر (الشكل 55-11).

55-4 تاريخ الحياة وتكلفة التَّكاثر (الشكل 55-13)

يُفضِّل الانتخاب الطَّبيعي تاريخ حياة يزيد نجاح التَّكاثر طوال فترة الحياة إلى الحد الأقصى.

- يتأثر مجموع عدد النَّسل النَّاجي بطول عمر الفرد، وبعدد الصغار الذين يُنتجهم كل عام أيضًا.
- تُلخِّص جداول الحياة احتمالية البقائية والتَّكاثر خلال فترة حياة العُصبة.
- تكون تكلفة التَّكاثر مُنخفضة عندما تكون المصادر مُتوافرة، أو عندما تكون مُعدَّلات الفناء مُرتفعة.
- عندما تكون تكلفة التَّكاثر عالية، يُمكن زيادة النَّجاح التَّكاثري إلى الحد الأقصى بتغيير التَّكاثر وتحسين بقاء الآباء، أو إنتاج عدد قليل من الأفراد بأحجام كبيرة، ويملكون فرصة أكبر للبقاء (الشكل 55-15).
- يُمكن أن تكون المخلوقات أُحادية الإنجاب، ذات حدث تكاثري واحد، أو متعددة الإنجاب ذات أحداث تكاثرية مُتعدِّدة خلال حياتها.
- تتكاثر المخلوقات قصيرة العمر مُبكرًا، وتتكاثر طويلة العمر مُتأخرًا في الحياة.

55-5 نمو الجماعة والحدود البيئية

لفهم الجماعات، يحتاج العلماء إلى معرفة كيفية نموّ الجماعات، والعوامل التي تَحُدّ من نموها.

- مُعدَّل زيادة الجماعة، r، تُعرَّف بأنَّها الاختلاف بين مُعدَّل الولادة، b، ومُعدَّل الوفاة، d.
- هناك حاجة لأخذ الهجرة من الجماعة وإليها في الحسبان عند دراسة نمو الجماعة.
- يُشير الجهد الحيوي إلى نمو الجماعة دون حدود، ودون أن تتأثر بالهجرات.
- يُعبَّر عن النُّمو الأُسي بـ $dN/dt = r_iN$ (الشكل 55-17).
- يظهر النُّمو اللوجستي عندما تصل الجماعة إلى قُدرة الحمل الخاص بها، أي، تُصبح المصادر محدودة. ويُعبَّر عن النُّمو اللوجستي بـ $dN/dt = r_iN\,[(K - N)/K]$

55-6 العوامل التي تُنظِّم الجماعات

العوامل الطبيعية والكثافة السكانية تؤثران في حجم الجماعة.

- تعتمد العوامل المُعتمدة على الكثافة على حجم الجماعة، وتتضمَّن التَّغذية الرَّاجعة السّلبية عادة. لتثبيت حجم جماعة، يجب تقليل مُعدَّلات الولادة، أو زيادة مُعدَّلات الوفاة، أو كليهما.
- لا ترتبط العوامل غير المُعتمدة على الكثافة مع حجم الجماعة. وهي تشمل الاضطرابات البيئية والكوارث التي تُؤدي إلى الفناء.
- في بعض الجماعات، يكون الحجم دوريًّا بسبب العوامل البيئية مثل توافر الغذاء، وضغط الافتراس.
- يُؤثِّر توافُر المصادر في إستراتيجيات التَّكاثر. إن كان الغذاء مُحدّدًا، يُفضِّل الانتخاب الطَّبيعي الانتخابَ بقدرة الحمل K؛ وإن لم يكن الغذاء مُحدَّدًا فإنَّ الانتخاب بمعدل الزيادة r سيُفضَّل.
- تأثير آلي يحدث عندما تُصبح الجماعة صغيرة لدرجة أنَّها تملك مُعدَّلات تكاثر وبقاء أفراد أقل.

55-7 نمو الجماعة البشرية

يمتلك البشر صفات الانتخاب بقدرة الحمل -K متعددة، وتشمل حجم حضنة صغيرًا وإنجابًا مُتأخرًا، ودرجة عالية من العناية الأبوية. يُمكن للاضطرابات البيئية أن تُؤثِّر في نمو السُّكان البشري.

- تجاوزت الجماعات البشرية حدود قدرة الحمل البيئية باستخدام التَّقنية والاختراعات الأُخرى ما أدى إلى مُعدَّل نموٍّ أُسّي.
- تسمح لنا أهرام الجماعة، وهي رسم بياني على شكل أعمدة للسُّكان في مُختلف الفئات العمرية، بالتَّنبؤ بالنَّزعات الدِّيموغرافية في الولادة والوفاة (الشكل 55-27).
- مُستقبل النُّمو البشري غير مُؤكد جزيئًا بسبب التَّوزيع غير المُتماثل للسُّكان في الغلاف الحيوي.
- يُؤثر عاملان في استعمال المصادر، مستقبل الجماعات البشرية: حجم السُّكان والاستهلاك السَّنوي.
- يستهلك البشر كمية أكبر بثلث الكمية التي تستطيع البيئة استبدالها بشكل دائم.
- يحتاج المُستقبل المُستمر إلى حدود لنمو الجماعة ولاستهلاك المصادر السَّنوي.

أسئلة مراجعة

اختبار ذاتي

ارسم دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. عندما تستجيب الأفراد فيزيائيًّا لتغيُّر بيئي:
   أ. يحدث الانتخاب الطَّبيعي.
   ب. قد يؤدي الاختلاف بين الأفراد إلى نشوء انتخاب طبيعي.
   جـ. لا تستطيع الاستجابة في الوقت نفسه من خلال تغيُّرات سلوكية وشكلية.
   د. لا شيء مما ذُكر.
2. النِّطاقات الجغرافية للجماعات:
   أ. كانت ثابتة حتى أدى تدخل الإنسان إلى انقراضات وإدخالات جديدة.
   ب. لم تتأثر بتوزيع المُفترسات وتوافرها قط.
   جـ. لا تستجيب إلى تغيُّرات مُناخية طويلة الأمد.
   د. لا شيء مما ذُكر.
3. جماعات المصدر- والمهبط تختلف عن الأنواع الأُخرى من فوق الجماعات؛ لأن:
   أ. تبادُل الأفراد يحدث في النَّوع الأول فقط.
   ب. الجماعات ذات مُعدَّلات النُّمو السّلبي جزء من النَّوع الأول.
   جـ. الجماعات في النَّوع الأول لا تنقرض أبدًا.
   د. كل الجماعات في النَّوع الأول تنقرض في النِّهاية.
4. أتوقع أن تصل احتمالية التَّفاعل الاجتماعي بين الأفراد حدّها الأقصى عندما يتوزع الأفراد البيئة:
   أ. عشوائيًّا. ب. تماثليًّا.
   جـ. تكتُّليًّا. د. بشكل غير عشوائي.
5. عندما يتحدَّث علماء البيئة عن تكلفة التَّكاثر فإنَّهم يعنون:
   أ. التَّناقص في مُخرجات التَّكاثر في المُستقبل بوصفه تبعة للتَّكاثر الحالي.
   ب. كمية السُّعرات الحرارية التي تحتاج إليها كل الأنشطة التي تُستخدم في التَّكاثر النَّاجح.
   جـ. كمية السُّعرات الحرارية التي تحتويها البويضة أو النَّسل.
   د. لا شيء مما ذُكر.
6. التَّبادُل في تاريخ الحياة بين حجم الحضنة وحجم النَّسل يعني: كلما ازداد حجم الحضنة:
   أ. يزداد حجم النَّسل. ب. يقل حجم النَّسل.
   جـ. يزداد حجم البالغ. د. يقل حجم البالغ.
7. الفرق بين مُعدَّل النُّمو الأُسي ومُعدَّل النُّمو اللوجستي هو:
   أ. أنَّ النُّمو الأُسي يعتمد على مُعدَّلات الولادة والموت والنُّمو اللوجستي لا يعتمد على ذلك.
   ب. في النُّمو اللوجستي، الهجرة والنزوح غير مُهمين.
   جـ. كلاهما يتأثر بالكثافة، ولكن النُّمو اللوجستي أبطأ.
   د. النُّمو اللوجستي فقط يعكس التَّأثيرات المُعتمدة على الكثافة على الولادات والوفيات.
8. البشر مثال على مخلوقات ذات مُنحنى بقائية نوع I. هذا يعني أنّ:
   أ. مُعدَّلات الفنائية هي الأعلى للأفراد الشَّابة.
   ب. مُعدَّلات الفنائية هي الأعلى للأفراد الأكبر.
   جـ. مُعدَّلات الفنائية ثابتة خلال فترة حياة الفرد.
   د. مُعدَّل نمو الجماعة عالٍ.
9. بحسب المكتب المرجعي للسُّكان (2002)، المُعدَّل الدَّاخلي العالمي لنمو السُّكان البشري (r) هو حاليًّا 1.3%، وفي الولايات المُتحدة r=0.6%. ستتغير نسبة سُكان الولايات المُتحدة إلى نسبة سكان العالم، بحيث:
   أ. سينمو سكان العالم، في حين سيتناقص سكان الولايات المُتحدة.
   ب. سينمو سكان العالم، في حين سيبقى سكان الولايات المُتحدة كما هم.
   جـ. سينمو كلّ من سكان العالم وسكان الولايات المُتحدة، ولكن سكان العالم سينمون بشكل أسرع.
   د. سيتناقص سكان العالم، في حين سيزداد سكان الولايات المُتحدة.
10. نموذج نموّ الجماعة اللوجستي، $dN/dt = rN[(K-N)/K]$، يصف نموّ الجماعة عندما نفترض الحد الأعلى للنمو. وعندما تصل N (رقميًّا) قيمة K:
    أ. تزداد dN/dt بسرعة.
    ب. تصل dN/dt إلى صفر.
    جـ. تزداد dN/dt ببطء.
    د. تُصبح الجماعة مُهدَّدة بالانقراض.
11. المثال على أثر مُعتمد على الكثافة في نمو الجماعة هو:
    أ. شتاء شديد البرودة.
    ب. إعصار.
    جـ. صيف شديد الحرارة تكون فيه مهاجع الحفر الباردة أقل من عدد الأفراد في الجماعة.
    د. الجفاف.

أسئلة تحدٍّ

1. ارجع إلى (الشكل 55-9). ما مضامين الانشقاق التَّطوري بين الجماعات التي هي جُزء من فوق الجماعة مقابل الجماعات المُستقلة عن جماعات أخرى؟
2. ارجع إلى (الشكل 55-14). إذا افترضت مقايضة بين جهد تكاثر حالي، ونجاح تكاثري مُستقبلي (يُعرف باسم تكلفة التَّكاثر)، فهل تتوقع أنَّ الأفراد الأكبر عمرًا تمتلك الجهد التَّكاثري "الأمثل" نفسه مثل الأفراد الصِّغار؟
3. ارجع إلى (الشكل 55-15). بسبب مقايضة عدد الأنسال التي يُنتجها الأب مع حجم نسل الفرد، تؤدي كثير من الظروف إلى تفضيل عدد مُتوسط وحجم متوسط من النَّسل. إذا كان حجم النَّسل غير مُرتبط كليًّا مع نوعية هذا النَّسل (فرصه في البقاء حتى يصل إلى سن الإنجاب)، فهل تتوقع أن يقع الآباء على جهة اليمين لمحور السِّينات أم جهة اليسار (حجم الحضنة)؟ فسر الإجابة.
4. ارجع إلى (الشكل 55-27). هل زيادة مُعدَّل زمن الجيل له نوع الأثر نفسه في مُعدَّل نمو الجماعة مثل تقليل عدد الأولاد الذين ولدتهم أُنثى واحدة طوال عمرها؟ أي تأثير سيكون له أثر أكبر في مُعدَّل نمو الجماعة؟ فسر الإجابة.

هل أنت في حاجة إلى مراجعة إضافية؟ زر الموقع www.ravenbiology.com. لتتدرب على الاختبارات القصيرة، والرسوم المتحركة، والتسجيلات التلفزيونية، وأنشطة مخصصة لمساعدتك على فهم المادة الموجودة في هذا الفصل.

الفصل 56

بيئة المجتمعات
Community Ecology

مقدّمة

المخلوقات الحية التي تعيش معًا في مكان واحد كلها هي أعضاء في مجتمع. الأعداد الضخمة من الأنواع التي تستوطن الغابات الاستوائية المطرية تُشكِّل مجتمعًا. في الحقيقة، كل مكان مأهول على الأرض يدعم مجموعة المخلوقات المُتنوعة الخاصة التي تعيش فيه. بمرور الزمن، أجرت الأنواع المختلفة التي تعيش معًا تعديلات مُعقَّدة تناسب العيش في المجتمع، فتطورت معًا، وصاغت علاقات أعطت المجتمع صفته واستقراره. أدى كلّ من التعاون والتنافس دورين أساسيين. في هذا الفصل، سندرس هذه العوامل وغيرها في بيئة المجتمع.

موجز المفاهيم

56-1 المجتمعات الحيوية: الأنواع تعيش معًا

- *صُوِّرت المجتمعات بطرق مُختلفة.*
- *تتغير المُجتمعات مع الوقت.*

56-2 مفهوم العشّ البيئي

- *الأعشاش البيئية الأساسية مُحتملة، والأعشاش البيئية المُتحققة حقيقية.*
- *يمكن أن يحدث الإقصاء التنافسي عندما تتنافس الأنواع على مصادر مُحدَّدة.*
- *التنافس قد يُؤدي إلى تقسيم المصادر.*
- *الكشف عن التنافس بين الأنواع يُمكن أن يكون صعبًا.*

56-3 العلاقات بين المفترس – الفريسة

- *يُؤثر الافتراس بقوة في جماعة الفريسة.*
- *تكيفات النبات تدافع ضد العاشبات.*
- *تكيفات الحيوان تحميه من المفترسات.*
- *المحاكاة تُمكِّن نوعًا مُعينًا من استغلال طرق الدِّفاع لنوع آخر.*

56-4 الأنواع المتعددة لتفاعلات الأنواع

- *يتطلب التَّكافل تفاعلًا طويل المدى.*
- *يُفيد التَّعايش نوعًا واحدًا، وهو متعادل بالنسبة إلى الآخر (لا يضره ولا ينفعه).*
- *التَّقايض علاقة تُفيد الطرفين.*
- *يُفيد التَّطفل أحد الأنواع على حساب الآخر.*
- *العمليات البيئية لها تأثيرات تفاعلية.*
- *الأنواع الرئيسة لها تأثيرات أساسية في المُجتمعات.*

56-5 التَّعاقب البيئي والاضطراب وغنى الأنواع

- *يُنتج التَّعاقب البيئي تغيُّرًا في تركيب الأنواع.*
- *يُمكن أن تقوم الاضطرابات بدور مهم في تركيب المُجتمعات.*

1-56 المجتمعات الحيوية: الأنواع تعيش معًا

أي مكان على الأرض تحتله أنواع تقريبًا. الكثير من الأنواع في بعض الأحيان، مثل النباتات المطرية في الأمازون، وأحيانًا أُخرى القليل منها، كما بالقرب من المياه الحارة في الينابيع الساخنة في يلوستون (حيث تعيش بعض أنواع الأحياء الدَّقيقة هناك). يعني مُصطلح **مجتمع Community** أنواعًا تعيش في أي منطقة مُحدَّدة (الشكل 56-1). تتميَّز المُجتمعات، إما بالأنواع التي تعيش فيها، أو بخصائصها، مثل **غنى الأنواع Species richness** (عدد الأنواع الموجودة) أو **الإنتاجية الأولية Primary productivity** (مقدار الطاقة المُنتجة).

تحكم التَّفاعلات بين أعضاء المُجتمع مُعظم العمليات البيئية والتَّطورية. هذه العمليات مثل الافتراس وتبادل المنفعة تُؤثر في بيولوجية الجماعة لنوع معين -على سبيل المثال ازدياد توافر هذه الجماعة أو قلتها – إضافة إلى كيفية دوران الطاقة والمواد الغذائية في النِّظام البيئي. فضلًا على ذلك، فإنَّ مُكونات المُجتمع تُؤثر في أنماط الانتخاب الطبيعي التي يواجهها النَّوع، ومن ثم مسار التَّطور الذي يسلكه.

يدرس العلماء المجتمعات الحيوية بطرق عدّة، تتراوح بين الملاحظات المُنفصلة والتجارب الواسعة النطاق. في بعض الأحيان، كانت الدِّراسات تركز على المجتمع ككل، وفي أحيان أُخرى على مجموعة جزئية من الأنواع التي يُمكن لها أن تتفاعل مع بعضها. وعلى الرَّغم من عدّ العلماء أحيانًا هذه المجموعات الجزئية مجتمعات (مثال، "مجتمع العناكب")، إلا أنَّ استعمال تعبير **تجمُّع Assemblage** أكثر مُلاءمة للإشارة إلى أن الأنواع المُستعملة هي جزء من المُجتمع الكامل.

صُوّرت المجتمعات بطرق مختلفة

هناك تصوران لتركيب المُجتمعات ووظيفتها. **مبدأ الاستقلالية Individualistic concept**، الذي تبناه H. A. Gleason من جامعة شيكاغو في أوائل القرن العشرين، ينص هذا المبدأ على أنَّ المُجتمع هو تجمُّع للمخلوقات الحية في مكان واحد.

وعلى عكس هذا المبدأ، فإن **مبدأ الكُلِّية (أو الشمولية) Holistic concept** الذي يمكن تتبعه في أعمال العالم كلمنتس F. E. Clements، قبل قرن تقريبًا، قد صور المجتمعات على أنها وحدة مُتكاملة. وعلى هذا، فإنَّ المُجتمع يُمكن تصويره بوصفه مخلوقًا ضخمًا خارقًا تطورت الأنواع المُكونة له معًا لدرجة أنَّها تعمل بوصفها جزءًا من كل أكبر، مثلما تعمل الكِلْية والقلب والرئتين كلها معًا داخل جسم الحيوان. بهذا التَّصور إذن، يكون حجم المُجتمع أكبر من مجموع أجزائه.

هذان التَّصوران يصنعان توقعات مُختلفة عن تكامل المجتمعات عبر الزمان والمكان. إذا كانت المُجتمعات، كما يوحي به مبدأ الاستقلالية، ليست إلا خليطًا من الأنواع تعيش معًا، فإنه بالحركة جغرافيًّا عبر المكان، أو بالعودة عبر الزمان، لا نتوقع رؤية المُجتمع نفسه. أي إنَّ الأنواع يجب أن تظهر، وتختفي بشكل مُستقل، اعتمادًا على حاجات النوع البيئية الخاصة. وعلى العكس، إذا كان المجتمع وحدة مُتكاملة، فإنَّنا سوف نضع التَّوقع المُقابل: يجب أن تبقى المجتمعات عبر الزمان والمكان، إلى أن يتم استبدالها بشكل كامل عن طريق مجتمعات مختلفة تمامًا، عندما تكون التَّغيرات البيئية كبيرة.

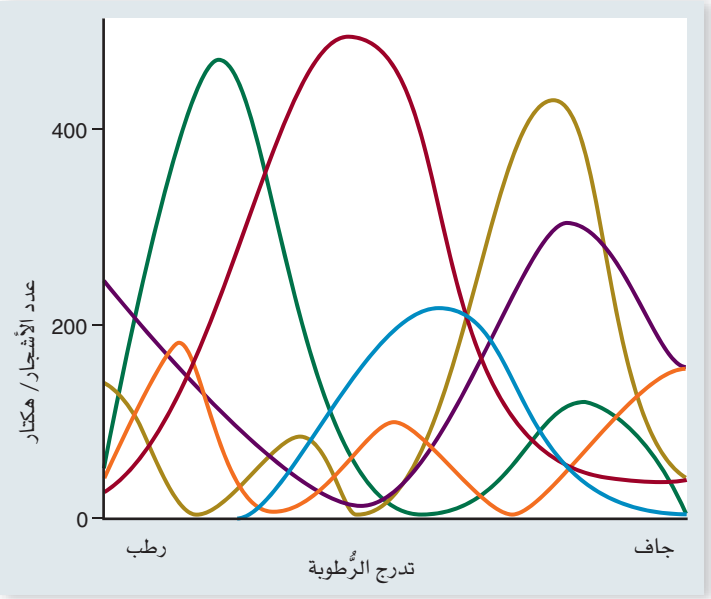
تتغير المُجتمعات مع الوقت

يُفضل علماء البيئة اليوم مبدأ الاستقلالية. والأهم من هذا أن الأنواع يبدو أنها تستجيب بشكل مُستقل لتغير الظروف البيئية. ونتيجة لذلك، فإنَّ تركيب المُجتمع يتغير تدريجيًّا عبر المكان، بحيث تظهر أنواع، وتصبح أكثر وجودًا، في حين تقل وفرة أنواع أخرى، وتختفي أخيرًا.

المثال المشهور على هذا النمط هو وجود أنواع من الشجر في جبال سانتا كاتالينا في أريزونا على طول تدرُّج جغرافي من جاف جدًا إلى كثير الرطوبة. يُوضِّح الشكل 56-2 أنَّ الأنواع يُمكن أن تُغيِّر وفرتها بأنماط، هي على الأغلب، مُنفصلة عن بعضها. نتيجة لذلك، توجد مُجتمعات الأشجار في مواقع مُختلفة في هذه الجبال على شكل متصل، إذ يلتحم الواحد منها مع الآخر، بدلًا من أن تُمثِّل مجموعات مُختلفة مُنفصلة من الأنواع.

الشكل 56-1

مجتمع السافانا الإفريقي. يتكوَّن المجتمع من أنواع -نباتات، وحيوانات، وفطريات، وطلائعيات، وبدائية النوى- توجد في منطقة، في هذه الحالة متنزه إتوشا الوطني في ناميبيا.



الشكل 56-2

وفرة أنواع من الأشجار على طول تدرُّج في الرطوبة على جبال سانتا كاتالينا في جنوب شرق أريزونا. يُمثِّل كل خط وجود نوع مُختلف من الأشجار. نمط وجود كل نوع مُنفصل عن وجود نوع آخر. لذا، فإنَّ تركيب المُجتمع يتغير باستمرار على طول التَّدرُّج.

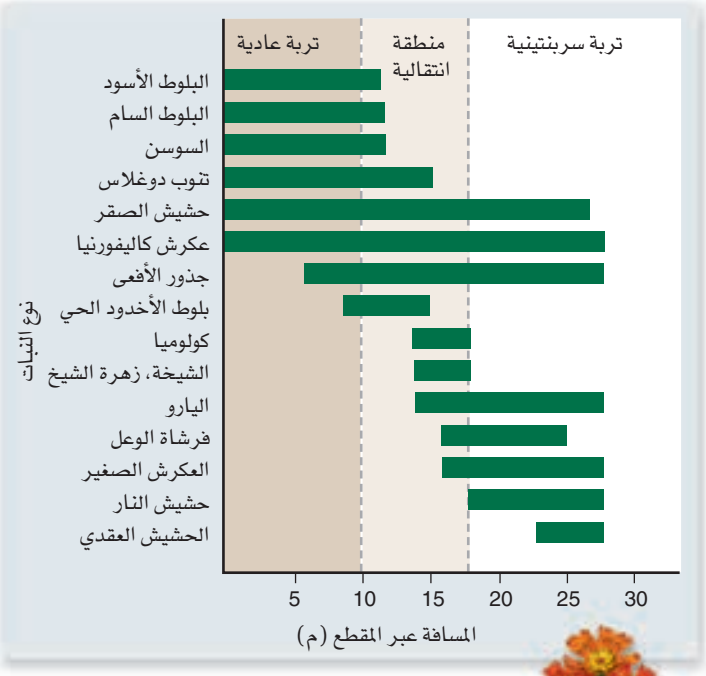
استقصاء

لماذا يقوم النوع بأنماط مختلفة من الاستجابة للتغير في الرطوبة؟

يُمكن مُشاهدة أنماط مُشابهة عبر الزمن في علم دراسة الأحافير. على سبيل المثال، هناك سجل جيد جدًا لمتحجرات أشجار وثدييات صغيرة كانت موجودة في أمريكا الشمالية قبل 20.000 سنة. لقد أظهرت دراسة مُجتمعات ما قبل التاريخ القليلَ من الشبه بالأنواع الموجودة الآن. كثير من الأنواع التي توجد الآن معًا لم تكن موجودة معًا في الماضي. وبالعكس، فالأنواع التي اعتادت على الوجود في المُجتمعات نفسها لا تتداخل غالبًا اليوم في حدودها الجغرافية. هذه الاكتشافات تُشير إلى أنَّه عندما تغيَّر المُناخ خلال العصور الجليدية، استجابت الأنواع بشكل مُستقل، وليس بإزاحة توزيعها معًا، كما يُتوقع لو أنَّ المُجتمع كان وحدة متكاملة واحدة.

على الرَّغم من ذلك، في بعض الحالات، يتغير ظهور الأنواع جغرافيًّا في المُجتمع بنمط متناسق. يحدث هذا غالبًا في المناطق الانتقالية بين **مجتمعين Ecotones**، وهي الأماكن التي تتغير فيها البيئة بشكل مُفاجئ. مثلًا، في غرب الولايات المتحدة، تحتوي رقع بيئية أنواعًا من التربة السربنتينية. تختلف هذه التربة عن التربة العادية بطرق عدة، مثلًا، تركيز عالٍ من النيكل والكروم والحديد؛ وتراكيز قليلة من النحاس والكلس. بمقارنة أنواع النباتات التي تعيش في ترب مختلفة ظهر أنَّ هناك مُجتمعات منفصلة توجد في كل نوع تربة، مع انتقال مُفاجئ من نوع إلى آخر خلال مسافة قصيرة (الشكل 56-3). شوهدت عمليات تحوُّل مُشابهة عند التقاء بيئات مُختلفة بشكل كبير مع بعضها. مثلًا عند نقطة التقاء البيئتين: البرية والمائية، أو عند التقاء المراعي مع الغابات.

يشمل المُجتمع كل الأنواع التي تُوجد في المكان نفسه. في مُعظم الحالات، يتنوَّع أعضاء المُجتمع بشكل مُستقل عن بعضهم في الوفرة عبر المكان والزمان.



الشكل 56-3

التغير في تركيب مجتمع عبر المنطقة الانتقالية بين مجتمعين. تجمُّعات النبات على تربة عادية وتربة سربنتينية مُختلفة بشكل كبير، تقع المنطقة الانتقالية بين مجتمع وآخر على مسافة قصيرة.

استقصاء

لِمَ يكون هناك انتقال حاد بين مجتمع حيوي وآخر؟

2-56 مفهوم العشّ البيئي

يُواجه كلّ مخلوق حيّ في المجتمع تحدّيات البقاء بطريقة مُختلفة. **العشّ البيئي Niche** هو مجموع كل الطُّرق التي يستخدم فيها المخلوق مصادر بيئته الخاصة. يُمكن وصف العشّ البيئي بدلالة استعمال المكان، واستهلاك الغذاء، ومدى درجات الحرارة، والبيئة المُناسبة للتَّكاثر، وحاجته إلى الرطوبة، وعوامل أخرى.

في بعض الأحيان، لا يتمكَّن نوع ما من احتلال كامل عشّه البيئي بسبب وجود أو غياب نوع آخر. يُمكن للنَّوع الواحد أن يتفاعل مع نوع آخر بطرق عدّة، ويُمكن لهذه التَّفاعلات أن يكون لها تأثير سلبي أو إيجابي. من أنواع هذه التَّفاعلات **التنافس بين الأنواع (بين النوعي) Interspecific competition**، ويحدث عندما يحاول نوعان استخدام المصادر نفسها، عندما لا يكون هناك ما يكفي للاثنين. التَّفاعلات الفيزيائية للحصول على المصادر – مثل العراك للدِّفاع عن منطقة، أو لطرد مخلوق من مكان ما – تُعرف **بالتَّنافس التداخلي Interference competition**؛ ويُسمّى استهلاك المصادر نفسها **التنافس الاستغلالي Exploitative competition**.

الأعشاش البيئية الأساسية مُحتملة؛ والأعشاش البيئية المُتحققة حقيقية

يُسمّى كامل العشّ الذي يُمكن للنوع أن يستخدمه، اعتمادًا على حدود تحمّله الفسيولوجية واحتياجاته للمصادر، **العشّ الأساسي Fundamental niche**. وتُسمّى المجموعة الحقيقية من الظروف البيئية، التي تشمل وجود أو غياب الأنواع الأخرى، حيث يستطيع النوع تأسيس جماعة مُستقرة، **العشّ المُتحقق Realized niche**. وبسبب التَّفاعل بين النوعين، فإنَّ العشّ المتحقق يُمكن أن يكون أصغر من العشّ الأساسي للنَّوع بصورة واضحة.

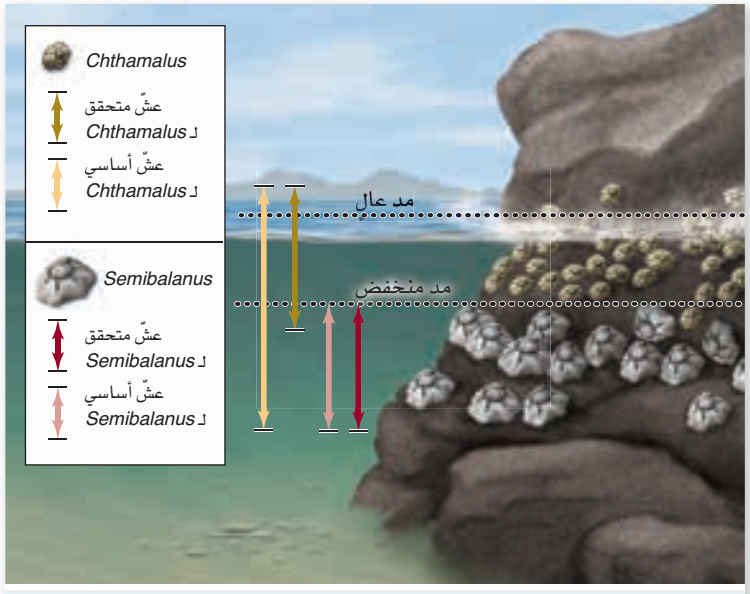
التَّنافس بين الأنواع لاحتلال الأعشاش البيئية

بحثت الدِّراسات الكلاسيكية للعالِم كونل J. H. Connell من جامعة كاليفورنيا، بسانتا بربارا، في التَّفاعل التَّنافسي بين نوعين من البرنقيل يعيشان معًا على الصخور على طول الساحل في سكوتلندا. درس كونل نوعين من هذه المخلوقات، الأول اسمه العلمي *Chthamalus stellatus* يعيش في المياه الضحلة، حيث تعمل الأمواج على تعريضها للهواء، أما النوع الثاني، واسمه العلمي *Semibalanus balanoides* (الاسم *Balanus balanoides* حتى عام 1995) فيعيش في منطقة أعمق، حيث نادرًا ما يتعرض للغلاف الجوي (الشكل 56-4). في هذه الأماكن، يُعدّ الحيز ذا أولوية. في المنطقة الأعمق، حيث تعيش *S. balanoides* عادة، تتنافس *C. Stellatus* معها عن طريق التزاحم على الصخور، فتُقلِّل منها، وتحل محلها، حيث تبدأ هي في النمو، وهذا مثال على التَّنافس التَّداخلي.

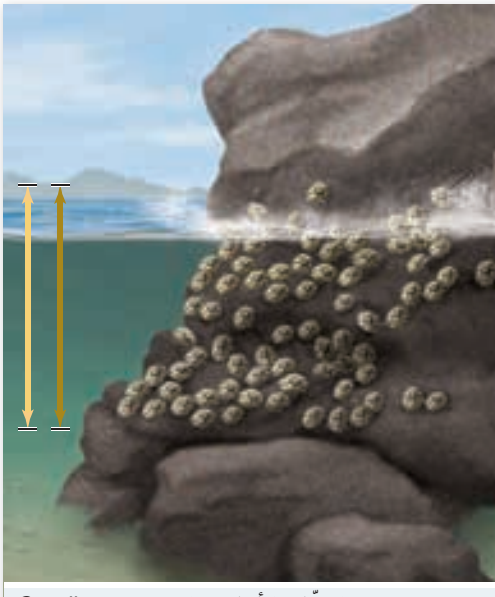
عندما أزال كونل *S. balanoides* من المنطقة، فإنَّ *C. Stellatus* احتلت مكانها بسهولة ما يبيّن عدم وجود عوائق فسيولوجية أو غير ذلك تمنعها من الوجود في هذه المنطقة. في المقابل، لا تستطيع *S. balanoides* العيش والبقاء في المياه الضحلة– حيث توجد *C. Stellatus*؛ لأنها لا تملك التَّكيُّفات الفسيولوجية للحرارة الدافئة التي يمتلكها النوع *C. Stellutus* التي تُمكِّنها من العيش في هذه المنطقة. لذلك، فإنَّ العشّ الأساسي *C. Stellatus* يشمل المياه الضحلة والعميقة، ولكن عشّها المتحقق أضيق بكثير؛ لأن *S. balanoids* تتفوَّق عليها تنافسيًّا في أجزاء من عشّها الأساسي. على العكس، فإنَّ العشّ الأساسي والمُتحقق لـ *S. balanoides* يبدو أنهما مُتطابقان.

أسباب أخرى لتحديد العشّ البيئي

يُمكن لعمليات أُخرى غير التَّنافس أيضًا أن تُحدِّد العشّ المُتحقق للنوع. فمثلًا، أُدخلت حشيشة القديس يوحنا (*Hypericum perforatum*) وأصبحت واسعة



C.stellatus و *S.balanoides* يتنافسان

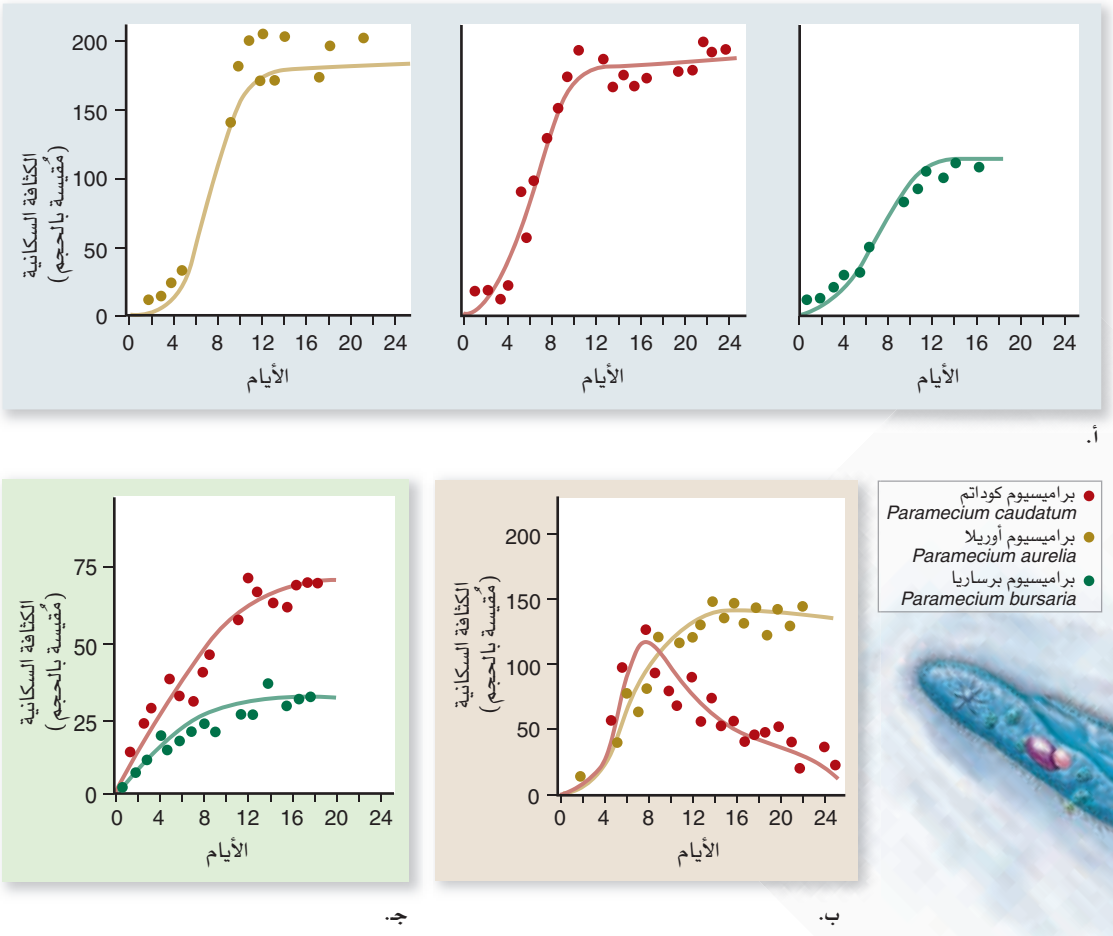


العشّان: الأساسي والمتحقق لـ *C.stellatus* متشابهان عند إزالة *S.balanoides*.

الشكل 56-4

التَّنافس بين نوعين من البرنقيل. العشّ الأساسي لـ *Chthamalus stellatus* يشمل كلًّا من المناطق العميقة والضحلة، ولكن *Semibalanus balanoides* يجبر *C. stallatus* خارجًا من عشه الأساسي الذي يتداخل مع العشّ المتحقق لـ *Semibalanus*

الشكل 56-5



الإقصاء التَّنافسي بين ثلاثة أنواع من البراميسيوم. في العالم المجهري، يُعَدُّ البراميسيوم مفترسًا شرسًا، فهو يفترس الأوليات الصغيرة. أ. وجد العالم جاوس في هذه التجربة أنَّ ثلاثة أنواع من البراميسيوم تنمو جيدًا كلٌّ وحده في أنابيب الاختبار. ب. على الرَّغم من ذلك، تناقص النَّوع *P. caudatum* في العدد لدرجة الانقراض عندما عاش مع النَّوع *P. aurelia* لأنَّ كلا النوعين تشاركا العشّ المتحقق نفسه، وتفوق *P. aurelia* تنافسيًّا على *P.caudatum* من أجل مصادر الغذاء. جـ. استطاع *P.caudatum* و *P. bursaria* التعايش معًا؛ لأنَّ لكل واحد منهما عشًّا متحققًا مختلفًا عن الآخر؛ ولهذا تجنبا التَّنافس.

الانتشار في البيئات المفتوحة على طول الأراضي الموجودة في كاليفورنيا إلى أن تمَّ إحضار خنفساء مُتخصِّصة للسيطرة عليها. انخفض حجم جماعة هذا النبات بسرعة، وهو الآن موجود فقط في المناطق الظليلة، حيث لا تنجح هذه الخنفساء. في هذه الحالة، حدَّد وجود المُفترس العشّ المُتحقق للنَّبات.

في بعض الحالات، يُؤدي غياب أنواع أخرى إلى عش متحقق أصغر. فالكثير من نباتات أمريكا الشمالية تعتمد على الحشرات في التَّلقيح؛ وقد قُدِّرت قيمة التَّلقيح للمزارع الأمريكي بأكثر من بليوني دولار سنويًّا. من ناحية أخرى، تقل جماعات المُلقحات حاليًّا لأسباب مُختلفة. جماعات المُحافظة على البيئة قلقون من أن غياب هذه الحشرات من بعض البيئات سيؤدي إلى تضاؤل العشّ الخاص للكثير من النباتات أو اختفائه تمامًا. في هذه الحالة، إن غياب – وليس وجود- نوع آخر هو السبب في أنَّ بيئته المتحققة أصبحت أصغر.

يمكن أن يحدث الإقصاء التنافسي عندما تتنافس الأنواع على مصادر محددة

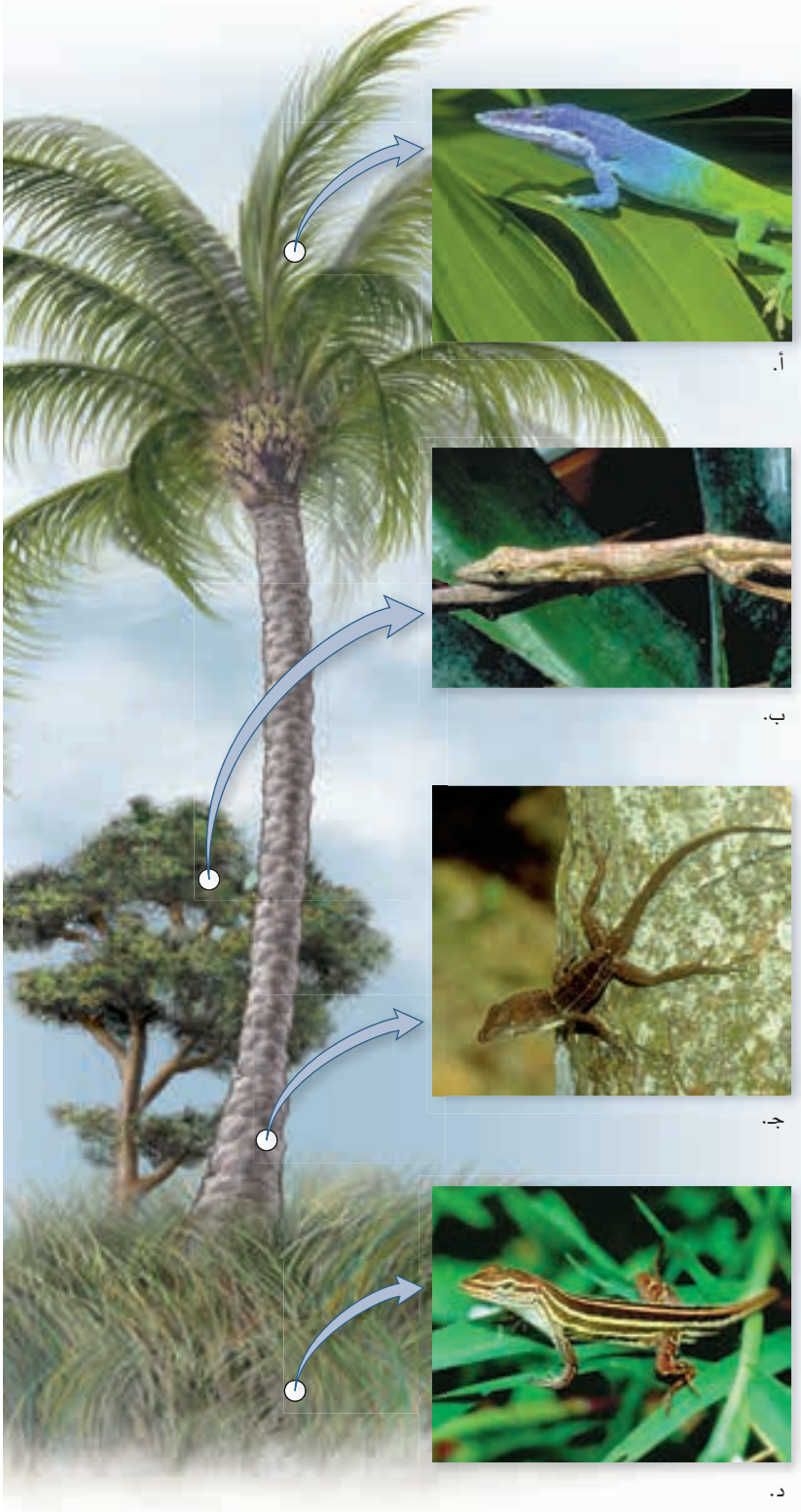
في تجارب كلاسيكية أُجريت عامي 1934 و1935، درس العالم الروسي جاوس *G. F. Gause* التنافس بين ثلاثة أنواع من البراميسيوم؛ الحيوان الطلائعي الصغير. كل نوع من هذه الأنواع نما بشكل جيد في أنابيب الزراعة، عندما زُرع وحده، مُتغذيًا على البكتيريا والخميرة التي تتغذى على دقيق الشوفان المُذاب في سائل الزراعة (الشكل 56-5 أ). من ناحية أخرى، عندما زرع جاوس *P. aurelia* مع *P. caudatum* في أنبوب الزراعة نفسه، فإنَّ عدد *P. caudatum* انخفض حتى الانقراض، تاركًا *P. aurelia* وحيدًا (الشكل 56-5 ب). لماذا حدث هذا؟ وجد جاوس أنَّ *P. aurelia* يستطيع النمو أسرع بست مرات من مُنافسه *P. caudatum* لأنَّه قادر على استغلال المصادر المحدودة والمُتاحة بشكل أكبر، وهذا مثال على التَّنافس الاستغلالي.

من تجارب كهذه، كتب جاوس صيغة ما يُسمّى اليوم مبدأ **الإقصاء التَّنافسي Competitive exclusion**. ينص هذا المبدأ على أنَّه إذا تنافس نوعان على مصادر مُحددة، فإنَّ النوع الذي يستخدم المصادر بفاعلية أكبر في النِّهاية يُزيل الآخر من المكان. بكلمات أُخرى، لا يستطيع نوعان لهما العشّ الخاص نفسه الوجود معًا إذا كانت المصادر محدودة.

تداخل البيئات الخاصة (العشّ الخاص) والتعايش المُشترك

في تجربة أُخرى، تحدى جاوس *P. caudatum* النَّوع المُنهزم في تجربته السابقة بنوع ثالث، *P. bursaria* لأنَّه توقع أنَّ هذين النَّوعين يتنافسان على البكتيريا المحدودة بوصفها غذاءً، اعتقد جاوس أن أحدهما سيفوز في النهاية، كما حدث في التَّجربة السابقة. ولكن هذا لم يحدث. وبدلًا من ذلك، عاش النَّوعان في أنبوب الزراعة معًا، وتقاسما مصادر الغذاء.

لقد كان تفسير التَّعايش المُشترك لهذين النوعين بسيطًا. في الجزء العلوي من أنبوب الزراعة، حيث كان تركيز الأكسجين وكثافة البكتيريا مرتفعين، سيطر *P. caudatum* لأنَّه كان قادرًا بشكل أفضل على التَّغذي على البكتيريا. أما في الجزء السفلي من الأنبوب، فكان تركيز الأكسجين أقل، وذلك يُشجِّع نمو



الشكل 56-6

تقاسم المصادر بين سحالي الموطن نفسه. أنواع من سحالي *Anolis* على الجُزر الكاريبية تقسم مواطنها بعدة طرق. أ. تحتل بعض الأنواع الأوراق والأغصان على قمة الأشجار. ب. تحتل أنواع أُخرى الأغصان الصغيرة على الأطراف. جـ. وتوجد أُخرى عند قاعدة الجذع. بالإضافة إلى ذلك، د. تستعمل بعض الأنواع المناطق العشبية المفتوحة. عندما يحتل نوعان الجزء نفسه من الشجرة، فإنَّهما يأكلان حشرات مُختلفة الحجم، أو يقتسمان المنطقة الحرارية الضيقة لهما؛ فعلى سبيل المثال، قد توجد واحدة من السحالي في المناطق الظليلة، في حين تستجمّ الأخرى في الشمس.

الخميرة، واستقر نوع *P. bursaria* وهذا النوع قادر على التَّغذي بشكل أفضل على الخميرة. البيئة الأساسية الخاصة لكلا النوعين كانت أنبوب الزراعة كاملًا، ولكن البيئة المتحققة كانت جزءًا من الأنبوب. وحيث إنَّ البيئة الخاصة المتحققة للنوعين غير متداخلة كثيرًا، فإن النوعين استطاعا العيش والبقاء. من ناحية ثانية، كان للتَّنافس تأثير سلبي في المُتعايشيْن (الشكل 56-5 جـ). فعندما نمت هذه الأنواع دون تنافس، وصل كلا النوعين لكثافة أكبر بثلاث مرات منها عند نموّها بوجود تنافس.

الإقصاء التنافسي منقحًا

يُمكن اعادة صياغة مبدأ جاوس للإقصاء التنافسي كما يأتي: لا يوجد نوعان يُمكن أن يحتلا البيئة الخاصة نفسها إلى ما لا نهاية عندما تكون المصادر محدودة. وبالتأكيد، إنّ الأنواع يُمكن أن تعيش، بل تعيش معًا، عندما تتنافس على بعض المصادر المُشتركة. مع ذلك، فإنَّ فرضية جاوس تتنبأ بأنه إذا وُجِدَ مخلوقان معًا مدة طويلة، فهذا يشير إلى أن المصادر ليست محدودة، أو أنَّ البيئة الخاصة لهما تختلف دومًا في صفة أو أكثر؛ وإلا، فإنَّ أحد الأنواع يتفوق تنافسيًّا على الآخر، وسوف يتمُّ انقراض النوع الثاني.

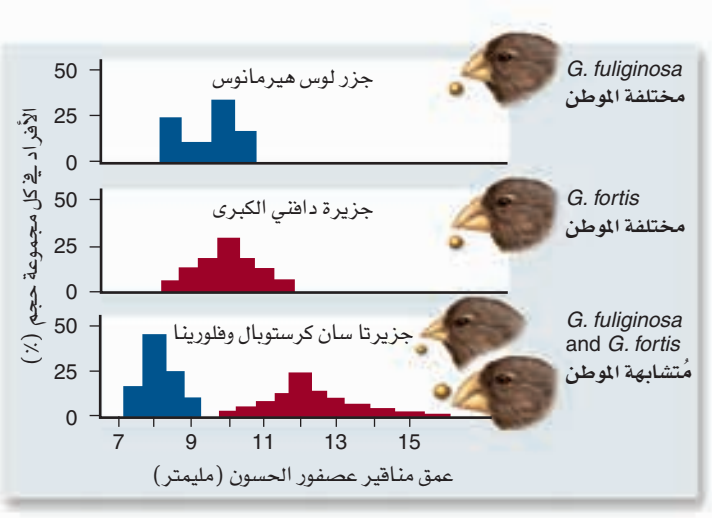
التَّنافس قد يؤدي إلى تقسيم المصادر

إنَّ مبدأ جاوس للإقصاء التَّنافسي له نتائج مُهمة: إذا كان التَّنافس على مصدر محدود حادًّا وكثيفًا، فإنَّ أحد الأنواع سيجعل الآخر ينقرض، أو أنَّ الانتخاب الطبيعي يُقلِّل من التَّنافس بينهما.

عندما درس عالِمُ البيئة ماك آرثر Robert MacArthur خمسة أنواع من طيور الهازجة المغردة الصغيرة، وآكلة الحشرات، بدا له أنَّها تتنافس على المصادر نفسها. ولكن عندما درس هذه الطيور بدقة أكثر، وجد أنَّ كل نوع يتغذى حقيقةً في جزء مُختلف من أشجار البيسية، ومن ثم فهي تتغذى على مجموعات مُختلفة من الحشرات. فنوع من هذه الطيور يتغذى على الحشرات التي على أطراف الأغصان، ونوع ثانٍ يتغذى على الحشرات بين الأوراق، وثالث يتغذى على ما بين الأغصان السفلية، ورابع في أعالي الأشجار، وخامس على قممها. وعليه، فإنَّ كل نوع من طيور الهازجة تطور كي يستفيد من جزء مُختلف من أجزاء شجرة البيسية. أي إنها قسَّمت العشّ أكثر بينها لكي تتجنب التَّنافس فيما بينها. يُدعى تقسيم العشّ هذا **تقسيم المصادر Resource partition**.

يُمكن أن نرى تقسيم المصادر في الأنواع المتشابهة التي تحتل المنطقة الجغرافية نفسها. مثل هذه الأنواع تتجنَّب التَّنافس غالبًا، بأن يعيش كلّ منها في جزء مُختلف من البيئة، أو باستهلاك طعام مُختلف، أو باستعمال مصادر مختلفة (الشكل 56-6). يُعتقد أنَّ هذا النَّوع من تقسيم المصادر نتج عن عملية الانتخاب الطبيعي، الذي يُسبِّب بداية انشقاق المخلوقات المُتشابهة في استعمال المصادر لتقليل الضغط التنافسي.

لمعرفة ما إذا كان مثل هذا التَّشعب التَّطوري سيحدث، فإنَّ بالإمكان دراسته بمقارنة الأنواع التي تتداخل حدودها بشكل جزئي فقط. فحيثما يوجد نوعان معًا، فإنهما يتجهان غالبًا نحو إظهار تنوع أكبر في الشكل الخارجي (شكل المخلوق الحي وتركيبه) وفي استخدام المصادر أكثر مما تفعل جماعة من الأنواع نفسها مُختلفة الموطن، ولا توجد مع أنواع أخرى. ويُعتقد أنَّ الفروق الواضحة بين أنواع متحدة الموطن تحابى عن طريق الانتخاب الطبيعي بوصفه وسيلة لتقسيم المصادر، ومن ثم لتقليل المُنافسة، وهذا ما يُدعى **إزاحة الصفات Character displacement**.



الشكل 56-7

استبدال الصفات في طيور حسون داروين. يمتلك نوعان من طيور الحسون (جنس *Geospiza*) مناقير لها الطول نفسه عندما تعيش في مواطن مُختلفة، ولكنها تمتلك مناقير مختلفة الطول عندما تعيش معًا في موطن واحد.

على سبيل المثال، يمتلك حسون داروين في (الشكل 56-7) مناقير مُتشابهة في القياس، حيث تكون العصافير مختلفة الموطن (كلّ منهما يعيش على جزيرة لا يعيش عليها الآخر). أما على الجزر، حيث تكون متحدة الموطن (يعيشان معًا)، فطوَّرت الأنواع مناقير بأحجام مُختلفة، حيث تكيَّف أحدها لأكل الحبوب الكبيرة، وتكيَّف الآخر ليأكل الحبوب الأصغر. إزاحة الصفة هكذا، يُمكن أن تؤدي دورًا مهمًّا في التَّوزيع التَّكيُّفي، جاعلة الأنواع الجديدة تتأقلم مع أجزاء مُختلفة من البيئة، كما بيّنا في (الفصل الـ 22).

الكشف عن التَّنافس بين الأنواع يُمكن أن يكون صعبًا

ليس من السهل تحديد متى يتنافس نوعان. وحقيقة أن نوعين يستخدمان المصادر نفسها لا يعني المنافسة إن كانت المصادر غير محدودة. حتى لو كان حجما الجماعة لنوعين يرتبطان سلبيًّا، كأن يكون حجم جماعة أحد الأنواع كبيرًا، والنوع الآخر يملك حجم جماعة صغيرًا، أو العكس، فقد لا يتنافس النَّوعان على المصادر المحدودة نفسها. بدلًا من ذلك، فإنَّ النَّوعين يُمكن أن يستجيبا بطريقة مختلفة للصفة البيئية نفسها، ربما ينجح أحد النوعين أفضل في الظروف الدافئة، في حين ينجح الآخر في الظروف الباردة.

دراسات تجريبية حول التَّنافس

أحد أفضل الأدلة على وجود التنافس يأتي من الدِّراسات البحثية الميدانية. بإجراء تجارب باستخدام نوعين يوجد كل منهما وحده أو معًا، يستطيع العلماء تحديد ما إذا كان وجود أحد الأنواع يُؤثِّر سلبيًّا في نوع آخر.

مثلًا، توجد أنواع مُختلفة من القوارض آكلة الحبوب في صحارى أمريكا الشمالية. أقام الباحثون عام 1988 سلسلة من المحميات 50 م × 50 م لبحث أثر جرذان الكنغر في هذه القوارض الأصغر، آكلة الحبوب. أُزيلت جرذان الكنغر من نصف هذه المحميات، ولكن ليس من النِّصف الآخر. تحتوي جدران هذه المحميات جميعها على ثقوب تسمح للقوارض بالخروج والدُّخول. ولكن في مساحات الأرض التي أُزيلت منها جرذان الكنغر، فإنَّ هذه الثقوب صغيرة، بحيث لا تتمكن جرذان الكنغر من العودة.

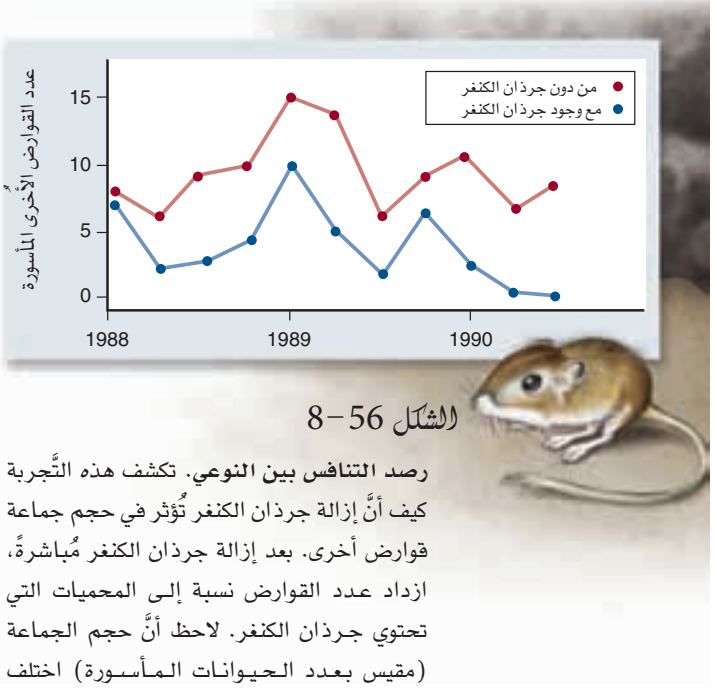
راقب الباحثون مدة 3 سنوات عدد القوارض الموجودة في هذه المحميات. ويُبيِّن (الشكل 56-8)، أنه كان عدد القوارض أعلى بشكل واضح في حالة غياب جرذان الكنغر، ما يُشير إلى أنَّ جرذان الكنغر تتنافس مع القوارض الأُخرى، وتُحدِّد أحجام جماعاتها.

عدد كبير من التَّجارب المُشابهة أشارت إلى أنَّ التَّنافس بين النوعي يحدث بين أنواع كثيرة من النباتات والحيوانات. يُمكن أن نرى تأثير التَّنافس في نواحي بيولوجية الجماعة الأخرى غير الحجم، مثل سلوك المخلوق، ومعدلات نموه. على سبيل المثال، يوجد نوعان من السحالي *Anolis* في جزيرة سانت مارتن الكاريبية. عندما وضع أحد النوعين *A. gingivinus*، في محميات 12 م × 12 م دون النوع الآخر، فإنَّ أفراد هذه السحالي نمت بصورة أسرع، وأقامت في مناطق أخفض مما قامت به السحالي نفسها، عندما وُضعت في محميات مع نوع آخر من السحالي *A. pogus*، التي عادة ما توجد قريبًا من سطح الأرض.

نواحي القصور في الدِّراسات التجريبية

على الرَّغم من أن الدِّراسات التَّجريبية قد تكون وسائل قوية لفهم التَّفاعل بين الأنواع الموجودة معًا، ولكن يشوبها القصور.

بدايةً، الحذر مهم في تدوين النتائج لهذه التَّجارب. فالتَّأثير السلبي لنوع ما في آخر لا يدلّ بشكل تلقائي على وجود التَّنافس. فعلى سبيل المثال، الكثير من الأسماك التي لها الحجم نفسه لها تأثير سلبي في بعضها الآخر، ولكن هذا ليس بسبب التَّنافس، بل ينبع من حقيقة أنَّ البالغين في كل نوع يفترسون اليافعين من النَّوع الآخر.



الشكل 56-8

رصد التنافس بين النوعي. تكشف هذه التَّجربة كيف أنَّ إزالة جرذان الكنغر تُؤثر في حجم جماعة قوارض أخرى. بعد إزالة جرذان الكنغر مُباشرةً، ازداد عدد القوارض نسبة إلى المحميات التي تحتوي جرذان الكنغر. لاحظ أنَّ حجم الجماعة (مقيس بعدد الحيوانات المأسورة) اختلف بالتزامن في كلتا المُعالجتين، على ما يبدو بسبب التَّغيرات في الحالة الجوية.

استقصاء

لِمَ تتزايد أعداد أكثر من أنواع القوارض عند إزالة جرذان الكنغر؟

إضافة إلى ذلك، فإنَّ وجود أحد الأنواع يمكن أن يجذب المُفترسات أو الطفيليات التي ستفترس أيضًا النوع الآخر. في هذه الحالة، حتى لو لم يكن هناك تنافس بين النوعين، فإنَّ النوع الثاني يمكن أن يملك حجم جماعة أقل بوجود النَّوع الأول بسبب المُفترسات والطفيليات. وفي الحقيقة، لا نستطيع أن نستثني الاحتمالية السابقة من نتائج تجربة جرذان الكنغر، على الرَّغم من أنَّ التَّقارب الكبير بين المحميات (حيث كانت مُتقابلة) يقترح وجود المُفترسات أو الطفيليات نفسها فيها جميعًا. فإنَّ دراسة التَّجارب تكون أكثر فعالية عندما تترافق مع اختبارات مُفصّلة للعمليات البيئية التي تُسبِّب التَّأثير المُلاحظ لأحد الأنواع في الآخر.

ثانيًا، إنَّ الدِّراسات التَّجريبية ليست دائمًا ملائمة. فمثلًا، زادت جماعات القيوط في الولايات المتحدة في السنوات الأخيرة، وتزامن هذا الازدياد مع انخفاض في عدد الذئاب الرمادية. هل هذا مُؤشر على حدوث تنافس بين النوعين؟ وبسبب حجم حيوانات القيوط والمساحات الجغرافية الكبيرة التي يحتلها كلّ فرد منها، ولأنَّ التَّجارب العملية تحتاج إلى مساحات مُسيَّجة يوجد فيها أحد النوعين أو كلاهما – ولأنَّ كلّ تجربة يجب أن تُكرَّر مرات عدة من أجل التَّحليل الإحصائي – فإن هذه التَّجارب في هذه الحالة غير مُمكنة. وبشكل مُشابه، فإنَّ الدِّراسات على الأشجار بطيئة؛ لأنها تحتاج إلى قرون لاكتشاف التَّنافس بين الأشجار البالغة. في مثل هذه الحالات، فإنَّ الدِّراسات المُفصلة للاحتياجات البيئية لكلّ نوع هو أفضل ما نُراهن عليه لفهم التَّفاعلات بين النوعية.

يُمكن أن تُعرَّف البيئة الخاصة (العشّ) بأنها مجموع الطرق التي يستفيد بها المخلوق من بيئته. التَّفاعل بين النوعي يُمكن أن يؤدي لأن تكون البيئة الخاصة المتحققة أصغر من البيئة الخاصة الأساسية.

إذا كانت المصادر محدودة، لا يُمكن لنوعين احتلال البيئة الخاصة نفسها دون تنافس يُقلل من أعداد أحدهما إلى أن ينقرض.

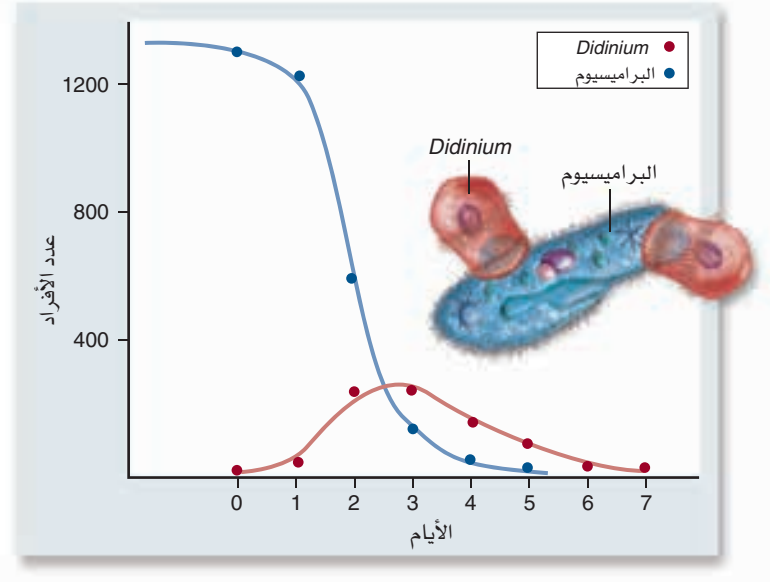
الأنواع متحدة الموطن غالبًا ما تُجزّئ المصادر المُتاحة، فتُقلّل حدة التَّنافس بينها.

تُوفر الدِّراسات التجريبية اختبارات قوية لفرضية حدوث التنافس بين النوعي، ولكن هذه الدِّراسات تفتقر إلى الكمال. الدِّراسات البيئية المُفصَّلة مُهمة بغض النظر عما إذا أُجريت هذه التجارب أم لا.

3-56 العلاقات بين المفترس – الفريسة

الافتراس Predation: استهلاك أحد المخلوقات من قبل آخر. بهذا المعنى، يشمل الافتراس كل شيء من اصطياد، وأكل النَّمر للظبي، إلى رعي الغزلان لأعشاب الربيع.

عندما وُضعت جماعات تجريبية، تحت ظروف المُختبر البسيطة، كما يتَّضح في (الشكل 56-9)، مكونة من الطلائعي المُفترس *Didinium* وفريسته من البراميسيوم *Paramecium*، غالبًا ما يقضي المُفترس على فريسته، ثم ينقرض؛ لأنَّه لم يبقَ له شي يأكله. إذا وُفرت ملاجئ (أماكن آمنة) للبراميسيوم، من ناحية ثانية، فإنَّ جماعاته تصل إلى مستويات مُنخفضة، ولكن لا تنقرض. عندما يكون مستوى جماعة الفريسة مُنخفضًا، فإنَّها ستُوفر غذاء غير كافٍ للمُفترس، مسببةً انخفاض جماعته. وعندما يحدث هذا، فإنَّ جماعة الفريسة ستتعافى.



الشكل 56-9

المفترس والفريسة في العالم المجهري. عند إضافة المُفترس *Didinium* إلى جماعة براميسيوم، ارتفع عدد *Didinium* في البداية، وتناقص عدد براميسيوم. عند اختفاء جماعة البراميسيوم، مات *Didinium* أيضًا.

يُؤثِّر الافتراس بقوة في جماعة الفريسة

في الطبيعة، للمُفترسات تأثير كبير غالبًا في جماعات الفريسة. وكما أشار المثال السابق على كل حال، فإن التَّفاعل هو مسار في اتجاهين: إذ يُمكن أن تُؤثر الفريسة أيضًا في ديناميكية مُجتمع المُفترس. إن نواتج مثل هذه التَّفاعلات مُعقَّدة، وتعتمد على عوامل عدَّة.

انفجار جماعة الفريسة وانهيارها

بعض أكثر الأمثلة مأساوية على التَّرابط بين المُفترسات وفرائسها يتضمن مواقف أدخل فيها الإنسان، أو أزال عددًا كبيرًا من المُفترسات من منطقة. على سبيل المثال، إزالة عدد كبير من اللاحمات من أماكن كثيرة في شرق الولايات المتحدة أدى إلى انفجار في أعداد الغزال ذي الذيل الأبيض، الذي عرّى المنطقة من كل الحياة النَّباتية القابلة للأكل التي استطاع الوصول اليها. وبشكل مُماثل، عندما تمَّ

استقصاء

اقترح طرقًا عدة تُغيِّر بها هذه التَّجربة، بحيث لا ينقرض البراميسيوم؟

اصطياد أعداد كبيرة من ثعلب الماء لدرجة الانقراض على السواحل الغربية من الولايات المتحدة، انفجرت أعداد قنفذ البحر؛ الفريسة الأساسية لثعلب الماء.

وعلى العكس، فإنَّ إدخال الجرذان والكلاب والقطط إلى جُزر عدّة حول العالم، أدى إلى القضاء على البيئة الحيوانية المُستوطِنة هناك. فلقد تعرَّضت جماعات من سلاحف جلاباغوس على جزر عدّة للتَّهديد بالانقراض عند إدخال الجرذان والكلاب والقطط التي تأكل البيض والسلاحف الصغيرة. وبشكل مُشابه، فإنَّ أنواعًا عدَّة من الطيور والزَّواحف تمَّ القضاء عليها في نيوزيلندة عن طريق الجرذان المُفترسة، والآن هي موجودة فقط في جزر قليلة بعيدة عن الشاطئ، بحيث لا تصل إليها الجرذان. في جزيرة ستيفن، قرب نيوزيلندة، كلّ طير من طيور الصَّعْو في الجزيرة، الذي انقرض الآن، تمَّ قتله على يد قط وحيد لحارس المنارة.

يتضمن مثال كلاسيكي على الدور الذي يؤديه الافتراس في المجتمع، إدخال نبات الصّبّار الشوكي إلى أستراليا في القرن التاسع عشر. في غياب المُفترسات، انتشر الصبار بشكل كبير، بحيث احتل عام 1925، 12 مليون هكتار من الأراضي مُشكِّلًا حاجزًا من الأشواك لا يُمكن اختراقه، ما جعل رعي الماشية فيه صعبًا. للتَّحكُّم في نموّ الصّبّار، أُدخل مُفترس، يُدعى العثّ *Cactoblastis cactorum*، من موطنه الأصلي الأرجنتين، بداية 1926. وعام 1940، انخفضت أعداد الصّبّار كثيرًا، ويوجد الآن على شكل جماعات صغيرة.

الافتراس والتَّطور المُشترك

يُشكل الافتراس ضغطًا انتخابيًّا قويًّا على جماعات الفريسة. فأي صفة يُمكن أن تُقلِّل من احتمالية الصيد يجب أن تُحابى بقوة. إنَّ تطور مثل هذه الصفات، بدوره، يجعل الانتخاب الطبيعي يُفضِّل التَّكيُّف المُعاكس في جماعات المُفترسات. تُسمّى العملية التي يتمُّ فيها اختيار هذه التَّكيفات بشكل متداخل في الفريسة والمفترس **التَّطورَ المُشتركَ Coevolution**. يُمكن أن ينشأ سباق تطور مشترك يُطوِّر فيه كلٌّ من المُفترس والفريسة باستمرار دفاعات وطرقًا أفضل للالتفاف على هذه الدِّفاعات. في الأجزاء التي تلي، ستتعلم أكثر عن هذه الدِّفاعات والاستجابات.

تكيُّفات النبات تُدافع ضد العاشبات

طوّرت النباتات طرقًا عدّة تحميها من العاشبات، أكثرها وضوحًا الدِّفاعات الشكلية: تؤدي أنواع الأشواك المُختلفة دورًا في عدم تشجيع حيوانات الرَّعي؛ وشعيرات النبات، خاصةً التي لها طرف صمغي، لاصق، تُعيق الحشرات آكلة العشب. بعض النباتات، مثل الأعشاب، تُراكم السيليكا في الأوراق، ما يُقوي النباتات ويحميها. إذا وُجِدَتِ السليكا بشكل كافٍ، فإنَّ النبات يُصبح قاسيًا صَعْبَ الأكل.

الدِّفاعات الكيميائية

الدِّفاعات الكيميائية، مثل الدِّفاعات الشكلية، مُهمة أيضًا، حيث توجد بشكل كبير في النباتات. تمتلك النباتات تكيُّفات كيميائية رائعة تستخدمها لمُقاومة العاشبات. على سبيل المثال، بيَّنت دراسات حديثة أنَّه إذا هاجمت يرقات الفراشات أوراق نبات التَّبغ، فإنَّ هذه النباتات تُطلق مواد كيميائية إلى الهواء تجذب نوعًا من البقِّ يتغذى على يرقات الفراشات (نوقش الموضوع في الفصل الـ40).

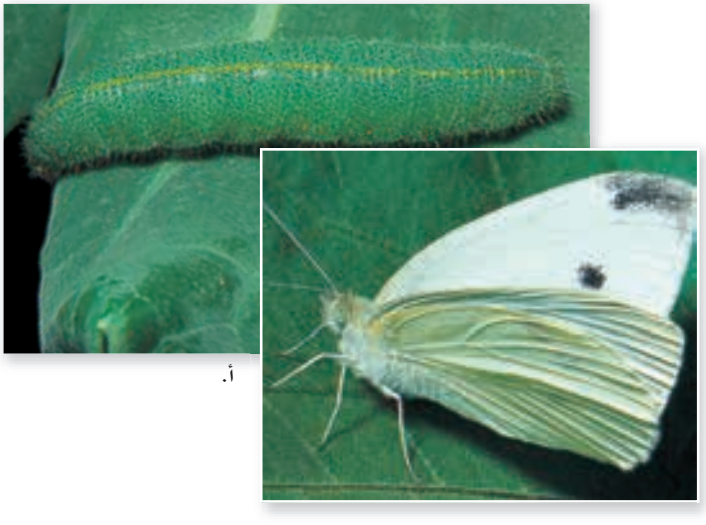
المركبات الكيميائية الثانوية Secondary chemical compounds من أشهر الدِّفاعات الكيميائية في النباتات ضد العاشبات وأهمها. تتميَّز هذه المركبات عن المركبات الأولية، التي هي مُكونات تفاعلات كيميائية أيضية أساسية، مثل التَّنفس. فنباتات كثيرة، وعلى ما يبدو أيضًا بعض الطحالب، تحتوي مركبات كيميائية ثانوية مُختلفة ومتنوعة التَّركيب تكون إما سامة لمُعظم العاشبات، أو تُفسد عمليات الأيض عندها بشكل كبير، مثل، إيقاف التطور الطبيعي ليرقات الحشرات. ونتيجة لهذا، فإنَّ مُعظم العاشبات تميل إلى تجنُّب النباتات التي تحتوي مثل هذه المركبات.

العائلة الخردلية (Brassicacea) تنتج مجموعةً من المواد الكيميائية تُعرف باسم زيوت الخردل. هذه الزيوت تُعطي عطرًا ومذاقًا لاذعًا لنباتات تشمل الخردل، والملفوف، والجرجير، والفجل. إن المذاق الذي نستمتع به يدلّ على وجود مُركبات كيميائية سامة لمجموعات كثيرة من الحشرات. وبشكل مُشابه لهذا، فإنَّ نباتات من العائلة الصقلابية (Asclepiadaceae) وعائلة نباتات قاتل الكلب (Apocynaeae) تُفرزان عصيرًا حليبيًّا يمنع العاشبات من أكلها. إضافة إلى هذا، فإنَّ هذه النباتات تحتوي على سكريات قلبية، وهي جزيئات يُمكن لها أن تُسبِّب آثارًا قاسيةً وضارة على وظيفة القلب في الفقريات.

الاستجابات التَّطورية المُترافقة للعاشبات

ترتبط مجموعات مُعينة من العاشبات مع كل عائلة، أو مع مجموعة من النباتات المحمية بنوع معين من المركبات الثانوية. هذه العاشبات قادرة على التَّغذي على هذه النباتات دون أن تُؤذيها، وكأنّ هذه النباتات هي غذاؤها الوحيد.

على سبيل المثال، تتغذى يرقات فراشات الملفوف (تحت العائلة Pierinae) بشكل خاص على نباتات عائلة الخردل وعائلة الكَبَر، إضافة إلى أعداد قليلة أُخرى من عائلات صغيرة تحتوي على زيوت الخردل (الشكل 56-10). وبشكل مُشابه، فإنَّ يرقات الفراشات الملكية الضخمة (تحت عائلة Danainae) تتغذى على عائلات نبات الصقلاب ونبات قاتل الكلب. كيف تتمكن هذه الحيوانات من تجنُّب الدِّفاعات الكيميائية للنباتات؟ وما الأصول التَّطورية والعواقب البيئية لمثل هذه الأنماط من التَّخصص؟



أ.

ب.

الشكل 56-10

آكلات الأعشاب من الحشرات مُتكيِّفة جيدًا مع عائلاتها من النباتات. أ. تتموَّه اليرقات الخضراء لفراشات الملفوف البيضاء، *Pieris rapae*، على أوراق الملفوف وعلى النباتات الأخرى التي تتغذى عليها. وعلى الرَّغم من أنَّ زيوت الخردل تحمي هذه النباتات من مُعظم آكلات الأعشاب، فإنَّ فراشة الملفوف البيضاء لها القدرة على تكسير مُركبات زيت الخردل. ب. فراشة ملفوف بيضاء بالغة.

أ.

ب.

الشكل 56–11

طائر الزرياب الأزرق يتعلَّم ألا يأكل الفراشات الملكية. أ. هذا الزِّرياب الأزرق المُربى في الأقفاص لم يُشاهد الفراشة الملكية قبل أن يُحاول أكلها.
ب. الطائر نفسه يتقيَّأ الفراشة بعد دقائق عدة. وهذا الطائر ربما يتجنَّب الإمساك بأي حشرة سوداء – برتقالية في المُستقبل.

يُمكن أن نضع تفسيرًا مُحتملًا لتطور مثل هذه الأنماط المُحدَّدة. عندما أصبح لها القدرة على صنع زيوت الخردل، فإنَّ أصول نباتات الخردل والكبر أصبحت تحت الحماية مدة من الزمن ضد أغلب، أو كلّ العاشبات التي تتغذى على النباتات الأخرى في المنطقة. وعند نقطة مُعينة، فإنَّ بعض مجموعات الحشرات – مثلًا، فراشات الملفوف – تطورت وظهرت لها القدرة على كسر زيوت الخردل، وبهذا تمكَّنت من أكل هذه النباتات دون أن تضر نفسها. وبتطويرها لهذه القدرة، أصبح للفراشات القدرة على استخدام مصادر جديدة دون أن تتنافس مع العاشبات الأخرى. وكما رأينا في (الفصل الـ 22)، فإنَّ التَّعرض لمصادر قليلة الاستعمال يؤدي غالبًا إلى تنوع تطوري وإشعاعات تكيُّفية.

تكيُّفات الحيوان تحميه من المُفترسات

تحصل بعض الحيوانات التي تتغذى على نباتات غنية بالمركبات الثانوية على فائدة إضافية. فمثلاً، عندما تتغذى يرقات الفراشات الملكية على نباتات من عائلة الصقلاب، فإنَّها لا تحطم السكريات القلبية التي تحمي هذه النباتات من العاشبات، بل تقوم هذه الحشرات بتركيز هذه المركبات وتخزينها في الأجسام الدُّهنية؛ ثم تنقلها عبر مرحلة الخادرة إلى البالغين، وحتى إلى بيوض الجيل المقبل.

إنَّ إدخال السكريات القلبية في المراحل جميعها يحمي دورة حياة هذه الفراشة من المُفترسات. فالطائر الذي يتغذى على هذه الفراشة سُرعان ما يتقيؤها (الشكل 56–11) ويتجنَّب مُستقبلًا الفراشة الملكية البالغة التي تتميَّز بالخطوط البرتقالية والسود. لكن بعض الطيور طوَّرت القدرة على تحمل مثل هذه المركّبات الكيميائية الواقية؛ ويُمكن لهذه الطيور أكل الفراشات الملكية.

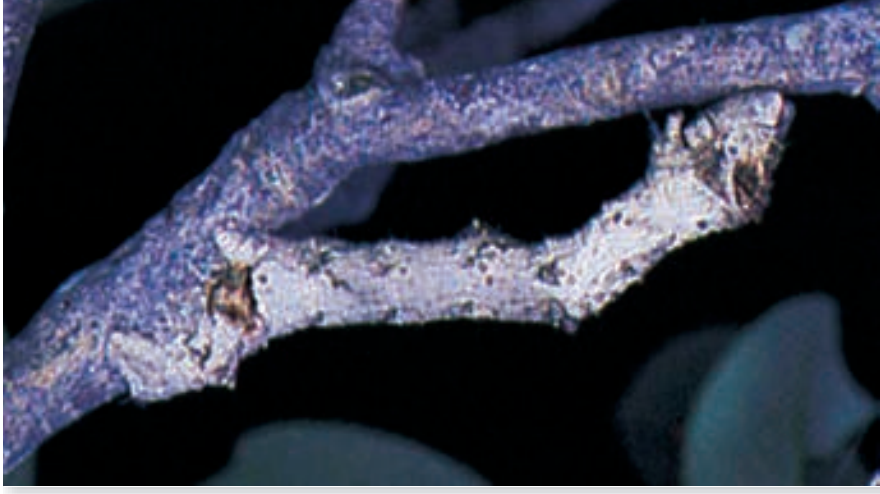
الدِّفاعات الكيميائية

تصنع الحيوانات، وتستعمل أيضًا شبكة مخيفة من المواد الدِّفاعية. يستخدم النحل، واليعاسيب والقمل المُفترس، والعقارب، والعناكب، ومفصليات أخرى كثيرة موادّ كيميائيةً للدِّفاع عن نفسها ولقتل الفريسة. إضافة إلى هذا، ظهرت طرق دفاع كيميائية عدَّة مُختلفة في اللافقريات البحرية، وعدد كبير من الفقريات، مثل الضفادع الأفاعي، والأسماك، وبعض الطيور.

فضفادع السهم السامة من العائلة Dendrobatidae تستطيع إنتاج مادة سامّة قاعدية في المُخاط الذي يُعطي جلدها الملون الزَّاهي؛ وهذه المواد القاعدية سامة للحيوانات التي تُحاول أكل هذه الضفادع (الشكل 56–12). بعض هذه السموم قوية لدرجة أنَّ بضعة ميكروجرامات منها كافية لقتل شخص إذا حُقنت في مجرى دمه. أكثر من 200 نوع مُختلف من المواد القاعدية عُزلت من هذه الضفادع، بعضها ذو دور مهم في الأبحاث العصبية العضلية. وبشكل مُشابه، فإنَّ هناك أبحاثًا مكثفة تجري على حيوانات بحرية وزواحف سامة، وطحالب، ونباتات زهرية، للوصول إلى أدوية جديدة لمكافحة السّرطان وأمراض أخرى، أو لاستعمالها مضادات حيوية.

الشكل 56–12

الدِّفاعات الكيميائية عند الفقريات. الضفادع من العائلة *Dendrobatidae*، الموجودة في غابات أمريكا الوسطى والجنوبية، سامة جدًا للفقريات؛ لقد تمَّ التَّعرف إلى 80 نوعًا من المواد القاعدية السامة من الأنواع المُختلفة لهذا الجنس. تُعلن هذه الضفادع عن سميتها بألوان زاهية. وبسبب الغريزة أو التَّعلُّم، فإنَّ المُفترسات تتجنب الألوان الزاهية لهذه الأنواع التي من دونها يُمكن أن تكون فريسة سهلة.



الشكل 56-13

التَّلوين الإخفائي والشكل. يرقة دودة الإنش (*Nacophora quernaria*) (المُتدلية من الغُصين العلوي) تُشبه إلى حد كبير الغُصين.

التلوين الدِّفاعي

كثير من الحشرات التي تتغذى على نباتات الصقلاب لها ألوان زاهية؛ تعلن عن طبيعتها السامّة عن طريق طريقة بيئية تُعرف باسم **التلوّن التَّحذيري Warning coloration**.

الألوان الجميلة اللافتة للانتباه ميزة للحيوانات السامة التي تَلدغ لطرد المُفترس، أما المخلوقات التي لا تملك دفاعات كيميائية فنادرًا ما تملك ألوانًا زاهية. وفي الحقيقة، فإن الكثير من هذه الحيوانات لها ألوان تَخَفّ، لون يندمج أو ينسجم مع المُحيط، وبهذا يختفي الحيوان عن المُفترس (الشكل 56-13). إنَّ الحيوانات المُموّهة في العادة لا تُوجد مع بعضها على شكل جماعات؛ لأنَّ المُفترس إذا اكتشف أحدها، فإنَّه يجد المفتاح لإيجاد الآخرين.

المحاكاة تمكِّن نوعًا مُعينًا من استغلال طرق الدِّفاع لنوع آخر

خلال مسار تطورها، أصبح الكثير من الأنواع يُشابه الأنواع غير المُستساغة التي تملك ألوانًا تحذيرية. فيكتسب المخلوق المُقلِّد إيجابيةً بمُشابهته للنموذج المُقزِّز. هناك نوعان من المحاكاة معروفان: المحاكاة الباتيزي، والتقليد المولاري.

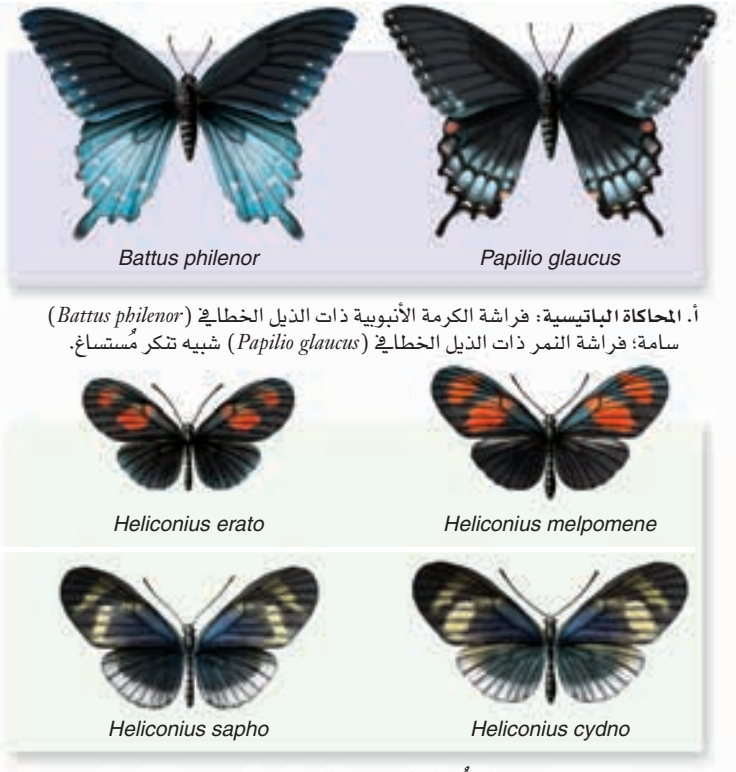
المحاكاة (التقليد) الباتيسية

سُميت **المحاكاة الباتيسية Batesian mimicry** بهذا نِسبةً إلى عالِم الطبيعية البريطاني هنري بيتس، الذي أبرز هذا النوع من التقليد إلى اهتمام العامّة عام 1857. عندما كان بيتس في رحلته إلى منطقة الأمازون في أمريكا الجنوبية، اكتشف أنَّ الكثير من الحشرات سائغة المذاق تُشبه الحشرات زاهية الألوان، مُقزِّزة المذاق. فسّر بيتس هذا بأنَّ المُقلِّد سوف يتمُّ تجنبه من قِبَلِ المُفترسات، التي تنخدع بالتّقليد لاعتقادها أنَّ المُقلِّد هو من الأنواع البغيضة.

الكثير من الأمثلة المعروفة على المحاكاة الباتيسية يقع ضمن الفراش والعث. يجب أن تستخدم المُفترسات أدلة بصرية لاصطياد فرائسها من هذه الحشرات؛ وإلا، لن يكون لأنماط اللون المُتشابه أي أهمية بالنِّسبة إلى المُفترسات المتوقعة. تُشير أدلة متزايدة على أنَّ المحاكاة الباتيسية تدخل فيها أدلة غير بصرية، مثل الشم، على الرَّغم من أنَّ مثل هذه الأمثلة أقل وضوحًا للإنسان.

أنواع الفراشات التي تقدم نماذج للمحاكاة الباتيسية، وبشكل لا يدعو للدهشة، هي أعضاء في مجموعات تتغذى يرقاتها على واحد، أو على القليل من عائلات النباتات القريبة من بعضها. إن العائلات النباتية التي تتغذى عليها محمية بمواد كيميائية سامة. تقوم هذه الفراشات النموذج بإدخال الجزيئات السامة إلى أجسامها من هذه النباتات. في المقابل، تنتمي الفراشات المُقلِّدة إلى مجموعات تمتلك يرقاتها عادات غذائية ليست محدودة أو محصورة. تتغذى الفراشات كاليرقات، على أعداد مختلفة من العائلات النباتية غير المحمية بالمواد الكيميائية السامة.

أحد المُقلِّدين الذي دُرِسَ بكثرة في أمريكا الشمالية كان فراشات النّمر ذات الذيل الخطافي، التي تنتشر عبر شرق الولايات المتحدة وكندا (الشكل 56-14 أ). في المساحات التي توجد فيها فراشات الكرمة الأنبوبية ذات الذيل الخطافي السامة، تكون إناث فراشات النمر ذات الذيل الخطافي مُتعدِّدة الأشكال، ويُشبه أحد ألوانها إلى حد كبير في مظهره فراشات الكرمة الأنبوبية ذات الذيل الخطافي.



أ. المحاكاة الباتيسية: فراشة الكرمة الأنبوبية ذات الذيل الخطافي (*Battus philenor*) سامة؛ فراشة النمر ذات الذيل الخطافي (*Papilio glaucus*) شبيه تنكر مُستساغ.

ب. المحاكاة المولرية: زوجان مُتشابهان؛ كلاهما غير مستساغ.

الشكل 56-14

المحاكاة. أ. المحاكاة الباتيسية. فراشات الكرمة الأنبوبية ذات الذيل الخطافي، *Battus philenor*، محمية من الطيور ومُفترسات أُخرى بالسموم التي تشتقها من الطعام الذي تأكله اليرقات، وتخزِّنه داخل أجسامها. تظهر فراشات الكرمة الأنبوبية ذات الذيل الخطافي البالغة طبيعتها السامة، عن طريق الألوان التَّحذيرية. فراشات النمر ذات الذيل الخطافي، *Papilio glaucus*، تحاكي باتيسيًّا فراشة الكرمة الأنبوبية ذات الذيل الخطافي السامة، ولكن لا يوجد فيها المواد السامة. **ب.** زوجان من المُقلدات المولرية. *Heliconius erato* و *H. melpomene* فراشات مُتشابهة الموطن، كل هذه الفراشات غير مستساغة. لقد طوَّرت أنماط الألوان نفسها؛ لأنها في المواطن نفسها، وذلك للتَّقليل من عملية افتراسها، تحتاج المُفترسات إلى التَّعلُّم على نمط واحد؛ لكي تتجنَّب باقي الأنماط.

إنَّ يرقات فراشات النمر ذات الذيل الخطافي تتغذى على أشجار مُختلفة، تشمل نبات الخزامى والحور والكرز، ولا تكون اليرقات ولا الفراشات اليافعة ذات طعم غير مستساغ للطيور. ومن المثير للاهتمام أنَّ المحاكاة الباتيسية الموجودة في فراشات النمر ذات الذيل الخطافي اليافعة ليس موجودًا في يرقاتها: فاليرقات تختبئ على الأوراق، بشكل يُشبه فضلات الطيور، في حين تظهر يرقات حشرات الكرمة المُقززة بوضوح شديد.

المحاكاة المولِيرية

نوع آخر من المحاكاة، هو **التقليد المولِيري Mullerian mimicry**، نِسبةً إلى الألماني فرتز مُولر، الذي وصفه أولًا عام 1878. في هذا النوع من المحاكاة، الكثير من أنواع الحيوانات غير المُترابطة، ولكنها محمية أصبحت تُشبه بعضها بعضًا (الشكل 56-14 ب). إذا كانت هذه الحيوانات التي يشبه أحدها الآخر جميعها سامة أو خطرة، فإنَّها تكسب إيجابية؛ لأنَّ المفترس سيتعلم بسرعة أكبر تجنُّب هذه الحيوانات. في بعض الحالات، تُطوّر جماعات المُفترسات تجنُّبًا فطريًّا لهذه الأنواع؛ ويُمكن لمثل هذا التَّطور أن يحدث بشكل أسرع إذا كانت الفرائس الخطرة مُشابهة لبعضها.

في كلا النَّوعين من المحاكاة المذكورَين، يجب ألا يشبه المُقلِّد والمُقلَّد بعضهما فقط، ولكن يتصرفان أيضًا مثل بعضهما. فمثلا، أعضاء عائلات مُختلفة من الحشرات التي تُشبه إلى حد كبير الدبابير تتصرف بشكل عجيب مثل الدبابير التي تُقلِّدها، إذ تطير غالبًا من مكان إلى آخر بشكل نشيط.

يُمكن أن يكون للافتراس تأثير رئيس في جماعات الفريسة. ونتيجة لهذا، تُطوّرُ أنواع الفرائس غالبًا تكيُّفاتٍ دفاعية.

الكثير من النباتات تحمي نفسها من مُعظم العاشبات عن طريق المركّبات الثانوية. وحالما تُطور أنواع محددة من العاشبات المقدرة على التَّغذية على أنواع هذه النباتات، فإنها تنجح في الوصول إلى مصدر جديد، وتستغله دون أن تُنافسها عاشبات أُخرى.

تُدافع الحيوانات عن نفسها ضد المُفترسات بدفاعات كيميائية، وألوان تحذيرية، وبالخداع.

في المحاكاة الباتيسية، النوع غير المحمي يُشبه النوع الآخر الذي يكون غيرَ مستساغ، وكلا النوعين يملكان ألوانًا تحذيرية. في المحاكاة المولِيرية، اثنان أو أكثر من الأنواع المحمية غير المُرتبطة يُشبه أحدها الآخر، فتحصل على نوع من أنواع الدِّفاع الجماعي.

4-56 الأنواع المُتعدِّدة لتفاعلات الأنواع

النباتات، والحيوانات، والبدائيات، والفطريات، وبدائيات النوى التي تعيش في مجتمعات معًا تغيّرت، وتكيف كلّ منها مَعَ الآخر خلال ملايين السنين. كنا قد ناقشنا الافتراس والتَّنافس، ولكن هناك أنواعًا أخرى من التفاعلات البيئية تحدث. فعلى سبيل المثال، تطوّر كثير من خصائص النباتات الزهرية بشكل مرتبط مع انتشار جاميتاتها عن طريق الحيوانات (الشكل 56-15). وهذه الحيوانات، طوَّرت في المُقابل، عددًا من الصفات الخاصة مكَّنتها من الحصول على الغذاء أو المصادر الأخرى بشكل فعال من النباتات التي تزورها، وغالبًا من أزهارها. في أثناء حدوث هذا، يلتقط الحيوان حبوب اللقاح، التي يُمكنه أن يضعها على النباتات التي يزورها، أو يترك بذورًا في مكان في البيئة، وأحيانًا على مسافات بعيدة من النبات الأصلي.

يتطلب التَّكافل تفاعلًا طويل المدى

في **التَّكافل Symbiosis**، يتفاعل نوعان أو أكثر من المخلوقات مع بعضهما بعلاقات مُحكَمة ودائمة تقريبًا. العلاقات التَّكافلية جميعها تحمل إمكانية التَّطور المُشترك بين المخلوقات المُرتبطة، وفي حالاتٍ كثيرةٍ تكون نتائج هذا التَّطور المُشترك تركيبًا مُعقَّدًا ومثيرًا للاهتمام.

من الأمثلة على التَّكافل الأشنات، التي هي علاقة بين الطحالب والفطريات. مثال آخر الفطريات الجذرية، التي هي ارتباط بين فطريات وجذور مُعظم أنواع النباتات. تُسهِّل الفطريات امتصاص النبات لبعض المواد الغذائية، الذي بدوره يُزوِّد الفطر بالكربوهيدرات (ناقشنا موضوع الفطريات الجذرية والأشنات بشكل أوسع في الفصل الـ29). وبشكل مُشابه، فإنَّ عُقد الجذور الموجودة في البقوليات، وفي أنواع أخرى من النباتات تحتوي على بكتيريا تُثبِّت النيتروجين الجوي ليصبح مُتاحًا للنبات المُضيف.

الشكل 56-15

التَّلقيح عن طريق الخفاش. كثير من الأزهار نشأت مع أنواع أُخرى لتسهيل نقل حبوب اللقاح. الحشرات معروفة بشكل كبير بوصفها مُلقحات، ولكنها ليست الوحيدة: الطيور، والخفافيش، وحتى بعض الجرابيات والسحالي تعمل بوصفها ملقحات لبعض أنواع النبات. لاحظ حمولة حبوب اللقاح على خرطوم الخفاش.

في المناطق الاستوائية، يوجد النمل قاطع الأوراق بكثرة، لدرجة أنَّه يستطيع إزالة ربع المساحة الكلية السطحية أو أكثر لأوراق النبات في مساحة مُعيَّنة. لا يأكل هذا النمل أوراق النبات مباشرة، بل يأخذها إلى أعشاشه تحت الأرض، حيث يمضغها ويلقحها بأبواغ فطريات مُعينة. هذه الفطريات تربيها جماعة النمل بعناية كبيرة، بحيث تتكاثر باستمرار. من ناحية أخرى، فإنَّ الفطريات تُشكِّل الغذاء الأساسي للنَّمل وليرقاته. إن العلاقة بين هذا النَّمل والفطريات من الأمثلة المُمتازة على التَّكافل. تقترح الدِّراسات الجينية الحديثة باستعمال DNA والساعة الجزيئية (الفصل الـ23) هذه العلاقة التكافلية القديمة، إذ نشأت منذ أكثر من 50 مليون سنة.

تشمل الأنواع الأساسية للتَّكافل: (1) **التَّعايش Commensalism**، يستفيد أحد النوعين، في حين لا يستفيد النوع الآخر، ولا يُصيبه أذى. (2) **التَّقايض Mutualism**، يستفيد كلا النوعين. (3) **التَّطفل Parasitism**، يستفيد أحد النوعين، ويتضرر الآخر. يُمكن اعتبار التَّطفل نوعًا من أنواع الافتراس، على الرغم من أنَّ المخلوق الذي يتمُّ افتراسه هنا لا يموت بالضرورة.

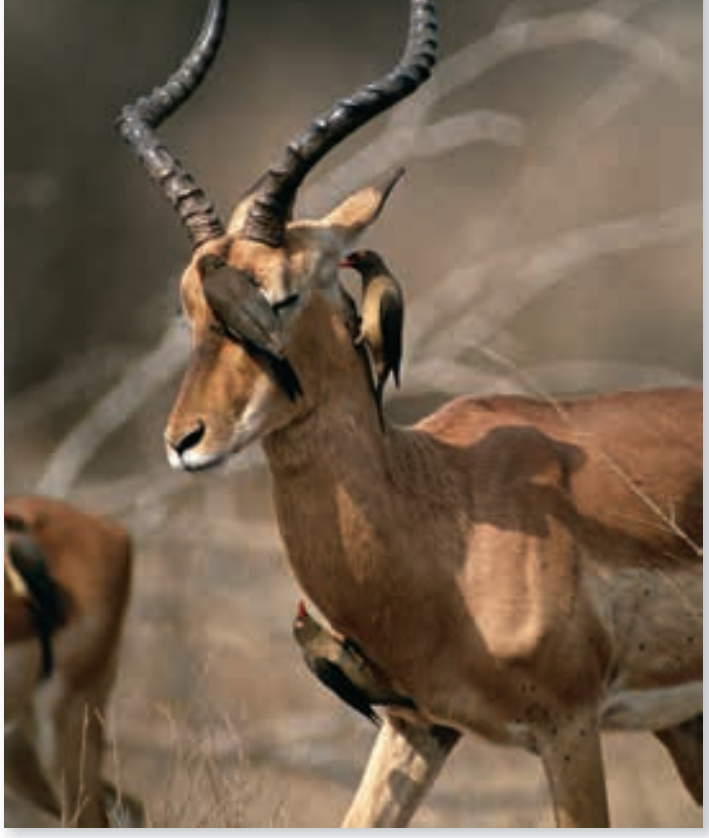
يُفيد التَّعايش نوعًا واحدًا، وهو متعادل بالنسبة إلى الآخر (لا يضرّه ولا ينفعه)

في التَّعايش، يستفيد نوع واحد، والثاني لا يستفيد، ولا يضار بسبب هذا التفاعل. في الطبيعة، تكون أفراد نوع ما متصلة فيزيائيًّا مع أفراد نوع آخر. فمثلًا، تنمو النباتات المُتسلقة على أغصان نباتات أخرى، والنبات المُضيف لا يتأذى، في حين يستفيد النبات المُتسلق. مثال آخر السرخس الإسباني، في جنوب الولايات المتحدة، الذي يتعلَّق بالأشجار. ينمو هذا السرخس وأفراد أخرى من جنسه، من عائلة الأناناس على الأشجار لتصل إلى ضَوء الشمس؛ وهي لا تؤذي الأشجار (الشكل 56-16).

وبشكل مُشابه، تنمو حيوانات بحرية مُختلفة، مثل البرنقيل، على حيوانات بحرية نشطة الحركة، مثل الحيتان، وبهذا فهي تُحمَل من مكان إلى آخر دون جهد تبذله. وعليه، فإن هذه الحيوانات تحصل على الحماية من الافتراس أكثر مما لو كانت

الشكل 56-16

مثال على التَّعايش. الحزاز الطحلبي الأسباني (*Tilandsia usneoides*) يستفيد من استخدام الأشجار كأساس، ولكن الأشجار بشكل عام لا تتأثر سلبًا ولا إيجابًا.



الشكل 56-17

التَّعايش، أم التَّقايض، أم التَّطفل؟ في هذه العلاقة التَّكافلية، طيور نقار الثيران تستفيد بشكل قطعي من تغذيتها على القراد والطفيليات الأخرى التي تلتقطها عن عائلها (وهو في هذه الحالة، الإمبالا، *Aepyceros melampus*). ولكن تأثير هذا في العائل ليس دائمًا واضحًا. إذا كان القراد مُضرًّا، فإنَّ نزعها يُفيد العائل، وتكون العلاقة تكافلية مُفيدة. وإذا التقطت طيور نقار الثيران طفيليات الجرب، مُسبِّبة فقدان الدَّم واحتمالية العدوى، فيُمكن أن تكون العلاقة تطفُّلية. وإذا لم يتأثر العائل بإزالة القُراد ولا بإزالة طفيل الجرب، فإنَّ العلاقة تكون تعايشية.

ثابتة في مكان واحد، ويُمكن لها أن تصل إلى مصادر غذاء أُخرى. إنَّ دوران الماء المُتزايد الذي يتعرض له هذا الحيوان حينما يتحرك مُضيفه له أهمية عظمى، خصوصًا إذا كان المخلوق المحمول من راشحات التغذية. وما لم تزددْ أعداد هؤلاء الركّاب بشكل كبير، فإنَّ هذه الحيوانات لا تُسبِّب أذى للأنواع المُضيفة.

عندما لا يكون التَّعايش تعايشًا

أفضل الأمثلة على التَّعايش يتضمن العلاقات بين نوع من أنواع الأسماك الاستوائية الصغيرة (تُدعى السمكة المهرجة) وقناديل البحر، والظاهرة في الشكل الأول من هذا الفصل. لقد طوَّرت هذه الأسماك القدرةَ على العبور بين اللوامس اللاسعة لقناديل البحر، التي يُمكن لها أن تشلّ حركة أسماك أخرى إن لامَسَتْها. تتغذّى الأسماك المهرجة على جزيئات الغذاء المُتبقية من وجبة غذاء قناديل البحر المُضيفة، وتبقى الأسماك دون أي إصابات بشكل مدهش.

على اليابسة، توجد علاقة شبيهة بين طيور تُدعى طيور نقار الثيران من جهة وحيوانات عاشبة مثل الظباء من جهة أخرى (الشكل 56-17). تتعلق هذه الطيور مُعظم وقتها على ظهور الحيوانات، فتلتقط الطفيليات والحشرات الأخرى، مؤديةً كامل دورة حياتها بارتباط كبير مع الحيوانات المُضيفة.

لا يوجد حدود قاطعة واضحة بين التَّعايش والتَّقايض؛ في كل من الحالتين، لا نستطيع أن نكون متأكدين فيما إذا كان الشريك الثاني يستفيد أم لا. فمن المُمكن أن تكون إزالة جزيئات الغذاء المتبقية لمصلحة قنديل البحر؛ لأنَّه قد يُصبح أكثر قدرة على الإمساك بالفريسة. وبشكل مُشابه، وعلى الرغم من اعتباره تعايشًا في الغالب، فإنَّ العلاقة بين الثدييات العاشبة والطيور جامعة الفضلات تُعدّ حقيقةً مثالًا على التَّقايض. ففي حين يستفيد الحيوان الثديي بسبب إزالة الطفيليات والحشرات عن ظهره، تستفيد الطيور بحصولها على مصدر طعام يُعتمد عليه.

من ناحية أخرى، يُمكن للتَّعايش أن يُصبح تطفلًا بسهولة. فطيور نقار الثيران معروف عنها أنها لا تلتقط الطفيليات فقط، بل تلتقط طفيليات جَرَبِ الماشية عن ظهور مضيفاتها العاشبة. وعندما تلتقط الطيور طفيليات الجَرَبِ، فإنَّها تشرب الدَّم الذي يسيل من الجرح. ومن حين إلى آخر، فإنَّ التأثير المُتراكم لهذه الهجمات المُتكرِّرة يُمكن أن يضعف الحيوان العاشب بشكل كبير، خصوصًا في الظروف غير المُناسبة مثل الجفاف.

التَّقايض علاقة تُفيد الطرفين

التَّقايض علاقة تكافلية بين مخلوقين يستفيد منها كلاهما. للتَّقايض أهمية أساسية في تحديد تركيب المجتمعات الحيوية.

التَّقايض والتَّطور المُتلازم

يحدث بعض أكثر الأمثلة المُدهشة للتقايض في النباتات الزهرية والحيوانات الزائرة لها، مثل الحشرات والطيور والخفافيش. خلال المسار التَّطوري للنباتات الزهرية، ظهرت صفات للأزهار مرتبطة مع صفات في الحيوانات التي تزورها من أجل الغذاء، وفي أثناء هذه العملية، تنتقل حبوب لقاحها من مخلوق إلى آخر. وفي الوقت نفسه، تغيَّرت صفات الحيوانات، بحيث زادت من تخصصها في الحصول على الغذاء، أو أي مادة أخرى من أنواع مُحدَّدة من الأزهار.

مثال آخر من التَّقايض، يتضمن النّمل والمنّ. المنُّ من الحشرات الصغيرة التي تمتص السوائل من لحاء الأشجار الحية عن طريق أجزاء فمها الثاقبة. وتقوم هذه الحشرات باستخلاص مواد مُعينة مثل السكروز والمواد الغذائية من هذا السائل، وتخرج مُعظم هذه المواد على شكل مواد محوّرة من مؤخرتها. بعض أنواع النّمل يستغل ذلك بإيجابية، وذلك بتربية المنّ على الأشجار. يحمل النّمل المنَّ إلى نباتات جديدة، ليُصبح على اتصال مع مصادر جديدة، ويستهلك النّمل "الندى العسلي" الذي يُخرجه المنّ.

النّمل وشجرة الأكاسيا (البطم): مثال رائع على التَّقايض

أحدُ الأمثلة المدهشة النملُ وشجرةُ الأكاسيا (البطم) في أمريكا اللاتينية. توجد لأوراق هذا النوع من الأشجار زائدة مزدوجة تُدعى الأذينة، تحوَّرت لتُصبح مثل أشواك مزدوجة مجوفة. هذه الأشواك يسكنها نوع من النمل اللاسع من جنس *Pseudomyrmex* الذي لا يعشش في أي مكان آخر سواها (الشكل 56-18). ومثلها كمثل الأشواك الموجودة في النباتات جميعها، فإنَّها تعمل على إعاقة العاشبات.

على قمة وريقات أشجار البطم، هناك أجسام غنية بالبروتين تُدعى الأجسام البلتية Beltian bodies، التي سُمِّيت باسم العالِم البريطاني Thomas Belt الذي اكتشفها في القرن التاسع عشر. هذه البروتينات لا تُوجد إلا في أشجار البطم التي يسكنها النّمل، أما التي لا يسكنها النّمل فلا يوجد فيها مثل هذه البروتينات. وظيفة هذه البروتينات واضحة؛ إنها تُوفر الغذاء الأساسي للنمل. إضافة إلى ذلك، فإن النمل يتغذى أيضًا على رحيق من غدد قرب قواعد أوراق شجرة البطم.

الشكل 56-18

التَّقايض: النَّمل وشجر البطم. نمل من جنس *Pseudomyrmex* يعيش داخل أشواك مجوفة لأشجار نوع من شجر الأكاسيا (البطم) في أمريكا اللاتينية. الرَّحيق الذي يُفرز من قواعد الأوراق والأجسام البلتية عند نهايات الأوراق الصغيرة يوفر الغذاء للنمل. والنمل، بدوره، يُزوِّد الشجر بالمواد الغذائية التي تحمي شجرة البطم من آكلات العشب، وتمنع تظليلها من قبل نباتات أُخرى.

يستهلك النمل هذا الرحيق، ويغذي به اليرقات، إضافة إلى الأجسام البلتية. من الواضح، أنَّ العلاقة بين النمل وشجر البطم مفيدة جدًا للنمل ويرقاته؛ لأنها تحتمي بأشواك أوراقها، وتتغذى على البروتين في الأجسام البلتية، وتشرب الرحيق الغني بالسكر. ولكن، ما فائدة النمل لهذه الأشجار؟

عندما يحطّ أيّ عاشب على أغصان أشجار البطم وأوراقها، فإن النمل الذي يسكنها، سرعان ما يُهاجم، ويقضي على هذا العاشب. إنَّ النمل الذي يعيش على أشجار البطم يُساعد مُضيفه على التَّنافس مع الأشجار الأُخرى بأن يقوم بقطع أغصان الأشجار الأخرى التي تلامس شجرة البطم التي يسكنها. وبهذا، فإنَّ النَّمل يصنع ممرًّا للضَّوء يسمح لنبات البطم بالنمو، حتى في الغابات المطرية الاستوائية في الأراضي المُنخفضة من أمريكا الوسطى. وفي الحقيقة، عندما أُزيلت مستعمرات النّمل من أشجار البطم بشكل تجريبي، لم تستطع أشجار البطم المنافسة بنجاح في تلك المناطق. أخيرًا، يجلب النّمل مواد عضوية إلى مسكنه. والأجزاء التي لا يأكلها، من المواد العضوية إضافة الى فضلاته، تُشكِّل مصدرًا مُهمًّا للنيتروجين لأشجار البطم.

عندما لا يُكوّن التقايض تقايضًا

كما هو حال التَّعايش، الأشياء ليست دائمًا كما تبدو عليه. العلاقات بين النمل وشجرة البطم تحدث أيضًا في إفريقيا؛ ففي كينيا، توجد أنواع عدة من نمل البطم، ولكن نوعًا واحدًا فقط يعيش على شجرة واحدة. فالنوع من النمل الذي يُدعى *Grematogaster nigriceps* هو أقل تنافسًا من نوعين آخرين. لمنع هذين النوعين من النمل من الغزو، يقوم النوع *G. nigriceps* بتقليم شجرة البطم، ويمنعها من الاتصال مع الأشجار الأخرى التي قد تشكل جسرًا للغزاة من أنواع النمل الأخرى.

وعلى الرَّغم من أنَّ هذا السلوك مُفيد للنمل، إلا أنَّه مؤذٍ للشجرة؛ لأنَّه يتلف النَّسيج الذي تُصنع منه الأزهار، ما يجعل الشجرة عقيمة. وفي هذه الحالة، فإن ما بدا وكأنَّه علاقة تقايض أصبح بدلًا من ذلك علاقة تَطَفُّل.

يُفيد التَّطفّل أحد الأنواع على حساب الآخر

يُمكن أن نَعُدَّ التَّطفل شكلًا خاصًّا من التَّكافل، يكون فيه الطفيل أصغر بكثير من الفريسة، ويبقى مُرتبطًا ارتباطًا وثيقًا بها. التَّطفل ضار للمخلوق المُتطفَل عليه ومُفيد للطُّفيل. في كثير من الحالات، يقتل الطُّفيل مُضيفَه، وبالنتيجة، فإنَّ التأثيرات البيئية للتَّطفل قد تكون مُشابهة لتلك الناتجة عن الافتراس. جرت العادة في الماضي على دراسة التَّطفل من حيث تأثيره في الأفراد والجماعات التي تعيش ضمنها، ولكن الباحثين أدركوا في السنوات الأخيرة أنَّ التَّطفل قد يكون عاملاً مهمًّا يؤثر في تركيب المُجتمعات.

الطُّفيليات الخارجية

تُسمّى الطُّفيليات التي تعيش، وتتغذى على السطح الخارجي للمخلوق الحي **الطفيليات الخارجية Ectoparasites** (الشكل 56-19). هناك أمثلة عدَّة على الطفيليات الخارجية معروفة في النباتات والحيوانات. في حين تدعى الحشرات التي تضع بيوضها على المضيف الحي **شبيهة الطفيليات Parasitoids**. هذا السلوك شائع في الدَّبابير، حيث تتغذى يرقاتها على جسم المضيف سيئ الحظ، وقد تقتله في الأغلب.

الطُّفيليات الدَّاخلية

الطُّفيليات التي تعيش داخل جسم العائل (المُضيف) تُسمّى **الطفيليات الداخلية Endoparasites**، ويحدث هذا في طوائف عدة من الحيوانات والطلائعيات. يتميَّز التَّطفل الدَّاخلي عن التَّطفل الخارجي بشدَّة تخصصه، ويظهر في طفيليات عدة من الطلائعيات واللافقريات التي تُصيب الإنسان.

الشكل 56-19

طفيل خارجي. السيقان المُمتدة المعروشة الصفراء هي لنبات الهالوك (*Cuscuta*)، طفيل فقد الكلوروفيل الخاص به والأوراق خلال مسار تطوره. ولأنَّه مخلوق عضوي التَّغذية (لا يستطيع تصنيع غذائه)، فإنَّ الهالوك يحصل على غذائه من النباتات المُضيفة التي ينمو عليها.

الشكل 56-20

التَّحكم الطفيلي في سلوك العائل. يتسلق النمل أعلى أوراق الأعشاب بسبب وجود طفيليات في دماغه، حيث يُؤكل من قبل آكل أعشاب يرعى، وبهذا ينتقل الطفيل من الحشرة إلى حيوان ثديي.

كلما كانت حياة الطفيل مُرتبطة أكثر بحياة العائل زاد تغير شكله وسلوكه خلال مسار تطوره (وهذا ينطبق على الرَّوابط التكافلية جميعها وبأنواعها كافة). إن الظروف داخل جسم المخلوق الحي مُختلفة عما هي خارج الجسم، وهي تميل إلى أن تكون أكثر ثباتًا. ومن ثم، فإنَّ تركيب الطفيليات الدَّاخلية غالبًا ما يكون بسيطًا، وتفقد الدُّروع والتَّراكيب غير الضرورية خلال التَّطور (على سبيل المثال، انظر صفات الدِّيدان المُفلطحة في الفصل الـ33).

سلوك الطُّفيل والعائل

طفيليات عدَّة لها دورات حياة مُعقَّدة تحتاج إلى عوائل عدة للنُّمو إلى البلوغ والتَّكاثر. وقد بيَّنت الدِّراسات الحديثة التكيفات اللافتة للانتباه لطفيليات مُعينة أثّرت وغيّرت سلوك العائل من أجل تسهيل انتقالها من عائل إلى آخر. فمثلاً، الكثير من الطفيليات تجعل عائلها يتصرف بطرق تجعلها أكثر عرضةً للهجوم من قبل المُفترسات؛ فعندما يُؤكل العائل، فإنَّ الطُّفيل يتمكَّن من إصابة المُفترس.

أحد أشهر الأمثلة يتضمن الديدان المسطحة الطفيلية، *Dicrocelium dendriticum*، التي تعيش في النمل بوصفها عائلاً وسيطًا، ولكن تصل إلى مرحلة البلوغ في أحد العاشبات الكبيرة الثديية مثل الماشية والغزلان. الانتقال من النمل إلى الأبقار يبدو صعبًا؛ لأنَّ البقر لا يأكل الحشرات. هذه الديدان، من ناحية أخرى، طوَّرت تكيُّفات لافتة للانتباه. فعندما يُصاب النمل بالديدان، فإن إحدى هذه الديدان يهاجر إلى الدِّماغ، ويجعل النمل يتسلق إلى أعالي النباتات، ويطبق فكيه على أوراق الأعشاب عند نهاية اليوم، أي في الوقت المناسب لرعي العاشبات (الشكل 56-20). والنتيجة أنَّ الماشية تأكل النمل مع العشب، ما يُؤدي إلى إصابة الحيوان العاشب.

العمليات البيئية لها تأثيرات تفاعلية

لقد رأينا الطُّرق المُختلفة التي تتفاعل بها الأنواع مع بعضها. وفي الطبيعة، من ناحية ثانية، غالبًا ما يحدث أكثر من نوع من التَّفاعلات في الوقت نفسه. وفي كثير من الحالات، يتغير ناتج نوع من التفاعل أو ينعكس، عندما يحدث نوع آخر من التَّفاعلات في الوقت نفسه.

الافتراس يُقلِّل التَّنافس

عندما تكون المصادر محدودة يستطيع المُنافس الأقوى التَّخلص من الأنواع الأخرى في المجتمع خلال التَّنافس الإقصائي. من ناحية أخرى، فإنَّ المفترسات يُمكن أن تمنع أو تقلل كثيرًا من الإقصاء بتخفيض عدد أفراد الأنواع المنافسة.

إذا كان مفترس معين يتغذى غالبًا على نوعين، أو ثلاثة أنواع، أو أكثر من النباتات أو الحيوانات في مجتمع مُعين، فإنَّ اختيار المُفترس يعتمد بشكل جزئي على نسبة توافر الفريسة. بكلمات أخرى، يمكن أن يتغذى المُفترس على النوع أ عندما يكون مُتوافرًا أكثر، ثُمَّ ينتقل إلى النوع ب عندما يكون الخيار أ نادرًا. بشكل مُشابه، فإنَّ نوع الفريسة يُمكن أن يُصبح مصدرًا أساسيًّا للغذاء لعدد مُتزايد من الأنواع عندما يُصبح متوافرًا أكثر. بهذه الطريقة، يُمكن أن يُمنع المُنافس الأقوى الإقصاء التَّنافسي للأنواع الأخرى.

غالبًا ما تُميِّز مثل هذه الأنماط المجتمعات البحرية. على سبيل المثال، في الافتراس الاختياري للحيوان ذي الصدفتين، فإنَّ نجوم البحر بتغذيتها انتقائيًّا على ذي الصدفتين، فإنها تمنعه من احتكار الموطن، ما يُفسح مكانًا للكثير من الحيوانات الأخرى (الشكل 56-21). عند إزالة نجوم البحر من الموطن، فإنَّ تنوع الأنواع يهبط بشدة، ومن ثم فإنَّ مجتمع قَعْرِ البحر تسود فيه أنواع قليلة من ذوات المصراعين.

يتَّجه الافتراس نحو تقليل التَّناسل في المجتمع الطبيعي، لذلك من الخطأ إزالة المُفترسات مثل الذئاب وأسود الجبال من المجتمع، إذ يمكن أن تكون النتيجة تقليل التَّنوع الحيوي.

التَّطفل يُمكن أن يُعاكس التَّنافس

يُمكن أن تُؤثر الطفيليات في الأنواع متحدة الموطن بشكل مُختلف، ولهذا فهي تُؤثِّر في ناتج التَّفاعلات بين النوعية. إحدى التَّجارب الكلاسيكية تبحث في تفاعلات بين نوعين مُتماثلين من خنفساء الطحين، *Tribolium castaneum* و*T. confusum*، بوجود الطُّفيل *Adelina* أو غيابه. بغياب الطُّفيل، كان نوع *T. castaneum* سائدًا، في حين انقرض نوع *T. confusum* بشكل طبيعي. بوجود الطُّفيل، انعكست النتيجة، فقد انقرض النوع *T. castaneum*.

لوحظت تأثيرات مُشابهة للطفيليات في الأنظمة الطبيعية في كثير من الأنواع. على سبيل المثال، في سحلية الأنوليس *Anolis* في سانت مارتن، التي ذُكرت سابقًا، السحلية الأضعف تنافسيًّا كانت مقاومة لملاريا الزواحف (شكل من المرض ذو علاقة بملاريا الإنسان) أما الأنواع الأخرى فكانت شديدة الحساسية للملاريا. النتيجة أنه في المناطق التي يوجد فيها طفيل الملاريا فقط كان النوعان موجودين معًا.

التأثيرات غير المُباشرة

في بعض الحالات، قد لا تتفاعل الأنواع معًا بشكل مُباشر، مع ذلك، فإنَّ وجود نوع يُؤثر في نوع آخر من خلال تفاعله مع نوع ثالث. هذه التَّأثيرات تسمى **التأثيرات غير المباشرة Indirect effects**.

قوارض الصحراء التي ذُكرت سابقًا في تجربة جرذان الكنغر تأكل الحبوب، وكذلك يفعل النمل في المجتمع؛ وهكذا، فمن الممكن أن نتوقع أن يتنافسا مع بعضهما. ولكن عندما أُزيلت القوارض جميعها تمامًا من المحميات التَّجريبية، ولم يُسمح لها بالعودة (على عكس التَّجربة السابقة، لم تعمل ثقوب في جدران المحميات)، فإنَّ عدد جماعات النمل في البداية قد زاد، إلا أن عددها قد انخفض بعد ذلك (الشكل 56-22).

في البداية، كان ازدياد عدد النمل متوقعًا نتيجة لإزالة المُنافس. ولكن لماذا تناقص عدد النمل بعد ذلك؟ يُظهر الجواب التَّعقيدات في النظام البيئي. تُفضِّل القوارض الحبوب الكبيرة، في حين يفضل النمل الحبوب الصغيرة. إضافة إلى ذلك، إنَّ النباتات ذات البذور الكبيرة هنا كانت سائدة تنافسيًّا على النباتات ذات البذور الصغيرة. لذلك، فإنَّ إزالة القوارض أدى إلى زيادة عدد النباتات ذات البذور الكبيرة، التي بدورها تُقلِّل عدد النباتات ذات البذور الصغيرة المتاحة للنمل. وباختصار، إن تأثير القوارض على النَّمل مُعقَّد: تأثير سلبي ومُباشر بسبب التنافس على المصادر، وتأثير غير مباشر وإيجابي عن طريق التَّنافس بين النباتات.

أ.

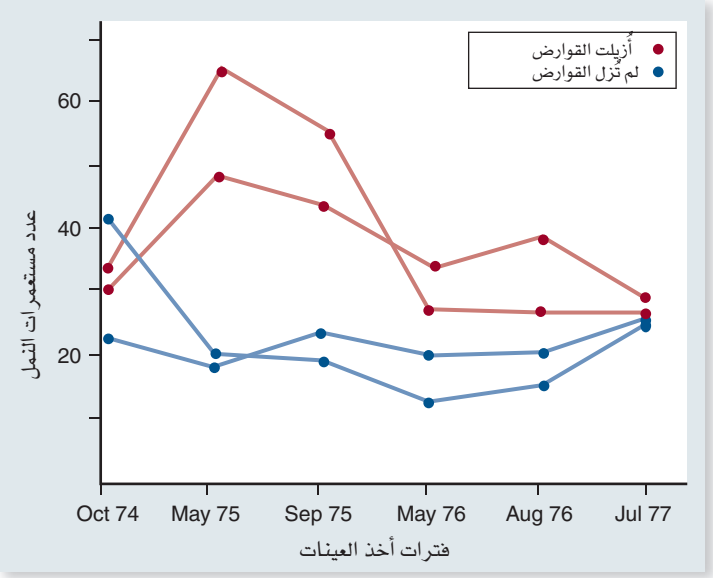
ب.

الشكل 56-21

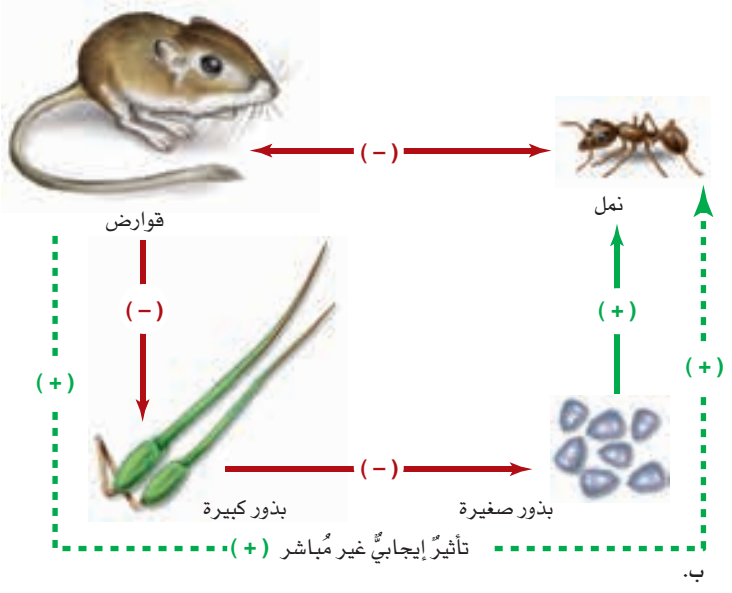
الافتراس يُقلِّل من التَّنافس.

أ. في تجربة منضبطة على نظام بيئي ساحلي، قام العالِمُ روبرت بين من جامعة واشنطن بإزالة مُفترس رئيس، نجم البحر (*Pisaster*).

ب. كرد فعل لذلك، أخذت فصيلة من بلح البحر، نوع من الرَّخويات ذات المصراعين، في النُّمو بشدة وفعالية لدرجة أنَّها زاحمت بقوة سبعة من الأنواع المُستوطنة الأُخرى.



أ.



ب.

الشكل 56–22

التَّأثيرات المُباشرة وغير المُباشرة في مجتمع بيئي. أ. في المحمية التي أُزيل منها جرذان الكنغر، ازداد عدد النَّمل بداية مقارنة بالمحميات الضابطة، ولكن بعد ذلك انخفض عدد جماعات النمل. ب. النمل والقوارض كلاهما يأكل البذور، ولذلك فإنَّ وجود القوارض له تأثير سلبي مُباشر في النَّمل، والعكس صحيح. على كل حال، وجود القوارض له تأثير سلبي في البذور الكبيرة. وإن عدد النباتات صاحبة البذور الكبيرة بدورها لها تأثير سلبي في النباتات التي تُنتج بذورًا صغيرة. وعلى هذا، وجود القوارض يجب أن يزيد من عدد البذور الصغيرة. وإنَّ عدد البذور الصغيرة بدوره له تأثير إيجابي في جماعات النمل. ولذلك، فإنَّ وجود القوارض له تأثير إيجابي غير مُباشر في حجم جماعات النمل.

استقصاء

لماذا يزداد عدد جماعات النمل، ثم يتناقص عند غياب القوارض؟

الأنواع الرئيسة لها تأثيرات أساسية في المُجتمعات

تُسمّى الأنواع التي يكون تأثيرها في تركيب المجتمعات أكبر مما نتوقع بناءً على وفرتها **الأنواع الأساسية Keystone species**. المُفترسات، مثل نجم البحر الذي ذُكر سابقًا، يُمكن أن يكون على الأغلب نوعًا أساسيًّا حيث إنه يمنع أحد الأنواع من أن يتفوق تنافسيًّا على الأنواع الأخرى، ويُحافظ بذلك على مستويات عالية من غنى الأنواع في المُجتمع.

هناك تنوع واسع لأنواع أخرى من الأنواع الأساسية موجود أيضًا. بعض الأنواع الأساسية تُغيِّر في البيئة بطرق تصنع مواطن جديدة للمخلوقات الأخرى. فالقنادس، على سبيل المثال، تُحوِّل مجرى الشلالات إلى تجمعات مائية صغيرة، عن طريق تغيير مجرى المياه ومناطق الفيضانات (الشكل 56-23). وبشكل مُشابه، تحفر التَّماسيح ثقوبًا عميقة في قيعان البحيرات. في أوقات الجفاف، تصبح هذه الثقوب المناطق الوحيدة التي تحتوي على الماء، ما يسمح للأنواع المائية بالبقاء (التي كان من المُمكن أن تنقرض) حتى ينتهي الجفاف وتمتلئ البحيرة من جديد.

في التَّكافل، يتفاعل نوعان أو أكثر بشكل كبير، بحيث يستفيد أحدهما على الأقل.

التَّعايش نوع من التَّكافل؛ حيث يستفيد أحد النَّوعين، ولا يتأثر الآخر إيجابيًّا أو سلبيًّا.

يتطلب التَّقايض تفاعلات بين الأنواع التي تتبادل المنفعة.

التَّطفل شكل من التَّكافل مُفيد للطُّفيل، ولكنه ضار بالعائل.

الكثير من العمليات المُختلفة تميل إلى الحدوث في الوقت نفسه داخل المُجتمعات. ويُمكننا فهم كيفية عمل المُجتمعات فقط عن طريق فهم كيفية تداخل هذه العمليات.

الشكل 56–23

مثال على نوع أساسي. تقوم القنادس عن طريق تكوين سدود بتحويل الجداول الجارية إلى برك راكدة، صانعة بيئة جديدة لكثير من النباتات والحيوانات.

5-56 التَّعاقب البيئي والاضطراب وغنى الأنواع

حتى لو بقي المُناخ ثابتًا في مساحة معينة عامًا بعد عام، فإن المُجتمعات تميل للتغيّر من البسيط إلى المُعقَّد في عملية تُعرف **بالتَّعاقب البيئي Succession**. هذه العملية معروفة لأي شخص شاهد قطع الأرض الفارغة، أو التي أزيلت منها الأشجار، حيث تصبح مستعمرة عن طريق ازدياد عدد الأنواع فيها.

ينتج التَّعاقب البيئي تغيّرًا في تركيب الأنواع

إذا حُرقت وأُزيلت منطقة شجرية، وتُركت دون تدخّل، فإنَّ النباتات تعود مرة أخرى إلى المنطقة ببطء. في النِّهاية، تختفي آثار الإزالة والقطع، وتعود المنطقة شجرية مرة أخرى. هذا النوع من التَّعاقب الذي يحدث في المناطق، حيث تعرَّض المُجتمع الموجود فيها للاضطراب، ولكن المخلوقات ما زالت موجودة فيه يُدعى **التَّعاقب الثانوي Secondary succession**.

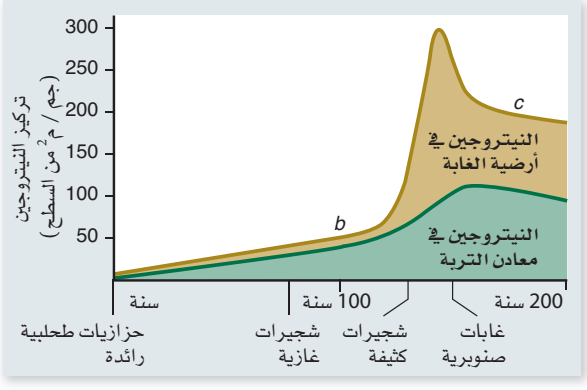
وعلى العكس، فإنَّ **التَّعاقب الأولي Primary succession** يحدث في المناطق العارية والخالية من الحياة، مثل الصخور، أو في المياه المفتوحة، حيث تتمكَّن المخلوقات تدريجيًّا من التَّحرُّك نحو منطقة، وتُغيِّر طبيعتها. يحدث التَّعاقب الأولي في البحيرات التي جفَّت، والأراضي التي تكشفت بعد تراجع الجليد، وفي الجزر البركانية التي تبرز فوق البحر (الشكل 56-24).

يُعطي التَّعاقب الأولي على الأتربة والحجارة الجليدية مثالًا على ذلك (انظر الشكل 56-24). تكون درجة حموضة التربة في الأراضي العارية الخالية من المعادن، التي انكشفت بعد تراجع الجليد قاعدية؛ نتيجة لوجود الكربونات في الصخور، ويكون مستوى النيتروجين قليلاً. أول المخلوقات الخضراء التي تنمو في هذه الظروف هي الأشنات. وتُساعد الإفرازات الحمضية الناتجة عنها على تكسير المواد، وتُقلِّل درجة الحموضة pH، وتزيد من تراكم التربة. بعد ذلك، تستعمر الحزازيات الطحلبية هذه التَّراكمات من التربة. وأخيرًا، تتكون كميات كافية من المواد الغذائية في التربة تُمكِّن الشجيرات الصغيرة من النمو. عبر مئات السنين، تقوم الشجيرات التي لها علاقة تكافلية مع البكتيريا، والتي تثبت النيتروجين الجوي (نوقش في الفصل الـ 26)، بزيادة مستوى النيتروجين في التربة، وتقليل درجة الحموضة. تتمكَّن الأشجار الصنوبرية من الظهور عند هذه النقطة. وفي النهاية تُزاحم هذه الأشجار الصنوبرية الشجيرات، وتُشكِّل غابات صنوبرية كثيفة.

في مثال مُشابه، بحيرة قليلة المواد الغذائية *Oligotrophic lake* يُمكن تدريجيًّا، عن طريق المواد العضوية، أن تُصبح بحيرة غنية بالمواد الغذائية *Eutrophic lake*. عندما يحدث هذا، فإنَّ تركيب المُجتمعات يتغير، في البداية يزداد غنى الأنواع، ثُمَّ ينخفض.

لماذا يحدث التَّعاقب؟

يحدث التَّعاقب لأنَّ الأنواع تُغيِّر الموطن والمصادر المُتوافرة فيها بطرق تصلح لأنواع أُخرى. هناك ثلاثة مفاهيم ديناميكية مُهمة جدًا في هذه العملية، هي: التَّحمل، والتَّسهيل، والتَّثبيط.



أ.

الشكل 56-24

التَّعاقب البيئي الأولي في خليج ألاسكا المُتجمد. أ. في البداية، تكون الأتربة الجليدية في خليج ألاسكا المُتجمد قليلة النيتروجين. ب. أوائل الغزاة لهذه المناطق المكشوفة هم من الرواد مثل أنواع من الحزاز الطحلبي ومعها بعض الميكروبات المُثبتة للنتروجين، المُرتبطة بعلاقات تقايضية. جـ. بعد 20 عامًا، ظهرت الشجيرات الصغيرة. تقوم هذه الشجيرات بتثبيت النيتروجين. د. كلما زادت نسب النيتروجين في التربة، فإنَّ الأشجار الصنوبرية تُزاحم الشجيرات مُكوِّنة غابة.

ب.

جـ.

د.

1. **التَّحمل Tolerance**. تتميز مراحل التَّعاقب المُبكرة بأنواع عشبية، أنواع مُنتخبة تكاثريًّا r-selected species تتحمل الظروف القاسية غير الحيوية في المناطق القاحلة (ناقش الفصل السابق الأنواع المنتخبة تكاثريًّا والمنتخبة بقدرة التحمل).
2. **التَّسهيل Facilitation**. إنَّ المراحل التَّعاقبية العشبية المُبكرة تُدخل تغيرات محلية في الموطن تُناسب مخلوقات أُخرى، أنواع أقل عشبية. وبهذا فإنَّ الحزازيات الطحلبية في تعاقب منطقة خليج الجبال الجليدية تُحوِّل النيتروجين إلى شكل يسمح لشجيرات مثل جار الماء بالدُّخول (شاهد الشكل 56-24). تُقلِّل الشجيرات بدورها حموضة التربة عندما تتحلَّل أوراقها الساقطة، ما يسمح لأشجار البيسية والشوكران بالنُّمو.
3. **التَّثبيط (المنع) Inhibition**. في بعض الأحيان بينما تناسب التَّغيرات في الموطن التي يُسبِّبها مخلوق معين أنواعًا أخرى، فإنَّها في الوقت نفسه تمنع نمو النوع المُسبِّب لها. فشجيرات جار الماء، على سبيل المثال، لا تستطيع النمو في الوسط الحمضي بشكل جيد، كما تنمو أشجار الصنوبر التي تحلّ محلها.

خلال مسار التَّعاقب، تزداد أعداد الأنواع كلما زاد تحسُّن البيئة. وعلى الرَّغم من هذا، ففي بعض الأحيان، وعندما تنضج الأنظمة البيئية، يحلّ مزيد من الأنواع المنتخبة بقدرة التحمل محل الأنواع المنتخبة تكاثريًّا، وتقوم المُنافسات القوية بطرد الأنواع الأُخرى، ما يؤدي إلى انخفاض في غنى الأنواع.

التَّعاقب في المجتمعات الحيوانية

إنَّ الأنواع الحيوانية الموجودة في مجتمع ما تبدأ بالتَّغير مع الوقت بنمط تعاقبي. حالما تتغير النباتات خلال التَّعاقب، تختفي مواطن لأنواع مُعينة، وتظهر لأنواع أخرى.

مثال لافت للنَّظر ومحدد وقع على جزر كراكاتاو Krakatau التي دمرها انفجار بركاني هائل عام 1838. في البداية، كانت الجزر قاحلة ومملوءة بالرَّماد، ثم بدأت عملية تعاقب سريعة، وبدأ ظهور الغطاء الأخضر. وبعد سنة من البركان، ظهرت بعض الأعشاب، وبعد 15 عامًا ظهرت النباتات الساحلية، وغطت الأجزاء الأمامية بأراض عشبية كثيفة. وعام 1930، أصبحت الجزر مُغطاة كلها بالغابات (الشكل 56-25).

تغيُّر الغطاء الحيواني لهذه الجزر تزامن مع التغير في الغطاء النباتي. فبعد تسعة أشهر من الانفجار البركاني، كان الحيوان الوحيد الموجود هو عنكبوت واحد، ولكن عام 1908، كان هناك 200 نوع من الحيوانات في هذه الجزر في مسح مدته 3 أيام فقط. في بداية الأمر، كانت الحيوانات الأولى الموجودة هي الحيوانات العشبية، وبعد ظهور الغابات، اختفت الحيوانات العشبية مثل حمامة الحمار الوحشي والصُرَّد (نوع من الطيور المُفترسة)، وحلّ محلها الحيوانات مستوطنة الغابات، مثل الخفاش آكل الفواكه، والطيور آكلة الفواكه كذلك.

وعلى الرَّغم من أنَّ أنماط التَّعاقب لأنواع الحيوانات حدثت بسبب تعاقب الأنواع النباتية، فإنَّ التَّغيُّر في تركيب المجتمع الحيواني يُؤثر بدوره في وجود النباتات. بالتَّحديد، لم تتمكن أنواع النباتات التي تُلقِّحها أو تنشر حبوب لقاحها حيوانات من استعمار هذه الجزر حتى تمكَّنت الحيوانات التي تُلقحها، أو تنشر حبوب لقاحها من الوجود. على سبيل المثال، الخفافيش آكلة الفاكهة، كانت بطيئة في استيطان هذه الجزر، وإلى أن ظهرت، كان القليل من أنواع النباتات التي يُلقحها الخفاش موجودًا.

أ.

ب.

الشكل 56-25

التَّعاقب البيئي بعد البركان. دمر الانفجار البركاني الرئيس على جزيرة كراكاتاو عام 1883 أشكال الحياة جميعها على الجزيرة. أ. هذه الصورة تُظهر انفجارًا أحدث وأقل تدميرًا، للبركان. ب. جزيرة كراكاتاو مغطاة بالغابات ومسكونة بالحيوانات.

يُمكن أن تقوم الاضطرابات بدور مهم في تركيب المُجتمعات

بشكل تقليدي، يرى كثير من علماء البيئة المجتمعات الحيوية في حالة الاتزان، وهي حالة استقرار قاومت التَّغيرات، وعادت إلى طبيعتها بسرعة إذا قام الإنسان أو الطبيعة بإحداث اضطراب فيها. مثل هذا الاستقرار يُعزى بشكل غير عادي إلى عملية التَّنافس بين النوعي.

منذ سنوات قريبة، أُعيدت مراجعة وجهة النَّظر هذه، وبدأ العلماء بشكل مُتزايد يلاحظون أنَّ المُجتمعات تتغيَّر بشكل مستمر بسبب التَّغيرات المُناخية، وغزو الأنواع والاضطرابات. ولهذا السبب، بدأ كثير من علماء البيئة يستشهدون بنماذج عدم الاتزان التي تُظهر التَّغير، بدلًا من الاستقرار. وقد تركزت بؤرة الاهتمام في الأبحاث البيئية التي تُظهر أهمية دور الاضطرابات في تحديد تركيب المُجتمعات.

يُمكن أن تكون الاضطرابات واسعة أو محلية. فالاضطرابات، مثل حرائق الغابات، والجفاف، والفيضانات، يُمكن أن يكون لها تأثير في مناطق واسعة. وقد يكون للحيوانات أثر تخريبي كبير. فلحشرة عثّ الغجر القدرة على تدمير غابة كاملة عن طريق أكل أوراق أشجارها كلها. ويُمكن لجماعات الغزلان غير المنظمة التي تنمو بشكل انفجاري أن تُدمِّر الغابة التي تعيش فيها عند الرَّعي الجائر. من ناحية أخرى، تُؤثر الاضطرابات المحلية في منطقة صغيرة، مثل سقوط شجرة في غابة أو قيام حيوان بحفر حفرة عند جذور النباتات.

فرضية الاضطراب المُتوسط

في بعض الأحيان، يُمكن أن تقوم الاضطرابات بدور في زيادة غنى الأنواع في منطقة ما. وبحسب **فرضية الاضطراب المتوسط Intermediate disturbance hypothesis**، فإنَّ المُجتمعات التي تتعرَّض إلى كمية متوسطة من الاضطراب سوف تحصل على مستويات من غنى الأنواع أكبر من المُجتمعات التي فيها اضطراب قليل أو كثير.

يُمكن أن يكون هناك سببان لذلك: أولًا، في المجتمعات التي يحدث فيها اضطراب متوسط، فإنَّ رقعًا من المواقع ستوجد في مراحل عدة تعاقبية مُختلفةً. في المنطقة ككل، بعد ذلك، سيكون تنوع الأنواع أكبر؛ لأنَّ مدى كاملاً من الأنواع – التي تُميِّز كل مراحل التَّعاقب– سوف يكون موجودًا. على سبيل المثال، يُمكن لنمط اضطراب متوسط وعَرَضي أن يُحدث في الغابات المطرية فجوة (كما في سقوط شجرة) تسمح بغزو أنواع أُخرى لهذه الفجوة (الشكل 56-26). بعد ذلك، تدخل الأنواع التي احتلت هذه الفجوة مراحل التَّعاقب، شجرة تحتل محل شجرة، حتى تحتل شجرةٌ ظليلة الفجوةَ مرة أُخرى. ولكن إن كانت هناك فجوات عدة بأعمار مُختلفة في الغابة، فإنَّ أنواع أشجار مُختلفة سوف توجد، بعضها في الفجوات القديمة وأخرى في الفجوات الجديدة.

ثانيًا، يُمكن للاضطرابات المُتوسطة أن تمنع المُجتمعات من الوصول إلى المراحل النهائية للتَّعاقب، حيث تُزيل أنواع قليلة سائدة مُنافسة أغلب الأنواع الأخرى. وعلى العكس فإنَّ الاضطراب الواسع يُمكن أن يترك المجتمع بشكل مستمر في أوائل مراحل التَّعاقب، حيث يكون غنى الأنواع قليلًا نسبيًّا.

يُدرك علماء البيئة بشكل مُتزايد أنَّ الاضطراب شائع، وليس استثنائيًّا في مجتمعات مُتعدِّدة. وعلى هذا، فإنَّ فكرة تحرّك المجتمعات بشدة نحو مسار

الشكل 56-26

الاضطرابات المتوسطة. شجرة وحيدة ساقطة صنعت فجوة ضوئية في الغابات المطرية الاستوائية في بنما. مثل هذه الفجوات تؤدي دورًا رئيسًا في الإبقاء على التنوع الكبير للأنواع في الغابات المطرية. في هذه الحالة، يُمكن لنبات مُحب لضوء الشَّمس أن يزدهر، وينمو بين الأشجار الكثيفة في الغابة.

تعاقبي يبلغ أقصاه بتكوين مجتمع "الذروة" متوقعة. يُمكن أن يكون التنبؤ بحالة المجتمع في المُستقبل صعبًا؛ لأنَّ وقوع اضطرابات غير مُتوقعة سوف يُعاكس التَّغيرات التَّعاقبية. إنَّ دراسة دور الاضطرابات في تركيب المُجتمعات هو الآن محط دراسة في علم البيئة.

تتغيَّر المُجتمعات مع الوقت بعملية تُسمّى التَّعاقب البيئي. غنى الأنواع يميل إلى الزيادة عبر الزمن، على الرغم من أنَّه قد يتناقص في النِّهاية.

الاضطراب شائع غالبًا في المُجتمعات البيئية. في بعض الأحيان، يُمكن لمستويات من الاضطراب المُتوسط أن تزيد غنى الأنواع.

مراجعة المفاهيم

56-1 المجتمعات الحيوية: الأنواع تعيش معًا

المُجتمع مجموعةٌ من الأنواع المُختلفة تحتل موقعًا مُعينًا.

- مُصطلح التَّجمُّع يعني مجموعة جُزئية من مُجتمع كبير.
- تتميز المجتمعات بأنواعها الرئيسة، أو غنى أنواعها، أو إنتاجيتها الأولية.
- مفهوم الاستقلالية للمُجتمع يعني أنَّ المُجتمع هو تجمُّع عشوائي لأنواع حدث أنْ وُجدت في مكان ما.
- مفهوم الكُليّة للمُجتمع يُصوِّر المُجتمع بوصفه وحدة مُتكاملة، تتكون من أنواع تعمل معًا بوصفها جزءًا من كل عامل.
- تستجيب الأنواع بشكل مُستقل للظروف البيئية، ويتغيَّر تركيب المُجتمع تدريجيًّا عبر الزمان والمكان.
- المناطق الانتقالية هي مناطق بين بيئات مُنفصلة، حيث تتغير الظروف البيئية بشكل سريع، وتتداخل الأنواع من كل بيئة معًا (الشكل 56-3).

56-2 مفهوم العشّ البيئي

العشّ البيئي هو كامل الطُّرق التي تستخدم فيها الأنواع المصادر البيئية.

- العشّ البيئي الأساسي، أو الافتراضي، يصف كيف يكون النوع قادرًا على استخدام المصادر إذا لم يكن هناك عوامل مُؤثرة.
- العشّ البيئي المتحقق هو الظروف البيئية الحقيقية التي تسمح بتأسيس جماعات مُستقرة.
- الأعشاش البيئية هي متحققة بسبب وجود الافتراس، والتَّنافس، والأمراض.
- ينص مبدأ الإقصاء التَّنافسي على أنَّه عندما يحتل نوعان المنطقة نفسها في الوقت نفسه، ويتنافسان على المصادر نفسها، فإنَّ أحد النوعين سينتهي إنْ كانت المصادر محدودة (الشكل 56-5 ب).
- تحدث تجزئة المصادر في الأنواع المُتشابهة بيئيًّا التي تحتل المنطقة الجغرافية نفسها، لتقليل ضغط التنافس (الشكل 56-7).

56-3 علاقات بين المفترِس – الفريسة

الافتراس هو استهلاك أحد الأنواع للآخر.

- يُولِّد الافتراس تأثيرات قوية في جماعات الفريسة.
- هناك ضغط انتخابي قوي على الفريسة لتجنب الافتراس، والعكس صحيح، ما يُسبِّب تطورًا متزامنًا لكليهما.
- طوَّرت الفرائس الحيوانية والنباتية دفاعات كيميائية لحماية نفسها من الافتراس.
- توجد الألوان التَّحذيرية في المخلوقات الفريسة التي تستخدم السموم أو اللسعات لطرد المُفترِس.
- تحدث محاكاة بيتس عندما تبدو الأنواع المُستساغة مثل الأنواع المُقزِّزة.
- تحدث محاكاة مولر عندما يبدو نوعان مُقززان متشابهين.

56-4 الأنواع المتعددة لتفاعلات الأنواع

يحدث التَّكافل عندما يتفاعل نوعان أو أكثر يرتبطان بشكل أو بآخر بارتباط دائم.

- يُفيد التَّعايش أحد الأنواع، في حين لا يُفيد النَّوع الآخر، ولا يضرّه.
- التَّقايض علاقة يستفيد منها كلا النوعين.
- التَّطفل علاقة يكون فيها العائل مُتضررًا غالبًا لدرجة الموت.
- في الطبيعة، يحدث أكثر من تفاعل واحد في الوقت نفسه.
- يُمكن أن تحدث التأثيرات غير المُباشرة عندما يتأثر عضو من نوعين مُتفاعلين بنوع ثالث.
- الأنواع الأساسية (الأنواع المُهمة) يُمكن لها أن تُحافظ على تنوُّع المُجتمع بتقليل التَّنافس بين الأنواع، أو تعديل البيئة لصنع مَواطن جديدة.

56-5 التَّعاقب البيئي، والاضطراب، وغنى الأنواع

للمُجتمعات الميل للتغير عبر الزمن بعملية تُسمّى التَّعاقب

- يقع التَّعاقب عندما تُغيِّر الأنواع مواطنها ومصادرها، لتمهد الطريق لأنواع أخرى.
- التَّعاقب الأولي يبدأ بأساس عارٍ، وخالٍ من الحياة (الشكل 56-24 ب).
- التَّعاقب الثانوي يقع بعد حدوث اضطراب لمُجتمع موجود.
- تشمل طرق التَّعاقب التَّسهيل، والتَّحمل، والتَّثبيط.
- في أثناء التَّعاقب، يزداد غنى الأنواع إلى أن يصل إلى الاستقرار أو يتناقص مع الوقت إذا تفوقت تنافسيًّا الأنواع المُنتخبة بقدرة التحمل.
- يتغير تعاقب الأنواع الحيوانية مع التَّعاقب النباتي، وهذا بدوره، قد يجعل المُجتمعات الحيوانية تُؤثِّر في التَّعاقب النباتي.
- يتغير تركيب المُجتمع بسبب اضطرابات محلية أو عالمية، "تعيد" التَّعاقب مرة أُخرى.
- المُستويات المُتوسطة من الاضطراب يُمكن لها أن تزيد من غنى الأنواع.

أسئلة مراجعة

الاختبار الذاتي

ارسم دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. الدِّراسات التي توضح أن الأنواع التي تعيش في مجتمع بيئي تتغيَّر بشكل غير مُستقل عن بعضها في المكان والزمان:
   أ. تدعم مبدأ الفردية (الاستقلالية) للمُجتمعات البيئية.
   ب. تدعم مبدأ الكلية (الشمولية) للمُجتمعات البيئية.
   جـ. تقترح أنَّ تفاعلات الأنواع هي العامل المُحدِّد الوحيد الذي يجعل الأنواع توجد معًا في مجتمع ما.
   د. لا شيء مما ذُكر.
2. إذا كان لنوعين عشّان بيئيان، وأُجبرا على الوجود معًا، والاشتراك معًا بمصادر مُحدَّدة، فإنّ:
   أ. كلا النوعين يُتوقع أن يوجدا معًا.
   ب. كلا النوعين يُتوقع أن ينقرضا.
   جـ. النوع الذي يستغل المصادر المحدودة سوف يقود الآخر إلى الانقراض.
   د. من المتوقع أن يُصبح النَّوعان مُتشابهين.
3. بحسب نظرية التَّطور المُترافق بين الفريسة والمفترس، عندما تُطور الفريسة وسيلة دفاع جديدة ضد المُفترس:
   أ. يتوقع أن ينقرض المفترِس.
   ب. تتزايد جماعة الفريسة بشكل مُطّرد لدرجة أنها تخرج عن سيطرة المُفترِس.
   جـ. تتزايد أعداد المفترِس.
   د. تتطور استجابات المفترِس عن طريق الانتخاب الطبيعي.
4. لكي تكون المحاكاة فعّالة في حماية نوع من الافتراس، يجب أنْ:
   أ. تحدث في أنواع مُستساغة تُشبه أنواعًا غير مستساغة.
   ب. يكون له ألوان إخفاء.
   جـ. تحدث بحيث يكون المقلِّد شبيها بالنَّموذج (المقلَّد).
   د. تحدث في الأنواع الخطرة والسامة.
5. واحدٌ مما يأتي مثال على التَّقايض:
   أ. دودة شريطية تعيش في أمعاء عائلها.
   ب. سمكة مهرجة تعيش بين لوامس قنديل البحر.
   جـ. شجرة بطم مع نمل شجر البطم.
   د. نحل يتغذى على رحيق من زهرة ما.
6. أكلُ طيور نقار الثيران:
   أ. للحشرت غير الضارة عن الثدييات مثالٌ على التَّعايش.
   ب. للطفيلات الخارجية مثالٌ على التَّقايض.
   جـ. للجرب حتى يتغذى على دم الثدييات مثالٌ على التَّطفل.
   د. كل ما ذُكر.
7. يُطلق على النوع الذي يكون تأثيره في المُجتمع أكبر من المُتوقع بناء على وفرته أنه:
   أ. مُفترس. ب. نوع تعاقب أولي.
   جـ. نوع تعاقب ثانوي. د. نوع أساسي
8. عندما يقوم مُفترس بأكل المُنافس الأقوى بين نوعين مُتنافسين فمن المُحتمل أن:
   أ. ينقرض المُنافس الأضعف. ب. يبقى المُنافس الأقوى ويستمر.
   جـ. توجد الأنواع المُتنافسة معًا. د. لا شيء مما ذُكر.
9. الأنواع الأساسية تؤدي دائمًا إلى:
   أ. زيادة تنوع الأنواع. ب. تناقص التنوع.
   جـ. مُفترسات. د. لا شيء مما ذُكر.
10. الأنواع التي تستوطن أولًا موطن تحت التَّعاقب الأولي:
    أ. تكون عادة أشد المُنافسات.
    ب. تُساعد على إبقاء موطنها ثابتًا، وهذا يُحافظ على بقائها.
    جـ. ربما تُغيِّر موطنها بطريقة تُساعد على غزو أنواع أخرى.
    د. يجب أن تكون أولًا مُتخصصة ناجحة في التعاقب الثانوي.
11. إنَّ التنوع في المراحل التَّعاقبية المُتأخرة:
    أ. يُتوقع أن يكون مُنخفضًا.
    ب. يُتوقع أن يكون عاليًا.
    جـ. على اتزان دائمًا.
    د. يعتمد على الصفات الفيزيائية للموطن فقط.
12. العشّ البيئي الأساسي للمخلوق:
    أ. يكون دائمًا محدودًا أكثر من العشّ البيئي المتحقق.
    ب. يكون محدودًا بشكل أقل من العشّ البيئي المتحقق.
    جـ. يأخذ في الحسبان الظروف البيئية وجود الأنواع الأُخرى.
    د. لا شيء مما ذُكر.
13. تقسيم المصادر:
    أ. يُقلِّل من تداخل الأعشاش البيئية.
    ب. يزيد من التنافس.
    جـ. يزيد من تداخل الأعشاش البيئية.
    د. كل ما ذُكر.
14. الأشنات التي تنمو على سطح الصخور تُعطي مثالًا على:
    أ. التَّسهيل. ب. التَّحميل.
    جـ. التثبيط. د. التَّعاقب البيئي.

أسئلة تحدٍّ

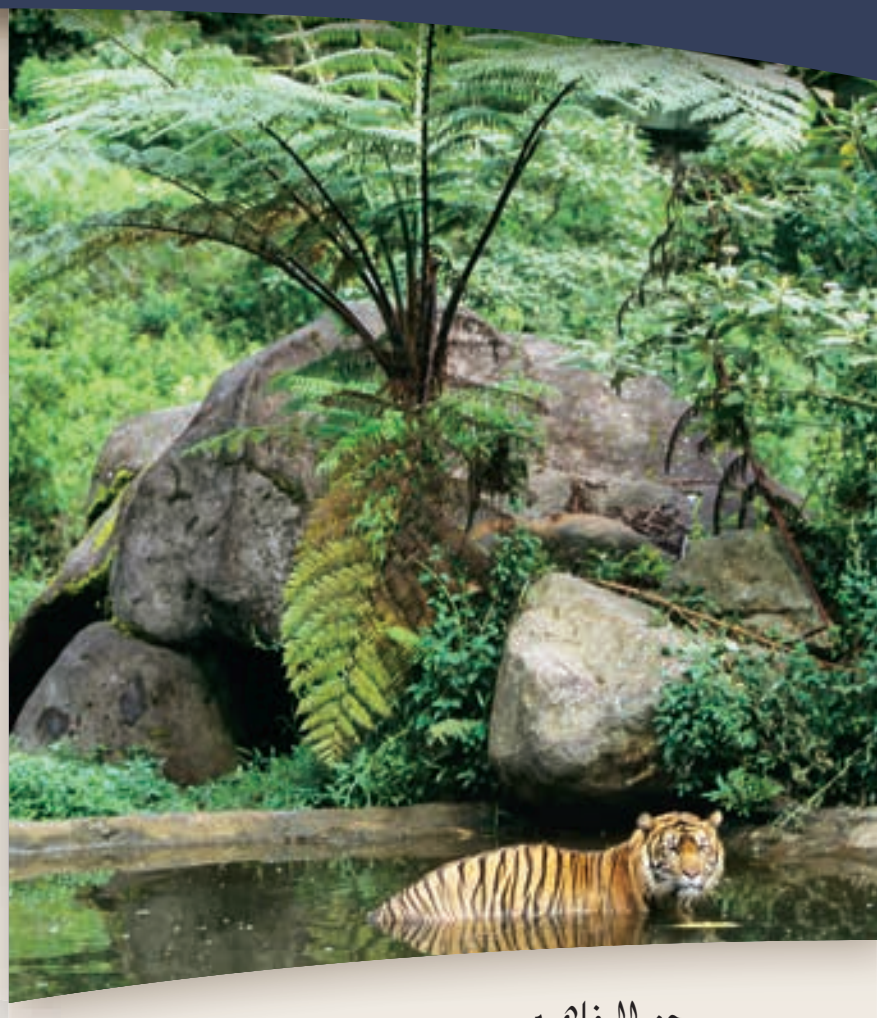
1. يُعرف التنافس تقليديًّا بتوثيق أثر نوع في جماعة نوع آخر. هل هناك طرق بديلة لدراسة التأثيرات المُحتملة للتنافس في مخلوقات لا يُمكن عمليًّا إجراء تجارب عليها لكبر حجمها أو طول عمرها؟
2. ارجع إلى (الشكل 56-9). إذا استُبدلت الفريسة الوحيدة من نوع براميسيوم بأنواع عدة مُختلفة من فرائس مُحتملة تختلف في قابلية تناولها بوصفها غذاء أو بسهولة خضوعها للمفترس (مؤديًا إلى مستويات عدَّة من التَّفضيل للمُفترس) كيف تتوقع أن تصبح ديناميكية النظام (يعني هذا، هل تزداد فرصة انقراض هذا النِّظام أم تقل؟) ؟
3. ارجع إلى (الشكل56-22). هل هناك فرضيات أُخرى تفسر سبب الزِّيادة التي تبعها نقصان في أعداد مستعمرات النمل بعد إزالة القوارض في التَّجربة التي ذكرت في (الشكل 56-22) إذا كانت هناك فرضيات، كيف يُمكنك فحص الآلية المُفترضة في الشكل؟
4. ارجع إلى (الشكل 56-7). ادرس النمط الذي تتوزع فيه أحجام المناقير في نوعين من طيور الحسون على جزر جلاباغوس. إحدى الفرضيات التي يُمكن استخلاصها من هذا النَّمط هو أنَّ إحلال الصفات قد وقع. هل هناك أي فرضيات أُخرى؟ إذا كانت هناك فرضيات أخرى، كيف يمكنك فحصها؟

هل أنت في حاجة إلى مراجعة إضافية؟ زر الموقع www.ravenbiology.com. لتتدرب على الاختبارات القصيرة، والرسوم المتحركة، والتسجيلات التلفزيونية، وأنشطة مخصصة لمساعدتك على فهم المادة الموجودة في هذا الفصل.

الفصل 57

ديناميكيّات الأنظمة الْبيئيّة

Dynamics of Ecosystems



موجز المفاهيم

57-1 الدَّورات الكيميائية الأرضية الحيوية (البيوجيوكيميائية)

- *المكونات الذَّرية للمادة تدور في الأنظمة الْبيئيّة.*
- *يدور الكربون، وهو أساس الْمركّبات الْعضويّة، عبر مُعظم الأنظمة الْبيئيّة.*
- *توفُّر الماء أساسي للنُّظم الْبيئيّة لليابسة.*
- *تعتمد دورة النيتروجين على تثبيته من قِبَل ميكروبات.*
- *تتم دورة الفوسفور خلال الأنظمة الْبيئيّة اليابسة والمائية، ولكن ليس خلال الغلاف الجوي.*
- *المواد الغذائية المُحدَّدة في الأنظمة الْبيئيّة هي التي تتوافر بكمية أقل من الحاجة إليها.*
- *تمَّت دراسة التدوير البيوجيوكيميائي في النِّظام البيئي للغابات تجريبيًّا.*

57-2 تدفق الطَّاقة في الأنظمة الْبيئيّة

- *الطَّاقة لا تفنى ولا تستحدث، ولكن تتحول من شكل إلى آخر.*
- *تستطيع المخلوقات الحية استخدام أشكال مُختلفة من الطَّاقة، ولكن ليس الحرارة.*
- *تتدفق الطَّاقة خلال المُستويات الغذائية للأنظمة الْبيئيّة.*
- *عدد المُستويات الغذائية يُحدِّده توافُر الطَّاقة.*
- *تُوضِّح الأهرام الْبيئيّة علاقة المُستويات الغذائية.*

مقدّمة

الأرضُ نظامٌ مُغلقٌ نسبيًّا بالنِّسبة إلى المواد الكيميائية. وهي نظام مفتوح بالنِّسبة إلى الطَّاقة، على كلّ حال، لأنَّها تستقبل الطَّاقة عند موجات مرئية، وقُرب مرئية من الشَّمس، وتُطلق بشكل ثابت طاقة حرارية إلى الفضاء الخارجي على شكل أشعة تحت حمراء. تتفاعل المخلوقات الحية في النِّظام البيئي بطريقة مُعقَّدة؛ حيثُ تُسهم في تدوير المواد الكيميائية عندما تلتقط الطَّاقة، وتستهلكها. تعتمد المخلوقات جميعها، ومن ضمنها البشر، على الإمكانات المُتخصِّصة للمخلوقات الأخرى- النباتات، والحيوانات، والطحالب، والفطريات وبدائيات النوى- للحصول على أساسيات الحياة، كما وُضِّح في هذا الفصل. في الفصلين 57 و58، سنلقي الضَّوء على الأنواع المُختلفة من الأنظمة البيئية التي تُكوِّن الغلاف الحيوي، وسنُناقش التَّهديدات التي تُواجه الغلاف الحيوي والأنواع الحية التي يحتويها.

57-3 تفاعلات المُستويات الغذائية

- *تحدث التَّأثيرات أعلى - أدنى عندما تُؤثِّر تغيُّراتٌ في أعلى مُستوى غذائي في المُنتجات الأولية.*
- *أدَّى إزالة الإنسان لآكلات اللُّحوم إلى تأثيرات أعلى-أدنى.*
- *تأثيرات أدنى-أعلى تحدث عندما تُؤثِّر تغيُّراتٌ في المُنتجات الأولية في مُستويات غذائية عُليا.*

57-4 التَّنوع الحيوي وثبات النِّظام البيئي

- *قد يزيد غنى الأنواع من الثَّبات: دراسات سيدار كريك.*
- *يتأثَّر غنى الأنواع بخصائص النِّظام البيئي.*
- *تتميَّز المناطق الاستوائيّة بأعلى تنوع، مع أنَّ الأسباب غير واضحة.*

57-5 الجغرافية الحيوية للجُزر

- *يقترح نموذج الثَّبات (الاتزان) أنَّ الانقراض والاستيطان يصلان إلى نقطة توازن.*
- *نموذج الثَّبات (الاتزان) ما زال قيد التَّجربة.*

1-57 الدَّورات الكيميائية الأرضية الحيوية (البيوجيوكيميائية)

يشمل النِّظام البيئي **Ecosystem** المخلوقات التي تعيش في مكان مُحدَّد جميعها، إضافة إلى البيئة غير الحية التي تعيش فيها- والتي تتفاعل معها- في ذلك المكان. الأنظمة الْبيئيّة هي ديناميكية بشكل حقيقي بطرق عدّة، بما في ذلك مُعالجتها للمادة والطَّاقة. وسنبدأ بالمادة.

المكونات الذَّرية للمادة تدور في الأنظمة الْبيئيّة

خلال العمليات الحيوية للمادة، تُحافظ الذَّرات المُكونة لها، مثل ذرات الكربون أو الأكسجين، على وحدتها حتى تتجمَّع لتُكوِّن مُركبات جديدة سوف تتحطم فيما بعد. تحتوي الأرض بشكل أساسي على عدد ثابت لكلّ نوع من الذَّرات التي لها أهمية حيوية، وهذه الذَّرات يتمُّ تدويرها.

كلّ مخلوق حي يتكون جسمه من ذرات كانت سابقًا في التُّربة، والغلاف الجوي، وأجزاء أخرى من البيئة غير الحيوية، أو في مخلوقات أخرى. وعندما يموت المخلوق، فإنّ ذراته تتحرر كما هي كي تُستخدم من قِبَل مخلوق آخر، أو تعود إلى البيئة غير الحية. وبسبب تدوير المُكونات الذَّرية للمادة، قد يكون جسمك مُكونًا من ذرة أكسجين أو كربون كانت جزءًا من جسم يوليوس قيصر أو كليوبترا.

يُقال: إنَّ ذرات العناصر الكيميائية المُختلفة تتحرَّك عبر النِّظام البيئي في **دورات بيوجيوكيميائية Biogeochemical cyles**، ويُؤكد هذا المُصطلح أنَّ دورات العنصر الكيميائية لا تحتاج فقط إلى مخلوقات حية وعمليات، بل أيضًا إلى أنظمة جيولوجية (غير حية) وعمليات. تشمل الدَّورات البيوجيوكيميائية عمليات تحدث على مقاييس مكانية عدَّة، من الخلوي إلى الكواكبي، وتشمل أيضًا عمليات تحدث على مقاييس زمنية مُتعدِّدة، من الثواني (مثل التفاعلات البيوكيميائية) إلى مئات القرون (مثل تجوية الصخور).

تعبُر الدَّورات البيوجيوكيميائية عادة حدود الأنظمة الْبيئيّة إلى حد ما، ولا تبقى محصورة في نظام بيئي واحد. فمثلًا، يُمكن لنظام بيئي واحد أن يستورد الكربون، ويصدره إلى الأنظمة الأخرى.

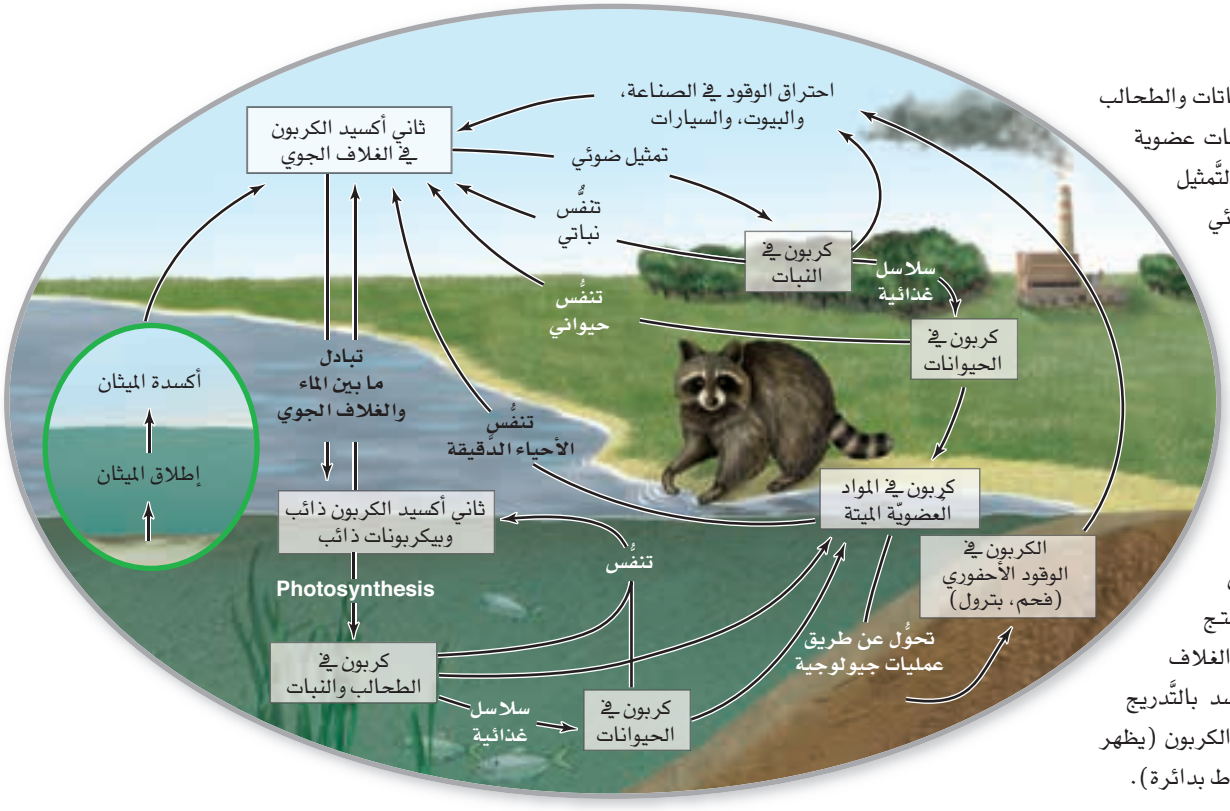
في هذا الجزء، سنأخذ في الحسبان دورات بعض أهم العناصر إضافة إلى الماء. وقد بيَّنا مثالًا على هذه الدوَّرات في النِّظام البيئي للغابات.

يدور الكربون، وهو أساس الْمركّبات الْعضويّة، عبر مُعظم الأنظمة الْبيئيّة

يُعدّ الكربون من أهم مُكونات أجسام المخلوقات الحية؛ لأنَّ ذراته تُساعد على تكوين هيكل الْمركّبات الْعضويّة جميعها (انظر الفصل الـ 3)؛ 20% من وزن جسم الإنسان تقريبًا كربون. ويُعدّ ثاني أكسيد الكربون أهم الْمركّبات المُحتوية على الكربون، في البيئة غير الحية للمخلوق. يشكل ثاني أكسيد الكربون 0.03% من حجم الغلاف الجوي، وهذا يعني أنَّ الغلاف الجوي يحتوي على 750 بليون طن متري من الكربون. أما في الأنظمة البيئية المائية، فيتفاعل ثاني أكسيد الكربون بشكل تلقائي مع الماء ليُكوِّن أيونات البيكربونات (HCO_3^-).

دورة الكربون الأساسية

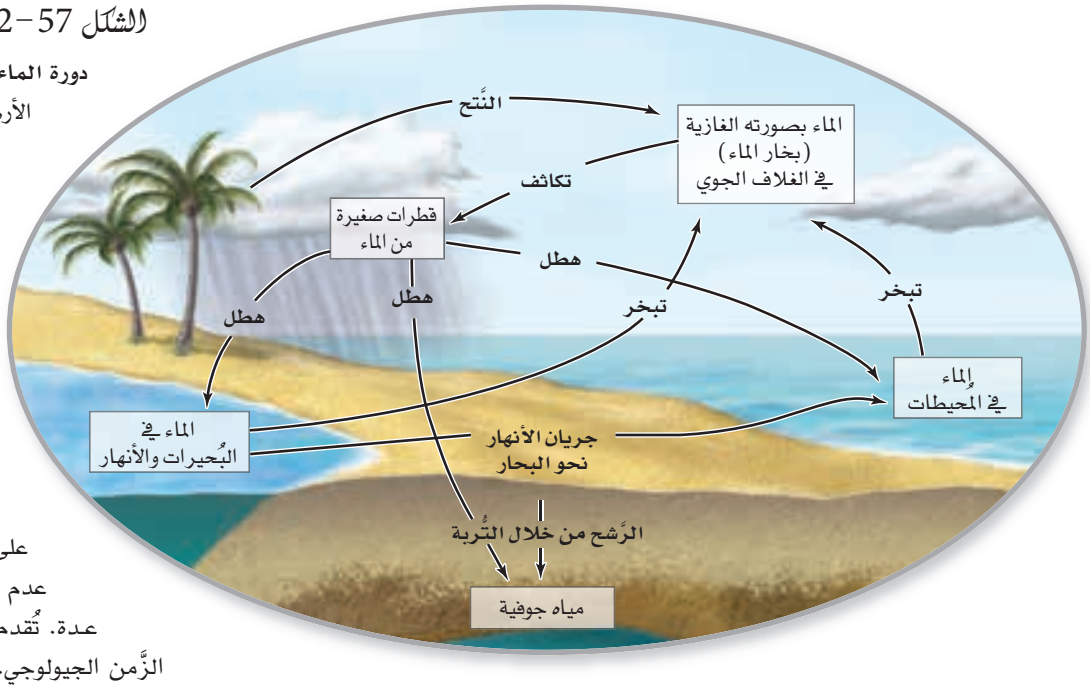
دورةُ الكربون هي دورة مُباشرةٌ، كما يظهر في (الشكل 57-1). في الأنظمة الْبيئيّة اليابسة، تأخذ النباتات ومخلوقات البناء الضّوئيّ الأخرى ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي، وتستخدمه في البناء الضّوئيّ لتصنيع الْمركّبات الْعضويّة المحتوية على الكربون (انظر الفصل الـ 8). تُسمَّى هذه العملية أحيانًا **تثبيت الكربون Carbon fixation**؛ والتَّثبيت يعني تفاعلات الأيض التي تُكوِّن مُركبات غير غازية من مُركبات غازية.



الشكل 57-1

دورة الكربون. تُثبِّت النباتات والطحالب الكربون على شكل مُركبات عضوية كيميائية عن طريق التَّمثيل الضّوئيّ. التَّنفس الهوائي للمخلوقات الحية، وحرق الوقود من قبل الإنسان يُعيدان الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون وبيكربونات. الميكروبات الميثانية التي تعيش في بيئات خاصة خالية من الأكسجين، مثل الطِّين في قيعان البرك، تُنتج الميثان، وهو غاز يدخل الغلاف الجوي، ومن ثمَّ يتأكسد بالتَّدريج لاحيويًّا إلى ثاني أكسيد الكربون (يظهر في الشَّكل الأخضر المُحاط بدائرة).

الشكل 57–2



دورة الماء. يدور الماء من الغلاف الجوي إلى سطح الأرض، ويعود مرة أخرى. تُقدم الشَّمس مُعظم الطَّاقة اللازمة للتَّبخر.

تأكل الحيوانات مخلوقات البناء الضّوئيّ، وتبني أنسجتها عن طريق استخدام ذرات الكربون الموجودة في الْمركّبات الْعضويّة التي تهضمها. تحصل النباتات التي تقوم بعملية البناء الضّوئيّ والحيوانات على الطَّاقة خلال حياتها عن طريق تحطيم بعض الْمركّبات الْعضويّة المُتوافرة لها، خلال عملية التَّنفس الخلوي الهوائي (انظر الفصل الـ 7). عندما تفعل ذلك، فإنَّها تُنتج ثاني أكسيد الكربون. تُنتج المخلوقات المُحلِّلة ثاني أكسيد الكربون أيضًا. ذرات الكربون تعود إلى شكل ثاني أكسيدالكربون، وتُصبح مُتوافرة أكثر لتُستخدم في البناء الضّوئيّ لتصنيع مُركبات عضوية جديدة.

في الأنظمة الْبيئيّة المائية، تكون دورة الكربون بشكل أساسي مُشابهة لذلك، ما عدا أنَّ الكربون غير العضوي يُوجد في الماء ليس فقط على شكل ثاني أكسيد الكربون ذائب، وإنما على شكل أيونات البيكربونات (HCO_3^-) أيضًا، وكلاهما يعملان مصدرًا للكربون للبناء الضّوئيّ الذي تقوم به الطحالب والنباتات المائية.

مُنتجات الميثان

إنَّ الميكروبات التي تحطم الْمركّبات الْعضويّة عن طريق التَّنفس الخلوي اللاهوائي (انظر الفصل الـ 7) تُوفِّر بعدًا إضافيًّا لدورة الكربون الإجمالية. مُنتجات الميثان، مثلًا، هي ميكروبات تُنتج الميثان (CH_4) بدلًا من ثاني أكسيد الكربون. أحد أهم المصادر للميثان هو الأنظمة الْبيئيّة الرَّطبة، حيث تعيش مُنتِجات الميثان في رواسب خالية من الأكسجين. إنَّ الميثان الذي يدخل الغلاف الجوي يُؤكسد بطريقة غير حيوية إلى ثاني أكسيد الكربون، في حين يتمكن الميثان الذي يبقى معزولًا عن الأكسجين من البقاء مدة طويلة من الزَّمن.

ارتفاع ثاني أكسيد الكربون الجوي

هناك بُعد آخر لدورة الكربون الإجمالية، وهو أنَّه على طول الفترات الزَّمنية، تحدث الدَّورة بشكل أسرع في أحد الاتجاهات دون الاتجاهات الأخرى. هذه الاختلافات في المُعدَّل تُصبح في العادة أقل نسبيًّا من عام إلى آخر؛ ففي عام ما، تُطابق كمية ثاني أكسيد الكربون التي تُصنع عن طريق تحطيم الْمركّبات الْعضويّة تقريبًا كمية ثاني أكسيد الكربون المُستخدمة في تصنيع مُركبات عضوية جديدة.

على كلّ حال، يُمكن أن يكون لنسبة قليلة من عدم التَّطابق، تبعات كبيرة إذا استمرت سنوات عدة. تُقدم الأرض مخزون الفحم الذي تكوَّن خلال الزَّمن الجيولوجي. وتتراكم الْمركّبات الْعضويّة مثل السليلوز التي تكونت بشكل أسرع مما تحطمت، حيث تحوَّلت بعد ذلك إلى وقود أحفوري عن طريق العمليات الجيولوجية. يعتقد مُعظم العلماء أنَّ مخزون البترول العالمي قد نشأ بالطَّريقة نفسها.

إنَّ حرق الإنسان اليوم الوقود الأحفوري نجم عنه عدم اتزان مُعاصر في دورة الكربون. إن الكربون الذي احتاج إلى ملايين السنين ليتراكم، ويُشكِّل مخزون الوقود الأحفوري يُعاد بسرعة إلى الغلاف الجوي، مُؤديًا إلى ازدياد تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي عامًا بعد آخر ما يساعد على إثارة مخاوف ازدياد حرارة الكون (انظر الفصل الـ 58).

توفُّر الماء أساسي للنُّظم الْبيئيّة للبابسة

إنَّ دورة الماء المُوضَّحة في (الشَّكل 57–2) ربما هي الأكثر شيوعًا بين الدَّورات البيوجيوكيميائية جميعها. تعتمد الحياة كلّها على وجود الماء؛ حتى المخلوقات التي تستطيع البقاء دون ماء في حالات السُّكون تحتاج إلى الماء لاستعادة نشاطها. تتكوَّن أجسام مُعظم المخلوقات الحية بشكل أساسي من الماء. فمثلًا، يحتوي جسم الإنسان البالغ على 60% من الوزن الكلي ماءً. وتُحدِّد كمية الماء المُتاحة في النِّظام البيئي غالبًا طبيعة المخلوقات الحية الموجودة ووفرتها، كما هو مُوضَّح في الاختلاف بين الغابات والصحاري (الفصل الـ 58).

كلّ نوع من أنواع الدَّورة البيوجيوكيميائية له صفاته المُحدَّدة والمُميَّزة. الصفة المُميِّزة لدورة الماء هي أنَّ الماء جُزيء، وليس ذرة، ولذلك يُمكن له أن يتكوَّن، وأن يتحطم. يتكوَّن الماء خلال التَّنفس الخلوي الهوائي (انظر الفصل الـ 7)، ويتحطم خلال البناء الضّوئيّ (انظر الفصل الـ 8). مُعدَّلات هاتين العمليتين مُتساوية تقريبًا، ولذلك فإنّ كمية الماء التي تدور حول الغلاف الجوي ثابتة تقريبًا.

دورة الماء الأساسية

جزء مُهم من دورة الماء هو أنَّ الماء السَّائل يتبخر من سطح الأرض إلى الغلاف الجوي. ويحتاج التَّحول من الماء السائل إلى الغاز إلى كمية كبيرة من الطَّاقة الحرارية، وهذا يُفسِّر سبب تبخره بسرعة أكبر عندما تضرب أشعة الشَّمس سطح الأرض.

يحدث التَّبخر مُباشرة من سطوح المُحيطات، والبُحيرات، والأنهار. من ناحية أخرى، في الأنظمة اليابسة، يمرُّ 90% تقريبًا من الماء الذي يصل الغلاف الجوي خلال النباتات. تأخذ الأشجار، والأعشاب، والنباتات الأخرى الماء من التُّربة عن طريق جذورها، وبعد ذلك يتبخر الماء من أوراقها وسطوحها الأخرى خلال عملية تُسمَّى النَّتح (انظر الفصل الـ 38).

يوجد الماء المُتبخر في الغلاف الجوي على شكل غاز، مثل أي غاز جوي آخر. يُمكن للماء أن يتكاثف مرة أخرى إلى ماء سائل، غالبًا بسبب برودة الهواء. يُسبِّب تكاثف الماء الغازي (بُخار الماء) إلى قُطيرات أو بلورات تكوين الغيوم، ولكن إن كانت القُطيرات أو البلورات كبيرة بشكل كافٍ، فإنَّها تسقط على سطح الأرض على شكل هطل (مطر أو ثلج).

المياه الجوفية

هذه هي المياه الأقل وضوحًا من المياه السَّطحية، التي نراها في الأنهار والبُحيرات، إنَّها مياه تحت الأرض، ويُطلق عليها اسم **المياه الجوفية Ground water**. تُوجد المياه الجوفية في طبقة صخور تُدعى طبقة **الصخور المائية Aquifers**، وهي طبقات مسامية ونفَّاذة تحت الأرض من الصخور، والرِّمال، والحصباء تكون غالبًا مُشبعة بالماء. تُعَدُّ المياه الجوفية أهم مخزون للماء على الأرض في كثير من أجزاء العالم، حيث تُمثِّل أكثر من 95% من مجموع المياه العذبة في الولايات المُتحدَّة، مثلًا.

تتكوَّن المياه الجوفية من جزأين: أ. الطبقات العُليا من المياه الجوفية، وتُكوِّن مستوى الماء، الذي لا يكون محصورًا، وإنَّما يجري نحو الجداول، ويكون بشكل جزئي مُتوافرًا لجذور النباتات. ب. الطبقات السُّفلى المحصورة من المياه الجوفية التي تكون عادةً بعيدة عن الجداول وجذور النباتات، ولكن يُمكن استخراجها عن طريق الآبار. يتمُّ تزويد المياه الجوفية مرة أخرى بالماء الذي يرشح من الأعلى إلى الأسفل، من الهطل مثلًا. تتدفَّق المياه الجوفية بشكل أبطأ من المياه السَّطحية، من مليمترات إلى متر تقريبًا في كلّ يوم.

تُوفِّر المياه الجوفية في الولايات المُتحدَّة 25% من الماء الذي يستخدمه الإنسان لأغراضه كافة، وتُزود نحو 50% من السُّكان بمياه الشُّرب. في ولايات السُّهول العظيمة، حُفرت الصخور المائية العميقة التي تُدعى أوغالالا Ogallala بشكل مُكثَّف لأغراض الزِّراعة والاحتياجات البشرية الخاصة لدرجة أنَّ المياه الجوفية تُفرَّغ بشكل أكبر مما تُملأ – عدم اتزان محلِّي في دورة الماء – ما يُشكِّل تهديدًا مُنذرًا بالسُّوء على الإنتاج الزِّراعي في المنطقة. وتُواجه أجزاء كثيرة من الكرة الأرضية تهديدات مُماثلة.

التغيُّرات في الأنظمة الْبيئيّة سببها تغيُّرات في دورة الماء

يُعدّ الماء عاملًا مُهمًّا للحياة لدرجة أنَّ التَّغيُّرات في كمية الماء في نظام بيئي يُمكن لها أن تُغير طبيعة هذا النِّظام البيئي جذريًا. وقد حدثت مثل هذه التَّغيُّرات بكثرة خلال التَّاريخ الجيولوجي للأرض.

فمثلًا، يشتهر النِّظام البيئي في سهول سيرينجيتي Serengeti في تنزانيا، بسهول الحشائش على مدِّ البصر التي تستوطنها قطعان كثيرة من الغُزلان وآكلات العُشب الأخرى. كانت الغابات العُشبية شبه الجافة الحالية لسيرينجيتي غابات مطرية قبل 25 مليون سنة مضت. بدءًا من ذلك الوقت تقريبًا، نشأت جبال مثل جبال كليمنجارو بين الغابات المطرية والمُحيط الهندي الذي يشكل مصدر الرُّطوبة للغابات المطرية. إنَّ نشوء الجبال أجبر الرِّياح القادمة من المُحيط الهندي أن ترتفع إلى الأعلى، ومن ثم تبريد الهواء ما أدَّى إلى هطل مُعظم الرُّطوبة التي في الهواء قبل أن تصل الغابات المطرية. فأصبحت الأرض أكثر جفافًا، وتحوَّلت الغابات إلى مروج حشائش.

في هذه الأيام، يُمكن لأنشطة الأنسان أن تُغيِّر في دورة الماء التي تسبِّب التَّغيُّرات التي تحدث في الأنظمة الْبيئيّة. إن التَّغيُّرات التي حدثت في الغابات المطرية بسبب عمليات قطع الأشجار تزوِّدنا بمثال على ذلك. ففي الغابات الاستوائيّة السليمة، أكثر من 90% من الرُّطوبة التي تهطل على شكل مطر يأخذها النبات، ثم يُعيدها إلى الهواء عن طريق النَّتح. بمعنى آخر، تقوم النباتات بتكوين مطرها الخاص بها. الرُّطوبة التي تُعيدها الأشجار إلى الغلاف الجوي تسقط مرة أخرى على الغابات من جديد.

عندما تقوم جماعات البشر بقطع الغابات المطرية وحرقها في منطقة ما، فإنّ دورة الماء تتحطم وتنهار. فالماء الذي يسقط على شكل مطر يُصرف بعد ذلك بعيدًا إلى الأنهار بدلًا من الارتفاع إلى الأعلى لتشكيل الغيوم والسُّقوط مرة أخرى على الغابات. مثل هذا التَّغيير يحدث اليوم في كثير من الغابات الاستوائيّة المطرية (الشكل 57–3). فمثلًا، تحوَّلت مناطق واسعة من البرازيل في القرن العشرين من غابات استوائية فريدة إلى صحراء شبه جافة، ما حرم الكثير من الحيوانات والنباتات الفريدة من موطنها الطبيعي.

تعتمد دورة النيتروجين على تثبيته من قِبَل ميكروبات

يُكوِّن النيتروجين جميع البروتينات والأحماض النووية، وهو أساس تحتاج إليه المخلوقات جميعها؛ تتكوَّن البروتينات من 16% من وزنها نيتروجينًا. في كثير من الأنظمة الْبيئيّة، يُعدّ النيتروجين من العناصر الأقل وجودًا (توافرًا) بالنِّسبة إلى حاجات المخلوق الحي. وهذا تناقُض؛ لأنَّ 78% من حجم الغلاف الجوي هو نيتروجين.

الشكل 57–3

تُعيق إزالة الغابات الدَّورة المحلية للماء. إزالة الغابات الاستوائيّة يُمكن أن يكون لها عواقب وخيمة، بسبب عمليات التَّعرية، كما يبدو في هذه المنطقة المُعرَّاة من غابات منطقة الأمازون في البرازيل.

توافر النيتروجين

كيف يُمكن أن يكون هناك نقص بالنيتروجين مع أنَّ الغلاف الجوي غني جدًا به؟ الجواب هو أنَّ النيتروجين في الغلاف الجوي عنصري الشَّكل – جزيئات من غاز عنصر النيتروجين (N_2) – ولا يستطيع عدد واسع من المخلوقات، بما في ذلك النباتات والحيوانات جميعها، استعماله بشكله الكيميائي هذا.

بالنِّسبة للحيوانات، الشَّكل الذي يُمكن الاستفادة منه من النيتروجين هو الْمركّبات الْعضويّة المُحتوية على النيتروجين، والتي يتمُّ تصنيعها في النباتات، أو الطحالب، أو الأحياء الدَّقيقة الأخرى. تأكل الحيوانات آكلة الأعشاب، مثلًا، بروتينات نباتية أو طحلبية، وتستخدم الأحماض الأمينية المُحتوية على النيتروجين لتصنيع بروتيناتها الخاصة بها.

تستعمل الطَّحالب والنباتات عددًا من الْمركّبات البسيطة المُحتوية على النيتروجين كمصادر للنيتروجين لتصنيع البروتينات والْمركّبات الْعضويّة الأخرى المُحتوية على النيتروجين في أنسجتها. يُستخدم مصدران شائعان للنيتروجين وهما الأمونيا (NH_3) وأيونات النيترات (NO_3^-). كما سبق وتحدثنا في الفصل 39، يُمكن لبعض الميكروبات بدائية النوى أن تصنع الأمونيا والنيترات من غاز النيتروجين في الغلاف الجوي، وبهذا تُشكِّل جزءًا من دورة النيتروجين التي تجعل النيتروجين الجوي مُتوافرًا للنباتات والطَّحالب (الشكل 57–4). وتُحوِّل مخلوقات بدائية النوى أخرى NH_3 و NO_3^- إلى N_2 جاعلةً النيتروجين غير مُتوافر مرة أخرى. الاتزان في نشاطات هاتين المجموعتين من بدائيات النوى يُحدِّد توافر النيتروجين (N_2) للنباتات والطَّحالب.

تثبيت النيتروجين الميكروبي والنترتة واللانترتة

تُعرف عملية تكوين الْمركّبات المُحتوية على النيتروجين من N_2 بعملية **تثبيت النيتروجين Nitrogen fixation**. الخطوة الأولى في هذه العملية هي تصنيع الأمونيا من النيتروجين N_2، ويستعمل العلماء تعبير "تثبيت النيتروجين" لهذه الخطوة بالتَّحديد. تقوم ميكروبات أخرى بأكسدة جزء من NH_3، إلى أيونات النيترات NO_3^-، بعملية تُدعى **النَّترتة Nitrification**.

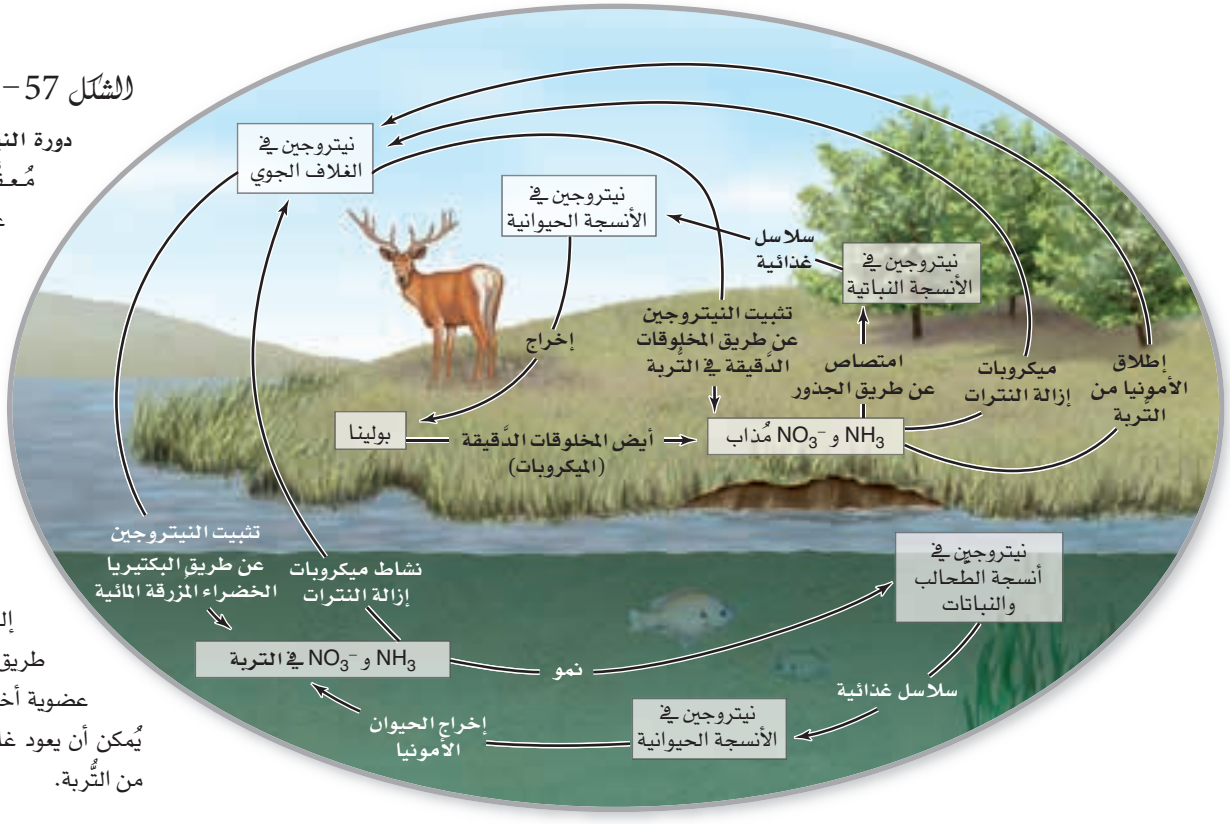
تُثبِّت بعض أجناس الميكروبات النيتروجين عن طريق نظام من الأنزيمات يعرف بمُعقّد محلل النيتروجين (النيتروجينيز) (مُعقّد جين *nif*؛ الفصل الـ 28). مُعظم الميكروبات حُرَّة المعيشة، ولكن يعيش بعضها على اليابسة معيشة تكافلية مع جذور البقوليات (نباتات من العائلة البقولية)، والآس، وجار الماء، ونباتات أخرى.

ميكروبات أخرى بدائية النوى (تشمل البكتيريا والبكتيريا القديمة) قادرة على تحويل النيتروجين الموجود في النترات NO_3^- إلى N_2 (أو غازات النيتروجين الأخرى مثل N_2O)، وهذه العملية تُسمّى **إزالة النترتة Denitrification**. تهيئ الأمونيا لعملية إزالة النترتة بشكل غير مُباشر بتحويلها أولًا إلى NO_3^- ثُمَّ إلى N_2.

الفضلات النيتروجينية واستخدام الأسمدة

تُخرج مُعظم الحيوانات، عندما تُفكِّك البروتينات في عملياتها الأيض، النيتروجين من البروتينات على شكل أمونيا NH_3. يتخلَّص الإنسان والثدييات الأخرى من النيتروجين على شكل بولينا (يوريا) في البول (انظر الفصل الـ 50)؛ وتُحوِّل أنواع مُتعدِّدة من الميكروبات البولينا إلى أمونيا NH_3. والأمونيا التي تُلتقط من فضلات الحيوانات تأخذها النباتات والطَّحالب بوصفها مصدرًا للنيتروجين.

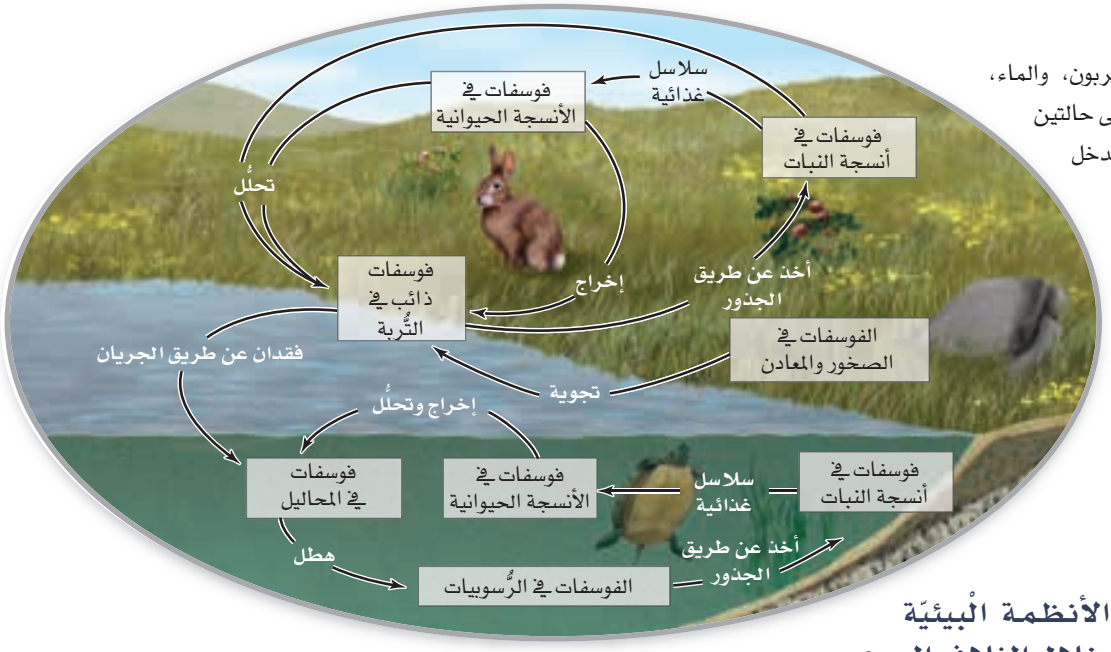
تُؤثِّر جماعات الإنسان بشكل جذري في دورة النيتروجين الإجمالية باستخدام الأسمدة في حقول الزِّراعة والمروج الخضراء. تحتوي الأسمدة على أشكال من النيتروجين المُثبت الذي تستخدمه المحاصيل، مثل أملاح الأمونيوم (NH_4) المُنتج صناعيًّا من N_2 الموجود في الغلاف الجوي. وبسبب إنتاج الأسمدة، جزئيًّا، ضاعف الإنسان نسبة تحويل النيتروجين إلى أشكال يُمكن استخدامها في التُّربة والماء.



الشكل 57–4

دورة النيتروجين. دورة النيتروجين مُعقَّدة لأنها تتطلَّب تغيُّرات عدَّة في الشَّكل الكيميائي للنيتروجين. تثبِّت بعض بدائيات النوى النيتروجين الجوي (N_2)، مُحوِّلةً إياه إلى أمونيا (NH_3) ونترات (NO_3^-) يُمكن أن يستعملها النبات. بدائيات نوى أخرى تُعيد النيتروجين إلى الجو على الشكل N_2 عن طريق تحطيم NH_3 أو مُركبات عضوية أخرى تحتوي على النيتروجين. يُمكن أن يعود غاز الأمونيا إلى الجو مُباشرة من التُّربة.

الشكل 57-5



دورة الفوسفور. بالمقارنة مع الكربون، والماء، والنيتروجين، فإنّ الفوسفور يوجد على حالتين فقط: سائلة وصلبة، ولذلك لا يدخل الغلاف الجوي.

تتم دورة الفوسفور خلال الأنظمة الْبيئيّة اليابسة والمائية، ولكن ليس خلال الغلاف الجوي

تحتاج المخلوقات جميعها إلى الفوسفور بكميات أساسية؛ يُوجد الفوسفور في الحمض النَّووي، والدهون المُفسفرة الموجودة في الأغشية، ومُركبات مهمة أخرى، مثل أدينين ثلاثي الفوسفات (ATP).

ليس للفوسفور شكل غازي، ولا يدور خلال الغلاف الجوي بخلاف الكربون، والماء، والنيتروجين، (الشكل 57-5). لهذا، تُمثِّل دورة الفوسفور نوعًا من الدَّورات يبديها أيضًا الكالسيوم، والسليكون، والكثير من المعادن. خاصية أخرى تُبسِّط كثيرًا دورة الفوسفور مُقارنةً بدورة النيتروجين، وهي أنَّ الفوسفور يُوجد في الأنظمة الْبيئيّة بحالة تأكسد وحيدة، وهي الفوسفات (PO_4^{3-}).

وجود الفوسفات

تستخدم النباتات والطَّحالب الفوسفات الحر غير العضوي PO_4^{3-} في التربة أو الماء لتصنيع مُركباتها المُحتوية على الفوسفور. تقوم الحيوانات بعد ذلك باستخلاص الفوسفور الموجود في الْمركّبات الموجودة في أنسجة النباتات أو الطَّحالب لبناء مُركباتها الفوسفورية. عندما تموت المخلوقات، تحطّم الميكروباتُ المُحلِّلة – في عملية تُسمَّى إعادة تعدين الفوسفات– الْمركّباتِ الْعضويّة في أجسام المخلوقات الميتة، فينطلق الفوسفور على شكل فوسفات غير عضوي PO_4^{3-} تستخدمه النباتات والطَّحالب مرة أخرى.

تضم دورة الفوسفور عمليات لاحيوية كيميائية وفيزيائية. يُوجد الفوسفات الحر PO_4^{3-} في التربة فقط بتراكيز قليلة؛ أولًا، لأنَّه يتَّحد مع مُكوِّنات التُّربة الأخرى، ليُشكل مُركبات غير ذائبة، وثانيًا، لأنَّه يميل إلى أن يُغسل بعيدًا عن طريق الجداول والأنهار. بالنَّجوية لأنواع كثيرة من الصُّخور، يتمُّ إطلاق الفوسفات الأيوني مُجددًا في الأنظمة الْبيئيّة اليابسة، ولكن بعد أن تحمل الأنهار هذه الأيونات إلى المُحيطات. هناك تدفُّق في اتجاه واحد لأيونات الفوسفات من صخور اليابسة إلى ترسبات البحر العميقة.

استخدام الفوسفات سمادًا

تُغيِّر أنشطة الإنسان كثيرًا في دورة الفوسفور الإجمالية بتسميد المحاصيل الزِّراعية. صُمِّمت الأسمدة بشكل نموذجي لتوفير PO_4^{3-} لكي لا تجد المحاصيل نقصًا فيه؛ الفوسفات PO_4^{3-} الموجود في الأسمدة مُشتق بشكل نموذجي من الصخور الغنية بالفوسفات والمُتفتِّتة ومن العظام. تُعدّ المُنظفات مُتهمًا مُحتملًا آخر يضيف PO_4^{3-} إلى الأنظمة الْبيئيّة، ولكن القوانين تُجبر على استخدام مُنظفات قليلة الفوسفات في مناطق مُختلفة من العالم.

المواد الغذائية المُحدَّدة في الأنظمة الْبيئيّة هي التي تتوافر بكمية أقل من الحاجة إليها

تحتاج النباتات والطَّحالب لكي تنمو في النِّظام البيئي – وتُوفِّر بذلك الغذاء للحيوانات – إلى الكثير من العناصر الكيميائية المُختلفة. أبسط نظرية هي أنّه في نظام بيئي مُعيَّن، سيكون عنصر ما مُتوافرًا بشكل قليل بالنِّسبة إلى الحاجة إليه من قِبَل النباتات والطَّحالب. هذا العنصر يُعدّ **عنصرًا غذائيًا مُحدِّدًا Limiting nutrient**–وهو الحلقة الأضعف – في النِّظام البيئي.

إن دورة المواد الغذائية المُحدِّدة مُهمة بشكل خاص؛ لأنَّها تُحدِّد المُعدَّل الذي تُصبح عنده المواد الغذائية مُتاحة للاستخدام. لقد أعطينا اهتمامًا خاصًّا لدورات النيتروجين والفوسفور؛ لأنَّ هذه العناصر مواد غذائية مُحدِّدة في مُعظم الأنظمة الْبيئيّة. النيتروجين مادة غذائية مُحدَّدة في ثُلثي المُحيطات تقريبًا والكثير من الأنظمة الْبيئيّة لليابسة.

اكتشف علماء المُحيطات في السنوات الخمس عشرة الأخيرة فقط أنَّ الحديد عنصر غذائي مُحدِّد لجماعات الطَّحالب (عوالق نباتية) في ثُلث المُحيطات في العالم تقريبًا. في هذه المياه، يظهر أنَّ غبار الأتربة المُتولد عن الريح في الغالب هو المصدر الرئيس للحديد. فعندما تُحضر الريح غبارًا غنيًّا بالحديد، تنمو جماعات الطَّحالب وتتكاثر، ما يشير إلى أنَّ الحديد بشكله الكيميائي المُفيد. بهذه الطَّريقة، تستطيع العواصف الرَّملية في الصحراء الكبرى، عبر زيادة كمية الغُبار في الريح الإجمالية، من زيادة إنتاجية الطَّحالب في مياه المُحيط الهادي (الشكل 57-6).

تمَّت دراسة التَّدوير البيوجيوكيميائي في النِّظام البيئي للغابات تجريبيًّا

زوَّدتنا سلسلة من الدِّراسات في غابة هبارد بروك التَّجريبية في نيوهامبشاير بالكثير من النتائج المُتوافرة حول تدوير العناصر الغذائية في النِّظام البيئي للغابات. هبارد بروك هو جدول مركزي لتجمُّع مطري كبير ينساب على جوانب

الشكل 57-6

عالم واحد. يتمُّ حمل ملايين الأطنان المترية من الغبار الغني بالحديد في كلّ عام نحو الغرب عن طريق الرِّياح التِّجارية من الصحراء الكبرى ومناطق السَّاحل المُجاورة. الفرضية المعروفة من قِبَلِ علماء المُحيطات هي أنَّ هذا الغبار يُسمِّد أجزاء من المُحيط، ومن ضمنها أجزاء من المُحيط الهادي، حيث يُعدّ الحديد عنصرًا غذائيًّا مُحدِّدًا. استعمالات الأراضي في إفريقيا، التي تزيد من مساحة صحراء شمال إفريقيا، تستطيع أن تُؤثر في النِّظام البيئي في الجهة الأخرى من الكرة الأرضية.

سلسلة جبال مُغطاة بغابة مُعتدلة مُتساقطة الأوراق. تحمل جداول عدَّة رافدة الماء من المُرتفعات إلى منطقة هبارد بروك.

زُوِّد كلّ من ستة جداول رافدة، يجري كلّ منها بوادٍ مُعين، بأدوات قياس عند بداية الدِّراسة. كلّ المياه التي تجري في كلّ وادٍ كانت تمرُّ عبر نظام القياسات، حيث يُقاس جريان الماء وتراكيز المواد الغذائية.

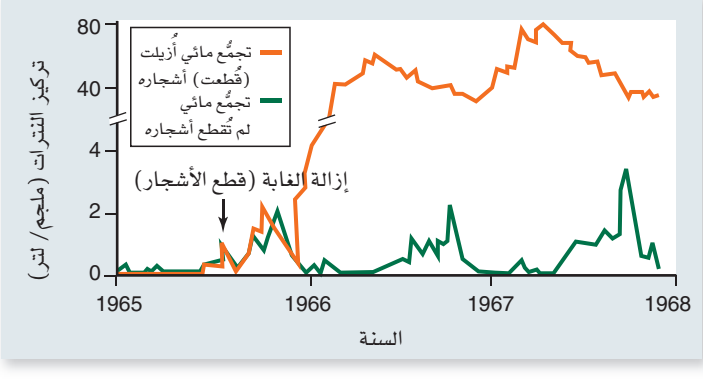
وَفْقَ القياسات التي أجراها العلماء، كانت الغابات غير المُنتهكة حول هبارد بروك فعالة جدًا في الاحتفاظ بالمواد الغذائية؛ فخلال عام واحد، كانت كميات قليلة فقط من المواد الغذائية تدخل الجدول من الخارج، وغالبًا بسبب الهطل. كمية العناصر الغذائية التي تحملها جداول الماء كانت قليلة أيضًا. عندما نقول: "قليلة"، فإننا نعني دخول العناصر وخروجها يُمثِّل أجزاء طفيفة من مجموع كميات العناصر الغذائية في النِّظام، نحو 1% في حالة الكالسيوم، مثلًا.

في عامي 1965 و 1966، قام الباحثون بقطع الأشجار كلّها، وإزالة الشُّجيرات جميعها من واحد من الأودية الستة، ومنعوا إعادة نمو الأشجار والشجيرات (الشكل 57-7 أ). كانت الآثار مأساوية. لقد ازدادت كمية المياه التي تجري في ذلك الوادي بنسبة 40%، مُشيرًا إلى أنَّ المياه التي كانت تأخذها النباتات سابقًا، وتتبخر إلى الجو أصبحت الآن تجري في الأودية. وازدادت كميات كثير من المواد الغذائية التي تجري خارج النِّظام البيئي أيضًا. فمثلًا، ازداد مُعدَّل فقدان الكالسيوم 9 أضعاف. الفوسفور، من جهة ثانية، لم يزدد في مياه الجدول؛ ولكنَّه على ما يبدو ارتبط مع مُركبات غير ذائبة في التربة.

إنَّ التَّغيُّر في حالة النيتروجين في الوادي المُضطرب كان مُدهشًا بشكل خاص (الشكل 57-7 ب). راكمت الغابات غير المُضطربة في هذا الوادي النيترات (NO_3^-) بمُعدَّل 5 كجم تقريبًا لكلّ هكتار لكلّ سنة، ولكن في النِّظام البيئي منزوع الغابات، فقد كان فقد النيترات بمُعدَّل 53 كجم لكلّ هكتار لكلّ سنة تقريبًا. وازداد تركيز النترات في مياه الجدول بشكل سريع. وتناقصت خصوبة الوادي بشكل مأساوي، عندما ولّد جريان النترات نموًّا كبيرًا ومُفاجئًا للطَّحالب أسفل الجدول، ومن ثم ازداد خطر الفيضانات هناك.

لقد كانت هذه التَّجربة مُفيدة بشكل مُحدد وبناءة في مطلع القرن الواحد والعشرين؛ لأنَّ أراضي الغابات تستمر إزالتها حول العالم (انظر الفصل الـ 58).

الذَّرات المُكونة للمادة يُعاد تدويرها بين أنسجة المخلوقات والبيئة اللاحيوية، مثل الغلاف الجوي أو التربة. تُدعى إعادة التَّدوير هذه في الدَّورة البيوجيوكيميائية. تدور عناصر الكربون، والنيتروجين، والفوسفور بطرق معروفة، وكذلك الماء، المُهم للأنظمة البيئيّة. تُؤثر أنشطة الجماعات السكانية مُتزايدة العدد في معدلات كثيرة، مثل مُعدَّل إضافة ثاني أكسيد الكربون للغلاف الجوي.



ب.

أ.

الشكل 57-7

تجربة هبارد بروك. أ. قطعت الأشجار بشكل كامل حول تجمُّع لمياه الأمطار مساحته 38 دونمًا، وتمَّت مُراقبة الجريان سنوات عدّة. ب. زادت إزالة الغابات بشكل كبير من فقدان المواد الغذائية في المياه الجارية من النِّظام البيئي. المنحنى البُرتقالي يُظهر تركيز النترات في المياه الجارية من التَّجمُّع المائي المقطوعة أشجاره؛ المُنحنى الأخضر يُظهر تركيز النترات في المياه الجارية من التَّجمُّع المائي المُجاور الذي لم تُقطع الأشجار عنده.

2-57 تدفُّق الطَّاقة في الأنظمة الْبيئيّة

تشمل الطَّبيعة الدِّيناميكية للأنظمة الْبيئيّة مُعالجة الطَّاقة وكذلك المادة. تتبع الطَّاقة، على كلّ حال، مبادئ مُختلفة كثيرًا عن التي تتبعها المادة. الطَّاقة لا يتمُّ إعادة تدويرها. بدلًا من ذلك، تعبر الطَّاقة المُنبعثة عن الشَّمس التي تصل الأرض الأنظمة الْبيئيّة لكوكبنا في اتجاه واحد، قبل أن يتمَّ تحويلها إلى حرارة، وبعثها مرة أخرى في الفضاء، ما يعني أنَّ الأرضَ نظامٌ مفتوحٌ للطَّاقة.

الطَّاقة لا تفنى ولا تستحدث ولكن تتحول من شكل إلى آخر

لماذا تختلف الطَّاقة عن المادة؟ جزء مُهم من الإجابة هو أنَّ الطَّاقة توجد في أشكال عدَّة، مثل الضّوء، وطاقة الرّوابط الكيميائية، وطاقة الحركة، والطَّاقة الحرارية. وعلى الرَّغم من أنَّ الطَّاقة لا تفنى، ولا تستحدث في الغلاف الجوي (القانون الأول للدِّينامكا الحرارية)، لكنها غالبًا تُغيِّر شكلها.

النقطة المهمة الثانية هي أنَّ المخلوقات لا تستطيع تحويل الحرارة إلى شكل من أشكال الطَّاقة. لذلك، إذا حوَّلت المخلوقات بعض طاقة الرّوابط الكيميائية، أو الطَّاقة الضّوئيّة إلى حرارة، فإنّ هذا التَّحويل يسير في اتجاه واحد؛ لأنَّها (أي المخلوقات) لا تستطيع إعادة تدوير هذه الطَّاقة مرة أخرى إلى شكلها الأصلي.

تستطيع المخلوقات الحية استخدام أشكال مُختلفة من الطَّاقة، ولكن ليس الحرارة

حتى نفهم لماذا يجب أن تعمل الأرض بوصفها نظامًا مفتوحًا بالنِّسبة إلى الطَّاقة، يجب أن نعرف مبدأين إضافيين: الأول، أنَّ المخلوق يستطيع استخدام أنواع مُعينة من الطَّاقة. مثلًا، لتعيش الحيوانات، يجب أن تمتلك طاقة بشكل خاص على شكل طاقة الرّوابط الكيميائية، التي يحصل عليها من غذائه. والنباتات يجب أن تحصل على الطَّاقة على شكل ضوء. ولا تستطيع الحيوانات ولا النباتات (ولا أي مخلوق آخر) استعمال الحرارة مصدر طاقة لتبقى على قيد الحياة. والمبدأ الثاني، عندما تستعمل المخلوقات الحية طاقة الرَّبط الكيميائية أو الضّوء، يتحوَّل بعضها إلى حرارة؛ ينص القانون الثاني للدِّينامكا الحرارية على أنَّ التَّحول الجزئي إلى حرارة لا يُمكن تجنُّبه. بصيغة أخرى، يحتاج الحيوان والنبات إلى طاقة الرّوابط الكيميائية والضّوء للبقاء على قيد الحياة، ولكن عند استعمالهما لتلك الأنواع من الطَّاقة، فإنَّهما يحولانها إلى حرارة، ولكن لا يستعملانها للبقاء على قيد الحياة، ولا يستطيعان إعادة تدويرها إلى أشكالها الأصلية.

لحسن الحظ بالنِّسبة إلى المخلوقات الحية، تعمل الأرض بوصفها نظامًا مفتوحًا للطَّاقة. يصل الضّوء كلّ يوم من الشَّمس إلى الأرض. تستخدم النباتاتُ ومخلوقاتُ التَّمثيلِ الضّوئيِّ الأخرى الضّوءَ الجديد الواصل، فتستفيد منه في تصنيع طاقة الرّوابط الكيميائية في مُركباتها الْعضويّة لتبقى على قيد الحياة. يتحوَّل الضّوء وطاقة الرّوابط الكيميائية بشكل جزئي إلى حرارة في كلّ خطوة. في الحقيقة، يتمُّ تحويل الضّوء والطَّاقة الكيميائية إلى حرارة بشكل كامل في النِّهاية. وتُغادر الحرارة الأرض مُنبعثة على شكل أطوال موجية غير مرئية، تحت حمراء من الطَّيف الكهرومغناطيسي. ولكي تستمر الحياة، تحتاج دائمًا إلى طاقة ضوئية جديدة.

يجب أن تكون تدفقات الطَّاقة المُنبعثة القادمة إلى الأرض والمُغادرة لها مُتوازنة لكي تبقى درجة حرارة الأرض ثابتة. أحد التَّحذيرات هو أنَّ أنشطة الإنسان تُغيِّر تركيب الغلاف الجوي بطرق تُعيق التَّدفق المُغادر، يُسمَّى هذا تأثير البيت الزُّجاجي *Greenhouse effect* المذكور في الفصل المقبل. قد تتراكم الحرارة على الأرض، مُسببة الارتفاع الحراري العالمي أو الدفيئة العالمية (انظر الفصل الـ 58).

تتدفق الطَّاقة خلال المُستويات الغذائية للأنظمة الْبيئيّة

في الفصل الـ 7، تعرَّفنا مفهومَ ذاتية التَّغذية وعضوية التَّغذية ("تتغذى على الآخرين"). تصنع **ذاتية التَّغذية Autotrophs** الْمركّبات الْعضويّة المُكوِّنة لأجسامها من أصول غير عضوية مثل ثاني أكسيد الكربون، والماء، و NO_3^- باستخدام طاقة من مصادر غير حيوية. تستعمل بعض ذاتية التَّغذية الضّوء مصدر طاقة لها. لهذا، فهي **ذاتية التَّغذية ضوئية Photoautotrophs**؛ إنَّها المخلوقات التي تقوم بالتَّمثيل الضّوئيّ، مثل: النباتات، والطَّحالب، والبكتيريا الخضراء المُزرقة. وتحصل ذاتية تغذية أخرى هي **ذاتية تغذية كيميائية Chemourutotrophs** على الطَّاقة عن طريق تفاعلات أكسدة غير عضوية، مثل: الميكروبات التي تستخدم كبريتيد الهيدروجين المُتوافر في المياه العميقة (انظر الفصل الـ 58). كلّ ذاتية التَّغذية الكيميائية هي بدائية النواة. ذاتية التَّغذية الضّوئيّة هي أكثر المخلوقات أهمية في مُعظم الأنظمة الْبيئيّة، سنركّز عليها فيما تبقى من هذا الفصل.

عضويةُ التَّغذيةِ Heterotrophs مخلوقاتٌ لا تستطيع صنع المواد الْعضويّة من خامات غير عضوية، ولكن بدلًا من ذلك تأخذ الْمركّبات الْعضويّة التي صنعتها مخلوقات أخرى. إنها تحصل على الطَّاقة التي تلزمها للحياة عن طريق تحطيم الْمركّبات الْعضويّة المُتوافرة لها، مُطلقةً بذلك طاقة الروابط الكيميائية لأغراض الأيض (انظر الفصل الـ 7). الحيواناتُ، والفطرياتُ، وكثير من الميكروبات مخلوقاتٌ عضويةُ التَّغذيةِ.

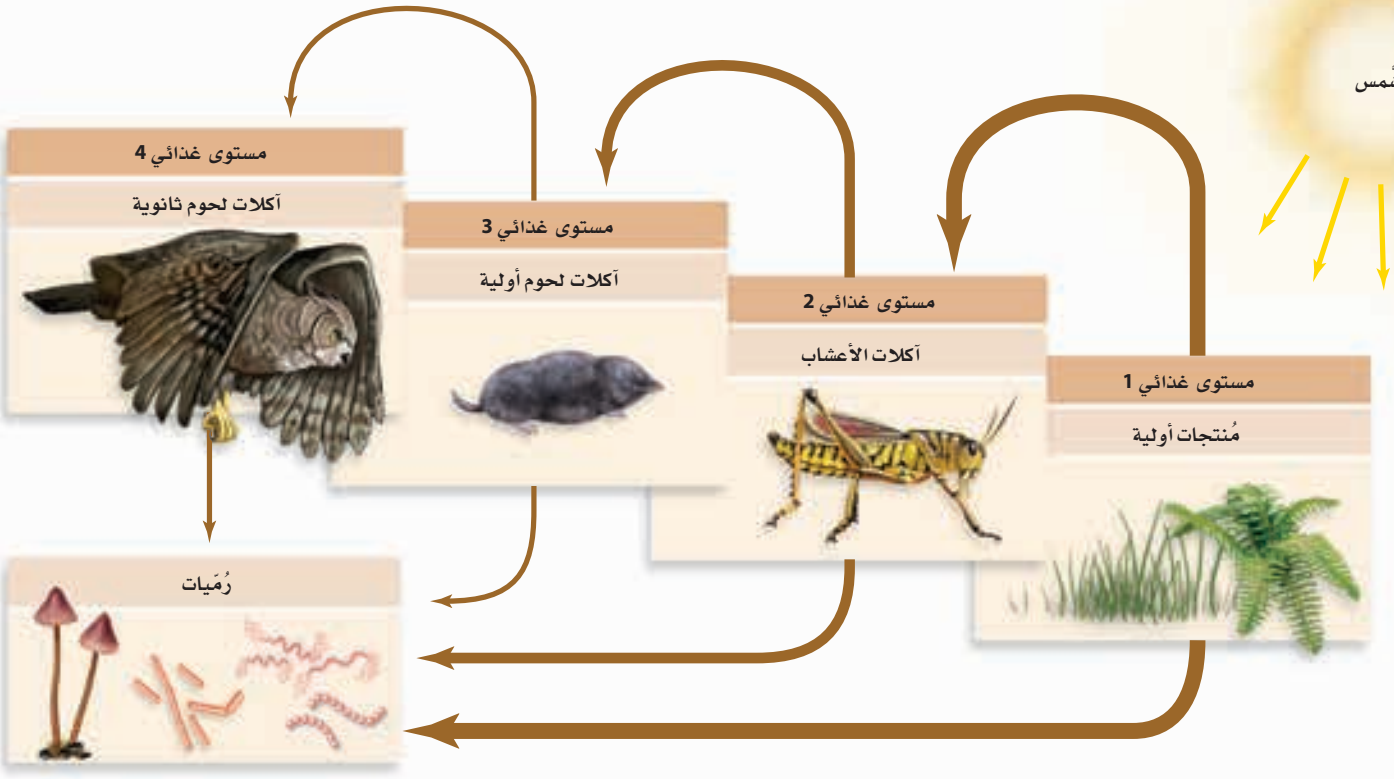
عندما تعيش الأنواع في بيئاتها الطَّبيعية، فإنَّها غالبًا ما تكون مُنظّمة على شكل سلاسل تأكل بعضها بعضًا بشكل تتابعي. فمثلًا، نوع من الحشرات يُمكن أن يأكل النبات، ثم بعد ذلك يأكل هذه الحشرةَ حيوانٌ آكل للحشرات مثل الزبَّابة، وقد يأكل الصقر هذه الزبَّابة. يمرُّ الغذاء هنا خلال أربعة أنواع بالتَّتابع الآتي: نبات ← حشرات ← الزبَّابة ← الصقر. ويُسمَّى تتابع الأنواع بهذا الشَّكل **سلسلة غذائية Food chain**.

في النِّظام البيئي ككل، تؤدي الكثير من الأنواع أدوارًا مُشابهة؛ لا يوجد نوع واحد في كلّ دور. فمثلًا، الحيوانات التي تأكل النباتات يُمكن أن تشمل ليس نوعًا واحدًا من الحشرات، وإنما 30 نوعًا منها تقريبًا، إضافة إلى عشرة أنواع من الثدييات التي تأكل النبات أيضًا. لتنظيم هذا التَّعقيد، ميَّز علماء البيئة عددًا محدودًا من مُستويات التَّغذية يدعى **المُستويات الغذائية Trophic levels** (الشكل 57-8).

تعريف المُستويات الغذائية

أول مُستوى غذائي في النِّظام البيئي، يدعى **المُنتجات الأولية Primary producers**، ويتكوَّن من المخلوقات ذاتية التَّغذية في النِّظام البيئي جميعها. المُستويات الغذائية الأخرى جميعها تتكوَّن من مخلوقات عضوية التَّغذية، هي **المُستهلكات Consumers**. وضعت المخلوقات عضوية التَّغذية التي تتغذَّى بشكل مُباشر على المُنتِجات الأولية جميعها في مُستوى غذائي سُمِّي آكلات **الأعشاب Herbivores**. من جهة أخرى، تُسمَّى المخلوقات عضوية التَّغذية التي تتغذى على آكلات الأعشاب (تأكلها أو تتطفَّل عليها) **آكلات اللُّحوم الأولية Primary carnivores**، أما التي تتغذَّى على آكلات اللُّحوم الأولية فتسمّى **أكلات اللُّحوم الثانوية Secondary carnivores**.

أخذت دراسات مُتقدمة للأنظمة الْبيئيّة في الحسبان أنَّ المخلوقات الحية لا تترتب بشكل خطي مُتتابع بالاعتماد على ما تأكل؛ فبعض الحيوانات، مثلًا، تأكل كلًّا من مُنتجات أولية وحيوانات أخرى. ومع هذا، فإنّ التَّسلسل الخطي للمُستويات الغذائية هو مبدأ تنظيمي لأسباب كثيرة.



الشكل 57-8

المُستويات الغذائية عبر النِّظام البيئي. تحصل المُنتجات الأولية مثل النباتات على طاقتها مُباشرة من الشَّمس، ما يضعها في المُستوى الغذائي 1. الحيوانات التي تأكل النباتات، مثل الحشرات آكلة النبات، هي آكلات الأعشاب، وتوجد في المُستوى الغذائي 2. أما الحيوانات التي تأكل آكلات الأعشاب، مثل حيوان الزبابة، فهي آكلات لحوم أولية، وهي في المُستوى الغذائي 3. في حين أن الحيوانات التي تأكل آكلات اللُّحوم الأولية، مثل البوم، هي آكلات لحوم ثانوية، وهي في المُستوى الغذائي 4. كلّ مُستوى غذائي، على الرَّغم من توضيحه بنوع مُعيَّن، فإنه يتكوَّن من الأنواع جميعها في النِّظام البيئي التي لها الوظيفة نفسها من حيث طريقة التَّغذية. تستهلك المخلوقات التي في المُستوى الغذائي الرُّمي المادة العُضويّة الميتة التي تحصل عليها من المُستويات الغذائية الأخرى جميعها.

أضيف مُستوى مُستهلكات إضافي هو **مُستوى الرُّميَّات (آكلة الحتات) Detritivore**. تختلف الرُّميَّات عن باقي المخلوقات في المُستويات الغذائية الأخرى في أنَّها تتغذَّى على بقايا مخلوقات ميتة؛ **الحُتات أو Detritus** هي مادة عضوية ميتة. مجموعة جزئية من الرُّميَّات هي **المُحلِّلات Decomposers**، التي هي في الأغلب ميكروبات ومخلوقات حية صغيرة تعيش على مواد عضوية ميتة تحطمها.

مفاهيم لوصف المُستويات الغذائية

تتكوَّن المُستويات الغذائية من جماعات المخلوقات الحية جميعها. فمثلًا، مُستوى المُنتجات الأولية يتكوَّن من جماعات سكان الأنواع ذاتية التَّغذية في النِّظام البيئي جميعها. لقد وضع علماء البيئة مجموعة خاصة من المفاهيم للإشارة إلى خصائص الجماعات السكانية والمُستويات الغذائية.

إنتاجية Productivity المُستوى الغذائي هي المُعدَّل الذي تصنع به المخلوقات الحية معًا مواد عضوية جديدة (مادة نسيج جديدة). **الإنتاجية الأولية Primary productivity** هي إنتاجية المُنتجات الأولية. تعقيد مُهم في دراسة المُنتجات الأولية هو أنَّها لا تصنع المواد العُضويّة الجديدة بالبناء الضّوئيّ فقط، بل إنَّها تحطم بعض المواد العُضويّة لإنتاج الطَّاقة عن طريق التَّنفس الخلوي اللاهوائي (انظر الفصل الـ 8). **تنفُّس Respiration** المُنتجات الأولية، في هذا السِّياق، هو المُعدَّل الذي تحطّم به المركّبات العُضويّة. **الإنتاجية الأولية الإجمالية Gross Primary Productivity** هي ببساطة المُعدَّل الخام الذي تصنع المُنتجات الأولية به المواد العُضويّة؛ **الإنتاجية الأولية الصَّافية Net Primary Productivity** هي الإنتاجية الأولية الإجمالية مطروحًا منها تنفس المُنتجات الأولية. تمثِّل الإنتاجية الأولية الصَّافية المواد العُضويّة المُتوافرة لآكلات الأعشاب لكي تستعملها غذاءً.

تُدعى إنتاجيةُ المُستوى الغذائي **لعضوية التَّغذية الإنتاجيةَ الثانويةَ Secondary productivity**. فمثلًا، المُعدَّلُ الذي تصنع فيه مواد عضوية بسبب نمو المخلوق وتكاثره في آكلات الأعشاب جميعها في نظام بيئي هو الإنتاجيةُ الثانوية للمُستوى الغذائي لآكلات الأعشاب. لكلّ مُستوى غذائي لعضوية التَّغذية إنتاجيته الثانوية الخاصة به.

وكلَّما تعلَّمت عن المبادئ البيئيّة، يجب أن يكون أحد أهدافك الأساسية التَّمييز بين الخصائص المُتحركة *Dynamic* والثابتة (الساكنة) *Static* للجماعات. الإنتاجيةُ خاصيةٌ مُتحركةٌ، ويُعبَّر عنها دائمًا بالمُعدَّل؛ لأنَّها تستمر وتستمر، ولا يكون لها معنى مُنفصل عن مرور الزَّمن.

الخاصية الرَّئيسة السَّاكنة للجماعة السكانية أو للمُستوى الغذائي هي كمية المادة العُضويّة الموجودة في وقت مُعيَّن، وهذا يُسمَّى **محصول الكتلة الحيوية القائم Standing crop biomass** للجماعة أو للمُستوى الغذائي، وببساطة المحصول القائم أو الكتلة الحيوية *Biomass*. تخيَّل أنَّك تلتقط صورة لمُستوى غذائي. المواد العُضويّة التي تظهر في الصورة ستكوِّن الكتلة الحيوية للمحاصيل القائمة في تلك اللَّحظة.

كيف تُعالج المُستويات الغذائية الطَّاقة

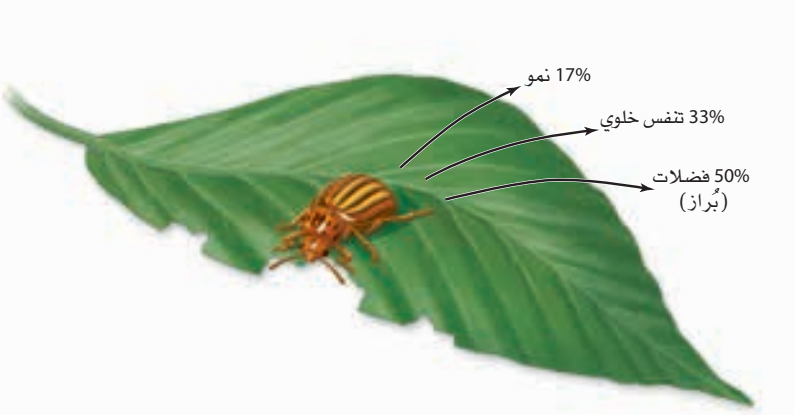
يتمُّ التقاط جزء صغير من الطَّاقة الشَّمسية عن طريق المُنتجات الأولية. على مدار العام، نحو 1% من الطَّاقة الشَّمسية التي تسقط على الغابات والمُحيطات يتمُّ التقاطها. لاحظ الباحثون مُستويات أقل من ذلك، ولكنهم لاحظوا نسبًا عالية مثل 5% في ظروف مُعينة. الطَّاقة الشَّمسية التي لا تُلتقط من خلال البناء الضّوئيّ تتحوَّل إلى حرارة.

كما لاحظنا سابقًا، تقوم المُنتجات الأولية بالتَّنفس، حيث تقوم بتحطيم بعض المُركّبات العضويّة في أجسامها لتُطلق الطَّاقة الموجودة بين الرَّوابط الكيميائية. تستخدم هذه المخلوقات جزءًا من الطَّاقة هذه لصناعة ATP، الذي تستخدمه بدورها لتشغيل العمليات التي في حاجة إلى طاقة. وفي النِّهاية، تتحوَّل طاقة الرّوابط الكيميائية التي يُطلقها المخلوق في أثناء التَّنفس إلى حرارة.

تذكَّر أنَّ المخلوقات لا تستطيع استخدام الحرارة لتبقى على قيد الحياة. لذلك، كلما غيَّرت الطَّاقة شكلها لتُصبح حرارة، فإنَّها تفقد الكثير، بل كلّ فائدتها للمخلوق بوصفها مصدرًا للطَّاقة. ما رأيناه حتى الآن أنَّ 99% تقريبًا من الطَّاقة الشَّمسية التي تصطدم بالنِّظام البيئي تتحوَّل إلى حرارة؛ لأنَّها تفشل في أن تُستعمل في التَّمثيل الضّوئيّ. وبعد ذلك يصبح بعضُ الطَّاقة التي استُعملت في التَّمثيل الضّوئيّ حرارةً أيضًا عن طريق التَّنفس الذي تقوم به المُنتجات الأولية. كلّ عضوية التَّغذية في النِّظام البيئي يجب أن تعيش على طاقة الرّوابط الكيميائية التي تبقَّت.

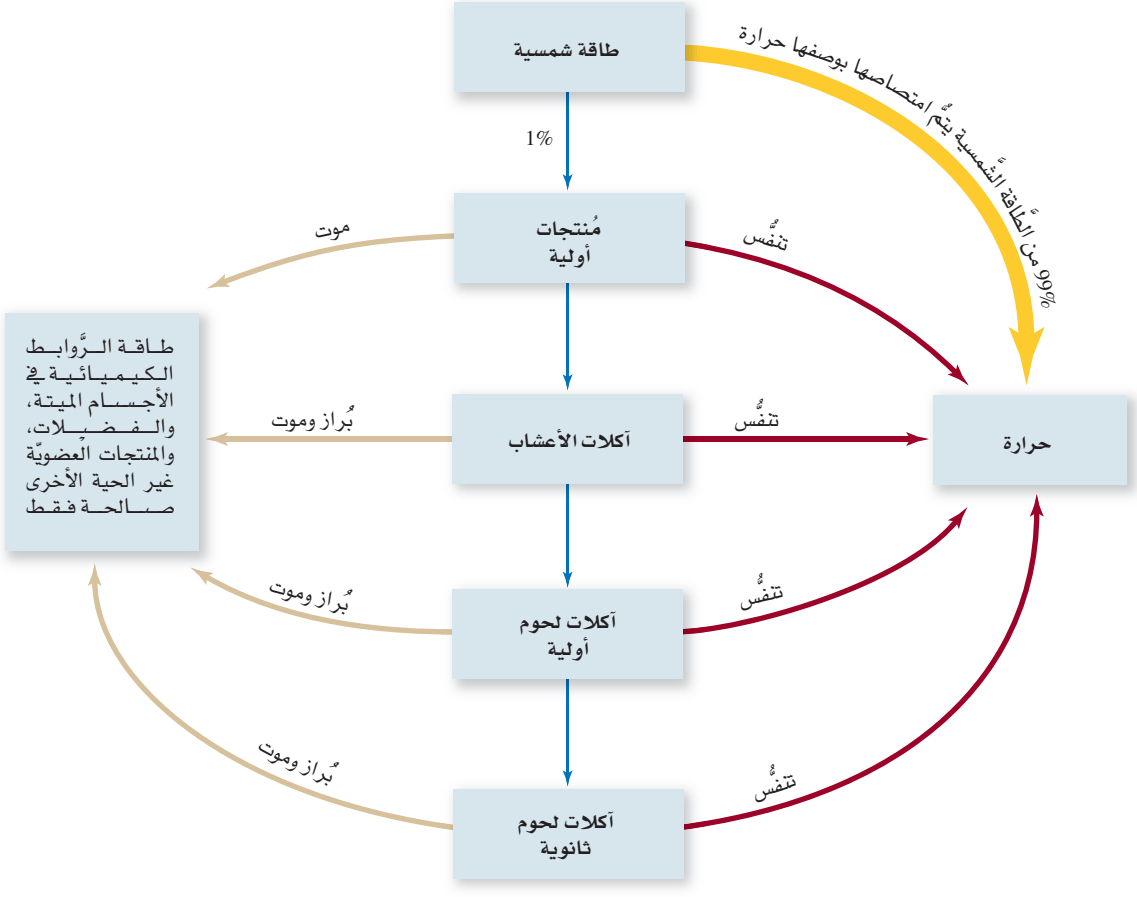
مثال على ضياع الطَّاقة بين المُستويات الغذائية

عندما تمر طاقة الرَّبط الكيميائية من مُستوى غذائي لعضوية تغذية إلى مُستوى آخر يليه، يضيع جزء كبير من الطَّاقة في أثناء ذلك. هذا المبدأ له نتائج مأساوية. وهذا يعني أنَّه، خلال أي فترة مُحدَّدة من الزَّمن، تكون كمية طاقة الرّوابط



الشكل 57–9

مصير طاقة الروابط الكيميائية بعد تناولها: لماذا لا تكون الطَّاقة التي تُستهلك عن طريق عضوية التَّغذية جميعها مُتاحة للمُستوى الغذائي اللاحق. تمتص عضوية التَّغذية مثل هذه الحشرة آكلة الأعشاب جزءًا فقط من طاقة الروابط الكيميائية التي تأكلها. في هذا المثال، 50% منها لا تُمتصّ، ولكن تخرج على شكل بُراز؛ طاقة الرَّوابط الكيميائية هذه التي يتمُّ إخراجها لا يُمكن أن تستخدمها آكلات اللحوم الأولية. ثُلث (33%) الطَّاقة التي يتمُّ أكلها تُستخدم وقودًا للتَّنفس الخلوي، ومن ثمَّ تُحوَّل إلى حرارة، ولا يمكن أن تستخدمها آكلات اللحوم الأولية. يتحوَّل 17% فقط من الطَّاقة المُتناولة إلى الكتلة الحيوية للحشرة خلال النُّمو، ويُمكن أن تُستعمل غذاءً للمُستوى الغذائي الذي يليه، ولكن حتى هذه النِّسبة ليس مُؤكدًا استخدامها بتلك الطَّريقة؛ لأنَّ بعض الحشرات سوف تموت قبل أن تُؤكل.



الشكل 57–10

تدفُّق الطَّاقة في النِّظام البيئي. تُمثِّل الأسهم الزَّرقاء تدفُّق الطَّاقة التي تدخل النِّظام البيئي على شكل ضوء ثم تعبر من خلال طاقة الروابط الكيميائية إلى المُستويات الغذائية المُتعاقبة. عند كلّ خطوة تتوزع الطَّاقة، وهذا يعني أنَّ طاقة الروابط الكيميائية التي تكون مُتاحة لكلّ مُستوى غذائي أقل من تلك التي تكون مُتاحة للمُستوى الغذائي السَّابق. الأسهم الحمراء تُمثِّل تحويلات الطَّاقة إلى حرارة. الأسهم البرونزية تُمثِّل تحويلات الطَّاقة إلى فضلات ومواد عضوية صالحة للرُّميات فقط.

الكيميائية المُتوافرة لآكلات لحوم أولية أقل من كمية الطَّاقة المُتوافرة لآكلات الأعشاب، وأنَّ كمية الطَّاقة المُتوافرة لآكلات اللُّحوم الثانوية أقل من تلك المُتوافرة لآكلات اللُّحوم الأولية.

لماذا تقل كمية طاقة الروابط الكيميائية كلَّما عبرت الطَّاقة من مُستوى غذائي إلى آخر يليه؟ خذ مثلًا استخدام الطَّاقة في المُستوى الغذائي لآكلات الأعشاب (الشكل 57-9). بعد أن تبتلع آكلات الأعشاب مثل الحشرات آكلات الأوراق بعض الطعام، فإنَّها تتبرَّز. طاقة الروابط الكيميائية في المركّبات الموجودة في الفضلات لا تمرُّ إلى المُستوى الغذائي لآكلات اللُّحوم الأولية. جزء من الطَّاقة المُمتصة من قِبَل آكلات الأعشاب تُطلق عن طريق التَّنفس الخلوي لتُستخدم في إصلاح الأنسجة، وحركات الجسم، ووظائف أخرى مُشابهة. الطَّاقة التي تُستخدم في هذه الطُّرق، تتحوَّل إلى حرارة، ولا تمرُّ إلى المُستوى الغذائي لآكلات اللُّحوم. تبقى بعض طاقة الروابط الكيميائية في أنسجة آكلات الأعشاب، ويُمكنها أن تعمل بوصفها غذاءً لآكلات اللُّحوم. من ناحية أخرى، تموت بعض أفراد العاشبات بسبب المرض والحوادث بدلًا من أكلها عن طريق المُفترسات.

في النِّهاية، طبعًا، تتجمَّع بعض طاقة الروابط الابتدائية المُكتسبة من الورقة في أنسجة آكلات الأعشاب التي تُؤكل عن طريق آكلات اللُّحوم الأولية. مُعظم طاقة من ناحية أخرى، الروابط الكيميائية الابتدائية تتحوَّل إلى حرارة، وبُراز، وإلى أجسام أفراد آكلات الأعشاب التي لا تستطيع آكلات اللُّحوم أكلها. يتكرَّر الحدث نفسه في كلّ خطوة في سلسلة المُستويات الغذائية (الشكل 57-10).

وبمنزلج القاعدة، استنتج علماء البيئة أنَّ كمية طاقة الروابط الكيميائية المُتاحة للمُستوى الغذائي خلال فترة من الزَّمن هي 10% تقريبًا من تلك المُتاحة للمُستوى الغذائي السَّابق خلال الفترة الزَّمنية نفسها. وفي بعض الحالات تكون النِّسبة أعلى من ذلك، فقد تصل إلى 30%.

الحرارة بوصفها منتجًا نهائيًّا للطَّاقة

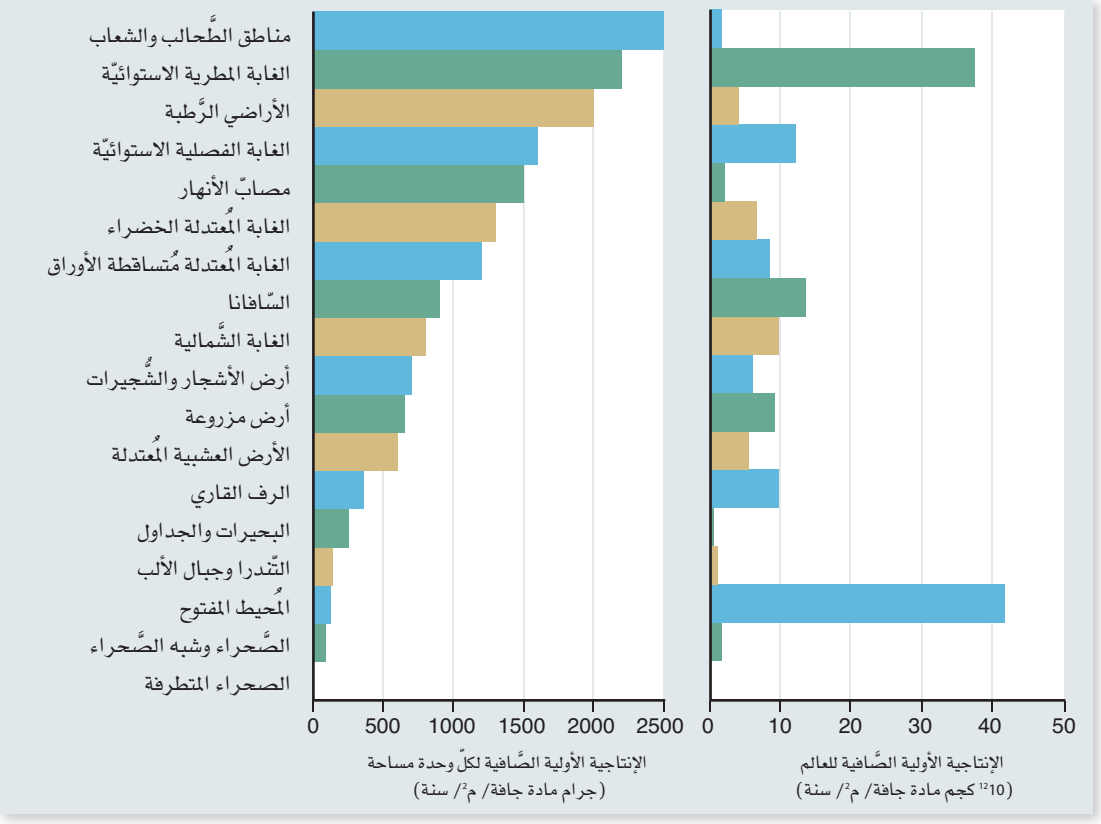
بشكل أساسي، تصبح طاقة الروابط الكيميائية جميعها التي تُلتقط عن طريق البناء الضّوئيّ في النِّظام البيئي حرارة في النِّهاية، وذلك عندما تُستخدم طاقة الروابط الكيميائية من قِبَل المُستويات الغذائية المُختلفة. حتى نرى أهمية هذه النُّقطة، يجب أن نعرف أنَّ الرُّميات عندما تُحلِّل الأجسام الميتة كلَّها في النِّظام البيئي، وكذلك البُراز، ومواد أخرى مُتوافرة لها، فإنَّها تُنتج حرارة تمامًا مثل المُستويات الغذائية الأخرى.

الأنظمة الْبيئيّة المُنتجة

تختلف الأنظمة الْبيئيّة بشكل كبير في الإنتاجية الأولية الصَّافية (NPP). الأراضي المُبتلة والغابات الاستوائيّة المطرية مثالان مُحدّدان على الأنظمة الْبيئيّة المُنتجة (الشكل 57-11)؛ تُقاس الإنتاجية الأولية الصَّافية فيهما، بالوزن الجاف للمادة الْعضويّة الجديدة المُنتجة، وهي غالبًا 2000 جم / م^2/ سنة تقريبًا. في المقابل، فإنّ الأرقام المُوازية لأنواع أخرى من الأنظمة الْبيئيّة هي: 1200-1300 في الغابات المُعتدلة، 900 في السّافانا، 90 في الصحارى. (هذه الأنواع العامة من الأنظمة الْبيئيّة تُسمَّى المناطق الحيوية، وقد وُصفت في الفصل المقبل)

عدد المُستويات الغذائية يحدده توافر الطَّاقة

يتناقص المُعدَّل الذي تكون عنده طاقة الروابط الكيميائية مُتوافرة للمخلوقات في المُستويات الغذائية المُختلفة بشكل أُسي عندما يشق طريقه من المُنتجات الأولية إلى آكلات الأعشاب، ثُمَّ إلى المُستويات المُختلفة لآكلات اللُّحوم. لكي نتصور هذه النُّقطة، افترض لغايات التَّبسيط أنَّ مُنتِجات أولية في نظام بيئي تكسب 1000 وحدة من طاقة الروابط الكيميائية خلال فترة زمنية. إذا كانت الطَّاقة المُدخلة



الشكل 57-11

إنتاجية النِّظام البيئي السَّنوية. يُظهر العمود الأول من البيانات مُعدَّل الإنتاجية الأولية الصَّافي لكلّ متر مُربع لكلّ سنة. يُظهر العمود الثاني حاصل ضرب البيانات في المساحة التي يُغطيها نوع النِّظام البيئي؛ ويُساوي الإنتاجية لكلّ متر مُربع لكلّ سنة مضروبًا في عدد الأمتار المُربعة التي يحتلها النِّظام البيئي على مُستوى العالم. لاحظ أنَّ نوع النِّظام البيئي عالي الإنتاجية على أساس المتر المُربع قد لا يُسهم في الإنتاجية الإجمالية إذا كان من النَّوع غير الشائع، مثل الأراضي الرَّطبة. على الطَّرف الآخر، يكون نوع النِّظام البيئي الأكثر شيوعًا، مثل المُحيط المفتوح، أكثر انتاجية على مُستوى العالم على الرغم من أنَّ إنتاجيته لكلّ متر مُربع قليلة جدًا.

المصدر: البيانات في: بيجون؛ هاربر؛ وتاونسيند، البيئة، الطبعة الثالثة، بلاكويل للعلوم، 1996، صفحة 715.
المصدر الأصلي: ويتكر، ر. هـ. المجتمعات والنِّظام البيئي، الطبعة الثانية، ماكميلن، لندن، 1975.

لكلّ مُستوى غذائي 10% من مقدار الطَّاقة المُدخلة للمُستوى السَّابق له، فسيكون مقدار طاقة الروابط الكيميائية المُدخلة للمُستوى الغذائي لآكلات الأعشاب 100 وحدة، وللمُستوى الغذائي الأولي لآكلات اللحوم 10 وحدات، وللمُستوى الغذائي الثانوي لآكلات اللحوم وحدة واحدة خلال الفترة الزَّمنية نفسها.

مُحدِّدات على آكلات اللُّحوم العُليا

يُحدِّدُ التَّناقصُ الأُسيُّ لطاقة الروابط الكيميائي في كلّ سلسلة غذائية أطوالَ السَّلاسل الغذائية، وأعدادَ آكلات اللُّحوم العُليا التي يُمكن للنِّظام البيئي أن يدعمها. بالنِّسبة إلى حسابات نموذجية، إذا كان نظام بيئي يشمل آكلات لحوم ثانوية، نحو واحد بالألف فقط من الطَّاقة المُلتقطة بالتَّمثيل الضّوئيّ تمّر قدمًا عبر سلسلة من المُستويات الغذائية لتصل إلى هذه الحيوانات على شكل طاقة روابط كيميائية قابلة للاستعمال. آكلات اللُّحوم الثالثة يُمكن أن تستقبل 1 من 10 آلاف فقط. هذا يُفسِّر لماذا لا تُوجد مُفترسات تعيش على الأسود أو النُّسور.

يُساعد التَّناقص في طاقة الروابط الكيميائية المُتاحة على توضيح لماذا تميل أعداد الأفراد في المُستوى الأعلى لآكلات اللُّحوم في النِّظام البيئي لأن تكون قليلة. كامل المُستوى الغذائي لآكلات اللُّحوم العُليا تستقبل طاقة قليلة نسبيًّا. ومع ذلك مثل هذه الحيوانات تميل إلى أن تكون كبيرة في الحجم: فلها أحجام جسم كبيرة نسبيًّا، ويحتاج أفرادها إلى طاقة عالية. وبسبب هذين العاملين، تميل أعداد جماعات المُفترسات العُليا إلى أن تكون صغيرة.

ربما توجد أطول السَّلاسل الغذائية في المُحيطات. بعض أسماك التُّونا ومُفترسات المُحيط الأعلى مُستوى ربما تعمل بوصفها مُفترسات من المستويين الثالث والرَّابع. هناك تحدٍّ واضح أمام تفسير مثل هذه السَّلاسل الغذائية الطَّويلة، ولكن الإجابات ليست مفهومة بشكل جيد في الوقت الحالي.

الإنسان مستهلكًا؛ دراسة حالة

ساعد تدفُّق الطَّاقة في بحيرة كايوغا Cayuga في الجزء الشَّمالي من ولاية نيويورك (الشكل 57-12) على توضيح كيف أنَّ تحرُّك الطَّاقة في المُستويات الغذائية يُمكن له أن يُؤثِّر في مصادر غذاء الإنسان. من الخصائص الحقيقية لهذا النِّظام البيئي، وجد الباحثون أنَّ 150 إلى 1000 سعر من طاقة الروابط الكيميائية التي تلتقطها المُنتجات الأولية في البُحيرة انتقلت إلى أجسام آكلات الأعشاب. 30 سعرًا تقريبًا من هذه السُّعرات انتقلت إلى أسماك الهف، وهي أسماك صغيرة من آكلات اللُّحوم الأولية الأساسية في النِّظام.

إذا أكل الإنسان من أسماك الهف، فإنَّه يحصل على نحو ستة سعرات من ألف سعر دخلت في بداية النِّظام. وإذا أكلتْ أسماكُ السَّلمون أسماكَ الهف، ثُمَّ أكل الإنسانُ أسماكَ السَّلمون، فإنّ الإنسان يكسب 1.2 سعر. عمومًا، تتوافر للجماعات البشرية طاقة إذا أكل الإنسانُ النباتاتِ أو المُنتجاتِ الأخرى أكثر من أكله الحيوانات، في حين تتوافر طاقة أكثر إذا أكل آكلاتِ أعشابٍ أكثر من أكله آكلات لحوم.

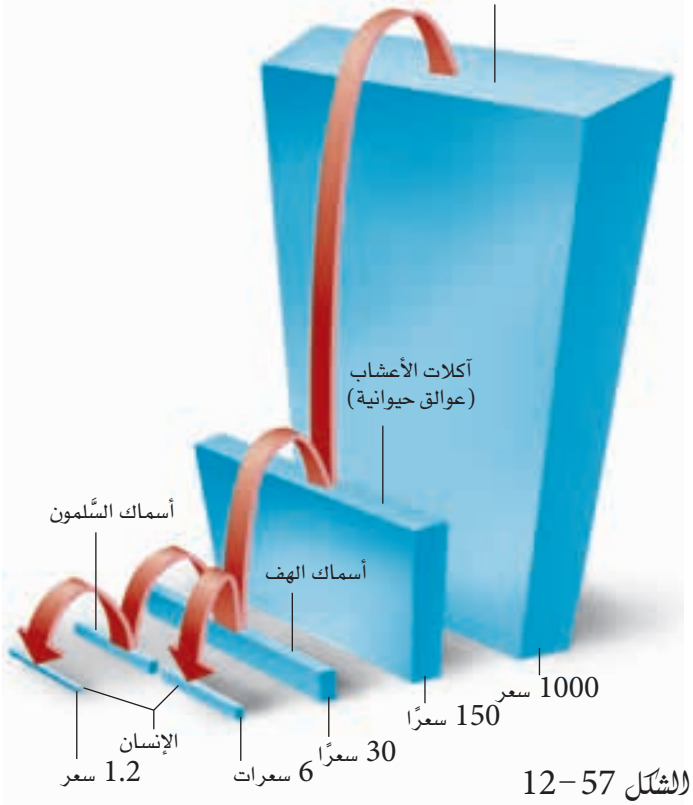
تُوضِّح الأهرام البيئيّة علاقة المُستويات الغذائية

تخيَّل أنَّ المُستويات الغذائية في النِّظام البيئي مُثِّلت بوصفها صناديق وُضعت فوق بعضها. تخيَّل أيضًا أنَّ عرض كلّ صندوق يتناسب مع إنتاجية المُستوى الغذائي الذي يُمثِّله. ستكون الصناديق الموضوعة فوق بعضها على شكل هرم؛ كلّ صندوق أَضيق من الصندوق الذي تحته بسبب قوانين تدفُّق الطَّاقة التي لا يُمكن انتهاكها. مثل هذا الشَّكل الذي رسمناه يُدعى **هرم تدفُّق الطَّاقة Pyramid of energy flow** أو **هرم الإنتاجية Pyramid of productivity** (الشكل 57-13 أ). هذا الهرمُ مثالٌ على **الهرم البيئي Ecology pyramid**.

هناك أنواع كثيرة من الأهرام البيئيّة. يُمكن استخدام أشكال توضيحية للهرم لتمثيل محصول الكتلة الحيوية القائم، أو عدد الأفراد، وكذلك الإنتاجية.

في **هرم الكتلة الحيوية Pyramid of biomass**، يُرسم عَرضُ هذه الصناديق، بحيث يتناسب مع محصول الكتلة الحيوية القائم. المُستويات الغذائية التي تمتلك إنتاجية قليلة نسبيًّا عادةً، تمتلك أيضًا كتلة حيوية قليلة نسبيًّا موجودة عند وقت مُعيَّن. لهذا، تكون أهرام الكتلة الحيوية عادة مُعتدلة عمودية، وهذا يعني، أنَّ كلّ صندوق أضيق من الصندوق الذي تحته (الشكل 57-13 ب). لا تكون الأهرام العمودية القائمة للكتلة الحيوية محكومة بالقوانين الأساسية التي لا يُمكن انتهاكها كما الأهرام العمودية للإنتاجية. في بعض الأنظمة البيئيّة، تكون أهرام **الكتلة الحيوية مقلوبة Inverted**، ما يشير إلى، أنَّ مُستوى غذائيًّا واحدًا على الأقل يمتلك كتلة حيوية أكبر من المستوى الغذائي الذي تحته (الشكل 57-13 جـ).

كيف يُمكن أن يكون هرم الكتلة الحيوية مقلوبًا؟ خذ في الحسبان النَّوع الشَّائع للنِّظام المائي الذي تكون فيه المُنتجاتُ الأولية طحالبَ وحيدة الخلية (عوالق نباتية)، وآكلات الأعشاب بحجم حبة رز (مثل مجذافي الأرجل) وتتغذَّى على المُنتجات الأولية (الطَّحالب، والبكتريا الخضراء المُزرقة).

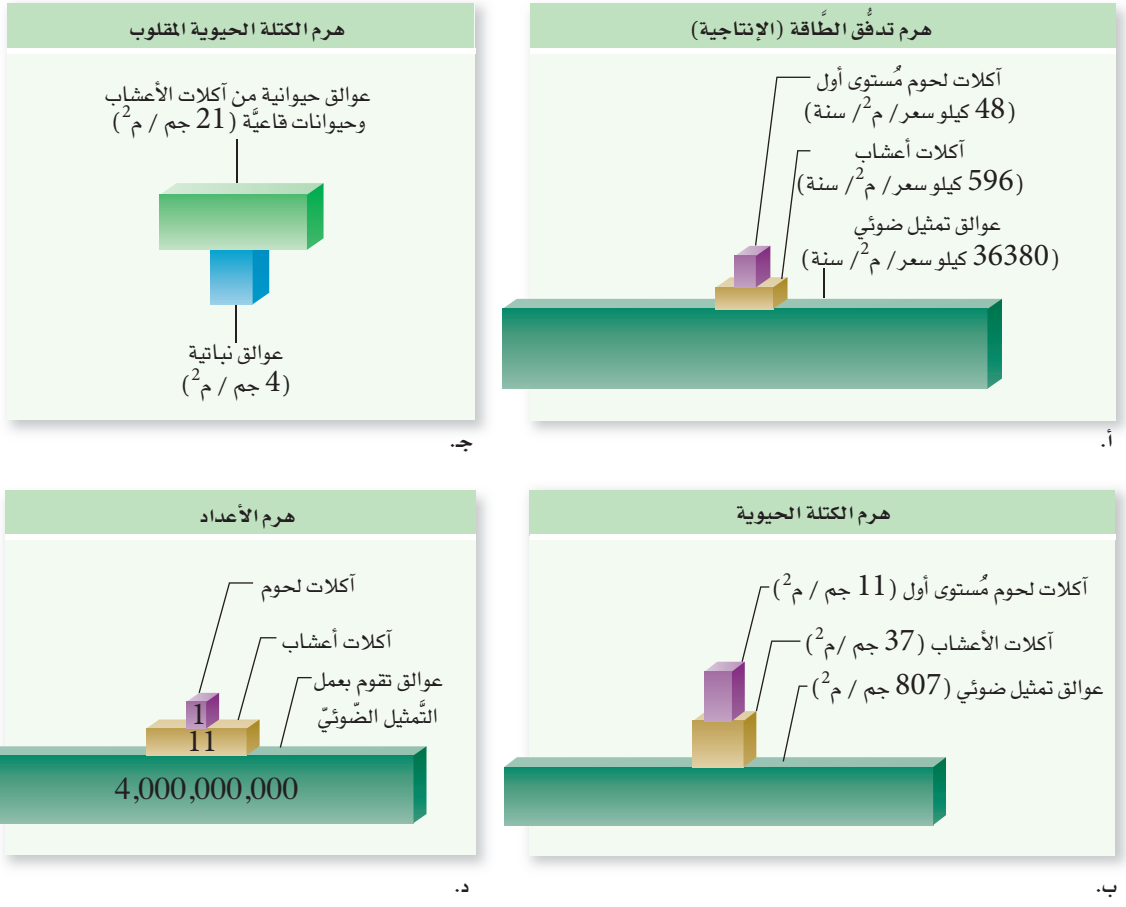


الشكل 57-12

تدفُّق الطَّاقة خلال المُستويات الغذائية لبحيرة كايوجا. العوالق ذاتية التَّغذية (الطَّحالب والبكتريا الخضراء المُزرقة) تُثبِّت الطَّاقة الشَّمسية، في حين تتغذى آكلات الأعشاب (عوالق حيوانية) على هذه العوالق، في حين تتغذى كلاهما يأكله سمك الهف. يأكل سمكُ السَّلمون سمكَ الهف. كمية لحم السَّمك المُنتج للاستهلاك البشري أكبر بِـ 5 مرات إذا أكل الإنسان الهف، ولكن الناس يفضلون أكل السَّلمون.

استقصاء

لماذا تحتاج كمية كبيرة من السُّعرات الحرارية من الطَّحالب إلى دعم كمية قليلة جدًا من سعرات الإنسان؟



الشكل 57-13

الأهرام البيئيّة. في الهرم البيئي، تُمثَّل المُستويات الغذائية المُتتابعة بصناديق مصطفة ومُتلاصقة، ويُمثِّل عرض الصناديق حجم خاصية بيئية في المُستويات الغذائية المُختلفة. يُمكن أن تُمثِّل الأهرام البيئيّة خصائص عدَّة مُختلفة. أ. هرم تدفُّق الطَّاقة (الإنتاجية). ب. هرم الكتلة الحيوية من النَّوع العادي. جـ. هرم الكتلة الحيوية المقلوب. د. هرم الأعداد.

استقصاء

كيف يُمكن تفسير وجود أهرام كتلة حيوية مقلوبة؟

خلايا الطَّحالب مُباشرة. في هذا النِّظام، يكون إنتاج الخلايا الطُّحلبية سريعًا جدًا: تتكاثر الخلايا بشكل سريع، ولكن الحيوانات تستهلكها بالسرعة نفسها. في هذه الظُّروف، لا تصل الخلايا الطُّحلبية أبدًا لأن تكون جماعة كبيرة، أو أن تكون ذات كتلة حيوية كبيرة. مع ذلك، وبسبب الإنتاجية العالية للخلايا الطُّحلبية، فإنّ النِّظام البيئي يُمكن أن يدعم كتلة حيوية كبيرة من الحيوانات، أي كتلة حيوية أكبر مما يُمكن مُشاهدته في جماعة الطَّحالب على الإطلاق.

في **هرم الأعداد Pyramid of numbers**، يتناسب عرض الصناديق مع عدد الأفراد الموجودين في المُستويات الغذائية المُختلفة (الشكل 57-13 د). مثل هذه الأهرام تكون عمودية عادةً، ولكن ليس دائمًا.

تلتقط مخلوقات البناء الضَّوئيّ- المُنتجات الأولية- 1% تقريبًا من الطَّاقة الشَّمسية، وتُحوِّلها إلى طاقة روابط كيميائية. عندما تمرُّ هذه الطَّاقة خلال المُستويات الغذائية الأخرى، يتحوَّل بعض الطَّاقة في كلّ خطوة إلى: حرارة، وبُراز، ومادة ميتة. وفقًا لذلك، فإنّ كمية الطَّاقة الكيميائية التي تُصبح متاحةً لكلّ مُستوى غذائي في وحدة زمنية مُعيَّنة نحو 10% فقط من الكمية المُتاحة للمُستوى الغذائي السَّابق. يُحدِّد هذا الفقدان في طاقة الروابط الكيميائية عدد المُستويات الغذائية في النِّظام البيئي، ويُجبر أهرامات الطَّاقة لهذه الأنظمة البيئيّة أن تكون عمودية. ويعني هذا الفقدان أيضًا أنَّ المُستهلكات يُمكنها الحصول على طاقة إن عملت بوصفها آكلات أعشاب أفضل من عملها بصفتها آكلات لحوم.

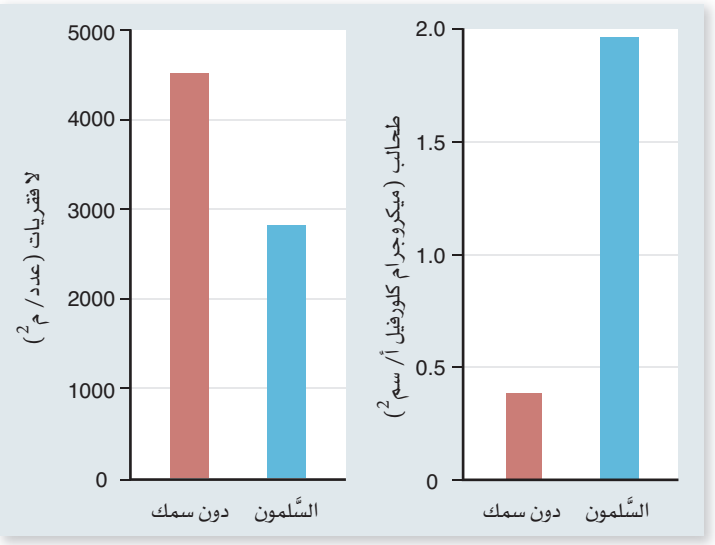
3-57 تفاعلات المُستويات الغذائية

يهيىء وجود سلاسل غذائية احتمال أن يكون لنوع ما في أي مُستوى غذائي تأثيرات في أكثر من مُستوى غذائي. قد تُؤثر آكلات اللُّحوم الأولية، مثلًا، ليس فقط في الحيوانات التي تأكلها بل، وبشكل غير مُباشر، في النباتات أو الطَّحالب التي تأكلها فريستها. وبالاتجاه المعاكس، يُمكن أن يُوفر ازدياد الإنتاجية الأولية المزيد من الطَّعام ليس للعاشبات بل لآكلات اللُّحوم بشكل غير مُباشر كذلك.

تُسمَّى التَّأثيراتُ التي يسلطها مُستوى غذائي أعلى نحو الأسفل لتُؤثر في اثنين أو أكثر من المُستويات الغذائية الأدنى **الشَّلالَ الغذائيَ Trophic cascade**. كما تُسمَّى هذه التَّأثيرات **التأثيرات أعلى-أدنى Top- down effects**. وعندما يجري التَّأثير نحو الأعلى خلال سلسلة غذائية مثل جريانه من المُنتجات الأولية إلى مُستويات غذائية أعلى، فإنَّه يُسمَّى **تأثير أدنى- أعلى Bottom- up effect**.

تحدث التَّأثيرات أعلى- أدنى عندما تُؤثِّر تغيُّرات في أعلى مُستوى غذائي في المُنتجات الأولية

أثبت وجود التَّأثيرات أعلى-أدنى من خلال تجارب مُحكمة في بعض أنواع الأنظمة البيئيّة، وبالتَّحديد أنظمة المياه العذبة. فمثلًا، في إحدى الدِّراسات، أُحيطت مقاطع من جدول بشبكة منعت الأسماك من الدُّخول. أُضيف السَّلمون البني – مُفترس اللافقريات – إلى بعض المحميات دون أخرى. بعد عشرة أيام، كان عدد



الشكل 57-14

تأثيرات أعلى-أسفل مُوضَّحة بشلال غذائي بسيط. في جدول مائي في نيوزيلندة، احتوت المحميات بوجود أسماك السَّلمون على آكلات أعشاب لافقرية أقل (لاحظ اللَّوحة على اليسار) وكمية أكبر من الطحالب (لاحظ اللَّوحة على اليمين) من تلك التي لا تحتوي على سمك السَّلمون.

استقصاء

لماذا تحتوي جداول الماء المُحتوية على أسماك السَّلمون طحالب أكثر؟

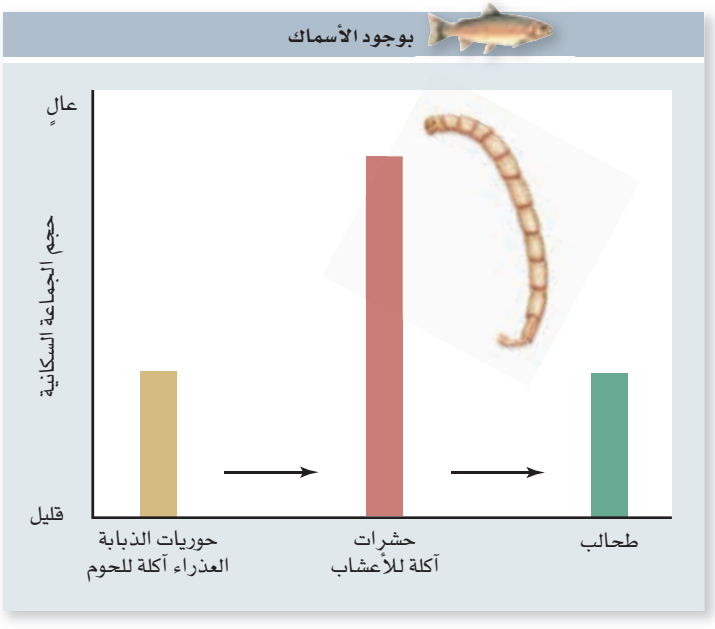
اللافقريات في المحمية التي بها السلمون تُلثي عددها في المناطق الخالية من الأسماك (الشكل 57-14). من ناحية أخرى، كانت الكتلة الحيوية للطَّحالب التي تتغذَّى عليها اللافقريات أكثر بخمسة أضعاف في المحميات التي فيها سمك السَّلمون عن تلك التي لا يوجد فيها سمك السَّلمون.

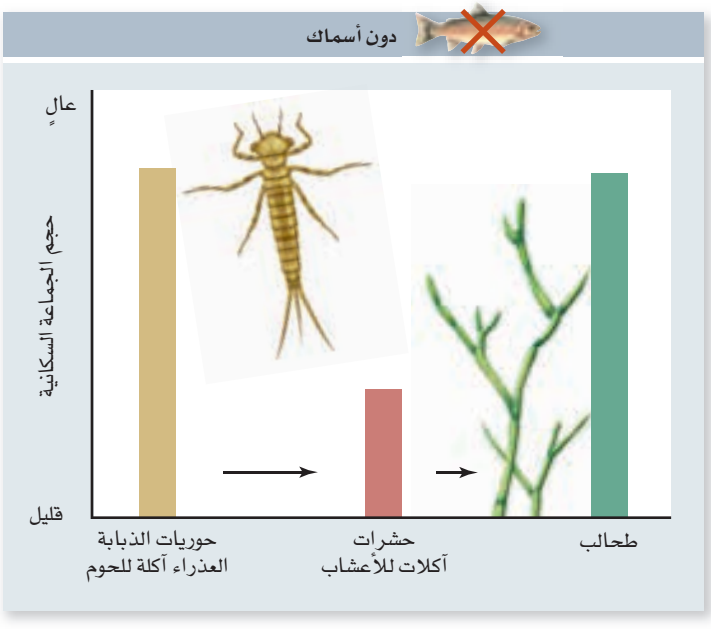
منطق الشَّلال الغذائي الذي ذُكر سابقًا يقود إلى التَّوقع أنَّه إذا أُضيفت آكلات لحوم ثانوية إلى المحمية، فإنَّها سوف تُؤدي إلى إحداث آثار شلال. من المُتوقع أنَّ آكلات اللُّحوم الثانوية ستُبقي جماعات آكلات اللُّحوم الأولية تحت السَّيطرة، ما سيؤدي إلى وفرة في آكلات العُشب، وندرة في المُنتجات الأولية.

في تجربة شبيهة للتجربة التي ذُكرت توًّا، أُقيمت محميات في جداول حُرَّة الجريان في شمال كاليفورنيا. كانت آكلة اللُّحوم الرّئيسة في هذه الجداول، يرقات الذبابة العذراء (تُدعى حوريات). الأسماك التي تفترس هذه الحوريات وآكلات اللُّحوم الأولية كانت قد أُضيفت إلى بعض المحميات دون أخرى. في المحميات التي تحتوي على أسماك، كان عدد الحوريات قليلًا جدًا، ما أدَّى إلى ارتفاع في أعداد فرائسها، ومن ضمنها آكلات الأعشاب من الحشرات التي أدَّت إلى تناقُص الكتلة الحيوية للطَّحالب (الشكل 57-15).

ليس من السَّهل التحقق من صحة الشَّلالات الغذائية في الأنظمة الحيوية الكبيرة بتجارب شبيهة بتجارب محميات الجداول، وعمل مثل هذه الشَّلالات ليس معروفًا بشكل كافٍ . وعلى الرَّغم من ذلك، تمَّ التّعرّف إلى بعض الشَّلالات في الأنظمة البيئيّة الكبيرة من قِبَل مُعظم علماء البيئة. واحد من أكثرها دراماتيكية يشترك فيه ثعلب البحر، وقنفذ البحر، وغابات أعشاب البحر الصغيرة على طول السَّاحل الغربي لأمريكا الشمالية (الشكل 57-16).

تأكل ثعالبُ البحر قنافذَ البحر، وتأكل القنافذُ الأعشابَ البحرية الصغيرة، مانعةً تكوين غابات أعشاب البحر. عندما تتوافر ثعالب البحر، تنمو غابات أعشاب البحر جيدًا بسبب وجود عدد قليل نسبيًّا من قنافذ البحر في النِّظام. ولكن عندما تكون



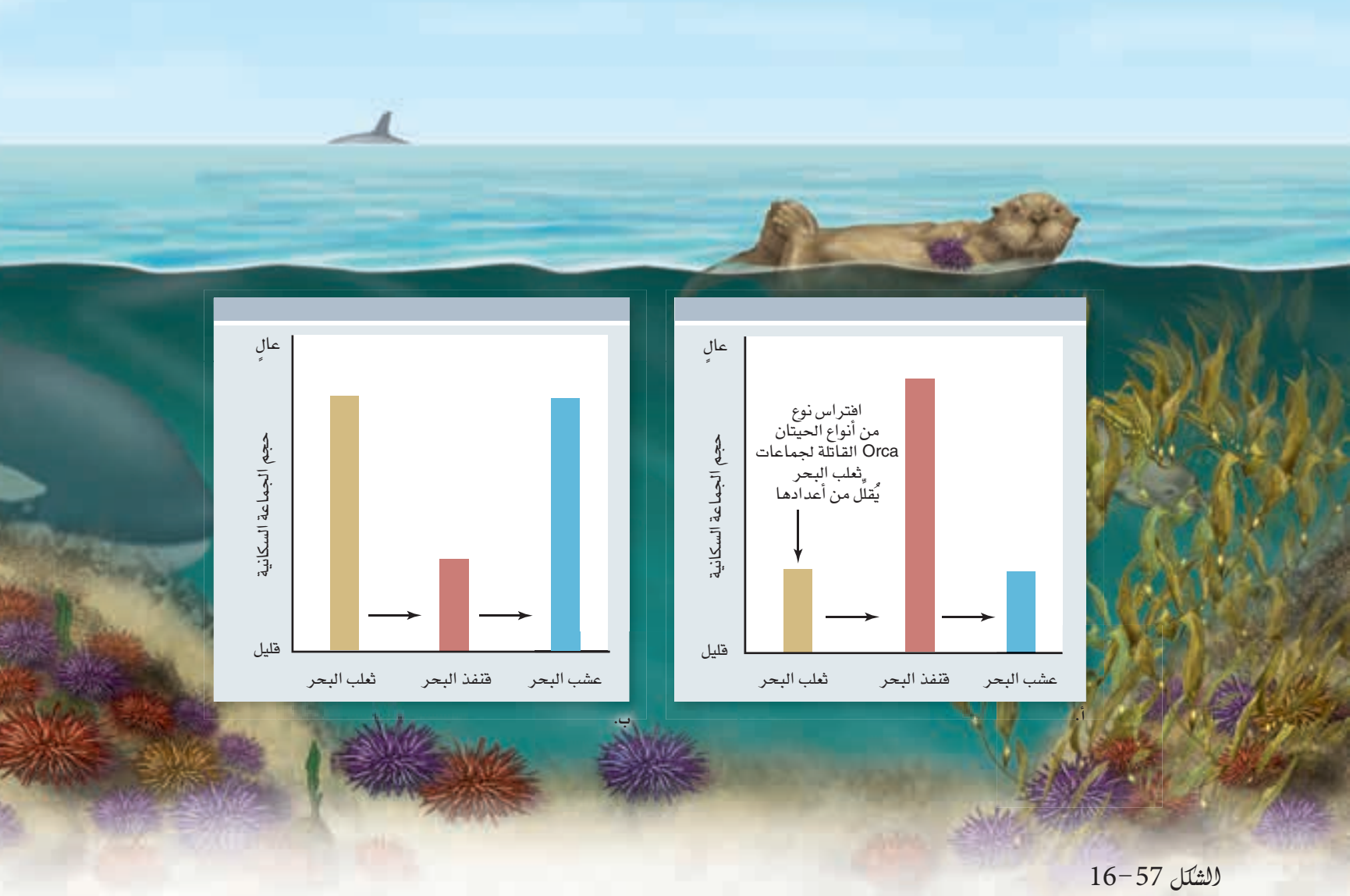


الشكل 57-15

تأثيرات أعلى-أسفل مُوضَّحة بتجربة في شلال غذائي ذي أربعة مُستويات غذائية. تمتلك المحميات جدول ماء فيه أسماك كبيرة آكلة لحوم (على اليمين) القليل من آكلات لحوم أولية، مثل حوريات الذبابة العذراء، والقليل من الحشرات آكلة الأعشاب (مثلت هنا بعدد نوع من أنواع الحشرات النباتية)، ومستوى منخفض من الطَّحالب.

استقصاء

ما التَّأثير المُحتمل للأفاعي التي تأكل الأسماك إذا أُضيفت إلى المحميات؟



الشكل 57-16

شلال غذائي في نظام بيئي واسع. على طول السَّاحل الغربي لأمريكا الشَّمالية، يوجد نظام ثعلب البحر / قنفذ البحر / أعشاب البحر على حالتين: في الحالة المُوضَّحة على اللَّوحة أ، يسمح العدد القليل لجماعات ثعلب البحر لأعداد كبيرة من جماعات قنفذ البحر، الذي يكبح أعداد عشب البحر؛ في الحالة المُوضَّحة في اللَّوحة ب، أعداد كبيرة من ثعلب البحر تبقي القنافذ تحت السيطرة، ما يسمح لنمو غزير لأعشاب البحر. تبعًا لفرضية حديثة، أدَّى تحوُّل الحوت القاتل Orca إلى افتراس الثعالب دون الثدييات الأخرى إلى أن يكون النِّظام البيئي اليوم غالبًا في الحالة المُمثَّلة على اليسار.

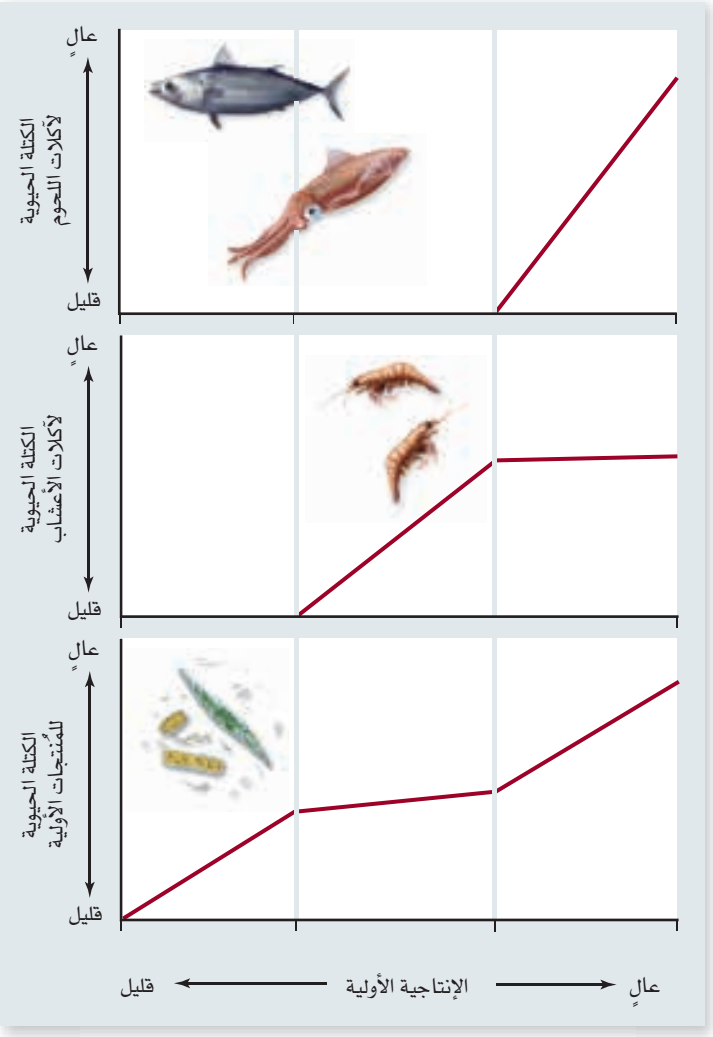
هذه الثعالب قليلة، فإنّ القنافذ تكون كثيرة العدد مما يُسبِّب خللًا في تطور غابات أعشاب البحر. وتدخل في هذه الصورة الحيتان القاتلة Orcas لأنَّها بدأت في السَّنوات الأخيرة تفترس بشكل مُكثَّف ثعالب البحر، ما أدَّى إلى انخفاض أعداد جماعات ثعالب البحر.

أدَّى إزالة الإنسان لآكلات اللُّحوم إلى تأثيرات أعلى- أدنى

يُعتقد أنَّ أنشطة الإنسان لها تأثيرات أعلى-أسفل في عدد من الأنظمة البيئيّة، بإزالة آكلات اللُّحوم بالمُستوى الأعلى عادة. عالم الطَّبيعة الكبير ليوبولد Aldo Leopold وضع مثل هذه التَّأثيرات قبل فترة طويلة من وضع فرضية الشَّلالات الغذائية، عندما كتب في مقاطعة ألمانك الرملية *Sand County Almanc*: "عشت لأرى ولاية بعد ولاية تُزيل ذئابها. شاهدت وجه الكثير من الجبال الجديدة الخالية من الذِّئاب، ورأيت المُنحدرات التي تُواجه الجنوب تمتلئ بعدد مُذهل من الغزلان الجديدة. لقد رأيت الشُّجيرات الصالحة للأكل، والأشجار حديثة النُّمو ترعى فيها الماشية، بدايةً فَقَدَتِ المنحدراتُ حيوتَها، وأصبحت مهجورة، ثُمَّ انتهى بها الأمر إلى الموت. رأيت كلّ شجرة صالحة للأكل عارية الأوراق إلى ارتفاع يصل لارتفاع السّرج".

الكثير من الأمثلة المُشابهة موجودة، التي تؤدي فيها إزالة المُفترسات في تأثير الشَّلال في المُستويات الغذائية السُّفلى. كانت المُفترسات الكبيرة كالأسود والنُّمور الجبلية غائبة عن جزيرة Barro Colorado، وهي قمة تلة تحوَّلت إلى جزيرة عند بناء قناة بنما في بداية القرن الماضي. نتيجةً لهذا، فإنّ المُفترسات الصغيرة، التي كانت جماعاتها تحت السَّيطرة عادة - مثل القرود، والقوطي والخنزير البقري ذي الطوق، والحيوان المُدرع - أصبحت موجودة بشكل غير عادي، وتأكل هذه الحيوانات تقريبًا أي شيء تجده. الطُّيور التي تُعشش على الأرض كانت غير آمنة، والكثير من أنواعها تناقص؛ اختفى 15 نوعًا من الطيور من هذه الجزيرة بشكل كامل.

وبشكل مُشابه، في مُحيطات العالم، تناقصت أعداد الأسماك المُفترسة الكبيرة، مثل سمك الخَرمان والقُد إلى 10% مقارنة مع أعدادها الأصلية بسبب الصَّيد الجائر في مُحيطات العالم جميعها. في بعض المناطق، تزايدت فرائس سمك القُد، مثل الرِّبيان والسَّلطعونات بشكل كبير عما كانت عليه من قبل، وهناك أدلة على تأثير شلالي في مُستويات غذائية أدنى من ذلك.



الشكل 57-17

نموذج للتَّأثيرات أسفل- أعلى. عند مُستويات دنيا من الإنتاجية الأولية، لا تتمكَّن جماعات آكلات الأعشاب من الحصول على طعام كافٍ لكي تبقى حية؛ دون آكلات الأعشاب، يزداد محصول الكتلة الحيوية القائم للمُنتجات الأولية مثل هذه الدَّياتومات، كلما ازدادت إنتاجيتها. فوق عتبة مُعينة، تُؤدي الزيادة في الإنتاجية الأولية إلى زيادة في جماعات آكلات العُشب، وفي الكتلة الحيوية لآكلات الأعشاب؛ بعد ذلك لا تزيد الكتلة الحيوية للمُنتجات الأولية كلما زادت الإنتاجية الأولية؛ لأنَّ الإنتاجية المُتزايدة تحصدها آكلات العُشب. فوق عتبة أخرى، يُمكن لجماعات آكلات اللُّحوم الأولية أن تثبت. كلما ازدادت الإنتاجية الأولية فوق هذه العتبة، استهلكت آكلات اللُّحوم الإنتاجية المُتزايدة لآكلات الأعشاب، لذلك تبقى جماعات آكلات اللُّحوم في ازدياد. لا تعود الكتلة الحيوية للمُنتجات الأولية تحت تأثير زيادات في جماعات آكلات الأعشاب، ولذلك تزداد بزيادة المُنتجات الأولية. المفتاح لفهم هذا النَّموذج هو الحفاظ على تمييز بين مفهومي الإنتاجية ومحصول الكتلة الحيوية القائم.

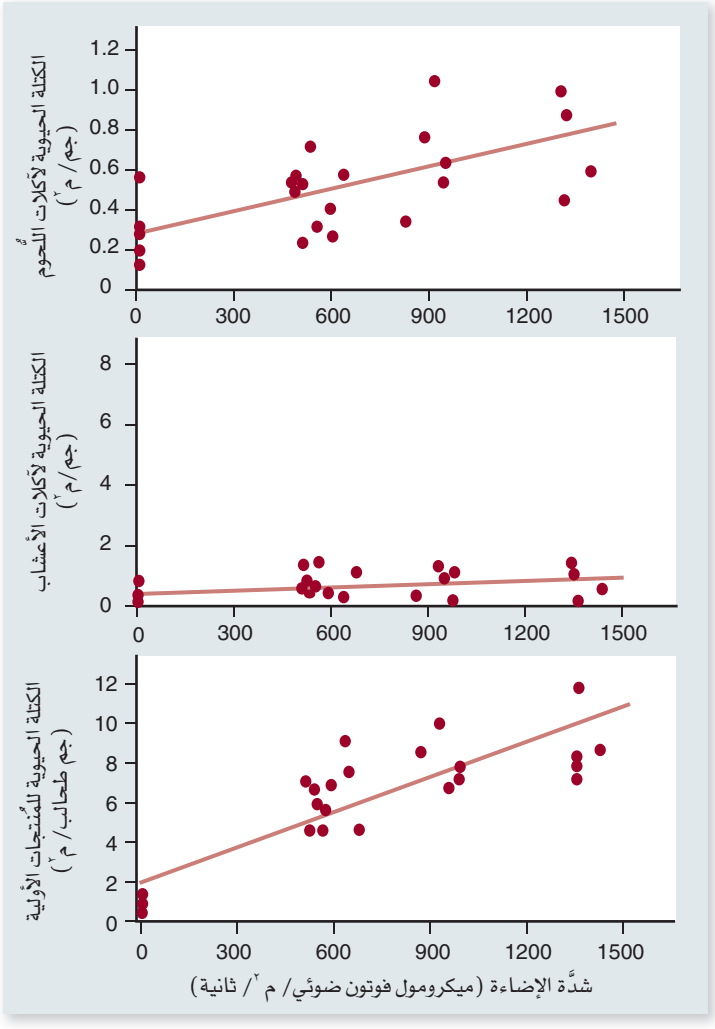
استقصاء

كيف يُمكن للكتلة الحيوية للمُنتجات الأولية أن تبقى ثابتة نسبيًّا مع زيادة الإنتاجية الأولية؟

تأثيرات أدنى - أعلى تحدث عندما تُؤثِّر تغيُّراتٌ في المُنتجات الأولية في مُستويات غذائية عُليا

لدراسة التَّأثيرات أدنى - أعلى، يجب أن يأخذ علماء البيئة في حسبانهم تاريخ حياة المخلوقات الموجودة. يوضح (الشكل 57-17) نموذجًا للتَّأثيرات أدنى - أعلى يُعتقد أنَّه ينطبق على أنواع عدَّة من الأنظمة البيئيّة.

بحسب هذا النَّموذج، عندما تكون الإنتاجية الأولية قليلة، فإنّ جماعات المُنتجات لا تستطيع أن تدعم حياة جماعات آكلات الاعشاب المُهمة. وعندما تزداد الإنتاجية



الشكل 57-18

دراسة تجريبية لتأثيرات أدنى - أعلى في نظام بيئي نهري. هذا النِّظام الذي تمَّت دراسته على نهر الحنكليس في كاليفورنيا الشَّمالية يملك الأنماط المُمثَّلة بالخطوط الحمراء في (الشَّكل 57-17). أدَّت زيادة شدَّة الإضاءة إلى زيادة في الإنتاجية الأولية، وزيادة في الكتلة الحيوية للمُنتجات الأولية. وتزداد الكتلة الحيوية لآكلات اللحوم أيضًا. على كلّ حال، لم تزدد الكتلة الحيوية لآكلات العشب كثيرًا مع ازدياد الإنتاجية الأولية؛ لأنَّ الزِّيادة في إنتاجية آكلات الأعشاب استهلكتها آكلات اللُّحوم.

استقصاء

لِمَ تعدّ كمية الضّوء عاملًا مهمًّا للكتلة الحيوية لآكلات اللُّحوم؟

الأولية، فإنّ جماعات آكلات الأعشاب تُصبح كثيرة في النِّظام البيئي. الزِّيادة في الإنتاجية الأولية يتمُّ التهامها بشكل كامل بعد ذلك من قبل آكلات الأعشاب، التي تزداد جماعتها في حين تمنع جماعة المُنتجات الأولية من الازدياد.

وحالما تُصبح أعداد المُنتجات الأولية أكبر، فإنّ أعداد جماعات آكلات الأعشاب تُصبح كبيرة بشكل كافٍ لكي تدعم آكلات اللُّحوم الأولية. لا تزيد الزيادة الإضافية بالإنتاجية الأولية بعد ذلك أعداد جماعات آكلات الأعشاب، بل تزيد جماعات آكلات اللُّحوم.

الدَّليل التَّجريبي لتأثيرات أدنى – أعلى تنبأ به نموذج لدراسة أُجريت في محميات على نهر (الشكل 57-18). فصلت المحميات الأسماك الكبيرة (آكلات لحوم ثانوية). وُضعت أسقف فوق كلّ محمية. بعض الأسقف كانت شفافة، وبعضها الآخر ظُلِّلَ بدرجات مُتفاوتة، لذلك كانت المحميات تختلف فيما بينها بكمية ضوء الشَّمس التي تعبر إليها.

كانت الإنتاجية الأولية أعلى ما يُمكن في المحميات التي لها سقوف شفافة وأقل ما يُمكن في المحميات ذات السُّقوف المُعتمة. وكما ازدادت الإنتاجية الأولية بشكل مُوازٍ لكمية الضّوء، ازدادت الكتلة الحيوية للمُنتجات الأولية، إضافة إلى ازدياد الكتلة الحيوية لآكلات اللُّحوم. من ناحية أخرى، لم تزدد الكتلة الحيوية للمُستوى الغذائي لآكلات الأعشاب، المحصورة بينهما في الوسط، بشكل كبير، كما تنبأ النَّموذج في (الشكل 57-16) (انظر خطوط الشَّكل الحمراء).

بسبب طبيعة الارتباط في السَّلاسل الغذائية، تؤثر جماعات الأنواع في المُستويات الغذائية المُختلفة كلّ منها في الأخرى، ويُمكن لهذه التَّأثيرات أن تنتشر إلى الأسفل أو إلى الأعلى في الأنظمة البيئيّة. تُلاحظ تأثيرات أعلى – أسفل، أو الشلالات الغذائية، عندما تُؤثّر التَّغيُّرات في جماعات آكلات اللُّحوم في مُستويات غذائية أدنى. تُلاحظ تأثيرات أدنى- أعلى عندما تُؤثر تغيُّرات في الإنتاجية الأولية في مُستويات غذائية أعلى.

4-57 التَّنوع الحيوي وثبات النِّظام البيئي

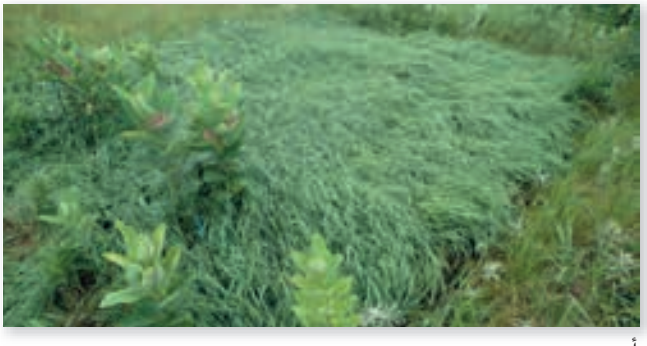
في الفصل السابق، ناقشنا الغنى النَّوعي *Species richness*–أي عدد الأنواع الموجودة في مُجتمع. ناقش علماء البيئة نتائج الاختلافات في غنى الأنواع بين مجتمع وآخر. تقول إحدى النَّظريات: إن المُجتمعات الغنية بالأنواع أكثر استقرارًا– وهذا يعني ثباتًا أكثر في التَّركيب، وإمكانية أفضل لمُقاومة الاضطراب. قام العالِم ديفيد تلمان وزملاؤه في منطقة التاريخ الطبيعي لجامعة مينيسوتا سيدار كريك بدراسة هذه الفرضية بشكل رائع.

قد يزيد غنى الأنواع من الثَّبات: دراسات سيدار كريك

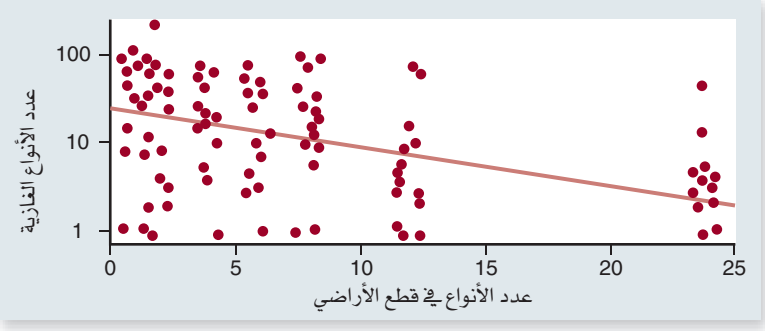
راقب الباحثون 207 قطع أراضٍ مستطيلة (8-16 م^2) مدة 11 عامًا (الشكل 57-19 أ). في كلّ قطعة أرض، قام الباحثون بتعداد أنواع نباتات البراري، وقاسوا كمية الكتلة الحيوية الكلية للنباتات (كتلة كلّ النباتات في قطعة الأرض). خلال مجرى الدِّراسة، تمَّ ربط غنى الأنواع مع ثبات المُجتمع – قطع الأرض ذات الأنواع الأكثر أظهرت تناقُصًا في تنوع الكتلة الحيوية من سنة إلى أخرى. إضافة إلى هذا، في سنتين جافتين، كان التَّناقُص في الكتلة الحيوية مُرتبطًا ارتباطًا سلبيًّا مع غنى الأنواع – بعبارة أخرى، كانت قطع الأراضي ذات الأنواع الأكثر الأقل تأثُّرًا بالجفاف.

في تجربة ذات علاقة، عندما أُضيفت بذور أنواع نبات أُخرى إلى قطع أراضٍ مُختلفة، كانت قُدرة هذه الأنواع على النُّمو والوجود مُرتبطة ارتباطًا سلبيًّا مع غنى الأنواع (الشكل 57-19 ب)؛ أي، كانت المجتمعات الأكثر تنوعًا، أكثر مُقاومة لغزو أنواع جديدة، وهذا مقياس لثبات المُجتمع.

قد يُؤثِّر غنى الأنواع في عمليات أخرى داخل النِّظام البيئي. راقب تلمان وزملاؤه 147 قطعة أرض تجريبية مختلفة في عدد الأنواع لتحديد مقدار النُّمو الحاصل، ومقدار النيتروجين الذي تأخذه الأنواع من التُّربة. وقد وجدوا أنَّه كلما زاد عدد الأنواع في قطعة الأرض ازداد أخذ النيتروجين، إضافة إلى ازدياد الكمية الكلية للكتلة الحيوية المُنتجة. في هذه الدِّراسة، ظهر بشكل واضح أنَّ التَّنوع الحيوي المُتزايد يُؤدي إلى إنتاجية أكبر.



أ.



ب.

الشكل 57-19

أثر غنى الأنواع في استقرار النِّظام البيئي. أ. واحدة من قطع أراضي سيدار كريك التَّجريبية. ب. يُمكن تقييم ثبات المُجتمع بالنَّظر إلى تأثير غنى الأنواع في غزو المُجتمع. تُمثِّل كلّ نقطة بيانات من قطعة أرض تجريبية في حقول سيدار كريك التَّجريبية. قطع الأراضي ذات الأنواع الأكثر يُصبح غزوها أكثر صعوبة من قِبَل أنواع غير مُستوطنة.

استقصاء

كيف يمكنك تصميم تجربة عن قابلية الغزو التي لا تعتمد على أنواع من المناطق المُجاورة؟

وأعطت دراسات مخبرية على أنظمة بيئية اصطناعية نتائج مُشابهة. في إحدى الدِّراسات الرَّائعة، أُقيمت أنظمة بيئية بمساحة 1 م^2 في غرف نمو ضُبِطَ فيها كلّ من درجة الحرارة، ومُستويات الإضاءة، والتَّيارات الهوائية، وتراكيز غازات الجو كلها. وتمَّ إدخال نباتات، وحشرات، وحيوانات أخرى مُتنوعة إلى هذه الأنظمة الْبيئيّة المُكونة من 9، 15، 31 نوعًا، بحيث كانت الغُرف التي تعرَّضت لمُعالجات أقل تنوعًا تحتوي مجموعة جزئية من الأنواع التي توجد في المحميات التي تحتوي على أنواع أكثر. وكما بينت تجارب تلمان، فقد كانت كمية الكتلة الحيوية مُرتبطة بغنى الأنواع، وكانت كمية ثاني أكسيد الكربون المُستهلك مُؤشرًا آخر على إنتاجية النِّظام البيئي.

إنَّ استنتاج تلمان؛ الأنظمة الْبيئيّة الصحية تعتمد على التَّنوع، لم يكن مقبولًا من قِبَلِ علماء الْبيئة جميعهم، على كلّ حال. يُشكِّك النَّاقدون في صحة دراسات التَّنوع الحيوي هذه وارتباطها، ويُجادلون في أنَّ زيادة أنواع أخرى إلى قطعة الأرض، يزيد احتمالية أن يُصبح نوع واحد أكثر إنتاجية. لإظهار أنَّ الإنتاجية العالية تنتُج من ازدياد غنى الأنواع بحدِّ ذاته، لا بسبب وجود أنواع عالية الإنتاجية بشكل خاص، يجب أن تتميَّز قطع الأراضي التَّجريبية "بالإنتاجية الزَّائدة؛" بعبارة أخرى، إنتاجية قطعة الأرض ستكون أعلى من أكثر الأنواع إنتاجيةً لو نُمِّي بشكل مُنفصل.

مع أنَّ هذه النقطة ما زال مشكوكًا فيها، إلا أنَّ أبحاثًا من سيدار كريك وأماكن أخرى قدَّمت أدلة على الإنتاجية الزَّائدة، داعمةً الادعاء القائل: إن غنى المُجتمعات يُشجِّع إنتاجية المُجتمع وثباته.

يتأثَّر غنى الأنواع بخصائص النِّظام البيئي

هناك عوامل عدة معروفة، أو يفترض أنها تُؤثر في غنى الأنواع في المُجتمع. ناقشنا بعضها في (الفصل الـ 56)، مثل فقدان الأنواع الأساسية، والاضطرابات الفيزيائية المُعتدلة. هنا سنُناقش ثلاثة عوامل إضافية؛ الإنتاجية الأولية، وعدم تجانس الموطن، والعوامل المُناخية.

الإنتاجية الأولية

تختلف الأنظمة الْبيئيّة بشكل أساسي في الإنتاجية الأولية (انظر الشكل 57-11). تُشير بعض الأدلة إلى أنَّ غنى الأنواع مُرتبط بالإنتاجية الأولية، لكن العلاقة بينهما ليست خطية. في حالات عدَّة، مثلًا، تميل الأنظمة الْبيئيّة ذات المُستويات المُتوسطة من الإنتاجية إلى امتلاك عدد أكبر من الأنواع (الشكل 57-20 أ).

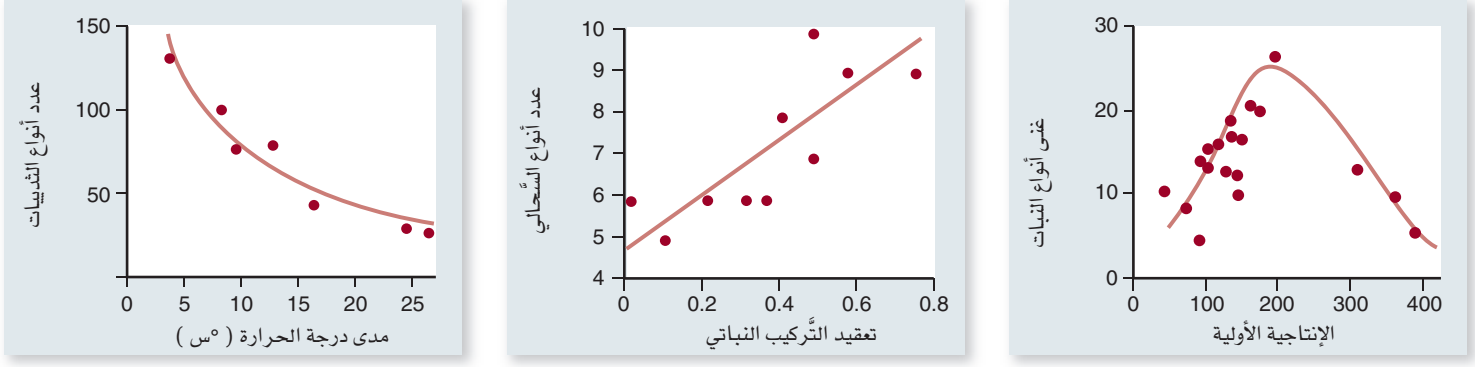
لماذا الأمر هكذا؟ هو أمر قيد الجدل العلمي. أحد الاحتمالات هو أنَّ مُستويات الإنتاجية مرتبطة بعدد المُستهلكات. بتطبيق هذا المبدأ على غنى الأنواع النَّباتية، تكون الحجة هي أنه عند الإنتاجية القليلة، يكون هناك آكلات أعشاب قليلة، وتكون المُنافسات النباتية المتفوقة قادرة على إزالة مُعظم النَّباتات الأخرى. في المُقابل، عند الإنتاجية العُليا تكون أعداد آكلات الأعشاب كثيرة الوجود لدرجة أنَّ أنواع النَّباتات المُقاومة للرَّعي هي التي تعيش، ما يُقلِّل من تنوع الأنواع. وبسبب هذا، فإنّ أعدادًا كبيرة من أنواع النباتات توجد معًا بمُستويات مُتوسطة من الإنتاجية وبوجود آكلات الأعشاب.

عدم تجانس الموطن

البيئات غير الحية غير المُتجانسة مكانيًّا هي البيئات التي تتكوَّن من أنواع عدَّة من المواطن، مثل أنواع التُّربة، مثلًا. ويُتوقّع من البيئات غير المُتجانسة الموطن أن تُلائم أنواعًا من النباتات أكثر من البيئات مُتماثلة الموطن. زِد على هذا، من المُتوقع أن يعكس الغنى النَّوعي للحيوانات غنى نوعيًّا للنباتات الموجودة. يُمكن مُشاهدة مثال على هذا التَّأثير الأخير في (الشَّكل 57-20 ب): عدد أنواع السَّحالي في أماكن عدَّة في الجنوب الغربي الأمريكي يعكس التَّنوع التَّركيبي المحلي للنَّباتات.

العوامل المُناخية

من الصَّعب التَّنبؤ بدور العوامل المُناخية. فمن جانب، من المُتوقع أن توجد أنواع معًا في البيئة الفصلية الموسمية أكثر من البيئة الثابتة؛ لأنَّ التَّغيُّر المُناخي قد يُفضِّل أنواعًا مُختلفة في أوقات مُختلفة من السَّنة. ومن جهة أخرى، يُمكن للبيئات



أ. ب. جـ.

الشكل 57-20

العوامل التي تُؤثِّر في غنى الأنواع. أ. الإنتاجية: في مُجتمعات النباتات داخل مناطق جبلية في أمريكا الجنوبية، يصل غنى الأنواع إلى القمة عند مُستويات مُتوسطة من الإنتاجية (الكتلة الحيوية). ب. عدم تجانس الموطن: يرتبط غنى أنواع سحالي الصَّحراء إيجابيًّا مع التَّعقيد التَّركيبي للغطاء النباتي في مواقع صحراوية في جنوب غرب أمريكا. جـ. المُناخ: يرتبط غنى أنواع الثدييات ارتباطًا عكسيًّا مع مدى مُعدَّل درجات الحرارة الشَّهري على طول السَّاحل الغربي لأمريكا الشَّمالية.

استقصاء

أ. لماذا يكون غنى الأنواع أكبر ما يُمكن عند مُستويات مُتوسطة الإنتاجية؟ ب. لماذا تمتلك المناطق الأكثر تعقيدًا في التَّركيب أنواعًا أكثر؟ جـ. لماذا تمتلك المناطق الأقل تنوُّعًا بدرجات الحرارة أنواعًا أكثر؟

الثابتة أن تدعم أنواعًا مُتخصِّصةً لا تستطيع أن تعيش في الظُّروف المُتغيرة. تتناسب أعداد أنواع من الثدييات في مواقع على طول السَّاحل الغربي لأمريكا الشَّمالية عكسيًّا مع كمية التَّغيُّر في درجة الحرارة المحلية – كلما كان التَّغيُّر أكبر، كانت أنواع الثدييات أقل – ما يدعم الافتراض الأخير (الشكل 57-20 جـ).

تتميَّز المناطق الاستوائيّة بأعلى تنوع، مع أنَّ الأسباب غير واضحة

حتى قبل داروين، أدرك علماء الأحياء أنَّ أنواعًا أكثر اختلافًا من الحيوانات والنباتات تستوطن المناطق الاستوائيّة أكثر من المناطق المُعتدلة. وبالنِّسبة إلى أنواع عدَّة من المخلوقات الحية، هناك تزايد ثابت بغنى الأنواع بالانتقال من المناطق المُتجمدة إلى المناطق الاستوائيّة. يُسمَّى هذا التَّدرُّج الجغرافي الحيوي في أعداد الأنواع المُرتبط بخطوط العرض **ميل غنى الأنواع Species diversity cline**، ويمتد ميل غنى الأنواع هذا إلى النباتات والحيوانات، بما في ذلك الطُّيور (الشكل 57-21)، والثدييات، والزَّواحف.

في الجزء الأكبر من القرن الماضي، فكَّر علماء البيئة في حل لغز ميل غنى الأنواع من مناطق التَّجمد إلى مناطق الاستواء. لم تكن المُشكلة بتكوين فرضية معقولة عن سبب وجود أنواع أكثر في المناطق الاستوائيّة، وإنَّما في فرز هذه الفرضيات المتعددة المعقولة. هنا، أخذنا في الحسبان خمسة من أكثر الاقتراحات الشَّائعة التي نُوقشت.

العمر التَّطوري للمناطق الاستوائيّة

اقترح العلماء مرارًا أنَّ المناطق الاستوائيّة تمتلك أنواعًا أكثر من المناطق المُعتدلة؛ لأنَّ المناطق الاستوائيّة وُجدت خلال فترات طويلة غير مُتقطعة من الزَّمن التَّطوري، في حين تعرَّضت المناطق المُعتدلة إلى فترات جليدية مُتكررة. فربما سمح العمر الأكبر للمُجتمعات الاستوائيّة لتفاعلات المُجتمعات المُعقَّدة لكي تنشأ بينها، ما يدعم تنوعًا أكبر من النباتات والحيوانات.

لقد اقترح بحث حديث أنَّ الاستقرارَ طويل الأمد للمُجتمعات الاستوائيّة مُبالغٌ فيه، على كلّ حال. أظهر فحص لحبوب لقاح في أعماق تُربة لم تتعرَّض للاضطراب أنَّ الغابات الاستوائيّة تقلصت خلال العصور الجليدية إلى ملاجئ قليلة صغيرة مُحاطة بأراضٍ عشبية. وهذا يقترح أنَّ المناطق الاستوائيّة لم يكن لها سجل طويل من غنى الأنواع خلال فترة طويلة من الزَّمن التَّطوري.

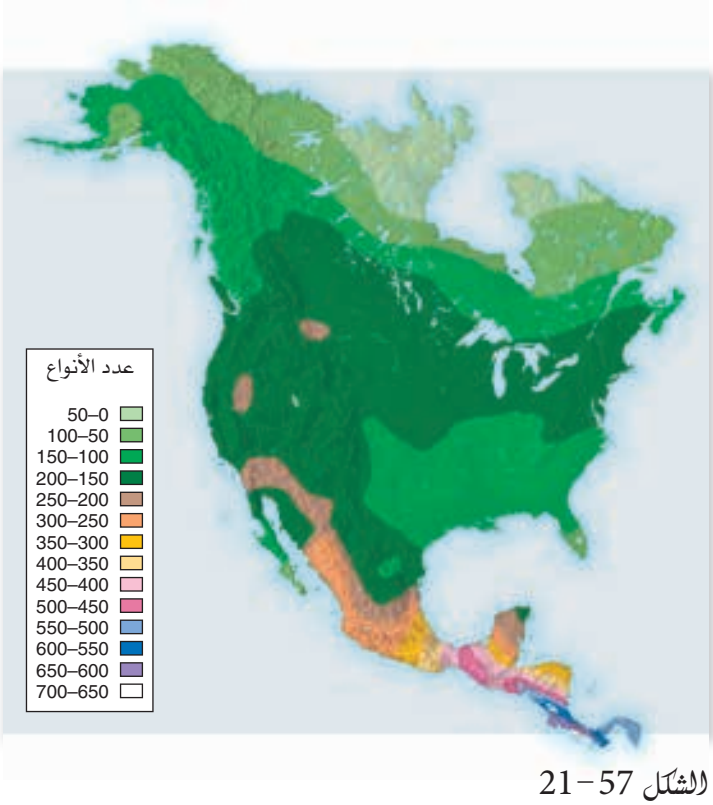
الإنتاجية المُتزايدة

الفرضية الثانية المُتقدمة تقول: إنَّ المناطق الاستوائيّة تحوي أنواعًا أكثر؛ لأنَّ هذا الجزء من الأرض يستقبل كمية من الطَّاقة الشَّمسية أكثر من المناطق المُعتدلة. وهذا يعني أنَّ الطَّاقة الشَّمسية، إضافة إلى فصل نمو على طول السَّنة، زاد بشكل كبير نَشاط التَّمثيل الضَّوئيّ الكُلِّي للنباتات في المناطق الاستوائيّة.

إذا مثَّلنا المصادر الكُلِّية للغابات الاستوائيّة بوصفها فطيرة، ومثَّلنا البيئات الصغيرة الوظيفية للأنواع بحصص الفطيرة، فسنرى أنَّ الفطيرة الأكبر تُعطي حصصًا أكثر. ولكن كما لاحظنا سابقًا، فإنّ دراسات حقلية عدَّة أوضحت أنَّ غنى الأنواع أعلى ما يُمكن عند مُستويات مُتوسطة الإنتاجية. وعلى هذا، فإنّ ازدياد الإنتاجية يُتوقع أن يُؤدي إلى غنى أنواع أقل، وليس أكثر.

استقرار / ثبات الظُّروف

على الرغم من أنَّ التَّنوع الفصلي موجود في المناطق الاستوائيّة، فهو أقل منه في المناطق المُعتدلة. هذا التَّنوع الفصلي المُنخفض ربما شجَّع التَّخصص مع وجود بيئات وظيفية مُجزَّأة لتقسيم المصادر وتجنُّب المُنافسة. النَّتيجة المُتوقعة هي أعداد



الشكل 57-21

تناقُص في غنى الأنواع مع خطوط العرض. هناك زيادة واضحة لعدد الأنواع لطيور أمريكا الشَّمالية والوسطى، عندما نتَّجه نحو خط الاستواء. أعداد أقل من 100 نوع تُوجد عند خطوط العرض للمناطق المُتجمدة، ولكن هناك أكثر من 600 نوع يعيش في جنوب أمريكا الوسطى.

أكبر من الأنواع الأكثر تخصُّصًا في المناطق الاستوائيّة، وهذا ما نراه. لفحص هذه الفرضية، أُجريت اختبارات حقلية كثيرة، وكلها تقريبًا دعمت هذه الفرضية، مُعلنةً أنَّ المناطق الاستوائيّة يوجد بها أعداد أكبر من البيئات الوظيفية الأضيق مقارنة بما في المناطق المُعتدلة.

الافتراس

أشارت تقارير عدَّة إلى أنَّ الافتراس أكثر كثافة في المناطق الاستوائيّة. نظريًّا، يؤدي الافتراس المُكثَّف إلى انخفاض أهمية المُنافسة، ما يسمح بتداخل أكبر للبيئات الوظيفية، مُشجِّعًا غنى أنواع أكبر.

عدم تجانس الموطن

كما أشرنا سابقًا، يُشجِّع عدم تجانس الموطن غنى الأنواع. استنادًا إلى تعقيدها، تستطيع الغابات الاستوائيّة، تهيئة تنوع في البيئات الدَّقيقة التي يُمكن لها أن ترعى عددًا أكبر من الأنواع. إنَّ العمود القائم الطَّويل من النباتات والأشجار الذي يمر من خلاله الضَّوء في الغابة الاستوائيّة ربما يصنع مدى واسعًا من كثافات الضَّوء وترددات، ما يجعل تنوعًا أكبر من البيئات الضَّوئيّة، وبهذا تُشجِّع تنوع الأنواع.

تدعم الدراسات الحقلية التَّجريبية فرضية أنَّ المُجتمعات غنية الأنواع هي أكثر استقرارًا وإنتاجًا، على الرغم من أنَّ علماء البيئة كلهم لا يُوافقون على هذا الاستنتاج.

لا أحد يعلم حقيقة سبب وجود أنواع أكثر في المناطق الاستوائيّة، ولكن هناك عدد من الفرضيات تمَّ اقتراحها.

5-57 الجغرافية الحيوية للجُزر

واحدٌ من أكثر الأنماط الموثوقة في علم البيئة هو مُلاحظةُ أنَّ الجُزر الأكبر تحتوي أنواعًا أكثر من الجُزر الأصغر. عام 1967، اقترح العالِمان روبرت مكارثر من جامعة برنستون، وإدوارد ويلسون من جامعة هارفارد أنَّ **علاقة النَّوع مع المنطقة Species–area-relationship** سببها أثر المنطقة الجُغرافية والانعزال في احتمال انقراض الأنواع واستيطانها.

يقترح نموذج الثبات (الاتزان) أنَّ الانقراض والاستيطان يصلان إلى نقطة توازن

فسّر العالِمان مكارثر وويلسون أنَّ الأنواع تنتشر إلى الجُزر بشكل ثابت، لهذا فإنّ الجُزر تميل إلى أن تُراكِمَ أنواعًا أكثر فأكثر. وفي الوقت الذي تُضاف فيه أنواع جديدة، تُفقد أنواع أخرى عن طريق الانقراض. وكلما زاد عدد الأنواع على جزيرة فارغة ابتداء فإنّ مُعدَّل الاستيطان يجب أن يتناقص حالما ينفد مستودع المخلوقات المُستوطنة المُحتملة، التي لا توجد حاليًّا على الجزيرة. وفي الوقت نفسه، يزداد مُعدَّل الانقراض، كلما زادَ عدد الأنواع على الجزيرة زادَ احتمالُ أن يموت أيُّ نوع من الأنواع.

ونتيجة، عند نقطة مُعيَّنة، يجب أن يُصبح عدد الأنواع المُنقرضة وعدد المُستوطنة بحالة تساوٍ، وأنَّ عدد الأنواع يجب أن يُصبح ثابتًا. عندئذٍ، تمتلك كلّ جزيرة بمساحة مُعيَّنة، عدد اتزان مُميَّزًا من الأنواع الذي يميل نحو الثبات خلال الوقت (نقطة التَّقاطع في الشكل 57-22 أ) – وعلى الرغم من ذلك، فإنّ تركيبة الأنواع سوف تتغيَّر عندما تنقرض أنواع، وتستوطن أنواع أخرى جديدة.

يقترح نموذج الاتزان لمكارثر وويلسون أنَّ غنى أنواع الجزيرة هو اتزان ديناميكي بين الاستيطان والانقراض. مساحة الجزيرة وبُعدها عن اليابسة يُؤثران كلاهما في الاستيطان والانقراض. نتوقع أنَّ الجُزر الأصغر تملك مُعدَّلات انقراض أعلى؛ لأنَّ أحجام جماعاتها ستكون بالمُعدَّل أصغر. ويجب أن نتوقع عددًا قليلًا من الأنواع المُستوطنة يصل الجُزر التي تقع بعيدًا عن اليابسة. ولهذا، فإنّ الجُزر الصغيرة والبعيدة عن اليابسة يجب أن تحتوي عدد أنواع أقل؛ والجُزر الكبيرة والقريبة من اليابسة يجب أن تحتوي على عدد أكثر من الأنواع (الشكل 57-22 ب).

تنبؤات هذا النَّموذج البسيط تُؤيدها جيدًا النَّتائج الحقلية. تُظهر أنواع الطيور بين آسيا والمحيط الهادي (الشكل 57-22 جـ) ارتباطًا إيجابيًّا لغنى النَّوع مع مساحة الجزيرة، وارتباطًا سلبيًّا لغنى النَّوع مع البُعد عن مصدر المُستوطنين.

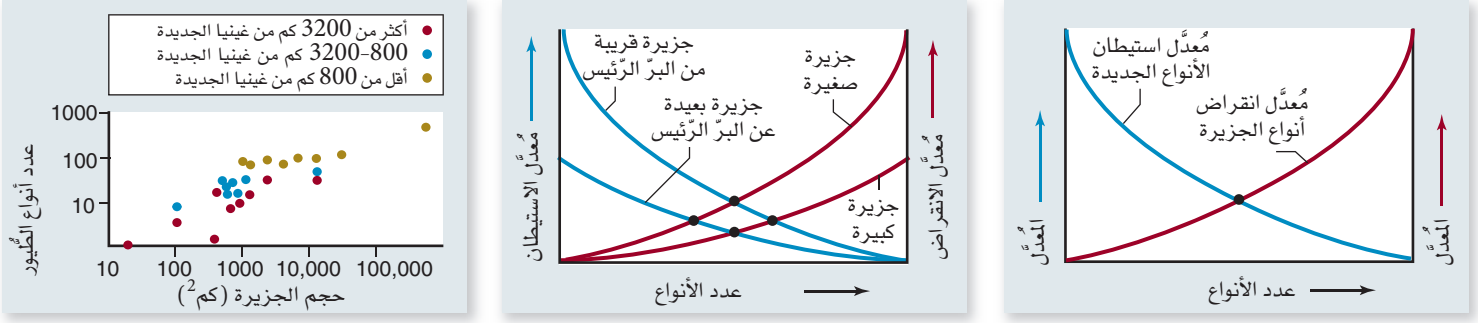
نموذج الثبات (الاتزان) ما زال قيد الاختبار

قام العالمان ويلسون ودان سمبرلوف الذي كان حينها طالب دراسات عليا، بإجراء دراسات مبدئية في مُنتصف عام 1960 على جُزر شجر المانغروف الاستوائيّة في الجزر المنخفضة لفلوريدا. أُحصيت هذه الجُزر، ونُظِّفت من الحيوانات بالتَّبخير، ثُمَّ سُمِح لها بإعادة التَّوطين، مع إجراء العدِّ والإحصاء بشكل دوري. اتجهت هذه الدِّراسات ودراسات أخرى حقلية مُشابهة إلى دعم نموذج الاتزان.

تقترح دراسات حقول تجريبية طويلة الأمد، على كلّ حال، أنَّ الوضع أكثر تعقيدًا مما رآه مكارثر وويلسون. فقد تنبأ نموذجهما بمُستوى عالٍ من **الانقلاب النَّوعي Species turnover** عندما تنتهي أنواع، وتدخل أخرى. ولكن دراسات على طيور الجُزر والعناكب أشارت إلى أنَّ انقلابًا بسيطًا يحدث من سنة إلى أخرى. إضافةً إلى ذلك، فإنّ هذه الأنواع التي تأتي وتذهب، تُمثِّل مجموعة جزئية من أنواع لم تصل إلى مُستوى المجموعات السكانية الكبيرة. ويبدو أنَّ نسبة معقولة من الأنواع تُحافظ على جماعات كبيرة ونادرًا ما تتَّجه نحو الانقراض.

تجري هذه الدِّراسات في فترة زمنية قصيرة نسبيًّا. ومن المُحتمل وخلال فترات تزيد على قرون، أن يكون نموذج الاتزان وصفًا جيدًا لما يُحدِّد غنى أنواع الجُزر.

يبدو أنَّ غنى الأنواع على الجُزر يُمثِّل اتزانًا ديناميكيًّا بين الاستيطان والانقراض.



أ. ب. جـ.

الشكل 57-22

نموذج اتزان الجغرافيا الحيوية للجُزر. أ. يصل غنى أنواع الجُزر إلى اتزان (نقاط سوداء) عندما يُساوي مُعدَّل استيطان أنواع جديدة مُعدَّل انقراض أنواع على الجزيرة. ب. ينحرف الاتزان بالاعتماد على مُعدَّل الاستيطان، ومساحة الجزيرة، والمسافة عن مصادر المُستوطنين. يرتبط غنى الأنواع إيجابيًّا مع مساحة الجزيرة، وعكسيًّا مع المسافة عن اليابسة. تمتلك الجُزر الصغيرة مُعدَّلات انقراض أكبر، ما يزيح نقطة الاتزان نحو اليسار. في الشكل نفسه، تمتلك الجُزر الأبعد مُعدَّلات استيطان أكبر، ما يزيح نقطة الاتزان مرة أخرى إلى اليسار. جـ. أثر البعد عن جزيرة كبيرة، التي يُمكن أن تكون مصدرًا لأنواع مُستوطنة، واضح بسهولة. تمتلك الجُزر الأبعد أنواعًا أقل من الطيور الآسيوية الواصلة إلى جزر المحيط الهادي مُقارنة مع الجُزر الأقرب التي لها المساحة نفسها.

مراجعة المفاهيم

57-1 الدَّورات الكيميائية الأرضية الحيوية (البيوجيوكيميائية)

الأنظمة الْبيئيّة ديناميكية من الدَّاخل من حيث مُعالجتها للمادة والطَّاقة.

- مبدئيًّا، تمتلك الأرض عددًا ثابتًا من كلّ نوع من الذَّرات ذات الأهمية الحيوية، ويعاد تدوير هذه الذَّرات في الدَّورات البيوجيوكيميائية.
- تشمل الدَّورات البيوجيوكيميائية عمليات تحدث في أماكن عدَّة، وفي مُستويات زمنية مُتعدِّدة.
- تعبر الدَّورات البيوجيوكيميائية الحدود بين الأنظمة الْبيئيّة إلى حد ما.
- تتضمَّن دورة الكربون عادة ثاني أكسيد الكربون الذي يُثبِّته التَّمثيل الضّوئيّ، ويُطلقه التَّنفس. في الأوساط المائية، يكون الكربون أيضًا على شكل أيونات البيكربونات، وفي ظروف غياب الأكسجين يكون الكربون على شكل ميثان. يؤدي حرق الإنسان للوقود الأحفوري إلى عدم اتزان في دورة الكربون (الشكل 57-1).
- دورةُ الماء مُتميِّزةٌ؛ لأنَّها تتضمن مُركبًا يُمكنه أن يتكوَّن في أثناء التَّنفس الخلوي، وأن يُحطم في أثناء التَّمثيل الضّوئيّ. يدخل الماء الغلاف الجوي عن طريق التَّبخر والنَّتح، ويعود إلى سطح الأرض على شكل هطل. مُعظم المياه على الأرض، ومن ضمنها المياه الجوفية المخزونة، مُلوَّثة، وأنشطة الإنسان لا تُغيِّر فقط مخزون المياه، ولكن أيضًا تُغيِّر وبشكل جذري الأنظمة الْبيئيّة (الشكل 57-2).
- يتناقص مخزون المياه الجوفية بأكثر مما يعاد تغذيته.
- النيتروجين عادة، هو العنصر الكيميائي الأقل توافرًا، ولو أنَّه يوجد بنسبة 78% في الجو. لا يُمكن استخدام النيتروجين الذري من قِبل المخلوقات الحية إلى أن تُحوِّله الميكروبات إلى أمونيا بعملية تُسمَّى تثبيت النيتروجين، أو تُحوِّله إلى نيترات بعملية تدعى النَّترتة. تتحوَّل النترات إلى نيتروجين مرة أخرى بعملية تُسمَّى إزالة النترات. ضاعفت أنشطة الإنسان نسبة نقل النيتروجين الجوي عن طريق تصنيع الأسمدة (الشكل 57-4).
- لا يدور عنصر الفوسفور، وهو من المواد الغذائية المُحدِّدة، خلال الغلاف الجوي. ينطلق الفوسفور عن طريق تجوية الصخور، ويتدفَّق خلال المُحيطات، حيث يترسب في تراكمات البحر العميقة (الشكل 57-5).
- دورة المادة الغذائية المُحدِّدة مُهمة؛ لأنَّها تُحدِّد النِّسبة التي تكون عندها المادة الغذائية مُتاحة للاستخدام.
- تزيد عملية إزالة الغابات من نسبة فقدان المواد الغذائية من النِّظام البيئي (الشكل 57-7ب).

57-2 تدفُّق الطَّاقة في الأنظمة البيئية

الأرض نظام مفتوح للطَّاقة. تمر الطَّاقة التي تشعها الشَّمس في اتجاه واحد خلال النِّظام البيئي قبل أن تتحوَّل إلى حرارة يُعاد إشعاعها إلى الفضاء الخارجي.

- الطَّاقة لا تفنى ولا تُستحدث، ولكنها تتحوّل من شكل إلى آخر. عندما تتحوَّل الطَّاقة إلى حرارة خلال مرورها عبر المخلوق الحي، لا يُمكن أن تتحوَّل إلى أشكال أخرى من الطَّاقة المُفيدة.
- ينص قانون الدِّينامكا الحرارية الثاني على أنَّه كلما استخدم المخلوق طاقة الروابط الكيميائية والطَّاقة الضّوئيّة، يتحوَّل بعض هذه الطَّاقة بشكل حتمي إلى حرارة.
- تتكوَّن الْمركّبات الْعضويّة عن طريق ذاتية التَّغذية - ذاتية التَّغذية الضّوئيّة، وذاتية التَّغذية الكيميائية- وتستهلكها عضوية التَّغذية.
- عندما تنتقل الطَّاقة من مخلوق إلى آخر، يُطلق على كلّ مُستوى تغذية المُستوى الغذائي، ويُسمَّى التَّسلسلُ خلال المُستويات الغذائية المُتتابعة السِّلسلةَ الغذائيةَ (الشكل 57-8).
- تشمل قاعدة المُستوى الغذائي المُنتجات الأولية، وهي ذاتية التَّغذية، وتأكلها آكلات الأعشاب، التي بدورها تأكلها آكلات اللُّحوم. الرُّميات تأكل بقايا المخلوقات الميتة.
- إنتاجية المُستوى الغذائي هي المُعدَّل الذي تصنع عنده مخلوقات المُستوى الغذائي الواحد جميعها مواد عضوية جديدة عن طريق النُّمو أو التَّكاثر.
- يُمكن أن يُعبَّر عن الإنتاجية الأولية من ذاتية التَّغذية بالإنتاجية الأولية الإجمالية أو بالإنتاجية الأولية الصَّافية. الإنتاجيةُ الأوليةُ الصَّافيةُ تُعادلُ الإنتاجيةَ الأوليةَ الإجماليةَ مطروحًا منها التَّنفس.
- محصول الكتلة الحيوية القائم هو كمية المادة الْعضويّة الموجودة في زمن مُعين.
- يُلتقط نحو 1% فقط من الطَّاقة الشَّمسية التي تضرب الأرض من أجل عمليات التَّمثيل الضّوئيّ.
- كلما عُولجت الطَّاقة خلال أي مُستوى غذائي، فإنّ كمية قليلة من الطَّاقة (10% من طاقة الروابط الكيميائية تقريبًا) تتبقى من المُستوى الغذائي الذي يسبقه (الشكل 57-10).
- تختلف الإنتاجية الأولية الصَّافية بشكل واضح بين الأنظمة الحيوية أو المناطق الحيوية (الشكل 57-11).
- التَّناقُص الأسي في طاقة الروابط الكيميائية يُحدِّد أطوال السَّلاسل الغذائية، وأعداد آكلات اللُّحوم العُليا التي يُمكن أن تدعمها.
- الأهرام الْبيئيّة التي تعتمد على تدفُّق الطَّاقة، أو الكتلة الحيوية، أو الأعداد، غالبًا ما تكون مُعتدلة (قائمة). الأهرام المقلوبة للكتلة الحيوية أو الأعداد تكون مُحتملة إذا كان واحد على الأقل من المُستويات الغذائية يملك كتلة حيوية أكبر أو مخلوقات أكثر من المُستوى الغذائي الذي تحته (الشكل 57-13).

57-3 تفاعلات المُستويات الغذائية

وجود سلاسل غذائية يؤدي إلى احتمالية أنَّ التَّغيُّرات في النَّوع في مُستوى غذائي واحد ربما تسبّب تأثيرات مُتعدِّدة في مُستويات غذائية أخرى.

- يحدث الشَّلال الغذائي عندما تقع تغيُّرات في مُستوى، أعلى فتؤثِّر في مُستويات غذائية أقل.
- يقع التَّأثير الغذائي أعلى- أسفل عندما تُؤثِّر تغيُّرات في المُستوى الغذائي الأعلى في المُنتجات الأولية (الشكل 57-15).
- يحدث التَّأثير أدنى- أعلى عندما تُؤثِّر تغيُّرات في المُنتجات الأولية في مُستويات غذائية أعلى (الشكل 57-17).

57-4 التَّنوع الحيوي وثبات النِّظام البيئي

يُمكن لغنى الأنواع أن يُؤثِّر في ثبات المُجتمع واستقراره، أيْ، تركيب المُجتمع وقُدرته على مُقاومة الاضطراب.

- يؤدي غنى الأنواع الأكبر إلى تنوُّع سنوي أقل في الكتلة الحيوية، ومُقاومة أكبر للجفاف.
- يتأثَّر غنى الأنواع بكل من الإنتاج الأولي، وعدم تجانس الموطن، والعوامل المُناخية (الشكل 57-20).
- تمتلك المناطق الاستوائيّة التَّنوع الأكبر مع أنَّ الأسباب غير واضحة. التَّنوع العالي يُمكن أن يعكس زمنًا تطوريًّا طويلًا، أو إنتاجية عالية، أو تغيُّرًا فصليًّا قليلًا، أو افتراسًا أكثر مما يقلل التَّنافس، أو عدم تجانس الموطن (الشكل 57-21).

57-5 الجغرافية الحيوية للجُزر

عدد الأنواع في بيئة ما يبدو أنه اتزان ديناميكي بين الاستيطان والانقراض (الشكل 57-22)

- تمتلك الجُزر الأصغر أنواعًا أقل من الجُزر الكبيرة؛ بسبب المُعدَّلات الأعلى للانقراض.
- تمتلك الجُزر القريبة أنواعًا أكثر من الجُزر البعيدة بسبب المُعدَّلات الأعلى للاستيطان.

أسئلة مراجعة

اختبار ذاتي

ارسم دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. إحدى الجُمل الآتية عن المياه الجوفية غير دقيقة:
   أ. تُزوِّد المياه الجوفية 50% من سكان الولايات المُتحدة بماء الشُّرب.
   ب. المياه الجوفية يتمُّ استهلاكها أسرع من إعادة تغذيتها.
   جـ. أصبحت المياه الجوفية مُلوثة بشكل مُتزايد.
   د. يُمكن إزالة المُلوثات من المياه الجوفية بسهولة.
2. مخلوقات التَّمثيل الضّوئيّ:
   أ. تُثبِّت ثاني أكسيد الكربون.
   ب. تُطلق ثاني أكسيد الكربون.
   جـ. تُثبِّت الأكسجين.
   د. (أ) و (ب).
   هـ. (أ) و (جـ).
3. غالبًا، يُعَدّ النيتروجين عاملًا غذائيًّا مُحدِّدًا في أنظمة بيئية كثيرة؛ لأنَّ:
   أ. كمية النيتروجين في الغلاف الجوي أقل بكثير من الكربون.
   ب. مخلوقات كثيرة يمكنها استخدام النيتروجين الذَّري.
   جـ. التَّلوث بالأسمدة العُضويّة قلل من توافر النيتروجين كثيرًا.
   د. مُعظم المخلوقات لا تستطيع استعمال النيتروجين الذَّري.
4. بعض المخلوقات لها القُدرة على "تثبيت" النيتروجين. وهذا يعني أنها:
   أ. تُحوِّل الأمونيا إلى نتريت ونترات.
   ب. تُحوِّل غاز النيتروجين الجوي إلى أشكال مُفيدة حيويًّا من النيتروجين.
   جـ. تحطم المركّبات الغنية بالنيتروجين، وتُطلق أيونات الأمونيوم.
   د. تُحوِّل النترات إلى غاز النيتروجين.
5. إحدى الجمل الآتية عن دورة الفوسفور صحيحة:
   أ. يُثبَّت الفوسفور من قِبَل النباتات والطحالب.
   ب. مُعظم الفوسفور الذي يُطلق من الصخور يُحمل إلى المُحيطات عبر الأنهار.
   جـ. لا تستطيع الحيوانات الحصول على الفوسفور من أكل الطحالب والنباتات.
   د. لم يُؤثِّر استخدام الأسمدة العُضويّة في الميزانية الأرضية من الفوسفور.
6. اعتمادًا على نتائج من دراسات في غابة هبارد بروك التَّجريبية، الأثر المُتوقع من إزالة الأشجار من حول مناطق مساقط المياه هو:
   أ. تزايُد فقدان الماء والعناصر الغذائية من منطقة مساقط المياه.
   ب. تناقُص فقدان الماء والعناصر الغذائية من منطقة مساقط المياه.
   جـ. ازدياد توافر الفوسفور.
   د. ازدياد توافر النترات.
7. كقاعدة عامة، مقدار الطَّاقة التي تُصنع عند انتقال الطَّاقة من مُستوى غذائي إلى مُستوى غذائي أعلاه مُباشرة هو:
   أ. 1%
   ب. 10%.
   جـ. 90%.
   د. 50%.
8. الأهرام البيئيّة المقلوبة للأنظمة الحقيقية تتطلَّب عادةً:
   أ. تدفُّق الطَّاقة.
   ب. الكتلة الحيوية.
   جـ. تدفُّق الطَّاقة والكتلة الحيوية.
   د. لا شيء مما ذُكر.
9. وفقًا لفرضية الشَّلال الغذائي، قد يُسبِّب إزالة آكلات اللُّحوم من نظام بيئي:
   أ. تناقُص أعداد آكلات الأعشاب، وتناقُص كمية النباتات.
   ب. تناقُص أعداد آكلات الأعشاب، وزيادة كمية النباتات.
   جـ. زيادة أعداد آكلات الأعشاب، وزيادة كمية النباتات.
   د. زيادة أعداد آكلات الأعشاب، وتناقُص كمية النباتات.
10. تُنتج تأثيرات أدنى- أعلى على التَّركيب الغذائي بسبب:
    أ. تحديد لتدفُّق الطَّاقة إلى مُستوى الطَّاقة الأعلى الذي يليه.
    ب. أفعال للمُفترسات العُليا على مُستويات غذائية أقل.
    جـ. تغيُّرات مُناخية على المُستهلكات العُليا.
    د. ثبات الرُّميات في الأنظمة البيئيّة.
11. في منطقة التَّاريخ الطبيعي في سيدار كريك، أظهرت قطع الأراضي التَّجريبية تناقُصًا في أعداد الاستيطان عند ازدياد تنوُّع الأنواع في قطع الأراضي:
    أ. مُقترحًا أنَّ تنوع الأنواع المُنخفض يزيد من استقرار الأنظمة البيئيّة.
    ب. مُقترحًا أنَّ استقرار النِّظام البيئي هو وظيفة الإنتاجية الأولية فقط.
    جـ. مُتوافقًا مع فرضية أنَّ الاضطراب المُتوسط ينجم عنه أعلى استقرار.
    د. لا شيء مما ذُكر.
12. تنوُّع الأنواع:
    أ. يزداد مع خطوط العرض كلما ابتعدت عن خط الاستواء نحو الأقطاب.
    ب. يتناقص مع خطوط العرض كلما ابتعدت عن خط الاستواء نحو الأقطاب.
    جـ. يبقى كما هو كلما اتجهت من خط الاستواء نحو الأقطاب.
    د. يزداد مع خطوط العرض كلما تحرَّكت من الشَّمال نحو خط الاستواء، ويقل مع خطوط العرض كلما تحرَّكت من الجنوب نحو خط الاستواء.
13. يقترح نموذج اتزان الجغرافيا الحيوية للجُزر كلًّا مما يأتي ما عدا أنَّ:
    أ. الجُزر الكبيرة عندها أنواع أكثر من الجُزر الصغيرة.
    ب. غنى أنواع الجزيرة يُحدِّده الاستيطان والانقراض.
    جـ. الجُزر الأصغر عندها مُعدَّلات انقراض أقل.
    د. مُعدَّلات الاستيطان أكبر في الجزر القريبة إلى اليابسة.

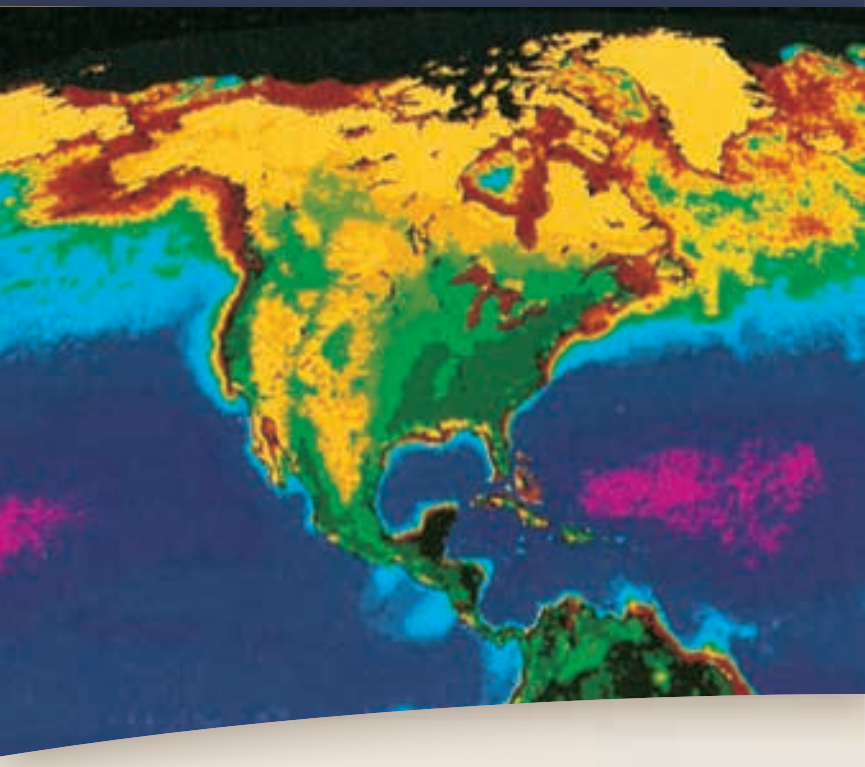
أسئلة تحدٍّ

1. إذا علمت أنَّ المخلوقات خارجية الحرارة (ذوات الدَّم البارد) لا تستهلك جزءًا كبيرًا من طاقة الطَّعام الذي تأكله لإبقاء درجة حرارة الجسم ثابتة وعالية (عملية توليد حرارة)، كيف تتوقَّع السَّلاسل الغذائية للأنظمة البيئيّة التي تسودها آكلات أعشاب، وآكلات لحوم من ذوات الدَّم البارد، مُقارنةً مع الأنظمة التي تسودها آكلات أعشاب، وآكلات لحوم من داخلية الحرارة (ذوات الدَّم الحار)؟
2. بشكل عام، إذا علمت، أنَّ مدخول الطَّاقة كبير عند قاع مُستوى غذائي (مُنتجات أولية) ويقل عندما يزداد النَّقل عبر المُستويات الغذائية، كيف يمكن لبُحيرات عدَّة أن تُظهر كتلة حيوية قائمة لآكلات أعشاب من العوالق الحيوانية أكبر بكثير من العوالق النباتية التي تستهلكها؟
3. يهتم علماء البيئة في الغالب بالتَّأثيرات المُحتملة لفقدان نوع (مثلًا، بسبب: التلوث، أو تحطيم الموطن، أو عوامل بشرية أخرى) في نظام بيئي لأسباب أخرى غير الفقدان المُباشر للنَّوع فقط. باستعمال (الشَّكل 57-17) فسِّر لماذا؟
4. اشرح عدَّة طرق مُفصَّلة تتمّ فيها زيادة التَّعقيد التَّركيبي للنباتات ما قد يؤدي إلى غنى أنواع أكبر وأعظم للسَّحالي (الشكل 57-20ب). هل يُمكن فحص أيٍّ من هذه الأفكار؟ كيف؟

هل أنت في حاجة إلى مراجعة إضافية؟ زر الموقع www.ravenbiology.com. لتتدرب على الاختبارات القصيرة، والرسوم المتحركة، والتسجيلات التلفزيونية، وأنشطة مخصصة لمساعدتك على فهم المادة الموجودة في هذا الفصل.

الفصل 58

الغلاف الحيويّ
The Biosphere



موجز المفاهيم

58-1 تأثيرات الشَّمس، والرِّياح، والماء في النِّظام البيئي

- *الطَّاقة الشَّمسية ودوران الأرض يؤثران في دورات الغلاف الجوي.*
- *تُحرِّك الرِّياح تيارات المُحيطات العالمية بشكل رئيس.*
- *تُؤثِّر الاختلافات الإقليمية والمحلِّية في الأنظمة البيئية اليابسة.*

58-2 أقاليم الأرض الحيوية

- *تُحدِّد درجة الحرارة والرُّطوبة الأقاليم غالبًا.*
- *الغاباتُ الاستوائيّة المطريةُ أنظمةٌ استوائيةٌ عالية الإنتاجية.*
- *السَّافانا (إقليم الحشائش) أراضي حشائش استوائية ذات أمطار موسمية (فصلية).*
- *الصحارى مناطق ذات أمطار قليلة.*
- *تمتلك أراضي الحشائش المُعتدلة تربة غنية.*
- *تكيّفت الغابات المُعتدلة ذات الأشجار مُتساقطة الأوراق مع التَّغيُّرات الفصلية (الموسمية).*
- *تكون الغابات المُعتدلة دائمة الخضرة ساحلية.*
- *التّيجة هي الغابات الشَّمالية، حيث الشِّتاء القارس.*
- *التّندرا مساحة مُتجمدة إلى حد كبير، وهي خالية من الأشجار وذات فصل نمو قصير.*

58-3 بيئات المياه العذبة

- *تعتمد الحياة في مناطق المياه العذبة على توافر الأكسجين.*
- *تتغيَّر بيئات البُحيرات والبرك مع عُمق الماء.*
- *تمتلك المياه قليلة الغذاء أكسجينًا عاليًا، ولكنها ذات مُحتوى غذائي قليل.*
- *المياه حقيقية التغذية تكون عالية المُحتوى الغذائي والعوالق النَّباتية، ولكنَّها قليلة الأكسجين.*

مقدّمة

يشمل الغلاف الحيوي مُعظم المُجتمعات الحية على الأرض، من الحياة الغزيرة في الغابات الاستوائيّة المطرية إلى مُجتمعات العوالق في مُحيطات العالم. بالمفهوم العام، يعكس توزيع الحياة على الأرض التَّنوع في البيئات غير الحية للعالم، مثل التَّنوع في كلّ من درجات الحرارة وتوافر الماء من بيئة يابسة إلى أخرى. يُمثِّل الشَّكل في هذه الصفحة صورة بالأقمار الصِّناعية لأمريكا، بناء على بيانات جُمعت خلال 8 سنوات. الألوان هي مفتاح للوفرة النِّسبية لمادة الكلوروفيل (اليخضور)، مُشيرًا إلى غنى المُجتمعات الحية. المساحات الخضراء والخضراء القاتمة على الأرض هي المساحات ذات الإنتاجية الأولية العالية (مثل الغابات المُزدهرة)، في حين تمثّل المساحات الصفراء صحارى أمريكا والتّندرا في الشَّمال البعيد، ذات الإنتاجية الأقل.

58-4 البيئات البحرية

- *للمُحيطات المفتوحة إنتاجية أولية مُنخفضة.*
- *تُوفِّر الأنظمة البيئية للرَّف القاري مصادر غزيرة.*
- *تُعاني مناطق النَّبع خلط المواد الغذائية والأكسجين.*
- *البحر العميق بارد ومُعتم، وفيه بعض المُجتمعات المثيرة للاهتمام.*

58-5 تأثيرات الإنسان في الغلاف الحيوي: التَّلوث واستنزاف الموارد

- *بيئات المياه العذبة مُهدَّدة بالتَّلوث واستهلاك المصادر.*
- *تهدّد إزالة الغابات الأنظمة البيئية اليابسة.*
- البيئات البحرية تُستنزف من الأسماك والأنواع الأخرى.
- *أدَّى استنزاف (تآكل) طبقة الأوزون في طبقة الستراتوسفير إلى «ثقب» الأوزون.*

58-6 تأثيرات الإنسان في الغلاف الحيوي: الاحتباس الحراري (الدفيئة)

- *تتوقَّع نماذج حاسوبية مُستقلة تغيُّرات عالمية.*
- *ثاني أكسيد الكربون الغاز الرّئيس لظاهرة البيت الزُّجاجي.*
- *تؤكد أدلَّة حدوث الاحتباس الحراريّ.*
- *أثَّر التَّغيُّر في درجة الحرارة العالية في الأنظمة البيئية في الماضي، وما زال يُؤثر الآن.*
- *يُؤثِّر الاحتباس الحراريّ في جماعات البشر كذلك.*

1-58 تأثيرات الشَّمس، والرِّياح، والماء في النِّظام البيئي

تتأثر الأنماط العالمية الرّئيسة للحياة على الأرض بشكل كبير ب: (1) كمية أشعة الشَّمس التي تصل إلى الأجزاء المُختلفة من الأرض والاختلافات الموسمية لتلك الأشعة. (2) أنماط دورات الغلاف الجوي العالمي، وأنماط الدَّورات النَّاتجة للمُحيطات. تتفاعل الخصائص المحلية، مثل أنواع التُّربة وارتفاع الأرض، مع الأنماط العالمية في الشَّمس، والرِّياح، وتيارات المياه لتُحدِّد الأحوال التي توجد فيها الحياة، وبالتَّالي تُحدِّد توزيع الأنظمة الحيوية.

الطاقة الشَّمسية ودوران الأرض يؤثران في دورات الغلاف الجوي

تستقبل الأرض مُعدَّلات عالية من الأشعة الشَّمسية على شكل أشعة كهرومغناطيسية عند الأطوال الموجية المرئية وقُرب – المرئية. يستلم كلّ متر مُربع من الغلاف الجوي الخارجي 1400 جول لكلّ ثانية تقريبًا، مما يكافئ إنتاج أربعة عشر مصباحًا ضوئيًا، قوة كلّ واحد 100 واط.

حالما تعبر الطَّاقة الإشعاعية الشَّمسية الغلاف الجوي، تعدّل شدتها وتركيبها الموجي. فنصف الطَّاقة تقريبًا يتمُّ امتصاصها مِن قِبَل الغلاف الجوي، والنِّصف الآخر يصل سطح الأرض. تمتَّص غازات الغلاف الجوي بعض الأطوال الموجية بشدَّة، في حين تعبر بعض الأطوال الموجية بحرية. ولذلك، فإنّ التَّركيب الموجي للأشعة الشَّمسية التي تصل سطح الأرض يكون مُختلفا عن التركيب الذي تطلقه الشَّمس. فمثلًا، يتمُّ امتصاص حزمة الأشعة فوق البنفسجية، التي يُطلق عليها الأشعة فوق البنفسجية – ب (UV-B)، بشدة بواسطة الأوزون (O_3) في الجو، ولهذا فإنّ هذه الأشعة تكون قليلة جدًا عند وصول الطَّاقة الشَّمسية إلى سطح الأرض.

كيف تُؤثِّر الأشعة الشَّمسية في المُناخ

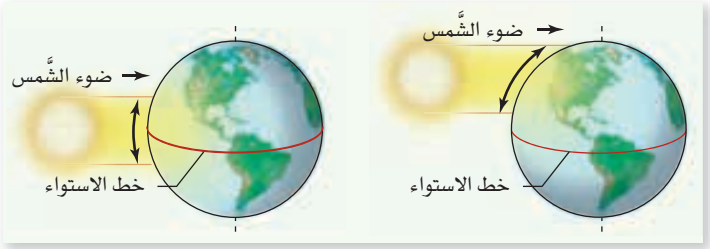
تأخذ بعض المناطق على سطح الأرض طاقة من الشَّمس أكثر من غيرها. وتُؤثِّر هذه الاختلافات كثيرًا في المُناخ.

السبب الرّئيس لاختلاف الأشعة الشَّمسية من مكان إلى آخر على الأرض يكمن في حقيقة أنَّ الأرض كروية (الشكل 58-1 أ)؛ فالمناطق الاستوائيّة دافئة لأنَّ أشعة الشَّمس تصل تقريبًا عمودية على سطح الأرض على مناطق قريبة من خط الاستواء. الزَّاويةُ التي تضربُ بها أشعة الشَّمس، وتُسمَّى زاوية السُّقوط *Angle of incidence*، المناطقَ القريبة من الأقطاب، توزعُ الطَّاقة الشَّمسية على مساحة أكبر من الأرض، مُوفِّرةً طاقة أقل لكلّ وحدة مساحة أرضية. فكما يُبيِّن الشَّكل 58-2، تكون أعلى مُعدَّلات درجات حرارة سنوية عند خط الاستواء (خط عرض صفر°).

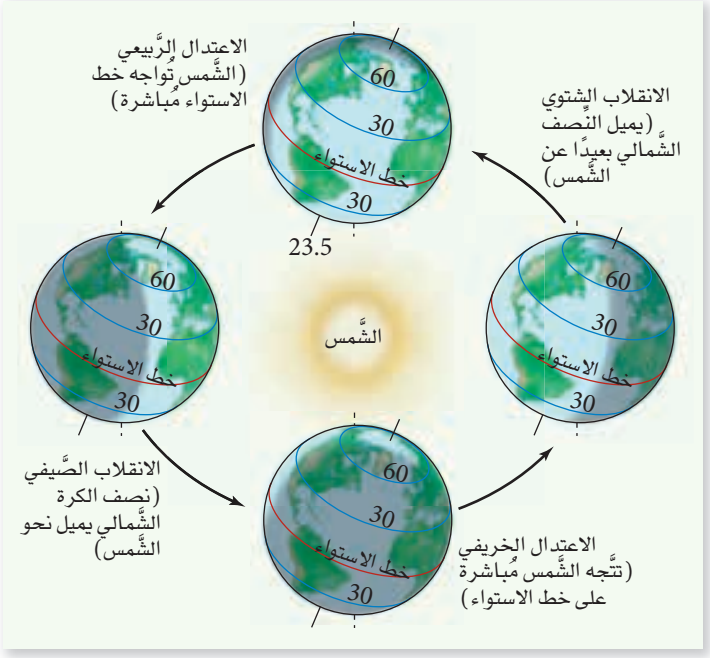
يلعب دوران الأرض السَّنوي حول الشَّمس ودورانها على محورها أيضًا دورًا مُهمًا في تحديد أنماط الأشعة الشَّمسية وتأثيرها في المُناخ (الشكل 58-1 ب). إنَّ محور دوران الأرض ليس عموديًا على المُستوى الذي تدور فيه حول الشَّمس. ولأنَّ محور الأرض يميل بزاوية مقدارها 23.5° تقريبًا، فإنّ تعاقب الفصول يحدث في أنحاء الأرض جميعها، خاصة عند خطوط العرض البعيدة عن خط الاستواء. فنصف الكرة الشَّمالي، مثلًا، يميل نحو الشَّمس في بعض الأشهر، ولكن بعيدًا عنها في أشهر أُخرى، مكوِّنًا الصَّيف والشِّتاء.

أنماط الدَّورات العالمية في الغلاف الجوي

يرتفع الهواء السَّاخن بالنِّسبة إلى الهواء الأبرد لأنَّ جُزيئات الهواء السَّاخن تزداد حركتها بازدياد درجات الحرارة، مما يجعلها أقل كثافة. وعلى هذا، فإنّ التسخين الشَّمسي الكثيف لسطح الأرض عند خطوط العرض الاستوائيّة يجعل الهواء يرتفع إلى الأعلى نحو الغلاف الجوي عند هذه الخطوط. هذا الهواء المُرتفع غني ببخار الماء؛ أولًا، لأنَّ قُدرة الهواء على الإمساك بالبُخار تزداد بالتَّسخين. ثانيًا، أنَّ أشعة الشَّمس المُكثَّفة على خط الاستواء تُوفِّر الحرارة اللازمة لتسخين كميات كبيرة من الماء وتبخيرها. بعد التَّسخين، يرتفع الهواء الرَّطب عن السَّطح (الشكل 58-3)، ثُمَّ يتحرك بعيدًا عن خط الاستواء ولارتفاعات عالية (فوق 10كم)، نحو الشَّمال في النِّصف الشَّمالي للأرض، ونحو الجنوب في النِّصف الجنوبي للأرض. يحل محل الهواء المُرتفع هواء أبرد يتَّجه نحو خط الاستواء على طول سطح الأرض من



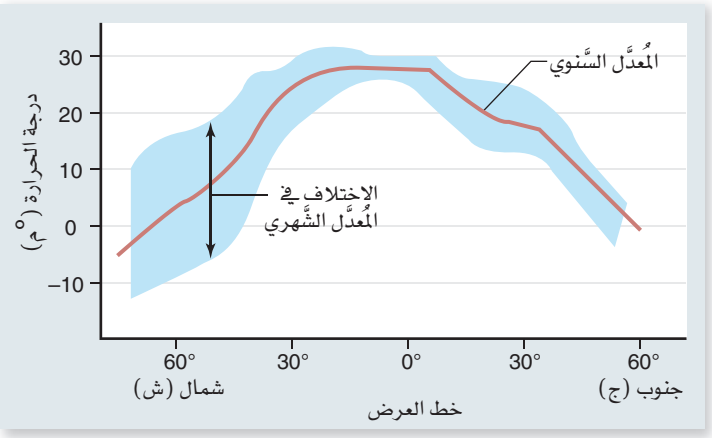
أ.



ب.

الشكل 58-1

العلاقات بين الأرض والشَّمس مهمة في تحديد طبيعية الحياة على الأرض وتوزيعها. أ. حزمة الطَّاقة الشَّمسية التي تضرب الأرض في خطوط العرض الوسطى للنِّصف الشَّمالي للكرة الأرضية (أو الجنوبي) تنتشر فوق منطقة من سطح الأرض أوسع من حزمة مُساوية تضرب الأرض عند خطِّ الاستواء. ب. حقيقة أنَّ الأرض تدور حول الشَّمس مرة في كلّ سنة لها تأثير في المُناخ. في نصفي الكرة الأرضية الشَّمالي والجنوبي، تتغيَّر درجة الحرارة في دورة سنوية؛ لأنَّ محور الأرض غير مُتعامد على مُستوى المدار، ولهذا يميل كلّ نصف كرة نحو الشَّمس في بعض الأشهر، وبعيدًا عنها في أشهر أخرى.



الشكل 58–2

يتغيَّر مُعدَّل درجة الحرارة السَّنوي بتغير خط العرض. يُمثِّل الخط الأحمر مُعدَّل درجة الحرارة السَّنوي على خطوط عرض مُختلفة، تتراوح من قُرب القطب الشَّمالي عند اليسار إلى قُرب القارة المُتجمدة الجنوبية عند اليمين؛ يقع خط الاستواء على خط عرض صفر درجة. على كلّ خط عرض، الحافة العلوية للمنطقة الزَّرقاء هي أعلى مُعدَّل درجة حرارة شهري لوحظ في كلّ أشهر السَّنة، والحافة السُّفلية هي أقل مُعدَّل درجة حرارة شهري.

الشَّمال من الشَّمال والجنوب. تُشكِّل حركات الهواء هذه أهم خاصية لدورة الغلاف الجوي العالمية: يتحرَّك الهواء نحو خط الاستواء على سطح الأرض، يرتفع عند خط الاستواء، ومن ثمَّ يندفع بعيدًا عنه على ارتفاعات عالية. تتأثَّر الأنماط الفعلية لتدفُّق الهواء بدوران الأرض على محورها؛ و سنُناقش هذا قريبًا.

لأسباب مُعقدة، الهواء الذي يرتفع عاليًا عند خط الاستواء وبعيدًا نحو ارتفاعات عالية في نصفي الكرة الأرضية يعود مرة أخرى إلى سطح الأرض عند خط عرض 30° تقريبًا، في كلّ من الشَّمال والجنوب (انظر الشكل 58–3). خلال مسار هذه الحركة، يتغيَّر المُحتوى الرَّطب للهواء جذريًّا بسبب التَّغيُّرات في درجات الحرارة التي يتعرَّض لها الهواء. تُخفِّض عملية التَّبريد قُدرة الهواء على حمل بخار الماء. ولهذا، فإنّ أغلب بخار الماء في الهواء الصَّاعد من خط الاستواء يتكاثف ليُشكِّل غيومًا وأمطارًا كلما ارتفع الهواء إلى الأعلى. هذا المطر يتساقط على خطوط العرض قُرب خط الاستواء، حيث تتعرَّض خطوط العرض هذه لأكثر كمية هطل على الأرض.

وفي الوقت الذي يبدأ فيه الهواء الهابط نحو سطح الأرض عند خط طول قريب من 30°، فإنه يصبح باردًا، ويكون قد فقد مُعظم بخار الماء فيه. على الرَّغم من أنَّ الهواء يسخن مرة أخرى عند نزوله، فإنَّه لا يكسب الكثير من بخار الماء في طريق نزوله. مُعظم الصحارى العظمى تقع على خطوط عرض قريبة من 30° بسبب الهبوط الثَّابت للهواء الجاف على سطح الأرض عند هذه الخطوط. وتشكل الصَّحراء الكُبرى أكثر الأمثال مأساوية.

يتدفَّق الهواء الهابط عند خطوط عرض قريبة من 30° جُزئيًّا فقط نحو خط الاستواء بعد وصوله إلى سطح الأرض. بعض هذا الهواء يتدفَّق نحو الأقطاب، مُساعدًا على تكوين رياح في كلّ نصف من الأرض تهب على سطح الأرض من خطوط عرض 30° نحو خطوط عرض 60°. وعند خطوط عرض قُرب 60° يميل الهواء للارتفاع من سطح الأرض نحو ارتفاعات عالية.

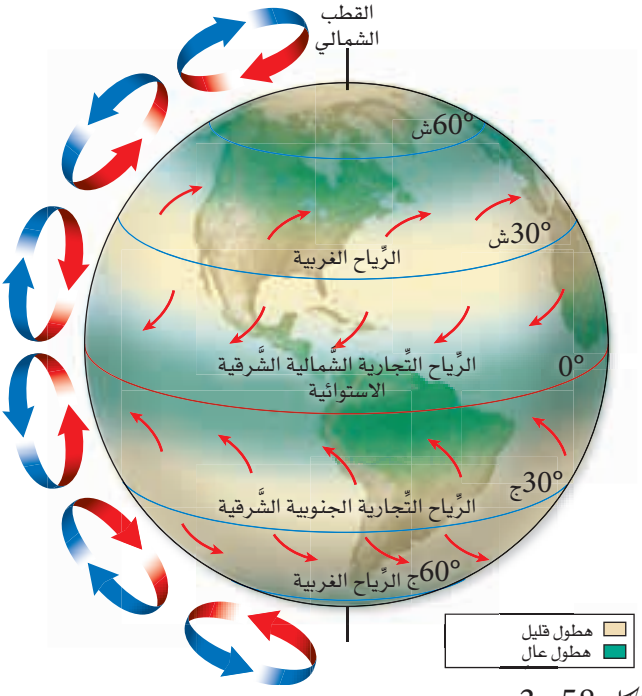
استقصاء

لماذا تكون الأرض أكثر دفئًا عند خطوط عرض قريبة من صفر°؟

تأثير كوريولس

لو أنَّ الأرض لا تدور حول محورها، فإنّ حركات الهواء العالمية ستتبع الأنماط البسيطة التي ذُكرت قبل قليل. ولكن تيارات الهواء – الرِّياح – تتحرَّك خلال سطح يدور. ولأنّ الأرض الصَّلبة تدور تحت الرِّياح، فإنّ الرِّياح تتحرَّك في مسارات مُنحنية عبر السَّطح، بدلًا من مسارات مُستقيمة. تسمَّى حركة الرِّياح بمسارات مُنحنية نتيجة لدوران الأرض **تأثير كوريولس Coriolis effect**.

فإذا وقفت على القُطب الشَّمالي، فإنّ الأرض ستبدو لك كأنَّها تدور على محورها عكس اتجاه عقارب السَّاعة، ولكن إذا كنت في القُطب الجنوبي، فإنّ الأرض سوف تبدو كأنَّها تدور مع اتجاه عقارب السَّاعة. هذه الخاصية للكرة التي تدور، وهي أنَّ الدَّوران يكون مُتعاكسًا إذا نظرنا إليه من قطبيها، يُفسِّر لماذا يكون اتجاه تأثير كوريولس مُتعاكسًا في نصفي الكرة الأرضية. في نصف الكرة الشَّمالي، تنحني الرِّياح



الشكل 58–3

الأنماط العالمية للدَّورات الجوية. يُظهر الشَّكل أنماط دوران الهواء التي تسود بمُعدَّل أسابيع أو أشهر من الزَّمن (في أي يوم ربما تختلف الأنماط بشكل شديد عن مُعدَّلات الأنماط هذه). ارتفاع الهواء الذي سبق تبريده يُكوِّن حزمًا من هطل واسع قُرب خط الاستواء وعلى خطوط عرض قُرب 60° شمالًا و 60° جنوبًا. الهواء الذي فقد مُعظم رطوبته على مُرتفعات عالية يتَّجه للنُّزول على سطح الأرض عند خطوط عرض قُرب 30° شمالًا و30° جنوبًا، مُكوِّنًا حزمًا قليلة الهطل نسبيًّا. تُظهر الأسهم الحمراء الرِّياح التي تهب عند سطح الأرض؛ وتُظهر الأسهم الزَّرقاء الاتجاه الذي تهب فيه على ارتفاعات عالية. تتنقل الرِّياح بمسارات مُنحنية نسبةً لسطح الأرض؛ لأنَّ الأرض تدور على محورها تحت الرِّياح (تأثير كوريولس). مشكلة التعبيرات اللغوية يجب فهمها، وهي أنَّ الأسماء الاصطلاحية المُعطاة للرِّياح تُشير إلى اتجاهات الرِّياح من حيث هبوبها، لا إلى اتجاهات الرِّياح إلى حيث هبوبها؛ لهذا، الرِّياح ما بين 30° و60° تُعرف بالرِّياح الغربية؛ لأنَّها تأتي من الغرب. لسوء الحظ، يستعمل علماء المُحيطات اصطلاحات مُعاكسة، فهم يُسمُّون تيارات المياه اعتمادًا على الاتجاهات التي تتحرَّك إليها.

إلى يمين اتجاه حركتها دائمًا؛ وفي نصف الكرة الجنوبي، تنحني نحو اليسار دائمًا.

تأمَّل الرِّياح السَّطحية التي تهب من خط العرض 30° تقريبًا نحو خط الاستواء في كلّ نصف كرة أرضية. في نصف الكرة الشَّمالي، تنحني الرِّياح نحو اليمين، لذلك فهي تميل إلى الهبوب في اتجاه الغرب وإلى اتجاه خط الاستواء أيضًا. في نصف الكرة الأرضية الجنوبي، تنحني الرِّياح إلى اليسار، ما يعني أنها أيضًا تهب نحو الغرب و تهب نحو خط الاستواء. النَّتيجة أنَّ الرِّياح على جانبي خط الاستواء – تُسمَّى الرِّياح التِّجارية – تهب من الشَّرق في اتجاه الغرب. (انظر الشكل 58-3)

تتَّبع الرِّياح بين 30° و 60° المبادئ نفسها. الرِّياح في نصف الكرة الأرضية الشَّمالي تنحني نحو اليمين، ولذلك فهي تهب في اتجاه الشَّرق، وكذلك نحو القُطب. أما الرِّياح التي في النِّصف الجنوبي للكرة الأرضية فتنحني نحو اليسار، وكذلك نحو القُطب. لذا، ففي نصفي الكرة الأرضية تهب الرِّياح بين 30° و 60° من الغرب نحو الشَّرق؛ وتُدعى هذه الرِّياح الرِّياح الغربيةَ.

تحرك الرياح تيارات المُحيط العالمية بشكل رئيس

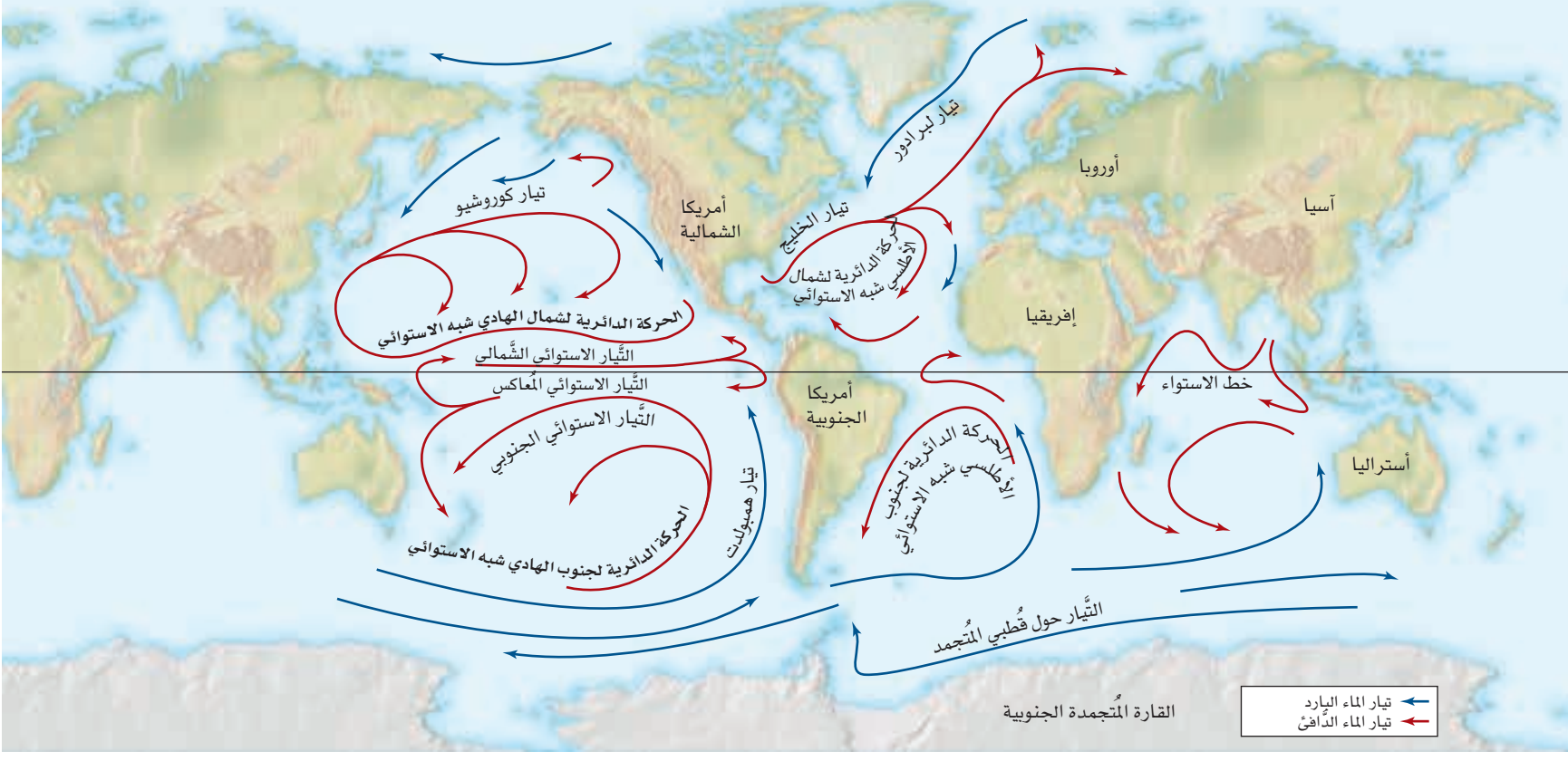
تيارات المُحيط الرئيسة تقودها الرِّياح على سطح الأرض، ما يعني أنَّ تيارات المُحيط بشكل غير مُباشر تُحرِّكها الطَّاقة الشَّمسية. تجعل المدخلات الإشعاعية لحرارة الشَّمس الغلاف الجوي في حالة حركة، كما ذكرنا سابقًا، ومن ثمَّ فإنّ الرِّياح تضع المُحيطات بحالة حركة.

في المُحيط الأطلسي الشَّمالي (الشكل 58-4)، نمط الرِّياح العالمية هو أنَّ الرِّياح السَّطحية تميل إلى الهبوب من الشَّرق في اتجاه الغرب بالقُرب من خط الاستواء، في حين أنها تهب من الغرب في اتجاه الشَّرق على خطوط العرض الوسطى (بين 30° و 60°). ونتيجة لهذا، تميل مياه المُحيط الأطلسي الشَّمالي السَّطحية إلى التَّحرُّك بمنحنى ضخم مُغلق – يُدعى **الحركة الدائرية Gyre** – تتدفَّق فيها من أمريكا الشَّمالية إلى أوروبا، وخطوط العرض الوسطى، ثُمَّ تعود من أوروبا وإفريقيا إلى أمريكا الشَّمالية عند خطوط عرض قُرب خط الاستواء.

تتأثَّر تيارات المياه بتأثير كوريولس. ولذلك، فإنّ هذا التأثير يُسهم بهذه الحركة المُنحنية المُغلقة في اتجاه عقارب الساعة. تميل المياه التي تجري عبر المُحيط الأطلسي نحو أوروبا عند خطوط العرض الوسطى إلى اليمين، وتدخل التَّدفُّق الشَّرقي في اتجاه الغرب قُرب خط الاستواء. هذا الجريان الأخير يميل أيضًا إلى الانحناء نحو اليمين، ويدخل التَّدفُّق القادم من الغرب نحو الشَّرق عند خطوط العرض الوسطى. في المُحيط الأطلسي الجنوبي، تقع الأحداث نفسها، ولكن كأنَّها صورة مرآة، و تحدث الحركات الدائرية نفسها مع اتجاه عقارب السَّاعة، وعكس اتجاه عقارب السَّاعة في المُحيط الهادي الشَّمالي والجنوبي كذلك.

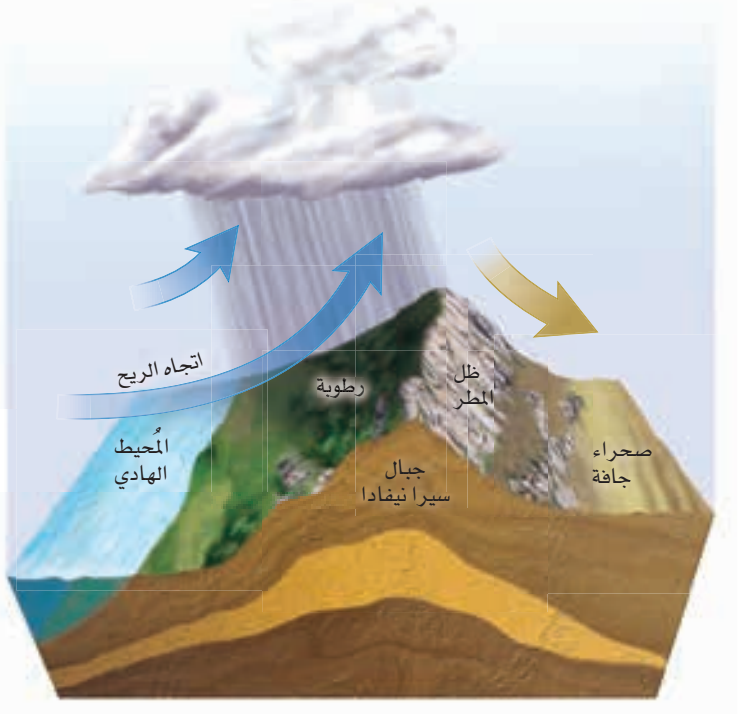
تُؤثِّر الاختلافات الإقليمية والمحلية في الأنظمة البيئية اليابسة

تتأثَّر الظُّروف البيئية لمكان ما بالتَّأثيرات الإقليمية والمحلية للأشعة الشَّمسية، ودوران الهواء، ودوران المياه، وليس فقط بالأنماط الإجمالية لهذه العمليات. في هذا الجزء، سنرى بعض الأمثلة على التَّأثيرات الإقليمية والمحلية، مُركِّزين على الأنظمة البيئية اليابسة فقط. وتشمل هذه التَّأثيرات: ظلال الأمطار، والرِّياح الموسمية، والارتفاع، ووجود عوامل مُناخ دقيقة.



الشكل 58–4

دورات المُحيط. في مراكز عدد من أحواض المُحيطات العُظمى، تتحرَّك المياه السَّطحية في أنماط مُنحنية ضخمة تُسمَّى الحركة الدائرية. تُؤثِّر هذه الحركات المائية في الإنتاجية الحيوية في المُحيطات، و تُؤثر أحيانًا في مُناخ اليابسة القريبة، كأن يجلب تيار الخليج مثلًا المياه الدَّافئة إلى منطقة الجُزر البريطانية.



الشكل 58-5

تأثير ظل المطر كما هو ممثَّل في كاليفورنيا. ترتفع الرِّياح المُحمَّلة بالرُّطوبة من المُحيط الهادي، وتبرد عندما تُواجه جبال سيرا نيفادا. عندما تقل قُدرة الهواء على حمل الرُّطوبة في الارتفاعات الأعلى والأبرد، يحصل الهطل، جاعلًا سفوح الجبال المُواجهة للبحر رطبةً؛ تتكوَّن غابات طويلة على هذه السُّفوح تشمل غابات تحتوي أشجار السكويه الضَّخمة المشهورة (*Sequoiadendron giganteum*). عندما ينزل الهواء على الجهة الشَّرقية من سلسلة الجبال، تزداد قُدرته على حمل الرُّطوبة مرة أخرى، ويحمل الرُّطوبة من المناطق المُحيطة. نتيجةً لذلك، تُصبح السُّفوح الشَّرقية للجبال جافة، وتتكوَّن صحارى ظل المطر في بعض الأحيان.

ظلال المطر

تتكوَّن الصحَّارى على الأرض أحيانًا بسبب تقاطُع الرِّياح المُحمَّلة بالرُّطوبة القادمة من البحر مع سلاسل الجبال. عندما تتدفق الرِّياح نحو اليابسة من المُحيط، فإنها تصادف الجبال (الشكل 58-5)، لهذا يرتفع الهواء عاليًا، وتقل قُدرته على حمل الرُّطوبة؛ لأنَّه يُصبح أبرد على ارتفاعات عالية، مُسبِّبًا سقوط المطر على السُّفوح المُواجهة للبحر. بعد ذلك، عندما يهبط الهواء – الذي نُزعت منه مُعظم رطوبته– على الجهة الأخرى من سلاسل الجبال، يبقى جافًّا على الرَّغم من أنَّه أصبح أسخن، وعندما يُصبح أسخن، تزداد مقدرته على حمل الرُّطوبة، ما يعني أنَّه يأخذ الرُّطوبة بكل سهولة من التُّربة والنَّبات.

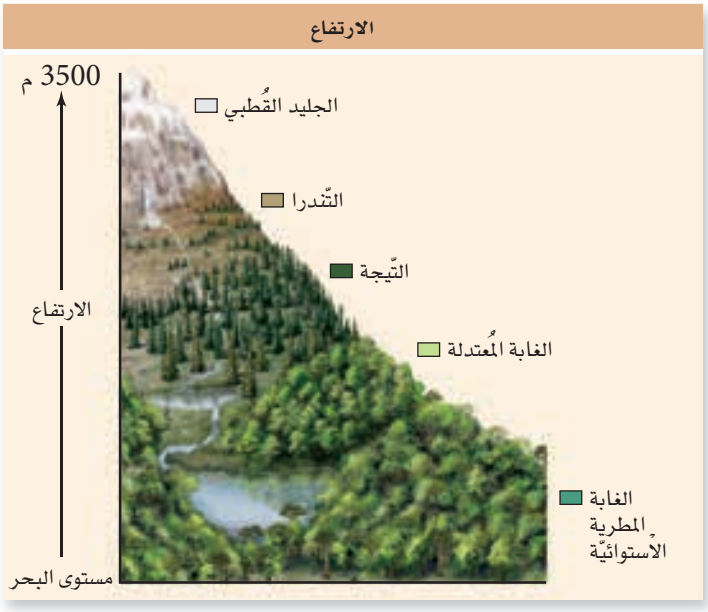
إحدى نتائج هذا الوضع أنَّ جهتي سلسلة الجبال تختلفان كمية الرُّطوبة؛ في كاليفورنيا، مثلًا، تكون السُّفوح الشَّرقية لجبال سيرا نيفادا – التي لا تُواجه المُحيط الهادي – أكثر جفافًا من السُّفوح الغربية. النتيجة الأخرى، هي أنَّ الصَّحراء قد تتكوَّن على الجهة الجافة، مثل صحراء موجافي. ويُقال هنا: إنَّ الجبال تُسبِّب تكوين **ظل المطر Rain shadow**.

الرِّياح الموسمية

قارة آسيا ضخمةٌ، لدرجة أنَّ التَّسخين والتَّبريد لسطحها مع مرور الفصول يُسبِّب إزاحة إقليمية شديدة لأنماط الرِّياح. خلال الصَّيف، تسخن كتلة اليابسة أكثر من المُحيطات المُجاورة، ولكن في الشتاء تبرد كتلة اليابسة أكثر من المُحيطات. ينتج عن هذا أنَّ تهبّ الرِّياح من المياه في اتجاه قارة آسيا في الصَّيف، خاصةً في منطقة المُحيط الهندي والمُحيط الهادي الاستوائي الغربي. ينعكس هبوب هذه الرِّياح فتخرج من القارة نحو المُحيطات في الشتاء. تُسمَّى هذه الرِّياحُ المُتغيِّرة الاتجاه فصليًّا **الرِّياحَ الموسميةَ Monsoons**. تُؤثِّر هذه الرِّياح في أنماط سقوط المطر، وتُحدِّد قوة هذه الرِّياح ومدّتها الفرقَ بين وفرة الغذاء ونُدرته لملايين البشر في المنطقة كلّ سنة.

الارتفاع

يتمثل نمط إقليمي آخر مُهم في أنَّ درجة الحرارة وظروفًا أُخرى في المناطق الجبلية تتغيَّر مع الارتفاع. فعند أي خط عرض، تهبط درجة حرارة الهواء 6° س تقريبًا كلّ 1.000م زيادة في الارتفاع. التَّبعات البيئية لهذا التَّغيُّر في درجة الحرارة مع الارتفاع شبيهة بتغيُّر درجة الحرارة مع خط العرض (الشكل 58-6).



الشكل 58-6

يُؤثِّر الارتفاع في توزيع الأقاليم الحيوية تقريبًا، كما تفعل خطوط العرض. الأقاليم التي تقع عادةً بعيدًا عن خط الاستواء إلى الشَّمال، وعلى مُستوى سطح البحر، تقع أيضًا في المناطق الاستوائيّة على ارتفاعات جبلية عالية. ولهذا، على جبل عالٍ في المناطق الاستوائيّة، يُمكن للمرء أن يرى تتابع الأقاليم مثل تلك الواضحة في أعلى الشَّكل. في شمال أمريكا، يُؤدي 1000م زيادة في الارتفاع إلى هبوط في درجة الحرارة يساوي 880 كم زيادة في خطوط العرض.

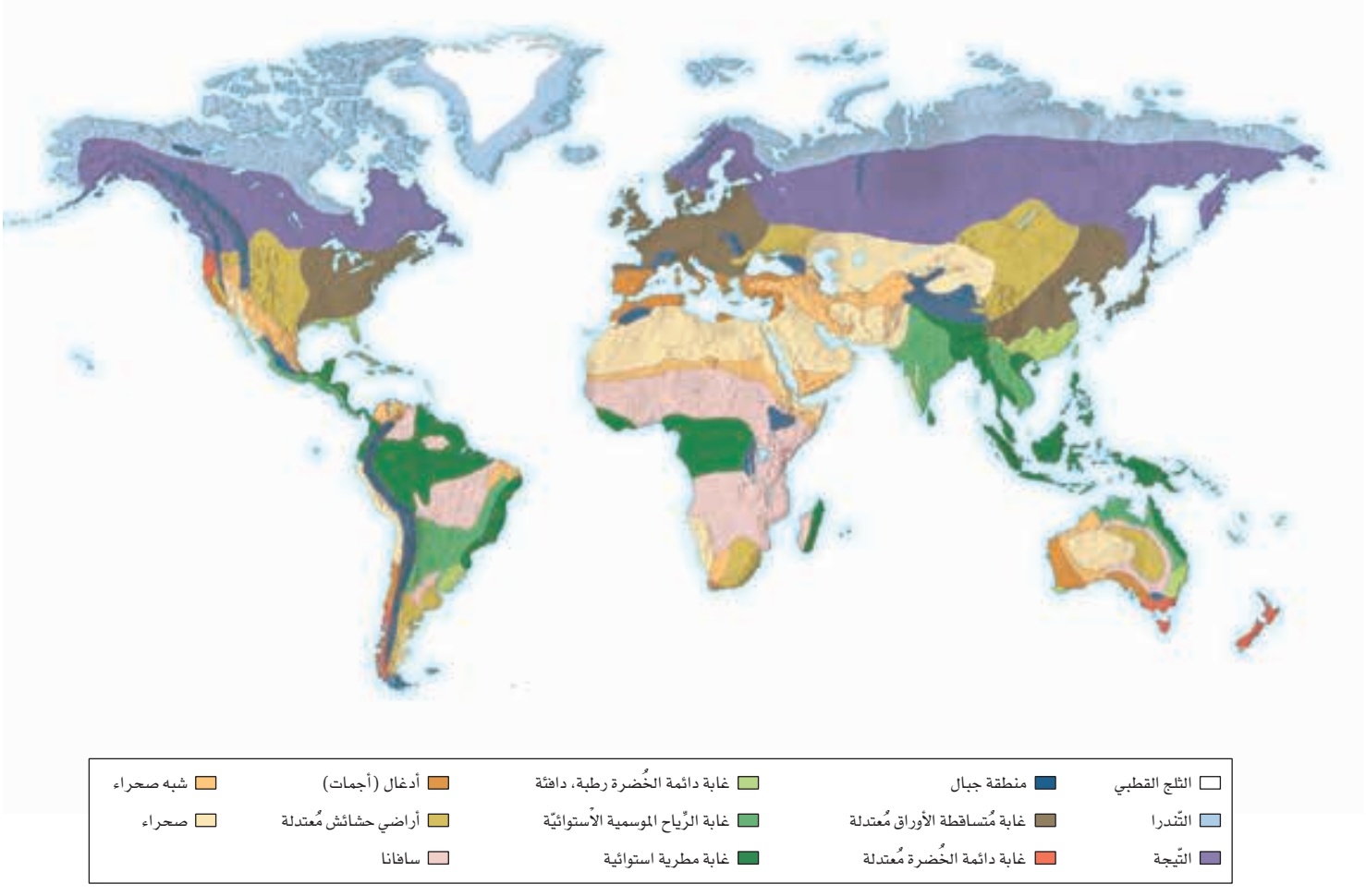
المُناخ الدَّقيق (المناخ المحلي)
تختلف الظُّروف أيضًا بطرق مُهمّة في أبعادٍ مكانية صغيرةٍ جدًا. فمثلًا، في الغابة، الطَّير الذي يجلس في رقعة مفتوحة يُمكن أن يُواجه أشعة شمسية كثيفة، ودرجة حرارة هواء عالية، ورطوبة مُنخفضة، مع أنَّ فأرًا يختبئ تحت جذع شجرة على بعد 10 أقدام ربما يُواجه ظلاً، ودرجة حرارة منخفضة، وهواء مُشبعًا ببخار الماء. مثل هذه المجموعات الإقليمية من الظُّروف المُناخية تُسمَّى **المُناخَ الدقيق (المناخ المحلي) Microclimate**. ينشر عمال الحدائق قشًّا فوق المروج المزروعة حديثًا ليوفِّروا مُناخًا دقيقًا (محليًّا) باردًا، ورطبًا مُناسبًا للنَّباتات الصَّغيرة.

تُحرِّك الشَّمس مُعظم ديناميكية (نشاطية) الأرض. يولِّد التَّسخين الشَّمسي لبعض المناطق العالمية بالنسبة إلى غيرها أنماطًا عالمية من دوران الغلاف الجوي، التي بدورها تُطلق أنماطًا عالمية من دورات الماء في المُحيطات. تُؤثِّر هذه الأنماط – إضافة إلى التَّغيُّرات الفصلية في الأشعة الشَّمسية التي تستقبلها الأرض – بقوة في الظُّروف (مثل درجة الحرارة والهطل) التي تتوافر للمخلوقات الحية في الأجزاء المُختلفة من العالم. تُؤثِّر ظواهر إقليمية مثل ظلال الأمطار والارتفاع أيضًا في الظُّروف التي تتوافر للمخلوقات الحية.

2-58 أقاليم الأرض الحيوية

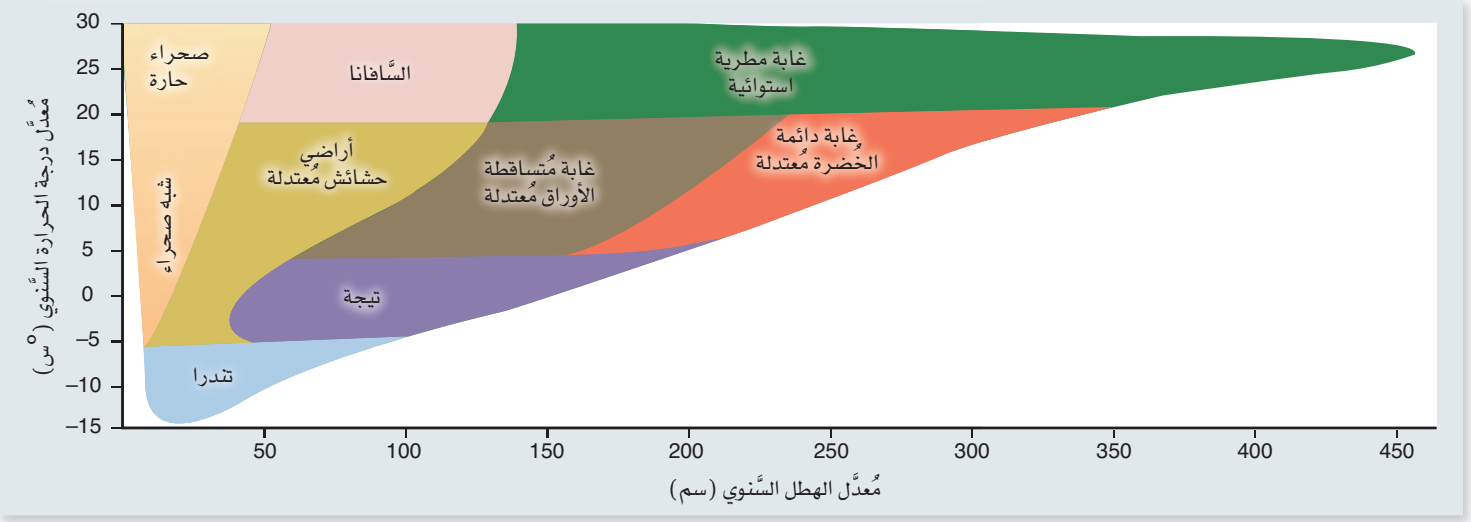
الأقاليم الحيوية Biomes هي الأنواع الرَّئيسة من الأنظمة البيئية على الأرض. كلّ إقليم له خصائصه المظهرية المميزة، وينتشر فوق مساحات واسعة من اليابسة، ويُعرّف بشكل كبير بمجموعة من الظُّروف المُناخية الإقليمية. تُسمَّى الأقاليم استنادًا إلى التَّراكيب النَّباتية التي تغطيها، ولكن قد تشمل الحيوانات الموجودة أيضًا.

و يُمكنك أن تتخيَّل من التَّعريف الواسع المُعطى للأقاليم الحيوية، فإنّ هناك طرقًا عدَّة لتصنيف البيئات اليابسة إلى أقاليم. هناك ثمانية أقاليم يُمكن تمييزها: (1) الغابة المطرية الاستوائيّة. (2) السَّافانا. (3) الصَّحراء. (4) أراضي الحشائش المُعتدلة. (5) الغابة المُعتدلة مُتساقطة الأوراق. (6) الغابة المُعتدلة دائمة الخُضرة. (7) التّيجة. (8) التّندرا.



الشكل 58–7

توزيع الأقاليم الحيوية. كلّ إقليم يتشابه في التَّركيب النَّباتي والمظهر حيثما وجد.



الشكل 58-8

طرق التنبؤ بتوزيع الأقاليم الحيوية. تُعدّ درجة الحرارة والهطول تنبُّؤين مُهمَّين جدًا لتوزيع الأقاليم، رغم أنَّ عوامل أخرى ذات أثر أحيانًا.

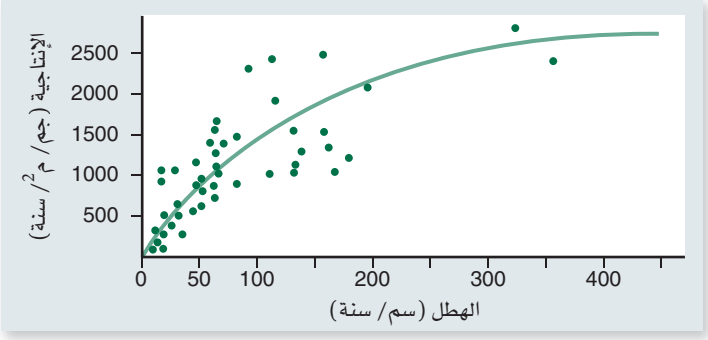
ميَّز علماء البيئة ستة أقاليم إضافية، هي: الثلج القطبي، ومنطقة الجبال، والأجمة، والغابة الرَّطبة الدَّائمة الخُضرة، وغابة الرِّياح الموسمية الاستوائيّة، وشبه الصَّحراء. وقد جمع علماء بيئة آخرين هذه الأقاليم السِّتة مع الأقاليم الثمانية. ويُظهر (الشَّكل 58-7) توزيع الأقاليم الأربعة عشر كلّها.

تُعرَّف الأقاليم بميزاتها من التَّراكيب النَّباتية، والظُّروف المُناخية المُرتبطة، وليس بالأنواع المُحدَّدة من النَّباتات الموجودة فيها. فقد تختلف منطقتان في الإقليم نفسه بناءً على ذلك من حيث الأنواع السَّائدة في كلّ منهما. فمثلًا، الغابات المطرية الاستوائيّة الموجودة حول العالم، تتكوَّن جميعها من أشجار طويلة، كثيرة الأوراق، ولكن الأنواع المُحدَّدة من الأشجار التي تسود الغابات المطرية الاستوائيّة في أمريكا الجنوبية مُختلفة عن تلك التي في الغابات الإندونيسية. التَّشابه بين مثل هذه الغابات ناتج عن التَّطور الالتقائي (انظر الفصل الـ 21).

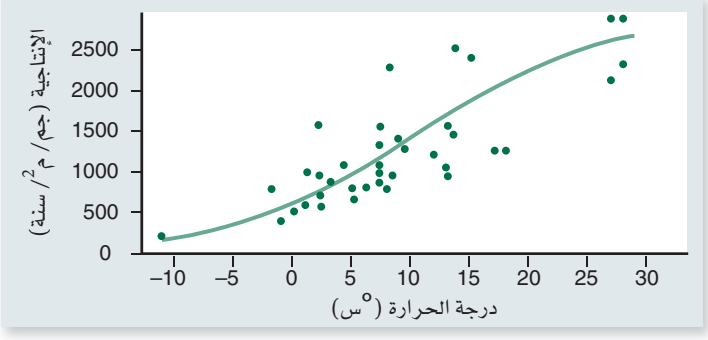
تُحدِّد درجةُ الحرارة والرُّطوبةُ الأقاليمَ غالبًا

في تحديد مكان وجود الأقاليم، العاملان البيئيان المُهمان هما درجة الحرارة والرُّطوبة. فكما نُشاهد في (الشَّكل 58-8)، إذا عَرَفت مُعدَّل درجات الحرارة السَّنوية، ومُعدَّل الهطل السَّنوي في منطقة على اليابسة، يُمكن لك غالبًا أن تتنبأ بالإقليم السَّائد. تُؤثِّر درجة الحرارة والرُّطوبة في النِّظام البيئي بطرق عدّة. أحد أسباب التَّأثير الكبير لهما أنَّهما مُرتبطان بشكل قوي مع الإنتاجية الأولية، التي ذُكرت في الفصل السَّابق (الشكل 58-9).

إن الأماكن المُختلفة التي لها مُعدَّل درجات الحرارة السَّنوية ومُعدَّل الهطل نفسهما تدعم أحيانًا أقاليم حيوية مُختلفةً، ما يُشير إلى أنَّ الحرارة والرُّطوبة ليسا العاملين الوحيدين المُهمين. فتركيب التُّربة والتَّكوين المعدني (انظر الفصل الـ 39) عاملان من عوامل عدَّة ذات تأثير. وربما يعتمد وجود الإقليم الحيوي أيضًا على ما إذا كانت ظروف درجة الحرارة والهطل فصلية مُؤكّدة أو ثابتة ثباتًا نسبيًّا.



أ.



ب.

الشكل 58-9

ارتباطات الإنتاجية الأولية مع درجة الحرارة والهطل. ترتبط الإنتاجية الأولية الصَّافية للأنظمة البيئية في 52 موقعًا حول العالم ارتباطًا وثيقًا مع (أ) مُعدَّل الهطل السَّنوي و (ب) مُعدَّل درجة الحرارة السَّنوي.

استقصاء

لماذا تتوقع أن تزداد الإنتاجية الأولية مع زيادة الهطل ودرجة الحرارة؟

الغاباتُ الاْستوائيّة المطريةُ أنظمةٌ استوائيةٌ عاليةُ الإنتاجية

الغابات الاْستوائيّة المطرية Tropical rain forests، التي 140 – 450 سم من المطر سنويًّا، أغنى الأنظمة البيئية على اليابسة (الشكل 58-10). إن لها إنتاجية عالية بسبب تمتعها بفوائد الحرارة العالية وكثرة الهطل، وهي تمتلك أيضًا تنوعًا حيويًّا عاليًا جدًا، كونها مكانًا وملجأ لنصف نباتات اليابسة وحيواناتها تقريبًا – أكثر من مليوني نوع! إذ يوجد أكثر من 1200 نوع من الفراشات في كلّ ميل مُربع واحد من الغابة المطرية البرازيلية – أي ضعف العدد الذي يوجد في أمريكا الشَّمالية كلها. الغابات المطرية الاْستوائيّة تُدوِّر العناصر الغذائية بسرعة، لذلك، فإنّ تربتها تفتقر إلى المخازن العظيمة للعناصر الغذائية.

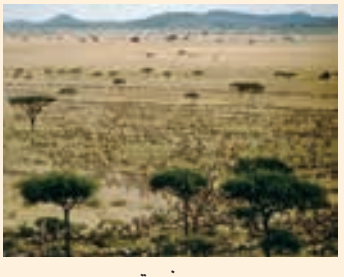
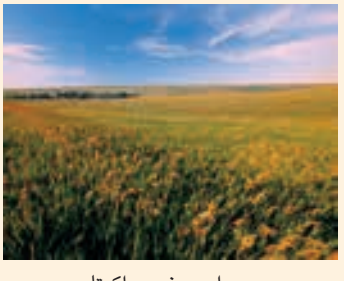
السَّافانا (إقليم الحشائش) أراضي حشائش استوائية ذات أمطار موسمية (فصلية)

السَّافانا Savannas أراضي حشائش استوائية أو شبه استوائية، تنبُت فيها غالبًا أشجار وشُجيرات مُتباعدة جدًا (انظر الشكل 58-10). على مستوى الكرة الأرضية، تقع السَّافانا غالبًا بوصفها نظامًا بيئيًّا وسطيًّا بين الغابات الاْستوائيّة المطرية والصِّحارى؛ ولها ميزات الأماكن الدَّافئة، حيث يكون مُعدَّل سقوط المطر السنوي (50 – 125 سم) قليلًا جدًا؛ هذا المعدّل لا يكفي لدعم الغابات المطرية، ولكن ليس قليلًا، بحيث يُنتج ظروفًا صحراوية.

يكون سقوط المطر في السَّافانا موسميًّا (فصليًّا) بدرجة كبيرة. وربما يُعَدّ نظام سيرنجيتي البيئي في إفريقيا الشَّرقية من أشهر الأمثلة في العالم على إقليم السَّافانا. في مُعظم منطقة سيرنجيتي، يدوم عدم سقوط الأمطار أشهرًا عدّة من السَّنة، ولكن في الأشهر الأخرى يكون المطر غزيرًا. تستجيب القطعان الضَّخمة من

الشكل 58-10

أقاليم العالم الحيوية الرئيسة

الإقليم الحيوي	المُناخ	مثال على الموقع	النَّباتات المُميَّزة	الحيوانات المُميَّزة
الغابة المطرية الاْستوائيّة	درجات حرارة عالية على مدار العام	الغابة المطرية البرازيلية	نوع نباتيّ	نوع حيوانيّ
السافانا	درجات حرارة دافئة على مدار العام	 سرنجيتي	نوع نباتيّ	نوع حيوانيّ
الصحراء	درجات حرارة دافئة وباردة، صحراء	موجافي	نوع نباتيّ	نوع حيوانيّ
أراضي الحشائش المُعتدلة	صيف دافئ وشتاء بارد	 براري جنوب داكوتا	نوع نباتيّ	نوع حيوانيّ

حيوانات الرَّعي في النِّظام البيئي لتغيُّرات المطر الموسمية؛ فبعض الأنواع تُهاجر بعيدًا عن الأنهار دائمة الجريان فقط في الأشهر التي يحدث فيها سقوط الأمطار.

الصَّحارى مناطق ذات أمطار قليلة

الصَّحارى Deserts مناطق جافة، حيث يكون المطر نادرًا (مُعدَّل سقوط المطر السَّنوي أقل من 25-40 سم عادةً)، ويصعب التَّنبؤ به (انظر الشكل 58-10). تعني صعوبة التَّنبؤ بالمطر أنَّ النَّباتات والحيوانات لا تتحمَّل الاعتماد على سقوط المطر مرة واحدة في السَّنة فقط. وكما ذكرنا سابقًا، تقع الكثير من الصَّحارى الكُبرى قُرب خطوط عرض 30° شمالًا و 30° جنوبًا بسبب أنماط دوران الهواء الإجمالية (انظر الشكل 58-3). و تتكوَّن بعض الصَّحارى الأُخرى من ظلال الأمطار (انظر الشكل 58-5).

تكون النَّباتات مُتباعدة في الصَّحارى، ويعتمد بقاء الحيوانات والنَّباتات على المُحافظة على الماء. تدخل بعض المخلوقات الصَّحراوية مراحل غير نشطة خلال فترات عدم وجود المطر. ولتجنُّب درجات الحرارة الشَّديدة، تعيش بعض الفقريات الصغيرة غالبًا داخل جحور عميقة باردة، ورطبة في بعض الأحيان. بعض الفقريات الصَّغيرة تخرج ليلًا فقط. ومن بين حيوانات الصَّحراء الكبيرة، يشرب الجمل كميَّات كبيرة من الماء عندما يكون متوافرًا، ومن ثمَّ يُحافظ عليه، لدرجة أنَّه يعيش أسابيع دون شرب الماء. يعيش بقر الوحش (ظباء كبيرة، صحراوية) مُعتمدًا على رطوبة الأوراق والجذور التي يُنقِّب عنها، و يشرب الماء عند توافره.

تمتلك أراضي الحشائش المُعتدلة تربةً غنيةً

تقع المناطق المُعتدلة في مُنتصف الطَّريق بين خط الاستواء والقطبين، حيث توجد **أراضي الحشائش المُعتدلة Temperate grasslands** (انظر الشكل 58-10). أراضي الحشائش هذه، وتُسمَّى أيضًا **المروج Prairies**، غطَّت ذات مرّة كثيرًا من داخل أمريكا الشَّمالية، وكانت مُنتشرةً بين أورآسيا وأمريكا الجنوبية أيضًا.

تخترق جذور الحشائش المُعمِّرة التُّربة عميقًا، وبشكل مميَّز، حيث تميل تربة أراضي الحشائش لأن تكون عميقة وخصبة. تكون أراضي الحشائش المُعتدلة مُنتجة بشكل كبير عندما تُستغل زراعيًّا، وقد تمَّ تحويل أراضٍ شاسعة بهذه

الإقليم الحيوي	المُناخ	مثال على الموقع	النَّباتات المُميَّزة	الحيوانات المُميَّزة
الغابة مُتساقطة الأوراق المعتدلة	صيف دافئ وشتاء بارد	مُتَّنزه أكاديا الوطني	نوع نباتيّ	نوع حيوانيّ
الغابة دائمة الخضرة المعتدلة	مُناخ مُعتدل	ماونت هود	نوع نباتيّ	نوع حيوانيّ
التّيجة	درجات حرارة باردة جدًا	المنطقة الشمالية الغربية، كندا	نوع نباتيّ	نوع حيوانيّ
التّندرا	درجات حرارة باردة جدًا	ألاسكا	نوع نباتيّ	نوع حيوانيّ

الطَّريقة. في أمريكا الشمالية وقبل هذا التغير في استعمال الأرض، كانت قطعان ضخمة من الثَّور الأمريكي، والوعل الأمريكي تستوطن أراضي الحشائش المُعتدلة. إن أراضي الحشائش المُعتدلة الطَّبيعية هي من الأقاليم التي تكيّفت مع الحرائق الدَّورية، ولذلك تلزمها النِّيران لكي تزدهر.

تكيّفت الغابات المُعتدلة ذات الأشجار مُتساقطة الأوراق مع التَّغيُّرات الفصلية (الموسمية)

تُشجِّع المُناخات الفصلية المُعتدلة (فصول صيف دافئة وأخرى شتاء باردة)، إضافة إلى الأمطار الكثيرة، **نمو غابات الأشجار مُتساقطة الأوراق المُعتدلة Temperate deciduous forests** في شرق الولايات المُتحدة، وشرق كندا، وأوراسيا (الشكل 58-10). الأشجار مُتساقطة الأوراق هي التي تُسقط أوراقها في الشِّتاء. الغزلان، والدّببة، والقنادس، والراكون هي من الحيوانات الشَّائعة في هذه الغابات.

تكون الغابات المُعتدلة دائمة الخُضرة ساحليةً

توجد **الغابات المُعتدلة دائمة الخُضرة Temperate evergreen forests** على خطوط السَّاحل ذات المُناخ المُعتدل، مثل التي في شمال غرب الولايات المُتحدة (انظر الشكل 58-10). تشمل النَّباتات الشائعة الأشجار، مثل البيسيّة، والصّنوبريات، والخشب الأحمر، والتي لا تسقط أوراقها (لهذا، فهي دائمة الخُضرة).

التّيجة هي الغابة الشَّمالية حيث الشِّتاء القارس

تختلف التّيجة والتّندرا (ستُوصف لاحقًا) عن أي إقليم آخر بأنَّ كلًّا منهما يمتد على شكل دوائر مُغلقة حول الأرض بشكل كامل (الشكل 58-7). تتكوَّن **التّيجة Taiga** من حزمة ضخمة من غابة شمالية تسودها أشجار مخروطية (البيسيّة، والشوكران، والتَّنوب) التي تحتفظ بأوراقها الشَّبيهة بالإبر على مدار العام (انظر الشكل 58-10).

التّيجة واحدة من أكبر الأقاليم على الأرض. تكون فصول الشِّتاء في التّيجة طويلة وباردة بشدَّة، ومُعظم الهطل المحدود يتمُّ في الصَّيف. مُعظم آكلات الأعشاب الكبيرة، مثل الألكة، والموظ، والغزال، إضافة إلى آكلات اللّحوم مثل الذِّئاب، والدّببة، والوشق، والشَّرِه هي من مُميِّزات التّيجة.

التّندرا مساحة مُتجمدة إلى حدّ كبير، وهي خالية من الأشجار، وذات فصل نمو قصير

تنمو بعض الأشجار في الشَّمال البعيد، عند خطوط عرض فوق التّيجة، ولكن جنوب الثَّلج القطبي. تُسمَّى مساحة الأرض التي تقع في هذه الحزمة **التّندرا Tundra**، وهي مفتوحة، تذروفيها الرِّياح، وغالبًا ما تشكل مستنقعات (انظر الشكل 58-10). هذا الإقليم الضَّخم يُغطِّي خُمس مساحة الأرض اليابسة. ويسقط فيه القليل من المطر أو الثلج. **الجليد الدَّائم Permafrost** – وهو تربة جليدية تستمر طول الفصول – يوجد عادةً ضمن متر من سطح الأرض.

الأشجار الموجودة صغيرة، ومُعظمها محصورة بحواف الجداول والبُحيرات. تعيش في التّندرا آكلات أعشاب من الثدييات الكبيرة، التي تشمل ثيران المسك وغزال الرَّنة، وآكلات لحوم مثل الذِّئاب، والثعالب، والوشق. جماعات من اللاموس (حيوان قارض صغير يستوطن المناطق المُتجمدة) تزداد، وتقل بشكل حاد، ما يُؤثِّر جدًّا في الحيوانات التي تفترسها.

يُمكن أن تتميَّز أنواع رئيسة من الأنظمة البيئية، التي تُسمَّى الأقاليم الحيوية، بمناطق مُناخية مُختلفة على اليابسة. هذه الأقاليم مُتشابهة بشكل كبير حيثما وجدت على الأرض. مُعدَّل درجات الحرارة السَّنوي والهطول هما مُحدِّدان مُهمّان لنوع الإقليم.

3-58 بيئات المياه العذبة

تُغطِّي المياه العذبة أقل نسبة من المناطق الرّئيسة على سطح الأرض؛ فقط 2%، مُقارنةً بـ 27% لليابسة و71% للمُحيطات. يبدأ تكوُّن المياه العذبة بتبخر الماء إلى الغلاف الجوي، وهذا ينزع بشكل رئيس المُكونات الذَّائبة في الماء، مثل ما يُحدثه التَّقطير. عندما يسقط الماء عائدًا إلى سطح الأرض بوصفه مطرًا أو ثلجًا، فإنَّه يصل بصورةٍ نقيةٍ تقريبًا، على الرَّغم من أنَّه التقط بعض المواد الدَّقيقة أو الذائبة ذات الأهمية الحيوية من الغلاف الجوي.

تُمثِّل الأراضي الرَّطبة ذات المياه العذبة – السَّبخات، والمُستنقعات – مواطن مُتوسطة بين المياه العذبة والعوالم اليابسة. تُعَدُّ الأراضي الرَّطبة عالية الإنتاجية (انظر الشكل 58-11). وإنها ذات أثر بالغ؛ إذ تشكل أحواضا تُخزِّن المياه، وتُخفِّف آثار الفيضانات.

تقوم بالإنتاج الأولي في أجسام المياه العذبة طحالب وحيدة الخلية (عوالق نباتية) تطفو على المياه، وطحالب تُشكِّل طبقةً على القاع، ونباتات ذات جذور مثل زنبق الماء. إضافة إلى ذلك، تدخل كمية كبيرة من المواد العضوية – مثل الأوراق الميِّتة – بعض أجسام المياه العذبة من المُجتمعات النَّباتية التي تنمو على اليابسة المجاورة.

تعتمد الحياة في مناطق المياه العذبة على توافر الأكسجين

يُعَدُّ تركيزُ الأكسجين (O_2) المُذاب العامل المُحدِّد الرّئيس لخصائص مُجتمعات المياه العذبة. يذوب الأكسجين في الماء تمامًا كما يذوب الملح أو السُّكر. وتحصل الأسماك والحيوانات المائية الأُخرى على الأكسجين الذي تحتاج إليه بأخذه من المحلول. لهذا، تُعدّ ذائبية الأكسجين مهمة جدًا.

في الحقيقة، الأكسجين قليل الذَّائبية في الماء. ولهذا، حتى إن تمَّت تهوية الماء العذب بشكل كامل، وأصبح على اتزان مع الغلاف الجوي، فإنّ كمية الأكسجين الذي يحتويه كلّ لتر من الماء العذب ستكون 5% فقط، أو أقل، من كميته في الهواء. هذا يعني، أنه فيما يتعلق بحصولها على الأكسجين، تمتلك المخلوقات التي تعيش في الماء العذب هامشًا قليلًا جدًا من الأمان مُقارنةً بالمخلوقات التي تتنفّس الهواء.

يزداد الأكسجين، ويقل بشكل مُستمر من أي جسم للماء العذب. يزداد الأكسجين عن طريق التَّمثيل الضَّوئي، وكذلك التَّهوية من الغلاف الجوي، ويقل عن طريق الحيوانات ومختلفة التَّغذية الأخرى. فإذا كان هناك كثير من المواد العضوية

المُتعفِّنة موجودة في الجسم المائي، فإنّ الطَّلب على الأكسجين من المخلوقات المُحلِّلة يمكن أن يكون عاليًا ما يُؤثِّر في أشكال الحياة الأُخرى. يتناقص تركيز الأكسجين المُذاب بسرعة، في الظُّروف التي تكون فيها سرعة إزالة الأكسجين أعلى من سرعة إضافته، حتى إنَّه يُصبح قليلًا لدرجة أنَّ الكثير من الحيوانات المائية لا تستطيع العيش فيه.

تتغيَّر بيئات البُحيرات والبرك مع عمق الماء

تُدعى الأجسامُ المائية التي تحتوي ماءً ساكنًا نسبيًّا بحيراتٍ إذا كان الماء كثيرًا، وبركًا إذا كان الماء قليلًا. يمتّص الماء الضّوء المار من خلاله، وبذلك تقل كمية الضّوء اللازم لعملية التَّمثيل الضوئي بشكل حاد مع ازدياد العُمق. في البُحيرات العميقة، يصل الماء القريب من السَّطح نسبيًّا ضوء كافٍ للعوالق النَّباتية لكي تُظهر إنتاجية أولية صافية إيجابية (الشكل 58-11). تدعى هذه المياه **المنطقة الضوئية Photic zone**.

المنطقة الضوئية

يعتمد مقدار سُمك المنطقة الضوئية على كمية دقائق مادة مُعينة في الماء. فالماء الخالي من دقائق المادة والصّافي يسمح للضوء بالاختراق عشرات الأمتار، وبشدَّة كافية لدعم العوالق النَّباتية. و المياه المليئة بطحالب سطحية، أو بتربة معرّاة قد لا تسمح للضوء بالنَّفاذ عميقًا جدًا قبل أن تضمحل شدَّته لدرجة لا تكفي لنمو الطّحالب.

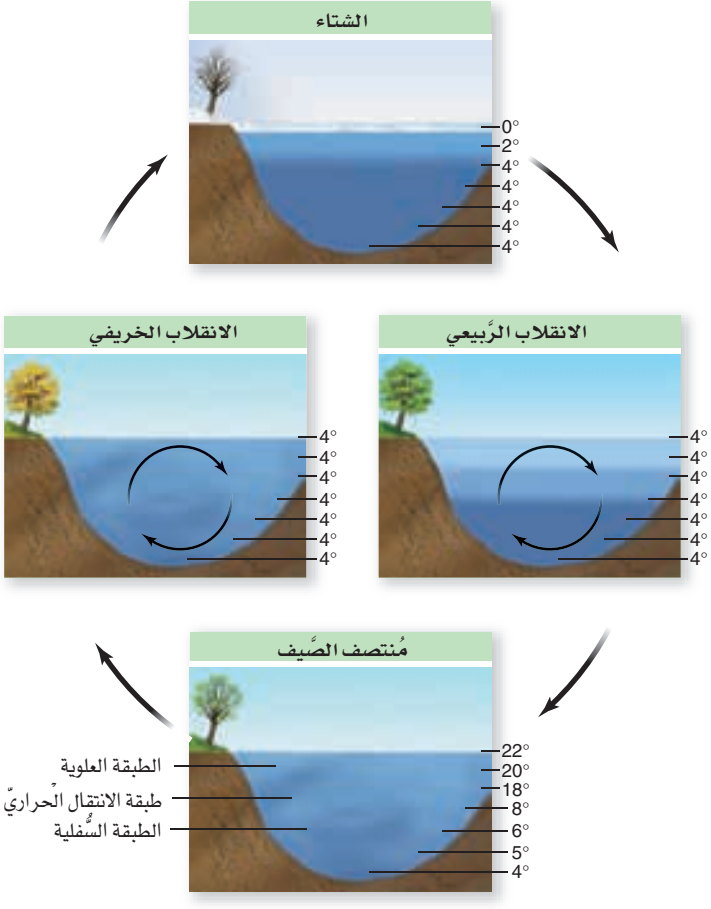
الشكل 58-11

الضّوء في بحيرة. تقل شدَّة ضوء الشَّمس المتوافر للتَّمثيل الضوئي مع ازدياد عمق البحيرة. وعلى هذا الأساس، بعض المياه العلوية فقط – تُسمَّى المنطقة الضوئية – يصلها ضوء شمس كافٍ لكي تكون الإنتاجية الأولية للعوالق النَّباتية إيجابية. يعتمد عمق المنطقة الضوئية على كمية تعكر المياه. تُسمَّى المنطقة الضَّحلة عند حافة البحيرة المنطقة الساحلية، وهي مُضاءة جيدًا حتى العُمق، لذلك يُمكن للنَّباتات ذات الجذور وطحالب القاع أن تنمو، وتتكاثر هناك.

يُمكن أن يسبب توفير الأكسجين المُذاب مُشكلة للمياه العميقة لبُحيرة؛لأنَّ الأكسجين كلّه يدخل أي نظام مائي عن طريق السَّطح. وفي المياه الرَّاكدة للبُحيرة، قد لا يحدث الخلط بين الطَّبقات السَّطحية والعميقة إلا أحيانًا. وعندما يُنتج البناء الضوئي الأكسجين، فإنَّه يُضيفه إلى المنطقة الضوئية للبُحيرة قريبًا من السَّطح. ويُؤثِّر التَّقسيم الطبقي الْحراريّ في العادة في جاهزية دخول الأكسجين إلى المياه العميقة من المياه السَّطحية.

التقسيم الطبقي (التَّطبُّق) الْحراريّ

التقسيمُ الطبقيُّ الْحراريّ Thermal stratification خاصيةٌ لكثير من البُحيرات والبرك الكبيرة. ففي الصَّيف، كما يظهر في أسفل (الشَّكل 58-12)، يُشكل الماء الذي تُدفئه الشَّمس طبقة على السَّطح تُسمَّى الطَّبقةَ العلوية *Epilimnion*؛ لأنَّ الماء الدَّافئ أقل كثافةً من الماء البارد، ويميل إلى أن يطفو على



الشكل 58-12

الدَّورة السَّنوية للتَّقسيم الطبقي الْحراريّ في بحيرة في المنطقة المُعتدلة. خلال الصَّيف (الشَّكل السُّفلي)، تدفئ الشَّمس الماء (الطبقة العلوية) فتطفو على سطح المياه الأبرد والأكثف (الطبقة السُّفلية). تكون البحيرة أيضًا مقسمة حراريًّا إلى طبقات في الشِّتاء (الشَّكل العلوي) عندما يطفو الماء القريب من التَّجمُّد أو المُتجمد على سطح الماء الذي يكون على درجة حرارة 4^{o} س (درجة الحرارة الأكبر كثافة للمياه العذبة). يتخلخل التقسيم الطبقي في انقلابات الرَّبيع والخريف، حيث تكون درجة حرارة مياه البحيرة تقريبًا مُتساوية، وتقوم الرِّياح بخلط المياه من الأعلى إلى الأسفل.

السَّطح. الماء الأبرد، والأكثر كثافة، يُدعى الطَّبقة السفليةَ *Hypolimnion*، يقع في الأسفل. وهناك طبقة انتقالية بين الطَّبقتين الدَّافئة والباردة، هي **طبقة التَّغيُّر الْحراريّ Thermocline**. وعلى الرَّغم من تركيزنا هنا على المياه العذبة، فإنّ تركيبًا حراريًّا مُشابهًا لعمود الماء يحدث أيضًا في أجزاء أخرى عدَّة من المُحيط.

في البُحيرة، يميل التقسيم الطبقي الْحراريّ لمنع وصول الأكسجين إلى المياه الموجودة في القاع؛ لأنَّه يمنع اختلاط المياه العلوية التي تستقبل الأكسجين مع المياه التي في القاع. وقد ينخفض تركيز الأكسجين في القاع من ثم بشكل تدريجي مع الوقت، كلما استهلكت المخلوقات الموجودة هناك الأكسجين بشكل أسرع من تعويضه. وإذا كان مُعدَّل استهلاك الأكسجين عاليًا، فإنّ مياه القاع يُمكن أن تنفد من الأكسجين، وتُصبح خالية منه قبل انتهاء الصَّيف. وإذا حدثت ظروف غياب الأكسجين، فإنها تقتل مُعظم الحيوانات لا كلّها.

في الخريف، تهبط درجة حرارة المياه العلوية في البحيرة المقسمة إلى طبقات حرارية حتى تُصبح مماثلة لدرجة حرارة المياه العميقة نفسها تقريبًا. وتُصبح كثافة طبقتي الماء مُتشابهة، وتضعف قابليتهما للبقاء مُنفصلتين. ويُمكن بعد ذلك للرِّياح أن تجبرهما على الاختلاط؛ هذه الظاهرة تُدعى **الانقلابَ الخريفيَّ Fall overturn** (انظر الشكل 58-12). بعد ذلك، تعود تراكيز عالية من الأكسجين إلى مياه القاع.

في (الفصل الـ 2)، تعلَّمت عن الخصائص الفريدة للماء. المياه العذبة أكثر كثافة عند درجة حرارة 4° مئوية، والثلج، عند درجة حرارة صفر$^{\circ}$، يطفو على سطح هذه المياه الكثيفة. عند تبريد البُحيرة لتصل إلى نقطة التَّجمد عند بدء الشِّتاء، فإنّ كلّ البُحيرة تصل أولًا إلى درجة 4°. ثُمَّ، يبرد بعض الماء إلى درجة حرارة أقل، وعند ذلك، يُصبح أقل كثافة، ويرتفع إلى الأعلى. تدفع زيادة تبريد هذه المياه السَّطحية إلى أن تتجمد على شكل طبقة من الثلج تُغطِّي البُحيرة. في الرَّبيع، يذوب الثلج، وترتفع درجة حرارة المياه السَّطحية، ومرة أخرى تُصبح الرِّياح قادرة على خلط مياه البُحيرة كلها؛ يدعى هذا **الانقلابَ الرَّبيعيَّ Spring overturn**.

تمتلك المياه قليلة التغذية أكسجينًا عاليًا ولكنها ذات مُحتوى غذائي قليل

أجسام المياه العذبة التي تكون فقيرة بغذاء الطّحالب (مثل النترات أو الفوسفات) وقليلة المادة الطُّحلبية لكلّ وحدة حجم تُدعى **قليلة التغذية Oligotrophic**. ومثل هذه المياه تكون غالبًا نقيَّة. تميل الجداول والأنهار قليلة التغذية لأن تكون غنية في محتوى الأكسجين المُذاب؛ لأنَّ حركة المياه المُتدفقة تعمل على تهويتها؛ فالكمية الصَّغيرة من المواد العضوية في المياه تعني أنَّ الأكسجين يُستخدم بمُعدَّل قليل نسبيًّا. بشكل مُشابه، تميل البُحيرات والبرك قليلة التغذية إلى أن تحتوي كمية عالية من الأكسجين المُذاب عند مُختلف الأعماق كلّ السَّنة؛ لأنَّها تمتلك مُعدَّل استهلاك أكسجين قليل. ولأنَّ الماء نقي وصافٍ نسبيًّا، فإنّ الضّوء يستطيع النَّفاذ من الماء بسهولة، ما يسمح للتَّمثيل الضوئي بالحدوث عبر أغلب العمود المائي، من الأعلى إلى الأسفل (الشكل 58-13).

المياه حقيقية التغذية تكون عالية المحتوى الغذائي والعوالق النَّباتية، ولكنَّها قليلة الأكسجين

أجسام المياه **حقيقية التغذية Eutrophic** غنية بغذاء الطّحالب، وتسكنها غالبًا أعداد كبيرة من هذه الطّحالب. وغالبًا ما تكون قليلة الأكسجين المُذاب، خاصةً في الصَّيف. في جسم المياه حقيقية التغذية، تُحدث الميكروبات المُحلِّلة طلبًا عاليًا على الأكسجين المتوافر، إذ عندما تموت جماعات كثيفة من الطّحالب، تتوافر كميات كبيرة من المادة العضوية للتَّحلُّل. فضلًا على ذلك، لا ينفذ الضّوء خلال هذه المياه بشكل جيد بسبب المواد العضوية الموجودة في الماء جميعها؛ لذلك تُحدَّد إضافة أكسجين التَّمثيل الضوئي بطبقة رقيقة نسبيًّا فقط من الماء عند السَّطح.

حوَّلت أنشطة الإنسان بشكل كبير البُحيرات قليلة التغذية إلى بُحيرات حقيقية التغذية. مثلًا، عندما يقوم الناس بزيادة تسميد أراضيهم، فإنّ النترات والفوسفات الموجودة في الأسمدة تنجرف إلى أنظمة المياه القريبة. تُصبح البُحيرات التي تستقبل هذه المواد الغذائية حقيقية التغذية بشكل أكثر. ولهذا يُمكن أن تُصبح

بحيرة قليلة التغذية

أ.

بحيرة حقيقية التغذية

ب.

الشكل 58-13

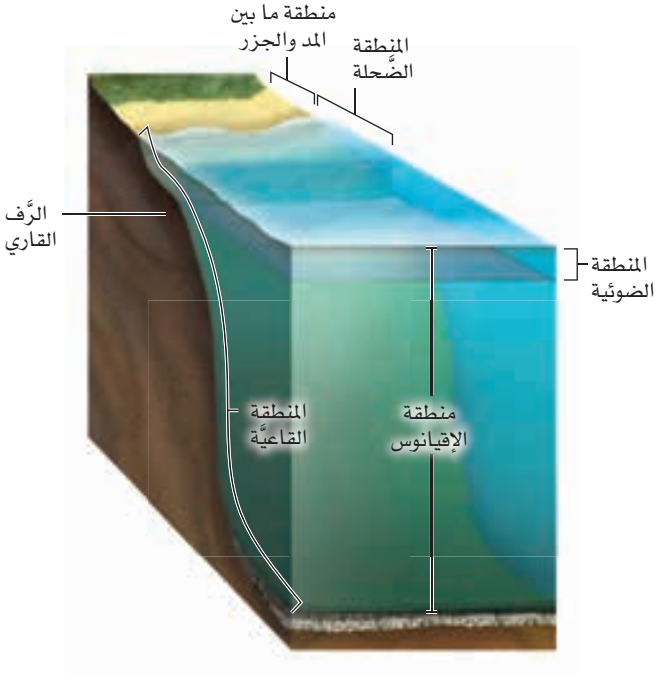
بحيرات: قليلة التغذية وحقيقية التغذية. أ. تكون البحيرات قليلة التغذية قليلة المواد الغذائية الطُّحلبية، وذات كمية عالية من الأكسجين المُذاب، وتكون صافية. ب. تكون البحيرات حقيقية التغذية كثيرة المواد الغذائية الخاصة بالطحالب وقليلة مُستويات الأكسجين المُذاب. لا يخترق الضّوء عميقًا في مثل هذه البحيرات.

مياه القاع خالية من الأكسجين في الصَّيف. إن أنواعا عدَّة من الأسماك التي تتميَّز بها البُحيرات ضحلة الغذاء، مثل سمك السلمون، حساسة جدًا لنقص الأكسجين. فعندما تُصبح البُحيرات حقيقية التغذية، تختفي هذه الأنواع من الأسماك ليحلّ محلّها أنواع مثل سمك الشَّبوط الذي يستطيع تحمُّل تراكيز الأكسجين القليلة بشكل أفضل. يُمكن للبُحيرات أن تعود نحو حالة قليلة التغذية مع مرور الوقت إذا اتخذ البشر خطوات نحو التَّخلُّص من الإضافة الزَّائدة للنترات، والفوسفات، والمواد العضوية الغريبة مثل مياه المجاري.

المواد الغذائية للعوالق النَّباتية والأكسجين المذاب لمختلفة التَّغذية مُحدِّدات رئيسة لطبيعة الأنظمة البيئية للمياه العذبة. التَّقسيم الطبقي الْحراريّ مُحدّد رئيس لمُستويات الأكسجين. تصبح مُستويات المواد الغذائية، مثل الفوسفات، محدّدة إذا كان النَّهر أو البُحيرة ضحلًا أو حقيقي التغذية. مُستويات الأكسجين المُذاب تعتمد جُزئيًا على طبيعة الجسم المائي من حيث؛ هل هو قليل التغذية، أم حقيقي التغذية؛ لأنَّه كلما كانت هناك مادة عضوية أكثر، فإنّ الميل يزداد لاستخدم الأكسجين المُتوافر بشكل أسرع.

4-58 البيئات البحرية

نحو 71% من سطح الأرض تُغطِّيه المُحيطات. فقريبًا من خطوط السَّاحل للقارات تُوجد **الأرفف القارية Continental shelves**، حيث تكون المياه بشكل خاص غير عميقة (الشكل 58-14)؛ تُمثِّل الأرفف، في الأصل، حواف القارات التي تُغطّيها مياه المُحيطات. وعلى مُستوى العالم كلّه، يصل مُعدَّل عرض الأرفف تقريبًا 80 كم، وعُمق المياه فوقها يتزايد من 1م إلى 130م تقريبًا عندما ينتقل الشَّخص من السَّاحل نحو المُحيط المفتوح.



الشكل 58-14

مفاهيم أساسية وأسماء تُستعمل في وصف النِّظام البيئي البحري. الرَّف القاري هو الجُزء المغمور بالماء من القارة. المياه التي فوق هذه المنطقة تُدعى المياه الضَّحلة، وفي المعدل العام عالميًّا لا تتجاوز 130م بالعمق في أعمق الأماكن. المنطقة حيث المد والجزر تُسمَّى منطقة ما بين المد والجزر. القعر يُسمَّى المنطقة القاعيَّة، في حين يُسمَّى عمود الماء في المُحيط المفتوح منطقةَ الإقيانوس. المنطقةُ الضوئيةُ جزءٌ من منطقة الإقيانوس، حيث تخترقها كمية ضوء كافية كي تملك العوالق النباتية إنتاجية أولية صافية إيجابية. المقياس العمودي على هذا الرَّسم مضغوط بشكل كبير؛ فبينما الحافة الخارجية للرَّف القاري 130م في العمق، يكون المُحيط المفتوح حقيقة في مُعدَّل 35 مرة أعمق (4000 – 5000 م عمقًا).

بعد الأرفف القارية، تبدأ فجأة زيادة العُمق بشكل كبير جدًا. فمُعدَّل عُمق المُحيط المفتوح 4000 – 5000 م، وهناك بعض الأجزاء – تُدعى الخنادق – أكثر عُمقًا، وقد يصل بعضها إلى 11000 م كما في خندق ماريانا في غرب المُحيط الهادي.

في مُعظم المُحيط، تتكوَّن المُنتجات الأولية أساسًا من العوالق النَّباتية التي تطفو في المياه السَّطحية المُضاءة جيدًا. هناك انقلاب يحدث حاليًّا في الفهم العلمي للمواد الغذائية المُحدِّدة للعوالق النَّباتية في المُحيط (انظر الفصل الـ 57). فالإنتاجية الأولية للعوالق النَّباتية مفهومة حاليًّا على أنَّها مُحدَّدة بالنيتروجين في ثلثي مُحيطات العالم، ولكنَّها مُحدَّدة بالحديد في الثُلث الباقي. أهم المناطق المُحدَّدة بالحديد هي المُحيط الجنوبي الضَّخم المُحيط بالقارة القُطبية، وأجزاء من المُحيط الهادي الاستوائي، وأجزاء المُحيط الهادي الشَّمالي الشَّرقي، شبه القطبي. حيث يكون الماء ضحلًا عند خطوط السَّاحل، لا تكون الإنتاجية الأولية بسبب العوالق النَّباتية فقط، وإنَّما بسبب النَّباتات ذات الجذور مثل حشائش البحر، والطّحالب ساكنة القاع، وتشمل أعشاب البحر.

إن مُحيطات العالم واسعة لدرجة أنَّها تتَّسع لأنواع كثيرة من الأنظمة البيئية. بعضها، مثل الحيد المُرجاني والمصابّ، عالية في إنتاجيتها الأولية الصَّافية لكلّ وحدة مساحة (انظر الشكل 57-11)، لكن بعضها الآخر قليل الإنتاجية لكلّ وحدة مساحة. تتمثل طريقة مُفيدة في تصنيف الأنظمة البيئية للمُحيطات في تمييز أربعة أنواع رئيسة، هي: المُحيطات المفتوحة، والأنظمة البيئية للأرفف القارية، ومناطق النَّبع، والبحر العميق.

للمُحيطات المفتوحة إنتاجية أولية مُنخفضة

عندما نتحدث عن **المُحيطات المفتوحة Open oceans**، فإنَّنا نقصد المياه البعيدة عن اليابسة (بَعد الأرفف القارية) التي تكون قريبة بشكل كافٍ من مياه السَّطح لكي تستقبل ضوء الشَّمس، أو تتفاعل بشكل يومي أو أسبوعي مع هذه المياه. وسوف نُناقش مياه البحر العميقة بشكل مُنفصل لاحقًا.

تنخفض كثافة الضّوء الشَّمسيّ في المُحيطات المفتوحة من كونها عاليةً على السَّطح إلى أن تكون قريبة من صفر على عمق 200 م؛ التَّمثيل الضوئي محدد عند هذا المُستوى من المُحيط. مع ذلك، تميل المواد الغذائية للعوالق النَّباتية، مثل النترات، إلى الوجود بكميات قليلة في المنطقة المُضيئة؛ لأنَّ العمليات الحيوية التي تمَّت في الماضي السَّحيق، صدّرت النترات والمواد الغذائية الأخرى من المنطقة العلوية إلى المنطقة السُّفلية العميقة، ولا تُوجد قوى عنيفة في المُحيط المفتوح لتُعيد المواد الغذائية إلى المياه المُعرَّضة لضوء الشَّمس.

وبسبب التَّركيز القليل للمواد الغذائية في المنطقة الضوئية، تكون أجزاء كبيرة من المُحيطات المفتوحة قليلة الإنتاجية لكلّ وحدة مساحة (انظر الشكل 57-11) وسميت بشكل مُناسب "الصحراء الحيوية". هذه الأجزاء – التي تقابل دوامات

وسط المُحيط العظيمة (انظر الشكل 58-4) – تُسمَّى معًا **المُحيط قليل التغذية Oligotrophic ocean** (الشكل 58-15) إشارةً إلى المُستويات الغذائية المُنخفضة والإنتاجية المُنخفضة له.

يقوم النَّاس باصطياد أسماك التونا وبعض أنواع الحبّار اليوم من المُحيطات المفتوحة، وفي الماضي اصطادوا الحيتان. ينحصر الصَّيد في المُحيطات المفتوحة في أنواع قليلة من الحيوانات لسببين: أولهما، إن الإنتاجية الأولية مُنخفضة لكلّ وحدة مساحة، فتكون الحيوانات قليلة التَّوزيع في المُحيطات المفتوحة؛ فالحيوانات الوحيدة المُربحة اقتصاديًّا للاصطياد هي تلك الكبيرة أو التي تتجمَّع معًا على شكل مجموعات. ثانيهما، إن تكلفة الوقود والحاجات الأخرى اللازمة للسَّفر بعيدًا عن اليابسة باهظة. ويتَّفق المسؤولون جميعهم على أنَّه عند توجه النَّاس إلى البحر للمُساعدة على تغذية جماعات البشر المُتنامية بسرعة، فإننا لا نتوقع أنَّ تزوِّدنا مناطق المُحيط المفتوح بكميات كبيرة من الطَّعام.

تُوفِّر الأنظمة البيئية للرَّف القاري مصادر غزيرة

الكثير من الأنظمة البيئية الموجودة على الرُّفوف القاريّة عالية الإنتاجية نسبيًّا لكلّ وحدة مساحة. السبب المُهم لهذا هو أنَّ المياه فوق الرُّفوف – تُسمَّى **مياه الجرف القاريّ Neritic water** (انظر الشكل 58-14) – تميل لأن تمتلك تراكيز عالية نسبيًّا من النترات والمواد الغذائية الأخرى، مُقسَّمةً على طول السَّنة.

وحيث إنَّ المياه التي فوق هذه الرُّفوف ضحلة، فإنَّها لم تتعرَّض، فترة زمنية طويلة، لفقدان المواد الغذائية إلى داخل البحر العميق، كما حصل في المُحيطات المفتوحة. المواد الغنية بالغذاء، في المياه فوق الرُّفوف تغطس لتصطدم بالقاع الضَّحل، والمواد الغذائية التي تحتويها تُختلط مرة أخرى داخل عمود الماء بفعل الطَّقس العاصف. إضافة إلى ذلك، يتمُّ توفير المواد الغذائية بشكل مُستمر عن طريق نقلها من اليابسة القريبة.

يأتي نحو 99% من الطَّعام الذي يجمعه النَّاس من المُحيط من الأنظمة البيئية للرَّف القاري أو من مناطق النَّبع القريبة. الأنظمة البيئية للرَّف القاري مهمة أيضًا بشكل خاص للبشر بطرق أخرى. تأتي المصادر المعدنية التي تُؤخذ من المُحيط، مثل البترول، بشكل حصري من هذه الرُّفوف. إضافة إلى ذلك، فإنّ هدفَ استخدامات المُحيط جميعها هو الاستجمامُ، والإبحار، والغوص على الرُّفوف. تبرز الرُّفوف بشكل واضح في هذه الاستخدامات؛ لأنَّها قريبة لخطوط السَّاحل وضحلة نسبيًّا.

المصابّ

المصابّ Estuaries أحدُ أنواع الأنظمة البيئية للرَّف. مصبُّ النَّهر مكانٌ يوجد على خط السَّاحل، مثل الخليج، الذي يكون مُحاطًا باليابسة جزئيًّا، وتختلط فيه مياه المُحيط مع مياه عذبة من الجداول والأنهار، مُكوِّنًا مُلوحة مُعتدلة (قليلة الملح).

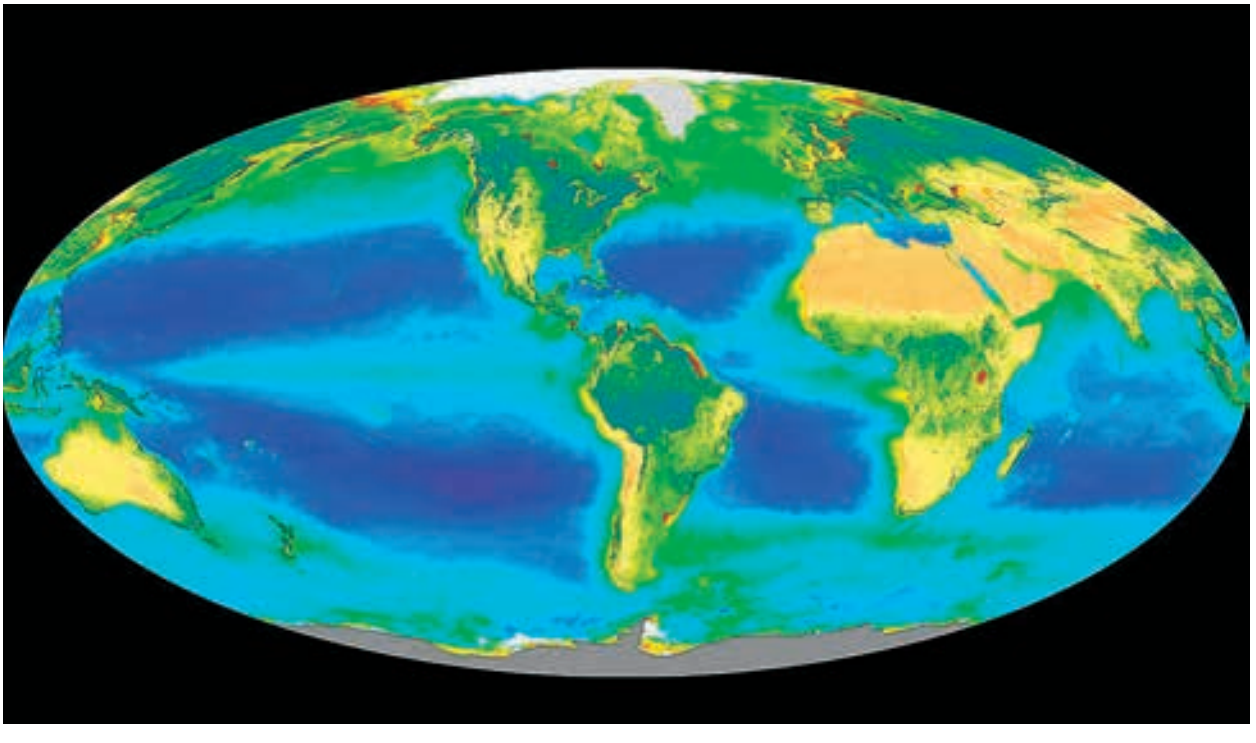
وإضافة إلى أنَّ المصابَّ أجسامٌ مائيةٌ، فإنَّها تشمل السَّبخات بين المد والجزر، أو المُستنقعات. بيئة ما بين **المد والجزر Intertidal** هي المنطقة التي تتعرَّض للهواء عند المد المُنخفض، في حين يُغطِّيها الماء عند المد المُرتفع. وتُسمَّى السبخات بين المد والجزر **السَّبخات المالحة Salt marshes**. توجد مُستنقعات بين المد والجزر، وتُسمَّى **مُستنقعات المانجروف Mangrove swamps** (تسودها الأشجار والشُّجيرات) في المناطق الاستوائيّة وشبه الاستوائيّة للعالم.

تُعدّ المصابّ نظامًا بيئيًّا حيويًّا عالي الإنتاجية؛ تُوفِّر مأوى وغذاء لكثير من الحيوانات المائية، خصوصًا اليرقات والصِّغار، التي يجمعها النَّاس للغذاء. وإنها مهمة لعدد كبير من الحيوانات الأخرى، مثل الطُّيور المُهاجرة.

المُنحدرات والحيود المُرجانية

تشمل أنواع أخرى من الأنظمة البيئية للرَّف القاري المُنحدرات والحيود المُرجانية. **المُنحدراتُ Banks** مساحاتٌ محليةٌ ضحلةٌ موجودة على الرُّفوف القارية، وتُستعمل بشكل مهم بوصفها أراضي للصَّيد غالبًا؛ أحد أشهر هذه المُنحدرات وأكثرها إنتاجية هو مُنحدر جورجيس الذي يبعد 100 كم عن شاطئ ماساشوستس؛ الذي تمَّ إغلاق مُعظمه أمام الصَّيد، بسبب الاستغلال الزَّائد له، منذ مُنتصف تسعينيّات القرن الماضي.

الأنظمة البيئية للحيد المُرجاني Coral reef تقع في خطوط العرض شبه الاستوائيّة والاستوائيّة. وصفاتها المُميَّزة تتمثل في مرجان حجري – مرجان يُفرز



الشكل 58-15

المناطق الرئيسة الوظيفية في المُحيط. المناطق المُصنَّفة بأنَّها قليلة التغذية (مُلونة بلون أزرق داكن) هي "صحارى بيولوجية" بإنتاجية قليلة لكلّ وحدة مساحة. الأنظمة البيئية للرَّف القاري (أخضر عند حواف القارات) هي مناطق مُتوسطة إلى عالية الإنتاجية بشكل نموذجي. مناطق النَّبع (صفراء على حواف القارات) هي المناطق الأعلى في الإنتاجية لكلّ وحدة مساحة، وتُصنَّف بأنَّها الأعلى إنتاجية من كلّ الأنظمة البيئة على الأرض.

الشكل 58-16

النِّظام البيئي للحيد المُرجاني. المرجان الباني للحيد، الذي يتكون من علاقة تعايشية بين اللاسعات والطّحالب، يبني التَّركيب ثلاثي الأبعاد للحيد، ويقوم بإنتاجية أولية مُعتدلة. تجد الأسماك والكثير من الحيوانات الأخرى فيه الغذاء والمأوى، جاعلًا هذه الأنظمة البيئية من أكثر الأنظمة تنوعًا. يوجد نحو 20% من أنواع الأسماك بشكل خاص في الأنظمة البيئية للحيود المُرجانية.

هيكلًا صلبًا، وكلسيًّا – يبني هيكلًا ثلاثي الأبعاد، ويُكوِّن بيئة فريدة تعيش فيها مخلوقات مُميَّزة أخرى، تشمل سمك الحيد والمرجان النَّاعم (الشكل 58-16).

كلّ السبع مئة نوع تقريبًا من المرجان صانع الحيد حيواناتٌ وطحالب تكافلت معًا؛ الحيوانات لاسعات، والطّحالب سوطية مُتعايشة داخل طبقة الخلايا الدَّاخلية (أدمة المعدة). يعتمد هذا المرجان على التَّمثيل الضوئي من الطّحالب المُتعايشة؛ لذا فإنه يحتاج إلى مياه صافية يُمكن لضوء الشَّمس النَّفاذ من خلالها بسهولة. هذا المرجان المُكوِّن للحيد مُهدَّد على مُستوى العالم، كما سنُوضِّح لاحقًا في هذا الفصل.

تُعاني مناطق النَّبع خلط المواد الغذائية والأكسجين

مناطق النَّبع Upwelling regions للمُحيط هي مناطق مُحدَّدة تُجلب فيها المياه بشكل مُستمر نحو السطح بسبب فعل قوى محلية، مثل الرِّياح المحلية. غالبًا، تكون المياه العميقة غنية بالنترات والمواد الغذائية الأخرى. إذن، النَّبع يرفع المواد الغذائية إلى الطَّبقات السَّطحية المُضاءة بشكل جيد. تستجيب العوالق النَّباتية لتوفُّر الغذاء والضّوء بالنمو الكثيف والتَّكاثر. تملك مناطق النَّبع أعلى إنتاجية أولية لكلّ وحدة مساحة في عالم المُحيطات.

أشهر منطقة نبع (انظر الشكل 58-15) تقع على ساحل البيرو والإكوادور، حيث يوجد النَّبع على مدار العام. منطقة نبع أخرى مهمة هي خط الساحل لكاليفورنيا، الذي يحدث النَّبع على طوله خلال نصف العام تقريبًا في الصَّيف، وهذا يُفسِّر سبب إيجاد السباحين ماءً باردًا عند الشَّواطئ حتى في يوليو وأغسطس.

تدعم مناطق النَّبع الصَّيد الغزير ولكنها خطرة. لقد انهار صيد السَّردين في منطقة نبع كاليفورنيا قبل عقود عدَّة مضّت، ولكن قبل هذا كان مهمًّا بشكل كبير للمنطقة، و أرَّخ الكاتب جون ستينبك الفائز بجائزة نوبل في عدد من كتبه من أشهرها، *Cannery Row*.

تذبذُب ظاهرة إلنينو *El Nino* الجنوبي (*ENSO*)

جذبت ظاهرة إلنينو انتباه العلماء أول مرة في دراسات منطقة النَّبع بين البيرو – الإكوادور. تُصبح المياه على طول الخط السَّاحلي وبشكل غير مسبوق دافئة في تلك المنطقة، كلّ 2 – 7 سنوات وعلى أساس غير مُنتظم ونسبيًّا غير مُتوقع، وفي الوقت نفسه تُصبح قليلة الإنتاجية الأولية على غير العادة.

وبسبب تدنّي هذه الإنتاجية الأولية، تضعف جماعات السَّمك التي كانت تنمو بشكل اعتيادي، فتتعرَّض جماعات طيور البحر وثدييات البحر التي تعتمد على السَّمك للضَّغط أو الانخفاض. وقد سمَّى السُّكان المحليون هذا الدِّفء السَّنوي الطَّفيف، الذي يحدث قريبًا من عيد الميلاد في كلّ عام، "EL Nino" (التي تعني حرفيًّا، "الطفل"، على اسم الطِّفل المسيح). تبنَّى العلماء مُصطلح تذبذب ظاهرة إلنينو الجنوبي ليُشير إلى أحداث الدِّفء الكبيرة التي تحدث بشكل غير مُنتظم كلّ 2 – 7 سنوات.

استُغرق الأمر عقودًا عدَّة لمعرفة السَّبب المُباشر لهذه الظَّاهرة، ولكن البحث في النِّهاية أظهر أنَّ السَّبب هو ضعف الرِّياح التِّجارية القادمة من الشَّرق إلى الغرب في المنطقة. تُسخِّن الرِّياح التِّجارية عادة مياه السَّطح الدَّافئة، وتدفعها إلى الغرب، بعيدًا عن ساحل بيرو – إكوادور. يُضعف هذا الطَّبقة السَّطحية للمياه الساخنة على طول السَّاحل، لدرجة أنَّ المياه العميقة – باردة، ولكنها غنية بالمواد الغذائية – تنجرف نحو السَّطح، مُسبِّبة إنتاجًا أوليًّا عاليًا.

يسمح ضعف الرِّياح التجارية للطَّبقة السَّطحية الدَّافئة لتُصبح أسمك. يستمر النَّبع، ولكن في مثل هذه الظُّروف من النادر ما يُعيد تدوير الطَّبقة السَّطحية الدَّافئة السَّميكة، التي تكون منزوعة المواد الغذائية.

بعد اكتشاف هذه الأساسيات، أدرك الباحثون في الثّمانينيّات أنَّ إضعاف الرِّياح التِّجارية هو حقيقة جُزء من تغيُّر في أنماط دوران الرِّياح، الذي يتكرر بشكل غير مُنتظم كلّ 2 – 7 سنوات. أحد الأسباب لهبوب الرِّياح التِّجارية من الشرق إلى الغرب في الأوقات العادية هو أنَّ الرِّياح السَّطحية في المُحيط الهادي الاستوائي الغربي أدفأ من تلك التي في المُحيط الهادي الاستوائي الشَّرقي؛ يرتفع الهواء من المناطق القريبة الدَّافئة، مُحدثًا ضغطًا مُنخفضًا عند ذلك السَّطح هناك، ويهبّ الهواء من الشَّرق داخل منطقة الضَّغط المُنخفض. خلال ظاهرة إلنينو، كلما ازداد دفء المُحيط الشَّرقي، يصبح مُشابهًا أكثر للمُحيط الغربي، مُقللًا الاختلاف في الضَّغط عبر المُحيط. لذلك، حالما تضعف الرِّياح التِّجارية قليلًا، فإنّ اختلاف الضَّغط الذي يجعلها تهبّ يقلّ، مما يُضعف الرِّياح التِّجارية أكثر. تنتقل المياه الدَّافئة، التي عادةً ما تبقى في الغرب عن طريق الرِّياح التِّجارية، بشكل تدريجي في اتجاه الشَّرق عند خطوط العرض الاستوائيّة بسبب أحداث التَّعزيز الذَّاتي المُتتابعة. في النِّهاية، تقع آثار إلنينو عبر أجزاء كبيرة من أنظمة الطَّقس في العالم، مُؤثِّرة في درجة حرارة البحر في كاليفورنيا، وسقوط الأمطار في جنوب غرب الولايات المُتحدة، وحتى الأنظمة البعيدة كبعد إفريقيا.

إحدى النتائج المحددة هي إزاحة أنظمة الجو للمُحيط الهادئ الغربي 6,000 كم في اتجاه الشَّرق، فتحدث العواصف المطرية الاستوائيّة التي تضرب عادةً إندونيسيا والفلبين عندما تُسبِّب مياه البحر الدَّافئة المُتاخمة لهذه الجُزر برفع الهواء فوقها، ليبرد، وتتكاثف رطوبته على شكل غيوم. عندما يتحرَّك الماء الدَّافئ شرقًا، تتحرك الغيوم كذلك، تاركةً المناطق الماطرة السَّابقة بحالة جفاف. وعلى العكس، الأطراف الغربية من بيرو والإكوادور، التي عادةً يصلها هطل قليل، تنتفع بالمطر.

يُمكن أن تسبِّب إلنينو دمارًا هائلًا في الأنظمة البيئية. فخلال وقوع إلنينو، يُمكن للعوالق أن تنخفض إلى $\frac{1}{20}$ من وفرتها الطَّبيعية في مياه البيرو، والإكوادور، وبسبب هذا الانخفاض في إنتاجية العوالق، تختفي أفواج الأسماك التِّجارية (الشكل 58-17). في جُزر جالاباغوس، مثلًا، تنهار جماعات طيور البحر وأسد البحر حالما تجوع بسبب نقص الأسماك. في المقابل، وعلى اليابسة، تُنتج الأمطار الغزيرة محاصيل بذور وافرة، وتزدهر طيور اليابسة. في تشيلي، تغني تأثيرات مُشابهة على وجود البذور السِّلسلة الغذائية، ما يُؤدي أولًا إلى زيادة أعداد جماعات القوارض، وبعدها تزداد جماعات المُفترسات، وهذا مثال جيد للشَّلال الغذائي الأسفل – الأعلى، كما وضَّحنا في (الفصل الـ 57).

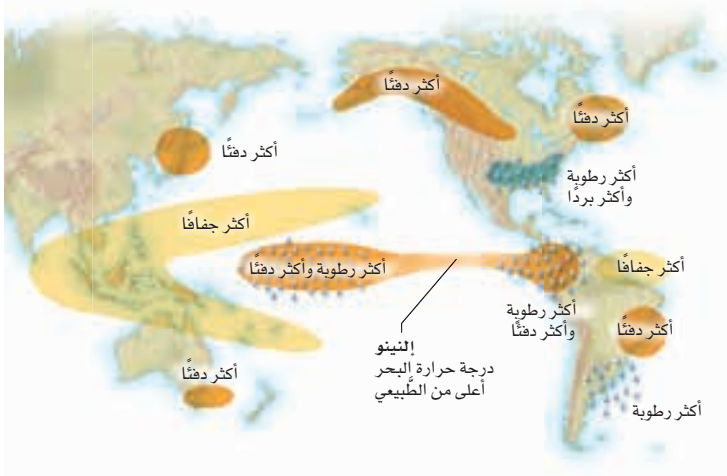
البحر العميق بارد ومعتم، وفيه بعض المُجتمعات المثيرة للاهتمام

البحر العميق Deep sea على المدى البعيد هو البيئة الوحيدة الأضخم على الأرض، على اعتبار أنَّها منطقة ضخمة تتميَّز بظروف مُوحَّدة نسبيًّا حول الكرة الأرضية. البحر العميق لا فصول فيه، بارد (2° - 5° س)، مُعتم كليًّا، وتحت ضغط عالٍ (400 – 500 ضغط جوي عند عُمق 4000 – 5000 م).

في مُعظم مناطق البحر العميق، ينشأ الغذاء من التَّمثيل الضوئي في المياه المُشمسة بعيدًا في الأعلى. يأخذ مثل هذا الغذاء نحو شهر ليهبط إلى الأسفل من السَّطح إلى القاع، وعلى طول الطَّريق نحو 99% من هذا الغذاء يُؤكل عن طريق الحيوانات التي تعيش في عمود المياه. لذلك، فإنّ مُجتمعات القاع تستقبل فقط 1% تقريبًا من الإنتاج الأولي، وبهذا فهي فقيرة في الغذاء. مع ذلك، فمن المعروف أنَّ أنواعًا كثيرة وضخمة من الحيوانات – مُعظمها ذات أجسام صغيرة وقليلة التَّوزيع – تعيش في قاع البحر. بعض هذه الحيوانات مُضيئة حيويًّا (الشكل 58-18 أ) وبهذا، فهي قادرة على الاتصال، أو جذب الفريسة باستعمال الضّوء.

مُجتمعات شقوق الماء السَّاخن (الثغرات المائية الحرارية)

من أكثر المُجتمعات إثارة في قاع البحر **مُجتمعات شقوق الماء السَّاخن Hydrothermal vent communities**. على عكس باقي أجزاء البحر العميق، هذه المُجتمعات غنية بالمخلوقات الحية (الشكل 58-18 ب)، التي تشمل حيوانات كبيرة الجسم مثل الدِّيدان بحجم صولجان كرة القاعدة. سبب



الشكل 58-17

ظاهرة إلنينو في الشِّتاء. يُظهر هذا الشَّكل فقط بعض التَّغيُّرات العالمية في الطَّقس التي غالبًا ما ترتبط بظاهرة إلنينو.

أ.

ب.

الشكل 58-18

الحياة في البحر العميق. أ. نتجت البقعة المُضيئة تحت عين هذه السَّمكة التي تعيش في أعماق البحار عن مُستعمرة تعايشية من البكتيريا المُضيئة حيويًّا. الإضاءة الحيوية شائعة في الحيوانات المُتحركة في قيعان المُحيطات المُظلمة. وهذا شائع في الأنواع التي تعيش في الطَّريق نحو العمق أكثر مما هو شائع في الأنواع التي تعيش في العُمق. ب. تعيش هذه الدِّيدان الكبيرة في الثغرات الحرارية المُحتوية على كبريتيد الهيدروجين الذي يرتفع خلال التَّشققات في قشرة أرض المُحيط. تحتل مُستعمرات بكتيرية تعايشية مُؤكسدة للكبريت مُعظم جسم الدُّودة. تنقل الدِّيدان الكبريت والأكسجين للبكتيريا، التي تُؤكسد الكبريت، وتستعمل الطَّاقة المتحصل عليها من أجل الإنتاج الأولي لمُركبات عضوية جديدة، التي تتشارك بها مع مُضيفاتها الدِّيدان.

مثل هذا الازدهار في الحياة أنَّ هذه المُجتمعات تعيش على إنتاجية أولية محلية شديدة، وليس على المنطقة الضوئية بعيدًا في الأعلى.

تقع مُجتمعات الثغرات المائية الحرارية في الأماكن، حيث تتحرك الصفائح التَّكتونية بعيدًا عن بعضها، حيث تتمكَّن مياه البحر – التي تجري خلال الصخور النَّفاذة – من مُلامسة الصخور السَّاخنة جدًا تحت أرض البحر. تسخن هذه المياه إلى درجة حرارة أكثر من 350° س، وفي هذه العملية، تُصبح غنية بكبريتيد الهيدروجين.

عندما ترتفع المياه إلى الأعلى من الصُّخور النَّفاذة، فإنّ البكتيريا الحرة والتَّعايشية تُؤكسد الكبريت، فتحصل من هذا التَّفاعل على الطَّاقة، وهذا بشكل ما، مُشابه للبناء الضوئي، حيث تستعمل الطَّاقة لبناء مُركباتها الخلوية، وللنُّمو والتَّكاثر. إن هذه **البكتيريا المُؤكسدة للكبريت Sulfer oxidizing bacteria** هي ذاتية التَّغذية الكيميائية (انظر الفصل الـ 57). إن الحيوانات في هذه المُجتمعات تعيش على البكتيريا، أو تأكل حيوانات أخرى تأكل البكتيريا. تُعدّ مُجتمعات الثغرات المائية الحرارية من المُجتمعات القليلة على الأرض التي لا تعتمد على الطَّاقة الشَّمسية للإنتاج الأولي.

تُكوِّن مراكز أحواض المُحيطات العظمى معًا واحدة من المناطق على الأرض، حيث الإنتاجية الأولية لكلّ وحدة مساحة تكون مُنخفضة: المُحيط ضحل الغذاء، الذي يشمل المُحيط المفتوح والبحر العميق. تميل الأنظمة البيئية للرَّف القاري إلى أن تكون مُتوسطة إلى عالية الإنتاجية؛ وتشمل المصابَّ، والسَّبخات المالحة، ومُنحدرات الصَّيد، والحيود المرجانية. تُوجد أعلى مُستويات الإنتاجية الأولية في المُحيطات في مناطق الينابيع، مثل تلك الموجودة على طول السَّواحل الغربية لأمريكا الشَّمالية والجنوبية، حيث صيد السَّمك مُثمر، ولكنه خطر.

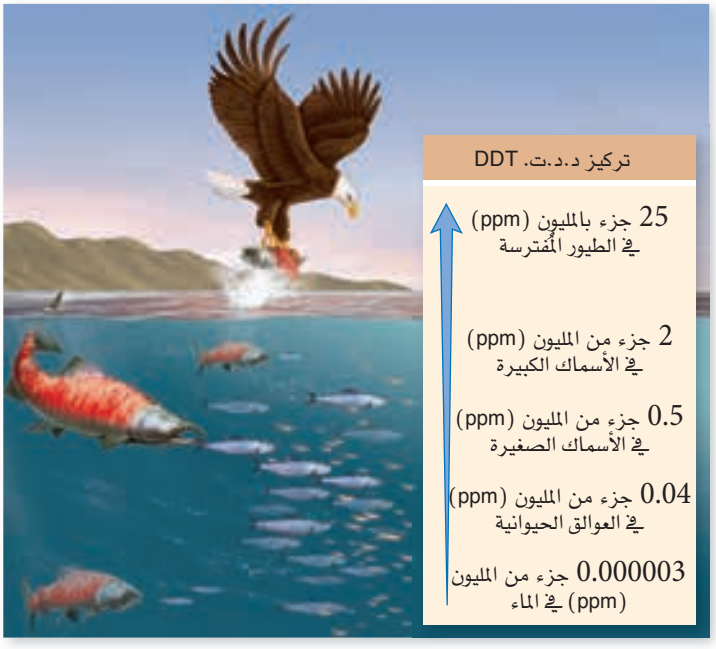
5-58 تأثيرات الإنسان في الغلاف الحيوي: التَّلوث واستنزاف الموارد

نعلم جميعًا أنَّ الأنشطة البشرية يُمكن أن تُسبِّب تغيُّرات شديدة في الأنظمة البيئية. عند مُناقشة هذه الأمور، من المُهم إدراك أنَّ النَّاس المبدعين يتوصلون غالبًا لحلول معقولة لمثل هذه المشكلات.

يُبيِّن مثال مُتميِّز تاريخ مادة د.د.ت. DDT في الولايات المُتحدة. هذه المادة مُبيدٌ حشري عالي الفعالية، كان يُرشّ بشكل كبير في العقود التي أعقبت الحرب العالمية الثانية، غالبًا على الأراضي الرَّطبة لمُكافحة البعوض. خلال سنوات استخدام مادة د.د.ت. المُكثَّف، انخفضت جماعات العُقاب، والنّسر الأصلع، والبجع البُني – أي كلّ الطُّيور التي تصطاد الأسماك الكبيرة –. في النِّهاية، تمَّ ربط استخدام مادة د.د.ت. بزوال هذه الطُّيور.

توصَّل العلماء إلى أنَّ هذه المادة ومنتجاتها الأيضية تُصبح أكثر وأكثر تركيزًا في أنسجة الحيوانات عند انتقال المُركبات على طول السَّلاسل الغذائية (الشكل 58-19). راكمت الحيوانات عند قاع السَّلاسل الغذائية تراكيز قليلة نسبيًّا في أنسجتها الدُّهنية من مادة د.د.ت.. ولكن آكلات اللحوم الأولية التي تفترسها راكمت تراكيز أعلى بسبب أكلها كميات كبيرة، وآكلات اللحوم الثانية راكمت تراكيز أعلى من ذلك. و آكلات اللُّحوم في قمة السَّلاسل الغذائية، مثل الطُّيور آكلة الأسماك الكبيرة، تأثَّرت بشكل مُفاجئ بمادة د.د.ت. لقد وجد العلماء أنَّ نواتج أيض هذه المادة في هذه الطُّيور، عطَّلت تكوين قُشور البيض. فوضعت الطُّيور بيوضًا لها قشور رقيقة، حيث تشقَّقت البيوض قبل موعد فقسها.

استنتج الباحثون أنَّ اختفاء الطُّيور آكلة السمك يُمكن عكسه بخطة معقولة بتنظيف الأنظمة البيئية من مادة د.د.ت.، وبقوانين وضعت لتحريم استخدامها الآن، وبعد 3 عقود، عادت جماعات العُقاب، والنّسور، والبجع بشكل مُفاجئ. إن السبب الرئيس لدراسة بعض النَّاس للعلوم، هو ليكونوا جزءًا من قصص نجاح من هذا النَّوع.



الشكل 58-19

التَّضخيم البيولوجي لتركيز د.د.ت.DDT. لأنَّ كلّ الـ د.د.ت. الذي يتناوله الحيوان في غذائه يتراكم في أنسجته الدُّهنية، فإنه يُصبح أكثر تركيزًا في حيوانات المُستويات العُليا من السِّلسلة الغذائية. التَّراكيز التي على اليمين مقيسة بوحدة الجزء من مليون جزء (ppm). قبل حظر هذه المادة في الولايات المُتحدة، تناقصت أنواع الطُّيور التي تأكل الأسماك الكبيرة بشكل مُخيف؛ لأنَّ المُنتجات الأيضية لها جعلت قشور بيوضها رقيقة، بحيث تتكسَّر في أثناء الحضانة.

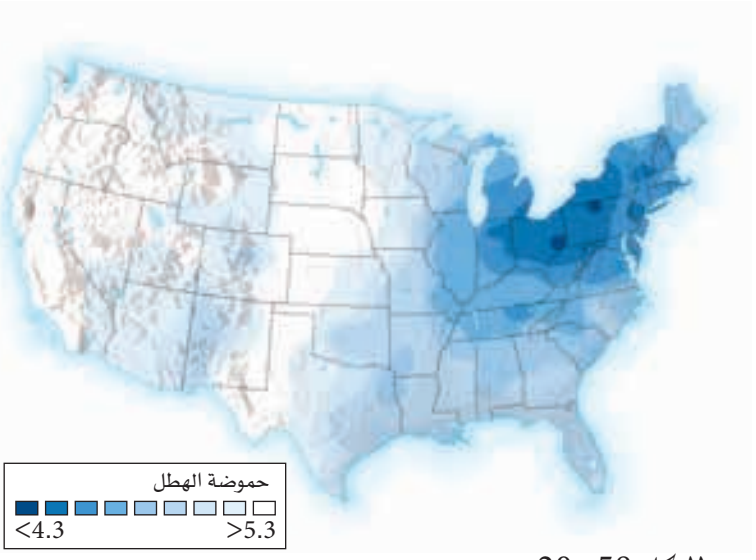
بيئات المياه العذبة مُهدَّدة بالتَّلوث واستهلاك المصادر

المياه العذبة ليست فقط أصغر البيئات الأساسية، ولكنها أيضًا أكثرها عرضة للتَّهديد. أحد أبسط التَّهديدات، ولكن أكثرها شؤمًا للمياه العذبة هو ازدياد أعداد الجماعات البشرية بشكل سريع يُؤدي غالبًا إلى استخدام كميات مُتزايدة من مياه الأنهار، أو البحيرات، أو الجداول. نهر كولورادو، مثلًا، هو أحد أضخم الأنهار في أمريكا الشَّمالية، وينشأ مع ذوبان الثلج في جبال روكي، ويتدفَّق خلال يوتا، وأريزونا، ونيفادا، وكاليفورنيا، وشمالي المكسيك قبل أن يصبّ في المُحيط. اليوم، تُضخ المياه من النَّهر على طول طريقه لسد حاجات المُدن من المياه (حتى البعيدة منها، مثل لوس أنجلوس) ولري المحاصيل. الآن، يفقد النَّهر مياهه بشكل مُستمر، ويجفّ داخل الصَّحراء، ولا يصل أبدًا إلى البحر. وتلوح في الأفق، على مُستوى العالم، أزمات كثيرة في توافر المياه العذبة.

التَّلوث: معروف المصدر مُقارنة مع التَّلوث المُشتت

تلوثُ المياه العذبة مُشكلةٌ عالميةٌ. يأتي **التَّلوث معروف المصدر – Point source pollution** من موقع معروف ، مثل المصانع المعروفة، أو مُنشآت أخرى تُضيف مُلوثات بشكل كبير في أماكن معروفة، مثل أنبوب نفايات على مصبّ نهر. تشمل الأمثلة مصانع مُعالجة المياه العادمة، التي تُلقي مُخلفات المُعالجة عند نقاط مُحدَّدة على الأنهار، ومصانع التَّصفيح (المصانع التي تُصفِّح قطع السيارات بالكروم)، التي تُلقي أحيانًا مياهًا مُلوثةً بالمعادن الثَّقيلة. يُمكن أن تُوضع قوانين وتقنيات تكنولوجية بسرعة للتَّخفيف من التَّلوث المُعتدل معروف المصدر؛ لأنَّ المواقع الدَّقيقة، وأنواع المُلوثات معروفةٌ جيدًا. وقد تمَّ الوصول إلى تقدُّم كبير في الحقيقة.

يُمكن إعطاء مثال على **التلوث المُشتت Diffuse pollution**، وهو الإثراء الغذائي الحقيقي النَّاتج عن التَّسرب المُتزايد للنترات والفوسفات من جراء تسميد المُروج. عندما تدخل النترات والفوسفات الزَّائدة الأنهار والبُحيرات، تتغيَّر خصائص أجسام المياه نحو الأسوأ؛ ويتناقص تركيز الأكسجين المُذاب، وتحلّ أنواع سمك مثل الشَّبوط محل أنواع مرغوبة أكثر. تنشأ النترات والفوسفات عن آلاف المُروج التي تنتشر عند مُجمَّعات مائية كاملة، التي تدخل غالبًا المياه العذبة بشكل افتراضي عند عدد لا حصر له من المواقع. يجعل انتشار مثل هذا النَّوع من التَّلوث أمرًا صعب التَّخفيف بالإصلاحات التَّقنية البسيطة. بدلًا من ذلك، تعتمد الحلول عادةً على التَّثقيف الجماهيري والعمل السِّياسي.



الشكل 58–20

قيم درجات الحموضة لمياه المطر في الولايات المُتحدة. تُمثِّل قيم درجات الحموضة أقل من 7 الظروف الحمضية؛ وكلما قلَّت القيم، ازدادت الحموضة. الهطل في مناطق من الولايات المُتحدة، خصوصًا في الشَّمال الشَّرقي، أكثر حموضةً من مياه المطر الطَّبيعية، التي لها درجة حموضة تُساوي 5.6 أو أكثر.

التلوث من حرق الفحم: الهطل الحمضي

أحد أنواع التَّلوث الذي له خصائص وسط بين النَّوع معروف المصدر، والنَّوع المُشتت، إنه التَّلوث الناتج عن حرق الفحم لإنتاج الطَّاقة. وعلى الرَّغم من أنَّ كلّ مدخنة هي تلوث مُعروف المصدر، فإن أكثر من مدخنة تشكل تلوثًا مشتتًا، حيث ينتشر الدُّخان والغازات من هذه المداخن عبر مساحات واسعة.

الهطلُ الحمضيُّ Acid precipitation أحدُ نواحي هذه المُشكلة. عند حرق الفحم، يتأكسد الكبريت داخل الفحم. إذا لم يتم التَّحكم في أكاسيد الكبريت، فإنَّها تنطلق مع دخان المداخن إلى الجو، وهناك ترتبط مع بُخار الماء لإنتاج حمض الكبريتيك. يلتقط المطر أو الثلج المُتساقط الحمض، ويصبح شديد الحموضة عند وصوله إلى سطح الأرض (الشكل 58–20).

الزِّئبقُ المُنطلقُ مع دخان المدخنة مُشكلةٌ ثانيةٌ مُحتملة. قد يكون احتراق الفحم أحد المصادر الرّئيسة للزِّئبق الموجود في البيئة، وهذا يُشكِّل خطرًا على الصِّحة العامة؛ لأنَّ كمية صغيرة فقط من الزِّئبق يُمكن أن تتدخل في تطور الدِّماغ في أجنة الإنسان والرُّضع.

يُؤثر الهطل الحمضي والتَّلوث بالزِّئبق في الأنظمة البيئة للمياه العذبة. عند مُستويات حموضة أقل من 5، يموت الكثير من أنواع الأسماك والحيوانات المائية الأخرى، ولا تتمكَّن من التَّكاثر. ولم تَعُدْ آلاف البُحيرات حول العالم تدعم الأسماك بسبب إزاحة درجة الحموضة التي سببها الهطل الحمضي. يتراكم الزِّئبق الذي يسقط من الانبعاثات الجوية داخل البرك والبُحيرات في أنسجة أسماك التَّغذية. وفي منطقة البُحيرات العُظمى في الولايات المُتحدة، يُنصح النَّاس – خصوصًا المرأة الحامل – بأكل القليل من السَّمك المُصطاد محليًّا بسبب الزِّئبق أو عدم أكله.

إن إدخال أنواع غير مُستوطنة من الحيوانات والنَّباتات تهديدٌ إضافيٌّ للمياه العذبة (سيُناقش في الفصل المقبل). إن الاستخدام المُتزايد لقوارب السُّرعة التَّرفيهية في المناطق الضَّحلة هو أيضًا مُشكلة، جزئيًّا بسبب حجب ضوء الشَّمس اللازم للتَّمثيل الضوئي عند تحريك ترسُّبات القعر إلى الأعلى.

تهدّد إزالة الغابات الأنظمة البيئية اليابسة

من المُحتمل أن تكون المُشكلةُ الكبيرة الوحيدة للبيئات اليابسة على مُستوى العالم هي إزالةَ الغابات عن طريق القطع أو الحرق. هناك أسباب عدة لإزالة الغابات. في الدُّول الفقيرة، تحدث إزالة الغابات غالبًا بشكل مشتت، ومن السُّكان عامة؛ يحرق النَّاس الخشب لأجل الطّبخ أو التَّدفئة، ويجمعونه من الغابات المحلية.

من ناحية أُخرى، ما زالت المُؤسسات تقطع أجزاء كبيرة من الغابات العذراء بأسلوب صناعي، وغالبًا ما يُشحن الخشب حول العالم للوصول إلى المُشترين. يتمُّ شحن الخشب الصّلب الاستوائي، مثل مهوجاني، من الغابات المطرية جنوب شرق آسيا ليستخدم في صناعة الأثاث، وتُشحن جذوع الخشب الطَّرية من ألاسكا إلى شرق آسيا؛ للعجائن وصناعة الورق. وتُحرق الغابات ببساطة من أجل تحويلها إلى أراضٍ مفتوحة للزِّراعة أو لرعي الماشية (الشكل 58–21 أ).

فقدان الموطن

قد يكون لفقدان موطن الغابات عواقب كارثية. تعتمد مجموعات مُختلفة من الأنواع بشكل مُحدَّد على الغابات المطرية الاستوائيّة بوصفها موطنًا لها، مثلًا. لهذا، فعند إزالة الغابات المطرية، يُمكن أن يكون فقدان التَّنوع الحيوي شديدًا. الكثير من مناطق الغابات الاستوائيّة تمَّ تدميرها بشدَّة، وتُشير إحصاءات حديثة إلى أنَّ أقل من نصف عدد الغابات المطرية الاستوائيّة في العالم بقيت بحالتها الطَّبيعية. وسوف يتمُّ القضاء على الغابات المطرية الاستوائيّة جميعها بعد 30 سنة تقريبًا في ضوء مُعدَّلات الاعتداء الحالية.

أ.

ب.

الشكل 58–21

تخريب الغابات المطرية الاستوائيّة. أ. هذه النِّيران تُخرِّب الغابة المطرية الاستوائيّة في البرازيل من أجل رعي الماشية. **ب.** يُمكن رؤية آثار إزالة الغابات في هذه السُّفوح مُتوسطة الارتفاع في الإكوادور، التي كانت تحتوي غابة مطرية استوائية، ولكنها الآن تحتوي مراعي رديئة تسمح بانجراف التُّربة السَّطحية إلى الأنهُر (لاحظ لون المياه، مصبوغة باللَّون البني بسبب المُستويات العالية من التَّعرية). يشاهد هذا النَّوع من الصور في أماكن أُخرى حول العالم، من بينها مدغشقر، وهاييتي، وكذلك الإكوادور.

إضافة إلى فقدان الموطن، قد يكون لإزالة الغابات آثار ثانوية، بالاعتماد على المُحيط المحلي. كان لإزالة الغابات، إلى الجنوب من الصَّحراء الكبرى، أيْ في منطقة السَّاحل، أثرٌ في زيادة التَّصحر في تلك المنطقة. في غابات شمال شرق الولايات المُتحدة، وكما بينت تجربة هبارد بروك (انظر الشكل 57-7)، يمكن أن تقود إزالة الغابات إلى فقدان المواد الغذائية من التُّربة، وفي الوقت نفسه إلى إثراء الأجسام المائية أسفل الجدول بالمواد الغذائية.

تعطيل دورة الماء

كما ناقشنا في (الفصل الـ 57)، يُعيق قطع الأشجار في الغابة المطرية الاستوائيّة غالبًا دورة الماء المحلية بطرُقٍ يتغيَّر فيها بشكل دائم أو شبه دائم، منظر الأرض. فبعد إزالة منطقة من غابة مطرية استوائية، تتسرب مياه المطر من اليابسة إلى مناطق بعيدة، بدلًا من أن تعود إلى الجو عن طريق النَّتح. ربما يصنع هذا التَّغيُّر ظروفًا غير مُلائمة لأشجار الغابة المطرية الموجودة أصلًا هناك. وقد تتعرَّض الأرض قليلة الخُضرة – المكشوفة، ولا يوجد فيها نظام جذور غزير يُثبّتها – إلى التَّعرية (الشكل 58-21 ب).

الأمطار الحمضية وفقدان التُّربة السَّطحية

هناك مُشكلتان أُخريان على اليابسة، هما: آثار الأمطار الحمضية وفُقدان التُّربة السَّطحية بسبب مُمارسات استعمال الأرض الفقيرة. يُؤثِّر المطر الحمضي في الغابات والبُحيرات والجداول كذلك؛ فقد تأثَّرت قطع أراضٍ شجرية كبيرة بقوة بالمطر الحمضي (الشكل 58-22). التُّربة السَّطحية، التي تتكوَّن من مواد عضوية ومعدنية، مُهمة جدًا لإنتاجية المحاصيل. في كنساس، وهي ولاية تعتمد بشكل كبير على الزِّراعة في اقتصادها، تُفقد التُّربة السَّطحية بمُعدَّل 1 إنش تقريبًا 15 – 20 سنة، ولكن استعادة إنش واحد من التُّربة السَّطحية يحتاج إلى 500 سنة. إن الفقدان الصَّافي للتُّربة السَّطحية هو القاعدة على مُستوى العالم.

البيئات البحرية تُستنزف من الأسماك والأنواع الأخرى

ارتفع الصَّيد الجائر من المُحيط إلى حدّ الأزمة في العُقود القريبة، وربما يكوِّن المُشكلة المُستمرة الوحيدة الكبرى في عالم المُحيط. المُحيط ضخم لدرجة أنَّه يُعَدُّ أكثر أمانًا وتحصينًا من المياه العذبة أو اليابسة لتغييرات الإنسان العالمية.

الشكل 58-22

تخريب الأشجار بسبب الهطل عند قمة كلنجمان، في تينيسي. يُضعف الهطل الحمضي الأشجار، ويجعلها أكثر عُرضةً للإصابة بالحشرات والمُفترسات.

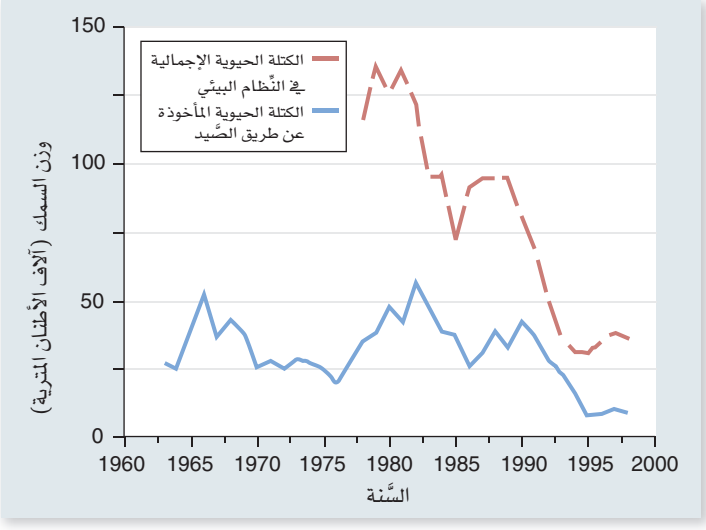
ومع ذلك، فقد ارتفع مجموع صيد السَّمك العالمي لأقصى الحدود لأكثر من عقدين، مع استمرار ارتفاع الطَّلب على الأسماك. إن ضغط صيد السَّمك كثيف لدرجة أنَّ 25-30% من مخزون أسماك مُحيطات العالم صُنِّفت رسميًّا على أنها استُغلت بشكل جائر، أو استُنزفت، أو بحالة تعافٍ؛ 40 – 50% أُخرى صُنِّفت على أنها استُغلت إلى الحدّ الأقصى.

مصايد أسماك القد الرّئيسة في مياه نوفاسكوتيا، بمساشوستس، وبريطانيا أُغلقت في وجه الصَّيد منذ 15 سنة مضت بسبب الانهيار (الشكل 58-23). يُمكن أن يكون للصَّيد الجائر آثارٌ مُزعجة غير مُباشرة. في المناطق الفقيرة في إفريقيا، تزداد سرقة الرَّئيسيات وثدييات اليابسة من المُتنزهات الوطنية عندما يقل صيد السَّمك.

الزراعة المائية: في الوقت الحالي هي حلّ سريع فقط

نما إنتاج الأسماك عن طريق الزِّراعة المائية بشكل مُتزايد في العقدين الماضيين، وقد صُوِّر ذلك غالبًا على أنَّه حلّ مُباشر لمُشكلة مصايد السَّمك. لكن حاجات مُعظم السَّمك المزروع مائيًّا، مثل السَّلمون، من البروتين الغذائي تُلبى بشكل أساسي من السمك المُصطاد صيدًا. في هذه الحالة، تحوَّل الاستنزاف ببساطة إلى نوع آخر.

إضافة إلى ذلك، تُخرِّب المُمارسات الحالية للزِّراعة المائية عادةً الأنظمة البيئية الطَّبيعية للمُحيط. أحد الأمثلة هو إزالة مُستنقعات المانجروف على طول السَّواحل



الشكل 58-23

انهيار صيد السَّمك. يُظهر الخط الأحمر الكتلة الحيوية لأسماك القد (*Gadus morhua*) في النِّظام البيئي لضفة نهر جورجيس مُقدَّرةً من قِبَل مُؤسسة خدمة صيد السَّمك البحري الوطني الأمريكي اعتمادًا على نتائج عينات جُمعت بطريقة علمية. تناقصت الكتلة الحيوية بشكل حاد بين 1970 و 1990 بسبب ضغط صيد السَّمك. بمرور السَّنوات، بقي الهبوط التِّجاري للقد (الخط الأزرق) ثابتًا بشكل واضح، بسبب الصَّيد الشَّاق والمُكثَّف للقدّ، حتى هبط إلى صفر حيث انهار صيد السَّمك في مُنتصف 1990. أغلقت وكالات التنظيم مناطق الصَّيد في مُنتصف 1990 للسَّماح بتعافي سمك القدّ، ولكن حتى عام 2005 كان تعافي القد ضعيفًا، وإنتاجية مصائد السَّمك كانت أقل من الطَّبيعي.

لبناء برك أسماك وجمبري، التي هجرها أصحابها عند تناقُص إنتاجياتها. الأبحاث العلمية مطلوبة لتخفيف هذه المشكلات.

تأثيرات التَّلوث

على الرغم من أنَّ المُحيط كبير، فقد أُضيفت مُلوِّثات بكميات كافية مع بداية القرن الواحد والعشرين، حتى إنَّ المُلوثات أصبحت سهلة الرصد على مُستويات عالمية. في رحلة استكشافية إلى أكثر المناطق بُعدًا، جُزر غير مأهولة في المُحيط الهادي الواسع، أعلن مثلًا، عن وُجود كميات عالية من البلاستيك شُطفت إلى الشَّواطئ. وبشكل مُشابه، حتى مياه القارة المُتجمدة اختلطت مع مواد كيميائية سامة؛ لقد أظهرت عيِّنات من أنسجة الحيتان القاتلة (*Orcinus orca*) من المنطقة المُتجمدة كميات عالية من المواد الكيميائية، تشمل مُبيدات ومواد كيميائية مُعيقة للحريق تستعمل غالبًا في السِّجاد. ومع ذلك، وبسبب سعة المُحيطات، فإنّ تراكيز المُلوثات ليست بمُستويات تُسبِّب أزمة في المُحيط؛ لكبره.

تدمير الأنظمة البيئية السَّاحلية

بعد الصَّيد الجائر، تأتي ثاني أكبر مُشكلة في المُحيط، وهي تدهور الأنظمة البيئية السَّاحلية. تتعرَّض المصابُّ على طول الخطوط السَّاحلية غالبًا للإثراء الغذائي الحقيقي الشَّديد؛ فمنذ نحو 1970، مثلًا، تُصبح مياه القاع في خليج تشيسابيك قُرب واشنطن، بمقاطعة كولومبيا، خالية من الأكسجين كلّ صيف بسبب تحلُّل كميات زائدة من المواد العضوية.

مُشكلة ساحلية أخرى، وهي تدمير السَّبخات المالحة، التي (مثل المياه العذبة للأراضي الرَّطبة) يظن بعضهم أنَّها مستهلكة. تعتقد مُعظم السُّلطات أنَّ فُقدان السَّبخات المالحة في القرن العشرين كان عاملًا رئيسًا مُسهمًا في تدمير نيوأورليانز عن طريق إعصار كاترينا عام 2005 م؛ إنَّ وجود السَّبخات المالحة بشكل كامل، كان من المُمكن أن يقوم بامتصاص كمية كبيرة من مياه الفيضانات، ويحمي المدينة من بعض قسوة العاصفة.

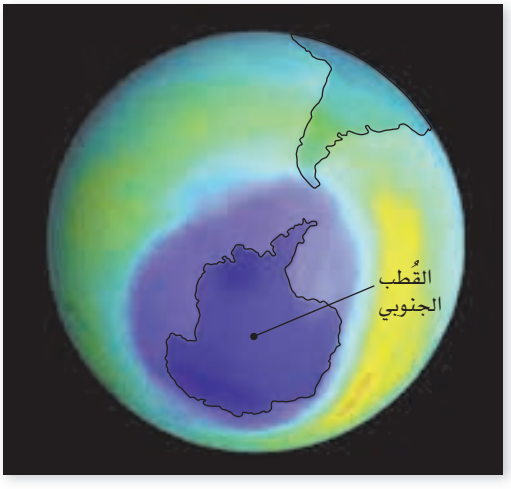
أدَّى استنزاف (تآكل) طبقة الأوزون في طبقة الستراتوسفير إلى «ثقب» الأوزون

تُمثِّل ألوان صورة الأقمار الصِّناعية في (الشكل 58-24) تراكيز مُختلفة من الأوزون (O_3) الموجود على ارتفاع 20 – 25 كم فوق سطح الأرض في طبقة الستراتوسفير. استُنزف الأوزون الموجود في الستراتوسفير فوق القارة المُتجمِّدة الجنوبية (المنطقة الأرجوانية في الصُّورة) إلى ما بين نصف إلى ثُلث تركيزه التَّاريخي المُعتاد، وهي ظاهرة تُدعى **ثقب الأوزون Ozone hole**.

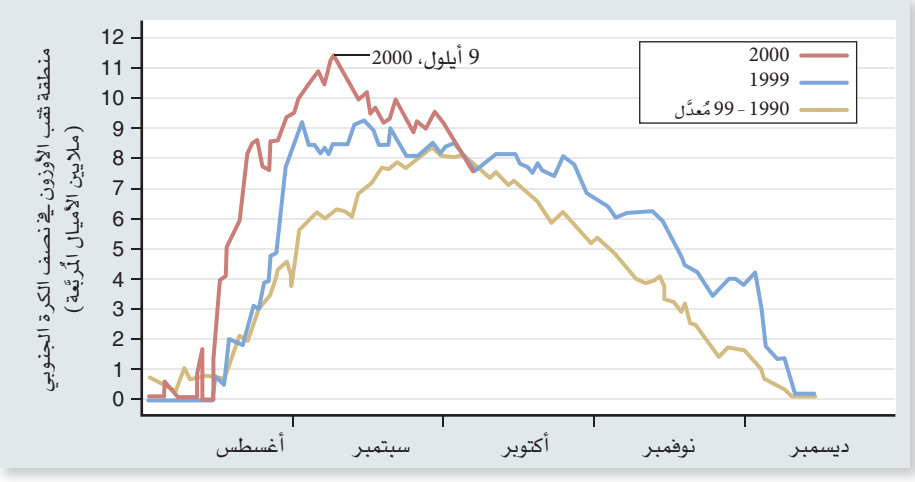
وعلى الرَّغم من أنَّ تآكل طبقة الأوزون فوق القارة المُتجمدة هو الأكثر وضوحًا، لكنها ظاهرة على مُستوى العالم. فوق الولايات المُتحدة، انخفض تركيز الأوزون بمقدار 4% تقريبًا، بحسب وكالة حماية البيئة في الولايات المُتحدة.

الأوزون في الستراتوسفير والأشعة فوق البنفسجية ب (*UV-B*)

يُعدّ الأوزون في الستراتوسفير مهمًّا؛ لأنَّه يمتص الأشعة فوق البنفسجية – خصوصًا الطُّول الموجي الذي يُسمَّى UV-B – من الأشعة الشَّمسية القادمة. UV-B هي أشعة مُدمِّرة للمخلوقات الحية بطرق عدَّة؛ فمثلًا، تزيد من أخطار إعتام عدسة العين وسرطان الجلد عند البشر. يسمح تآكل طبقة الأوزون لمزيد من أشعة UV-B للوصول إلى سطح الأرض، ولذلك فهو يزيد من أخطار هذه الأشعة المُدمرة. ويُقدَّر أن كلّ 1% تناقُص في الأوزون يُسبِّب 6% زيادة في إصابات سرطان الجلد، مثلًا.



أ.



ب.

الشكل 58-24

ثقب الأوزون فوق القارة المُتجمدة الجنوبية. تتتبَّع أقمار وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) الصناعية حاليًّا التَّوسُّع في تآكل طبقة الأوزون في طبقة الستراتوسفير فوق القارة المُتجمدة الجنوبية. كلّ سنة، تظهر منذ عام 1980، منطقة ذات تآكل حاد في الأوزون، سُمِّيت ثقب الأوزون، في أغسطس (أوائل الرَّبيع في نصف الكرة الجنوبي) عندما تُحفِّز أشعة الشَّمس التَّفاعلات الكيميائية في الهواء البارد المحصور فوق القُطب الجنوبي خلال شتاء القارة القطبية الجنوبية. يتوسع الثُّقب خلال سبتمبر قبل أن يتضاءل عندما تزداد درجات الحرارة في أكتوبر – ديسمبر. أ. عام 2000، الثُّقب الذي كانت مساحته 11.4 مليون ميل (أرجواني في الصُّورة الظاهرة للقمر الصِّناعي) يُغطي مساحة أكبر من مساحة الولايات المُتحدَّة، وكندا، والمكسيك معًا، وهو أكبر ثقب سُجِّل حتى الآن. في سبتمبر عام 2000، اتَّسع الثقب فوق بُنتا أرينياز، وهي مدينة فيها نحو 120,000 شخص في جنوب تشيلي، مُعرِّضًا السُّكان إلى مُستويات عالية من أشعة UV-B. ب. تراكيز المُركبات الكيميائية التي تتسبَّب في تآكل الأوزون في الغلاف الجوي، والتي زادت خلال السَّنوات القليلة الماضية، يُتوقع لها أن تنخفض ببطء خلال العُقود المقبلة.

تآكل الأوزون ومُركبات كلوروفلوروكربون *CFCs*

إن السَّبب الرّئيس لتآكل الأوزون في الستراتوسفير هو إضافة المُركبات التي تحتوي الكلورين والبرومين المُنتجة صناعيًّا إلى الغلاف الجوي. ولعل أكثرها أهمية مُركبات كلوروفلوروكربون (CFCs)، التي استُعملت منذ مدة قريبة بوصفها مُبرِّدات في مُكيِّفات الهواء والثلاجات، والتَّصنيع. تستطيع مركباتُ CFCs المُنطلقة إلى الغلاف الجوي في النِّهاية تحريرَ ذرات الكلورين الحرة، التي تُحفِّز تكسير جزيء الأوزون (O_3) لتكوين الأكسجين المُعتاد (O_2) في داخل الستراتوسفير. الأوزون يُصنّع، ويُكسّر بشكل مُستمر، وذرات الكلور الحرة تُرجِّح كفة الميزان نحو مُعدَّل أسرع من التَّكسير.

التَّآكل الشَّديد لـلأوزون المُشاهَد في ثقب الأوزون – لحسن الحظ – ناجم عن الظُّروف الجوية الفريدة الموجودة فوق القارة المُتجمدة الجنوبية. فخلال الظلام المُستمر في شتاء المنطقة المُتجمدة، تتشكَّل رياح ستراتوسفيرية قوية، هي التَّيار القُطبي الليلي، وتهبّ حول كامل مُحيط الأرض، فتعزل الستراتوسفير فوق هذه القارة عن باقي الغلاف الجوي.

نتيجة لذلك، يبقى الستراتوسفير في القارة المُتجمدة شديد البرودة (°80- مئوية أو أقل) أسابيع عدَّة، سامحًا لأنواع فريدة من الغيوم الثلجية بالتَّشكُّل. تُؤدي التَّفاعلات المُرتبطة بالدَّقائق الموجودة في هذه الغيوم إلى تراكم الكلور الجُزيئي Cl_2. وعندما يعود ضوء الشَّمس في أوائل فصل الرَّبيع في القارة الجنوبية، يتكسَّر الكلور الجُزيئي بطريقة ضوئية كيميائية لتتشكَّل ذرات الكلور الحرة بكميات كبيرة، ومن ثم تنشأ تفاعلات تآكل الأوزون.

حظر *CFCs*

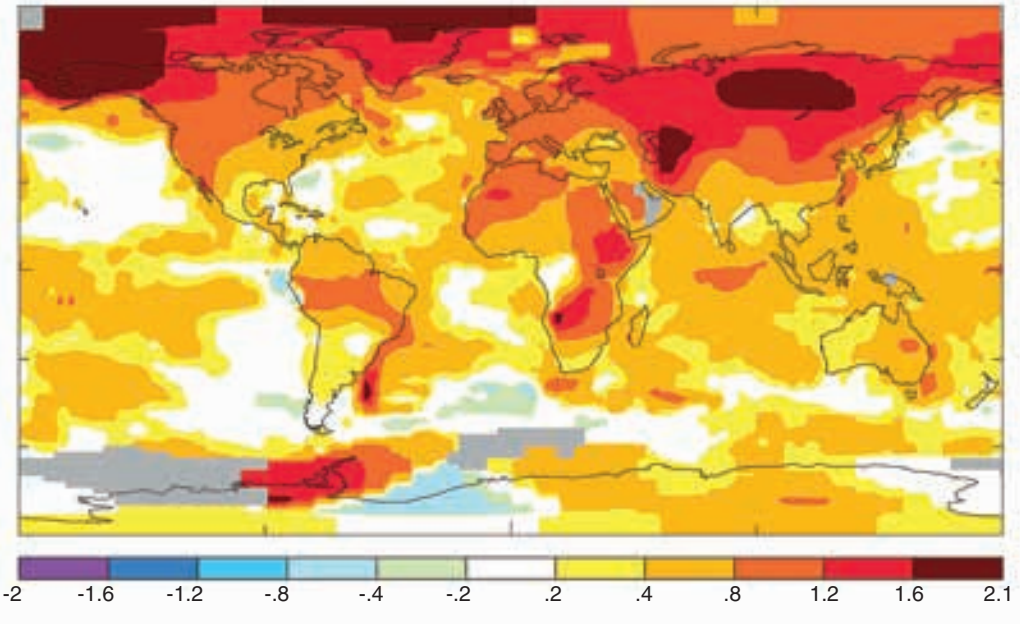
بعد أن بيَّنت الأبحاث أسباب تآكل الأوزون في الستراتوسفير، تمَّ التَّوصل إلى اتفاقيات عالمية لحظر إنتاج CFCs والمُركبات الأخرى التي تُؤدي إلى تآكل الأوزون. لقد مُنع تصنيع مثل هذه المُركبات في الولايات المُتحدة عام 1996، وهناك الآن وعي عام كبير حول أهمية استخدام بدائل كيميائية "آمنة للأوزون". وسيُنظِّف الغلاف الجوي نفسه من المُركبات المُسبِّبة لتآكل الأوزون لكن ببطء؛ لأنَّ المُركبات مُستقرة كيميائيًّا. مع ذلك، فإنّ مُشكلة تآكل الأوزون تتضاءل، ومن المُتوقع أن تُصحَّح بشكل أساسي في النِّصف الثاني للقرن الواحد والعشرين.

المياه العذبة هي الأكثر تهديدًا من بين البيئات الرَّئيسة على الأرض بسبب استهلاك المياه من قبل البشر وبسبب التَّلوث. إن إزالة الغابات وفقدان التُّربة السَّطحية مُشكلتان من المشكلات الكبيرة التي تُواجه الأنظمة البيئية اليابسة حاليًا. والصَّيد الجائر للأسماك هو أكبر مُشكلة في المُحيط. ذرات الكلور من مركبات CFCs الصّناعية تُحفِّز فقدان الأوزون من الستراتوسفير، مُعرِّضًا سطح الأرض لمُستويات مُتزايدة من أشعة UV-B المُضرَّة.

6-58 تأثيرات الإنسان في الغلاف الحيوي: الاحتباس الْحراريّ (الدفيئة)

بدارسة تاريخ الأرض وإقامة مُقارنة مع الكواكب الأخرى، قرَّر العلماء أنَّ تركيز الغازات الموجودة في غلافنا الجوي، بالتَّحديد CO_2، تُبقي مُعدَّل درجة الحرارة على الأرض أعلى بنحو °25 س ما يُمكن أن تكون عليه في حال غياب هذه الغازات. تُؤكد هذه الحقيقة أنَّ تكوين غلافنا الجوي مفتاحُ وجودِ الحياة على الأرض كما نعرفها. لسوء الحظ، فقد غيَّرت أنشطة الإنسان الآن من تكوين الغلاف الجوي بطرق تعتقد السُّلطات أنَّها مدمّرة أو، على المدى البعيد، كارثية.

يزداد مُعدَّل درجة حرارة سطح الأرض، بسبب التَّغيُّرات في تكوين الغلاف الجوي، بظاهرة تُدعى **الاحتباسَ الْحراريّ (الدفيئة) Global warming**. ويُمكن أن تتخيَّل مما ذُكر في بداية الفصل، أنَّ التَّغيُّرات على درجة الحرارة تُؤثر في الرِّياح العالمية وأنماط التَّيار المائي بطرق مُعقَّدة. هذا يعني أنَّه كلما ازدادت درجة الحرارة العالمية، ترتفع درجة حرارة بعض المناطق المُحددة في العالم لمدى أقل، في حين ترتفع درجة حرارة مناطق أخرى لمدى أكبر (الشكل 58-25).



الشكل 58-25

التَّنوع الجغرافي في الاحتباس الْحراريّ. سُجِّل عام 2005 بوصفه أكثر الأعوام دفئًا، ولكن بعض المناطق على الأرض كانت أكثر سخونة من غيرها. تُشير الألوان إلى كمية الدِّفء الذي حصل نسبةً إلى مُعدَّل درجة الحرارة خلال فترة مرجعية (1951 – 1980) قبل ظهور تأثيرات البيت الزُّجاجي الحديثة.

يعني هذا أيضًا أنَّ أنماط سقوط المطر سوف تتغيَّر؛ لأنَّ أنماط الهطل العالمي تعتمد على أنماط الرِّياح العالمية. وقد استُخدمت نماذج حاسوب عدة لحساب التَّأثيرات المُتوقعة في جميع أنحاء العالم.

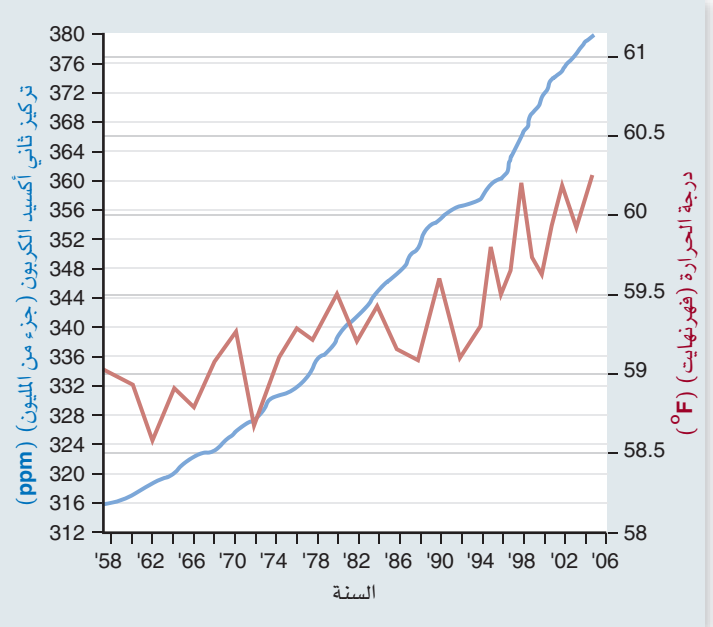
تتوقَّع نماذج حاسوبية مُستقلة تغيُّرات عالمية

نُشرت دراسة في أواخر 2005 استخدمت أربعة نماذج للحاسوب مُستقلة لتصل إلى أكثر التَّوقعات المُحتملة مصداقية لدى الدُّول الأوروبية. وبناءً على نتائج النَّماذج الأربعة جميعها، يُتوقع أن تزداد درجة الحرارة في أوروبا بين 2 و 4 درجة سلسيوس قبل عام 2080. إن زيادة درجة الحرارة بهذا الشَّكل ستكون مُثيرة للفوضى؛ فتكوُّنُ غطاءٍ ثلجيٍّ يُعتمد عليه على جبال الألب السويسرية، مثلًا، سيبدأ على ارتفاع 300 م أعلى مما هو عليه الآن.

وربما سيكون الأكثر شؤمًا من درجة الحرارة هو بعض التَّوقُّعات للهطل. فعلى الرَّغم من التَّوقُّع أنَّ شمال أوروبا ستستقبل هطلًا أكثر منه الآن، تتوقع الأربعة نماذج كلها أنَّ أجزاء من جنوب أوروبا سوف تستقبل هطلًا أقل بنحو 20%، مُعطِّلًا الأنظمة البيئية الطَّبيعية، والزِّراعة، ومصادر الماء للإنسان. يُمكن أن تحتل بعض الدُّول الأوروبية مكانة مُتقدمة اقتصاديًّا، ولكن أخرى ستكون في المُؤخرة، وستتغير العلاقات التِّجارية والسِّياسية بين الدُّول حالما تتغيَّر من كونها مصدرًا للغذاء إلى دول تستورد الغذاء.

ثاني أكسيد الكربون الغاز الرَّئيسُ لظاهرة البيت الزُّجاجي

ثاني أكسيد الكربون هو الغاز الذي يتمُّ التَّركيز عليه عادة عند مُناقشة سبب الاحتباس الحراريّ (الشكل 58-26)، مع أنَّ غازات الغلاف الجوي الأخرى أيضًا مُشتركة. تُراقب محطَّة مُراقبة توجد على ارتفاع 13700 قدم (4200م)



الشكل 58-26

تأثير البيت الزُّجاجي. زاد تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بشكل مُتصاعد منذ عام 1950، كما يظهر في الخط ذي اللَّون الأزرق. الخط الأحمر يُظهر التَّغيُّرات في مُعدَّل درجة الحرارة العالمية في الفترة نفسها.

وتقع على بركان مونالوا على جزيرة هاواي، تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي منذ الخمسينيّات من القرن الماضي. هذه المحطَّة ذات أهمية خاصة؛ لأنَّها في وسط المُحيط الهادي، بعيدة عن كتل اليابسة القارية الكبيرة؛ حيث يعيش مُعظم البشر، ولذلك فهي قادرة على مُراقبة حالة الغلاف الجوي العالمي دون تأثُّرها بالأحداث المحلية.

عام 1958، كان الغلاف الجوي يحتوي على 0.031% من CO_2. ولكن 2004، ارتفع تركيز CO_2 إلى 0.038%. وتتَّفق السُّلطات جميعها على أنَّ سبب هذه الزِّيادة الثابتة في CO_2 الموجود في الغلاف الجوي هو حرق الفحم والبترول، وما ينتُج عنها عن طريق ازدياد البشر (والطَّلب المُتزايد على الطَّاقة).

كيف يُؤثِّر ثاني أكسيد الكربون في درجة الحرارة

يُؤثِّر تركيز CO_2 الجوي في درجة الحرارة العالمية؛ لأنَّ ثاني أكسيد الكربون يمتَّص طاقة الأشعة الكهرومغناطيسية بقوة عند بعض الأطوال الموجية الحرجة لموازنة السُّخونة العالمية. كما ركَّزنا في (الفصل الـ 57)، فإنّ الأرض لا تستقبل الطَّاقة الإشعاعية من الشَّمس كلّ يوم فحسب، بل تُشعّ طاقة إشعاعية نحو الفضاء الخارجي كلّ يوم أيضًا. وستكون درجة حرارة الأرض ثابتة فقط إذا كانت مُعدَّلات هاتين العمليتين مُتساوية.

نسبيًّا، الطَّاقة الشَّمسية القادمة هي أطوال موجية قصيرة من الطَّيف الكهرومغناطيسي: أطوال موجية مرئية وقُرب مرئية. وتكون الطَّاقةُ الخارجة من الأرض على أطوال موجية مُختلفة أطول. يمتص ثاني أكسيد الكربون الطَّاقة المُهمة نوعًا ما، وهي تحت الحمراء طويلة الأمواج. وهذا يعني أنَّه على الرَّغم من أنَّ ثاني أكسيد الكربون لا يتدخل في وصول الطَّاقة الإشعاعية ذات الأطوال الموجية القصيرة، إلاّ أنه يُعيق المُعدَّل الذي ترحل فيه الطَّاقة ذات الطول الموجي الكبير بعيدًا عن الأرض إلى الفضاء الخارجي.

يُسمَّى ثاني أكسيد الكربون عادةً **غاز البيت الزجاجي Green house gas** لأنَّ تأثيره يُشبه ذلك الذي للبيت الزُّجاجي. السبَّب في سخونة البيت الزُّجاجي من الدَّاخل هو أنَّ زجاج النَّافذة منفذ للضوء، ولكن نفاذَ الأشعة تحت الحمراء طويلة الموجة قليلٌ. الطَّاقة التي تضرب البيت الزُّجاجي بوصفها ضوءًا تدخله بسهولة وحرية. وعندما تكون في الدَّاخل، تمتص الطَّاقة على شكل حرارة (سخونة) ومن ثمَّ يُعاد بعثها بوصفها أشعة تحت حمراء طويلة الموجة. لكن الأشعة تحت الحمراء لا تستطيع المرور من الزُّجاج بسهولة، ولهذا تتراكم الطَّاقة في الدَّاخل.

غازات البيت الزُّجاجي الأخرى

إن ثاني أكسيد الكربون ليس غاز البيت الزُّجاجي الوحيد، بل هناك غازات أخرى مثل الميثان وأكسيد النتروز. يعتمد أثر أيّ غاز بيت زجاجي مُعيَّن على الخصائص الكيميائية للغاز وتركيزه. فمثلًا، جزيء مُقابل جزيء، للميثان تأثير إمساك للسُّخونة أكثر بـ20 مرة من ثاني أكسيد الكربون؛ وعلى الجهة الأخرى، الميثان أقل تركيزًا، وأقل طول بقاء في الجو من ثاني أكسيد الكربون.

ينتُج الميثان بكميات مهمة عالميًّا في التُّربة اللاهوائية وفي تفاعلات التَّخمُّر في الثدييات المُجترة، مثل البقر. وهناك كميات ضخمة من الميثان محصورة في الوقت الحاضر في القارة القطبية دائمة التَّجمُّد. ويُمكن أن يُسبِّب ذوبان هذه المنطقة اضطرابًا ضخمًا ومُفاجئًا في درجة الحرارة العالمية بسبب انطلاق الميثان بسرعة.

الاستعمال الزِّراعي للأسمدة هو أكبر مصدر لانبعاث أكسيد النتروز، واستهلاك الطَّاقة يأتي ثانيًا، في حين يأتي الاستخدام الصِّناعي ثالثًا.

تؤكد أدلّة حدوث الاحتباس الْحراريّ

يُمكن رؤية أدلة الاحتباس الْحراريّ بطرق عدَّة. فمثلًا، وعلى أساس إحصائي على مُستوى العالم، يتكوَّن الثلج على البُحيرات والأنهار مُتأخرًا، ويذوب سريعًا عن المُعتاد؛ وبالمُعدَّل، إن الفصول الخالية من الثلج هي الآن أطول بأسبوعين ونصف عنها من القرن الماضي. أيضًا، انخفض امتداد الثلج في القُطب الشَّمالي بشكل واضح، وتراجعت المناطق الجليدية حول العالم (الشكل 58-27).

يُتوقع أن يكون تركيز ثاني أكسيد الكربون بين 0.05 و 0.12% عام 2100 (ومن المحتمل جدًا أن تكون في وسط هذا المدى). وقد تنبأت دراسة حديثة، في اجتماع بين الحكومات دعمته الأمم المُتحدة عن تغيُّرات المُناخ، أنَّ مُعدَّل درجة الحرارة العالمية سيرتفع بزيادة 1.4° - 5.8° س بحلول 2100.

أثَّر التَّغيُّر في درجة الحرارة العالية في الأنظمة البيئية في الماضي وما زال يُؤثِّر الآن

حدث الاحتباس الْحراريّ – والبرودة – في الماضي، وحديثًا خلال العصور الجليدية وفترات الدِّفء التي تخلَّلتها. وقد استجابت الأنواع غالبًا بإزاحة مداها الجغرافي، مُتعقِّبةً بيئاتها. فمثلًا، الكثير من أنواع الأشجار في أمريكا الشَّمالية التي تكيَّفت للبرودة تُوجد الآن في الشَّمال البعيد، أو على ارتفاعات عالية، كانت قد عاشت في الجنوب البعيد، أو على ارتفاعات مُنخفضة قبل 10000 – 20000 سنة مضت، حيث كانت الظُّروف أبرد بكثير. للاحتباس الْحراريّ في الوقت الحاضر التَّأثيرات نفسها. مثلًا، غيَّرت الكثير من أنواع الفراشات والطُّيور مكانها في اتجاه الشَّمال في العقود الحديثة (الشكل 58-28).

الشكل 58-27

الجليد الذي يختفي. جبال كلمنجارو في تنزانيا عام 1970 (في الأعلى) وفي عام 2000 (في الأسفل). لاحظ التَّناقص في كتل الجليد خلال ثلاثة عقود.

الشكل 58-28

إزاحة مدى الفراشات. توزيع فراشة الغابات المبقعة، *Parage aegeria*، في بريطانيا في الفترة 1970 – 1997 (أخضر مُزرق) يشتمل مناطق أبعد إلى الشَّمال من مناطق التَّوزيع في الفترة 1915 – 1939 (اللَّون الأسود).

وصلت الكثير من الطُّيور المُهاجرة إلى مناطقها الصَّيفية للتَّزاوج أبكر مما فعلت في العقود السَّابقة. وتزاوجت الكثير من الحشرات والبرمائيات خلال العام بشكل أبكر، وأزهرت نباتات عدَّة مُبكرًا. في أستراليا، بيَّنت أبحاث حديثة أنَّ جماعات ذبابة الفاكهة البرية خضعت لتغيُّرات في تكراراتها الجينية في العشرين سنة الماضية، بحيث أصبحت الجماعات في الأجزاء الباردة من القارة الآن مُشابهة جينيًّا لتلك الموجودة في الأجزاء الدَّافئة.

يمتلك المرجان الباني للحيد على ما يبدو هوامش أمان ضيِّقة بين درجات حرارة البحر التي تعوَّد عليها، ودرجات الحرارة العُظمى التي يُمكنه العيش فيها. ويبدو أنَّ الاحتباس الْحراريّ ما زال يُهدِّد بعض المرجان بتشجيع "الابيضاض" الواسع للشِّعاب المرجانية، وتعطيل التَّعايش المُهم والطَّبيعي بين اللاسعات وخلايا الطَّحالب.

هناك أسباب لاعتقاد أنَّ تأثيرات الاحتباس الْحراريّ العالمي في الأنظمة البيئية الطَّبيعية اليوم ربما، ككل، أكثر حدة من أحداث الاحتباس في الماضي البعيد. أحد الأمور المهمة هو أنَّ مُعدَّلَ الاحتباس اليوم سريعٌ، وبناءً على ذلك يجب أن تحدث تكيُّفات تطورية على أجيال قليلة نسبيًّا حتى تُساعد على بقاء الأنواع. أمر آخر هو أنَّ المناطق الطَّبيعية لم تعد تُغطِّي مساحات الأرض كاملة، ولكن غالبًا تأخذ شكل مُتنزهات مُحاطة بشكل كامل بالمُدن أو المزارع. تكون المُتنزهات ثابتة في مناطق جغرافية، وبشكل عام لا يُمكن نقلها. فإذا أصبحت الظُّروف المُناخية في مُتنزه غير مُناسبة لساكنيه، فإنّ المُتنزه سوف يتوقف عن أداء عمله. إضافة إلى ذلك، في المناطق التي يُمكن أن يجد ساكنو المُتنزه فيها ظروفًا مُناخية مُناسبة، فإنهم قد لا يجدون مُتنزهات.

وبشكل مُماثل، كلما ازدادت درجات الحرارة انتقل الكثير من الأنواع إلى ارتفاعات أعلى لكي تجد موطنًا مُفضَّلًا لها. على كلّ حال، لا تستطيع في النِّهاية الانتقال إلى مكان أعلى؛ لأنَّها تكون قد وصلت قمة الجبل. وكلما ازدادت درجات الحرارة، تختفي بيئة الأنواع بشكل كامل. ويُعتقد أنَّ انقراض عدد من أنواع ضفادع كوستاريكا يُعزى لهذا السَّبب.

يُؤثِّر الاحتباس الْحراريّ في جماعات البشر كذلك

يُمكن للاحتباس الْحراريّ أن يُؤثِّر في صحة الإنسان ورفاهيته بطرق عدَّة. بعض هذه التَّغيُّرات ربما يكون مُفيدًا، ولكن إن كان مُضرًّا، فستكون بعض الدُّول – الغنية منها بالتَّحديد – قادرة على التكيف. ولكن الدُّول الأفقر ربما لا تتمكَّن من ذلك، وبعض التَّغيُّرات سوف تحتاج إلى إجراءات مُضادة مُكلفة جدًا، حتى إنَّ الدُّول الغنية سوف تضغط بشدة لكي تتحمَّلها.

ارتفاع مُستويات البحار

خلال النِّصف الثاني من القرن العشرين، ارتفع مُستوى البحر 2–3 سم في العقد. وتتوقع الوكالة الأمريكية لحماية البيئية احتمال أن يرتفع مُستوى البحر مرتين أو ثلاث مرات أسرع في القرن الواحد والعشرين بسبب تأثيرات الاحتباس الْحراريّ: (1) ذوبان الثلج القُطبي والمناطق المُتجمِّدة، وإضافة الماء إلى المُحيط (2) زيادة مُعدَّل درجة حرارة المُحيط، ما يزيد من حجمه؛ لأنَّ الماء يتمدَّد كلما سخن. مثل هذا التَّمدُّد والزِّيادة سوف يُسبِّب زيادة في التَّآكل وإغراق الأراضي المُنخفضة، والسَّبخات السَّاحلية المالحة، وقد تتعرَّض بيئات أخرى للخطر. قرابة 200 مليون شخص يُمكن أن يتأثروا بالفيضان المُتزايد. وستُصبح المدن السَّاحلية، وجُزر كاملة، مثل جزر المالديف في المُحيط الهندي، مُهدَّدة بخطر الغرق، بازدياد مُستويات البحر.

تأثيرات مُناخية أُخرى

يُعتقد أنّه سيكون للاحتباس الْحراريّ آثارٌ أخرى إضافة إلى ازدياد درجة الحرارة. بالتَّحديد، تكرار الأحداث المُتطرفة أو شدتها – مثل موجات الحر، والجفاف، والعواصف القاسية، والأعاصير – يُتوقع أن تزيد، وأحداث إلنينو، وما يُرافقها من آثار مُناخية، ربما تُصبح أكثر حدوثًا.

إضافة إلى ذلك، هناك احتمال إزاحة أنماط سقوط المطر، فالمناطق الجغرافية المضغوطة مائيًّا حاليًّا، التي هي الآن مأوى لما يُقارب ملياري شخص، من المُحتمل أن تُواجه نقصًا شديدًا مُؤلمًا في الماء في السَّنوات المقبلة. وتقترح بعض الأدلة أنَّ هذه الآثار واضحة حاليًّا في ازدياد العواصف القوية، والأعاصير، وتكرار أحداث إلنينو على مدى السَّنوات القليلة الماضية.

تأثيرات في الزِّراعة

يُمكن أن يكون للاحتباس الْحراريّ آثارٌ إيجابية وسلبية في الزِّراعة. في الجهة الإيجابية، تؤدي درجة الحرارة الأدفأ، وازدياد ثاني أكسيد الكربون الجوي إلى ازدياد نمو بعض المحاصيل، وهذا يُمكن أن يزيد من الإنتاج الزِّراعي. لكن محاصيل أخرى، يُمكن أن تتأثَّر سلبيًّا. فضلًا على ذلك، سوف تتأثر مُعظم المحاصيل من التِّكرار المُتزايد للجفاف. وزيادة على ذلك، وعلى الرَّغم من أنَّ محاصيل المناطق المُعتدلة الشَّمالية قد تزدهر مع درجات الحرارة العالية، فربما يؤدي التزايد في درجات الحرارة إلى إنتاج مُنخفض للمحاصيل الاستوائيّة التي هي نامية الآن على أقصى درجات حرارتها.

وفي الجهة السَّلبية أيضًا، سوف تحتاج التَّغيُّراتُ في أنماط سقوط الأمطار، ودرجة الحرارة، وانتشار الآفات، وعوامل كثيرة مُتنوعة أخرى إلى الكثير من الضَّبط والتَّعديل. مثل هذه التَّغيُّرات قد تكون سهلة نسبيًّا على مُزارعي الدُّول المُتطورة، ولكنها ستكون مُرتبطة بتكلفة باهظة مُهلكة لمُزارعي الدُّول النَّامية.

تأثيرات في صحة الإنسان

سيكون للعواصف المُتكرِّرة بشكل مُتزايد، والفيضان، والجفاف عواقب وخيمة على صحة الإنسان. فإضافة إلى تأثيرها المُباشر، غالبًا ما تُعطِّل مثل هذه الأحداث البنية التَّحتية الهشة للدُّول النَّامية، ما يُؤدي لفقدان مياه شرب آمنة ومشكلات أخرى. نتيجةً لذلك، يُمكن أن يحدث انتشار أمراض مثل الكوليرا وأمراض أخرى بشكل أكثر بسبب هذه الأحداث.

زد على ذلك، كلما ارتفعت درجة الحرارة، تتَّسع المناطق المُلائمة للمخلوقات الاستوائيّة نحو الشَّمال. وبشكل أهم، تلك المخلوقات التي تُسبِّب أمراضًا للإنسان. الكثير من الأمراض المحصورة حاليًّا في المناطق الاستوائيّة يُمكن أن يتوسع مداها لتُصبح مُشكلة في الدُّول غير الاستوائيّة. أمراض تنتشر بالبعوض، مثل الملاريا (انظر الفصل الـ 29)، وحُمّى الضَّنك، وأنواع عدَّة من أمراض التهاب الدِّماغ، هي أمثلة على ذلك. فانتشار البعوض يُحدِّده البرد؛ وبرودة الليل تقتل البعوض وبيوضه. ولهذا، فإنّ الملاريا تحدث فقط في المناطق التي درجة حرارتها أكثر من 16° س، وتحدث الحُمَّى الصَّفراء، وحُمَّى الضَّنك في مناطق درجة حرارتها أكثر من 10° س. (سبب الاختلاف هو أنَّ الأمراض تنقلها أنواع بعوض مُختلفة). علاوة على هذا، ينضج طُفيل الملاريا بشكل أسرع على درجات حرارة أعلى.

تقتل الملاريا حاليًّا مليون شخص كلّ عام؛ تقترح بعض التوقعات أنَّ نسبة البشر المُعرضين للملاريا سوف تزداد إلى 33% مع نهاية القرن الواحد والعشرين. وأكثر من ذلك، وكما هو مُتوقع، الملاريا على ما يبدو تتحرَّك. ففي عام 1980، تمَّ استئصال الملاريا من الولايات المُتحدة ما عدا كاليفورنيا، ولكن في السَّنوات الأخيرة ظهرت الملاريا في ولايات جنوبية، وحتى شمالية مُتعددة.

تنتشر حُمَّى الضَّنك (تُسمَّى أحيانًا "حُمَّى كسر العظام" بسبب الألم الذي تُسبِّبه) وتتوسَّع أيضًا. في الماضي، انحصر المرض في المناطق الاستوائيّة وشبه الاستوائيّة، حيث إنَّه يُصيب من 50–100 مليون شخص، ويوجد الآن في الولايات المُتحدة، وجنوبي أمريكا الجنوبية، وشمال أستراليا.

أحد أكثر النَّواحي خطورة لهذه الأمراض هو عدم وجود مطاعيم لها. توجد علاجات دوائية (للملاريا)، ولكن الطُّفيليات تطوّر مُقاومة بسرعة ما يجعل الأدوية دون فعالية. مع التنويه بعدم وجود علاج دوائي لحُمَّى الضَّنك.

إنَّ حل مُشكلة الاحتباس الْحراريّ ليست سهلة. إنَّها تتطلَّب خفضًا كبيرًا في كمية CO_2 المُنطلقة إلى الغلاف الجوي. تقوم بعض الأمم بخطوات لتخفيض انبعاثاتها، ولكن أممًا أخرى لا تقوم بذلك. فالمطلوب إذن جهود عالمية متضافرة لتقليل الارتفاع في زيادة درجات الحرارة العالمية. وعلى الرَّغم من أنَّ التَّأثيرات المُتوقعة للاحتباس الْحراريّ غير أكيدة، فإن معظم العلماء يتَّفقون على أنَّ التَّأثير سوف يكون شديدًا.

الاحتباس الْحراريّ بسبب التَّغيُّرات في تركيب الغلاف الجوي – بسبب تراكم CO_2 بشكل ملحوظ – له القابلية أن يُغيِّر البيئات الأساسية على الأرض. قد يكون تأثير الاحتباس الْحراريّ في الإنسان أيضًا شديدًا وحادًّا، مع ازدياد عنف أحداث الطَّقس، والإزاحة في توافر الماء، وغمر المناطق المُنخفضة. يُمكن أن توسع درجة الحرارة المُتزايدة مدى الأمراض الاستوائيّة.

58-1 تأثيرات الشَّمس، والرِّياح، والماء في النِّظام البيئي

تتأثَّر أنماط الحياة العالمية على الأرض بكمية الأشعة الشَّمسية وتنوعها، وأنماط الدَّورات الجوية وفي المحيط.

- عند مرور الطَّاقة الشَّمسية خلال الغلاف الجوي، تُعدّل شدَّتها والأطوال الموجية المُكوِّنة لها.
- كمية الأشعة الشَّمسية الواصلة إلى سطح الأرض لها تأثير كبير في المُناخ؛ فهي تنخفض كلما زادت زاوية السُّقوط. تنتُج الفصول من تغيُّر موقع الأرض بالنِّسبة إلى الشَّمس (الشكل 58-1).
- بسبب تسخين الشَّمس، يرتفع الهواء السَّاخن مع مُحتواه المُتزايد من الماء عند خط الاستواء، ثُمَّ يبرد ويفقد رطوبته، مُكوِّنًا غابات المطر الاستوائيّة (الشكل 58-3).
- عندما يتحرَّك الهواء الأكثر جفافًا والبارد في الغلاف الجوي بعيدًا عن خط الاستواء، فإنَّه ينزل إلى الأرض قُرب خطي عرض 30° شمالًا و 30° جنوبًا. وعندما يعود إلى خط الاستواء، فإنَّه يُزيل الرُّطوبة من سطح الأرض، ويصنع صحارى جافة. يحدث نمط دوران الهواء هذا مرة أخرى بين خطَّي عرض 30° و 60° وفوق خطوط عرض 60°.
- تسير الرِّياح بمسارات مُنحنية نسبةً لسطح الأرض، وهو ما يُسمَّى تأثير كوريولس؛ لأنَّ الأرض تدور حول محورها.
- يحدث ظل المطر عندما يرتفع الهواء المُحمَّل بالرُّطوبة على جهة الجبال المُواجهة للرِّياح، فيفقد رطوبته؛ بعد ذلك ينزل الهواء الذي أصبح الآن جافًّا على الجهة الأخرى للجبال، مُشكِّلًا بيئةً أكثر جفافًا بسبب إزالته الرُّطوبة من النَّباتات والتُّربة (الشكل 58-5).
- يُؤدي الارتفاع إلى تغيُّرات مهمة في درجة الحرارة والرُّطوبة. فلكل 1000م زيادة في الارتفاع، تقلّ درجة الحرارة تقريبًا 6° س. هذا الانخفاض في درجة الحرارة يحدث أيضًا كلّ 880 كم زيادةً في خطوط العرض (الشكل 58-6).

58-2 أقاليم الأرض الحيوية

الأقاليم هي الأنواع الرّئيسة من الأنظمة البيئية التي تشمل التَّراكيب النَّباتية المُميَّزة والظُّروف المُناخية المُرتبطة بها (الشكل 58-7).

- تُؤثر درجة الحرارة والرُّطوبة، إضافة إلى تركيب التُّربة والمُحتوى المعدني، في الإنتاج الأولي. و تميزان الأقاليم (الشكل 58-8 و 58-9).

58-3 بيئات المياه العذبة

تُغطِّي المياه العذبة 2% فقط من سطح الأرض؛ فهي تبدأ بعملية التَّبخر، وتتشكل بالهطل.

- تركيز الأكسجين المُذاب في الماء هو المُحدِّد الرّئيس لخصائص مُجتمعات المياه العذبة. الأكسجين لا يذوب بشكل جيد في الماء.
- تتغيَّر بيئات البُحيرات والبرك مع عُمق الماء بسبب كمية الضّوء التي تدخل النِّظام؛ تُؤثر مُستويات الضّوء في الإنتاج الأولي الصَّافي، وفي توزيع الأكسجين في عمود الماء (الشكل 58-11).
- في المُناخ المُعتدل، يتكوَّن التَّقسيم الطبقي الْحراريّ في الصَّيف، عندما يطفو الماء الأكثر دفئًا، أو الطبقة العلوية، فوق الماء الأبرد، أو الطبقة السُّفلية. طبقةُ الانتقال الْحراريّ انتقاليةٌ بين الطَّبقة العلوية والطبقة السُّفلية. تُخلط بُحيرات المياه العذبة مرتين في السَّنة؛ لأنَّ الماء عند درجة حرارة 4° مئوية أكثر كثافة ويغطس إلى الأسفل (الشكل 58-12).
- يُمكن أن تُصنَّف البُحيرات على أساس مُستويات الغذاء والأكسجين الموجودة فيها. تمتلك البُحيرات قليلة التغذية تركيزًا عاليًا من الأكسجين، ومُستويات قليلة من الغذاء، في حين أنّ البُحيراتِ حقيقية التغذية عكسُ ذلك.

58-4 البيئات البحرية

تُغطِّي المُحيطات 70% تقريبًا من سطح الأرض، ويُمكن أن تصل إلى أكثر من 5000 م عمقًا.

- يُقسَّم المُحيط لمناطق عدَّة بناء على العُمق، واختراق الضّوء، والقرب من اليابسة أو القاع، هي: منطقة ما بين المد والجزر، ومنطقة المياه الضَّحلة، والمنطقة الضوئية، والمنطقة القاعيَّة، ومنطقة الإقيانوس (الشكل 58-14).
- العوالق النباتية في المُحيطات، هي المُنتِجات الأولية الأساسية في المياه المفتوحة، والإنتاج الأولي قليل؛ لأنَّ المواد الغذائية محدودة.
- تُوجد المياه الضَّحلة فوق الرُّفوف القارية، وهي أكثر إنتاجية من المُحيط المفتوح؛ لأنَّ مُستويات الغذاء أعلى (الشكل 58-15).
- تشكل المصابُّ مثالًا آخر على نظام بيئي في الرَّف القاري. وتوجد حيث تختلط المياه العذبة بالمياه المالحة. وتحتوي عادة مناطق بين المد والجزر مع السَّبخات المالحة أو مُستنقعات مانجروف.
- تشمل أنظمة بيئية أخرى للرَّف القاري المُنحدرات الخصبة، والمناطق المحلية الضحلة على الرُّفوف القارية، والأنظمة البيئية للحيد المُرجاني التَّعايشي.
- مناطقُ النَّبع للمُحيطات أماكنُ تجلب فيها الرِّياح المحلية المياه العميقة الغنية بالغذاء، مُكوِّنةً أعلى نسب للإنتاج النَّباتي.
- تحدث ظاهرة إلنينو عندما تضعُف الرِّياح التِّجارية، ويزداد عمق المياه الدَّافئة السَّطحية على طول السَّاحل، مُحدِّدة مياه النَّبع بالمياه السَّطحية فقيرة الغذاء بدلًا من المياه العميقة الغنية بالغذاء.
- البحر العميق هو البيئة الوحيدة الأكبر، وهو خالٍ من الفصول، وبارد، ومُعتم، ويقع تحت ضغط عالٍ.
- توجد مُجتمعات الثغرات المائية الحرارية في البحر العميق، حيث تتحرَّك الصَّفائح التَّكتونية مُتباعدةً عن بعضها؛ تحصل المخلوقات ذاتية التَّغذية الكيميائية التي تعيش هناك على الطَّاقة من أكسدة الكبريت.

58-5 تأثير الإنسان في الغلاف الحيوي: التَّلوث واستنزاف الموارد

يُؤدي نشاط الإنسان إلى تغيُّرات كبيرة في الأنظمة البيئية.

- تتضخم المواد الكيميائية الخطرة مثل مادة د.د.ت. DDT حيويًّا من خلال مرور الطَّاقة إلى أعلى في السِّلسلة الغذائية (الشكل 58-19).
- بيئات المياه العذبة ليست فقط أصغر البيئات الرّئيسة، ولكنها أكثرها عُرضةً للتَّهديد بالتَّلوث معروف المصدر، والتَّلوث المُشتت، والهطل الحمضي، والاستخدام الجائر (الشكل 58-20).
- تؤدي إزالة الغابات في البيئات اليابسة إلى فقدان البيئات، وإعاقة دورة المياه وتعطيلها، والمطر الحمضي، وفقدان التُّربة السَّطحية.
- تُستَنزف البيئات البحرية من السَّمك والأنواع الأخرى بسبب الصَّيد الجائر، وتدمير الأنظمة البيئية السَّاحلية، والتَّلوث (الشكل 58-23).
- أدَّى تآكل الأوزون في الستراتوسفير إلى ثقب "الأوزون" سامحًا للأشعة فوق البنفسجية UV-B الخطرة بالوصول إلى سطح الأرض (الشكل 58-24).

58-6 تأثيرات الإنسان في الغلاف الحيوي: الاحتباس الْحراريّ (التدفيئة)

ربما يُسبِّب الاحتباس الْحراريّ تأثيرات حادة في الأرض، وينتُج من الزِّيادة في تركيز غازات البيت الزُّجاجي في الغلاف الجوي، خاصة غاز ثاني أكسيد الكربون.

- يُعَدُّ غاز ثاني أكسيد الكربون أحد أهم غازات البيت الزُّجاجي الذي يسمح بمرور الأشعة الشَّمسية خلال الغلاف الجوي، ولكنه يمنع الأشعة طويلة الموجة (الحرارية) من مُغادرة الأرض، وبهذا يزيد من درجات حرارة سطح الأرض.
- إضافة إلى ثاني أكسيد الكربون، هناك غازات بيت زجاجي أخرى مثل الميثان وأكسيد النتروز.
- في الماضي، نتجت تذبذبات في درجات الحرارة العالمية من عصور الجليد تخلَّلها فترات دفء.
- إذا تغيرت درجات الحرارة بسرعة، فإنّ الانتخاب الطَّبيعي لن يحدث بسرعة كافية لمنع أنواع كثيرة من الانقراض.
- سوف يُؤثر الاحتباس الْحراريّ في البشر بطرق عدَّة: تغيير مُستويات البحر، وزيادة تكرار الأحداث المُناخية القاسية، وتأثيرات مُباشرة وغير مُباشرة (سلبية وإيجابية) في الزِّراعة، وفي توسُّع مدى الأمراض الاستوائيّة.

أسئلة مراجعة

اختبار ذاتي

ارسم دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. إذا لم تكن الأرض مائلة على محور دورانها فإنّ الدَّورة السَّنوية للفصول في النصفين الشَّمالي والجنوبي ستكون:
   أ. معكوسة. ب. كما هي.
   جـ. مُختزلة. د. غير موجودة.
2. تأثير كوريولس:
   أ. يقود دوران الأرض.
   ب. مسؤول عن الغياب النِّسبي للفصول على خط الاستواء.
   جـ. يقود أنماط دوران الرِّياح العالمية.
   د. يقود أنماط دوران الرِّياح العالمية، ودورات المُحيطات العالمية.
3. العاملان اللذان لهما أكبر أهمية في توزيع الأقاليم هما:
   أ. درجة الحرارة، وخطوط العرض.
   ب. هطل المطر، ودرجة الحرارة.
   جـ. خطوط العرض، وهطل المطر.
   د. درجة الحرارة، ونوع التربة.
4. في ظل المطر، يبرد الهواء كلما ارتفع، ويسخن كلما هبط، مُكوِّنًا في الغالب جانبًا رطبًا وآخر جافًّا؛ لأنَّ قُدرة حمل الهواء للماء:
   أ. مُرتبطة ارتباطًا طرديًّا مع درجة حرارة الهواء.
   ب. مُرتبطة ارتباطًا عكسيًّا مع درجة حرارة الهواء.
   جـ. لا تتأثر بدرجة حرارة الهواء.
   د. تُنتج تغيُّرات في درجة حرارة الهواء.
5. السَّبب أو الأسباب الرّئيسة التي تُسبِّب الفرق بين الغابة المطرية الاستوائيّة والغابة دائمة الخضرة المُعتدلة هو:
   أ. كمية مُعدَّل سقوط الأمطار السَّنوي.
   ب. مُعدَّل درجة الحرارة السَّنوي.
   جـ. درجة الحرارة وسقوط المطر.
   د. لا شيء مما ذُكر.
6. التَّقسيم الطبقي الْحراريّ في بحيرة:
   أ. لا يتغيَّر بالانقلاب الخريفي والرَّبيعي.
   ب. يُؤدي إلى كميات أعلى من الأكسجين في المياه العميقة بالمقارنة مع سطح المياه.
   جـ. يُؤدي إلى كميات أعلى من الأكسجين على سطح المياه بالمقارنة مع المياه العميقة.
   د. يقلّ عند تكوين الجليد على سطح البُحيرة.
7. البحيرات قليلة التغذية تمتلك:
   أ. أكسجينًا قليلًا، ووفرة غذاء عالية.
   ب. أكسجينًا عاليًا، ووفرة غذاء عالية.
   جـ. أكسجينًا عاليًا، ووفرة غذاء قليلة.
   د. أكسجينًا قليلًا، ووفرة غذاء قليلة.
8. البُحيرات قليلة التغذية يُمكن أن تتحوَّل إلى بُحيرات حقيقية التغذية بسبب أنشطة الإنسان، مثل:
   أ. الصَّيد الجائر للأنواع الحسَّاسة، الذي يبدد جماعات الأسماك.
   ب. إدخال الغذاء إلى المياه، الذي يُحفِّز نمو النَّباتات والطّحالب.
   جـ. تبديد نباتات اليابسة قُرب الشاطئ، ما يجعل التُّربة تنجرف إلى البُحيرة.
   د. رشّ المُبيدات إلى الماء لمُكافحة جماعات الحشرات المائية.
9. مُجتمعات الثغرات المائية الحرارية في البحر العميق:
   أ. تحصل على الطَّاقة الخاصة بها من التَّمثيل الضوئي في المنطقة الضوئية قُرب السَّطح.
   ب. تستعمل الإضاءة البيولوجية لتكوين الغذاء.
   جـ. تبنى على الطَّاقة التي تنتُج من نشاط ذاتيَّات التَّغذية الكيميائية لأكسدة الكبريت.
   د. تحتوي بكتيريا فقط ومخلوقات دقيقة أخرى.
10. يحدث التَّضخيم البيولوجي عندما:
   أ. يزيد تركيز المُلوِّثات في الأنسجة عند مستويات غذائية عُليا.
   ب. يزداد تأثير المُلوثات عن طريق التَّداخل الكيميائي داخل المخلوقات الحية.
   جـ. يُوضع المخلوق تحت المجهر التَّشريحي.
   د. يكون تأثير المُلوِّث أكبر من المُتوقَّع عند بَلْعِهِ من قِبَل المخلوق.
11. واحد مما يأتي هو مصدر تلوث محدد المصدر:
   أ. المروج.
   ب. مدافن المصانع التي تعمل بالفحم.
   جـ. أنابيب مُخلَّفات المصانع التي تصبُّ في النَّهر.
   د. المطر الحمضي.
12. مقولة: إنَّ مُستويات CO_2 الآن تزيد عما كانت عليه في الماضي:
   أ. تعتمد على الأساس النَّظري.
   ب. تعتمد على المعلومات والبيانات.
   جـ. ليس لها علاقة مع الاحتباس الْحراريّ.
   د. هي في الأساس نظرية مفادها أن درجة الحرارة العالمية تقلّ.
13. فقدان طبقة الأوزون له تأثيرات خطيرة في نوعية البيئة؛ لأنَّ:
   أ. الأوزون (O_3) يحمي المخلوقات من الأشعة فوق البنفسجية التي تُسبِّب السَّرطان.
   ب. تآكل طبقة الأوزون يجعل مياه الأمطار أقل درجة حموضة ما قد يقتل النَّباتات.
   جـ. فقدان طبقة الأوزون يجعل الأشعة الشَّمسية تُحبس في الغلاف الجوي، وتزيد درجة حرارة الكون.
   د. طبقة الأوزون المُتآكلة يُمكن أن تتفاعل مع المواد الكيميائية السَّامة، فتزيد من فعاليتها على صحة الإنسان.

أسئلة تحدٍّ

1. ناقش كيف أنَّ (الشكل 58-1) يُفسِّر النَّمط الذي تُشاهده في الشَّكل 58-2.
2. لماذا تُوجد صحارى الأرض عند خط عرض $30°$ تقريبًا؟
3. من المُتوقع أن تحدث ظلال المطر عندما تعترض جبال عالية الرِّياح السائدة. ما نوع الظِّل المطري الذي تتوقعه إذا وصلت الرِّياح السَّائدة إلى جهة مُواجهة لها جافةً نسبيًّا؟
4. ما الفرق بين الاحتباس الْحراريّ والتَّغيُّرات في مُستويات مُعدَّل CO_2؟
5. إذا كان مُبيد حشري غير مُؤذٍ على تراكيز قليلة (مثل، D.D.T.)، واستُعمل بشكل مُناسب وصحيح، كيف يُمكن أن يُصبح هذا المُبيد خطرًا على المخلوقات غير المُستهدفة؟

هل أنت في حاجة إلى مراجعة إضافية؟ زر الموقع www.ravenbiology.com. لتتدرب على الاختبارات القصيرة، والرسوم المتحركة، والتسجيلات التلفزيونية، وأنشطة مخصصة لمساعدتك على فهم المادة الموجودة في هذا الفصل.

الفصل 59

الحفاظ الْحيويّ (المحافظة الْحيويّة)
Conservation Biology

مقدّمة

من بين التحديات الكبيرة التي يواجهها الغلاف الْحيويّ انقراضُ الأنواع المتسارع. فمنذ نهاية العصر الطباشيري منذ 65 مليون سنة، لم ينقرض مثل هذا العدد من الأنواع في وقت قصير كهذا. أدى هذا التحدي إلى ظهور تخصص بيولوجيا المحافظة. بيولوجيا المحافظة علمٌ تطبيقيٌّ يبحث في كيفية حفظ الأنواع، والمجتمعات، والأنظمة الْحيويّة. يدرس هذا العلم أسباب التناقص في غنى الأنواع، ومحاولات تطوير طرق منع مثل هذا التناقص. في هذا الفصل، سنستقصي أزمة التّنوّع الْحيويّ وأهميتها. ومن ثم، استعمال حالات تاريخية، سنحدد وندرس العوامل التي أدت دورًا رئيسًا في الانقراض. وننهي الفصل بمراجعة جهود المعالجة على مستويات الأنواع والمجتمع.

موجز المفاهيم

59-1 نظرة عامة على أزمة التّنوّع الْحيويّ

- *الإنسان الأول (الإنسان البدائي) هو المسؤول عن الانقراضات المحلية.*
- *استمرت عمليات الانقراض في العصور التاريخية الراهنة.*
- *الأماكن الحرجة والمهمة للأنواع المستوطنة مهدّدة بالانقراض بشكل خاص.*

59-2 قيمة التّنوّع الْحيويّ

- *القيمة الاقتصادية المباشرة للتنوع الْحيويّ تشمل المصادر اللازمة لحياتنا.*
- *القيمة الاقتصادية غير المباشرة مشتقة من خدمات النّظام الْبيئيّ.*
- *تستند القيم الأخلاقية والجمالية إلى ضمائرنا ووعينا.*

59-3 العوامل المسببة لعمليات الانقراض

- *الْبرمائيّات في تناقص: دراسة حالة.*
- *ضياع البيئة يدمّر غنى الأنواع.*
- *الاستثمار الزائد يقضي على الأنواع بسرعة.*
- *تهدِّدُ الأنواعُ الدخيلةُ الأنواعَ الأصيلةَ وبيئاتِها.*
- *يمكن أن يؤدّي تعكير الأنظمة الْبيئيّة إلى شلال من الانقراضات.*
- *فقدان الأنواع الجوهرية ربما يعكّر الأنظمة الْبيئيّة.*
- *الجماعات الصغيرة بشكل خاص شديدة الحساسية.*

59-4 طرق المحافظة على الأنواع المهددة بالانقراض

- *أحيانًا، يمكن أن تُستعاد البيئة المهدّدة مرة أخرى.*
- *أنقذت برامج التكاثر بالأسر بعض الأنواع.*

59-5 المحافظة على الأنظمة الْبيئيّة

1-59 نظرة عامة على أزمة التّنوّع الْحيويّ

الانقراض حقيقة حياة. فمعظم الأنواع – وربما كلها– ستنقرض في النهاية. أكثر من 99% من الأنواع المعروفة للعلماء (معظمها من سجلات الأحافير) هي الآن منقرضة. مع ذلك، فإنّ معدلات الانقراض الحالية عالية لدرجة الخطر. ومع الأخذ في الحسبان التسارع الكبير في فقدان البيئات، خاصةً في المناطق الاستوائيّة، فقد أفادت نتيجة الحسابات التي أجريت أن 20% تقريبًا من التّنوّع العالمي ربما فُقد في منتصف هذا القرن. إضافةً إلى ذلك، ربما فُقدت بعض الأنواع حتى قبل أن نعرف بوجودها. ويقدِّر العلماء أنّ أقل من 15% من المخلوقات حقيقية النوى في العالم تَمَّ الكشف عنها وإعطاؤها أسماء علمية، وهذه النسبة ربما تكون أقل بكثير فيما يخص الأنواع الاستوائيّة.

هذه الخسائر سوف تؤثر في المجموعات المعروفة أكثر من الأنواع شبه المعروفة. فنحو 50,000 نوع من مجموع 250,000 نوع في العالم من النباتات، و4,000 نوع من أصل 20,000 نوع في العالم من الفراشات، وتقريبًا 2,000 نوع من أصل 8,600 نوع في العالم من الطّيور يمكن أنْ تُفقدَ خلال هذه الفترة. وبالأخذ في الحسبان أنّ النوع البشري موجود فقط منذ أقل من 20,000 سنة من عمر العالم، وهو 4.5 بليون سنة، وأن أسلافنا طوروا الزراعة منذ نحو 10,000 سنة خلت، فهذا إنجاز مذهل – ومشكوك فيه-.

الإنسان الأول (الإنسان البدائي) هو المسؤول عن الانقراضات المحلية

يمكن تعلّم الكثير عن معدلات الانقراض من دراسة الماضي. في أزمان ما قبل التاريخ، حلّت صاعقة مدمرة في أيّ مكان جديد حلّ به الإنسان *Homo sapiens*. فمثلًا، في نهاية العصر الجليدي الأخير، قبل 12,000 سنة تقريبًا، كانت حيوانات أمريكا الشمالية مكونةً من تنوع من ثدييات كبيرة، شبيهة بتلك الموجودة في إفريقيا اليوم: الماموث، والمستودون، والخيول، والجمال، وحيوان الكسلان الضخم الأرضي، والقطط ذات الأنياب الشبيهة بالسيف، والأسود، وغيرها من الكثير من الحيوانات (الشكل 59-1).

بعد وصول الإنسان بفترة قصيرة، انقرض 74-86% من الحيوانات الكبيرة (أي الحيوانات التي تزن أكثر من 100 باوند). ويُعتقدُ أنّ عمليات الانقراض هذه نتجت عن الصّيد، وبشكل غير مباشر، عن حرق الغابات وقطعها. (بعض العلماء يعزون عمليات الانقراض هذه للتغيرات المناخية، ولكن هذه الفرضية لا تفسر لماذا لم يرافق نهايات العصور الجليدية الأقدم عمليات انقراض كبيرة، ولا تفسر كذلك سبب حدوث الانقراض بين الحيوانات الكبيرة ابتداءً، في حين لم تتأثر الأنواع الأصغر).

الشكل 59-1

أمريكا الشمالية قبل أن يسكنها الإنسان. تشمل الحيوانات الموجودة في أمريكا الشمالية قبيل وصول الإنسان الطّيور والثّدييّات الكبيرة، مثل جمل أمريكا الشمالية القديم، والقط ذي الأنياب المسيفة، والكسلان الأرضي الضخم، والحدأة.

وفي العالم كلّه، حدثت نتائج مشابهة بعد وصول الإنسان. فقبل 40,000 سنة، احتلت أستراليا أنواعًا واسعة من الحيوانات الكبيرة، من بينها الجرابيات الشبيهة بأفراس النهر والنمور من حيث الحجم والبيئة، والكنغر الذي طوله 9 أقدام، وسحلية الورل بطول 20 قدمًا. هذه كلها اختفت تقريبًا في الفترة نفسها التي وصل فيها الإنسان.

الجزر الصغيرة أيضًا تَمَّ تدميرها. فشهدت جزيرة مدغشقر انقراض 15 نوعًا من الليمور تقريبًا، منها واحد بحجم الغوريلا؛ وفرس النهر القزم، وطائر الفيل الذي لا يطير، *Aepyronis*، وهو أكبر الطّيور التي عاشت على الإطلاق (أكثر من 3 م في الطول ويزن 450 كجم). على جزيرة نيوزيلندا، تعرض 30 نوعًا من الطّيور للانقراض، من بينها 13 نوعًا من طيور الموا، وهي مجموعة أخرى من الطّيور الكبيرة التي لا تطير. ومن المثير للاهتمام أنّ قارة واحدة احتفظت بمثل هذه الحيوانات الكبيرة على ما يبدو، وهي إفريقيا. يتوقع العلماء أنّ سبب نقص عمليات الانقراض في إفريقيا قبل التاريخ ربما نجم عن أنّ الكثير من تطوّر الإنسان وقع في إفريقيا. ولهذا، فإنّ الأنواع الإفريقية كانت تتطوّر مع الإنسان ملايين عدَّة من السنين، ولهذا طورت تَكَيُّفًا معاكسًا لافتراسها من قِبَلِ الإنسان.

استمرت عمليات الانقراض في العصور التاريخية الراهنة

إن معدلات الانقراض التاريخية معروفة أكثر في الطّيور والثّدييّات لأنها؛ أكثر وضوحًا؛ لأنّ حجمها كبير ومدروسة بشكل أفضل. وتقديرات معدلات الانقراض لأنواع أخرى هي تقريبية أكثر. تعتمد البيانات الظاهرة في (الجدول 59-1)، على أفضل الأدلة الموجودة، وهي تُظهر عمليات انقراض مسجلة منذ عام 1600 إلى الآن. تشير هذه التقديرات إلى أنّ 85 نوعًا من الثّدييّات تقريبًا، و113 نوعًا من الطّيور انقرضت منذ عام 1600. وهذا يعني نحو 2.1% من الثّدييّات المعروفة و1.3% من الطّيور المعروفة.

وقعت معظم عمليات الانقراض في الـ 150 سنة الماضية: نوع واحد في كلّ عام بين العامين 1850 و1950، وأربعة أنواع كلّ عام بين العامين 1986 و1990. ويشكل هذا الازدياد في معدّل عمليات الانقراض قلب أزمة التّنوّع الْحيويّ.

لسوء الحظ، فإنّ الوضع على ما يبدو يزداد سوءًا. فمثلًا، عدد أنواع الطّيور التي تعرف بأنها «الأشد تهديدًا بالانقراض» ازداد 8% بين عامي 1996 و2000، وقد أظهر تقرير عام 2002 أنّ نصف نباتات الأرض تقريبًا ربما يكون مهددًا بالانقراض. ويتوقع بعض الباحثين أنّ ثلثي أنواع الْفقريّات كلها يمكن أنْ يختفي في نهاية هذا القرن.

وقعت أغلب عمليات الانقراض التاريخية– إنْ لم يكنْ كلّها – على جزر. فمثلًا، من 85 نوعًا من الثّدييّات التي انقرضت في الـ 400 سنة الماضية، كانت 60% تعيش على الجزر. إن قابلية أنواع الجزر للانقراض قد تعزى إلى عوامل عدة: مثل، أن هذه الأنواع غالبًا ما نشأت في غياب المفترسات، ولهذا فقدت قدرتها على الهرب من الإنسان والمفترسات الدخيلة مثل الجرذان والقطط. إضافة إلى ذلك، أدخل الإنسان منافِسات وأمراضًا؛ فمثلًا، قضت الملاريا على الطّيور في جزر هاواي. أخيرًا، مخلوقات الجزر قليلة نسبيًّا على الأغلب، ولهذا تكون أكثر عرضةً للانقراض، كما سنرى لاحقًا في هذا الفصل.

في السنوات الأخيرة، انتقلت أزمة الانقراض من الجزر إلى القارات. أغلب الأنواع الآن المهددة بالانقراض موجودة على القارات، وستتحمل هذه المناطق وطأة أزمة الانقراض في هذا القرن.

يجادل بعض الناس بقولهم: إنه يجب ألا نهتم لذلك؛ لأنّ الانقراضَ عمليةٌ طبيعيةٌ، وأنّ الانقراض الواسع حدث في الماضي. في الحقيقة، لقد حدثت عمليات الانقراض الواسع مرات عدة في النصف بليون سنة الماضية (انظر الشكل 22-20). ومع ذلك، فعملية الانقراض الواسع الحالية واضحة في نواحٍ عدة. أولًا، إنها العملية الوحيدة التي يُحْدِثُها نوعٌ واحد (نحن!). إضافة إلى هذا، وعلى الرّغم من أنّ تنوّع الأنواع يتعافى عادةً بعد ملايين عدة من السنوات (كما ناقشنا في الفصل الـ 22)، إلا أنّ هذا وقت طويل لنحرم أبناءنا وأحفادنا من فوائد التّنوّع الْحيويّ ومتعه.

إضافة إلى ذلك، ليس واضحًا من أنّ التّنوّع الْحيويّ سيستعيد عافيته هذه المرة. بعد آخر عمليات انقراض واسعة، ظهرت أنواع جديدة لتستهلك المصادر الجديدة المتوافرة بسبب انقراض أنواع كانت تستفيد منها سابقًا. اليوم، مع ذلك، مثل هذه المصادر من الصعب توافرها؛ لأن البشر يدمّرون البيئات، ويأخذون المصادر لاستعمالاتهم الخاصة.

الأماكن الحرجة والمهمة للأنواع المستوطِنة مهدّدة بالانقراض بشكل خاص

الأنواع الموجودة في منطقة جغرافية، واحدة، وليس في أماكن أخرى يُقال: إنها **مُسْتَوْطِنَةٌ Endemic** لتلك المنطقة. قد تكون المنطقة التي توجد بها الأنواع المستوطِنة كبيرة وواسعة جدًا. فمثلًا، شجرة الكرز الأسود (*Prunus serotina*) مستوطِنة في كلّ أمريكا الشمالية المعتدلة. وبطريقة أكثر نموذجيةً، وعلى الرغم من ذلك، تحتل الأنواع المستوطِنة نطاقات أضيق. يعيش تنين كومودو (*Varanus komodoensis*) على عدد صغير فقط من الجزر الصغيرة في

الجدول 59-1 الانقراضات المسجلة منذ 1600

	الانقراضات المسجلة					
المجموعة	اليابسة	الجزيرة	المحيط	المجموع	عدد الأنواع التقريبي	نسبة الانقراض في المجموعة
ثدييات	30	51	4	85	4.000	2.1
طيور	21	92	0	113	8.600	1.3
زواحف	1	20	0	21	6.300	0.3
أسماك	22	1	0	23	24.000	0.1
لافقريات*	49	48	1	98	1.000.000+	0.01
نباتات زهرية	245	139	0	384	250.000	0.2

* أعداد اللافقريات المنقرضة ربما تكون مقدرة بشكل أقل من الطبيعي بسبب نقص المعلومات عن الكثير من الأنواع (المجموعات الأخرى ربما تكون مقدرة دون الطبيعي للسبب نفسه).

الشكل 59–2

أسياف مونا كيا الفضية *(Argyroxiphium sandwicense)*. أنواع عدة من الأسياف الفضية مستوطنة في مناطق صغيرة. توضح هذه الصورة مرحلتين في دورة حياة النبات.

الأرخبيل الإندونيسي، والأسياف الفضية (*Argyroxiphium sandwicense*) و(*A.s macrocephalum*) وكلّ منها يعيش في فوهة بركان واحدة على جزيرة هاواي (الشكل 59–3). المناطق الجغرافية المنفصلة، مثل الجزر المحيطية، والبحيرات وقمم الجبال، غالبًا ما تمتلك نسبًا عالية من الأنواع المستوطِنة، وبعضها مُهَدَّدٌ بالانقراض.

يمكن أنْ يختلف عدد الأنواع المستوطِنة للنباتات بشكل كبير من مكان إلى آخر في الولايات المتحدة، فمثلًا، 379 نوعًا نباتيًّا موجود فقط في تكساس، في حين تملك نيويورك نوع نبات مستوطِن واحد فقط. أما كاليفورنيا ببيئاتها المتنوعة، التي تشمل الصحارى، والجبال، وساحل البحر، والغابات القديمة، وأراضي الحشائش، فهي موطنٌ لأنواع نباتات مستوطِنة أكثر من غيرها من الولايات.

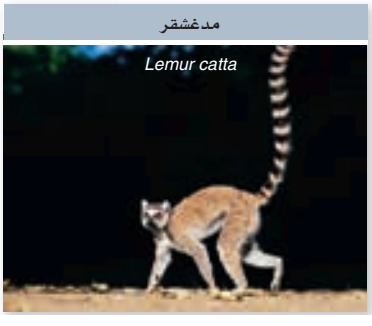
الأماكن السّاخنة للأنواع

على مستوى العالم، تقع تراكيز مهمة للأنواع المستوطِنة في مواقع معينة. تَعَرَّفَ علماء المحافظة حديثًا على مناطق تُدعى **المواقع السّاخنة Hotspots**، التي تملك معدل استيطان عالٍ وذات معدّل اختفاء عالٍ أيضًا. مثل هذه المناطق السّاخنة تشمل مدغشقر، وغابات مطرية استوائية متنوعة، وجبال هيمالايا الشرقية، ومناطق ذات مُناخ متوسطي مثل كاليفورنيا، وإفريقيا الشمالية، وأستراليا، ومناطق مُناخية عدّة أخرى (الشكل 59–3 وجدول 59–2). بالمحصلة، 25 من هذه المواقع السّاخنة تَمَّ التّعرّف إليها، وهي تحتوي على نصف الأنواع البرية جميعها في العالم تقريبًا.

أما لماذا تحتوي مثل هذه المناطق على عدد كبير من النباتات المستوطِنة، فهو موضوع نشط في البحث العلمي. فبعض هذه المواقع السّاخنة تقع في مناطق ذات تنوّع عالٍ، ولمثل هذه المواقع السّاخنة قد ينطبق تفسير التّنوّع بشكل عام، بالإنتاجية العالية (راجع الفصل الـ 57). إضافة إلى ذلك، تقع بعض المواقع السّاخنة على جزر منفصلة، مثل نيوزيلندا، ونيوكاليدونيا وجزر هاواي، حيث أنتج التّنوّع التطوري خلال فترات طويلة مواطن حيوية غنية، مكونة من أنواع نباتات وحيوانات لا توجد في أي مكان آخر في العالم.

الشكل 59–3

مناطق ساخنة ذات استيطان مرتفع. هذه المناطق غنية بالأنواع المستوطنة التي يهددها انقراض واسع.



الجدول 59-2	عدد الأنواع المستوطِنة في بعض المناطق السّاخنة			
المنطقة	الثّدييّات	الزّواحف	الْبرمائيّات	النباتات
الغابات الأطلسية السّاحليّة (البرازيل)	160	60	253	6.000
تشوكو أمريكا الجنوبية	60	63	210	2250
الفلبين	115	159	65	5.832
الأنديز الاستوائيّة	68	218	604	20.000
جنوب شرق أستراليا	7	50	24	4.331
مدغشقر	84	301	187	9.704
منطقة الكاب (جنوب إفريقيا)	9	19	19	5.682
مقاطعة كاليفورنيا المزهرة	30	16	17	2.125
كاليدونيا الجديدة	6	56	0	2.551
جنوب وسط الصين	75	16	51	3.500

نموّ جماعة البشر في المواقع السّاخنة

بسبب احتواء المواقع السّاخنة على أعداد كبيرة من الأنواع المستوطِنة، يجب أنْ تكون المحافظة على تنوعها الْحيويّ جزءًا مهمًّا من الجهود لحماية الميراث الْحيويّ للعالم. أو، لننظر إلى الأمر من جهة أخرى، بحماية 1.4% فقط من سطح الأرض العالمي، فإننا نحافظ على 44% من أشجار العالم الوعائية، و35% من فقريّات العالم البريّة.

لسوء الحظ، لا تحتوي المواقع السّاخنة على الأنواع المستوطِنة فقط، ولكن أيضًا على جماعات بشرية تنمو. فعام 1995، احتوت هذه المواقع على 1.1 بليون شخص – 20% من سكان العالم – بكثافات عالية في بعض الأحيان (الشكل 59-4 أ). والأهم من هذا، أنّ الجماعات البشرية كانت تنمو في المواقع جميعها ما عدا واحدًا لكون معدّلات المواليد أعلى من معدلات الوفيات بكثير، وكذلك لأن معدلات الهجرة لتلك المناطق عالية. وفوق كلّ هذا، تجاوز معدّلُ النّموّ المعدّلَ العالميّ في 19 موقعًا ساخنًا (الشكل 59 - 4 ب). في بعض المواقع السّاخنة، كان معدل النّموّ ضعف معدل النّموّ تقريبًا في باقي العالم.

الشكل 59-4

الجماعات البشرية في المواقع السّاخنة. أ. كثافة الجماعة البشرية. ب. معدل النّموّ السّكانيّ في المواقع السّاخنة المتنوعة حيويًّا.

استقصاء

لماذا تختلف الكثافة السكانية ومعدلات النّموّ بين المناطق السّاخنة؟

وقد لا يكون مفاجئًا أن كثيرًا من هذه المواقع تتعرض لمعدلات مرتفعة من تدمير البيئات، حيث تستخدم الأرض للزراعة، وللإسكان، وللنمو الاقتصاديّ. فقد اختفى أكثر من 70% من المنطقة الأصلية في كلّ موقع ساخن حاليًّا، وفي 14 موقعًا ساخنًا، بقي 15% أو أقل من البيئات الأصلية. ففي مدغشقر، قُدِّرَ أنّ 90% من الغابة الأصلية ضاعت ، هذا على جزيرة، حيث 85% من الأنواع لا توجد في أيّ مكان سواها. وفي غابات الساحل الأطلسي للبرازيل، كان مستوى إزالة الغابات أعلى: فقد اختفى 95% من الغابات الأصلية.

ضغط الجماعة ليس السبب الوحيد في تدمير المواقع السّاخنة. فالاستنزاف الاقتصاديّ لتلبية حاجات الناس المتزايدة في العالم المتقدم يؤدي دورًا مهمًّا. فمثلًا، التقطيع عالي المستوى لأشجار الغابات المطرية الاستوائيّة، الذي يحدث في دول عدة لتوفير الخشب، ينتهي معظمه في الولايات المتحدة، وأوروبا الغربية، واليابان. وبشكل مشابه، أزيلت غابات عدة في أمريكا الوسطى والجنوبية لعمل طرق لمزارع ماشية تنتج لحومًا رخيصة الثّمن لمطاعم الوجبات السريعة. وغالبًا ما تتعرض المواقع السّاخنة في الدول كثيرة السّكّان لخطر البيع أو الاستعمالات التجارية؛ لأنها تقع على أراضٍ باهظة الأسعار، مثل فلوريدا وكاليفورنيا في الولايات المتحدة.

تشير التقديرات الحالية إلى أن التّنوّع الْحيويّ بدأ يقل بمعدلات تنذر بالخطر، وأنّ سبب الفقدان الرّئيس يعود لأنشطة الإنسان في كلّ من أوقات ما قبل التاريخ، وأوقات العصور الحالية.

توجد الأنواع المستوطِنة في مناطق محدَّدة فقط على الأرض؛ المناطق عالية الأعداد بالأنواع المستوطِنة أو المواقع السّاخنة تهددها انتهاكات الإنسان بشكل خاص.

2-59 قيمة التّنوّع الْحيويّ

لماذا علينا أنْ نقلق على فقدان التّنوّع الْحيويّ؟ السبب هو أنّ للتنوع الْحيويّ قيمة لنا بطرق عدة:

- قيمة اقتصادية مباشرة للمُنتَجات التي نحصل عليها من أنواع النباتات، والحيوانات والمخلوقات الأخرى.
- قيمة اقتصادية غير مباشرة للفوائد التي تنتجها الأنواع دون أنْ نستهلكها.
- قيم أخلاقية وجمالية.

القيمة الاقتصادية المباشرة للتنوع الْحيويّ تشمل المصادر اللازمة لحياتنا

للعديد من الأنواع قيمة مباشرة كمصادر للغذاء، وللدواء، وللملابس، وللكتلة الْحيويّة (للطاقة وحاجات أخرى) وللمأوى. معظم محاصيل الغذاء العالمية، مثلًا، مُشتقة من عدد صغير من النباتات تَمَّ تدجينها أصلا من نباتات برية في المناطق الاستوائيّة وشبه الجافة. ولهذا السبب، تحتوي العديد من أهم محاصيلنا تنوعًا وراثيًا قليلًا نسبيًا (مساويًا لتأثير المؤسس، راجع الفصل 20)، في حين تحتوي أقاربها البرية تنوعًا كبيرًا.

في المستقبل، قد يكون التّنوّع الْوراثيّ مطلوبًا من السلالات البرية لهذه الأنواع إذا أردنا تحسين الإنتاج، أو نجد طريقة لاشتقاق نباتات جديدة مقاومة للحشرات الضارة. وفي الحقيقة، بَيَّنَتْ تجارب اشتقاق زراعية حديثة أهمية المحافظة على الأقارب البرية للمحاصيل الشائعة وقيمتها. فمثلًا، بتزاوج البندورة التجارية مع الأنواع الصغيرة ذات الألوان الغريبة من البندورة البرية والموجودة في جبال بيرو، استطاع العلماء زيادة إنتاج المحاصيل 50%، مع زيادة المحتوى الغذائي واللون.

يعتمد نحو 70% من البشر حول العالم بشكل مباشر على النباتات كمصدر لدوائهم. بالإضافة لذلك، 40% تقريبا من الأدوية الموصوفة وغير الموصوفة من قِبَلِ الطّبيب المُستعملة اليوم تحوي مكونات فعّالة مستخلصة من النباتات أو الحيوانات. فالأسبرين، وهو أكثر الأدوية استعمالًا، أُستخلص في البداية من أوراق أشجار الصفصاف الاستوائيّة، *Salix alba*. وأعطت نباتات الونكة المزهرة من مدغشقر أدوية ناجحة لمقاومة اللوكيميا عند الأطفال (الشكل 59-5)، وأنتجت أدوية

ب.

أ.

الشكل 59-5

الونكة (عين القط) المزهرة.
أ. يُستخلص دواءان من الونكة المزهرة (*Catharanthus roseus*) من مدغشقر، فنبلاستين وفنكرستين حيث يُستعملان لعلاج لوكيميا الأطفال بفعاليّة، ويرفعان نسبة فرصة الشفاء من 20 % إلى 95%. ب. أدوية معالجة السرطان، تاكسول (taxol) استخرجت من قلف شجرة الطقسوس. (*Taxus brevifolia*).

فعّالة في معالجة أنواع عدة من السّرطان وأمراض أخرى من أشجار الطّقسوس الأطلسيّة.

واستطاع علماء الأحياء حديثًا فقط إتقان التقنيات التي تجعل في الإمكان نقل الجينات من نوع إلى آخر. لقد بدأنا الآن باستعمال جينات من مخلوق آخر لمصلحتنا (انظر الفصل الـ 15). لقد بدأنا الآن بما يسمى «سبر الجينات» للمحتويات الجينية للنباتات والحيوانات بحثًا عن جينات مفيدة. وقد تمكّنا من فحص نسبة ضئيلة فقط من مخلوقات الأرض لمعرفة ما إذا كانت تملك جينات بصفات مفيدة للإنسان.

إذن، بالمحافظة على التّنوّع الْحيويّ، نُبقي على خيار اكتشاف عوائد مفيدة في المستقبل. ولسوء الحظ، يتعرض الكثير من الأنواع الواعدة في بيئات، مثل الغابات المطرية الْاستوائيّة، للتدمير بمعدلات تنذر بالخطر.

القيمة الاقتصادية غير المباشرة مشتقة من خدمات النّظام الْبيئيّ

المجتمعات الْحيويّة المتنوعة مهمة جدًا للنظام الْبيئيّ الصّحّي، فهي تحافظ على النوعية الكيميائية للماء الطبيعية، وتحمي الأنظمة البيئة من العواصف والجفاف، وتحفظ التربة، وتمنع فقدان المعادن والعناصر الغذائية، وتلطّف المُناخ المحليّ والإقليميّ، وتمتصّ التّلوّث، وتشجّع تحطيم الفضلات العضوية وتدوير المعادن.

وقد ناقشنا في (الفصل الـ 57)، الدليل على أنّ ثبات الأنظمة الْبيئيّة وإنتاجها مرتبطان بغنى الأنواع. فبتدمير التّنوّع الْحيويّ، نكوّن ظروفًا أقل استمرارية، وأقل إنتاجية تشجّع التّصحّر، وتسرّب المياه، والتشبّع بالمعادن، ونتائج غير مرغوبة حول العالم.

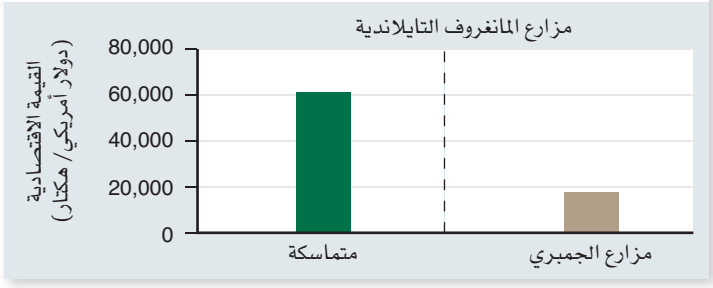
أهمية البيئات المتماسكة

استطاع علماء الاقتصاد أخيرًا مقارنة القيمة الاجتماعية من نواحٍ مالية للبيئات المتماسكة مقارنةً بقيمة تدمير مثل هذه البيئات. وما يدهش، أنه في معظم الدراسات التي أُجريت حتى الآن، كانت الأنظمة الْبيئيّة المتماسكة أكثر قيمة من ناحية الأنواع الناشئة مقارنة مع تدميرها. في تايلاند، مثلًا، أزيلت بيئات نبات المانجروف السّاحليّة، لإنشاء مزارع الجمبري. وعلى الرّغم من أنّ ناتج الجمبري كان مرتفعًا فإن هذه القيمة لا توازي الفوائد التي يمكن جنيها من الخشب، وإنتاج الفحم، وصيد السّمك، والحماية من العواصف التي يوفرها نباتات المانجروف (الشكل 59-6أ).

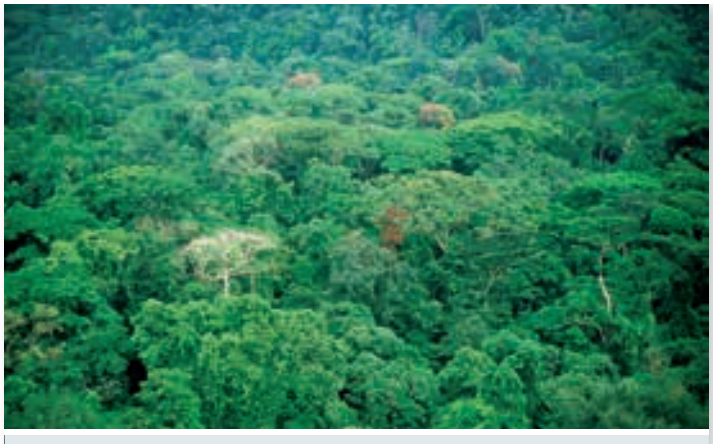
بشكل مشابه، وفرت الغابات المطرية الاستوائيّة المتماسكة في الكاميرون، غرب إفريقيا، الفاكهة ومواد أخرى. وأدت إزالة الغابات من أجل الزّراعة، أو زراعة النّخيل إلى تعريةٍ لوّثتْ بدورها جداولَ الماء، وزادت من الفيضانات. وبجمع النفقات والفوائد في الخيارات الثلاثة، كان للإبقاء على الغابات المتماسكة قيمة اقتصادية أعلى (الشكل 59-6 ب).

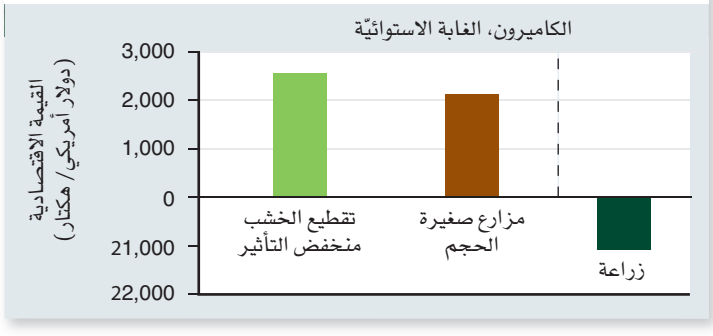
دراسة حالة: مُستَجمع الأمطار في مدينة نيويورك

ربما كان أشهر الأمثلة على قيمة الأنظمة الْبيئيّة المتماسكة يوضحه مُستَجمع الأمطار في مدينة نيويورك. 90% من الماء لمناطق نيويورك التي يسكنها 9 ملايين شخص تأتي من جبال مقتل القط والمياه القريبة القادمة من نهر ديلاوير (الشكل 59-7). تُجْمعُ المياه التي تجري من مناطق جبلية وقروية تبعد أكثر من 4000 كم^2 داخل خزانات، ومن ثَمَّ تُنقلُ عبر قناة مياه لأكثر من 136.8 كم إلى مدينة نيويورك بمعدل 4.9 ملايين لتر يوميًّا.



أ.





ب.

الشكل 59-6

القيمة الاقتصادية للمحافظة على البيئات. أ. المانغروف في تايلاند ذو قيمة أكبر من مزارع الجمبري. ب. الغابات المطرية في الكاميرون توفر فوائد اقتصادية إنْ تركت في حال سبيلها أكثر من تدميرها، ومن ثم تُستخدم أراضيها لأهداف أخرى.

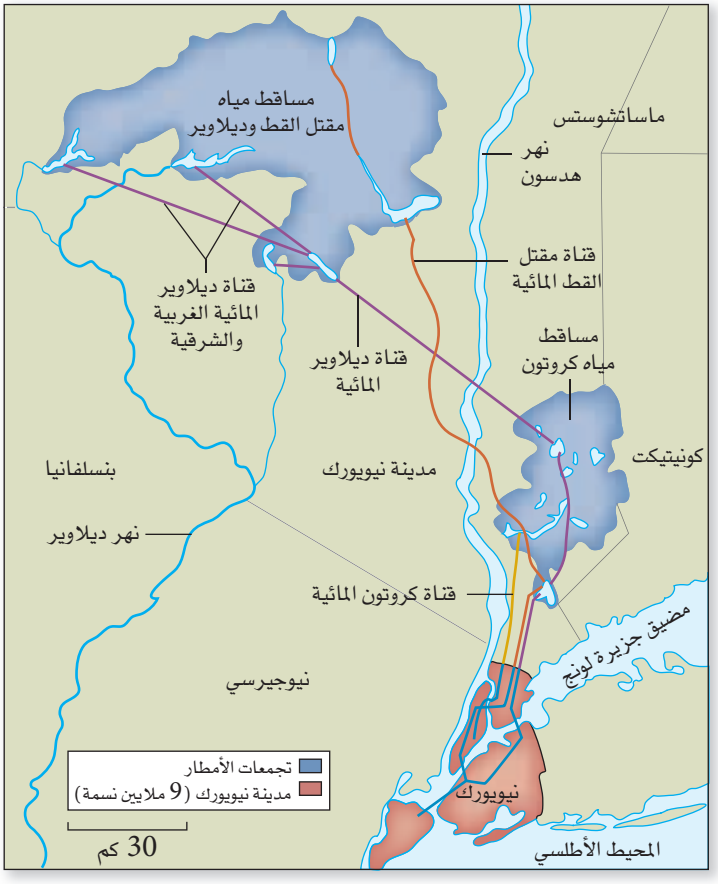
استقصاء

إذا أُقيمت مزارع الجمبري على بيئات مانغروف مزالة، فإنها تدرّ مالًا وفيرًا. كيف يمكن لإزالة المانغروف ألّا تكون شيئًا إيجابيًّا من الناحية الاقتصادية؟

عام 1990، واجهت مدينة نيويورك معضلة؛ طالبت أنظمة المياه الفدرالية بمياه أكثر نقاءً، على الرّغم من أنّ العمران والتّلوّث في مناطق مصدر المياه كانت تهدِّد نوعية المياه. كان أمام المدينة خياران: إما أنْ تعمل على حماية النّظام الْبيئيّ القائم لكي تستطيع إنتاج ماء نظيف، أو أنْ تُنشئ مصانع للتنقية لتنظيفها عند وصولها. جعل التحليل الاقتصاديّ الخيار واضحًا: سيكلف بناء المصانع 6 بلايين دولار، مع كلفة تشغيل سنوية مقدارها 300 مليون دولار، في حين يمكن لصرف بليون دولار خلال 10 سنوات أنْ يحفظ النّظام الْبيئيّ، ويُبقي الماء نقيًّا. وكان القرار سهلًا.

المقايظات الاقتصادية *(Economic trade – offs)*

توفّر هذه الأمثلة بعض الأفكار حول قيمة الخدمات التي تقدمها الأنظمة البيئة. ولكن الإبقاء على الأنظمة البيئة ليس دائمًا أكثر قيمة من تحويلها إلى استعمالات أخرى. من المؤكد أنه عندما نشأت الولايات المتحدة، وكانت الأراضي متوافرة، كان تحويل الأنظمة الْبيئيّة مجديًا اقتصاديًّا. حتى في هذه الأيام، قد يكون تدمير البيئة في بعض الأحيان مُفَضّلًا اقتصاديًّا. على الرّغم من ذلك، ما زلنا لا نعرف



الشكل 59–7

مصادر مياه مدينة نيويورك. تحصل نيويورك على الماء من مجمّعات مياه مطر بعيدة. المحافظةُ على تماسك البيئة في هذه المناطق أرخصُ من بناء مصانع جديدة لمعالجة المياه.

الكثير عن الطرق الكثيرة التي تقدم بها الأنظمة الْبيئيّة خدماتها. في الكثير من الحالات، لا نعرف قيمة الأنظمة الْبيئيّة بوضوح إلا بعد فقدانها، وظهور آثار سلبية غير متوقعة، مثل ازدياد الفيضانات، والتّلوّث، وتناقص هطل الأمطار، والقابلية للأعاصير تصبح أكثر وضوحًا.

الجدل نفسه يمكن إجراؤه من أجل حفظ نوع معين في الأنظمة الْبيئيّة. وبالأخذ في الحسبان الكمية القليلة التي نعلمها عن بيولوجيا معظم الأنواع، وبالتحديد في المناطق الاستوائيّة، فمن المستحيل أنْ نتوقع نتائج زوال نوع ما.

تخيل أخذ قائمة لقطع طائرة، ومن ثَمَّ تغيير عدد في خانة أرقام قطعة واحدة من قطع الطائرة عشوائيًّا. يمكن ربما أنْ تغير مسند مقعد إلى لفّة ورق توالیت ، أو يمكن أنْ تغير بكل سهولة مفتاح لسان قفل يحمل الجناح إلى قلم رصاص. بإزالة التّنوّع الْحيويّ، نحن نقامر بمستقبل الأنظمة الْبيئيّة التي نعتمد عليها، والتي لا نفهم مِن وظيفتها إلا القليل.

في السّنوات الحديثة، ظهر تخصص علم الاقتصاد الزِّراعيّ لدراسة الفوائد الاجتماعية للأنواع والأنظمة الْبيئيّة، وكيف يمكن تقييمها بشكل مناسب. المشكلة هنا مضاعفة مرّتين: أولًا، حتى وقت قريب، لم يكن هناك تقدير جيد للقيمة المادية للخدمات التي تقدمها الأنظمة الْبيئيّة، وهذا وضع كما رأيت يتغيّر الآن. المشكلة الثانية، أنّ الأشخاص الذين يكسبون فوائد التدمير الْبيئيّ عادة ليسوا الأشخاص أنفسهم الذين يدفعون التكاليف. فمثلًا، في مثال أشجار المانغروف، جنى مزارعو الجمبري المكاسب المالية، في حين دفع السكان المحليون التكاليف. الشّيء نفسه ينطبق على المصانع التي تسبّب تلوث الهواء أو الماء. علماء الاقتصاد الْبيئيّ يبتكرون طرقًا ملائمة لتقييم استخدام البيئة وتنظيمها بطرق يمكن لها أنْ تُضخّم الفوائد نسبة إلى التكاليف للمجتمع ككلّ.

تستند القيم الأخلاقية والجمالية إلى ضمائرنا ووعينا

يعتقد كثيرون أنّ المحافظةَ على التّنوّع الْحيويّ موضوعٌ أخلاقيٌّ؛ لأنّ كلّ نوع بحد ذاته ذو قيمة، حتى لو كان البشر غير قادرين على استثماره أو الاستفادة منه. هؤلاء الناس، يشعرون بأنّ المسؤولية تأتي مع القدرة على استثمار أنواع أخرى وتدميرها: لأننا المخلوقات الوحيدة القادرة على التخلص من عدد كبير من الأنواع، وإحداث خلل في الأنظمة الْبيئيّة، وحيث إننا المخلوقات الوحيدة القادرة على انتقاد ما يجري، لذا يجب أنْ نتصرف بوصفنا حرسًا أو مسؤولين عن تنوع الحياة حولنا.

تقريبًا، لا أحد ينكر القيمة الجمالية للتنوع الْحيويّ – سلسلة جبال غير مأهولة، أو زهرة جميلة، أو فيل ضخم – ولكن كيف نضع قيمة للجمال أو على تحديد الكثير منا لمشاعره عندما يكون في محيط طبيعي؟ ربما أفضل ما يمكننا فعله معرفة مقدار شعورنا العميق للفقدان الذي سنحسّ به إن فقدنا هذا التنوع.

التّنوّع الْحيويّ له قيمة عظيمة بحد ذاته، وكذلك لفوائده الاقتصادية المباشرة التي يوفرها، ولفوائده الاقتصادية غير المباشرة على شكل مساهمات في صحة الأنظمة الْبيئيّة التي نعتمد عليها، وللجمال الذي يوفّره. البشر في موقع فريد لوضع قرارات تخص استعمالهم للبيئة.

3-59 العوامل المسبّبة لعمليات الانقراض

إن أسبابًا عدّة، منفردة أو مجتمعة، مسؤولة عن عمليات الانقراض (الجدول 59-3). من ناحية تاريخية، كان الصّيد الجائر السّبب الرّئيس للانقراض؛ وعلى الرغم من أنه لا يزال عاملًا، فإن فقدان البيئة هو المشكلة الأساس لمعظم المجموعات هذه الأيام، ويأتي إدخال الأنواع في المرتبة الثانية. يمكن أنْ تسهم عوامل كثيرة كذلك في انقراض الأنواع، وهذه تشمل إعاقة تفاعلات النّظام الْبيئيّ، والتّلوّث، وفقدان التّنوّع الجينيّ، والاضطراب بسبب الكوارث، التي تحدث طبيعيًّا أو بسبب الإنسان.

يمكن أنْ يؤثّر أكثر من واحد من هذه العوامل في الأنواع. في الحقيقة، قد يحدث تفاعل متسلسل يُعدّ (يحضر) فيه تأثير عامل ما الأنواع مسبقًا لتصبح أكثر تأثرًا بعامل آخر. فمثلًا، قد يؤدي تدمير البيئة إلى انخفاض نسبة المواليد وزيادة معدلات الوفيات. نتيجة لذلك، تصبح الجماعات أقل عددًا وأكثر تجزئة، وذلك يجعلها أكثر عُرضة للكوارث مثل الفيضانات أو حرائق الغابات، ما قد ينهي الجماعات. وإنه عندما تصبح البيئة مُجزّأة أكثر، تصبح الجماعات منعزلة، لذلك يقل التبادل الجيني، ولا يعاد استعمار المساحات التي دُمِّرت بسبب الكوارث من جديد. أخيرًا، كلما أصبحت الجماعات صغيرة جدًا، يزداد التزاوج الداخلي، ويضيع التّنوّع الْوراثيّ بسبب الانجراف الْوراثيّ، مقللًا من تلاؤم الجماعة بصورة أكبر. أيّ من العوامل يؤدي دور رصاصة الرحمة الأخيرة ربما لا يكون له أيّ علاقة؛ العوامل الكثيرة والتفاعلات بينها، قد تسهم في انقراض الأنواع النهائي.

الْبرمائيّات في تناقص: دراسة حالة

عام 1963، كان عالِم الْبرمائيّات سافيج Jay Savage يتجول في غابة الغيمة البدائية في كوستاريكا. وفي أثناء بحثه عن أحد المنحدرات، لم يصدّق عينيه. كان أمامه تجمع ضخم للعلاجيم (ضفادع الطين) وهي تتكاثر. وما أدهشه ألوان هذه الضفادع: برتقالي فاتح يأخذ الأبصار، لا يشبه أيّ شيء شاهده في حياته من قَبْل (الشكل 59-8). لون ضفادع طين كان مدهشًا لدرجة أنّ سافيج ظنّ أنّ أصحابه يمزحون معه، وأنهم طلوا العلاجيم بطريقة ما باللون البرتقالي. وحيث أدرك سافيج أنّ هذا لم يكن ما حدث قطّ، بدأ بدراسة العلاجيم، واصفًا نوعًا جديدًا من العلجوم؛ إنه الضفدع البرتقالي، *Bufo periglenes*.

شوهد عدد كبير من العلاجيم خلال 24 سنة المقبلة في مواسم التكاثر في الرّبيع. وعُرف مكان وجودهم؛ في مستودع غابة الغيمة، وهو مكان محمي جيدًا، ومتماسك، ونظام بيئي فعّال، وعلى ما يبدو، فإنه نموذج ناجح للمحافظة على المخلوقات الحية. بعد ذلك، عام 1988، شوهد عدد قليل من العلاجيم، وعام 1989، شوهد ذكر واحد فقط. منذ ذلك الحين، وعلى الرّغم من الجهود المضنية، لم يُشاهَد أيّ علاجيم برتقالية.

وعلى الرّغم من وجودها في نظام بيئي محمي جيدًا، ودون أيّ تهديدات من التّلوّث، أو الأنواع الدخيلة، أو الاستعمال الجائر، أو أيّ عامل آخر، فقد انقرضت أنواع الضفادع هذه، تحت أعين علماء المحافظة؛ كيف حدث هذا؟

الشكل 59-8

نوع منقرض. مجمع تكاثر الضفدع الذهبي *Bufo periglenes* الذي شوهد في البرية آخر مرة سنة 1989.

الجدول 59-3 أسباب الانقراض

نسبة الأنواع التي تتأثر بعامل معين*

المجموعة	فقدان الموقع (البيئة التي تعيش فيها)	الاستغلال الزائد	إدخال نوع	أخرى	غير معروف
الانقراضات					
الثّدييّات	19	23	20	2	36
الطّيور	20	11	22	2	45
الزّواحف	5	32	42	0	21
الأسماك المهددة بالانقراض	35	4	30	4	48
الثّدييّات	68	54	6	20	-
الطّيور	58	30	28	2	-
الزّواحف	53	63	17	9	-
الأسماك	78	12	28	2	-

* بعض الأنواع ربما تتأثر بأكثر من عامل واحد، لهذا، فبعض الأسطر الأفقية قد تتجاوز 100%.

الضفادع في مأزق

في المؤتمر العالمي الأول لعلماء الْبرمائيّات سنة 1989 في مدينة كانتربيري، ببريطانيا، التقى خبراء الضفادع من أنحاء العالم لمناقشة موضوعات المحافظة المتعلقة بالضفادع والعلاجيم. في هذا اللقاء، أصبح من الواضح أنّ قصة العلاجيم الذهبية ليست هي الوحيدة من نوعها. فقد أعلن الخبراء عن أكثر من حالة فقدان مشابهة: جماعات الضفادع التي كانت في وقت ما منتشرة تتناقص الآن، أو اختفت نهائيًّا.

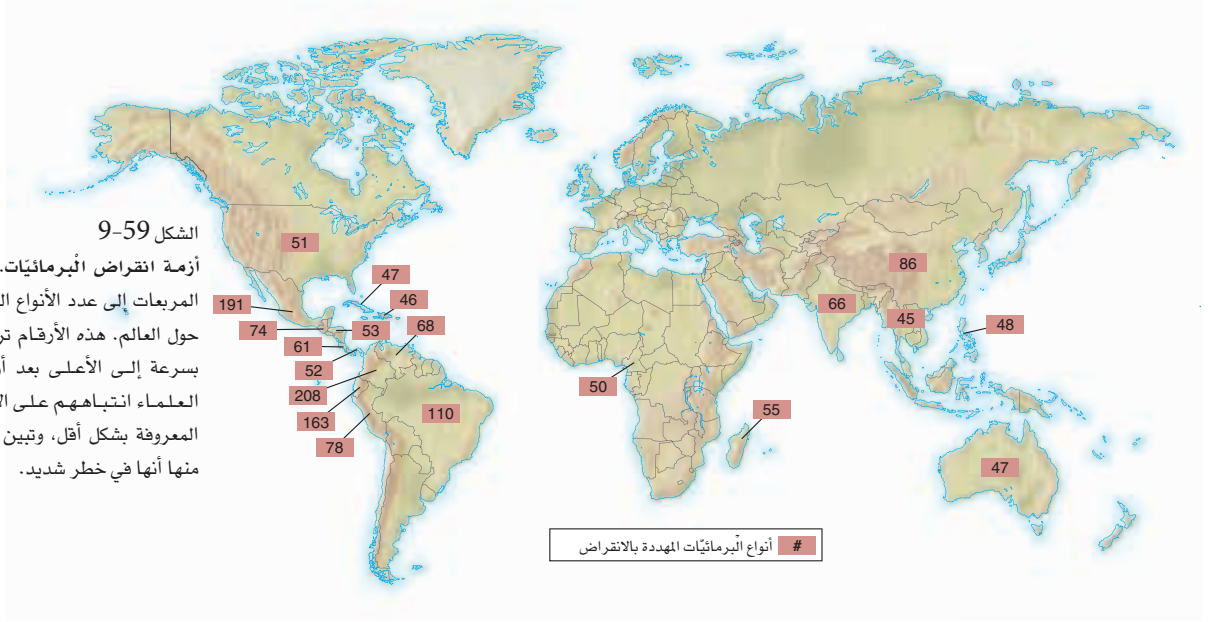
منذ ذلك الحين، صرف العلماء وقتًا وجهدًا كبيرين لتحديد ما إذا كانت الزّواحف والضفادع حقًّا في خطر، وإذا كانت كذلك، فلماذا؟ لسوء الحظ، يظهر أنّ الوضع أسوأ مما ظنّ العلماء. عام 2005، أعلن خبراء الْبرمائيّات أن 43% من كلّ أنواع الزّواحف تعرضت لنقصان في حجم الجماعة، وأنّ 3/1 أنواع الْبرمائيّات جميعها مهدّدة بالانقراض في دول مختلفة مثل الأكوادور، وفنزويلا، وأستراليا، والولايات المتحدة (الشكل 59-9).

إضافة إلى ذلك، قد تكون هذه الأرقام أقل من المتوقع؛ فمعلومات قليلة تصل من كثير من مناطق العالم، مثل جنوب شرق آسيا، وإفريقيا الوسطى. في الحقيقة، يظنّ الباحثون أنّ أكثر من 100 نوع في سريلانكا انقرضت حديثًا، والأخبار ليست مفاجئة ربّما إذا علمنا أنّ 95% من الغابات المطرية في العالم اختفت أيضًا من وقت قريب.

أسباب الاهتمام

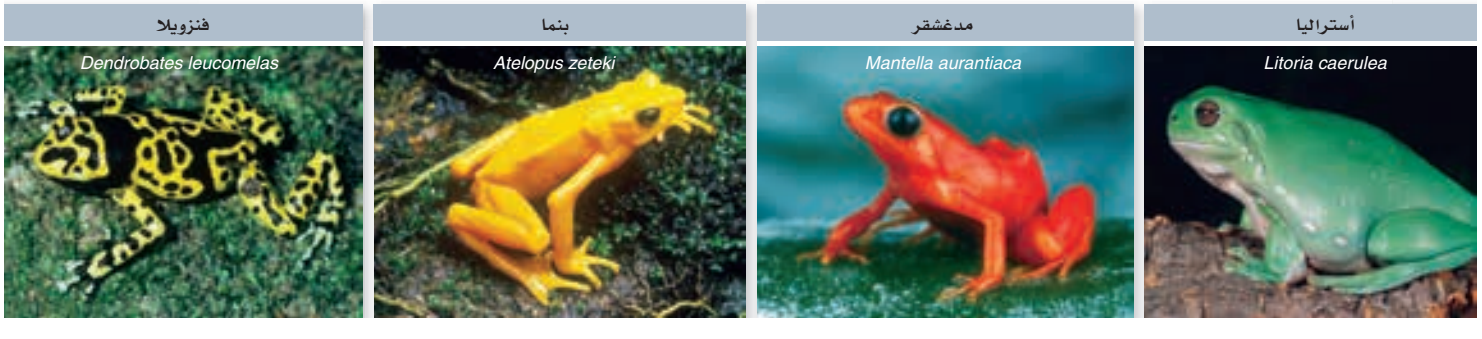
إن تناقص أعداد الْبرمائيّات مقلق لأسباب عدة: أولًا، الكثير من الأنواع – العلاجيم الذهبية – تناقصت في البدائية، وهي بيئة محمية جيدًا. فإذا انقرضت المخلوقات في مثل هذه المناطق، فكيف إذن سنحمي التّنوّع الْحيويّ في العالم ككل. ثانيًا، الكثير من أنواع الْبرمائيّات حسّاسة لحالة البيئة بسبب جلدها الرطب، الذي يسمح بدخول المواد الكيميائية إلى جسمها من البيئة، وإنّ استخدامها للبيئات الرطبة هو في مراحل اليرقات، التي يلزمها مياه غير ملوثة. بعبارة أخرى، الْبرمائيّات ربما تشبه طيور الكناري التي استخدمت سابقًا للكشف عن مشكلات نوعية الهواء في مناجم الفحم. إذا أغمي عليه، فهذا يشير إلى عمال المنجم أنه وجب عليهم الخروج منه. ثالثًا، لا يوجد سبب منفرد واضح لتناقص أعداد الْبرمائيّات، على الرّغم من أنّ سببًا واحدًا قد يثير الاهتمام. كذلك يُقترح أنّ التعاون العالمي يمكن أنْ يعكس اتجاه المنحنى، كما حدث مع مواد كلوروفلوروكربون الكيميائية وتناقص مستويات الأوزون (راجع الفصل الـ 58). على الرغم من ذلك، تأثرت أنواع مختلفة بمشكلات مختلفة، وتشمل تدمير البيئات، والاحتباس الحراري، والتّلوّث، وتناقص مستويات الأوزون الستراتوسفيري، وانتشار الطفيليات والأنواع الدخيلة.

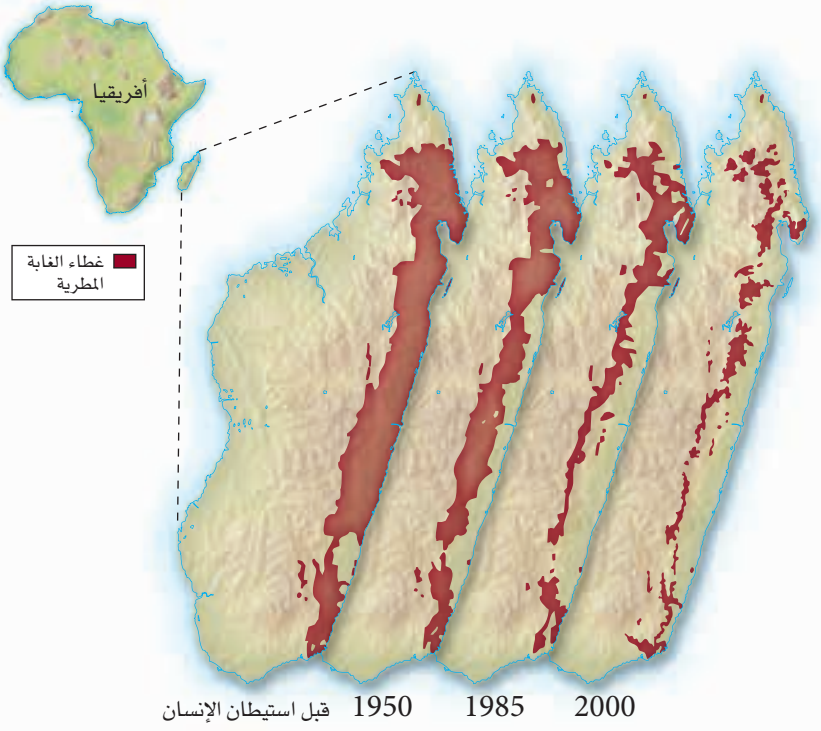
يشير هذا إلى أن البيئة العالمية تتلف بطرق عدة. فهل يمكن أنْ تعدّ الْبرمائيّات "طيور الكناري" للعالم، وتُستخدم بوصفها مؤشرات للدلالة على أنّ البيئة العالمية في مشكلة كبيرة؟



الشكل 59-9

أزمة انقراض الْبرمائيّات. تشير المربعات إلى عدد الأنواع المهددة حول العالم. هذه الأرقام تراجعت بسرعة إلى الأعلى بعد أنْ ركز العلماء انتباههم على الأنواع المعروفة بشكل أقل، وتبين الكثير منها أنها في خطر شديد.





الشكل 59-10

الانقراض وتحطيم البيئة. غطاء الغابة المطرية الذي يغطي الساحل الشرقي لمدغشقر، وهي جزيرة على ساحل إفريقيا الشرقية، كان قد دُمِّرَ وقُطِعَ بشكل متزايد من قِبَلِ سكان الجزيرة من البشر. اختفى 90% من غطاء الغابة الأصلي للساحل الشرقي. الكثير من الأنواع انقرض، والكثير من الأنواع الأخرى مهدّد بالانقراض، ومن ضمنها 16 من أصل 31 من رئيسيات مدغشقر.

ضياع البيئة يدمّر غنى الأنواع

كما يشير الجدول 59-3، يُعدّ ضياع البيئة من أهم أسباب الانقراض الحديث. وبالأخذ في الحسبان التدمير القائم لكلّ أنواع البيئات، من الغابة المطرية إلى قيعان المحيط، فإنّ هذا يجب ألا يسبب لنا أيّ دهشة. البيئات الطبيعية يمكن أنْ تتأثّر بشدّة من البشر بأربع طرق:

1. **التّحطيم (التّدمير)**
2. **التّلوّث**
3. **الإخلال**
4. **تجزئة البيئة**

تحطيم البيئة

يمكن لجزء بسيط من البيئة المخصص لنوع معين أن يتحطّم، ويُدمّر. يحدث هذا التّحطيم بشكل شائع في الحصد "الواضح" للخشب، وعند حرق الغابة الاستوائيّة لتهيئة أراضٍ للمراعي، وللتطوير الاقتصاديّ، وبناء المدن. لقد كان قطع الغابات ولا يزال، من أكثر أشكال تخريب البيئات انتشارًا (الشكل 59-10).

الكثير من الغابات الاستوائيّة تَمَّ قطعها وحرقها بمعدّل 1% أو أكثر كلّ سنة. لتقدير أثر نقصان البيئات المتوافرة للمخلوقات، يستعمل علماء الأحياء غالبًا الملاحظة المشهورة؛ المناطقُ الأكبرُ تدعمُ أنواعًا أكثر (انظر الشكل 57-22).

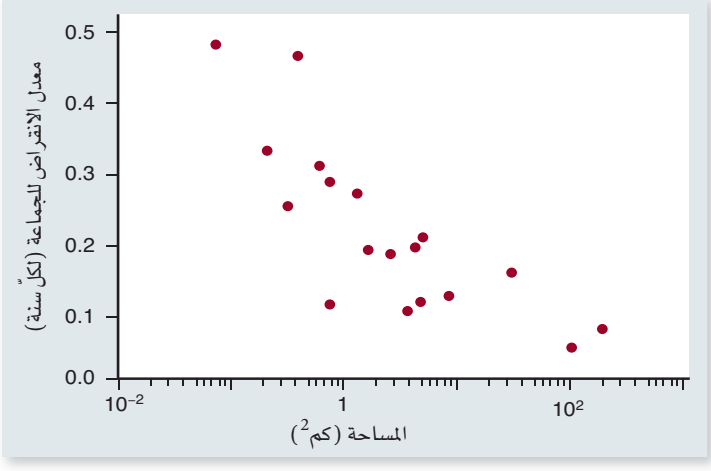
وعلى الرّغم من أنّ هذه الملاحظة تختلف بحسب المنطقة الجغرافية، ونوع المخلوق، ونوع المنطقة، فبشكل عام يؤدي 10 أضعاف زيادة في المنطقة إلى مضاعفة أعداد الأنواع تقريبًا. هذه العلاقة تقترح، وبشكل عكسي، أنه إذا تَمَّ تخفيض حجم بيئة ما 90%، بحيث لا يتبقى إلا 10%، فسوف يضيع نصف الأنواع. يأتي إثبات هذه الفرضية من دراسة معدّل انقراض الطّيور على جزر في فنلندا (أي، جزر بنوع معين من البيئات محاطة ببيئة غير مناسبة) حيث وجد أنّ معدّل انقراض جماعة ما يتناسب عكسيًّا مع حجم الجزيرة (الشكل 59-11).

التّلوّث

يمكن أنْ تتحطّم البيئة بسبب التّلوّث الذي قد يؤدي إلى عدم قدرة بعض الأنواع على الحياة في تلك البيئة. يحدث التّحطيم بسبب أنواع كثيرة من التّلوّث تمتد من المطر الحمضي إلى المبيدات. البيئة المائية بشكل محدد أكثر تعرضًا للانقراض؛ فمثلًا، الكثير من البحيرات الشمالية في أوروبا، وشمال أمريكا جرى تعقيمها (لم يبقَ فيها شيء) بشكل أساسي بسبب الأمطار الحمضية (الفصل الـ 57).

الإخلال

أنشطة الإنسان ربما تخلّ في البيئة لدرجة تجعلها غير قابلة للاستيطان من بعض الأنواع. فمثلًا، سبَّبَ زوار الكهوف في ألاباما وتينيسي تناقصًا شديدًا للوطاويط خلال فترة 8 سنوات، بعضها لدرجة 100%. عندما كانت الزيارات أقل من زيارة في الشهر، فُقد أقل من 20% من الوطاويط، ولكن الكهوف التي تَمَّ بها أكثر من 4 زيارات في الشهر عانت تناقصًا في الجماعات تراوح بين 86% - 95%.



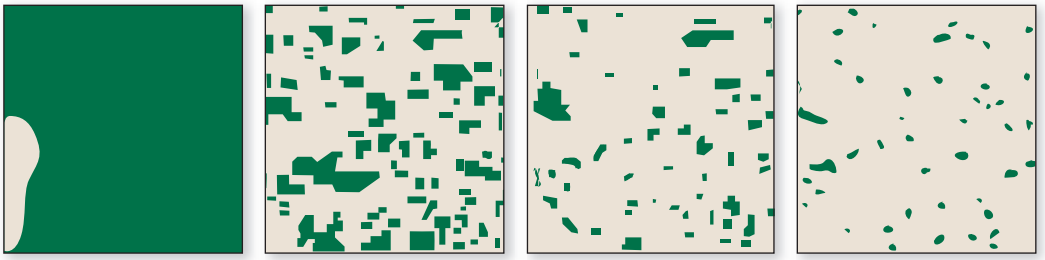
الشكل 59-11

الانقراض ومساحة الجزيرة. تشير الأرقام إلى معدلات نسب الانقراض لجماعات الطّيور وعلاقتها مع مساحة البيئة على سلسلة من الجزر الفنلندية. تظهر الجزر الأصغر معدلات انقراض عالية جدًا.

استقصاء

لماذا يزداد معدل الانقراض بنقصان مساحة الجزيرة؟

الشكل 59-12



تجزئة بيئة الأراضي الخشبية. منذ استقرار الإنسان في كاديز تاون شب، بوسكنسن، تناقصت الغابة بشكل كبير مما يقارب غطاء متواصلًا إلى قِطَع أراضٍ خشبية منفصلة، تغطي أقل من 1% من المنطقة الأصلية.

تجزئة البيئة

لا يؤدي فقدان البيئة لنوع ما عادةً إلى نقصان أعداد الجماعات فقط، ولكن أيضًا إلى تجزئة البيئة إلى قطع صغيرة غير متصلة (الشكل 59-12). قد تتجزأ البيئة بطرق غير واضحة، مثلًا عند دخول الطرق والسكن إلى غابة ما. يكون الأثر بتجزئة الجماعة التي تعيش في البيئة إلى سلسلة من الجماعات الأصغر، وغالبًا مع تبعات كارثية بسبب العلاقة بين حجم البيئة ومعدّل الانقراض. وعلى الرّغم من عدم توافر بيانات مفصلة، يعتقد أنّ تجزئة البيئة البرية في المناطق المعتدلة النامية قويّ.

عندما تتجزأ البيئة، ويقلّ حجمها، فإنّ نسبة البيئة التي تكون على الحدود، أو على الحافة تزداد. يمكن **لتأثيرات الحافة Edge effects**، وبشكل واضح، أن تُحطم فرصة نجاة جماعة ما. يمكن أن يقلل التغيّر في المُناخ المحلي (مثل درجة الحرارة، والرّياح، والرطوبة) قرب الحافة من البيئة المناسبة لأنواع عدة أكثر من التحطيم الفيزيائي. في قطع (أجزاء) منفصلة من الغابة المطرية، مثلًا، تتعرض الأشجار التي على الحافة إلى الشّمس مباشرةً، ونتيجة لذلك، تتعرض لظروف أسخن، وأكثر جفافًا من الأشجار التي تواجه الرطوبة والبرودة في داخل الغابة، وهذا يؤدي إلى تأثير سلبيّ في حياتها ونموها. في إحدى الدراسات، تناقصت الكتلة الحيويّة للأشجار التي تبعد 100 م عن حافة الغابة بـ 36% بعد أول 17 سنة من التجزئة والعزل.

أيضًا، تفتح زيادة حواف البيئة فرصًا لبعض أنواع الطفيليات والمفترسات التي تكون أكثر فعاليةً على الحواف. وكلما تناقصت القطع في الحجم، فإنّ نسبة البيئة البعيدة عن أيّ حافة تتناقص، وتبعًا لذلك، تصبح أجزاء أكثر وأكثر من البيئة في مدى هذه الأنواع. إنّ تقطيع البيئة هو المسؤول عن عمليات الانقراض المحلية لعدد واسع من الأنواع.

يمكن توضيح تأثير تجزئة البيئة في دراسة رئيسة أجريت في مانوس، بالبرازيل، حيث تَمَّ تقطيع أخشاب الغابة المطرية لأغراض تجارية. وافق أصحاب الأراضي أن يحافظوا على قطع صغيرة بمساحات مختلفة، وكانت الإحصاءات لهذه القطع قد أُخذت قبل أن تبدأ عملية قطع الخشب، حيث كانت الأشجار جزءًا من الغابة المتماسكة. بعد عملية قطع الخشب، بدأت الأنواع في الاختفاء من قطع الأراضي المنفصلة (الشكل 59-13). أول من اختفى كانت القرود التي كان لها أكبر مدى مكاني. ثم غادرت الطّيور التي تأكل الحشرات خارجًا، ثُمَّ تبعها النّمل. وكما كان متوقعًا، فإنّ معدل الانقراض علميًّا كان مرتبطًا عكسيًّا مع مساحة القطعة، ولكن حتى أكبر القطع (100 هكتار) فقدت نصف أنواع الطّيور في أقل من 15 سنة.

ولأن بعض الأنواع، مثل القرود، تحتاج إلى قطع أراضٍ أكبر، فإنّ القطع الكبيرة، لا بد منها، إذا أردنا المحافظة على مستوى عالٍ من التّنوّع الحيويّ. فالدرس الذي يجب أنْ تتعلمه برامج المحافظة هو توفير قطع بيئات كبيرة مناسبة لتجنب مثل هذا الأثر.

دراسة حالة: تناقص الطير المغرّد

تستعين خدمة السّمك والحياة البرية الأمريكية كلّ سنة منذ عام 1966 بآلاف من علماء الطّيور المبتدئين ومراقبي الطّيور؛ لإجراء عملية تعداد الطّيور السنوي المُسمى مسح الطّيور المتكاثرة. في السنوات القريبة، ظهر المنحنى، وقد شكّل صدمةً. ففي حين تزايدت الطّيور مثل (أبو الحناء)، والزرزور والموجودة طوال هذا العام حول الإنسان، بالأعداد والتوزيع خلال 30 سنة السابقة، فإنّ أعداد طيور الغابة المغردة تناقصت بشكل كبير. كان التناقص أعظم بين الطّيور المهاجرة مسافات طويلة مثل الهازجة، والدرّسة، والكَتَبَرد. تعشّش هذه الطّيور في الغابات الشمالية صيفًا، ولكنها تُمضي شتاءها في أمريكا الشمالية، أو الوسطى، أو في جزر الكاريبي.

في مناطق كثيرة في شرقي الولايات المتحدة، أكثرمن $\frac{3}{4}$ أنواع الطّيور المهاجرة الاستوائيّة تناقصت بكل وضوح. فمثلًا، فَقَدَ متنزه رول كريك في واشنطن 90% من الطّيور المهاجرة مسافات بعيدة خلال 20 سنة الماضية. على مستوى وطني، تناقصت الطّيور ذات المقدمة الحمراء الأمريكية قرابة 50% في عقد واحد عام 1970. وأفادت دراسات باستخدام الرادار مأخوذة من محطات خدمات الطقس

الشكل 59-13

دراسة تجزئة البيئة. وافق مالكو الأراضي في مانوس، بالبرازيل، على المحافظة على أجزاء من الغابة المطرية بأحجام مختلفة لدراسة أثر مساحة القطعة في انقراض النوع. تَمَّ مراقبة التّنوّع الحيويّ في بقعٍ من الأراضي قبل قطع الأشجار وبعده. أدى التقطيع إلى فقدان واضح للأنواع في هذه البقع.

الوطنية في تكساس ولويزيانا أنّ الطّيور التي تطير فوق خليج المكسيك هي نصف عددها سنة 1960 تقريبًا. وهذا يقترح فقدانًا كليًّا لنحو نصف بليون طائر.

المتهم المسؤول عن هذه الخسائر الواسعة هو على ما يبدو تجزئة البيئات وفقدانها. لقد كان لتجزئة بيئة التكاثر، والفشل في التعشيش صيفًا في الولايات المتحدة وكندا، الأثرُ السلبي الأكبر في تكاثر طيور الأراضي الخشبية المغردة. فكثير من أكثر الأنواع المهددة تعيش في عمق الغابة، وتحتاج إلى مساحة 25 فدانًا أو أكثر لكلّ زوج للتكاثر ولتربية صغارها، ولأن الغابات تَمَّ تجزئتها من أجل شقّ الطرق وأعمال التطوير، لذا أصبح من الصعب عليها، بشكل متزايد، إيجاد أشجار قريبة بشكل كافٍ للتعشيش بشكل ناجح.

العامل الثاني الأهم ربما هو توافر بيئة شتوية ضرورية في أمريكا الجنوبية والوسطى. أوضحت دراسات على الطّيور ذات المقدمة الحمراء الأمريكية بشكل جليّ أنّ الطّيور التي لها بيئة شتاء أفضل كان لها فرصة عظمى لتهاجر بنجاح عائدة إلى مناطق تكاثرها في الربيع. وفي دراسة حديثة، استطاع العلماء تحديد نوعية البيئة التي استعملتها طيور معينة خلال الشتاء، وذلك بدراسة مستويات نظير الكربون ^{13}C في دمها. النباتات التي تنمو في أفضل المناطق وأكثرها مطرًا في الهندوراس وجمايكا (مثل أشجار المانجروف وغابات الأراضي الرطبة) تملك مستويات قليلة من ^{13}C، وكذلك الطّيور ذات المقدمة الحمراء التي تأكل الحشرات التي تتغذى على هذه النباتات. إن ما نسبته 65% من طيور هذه الغابات الرطبة حافظت على وزنها، أو زادت وزنًا خلال الشتاء.

في المقابل، النباتات التي تعيش في مناطق جافة ذات معايير منخفضة، وأشجار ضئيلة تحتوي على كمية أكبر من ^{13}C، وكذلك كانت الطّيور ذات المقدمة الحمراء التي تغذت داخل هذه المناطق. فقدت هذه الطّيور 11% من وزن جسمها خلال الشتاء. والآن هذا هو المفتاح: الطّيور التي تقضي الشتاء في مناطق جافة ذات معايير منخفضة تغادر متأخرة في الربيع، وتطير مسافات بعيدة نحو مناطق التكاثر الشمالية، وتصل متأخرة إلى بيوتها في الصيف؛ لذا تملك عددًا أقل من الصغار (الشكل 59-14).

تـزداد نسبة ^{13}C فـي الطّيور التي تصل أراضـي التزاوج فـي نيوهامبشير عندما يحـلّ الرّبيـع، وينتشـر الشجر الضئيـل والمطر الغزيـر بشكل متأخر. لهـذا، فإنّ فقدان أشجار المانجروف في المناطق القطبية له تأثير سلبي واضح. كلما اختفت البيئـات الجيدة، تغذت طيور الأمطار الكثيفة بشكل سيئ، ما يؤدي إلى تناقص في تكاثرها، وتناقص في أعدادها.

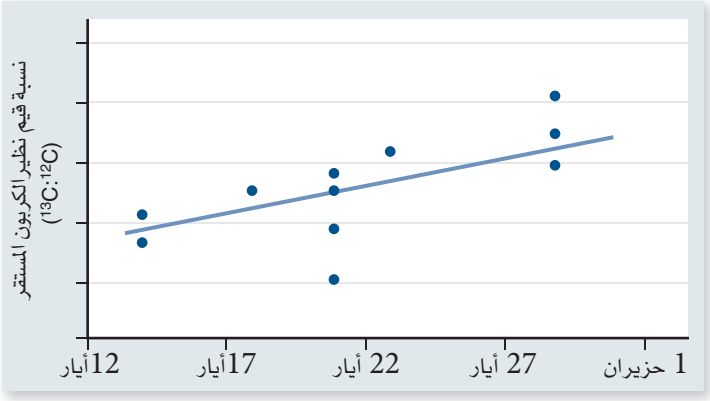
ولسـوء الحظ، خسـرت المناطق الكاريبيـة، نحو 10% من نباتـات المانجروف عـام 1980، وتستمر في خسـارة النباتات بمعدّل 1% كلّ عام. هذا الفقدان في البيئة الأساسية يبدو أنه القوة المسببة لفقدان بعض الطّيور المغردة وانقراضها.

الاستثمار الزائد يقضي على الأنواع بسرعة

أصبحت الأنواع التي تُصاد أو تُحصد من قبل الإنسان تاريخيًّا على حافة الانقراض، حتى لو كانت الأنواع بدايةً متوافرةً بكثرة. قبل قرن من الزمان، كانت سماء أمريكا الشمالية مغطاة بأسراب حمام الزاجل، ولكن بعد أن تَمَّ صيدها مجانًا من أجل الغذاء، انقرضت. في حين نجا القليل من الثور الأمريكي الذي اعتاد على الهجرة بقطعان هائلة عبر السهول الوسطى لأمريكا الشمالية من الانقراض.

الدافع الاقتصاديّ للاستثمار

يؤدي وجود أسواق تجارية عادةً إلى الاستثمارالزائد للأنواع. التجارة العالمية للفراء، مثلًا، أدت وبشكل شديد لتناقص أعداد الشنشيلا، والفيكوتا، والثعلب، وأنواع أخرى. قَطْع الأشجار الثمينة تجاريًّا يعطي مثالًا آخر؛ قُطعت أشجار



الشكل 59-14

طائر عيد الميلاد الأمريكي، *Setophaga ruticilla*، وهو طائر مغرد مهاجر. أعداد هذا النوع في تناقص خطير. يظهر الشكل بيانات عن نسبة ^{13}C إلى ^{12}C في ذكور عصفور عيد الميلاد التي وصلت في الصيف لأراضي التكاثر. الواصلون المبكرون، والذين يملكون نجاحًا تكاثريًا عاليًا، يملكون نسبة منخفضة من ^{13}C إلى ^{12}C، هذا يشير إلى أنّ الذكور أقاموا الشتاء في بيئات غابة مانغروف رطبة.

الماهوجاني جميعها تقريبًا (*Sweitenia mahogani*) في غرب الأنديز، والقَطْعُ المكثف لغابات أشجار الأرز في لبنان، بشكل واسع في المرتفعات العالية، وما تبقى الآن موجود في أخاديد قليلة.

مثال محدد على زيادة الاستثمار هو الحصاد التجاري للأسماك في المحيط الأطلسي الشمالي. خلال عام 1980، استمرت أساطيل الصّيد في اصطياد كميات كبيرة من أسماك القدّ عند ساحل نيوفاوندلاند، حتى مع تناقص أعداد جماعاتها. بحلول عام 1992، تناقصت جماعات القدّ إلى أقل من 1% من أعدادها الأصلية. أغلقت الحكومات الأمريكية والكندية أماكن الصّيد، ولكن لا يستطيع أحد أنْ يتكهن ما إذا كان بإمكان جماعات السّمك أنْ تتعافى. عانت أسماك الطن الأطلسية ذات الزعنفة الزرقاء من 90% تناقصًا في أعدادها خلال السنوات العشر الماضية. وتناقصت أسماك أبو سيف بشكل أكبر. أدى التناقص في أعداد هذين النوعين من الأسماك إلى ازدياد أكثر في عمليات صيد الجماعات المتبقية.

دراسة حالة: الحيتان

الحيتـان، أكبـر الحيوانات الموجودة علـى الأرض، هي نادرة فـي المحيطات هذه الأيام، لقد تناقصت أعدادها بسبب الصّيد التجاري. قبل ظهور الزيوت الرخيصة وعالية الجودة المُصَنَّعة من البترول في بداية القرن العشرين، كان الزيت المُصَنَّع مـن دهن الحوت هو الزيت التجـاري العام على مستوى الأسـواق العالمية. إضافة إلى هـذا، التركيب الناعم الذي يشبه الخسّ، ويسمـى "البالين"، ويستعمله حوت

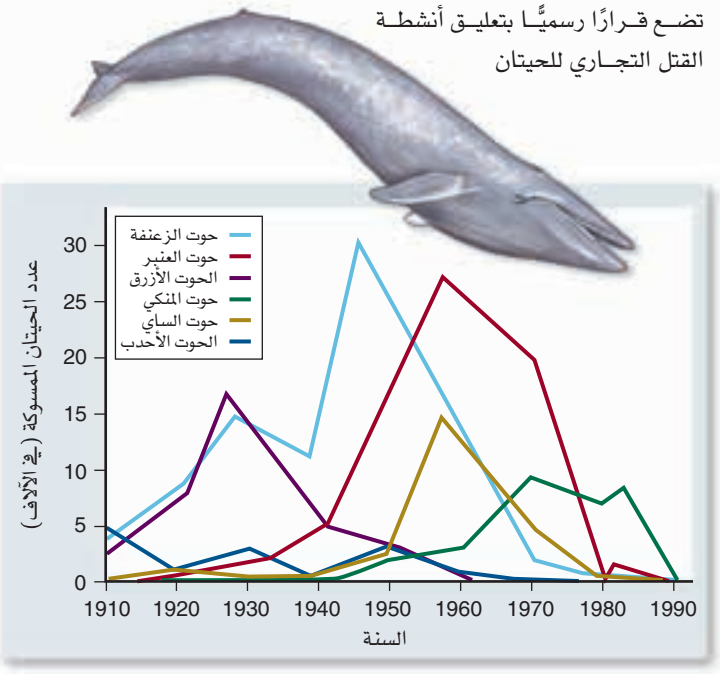
البالين في تصفية العوالق من مياه البحر كان يستعمل في لباس المرأة، ولأنّ الحوت حيوان كبير، فإنّ الحوت المصيد منها ذو أهمية تجارية كبيرة.

في القرن الثامن عشر، كانت الحيتان الصحيحة أول من تحمل وطأة الصّيد التجاري للحيتان. سميت هذه الحيتان الحيتان "الصحيحة" لأنها كانت بطيئة وسهلة الصّيد، ووفرت أكثر من 150 برميلًا من الدهن، وكمية كافية من البالين، جاعلة منها حيتانًا صحيحة لكي يصيدها صيادو الحيتان.

عندما تناقصت أعداد الحيتان الصحيحة، توجه الصيادون إلى الحوت الأحدب الرمادي، والحوت ذي رأس القوس، وعندما تناقصت أعدادها، تحول صيادو الحيتان إلى الحوت الأزرق، أكبر الحيتان، ولما أُهلك معظمها، اتجه الصيادون إلى حوت الزعنفة، ثم إلى حوت الساي، ثمّ إلى حوت العنبر. وكلما أصبح أيٌّ نوع من الحيتان هدفًا للصيد التجاري تناقصت أعداده بشكل حاد (الشكل 59-15).

عام 1935، أصبح صيد الحيتان الصحيحة غير قانوني؛ لأن أعدادها أصبحت على حافة الانقراض، لقد كانت أعدادها أقل من 5% مما كانت عليه. وعلى الرّغم من حمايتها منذ ذلك الوقت، فإن أعدادها لم تتزايد في المحيط الأطلسي الشمالي أو المحيط الهادي الشمالي. عام 1946، واجهت أنواع عدة أخرى من الحيتان الانقراض المحتوم، فَكَوَّنَتْ دولُ صيد الحيتان الوكالةَ الدوليةَ لصيد الحيتان (IWC) لتنظيم صيدها تجاريًّا. مثل ثعلب يحمي خُمّ دجاج، قامت IWC منذ عقود بعمل القليل من أجل تحديد صيد الحيتان، واستمرت أعداد الحيتان بالتناقص بشكل حاد.

وأخيرًا، عام 1974، عندما أصبحت الحيتان جميعها مفقودة ماعدا حوت المنك، حظر IWC صيد الحوت الأزرق، والرمادي، والأحدب، ووُضِعَتْ قيود جزئية على صيد أنواع أخرى. تَمَّ انتهاك القانون أكثر من مرة ما جعل IWC تضع قرارًا رسميًّا بتعليق أنشطة القتل التجاري للحيتان



الشكل 59-15

الصّيد العالمي للحيتان في القرن العشرين. تَمَّ صيد كلّ نوع، حتى تناقصت أعداده، لدرجة أنّ صيده أصبح غير مجدٍ اقتصاديًّا.

استقصاء

لماذا فشلت استعادة جماعات الحيتان بعد تَوَقُّف صيدها؟

جميعها. وعلى الرّغم من استمرار بعض الصّيد التجاري للحيتان، غالبًا تحت اسم الصّيد للبحث العلمي، فإن صيد الحيتان السنوي تناقص بشكل حاد في العشرين سنة الماضية.

أخذت بعض أنواع الحيتان تتزايد على ما يبدو، وبعضها لم يبدأ في التزايد. تضاعفت أعداد الحوت الأحدب منذ بداية 1960، بزيادة 10% سنويًّا، تزايدت أعداد حيتان الهادي الرمادية بشكل كامل حتى وصلت إلى أعدادها السابقة، وهو 20.000 حوت تقريبًا بعد أنْ وصلت أعدادها إلى أقل من 1000 حوت. الحيتان الصحيحة، والعنبر، والزعنفة، والأزرق لم تتزايد، ولا أحد يعلم ما إذا كانت ستتعافى أم لا.

تهدد الأنواع الدخيلة الأنواع الأصيلة وبيئاتها

الاستيطانُ Colonization، عمليةٌ طبيعيةٌ يوسّع فيها نوع ما مساحته الجغرافية، ويحدث ذلك بطرق عدة: سرب من الطّيور يخرج عن مساره، وطير يأكل فاكهة، ويتبرز بعيدًا أميالًا عدة، وهبوط في مستوى البحر يسمح بربط كتلتي يابسة كانتا منفصلتين سابقًا، ما يسمح للأنواع بالتحرك إلى الأمام أو إلى الخلف بشكل حرّ. ربما تحدث مثل هذه الأحداث – خصوصًا تلك التي تسمح بتكوين جماعة جديدة ناجحة – بشكل نادر، ولكن عند حدوثها، فإنها قد تُحدث تغييرًا كبيرًا في المجتمعات الطبيعية. ويعود السبب إلى أنّ الاستيطان يجمع جماعات لم تلتقِ معًا من قبل. وعلى هذا، فإنّ الترابط البيئيّ يمكن، وبشكل محدد، أنْ يكون قويًّا؛ لأنّ الأنواع لم تطوّر طرقا لضبط وجود أنواع أخرى، مثل التأقلم على تجنب الافتراس أو الحدّ من التأثيرات التنافسية.

وثقت سجلات الأحافير حالات عدة جرى فيها تقريب أنواع منفصلة معًا بعد تغيرات جيولوجية. فمثلًا، عندما ظهر برزخ بنما فوق البحر قبل ثلاثة ملايين سنة تقريبًا، وصل هذا البرزخ نباتات وحيوانات أمريكا الشمالية مع نباتات وحيوانات أمريكا الجنوبية بعد أن كانتا منفصلتين سابقًا. في بعض الحالات، كانت النتيجة زيادة في تنوع الأنواع، ولكن في حالات أخرى، أدى غزو الأنواع إلى انقراض الأنواع الأصلية.

تأثير الإنسان في الاستيطان

لسوء الحظ، ما كان يُعَدُّ عملية نادرة وطبيعية، أصبح شائعًا بشكل كامل في السنوات القريبة. شكرًا لأفعال الإنسان! يحدث إدخال الجماعات بسبب أنشطة الإنسان بطرق عدة، بعض الأحيان بشكل مقصود، ولكن عادة بشكل غير مقصود. يمكن نقل النباتات والحيوانات في سفن المحيط الكبيرة؛ في حاضنات النبات، وبالتهريب في القوارب، والسيارات والطائرات؛ وبوصفها يرقات خنافس في منتجات الخشب ، حتى بوصفها بذورًا وأبواغًا في الطين العالق في أسفل الحذاء. فوق هذا، يقدر بعض الباحثين أنّ نحو 50,000 نوع تَمَّ إدخالها إلى الولايات المتحدة.

تأثير هذه الإدخالات في الإنسان كانت كبيرة؛ في الولايات المتحدة وحدها، تُكلف الأنواع الدخيلة الاقتصاد 140 بليون دولار تقريبًا كلّ عام. فمثلًا، غطت العشرات من الأعشاب الغريبة في كولارادو أكثر من مليون دونم. وتكلف 3 فقط من هذه الأنواع مزارعي القمح عشرات الملايين من الدولارات. في الوقت نفسه، ينافس نبات الفربيون الورقي، وهو أوروبي، الأعشاب الأصلية، ويتغلب عليها متلفًا مساحات شاسعة من حشائش الماشية، قيمتها 144 مليون دولار سنويًّا.

يُعَدُّ بلحُ البحر الذي يشبه حمار الوحش في تخطيطه – حيوان رخوي يعيش أصلًا في منطقة البحر الأسود – مشكلةً كبيرة في المناطق الشرقية والوسطى للولايات المتحدة، حيث إنه يصل في كثافة نموه إلى 700,000/ م^2، مغلقًا الأنابيب، كأنابيب الماء وأنابيب مصانع إنتاج الطاقة، مسببًا تلفًا يُقَدَّرُ بـ ثلاثة إلى خمسة بلايين دولار كلّ عام (الشكل 59-16).

الشكل 59–16

بلح حمار الوحش (*Dreissena polymorpha*) يسدّ الأنابيب. يُعَدُّ جلب هذا البلح من أوروبا إلى أمريكا الآن مشكلة كبير في أنهار شمال أمريكا.

يمكن للأنواع الدخيلة أنْ تُؤثّر في صحة الإنسان. فمثلًا، ربما تَمَّ إدخال حمى غرب النيل من إفريقيا أو الشرق الأوسط في أواخر عام 1990.

إنّ أثرإدخال الأنواع على النُّظم البيئيّة الطبيعية مأساوي أيضًا. وتتأثر الجزر بشكل محدد. فمثلًا، كما ذكرنا في فصل سابق، قضى قطٌّ وحيد لحارس منارة على الطّيور من نوع الصعو في جزيرة ستيفنز جميعها. وكان للجرذان تأثير مدمر خلال مناطق جنوب الهادي حيث كانت أنواع الطّيور تعشش على الأرض، ولم تكن تملك دفاعات ضد هذه المفترسات الضارية التي لم تكن تعرفها من ناحية تطورية. وفي وقت حديث، أزالت أفعى الشجر المعروفة التي أدخلت إلى جزيرة جوان، بشكل أساسي أنواع طيور الغابة جميعها.

في جزيرة هاواي، كانت المشكلة مختلفةً نوعًا ما؛ إذ أحضر بعوض دخيل الملاريا معه، التي لم تكن الأنواع الأصيلة تملك لها أيّ مقاومة. كانت النتيجة أنّ أكثر من 100 نوع (أكثر من 70% من الحيوانات الأصيلة) انقرضت أو انحصرت الآن في أماكن أعلى وأبرد، حيث لا يوجد البعوض (الشكل 59-17).

تأثيرات الأنواع الدخيلة ليست دائمًا مباشِرة، وإنما ربما تتردد خلال النّظام البيئيّ. فمثلًا، انتشر النّمل الأرجنتيني عبر كثير من مناطق جنوبي الولايات المتحدة، مقللًا بذلك بشكل كبير معظم جماعات أنواع النّمل الأصيل التي يتقابل معها. كان لانقراض أنواع النّمل هذه تأثير مأساويّ سلبيّ في السّحلية المقرنة السّاحليّة (*Phrynosoma coronatum*)، التي تتغذى على الأنواع الأصيلة الأكبر. في غياب هذه الأنواع، تحولت السحالي إلى افتراس أنواع نمل مرغوبة بشكل أقل. إضافة إلى ذلك، كان النّمل الأصيل يأكل البذور، وبذلك كان يؤدي دورًا مهمًّا بنشرها. أما النّمل الأرجنتيني، فهو على العكس، لا يأكل البذور. في جنوب إفريقيا، حيث انتشر أيضًا النّمل الأرجنتيني، عانى أكثر من نوع من النباتات تناقصًا في النجاح التكاثري بسبب فقدان عامل انتشار البذور.

وقع أكثر التأثيرات المأساوية للأنواع الدخيلة، على كلّ حال، عندما تَمَّ تغيير نظام بيئي بشكل كامل. تستطيع بعض أنواع النبات أنْ تسيطر على بيئة بشكل كامل، بحيث تحلّ محلّ كلّ الأنواع الأصيلة فيها، وتحوّل المكان إلى زراعة أحادية (أي مكان يحتله نوع واحد). في مدينة كاليفورنيا، يغطي نبات شوك النجمة الصفراء الآن 4 ملايين هكتار ما كان يعرف مرة بالأراضي العشبية عالية الإنتاجية. في هاواي، انتشرت بشكل كبير شجرة صغيرة تستوطن جزيرة كناري، وتعرف باسم *Myrica faya*. وبسبب قدرة هذه الشجرة على تثبيت النيتروجين بكميات عالية، زاد في نيتروجين التربة 90 ضعفًا، مما سمح للأنواع الأخرى المحتاجة إلى النيتروجين بغزو المكان.

الجهود لتقبل الأنواع الدخيلة

حالما تستوطن الأنواع الدخيلة، تصبح عملية القضاء عليها صعبة جدًا، ومضيعة للوقت. بعض الجهود—مثل إزالة بعض الماعز والأرانب من بعض الجزر الصغيرة—كانت ناجحة، ولكن جهودًا أخرى عدة كانت فاشلة. الأمل الأكبر في منع تخريب الأنواع الدخيلة هو في منع إدخالها منذ البداية. وعلى الرّغم من أنّ القول أسهل من الفعل، فإنّ وكالات حكومية تعمل بشدة على وضع آلية يمكن لها منع عمليات نقل الأنواع قبل أنْ تحصل على فرصة تصبح فيها مستوطنة.

دراسة حالة: سمك البلطي في بحيرة فكتوريا

بحيرة فكتوريا؛ بحر هائل ضحل من الماء العذب بحجم سويسرا، وتقع في قلب إفريقيا الشرقية الاستوائيّة. كانت بيتًا لمجموعة شديدة التّنوّع، مكونة من أكثر من 300 نوع من أسماك البلطي (انظر الشكل 22-14). تملك ذكور هذه الأسماك الصغيرة التي يتراوح طولها من 5 – 13 سم، تنوعًا لا نهاية له من الألوان. اليوم، معظم هذه الأسماك مهدّدة بالانقراض، أو انقرضت.

ما الذي حصل حتى وصلنا إلى الانقراض المفاجئ للأنواع الكثيرة من أسماك البلطي المستوطِنة؟ عام 1954، تَمَّ إدخال سمك الفرخ، وهو سمك تجاري يعيش في نهر النيل، ويتميز بشراهته الضارية، بشكل متعمد على السواحل

الشكل 59–17

طائرا حسون أكيابولاو (*Hemignathus munroi*) وباليلا (*Loxiodes bailleui*) مهدّدان بالانقراض في هاواي. أكثر من ثلثي طيور هاواي الأصلية هي الآن منقرضة، أو قلَّ حجم جماعتها بشكل كبير. تعرضت الطّيور على الجزيرة لتناقص مشابه بعد وصول الإنسان.

الأوغندية لبحيرة فكتوريا. يشكل سمك الفرخ – الذي ينمو ليصل طوله المتر تقريبا – أساسًا لصناعة سمك جديدة (الشكل 59-18). منذ عقود عدة، لم يكن لأسماك الفرخ تأثيرات واضحة؛ بعد 30 عامًا، وعام 1978، لا يزال سمك الفرخ يشكل أقل من 2% من السّمك الذي يتم اصطياده من البحيرة.

حدث ما جعل أسماك الفرخ تزداد لدرجة الانفجار، وأنْ تنتشر خلال البحيرة بشكل سريع، آكلةً كميات من أسماك البلطي. عام 1986، أصبحت أسماك الفرخ تشكل 80% من السّمك الذي يتم اصطياده من البحيرة، في حين أنّ 70% من أسماك البلطي قد اختفى، شاملًا أنواع المياه المفتوحة جميعها.

ما الذي حصل ليطلق شرارة بدء الانقراض الواسع لأسماك البلطي؟ كان السبب على ما يبدو وفرةَ الغذاء. قبل عام 1978، كانت بحيرة فكتوريا تملك نسبًا عالية من الأكسجين وعلى مستويات العمق جميعها، وإلى الأسفل حتى الطبقات العميقة التي تصل إلى 60 م في العمق. ولكن، عام 1989، أدى إدخال المواد الغذائية من انجراف الأراضي الزراعية، ومن مجاري المدن والقرى، إلى نموّ مفاجئ للطحالب التي استهلكت بشدة مستويات الأكسجين في الأجزاء العميقة من البحيرة. تغذى البلطي على الطحالب ما رفع أعداد جماعاتها في البداية بسبب ازدياد مصدر غذائها، ولكن بظروف مختلفة عن السابق، كان سمك الفرخ موجودًا، واستغل الوضع. وبزيادة مفاجئة في مصدر الغذاء (أسماك البلطي)، فإنّ أعداد أسماك الفرخ ازدادت لدرجة الانفجار، وبذلك أكلت ببساطة أسماك البلطي المتوافرة جميعها.

تغير الوضع منذ عام 1990، وأصبح أكثر تعقيدًا بإدخال عشب يطفو على الماء من جنوب أمريكا لبحيرة فكتوريا، ويدعى هذا العشب بالمكحلة *Eichhoria crassipes* إنه يتكاثر بشدة عند توافر المواد الغذائية، فيشكل بساطًا سميكًا من المكحلة يغطى كامل الخلجان والمداخل، معيقًا البيئات السّاحليّة لأسماك البلطي التي تعيش في المياه غير المفتوحة.

يمكن أن يؤدي تعكير الأنظمة الْبيئيّة إلى شلال من الانقراضات

يمكن للأنواع أنْ تكون أكثر عرضة للانقراض عند تعرض شبكة تفاعلاتها الْحيويّة للتعكير. ولأن كثيرًا من العلاقات تربط الأنواع في النّظام الْبيئيّ (انظر الفصل الـ 57)، فإنّ تأثيرات الإنسان في نوع واحد يمكن أنْ يكون لها تأثيرات في النّظام الْبيئيّ، ما يؤثر أخيرًا في أنواع عدة أخرى.

تدور حالة حديثة تتعلق بهذه النقطة حول ثعلب البحر الذي يعيش في المياه الباردة حول ألاسكا وجزر أليوشن. تناقصت أعداد جماعات ثعلب البحر بشكل حاد في السنوات القريبة الماضية. تناقصت أعداده، على امتداد 500 ميل من الساحل، من 53.000 في سنة 1970 إلى نحو 6000، بنقص 90% تقريبًا. في البحث عن سبب هذا التناقص الكارثي، اكتشف علماء البيئة البحرية سلسلة من التفاعلات ذات التأثيرات القاتلة بين أنواع المحيطات من جهة، والأنظمة الْبيئيّة لغابات طحلب عشب البحر من نوع الكِلْب من جهة أخرى، تبدو هذه التفاعلات كأحجار الدومينو المتساقطة، تبين مبادئ كلّ من الشلالات الغذائية أعلى – أسفل وأسفل – أعلى التي نوقشت في (الفصل الـ 57).

دراسة حالة: البيئة القريبة من الشاطئ في ألاسكا

أول حدث في سلسلة أحداث أدت إلى تناقص أعداد ثعلب البحر كانت على ما يبدو الصّيد التجاري الجائر للحيتان التي ذُكرت سابقًا في هذا الفصل. دون وجود الحيتان التي تُبقي أعداد العوالق الحيوانية تحت السيطرة، فإنّ عوالق المحيط الحيوانية تزدهر بقوة، ما يؤدي إلى زيادة في نموّ نوع من الأسماك يدعى البُلوق، الذي يتغذى على العوالق الحيوانية المتوافرة. مع مصدر الغذاء الواسع هذا، تنجح

الشكل 59–18

سمك الفرخ (*Lates niloticus*). هذه السمكة المفترسة يمكن أنْ تصل إلى طول 2 م ووزنها إلى 200 كجم. أُدخلت هذه الأسماك إلى بحيرة فكتوريا كمصدر غذاء محتمل. هذه الأسماك هي المسؤولة عن الانقراض المفترض لمئات الأنواع من أسماك البلطي.

أسماك البلوق بمنافسة أسماك شمال المحيط الهادي، مثل أسماك الرنكة وأسماك الفرخ، ولذلك تناقصت أعداد الأسماك الأخرى هذه بشدة عام 1970.

ومن ثَمَّ بدأت سلسلة أحجار الدومينو المتساقطة بالتسارع، وأدى التناقص في الأسماك المغذية إلى انهيار في جماعات أسود البحر، وقمة الخليج التي تعيش في ألاسكا، التي لم يستطع البلوق توفير الغذاء الكافي لها: وربما عجّل بهذا التناقص حيتان الأوركا (تدعى أيضًا الحيتان القاتلة) التي تحولت من أكل الحيتان الأقل وجودًا إلى أكل الفقمة وأسود البحر. لقد تناقصت أعداد هذه الأنواع الزعنفية كثيرًا منذ 1970.

عند انهيار أعداد الحيوانات الزعنفية، أجبرت بعض حيتان الأوركا، بسبب نقص الغذاء، على التحول إلى الأمر المفضل اللاحق، وهو أكل ثعالب البحر. في خليج واحد، حيث كان المدخل من البحر ضيقًا جدًا وضحلًا لم يُسمح لحيتان الأوركا بالدخول، اختفى 12% من ثعالب البحر، أما في خليج شبيه، حيث كان باستطاعة حيتان الأوركا الدخول بسهولة، فاختفى ثلثا ثعالب البحر على مدار سنة.

بعدم وجود ثعالب البحر التي تتغذى عليها، ازدادت جماعات قنافذ البحر بشكل كبير، ملتهمةً طحالب عشب البحر الكِلْب مزيلة إياه من النّظام الْبيئيّ (الشكل 59-19). بسبب هذا؛ تناقصت أعداد بعض أنواع الأسماك التي تعيش على غابات طحالب عشب البحر، مثل أسماك الإسقلبين، وأسماك الخضيري.

فقدان الأنواع الجوهرية ربما يعكر الأنظمة الْبيئيّة

كما ناقشنا في الفصل الـ 56، الأنواع الجوهرية (الأساسية) هي الأنواع التي تُظهر تأثيرًا في تركيب النّظام الْبيئيّ ووظيفته بصورة أعلى مما هو متوقع اعتمادًا على توافرها فقط. ثعالب البحر في (الشكل 59-19) هي أنواع جوهرية للنظام الْبيئيّ لغابة عشب البحر، وإزالة مثل هذه الأنواع يمكن أنْ يكون له عواقب كارثية.

لا يوجد فاصل واضح وسريع يسمح لنا بالتعرف إلى الأنواع الجوهرية. على الأصح، إنه مبدأ نوعي، جملة تشير إلى أن نوعًا ما يؤدي دورًا معينًا مهمًّا في مجتمعه. تتميز الأنواع الجوهرية عادة بقوة تأثيرها في مجتمعاتها.

دراسة حالة: الثعالب الطائرة

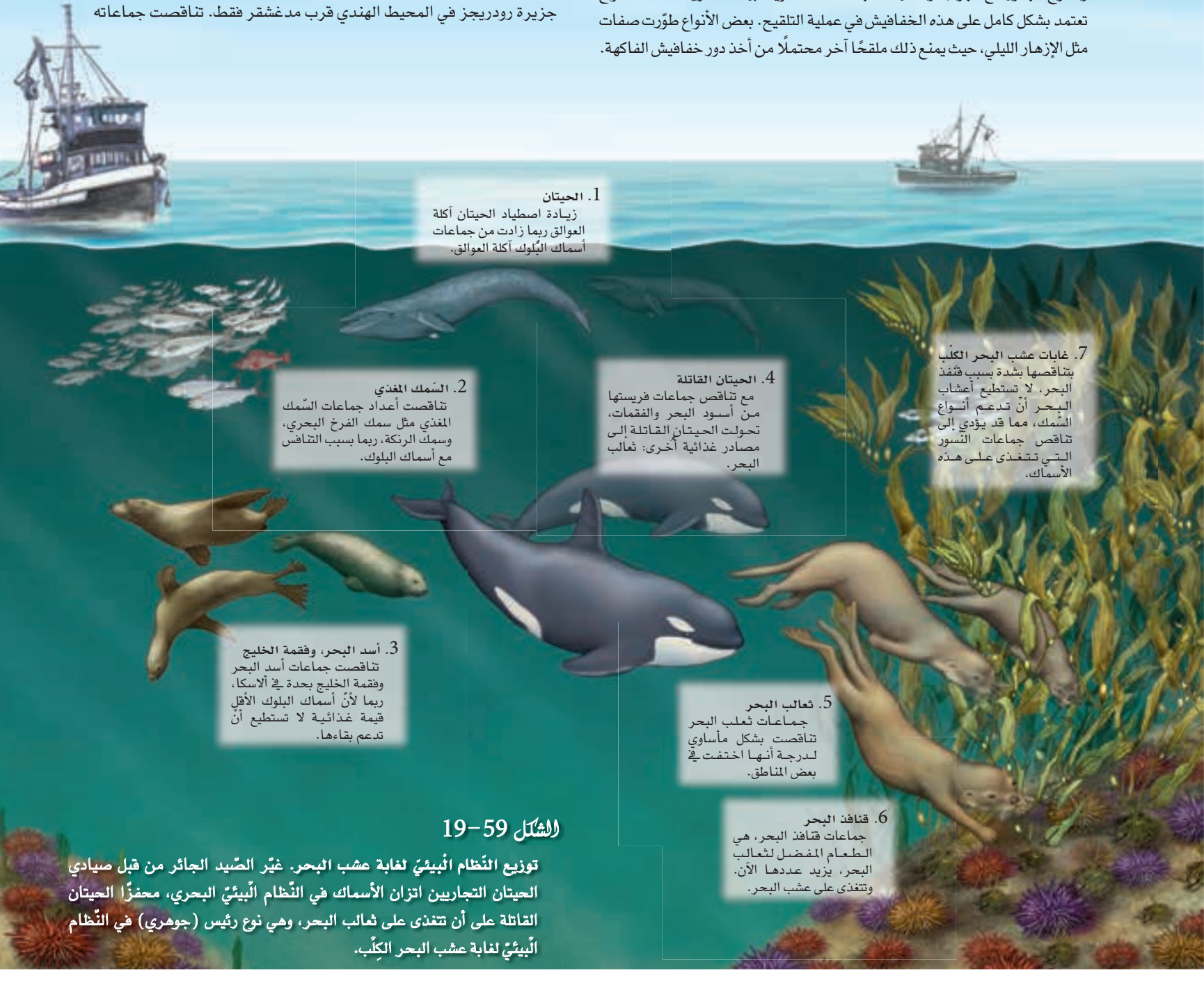
إن التناقصَ الشديد في أعداد أنواع عدة من "الثعالب الطائرة"، وهو نوع من الخفاش (الشكل 59-20)، في المناطق الاستوائيّة للعالم القديم هو مثالٌ يوضح كيف يمكن لفقدان نوع جوهري أنْ يؤثّر بشكل مأساوي في أنواع أخرى تعيش معه في النّظام البيئيّ، ويمكن أنْ يؤدي أحيانًا إلى شلال من الانقراضات الإضافية.

تملك هذه الوطاويط علاقات قوية مع نوع مهم من أنواع النبات على جزر المحيطين الهادي والهندي. تضم عائلة الخفاش Pteropodidae التي تحتوي على نحو 200 نوع، الربع من الجنس *Pteropus* تقريبًا، وهو منتشر على جزر المحيط الهادي الشمالي، حيث تُعدّ من أهم– بل قد تكون الوحيدة – الملقحات وموزعات البذور. ففي دراسة في ساموا، وُجِدَ أنّ من 80 - 100% من البذور التي تسقط على الأرض خلال موسم الجفاف يتم نشرها عن طريق الثعالب الطائرة، التي تأكل بذور الفاكهة وتخرج البذور مع البراز، وتنقلها غالبًا مسافات طويلة بهذه الطريقة. هناك أنواع تعتمد بشكل كامل على هذه الخفافيش في عملية التلقيح. بعض الأنواع طوّرت صفات مثل الإزهار الليلي، حيث يمنع ذلك ملقحًا آخر محتملًا من أخذ دور خفافيش الفاكهة.

في غوام، حيث انقرض حديثًا – أو شارف على الانقراض – نوعان من الثعالب الطائرة، يبدو التأثير في النّظام البيئيّ واضحًا. لقد وجد علماء النبات أنّ بعض أنواع النبات لا تُنتجُ الفاكهة، أو تنتجها بشكل طفيف، معطيةً فاكهة أقل من المعتاد. لا يتم نشر الفاكهة بعيدًا عن النباتات الأم، لهذا تُجبر النباتات الصغيرة على المنافسة دون نجاح مع الكثير من الأشجار البالغة.

قاد البشر الصيادون الثعالب الطائرة إلى الانقراض، حيث يقتلونها من أجل الأكل أو من أجل الرياضة، أما مزارعو البساتين، فإنهم يقتلونها لأنهم يعدونها آفات حشرية. تُعدّ الثعالب الطائرة سريعة الحساسية؛ لأنها تعيش في مجموعات كبيرة وواضحة مكونة من مليون فرد. وبسبب تحركها المنتظم بأنماط يمكن التنبؤ بها، وإمكانية تتبعها إلى أماكن إقامتها، فإنّ الصيادين يتمكنون في المرة الواحدة من قتل الآلاف منها بسهولة.

بدأت الآن برامج لحماية أنواع محددة من الثعالب الطائرة. مثال واحد ناجح هو برنامج حماية خفاش الفاكهة رودريجز، *Pteropus rodricensis*، الذي يوجد في جزيرة رودريجز في المحيط الهندي قرب مدغشقر فقط. تناقصت جماعاته



الشكل 59-19

توزيع النّظام البيئيّ لغابة عشب البحر. غيّر الصّيد الجائر من قبل صيادي الحيتان التجاريين اتزان الأسماك في النّظام البيئيّ البحري، محفزًا الحيتان القاتلة على أن تتغذى على ثعالب البحر، وهي نوع رئيس (جوهري) في النّظام البيئيّ لغابة عشب البحر الكِلْب.

الشكل 59-20

أهمية النوع الأساسي (الجوهري). الثعالب الطائرة، وهي نوع من الخفافيش آكلة الفواكه، هي نوع أساسي في جزر استوائية عدة في العالم القديم. تقوم الخفافيش بتلقيح نباتات عدة، وهي أساسية لنشر البذور. كان لإزالتها بسبب الصّيد وفقدان البيئات تأثيرٌ مدمرٌ في الأنظمة الْبيئيّة لكثير من جزر جنوب المحيط الهادي.

من 1000 فرد تقريبًا عام 1955 إلى أقل من 100 عام 1974، بسبب خسارة بيئة الغابات المناسبة لخفاش الفواكه لمصلحة الزراعة. منذ عام 1974 تمت حماية هذا النوع بشكل كبير، وزيادة مساحة الغابات على الجزيرة عن طريق برنامج زراعة الأشجار. تَمَّ تأسيس 11 مستعمرة من أجل تكثير هذا النوع. لقد أدى الجمع بين الحماية القانونية، واسترجاع البيئة، وبرامج التكاثر بالأسر إلى إنتاج برنامج محافظة ناجح جدًا وفعّال.

الجماعات الصغيرة بشكل خاص شديدة الحساسية

بسبب العوامل التي سبق مناقشتها، قُسِّمت جماعات كثير من الأنواع نقص حجمها. مثل هذه الجماعات أكثر تعرضًا بشكل محدد للانقراض.

عوامل سكانية

الجماعات الصغيرة حساسة أكثر للأحداث التي تقلل بقاءها أو تكاثرها. فمثلًا، بسبب طبيعة حجمها، لا تتحمل الجماعات الصغيرة الكوارث مثل فيضان، أو حريق غابة، أو مرض منتشر. وقد زوّدنا التاريخ بمثال واحد على هذا هو دجاجة الطيهوج. على الرّغم من أنّ هذا النوع كان منتشرًا ذات مرة عبر شرق الولايات المتحدة، أزال الصّيد الجائر في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر في النهاية الجماعات كلّها ما عدا واحدة، على جزيرة كرمة مارثا قرب رأس كود، بماساشوسيتس. تزايدت الجماعة في العدد بعد حمايتها في محمية طبيعية إلى أنْ قضت النار على معظم بيئة المحمية. الجماعة القليلة التي نجت قُضي عليها بعد تجمع غير طبيعي للطيور المتكاثرة، وتبعه بعد فترة قصيرة مرض وبائي. آخر طير طيهوج تمت مشاهدته، كان لذكر عام 1932.

عندما تصبح الجماعات قليلة جدًا، يمكن للحظ السيئ أن يسبب النهاية. فمثلًا، نوع من عصفور الدوري (الشكل 59-21)، وهو حاليًا- دوِّن نوعًا منقرضًا، كان يوجد في الساحل الشرقي لفلوريدا - تضاءلت أعداده لخمسة أفراد، كلها ذكور. في الجماعة الكبيرة، يبدو احتمال أن تكون كلّ أفرادها الجنس نفسه احتمالًا ضغيفًا لأبعد الحدود. ولكن في الجماعات الصغيرة، وبسبب الحظ، قد تكون 5 أو 10 أو حتى 20 ولادة متتابعة لأفراد لها الجنس نفسه، ويكون هذا سببًا في انقراض النوع. إضافة إلى هذا، عندما تكون الجماعات صغيرة، قد تجد الأفراد صعوبة في إيجاد بعضها (أثر آلي سبق ذكره في الفصل الـ 55)، ما يؤدي بالنوع نحو الانقراض.

فقدان التّنوّع الْوراثيّ

تواجه الجماعات الصغيرة مشكلة أخرى؛ فبسبب قلة عددها، تواجه هذه الجماعات نقصًا في التّنوّع الْوراثيّ بسبب الانجراف الْوراثيّ (الشكل 59-22). في الحقيقة، الكثير من الجماعات الصغيرة تحتوي على القليل، أو قد لا تحتوي على تنوع وراثي. قد تنتج من هذا اللاتنوع الْوراثيّ كارثة. إنّ التّنوّع الْوراثيّ مفيد للجماعة بسبب ميزة اختلاف الزيجوت (راجع الفصل الـ 20)، لأن الأفراد المتنوعين وراثيًّا يميلون إلى عدم امتلاك نسختين من الأليلين المتنحيين المؤذيين. الجماعات التي ينقصها التّنوّع مُكَوَّنَةٌ في الغالب من أفراد مريضة، وغير ملائمة وعقيمة. حيوانات التجارب، وذبابة الفاكهة التي تبقى بمجموعات صغيرة غالبًا ما تفنى بعد أجيال عدة؛ لأنّ كلّ جيل يصبح أضعف وأقل خصوبة من الجيل الذي قبله.

وعلى الرّغم من صعوبة إظهار أن سبب انقراض نوع ما هو بسبب نقص التّنوّع الْوراثيّ، إلاّ أن الدراسات التي أُجريت على جماعات حدائق الحيوان والطبيعية أظهرت بوضوح أن الأفراد الأكثر تنوعًا وراثيًا، تملك تلاؤمًا أعظم. إضافة إلى ذلك، على المدى البعيد، المجموعات التي تملك تنوعًا وراثيًّا محدودًا لها قدرة قليلة على التكيف مع التغيرات الْبيئيّة.

تفاعل العوامل السكانية والوراثية

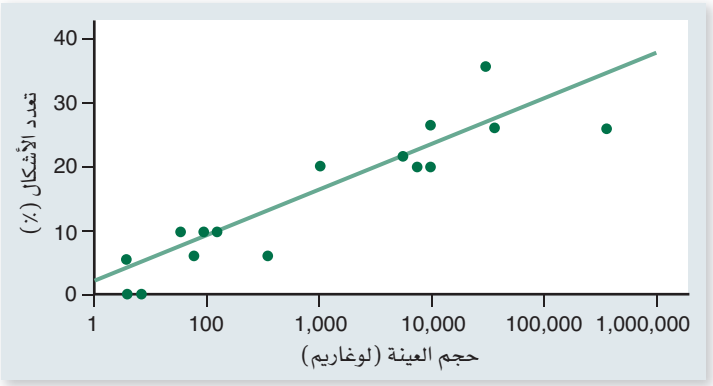
عندما يقلّ حجم الجماعات، يمكن للعوامل السكانية والوراثية أنْ تتحد لتسبب ما كان يُسمّى "دوامة الانقراض". أي، كلما أصبحت الجماعة أصغر، أصبحت أكثر حساسية للكوارث السكانية. يبدأ التّنوّع الْوراثيّ بدوره في الضياع، مسببًا تناقصًا في معدلات التكاثر وتناقصًا أكثر في أعداد الجماعة، وهكذا دواليك. في النهاية، تختفي الجماعة بشكل كامل، ولكن أن نعزو هلاكها إلى سبب محدد يبدو مضللًا.

أ.

ب.

الشكل 59-21

لم تعد على قيد الحياة. أ. عينة متحف لطير الطيهوج *Tympanuchus cupido cupido* التي انقرضت عام 1932. **ب.** هذا الذكر كان آخر عصفور دوري من النوع *Ammodramus maritimus nigrescens*.



الشكل 59–22

فقدان التّنوّع الْوراثيّ في الجماعات الصغيرة. نسبة الجينات متعددة الأشكال في جماعات منفصلة لأشجار *Holocarpus bidwillii* في جبال نيوزيلندا هي دالة حساسة لحجم الجماعة.

استقصاء

لماذا تفقد الجماعات الصغيرة التّنوّع الْوراثيّ؟

دراسة حالة: دجاج البراري

دجاج البراري، قريب من دجاج الطيهوج المنقرض حاليًا؛ هو طائر متبختر وزنه 2 باوند ومعروف بطقوس التزاوج المزخرفة (الشكل 59–23)، يوجد في ولايات عدة بالوسط الغربي. مَرّ دجاج البراري في إلينوي في العقود الستة الماضية بتناقص شديد في الجماعات.

كانت أعداد هذه الطّيور هائلة عبر الولاية، ولكن مع دخول محراث الفولاذ، الذي تمكن أول مرة من القطع عميقًا داخل أنظمة الجذور الكثيفة لحشائش البراري، بدأت براري إلينوي في التحول إلى مزارع. بحلول القرن، كانت البراري قد اختفت، وبحلول عام 1931، كانت طيور الطيهوج قد اختفت محليًّا من ولاية إلينوي. لم يكن دجاج البراري أحسن حالًا، فقد انخفضت أعدادها من 25000 في الولاية عام 1933 إلى 2000 عام 1962. في الولايات المحيطة الأقل كثافة في الزراعة، استمرت الطّيور في الازدهار.

عام 1962 و 1976، أُسِّستْ ملاجئ في إلينوي لمحاولة المحافظة على دجاج البراري. ولكن استمرت أراضي الحشائش الخاصة في الاختفاء، ومعها دجاج البراري الخاص بها، وبحلول عام 1980 انقرضت الطّيور من إلينوي ما عدا في محميتين، وحتى في هاتين المحميتين، استمرت أعدادها في الانخفاض. عام 1990، انخفض معدل تفقيس البيوض الذي كان بين 91% و100%، إلى أقل من 38%. وفي منتصف 1990، انخفضت أعداد الذكور إلى أقل من 6 في كلّ محمية.

ما الذي كان يجري خطأ في مجموعات المحميات؟ أحد الاقتراحات أشار إلى أن سبب حجم الجماعة الصغير، وكذلك وجود ذكر واحد في القطيع، فقد دجاج البراري في إلينوي الكثير من تنوعه الْوراثيّ لدرجة أدّت إلى مشكلة وراثية خطيرة. لفحص مثل هذه الفكرة، قارن علماء الأحياء في جامعة إلينوي مادة DNA من عينات مجمدة لأنسجة طيور ماتت في إلينوي بين الأعوام 1974 و 1993، فوجدوا أنّ طيور إلينوي في السنوات الحديثة أصبحت تمتلك حقًّا تنوعًا وراثيًّا أقل.

لقد استخلص العلماء DNA من أنسجة في جذور ريش يعود لطيور محنطة جمعت 1930 من الجماعة نفسها. وجد العلماء أنّ طيور إلينوي فقدت بشكل كامل $\frac{1}{3}$ التّنوّع الْوراثيّ للطيور التي تعيش في المكان نفسه قبل انهيار الجماعة عام 1970. في المقابل، مازال دجاج البراري في الولايات الأخرى يحتفظ بكثير من التّنوّع الْوراثيّ الذي اختفى في جماعات طيور إلينوي.

تَمَّ الآن وضع المرحلة التي ستوقف سباق دجاج البراري في إلينوي نحو الانقراض. بدأ مديرو الحياة البرية بإدخال الطّيور من جماعات متنوعة وراثيًّا من منيسوتا، وكانساس، ونبراسكا إلى ولاية إلينوي. أُحضر بين عامي 1992 و 1996 ما مجموعه 518 دجاجة براري خارج الولاية للتكاثر مع طيور إلينوي، وعادت معدلات التفقيس إلى أعلى من 94% عام 1998. وعلى ما يبدو، فإنّ دجاج البراري قد أنقذ من الانقراض في إلينوي.

الدرس المهم الذي علينا أن نعيه هو عدم السماح لتفاقم المشكلة بعيدًا جدًا، أي ألاّ نصل إلى درجة الجماعة الواحدة المعزولة. فدون الجماعات المختلفة وراثيًّا والبعيدة، ما كان يمكن إنقاذ دجاج البراري في إلينوي من الانقراض. فعندما فَقَدَتْ آخر جماعة من عصافير الدوري آخر أنثى، لم يكن هناك أيّ مصدر آخر للإناث، وأصاب الانقراض تحت النوع هذا.

عوامل كثيرة مسؤولة عن الانقراض. فعندما تُحطّم البيئات، فإنّ البيئة المتبقية تتجزأ، ويؤدي ذلك إلى زيادة خطر الانقراض. الاستثمار الزائد يمكن له أن يقلل من الجماعات إلى مستويات قليلة أو يزيلها بشكل كامل. يمكن للأنواع الدخيلة أن تؤذي المجتمعات الأصيلة من خلال الافتراس أو التنافس، ويمكن أنْ تعكّر النّظام الْبيئيّ كاملًا. وأخيرًا، الجماعات القليلة تواجه تنوعًا من الأخطار؛ لأن قدرتها على مواجهة الكوارث محدودة جدًا، وأكثر عرضةً لفقدان التّنوّع الْوراثيّ.

الشكل 59–23

طقوس التزاوج. ينفخ ذكر دجاج البراري (*Tympanuchus cupido pinnatus*) أكياسًا هوائية برتقالية فاتحة هي جزء من مريئه، على شكل بالونات على جانبي رأسه. حالما يتم سحب الهواء نحو هذه الأكياس تصدر 3 مقاطع منخفضة التردد "بوم – بوم – بوم" يمكن سماعها عن بعد كيلومترات عدة.

4-59 طرق المحافظة على الأنواع المهددة بالانقراض

عند معرفة سبب تهديد النوع بالانقراض، يصبح من الممكن تصميم خطة إنقاذ. فإذا كان المُسَبِّبُ زيادةَ الحصاد التجاري، فإنه يمكن إطلاق أنظمة تقلل من التأثير، وتحمي النوع المُهَدَّد. وإذا كان المُسَبِّبُ فقدانَ البيئة، فإنه يمكن وضع خطط لاستعادتها. يمكن لفقدان التّنوّع الْوراثيّ في تحت الجماعات المعزولة أنْ يُقابَلَ بزراعة الأفراد من جماعات مختلفة وراثيًّا. يمكن للجماعات المُعَرَّضَة للانقراض السريع أنْ تُؤَسَرَ، وتُقَدَّمَ إلى برنامج التكاثر بالأسر، ومن ثَمَّ تُقَدَّمُ مرةً أخرى إلى بيئة أخرى مناسبة.

كلّ هذه الحلول مكلفة جدًا. لكن، كما أشار بروس بابيت سكرتير الداخلية في ادارة الرئيس كلينتون، من الناحية الاقتصادية، إنّ منع حدوث "كارثة بيئية هو أفضل من معالجتها بعد حدوثها. إنّ حفظ الأنظمة الْبيئيّة، ومراقبة الأنواع قبل أن تُهدد هو أكثر الطرق الفعّالة لحماية البيئة، ومنع الانقراض".

أحيانًا، يمكن أنْ تُستعادَ البيئة المُهَدَّدَةُ مرة أخرى

تهتم بيولوجيا المحافظة بشكل نموذجي بحفظ الجماعات التي تقع تحت خطر التناقص أو الانقراض. يتطلب الحفاظ على كلّ حال، بقاء شيء ما لكي يمكن حفظه؛ وفي حالات كثيرة، لم يعد الحفاظ هو الخيار. الأنواع، وفي بعض الحالات المجتمعات كلّها، تكون قد اختفت، أو تغيرت بشكل كبير. قطع الغابات الاستوائيّة في ولاية واشنطن ترك القليل وراءه للحفظ، مثل تحويل قطعة أرض إلى حقل قمح، أو إلى مكان اصطفاف أسفلتي للسيارات. إصلاح مثل هذه الحالات يتطلب استعادة أكثر من الحفاظ.

يمكن اللجوء إلى ثلاثة برامج مختلفة لاستعادة البيئات، استنادًا إلى سبب فقدانها، هي:

استعادة القديم (البدائيّ)

في الأنظمة الْحيويّة التي أزيلت منها الأنواع جميعها، يحاول علماء المحافظة البيولوجية استعادة النباتات والحيوانات التي كانت مُستوطِنة طبيعيًّا في المنطقة، إن كان بالإمكان التّعرّف إلى هذه الأنواع. إذا أراد علماء المحافظة استعادة البراري بعد أن أصبحت أراضي زراعية مهجورة، كما في (الشكل 59-14)، فكيف لهم أن يعرفوا ماذا يزرعون؟

على الرّغم من إمكانية إعادة الأنواع الأصيلة بنسبها الأصلية، فإنّ إعادة بناء مجتمع يحتاج إلى معرفة هوية الجماعات الأصلية كلها، وبيئات كلّ نوع من هذه الأنواع. وفي الحقيقة، فإننا لا نملك الكثير من تلك المعلومات، لذلك لا يمكن أبدًا أن تكون استعادة القديم حقيقة.

إزالة الأنواع الدخيلة

يمكن أحيانًا لبيئة ما أن تدمّر من قِبَلِ نوع واحد من الأنواع الدخيلة. في مثل هذه الحالات، تتطلب استعادة البيئة إزالة الأنواع الدخيلة. إعادة أسماك البلطي التي كانت متنوعة إلى بحيرة فكتوريا تحتاج إلى أكثر من تكثير النوع المهدد بالانقراض، فالعملية تحتاج إلى إزالة المخلوقات الدخيلة، مثل إزالة عشب المكحلة المائي، وإزالة أسماك فرخ النيل، أو وضعها تحت السيطرة، ويجب عكس عملية زيادة التغذية الحقيقية.

من المهم التصرف بسرعة إن كان لا بد من إزالة النوع الدخيل. فعندما تَمَّ إطلاق النحل الإفريقي الشرس (المدعو "النحل القاتل") دون قصد في البرازيل، بقي

أ.

ب.

الشكل 59-24

استعادة البيئات. مستنبت جامعة وسكنسن – ماديسون كان الرائد في علم البيئة الاستعادي. أ. استعادة البراري كان في بداياته في نوفمبر 1935. ب. منطقة البراري كما هي عليه الآن. هذه الصورة أُخذت في المكان نفسه تقريبًا كما عام 1935.

محصورًا في البيئة المحلية مدة فصل كامل فقط. أما الآن، فإنّ النحل القاتل يحتلّ أغلب نصف الكرة الغربي.

التنظيف وإعادة التأهيل

إنّ الأماكن التي تَمَّ إتلافها بسبب استعمال ملوث كيميائي ما لا يمكن استعادتها ما لم تُنظف من الملوِّث. الاستعادة الناجحة لنهر ناشوا في نيوإنجلند هي أحد الأمثلة على أنّ الجهد المكثف يمكن أنْ ينجح في استعادة البيئة إلى حالة تشبه الحالة القديمة تقريبًا.

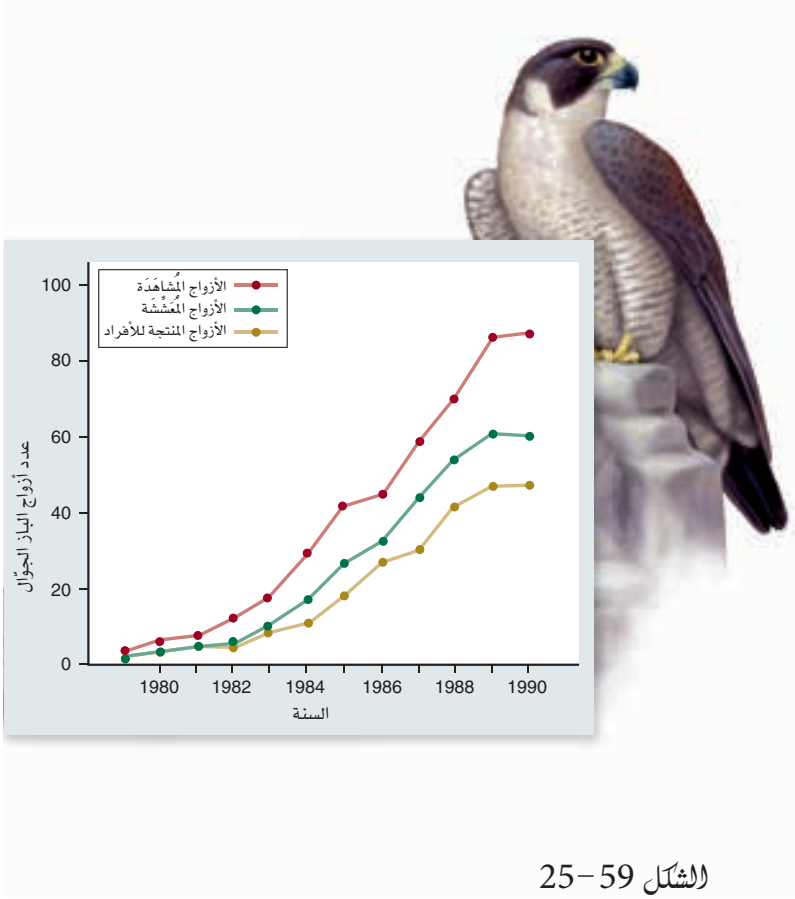
أنقذت برامج التكاثر بالأسْر بعض الأنواع

يجب أن تتطلب برامج الاستعادة، خصوصًا تلك التي تركز على أنواع قليلة، التدخل المباشر أحيانًا بالجماعات الطبيعية حتى تتجنب خطر الانقراض المباشر.

دراسة حالة: الباز الجوّال

بدأت جماعات الطّيور المفترسة الأمريكية، مثل الباز الجوّال، في التناقص المفاجئ بعد فترة قصيرة من الحرب العالمية الثانية. فقد اختفى 350 زوجًا متكاثرًا سنة 1960 كانت موجودة في شرق نهر المسيسبي سنة 1942. كان المسبب هو مضاد الآفات الكيميائي د.د.ت. DDT ومضادات الآفات العضوية المكلورة ذات العلاقة. الطّيور المفترسة شديدة الحساسية بالتحديد لمادة د.د.ت؛ لأنها تتغذى في قمة السلسلة الغذائية، حيث تصبح هذه المادة أكثر تركيزًا. وإن هذه المادة تعيق تجمع الكالسيوم في قشرة بيض الطائر، ما يجعل معظم البيوض تتكسر قبل أنْ تصبح جاهزة للفقس.

لقد حُظر استخدام د.د.ت. بقانون فدرالي سنة 1972، ما أدى إلى تناقص تركيزه في شرقي الولايات المتحدة بسرعة. ولكن لم تبقَ طيور الباز الجوّال في شرقي الولايات المتحدة من أجل إعادة تكوين الجماعة الطبيعية. استخدمت طيور باز من مناطق أخرى من البلاد لتكوين برنامج تكاثر بالأسر في جامعة كورنيل سنة 1970، مع توجه لاستعادة الباز الجوّال في شرقي الولايات المتحدة عن طريق إطلاق صغار هذه الطّيور. نهاية 1986، تَمَّ إطلاق أكثر من 850 طيرًا في 13 ولاية شرقية، مكونةً استعادة قوية مذهلة (الشكل 59-25).



الشكل 59-25

نجاح التكاثر بالأسْر. تمكّن الباز الجوّال (*Falco peregrinus*) من العودة والاستيطان في الولايات المتحدة الشرقية بعد إطلاق طيور نمت في الأسر خلال فترة 10 سنوات.

دراسة حالة: نسر الكندور في كاليفورنيا

تناقص عدد نسور الكندور تدريجيًّا منذ 200 سنة في كاليفورنيا (*Gymnogypus californianus*)، وهو طائر ضخم تصل المسافة بين جناحيه إلى 3م تقريبًا. بحلول عام 1985، تناقصت أعداد النسور إلى درجة أنها أصبحت على حافة الانقراض. 6 طيور من 15 طائرًا بريًّا باقيًا على قيد الحياة كانت قد اختفت في تلك السنة وحدها. كلّ الجماعة المتكاثرة من هذا النوع مكونة فقط من الطّيور البرية الباقية، و21 طيرًا في الأسر.

في محاولة أخيرة للحفاظ على الطائر من الانقراض، أُسرت الطّيور المتبقية، ووُضِعَتْ في جماعة التكاثر في الأسر. بدأ برنامج التكاثر في حدائق الحيوان، بهدف إطلاق الصغار في مزرعة كبيرة مساحاتها 3500 هكتار في بيئة النسر الأصلية. عُزلت الطّيور عن الاتصال بالإنسان قدر المستطاع، ومنعت الأفراد القريبة من بعضها من التكاثر.

بداية 2004، وصلت أعداد نسر كاليفورنيا في الأسر إلى أكثر من 149 طيرًا. تَمَّ إطلاق 56 نسرًا تربى في الأسر بنجاح في كاليفورنيا في منطقتين: المنطقة الأولى كانت جبال شمال لوس أنجلوس، بعد تدريبات مكثفة قبل الإطلاق لتجنب أعمدة الضغط العالي والبشر. الطّيور جميعها التي تَمَّ إطلاقها تبدو أنها تعيش بشكل جيد. أما المنطقة الثانية فهي الأخدود العظيم الذي أطلق فيه 53 طائرًا، وتأقلمت بنجاح. شعر علماء الأحياء بالإثارة من أنشطة التكثير التي أعطت أول صغار على الإطلاق أُنتجت في البرية من آباء تربت في الأسر في كلّ من كاليفورنيا وأريزونا.

دراسة حالة: ذئاب متنزه يلوستون

الهدف الرّئيس لبرامج الإكثار بالأسر، ليس ببساطة إكثار نوع معين، بل إعادة الأنظمة الْبيئيّة إلى حالة فعّالة ومتزنة. كان متنزه يلوستون نظامًا بيئيًّا غير متزن، ويعود السبب بشكل أساسي إلى الإبادة الكبيرة للذئب الرمادي (*Canis lupus*) في المتنزه في أوائل القرن التاسع عشر. دون هذه المفترسات التي تُبقي أعداد قطعان ظبي الألكة والغزلان تحت السيطرة، فقد انفجرت أعدادها بسرعة، متلفةً الغطاء النباتي، لدرجة أنّ ظباء الألكة نفسها أصبحت تعاني المجاعة في أوقات القحط.

في محاولة لاستعادة اتزان المتنزه الطبيعي، تَمَّ إطلاق قطيعين من الذئاب من كندا عامي 1995 و 1996 إلى المتنزه. الذئاب تأقلمت بشكل جيد، وتكاثرت بنجاح، لدرجة أن المتنزه كان يحتوي على 16 قطيعًا حرًّا وأكثر من 200 ذئب بحلول عام 2002.

لم يكن أصحاب المزارع قرب المتنزه سعداء بعودة الذئاب، حيث لوحظ ضرر بسيط للماشية، وبدا أنّ الاتزن الْبيئيّ في متنزه يلوستون يستعيد وضعه الأول بشكل جيد. أخذت ظباء الألكة في التجمع بقطعان كبيرة، وابتعدت عن ضفاف الأنهر، حيث تكون أكثر عرضة للصيد. وبسبب هذا، تزايدت على جوانب الأنهار أشجارٌ مثل الصفصاف، موفرة الغذاء للقُندس الذي أدت السدود التي يكوّنها إلى تشكيل البرك، وهي بيئة كانت نادرة في متنزه يلوستون. هذه البيئة المستعادة حديثًا، بدورها، زادت من أنواع بعض الطّيور مثل طائر عيد الميلاد التي كانت تتناقص منذ عقود، أو اختفت بشكل كامل.

تتنوع الجهود للمحافظة على الأنواع المهددة بالانقراض بتنوع أسباب التهديد. يمكن لاستعادة البيئة أنْ تعيد أحيانًا منطقة معينة إلى حيويتها كأنها بيئة طبيعية. وعلى الرّغم من أنّ التكاثر بالأسر ليس حلًّا لكلّ الحالات ولا لمعظمها، فإنه ساعد على عودة كثير من أنواع الْفقريّات.

5-59 المحافظة على الأنظمة البيئيّة

يُعَدُّ تقسيم البيئة واحدًا من أهم أعداء جهود المحافظة على التّنوّع الحيويّ. كما لاحظت، تحتاج بعض الأنواع إلى رقع أراضٍ واسعة لتتكاثر، وجهود المحافظة التي لا تستطيع توفير بيئة مناسبة لها مثل هذا الحجم محكوم عليها بالفشل. من ناحية تاريخية، كافح علماء المحافظة على البيئة لحلّ مثل هذه المعضلة من خلال المحافظة بصورة مركزة كليًّا على أن تكون الأراضي بحالتها البدائية داخل المتنزهات العامة والمحميات. وبشكل متزايد، على كلّ حال، بدا واضحًا أن حجم الأرض التي يمكن حفظها على هذا الشكل محدود جدًا، وأكثر من ذلك، هناك أراضٍ كثيرة غير خاضعة للحماية مع أنها توفّر بيئة مناسبة لكثير من الأنواع.

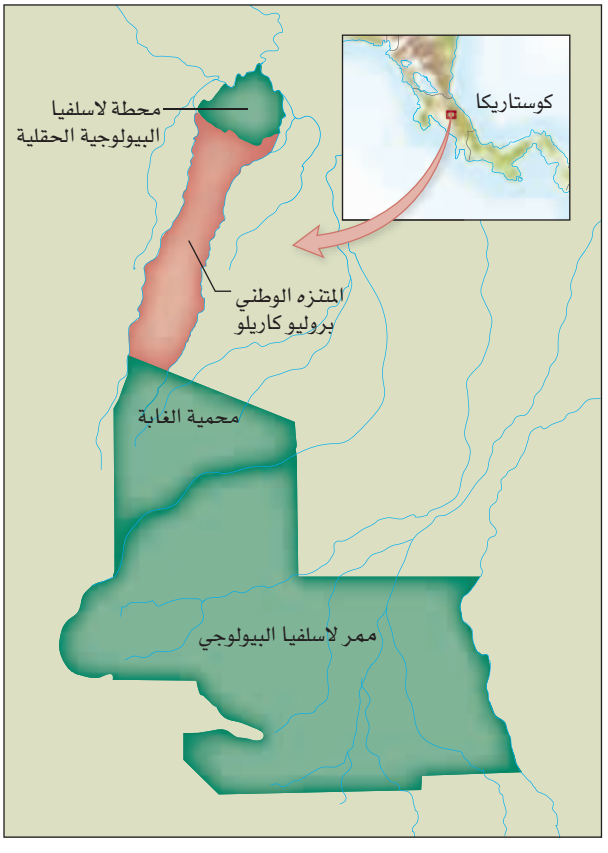
وبسبب هذا، أصبحت خطط المحافظة متعددة الاتجاهات، فهي لا تشمل المناطق البدائية الأولية فقط، ولكن أيضًا المناطق المحيطة، حيث يسمح بتأثير الإنسان فيها بمستوى معين. وكما ناقشنا في السابق، تفقد رقع الأراضي المعزولة أنواعًا بشكل أسرع من تلك الأراضي الكبيرة المحمية. بإضافة هذه الأراضي الأخرى، الأقل بدائية، ازداد مجموع كمية الأراضي المتوافرة لكثير من الأنواع.

إن مفتاح إدارة مثل هذه المساحات من الأراضي بنجاح، وعلى فترات زمنية طويلة، هو بإدارتها بطريقة تلائم استعمال الأراضي المحلية. فمثلًا، في حين لا يُسمح بنشاط اقتصادي في قلب الأرض البدائية، فإنّ بقية الأرض يمكن استعمالها في حصاد غير مدمِّر للمصادر. حتى المساحات التي يسمح بصيد بعض الأنواع منها ستوفر حماية لأنواع كثيرة أخرى.

تَمَّ أيضًا توفير ممرات للانتشار تربط بين المناطق الأولية البدائية، وبهذا تزيد أحجام الجماعة، وتسمح بإعادة الاستيطان إذا اختفت جماعة في منطقة معينة بسبب كارثة ما. يمكن للممرات أنْ توفّر حماية للأنواع التي تمرّ عبر مساحات واسعة خلال العام. لقد وفّرت الممرات في إفريقيا الشرقية حماية لطرق الهجرة لذوات الحوافر. في كوستاريكا، هناك ممر يربط بين أراضي الغابة المطرية المنخفضة في محطة لاسلفا البيولوجية من جهة، والغابة المطرية الجبلية في متنزه برولیو کاریلو الوطني من جهة أخرى. هذا الممر يسمح بالهجرة العمودية لكثير من أنواع الطّيور، والثّدييّات، والفراشات (الشكل 59-26).

إضافة إلى هذا التركيز على المحافظة على محميات واسعة بشكل كافٍ، فقد لاحظ علماء البيئة في السنوات الحديثة أن أفضل طريقة لحفظ التّنوّع الحيويّ هو المحافظة بصورة مركزة على الأنظمة البيئيّة المتماسكة، وليس المحافظة على نوع معين. لهذا السبب، فإنّ الاتجاه في حالات كثيرةٍ يتحول إلى تعرّف تلك الأنظمة الحيويّة التي تحتاج إلى المحافظة أكثر من غيرها، وتوفير السبل ليس فقط لحماية الأنواع ضمن نظام بيئي، وإنما للمحافظة على وظيفة النّظام البيئيّ نفسه، والمحافظة على عمله كذلك. وهذا يستلزم التأكد من أنّ المحميات ليست فقط كبيرة بشكل كافٍ، بل إنها أيضًا تحمي عناصر مثل مساقط المياه لكي؛ لا تكون الأنشطة خارج المحمية مهدّدة للنظام البيئيّ داخلها.

اجتمعت الجهود من مختلف أنحاء العالم لحماية التّنوّع الحيويّ في المحميات والمناطق الأقل حماية المصممة لمقاومة تأثيرات تجزئة البيئة. التركيز على صحة النّظام البيئيّ بشكل كامل، لا على نوع معين، يمكن أن يُوجد سبلًا أكثر فاعلية لحماية التّنوّع الحيويّ.



الشكل 59-26

ممرات تصل بين محميتين. أ. محطة لاسلفا البيولوجية للدراسات الاستوائيّة في كوستاريكا مرتبطة مع متنزه برولیو کاریلو الوطني. ب. يسمح الممر بهجرة الطّيور، والثّدييّات، والفراشات، والحيوانات الأخرى من لاسلفا 35 م فوق سطح البحر إلى بيئات الجبال التي ترتفع أكثر من 2900م.

59-1 نظرة عامة على أزمة التّنوّع الْحيويّ

الانقراضات المتعددة معروفة من سجلات الأحافير، ولكن معدلات الانقراض الجاري الآن عالية جدًا؛ لقد فقدت أنوع عدة قبل أنْ يتم اكتشافها والتّعرّف إليها.

- معظم الانقراضات التاريخية وقعت في الـ 150 سنة الأخيرة، وكانت على جزر.
- في الأزمنة الحديثة، تسبب الإنسان في معظم الانقراضات المحلية عن طريق الاستعمال الجائر، وتدمير البيئة.
- تسهم الزراعة، والإسكان، والأهداف التجارية في ضياع الأنواع عن طريق تدمير أو تقليل البيئة.
- قارة إفريقيا كانت هي القارة الوحيدة التي لم يحصل فيها انقراضات حيوانية ضخمة، ربما بسبب فترات طويلة من التطور المترافق للبشر والحيوانات المستوطِنة.
- الأنواع المستوطنة حساسة بشكل خاص؛ لأنها موجودة في نطاق واحد محدود، وفي مناطق ذات معدّلات نموّ بشري وهجرة عالية.
- المواقعُ السّاخنة مناطقُ مُسْتَوْطَنَةٌ بها أنواع عدة تمتلك معدلات انقراض عالية.
- الانقراض الحالي الضخم فريد؛ لأنه الانقراض الضخم الوحيد الذي يسببه نوع واحد، هو الإنسان، والوحيد الذي تكون فيه المصادر غير متوافرة للاسترجاع التطوري بعد ذلك.

59-2 قيمة التّنوّع الْحيويّ

للتنوع الْحيويّ قيم اقتصادية وأخلاقية وجمالية.

- تأتي القيمة الاقتصادية المباشرة للتنوع الْحيويّ من المنتجات التي نحصل عليها من الأنواع، والنظم الْبيئيّة المختلفة.
- تأتي القيمة الاقتصادية غير المباشرة للتنوع الْحيويّ من الخدمات التي يقدمها النّظام الْبيئيّ، مثل المحافظة على نوعية الماء، وحفظ التربة والمواد الغذائية، والتأثير في المُناخ المحليّ، وإعادة تدوير المواد الغذائية.
- الأنظمة الْبيئيّة المتماسكة غالبًا ما تكون أكثر قيمة من المنتجات التي نحصل عليها منها؛ وعلى كلّ حال، فإنّ قيمتها لا تكون واضحة إلا بعد فَقْدِها.
- الأشخاص الذين يستفيدون من تحطيم البيئة ليسوا عادةً الأشخاص أنفسهم الذين يدفعون الثمن.
- البشر يمكنهم، ويجب عليهم أن يصنعوا قرارات أخلاقية لحماية القيم الأخلاقية والْبيئيّة والاقتصادية للأنظمة الْبيئيّة.

59-3 العوامل المسببة لعمليات الانقراض

عوامل كثيرة مباشرة وغير مباشرة مسؤولة عن انقراض الأنواع.

- الاستغلال الزائد وفقدان البيئة من قبل الإنسان هما أكثر الأسباب المؤدية للانقراض.
- سرعة تأثر الأنواع بعامل انقراض واحد ربما يزيد من حساسية هذه الأنواع للعوامل الأخرى، ويسرّع انقراضها.
- الأنواع المختلفة لا تتأثر بالمشكلات نفسها وبالطرق نفسها.
- يقلل البشر غنى الأنواع بتحطيم البيئات وتلويثها، وتعكيرها، وتجزئتها.
- حالما تصبح البيئات أكثر تجزئة، تزداد بشدة الحصة النسبية للبيئة المتبقية التي توجد على الحد أو الحافة.
- حالما تزداد الحصة النسبية للحافة، فإنّ الأنواع تصبح أكثر تعرضًا للطفيليات والمفترسات.
- كلما تناقصتْ مساحة جزيرة أو قطعة، تـزدادُ معدلات الانقراض (الشكل 59-11).
- إدخال الأنواع الجديدة، سواء بشكل طبيعي أو عرضي سيؤدي إلى تغيرات كبيرة وغالبًا سلبية على المجتمع بسبب عدم وجود تاريخ لتفاعلات الأنواع.
- ربما يؤدي تدمير تداخلات الأنظمة الْبيئيّة إلى شلال من الانقراضات من مستويات غذائية أعلى— أسفل، أو أسفل— أعلى.
- خسارة الأنواع الجوهرية (الأساسية) ربما يزيد التنافس، ويؤثّر بشكل كبير في تركيب النّظام الْبيئيّ ووظيفته.
- تكون الجماعات الصغيرة حساسة بشكل خاص للانقراض بسبب الكوارث، وفقدان الرفيق، وفقدان التّنوّع الْوراثيّ (الشكل 59-22).

59-4 طرق المحافظة على الأنواع المهددة بالانقراض

حالما يتم التّعرّف إلى سبب تهديد أنواع بالانقراض، من السهل وضع خطة استرجاع تحميها.

- تهتم بيولوجيا المحافظة بحفظ الجماعات والأنواع من خطر التناقص والانقراض.
- استعادة البيئات المدمرة لظروفها الطبيعية أمر صعب؛ لأننا نادرًا ما نعرف عن نظامها الْبيئيّ، وسكانها، وتفاعلاتها بشكل كافٍ.
- الاستعادة بإزالة الأنواع الدخيلة صعبة جدًا، وهي الأكثر نجاحًا إذا حدثت بعد إدخال نوع جديد مباشرةً.
- ربما لا يمكن استعادة البيئات المدمرة أو الملوثة بشدة إلى حالتها الأصلية، ولكن يمكن استعادتها لتقديم خدمات بيئية مختلفة.
- قد تتطلب برامج الاستعادة، مثل التكاثر بالأَسْر، تدخلات مباشرة في الجماعات الطبيعية لتجنب التهديد المباشر بالانقراض.
- هدف برامج التكاثر بالأَسْر هو استعادة الأنواع الحيوانية.

59-5 المحافظة على الأنظمة الْبيئيّة

تحطيمُ البيئة أحد أشدّ أعداء جهود المحافظة على التّنوّع الْحيويّ.

- مفتاح إدارة قطع الأراضي الكبيرة هو بتشغيلها بطريقة تتلاءم مع الحاجات المحلية.
- ممرات الانتشار تربط قطع البيئة مع بعضها، ومع البيئات الطبيعية، معطيةً المجال لزيادة حجم الجماعة، وللتبادل الْوراثيّ، وإعادة الاستيطان.
- أفضل طريقة لحفظ التّنوّع الْحيويّ هي المحافظةُ على النّظام الْبيئيّ المتماسك، لا بالمحافظة على نوع معين.

اختبار ذاتي

ارسم دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يأتي:

1. من ناحية تاريخية، اتجهت الأنواع التي تعيش في الجزر نحو الانقراض أسرع من تلك التي تعيش على الأراضي الرّئيسة. السبب الذي يفسر مثل هذه الظاهرة هو أنّ:
   أ. الأنـواع التي تعيش على الجزر غالبًا ما تكون نشأت في ظل غياب المفترسات، ولا تمتلك تقنيات تجنب طبيعية.
   ب. البشر أدخلوا الأمراض والمنافسات إلى الجزيرة، ما أثر سلبًا في جماعات الجزيرة.
   جـ. جماعات الجزيرة عادةً أصغر من جماعات اليابسة الأساسية.
   د. كلّ ما ذكر.
2. أفضل وصف للمحافظة على المواقع السّاخنة هو أنها:
   أ. مناطق ذات أعداد كبيرة من الأنواع المستوطنة التي تختفي بسرعة.
   ب. مناطق، الناس فيها داعمون نشطون للتنوع الْحيويّ.
   جـ. جزر تتعرض لمعدلات عالية من الانقراض.
   د. مناطق تستبدل فيها الأنواع الدخيلة بالأنواع الأصلية.
3. مواقع التّنوّع الْحيويّ السّاخنة:
   أ. تغطي 1.4% من سطح اليابسة، ولكنها وطن لـ 35% من أنواع فقريات اليابسة الحية.
   ب. تغطي 35% من سطح اليابسة، ولكنها وطن لـ 1.4% من أنواع فقريات اليابسة الحية.
   جـ. توجد على الجزر فقط.
   د. توجد في المناطق الاستوائيّة فقط.
4. قـدرة النّظـام الْبيئـيّ المتماسـك – مثـل الأراضي الرطبـة – على تحمل الفيضانات وتنقية المياه من الملوثات هي قيمة للتنوع الْحيويّ:
   أ. اقتصادية مباشرة. ب. اقتصادية غير مباشرة.
   جـ. أخلاقية. د. جمالية.
5. القيمة الاقتصادية لخدمات النّظام الْبيئيّ:
   أ. من غير المحتمل أنْ تتجاوز القيمة الاقتصادية الحاصلة من استخدام النّظام الْبيئيّ بعد تحويله.
   ب. لم يتم تحديدها بعناية.
   جـ. يمكن أنْ تتجاوز بشكل كبير القيمة المُسْتَخْلَصة بعد تحول النّظام الْبيئيّ.
   د. جمالية بشكل تام.
6. يوصف تناقص الْبرمائيّات بأنه:
   أ. اختفاء عالميّ للبرمائيّات بسبب تدمير البيئة المحلية.
   ب. تناقص عالميّ لجماعات الْبرمائيّات بسبب تغير المُناخ العالمي.
   جـ. الاختفاء غير الْمُفَسَّر للضفادع الذهبيّة في كوستاريكا.
   د. لا شيء مما ذكر.
7. تقطيع البيئة يمكن أنْ يؤثّرَ سلبًا في الجماعات:
   أ. بتحديد تدفق الجينات بين المناطق التي كانت سابقًا متصلة.
   ب. بزيادة كمية الحافة النسبية الملائمة لقطع (أجزاء) البيئة.
   جـ. بتشكيل قطع أراضٍ صغيرة جدًا لا تدعم الجماعة المتكاثرة.
   د. كلّ مما ذكر.
8. النوع الأساسي (الجوهري) هو النوع الذي:
   أ. له احتمال انقراض أعلى من النوع غير الأساسي.
   ب. يمتلك قوة تأثير في النّظام الْبيئيّ لا تتناسب مع وجوده.
   جـ. يسبب انقراض أنواع أخرى.
   د. له تأثير ضعيف في النّظام الْبيئيّ.
9. عندما يقلّ حجم الجماعات بشكل حاد، فإنّ التّنوّع الْوراثيّ وعدم تماثل الجينات:
   أ. من المحتمل أنْ يزداد، مشجعًا احتمال الانقراض.
   ب. من المحتمل أنْ ينقص مشجعًا احتمال الانقراض.
   جـ. عادة ليست من العوامل التي تؤثّر في احتمال الانقراض.
   د. تستجيب بشكل أوتوماتيكي بطريقةٍ تحمي الجماعات مع متغيرات مستقبلية.
10. برنامج التكاثر بالأسْر يتبعه إطلاق إلى البرية:
   أ. من المحتمل وحده، أنْ ينقذ الأنواع المهددة بالانقراض.
   ب. من المحتمل وحده أنْ ينجح عندما يكون التّنوّع الْوراثيّ للجماعات البرية قليلًا جدًا.
   جـ. ربما ينجح عندما يُربط مع الأنظمة المناسبة واستعادة البيئة.
   د. لا شيء مما ذكر.
11. انقراض 99% من الأنواع الحية جميعها التي وُجدت على الأرض:
   أ. يشكل دليلًا على أنّ معدلات الانقراض الحالية ليست أعلى من الطبيعي.
   ب. يشير إلى أنّ معظم هذه المفقودات وقعت في 400 سنة الماضية.
   جـ. يدعم مقولة: إن العالم امتلك أنواعًا كثيرة.
   د. لا شيء مما ذكر.
12. لبيان أزمة التّنوّع الْحيويّ بشكل فعّال، فإنّ حماية النوع الفرد:
   أ. يجب أنْ تستخدم بالتوافق مع إدارة نظام بيئي رئيس واستعادته.
   ب. اتجاه إدارة كافٍ نحتاج إلى توسعته إلى أنواع أكثر.
   جـ. ليس له أي دور في توضيح أزمة التّنوّع الْحيويّ.
   د. يتعارض مع إدارة النّظام الْبيئيّ الرّئيس عادةً.

أسئلة تحدٍّ

1. إذا انقرض الآن 99% من الأنواع التي كانت موجودة، لماذا إذن هناك اهتمام بمعدلات الانقراض خلال قرون عدة ماضية؟
2. تحويل النّظام الْبيئيّ دومًا له تكاليف وأرباح. عادة ما تصل الأرباح إلى جزء من المجتمع (جماعة من الناس أو رجال أعمال مثلًا) ولكن التكاليف يتحملها المجتمع كله. هذا يجعل اتخاذ قرارات عن كيف، ومتى سنسمح بتحويل النّظام الْبيئيّ صعبة. مع ذلك، هل هذه مشكلة خاصة بتحويل الأنظمة الْبيئيّة بالطريقة التي نفهمها اليوم؟ (فمثلًا، تحويل أراضي شجر المانغروف إلى مزارع جمبري) هل هناك أمثلة أخرى يمكن أن نهتم بها لإرشادنا إلى كيفية صنع مثل هذه القرارات؟
3. هناك اهتمام وإثبات أن جماعات الْبرمائيّات في تناقص على مستوى العالم، وذلك بسبب عوامل عالمية. إذا علمنا أنّ انقراضَ الأنـواع عمليةٌ طبيعية، فكيف لنا أنْ نحدد أنّ هناك تناقصًا عالميًّا مختلفًا عن الانقراض الطبيعي للأنواع؟

هل أنت في حاجة إلى مراجعة إضافية؟ زر الموقع www.ravenbiology.com. لتتدرب على الاختبارات القصيرة، والرسوم المتحركة، والتسجيلات التلفزيونية، وأنشطة مخصصة لمساعدتك على فهم المادة الموجودة في هذا الفصل.

مسرد المصطلحات

أ

ابتكار أساسي key innovation تطور صفة جديدة في نوع ما تسمح له باستخدام مصادر أو نواحٍ أخرى للبيئة لم تكن في متناوله سابقًا.

اتزان منقط punctuated equilibrium فرضية بخصوص آلية التغيرات التطورية، تقترح فترة زمنية طويلة من التغيرات القليلة أو عدم حدوث تغيرات يتخللها فترات من التطورات السريعة.

اتحاد التشابه الشكلي في التطور التفرعي، تعبير آخر لحالة صفة سلفية مشتركة.

اتحاد الجاميتات Symplesiomorphy عملية اتحاد الخلايا أحادية العدد الكروموسومي (الجاميتات) لإعطاء خلايا ثنائية العدد الكروموسومي (الزيجوت)، الإخصاب.

اتزان Eqilibrium ظرف مستقر، النقطة التي يسير عندها التفاعل الكيميائي في الاتجاه الأمامي بشكل مساوٍ لسيره في الاتجاه العكسي، لهذا لا يحدث تغير في تركيزٍ المواد المتفاعلة أو النواتج. في علم البيئة، الظروف الثابتة المقاومة للتغير التي تعود بسرعة إلى حالتها الأصلية إذا تم إحداث خلل بها عن طريق الإنسان وأحداث طبيعية أخرى.

اتزان داخلي homeostasis المحافظة على البيئة الفسيولوجية الداخلية ثابتة تقريبًا في المخلوق؛ عادة ما تتضمن بعض أشكال تنظيم التغذية الراجعة.

اجتذاب Taxis حركة توجُّه يقوم بها (عادة) مخلوقات بسيطة استجابة لمؤثر بيئي.

اختزال Reduction كسب الذرة لإلكترون، وغالبًا مع بروتون.

اختلاف التزامن Heterochrony تغيير أحداث التكوين الجنيني بسبب تغيّر وراثي؛ فمثلاً، طفرة في جين قد ترجئ الإزهار في النباتات.

اختلال تضاعف العدد الكروموسومي aneuploidy حالة تحدث في خلايا الإنسان عند فشل الكروموسومات المتماثلة أو الكروماتيدات الشقيقة في الانفصال عند عملية الانقسام المنصف (الاختزالي)، ويؤدي هذا الفشل إلى كسب كروموسومٍ أو خسارته، كما في حالة متلازمة داون.

ارتباط تقليدي classical conditioning إعادة عرض منبه مرتبط مع استجابة تؤدي بالدماغ إلى تشكيل ربط بين المنبه والاستجابة، حتى لو لم يكن بينهما رابط من قبل على الإطلاق.

ارتباط فعّال operant conditioning آلية تَعلُّم تُعطى بها المكافأة فقط بعد استجابة سلوكية صحيحة.

ارتباع stratify الاحتفاظ ببذور النباتات تحت درجات حرارة منخفضة مدة من الزمن. بذور بعض النباتات لا تنمو إلاّ إذا تعرضت للتبريد، ثم للتسخين.

ازدواج متذبذب wobble pairing المرونة في عملية الازدواج بين القاعدة الموجودة على الطرف 5¢ للكودون المضاد لـ tRNA والقاعدة الموجودة على الطرف 3¢ لكودون RNA الرسول (mRNA). تسمح هذهِ المرونة لجزيء tRNA واحد بقراءة أكثر من كودون واحد على mRNA.

استجابة التهابية inflammatory response استجابة مناعية لا نوعية عامة للعدوى الجرثومية، تعمل على تنظيف المنطقة المصابة من الجراثيم والأنسجة الميتة؛ لكي يبدأ النسيج بالتعافي والشفاء.

استجابة الجرح wound response في النباتات، سلسلة إشارات، تبدأ عند حدوث تلف للأوراق، مثل مضغها عن طريق آكلات النباتات، تؤدي إلى إنتاج مثبطات للأنزيمات الهاضمة للبروتين فتمنع، بذلك آكلات النباتات من هضمها.

استجابة مناعية immune response في الفقريات، تفاعل دفاعي يقوم به الجسم ضد مادة غريبة أو مخلوق غريب غزا الجسم. انظر إلى أجسام مضادة وخلايا B.

استجابة مفرطة الحساسية hypersensitive response هي قتل النبتة للخلية المصابة بمسبب المرض حتى تمنع انتشاره.

استجابة مناعية أولية primary immane response الاستجابة الأولى للجهاز المناعي لمولد ضد غريب. إذا تم تعريض الجهاز مرة أخرى لهذا المولد، فإن خلايا الذاكرة التي تكونت خلال الاستجابة المناعية الأولى ستستجيب بشكل أسرع.

استجابة مناعية ثانوية secondary immune response استجابة سريعة يقوم بها الجسم عند مهاجمته مرة أخرى من قبل المسبب نفسه للمرض بسبب وجود خلايا الذاكرة، التي تصبح بسرعة خلايا منتجة للأجسام المضادة (خلايا بلازمية).

استشارة وراثية Genetic Counseling عملية تقيم خطر حدوث اختلالات وراثية في النسل، يتم فحص هذه الاختلالات في الأطفال قبل إنجابهم، وتزويد الآباء بمعلومات عن هذه الظروف والاخطار.

استقطاب polarity توزيع غير متساوٍ للشحنة على جزيء ما مثل الماء، الذي يملك منطقة موجبة ومنطقة سالبة على الرغم من أن الجزيء ككل متعادل. (2) يعود إلى الاختلافات المحورية في أثناء تطور الجنين الذي يعطي محور أمامي – خلفي، ومحور ظهري – بطني في الحيوانات ذات التماثل ثنائي الجانبي.

استقطاب الصفة Polarize في التفرع التطوري، لتحديد ما إذا كانت حالة صفة معينة قادمة من الأسلاف أو مشتقة (سلفية أم مشتقة).

استنساخ Transription عملية تكوين أو بناء جزيء RNA تكاملي لشريط DNA، يتم تحفيز هذه العملية بوجود الأنزيمات.

استنسال cloning إنتاج خط من الخلايا أو استنبات أعضاء لها نسخ متماثلة أو متطابقة من تسلسل خاص للنيوكليوتيدات، عناصر أساسية في الهندسة الجينية.

استنسال جزيئي Molecular cloning عملية عزل وتكثير (تضخيم) تسلسل معين من DNA.

استنسال علاجي therapeutic clonning استخدام نقل أنوية الخلايا الجسمية لإنتاج خلايا جذعية من فرد واحد، التي يمكن إعادة زراعتها في الفرد نفسه، وذلك لاستبدال الخلايا التالفة، مثل ترقيع الجلد.

أسطوانة Stele الأسطوانة الوعائية المركزية في السيقان والجذور.

أسموزية كيميائية chemiosmosis الآلية التي تتم من خلالها إنتاج جزيئات الطاقة ATP في الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء، الإلكترونات عالية الطاقة التي تم إثارتها بالضوء (في البلاستيدات) أو نزعها عن طريق الأكسدة في دورة كربس (في الميتوكوندريا) استعملت لتفعيل مضخات البروتون التي تزيد من تدرج تركيز البروتونات؛ عندما تعود البروتونات من ثم عبر الغشاء، فهي تعبر خلال قنوات تربط حركتها لبناء جزيئات ATP.

إشعاع تكيفي adaptive radiation تطور أشكال عدة متباعدة من سلف مشترك غير معين بدائي بالتكيف لأجزاء مختلفة من البيئة. إن هذا الإشعاع التكيفي شائع بشكل خاص في أوضاع، يوجد فيها النوع في البيئة مع عددٍ قليل من الأنواع الأخرى، وبوجود مصادر متوافرة عدة.

اقتران conjugation اتحاد مؤقت لمخلوقيين (كائنين) وحيدي الخلية، تنتقل خلال ذلك المادة الوراثية من خلية إلى أخرى؛ تحصل في البكتيريا، والطلائعيات، وطحالب معينة، والفطريات.

اقتران synapsis ازدواج الكروموسومات المتماثلة الذي يحدث قبل الانقسام الاختزالي الأول؛ عملية العبور تحدث خلال عملية الاقتران.

ألفا اللولبي alpha helix شكل من أشكال التركيب الثانوي لعديد الببتيد، حيث تلتف بشكل حلزوني تبعًا لارتباط الحمض الأميني مع مجموعات الكربوكسيل في العمود الفقري للسلسلة الببتيدية.

النشا Starch مبلمر غير ذائب من الجلوكوز؛ يُعدّ المادة المُخزنة الغذائية الرئيسة في النبات.

أملاح العصارة الصفراء bile salts محلول أملاح عضوية تفرز من كبد الفقريات، وتخزن مؤقتاً في كيس الصفراء، تقوم بتفكيك الدهون وتحويلها إلى مستحلب في الأمعاء الدقيقة.

انتحاء Tropism الاستجابة لمحفز خارجي.

انتحاء نسبي Tissue tropism عشق الفيروس لخلايا معينة في العائل متعدد الخلايا، مثال، فيروس الكبد الوبائي يستهدف خلايا الكبد.

انتخاب Selection عملية يترك فيها بعض المخلوقات أبناء أكثر من المخلوقات المنافسة، ولهذا فإن صفاتها الوراثية تظهر بشكل أكبر (نسبة أكبر) بين أعضاء الأجيال المتعاقبة مقارنة مع الأفراد التي تترك أبناء أقل.

انتخاب صناعي artificial selection اختيار سلالات محددة لإنتاج صفات محددة تؤدي إلى تغيير في التركيب الجيني للجماعات تبعًا للتهجين الاختياري من قبل الإنسان.

انتخاب المسبب للاضطراب disruptive selection شكلٍ من أشكال الانتخاب يعمل على إزالة النوع الوسيط بدلاً من تفضيله.

الانتخاب المعتمد على التكرار Frequency-dependent selection نوع من الانتخاب يعتمد على تكرار أو عدم تكرار حدوث طراز شكلي في مجموعة سكانية (جماعة ما).

انتخاب موجه directional selection شكل من أشكال الانتخاب الذي يعمل على إزالة شكل متطرف واحد من مصفوفة من الطرز الشكلية.

انتخاب النسب kin selection انتخاب يحابي الأقارب، زيادة في تكرار الأفراد الأقارب في المجموعة السُّكانيّة ما يؤدي إلى زيادة في التكرار النسبي للأليلات المشتركة بين أفراد المجموعة الأقارب.

انتخاب جنسي sexual selection نوع من أنواع التكاثر التفاضلي ينتج عن النجاح المتباين في الحصول على رفيق للتزاوج.

انتخاب طبيعي Natural selection التكاثر التفاضلي للطراز الجيني، نتيجة لعوامل بيئية تؤدي إلى تغيرات تطورية.

انتخاب مسبب للاستقرار stabilizing selection شكل من أشكال الانتخاب، حيث يعمل الانتخاب هنا على إزالة أطراف مجال (مدى) الطراز الشكلي وزيادة الطراز الشكلي المتوسط.

انتخاب معتمد على التكرار oscillating selection حالة يحابي (بشكل تبادلي) بها الانتخاب واحدًا من الطرز الشكلية في وقت معين، وطرازًا شكليًّا مختلفًا في وقت آخر، مثلاً خلال الظروف الجافة مقابل الظروف الرطبة (توافر الماء).

انتشار diffusion محصلة حركة الجزيئات الذائبة أو حبيبات أخرى من المناطق عالية التركيز إلى المناطق الأقل تركيزًا.

انتشار الورم (انبشاش) Metastasis العملية التي تنتشر بها الخلايا السرطانية من نقطة الأصل إلى أماكن أخرى في الجسم، وأيضًا مجموعة من الخلايا السرطانية في موقع ثانٍ نتيجة انتشار الورم الأصلي.

انتقالٌ translocation في النباتات، نقل جزيئات الغذاء الذائبة (على الأغلب السكروز) إلى مسافات طويلة، هو يحدث بشكل أساسي في الأنابيب الغربالية للأنسجة اللحائية (2) في الوراثة، تبادل قطع الكروموسومات بين الكروموسومات غير المتماثلة.

انتقال الجينات الأفقي horizontal gene transfer الانتقال الجانبي للجينات بين الأنواع الأكثر احتمالاً في بدء نشوء الحياة.

انتقال الجينات العمودي Vertical gene transfer (VGT) انتقال الجينات من جيل إلى آخر ضمن النوع نفسه.

انجراف (الإزاحة) وراثي Genetic drift تغيُّر تكرار أليلات معينة بشكل كبير بمحض المصادفة مع الزمن.

أنزيم السايكلين kinase (Cdk) أي مجموعة من أنزيمات بروتينات مفسفرة التي توجه التقدم خلال دورة الخلية. هذه الأنزيمات تكون نشطة عندما معقد مرتبط مع السايكلن (محدث الدورة) أنزيم مفسفر البروتين cdc2 ينتج من قبل جين cdc2، هو أول أنزيم مفسفَر Cdk تم اكتشافه.

انسلاخ Ecdysis خلع الطبقة الخارجية المصنوعة من الكيوتيكل كما هو الحال في الحشرات أو القشريات.

انشطار ثنائي binary fission تكاثر لاجنسي بانقسام خلية واحدة أو الجسم إلى قسمين متماثلين ومتطابقين أو تقريبًا متماثلين.

انعزال segregation عملية يتم من خلالها التعبير عن الأشكال المتبادلة لصفة ما يعبر عنها في الأبناء، وليس مزج كل صفة للآباء في الأبناء.

انفصال غير تصالبي achiasmate segregation عملية انفصال الكروموسومات المتماثلة خلال الاختزالي (الانقسام المنصف) الأول دون حدوث التصالب بين الكروموسومات المتماثلة. وجدت في ذكور ذبابة الفاكهة وأنواع أخرى.

انقراض جماعي mass extinction الانخفاض المفاجئ والحاد نسبيًّا في عدد الأنواع. على سبيل المثال، في نهاية العصر الطباشيري اختفت الديناصورات وأنواع أخرى من المخلوقات الحية.

انقسام اختزالي أول meosis I الجولة الأولى من الانقسام الاختزالي، ويطلق عليه الانقسام المختزل؛ لأنّ الكروموسومات المتماثلة تنفصل، والخلايا الشقيقة تمتلك نصف عدد الكروموسومات فقط.

انقسام اختزالي ثان meosis II الجولة الثانية من الانقسام الاختزالي، التي مُن خلالها تخضع الخليتان الأحاديتان الناتجتان عن الانقسام الاختزالي الأول لانقسام مماثل للانقسام المتساوي لكن دون حدوث تضاعف لـ DNA لإنتاج أربع خلايا شقيقة أحادية العدد الكرومسومي.

انقسام السيتوبلازم cytokinesis انقسام سيتوبلازم الخلية بعد انقسام الخلية.

انقلاب inversion عكس ترتيب قطعة من كروموسوم ما، أيضًا، قلب الداخل خارجًا، كما هو الحال في التكوّن الجنيني في الإسفنجيات أو إطلاق الخلايا اللاسعة.

انقلاب جيني Gene Conversion تغيّر في واحد من الكروموسومات المتماثلة عن طريق نظام كشف الأخطاء وإصلاحها لجعله يشبه التسلسل الموجود على الكروموسوم المماثل الآخر.

أوكسين auxin هرمون نباتي تتجه القمة النامية في الساق وهو أوّل هرمون نباتي تمّ اكتشافه. يزيد الأوكسين مرونة جدران الخلايا واستطالة السِّيقان، ويؤدي دورًا في تليين جدار الخليّة.

أيونات سالبة الشحنة anion الذّرّة التي تحتوي على عدد بروتونات أقل من عدد الإلكترونات تحمل شحنة سالبة، وتُسمى أيونًا سالب الشحنة. فذرة الكلور (Cl) التي كسبت إلكترونًا واحدًا تصبح أيون الكلوريد (Cl −)، وله شحنة سالبة واحدة (1−).

إباضة ovulation في الحيوانات، عملية إطلاق البيضة أو البيوض من المبيض.

إبط axil هي المنطقة أو الزاوية بين عنق الورقة أو نصلها و الساق.

الاثنا عشر duodenum في الفقريات، الجزء العلوي من الأمعاء الدقيقة.

إحداث الطفرة مخبريًّا in vitro mutagenesis القدرة على إيجاد طفرات عند أي موقع في جين مستنسخ لدراسة تأثير هذه الطفرة في الوظيفة.

إحليل urethra الأنبوب الناقل للبول من المثانة إلى خارج جسم الثدييات.

أحماض دهنية متعددة غير المشبعة polyunsaturated fat في انقسام الخلايا بدائية النوى، يتكون جدار فاصل جديد مُكوّن من الغشاء الخلوي والجدار الخلوي لفصل الخليتين الجديدتين.

إخراج خلوي Exocytosis نوع من النقل بمقادير كبيرة إلى خارج الخلية، حيث تندمج فجوة مع الغشاء الخلوي، ومن ثم تفرغ محتوياتها إلى الخارج.

إخصاب Fertilization التحام جاميت ذكري أحادي المجموعة الكروموسومية وآخر أنثوي لتكوين زيجوت ثنائي المجموعة الكروموسومية.

إخصاب ذاتي Self-fertilization اتحاد البيضة والحيوان المنوي الناتجين من المخلوق الخنثى.

إخصاب مزدوج double fertilization اندماج البيضة والحيوان المنوي (يُنتج ذلك بيضة مخصبة ذات مجموعتين كروموسومتين (*2n*)، أو الزيجوت) وفي الوقت نفسه اندماج جاميت ذكري آخر مع الأنوية القطبية (ينتج ذلك الإندوسبيرم ذا المجموعات الكرموسومية الثلاث، (*3n*))، هذا النوع من الإخصاب صفة مميزة للنباتات مغطاة البذور.

إدخال خلوي Endocytosis أخذ المواد إلى داخل الخلية عن طريق عمل انغمادات في الغشاء، أخذ المواد الصلبة يُدعى البلعمة، في حين يدعى أخذ المواد الذائبة الشربَ الخلوي.

إدخال معتمد على المستقبل receptor mediated endocytosis: عملية يتم من خلالها نقل جزيئات كبيرة معينة إلى داخل الخلايا حقيقية النوى من خلال نقر مغلفة ببروتين الكلاثرين بعد ارتباطها بمستقبلات خاصة موجودة على سطح الخلية.

إدماع Guttation اندفاع سائل مائي من الأوراق بسبب الضغط الجذري.

إزاحة الصفات character displacement عملية يحابي فيها الانتخاب الطبيعي أفرادًا في الأنواع التي تستخدم مصادر لا تستخدم من قبل أنواع أخرى. وهذا يؤدي من ثم إلى تغير تطوري يقود إلى أنواع غير متشابهة في استعمال المصادر.

إزالة الاستقطاب depolarization حركة الأيونات عبر الغشاء الخلوي تزيل فرق الجهد الكهربائي.

إزالة الفوسفات dephosphorylation إزالة مجموعة الفوسفات عن طريق أنزيم محلل الفوسفات. الكثير من البروتينات يمكن أن تُنشط أو تُثبط عن طريق إزالة مجموعة الفوسفات.

إزالة الكبت derepression تُشاهد في المناطق الفعالة الخاصة بعمليات البناء، هنالك تكون المنطقة الفعالة المسؤولة عن أنزيمات سلسلة من التفاعلات البيوكيميائية مثبطة بوجود الناتج النهائي في السلسلة، ويُزال الكبت في غياب هذا الناتج. يسمح هذا بإنتاج الأنزيمات عند الحاجة فقط.

إستروجينات نباتية phytoestrogen واحد من مركبات الأيض الثانوية في بعض النباتات تُشبه في تركيبها ووظيفتها هرمون الإستروجين الحيواني.

إسفنجين sponging بروتين قاس يُصنع من عدد من أنواع الإسفنجيات بوصفه جزءًا تركيبيًّا موجود في داخل الظهارة المتوسطة.

إشعاع متأين ionizing radiation إشعاع ذو طاقة عالية يسبب حدوث طفرات بشكل كبير، ينتج هذا الإشعاع جذورًا حرة تتفاعل مع DNA؛ تضم هذه الإشعاعات أشعتي X، وδ (جاما).

إشعاعية (نشاط إشعاعي) Radioactivity انبعاث جزيئات نووية وإشعاعات عن ذرات غير مستقرة في أثناء انحلالها إلى أشكال أكثر ثباتًا.

إصلاح استئصالي Excision repair آلية غير نوعية لإصلاح التلف في DNA في أثناء تصنيعه. تُزال المنطقة التالفة أو ذات الارتباط الخاطئ، ثم يقوم أنزيم مبلمر DNA باستبدال المنطقة المزالة.

إضافة الحواشي annotation المعلوماتُ المُضافة إلى معلومات التعاقب الأساسية، كتلك المتعلقة بتحديد إطار القراءة المفتوح (ORF) وهذا ما يحول بيانات التعاقب البسيطة إلى مناطق يتمّ تعريفها عن طريق معالِم مميزة كتلك المتعلقة بالمنطقة المنسوخة، والمناطق التي يُعْتَقَدُ أنها تشفِّر لبروتين مُعَيَّن.

إضافة مجموعة الميثيل Methylation عملية إضافة مجموعة ميثيل إلى قواعد (غالبًا سيتوسين) في DNA. إضافة مجموعة المثيل إلى السيتوسين تتوافق مع DNA الذي لا يتم التعبير عنه.

إطار القراءة Reading frame التعاقب الصحيح للنيوكليوتيدات على شكل كودونات ثلاثية تحدد نوع الحموض الأمينية في أثناء الترجمة. يتم تأسيس إطار القراءة عن طريق أول كودون في التعاقب، حيث عدم وجود فراغات في الشيفرة الوراثية.

إطار القراءة المفتوح open reading frame (ORF) منطقة في DNA تحمل الشيفرة لتسلسل من الأحماض الأمينية دون وجود كودونات الإيقاف في إطار القراءة.

إعادة الاستقطاب Repolarization عودة التوزيع الأيوني في الخلية العصبية إلى مرحلة فرق جهد الراحة بعد عملية إزالة الاستقطاب.

إعادة نمذجة معقد الكروماتين chromatin-remodeling complex معقد بروتيني كبير وقد وجد لتعديل DNA والهستونات، يقوم بتحريك أو نقل جسيمات نووية ما يغير تركيب الكروماتين.

إفراز جواري paracrine نوع من أنواع الإشارات الكيميائية وبين الخلايا بحيث يكون التأثير محليًّا وقصير الأمد.

إقصاء محفّز inducer exclusion جزء من آلية التثبيط عن طريق الجلوكوز في بكتيريا *E. Coli*. حيث يعمل وجود الجلوكوز على منع دخول لاكتوز إلى داخل، الخلية وهذا يسبب عدم تحفيز المنطقة الفعالة lac.

إقصاء كاره الماء hydrophobic exclusion ميل الجزيئات غير المستقطبة للتكتل مع بعضها عند وضعها في الماء. الإقصاء يشير إلى عمل الماء على دفع هذه الجزيئات لتقترب من بعضها.

إكتودرم Ectoderm واحدة من الطبقات الجرثومية البدائية الثلاث في الجنين المبكر للفقريات، تعطي طبقة الإكتودرم النسيج الطلائي الخارجي للجسم (الجلد، الشعر، الأظافر)، والنسيج العصبي، الذي يضم الأعضاء الحسية، والدماغ، والحبل الشوكي.

التفاف فائق Supercoiling التفاف DNA ذو السلسلتين في الفراغ نتيجة للتواء الشريط، كما يحدث عند فك التفاف شريطي جزيء DNA الحلزونيين. التواء (Torsion) عملية تحدث خلال تطور أجنة معدية القدم يتحرك من خلالها التجويف العبائي وفتحة الشرح من الموقع الخلفي إلى الأمام في الجسم، قريبًا من موقع الفم.

التواء Torsion عملية تحدث خلال تطور أجنة معدية القدم يتحرك من خلالها التجويف العبائي وفتحة الشرج من الموقع الخلفي إلى الأمام في الجسم، قريبًا من موقع الفم.

إلكترونات التكافؤ valence electrons إلكترونات في مستوى الطاقة الأخير للذرة.

إمراض المقابل allelopathy إشباط أو منع نمو نبات مُجاور أو بذور مُجاورة لإطلاق إشارة كيميائية أفرزتها جذور نبات آخر مجاور لها.

إنبات Germination العودة للنمو والتطور عن طريق الأبواغ أو البذور.

إنتاج خلايا الدم الحمراء erythropoiesis تصنيع خلايا الدم الحمراء في نخاع العظم.

إنتاجية أولية Primary Productivity كمية الطاقة الناتجة عن المخلوقات الحية التي تقوم بالتمثيل الضوئي في مجتمع معين.

إنترفيرون interferon في الفقريات، بروتين يفرز في داخلِ الخلية المصابة بالفيروس ليمنع نمو الفيروس وتكاثره.

إندوديرم Endoderm واحدة من الطبقات الجرثومية البدائية الثلاث في الجنين المبكر للفقريات، تعطي هذه الطبقة النسيج الطلائي المبطن للتراكيب الداخلية ومعظم الممرات الهضمية والتنفسية.

إندورفين Endorphin إحدى مجموعات الببتيدات العصبية الصغيرة التي تنتج في دماغ الفقريات؛ وهي كالمورفين، تعمل على منع الإحساس (الشعور) بالألم.

إندوسبيرم Endosperm نسيج مخزن يُعدّ من الخصائص المميزة لبذور النباتات الزهرية، يتطور من اتحاد النواة الذكرية والأنوية القطبية للكيس الجنيني. يتم هضم الإندوسبيرم عن طريق النبات البوغي النامي، قبل نضوج البذرة أو خلال الإنبات.

إنسانيات hominoid تشمل القردة وعائلة الإنسان؛ القردة والإنسانيات تشكل الرئيسيات شبيهة الإنسان.

إيثار altruism أداء فعل يُفيد فردًا آخر على حساب الفاعل.

إيثار متبادل reciprocal altruism إنجاز لأفعال إيثارية مع توقع برد الجميل. أحد أهم الأمور وأكثرها اختلافًا لكثير من النظريات التي تتناول تطور السلوك الاجتماعي.

إيقاعات يومية circadian rhythm دورة إيقاعية ذاتية تتأرجح (تتذبذب) على أساس اليوم 24 ساعة.

أبهر aorta الشريان الرئيس في جهاز دوران الدم في الفقريات، في الثدييات يحمل الدم الغني بالأكسجين إلى جميع أنحاء الجسم ماعدا الرئتين.

أبواغ spores خلايا تكاثرية أحادية العدد الكروموسومي، عادةً أحادية الخلية؛ قادرة على التطور إلى مخلوق بالغ دون الالتحام مع خلية أخرى.

أبواغ داخلية Endospore أبواغ بكتيرية ذات جدار سميك ومقاومة لدرجة عالية. تستطيع تحمل الضغوط البيئية، مثل الحرارة أو الجفاف ومن ثم النمو في ظروف ملائمة.

أبواغ متحركة zoospore أبواغ قادرة على الحركة.

أجسام الحالّة Lysosome حويصلات محاطة بغشاء تحتوي على الأنزيمات الهاضمة التي يتم إنتاجها عن طريق أجسام جولجي في الخلايا حقيقية النوى.

أجسام جولجي Golgi apparatus مجموعة من الأغشية المسطحة المرتبة فوق بعضها (كل واحد يدعى جسم جولجي) في سيتوبلازم الخلايا حقيقية النوى؛ وظائفه هي تجميع الجزئيات المصنوعة من قبل الخلية وتغليفها وتوزيعها.

أجسام دقيقة Microbody عضيات خلوية محاطة بغشاء، وتحتوي على الكثير من الأنزيمات، بشكل عام مشقة من الشبكة الإندوبلازمية، وتضم البيروكسيسوم والجلايوكسيسوم.

أجسام مضادة متعددة السلالة polyclonal antibody إنتاج أجسام مضادة متعددة مختلفة عن طريق مولد ضد يمتلك أكثر من محدد. كل واحد من هذه الأجسام المضادة يرتبط بشكل مناسب مع جزء مختلف على سطح مولد الضد (محددات).

أحادي التسكر monosaccharide سكر بسيط لا يمكن أن يتحلل إلى جزيئات أصغر.

أحادي النسخة الكروموسومية الجسمية monosomic وصف لحالة يكون فيها الكروموسوم قد فُقِد نتيجة عدم انفصال الكروموسومات المتماثلة خلال عملية الانقسام الاختزالي، يسبب ذلك تكوين جنين ثنائي المجموعة الكروموسومية يحمل فقط نسخة واحدة من هذه الكروموسومات الجسمية.

أحادية-ثنائية الكروموسومات Haplodiploidy ظاهرة تحدث في أنواع محددة من المخلوقات مثل الدبابير، حيث توجد أفراد أحادية المجموعة الكروموسومية (الذكور) وأخرى ثنائية المجموعة الكروموسومية (الإناث).

أحادية المسكن monoecious نباتات تكون بها أسدية الأزهار وكرابلها منفصلة، إلاّ أنها تقع على النبتة نفسها.

أحادية النوع Haplotypes مناطق كروموسومية لا تخضع للتبادل في أثناء إعادة الاتحاد، حيث تورث كما هي. يتم التعرف إليها اعتمادًا على تحليل تعدد أشكال النيوكليوتيد الواحد (SNPs).

أخدود عصبي neural groove أخدود طويل يتكون على طول المحور الطولي للجنين عن طريق طبقة من خلايا الإكتوديرم (الطبقة الجرثومية الخارجية).

أخدود كبير Major groove أكبر الأخاديد في تركيب DNA الحلزوني، حيث يمكن الوصول إلى الروابط الهيدروجينية التي تربط أزواج النيوكليوتيدات من خلاله. يمكن أن تتعرف البروتينات إلى هذا الأخدود، وترتبط بمناطق منه.

أدمة البلاستيولا المدمجة syncytial blastoderm تركيب مكوّن من طبقة كبيرة مفردة من السيتوبلازم تحتوي تقريبًا 4000 نواة في أثناء التطور الجنيني للحشرات مثل ذبابة الفاكهة.

أدمة البلاستيولة الخلوية cellular blastoderm في مرحلة التطور (التكوين) الجنيني للحشرات، المرحلة التي تصبح خلالها أنوية البلاستيولة المدمجة خلايا منفصلة من خلال تشكيل غشاء.

أدمة معدية Gastrodermis في الحيوانات البعدية الحقيقية، طبقة النسيج الهضمي المتطورة من الإندوديرم.

أدمة محيطة Periderm النسيج الخارجي الواقي في النباتات الوعائية الذي ينتج عن طريق كمبيوم الفلين. يحل وظيفيًا مكان البشرة عند تحطمها خلال النمو الثانوي. تحتوي الأدمة المحيطة على الفلين، وكمبيوم الفلين، والفلوديرم (الأدمة الفليئية).

أدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) adenosine triphosphate (ATP) نيوكليوتيدٌ يتألف من أدنين، وسكر خماسي الكربون، وثلاث مجموعات فوسفات يُستَخدم لتزويد الخلية بالطّاقة، وهو العِمْلَة الأساسية للطاقة بالخلية، يدفع معظم العمليات المستهلكة للطاقة في الخلايا ابتدءًا من تصنيع السكر، وتوفير طاقة التنشيط للتفاعلات الكيميائية، ونقل المواد عبر أغشية الخلية، والحركة في البيئة، والنمو.

أذين atrium الجزء (الحجرة) العلوي الموقع في القلب، للثدييات أذينان، يستقبل الأُذين الأيمن الدَّم غير المحمّل بالأكسجين من أنحاء الجسم المُختلفة عن طريق الوريدين الأجوفين العلوي والسفلي، ويستقبل الأُذين الأيسر الدَّم المحمل بالأكسجين من الرِّئة عن طريق الشرايين الرئوية.

أذينات stipules زويدات تشبه الورقة تقع عند قاعدة أوراق أو ساق بعض النباتات الزهرية.

أزواج قواعد base-pair أزواج القواعد النيتروجينية (النيكليوتيدات) المتممة تتألف من بيورين وبيريمدين.

أستيل مُرافق الأنزيم - أ acetyl-CoA مركب وسطي في عمليات الأيض الخلوي، يتكون من الأستيل الناتج عن أكسدة حمض البيروفيك وارتباطه بمرافق الأنزيم-أ ويعمل على نقل مجموعة الأستيل إلى دورة كربس.

عضو من أعضاء الزهرة ينتج stamens أسدية حبوب اللقاح، وعادةً ما يتألف من المتك والخيط، كل هذه الأعضاء مجتمعة معًا تعطي الطلع.

أشباه الأنسجة Stromatolites سجادة من الأحافير البكتيرية القديمة تكونت منذ ما يقارب مليوني سنة، فيها تبقى البكتيريا كل بمفردها بشكل مشابه لبعض البكتيريا في الوقت الحالي.

أشنات lichen علاقة تعايشية بين الفطريات من جهة وشريك ضوئي البناء من جهة أخرى مثل الطحالب الخضراء والبكتيريا الخضراء المُزرّقة.

أشواك spicule نوع من الأشواك الدقيقة المصنوعة من السيلكا أو كربونات الكالسيوم تصنع في الهلام المتوسط من قبل بعض أنواع الإسفنجيات بوصفها تراكيب بنائية.

أشواك (أهلاب) seta في الديدان الحلقية، أهلاب من الكايتين تساعد على تعلق الدودة وتثبيتها عند الحركة أو عند الحفر.

أشواك حسية sensory setae في الحشرات، أشواك ترتبط بخلايا عصبية حساسة للتنبيه الآلي والكيميائي، وتكون موجودة بكثرة على قرون الاستشعار والأرجل.

أصابع الزنك Zinc finger نوع من أنواع الموتيفات المرتبطة بـ DNA في البروتينات المنظمة التي تستخدم ذرات الزنك في تركيبها.

الأصطباغ الصناعي بالميلانين industrial melanism مصطلح يصف عملية تطورية، حيث يُصبح المخلوق ذو اللون الفاتح ذا لون داكن بسبب عملية الانتخاب الطبيعي.

أعراف crista انثناءات إضافية في الغشاء الداخلي للميتوكوندريون، تحتوي الميتوكوندريا على الكثير من الأعراف.

أعضاء التأنيث (المتاع) Gymnoecium مجموعة من الخباءات (الكرابل) في زهرة النباتات البذرية.

الأعضاء الذكرية في الزهرة androecium مجموع الأسدية التي تؤلف الدائرة الثالثة من الزهرة.

أعور cecum كيس يقع عند التقاء نهاية الأمعاء الدَّقيقة مع بداية الأمعاء الغليظة في الفقريات.

أقاليم حيوية biomes واحد من النظم البيئية الأرضية الرئيسة، الذي يتميز بالظروف المناخية والتربة، وأكبر وحدة بيئية.

أكسدة بيتا oxidation - ß تفاعل يعتمد الأكسجين، حيث تنزع مجموعات أستيل ثُنائية الكربون للأحماض الدهنية، وترتبط مع مرافق أنزيم-أ لكي يتكوَّن أستيل مُرافق أنزيم - أ الذي يدخل دورة كربس. وهذا يحصل دوريًّا حتى يتأكسد الحمض الدهني كاملًا.

أكياس الشبكة الإندوبلازمية cisterna وعاء جامع صغير ينفصل من نهايات أجسام جولجي ليشكل حويصلات ناقلة تحرك المواد خلال السيتوبلازم.

ألياف عضلية muscle fibers خلايا طويلة أسطوانية متعددة الأنوية تحوي كثيراً من الليفيات العضلية، وذات قدرة على الانقباض عند تحفيزها.

أليرون aleurone الطبقة الخارجية من الإندوسبرم تنتج الأنزيم ألفا أميليز المسؤول عن تحلل النشا الموجود في الإندوسبرم بشكل أميلوز إلى سكريات بسيطة تمّر عبر الدرع الحرشفي إلى الجنين.

أليل allele واحد من إثنين أو أكثر من الأشكال البديلة من الجين ومفردها أليل.

أمن غذائي Food Security طريقة للحصول على غذاء آمن وكاف لتجنب سوء التغذية والمجاعات؛ هذا الأمر شأن إنساني عالمي.

أنابيب ملبيجي malpighian tube أنابيب مفتوحة من طرف

واحد تفتح في المعي الخلفي في مفصليات الأرجل التي تعيش على اليابسة، وتعمل بوصفها جهاز إخراج.

أنبوب اللقاح pollen tube أنبوب يتشكل بعد إنبات حبوب اللقاح، وينقل الجاميتات الذكرية إلى البويضة.

أنبوب عصبي neural tube أنبوب ظهري، يتكون من الصفيحة العصبية، ويتمايز إلى الدماغ والنخاع الشوكي.

أنزيم Enzyme بروتين قادر على تسريع تفاعلات معينة عن طريق تقليل طاقة التنشيط اللازمة لحدوث التفاعل.

أنزيم مفتت Dicer enyme أنزيم يعمل على توليد قطع صغيرة من جزيئات RNA في الخلية عن طريق قطع (تفتيت) RNA المزدوج الأشرطة. ينتج الأنزيم المفتت miRNA وsiRNA.

أنزيم مبلمر Taq polymerase أنزيم مبلمر DNA المعزول من البكتيريا المحبة للحرارة (مقاومة للحرارة) مثل بكتيريا (Taq) Themus aquaticus؛ يعمل هذا الأنزيم على درجات حرارة عالية، ويُستخدم في تفاعل أنزيم مبلمر المتسلسل (PCR).

أنزيم مزيل مجموعة الفوسفات Phosphatase أي من الأنزيمات التي تعمل على إزالة مجموعات الفوسفات من البروتين، معاكسة بذلك عمل أنزيم الكاينيز المسفر.

أنزيمات محددة داخلية restriction endonuclease أنزيمات تُقطع DNA ثنائي السلاسل عند تسلسل قواعد محددة، عادة في داخل أو بالقرب من تسلسل يُقرأ في الاتجاهين بالطريقة نفسها. أيضا تُسمى الأنزيمات المحددة.

أنزيمات مفسفرة للبروتين protein kinases الأنسجة التي تكون الجسم الأولي للنبات.

أنزيمات مفسفرة للبروتين المحفَز بمولدات الانقسام -Mi togen – activated protein kinases أي نوع من الأنزيمات مفسفرة البروتين لتُغيّر من عملية التعبير الجيني.

أنسجة أولية primary tissue الأنزيمات التي تضيف مجموعة فوسفات إلى البروتين مغيرةً بذلك نشاطها.

أنسجة ثانوية secondary tissue أي أنسجة تُنتج من المرستيم الجانبي في الأشجار والشجيرات.

أنسجة وعائية vascular tissue تشمل الأوعية التي تعمل على نقل السوائل.

انفجار كمبري Cambrian explosion الزيادة الهائلة في التنوع الحيواني الذي حصل في بداية العصر الكمبري.

أنيبيبات دقيقة microtublules في الخلايا حقيقية النوى، أنابيب بروتينية طويلة مجوفة، مكونة من بروتين تيوبيولين، تؤثر في شكل الخلية، وتحرك الكرموسومات في أثناء انقسام الخلية، وتشكل التركيب الداخلي الوظيفي للأهداب والأسواط.

أهلاب أو أشواك chaetae تراكيب شوكية دقيقة من الكايتين توجد في أسفل قطع الجسم التي تساعد تثبيت الدودة الحلقية خلال الحركة.

أوراق كبيرة megaphyll في النبات، أوراق تمتلك عروقًا عدة تتصل بالأسطوانة الوعائية للساق، أغلب النباتات تمتلك أوراقًا كبيرة.

أوردة Veins في النباتات، حزم وعائية تشكل جزءًا من إطار عمل أنسجة التوصيل والدعم في الساق أو الورقة. (2) في الحيوانات، الأوعية الدموية التي تحمل الدم من الأنسجة إلى القلب.

أوزون ozone (O3) طبقة الستراتوسفير في جو الأرض المسؤولة عن حجب (تنقية) الإشعاعات فوق البنفسجية القادمة من الشمس.

أوكسيتوسين oxytocin هرمون يفرز من الغدة النخامية الخلفية، يوثر في انقباضات الرحم خلال الولادة، ويحفز الرضاعة (إدرار الحليب).

أوليات الفم Protostome أي عضو من مجموعة الحيوانات المتماثلة جانبيًّا التي يتطور بها الفم أولاً، ثم فتحة الشرج. الديدان المسطحة، الديدان الخيطية (الأسطوانية)، الرخويات، الحلقيات، ومفصليات الأرجل من أوليات الفم.

أوماتيديا (عوينات) ommatidia وحدات بصرية في العيون المركبة لمفصليات الأرجل، تحتوي على خلايا حساسة للضوء وعدسة قادرة على تكوين صورة.

أيض metabolism مجموع جميع العمليات الكيميائية التي تحدث داخل الخلايا الحية أو المخلوقات الحية.

أيض حمض الكراسوليشين -crassulacean acid metabo lism CAM آلية لتثبيت غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 الذي يدخل الثغور المفتوحة في أثناء الليل، ويستعمل في البناء الضوئي خلال النهار عندما تغلق الثغور لمنع فقدان الماء.

أيض هدمي (عملية الهدم) catabolism عمليات الأيض في الخلية، التي تؤدي إلى تحطم الجزيئات المعقدة إلى مركبات أبسط، وإطلاق طاقة في معظم الأحيان.

آكلات البكتيريا bacteriophage فيروس يصيب خلايا البكتيريا، يسمى أيضًا آكلات البكتيريا.

التواء هنلي loop of Henle في كلية الطيور والثدييات، هو جزء من الأنيبيبات الكلوية الشبيه ببكلة الشعر يعمل على إعادة امتصاص الأملاح والماء من الراشح عن طريق عملية الانتشار.

آليات العزل بعد الزيجوتية -postzygotic isolating mech anisms نوع من أنواع العزل التكاثري يتم فيه إنتاج زيجوت غير قادر على التطور إلى فرد بالغ قادر على التكاثر، تتراوح هذه الآليات من إنتاج زيجوت أو جنين غير قادر على الحياة إلى أفراد بالغة غير قادرة على الإنجاب.

آليات العزل قبل الزيجوتية -prezygotic isolating mecha nism نوع من أنواع العزل التكاثري يمنع تكوين الزيجوت. هذه الآليات قد تتراوح من العزل الفيزيائي عن طريق استخدام بيئات مختلفة إلى العزل الجيني، حيث تصبح الجاميتات غير قادرة على الاندماج.

آلية العزل التكاثري reproductive isolating mechanism أي حاجز يمنع التبادل الوراثي بين الأنواع.

آيون موجب الشحنة cation آيون مشحون بشحنة موجبة.

ب

بادئ RNA primer: في تضاعف DNA، تسلسل مكون مما يقارب 10 نيوكليوتيدات من RNA تكمل النيوكليوتيدات الموجودة على DNA غير الملتف المرتبط عند شوكة التضاعف. يستخدم مبلمر DNA البادئ بوصفه نقطة بداية لإضافة نيوكليوتيدات DNA لتكوين سلسلة DNA جديدة، في النهاية، يتم إزالة هذا البادئ ووضع نيوكليوتيدات DNA بدلًا منه.

بادئات الورقية leaf primordium نمو جانبي في المرستيم القمي يعطي الورقة في النهاية.

بازيديم basidium, pl. basidia خلايا متخصصة تكاثرية في الفطريات البازيدية، يشبه الصولجان، يحدث فيه اندماج النوى والانقسام المنصف (الاختزالي).

بالعات كبيرة Macropheges خلايا بلعمية كبيرة قادرة على ابتلاع بقايا الخلايا والبكتيريا المهاجمة وهضمها.

ببتيدات الأذينية atrial peptide بروتينات طبية مصنعة، وهي بروتينات صغيرة يمكن أن توفّر طريقة جديدة لمعالجة ارتفاع ضغط الدم والفشل الكلوي.

ببتيدوجلايكان peptidoglycan مكون للجدار الخلوي للبكتيريا، يتكون من مبلمرات كربودراتية ترتبط بجسور بروتينية فيما بينها.

بتلات petal جزء زهري (من الزهرة)، عادةً ما تكون ملونة بشكل جذاب؛ إحدى وحدات التويج.

بدائيات النوى prokaryotes البكتريا خلايا لا تحتوي على أنوية محاطة بأغشية، ولا تحتوي على عضيات محاطة بأغشية.

بربخ Epididymis وعاء لتخزين الحيوانات المنوية، وهو الجزء الملتوي من القناة المنوية الواقع بالقرب من الخصية.

برعم bud نمو أو نتوء ناتج لتكاثر لاجنسي يتطور إلى فرد جديد. في النبات، ساق جنينية عادة محمي بأوراق صغيرة، والبرعم قد ينمو إلى سيقان متفرعة.

برعم إبطي axillary bud برعم يوجد في إبط الورقة بين العنق والساق، وهو ناتج عن نشاط المرستيم القمي الخضري الابتدائي، ويعدّ مرستيمًا قميًّا خضريًّا، وغالبًا تتطور البراعم الإبطية لتكوّن أغصانًا تحمل الأوراق أو قد تكوّن الزهور.

بروتين Protein سلسلة من الأحماض الأمينية مرتبطة مع بعضها برابط ببتيدية.

بروتين G G-Protein بروتين يرتبط بـ GTP ويساعد على وظيفة المستقبلات السطح خلوية. عند ارتباط الإشارة الجزيئية بالمستقبل، يرتبط بروتين G بـ GTP ما ينشطه لتبدأ بعدها سلسلة من الأحداث في داخل الخلية.

بروتين ذو الترتيب الدقيق Proteins Microarray ترتيب البروتينات على شريحة مجهر. ويمكن استخدام هذا الترتيب مع مجموعة متنوعة من المجسات، تشمل الأجسام المضادة، من أجل تحليل وجود أو عدم وجود بروتينات معينة في معقد خليط.

بروتين كروي Globular Protein بروتين ذو تركيب ثلاثي مضغوط، حيث تكون الأحماض الأمينية الكارهة للماء عادةً في الداخل.

بروتين كلاثرين clathrin بروتين موجود فقط داخل الغشاء الخلوي في الخلايا حقيقية النواة في فجوات تسمى حفر كلاثرين المغلفة.

بروتين مستجيب لـ cAMP response protein cAMP CRP انظر البروتين المنشط لنواتج الهدم (CAP).

بروتين مستقبل receptor protein مستقبلات على سطح الخلايا عالية النوعية توجد مغمورة في غشاء الخلية تستجيب فقط إلى جزيئات رسولية متخصصة.

بروتين منشط لنواتج الهدم CAP catabolite (CAP) activator protein CAP هو البروتين الذي عند ارتباطه مع المؤثر cAMP يعمل على الارتباط مع DNA وتنشيط عملية الاستنساخ. ويرتبط مستوى cAMP عكسيًّا بمستوى الجلوكوز، وCAP/cAMP في E.coli يحفّز المنطقة الفعالة Lac (لاكتوز)، ويُسمّى هذا البروتين أيضًا البروتين المستجيب لـ (CRP).

بروتين نووي رايبوزي صغير -small nucleur ribonu cleopartcin Particales sn RNA في حقيقيات النوى، معقد يتكون من sn RNA النووي الصغير وبروتينات تتجمع مع بعضها ومع البروتين النووي الرايبوزي الصغير لتشكل جسيمات الوصل التي تعمل على إزالة التعاقبات المعترضة من المنسوخ الأول -mRNA (pre RNA).

بروتينات سكرية Glycoprotein جزيئات بروتينية تم تعديلها بإضافة سلسلة قصيرة من السكر (عديد التسكر) إليها في داخل أجسام جولجي.

بروتينات الشبرونين chaperone protein نوع من الأنزيمات التي تساعد على إنطواء البروتينات بالشكل الصحيح ويمكن إعادة طي البروتينات التي كان لها انطواء غير صحيح أو متمسخ (متحلل ومفكك).

البروتينات الكروية المناعية immunoglobulin انظر إلى أجسام مضادة.

بروتينات الهستونات Histone protein واحد من ثمانية بروتينات تمتلك شحنة موجبة، وتشترك معًا في تركيب معقد. يلتف DNA حول مركز البروتينات الثماني، ويرتبط بها عن طريق مجموعة الفوسفات ذات الشحنة السالبة، مشكلاً ما يعرف بالجسيم النووي.

بروتينات وصيلة adapter protein طائفة من البروتينات، يمكن أن ترتبط أيضًا بتايروسين المفسفر. هذه البروتينات نفسها لا تسهم في تحويل الإشارة ولكنها تعمل بوصفها صلة الوصل بين المستقبل والبروتينات التي تنشئ مسلسل أحداث الترميز.

بروتينات إنتجرين integrin أي واحد من مجموعة بروتينات سطح الخلية التي تقوم بلصق الخلايا إلى الوسط (ألياف الحشوة خارج الخلايا). مهمة جدًا للخلايا المهاجرة التي تتحرك خلال الحشوة خارج الخلايا في الأنسجة، كما هو الحال في النسيج الضام.

بروتينات مُنظمة Regulatory Proteins أي مجموعة بروتينية تغير قدرة مبلمر RNA على الارتباط بالمحفز وبدء عملية نسخ DNA.

بروتينات مثبطة للترجمة Translation repressor pro-teins: واحد من الكثير من البروتينات التي تمنع ترجمة RNA الرسول عن طريق ارتباطها بمقدمة النسخة، ومن ثم منعها من الارتباط بالريبوسومات.

بروتينات معقد التوافق النسيجي major histocompatibility complex (MHC) مجموعة من البروتينات موجودة بوصفها علامة على سطح الخلايا ومثبتة في الغشاء البلازمي، التي يستخدمها الجهاز المناعي للتعرّف إلى خلايا الذات (الجسم). جميع خلايا فرد معين تمتلك العلامة نفسها، التي تسمى بروتينات MCH.

بروتيومات Proteomes مجموعة البروتينات المشفرة بجينوم (محتوى جيني) معين.

بروستاغلاندينات prostaglandins مجموعة من الحموض الدهنية المتحورة التي تعمل بوصفها رسولاً كيميائيًّا.

بزل السائل الرهلي amniocentesis طريقة تسمح بتشخيص الكثير من الاختلالات الْوراثيَّة قبل الولادة. في الشّهر الرّابع من الْحمل، يتم إدخال إبرة معقمة داخل الرحم المتوسع للأم، ويتم أخذ عينة صغيرة من السائل الرهلي المحيط بالجنين. يحتوي السائل على خلايا حرة طافية قادمة من الجنين؛ وعند أخذها، يمكن أن تنمو في أوساط نموّ في المختبر.

بشرة Epidermis طبقات خارجية من الخلايا، في النبات، النسيج الأولي الخارجي للأوراق، والسيقان اليافعة، والجذور؛ في الفقريات الطبقة الخارجية للجلد غير المحتوية على الأوعية الدموية، لها أصل بَشْري، في اللافقريات، طبقة وحيدة من النسيج الطلائي البشري.

بشرة الداخلية Endodermis في النباتات الوعائية، طبقة من الخلايا تشكل الطبقة الداخلية الأخيرة من القشرة في الجذور وبعض السيقان.

بصمة DNA Finger printing لا توجد تقنية لتحديد الهوية تستخدم تشكيلة من التقنيات الجزيئية لتحديد الاختلافات في المادة الوراثية للأفراد.

بطانة الرحم Endometrium البطانة التي تبطن الرحم في الثدييات، يزداد سمكها استجابة لإفراز هرمون الإستروجين وهرمون البروجسترون، ويتم انسلاخها في أثناء الدورة الشهرية.

بطين ventricle غرفة عضلية في القلب تستقبل الدم من الأذين وتضخه خارجًا إلى الرئات أو الأنسجة الجسمية.

بكتيريا قديمة متطرفة Extremophile بكتيريا قديمة تعيش في البيئات المتطرفة؛ أنواع مختلفة من البكتيريا القديمة المتطرفة يمكن أن تعيش في الينابيع الحارة (عاشقة الحرارة)، بيئات ذات ملوحة عالية (عاشقة الملوحة)، أماكن ذات درجة حمضية أو قاعدية مرتفعة، أو تحت ضغط عالٍ عند قيعان البحار.

بكتيريا خضراء- مزرقة cyanobacteria مجموعة بكتيريا البناء الضوئي، في بعض الحيان تسمى "الطحالب الخضراء- المزرقة" التي تحتوي على صبغات الكلوروفيل الأكثر وفرة في النباتات والطحالب، فضلًا على غيرها من أصباغ.

بكتيريا قديمة غير متطرّفة archea (nonextreme): مجموعات قديمة من البكتيريا القديمة غير متطرفة، تعيش في بيئات أكثر اعتدالاً على الأرض حاليًّا.

بلازما Plasma السائل الموجود في دم الفقريات، يحتوي على أملاح ذائبة، وفضلات أيضية، وهرمونات، وبروتينات متنوعة، تضم الأجسام المضادة والألبيومين؛ الدم ناقص خلايا الدم.

بلازمودسماتا plasmodesmata في النباتات، الروابط السيتوبلازمية بين الخلايا المتجاورة.

بلازموديوم plasmodium طور في دورة حياة الفطريات الغروية (الفطر الغروي البلازمودي)، وكتلة سيتوبلازمية متعددة الأنوية محاطة بغشاء.

بلازميدات Plasmid قطعة صغيرة من DNA تقع خارج الكروموسوم، عادةً دائرية، تتضاعف بشكل مستقل عن الكروموسوم على الرغم من أنها قد تكون مشتقة منه.

بلازميدات مقاوَمة R. plasmid بلازميدة مقاومة مقترنة تلتقط الجينات المقاومة للمضادات الحيوية، ولذلك تستطيع نقل المقاومة من خلية بكتيرية إلى أخرى.

بلازميدة Ti مسببة للسرطان tumor-inducing Plasmid (Ti) بلازميدة موجودة في البكتيريا النباتية Agrobac-terium tumefaciens يتم استخدامها لإدخال DNA هجين إلى داخل نبات عريض الأوراق. تحويرات حديثة سمحت باستخدامه مع الحبوب.

البلاستيدات المخزنة للنشا (البيضاء) leucoplast في الخلايا النباتية، بلاستيدات عديمة اللون يتم بها تخزين حبيبات النشا، عادة توجد في الخلايا غير المعرضة للضوء.

بلاستيدات النشا amyloplast عضيات نباتية لا تحتوي على صبغة، وتركيبها الداخلي غير معقد توجد في خلايا الجذور، وخلايا نباتية أُخرى، تعمل بوصفها مواقع خزن النشا (أميلوز).

بلاستيدة plastid عضية في الخلايا حقيقة النوى تقوم بعملية البناء (التمثيل) الضوئي، وتُعدّ مكان البناء (التمثيل) الضوئي في النباتات والطحالب الخضراء، وتعمل على تخزين النشا.

بلاستيدة خضراء chloroplast عضيات موجودة في الخلايا النباتية وبعض الطحالب تحتوي على صبغة الكلوروفيل، إضافة إلى صبغات أخرى تتم فيها عملية البناء الضوئي.

بلاستيولا blastula في الفقريات، تتألف المرحلة الجنينية المبكرة من كرة مجوفة من الخلايا مملوءة بالسائل سمكها طبقة واحدة؛ جنين الفقريات بعد التفلج وقبل مرحلة تكوين الجاسترولا (التبطّن).

بلزمة plasmolysis انكماش الخلية النباتية عند وضعها في محلول مُركّز (ذي تركيز مرتفع من الأملاح) بسبب ابتعاد الخلية عن الجدار الخلوي.

بلعمة Phagocytosis الإدخال الخلوي للجزيئات الصلبة، حيث ينطوي (ينثني) الغشاء البلازمي إلى الداخل حول الجزيء (الذي يمكن أن يكون خلية أخرى) ويبتلعه لتكوين فجوة.

بلعوم pharynx تركيب عضلي يقع خلف الفم في معظم الحيوانات، يساعد على دفع الطعام إلى القناة الهضمية.

بناء ضَوئيّ نوع C_3 photosynthesis C_3 الدورة الرئيسة في تفاعلات الظلام (حلقة أو دورة كالفن) التي فيها ثاني أكسيد الكربون CO_2 يرتبط مع رايبولوز 5و1 -ثنائي الفوسفات (RuBp) لتشكيل جزيئين من مركب ثلاثي الكربون يسمى فوسفوجليسرات (PGA).

بناء ضَوئيّ نوع C_4 مسار C_4 photosynthesis C_4 عملية التثبيت CO_2 في البناء الضوئي، حيث المنتج الأول هو جزيء أكسالوأسيتيت المحتوي على أربع ذرات من الكربون oxaloacetate-4.

بنك البذور seed bank بذور غير نابتة في تربة منطقة معينة. إعادة إنبات النباتات بعد بعض الحوادث مثل الحريق يعتمد عادة على وجود بنك البذور.

بول urine فضلات سائلة ترشح من الدم عن طريق الكلى، وتخزن في المثانة في انتظار طرحها عن طريق الإحليل.

بوليب polyp شكل جسمي أسطواني عادة ما يكون ثابتًا وغير متحرك، موجود في الحيوانات اللاسعة مثل الهيدرا.

بولينا urea ثلاثي الكربون، وهو الناتج النهائي لعملية التحلل الجلايكولي، كل جزي جلوكوز ينتج جزيئي بيروفيت.

بيروفيت pyruvate مركب عضوي يتكون في كبد الفقريات، والشكل الرئيس لطرح الفضلات النيتروجينية في الثدييات.

بيروكسيسوم peroxisome جسم دقيق يؤدي دورًا مهمًّا في تحطيم المركب عالي التأكسد فوق أكسيد الماء عن طريق أنزيم كتاليز.

بيورينات purines أحد أكبر نوعيّ القواعد النيوكليوتيدية الموجودة في DNA وRNA؛ قاعدة نيتروجينية مكونة من حلقة مفردة، مثل السايتوسين، أو الثايمين، أو اليوراسيل.

بيوض رهلية amniotic egg بيوض مقاومة لتبخر الماء، وتحتوي مصدرًا للغذاء (المح)، ولها سلسلة من أربعة أغشية؛ يقع الغشاء الخارجي للبيضة، وهو الكوريون Chorion تحت القشرة المسامية مباشرة، وهو يمنع نفاذ الماء، لكنه يسمح بتبادل الغازات التنفسية. أما الرهل Amnion فيحيط بالجنين المتطور ضمن تجويف مملوء بالسائل. ويزود كيس المح Yolk sac الجنين بالغذاء القادم من المح عن طريق أوعية دموية تربطه بمعي الجنين. في حين يحيط الممبار Allantois بتجويف تخرج إليه النواتج الضارة للجنين كل واحد من هذه الأغشية يجعل من البيضة نظامًا مستقلًا وقابلًا للحياة.

ت

تَحلُل Lysis تدمير الخلايا عن طريق تحطيم الغشاء الخلوي.

تاريخ نشوء النوع phylogeny التاريخ التطوري للمخلوق، يتضمن أيًّا من الأنواع القريبة من هذا المخلوق وما الترتيب التي ظهرت به هذه الأنواع القريبة، عادة ما يمثل على شكل شجرة تطورية.

تأبير (تحوّل) عام Generalized transduction شكل من أشكال انتقال الجين في بدائيات النوى، وبواسطته يمكن انتقال أي جين بين الخلايا. يُستخدم الفيروس البكتيري المحلل بوصفه ناقلاً، حيث يقوم الفيروس بتغليف بعض مادة العائل بشكل غير مقصود بدلًا من DNA الفيروس.

تأبير متخصص specialized transduction نقل عدد قليل فقط من الجينات إلى البكتيريا، باستخدام الفيروسات المولدة للتحلل آكلة البكتيريا بوصفها ناقلًا.

تأثير مؤسس The Founder Effect تأثير تصبح من خلاله أليلات نادرة أو مجموعة من الأليلات جزءًا مهمًّا من التكوين الوراثي للمجموعة السكانية الجديدة.

تأثير بور (انتقال) Bohr effect Shift إطلاق الأكسجين من جزيئات الهيموجلوبين استجابة لمستويات مرتفعة من CO_2 المحيطة.

تأثير عنق الزجاجة bottleneck effect فقدان التنوع الجيني الذي يحدث عندما يقل حجم الجماعة بشكل حاد.

تأثير كهروضوئي photoelectric effect قابلية الحزمة الضوئية على تهييج الإلكترونات وإحداث تيار كهربائي.

تأثير مكاني homeosis تغيّر في النمط المكاني للتعبير عن الجينات الذي يمكن أن يؤدي إلى طفرات ذاتية، حيث يتطور التركيب الطبيعي في مكان خاطئ في المخلوق.

تأكسد oxidation فقدان إلكترون من الذرة أو الجزيء في عملية الأيض. عملية التأكسد عادةً ما تكون مرتبطة بكسب الأكسجين أو فقدان الهيدروجين.

تأود أرضي Gravitropism استجابة النمو في النبات لمجال الجاذبية الأرضية.

تأود لمسي thigmotropism في النباتات، النمو غير المتساوي في بعض التراكيب الناتجة عن ملامسة جسم ما.

تأودات ضوئية phototropisms: في النباتات، استجابة النمو في النبات للمؤثر الضوئي.

تبادل الأجيال alternation of generations دورات حياة النبات، التي يعطي فيها جيل النبات البوغي ثنائي العدد الكروموسومي ($2n$) جيل نبات جاميتي أحادي العدد الكروموسومي (n).

تبدد أو فوضى Entropy مقياس لمقدار الفوضى أو العشوائية في نظام ما؛ مقياس لكمية الطاقة الموجودة في نظام ما التي حدث لها تبدد (في العادة على شكل حرارة) وغير المتوافرة للقيام بعمل ما.

تثبيت الكربون carbon fixation تحول CO_2 إلى مركبات عضوية خلال عملية البناء الضوئي المرحلة الأولى من تفاعلات الظلام التي فيها ثاني أكسيد الكربون من الهواء يتحد مع رايبلوز 5و1 ثنائي الفوسفات.

تثبيط Repression بشكل عام، التحكم في التعبير الجيني عن طريق منع النسخ. بشكل خاص، في البكتيريا مثل *E.*

Coli يتم هذا عن طريق بروتينات مثبطة. في المنطقة الفعَّالة البنائية (التي تقوم بالبناء)، يرتبط المثبط ب DNA بغياب مرافقات المثبط لتثبيط المنطقة الفعّالة.

تثبيط بالتغذية الراجعة Feedback inhibition آلية تحكم تؤدي فيها زيادة تركيز بعض الجزيئات إلى تثبيط بناء هذه الجزيئات.

تثبيط عن طريق الإضافة insertional inactivation تدمير وظيفة جين معين عن طريق إضافة عنصر قابل للنقل أو جينات قافزة.

تثبيط عن طريق الجلوكوز Glucose repression في *E. Coli*؛ تفضيل استخدام الجلوكوز حتى مع وجود سكريات أخرى؛ لا يحدث استنساخ mRNA في الشيفرة الوراثية لتصنيع الأنزيمات اللازمة لاستخدام السكريات الأخرى.

تجانس التقويم والشكل homoplasy في علم التفرع التطوري، حالة الصفة المشتركة التي لم تورث من سلف مشترك بيدي تلك الصفة؛ قد تنتج عن تطور التقائي، أو انعكاس تطوري. أمثلة ذلك، أجنحة الطيور والخفاش التي هي تراكيب متلاقية.

تجربة Experiment اختبار فرضية أو أكثر. تصنع الفرضيات تنبؤات متباينة يمكن اختبارها تجريبيًّا باستخدام التجارب الضابطة والتجارب الاختبارية والتي يتم بها تغيير متغير واحد.

تجمع assembly تجميع المكونات الفيروسية بعد مرحلة البناء من دورة تكاثر الفيروسات ومن ثم يتم إطلاقها من خلال انفجار أو التبرعم عبر جدار خلية العائل.

تجوف أو انسداد cavitation في النباتات والحيوانات، إغلاق الأوعية بفقاعة هواء تؤدي إلى تقطع في تلاصق المحلول في الأوعية، في الحيوانات في كثير من الأحيان تسمى الانسداد.

تجويف lumen تعبير / مصطلح لأي فتحة لها حدود؛ مثلًا، الفراغ الحوضي في الشبكة الإندوبلازمية في الخلايا الحقيقية، الممر الذي يمر (يتدفق) من خلاله الدم، وأيضًا الممر الذي يمر به الغذاء في الأمعاء خلال عملية الهضم.

تجويف البلاستيولة blastocoel التجويف أو الفراغ المركزي في مرحلة البلاستيولا لأجنة الفقريات.

تجويف الجسم الحقيقي coelom في الحيوانات، تجويف الجسم المملوء بالسائل الذي تطور كليًّا ضمن الميزودرم.

تحت المهاد hypothalamus منطقة في دماغ الفقريات تقع أسفل نصفي كرة المخ، أسفل المهاد، تعدّ مركز الجهاز العصبي الذاتي، ومسؤولة عن تكامل الكثير من الوظائف العصبية ووظائف جهاز الغدد الصماء وترابطها.

تحت النوع subspecies التحفيز بين أنواع الأنسجة البدائية الثلاثة: الإكتوديرم والميزودرم والإندوديرم.

تحديد خلوي cell determination عملية جزيئية عن طريق يتم تقرير أي من الخلايا متجهة لمسار تطويري محدد، وهذا يحصل قبل تمايز الخلايا، ويمكن أن تكون عملية تدريجية.

تحفيز catalysis عملية يتم من خلالها ربط وحدات الجزيئات العضوية الكبيرة بالأنزيمات وتوجيهها، بحيث يتم إجهاد الروابط الكيميائية ما يؤدي إلى تفكيك الجزيئات العضوية الكبيرة إلى وحدات أو جزيئات صغيرة، وإطلاق طاقة في معظم الأحيان.

تحفيز أولي primary induction جماعة سكانية (محددة) معرّفة جغرافيًّا أو مجموعة من السكان في داخل نوع مفرد يمتلك صفات مميزة.

تحفيز ثانوي secondary induction التحفيز بين الأنسجة التي تمايزت مسبقاً.

تحكم إيجابي Positive Control نوع من أنواع التحكم على مستوى استهلال عملية نسخ DNA حيث إن تكرار الاستهلال يزداد؛ تقوم بروتينات تنشيطية (منشطات) بعمل التحكم الإيجابي.

تحكم سلبي Negative control نوع من أنواع التحكم في استهلال الاستنساخ لـ DNA حيث يقل تكرار الاستهلال؛ المثبطات البروتينية تقوم بالتحكم السلبي.

تحلل الجلايكولي Glycolysis تحطم الجلوكوز بغياب الأكسجين (لاهوائيًّا)، هذه العملية التي تُيسرها الأنزيمات تعطي جزيئي بيروفيت وجزيئين من ATP (الصافي).

تحلل مائي hydrolysis تفاعل يحطم الرابطة عن طريق إضافة الماء. هذه العملية معاكسة لتفاعل التجفيف (أو إزالة الماء) الذي يربط بين الجزيئات ويعمل على إنتاج الماء.

تحليل التعاقب العشوائي Shotgun Sequencing أحد طرق تحليل تسلسل DNA التي يتم فيها تقطيع DNA بطريقة عشوائية إلى قطع صغيرة، ومن ثم تستنسخ ويُعرّف تسلسلها. يستخدم الحاسوب بعد ذلك لبناء التسلسل النهائي.

تحول metamorphosis عملية يحدث فيها تغيرات شكلية واضحة خلال مراحل متأخرة من التطور الجنيني، على سبيل المثال، التحول من أبي ذنيبة إلى ضفدع.

تحول فيروسي بكتيري phage conversion ظاهرة يتم من خلالها إدخال DNA من فيروس معين إلى جينوم (المحتوى الجيني) خلية العائل، ما يؤدي إلى تغيير وظيفة خلية العائل بشكل ملحوظ. على سبيل المثال، تحول بكتيريا Vibrio cholerae إلى الشكل الممرض المفرز لسم الكوليرا.

تحويل الإشارة Signal transduction الأحداث التي تتم داخل الخلية بعد تسلّمها الإشارة وارتباطها مع المستقبل البروتيني. مسارات تحويل الإشارة تنتج الاستجابة الخلوية لجزيء الإشارة.

تخمر Fermentation استخلاص طاقة من مركبات عضوية بعدم وجود الأكسجين عن طريق استخدام أنزيمات معينة.

تداخل RNA RNA interference نوع من أنواع الإسكات الجيني حيث يتم منع RNA الرسول من أن يترجم، لقد وجد أن RNAs الصغيرة المعترضة ترتبط بـ RNA الرسول وتجعله هدفًا للتحطيم قبل أن يُترجم.

تدفق التيار العرضي cross-current flow في رئات الطيور، التشابك للشعيرات الدموية مرتب من خلال تدفق الهواء بزاوية 90 درجة.

تراكيب متناظرة analogous تراكيب لها الوظيفة نفسها، ولكن لها أصول تطوّرية مختلفة كأجنحة الطيور والفراشات.

تراكيب متماثلة (1) homologous) تشير إلى تراكيب متماثلة لها الأصل التطوري نفسه (2) تشير إلى زوج من الكروموسومات من النوع نفسه في الخلية ثنائية المجموعة الكروموسومية (*2n*).

تراكيب مختزلة Vistigial Structure صفة شكلية ليس لها حاليًّا وظيفة معينة، ويعتقد أنها بقية تطورية، مثلًا عظام الحوض في الأفعى العاصرة.

ترانسكريبتوم (المستنسَخ) Transcriptome جميع RNA الموجود في الخلية أو النسيج في فترة زمنية محددة.

ترتيب الأوراق phyllotaxy في النبات، ترتيب الأوراق بشكل حلزوني على الساق، حيث تكون الزاوية 137.5 بين الأوراق المتعاقبة، وهي زاوية مرتبطة بالمتوسط الذهبي.

ترتيب دقيق Microarray تقنية توضع فيها قطع DNA على شريحة مجهر عن طريق ذراع آلي. وبعد ذلك يتم سبر هذه القطع عن طريق RNA مستخلص من أنسجة مدروسة للتعرف إلى DNA المعبّرعنه.

ترجمة Translation عملية بناء البروتين عن طريق الرايبوسومات، باستخدام RNA الرسول لتحديد ترتيب الأحماض الأمينية.

تركيب أولي primary structure تسلسل معين من الحموض الأمينية للبروتين.

تركيب ثانوي secondary structure في البروتينات، تفاعلات روابط هيدروجينية بين مجموعات NH-، وCO- في التركيب الأولي.

تركيب ثلاثي Tertiary structure الشكل الملتوي للبروتين، ينتج عن طريق الإقصاء الكاره للماء، الروابط الأيونية والتساهمية بين المجموعات الجانبية للأحماض الأمينية المختلفة، وقوى فان دير فال. يصبح البروتين غير نشط بسبب عملية التمسخ التي تُغير التركيب الثلاثي.

تركيب ثنائي المجموعة الجزئي Merodiploid Partial diploid وصف لخلية *E.coli* البكتيرية التي تحمل بلازميدة F` مع جينات العائل. هذا يجعل الخلية ثنائية المجموعة الكروموسومية للجينات المحمولة (المنقولة) عن طريق بلازميدة F`.

تركيب رباعي quaternary structure التركيب البروتيني المكون من أكثر من سلسلة عديد ببتيد. كل واحد من هذه السلاسل لها تركيب ثلاثي خاص بها. تسمى كل سلسلة تحت وحدة.

تركيز أسموزي للمحلول osmotic concentration خاصية للمحلول تأخذ في الحسبان جميع المواد المذابة الموجودة في المحلول، إذا تم فصل محلولين مختلفين من ناحية التركيز الأسموزي بغشاء منفذ للماء ينتقل الماء من المحلول الأقل تركيزًا أسموزيًّا إلى الأعلى تركيزًا أسموزيًّا.

تركيز مولاري molar concentration يعبر عن التركيز أنه مول من المادة في لتر واحد من الماء النقي.

تروبونين Troponin معقد يتركب من بروتينات كروية يوجد على مسافات محددة على الخيوط الدقيقة (الأكتين) في العضلات الهيكلية، يعتقد أنه يعمل بوصفه مفتاحًا معتّمدً على الكالسيوم في انقباض العضلات.

تزاوج داخلي inbreeding تزاوج نباتات أو حيوانات متقاربة من الناحية الوراثية (متقاربة وراثيًّا) ، يعمل التزاوج الداخلي على زيادة التماثل الجيني. (التجانس الزيجوتي).

تزاوج متجانس assortative mating نوع من التزاوج غير عشوائي بين أفراد متشابهة في الطرز الشكلية، الذي يحدث إزاحة في تكرار الطرز الجينية.

تزاوج تجريبي testcross تزاوج بين فرد سائد الطراز الشكلي غير معروف الطراز الجيني، مع فرد متماثل الجينات (الفاحص)؛ يُستخدم هذا التزاوج لتحديد ما إذا كان الفرد ذو الطراز الشكلي السائد متماثل أو مختلف الجينات.

تزاوجات تبادلية Reciprocal crosses تزاوج وراثي يتضمن صفة معينة يتم به عكس الجنس للآباء، على سبيل المثال إذا استخدمت حبوب اللقاح من نبتة أزهارها بيضاء اللون لتلقيح (إخصاب) نبتة أزهارها بنفسجية، فسيكون التزاوج التبادلي باستخدام حبوب لقاح لنبتة أزهارها بنفسجية لتلقيح نبتة أزهارها بيضاء.

تسمية ثنائية binomial name الاسم العلمي للأنواع، الذي يتألف من جزأين: اسم الجنس واسم النوع الخاص، على سبيل المثال Apis mellifera.

تشابك الشكل synapomorphy في التصنيف التطوري، صفة مشتقة يشترك بها أفراد السلالة جميعهم.

تشابك كيميائي chemical synapse ارتباط وثيق يسمح بالتواصل الكيميائي بين الخلايا العصبية (العصبونات). الإشارات الكيميائية (النواقل العصبية) تتحرر من قبل الخلية العصبية الأولى التي ترتبط بالمستقبلات في غشاء الخلية العصبية الثانية.

تشابكات عصبية synapses ارتباط بين خلية عصبية وأخرى أو خلية عضلية بين العصبونات أو بين العصبونات والخلايا العضلية، حيث لا يحدث تلامس بين الخليتين، ويتم الاتصال بينهما عن طريق جزيئات النواقل العصبية.

تشابه شكلي Plesiomorphy في التطور التفرعي، تعبير آخر لحالة الصفة السلفية.

تشكل morphogenesis تطور شكل الجسم للمخلوق الحي، بشكل دقيق الأعضاء والصفات التشريحية، وتضم الموت الخلوي المبرمج، وانقسام الخلايا، والتمايز، والتغير في شكل الخلية.

تشنج Tetanus انقباض قوي ومستمر للعضلة دون حدوث ارتخاء.

تصالب chiasma هو الشكل X الذي يمكن رؤيته في المجهر الضوئي خلال الانقسام المنصف (الاختزالي) وهو دليل على عملية العبور، حيث كروماتيدان يتبادلان بعض

الأجزاء؛ والتصالب يتحرك إلى أسفل أذرع الكروموسوم عندما تنفصل الكروموسومات المتماثلة.

تصنيع بالتجفيف dehydration synthesis نوع من التفاعلات الكيميائية يحدث به ارتباط لجزيئين لتكوين مركب واحد كبير، يفقد أحدهما ذرة هيدروجين (H) ويفقد الآخر مجموعة هيدروكسيل (OH)، هذا يسبب ارتباط الجزيئين، وخروج (OH) و(H) على شكل جزيء ماء.

تصنيف Taxonomy علم تصنيف المخلوقات الحية. عن طريق اتفاق بين علماء التصنيف، لا يمكن لمخلوقين اثنين أن يمتلكا الاسم نفسه، وكل الأسماء يُعبّر عنها لاتينيًّا.

تصنيف تطوري systematic إعادة بناء العلاقات التطورية ودراستها.

تضاعف duplication طفرة يحدث بها تكرار جزء من الكروموسوم؛ إذا لم يقع الجزء المكرر ضمن جين معين، فإن التكرار يمكن ألّا يكون له تأثير.

تطفل Parasitism ترتيب معيشي، يعيش فيه أحد المخلوقات الحية على مخلوق حي من نوعٍ آخرأو فيه، مستمدًّا منه المواد الغذائية.

تطور Evolution تطور وراثي في جماعة من المخلوقات، بشكل عام، يؤدي التطور إلى تغير تقدمي من البسيط إلى المعقد.

تطور جنيني فسيفسائي Mosaic development نمط تطوري جنيني، تحتوي الخلايا البدائية الناتجة من الانقسامات التفلجية إشارات تطورية مختلفة (محددات) من البيضة، تحدد هذه المحددات لكل خلية مسارًا تطوريًا مختلفًا تسير به.

تطور دقيق Microevolution تعود إلى عملية التطور نفسها. التطور في داخل النوع. تسمى أيضًا التكيّف.

تطور كبير macroevolution إنتاج أنواع جديدة وانقراض أنواع قديمة.

تطور التقائي أو تقاربي convergent evolution تطور مستقل لتراكيب متشابهة في المخلوقات الحية التي ليس لها علاقة مباشرة؛ وغالبًا وجدت في المخلوقات الحية التي تعيش في بيئات متشابهة.

التطور الجنيني محدد المصير نهاري لموتيف الرابط لـ DNA Diurnal.

نوع من التطور الجنيني في الحيوانات تكون فيه الخلية الجنينية محددة المصير سلفًا من حيث نوع الأنسجة التي ستعطيها في البالغ. نشيط في أثناء النهار، منطقة موجودة على بروتين تنظيمي قادرة على الاتصال بتسلسل معين من القواعد الموجودة على DNA، جزء مهم في نطاق البروتين المرتبط بـ DNA.

تطور المشترك coevolution تطور تلقائي مرتبط بتكيف جماعتين أو أكثر أو أنواع وفئات أخرى، ذلك التفاعل القريب لاستجابة كل منهما للانتخاب الطبيعي المفروض من قبل الآخر.

تعاقب إجماعي consensus sequence في تعاقب الجينوم؛ التعاقب الإجمالي الذي يتوافق مع التعاقبات للقطع المنفردة؛ تستخدم البرامج الحاسوبية لمقارنة التعاقبات وتوليد تعاقب إجماعي.

تعاقب بيئي Succession في علم البيئة، التقدم البطيء والمنظم للتغيرات التي تحدث مع مرور الوقت في مكونات المجتمع الحيوي.

تعاقب ربط الرايبوسوم Ribosome binding seqnence (RBS) في بدائيات النوى، تسلسل محفوظ موجود على الطرف 5¢ لـRNA الرسول (mRNA) الذي يكون مكملًا للطرف 3¢ لِتحت الوحدة الصغيرة من rRNA ويساعد على تحديد موقع الرايبوسوم خلال عملية الاستهلال.

تعاقب سلالة إثر سلالة clone-by- clone sequencing طريقة لبناء خريطة تعاقب جيني طبيعية (تعاقب سلالة إثر سلالة) أولًا، متبوعة بتسلسل القطع والتعرف إلى مناطق التداخل (التعاقب العشوائيّ).

تعاقبات مشفرة exon قِطع من DNA يتم عمل استنساخ لها لإنتاج RNA ومن ثم تُترجم لإنتاج البروتين. انظر الإنترون.

تعاقبات مُعبّر عنها Expressed sequence tag تسلسل قصير من المادة الوراثية المكملة cDNA يحدد هوية cDNA بشكل واضح.

التعاقبات المعترضة (المتدخلة) intron جزء من mRNA المنسوخ من DNA في حقيقيات النوى الذي يُزال عن طريق أنزيمات خاصة عند ترجمة mRNA الناضج إلى بروتين. انظر إلى التعاقبات المشفرة.

تعايش commensalism علاقة فرد يعيش قريبًا من أو على حيوان آخر، ويستفيد منه، والعائل لايتضرر؛ نوع من التكافل.

تعبير جيني Gene Expression تحويل الطراز الجيني إلى طراز شكلي. في هذه العملية، يتم استنساخ DNA إلى RNA، الذي يترجم بدوره إلى ناتج بروتيني.

تعدد الأشكال polymorphism وجود أكثر من أليل لجين معين في المجموعة السكانية بتكرار أكبر بكثير مما قد ينشأ من الطفرات الجديدة.

تعدد المجموعة الأثري (الأحاثي) Paleopolyploidy مخلوق متعدد المجموعة الكروموسومية أثري يُستخدم في تحليل أحداث تعدد المجموعة الكروموسومية عند دراسة تطور المحتوى الجيني لنوع ما.

تعدد المجموعة الكروموسومية الذاتي autopolyploid تضاعف المحتوى الجيني للنوع بسبب خطأ في الانقسام الاختزالي، ما يؤدي إلى إنتاج أربع نسخ من كل كروموسوم.

تعدد المجموعة الكروموسومية المختلف allopolyploid ينتج عن التهجين والتضاعف اللاحق للمحتوى الجيني لنوعين مختلفين.

تعدد النمط الظاهري أو الشكلي Pleiotropic/ Pleiotropy حالة يمتلك فيها أليل الفرد أكثر من تأثير واحد في إنتاج الطراز الشكلي.

تعدد أشكال النيوكليوتيد الواحد single nucleotide polymorphism (SNP) موقع موجود على الأقل بنسبة 1% في مجموعة سكانية تكون فيها الأفراد تختلف بنيوكليوتيد واحد. يمكن أن تستخدم هذه بوصفها علامات جينية لمعرفة موقع جينات أو صفات غير معروفة.

تعدد أشكال طول القطعة المحددة restriction frag-ment length polymorphism أنزيمات محددة تتعرف إلى تسلسلات محددة من DNA. أليلات الجين نفسه أو التسلسلات المحيطة به يمكن أن تمتلك اختلافات في أزواج القواعد، بحيث يُقطع DNA الواقع بجانب أحد الأليلات إلى قطع مختلفة في الطول مقارنة بـ DNA مجاور لأليل آخر. هذه القطع المختلفة تفصل بناءً على الحجم عن طريق الترحيل الكهربائي بالهلام.

تعدد أنثوي polygyny اختيار تزاوجي، حيث يتزاوج الذكر مع أكثر من أنثى واحدة.

تعدد بذور الحياة Panspermia فرضية تنص على أنه يمكن للنيازك أو الغبار الكوني أن يكون قد جلب كميات كبيرة من المركبات العضوية المعقدة إلى الأرض، بادئًا بذلك تطور الحياة.

تعدد ذكري polyandry ظرف تتزاوج به الأنثى مع أكثر من ذكر واحد.

تعدد كروموسومي polyploidy ظرف يحدث به إضافة مجموعة أو أكثر كاملة من الكروموسومات إلى المحتوى الجيني ثنائي المجموعة الكروموسومية ($2n$).

تعدد مجموعة كروموسومية مُخلق Synthetic polyploidy مخلوق متعدد المجموعة الكروموسومية ينتج عن طريق تهجين مخلوقين ذوي قرابة كبيرة للنوع السلفي، ومن ثم التلاعب بالنسل.

تعزيز reinforcement في عملية التنوع، العملية التي يزداد فيها العزل التكاثري الجزئي بين مجموعات سكانية عن طريق الانتخاب ضد التزاوج بين أفراد مجموعتين سكانيتين، حيث يؤدي في النهاية إلى إنتاج عزل تكاثري كامل.

تعلم غير ارتباطي nonasociative learning سلوك متعلم لا يحتاج إلى أن يكوّن الحيوان ارتباطًا بين مؤثرين، أو بين مؤثر واستجابة.

تعليل استقرائي inductive reasoning استخدام منطقي لملاحظات محددة للوصول إلى مبادئ عامة علمية منها. في العلوم، يُستخدم التعليل الاستقرائي من أجل صياغة فرضيات قابلة للاختبار.

تعليل استنتاجي deductive reasoning التطبيق المنطقي للمبادئ العامة للتكهن بنتائج خاصة محددة. في العلوم، يُستخدم التعليل الاستنتاجي لاختبار صحة الأفكار العامة.

تعود Habituation شكل من أشكال التعلم؛ تقليل الاستجابة لمنبه متكرر.

تغذية راجعة سلبية Negative feedback نظام للحفاظ على الثبات الداخلي، حيث إن زيادة بعض المواد أو الأنشطة تثبط العملية المؤدية لهذه الزيادة، وتعرف أيضًا بالتغذية الراجعة التثبيطية.

تغير حركي kinesis هو التغير في مستوى نشاط الحيوان اعتمادًا على شدة المؤثر. انظر إلى الطاقة الحركية.

تفاعل الشَحن charging reaction التفاعل الذي يقوم به أنزيم مخلق معقد tRNA aminoacyl- بربط حمض أميني معين للناقل tRNA الصحيح باستعمال طاقة من جزيئات ATP.

تفاعل الوصل mRNA splicing – Pre في حقيقيات النوى، العملية التي يتم من خلالها إزالة قطع التعاقبات المعترضة من المنسوخ الأولي (النسخة الأولية) pre-mRNA لإنتاج RNA رسول ناضج. تحدث هذه العملية في النواة.

تفاعل أنزيم المبلمر المتسلسل polymerase chain re-action عملية يتم من خلالها نسخ تسلسل معين DNA ملايين المرات باستخدام أنزيم DNA المبلمر.

تفاعل منتج للحرارة Exergonic وصف لتفاعل تمتلك فيه النواتج طاقة حرة أقل من المتفاعلات، لهذا يتم إطلاق الطاقة الحرة في هذا التفاعل.

تفاعلات الأكسدة والاختزال oxidation – reduction reac-tion نوع من التفاعلات المزدوجة في الأنظمة الحية، حيث يتم فقدان إلكترونات من ذرة واحدة (الأكسدة) واكتسابها من قبل ذرة أخرى (الاختزال). يختصر بتفاعلات Redox.

تفاعلات الأيض البنائي أو البناء anabolism الجزء البنائي من عمليات الأيض، وهي تفاعلات كيميائية تحدث داخل جسم المخلوق الحيو ويتكون عن طريقها جزيئات معقدة من جزيئات بسيطة، وتستهلك طاقة لتصنيع الروابط الكيميائية أو نقلها.

تفاعلات معتمدة على الضوء light-dependent reac-tions في التمثيل الضوئي (البناء الضوئي)، يحدث في هذه التفاعلات امتصاص أو إمساك للطاقة الضوئية واستخدامها من أجل إنتاج ATP وNADPH. في النبات تتضمن هذه التفاعلات نظامين ضوئيين مرتبطين.

تفاعلات غير معتمدة على الضوء light-independent reactions في البناء الضوئي، هي تفاعلات حلقة كالفن التي يحدث بها استخدام لـ ATP وNADPH الناتجة عن التفاعلات المعتمدة على الضوء لاختزال CO_2 وإنتاج مركبات عضوية مثل الجلوكوز. هذه التفاعلات تتضمن عملية تثبيت الكربون، أو تحويل الكربون غير العضوي (CO_2) إلى كربون عضوي (في النهاية على شكل كربوهيدرات).

تفرع تطوري cladistics تقنية تصنيفية تستعمل لإنشاء تسلسل (ترتب) هرمي للمخلوقات الحية التي تمثل علاقة نشوء الأنواع الحقيقي والتحدر.

تفلج cleavage في الفقريات، سلسلة دورية من الانقسامات الخلوية الناجحة للبيضة المخصبة مشكلة البلاستيولة، وهي كرة مجوفة من الخلايا.

تفلج جزئي الانشطار meroblastic cleavage نوع من أنواع التفلج في بيوض الزواحف، والطيور، وبعض الأسماك. يحدث فقط في القرص البلاستيولي.

تفلج حلزوني Spiral Cleavage نمط من أنماط التفلج الجنيني

في بعض أنواع الحيوانات أولية الفم، حيث تنقسم الخلايا بزاوية منحرفة نسبة لمحور الجنين القطبي، إذا رُسم خط خلال تتابع الخلايا المنقسمة، فسيكوّن شكلًا حلزونيًّا.

تفلج شعاعي Radial cleavge نمط من أنماط التفلج الجنيني في الحيوانات ثانوية الفم (الفم يتكون بعد تكون فتحة الشرج) حيث يكون انقسام الخلايا بشكل متوازٍ وبزاوية قائمة مع محور الجنين القطبي.

تفلج كامل الانشطار holoblastic cleavage عملية في أجنة الفقريات تحدث جميع الانقسامات الانشطارية بها بالمعدل نفسه لتعطي بلاستيولا ذات خلايا أحجامها منتظمة.

تفوق Epistasis علاقة بين جينات غير أليلية، حيث يعمل أحدها على تعديل التعبير عن الطراز الشكلي للآخر.

تقليد موليري mullerian mimicry ظاهرة يكون فيها اثنان أو أكثر من الأنواع التي لا تربطها صلة قرابة تحاكي بعضها بعضًا، لهذا تقوم بنوع من الدفاع الجماعي.

تكاثر بالولادة viviparity نوع من أنواع التكاثر تنمو فيه البويضة داخل جسم الأم، وتولد الصغار لتعيش حرة.

التكاثر بالبيض oviparity تعود إلى نوع من أنواع التكاثر حيث تتطور فيه البيوض بعد مغادرتها لجسم الأم، كما في الزواحف.

تكاثر جنسي sexual reproduction عملية إنتاج أبناء خلال عمليات تعاقب الإخصاب (إنتاج خلايا ثنائية العدد الكروموسومي) واختزال عدد الكروموسومات خلال الانقسام الاختزالي (إنتاج خلايا أحادية العدد الكروموسومي).

تكاثر عذري parthenogenesis تطور البويضة دون حدوث إخصاب، مثل المن، والنحل، والنمل، وبعض السحالي.

تكاثر لاجنسي asexual reproduction طريقة لتكاثر المخلوقات الحية، لا يشمل التقاء جاميت ذكري مع جاميت انثوي، أي إنه تكاثر دون إخصاب، يتضمن الانقسام المتساوي حيث تنقسم الخلية ببساطة إلى نصفين متساويين متطابقين جينيًّا لخلية الأم، ويُعدّ الانشطار والتبرعم تكاثرا لاجنسيًّا.

تكافل Symbiosis الحالة التي يعيش فيها مخلوقان مختلفان أو أكثر مع بعضهما في ترابط محكم؛ يشمل التطفل (ضار لأحد المخلوقات الحية)، والتعايش (مفيد لأحدهما، ولا يؤثر في الآخر)، والتقايض (مفيد لكليهما).

تكافل داخلي Endosymbiosis نظرية تقترح أن الخلايا حقيقة النوى نشأت من تكافل بين أنواع مختلفة من بدائيات النوى.

تكافؤ المن mutualism علاقة تكافلية، اثنان أو (أكثر) من المخلوقات الحية تتعايش معًا، وكلا الطرفين يتبادلان المنفعة.

تكرار الأليل allele frequency عدد مرات ظهور الأليلات في الجماعة، ويعبر عنه بوصفه نسبة مئوية من المجموع الكلي للجماعة، على سبيل المثال، يظهر بنسبة 84 و. (84%).

تكرار الطراز الجيني Genotype Frequency هو مقياس حدوث طراز جيني ما في مجموعة سكانية معينة، يعبر عنها وصفها جزءًا من المجموع الكلي، فمثلاً 0.25 (25%) هي نسبة حدوث طراز جيني متنحٍّ متماثل.

تكرار إعادة الاتحاد Recombination frequency قيمة يتم الحصول عليها عن طريق قسمة عدد النسل المهجن على العدد الكلي للنسل في تزاوج وراثي معين. يتم تحويل هذه القيمة إلى نسبة مئوية، حيث إن كل 1% من إعادة الاتحاد تسمى وحدة خارطة.

التكرارات الطرفية الطويلة long terminal repeat نوع معين من القوافز الارتجاعية، الذي يملك عناصر متكررة عند أطرافه. تشكل هذه التكرارات ما يقارب 8% من جينوم الإنسان.

تكرارات بسيطة التعاقب Simple sequence Repeat (SSR) تسلسل من النيوكليوتيدات من (1-3) مثل CA أو CCG تكون متكررة آلاف المرات.

تكوين الأنبوب العصبي neurulation عملية تحدث في المراحل المبكرة من تطور الجنين، وفيها تتغلظ حزمة ظهرية من الإكتوديرم (الطبقة الجرثومية الخارجية) وتلتف لِتُكوّن الأنبوب العصبي.

تكوين الجاسترولا (التبطين) Gastrolation عملية تطورية تحوّل البلاستيولا إلى جنين يمتلك ثلاث طبقات بدائية جرثومية: الإندوديرم، والميزوديرم، والإكتوديرم. تتضمن هذه العملية هجرة أعداد كبيرة من الخلايا لتحويل التركيب المجوف إلى تركيب ذي ثلاث طبقات.

تكوين جلوكوز جديد Gluconeogenesis تصنيع الجلوكوز من مصادر غير كربوهيدراتية (مثل البروتينات أو الدهون).

تكوين جنيني غير محدد indeterminate development نوع من التكوين الجنيني في الحيوانات تكون به الخلايا الجنينية القليلة الأولية متطابقة، وأي واحدة من هذه الخلايا إذا ما فصلت عن الأخريات فإنها تتطور إلى مخلوق كامل، أي إن مصير هذه الخلايا غير محدد.

تكيف adaptation خصائص تركيبية وسلوكية تعزز من احتمال مخلوق حي في البقاء والتكاثر في بيئة معينة؛ لأن المخلوقات الحية جميعها تتفاعل مع المخلوقات الأخرى ومع مكونات البيئة غير الحية بطرق تؤثر في بقائها، ونتيجة لذلك، فإنّ المخلوقات تطوّر تكيفات لبيئاتها.

تلاصق adhesion ترابط جزيئات مستقطبة مَعَ مواد مستقطبة أخرى. الماء قادر على التلاصق مَعَ أيّ مادة مستقطبة يمكن أنْ يرتبط معها بروابط هيدروجينية.

تلاؤم Fitness المساهمة الجينية للفرد في الأجيال اللاحقة. التلاؤم النسبي هو ملاءمة الفرد مقارنة ببقية الأفراد في المجموعة السكانية.

تلقيح pollination انتقال حبوب اللقاح من المتك إلى الميسم.

تلون الدفاعي aposematic coloration ألوان براقة تحذيرية لبعض الحيوانات مع دفاعات فعالة جسمية أو كيميائية.

تماثل جانبي bilateral symmetry سطح مستوٍ واحد يقسم المخلوق الحي إلى نصفين متشابهين كل منهما صورة مرآة للآخر.

تماثل خماسي شعاعي pentaradial symmetry تماثل شعاعي خماسي الأجزاء مميز للأفراد البالغة لشوكيات الجلد.

تمايز differentiation عملية تطورية يحدث بها تحول تقدمي للخلايا غير المتخصصة تقريبًا إلى خلايا أكثر تخصصًا.

تمسخ denaturation فقدان التشكل الأصيل للبروتينات أو الأحماض النووية نتيجة لتغير درجة الحرارة، أو الحموضة المتطرفة، والتحوير الكيميائي، والتغير في القوة الأيونية أو القطبية التي تحدث اضطرابًا في التفاعلات غير المحبة للماء؛ وعادةً ما يرافق ذلك فقدان الفعالية الحيوية.

تنظيم ما بعد النسخ آلية للتحكم في زيادة التعبير عن جين معين تعمل بعد إتمام عملية نسخ mRNA.

تنفس لاهوائي anaerobic respiration عملية تنفس تحدث بغياب الأكسجين حيث تستخدم جزيئات أخرى غير الأكسجين بوصفها مستقبلات للإلكترونات في سلسلة نقل الإلكترونات في عملية إنتاج الطاقة في الخلية.

تنفس هوائي aerobic respiration عملية أيضية تحدث في ميتوكندريا خلايا حقيقيّات النّوى بوجود الأكسجين. يُعدُّ الأكسجين مستقبل إلكترونات خلال سلسلة من عمليات انتقال الإلكترونات، تُؤخذ الإلكترونات من G_3P وتُعطى إلى الأكسجين، مُكوِّنة ماء، ويتمُّ أيضًا إنتاج كمية مناسبة من ATP.

تنفس تأكسدي oxidative respiration عملية نشاط خلوي يتم فيها تكسير جزيئات الجلوكوز وجزيئات أخرى إلى ماء وثاني أكسيد الكربون مع إطلاق طاقة.

تنفس خلوي cellular respiration الحصاد الأيضي للطاقة بعملية التأكسد التي تعتمد في النهاية على جزيء الأكسجين؛ الناتج من دورة كربس والفسفرة التأكسدية.

تنفس ضوئي photorespiration عمل الأنزيم روبيسكو، الذي يحفز أكسدة RuBp لإعطاء ثاني أكسيد الكربون، هذا يعكس تثبيت الكربون، ويقلل من إنتاجية البناء الضوئي.

تنوع speciation عملية عن طريق أو من تشعب نوع سلفي إلى نوعين متحدرين.

تنوع حيوي biodiversity عدد الأنواع ومدى تكيفها السلوكي، والشكل الخارجي، والتكيف الوظيفي، وتكيفات أخرى في منطقة ما.

تنوع متحد الموطن sympatic speciation تمايز مجموعات سكانية في داخل منطقة جغرافية شائعة إلى نوع.

تنوع مختلف الموطن allopatric speciation التنوع الذي يحدث عندما تُعزل المجموعات جغرافيًّا؛ لأنها تطور فروقًاجذرية تقود إلى التنوع.

تنوع مستمر (متواصل) continuous variation التنوع أو الاختلافات في الصفة التي تحصل على مدى مستمر أو متواصل مثل صفة الطول في الإنسان؛ غالبًا تحصل عندما يتم تحديد الصفة من مساهمة أكثر من جين واحد.

تهجين hybridization تزاوج آباء غير متشابهين.

تهجين ثنائي dihybrid cross تزاوج مفرد يتضمن صفتين مختلفتين، مثل لون الأزهار وطول الساق.

تهجين اللامع في الموقع -Fluorecent in situ hybridiza tion طريقة تُستخدم لإيجاد تسلسلات معينة من DNA على الكروموسومات باستخدام مسبار معلّم باللصف (اللمعان أو الإضاءة).

تهجين تبادلي reciprocal recombination آلية للتهجين الوراثي في المخلوقات حقيقية النوى فقط، حيث يتبادل كروموسومان الأجزاء (القطع)، ويمكن أن تحدث بين الكروموسومات غير المتماثلة، ولكن عادة ما يحدث التبادل بين الكروموسومات المتماثلة خلال عملية الانقسام الاختزالي.

توازن هاردي– واينبرغ Hardy-Wemberg equilibrium وصف رياضي لحقيقة أن تكرار الأليل والطراز الجيني يبقى ثابتًا في مجموعة سكانية يحدث بها التزاوج بشكل عشوائي وبغياب التزاوج الداخلي، أو الانتخاب، أو أي قوة تطورية أخرى؛ في العادة ينص على ما يأتي: إذا كان تكرار الأليل a هو p وتكرار الأليل b هو q فإن تكرار الطراز الجيني المحتمل بعد جيل واحد من التزاوج العشوائي سيكون دائمًا $1=2pq+q_2+p_2$.

توتر سطحي Surface tension توتر السطح للمواد السائلة، يسببه تماسك جزيئات السائل. يمتلك الماء توترًا سطحيًا كبيرًا جدًا.

توزيع ثنائي binomial distribution توزيع الطرز الشكلية (المظهرية) التي تظهر عند تزاوج أفراد لديهم اثنان من الأليلات البديلة.

توزيع مستقل independent assortmen في تزاوج ثنائي الهجين، تتوزع أليلات كل جين بشكل مستقل. للجينات الموجودة على كروموسومات مختلفة، يكون هذا بسبب الاصطفاف العشوائي للأزواج المتماثلة في أثناء الطور الاستوائي الأول من الانقسام الاختزالي (المنصف). للجينات الموجودة على الكروموسوم نفسه، يحدث هذا عندما يكون موقعا الجينين بعيدين بشكل كافٍ لأعداد متساوية فردية أو زوجية من أحداث العبور المتعددة.

تويتة Morula كرة صلبة من الخلايا تتكون في المراحل المبكرة من تطور الجنين.

تويج corolla البتلات، بمجموعها في أغلب الأحيان تمثل الحلقة الملونة الواضحة من الزهرة.

تيلوميريز telomerase أنزيم يصنع القطع الطرفية لكروموسومات الخلايا حقيقية النوى باستخدام قالب RNA داخلي.

تيوبيولن Tubulin وحدات بروتنية كروية تُكوّن الأنيبيبات الدقيقة الأسطوانية المجوفة.

ث

ثانوية الفم deuterostome أي عضو من مجموعة الحيوانات ذات التناظر الجانبي الثنائي، تتطور فيه فتحة الشرج في البداية ثُمّ الفم. شوكيات الجلد والفقريات هي حيوانات أوليات فتحة الشرج.

ثايلاكويدات Thylakoids في البلاستيدات الخضراء، غشاء داخلي مُنظم ومعقد يتكون من أقراص مسطحة؛ تحتوي النظام الضوئي المستخدم في التفاعلات المعتمدةِ على الضوء خلال عملية البناء الضوئي.

ثدييات حقيقية (مشيمية) Eutherian حيوان ثديي ذو مشيمة.

ثغور stomata في النباتات، فتحات صغيرة محاطة بالخلايا الحارسة الموجودة في بشرة الأوراق والسيقان، ويمر الماء إلى الخارج من النبتة بشكل كبير من خلال هذه الثغور.

ثقب البلاستيولا blastopore في جنين الفقريات، الفتحة التي تربط تجويف المعي القديم (البدائي) لمرحلة الجاسترولا مع الخارج.

ثقوب نووية Nuclear pores واحد من عديد الثقوب المتناهية الصغر والمعقدة المنتشرة على الغلاف النووي التي تسمح بالمرور الاختياري للبروتينات والأحماض النووية إلى داخل النواة وخارجها.

ثلاثي النسخة الكروموسومية الجسمية Trisomic وصف لحالة يتم خلالها اكتساب نسخة من كروموسوم نتيجة لعدم انفصال الكروموسومات المتماثلة خلال عملية الانقسام الاختزالي. نتيجة لذلك، يمتلك الجنين ثنائي المجموعة الكروموسومية نسخة إضافية من هذا الكروموسوم الجسمي. في الإنسان يمكن للفرد ثلاثي النسخة الكروموسومية أن يعيش إذا كان الكروموسوم الجسمي صغيرًا. الأفراد المصابون بمتلازمة داون لديهم ثلاث نسخ من الكروموسوم رقم 21.

ثلم انشطار cleavage furrow الانقباض الذي يتشكل خلال انقسام السيتوبلازم في الخلايا الحيوانية والمسؤول عن تقسيم الخلية إلى خليتين ابنتين.

ثمرة Fruit في النباتات الزهرية، هي المبيض (أو مجموعة من المبايض) الناضج المحتوي على البذور.

ثنائي الأنوية dikaryotic في الفطريات، امتلاك زوج من الأنوية في داخل كل خلية.

سكريات ثنائية disaccharide شكل من أشكال الكربوهيدرات يتكون بربط وحدتين من السكريات البسيطة مع بعضهما عن طريق رابطة تساهمية.

ثنائي المسكن dioecious هو امتلاك العناصر الذكرية والأنثوية في أفراد مختلفين.

ثنائي أسيل جليسرول diacylglycerol (DAG) رسول ثان يُطلق مع إينوسايتول ثلاثي الفوسفات عندما يُحلّل PIP2 عن طريق أنزيم محلل الدهون المفسفرة C. يمتلك ثنائي أسيل جليسرول تأثيرات خلوية متنوعة من خلال تنشيطه البروتينات المفسفرة.

ثنائية الأقواس diapsid مجموعة من الزواحف تمتلك زوجين من الفتحات في الجمجمة: واحدة جانبية والأخرى ظهرية. أحد أنساب هذه المجموعة أعطى الديناصورات، والزواحف الحديثة، والطيور.

ثنائية الحول (ذات الحولين) biennial نباتات تتطلب موسمين لإكمال دورة حياتها عادة، خلال السنة الثانية من النّموّ، تكون أزهارًا.

ثنائية الشعب biramous فرعان اثنان، صفة للزوائد المفصلية في القشريات.

ج

جاسترولا gastrula في الفقريات، مرحلة جنينية تتحول فيها البلاستيولا المكونة من طبقة واحدة من الخلايا إلى جنين يمتلك ثلاث طبقات هي: الإكتوديرم، والإندوديرم، والميزوديرم.

جاميت Gamete خلية تكاثرية أحادية المجموعة الكروموسومية.

جاميتية ذكرية antheridium, pl. antheridia محافظ جاميتية ذكرية متعددة الخلايا تتشكل عند قمة النبات الجاميتي الورقي في الحزازيات تنتج الكثير من الحيوانات المنوية.

جدار أولي primary wall في النباتات، طبقة جدارية تترسب خلال فترة زيادة حجم الخلية.

جدار خلوي cell wall الطبقة القاسية الخارجية لخلايا النباتات وبعض الطلائعيات ومعظم البكتيريا؛ وهذا الجدار يحيط بالغشاء الخلوي.

جدار خلوي ثانوي secondary cell wall في النباتات، الطبقة الداخلية من الجدار الخلوي. يمتلك هذا الجدار تركيبًا ليفيًا دقيقًا عالي التنظيم، وعادة ما يكون مُغطى باللجنين.

جذر root المحور الهابط من النبات عادةً. عادةً ما يوجد تحت التربة، ويعمل على تثبيت النبات، والنقطة التي تصل من خلالها المعادن والماء للنبات.

جذور حرة Free radical ذرة متأينة تمتلك واحدًا أو أكثر من الإلكترونات الحرة (غير المزدوجة)، تنتج نتيجة قذف الإلكترونات من الذرة بعد اكتسابها للطاقة من خلال إشعاعات أيونية. وتتفاعل هذه الجذور الحرة بشكل قوي مع جزيئات أخرى، مثل DNA، ما يسبب حدوث تلف وطفرات.

جذير radicle جزء من جنين النبات يتطور إلى جذر.

جرابيات marsupials ثدييات تلد صغارًا غير مكتملة النمو، في بعض الأحيان بعد ثمانية أيام من الإخصاب، وتبقى في الجِراب.

جرانا pl Grana أكياس مسطحة متصلة مع بعضها ومرتبة على شكل طبقات عمودية (الثايلاكويدات) وتشكل جزءًا من نظام أغشية الثايلاكويد في البلاستيدات الخضراء.

جرعة تعويضية dosage compensation ظاهرة يتم فيها الحفاظ على التعبير عن الجينات الموجودة على الكروموسومات الجنسية بشكل متساوٍ في الذكور والإناث، على الرغم من الاختلاف في عدد الكروموسومات الجنسية بينهما. في الثدييات، يعدّ تثبيط عمل واحد من كروموسومات X طريقة من طرق حدوث الجرعة التعويضية.

جزيء tRNA المستهل initiator tRNA جزيء tRNA يشارك في بدء عملية الترجمة. في بدائية النوى يحمل هذا الجزيء فورميل ميثيونين؛ في حقيقية النوى يحمل ميثيونين.

جزيئات كبيرة Macromolecules جزيئات حيوية كبيرة جدًا، تُشير بشكل خاص إلى البروتينات، والأحماض النووية، والسكريات المتعددة، والدن ومعقداتها.

جسم مضاد antibody مواد بروتينية تسمى البروتينات الكروية المناعية تكونها خلايا معينة من خلايا الدم البيضاء (lymphocytes) استجابة لدخول مواد غريبة (مولدات الضد) وتطلق في مجرى الدم.

جسم النبات الأولي primary plant body جزء من النبات يتكون من الأجزاء الغضة الطرية من الجذور والسيقان.

جسم النبات الثانوي secondary plant body جزء من النبات يتكون من الأنسجة الثانوية الناتجة عن المرستيم الجانبي؛ الجذع القديم، والتفرعات، وجذور النباتات الخشبية.

جسم أصفر corpus luteum تركيب يتطور مما تبقى من حويصلة جراف بعد تمزق الحوصلة في المبيض بعد الإباضة.

جسم بار Barr body تركيب غامق وكثيف يرى في الطور البيني لنواة خلية الفرد مع أكثر من كروموسوم جنسي X واحد. وهو كروموسوم جنسي X واحد مكثف وغير نشط. فقط كروموسوم جنسي X واحد يبقى نشطًا في كل خلية بعد مرحلة التطور الجنيني.

جسم صلب corpus callosum حزمة من الألياف العصبية تربط نصفي كرة المخ الأيمن والأيسر في الإنسان أو الرئيسيات الأخرى.

جسم قاعدي basal body عضيات سيتوبلازمية، أسطوانية الشكل جوفاء ذاتية الاستنساخ، يتألف جدارها من تسع مجموعات متوازية من الأنيبيبات الدقيقة، وتضم كل مجموعة ثلاثة أنيبيبات دقيقة متصلة معًا تبرز منها الأهداب أو الأسواط.

جسم قطبي polar body خلية صغيرة غير عاملة تنتُج خلال الانقسامات الاختزالية المؤدية إلى تكوين الجاميتات في الفقريات.

جسيم التضاعف Replisome تجمع جزيئي كبيرمن الأنزيمات الداخلة في عملية تضاعف DNA تشبه الرايبوسومات في عملية تكّون البروتينات.

جسيم التعرُّف إلى الإشارة Par- signal Recogntition (SRP) في حقيقيات النوى، معقد سيتوبلازمي من البروتينات الذي يتعرف، ويرتبط بتعاقب الإشارة لسلسلة عديد الببتيد، وبعد ذلك يرسو مع مستقبل يشكل قناة في غشاء الشبكة الإندوبلازمية. بهذه الطريقة، تتحرر سلسلة عديد الببتيد إلى داخل تجويف الشبكة الإندوبلازمية.

جسيم محطم البروتين proteasome عضي أسطواني خلوي كبير يعمل على تحطيم البروتينات المعلمة بـ..ubiquitin

جسيمات الوصل Spliceosoms في حقيقيات النوى، معقد يتكون من الكثير من RNA sn وبروتينات مشتركة أخرى مسؤولة عن إزالة التعاقبات المعترضة وربط التعاقبات المشفَّرة لتحويل المنسوخ الأولي pre (mRNA–) إلى RNA رسول ناضج.

جسيمات نووية Nucleosomes معقد يتألف من DNA مزدوج يلتف حول مركز من ثمانية من بروتينات الهستون.

جغرافية حيوية biogeography دراسة التوزيع الجغرافي للأنواع.

جلايفوسيت Glyphosate مبيد نباتي قوي قابل للتحلل، يعمل على تثبيط عمل أنزيم مخلق EPSP، وهو الأنزيم النباتي الذي يعمل على تصنيع الأحماض الأمينية العطرية؛ سمحت الهندسة الوراثية بعمل محاصيل زراعية مقاومة لهذا المبيد.

جلايكوجين Glycogen نشا حيواني، عديد التسكر متشعب معقد يستخدم بوصفه مخزنًا للغذاء في الحيوانات، والبكتيريا، والفطريات.

جلايوكسيسوم Glyoxysome عضيات خلوية صغيرة أو أجسام دقيقة تحتوي على أنزيمات ضرورية لتحويل الدهون إلى كربوهيدرات.

جلوكاجون Glucagon هرمون فقري يُفرز من البنكرياس، ويعمل على البدء بتحطيم جلايكوجين إلى وحدات جلوكوز.

جلوكوز Glucose سكر سداسي الكربون شائع ($C_6H_{12}O_6$)؛ أكثر السكريات أحادية التسكر شيوعًا عند معظم المخلوقات.

جليد cuticle طبقة لا خلوية من مادة شمعية أو دهنية (تتشكل من مادة كيوتين) على السطح الخارجي من خلايا البشرة.

جليسرول ثلاثي الأحماض الدهنية Triglyceride جزيء دهني مكون من جليسيرول وثلاثة أحماض دهنية.

جنس Genus مجموعة تصنيفية يقع ترتيبها تحت العائلة وفوق النوع.

جنين Embryo مرحلة تطورية متعددة الخلايا تتبع الانقسام الخلوي للز يجوت.

جهاز الأغشية الداخلي Endomembrane system جهاز من مكونات غشائية متصلة موجود في الخلايا حقيقية النوى.

الجهاز العصبي البدني somatic nervous system في الفقريات، عصبونات الجهاز العصبي الطرفي التي تسيطر على العضلات الهيكلية.

الجهاز العصبي الذاتي autonomic nervous system يتكون من أعصاب دماغية وشوكية تنقل السيالات العصبية إلى كل من العضلات الملساء والقلب وبعض الغدد، وتنقل بعض الإحساسات من أعضاء داخلية مختلفة إلى الجهاز العصبي المركزي. ويشمل الجهاز العصبي الودي والجهاز العصبي شبه (نظير) الودي.

جهاز ليمفي lymphatic system في الحيوانات، جهاز دوري مفتوح يقوم باسترجاع الماء الذي دخل بين الخلايا من الدم (الليمف)؛ يضم هذا الجهاز العُقد الليمفية، والطحال، والغدة الزعترية، واللوزتين.

جهاز المغزل spindle apparatus تجمع يعمل على فصل الكروموسومات خلال الانقسام الخلوي، يتكون من أنيبيبات دقيقة (ألياف مغزلية) ويتم تجميع هذا الجهاز في الطور التمهيدي عند خط استواء الخلية المنقسمة.

جهاز دهليزي vesibular apparatus جهاز حسي معقد في الأذن الداخلية يحافظ على توازن حركة الرأس وتوجيهه في الفقريات.

جهاز دوري (جهاز دوران الدم) circulatory system شبكة من الأوعية الدموية في الحيوانات السيلومية التي تحمل السوائل من مناطق مختلفة وإليها من الجسم.

جهاز دوري مغلق closed circulatory system جهاز الدوران الذي فيه الدم يفصل عن سوائل الجسم الأخرى.

جهاز دوري مفتوح open circulatory system جهاز دوران يتدفق فيه الدم في تجاويف، حيث يختلط بسوائل الجسم، ثم يعود ويدخل إلى الأوعية في موقع آخر.

جهاز عصبي مركزي (CNS) system جزء من الجهاز العصبي يحدث فيه معظم الربط؛ في الفقريات، يتكوّن من الدماغ والحبل الشوكي؛ في اللافقريات عادة يتألف من حبل واحد أو أكثر من النسيج العصبي، جنبًا إلى جنب مع ما يرتبط بها من العقد.

جهاز هضمي كامل complete digestive system جهاز هضمي له كل من الفم والشرج، ويسمح بتدفق المواد المهضومة في اتجاه واحد.

جهد العتبة threshold أقل مستوى من المؤثر نحتاج إليه لإزالة استقطاب العصبون.

جهد الفعل action potential مراحل إزالة الاستقطاب وعكسه وإعادته التي تحدث في منطقة ما في غشاء العصبون بسبب تعرضه لمؤثر، وينتج سيال عصبي أو جهد فعل عندما تصل إزالة الاستقطاب حدًّا معينًا (55- مليفولت في بعض محاور الثدييات) في المنطقة التي ينشأ فيها المحور من جسم العصبون.

جيب sinus تجويف أو فراغ في داخل النسيج أو العظم.

جيل البنوي الأول First Filial (F1) Generation نسل ناتج عن تزاوج بين أجيال أبوية؛ في تزاوج تجريبي، هذه الآباء عادة ما تمتلك طرزًا شكلية مختلفة.

جيل بنوي ثانٍ Second filial generation الأبناء الناتجون عن عملية تزاوج أفراد من الجيل البنوي الأول.

جين Gene الوحدة الأساسية في الوراثة، وهو تسلسل نيوكليوتيدات DNA على الكروموسوم ومسؤول عن تصنيع جزيئات البروتين، tRNA، أو mRNA، أو تنظيم عملية استنساخ DNA.

جين P53 gene P53: جين ينتج بروتين P35 الذي يراقب سلامة DNA وكماله، ويمنع انقسام الخلية في حالة حدوث ضرر في DNA. الكثير من أنواع السرطان مرتبطة بخلل غياب هذا الجين.

جين الحساسية لورم أرومة شبكية العين retinoblastoma susceptibility gene جين إذا حدثت به طفرة يجعل الأفراد عرضة لنوع نادر من سرطان شبكية العين، وأول الجينات الكابحة للورم تم اكتشافها.

جين الفجوة Gap gene واحد من جينات عدّة محددة في تطور جنين ذبابة الفاكهة، حيث يعمل على تقسيم الجنين إلى قطع كبيرة في عملية تسمى التقسيم. الجين الأحدب hunchback هو جين فجوة.

جين هوكس Hox gene مجموعة من الجينات تحتوي على الصندوق المتجانس تتحكم في الأحداث التطورية في الجنين (التكون الجيني). عادة ما تكون على شكل تجمعات. لقد تم حفظ هذه الجينات في الكثير من الحيوانات المختلفة متعددة الخلايا، في الفقريات واللافقريات، على الرغم من ذلك فإن أعداد التجمعات تتغير مع التطور، مؤديًا ذلك، إلى وجود أربعة تجمعات عند الفقريات.

جينات التقسيم segmentation gene أي واحد من الثلاث مجموعات من الجينات التي تتحكم في تطور خطة تقسيم الجسم في الحشرات، وتضم جينات الفجوة، وجينات قانون الأزواج وجينات قطبية القطعة.

جينات الذاتية homeotic gene واحد من سلسلة جينات «المفتاح الرئيس» التي تحدد شكل تطور القطع في الجنين.

جينات مرتبطة linked genes جينات قريبة من بعضها مكانيًّا ولهذا فهي تنعزل مع بعضها، حدوث إعادة الإتحاد بين الجينات المرتبطة يمكن استخدامه من أجل عمل خريطة لِبُعد الجينات عن بعضها في كروموسوم ما.

جينات مستقيمة Orthologues الجينات التي تعكس المحافظة على جين واحد موجود في السلف.

جينات الورم الأولية protooncogenes جينات خلوية طبيعية تستطيع أن تعمل بوصفها جينات ورم عند حصول طفرة فيها.

جينات قابلة للنقل (قافزة) Transposones سلسلة من DNA قابلة للنقل.

جينات قانون الأزواج pair rule gene جينات محددة في ذبابة الفاكهة تنظم عن طريق جينات الفجوة وتظهر على شكل شريط طويل من الخلايا، وتقسم الجنين عن طريق عملية تدعى التقسيم.

جينات قطبية القطعة segment polarity genes أي واحد من الجينات المحددة في تطور ذبابة الفاكهة. يتم التعبير عنها في شرائط تقسم الشرائط المتكونة عن طريق جينات قانون الأزواج في عملية التقسيم.

جينات كاذبة Pseudogene نسخة من جين لا يتم نسخها.

جينات متوازية Paraloguses جينان في مخلوق حي ما نشأ من تضاعف جين مفرد (واحد) في السلف.

جينات مثبطة للسرطان Tumor – suppressor genes جين يعمل عادةً على تثبيط انقسام الخلايا، الشكل المطفر منه يؤدي إلى فرط في انقسام الخلايا السرطانية، ولكن عندما تكون نسختا هذا الجين طافرتين.

جينات مسرطنة oncogenes شكل معتل (متغير، طافر) للجين المنظم للنمو يسبب إفراطًا في نمو الخلايا وانقسامها.

جيوب بلعومية pharyngeal pouches في الحبليات، المناطق الجنينية التي تعطي الشقوق البلعومية في الحبليات المائية والبحرية والفقريات، ولكن لا تطور ثقوبًا للخارج في فقريات اليابسة.

حاجز septum جدار بين تجويفين.

ح

حالات الصفة character state في التفرع التطوري، شكل واحد من شكلين أو أكثر من أشكال متميزة لصفة ما، مثل وجود أو عدم وجود صفة «الأسنان» في الفقريات الرهلية.

حمض البوليك Acid uric نواتج فضلات نيتروجينية غير ذائبة تنتج بشكل كبير من الزواحف، والطيور، والحشرات.

حمض الجاسمونيك jasmonic acid جزيء عضوي يعدّ جزءًا من الاستجابة لجرح ما عند النبات؛ يحفز هذا الحمض إنتاج مثبط هاضم البروتين.

حمض السلسليك Salicylic acid في النباتات، مركب عضوي يعطي إشارة بعيدة المدى عن أجل اكتساب مقاومة جهازية لدى النبات.

الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين (deoxyri-bonucleic acid (DNA المادة الوراثية في كل المخلوقات الحية؛ مكون من سلسلتين متكاملتين من النيوكليوتيدات تلتفان على شكل حلزون مزدوج.

حامل vector في البيولوجيا الجزيئية، البلازميد، الفيروسات البكتيرية أو الكروموسومات الصناعية التي تنقل جزيء DNA المهجن إلى داخل خلية العائل.

حامل suspensor في النباتات معراة ومغطاة البذور، ينمو الحامل من واحدة من أول خليتي الزيجوت، حامل مغطاة البذور يوفر مسارًا غذائيًا من أنسجة الأم إلى الجنين. في النباتات معراة البذور الحامل يضع الجنين بالقرب من مخازن الغذاء.

حاملة العجل trochophore نوع مميز من اليرقات حرة المعيشة توجد في مجموعة الحيوانات ذات العرف المدوّر.

حاملة الغش veliger المرحلة الثانية ليرقة الرخويات، وتحدث بعد حاملة العجل. وهناك، يمكن ملاحظة بدء ظهور القدم، والصدفة، والعباءة.

حبل ظهري notochord واحد من أهم الخصائص **nerve cord حبل عصبي** المميزة للحبليات، يمتد بشكل طولي فقط تحت السطح الظهري للجنين، وفي الفقريات يتمايز إلى الدماغ والنخاع الشوكي.

حث (1) Induction إنتاج أنزيمات استجابة لوجود المادة الحليلة، آلية يتم من خلالها ارتباط المادة المحفزة إلى المثبط ما يسمح باستنساخ المنطقة الفعّالة. هذا يشاهد في المناطق الفعالة الهادمة، ويسبب إنتاج أنزيمات تحطم المواد حال وجودها فقط. (2) في التطور الجنيني، هي العملية التي يكون بها تطور خلايا معينة متأثرًا بالتفاعل بخلايا أخرى مجاورة.

حجاب حاجز (1) diaphragm في الثدييات، طبقة من النسيج العضلي تفصل بين التجويفين؛ البطني والصدري وتؤدي دورًا في عملية التنفس (2) أداة لمنع الحمل تستخدم لإغلاق مدخل الرحم مؤقتًا، وبذلك تمنع دخول الحيوانات المنوية عند الجماع.

حجرة الكرش Rumen كمية الهواء المتبقية في الرئتين بعد إخراج أكبر كمية ممكنة من الهواء عند الزفير.

حجم باقٍ Residual volume في الحيوانات، سلسلة متعاقبة من انقباض حركة العضلات وانبساطها على طول الأنبوب مثل قناة البيض والقناة الهضمية تؤدي إلى دفع المواد مثل البيضة والغذاء خلال الأنبوب.

حذف deletion نوع من أنواع الطفرات يتم فيها فقد جزء من الكروموسوم، إذا تم فقد كمية كبيرة من المعلومات يمكن للحذف أن يكون قاتلاً.

حرارة Heat مقياس لحركة الجزئيات العشوائية، كلما زادت الحرارة، زادت الحركة. الحرارة هي أحد أشكال الطاقة الحركية.

حرارة التبخر Heat of vaporization كمية الحرارة اللازمة لتحويل جرام واحد من مادة ما من سائل إلى غاز.

حركة دودية peristalsis في الميتوكندريا، المحلول في الفراغ الداخلي المحاطة بالأعراف التي تحتوي على الأنزيمات وجزيئات أخرى تدخل في عملية التنفس التأكسدي. بشكل عام، ذلك الجزء من النسيج الذي ينغمر فيه العضو أو الزائدة.

حشوة matrix في النباتات الوعائية، طبقة أو أكثر من الخلايا تحيط بالأنسجة الوعائية للجذر، وعادةً تكون مرتبطة خارجيًّا بالبشرة الداخلية وداخليًّا باللحاء.

حشوة stroma في البلاستيدات الخضراء، مادة شبه سائلة تُحيط بالثايلاكويد، وتحتوي على أنزيمات تصنيع الجزيئات العضوية من ثاني أكسيد الكربون.

حفرة Fovea انخفاض صغير في مركز الشبكية يمتلك كثافة عالية من المخاريط، وهي المنطقة المسؤولة عن إعطاء رؤية واضحة للأجسام.

حقيقية التغذية Entrophic بحيرة تتوافر فيها المعادن والمواد العضوية بكثرة.

حلزون مزدوج double helix تركيب لجزيء DNA، يحدث به التفاف سلسلتين من النيوكلوتيدات المتكاملة حول محور حلزوني مشترك.

دورة كربس Krebs cycle اسم آخر لحلقة حامض الستريك؛ أيضًا تسمى دورة الحامض ثلاثي الكربوكسيل (TCA).

حلقة محيطة pericycle نتوء نسيجي صغير.

دورة كالفن Calvin cycle تفاعلات الظلام في البناء الضوئي C_3 وتسمى دورة كالفن- بينسون أيضا.

حلمة papilla مبلمر من النيوكليوتيدات. الأنوع الرئيسة هي: الحمض النووي الرايبوزي منقوص الأكسجين وثنائي السلاسل، النوع الآخر الحمض النووي الرايبوزي وعادةً ما

يكون من سلسلة واحدة.

حمض أميني amino acid وحدات البناء الرئيسة للبروتينات، تحتوي الأحماض الأمينيّة على مجموعة أمين ($-NH_2$) ومجموعة الكاربوكسيل الحمضيّة ($-COOH$) مرتبطتين بذرة كربون مركزية، إضافة إلى ذرة هيدروجين ومجموعة وظيفية جانبية يُشار إليها بـ R، إنَّ الصِّفات الفريدة لكلّ حمض أميني تُحدِّدها طبيعة المجموعة R.

حمض acid مادة تتفكك في الماء لتزيد تركيز أيونات الهيدروجين (وتخفض قيمة pH).

حمض نووي nucleic acid نوع من الأحماض النووية يتميز بوجود السكر الرايبوزي واليوراسيل، يضم .rRNA ،tRNA mRNA.

حمض نووي رايبوزي ribonucleic acid جزيئات دهنية تمتلك رابطتين ثنائيتين على الأقل بين ذرات الكربون المتعاقبة لسلسلة الأحماض الدهنية.

حمض نووي مكمل complementary DNA (cDNA) نسخة من DNA لـ mRNA المستنسخ، أنتج بفعل الأنزيم الناسخ العكسي.

حنجرة larynx صندوق الصوت؛ عضو غضروفي يقع بين البلعوم والقصبة الهوائية، وهو مسؤول عن إنتاج الصوت في الفقريات.

حويصلات تشابكية synaptic vesicle حويصلات من النواقل العصبية تُنتَج في النهايات العصبية. الحويصلات المملوءة تهاجر إلى الغشاء قبل التشابكي، تلتحم به، وتفرز المواد.

حوامل التفعيل Expression Vector نوع من الحوامل (بلازميدات أو فيروسات البكتيريا) يحتوي على التسلسل الضروري لدفع استنساخ DNA المدخل في نوع محدد من الخلايا وترجمته.

حوصلة ampulla كيس عضلي عند قاعدة كل قدم أنبوبي في بعض شوكيات الجلد، يحتوي سائلًا له دور في حركة على أرضية البحر.

حويصلات تشابكية synaptic vesicle الناقلة العصبية إلى الشق التشابكي.

حويصلات هوائية alveolus, pl. alveoli أكياس صغيرة تتجمع مثل قطوف العنب، يزوِّد هذا كلّ رئة بمساحة سطح كبير لتبادُل الغازات. تتكون كلّ حويصلة هوائية من نسيج طلائي يبلغ سمكه خليّة واحدة، ويُحاط بالشُّعيرات الدّمويّة التي تمتلك جدارًا سمكه طبقة واحدة من الخلايا أيضًا.

حويصلة vesicle كيس غشائي داخل خلوي صغير يتم عن طريقه نقل مواد متنوعة وتخزينها.

الحيوانات المنوية الناضجة spermatoza الجاميت الذكري، وعادةً أصغر من الجاميت الأنثوي وعادةً ما يكون متحركًا.

حيوانات حلزونية spiralian عضو من مجموعة من الحيوانات اللافقرية تمتلك تفلجًا حلزونيًّا. من الأمثلة عليها الحلزونيات، والحلقيات، والديدان المفلطحة.

حيوانات خارجية الحرارة Ectotherms حيوانات مثل الزواحف، والأسماك، والبرمائيات، تقوم بتنظيم درجة حرارة أجسامها عن طريق سلوكها أو بما يحيط بها.

حيوانات ليلية nocturnal حيوانات نشطة خاصة في الليل.

خ

خاصية أسموزية osmosis انتشار الماء عبر غشاء شبه منفذ (غشاء يسمح بمرر الماء ويمنع مرور المذاب)، بغياب الاختلافات في الضغط أو الحجم. محصلة حركة الماء تكون من الجانب الأقل تركيزًا بالمذاب إلى الجانب الأعلى تركيزًا به.

خرائط وراثية Genetic map خرائط مجردة تحدد المواقع النسبية للجينات على الكروموسومات بناءً على تكرار إعادة الاتحاد.

خريطة طبيعية Physical map خريطة لتسلسل DNA لكروموسوم معين أو جينوم (محتوى جيني) اعتمادًا على معالم محددة في DNA.

خشب Xylem في النباتات الوعائية، نسيج متخصص، يتكون بشكل رئيس من خلايا ناقلة متطاولة ذات جدار سميك، تقوم بنقل الماء والمذاب خلال جسم النبات.

خشب أولي primary phloem خلايا تشترك في توصيل الغذاء في النباتات.

خصائص بارزة Emergent Properties تنتج خصاص جديدة من الطريقة التي تتفاعل بها المكونات، والغالب أننا لا نستطيع التنبؤ بهذه الخصائص بمجرد معرفة المكونات المفردة.

خصية testis في الثدييات، العضو المُنتج للحيوانات المنوية.

خطافات chelicerae, pl. chelicera الزوج الأول من الزوائد الأمامية في السلطعون والعناكب المائية، وطائفة العنكبوتيات، والخطافيات مجموعة من المفصليات. والخطافات غالبًا ما تأخذ شكل كماشة أو أنياب.

خلايا T المساعدة helper T cell صنف من خلايا الدم البيضاء يساعد على البدء في الاستجابة المناعية الخلوية والاستجابة المناعية السائلة وإنتاج الأجسام المضادة، تُعدّ هذه الخلايا هدفًا لفيروس الإيدز (نقص المناعة المكتسبة) (HIV).

خلايا البشرة Epidermal cells في النبات، الخلايا التي تشكل مجتمعة الطبقة الخارجية للجسم الأولي للنبات، وتضم أنواعًا من الخلايا المتخصصة مثل الشعيرات والخلايا الحارسة.

خلايا البلعمة Phagocyte خلية تبتلع المخلوقات الحية الدقيقة وجزيئات أخرى.

الخلايا الجنينية الجذعية (ES) Embryonic stem cell (Cell) يتم اشتقاقها من الجنين المبكر، حيث تستطيع هذه الخلايا التطور إلى أنسجة كاملة النضج مختلفة، ويمكن أن تعطي مخلوقًا كامل النضج عند حقنها في البلاستيولة.

خلايا الخط الجرثومي Germ-Line cells خلال تطور الزيجوت، هي الخلايا التي تتنحى جانبًا بعيدًا عن الخلايا الجسمية، التي ستخضع في النهاية للانقسام المنصف (الاختزالي) لإنتاج الجاميتات.

خلايا الدبق العصبي neuroglia خلايا عصبية غير موصلة للسيالات العصبية ومرتبطة بشكل أساسي مع الخلايا العصبية (العصبونات) وتعمل على تزويدها بالدعم الغذائي.

خلايا الدم البيضاء leukocyte خلايا دم بيضاء؛ خلايا دم لا تحمل الهيموجلوبين، تضم هذه الخلايا الخلايا الأكولة الكبيرة والخلايا الليمفية المنتجة للأجسام المضادة.

خلايا الدم الحمراء Erythrocyte خلايا الدم الحمراء الحاملة للهيموجلوبين.

خلايا العظم osteocyte خلايا بانية العظم ناضجة.

خلايا ليمفية Lymphocyte نوع من خلايا الدم البيضاء. هذه الخلايا مسؤولة عن الاستجابة المناعية؛ هنالك نوعان من الخلايا الليمفية: البائية والتائية.

خلايا بانية العظم osteoblast الخلايا المكوّنة (الصانعة) للعظم.

خلايا بائية B cell نوع من الخلايا الليمفية عندما تواجه مع مولد ضد مناسب تكون قادرة على إفراز أجسام مضادة خاصة.

خلايا برنشيمية parenchyma cells أشهر أنواع الخلايا النباتية، تتميز باحتوائها على فجوات كبيرة، وجدران رقيقة، وأنوية وظيفية.

خلايا تائية Tcell نوع من الخلايا الليمفية التي تدخل في الاستجابة الخلوية المناعية والتفاعلات مع الخلايا البائية؛ يعود الحرف (T) في هذه الخلايا إلى حقيقة أنه يتم إنتاجها في الغدة الزعترية (Thymus).

خلايا تائية سامة cytotoxic T cell نوع خاص من خلايا تائية يتم تنشيطها خلال الاستجابة المناعية الخلوية التي تميز الخلايا المصابة وتحطمها.

خلايا ثنائية القطب bipolar cells نوع من الخلايا العصبية المتخصصة تربط المخاريط مع الخلايا العقدية.

خلايا جذعية stem cells خلايا غير متمايزة نسبيًّا في الأنسجة الحيوانية التي لديها القدرة على الانقسام لإنتاج خلايا نسيجية متمايزة.

خلايا جذعية مولدة لخلايا الدم hemopoietic stem cell خلايا في نخاع العظم حيث يتم تكوين خلايا الدم.

خلايا جذعية نوعية النسيج tissue – specific stem cells خلايا جذعية قادرة على التطور إلى خلايا نسيجية معينة مثل العضلات أو الخلايا الطلائية، وهذه الخلايا تبقى موجودة حتى في مرحلة البلوغ.

خلايا جسمية somatic cell أي خلية من خلايا المخلوقات متعددة الخلايا باستثناء الخلايا التي تُوجه لإعطاء الجاميتات (خلايا الخط الجرثومي).

خلايا حقيقية النوى Eukaryote خلايا تتميز بوجود عضيات محاطة بأغشية، أكثرها وضوحًا النواة، وتمتلك أيضًا كروموسومات ذات DNA مرتبط مع البروتينات، المخلوقات مكونة من مثل هذه الخلايا.

خلايا دهنية adipose cells توجد في النسيج الضام المفكك، يمكن لهذه الخلايا أن تجتمع في مجموعات كبيرة مشكلة نسيجًا دهنيًّا Adipose tissue تحتوي كل خلية دهنية قطيرة من ثلاثيات الجليسرول ضمن حويصلة خازنة.

خلايا سكلارنشيمية sclerenchyma cells خلايا متينة وسميكة الجدار تقوي الأنسجة النباتية.

خلايا شوان Schwann cells خلايا داعمة ترتبط بالمحاور العصبية الخارجة من الجهاز العصبي المركزي، وتشترك مع باقي الخلايا المكونة للجهاز العصبي الطرفي.

خلايا صخرية sclereid في النباتات الوعائية، خلايا سكلارنشيمية تمتلك جدارًا ثانويًّا سميكًا مغطى باللجنين وبه الكثير من الفتحات (النقر)؛ وغير متطاولة.

خلايا قاتلة طبيعية Natural Killer cells الخلايا التي لا تقتل الميكروبات الهجومية، ولكن تقتل الخلايا التي تصاب بها.

خلايا قاعدية basophil نوع من خلايا الدم البيضاء تحتوي على حبيبات تتمزق، وتفرز مواد كيميائية تعزز استجابة التهابية، مهمة في إحداث استجابات أعراض الحساسية.

خلايا متعادلة neutrophil أكثر أنواع خلايا الدم البيضاء المحببة وفرةً، قادرة على ابتلاع المخلوقات الحية الدقيقة والجزيئات الغريبة الأخرى، تشكل خلايا الدم البيضاء المحببة ما نسبته 50–70% من العدد الكلي لخلايا الدم البيضاء.

خلايا مطوقة choanocyte خلايا متخصصة ذات أسواط. وجدت في الإسفنجيات تبطن تجويف الجسم الداخلي.

خلايا منوية غير ناضجة spermatid في الحيوانات، واحدة من الخلايا أحادية العدد الكروموسومي الأربع الناتجة عن الانقسام المنصف للخلايا المنوية، كل خلية منوية غير ناضجة تتمايز إلى خلية منوية.

خلايا وحيدة النواة momocyte نوع من خلايا الدم البيضاء، حيث تصبح خلايا بلعمية (أكولة) عندما تتحرك إلى الأنسجة.

خلايا+cell CD4 CD4 نوع الخلايا التائية الليمفاوية المساعدة التي تتميز بوجود بروتين CD4 على سطحها. وتستهدف هذه الأنواع من الخلايا من قبل فيروس نقص المناعة HIV المسبب لمرض الإيدز.

خلية حارسة Growth factor في النبات، زوج من خلايا شبيهة بالسجق في شكلها على طرفي الثغر، تعمل الخلايا الحارسة على فتح الثغور وإغلاقها.

خلية لهبية Flame Cell خلايا متخصصة موجودة في شبكة من الأنيبيبات داخل الديدان المفلطحة تساعد على تنظيم الماء والتخلص من بعض الفضلات.

خلية بلازمية Plasma cell خلايا منتجة للأجسام المضادة تنتج عن تضاعف الخلايا البائية الليمفية وتمايزها التي تتفاعل مع مولد الضد.

خلية ذات درجة الخلط العالية Hfr Cell خلية بكتيرية من نوع E coli تمتلك تكرارًا عاليًا من إعادة الاتحاد (الخلط) بسبب اندماج بلازميد الخصوبة F في المحتوى الجيني لها.

خلية غربالية Sieve cell في لحاء النباتات الوعائية، عناصر

طويلة دقيقة ذات مناطق غربالية غير متخصصة تقريبًا وذات نهايات مستدقة تمتلك جدرانًا ليس بها صفائح غربالية.

خلية مرافقة companion cell خلية برنشيمية متخصصة مرتبطة بالأنابيب الغربالية في لحاء النبات.

خملات دقيقة microvilli نتوءات سيتوبلازمية من الخلايا الطلائية تزيد من مساحة سطح الأمعاء الدقيقة.

خملة villus بروز صغير يشبه الإصبع يبطن الأمعاء الدقيقة، ويعمل على زيادة مساحة السطح الامتصاصي للأمعاء.

خنثاة hermaphroditism ظرف يمتلك فيه المخلوق أعضاء تذكير وتأنيث فعالة.

خياشيم (1) Grill في الحيوانات المائية، عضو تنفس، امتدادات ذات جدران رقيقة من الأسطح الخارجية للجسم، تحتوي على كمية كبيرة من الشعيرات الدموية، وتمتلك مساحة سطح كبيرة. (2) في الفطريات البازيدية، هي صفائح على السطح السفلي للقلنسوة.

خياشيم مشطية ctenidia خياشيم التنفس في الرخويات؛ تتكون من نظام من الزوائد الخيطية للعباءة الغنية بالأوعية الدموية.

خيوط رفيعة actin ألياف طويلة قطرها 7 نانومترات تقريبًا تتكوّن بشكل أساسي من العديد من جزيئات البروتين الكروي مرتبة في خيطين ملتفين حول بعضهما بشكل لولبي مزدوج، وهي تشكل العضلات في الفقريات. وتمتلك خاصيّة قطبية؛ لأنّها تملك نهاية (+) موجبة، ونهاية (−) سالبة. تُشير هذه إلى اتجاه نمو الخيوط.

خيوط فطرية hypha خيوط فطر معين؛ تشكل مع بعضها ما يعرف بالغزل الفطري.

خيوط شعرية Pili امتدادات من الخلية البكتيرية تُمكّنها من نقل المادة الوراثية من أحد الأفراد إلى الآخر أو مساعدة الخلية على الالتصاق بالمواد المحيطة بها.

خيوط عضلية myofilament خيوط دقيقة انقباضية تتكون بشكل كبير من الأكتين والميوسين، في داخل العضلات.

د

دَين (نقص) الأكسجين Oxygen debt كمية الأكسجين اللازمة لتحويل حمض اللبن المتكون في العضلات خلال التمارين إلى جلوكوز.

داخلية الحرارة Endotherm حيوانات تستطيع الحفاظ على ثبات درجة حرارة أجسامها.

دبال humus مادة عضوية متحللة جزئيًّا وموجودة في الطبقة العليا من التربة.

درع حرشفي scuttelum تحوّر للفلقة الواحدة في بذور الحبوب.

درع ظهري أو درقة (الدّبل) carapace درع يشبه الصفيحة يغطي رأس القشريات عشرية القدم وصدرها؛ والجزء الظهري من صدفة معظم السلاحف.

دسموسوم (الأجسام الرابطة) desmosome نوع من الروابط المعلقة يقوم بربط الخلايا المجاورة مع بعضها عن طريق ربط الهيكل الخلوي مع بروتين كادهيرين.

دقيق RNA: micro – RNA صنف من أصناف RNA قصير جدًا تم اكتشافه حديثًا. انظر أيضًا RNAs الصغير الدقيق.

دماغ طرفي telencephalon يقع في مقدمة الدماغ، ويضم المخ والأجزاء المرتبطة به.

دمغة وراثية Genomic importing وصف لوضع مخالف للوراثة المندلية في بعض الذبيبات، حيث يظهر الطراز الشكلي الذي يسببه أليل عندما يكون الأليل قادمًا من أحد الآباء، وليس الآخر.

دهن Fat جزيء مكون من جليسرول وثلاثة أحماض دهنية.

دهون lipid مجموعة من الجزيئات العضوية غير المستقطبة الكارهة للماء وغير الذائبة فيه (الماء مستقطب) إلاّ أنها تذوب في المذيبات العضوية غير المستقطبة؛ تضم هذه المجموعة الدهون، والزيوت، والشموع، والستيرويدات، والدهون المفسفرة، والكاروتينات.

دهون سكرية Glycolipid جزيئات دهنية تم تعديلها بإضافة سلسلة قصيرة من السكر (عديد التسكر) إليها في داخل أجسام جولجي.

دهون غير مشبعة unsaturated جزيئات دهنية فيها واحد أو أكثر من الأحماض الدهنية المحتوية على عدد أقل من الحد الأعلى من ذرات الهيدروجين المرتبط بالكربون.

دهون مشبعة Saturated fat دهون تمتلك أحموضًا دهنية تمتلك بها جميع ذرات الكربون الداخلية أكبر عدد ممكن من ذرات الهيدروجين.

دورة تحليلية lytic cycle دورة يقوم بها الفيروس حيث يتم بها قتل (تحلل) الخلية العائلة عن طريق الفيروس بعد أن يقوم بالتضاعف من أجل إطلاق الجسيمات الفيروسية.

دورة الخلية cell cycle إعادة تسلسل مراحل النمو والانقسام التي تمر خلالها خلايا كل جيل.

الدورة المعتدلة للفيروس البكتيري lysogenic cycle دورة يقوم بها الفيروس، حيث يقوم بوضع DNA الخاص به في كروموسوم العائل، ويتضاعف DNA هذا عند تكاثر العائل. يسبب هذا انتقالاً عموديًّا للعدوى بدلًا من أفقي.

ديناميكيا حرارية Thermodynamics علم دراسة تحولات الطاقة؛ يتم استخدام الحرارة بوصفها أفضل شكل مريح لقياس الطاقة.

ذ

ذات الأسواط العملاقة zooxantheleeae أوليات قادرة على عمل التمثيل الضوئي المنفعي في أنسجة الشعب المرجانية.

ذاتية التَّغذية autotroph تحصل النّباتات والطّحالب وبعض البكتيريا على الطّاقة من الشّمس من خلال البناء الضوئي لبناء جميع الجزيئات العضوية المعقدة من جزيئات غير عضوية بسيطة محوّلة الطّاقة الإشعاعية إلى طاقة كيميائية. هذه المخلوقات، إضافة إلى مخلوقات أُخرى قليلة، تستخدم الطّاقة الكيميائية الناتجة عن الأكسدة للعناصر والجزيئات الكيميائية لبناء احتياجاتها من الجزيئات العضوية.

ذاتية الحرارة homeotherm مخلوقات، مثل الطيور أو الثدييات، تستطيع الحفاظ على درجة حرارة أجسامها ثابتة بغض النظر عن درجة حرارة البيئة المحيطة بها.

ذرة atom أصغر وحدة في العنصر تحمل خصائص العنصر، وهي اللبنة الأساسية للمادة.

ذوات الفلقتين Dicot صنف من النباتات الزهرية يتميز بامتلاكه فلقتين، وأوراق شبكية العروق، والزهرة عادة ما تتكون من أربعة أجزاء أو خمسة.

ذيل 3` عديد الأدنين poly – A tail 3` في حقيقيات النوى؛ تسلسل من 1- 200 جزيء أدنين يضاف إلى الطرف 3` من RNA الرسول. يشجع هذا التركيب ثبات RNA الرسول لحمايته من التفكك.

ر

رابط ligand جزيء ترميزي (ذو إشارة) يرتبط بمستقبلات محددة، وينشئ عملية تحويل الإشارة في الخلايا.

رابط DNA ligase DNA أنزيم مسؤول عن تكوين روابط ثنائية الإستر الفوسفاتي بين النيوكليوتيدات المتجاورة في DNA.

رابطة هيدروجينية hydrogen bond ارتباط ضعيف يتكون عن طريق الهيدروجين في الروابط التساهمية القطبية. الشحنة الموجبة الجزئية للهيدروجين تنجذب إلى الشحنة السالبة الجزئية في الروابط التساهمية القطبية. في الماء، تتكون الرابطة الهيدروجينية بين ذرة الأكسجين لجزيء ماء وذرة هيدروجين لجزيء ماء آخر.

رابطة ببتيدية peptide bond نوع من الروابط يربط الأحماض الأمينية معاً في البروتين عن طريق تفاعل إزالة الماء.

رابطة تساهمية مستقطبة polar covalent bond رابطة تساهمية يكون فيها التشارك بالإلكترونات غير متساوٍ بسبب الاختلاف الكبير في السالبية الكهربائية للذرات، تمتلك إحدى الذرات شحنة سالبة جزئية والأخرى تمتلك شحنة موجبة جزئية، ومع ذلك فإن الجزيء متعادل كهربائيًّا.

رابطة فوسفات ثنائية الإستر Phosphodiester bond رابطة بين جزيئي سكر في الحمض النووي، ترتبط مجموعة الفوسفات بالسكر الخماسي بزوج من الروابط الإسترية.

راشح الكبة Glomeruler Filtrate السائل الذي يمر خارجًا من الشعيرات الدموية في الكبة.

رايبوسومات Ribosomes آلة جزيئية تعمل على تصنيع البروتين، تعدّ أكبر عملية تجميع معقدة للبروتين في الخلية، وتحتوي على ثلاثة أنواع مختلفة من جزيئات RNA الرايبوسومي.

رايبولوز 1و5 ثنائي الفوسفات 1,5-ribulose bisphos-phate (RuBp) في حلقة كالفن، السكر خماسي الكربون الذي يرتبط به ثاني أكسيد الكربون لينجزا معًا تثبيت الكربون. هذا التفاعل يحفز عن طريق أنزيم روبيسكو.

رايزوم rhizome في النباتات الوعائية، سيقان أفقية تمتد تحت سطح الأرض، يمكن أن يزيد حجمها من أجل التخزين أو أن تقوم بعمل التكاثر الخضري.

رأس Scolex عضو الإمساك في مقدمة الدودة الشريطية.

رتبة order أحد التصنيفات (الفئات) التي تقع فوق مستوى تصنيف العائلة وتحت تصنيف الطائفة.

رحالة planula يرقة مهدبة حرة السباحة تنتج عن طريق ميدوزا الحيوانات اللاسعة.

رحم uterus في الثدييات، الحجرة التي تحوي الجنين الخاضع لعمليات التطور، ويتغذى منها خلال فترة الحمل.

رسول RNA (mRNA RNA) messenger RNA منسوخ من جينات بنائية، جزيئات RNA تكون مكملة لجزء من شريط من أشرطة DNA، يُترجم RNA الرسول إلى بروتين من قبل الرايبوسومات.

رسول ثانٍ secondary messenger جزيئات صغيرة أو أيونات تنقل الرسائل من المستقبل الموجود على سطح الخلية الهدف إلى السيتوبلازم.

رقائق حيوية biofilm مجتمع بكتيري معقد يضم أنواعًا مختلفة من البكتيريا، تكوّن طبقات رقيقة على سطوح الأسنان هي الرقائق الحيوية.

ركود stasis فترات زمنية طويلة لا يحدث فيها إلاّ القليل أو لا شيء إطلاقًا من التغيرات التطورية.

رمّيّات saprobes مخلوقات غير ذاتية التغذية تعمل على هضم غذائها خارج جسمها (هضم خارجي) (من الأمثلة، معظم الفطريات).

رميحات stylets عضو ثاقب، عادةً يشكل جزءًا من الفم، في بعض أنواع اللافقريات.

رهليات amniotes مجموعة تضم ثلاث طوائف من الفقريات هي الزواحف الحديثة، إضافة إلى الطيور والثدييات التي تضع بيوضًا محاطة بأربعة أغشية هي: كيس المح، والرهل، والممبار، والكوريون (غشاء المشيمة).

رؤية تجسيمية stercoscopic vision القدرة على إدراك صورة واحدة ثلاثية الأبعاد من صور متزامنة، ولكنها منشقة، ذات بعدين فقط تصل إلى الدماغ من كل عين.

ريبوزايم Ribozyme جزيء RNA يسلك سلوك الأنزيم، بعض الأحيان يُسرع عملية تكون RNA وتجمعُه؛ tRNA يعمل أيضًا كرايبوزايم في عملية بلمرة الأحماض الأمينية من أجل تكوين بروتين.

ريديا redia يرقة ثانوية غير مهدبة تنتج في الكيس البوغي لدودة الكبد الشرقية.

ريشة plumule السويق فوق فلقة النبات مع ورقتيه اليافعتين الاثنتين.

رئات الكتبية book lung في الكثير من العناكب، جهاز تنفس فريد يتألف من سلسلة صفائح تشبه أوراق النبات تقع ضمن حجرة، حيث يحصل التبادل الغازي.

ز

زرع نسخي replica plating طريقة نقل مستعمرات بكتيريا من طبق إلى آخر لعمل نسخة من الطبق الأصلي؛ تؤخذ طبعة من المستعمرات النامية في طبق بتري على سطح مخملي، ومن ثم يتم طبع أو نقل هذه الطبعة على أطباق تحتوي أوساطًا غذائية مختلفة؛ بهذه الطريقة أي بكتيريا تحمل طفرة مميزة يمكن عزلها وتعريفها.

زق asci, pl. ascus تركيب مجهري يميز الفطريات الزقية يسمى أيضًا الكيس، يحدث اندماج الأنوية أحادية الكروموسومات، حيث يتم إنتاج نواة ثنائية الكروموسومات (زايجوت) تنقسم انقسامًا منصفًا، وعند النضج يحتوي الكيس سبورات زقية.

زمر الدم ABO ABO blood group الطرز الظاهرية الموجودة على سطح خلايا الدم الحمراء.

زوائد شجرية dendrite زوائد متشعبة تخرج من أجسام الخلايا العصبية؛ تعمل على توصيل السيالات العصبية في اتجاه جسم الخلية.

زوائد فردية الشعب uniramous ذات شعب مفردة، تصف الزوائد في الحشرات.

زيادة الاستقطاب hyperpolarization فرق جهد الراحة يكون هنا أكثر سالبية مقارنة بالوضع الطبيعي.

زيجوت zygote خلية ثنائية العدد الكروموسومي (2ن) تنتج من اندماج الجاميت الأنثوي والذكري (الإخصاب).

س

سابحات swimmerets زوائد توجد في جراد البحر والجمبري تكون على شكل أسطر على طول السطح البطني للبطن، وتُستخدم للتكاثر والسباحة.

ساق shoot في النباتات الوعائية، الجزء الواقع فوق سطح الأرض مثل الساق والأوراق.

ساق المستقبل acceptor stem هو النهاية ′3 لجزيء tRNA وينتهي دائمًا بتعاقب ′3 - ′5 - CCA. يستطيع الحمض الأميني أنْ يرتبط بهذه النهاية.

سالبية كهربائية electronegativity خاصية لأنوية الذرات تشير إلى حب (عشق) الأنوية لإلكترونات المدار الأخير، النواة التي تمتلك سالبية كهربائية كبيرة لديها قدرة أكبر على سحب الإلكترونات مقارنة مع النواة التي لديها سالبية كهربائية قليلة.

سايكلين (محدث الدورة) cyclin-dependent Cyclin أي عدد من البروتينات تمّ إنتاجها بالتزامن مع دورة الخلية، واتحد مع بروتين مفسفر معين، الأنزيم المفسفر كاينيز cdk في نقاط محددة خلال انقسام الخلية.

سائد dominant أليل يتم التعبير عنه عند وجوده في ظروف متماثل الجينات أو غير متماثل الجينات.

سائل خلوي cytosol الجزء شبه السائل من السيتوبلازم الذي يحتوي على جزيئات عضوية ذائبة وأيونات.

سائل منوي Semen في الثدييات والزواحف، السائل الحامل للحيوانات المنوية الذي يُقذف من العضو الذكري (القضيب) في أثناء عملية تهيج الذكر.

سبكترين spectrin سقالة من البروتينات تربط بروتينات الغشاء البلازمي مع خيوط الأكتين الدقيقة في سيتوبلازم خلايا الدم الحمراء، لإعطائها الشكل ثنائي التقعر المميز لها.

سبلات sepal عضو مكوّن للدوائر الخارجية للزهرة في النباتات الزهرية.

سدادة محية yolk plug سدادة تحدث في الثقب البلاستيولي للبرمائيات خلال عملية تكوين المعي البدائي خلال تطور الجنين.

سطح فمي oral surface السطح الذي يقع فيه الفم؛ يُستخدم بوصفه مرجعًا مرجع عند وصف التركيب الجسمي لشوكيات الجلد بسبب التماثل الشعاعي الذي تملكه هذه المخلوقات عند نضجها.

سعة حرارية specific heat كمية الحرارة الواجب اكتسابها أو فقدانها من أجل تغير درجة حرارة جرام واحد من المادة درجة مئوية واحدة.

سلاسل الأنزيم المُفسفر kinase cascade سلسلة من مفسفرات البروتين التي يفسفر بعضها الآخر بالتعاقب؛ يعمل مسلسل المفسفر على تضخيم الإشارة الرئيسة في أثناء عملية تحويل الإشارة.

سلالات مقاومة لكثير من العقارات Multi-drug – Resistant (MDR) Strain أي سلالة بكترية أصبحت مقاومة لأكثر من نوع واحد من المضادات الحيوية على سبيل المثال، بكتيريا السبحيات المقاومة لكثير من المضادات مسؤولة عن كثير من العدوى المميتة.

سلالة نقية breeding – true تزاوج سلالة أو مجموعة متنوعة من المخلوقات الحية يعطي نسلًا ثابتًا ومتناسقًا ينتقل من جيل إلى آخر، بسبب تماثل الطراز الجيني الذي يحدد صفات النسل.

سلاميات internode في النباتات، منطقة الساق الواقعة بين ارتباطين للورقتين بشكل متتابع.

سلسلة نقل الإلكترونات Electron transport Chain مرور الإلكترونات الغنية بالطاقة، عبر سلسلة من نواقل الإلكترونات المرتبطة بالغشاء، إلى مضخات البروتونات المغمورة في أغشية الميتوكندريا أو البلاستيدات الخضراء. انظر الأسموزية الكيميائية.

سلوك غذائي Foraging behavior تعبير شامل لكثير من السلوكات المعقدة التي تؤثر فيما يأكله الحيوان وكيفية حصوله على الغذاء.

سليلوز cellulose المكون الرئيس للجدار الخلوي لجميع النباتات الخضراء، وبعض الطحالب، وعدد قليل آخر من المخلوقات الحية؛ معقد كربوهيدرات غير قابل للذوبان تشكل من ليفيات دقيقة من جزيئات الجلوكوز.

سنترومير centromere نقطة تضيق مرئية على الكروموسوم، تحتوي على تعاقبات معينة متكررة من DNA، وترتبط مع بروتينات محددة. تؤلف هذه البروتينات تركيبًا قرصي الشكل يُسمى نقطة الاتصال Kinetochore. يعمل هذا القرص بوصفه موقع ارتباط للأنيبيبات الدقيقة خلال انقسام الخلية.

سنتريول (مريكز) centriole عضيات سيتوبلازمية تقع خارج الغشاء النووي، تشبه في تركيبها الجسم المركزي؛ وجدت في الخلايا الحيوانية وفي الخلايا السوطية لمجموعات أخرى، تنقسم وتنظم الألياف المغزلية خلال الانقسام المتساوي والانقسام المنصف (الاختزالي).

سوبرين Suberin في النباتات، سلسلة من الأحماض الدهنية التي تشكل حاجزًا غير نفّاذ توجد على شريط كاسبر في خلايا البشرة الداخلية في الجذر.

سوط Flagellum تركيب خيطي طويل يبرز من سطح الخلية، ويُستخدم في الحركة.

سويق فوق الفلقات Epicotyl المنطقة الواقعة مباشرة فوق مكان اتصال الفلقات.

سيادة غير تامة incomplete dominance وصف لحالة يكون بها أليلان أو أكثر لجين معين لا يبدون السيادة بشكل واضح. يكون الطراز الشكلي للفرد غير متماثل الجينات وسطيًّا بين متماثلي الجينات. فمثلًا، عند تزاوج أزهار الساعة الرابعة اليابانية الحمراء والبيضاء تظهر أفراد F1 جميعها باللون الزهري (الوردي)، وتكون غير متماثلة الجينات.

سيادة مشتركة codominance تصف حالة التي فيها جينان متقابلان أو أكثر من الجينات التي تظهر السيادة لجينات أخرى لكن لا يوجد سيادة لأحدهما على الآخر. الطراز الشكلي (المظهري) للجاميتات غير المتماثلة لأليلات السيادة المشتركة تظهر خصائص جميع الجاميتات المتماثلة الجينات المتشكلة، على سبيل المثال زمر الدم في الإنسان، تزاوج بين فرد AA وفرد BB ينتج أفراد AB.

سيتوبلازم cytoplasm مادة ضمن الخلية تشمل النواة والبروتوبلازم.

سيتوكروم cytochrome أحد البروتينات المعقدة التي تحتوي على حديد تعمل بوصفها نواقل في سلسلة نقل الإلكترون في البناء الضوئي وفي عملية التنفس الخلوي.

سيستمين Systemin في النباتات، ببتيد يتكون من 18 حمضًا أمينيًّا يتم إنتاجها من قبل الأوراق التالفة أو المصابة ما يؤدي إلى الاستجابة للجرح.

سيفون الزفير Exhalant siphon في ثنائية المصراع، يخرج الماء إلى خارج الجسم من خلال هذا السيفون.

سيفون الشهيق inhalant siphon في ثنائية المصراع، يدخل الماء إلى داخل الجسم من خلال هذا السيفون.

سيقان هوائية stolon سيقان تنمو أفقيًّا على سطح التربة ومن الممكن أن تعطي جذورًا عرضية مثل السيقان الجارية للفراولة.

سيلوم خطمي rhynchocoel تجويف سيلومي حقيقي في الديدان الشريطية يعمل مصدرًا للقوة الهيدروليكية التي تزيد من طول الخطم.

ش

شاملة القدرة Totipotent خلايا تمتلك القدرة الجينية الكاملة للمخلوق الحي.

شبق Estrus الفترة التي تتقبل الأنثى خلالها الذكر وعادة ما تكون مرتبطة بالإباضة.

شبكة إندوبلازمية Endoplasmic reticulum جهاز غشائي داخلي يُشكل شبكة من القنوات والوصلات البينية بين الكثير من العضيات في سيتوبلازم الخلايا حقيقية النوى.

شبكة عضلية بلازمية sarcoplasmic reticulum الشبكة الإندوبلازمية في الخلية العضلية. تركيب من الأغشية يشبه الكم يحيط بكل خيط عضلي.

شبكية retina الطبقة الحساسة للضوء في عين الفقريات، تحوي طبقات عدة من الخلايا العصبية ومستقبلات الضوء (العصي والمخاريط)، تستقبل الصورة المتكونة عن طريق العدسة وتنقلها إلى الدماغ عن طريق العصب البصري.

شبيهة الإنسان anthropoid مجموعة من الرأسيات الأولية، وتضم القردة، والسعادين، والإنسان، وهي غالبًا نشطة في أثناء النهار، وتتغذى بشكل رئيس على الفواكه والأوراق. وقد صاحب الانتخاب الطبيعي تغيرات متعددة في تصميم العينين، بما في ذلك رؤية الألوان التي تُعدّ تكيفًا للتغذية النهارية. و يسيطر دماغ كبير الحجم على الحواس المتطورة، ويشكل صندوق الدماغ جزءًا كبيرًا من الرأس. وتبدي تفاعلًا اجتماعيًا معقدًا. وهي تميل إلى العناية بصغارها فترات طويلة، ما يسمح بفترة طفولة طويلة مهمة لتطور الدماغ وللتعلم.

شجرة النسب Pedigree مخطط يمثل التزاوجات والنسل (الأبناء) الناتج عبر أجيال عدة لصفة وراثية ما، مثل مرض المهق أو الهيموفيليا.

شجرة نشوء الأنواع phylogesetic tree نموذج تحدّر يُعمل عن طريق تحليل التشابهات والاختلافات بين المخلوقات الحية. التقنيات الحديثة لعمل تسلسل الجين عملت على إنتاج أشجار نشوء النوع التي تبين التاريخ التطوري لجينات معينة.

شرب خلوي prinosytosis أخذ السوائل عن طريق الإدخال الخلوي في الخلية.

شرج anus فتحة في نهاية القناة الهضمية، حيث تطرح الفضلات الصلبة منها إلى الخارج.

شريان صغير (الشرين) arteriole أوعية دموية صغيرة تتفرع من الشرايين الرئيسة التي تشكل فروعًا تصل إلى أعضاء الجسم، حيث ترتبط مع شبكة الشعيرات الدموية.

شريط تشفير coding strand شريط من DNA المزدوج الذي هو RNA نفسه الذي شفر بالجين. هذا الشريط لا يستعمل بوصفه شريط قالب في النسخ، وهو مكمل للقالب.

شريط قالب template strand شريط DNA الذي يُستخدم بوصفه قالبًا في عملية الاستنساخ، حيث يتم نسخ هذا الشريط لإنتاج شريط RNA رسول منسوخ مكمل له.

شريط قائد leading strand سلسلة DNA تصنع بشكل مستمر من مكان أصل (بدء) التضاعف. قارن مع الشريط المتلكئ.

شريط متلكئ lagging strand سلسلة DNA تُصنع بشكل غير متصل بسبب الاتجاه الذي يسلكُه مبلمر DNA من 5' ← 3' خلال عملية تضاعف DNA، وأيضًا بسبب التوازي المعاكس لسلسلتي DNA. قارن مع الشريط القائد.

شريط كاسبار Casparian strip في النباتات، شريط يحيط أو يطوق جدر خلايا البشرة الداخلية للجذر. يرتبط شريط الخلايا المجاورة مكونًا طبقة تمنع الماء من المرور خلالها، لذلك كل الماء الذي يدخل الجذور يجب أن يمر عبر الغشاء الخلوي والسيتوبلازم.

شعاعية التماثل radial symmetrical نوع من أنواع التماثل التركيبي ذو خطة دائرية، حيث لو تم تقسيم الجسم أو التركيب خلال نقطة المنتصف في أي اتجاه سوف ينتج مقطعين متماثلين.

شعبة قصيبية (شعبتان هوائيتان) bronchus, pl. Bronchi شعبة واحدة من زوج الشعبتين الهوائيتين المتفرعتين من أسفل القصبة الهوائية (أنبوب الهواء) ليدخل كل منهما إلى رئة.

شعيرات trichome في النباتات، أشباه شعيرات تنمو من خلايا البشرة، الشعيرات الغدية تفرز زيوتًا ومواد أخرى تردع الحشرات.

شعيرات جذرية root hair في النبات، امتدادات أنبوبية من خلايا البشرة تقع بعد القمم الجذرية. تزيد بشكل كبير من مساحة السطح، وتسهل الامتصاص.

شعيرات دموية capillaries أصغر الأوعية الدموية؛ الجدر الرقيقة للشعيرات منفذة لكثير من الجزيئات، ويحدث عبرها التبادل بين الدم والأنسجة؛ تربط الأوعية؛ الشرايين مع الأوردة.

شفة العليا labrum الشفة العليا في الحشرات والقشريات، تقع فوق الفكوك أو أمامها.

شق تشابكي synaptic cleft فراغ بين خليتين عصبيتين متقاربتين (متجاورتين).

شقوق بلعومية pharyngeal slits واحد من أهم الخصائص المميزة للحبليات، مجموعة من الفتحات على كل من جانبي المنطقة الداخلية المكونة للممر من البلعوم إلى المريء ثم إلى البيئة الخارجية.

شم olfaction وظيفة الإحساس بالروائح.

شوكة التضاعف Replication fork الطرف ذو الشكل Y لفقاعة التضاعف النامية في جزيء DNA الخاضع لعملية التضاعف.

شيفرة (كودون) codon الوحدات الأساسية في الترميز (التشفير) الجيني؛ تعاقب لثلاثة نيوكليوتيدات متجاورة في DNA أو mRNA التي ترمز لحمض أميني واحد.

ص

صانع البادئ (البرايميز) Primase الأنزيم الذي يصنع RNA البادئ اللازم لعمل مبلمر DNA.

صبغة جرام Gram Stain طريقة صبغ تُقسّم البكتيريا إلى بكتيريا موجبة وأخرى سالبة لصبغة جرام اعتمادًا على احتفاظها باللون الأرجواني. الاختلاف في الأصباغ سببه اختلاف في تركيب جدار الخلية.

صبغة مساعدة accessory pigment صبغة الكلوروفيل ب والكاروتينويدات صبغات مساعدة أو بوصفها صبغة ممتصة للضوء ثانوية تكمّل وتضيف إلى الطّاقة الممتصة من خلال الكلوروفيل أ.

صغير معترض Small interfering RNAs (siRNA) صنف من أصناف RNA الدقيق، يعتقد أنه يتدخل في التحكم في استنساخ الجينات ويؤدي دورًا في حماية الخلايا من الهجوم الفيروسي.

صفات كمية Quantitative traits الصفات التي يتم تحديدها عن طريق تأثير أكثر من جين واحد، مثل الصفة التي تُظهر عادةً تنوعًا مستمرًّا بدلًا من النمط المحدَّد المنفصل.

صفات مرتبطة بالجنس linked – sex صفات تحدد عن طريق جينات محمولة على الكروموسوم الجنسي X وغير موجودة على الكروموسوم Y.

صفائح بيتا المُثنَّاة b sheet شكل من التركيب الثانوي في البروتينات، حيث تنطوي بروتينات متعددة الببتيد مرة أو أكثر على نفسها لتشكل تركيبًا مستويًا أو مسطحًا مستقرًّا عن طريق روابط هيدروجينية بين الأحماض الأمينية، ومجموعة الكربوكسيل في العمود الفقري للسلسلة الببتيدية. وأيضًا تعرف بالصفائح المطوية ب.

صفائح دموية Platelets في الثدييات أجزاء من خلايا الدم البيضاء تدور في الدم، وتعمل على تكوين الخثرات الدموية في موقع الجرح.

صفة Trait في علم الوراثة، الصفة التي تمتلك أشكالًا عدّة، مثل لون الزهرة بنفسجي أو أبيض في نبات البازلاء أو فصائل الدم المختلفة في الإنسان.

صفة مُشتقة derived character صفة تُستخدم في التحليل التصنيفي لتمثل الابتعاد عن الشكل البدائي.

صفة مشتركة مشتقة shared derived character في التفرع التطوري، وجود الصفة في حالات يشترك بها النوع، وتختلف عن حالة الصفة السلفية.

صفيحة الخلية cell plate تركيب يتكون عند خط استواء المغزل خلال الطور النهائي المبكر في انقسام الخلية في النباتات وبعض الطحالب الخضراء.

صفيحة وسطى middle lamella طبقة من الحشوة داخل الخلوية غنية بمركبات البكتيك، ترتبط مع الجُدر الأولية للخلايا النباتية المتجاورة.

صمام قبل الشعيرات الدموية pre capillary sphincter حلقة من العضلات تقوم على حراسة جميع الشعيرات الدموية، وعند إغلاقها تقوم بمنع تدفق الدم خلال هذه الشعيرات.

صندوق T box T منطقة لعامل النسخ البروتيني تم الحفاظ عليها، على الرغم من وجود تأثيرات تطورية مختلفة في اللافقريات والحبليات.

صندوق TATA Box TATA في حقيقيات النوى، تسلسل يقع أعلى التيار من موقع بدء النسخي، يُعدّ صندوق TATA أحد العناصر في محفزات حقيقيات النوى الذي يعمل عليه أنزيم مبلمر RNA الثاني.

الصندوق الذاتي أو المتجانس homeobox تسلسل من 180 نيوكليوتيدًا يقع في الجينات الذاتية ويُنتج تسلسلًا ببتيديًّا مكونًا من 60 حمضًا أمينيًّا نشطًا في عوامل الاستنساخ.

صندوق جينات مادس MADS box gene أي عائلة من الجينات التي تُعرف عن طريق امتلاكها لموتيفات مشتركة، والتي تُشكل الجينات المتجانسة الشائعة في النباتات، يوجد عدد قليل من صندوق جينات مادس في الحيوانات.

ض

ضغط الامتلاء لا يوجد معنى الضغط داخل خلايا النبات الناتج عن دخول الماء بسبب الأسموزية ما يضغط غشاء الخلية نحو الجدار الخلوي، ويجعل الخلية صلبة ونضرة.

ضغط انبساطي diastolic pressure عند قياس ضغط الدم لدى الإنسان، الضغط الأدنى بين ضربات القلب (إعادة استقطاب البطينين). قارن مع الضغط الانقباضي.

ضغط انقباضي systolic pressure مقياس لدرجة قوة انقباض القلب. عند قياسها خلال قراءة ضغط الدم، الضغط البطيني الانقباضي هو ما يتم ملاحظته.

ضغط جذري root pressure في النباتات، الضغط الناتج عن الماء في الجذور استجابة للقدرة الأسموزية للمذاب في غياب النتح، غالبًا ما يحدث في الليل. الضغط الجذري قد يؤدي إلى الإدماع وفقدان الماء من خلايا الأوراق على شكل ندى.

ضغط جزئي Partial Pressure ضغط كل غاز منفرد – مثل النيتروجين، والأكسجين، وثاني أكسيد الكربون– التي تشكل معًا ضغط الهواء.

ط

طور انفصاليّ anaphase مرحلة في كل من الانقسام المتساوي والانقسام المنصف (الاختزالي) التي تبدأ بتقلص الخيوط المغزلية، وتتحطم معقدات اللاصقات التي تربط سنترومير الكروماتيدات الشقيقة، ما يشق السنترميرات، ويسحب الكروماتيدات الشقيقة إلى الأقطاب المتناظرة.

طاقة تنشيط activation energy الطاقة الإضافية اللازمة لتفكيك الروابط، وإحداث التفاعل الكيميائي.

طاقة حرّة Free Energy الطاقة المتوافرة للقيام بعمل.

طاقة حركية kinetic energy طاقة الحركة.

طاقة حيوية bioenergetics التحليل الذي يظهر كيف تسيّر الطاقة الأنشطة في النظم الحية.

طاقة وضع Potential energy طاقة لا تُستخدم إلاّ أنها قد تكون قابلة للاستخدام، وعادة ما تسمى طاقة الوضع.

طائفة class إحدى فئات التصنيف، تقع بين الرتبة والقبيلة، والطائفة تضم رتبة واحدة أو أكثر، وتنتمي إلى قبيلة معينة.

طبعة (وصمة) وسترن western blot تقنية رسم تُستخدم للتعرف إلى تسلسلات بروتينة معينة في خليط معقد. انظر إلى طبعة ساذرن.

طبعة (وصمة) ساذرن southern blot تقنية يتم بها فصل قطع DNA عن طريق الترحيل الكهربائي بالهلام، ومن ثم يتم تفكيك هذه القطع إلى أشرطة مُفردة ومن ثم "تُطبع" على ورقة ترشيح، ثم تحضن هذه الورقة مع مسبار معلّم لتحديد تسلسلات DNA المطلوبة.

طبعة (وصمة) نورذرن northern blot تقنية طبع (نقش) تُستخدم للتعرف إلى تسلسل محدد من mRNA في خليط معقد. انظر طبعة ساوثرن.

الطبقات الجرثومية البدائية Germ Layers ثلاث طبقات تتشكل عند عملية تكوين الجاسترولا (التبطين) التي تحدد التنظيم المستقبلي للأنسجة؛ الطبقات من الخارج إلى الداخل، هي: إكتوديرم، وميزوديرم، وإندوديرم.

طبقة الدهون المزدوجة lipid bilayer هو تركيب الغشاء الخلوي، حيث تصطف طبقتان من الدهون المفسفرة بشكل تلقائي، حيث تكون الرؤوس المحبة للماء معرضة للماء، في حين تكون الذيول غير المحبة للماء التابعة للأحماض الدهنية موجهة إلى مركز الغشاء (وسط).

طبقة الصخور المائية aquifers طبقات مسامية ونفّاذة تحت الأرض من الصخور، والرّمال، والحصى مشبعة بالماء التي تكون بمنزلة خزانات للمياه الجوفية.

طبقة سطحية غذائية Trophoblast في جنين الفقريات، طبقة الإكتودرم الخارجية لحوصلة البلاستوديرم. وفي الثدييات، جزء من المشيمة متصل مع جدار الرحم.

طبقة قرنية stratum corneum الطبقة الخارجية من طبقة البشرة في جلد أجسام الفقريات.

طبقة وسطى mesoglea طبقة من المادة الجيلاتينية توجد بين البشرة والأدمة المعدية في الحيوانات البعدية الحقيقية. تحتوي على العضلات في معظم هذه الحيوانات.

طبقتان من الدهون المفسفرة phospholipid bilayer المكون الرئيس للأغشية الخلوية، تكوّن الدهون المفسفرة طبقتين بشكل تلقائي حيث تكون الذيول للأحماض الدهنية الكارهة للماء في الداخل والرؤوس المحتوية على مجموعات الفوسفات المحبة للماء للخارج من الجانبين.

طبلة tympanum في بعض مجموعات الحشرات، غشاء رقيق مرتبط مع أكياس القصبة الهوائية، يعمل بوصفه مستقبلاً للصوت، ويوجد زوج على كل جانب من جوانب البطن.

طحالب alga, pl. algae مخلوقات حية وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا بسيطة ذاتية التغذية، تفتقر إلى أجهزة التكاثر في متعددة الخلايا.

طراز جيني Genotype التركيب الجيني المسؤول عن صفة ما أو مجموعة من الصفات.

طراز بيئي Ecotype مجموعة محلية متكيفة من المخلوقات تختلف عن الطرز البيئية الأخرى وراثيًّا.

طراز شكلي Phenotype التعبير الملاحظ (المرئي) للطراز الجيني، المظهر الشكلي (الجسمي) أو التعبير الوظيفي لصفة ما.

طرفا الجهاز limbic system قرن آمون مع شبكة الخلايا العصبية التي تربط قرن آمون مع بعض مناطق قشرة المخ. هذا الجهاز مسؤول عن الدوافع العميقة والعواطف في الفقريات، بما في ذلك الألم، والغضب، والجنس، والجوع، والعطش، والسعادة، والفرح.

طريقة الساعة الجزيئية clock Method Molecular في الفرضيات التطورية، الطريقة التي يكون فيها معدل تطور الجزيئات ثابتًا مع مرور الوقت.

طفرات عديمة المعنى nonsense mutation استبدال قاعدة بأخرى، حيث يتحول الكودون إلى كودون إيقاف. يُقطع البروتين بسبب انتهاء العملية قبل النضج.

طفرات مُغيرة المعنى Missense mutation طفرة استبدالية تُحدث تغييرًا في حمض أميني واحد فقط.

طفرة غذائية auxotroph طفرة لا تستطيع الاستمرار في النمو مخبريًّا على وسط غذائي لا يحوي الاحتياجات الغذائية لها، وتحتاج إلى إضافات غذائية خاصة مثل الأحماض الأمينية.

طفرة إزالة الإطار Frame shift mutation طفرة سببها إزالة أو إضافة قاعدة واحدة من تسلسل DNA. هذا يسبب تغيُّرًا في إطار القراءة الذي يلي الطفرة.

طفرة جسمية Somatic mutation تغيُّر في المعلومات الوراثية (طفرة) التي تحدث في واحدة من الخلايا الجسدية (الجسمية) للمخلوقات متعددة الخلايا، لا تنتقل من جيل إلى آخر.

طفرة غذائية Nutritional mutation طفرة تؤثر في طرق تصنيع مركبات ضرورية لعيش المخلوق الحي، مثل حامض أميني أو فيتامين معين، المخلوقات الدقيقة التي لديها طفرات غذائية يجب أن تنمّى في وسط غذائي يوفر هذه المواد الغذائية.

طفرة كروموسومية chromosomal mutation أي طفرة تؤثر في تركيب الكروموسوم.

طفرة نقطية Point mutation تغير في واحد من النيوكليوتيدات في جزيء DNA الكروموسومي.

طمث menstruation انسلاخ دوري في بطانة الرحم الغنية بالدم عند عدم حدوث الحمل.

طور G_1 (الطور الفجوي الأول) G_1 phase طور من دورة الخلية بعد عملية انقسام السيتوبلازم وقبل تضاعف DNA يسمى الطور الفجوي الأول. هذا الطور هو طور النمو الأولي للخلية.

طور G_2 (الطور الفجوي الثاني) G_2 Phase طور من الدورة الخلوية يقع بين تضاعف DNA وبدء الانقسام المتساوي، ويسمى الطور الفجوي الثاني. خلال هذا الطور، تعد الخلية نفسها من أجل الانقسام المتساوي.

طور M-phase M طور من الانقسام الخلوي يتم خلاله فصل الكروموسومات، تتكون الخيوط المغزلية، ترتبط هذه الخيوط بالكروموسومات، وتحرك الكروماتيدات الشقيقة بعيدًا عن بعضها.

طور الجسم الأصفر luteal phase المرحلة الثانية من الدورة التكاثرية في الأنثى، يتم خلالها إطلاق البيوض الناضجة إلى قناة فالوب، تدعى هذه العملية بالإباضة.

طور استوائي metaphase مرحلة في الانقسام المتساوي أو الانقسام المنصف يحدث خلالها ترتيب للأنيبيبات الدقيقة لتعطي الخيوط المغزلية وتصبح فيه الكروموسومات مرتبة على صفيحة الطور الاستوائي.

طور البناء S DNA S-phase بناء طور في دورة حياة الخلية تصنع به الخلية نسخة طبق الأصل من DNA.

طور بيني interphase الفترة الواقعة بين انقسامين متساويين أو انقسامين منصفين (مختزلين). في هذه الفترة تنمو الخلية، ويتضاعف DNA فيها؛ يضم هذا الطور الأطوار الآتية: G_1, S, G_2.

طور جاميتي Gametophyte في النبات، الجيل المنتج للجاميتات، وهو أحادي المجموعة الكروموسومية، ويتبادل مع الطور البوغي ثنائي العدد الكروموسومي ($2n$).

طور الكيس البيضي oocyst الزيجوت في دورة حياة الطفيليات البوغية محاط بكيس غليظ ليمنع الجفاف (فقدان الماء) أو أي أضرار أخرى.

طور بوغي sporophyte الطور المنتج للأبواغ، وهو طور ثنائي العدد الكروموسومي في دورة حياة النبات التي تملك تبادلًا للأجيال.

طور تمهيدي prophase طور في انقسام الخلية يبدأ عندما تصبح الكروموسومات المكثفة واضحة، وينتهي عندما يتحطم الغلاف النووي. تجميع الخيوط المغزلية يحدث خلال هذه المرحلة.

طور جاميتي Gametocytes.
خلايا في دورة حياة سبوروزويت الملاريا، قادرة على إعطاء الجاميتات عند وجودها في العائل المناسب.

طور قبل استوائي prometaphase الطور الانتقالي الذي يقع بين الطورين: التمهيدي والاستوائي، والذي ترتبط خلاله الخيوط المغزلية بنقطة الاتصال للكروماتيدات الشقيقة.

طور نهائي telophase طور في انقسام الخلية تتفكك خلاله الخيوط المغزلية، ويتكون الغلاف النووي حول الخلايا الشقيقة، وتبدأ الكروموسومات بفك التفافها، وتصبح مبعثرة.

طور G0 phase G0 طور من دورة الخلية تحتلها الخلايا التي ليست في طور الانقسام الخلوي.

طول الفترة الضوئية photo perodisun ميل التفاعلات البيولوجية للاستجابة لفترتي الليل والنهار؛ وآلية لقياس الزمن الفصلي.

طيف امتصاص absorption spectrum تمتص كلّ ذرة من الذرات نوعًا محددًا من فوتونات الضَّوء، وتحديدًا تلك التي تتناسب والطّاقة المتوافرة لمستوى طاقة الذرة. ولذلك فإن كلّ جزيء له طيف امتصاص خاص يبين مدى طول الموجات والكفاءة التي يتم بها امتصاص الضّوء.

طيف فعل البناء الضّوئيّ action spectrum الفعالية النسبية لأطوال موجية مختلفة من الضوء في دفع عملية البناء الضّوئيّ- يطابق طيف الامتصاص الضّوئيّ للكلوروفيل.

ظ

ظهور الرأس cephalization تطور منطقة الرأس والدماغ في النهاية الأمامية للحيوانات، يعتقد لتكون نتيجة التماثل الجانبي.

ع

عاصرة sphincter في الحيوانات الفقرية، عضلة تشبه الحلقة قادرة على إغلاق فتحة أنبوبية عند انقباضها (مثل، بين المعدة والأمعاء الدقيقة، وبين فتحة الشرج والخارج).

عالِم الطحالب phycologist الشخص الذي يقوم بدارسة الطحالب.

عالي الأسموزية hyperosmotic ظرف يكون به المحلول ذا تركيز أسموزي عالٍ مقارنة مع محلول آخر. قارن مع منخفض الأسموزية.

عامل استطالة (Ef-Tu) Elongation Factor في عملية تصنيع البروتين في E coli، عامل يرتبط إلى GTP وإلى RNA الناقل المشحون ليساعد على ربط RNA الناقل المشحون بالموقع A على الرايبوسوم- وهذا يسبب استطالة سلسلة عديد الببتيد.

عامل الاستنتساخ العام General transcription Fac-tor أي عامل من مجموعة عوامل الاستنساخ العامة التي نحتاج إليها لتكوين معقدة الاستهلال عن طريق مبلمر RNA عند المحفز. يُنتج هذا مستوى عامًا وبسيطًا من الاستنساخ الذي يزداد عن طريق العوامل الخاصة.

عامل ممرض غير نشط avirulent pathogen عامل ممرض، بكتيريا أو فيروس يستعمل مصادر المُضيف لتكاثره ولاستخداماته الخاصة دون أن يُسبِّب له تلفًا شديدًا أو موتًا.

عامل زمر الدم الرايزيسي: Rh Blood group مجموعة من علامات سطح الخلية (مولدات ضد) على سطح خلايا الدم الحمراء في الإنسان، وقرد الريزيس، حيث جاء اسمها، على الرغم من وجود الكثير من الأليلات، فإنها تجمع في نوعين رئيسين: موجب العامل الرايزيسي وسالب العامل الرايزيسي.

عامل محفز طور **M** لا يوجد أنزيم مفسفر معتمد على سايكلين ينشط عند نقطة التحكم G_2/M.

عائلة Family رتبة تصنيفية للأنواع المتشابهة فوق مستوى الجنس.

عائلة الإنسان hominid أي من الرئيسيات في عائلة الإنسان: الإنسان العاقل هو المثل الحي الوحيد المتبقي.

عائلة الجينات المتعددة multigene families مجموعة من الجينات ذات الصلة الموجودة على كرموسوم واحد أو على كرموسومات مختلفة.

عباءة mantle طبقة خارجية لينة تغطي الرخويات، وتُفرز القشرة.

عبور غير متساوٍ unequal crossing over عملية يحدث بها عبور في منطقة صغيرة بسبب حدوث اصطفاف بشكل غير صحيح في أثناء الاقتران، يؤدي هذا إلى قيام الكروموسومين المتماثلين بعمل تبادل لقطع غير متساوية في الطول.

العدد الزوجي للكروموسومات diploid امتلاك مجموعتين من الكروموسومات ($2n$)؛ في الحيوانات، العدد الزوجي من الكروموسومات من خصائص الجاميتات، في النبات، العدد الزوجي من الكروموسومات يُعدّ من خصائص جيل الطور البوغي؛ مقارنة مع العدد الفردي للكرموسومات ($1n$).

العدد الفردي للكروموسومات Haploid امتلاك مجموعة واحدة من الكروموسومات ($1n$) مقارنة مع مجموعتين من الكروموسومات ($2n$).

عدم الانفصال Nondisjunction فشل في عملية انفصال الكرموسومات المتماثلة أو الكروماتيدات خلال عملية الانقسام المباشر أو الاختزالي، فينتج بذلك خلية أو جاميت لديها اختلال في العدد الكرموسومي.

عدم الانفصال الأولي Primary nondisjunction فشل الكروموسومات في الانفصال بشكل مناسب خلال عملية الانقسام الاختزالي الأول.

عدوى الاستنساخ Transfection عملية تحول الخلايا حقيقية النوى في مستعمرة زراعية (مزارع).

عديد الببتيد polypeptide جزيء يتكون من ارتباط عدد من الأحماض الأمينية مع بعضها، وعادةً ليس معقدًا مثل البروتينات.

عديد التسكر polysaccharides كربوهيدرات مصنوعة من سكريات أحادية التسكر ترتبط مع بعضها في سلاسل طويلة مثل، الجلايكوجين، والنشا، والسليلوز.

عديدة التسكر الدهنية lipopolysaccharide دهون مرتبطة بسلاسل من عديد التسكر؛ توجد في طبقة الغشاء الخارجية للبكتيريا السالبة لصبغة جرام. تعمل هذه الطبقة الغشائية الخارجية على جعل البكتيريا مقاومة لكثير من المضادات الحيوية.

عذراء pupa مرحلة تطورية عند بعض الحشرات يكون فيها المخلوق الحي لا يتغذى، ولا يتحرك، وأحيانًا يكون محاطًا بشرنقة. مرحلتي تقع بين مرحلتي اليرقة والنضج.

عرضي adventitious تراكيب تنشأ عن مكان غير عادي، مثل ساق من جذور أو جذور من ساق. تظهر جذور على طول الساق أو في مكان غير مكان جذر النبات، مثل اللبلاب، تنتج جذورًا من سيقانها، ما يمكنها تثبيت السيقان على الجذوع أو الجدران.

عرف عصبي neural crest شريط خاص من الخلايا يتطور قبل إغلاق الأخدود العصبي لتكوين الأنبوب العصبي في مرحلة التكوين (التطور) الجنيني.

عش رئيس Fundamental niche يشار إليه أيضًا بالعش الافتراضي (المحتمل)، وهو كامل العش الذي يمكن للنوع أن يستخدمه دون وجود مفترسات أو منافسات.

عش بيئي niche الدور الذي يؤديه نوع معين في البيئة التي يعيش فيها.

عش بيئي متحقق realized (niche) العش الحقيقي الذي يحتله المخلوق الحي عند أخذ جميع التفاعلات الحية وغير الحية في الحسبان.

عشريني الأوجه icosahedron تركيب مكون من 20 وجهًا، كلٌ منها مثلث متساوي الأضلاع. هذا التركيب عادةً ما يشاهد في الفيروسات، ويشكل نوعًا من المحيفظات الفيروسية.

عصَي Rods خلايا عصبية حساسة للضوء موجودة في شبكية الفقريات، حساسة للضوء الخافت جدًا، مسؤولة عن «الرؤية الليلية».

عصب nerve مجموعة أو حزمة من الألياف العصبية (المحاور) ترافقها خلايا الدبق العصبي، ترتبط معًا عن طريق النسيج الضام، وتقع في الجهاز العصبي الطرفي.

عصبونات Neurons خلايا عصبية متخصصة في نقل الإشارات القادمة، وتضم جسم الخلية، والزوائد الشجرية، والمحور.

عصبونات بينية interneuron خلايا عصبية توجد في وسط الحبل الشوكي فقط، وتعمل على ربط وظيفي بين العصبونات الحركية والعصبونات الحسيّة.

عصبونات حركية motor neurons العصبونات التي تنقل السيالات العصبية من الجهاز العصبي المركزي إلى الأعضاء المستجيبة.

عصبونات حسية sensory neurons عصبونات تنقل السيالات العصبية من المستقبلات الحسية إلى الجهاز العصبي المركزي أو العقدة العصبية المركزية.

عضلات مخططة straited muscle العضلات الهيكلية الإرادية والعضلات القلبية.

عضو organs تركيب جسمي يتكون من أنسجة عدة مختلفة تتجمع في وحدات تركيبية ووظيفية.

عضو نيفريد nephrid organ نظام ترشيح لكثير من اللافقريات التي تعيش في المياه العذبة، حيث يمر الماء والفضلات من الجسم من خلال الغشاء إلى عضو تجميع، حيث تُطرح منه إلى خارج الجسم من خلال فتحة (ثقب).

عضوية التغذية heterotroph مخلوقات لا تستطيع الحصول على الطاقة من خلال عملية التمثيل الضوئي أو المواد غير العضوية، لهذا يجب أن تتغذى على حيوانات أو نباتات أخرى، لتحصل على الطاقة الكيميائية عن طريق تحطيم المركبات العضوية الموجودة بها.

عضيات Organelles أجزاء متخصصةً في الخلية، يمكن التعبير عنها بأنها عضو سيتوبلازمي صغير.

عظيمات ossicles صفائح غنية بالكالسيوم متحركة أو ثابتة، تُشكل مجتمعة الشكل الداخلي لشوكيات الجلد.

عقد جذرية nodules في النباتات، أنسجة متخصصة تحيط، وتقطن بداخلها البكتيريا المفيدة، مثل العقد الجذرية للبقوليات التي تحتوي على البكتيريا المثبتة للنيتروجين.

عقدة node جزء من ساق النبات ترتبط به ورقة أو أكثر. انظر بين السلاميات.

العقدة الأذينية البطينية (صانع الخطو) -atrioventricu lar (AV) node مجموعة من الخلايا القلبية المتخصصة تقع هذه العُقدة في جدار الأذين الأيمن، وتعمل بوصفها صانع الخطو لبقية القلب؛ لأنها تكوِّن سيالات عصبية تلقائية بمعدَّل عالٍ مُقارنة مع الخلايا ذاتية الإيقاع الأخرى. وتقوم بتنظيم نبض القلب عن طريق إيصال جهد فعل بشكل منتظم كل 0.6 ثانية.

عقدة عصبية Ganglia تجمعات لأجسام العصبونات، في اللافقريات؛ العقد العصبية مراكز تجميع المعلومات وإنجاز الاستجابات؛ في الفقريات، يقتصر هذا التعبير على تجمعات أجسام العصبونات الواقعة خارج الجهاز العصبي المركزي.

عقدة جيبية أذينية: Pacemaker كتلة نسيجية مهيجة في قلب الفقريات تعمل على بدء الضربة القلبية (انقباض القلب).

عقدة رانفييه node of ranvier فجوة تتكون عند نقطة التقاء خليتين من خلايا شوان، وأيضًا، حيث يرتبط المحور بشكل مباشر مع السائل بين الخلايا المحيط به.

علامات مجهولة anonymous markers: علامات جينية يمكن الكشف عنها باستخدام تقنيات البيولوجيا الجزيئية، ولكنها لا تسبب ظهور طراز شكلي ملحوظ.

علامات سطح الخلية cell-surface markers: بروتينات سكرية ودهون سكرية على السطح الخارجي للغشاء الخلوي، التي تعمل بوصفها معرفًا للأنواع المختلفة من الخلايا التي تحمل علامات مختلفة.

علم البروتيومات Proteomics علم مختص بدراسة بروتيومات المخلوقات الحية. هذا العلم له علاقة بالجينومات الوظيفية، حيث إن البروتيومات مسؤولة عن الكثير من الوظائف المشفرة في الجينوم (المحتوى الجيني).

علم البيئة Ecology دراسة تفاعلات المخلوقات الحية الواحدة مع الأخرى ومع بيئاتها.

علم البيئة السّلوكيّ behavioral ecology دراسة كيف يشكل الانتخاب الطبيعي السلوك.

علم الجينومات genomics دراسة المجاميع الجينية بدلاً من جينات مُفردة.

علم الجينومات الوظيفية Functional Genomics دراسة وظائف الجينات ومنتجاتها، خارج إطار تحديد تعاقب كامل الجينوم.

علم السكان demography خصائص معدلات النمو والتركيب العمري للمجموعة السكانية.

علم السلوك Ethology دراسة أنماط السلوك الحيواني في الطبيعة.

علم الشكل الخارجي morphology شكل المخلوق الحي وتركيبه.

عملية التحول Transformation عملية يتم من خلالها أخذ DNA مباشرة من البيئة المحيطة، وهي عملية طبيعية في بعض أنواع البكتيريا.

عملية العبور crossing over في الانقسام المنصف (الاختزالي)، تبادل قطع الكروماتيدات المتقابلة بين الكروموسومات المتماثلة، مسؤولة عن إعادة التركيب الجيني بين الكروموسومات المتشابهة.

عملية النقل Transposition نوع من أنواع التهجين الوراثي الذي من خلاله يتم نقل العناصر القابلة للنقل من موقع معين في سلسلة DNA إلى آخر، عشوائيًا.

العناصر الطويلة المتناثرة long interspersed element أي نوع من العناصر الطويلة القابلة للنقل (القافزة) موجودة في الإنسان أو الرئيسيات الأخرى، وتحتوي على كل ما يحتاج إليه العنصر من آليات بيوكيميائية لتساعده على الانتقال.

عناصر الوعاء Vessel element في النباتات الوعائية، خلايا متطاولة تموت عند نضجها، وتساعد على توصيل الماء والمواد المذابة الموجودة في اللحاء.

عناصر قابلة للنقل transposable elements قطع من DNA قادرة على الانتقال من موقع على الكروموسوم إلى موقع آخر. وتسمى أيضًا العناصر القافزة أو العناصر الوراثية المتحركة.

عناصر متناثرة قصيرة Short interspersed element SINE أحد أنواع العناصر القابلة للنقل الموجودة في الإنسان ورئيسيات أخرى، التي لا تحوي الآلية الكيميائية الحيوية اللازمة للنقل. هناك ما يزيد على نصف مليون نسخة من العناصر القصيرة المسمى Alu تأويها العناصر الطويلة (LINE) في الجينوم البشري.

عنق الورقة petiole عنق الورقة.

عوالق نباتية Plankton مخلوقات مائية دقيقة (متناهية الصغر) تطفو بشكل حر.

عوامل الاستنساخ transcription factor واحد من أنواع البروتينات اللازمة لمبلمر RNA ليرتبط بمنطقة المحفز في الخلايا حقيقية النوى، ويصبح مستقرًا. بعد ذلك، تبدأ عملية الاستنساخ.

عوامل الاستنساخ النوعية Specific transcription factor أي من عوامل الاستنساخ الكثيرة التي تعمل بشكل معتمد على النسيج أو الوقت لتزيد من عملية نسخ DNA فوق المستوى الطبيعي (الأساسي).

عوامل البدء (الاستهلال) initiation factor واحد من عدد من البروتينات يشارك في تكوين مُعقد البدء (الاستهلال) الذي يدخل في تصنيع عديد الببتيد في الخلايا بدائية النوى.

عوامل النمو Growth factor واحد من مجموعة من البروتينات التي ترتبط بمستقبلات الغشاء، وتنشط أنظمة الترميز داخل الخلايا، وهو يؤدي للنمو والانقسام.

عوامل مرافقة cofactor واحد أو أكثر من مركبات كيميائية غير بروتينية تتطلبها الأنزيمات من أجل وظيفتها، الكثير من مرافق الأنزيم تكون أيونات معدنية وبعضها الآخر مرافق أنزيم عضوي.

عوينات Ocellus مستقبل ضوئي بسيط شائع بين اللافقريات.

عين مركبة compound eye عضو الرؤية (البصر) في الكثير من المفصليات، يتكون من الكثير من وحدات بصرية مستقلة تدعى أوماتيديا.

عينات من خملات الكوريون chorionic villi sampling تقنية جديدة تقوم على أخذ عينات خلايا الجنين من الكوريون في المشيمة بدلًا من السائل الرهلي؛ هذه التقنية أقل ضررًا، يمكن أن تستعمل في بداية الحمل بدلًا من بزل السائل الرهلي.

غ

غدة بروستاتا prostate gland في ذكر الثدييات، كتلة من النسيج الغدي عند قاعدة الإحليل تفرز سائلًا قاعديًّا يحفّز الحيوانات المنوية عند إطلاقها.

غدة خارجية الإفراز Exocrine gland نوع من الغدد التي تعطي إفرازاتها من خلال قنوات، مثل غدد الجهاز الهضمي أو الغدد العرقية.

غدة صماء Endocrine gland غدد لا تملك قنوات، تفرز الهرمونات في الفراغات خارج الخلوية، ومن هنالك تنتشر هذه الهرمونات إلى الجهاز الدوري.

غزل فطري mycelium في الفطريات، كتلة من الخيوط الفطرية.

غشاء التوتر Tonoplast الغشاء الذي يحيط بالفجوة المركزية الموجودة في الخلايا النباتية التي تحتوي على قنوات للماء، تساعد في المحافظة على الاتزان الأسموزي للخلية.

غشاء الخلية العضلية البلازمي sarcolemma الغشاء الخلوي المتخصص المحيط بالخلية العضلية.

غشاء الرّهل amnion الغشاء الدَّاخلي الذي يُحيط بالجنين المتطور ضمن تجويف مملوء بالسائل.

غشاء الكوريون chorion الغشاء الخارجي من الأغشية المزدوجة التي تحيط بالجنين في الزواحف والطيور والثدييات، ويساهم في تركيب المشيمة في الثدييات الولودة.

غشاء بلازمي plasma membrane الغشاء الذي يحيط بسيتوبلازم الخلية، يتكون من طبقتين من الدهون المفسفرة مع بروتينات مغمورة فيها.

غضروف cartilage نسيج ضام في هياكل الفقريات. والغضروف يشكل معظم الهيكل في الجنين، والفقريات غير البالغة وبعض الفقريات البالغة. مثل سمك القرش والأفراد القريبة من هذه المجموعة.

غطاء الخياشيم operculum صفيحة عظمية مفلطحة تغطي حجرة الخياشيم في الأسماك.

غلاف البذرة seed coat في النباتات، الطبقة الخارجية للبويضة التي تزود البذرة بحاجز غير منفذ للماء لحماية الجنين الساكن ولتخزين الغذاء.

غلاف الزهرة perianth في النباتات الزهرية، السبلات والبتلات مع بعضها (بوصفها وحدة واحدة).

غلاف مائي hydration shell سحابة من جزيئات الماء تحيط بالمادة الذائبة، مثل السكروز، وأيونات الصوديوم والكلور.

غلاف نووي Nuclear envelope تركيب يحيط بنواة الخلايا حقيقية النوى. يتكون من طبقتين من الدن المفسفرة، حيث إن الطبقة الخارجية مرتبطة مع الشبكة الإندوبلازمية.

غمد ميليني myelin sheath طبقة دهنية تحيط بالمحاور الطويلة للعصبونات الحركية للجهاز العصبي الطرفي في الفقريات.

غير متماثل الجينات Heterozygous امتلاك أليلين مختلفين للجين نفسه؛ يُستخدم هذا التعبير لمكان خاص أو أكثر؛ «مثل غير متماثل الجينات بالنسبة إلى الموقع «W» (الطراز الجيني يكون W/w).

غير مستقطب nonpolar وصف للرابطة التساهمية التي يكون فيها الاشتراك بإلكترونات متماثلًا، ويمكن وصف مركب متماسك مع بعضه بروابط تساهمية بأنه غير مستقطب.

ف

فاك التواء الحلزون helicase واحدة من مجموعة الأنزيمات المفككة لالتفاف شريطي DNA في الحلزون المزدوج لتسهيل عملية تضاعف DNA.

فاك التواء DNA gyrase DNA أنزيم مصاوغ له علاقة بتضاعف المادة الوراثية وخفف من حدة التوتر الناتجة عن فك التواء أشرطة المادة الوراثية.

فايتوكروم phytochrome صبغة نباتية تعمل على امتصاص الضوء، مستقبل الضوء للضوء الأحمر- الأحمر البعيد.

فترة الجموح Period Refractory فترة التعافي بعد إزالة الاستقطاب التي يكون خلالها الغشاء غير قادر على الاستجابة لمؤثر إضافي.

فجوات منقبضة contractile vacuole في الطلائعيات وبعض الحيوانات، فجوة مملوءة بسائل صافٍ يأخذ الماء من داخل الخلية، وبعد ذلك تتقلص لتطرح الماء إلى خارجها من خلال فتحة بطريقة دورية، وظيفتها الرئيسة التوازن الأسموزي (الاتزان الداخلي) والإخراج.

فجوة vacuole كيس محاط بغشاء خلوي، موجودة في السيتوبلازم لبعض الخلايا، تُستخدم الفجوة للتخزين أو للهضم اعتمادًا على نوع الخلية. مثلًا، في الخلايا النباتية هناك فجوات مركزية كبيرة تُستخدم لتخزين الماء، والبروتينات، والفضلات.

فجوة مركزية central vacuole كيس كبير مُحاط بغشاء وجد في الخلايا النباتية التي تخزن البروتينات، والأصباغ والفضلات، ويشارك في التوازن المائي.

فراغ بين غشاءين intermembrane space الحجرة الخارجية للميتوكندريا التي تقع بين الغشاءين.

فراغ كيسي أو تجويف cisternal space المنطقة الداخلية لتركيب محاط بالغشاء، عادة يستعمل لوصف المنطقة الداخلية أو الفراغ الداخلي للشبكة الإندوبلازمية، ويسمى أيضًا التجويف.

فرضية التدفق الكمي mass flow hypothesis العملية الكلية التي تتحرك فيها المواد في اللحاء في النباتات.

فرضية السوطيات المكونة للمستعمرات colonial flagellate hypothesis فرضية اقترحها أولًا هيجل عام 1874 وتنص على أن الحيوانات البعدية تحدرت من مستعمرات طلائعية؛ تدعمها الإسفنجيات المشابهة للسوطيات الطوقية.

فرضية جين بجين Gene-for-gene hypothesis آلية دفاع في النبات، تقترح أن بروتينًا معينًا يتم إنتاجه عن طريق فيروس، أو بكتيريا، أو فطر ممرض يرتبط مع بروتين يتم إنتاجه عن طريق جين في النبات، هذا الارتباط ينشط بدء الاستجابة الدفاعية لدى النبات.

فرق التركيز concentration gradient الاختلاف في تركيز المواد من مكان إلى آخر؛ عادة عبر الغشاء.

فرق جهد الراحة للغشاء Resting membrane potertial الاختلاف في الشحنة (الاختلاف في الجهد الكهربائي) الموجود حول غشاء العصبون عند الراحة (تقريبًا 70 مليفولت).

فسفرة phosphorylation تفاعل كيميائي ينجم عنه إضافة مجموعة فوسفات إلى جزيء عضوي. فسفرة ADP تُنتج ATP. الكثير من البروتينات أيضًا يتم تنشيطها أو تثبيطها بعملية الفسفرة.

فسفرة ضوئية حلقية cyclic photophosphorylation تفاعل يبدأ مع امتصاص الضوء من قبل مركز التفاعل في الكلوروفيل الذي ينشط الإلكترون، الإلكترون المنشط أو ذات الطاقة العالية يرجع إلى النظام الضوئي، مولدة ATP في عملية الأسموزية الكيميائية. هذه وجدت في خلايا بكتيريا مفردة، وتحصل في النباتات في النظام الضوئي 1.

فسفرة ضوئية غير حلقية noncyclic photophosphorylation مجموعة من تفاعلات النظام الضوئي النباتي، حيث تسلك الإلكترونات المنتجة طريقًا معينًا بين النظاميين الضوئيين منتجة تدرجًا بروتونيًا يُستخدم لإنتاج ATP بواسطة الأسموزية الكيميائية. هذه الإلكترونات تُستخدم لاختزال NADP إلى NADPH. والإلكترونات المفقودة تُستبدل عن أكسدة الماء وإنتاج O_2.

فصل abscission عملية تساقط الأوراق أو البتلات حالما يدخل النبات حالة السكون.

فطريات جذرية خارجية Ectomycorrhizae فطريات جذرية تنمو على السطح الخارجي، ولا تقوم بدخول الخلايا التي تحيط بها.

فطريات جذرية داخلية Endomycorrhizae فطريات جذرية تنمو داخل الخلايا.

فطريات زقية (كيسية) ascomycetes قبيلة تضم 75% من الفطريّات المعروفة، تتميز بوجود الأبواغ الجنسية داخل جسم ثمري يدعى الكيس، التي تنتج من الانقسام المنصف وتتكاثر لاجنسيًّا بتكوين الكونيديا. بعضها يتكون من خلية واحدة كما في خميرة الخبز، والكثير منها عديد الخلايا كما في العفن الشائع، وفطريات الكأس، والكمأة. والزقيات المنتجة للبنسلين في جنس .Penicillium

فطريات جذرية Mycorrhizae علاقة تعايش بين فطر وجذور نباتية.

فطريات زيجوتية Zygomycetes نوع من الفطريات، أهم خصائصه إنتاج تراكيب جنسية تُسمى محفظة الأبواغ الزيجوتية، »التي تنتج من اندماج عضوين تكاثريين بسيطين.

فعل منعكس reflex في الجهاز العصبي، استجابة حركية تخضع لبعض التحورات المشتركة؛ هذه الأفعال الانعكاسية من أبسط المسارات العصبية، يضم الفعل المنعكس العصبونات الحسية فقط، وأحيانًا (لكن ليس دائمًا) تضم العصبونات البينية، وواحدًا أو أكثر من العصبونات الحركية.

فقاعة الاستنساخ transcription bubble المنطقة التي تحتوي على مبلمر RNA، شريط DNA القالب، RNA المنسوخ، سميت بذلك بسبب «الفقاعة» المحلية (الناتجة عن فك DNA لشريط DNA).

فقريات vertebrate حبليات ذات عمود شوكي؛ في الفقريات، يتطور الحبل الظهري إلى العمود الفقري المكون من عدد من الفقرات التي تحيط، وتحمي الحبل العصبي الظهري.

فك سفلي mandible في القشريات، الحشرات، وذات الألف قدم، زوائد تقع خلف قرون الاستشعار، وتُستخدم للاستحواذ، والإمساك، ولدغ أو مضغ الغذاء.

فلاجيلين Flagellin بروتين يكون أسواط البكتيريا، ويمكّن الخلية من الحركة خلال البيئة المائية.

فلافين أدينين ثنائي النيوكليوتيد Flavin Adenine dinucleotide عامل مساعد يعمل بوصفه ناقلًا إلكترونيًّا ذائبًا (غيرمرتبط بالغشاء) ويخضع لعمليات الأكسدة والاختزال.

فلجة blastomere خلية واحدة من خلايا البلاستيولة.

فلقة cotyledon ورقة بذرية تُعدّ مخازن للغذاء عادة في بذور الكاسيات (مغطاة البذور) أو تمتصه في ذوات الفلقة الواحدة، توفر غذاء يستعمل خلال إنبات البذرة.

فم (قمع) النفريديوم nephrostome فتحة شبيهة بالقمع تؤدي إلى النفريديا، وعضو إخراجي في الرخويات.

فوتون Photon جزيء ضوئي يمتلك كمية محددة من الطاقة، مفهوم الموجة الضوئية يفسر اختلاف الألوان في الطيف، في حين يفسر المفهوم الجزيئي للضوء انتقال الطاقة خلال عملية البناء الضوئي.

فورونيد phoronid أي مجموعة من اللوفوفور اللافقرية، حاليًّا تُصنف في قبيلة ذراعية القدم، تصنع جحورًا داخل المواد اللينة الموجودة في الماء وتفرز أنبوبًا كيتينيًّا تمضي حياتها داخله، وتستطيع مدّ زوائدها لتتغذى على جزيئات الطعام المحيطة.

فوق مملكة البكتيريا Domain Bacteria في نظام فوق الممالك الثلاث التصنيفي، المجموعة التي تحتوي على البكتيريا فقط، وهي مجموعة كبيرة من بدائيات النوى.

فوق مملكة البكتيريا القديمة Domain Archaea في نظام فوق الممالك الثلاث التصنيفي، المجموعة التي تحتوي على البكتيريا البدائية فقط، وهي مجموعة كثيرة التنوع من وحيدات الخلية بدائية النوى.

فوق مملكة حقيقيات النوى Domain Eukarya في نظام فوق الممالك الثلاث التصنيفي، المجموعة التي تحتوي على المخلوقات حقيقية النوى، التي تشمل الأوليات، والفطريات، والنباتات، والحيوانات.

فويهة osculum فتحة متخصصة كبيرة الحجم في الإسفنجيات يتم دفع الماء المرشَّح من خلالها إلى خارج الجسم.

فيتامينات vitamins مواد عضوية لا يتم بناؤها في مخلوقات حية معينة لكنها تحتاج إليها بكميات قليلة في عمليات الأيض الطبيعية.

فيرمونات pheromones مواد كيميائية يتم إفرازها من مخلوق حي لتؤثر في العمليات السلوكية والفسيولوجية لمخلوق حي آخر يتبع النوع نفسه. تُستخدم الفيرمونات لجذب الجنس الآخر، لترك أثر، وبوصفها إشارات منبهة.

فيرون virion جزيء فيروسي واحد.

فيروس virus مجموعة من الكيانات البيوكميائية تتكون من مادة وراثية ملفوفة داخل بروتين؛ تتكاثر الفيروسات فقط داخل الخلايا الحية المضيفة، ومن ثم لا يمكن اعتبارها مخلوقات حية.

فيروسات المتحررة Emerging Virus أي فيروس ينشأ في مخلوق معين، ومن ثم ينتقل إلى مخلوق آخر؛ عادة ما يشار إليه بأنه قادر على الانتقال للبشر.

فيروسات راجعة Retrovirus فيروسات تستخدم RNA بوصفه مادة وراثية. عندما تدخل هذه الفيروسات إلى الخلايا فإنها تقوم بنسخ RNA إلى DNA باستخدام أنزيم فيروسي يسمى الناسخ العكسي، هذا الـ DNA يتم تضاعفه واستنساخهُ من قبل آليات الخلية كما لو كان جزءًا من مادتها الوراثية.

فيروسات عارية Viroids مجموعة من جزيئات RNA الصغيرة العارية القادرة على التسبب في أمراض للنباتات، حيث تعمل على تدمير تكامل الكروموسوم.

فيروسات معتدلة أو مولدة للتحلل Temperate (Lysogenic phage) فيروس قادر على أن يدخل المادة الوراثية (DNA) الخاصة به إلى DNA لخلية العائل، حيث تبقى هناك فترات زمنية غير محددة وتتضاعف مع تضاعف DNA لخلية العائل.

فيكوبيلوبروتينات phycobiloproteins صبغات ثانوية توجد في الطحالب الخضراء المزرقة وبعض الطحالب الأخرى، قادرة على امتصاص الطاقة الضوئية في مدى اللون الأخضر.

فئران تم تعطيل بعض جيناتها knockout mice فئران تم تعطيل جين معين بها باستخدام تقنيات DNA الهجين والخلايا الجنينيّة الجذعية.

ق

قاعدة base أي مادة تتحلل أو تتفكك في الماء عند امتصاصه، وبذلك تخفض تركيز أيونات الهيدروجين. وهكذا ترفع الرقم الهيدروجيني PH.

قانون الإضافة Rule of addition قانون ينص على أنه لكل حدثين مستقلين، يكون احتمال حدوثهما حاصل جمع الاحتمالات الفردية لكلٍّ منهما.

القانون الأول للديناميكا الحرارية First Law of thermodynamics الطاقة لا تفنى ولا تستحدث ولكن تتحول من شكل إلى آخر، لهذا فإن كمية الطاقة في الكون غير قابلة للتغير.

قانون التوزيع المستقل Law of Independent Assortment قانون مندل الثاني للوراثة، الذي ينص على أن الجينات الواقعة على الكروموسومات غير المتماثلة تتوزع بشكل مستقل عن بعضها.

قانون الثمانيات octet rule قانون لوصف نمط الارتباط الكيميائي لمجموعات العناصر التي تحتاج إلى ثمانية إلكترونات لإكمال مستويات الطاقة الأخيرة.

قانون الديناميكا الحرارية الثاني Second Law of Thermaly نص يتعلق بانتقال طاقة الوضع إلى حرارة، ينص هذا القانون على أن الفوضى (العشوائية) تزيد بشكل مستمر في الكون مع تحولات الطاقة، لهذا فإن العشوائية أكثر احتمالية للحدوث من الترتيب.

قانون المضاعفة Rule of multiplication قانون ينص على أنَّ احتمال وقوع حدثين مستقلين هو ناتج ضرب احتمالات وقوع كل حدث منهما وحده.

قانون انعزال الصفات Law of Segregation قانون مندل الأول للوراثة، الذي ينص على أن الأليلين العائدين لجين ما ينعزلان خلال تكوين الجاميتات.

قبل القردة prosimian أي عضو من جماعة الثدييات الشقيقة لشبيهة الإنسان. تضم هذه الجماعة الليمور، واللورس والترسير.

قبيلة phylum فئة رئيسة في علم التصنيف، تقع بين المملكة والطائفة.

قدرة الحمل (قدرة استيعابية) carrying capacity أكبر عدد عن أفراد الجماعة الحيوية تستطيع البيئة استيعابهم.

قدرة الضغط pressure potential في النباتات، ضغط الامتلاء الناتج عن الضغط على جدار الخلية.

قدرة المذاب الأسموزية solute potential كمية الضغط الأسموزي الناتجة من وجود المذاب أو المواد المذابة في الماء، وتقاس عن طريق قياس مقاومة الضغط اللازمة لإيقاف حركة الماء.

قدرة مائية water potential طاقة الوضع لجزيئات الماء، وبغض النظر عن سبب القدرة المائية (مثل الجاذبية، الضغط، تركيز جزيئات المذاب)، يتحرك الماء من المنطقة ذات القدرة المائية العالية إلى المنطقة ذات القدرة المائية الأقل.

قدم أنبوبي foot tube في شوكيات الجلد، امتداد خارجي مرن للنظام الوعائي المائي قادر على الارتباط بالأرضية عن طريق عملية الشفط.

قدم ذيلي uropod واحدة من مجموعة الزوائد المسطحة عند نهاية بطن جراد البحر والجمبري تعمل مجتمعة بوصفها ذيلًا من أجل دفع هذه المخلوقات بسرعة وقوة بالماء.

قدم كاذبة pseudopod امتدادات سيتوبلازمية غير دائمة تخرج من جسم الخلية.

قرص بلاستيولي blastodisc عند تطور الأجنة في الطيور، منطقة تشبه القرص على سطح البيضة ذات المح الكبير التي خضعت للتفلج وأعطت نشوءًا للجنين.

قرص صوري imaginal disk واحد من مجموعة من الخلايا توجد جانبًا في بطن يرقة الحشرة التي التزمت بتكوين أجزاء أساسية من جسم الحشرة البالغ.

قرنية cornea الطبقة الشفافة الخارجية في عين الفقريات.

قشرة Pellicle غطاء مرن قاسٍ في المخلوقات المهدبة واليوغلينا.

قشرة cortex الطبقة الخارجية من تركيب في الحيوانات، وجزء من عضو يقع إلى الداخل في النباتات الوعائية، والنسيج الأساسي الأولي في الساق أو الجذر.

قشرة الدماغ cerebral cortex الطبقة السطحية الرقيقة من الخلايا العصبية والخلايا الغروية التي تغطي المخ؛ متطورة فقط في الثدييات، وخاصة بشكل جلي في البشر. قشرة الدماغ هي مركز الأحاسيس الواعية، والنشاط العضلي الإرادي.

قصبة هوائية trachea أنبوب للتنفس، في فقريات اليابسة أنبوب الهواء الذي ينقل الهواء بين الحنجرة والشعيبات القصبية (التي تؤدي إلى الرئة)، في الحشرات وبعض مفصليات الأرجل التي تعيش على اليابسة، جهاز من القنوات الهوائية المبطنة بالكايتين.

قصيبات Tracheoles أصغر التفرعات في الجهاز التنفسي لمفصليات الأرجل، تحمل القصيبات الهواء من القصبة الهوائية المرتبطة بالبيئة المحيطة الخارجية عن طريق المتنفسات.

قصيبات tracheids في خشب النباتات، تتكون من خلايا ميتة تستدق عند الأطراف، وتتداخل مع بعضها.

قطب حيواني animal pole في الكثير من الحيوانات، يُسمّى طرفا أو نهايتا البيضة والجنين الناتج لاحقًا القطب الحيواني ويكون لونه داكنًا، ومع استمرار عمليات التفلج فإن خلايا القطب الحيواني تنقسم بسرعة أكبر وتكوّن الأنسجة الخارجية لجنين الأسماك وبعض الفقريات المائية الأخرى.

قطب خضري vegetal pole نصف كرة الزيجوت الذي يضم خلايا غنية بالمح.

قطع شريطية proglottid سلسلة من قطع متكررة في الديدان الشريطية تحتوي على الأعضاء التكاثرية الذكرية والأنثوية. في النهاية تكوِّن هذه القطع الشريطية بيوضًا وأجنة، تغادر جسم المضيف عن طريق البراز.

قطع مرتبة tagmata أجزاء جسمية معقدة في مفصليات الأرجل تنتج عن الاندماج الجنيني لقطعتين أو أكثر، على سبيل المثال الرأس، والصدر، والبطن.

قطعة أمامية prosoma القطعة الأمامية من جسم العنكبوتيات، وتحمل زوائد.

قطعة جسمية somite واحدة من القطع النسيجية الناتجة عن انقسام الميزوديرم (الطبقة الجرثومية الوسطى) في أثناء عملية تمايز جنين الفقريات.

قطعة خلفية opisthosooma المنطقة الخلفية في جسم العنكبوتيات.

قطعة طرفية أو تيلومير Telomere تركيب متخصص غير قابل للنسخ يُغطي كل طرف من أطراف الكروموسوم.

قطعة عضلية Sarcomere وحدة الانقباض الأساسية في العضلات الهيكلية، تتكون من خطوط متكررة من الأكتين والميوسين التي تظهر بين خطي Z.

قلم style في الزهرة، عمود نسيجي رفيع يبرز من قمة المبيض ومن خلاله ينمو أنبوب اللقاح.

قلنسوة 5¢ Fivec cap في حقيقيات النوى، يضاف تركيب إلى الطرف 5¢ من mRNA مكون من GTP مضاف إليه مجموعة ميثيل. يرتبط هذا التركيب عن طريق رابطة 5¢ إلى 5¢. تعمل القلنسوة على حماية هذا الطرف من التحطم، و تشارك في البدء بعملية الترجمة.

قلنسوة الجذر root cap في النبات، تركيب نسيجي عند القمة النامية للجذر تحمي القمة المرستيمية له عند اندفاعه خلال التربة، خلايا قلنسوة الجذر تُفقد وتُستبدل باستمرار.

قناة البيض oviduct في الفقريات، الممر الذي تنتقل من خلاله البيضة من المبيض إلى الرحم.

قناة شعاعية radial canal إحدى القنوات الخمس التي ترتبط بالقناة الحلقية للنظام المائي الوعائي لشوكيات الجلد.

قناة نصف هلالية Semicircular canals أي من القنوات الهلالية المملوءة بالسائل الموجود في الأذن الداخلية التي تساعد على الاتزان.

قناة هافيرس Haversian canal قنوات ضيقة تمتد موازية لطول العظم تحتوي على الأوعية الدموية والخلايا العصبية.**قنوات مائية aquaporin** قنوات بروتينية خاصة بمرور الماء توجد في الأغشية تسارع الحركة الأسموزية للماء، توجد هذه القنوات المختصة بنقل الماء في الخلايا النباتية والحيوانية على حد سواء، وفي النباتات توجد في الأغشية البلازمية وأغشية الفجوة المركزية، وتسمح للحركة الكُتَلِّية للماء عبر الغشاء.

قنوات أيونية مبوبة بفرق الجهد لايوجد مسار عبر غشاء الخلية لأيون ما يفتح أو يغلق عند حدوث تغير في فرق الجهد، أو فرق في الشحنة عبر غشاء الخلية.

قنوات بروتينية channel proteins أغشية ناقلة بروتينية موجودة في الغشاء الخلوي، تمتلك البروتينات المكونة لهذه القنوات جزءًا داخليًّا محبًّا للماء يوفر القنوات المائية التي يتم من خلالها انتشار مواد لايمكن أن تمر عبر الغشاء، وعادة يسمح بمرور أيونات معينة مثل أيون البوتاسيوم، وأيون الصوديوم أو أيونات الكالسيوم عبر الغشاء.

قواعد متممة complementary تمثل المعلومات الوراثية التي في كل قاعدة نيتروجينية (نيوكليوتيد) لها شريك مكمل الذي يشكل معًا زوج القواعد.

قوس الفعل المنعكس Reflex arc الممر العصبي في الجسم المؤدي من المؤثر إلى الفعل المنعكس.

قوقعة Cochlea في الفقريات الأرضية، تجويف أنبوبي في الأذن الداخلية التي تحتوي على أعضاء أساسية للسمع.

ك

كادهيرين cadherin واحدة من مجموعة كبيرة من الأغشية البروتينية الناقلة التي تحتوي على Ca^{2+} بوصفها رابطًا وسيط بين الخلايا. هذه البروتينات مسؤولة عن التصاق خلية مع خلية من النوع نفسه.

كاذبة التجويف pseudocoel تجويف جسمي يقع بين طبقة الإندوديرم (الطبقة الجرثومية الداخلية) والميروديرم (الطبقة الجرثومية المتوسطة).

كاره للماء hydrophobic الترجمة الحرفية «كاره للماء». وصف للمواد غير المستقطبة غير الذائبة في الماء. ترتبط المواد غير المستقطبة مع بعضها في الماء لتشكل قطرات.

كاروتينويدات carotenoid أي مجموعة من الصبغات المساعدة موجودة في النباتات؛ إضافة إلى امتصاصها طاقة الضوء، هذه الصبغات تعمل بوصفها مادة مضادة للتأكسد تتخلص من الجذور الحرة الخطرة أو الضارة.

كالوس (الجُسْأة) callus نسيج غير متمايز، مصطلح يستخدم في زراعة الأنسجة، والتطعيم، والتئام الجروح.

كايتين chitin مادة قاسية ومقاومة تحتوي على النيتروجين، وعديدة التسكر، تشكل جدار خلايا الفطريات والهيكل الخارجي للمفصليات، والجليد الذي يغطي البشرة العليا لفقريات معينة أخرى.

كأس calyx بمجموعها تمثل السبلات؛ المحيط الزهري الخارجي.

كأس السكري Glycocalyx «الغطاء السكري» على سطح الخلايا نتيجة وجود عديدات التسكر على الدهون السكرية والبروتينات السكرية المغمورة في الطبقة الخارجية للغشاء البلازمي.

كبة Glomerulus تجمع من الشعيرات الدموية تحيط به محفظة بومان.

كتلة حشوية visceral mass أعضاء داخلية في التجويف الجسمي للحيوانات.

كتلة حيوية biomass الكتلة الإجمالية لكل المخلوقات الحية لجماعة معينة، والمنطقة، أو أي وحدة أخرى تمّ قياسها.

كربلة (مدقة) carpel عضو يشبه الورقة في مغطاة البذور الذي يغلف واحدة أو أكثر من البويضات.

كربوهيدرات carbohydrate مركب عضوي يتكون من سلسلة أو حلقة من ذرات الكربون التي ترتبط بذرات الهيدروجين، والأكسجين بنسبة تقريبية 1:2؛ ولها الصِّيغة العامة $(CH_2O)n$، وتشمل الكربوهيدرات: السكريات، والنشا والجلايكوجين، والسليلوز.

كروماتيد chromatid أحد الخيطين الشقيقين للكروموسوم المتضاعف يرتبطان معًا في نقطة السنترومير.

كروماتيد شقيق chromatid sister واحدة من نسختين متطابقتين لكل كروموسوم، تبقى متصلة عند منطقة السنترومير، وتنتج عند تضاعف الكروموسوم من أجل الانقسام المتساوي؛ بشكل مشابه، واحدة من النسختين المتطابقتين لكل كروموسوم من الكروموسومات المتماثلة الموجودة في الرباعي في الانقسام المنصف (الاختزالي).

كروماتين chromatin وهو مُعقّد من DNA والبروتين، يؤلف الكروموسومات في الخلايا حقيقية النواة، يأخذ الكروماتين شكلًا غير لولبي ملتفًّا إلى حد كبير (بدرجة كبيرة) ويحتل نواة الخلية في الطور البيني، ويتكثف ليشكل الكروموسومات المرئية في الطور التمهيدي.

كروماتين الحقيقي Euchromatin جزء من الكروموسوم في حقيقيات النوى يتم استنساخه إلى mRNA؛ يحتوي هذا الجزء على الجينات النشيطة غير المكثفة بشكل كبير في أثناء مرحلة الطور البيني.

كروماتين متغاير heterochromatin جزء من الكروموسوم في حقيقيات النوى لا يتم استنساخه إلى RNA؛ ويبقى متراصًّا في الطور البيني، ويُصبغ بشكل كثيف في التحضيرات النسيجية.

كروموسوم chromosome أداة عن طريقها تنقل المعلومات الوراثية من جيل إلى الجيل اللاحق؛ يتألف الكروموسوم في خلية البكتريا من حلقة واحدة من DNA؛ في الخلايا حقيقية النواة يتألف كل كروموسوم من جزيء DNA خيطي مفرد وبروتينات رابطة.

كروموسوم X Chromosome X واحد من الكرموسومين الجنسيين في الثدييات وذبابة الفاكهة، تمتلك الأنثى كروموسومي X.

كروموسوم Y chromosome Y واحد من الكروموسومين الجنسيين في الثدييات وذبابة الفاكهة، يمتلك الذكر كروموسومين: X و Y. يحدد الكروموسوم Y الذكورية.

كروموسوم مماثل homologue زوج من الكروموسومات من النوع نفسه موجودان في الخلايا ثنائية المجموعة الكروموسومية؛ تأتي نسخة من كل زوج متماثل من الجاميت القادم من الأم والنسخة الأخرى من الجاميت القادم من الأب. تشكل هذه الجاميتات الزيجوت.

كروموسومات جسمية autosome 22 زوجًا من أصل 23 زوجًا من الكروموسومات لدى الإنسان متطابقة في الذّكر والأنثى.

كروموسومات جنسية sex chromosome الكروموسومات المتعلقة بالجنس، في الإنسان، الكروموسومات الجنسية X وY.

كلوروفيل chlorophyll من الصبغات الأساسية التي تمتص الضوء في البناء الضوئي، يمتص الكلوروفيل أ الأضواء الزرقاء- البنفسجية والحمراء من الطيف المرئي، والكلوروفيل ب هي صبغة مساعدة للكلوروفيل أ، تمتص الأضواء الزرقاء والبرتقالي- الأحمر. ولا تقوم هذه الصبغات بامتصاص الضوء الأخضر (500–600 nm).

كلية kidney في الفقريات، العضو الذي يقوم بتصفية الدم وإزالة الفضلات النيتروجينية، ويعمل أيضًا على تنظيم اتزان الماء والمواد المذابة في بلازما الدم.

كمبيوم الفلين cork cambium مرستيم جانبي يشكل الأدمة المحيطية تنتج الفلين (الكمبيوم الفليني) نحو السطح (الخارج) للنبات والأدمة الفلينية نحو الداخل.

كمبيوم وعائي vascular cambium في النباتات الوعائية، غلاف أسطواني من الخلايا المرستيمية التي تنقسم لإعطاء اللحاء الثانوي الخارجي والخشب الثانوي الداخلي؛ تنشيط الكمبيوم الوعائي يزيد من قطر الساق والجذر.

كودون البدء start codon القواعد النيتروجينية الثلاث AUG، التي تشير إلى مكان بدء عملية ترجمة mRNA، هذا الكودون أيضًا يشفّر للحمض الأميني ميثيونين (Met).

كودون التوقف stop codon أي واحد من الكودونات الثلاثة UAA، UAG، UGA التي تشير إلى نقطة توقف عملية ترجمة mRNA.

كودون مضاد anticodon ترتيب النيكليوتيدات الثلاثة في الناقل tRNA والتي تتمم كودونًا معينًا في mRNA الخاصة بنقل حمض أميني معين.

كودونات عديمة المعنى nonsense codon واحد من الكودونات الثلاثة UAA، UAG، UGA التي لا يتم التعرف إليها عن طريق tRNA، لذلك تستخدم بوصفها إشارات "توقف" في رسالة mRNA لإنهاء عملية الترجمة.

كونيديا conidia خلايا لاجنسية أنتجت سبورات فطرية.

كيراتين keratin بروتين ليفي قاس، يتشكل في أنسجة البشرة العلويّة، ويتم تعديله ليعطي الجلد، والريش، والشعر، وتراكيب قاسية مثل القرون والأظافر.

كيس التوازن Statocyst مستقبل حسّي حساس للجاذبية والحركة.

كيس الصفن scrotum الكيس المحتوي على الخصيتين في معظم الثدييات.

كيس المح yolk sac الغشاء الذي يحيط بمح البيضة، ويعمل على إيصاله (الغني بالمواد الغذائية) إلى الجنين عن طريق الأوعية الدموية.

كيس خيطي لاسع nematocyst تركيب يشبه «الحربون» موجود في الخلايا اللاسعة لحيوانات قبيلة اللاسعات، التي تضم الهلام البحري ومجموعات أخرى، عند إطلاق الكيس الخيطي اللاسع لمحتوياته يعمل هذا على لسع الفريسة والمساعدة بالإمساك بها.

كيلوسُعر kilocalorie وحدة تستخدم لوصف كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلوجرام من الماء درجة مئوية واحدة (1°C)؛ واحد كيلوسعر = 1000 سُعر.

كيوتين (جليدين) cutin في النباتات، طبقة دهنية أنتجت من قبل البشرة التي تكون الكيوتكل على السطح الخارجي.

ل

لِجنين lignin مبلمر عالي التّشعُّبات يدخل في تركيب جدار الخلية، ويجعله أكثر صلابة، وهو مُكوّن مهم مِن مُكوّنات الخشب.

لاسع أو شوكة ذيلية telson شوكة ذيلية لجراد البحر والجمبري.

لاسيلوميات aceolomate حيوانات ليس لديها تجويف الجسم مثل شعبة الديدان المفلطحة.

لاصقات cohesins بروتين معقد يحمل الكروماتيدات الشقيقة معًا خلال انقسام الخلية، تحطيم هذا البروتين في السنترومير في أثناء الطّور الانفصاليّ للانقسام المتساوي يسمح للكروماتيدات الشقيقة بالحركة.

لاهوائية anaerobic أي عملية تحدث بغياب الأكسجين مثل التخمر.

لحاء phloem في النباتات الوعائية، نسيج موصل للغذاء يتكون من الخلايا الغربالية، و أنواع عدة من الخلايا البرنشيمية، والألياف، والخلايا الصخرية (الحجرية).

لقاح DNA vaccine DNA نوع من اللقاح يستخدم DNA من فيروس أو بكتيريا لإثارة الاستجابة الخلوية المناعية.

لوامس قدمية pedipalps زوج من الزوائد المتخصصة توجد في العنكبوتيات، في ذَكَر العنكبوت أعضاء تزاوج متخصصة للإمساك بالأنثى، لكن عند العقارب كلابات كبيرة.

لوفوفور lophophore تاج على شكل حذوة فرس، يتكون من زوائد هدبية. يحيط هذا التركيب بفم بعض أنواع الحيوانات حلزونية التفلج. يشاهد في شعبة عضديات الأرجل وشعبة الحيوانات الزهرية.

ليمف Lymph في الحيوانات، سائل عديم اللون ينشأ (يُشتق) من الدم عن طريق عملية تدعى الترشيح من خلال جدران الشعيرات الدموية الموجودة في الأنسجة.

م

مُحلّل الدهون (الليبيز) Lipase أنزيم يعمل على تحليل الدهون.

مُشغل Operator موقع مُنظم موجود على DNA يرتبط به المثبط، ليمنع البدء في عملية النسخ أو يقلله.

مُنتجات الميثان methanogens بكتيريا بائية إجبارية قديمة تنتج الميثان.

ما بعد السركاريا metacercaria الشكل المتكيس ليرقة دودة الكبد الشرقية، توجد في الأنسجة العضلية للحيوانات المصابة، وعند تناول هذه العضلات تتحلل الحويصلات في الأمعاء، وتنطلق الدودة إلى جسم المضيف الجديد.

مادة التفاعل (أساسية) substrate الجزيء الذي يعمل عليه الأنزيم.

مادة مولدة غروية colloblast نوع خاص من الخلايا وجدت في عدد من أعضاء قبيلة حاملات الأمشاط، تنفجر عندما تلامس عوالق حيوانية معطية مادة لاصقة قوية تساعد على الإمساك بالفريسة.

ماص للحرارة Endergonic تعبير يُستخدم لوصف تفاعل تمتلك فيه النواتج طاقة أكبر من المتفاعلات، لهذا فإن الطاقة الحرة يجب أن تضاف للتفاعل من مصادر خارجية؛ ليتمكن التفاعل من الحدوث.

مبدأ الإقصاء التَّنافسي competitive exclusion فرضية تنص على أن نوعين لهما المتطلبات البيئية المتماثلة، لايمكن أن يعيشا أو يوجدا في المكان نفسه إلى الأبد، وأن النوع الذي يستعمل المصادر النادرة بفاعلية أكبر سيزيل الآخر، وأيضًا تعرف بوصفها قاعدة جاوس.

مبدأ التقتير أو الاقتصاد Principle of Parsimony (مبدأ ينص على أن العلماء يفضلون الفرضية التي تتطلب أقل عدد من الافتراضات).

مبرد radula شبيه باللسان يوجد في أغلب الرخويات.

مبلمر Polymer جزيء يتكون من عدة وحدات جزيئية متشابهة أو متطابقة، النشا مبلمر من الجلوكوز.

مبلمر RNA polymerase RNA أنزيم يحفز بناء جزيء RNA الرسول، ويملك تسلسلًا مكملًا لجزيء DNA المستخدم بوصفه قالبًا. انظر إلى نسخ DNA.

مبلمر DNA polymerase DNA نوع من الأنزيمات يقوم بصناعة DNA من قالب موجود أصلًا. كلها تبدأ التصنيع بالاتجاه من 5 ← 3، ويحتاج هذا التصنيع إلى بادئ ليتم البدء بصنع DNA.

مبيض (1) ovary في الحيوانات، العضو المنتج للبيوض (2) في النباتات الزهرية، الجزء القاعدي المنتفخ من الكربلات (الخباءات) الذي يحتوي على البيوض، المبيض ينضج ليعطي الثمرة.

متجازئات الحالة الطبولوجية Topoisomerases أي صنف من الأنزيمات القادرة على تغير الحالة الطوبولوجية لـ DNA لتحريره من جهد الالتواء الناتج من فك التفاف.

متجانسة الأبواغ homosporous في بعض النباتات، إنتاج نوع واحد فقط من الأبواغ، وليس أنواعًا متمايزة. قارنها مع مختلفة الأبواغ.

متصلة contig قطع متصلة من DNA جمعت بطريق تحليل التعاقبات المتداخلة من القطع الصغيرة.

متعادل الأسموزية (التركيز) isosomatic ظرف يكون به التركيزان الأسموزيان لمحلولين متساويين، لهذا لا يكون هناك محصلة حركة للماء بين هذين المحلولين باستخدام الخاصية الأسموزية.

متعددة الأصول Polyphyletic في تصنيف شجرة نشوء الأنواع، المجموعة التي لا تضم السلف المشترك الأحدث لكل أفراد المجموعة.

متغاير النوى heterokaryotic في الفطريات، امتلاك نوعين

متميزين وراثيًّا من الأنوية في الخيط الفطري نفسه.

متك anther جزء من السداة يحمل حبوب اللقاح في أزهار نباتات مغطاة البذور.

متماثل الجينات homozygous امتلاك أليلين متماثلين للجين نفسه، يستخدم هذا التعبير لمكان خاص أو أكثر، "مثل، متماثل الجينات بالنسبةإلى الموقع W" (الطراز الجيني يكون W/W or w/w).

متنحٍّ recessive الأليل الذي يعبر عن نفسه فقط عندما تكون الجينات متماثلة، و"يختفي" عندما يعبر عن الجين السائد في حالات الجينات غير المتماثلة.

متنفسات spiracle فتحات في القصبات الهوائية لمفصليات الأرجل.

متوازية الأصل Paraphyletic في نشوء الأنواع، المجموعة التي تضم السلف المشترك الأكثر حداثة لكل أفراد المجموعة، ولكن ليس كل ما تحدر منه.

مثانة السباحة Swim bladder عضو موجود في الأسماك العظمية فقط. تساعد الأسماك على تنظيم الطفو عن طريق زيادة أو إنقاص الغاز في المثانة من خلال المريء أو شبكة متخصصة من الشعيرات الدموية.

مثبط inhibitor مادة ترتبط مع الأنزيم، وتقلل من نشاطه.

مثبط Repressor بروتين ينظم عملية نسخ DNA عن طريق منع مبلمر RNA من الارتباط بالمحفز ونسخ الجين البنائي. انظر المُشغل.

مثبط الموقع المغاير allosteric inhibitor المادة التي ترتبط في الموقع المغاير، وتوقف نشاط الأنزيم.

مثبطات تنافسية competitive inhibitor مثبطات ترتبط بالموقع النشط نفسه بوصفها مادة تفاعل للأنزيم، وبذلك تتنافس مع مادة التفاعل.

مثبطات غير تنافسية non- competitive inhibitors مثبطات ترتبط في مواقع غير الموقع النشط للأنزيم مُغيرةً شكل الأنزيم، وبذلك لا تستطيع الارتباط بالمادة المتفاعلة.

مثلية النوى homokaryotic في الفطريات، امتلاك الخيوط أنوية متشابهة وراثيًّا.

مجتمع community جميع الأنواع التي تعيش في بيئة مشتركة، وتتفاعل مع بعضها.

مجتمع بيولوجي (مجتمع حيوي) biological commu-nity كل الجماعات من الأنواع المختلفة التي تعيش معًا في مكان واحد، على سبيل المثال، كل الجماعات التي تعيش أو تسكن في المروج الجبلية.

مجموعة سكانية population مجموعة من الأفراد من النوع نفسه تحتل منطقة معينة في الزمن نفسه.

مجموعة الفوسفات غير العضوية inorganic phosphate جزيء فوسفات لا يكون جزءًا من جزيء عضوي، تضاف مجموعة الفوسفات غير العضوية، وتزال في أثناء تكوين جزيء ATP وهدمه وفي تفاعلات خلوية أخرى.

مجموعة وظيفية Functional group مجموعة جزيئية مرتبطة بالهيدروكربونات، وتمنح خصائص كيميائية محددة للمركبات التي تحتويها. من الأمثلة مجموعات الهيدروكسيل، والكاربونيل، والأمين.

محافظ جاميتية Gametangium الخلية أو العضو الذي يتم تشكُّل الجاميتات داخله.

محافظة على الموقع conservation of synteny المحافظة (صيانة) ترتيب قطع DNA على مر الزمن التطوري في الأنواع المتقاربة.

محاكاة باتيسية Batesian mimicry إستراتيجية للبقاء. فيها، مخلوقات حية وغير سامة ولذيذة المذاق تشابه أو تحاكي نوعًا آخر من المخلوقات الحية غير اللذيذة أو السامة، كلا النوعين يُظهر ألوانًا تحذيرية.

محب الماء hydrophilic الترجمة الحرفية «عشق الماء». وصف للمواد الذائبة في الماء. هذه المواد لا بد أن تكون مستقطبة أو مشحونة (أيونات).

محتوى جيني (الجينوم) Genome كامل تعاقبات DNA في المخلوق.

محتوى الطاقة Enthalpy في التفاعل الكيميائي، الطاقة الموجودة في الروابط الكيميائية للجزيء، ويرمز لها H؛ في التفاعل الخلوي، الطاقة الحرة تساوي محتوى الطاقة للجزيئات المتفاعلة في التفاعل.

محدِّد الشكل Morphogen جزيء إشارة ينتج عن طريق المنطقة الجينية المنظمة، يخبر الخلايا المحيطة بمقدار بُعدها عن المنظم، ومن ثم يحدد المواقع النسبية للخلايا خلال التطور الجنيني.

محركات خلوية (الليمفوكاين) Lymphokine جزيئات منظمة تُفرز من الخلايا الليمفية. في الاستجابة المناعية، تُفرز الخلايا المساعدة T هذه المحركات لإطلاق الاستجابة الخلوية المناعية.

محفز promoter تسلسل من DNA يزود مبلمر RNA بموقع للتعرف والارتباط للبدء بعملية نسخ الجين، يقع هذا المحفز فوق موقع بداية النسخ (في الاتجاه المعاكس لاتجاه النسخ).

محفظة الأبواغ sporangium تركيب يتم فيه إنتاج الأبواغ.

محفظة جاميتية أنثوية archegonium, pl. arche-gonia عضو عديد الخلايا عند قمة النبات الجاميتي في الحزازيات وبعض النباتات الوعائية ينتج البيض.

محفظة الفيروس (المحيفظة) capsid الغلاف البروتيني الخارجي الذي يحيط بالفيروس طبقة جيلاتينية تحيط بالجدار الخلوي في البكتيريا.

محفظة بومان Bowman's capsule في كلية الفقريات وحدة تشبه البالون (قمعية الشكل) من الوحدات الأنبوبية الكلوية التي تحيط بالكبة.

محلق الأدنيل adenylyl cyclase أنزيم ينتج كميات هائلة cAMP من ATP، يقوم cAMP بدور الرسول الثاني في الخلية المستهدفة.

محلل البروتين Protease أنزيم يقوم بتحطيم البروتينات عن طريق تكسير الرابطة الببتيدية، في الخلايا، محللات البروتينات تكون في العادة داخل حويصلات مثل الأجسام الحالّة.

محللات خارجية Exonuclease أنزيم قادر على قطع روابط الفسفودايستر بين النيوكليوتيدات الواقعة على أطراف سلسلة DNA. يسمح هذا بإزالة النيوكليوتيدات بشكل متتالٍ من نهاية DNA.

محللات داخلية Endonuclease أنزيم قادر على قطع روابط الفسفودايستر الموجودة بين النيوكليوتيدات الواقعة داخليًّا في سلسلة DNA.

محلول المنظم buffer مادة تُقاوم التغيرات في pH. تعمل على إطلاق أيونات الهيدروجين عند إضافة قاعدة وامتصاص أيونات الهيدروجين عند إضافة حمض.

محلول ذو تركيز عالٍ من المذاب hypertonic محلول ذو تركيز عالٍ من المُذاب مقارنة مع الخلية. تفقد الخلية الماء الموجود بداخلها إذا وضعت بمحلول ذي تركيز عالٍ من المذاب.

محلول ذو تركيز منخفض من المذاب hypotonic محلول ذو تركيز منخفض من المذاب مقارنة مع الخلية. تكتسب الخلية الماء إذا وضعت في محلول ذي تركيز منخفض من المذاب.

محلول متعادل التركيز للمادة المذابة isotonic محلول يحتوي على تركيز المادة المذابة نفسها كما هو داخل الخلية، إذا وضعت خلية في مثل هذا المحلول فإنها تكتسب ماء أو تفقده بالمقدار نفسه.

محور axon امتداد سيتوبلازمي من جسم العصبون. ويبدأ المحور عادة غير متفرع، ولكنه يعطي أفرعًا جانبية تتصل بالخلايا المجاورة. أما عند نهايته فإنه يعطي أفرعًا دقيقة عدة تنتهي بنهايات منتفخة تدعى الأزرار التشابكية. ينقل السيالات بعيدًا عن جسم الخلية على طول المحور Axon الى عصبون آخر أو غدة أو خلية عضلية.

مخ cerebrum الجزء من دماغ الفقريات (الدماغ الأمامي) الذي يحتل الجزء العلوي من الجمجمة، والذي يتألف من نصفي كرة مخ يرتبطان معًا عن طريق الجسم الصلب. وهو مركز الربط الأولي في الدماغ. وينسق ويعالج المدخلات الحسية إضافة إلى تنسيقه الاستجابات الحركية.

مخاريط cone في النبات، تركيب تكاثري للصنوبريات في الفقريات، نوع من العصبونات الحساسة للضوء في الشبكية مسؤولة عن إدراك الألوان مع التمييز الأكثر حدة للتفاصيل.

مختلف الأبواغ heterosporous في النباتات الوعائية، امتلاك نوعين من الأبواغ: صغيرة وكبيرة.

مخروط شرياني conus arteriosus الحجرة الأمامية القصوى للقلب الجنيني في الحيوانات الفقارية.

مخلق ATP ATP synthase أنزيم مسؤول عن تصنيع ATP في غشاء الثايلاكويد للبلاستيدات الخضراء، حيث يكوّن قناة تسمح للبروتونات بالمرور من خلالها إلى اللُّحْمَة، حيث تبرز هذه القنوات على السّطح الخارجي لغشاء الثايلاكويد. عند مرور البروتونات عبر هذه القنوات خارجة من الثايلاكويدات يتم فسفرة ADP وتحويله إلى ATP الذي يغادر إلى اللُّحْمَة.

مخلقَ معقد tRNA والحامض الأميني aminoacyl-tRNA synthetase أنزيمٌ يقوم بعملية الربط بين الحمض الأميني وtRNA، وهناك أنزيم خاص بكلٍّ حمض من الأحماض الأمينية العشرين.

مخلوق عابر الجينات transgenic organism مخلوق حي أُدخل فيه جين دون حدوث تزاوج تقليدي، بل عن طريق تقنيات الهندسة الوراثية.

مخلوقات أعماق البحار Pelagic مخلوقات حرة السباحة (الحركة)، عادةً ما تعيش في المحيطات المفتوحة.

مخيخ cerebellum منطقة الدماغ الخلفي في دماغ الفقريات الذي يقع إلى الأعلى من النخاع المستطيل (ساق الدماغ) وخلف الدماغ الأمامي؛ يدمج المعلومات عن موقع الجسم والحركة، ينسق أنشطة العضلات، ويحافظ على توازن الجسم.

مدار orbital منطقة حول نواة الذرة مع احتمال عالٍ لوجود الإلكترونات فيها، مواقع الإلكترونات يمكن وصفها فقط بهذه التوزيعات الاحتمالية.

مدق pistil العضو المركزي للأزهار، يتكون عادة من المبيض، والقلم، والميسم؛ يمكن أن يتكون المدق من واحد أو أكثر من الكربلات، ويعرف بشكل أفضل بالمتاع.

مدى العائل host range مدى المخلوقات التي يقوم فيروس معين بإصابتها.

مذاب solute جزيئات تذوب في المحلول. قاعدة عامة، المذاب يذوب في محاليل متشابهة من ناحية القطبية. على سبيل المثال الجلوكوز (قطبي) يذوب (يكون روابط هيدروجنية مع الماء) في الماء (قطبي أيضًا) ولكن ليس في الزيت النباتي (غير قطبي).

مذرق cloaca في بعض الحيوانات، مخرج مشترك للفضلات من الأجهزة: الهضمي، والتكاثري، والبولي. في حيوانات أخرى المذرق ربما يعمل بوصفه قناة تنفسية أيضًا.

مذيب solvent الوسط الذي يذوب فيه واحد أو أكثر من المذاب.

مرافق الأنزيم coenzyme جزيء عضوي غير بروتيني مثل NAD يؤدي دور مساعد في عمليات تحفيز الأنزيمات، عادة يعمل بوصفه مانحًا أو مستقبلًا للإلكترونات.

مربع بانيت Punnet squard طريقة بيانية لإظهار الطرز الجينية والشكلية المحتملة للتزاوجات الوراثية.

مرستيم أساسي Ground meristem المرستيم الأولي، أو النسيج المرستيمي المُعطى لجسم النبات (ما عدا البشرة والأنسجة الوعائية).

مرستيم جانبيّ lateral meristems في النباتات الوعائية، النسيج المرستيمي الذي يعطي الأنسجة الثانوية، والكمبيوم الوعائي، وكمبيوم الفلين.

مرستيم سلاميّ intercalary meristem نوع من أنواع النسيج المرستيمي يظهر في سلاميات الساق (المسافات بين ارتباطات الأوراق) لبعض النباتات مثل الذرة وذيل الحصان. هذا المرستيم مسؤول عن إطالة السلاميات.

مرستيم قميّ apical meristem خلايا متخصصة توجد في سيقان النباتات الوعائية وجذورها، ويقع المرستيم القمي في نهايات (قمم) السيقان والجذور، وفي أوقات النمو، تنقسم خلايا المرستيم القمي، وتضيف باستمرار المزيد من الخلايا على هذه القمم.

مرستيمات meristems أنسجة نباتية غير متمايزة تنشأ منها خلايا جديدة.

مرستيمات أولية primary meristem أي واحد من المرستيمات الثلاثة التي تُصنع عن طريق المرستيم القمي، وتعطي الأدمة، والأنسجة الوعائية، والنسيج الأساسي.

مرض السرطان cancer النمو المفرط وانقسام الخلايا الناتجان من فشل انقسام الخلية أو خللها.

مرض تنفسي حاد سارس Severe Acute Respiratory Syndrome عدوى تصيب الجهاز التنفسي، وتسبب معدل وفاة نسبته 8% ناتج من الإصابة بفيروسات تويجية.

مركبات أيضية ثانوية secondary metabolites جزيئات لا تتدخل مباشرة في النمو، والتطور، والتكاثر للمخلوقات الحية. في النباتات، هذه الجزيئات تضم الكافيين، والنيكوتين، وحمض التانيك، والمنثول، وتقلل من نشاط آكلات النباتات.

مركز التفاعل Reaction center معقد بروتيني عابر للغشاء في النظام الضوئي، يعمل على استقبال الطاقة من المعقد الهوائي التي تهيج إلكترونًا ينتقل بعد ذلك إلى جزيء مستقبل.

مسار لاحيوي apoplast route مسار حركة الماء والأملاح المعدنية من خلال جدران الخلايا والفراغات بينها، ويتجنب الانتقال عبر الأغشية في جذور النباتات.

مسار حيوي symplast route في جذور النبات، مسار لحركة الماء والمعادن ضمن سيتوبلازم الخلية، ويمر خلال البلاسمودسماتا التي تربط الخلايا مع بعضها.

مسار عبر غشائي transmembrane route في جذور النبات، مسار لحركة الماء والمعادن التي تعبر غشاء الخلية وأيضًا غشاء الفجوات في داخلها.

مسار كيميائي حيوي biochemical pathway سلسلة من التفاعلات الكيميائية التي تصبح نواتج التفاعل الواحد، المادة المتفاعلة للتفاعل الذي يليه، تفاعلات دورة كربس هي مسار كيميائي حيوي.

مساعدات التكتل (قوصَرَة) تجمع كروي لجزيئات الدهون في الماء، حيث تتجمع معًا بتأثير القوة الكارهة للماء.

مساعدات المنشط coactivator بروتين وظيفته ربط منشطات الاستنساخ مع معقد الاستنساخ الذي يتألف من أنزيم مبلمر RNA الثاني وعوامل الاستنساخ العامة.

مسامات عدسية Lenticels مناطق إسفنجية في الأسطح الفلينية للساق، والجذور، وأجزاء أخرى من النباتات تسمح بتبادل الغازات بين الأنسجة الداخلية والجو المحيط من خلال الأدمة المحيطة.

مستقبل خارجي Exteroceptor مستقبل يتهيج عن طريق المنبهات القادمة من العالم الخارجي.

مستقبلات الألم Nociceptors شجيرات عصبية تعمل كمستقبلات استجابة لمحفزات الألم.

مستقبلات داخلية interoceptor مستقبلات تقوم بالإحساس بالمعلومات الخاصة بالجسم نفسه، وظروفه الداخلية، ووضع أطراف الجسم.

مستقبلات خاصة Proprioceptors في الفقريات، مستقبلات حسيّة تستشعر موقع الجسم وحركته.

مستقبلات داخل الخلية intracellular receptor مستقبلات تربط رابطًا داخل الخلية، مثل مستقبلات NO، والهرمونات الستيرويدية، وفيتامين D، وهرمونات الغدة الورقية.

مستقبلات سطح الخلية cell-surface receptor بروتين على سطح الخلية يربط جزيء إشارة، ويحول إشارة خارج الخلية إلى إشارة داخل الخلية.

مستقبلات ضوئية Photoreceptors خلايا حسّية حساسة للضوء.

مستقبلات غشائية membrane receptor مستقبلات إشارات موجودة على شكل بروتينات كاملة في غشاء الخلية. مثال عليها، GPCRs القنوات الأيونية المبوبة كميائيًّا الموجودة في العصبونات، وRTKs.

مستقبلات مقترنة (مرتبطة) ببروتين G (GPCR) G-Protein-Coupled receptor. مستقبل يعمل من خلال بروتين G ذي القطع الثلاث لينشط البروتينات الهدف. تعمل هذه البروتينات بدورها على تنشيط أنزيمات تقوم بإنتاج رُسلٍ ثانية مثل cAMP أو IP_3.

مستقبلات نووية nuclear receptors مستقبلات داخل خلوية توجد في كل من السيتوبلازم والنواة. يكون موقع عمل معقد (الهرمون – المستقبل) في داخل النواة، حيث يتم من خلالها تعديل التعبير الجيني.

مستودع جيني Gene Pool جميع الأليلات التي يمتلكها أو الموجودة في النوع.

مستوى الطاقة trophic level خطوة من خطوات انتقال الطاقة خلال النظام البيئي.

مستوى طاقة محدد Energy Level مستوى محدد من الطاقة يمتلكه الإلكترون في الذرة. لتغيير مستوى الطاقة المحدد، على الإلكترون امتصاص أو إطلاق طاقة.

مشيمة (1) placentaفي النباتات الزهرية، الجزء من جدار المبيض الذي ترتبط به البذور أو البيوض (2) في الثدييات، نسيج يتكون من بطانة الرحم ومن أغشية أخرى عن طريقها يتغذى الجنين (مخلق فيما بعد) في أثناء وجوده بالرحم، ومن خلالها تنقل الفضلات إلى الخارج.

مصاوغ isomer واحدة من مجموعة من الجزيئات لها صفات جزيئية متشابهة إلاّ أنها تختلف في الترتيب التركيبي (الأشكال)، مثل الجلوكوز والفركتوز.

مصفاة Madreporite صفيحة تشبه الغربال على سطح شوكيات الجلد، يتم من خلالها دخول الماء إلى النظام المائي الوعائي.

مصفوفة DNA microarray مصفوفة من قطع DNA على شريحة مجهرية أو قطعة من السليكون، تُستخدم في تجارب التهجين باستعمال mRNA أو DNA معلّم لتحديد الجينات النشطة من غير النشطة، أو وجود تسلسل معين أو غيابه.

مطابق أسموزيًّا Osmoconformer حيوان يحافظ على التركيز الأسموزي لسوائل جسمه تقريبًا بنفس مستوى البيئة المحيطة التي يعيش بها.

مطاعيم تحت الوحدة subunit vaccines نوع من المطاعيم يُنتج عن طريق استخدام تحت وحدة من البروتين الفيروسي الموجود في غلاف الفيروس لإنتاج استجابة مناعية ضده، ومفيد لمنع الأمراض الفيروسية مثل الالتهاب الكبدي من نوع B.

مطفّر أو مسبب الطفرة Mutagen عامل يحفز التغيرات في DNA (طفرات)، يشمل عوامل فيزيائية تدمر DNA وعوامل كيميائية تغير القواعد النيتروجينة في DNA.

معادن ثقيلة Heavy metal أي من العناصر المعدنية التي تملك عددًا ذريًّا عاليًا، مثل الزرنيخ، والكادميوم، والرصاص،.. إلخ. الكثير من المعادن الثقيلة تُعدّ سامة للحيوانات حتى بكميات قليلة.

معالجة نباتية للملوثات phytoremediation عملية استخدام النباتات من أجل إزالة الملوثات من التربة والماء.

معراة البذور Gymnosperms نباتات بذرية تحتوي على بذور غير محاطة بالمبيض. المخروطيات هي من معراة البذور.

معزز Enhancer موقع ارتباط بروتين تنظيمي على جزيء DNA بعيد عن مكان المحفز ومكان بدء التصنيع في عملية الاستنساخ الجيني.

معقد b6-f complex b6–f انظر معقد سيتوكروم Cyto-chrome b6-f.

معقد الاستنساخ Transcription complex معقد يضم مبلمر RNA الثاني إضافة إلى المنشطات الضرورية، مرافقات المنشطات، وعوامل أخرى تدخل بشكل نشط في نسخ DNA.

معقد الأنزيم والمادة الأساسية (مادة التفاعل) Enzyme-substrate complex معقد يتكون عند ارتباط الأنزيم بمادته الأساسية. لهذا المعقد شكل مغاير لشكل الأنزيم قبل الارتباط.

معقد التشابك الخيطي synaptonemal complex شبكة بروتينية تتكون بين الكروموسومين المتماثلين في الطور التمهيدي الأول من الانقسام الاختزالي، تعمل على حمل الكروموسومات المتضاعفة بشكل دقيق بالنسبة إلى بعضها حيث يحدث ازدواج قواعد تتشكل بين الكروماتيدات غير الشقيقة من أجل حدوث عملية العبور التي تكون عادةً في داخل التسلسل الجيني.

المعقد المُعزز للطور الانفصالي anaphase-promoting complex APC مركب من البروتين وظيفته إطلاق الطور الانفصالي نفسه. حيث تكون الكروماتيدات الشقيقة عند الطور الاستوائي مُمسكة ببعضها بعضًا عن طريق البروتين المُعقد اللاصق. لا يعمل بشكل مباشر على اللاصق، ولكنه على العكس، يعمل على إعداد بروتين يُسمى الضامن (سِكيورين) Securin يعمل على تحطيم معقدات اللاصقات التي تربط سنترومير الكروماتيدات، وتتحرر الكروماتيدات الشقيقة، وتتحرك نحو قطبي الخلية.

معقد هوائي antenna complex يُسمى أيضًا المعقد المجمِّع للطاقة الضوئية، يتكون هذا المعقد من شبكة من جزيئات الكلوروفيل المرتبطة معًا، والمحمولة على مجموعة من البروتينات الموجودة في أغشية الثايلاكويد و توجد كميات متفاوتة من الأصباغ الثانوية ضمن هذا المعقد. تترتب جزيئات الأصباغ بشكل مثالي لتجميع الطّاقة المتوافرة في فوتونات الضّوء القادمة من أشعة الشمس، وتوجيه هذه الطّاقة نحو مركز التفاعل.

معقد سيتوكروم cytochrome b6–f complex b6–f مضخة بروتونية وجدت ضمن غشاء الثايلاكويد. هذا المعقد يستعمل طاقة من الإلكترونات النشطة أو ذات الفعالية العالية لضخ البروتونات من اللحمة (الستروما) في حجيرة الثايلاكويد.

معقدات متعددة الأنزيم Multienzyme complexes تَجمُّع يتألف من أنزيمات عدة تحفز خطوات مختلفة في تسلسل من التفاعلات. تقارب هذه الأنزيمات المتقاربة يُسرع العملية الكلية، ويجعلها أكثر فاعلية.

معي بدائي archenteron التجويف الرئيس لجنين الفقريات في مرحلة الجاستيرولا والمبطن بالأندودرم التي تفتح إلى الخارج، وتمثل تجويف القناة الهضمية مستقبلًا.

مغازل spinnerets أعضاء عند النهاية الخلفية لبطن العنكبوت يفرز سائلًا بروتينيًّا يصبح حريرًا.

مغذيات صغيرة micronutrient معادن يحتاج إليها النبات من أجل النمو بكميات قليلة، مثل الحديد، والكلور، والنحاس، والمنجنيز، والزنك، والمولبيدينم، والبورون.

مغذيات كبيرة macronutrient عناصر لاعضوية يحتاج إليها النبات من أجل النمو بكميات كبيرة، مثل النيتروجين، والبوتاسيوم، والكالسيوم، والفوسفور، والماغنسيوم، والكبريت.

مغزل spindle تركيب مكوّن من أنيبيبات دقيقة تُشعّ من أقطاب الخلية المنقسمة، وترشد الكروماتيدات الشقيقة إلى القطبين.

مغطاة البذور angiosperms نباتات وعائية مزهرة، تحاط بويضاتها بنسيج ثنائي الكروموسوم يدعى المبيض وتشكل ثمارًا.

مفاصل معلّقة Anchoring junctions نوع من الخلايا الرابطة تربط الهيكل الخلوي للخلية بصورة ميكانيكية بالهيكل الخلوي للخلايا المجاورة، أو إلى المادة بين الخلوية الواقعة خارج الخلايا. توجد هذه المفاصل بشكل شائع في الأنسجة التي تتعرض لشد ميكانيكي كالعضلات، والأنسجة الطلائية في الجلد.

مفاصل أدهيرين adherins junction بروتينات ليفية عبر الأغشية، تربط المادة البنية خارج الخلايا بالهيكل الخلوي داخلها، توجد في الأنسجة التي تتعرض لشد ميكانيكي عالٍ كالجلد.

مفاصل محكمة tight junctions منطقة يحدث فيها اندماج حقيقي بين الأغشية البلازمية لخليتين حيوانيتين متجاورتين تمنع المواد من التسرب (المرور) بين الأنسجة.

مفسفر تايروسين المستقبل receptor tyrosine kinase مجموعة متنوعة من المستقبلات الغشائية. عندما تنشط تمتلك نشاطًا أنزيميًّا مفسفرًا. وبشكلٍ خاص، تعمل على فسفرة الحمض الأميني تيروسين الموجود على البروتين. تنشيط هذه المستقبلات يؤدي إلى استجابات خلوية متنوعة.

مفسفر مستقبل النبات plant receptor kinase أي مجموعة من المستقبلات الغشائية النباتية عندما تُنشّط عن طريق الارتباط بالرابط (ligand) تمتلك بعد ذلك نشاطًا أنزيميًّا مفسفرًا. هذه المستقبلات تفسفر السيرين أو الثريونين على خلاف الـ RTKs الموجود في الحيوانات الذي يفسفر التيروسين.

مفصل فجوي Gap Junction مفصل بين الخلايا الحيوانية المتجاورة يسمح بمرور المواد بين الخلايا.

مفصل عصبي عضلي neuromuscular junction تركيب يتشكل عندما يحدث تلامس بين قمة المحاور العصبية والألياف العضلية.

مفهوم النوع البيولوجي biological species concept (BSC) مفهوم يعرف النوع بوصفه مجموعة من الجماعات قادرة على التزاوج، وهي معزولة تكاثريًّا عن المجموعاتٍ الأخرى.

مفهوم النوع المعتمد على تاريخ النشوء phylogenetic species concept مفهوم يعرّف النوع بحسب العلاقات النشوئية.

مقاومة الشد tensile strength قياس قوى تماسك مادة ما، وعدم الانفصال إلى أجزاء. الماء في الأوعية النباتية الضيقة يمتلك مقاومة شد كبيرة تساعده في المحافظة على عمود الماء مستمرًّا.

مقاومة مكتسبة جهازيًّا systemic acquired resistance في النباتات، استجابة طويلة الأمد للعامل الممرض أو لهجوم آفة معينة حيث تبقى أيامًا عدة أو أسابيع، وتسمح للنبات بالاستجابة السريعة لهجوم لاحق من قبل عدد من العوامل الممرضة.

مقياس الرقم الهيدروجيني pH Scale مقياس يُستخدم من أجل قياس القاعدية والحموضة. يعرّف بأنه سالب لوغريتم تركيز أيون الهيدروجين. يتراوح من صفر إلى 14. القيمة 7 تعني متعادلًا؛ أقل من 7 تدل على الحموضة وأكثر من 7 تدل على القاعدية.

مكتبة جينومية Genomic importing مكتبة DNA المحتوية على تمثيل للمجموع الجيني الكلي للمخلوق.

مكتبةDNA فك الارتباط التزاوج المنوع DNA library dissortative mating تشكيلة من المادة الوراثية في حوامل (بلازميدات، أو فيروسات، أو كروموسوم اصطناعي) تمثل معًا خليطًا معقدًا من المادة الوراثية، مثل المحتوى الجيني بكامله أو DNA المكمل المصنوع من كل من RNA الرسول في نوع محدد من الخلايا. في البروتينات، التفكك المنعكس إلى تحت الوحدات دون تغير التركيب الثلاثي لهذه الوحدات. و تشير إلى ذوبان المركبات الأيونية في الماء. نوع من التزاوج غير العشوائي، حيث يحدث به تزاوج لأفراد مختلفة في الشكل (الظاهر) بشكل متكرر جدًا.

مكثف condensin مُعقد من البروتينات يشترك في تكثيف الكروموسومات خلال الانقسام المتساوي والانقسام المنصف (الاختزالي).

ملاءمة شاملة inclusive fitness وصف لمجموع عدد الجينات التي عبرت إلى النسل بشكل مباشر، وتلك التي عبرت بشكل غير مباشر عن طريق الأقارب بسبب الاستفادة من إيثار الفرد.

ملتحمة الاقواس synapsid أي من المجموعات البدائية في الزواحف التي تمتلك فتحات مؤقتة في الجمجمة خلف تجويف العين. عضلات الفك تلتصق بهذه الفتحات. السلف البدائي للثدييات ينتمي لهذه المجموعة.

ممبار allantois غشاء يتشكل من الطرف السفلي للقناة الهضمية في أجنة الزواحف والطيور، ويحيط بتجويف تخرج إليه النواتج الضارة للجنين، وفي بيوض بعض الحيوانات يحيط بالبيضة من الداخل، ووظيفته التنفس والتخلص من الفضلات، ويؤدي غشاء الممبار دورًا مهمًّا في تطوير المشيمة في الثدييات.

مملكة kingdom ثاني أعلى مستوى تصنيفي مُستخدم.

منخفض الأسموزية hypoosmotic ظرف يكون به المحلول ذا تركيز أسموزي منخفض مقارنة مع محلول آخر. قارن مع عالي الأسموزية.

منشط الموقع المغاير allosteric activator المادة التي ترتبط بالموقع المغاير، وتحافظ على نشاط الأنزيم، ومن ثم ترفع من نشاطه.

منشط بلازمينوجين النسيجي tissue plasminogen activator بروتين إنساني يسبب إذابة جلطات الدم، إذا تم استخدامه خلال الساعات الثلاث الأولى لحدوث الجلطات الدماغية يمكن أن يمنع الإعاقة التي تسببها هذه الجلطات.

منطقة الاستطالة zone of elongation في النبات، جزء من الجذر الناشئ يقع إلى الخلف من منطقة انقسام الخلايا، تستطيل الخلايا في هذه المنطقة عادةً مسببةً استطالة الجذر.

منطقة فعّالة Trp operon Trp في بكتيريا *E. Coli*؛ المنطقة الفعّالة التي تحوي جينات مشفرة للأنزيمات التي تصنع التربتوفان.

منطقة فعالة lac operon lac في بكتيريا*E. Coli* تحتوي المنطقة الفعالة على الجينات المسؤولة عن تصنيع الأنزيمات اللازمة لعمليات الأيض للاكتوز.

منطقة النضج zone of maturation في النبات، جزء من الجذر يقع خلف منطقة الاستطالة. تتمايز خلايا هذه المنطقة لإعطاء أنواع خلايا متخصصة.

منطقة انقسام الخلية zone of cell division في النبات، جزء من الجذر الناشئ الذي يضم المرستيم القمي الجذري والخلايا التي تقع خلفها. عادة الخلايا التي تقع في هذه المنطقة تنقسم كل 12–36 ساعة.

منطقة شفافة Zona pellucid الغشاء الخارجي الذي يغلف بيضة الثدييات.

منطقة عابرة للغشاء transmembrane domain منطقة كارهة للماء في البروتين العابر للغشاء تعمل على تثبيت البروتين بالغشاء. غالبًا ما يكون حلزوني ألفا، لكن أحيانًا تمتلك مناطق بيتا لتشكل ثقوبًا أسطوانية الشكل.

منطقة فعّالة operon تجمع للجينات القريبة تركيبيًا التي تنسخ بوصفها وحدة واحدة إلى جزيء RNA رسول واحد.

منطقة ما تحت الفلقات hypocotyl المنطقة الواقعة مباشرة تحت مكان اتصال الفلقات.

مهاد thalamus جزء من أجزاء الدماغ الأمامي يقع خلف المخ، يتحكم في تدفق المعلومات إلى المخ من جميع الأجزاء الأخرى للجهاز العصبي.

موت الخليّة المبرمج apoptosis عملية برمجة لموت الخلية، من خلالها الخلايا التي تحتضر تذبل وتتكمش. هذه الطريقة لتطوير الخلايا الحيوانية، بحيث تتخلص بطريقة منظمة ومخطط لها من الخلايا التي من المفروض ألا تكون موجودة في النسيج النهائي.

موتيف motif تحت تركيب في البروتين يمنح البروتين وظيفته، أحد الأمثلة موتيف حلزون- لفة -حلزون الموجود في عدد من البروتينات التي تستخدم لربط DNA.

موتيف الرابط لـ DNA لا يوجد لها معنى منطقة موجودة على بروتين تنظيمي قادرة على الاتصال بتسلسل معين من القواعد الموجودة على DNA، جزء مهم في نطاق البروتين المرتبط بـ DNA.

موتيف المنطقة المتجانسة Homeodomain motif مجموعة خاصة من موتيفات حلزون — لفة — حلزون توجد في البروتينات التنظيمية التي تتحكم في التطور الجنيني في حقيقيات النوى.

موتيف سحّاب لوسين المنزلق leucine zipper motif موتيف في البروتينات المنظمة يشترك فيه تحت وحدتين بروتينيتين مختلفتين لتشكلا موقع ارتباط واحد لـ DNA؛ ترتبط تحت الوحدتين مع بعضهما عن طريق الارتباط بين المناطق الكارهة للماء المحتوية على لوسين («على شكل سحاب»).

موطن Habitat بيئة المخلوق، المكان الذي يوجد به المخلوق عادة.

موقع locus موقع على الكروموسوم حيث يوجد الجين.

موقع A site A الأمينوأسيل Aminoacyl في الرايبوسوم الذي يرتبط مع الناقل tRNA الحامل للحمض الأميني المراد إضافته إلى سلسلة البوليببتيدات.

موقع E-site E في الرايبوسومات، مكان الخروج الذي يرتبط به RNA الناقل الذي حمل الحمض الأميني السابق الذي تمت إضافته لسلسة عديد الببتيد.

موقع P–site P (الببتديل)في الرايبوسوم، موقع الببتديل الذي يرتبط بـ tRNA المرتبط بالببتيد قيد النمو.

موقع مغاير allosteric site موقع خاص على الأنزيم يعمل بوصفه منظم بدء وإيقاف، فارتباط مادة في هذا الموقع يغير وضع أنزيم من شكل نشط إلى خامل أو بالعكس، تبعًا للمادة المرتبطة إذا كانت منشطة أو مثبطة.

موقع نشط active site منطقة على سطح الأنزيم الذي يربط مجموعة من مادة التفاعل (الأساسي)، وتخفيض طاقة التنشيط اللازمة لتفاعل كيميائي معين، وتيسير ذلك.

موقع مُعلم التعاقب sequence tagged site (STS) قطعة صغيرة فريدة من DNA في المحتوى الجيني، تحدث مرة واحدة، ويستفاد منها بوصفها علامة فيزيائية فارقة في الخريطة الجينية.

مول mole وزن المادة بالجرامات المعادل للكتل الذرية للذرات جميعها في جزيء من تلك المادة. يحتوي المول الواحد من المركب 6.023×10^{23} جزيء من المادة.

مولد الضد antigen مواد غريبة، عادة بروتين أو بروتينات سكرية تحفز الاستجابة المناعية.

مولدة الألياف Fibroblast خلايا مسطحة متشعبة بشكل غير منتظم موجودة في النسيج الضام، تقوم بإفراز بروتينات بنائية قوية في المادة البينية بين الخلايا.

مونمر monomer وحدات كيميائية صغيرة تكوّن المبلمر. السكر الأحادي ألفا جلوكوز مونمر موجود في النشا النباتي العديد التبلمر.

مؤكسد رايبولوز ثنائي الفوسفات ribulose bisphosphate carboxylase oxygenase أنزيم ضخم مكون من 4 وحدات موجود في البلاستيدات الخضراء يحفز تفاعل تثبيت الكربون، وتفاعل ارتباط ثاني أكسيد الكربون بالرايبولوز 1و5 ثنائي الفوسفات.

ميدوزا medusa شكل من أشكال الجسم يشبه المظلة، حر السباحة، ويوجد في الحيوانات اللاسعة، مثل هلام البحر.

ميراسيديوم miracidium يرقة المرحلة الأولى المهدبة الموجودة داخل بويضة دودة الكبد الشرقية، تخرج البويضة مع البراز وعندما تصل إلى الماء يمكن أن تُؤكل عن طريق القوقع المضيف حيث تكمل دورة حياتها داخله.

ميزة الخليط heterozygote advantage حالة يكون بها الفرد غير متماثل الجينات لصفة ما له ميزة (أفضلية) انتقائية مقارنة مع الفرد ذي التماثل الجيني لتلك الصفة. مثال فقر دم الخلايا المنجلية.

ميزودرم mesoderm واحدة من الطبقات الجرثومية الثلاث الجنينية تتشكل في أثناء عملية تكون الجاسترولا (التبطين) وتعطي العضلات، والعظام والأنسجة الضامة الأخرى، والغشاء المبطن للتجويف البطني، وجهاز الدوران، وأغلب أجهزة الإخراج والأجهزة التناسلية (التكاثرية).

ميسم (1) stigma في زهرة النباتات مغطاة البذور، منطقة في الكربلة تشكل سطح استقبال لحبوب اللقاح. (2) في الطحالب، بؤرة البصر الحساسة للضوء.

ميجا باسكال megapascal MPa وحدة قياس تستخدم لقياس ضغط الماء في أثناء الإجهاد المائي.

ميورين كاذب Pseudomurien مُكوَّن للجدار الخلوي في البكتيريا القديمة، يشبه الببتيدوجلايكان في التركيب والوظيفة، ولكنه يحتوي على مكونات مختلفة.

ميوسين myosin أحد البروتينين المكونين للخيوط الدقيقة (الآخر الأكتين)، والمكوّن الأساسي لعضلات الفقريات.

ن

نترتة Nitrification عملية أكسدة الأمونيا أو NO_3^- لإنتاج NH3 أو نيترات، وشكل النيتروجين الذي تأخذه النباتات،

بعض البكتيريا قادرة على عمل النترتة.

نازع هيدروجين NADH dehydrogenase NADH أنزيم يقع على الغشاء الداخلي للميتوكندريا يحفز أكسدة البيروفيت إلى أستيل مرافق الأنزيم عن طريق NAD. هذا التفاعل يربط بين التحلل الجلايكولي ودورة كربس.

ناسخ عكسي Reverse transcriptase أنزيم فيروسي يوجد في الفيروسات الراجعة، له القدرة على تحويل المحتوى الجيني المكون من RNA إلى نسخة DNA.

ناقل RNA RNA transfer صنف من أصناف RNA الصغير (تقريباً 80 نيوكليوتيدًا) فيه موقعان فعالان، عند أحد هذين الموقعين، يضيف «أنزيم نشط» حامضًا أمينيًّا معينًّا، في حين يحمل الموقع الآخر الشيفرة الثلاثية (الكودون المضاد) الخاصة بهذا الحمض الأميني.

ناقل الببتيديل peptidyl transferase في عملية الترجمة، الأنزيم المسؤول عن تحفيز تكوين (تشكيل) الروابط الببتيدية بين كل حمض أميني جديد والحمض الأميني السابق في سلسلة عديد الببتيد النامية.

نبات الذروة climax vegetation نبات موجود في مجتمعات ذاتية –الإدامة مر في جميع مراحل التعاقب البيئي حتى وصل إلى حالة الاستقرار.

نباتات ذات الفلقة الواحدة Monocot أو Monocot yledon نباتات زهرية، يحوي الجنين فيها فلقة واحدة فقط، الأجزاء الزهرية غالبًا ما تكون ثلاثية، والأوراق متوازية العروق.

نباتات متحملة للملوحة Halophyte نباتات قادرة على تحمل شدة الملوحة.

نتح transpiration فقدان بخار الماء من أجزاء النباتات، أغلب النتح يحدث عن طريق الثغور.

نجم aster ترتيب للأنيبيبات الدقيقة في الانقسام المتساوي للخلايا الحيوانية، تمد السنتريولات شعاعيًّا عددًا كبيرًا من الأنيبيبات الدقيقة نحو الغشاء الخلوي المجاور عندما تصل قطبي الخلية. ومع أن وظيفة النجم غير مُتفّق عليها تمامًا، فمن المُحتمل أنَّهُ يُثبّت السنتريولات قبالة الغشاء الخلوي، ويُصلّب نقطة ارتباط الأنيبيبات الدقيقة في أثناء انكماش المغزل.

نجمي Satellite DNA منطقة غير قابلة للنسخ من الكروموسوم، تمتلك تركيب قواعد مميزًا؛ تسلسل قصير من النيوكليوتيدات يتكرر آلاف المرات.

نخاع Pith النسيج الأساسي الذي يحتل مركز الساق أو الجذر ضمن الأسطوانة الوعائية. نسبة المساحة السطحية إلى الحجم، العلاقة بين مساحة سطح تركيب ما، كالخلية إلى الحجم الذي تحتويه.

نزع الأمين deamination إزالة مجموعة الأمين؛ جزء من عملية تحطيم البروتين إلى مركبات قادرة على دخول دورة كربس.

نزع الهيدروجين dehydrogenation تفاعل كيميائي يتضمن فقدان ذرة هيدروجين. يُعدّ هذا نوعًا من التأكسد، حيث يجمع فقدان إلكترون مع فقدان بروتون.

نسبة مندلية Mendelian Ratio نسبة الطرز الشكلية السائدة إلى المتنحية التي لاحظها مندل في تجاربه الوراثية، على سبيل المثال، النسل الثاني (F_2) الناتج من التزاوج أحادي الهجين يظهر ما نسبته 3:1، النسل الثاني (F_2) في التزاوج ثنائي الهجين يظهر ما نسبته 9:3:3:1.

نسخة أولية primary transcript جزيء mRNA البدائي الذي تم نسخه من جين معين عن طريق مبلمر RNA، يحتوي على نسخة (مخْلصة) عن كامل الجين بما يتضمنه من قطع التعاقبات المعترضة والمشفّرة.

نسيج Tissue مجموعة من الخلايا المتشابهة تنتظم في وحدات بنائية ووظيفية.

نسيج أدمي dermal tissue في المخلوقات متعددة الخلايا نوع من الأنسجة يشكل الطبقة الخارجية للجسم، وهو على اتصال مع البيئة المحيطة، له دور في حماية الجسم.

نسيج أساسيّ Ground tissue في النبات، نوع من الأنسجة قادر على القيام بمجموعة من الوظائف، تضم هذه الوظائف: الدعم، والتخزين، والإفراز، والتمثيل الضوئي؛ ربما يتكون من أنواع عدة من الخلايا.

نسيج طلائيّ Epithelium في الحيوانات، نوع من الأنسجة يغطي السطح الخارجي، أو يبطن الأنابيب أو التجاويف.

نسيج هوائيّ aerenchyma نسيج برانشيمي ذو خلايا غير متراصة، وذو فراغات هوائية كبيرة. عادة توجد في النباتات المائية. تمتلك زنابق الماء وكثير من النباتات المائية نسيجًا هوائيًّا كبيرًا. ويمكن أن ينقل الأكسجين من الأجزاء النباتية الموجودة فوق سطح الماء إلى المناطق السفلى من خلال مرورها عبر النسيج الهوائي، ويسمح هذا الأكسجين بحصول الأكسدة التنفسية حتى في الأجزاء المغمورة من النبات.

نسيج أدمي أول protoderm الأنسجة المولدة الأولية التي تعطي النسيج الأدمي (البَشَري).

نسيج أولي primordium في النباتات، انتفاخ على السيقان الناشئة ينتج عن طريق المرستيم القمي، ويمكن أن يتمايز إلى أوراق، وأزهار، وسيقان أخرى.

نسيج أولي سابق الكامبيوم procambium في النباتات الوعائية، النسيج المولد الأولي يعطي الأنسجة الوعائية الأولية.

نسيج برنشيمي إسفنجي spongy parenchyma نسيج في الورقة يتكون من خلايا (تحمل البلاستيدات) مرتبة بشكل متباعد.

نسيج كولنشيمي collenchyma في النباتات، الخلايا التي تشكل أنسجة داعمة يسمى النسيج الكولنشيما، يوجد غالبا في مناطق النمو الأولية في الساق وفي بعض الأوراق.

نسيج متوسط mesophyll النسيج البرنشمي القادر على القيام بالبناء الضوئي في الورقة، يقع في البشرة.

نصل blade الجزء العريض الواسع من الورقة النباتية؛ يسمى أيضًا الصفيحة.

نطاق Domain (1) منطقة مميزة في البروتين تقوم بعمل وظيفة محددة في أثناء عمل البروتين، مثل النطاق التنظيمي أو النطاق المرتبط بـ DNA (2) في علم التصنيف، المستوى الأعلى من المملكة. ثلاثة نطاقات معروفة في الوقت الحاضر هي: البكتيريا، والبكتيريا البدائية، وحقيقيات النوى.

نظام بيئي Ecosystem نظام تفاعلي رئيس يضم المخلوقات الحية وبيئتها غير الحية.

نظام التدرج Gradualism تغيّر النوع ببطء شديد لا يكون ملاحظًا من جيل إلى آخر، إلا أن تراكم هذه التغيرات يؤدي عبر آلاف أو ملاين السنين إلى تغيّر كبير.

نظام الخط الجانبي lateral line system جهاز إحساس في الأسماك، يتم من خلاله الإحساس بالحركة عن طريق المستقبلات الميكانيكية الموجودة على جسم السمكة الجانبي.

نظام أدينوسين أحادي الفوسفات الحلقي cyclic AMP (cAMP) شكل من جزيئات أدينوسين أحادي الفوسفات (AMP) الذي فيه ذرات مجموعة الفوسفات تشكل حلقة، وجدت في جميع المخلوقات الحية، (cAMP) يعمل بوصفه رسولًا ثانيًا خارج الخلايا التي تنظم مجموعة متنوعة من الأنشطة الأيضية.

نظام جذري root system في النبات، الجزء الذي يثبت النبات ويمتص الأيونات والماء.

نظام ضوئي photosystem معقد منظم من الكلوروفيل، وصبغات أخرى، وبروتينات تعمل على امتصاص الطاقة الضوئية على شكل إلكترونات متهيجة. تمتلك النباتات نظاميين ضوئيين مرتبطين في أغشية الثايلاكويد للبلاستيدات الخضراء. النظام الضوئي الثاني يمرر الإلكترونات المهيجة خلال سلسلة نقل الإلكترونات للنظام الضوئي الأول لتحل محل الإلكترونات المهيجة التي مررت إلى NADPH. الإلكترونات التي تُفقد من النظام الضوئي الثاني تستبدل عن طريق أكسدة الماء.

نظام مائي وعائي water vascular system نظام مملوء بالماء، يوجد فقط في شوكيات الجلد، حيث يُزود الجسم بالدعامة وبنوع فريد من الحركة، حيث يستخدم امتدادات تسمى أقدامًا أنبوبية.

نظام متمم complement system مواد كيميائية مناعية فعالة في أجسام الفقريات التي تتألف من سلسلة من البروتينات التي تصبح نشطة من خلال جدران البكتيريا والفطريات.

نظائر isotope أشكال مختلفة للعنصر نفسه، تمتلك عدد البروتونات نفسه إلاّ أنها تختلف في عدد النيوترونات.

نظائر الأقدام parapodia أحد أزواج الزوائد الجانبية على كل طرف من القطع المكونة للديدان متعددة الأشواك.

نظائر مشعة radioactive isotopes نظائر غير مستقرة تظهر انحلالاً إشعاعيًّا مطلقةً طاقة.

نظرية الكروموسومات للوراثة theory of inheritance نظرية تنص على أن الصفات الوراثية تحمل على الكروموسومات.

نظير الجنس parasexuality في بعض الفطريات، اندماج الأنوية أحادية المجموعة الكروموسومية المتغايرة وانفصالها لإنتاج أنوية مُهجنة.

نظير النواة Nucleoid منطقة في الخلايا بدائية النوى، عادةً ما تقع قرب المركز، حيث تحتوي على المحتوى الجيني على شكل DNA ملتصق ببروتين.

نفاذية انتقائية selective permeable حالة يكون فيها الغشاء منفذًا لبعض المواد وغير منفذ لمواد أخرى.

نفرون nephron الوحدة الوظيفية في كلية الفقريات، واحد من الكثير من الأنيبيبات تعمل على ترشيح وإعادة الامتصاص الاختياري للدم، كل نفرون يتكون من محفظة بومان، يحيط (يغلف) بالكبيبة، وأنبوب طويل متصل بها. في الإنسان تسمى الأنيبيبات الكلوية.

نفريديا nephridia في اللافقريات، تراكيب إخراجية أنبوبية.

نقطة الاتصال kinetochore تركيب قرصي بروتيني في داخل السنترومير ترتبط به الخيوط المغزلية (الأنيبيبات الدقيقة) خلال الانقسام الخلوي المتساوي أو الانقسام الاختزالي (المنصف). انظر إلى سنترومير.

نقطة الضبط G_1/s Checkpoint G_1/s نقطة السيطرة الأولية التي «تقرر» الخلية عندها ما إذا كانت ستنقسم أم لا. تسمى أيضًا نقطة البداية ونقطة التقييد.

نقطة الضبط G_2/ M Checkpoint G_2/M نقطة التحكم الثانية في الانقسام الخلوي. تقيّم هذه النقطة نجاح تضاعف DNA. عند هذه النقطة، تستطيع الخلية إيقاف الدورة إذا لم يتضاعف DNA على النحو المطلوب أو حدث له تلف.

نقطة الضبط المغزلية spindle check point نقطة الضبط الثالثة في الانقسام الخلوي. عند هذه النقطة، يجب على جميع الكروموسومات الارتباط بالخيوط المغزلية. المرور من هذه النقطة يعني استعداد الخلية للطور الانفصالي.

نقل الميسر Facilitated diffusion انتشار ميسر عبر الغشاء للجزيئات عن طريق نواقل (أو قنوات) من المناطق ذات التركيز العالي إلى المناطق ذات التركيز المنخفض؛ تُدفع العملية عن طريق فرق التركيز للمواد، ولا تحتاج إلى طاقة خلوية من جزيء ATP.

نقل نشط active transport نقل المواد عبر الغشاء، وذلك عكس التركيز. تحتاج هذه العملية إلى طاقة على شكل أدينوسين ثلاثي الفوسفات.

نقل النواة للخلايا الجسمية somatic cell nuclear transfer (SCNT) نقل نواة الخلية الجسمية إلى بويضة دون نواة (enucleated) التي تخضع فيما بعد للتطور والنمو. يمكن أن تستخدم لتصنيع خلايا جذعية جنينية ولإنتاج حيوانات مستنسخة.

نقل وثبي salutatory conduction نقل سريع جدًا للسيالات العصبية، حيث يقفز السيال العصبي من عقدة إلى أخرى عبر منطقة معزولة.

نقل سلبي passive transport حركة المواد خلال غشاء الخلية دون الحاجة إلى الطاقة.

نقير micropyle في بويضات النباتات البذرية، وفتحات في الأغلفة يستطيع أنبوب اللقاح أن يدخل من خلالها عادةً.

نمط الفعل الثابت Fixed Action Pattern استجابة حيوانية سلوكية نمطية، يعتقد علماء السلوك أن سببها هو دوائر عصبية مبرمجة.

نمط نووي karyotype شكل الكروموسومات لمخلوق ما عند مشاهدتها بالمجهر الضوئي.

نمو أولي primary growth في النباتات الوعائية، النمو الذي يبدأ من المرستيم القمي للسيقان والجذور، ويسبب زيادة في الطول.

نمو ثانوي secondary growth في النباتات الوعائية، زيادة في قطر الساق والجذر عن طريق انقسام المرستيم الجانبي.

نمو مُختلف الأقيسة نمو الأعضاء أو المكونات بعد الولادة بمعدلات مُختلفة.

نموذج شبه محافظ Semiconservetive model Replica-tion عملية تضاعف لـ DNA ، يمثل فيها كل شريط من شريطي DNA الأبوي قالبًا لبناء شريط جديد بنوي مكمّل للشريط الأبوي. وعليه، فإن الشريط الأبوي تم حفظه بشكل جزئي في كل جزيء DNA من الجزيئين الجديدين.

نواة Nucleus في الذرات، اللب المركزي، تحتوي على البروتونات موجبة الشحنة (ماعدا الهيدروجين) ونيوترونات متعادلة الشحنة؛ في الخلايا حقيقية النوى، عضية محاطة بغشاء تحتوي على DNA الكروموسومي، في الجهاز العصبي المركزي، تجمع من أجسام الخلايا العصبية.

نواة الإندوسبيرم الأولية primary endosperm nucleus في النباتات الزهرية، ناتج التحام نواة حيوان منوي و(عادة) نواتين قطبيتين.

نواقل أحادية uniporter بروتين ناقل موجود في غشاء الخلية يقوم فقط بنقل نوع محدد من الجزيئات أو الأيونات.

نواقل بروتينية بروتين في الغشاء الخلوي يرتبط مع جزيء خاص لا يستطيع المرور خلال الغشاء الخلوي، ويسمح بمروره عبر الغشاء.

نواقل عصبية neurotransmitter مادة كيميائية تفرز عند نهاية محور الخلية العصبية، وتنقل عبر الشق التشابكي، ترتبط مع مستقبلات خاصة في الجانب الآخر، واعتمادًا على طبيعة المستقبل، يعمل على إزالة الاستقطاب أو زيادته لخلية عصبية ثانية، أو للعضلات، أو لخلية غدية.

نواقل موحدة الاتجاه symporter نواقل بروتينية في غشاء الخلية، تنقل جزيئين أو أيونين عبر الغشاء في الاتجاه نفسه.

نوبليس nauplius شكل اليرقة المميز للقشريات.

نوع بري wild type في الوراثة، الطراز الشكلي أو الجيني الذي يصف (يمثل) غالبية الأفراد لنوع معين في البيئة الطبيعية.

نووي الصغير Small nuclear RNA (sn RNA) في حقيقيات النوى، تسلسل صغير من RNA، يقوم بتسهيل التعرف إلى التعاقبات المعترضة وإزالة قطعها؛ لأنه جزء من مُعقد البروتين النووي الرايبوزي الصغير، عن طريق التزاوج القاعدي مع الطرف 5< من التعاقب المعترض أو عند موقع التفرع لهذا التعاقب المعترض.

نوية Nucleolus في الخلايا حقيقية النوى، مكان تصنيع RNA الرايبوسومي، وجسم كروي يتكون بشكل رئيس من RNA الرايبوسومي عن طريق نسخ عدة من جينات RNA الرايبوسومي.

نيكوتين أميد أدنين ثنائي النيوكليوتيد nicotinamide adenine dinucleotide جزيء يُختزل إلى NADH عند نقل الإلكترونات عالية الطاقة من الجزيئات المؤكسدة وإيصالها إلى مسار إنتاج ATP.

نيوسيلة Nucellus النسيج المكون للجزء الرئيس من زوج البيوض اليافعة الذي يتطور فيه الكيس الجنيني؛ مكافئ للكيس البوغي الكبير.

نيوكليوتيد nucleotide وحدة منفردة من الأحماض النووية، تتكون من فوسفات، وسكر خماسي الكربون (سواء منقوص أو غير منقوص الأكسجين)، وبيورين أو بيريميدين.

نيوكليوتيد ثنائي عديم الهيدروكسيل -dideoxynucleo-tide نيوكليوتيد لا يحتوي على مجموعات هيدروكسيل في الموقعين 2 و3؛ يُستخدم هذا النيوكليوتيد بوصفه موقفًا للسلسلة في أثناء عمل التسلسل النيوكليوتيدي لِـ DNA باستخدام الأنزيمات.

هـ

هجين recomninant DNA قطع من DNA تؤخذ من أنواع مختلفة مثل البكتيريا والثدييات، توصل معًا في المختبر لتعطي جزيئًا واحدًا.

هجين ثنائي dihybrid فرد غير متماثل الجينات في موقعين مختلفين. مثل A/a B/b.

هدب cilium زوائد خلوية قصيرة تمتد من سطح خلية حقيقية النواة لها النمط التركيبي الداخلي نفسه للأنيبيبات الدقيقة في التنظيم (9+2) كما يرى في السوط.

هرم Senescent طاعن، أو متقدم في السن.

هرمون hormone جزيء، عادة ما يكون ببتيدًا أو ستيرويدًا، ينتج في جزء من جسم المخلوق وينشط تفاعلًا خلويًّا خاصًّا في النسيج والعضو الهدف البعيدين.

هرمون الإكدايسون Ecdysone هرمون الانسلاخ في المفصليات، يحفز حدوث عملية الانسلاخ.

هرمون قابض Vasopressin هرمون يفرز من الغدة النخامية الخلفية، ينظم إعادة امتصاص الماء في الكلية.

هستونات Histone واحدة من مجموعة بروتينات صغيرة نسبيًّا، وهي عديدات ببتيد قاعدية جدًا، غنية بالآرجنين أو اللايسين؛ تشكل الجزء المركزي للجسيمات النووية التي يتراص عليها DNA في أول مرحلة من مراحل تكثيف الكروموسوم.

هلام متوسط mesohyl مادة جيلاتينية غنية بالبروتين توجد بين طبقة الخلايا المطوقة السوطية والطبقة الطلائية لجسم الإسفنجيات، توجد في هذه الطبقة أنواع عدة من الخلايا الأميبية.

هوائي الحاجة إلى الأكسجين لإتمام عمليات حيوية، معظم العمليات البيولوجية تحدث بوجود غاز الأكسجين، مثل التنفس الهوائي.

هيكل خارجي Exoskeleton الهيكل الخارجي كما هو في المفصليات.

هيكل الهيدورستاتيكي hydrostatic skeleton هيكل معظم اللافقريات ذات الأجسام اللينة التي لا تمتلك هيكلا خارجيًّا أو داخليًّا. تستخدم هذه المخلوقات خاصية عدم قابلية الماء للانضغاط في أجسامها بوصفه نوعًا من أنواع الهياكل.

هيكل خلوي cytoskeleton شبكة من البروتين في السيتوبلازم تتكون من الأنيبيبات الدقيقة والخيوط الدقيقة والخيوط الوسطيّة ضمن السيتوبلازم في خلية حقيقية النواة. تحافظ على شكل الخلية، وتثبت العضيات، وتشارك في حركة الخلايا الحيوانية.

هيموجلوبين Hemoglobin بروتين كروي في خلايا الدم الحمراء في الفقريات وفي بلازما الكثير من اللافقريات؛ يعمل على حمل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون.

و

وصْل متبادل alternative splicing في حقيقيات النوى بالإمكان إنتاج نسخ مختلفة من mRNA من النسخة الأولية بتضمين مجموعات من التعاقبات المشفِّرة (الإكسونات exons).

وتر Tendon شريط من الغضروف يربط العضلات مع العظم.

وحدة تضاعف Replicon منشأ عملية تضاعف DNA، وDNA الذي يتم التحكم في تضاعفه عن طريق هذا المنشأ. في كروموسومات الخلايا بدائية النوى هنالك وحدة منشأ واحدة، أما في كروموسومات الخلايا حقيقية النوى فيوجد أكثر من وحدة منشأ للتضاعف.

وحدة خريطة map unit كل 1% من إعادة الاتحاد بين موقعين جينيين، تسمى هذه الوحدة بالسنتيمورجان (cM) أو ببساطة وحدة الخريطة الكروموسومية (u.m).

وحيدة الأصل Monophylatic في تصنيف شجرة نشوء الأنواع، المجموعة التي تضم السلف المشترك الأحدث للمجموعة وكل ما يتحدّر منه. السلالة مجموعة وحيدة الأصل.

وحيدة المسلك monotremes ثدييات واضعة للبيوض.

وراثة أمية maternal inheritance نمط وراثي أحادي الأبوين يكون من الأم فقط، على سبيل المثال، في ميتوكندريا الإنسان، المادة الوراثية المحتواة فيها تورّث من الأم.

وراثة الصفات المكتسبة -inheritance of acquired char-acteristics تعرف باللاماركية، نظرية تم إثبات خطئها، تنص على أن الفرد يمرر وراثيًّا لأبنائه التغيرات الجسمية والسلوكية التي اكتسبها خلال حياته.

وراثة المجموعات السكانية Population genetics دراسة خصائص الجينات في المجموعات السكانية.

وراثة عكسية reverse genetics طريقة يستخدم فيها الباحث الجين المستنسخ غير معروف الوظيفة لعمل طفرة، ومن ثم إدخال الجين المطفر إلى المخلوق الحي ليتم تقييم أثر الطفرة.

وراثة متعددة الجينات Polygenic inheritance وصف لنمط من التوارث حيث يؤثر أكثر من جين واحد في صفة معينة، مثل صفة الطول في الإنسان. الوراثة متعددة الجينات قد تُنتج توزيعًا متواصلًا من قيم الطرز الشكلية، بدلًا من قيم منفصلة.

ورقة دقيقة microphyll في النبات، الورقة التي تمتلك عرقًا واحدًا فقط يتصل بالأسطوانة الوعائية للساق. الحزازيات الصولجانية تمتلك أوراقًا دقيقة.

وصل RNA splicing RNA عملية نووية يتم بها قطع التعاقبات المعترضة في mRNA الأولي المنسوخ وربط (وصل) التعاقبات المشفرة مع بعضها لإعطاء الروابط الصحيحة للمعلومات الوراثية، التي ستُستخدم من أجل تصنيع البروتين.

وعاء ناقل Vas deferens في الثدييات، أنبوب يحمل الحيوانات المنوية من الخصية إلى الإحليل.

ولادة البيوض ovoviviparity تعود لنوع من أنواع التكاثر تبقى فيه صغار تفقس من البيوض المحفوظة داخل رحم الام.

ي

يرقة larva مرحلة اليرقات في تطور الحشرات.

يرقة instar مرحلة تطورية لا تشبه المخلوق البالغ، تحدث في المخلوقات التي يحدث بها تحول. يتطور الجنين إلى يرقة تنتج بدورها المخلوق البالغ عن طريق عملية التحول.

يوبيكويتين Ubiquitin بروتين يتكون من 76 حمضًا أمينيًّا، وترتبطه جميع الخلايا الحقيقية النوى بوصفها علامة للبروتينات المراد تحطيمها.

فهرست

A

Aardvark, 520, 520f آكل نمل
Aarskog-Scott syndrome, 246f تناذر إرشوغ- سكوت
Abalone, 655 أذن البحر
A band, 953–54, 953–54f شريط أ
ABC model, of floral organ specification, 834–36, 835f نموذج A B C لتحديد (تخصيص) أعضاء الزّهرة
Abdominopelvic cavity, 852, 853f تجويف بطني حوضي
Abiotic realm, 1190 بيئة غير حية
ABO blood group, 88t, 230t, 231, 232–33, 233f، 376، 1060 زمر الدم ABO
Abomasum, 973, 973–74f منفحة
Abortion, spontaneous, 249, 1110 إجهاض، تلقائي
Abscisic acid, 754, 767, 767f, 812–13, 814t, 823–24, 824f حمض أبسيسيك
Abscission, 811, 811f فصل
prevention, 818 منع الفصل
Abscission zone, 811 منطقة الفصل
Absolute dating, 422 تقدير العمر المطلق
Absorption، امتصاص
in digestive tract, 946, 970–72 في القناة الهضمية
water and minerals in plants, 763f, 763–64 الماء والأملاح المعدنية في النباتات
Absorption maximum, 913 امتصاص أقصى
Absorption spectrum, of photosynthetic pigments, 148–49, 148f طيف الامتصاص لصبغات البناء الضوئي
Abstinence, 1081 امتناع عن الجماع
Acacia, mutualism with ants, 795, 795f, 1180–81, 1180f أشجار البطمة (الأكاسيا)، تبادل المنفعة مع النمل
Acanthodian, 687t, 688 أسماك شوكية
Acari (order), 670 حلم الجبن (رتبة)
Acceptor stem, 290–91, 291f ساق مستقبلة
Accessory digestive organs, 965f, 970–71, 971f, 976–77 أعضاء مساعدة على الهضم
Accessory pigment, 149–50, 150f, 154–55 صبغة مساعدة (أو ثانوية)
Accessory sex organs، أعضاء تناسلية ملحقة (مساعدة)
female 1,080 في الأنثى
male 1074–75, 1075f في الذكر
Acellular bone 949 عظم لاخلوي
Acetaldehyde 34f, 127f, 137, 137f أستالديهاد
Acetic acid 34 f حمض الأستيك
Acetylation, of histones 316, 316f إضافة أستيل إلى الهستونات
Acetylcholine (ACh), 879–80, 879f, 892t, 893–94, 894f, 956, 995 أستيل كولين (Ach)
Acetylcholine (ACh) receptor, 170, 875f, 893–94, 894f مستقبل أستيل كولين
Acetylcholinesterase 880 أستيل كولين إستريز
Acetyl-CoA أستيل مرافق أنزيم أ
from fat catabolism, 138, 138–39f من هدم الدهون
oxidation in Krebs cycle 128–31, 130f عملية الأكسدة في دورة كربس
from protein catabolism, 138f من هدم البروتينات
from pyruvate, 124, 127–28, 127–28f من البيروفيت
uses of, 139 يستخدم في
ACh. *See* Acetylcholine
achaete-scute ACH (transcriptionfactor)، انظر أستيل كولين (عامل الاستنساخ)
AChE. *See* Acetylcholinesterase, AChE.
انظر أستيل كولين إستريز
Achiasmate segregation, 211 انفصال غير تصالبي
Acid, 29–30 حمض
Acid growth hypothesis, 818, 818f فرضية النمو الحمضي
Acid precipitation, 1228, 1228f, 1247 هطل حمضي
Acid soil, 776 تربة حمضية
Acinar cells, 975f خلايا عنبية
Acini, 970 عُنيبات
Acoela, 629f, 637f, 647, 647f لاسيلومية (عديمة السيلوم)
Acoelomate, 625, 625f, 629f, 636, 636f, 644–48, 645–48f عديمة السيلوم
Acoelomorpha, 647 لاسيلومية
Aconitase, 130 f أكونيتيز
Acorn, 752 ثمرة البلوط
Acorn worm, 631t دودة بلوطية
Acquired characteristics, inheritance of, 396, 396f توريث الصفات المكتسبة
Acquired immunity, *See* Active immunity مناعة مكتسبة، انظر مناعة نشطة
Acquired immunodeficiency, syndrome, *See* AIDS، متلازمة نقص المناعة المكتسبة، انظر الإيدز
Acromegaly, 933 تضخم النهايات
Acrosome, 1088 جسم قمّي (طرفي)
Acrosomal process, 1074, 1074f, 1088 زائدة الجسم القمي
ACTH. *See* Adrenocorticotropichormone, ACTH.
انظرهرمون القشرة الكظرية
Actin, 44f, 45, 45t, 77, 78-, 187، أكتين f, 954 55-858,953
Actin filament, (*See also* Thin myofilament) 77–78, 77f, 80,87, 182, 196, 389, 576، خيط أكتين
Actinobacteria, 545f Actinobacteria بكتيريا خيطية
Actinomyces, 545f *Actinomyces*
Actinopoda (phylum), 577 Actinopoda (phylum)
Actinopterygii (class), 687t 686f 690, 690f أسماك شعاعية الزعانف (طائفة)
Actinosphaerium, 577f *Actinosphaerium*
Action potential, 875–77 جهد الفعل
all-or-none law, 876 قانون الكل - أو- العدم
falling phase of, 875–76, 876f طور الهبوط في
generation of 875–77, 876–78f, 900f إنتاج
propagation of, 877, 877f سريان
rising phase of, 875–76, 876f طور الارتفاع في
undershoot of, 875–76, 876f تجاوز نحو الأسفل
Action spectrum 149 طيف فعل البناء الضوئي
of chlorophyll, 148f, 149 للكلوروفيل
Activation energy, 109, 109f, 111–12 طاقة التنشيط
Activator 114, 307, 313, 314, 314 - 315f, 316 منشط
allosteric 114 موقع مغاير
Active immunity, 1046, 1055F مناعة نشطة
Active site, 112, 112f موقع نشط
Active transport, 97–100, 102t, 758f نقل نشط
Activin 1104 أكتيفن
Acute-phase proteins 1043 بروتينات مرحلة الاستجابة المناعية الحادة
Acute-phase response 1042 مرحلة الاستجابة المناعية الحادة
Adaptation, to different environments 1147, 1147f تكيف، لبيئات مختلفة
Adapter protein, 173, 175 بروتين وصيل
Adaptive radiation, 443–44, 443f, 446–47, 447f إشعاع تكيفي

Adaptive significance, of behvior 1130–31 أهمية تكيفية، للسلوك
Adaptive value, of egg coloration 1130, 1131f القيمة التكيفية لألوان البيضة
Adder 699 الصل
Adder's tongue fern, 188t خنشار لسان الأفعى
Addiction. *See* Drug addiction إدمان، انظر إدمان العقاقير
Adenine 41, 258, 258f, 819, 819f أدنين
Adenohypophysis 921f, 922t, 928, 934f, 937f نخامية أمامية (نخامية غدية)
Adenosine deaminase deficiency, 342 فقر المناعة الحاد المركب
Adenosine diphosphate. *See* ADP أدنيوسين ثنائي الفوسفات، انظر ADP
Adenosine monophosphate. *See* AMP أدنيوسين أحادي الفوسفات، انظر AMP
Adenosine triphosphate. *See* ATP أدنيوسين ثلاثي الفوسفات، انظر ATP
Adenovirus 515f, 526f فيروس غدّي (فيروس رئوي)
Adenylyl cyclase, 176, 177–78f, 178–79, 928 أنزيم محلق الأدنيل
ADH. *See* Antidiuretic hormone 929, 929f *ADH*. انظر الهرمون المانع لإدرار البول
Adherens junction 181t, 182 مفاصل معلقة
Adhesion 27, 27f, 758 تلاصق
ADH gene, 397 جين *ADH*
Adipose cells, 856, 857t خلايا دهنية
Adipose tissue 856, 856f نسيج دهني
ADP (أدينوسين ثنائي الفوسفات). ADP
Adrenal cortex, 923t, 936, 937f, 1035 قشرة الكظرية
Adrenal gland, 862f, 893, 921f, 936, 937f غدة كظرية
Adrenal hypoplasia, 246f Adrenal hypoplasia
Adrenaline. *See* Epinephrine Adrenal medulla 921f, 923t, 936,937f, 1102 أدرنالين انظر إبينفرين، نخاع الكظرية
Adrenocorticotropic hormone (ACTH) 922t, 930, 933,936, 937 هرمون منشط القشرة الكظرية (منشط القشرة)
Adrenoleukodystrophy 246f Adrenoleukodystrophy
Adrenomyeloneuropathy 246f Adrenomyeloneuropathy
Adult stem cells 380, 380f خلايا جذعية ناضجة
Adventitious plantlet, 846, 846f نبتات صغيرة عرضية
Adventitious root, 730f, 731, 735, 754f, 768, 828, 829f, 833f جذر عرضي
Aerenchyma 768, 768–69f نسيج هوائي
Aerial root, 730 f، جذر هوائي
Aerobic capacity, 958 سعة هوائية
Aerobic respiration, 121, 127, 133f تنفس هوائي
ATP yield from, 134–35, 134f ناتج ATP
evolution of, 140 نشوء
regulation of, 135, 135f تنظيم
Aesthetic value of biodiversity 1244 القيم الأخلاقية، للتنوع الحيوي
Afferent arteriole 1030 شُريِّن صغير وارد
Afferent neuron. *See* Sensory neuron عصبون وارد، انظر العصبون الحسّي
Aflatoxin, 618, 618f أفلاتوكسين
Africa, human migration out of 712 إفريقيا، هجرة الإنسان إلى الخارج
African boomslang 699 أفعى الأشجار الإفريقية
African sleeping sickness. *See*

Trypanosomiasis مرض النوم الإفريقي. انظر تريبانوسومايسس
African violet 736f بنفسج إفريقي
Afrotheria 520 وحوش إفريقيا
Afrovenator 697f Afrovenator
Afterbirth 1111 الخلاصة
Agammaglobulinemia 246f نقص البروتينات الكروية
Age, at first reproduction 1155–56 العمر، عند أول تكاثر
Agent Orange, 818 العامل البرتقالي
Age of Amphibians 693 عصر البرمائيات
Age of Mammals, 706 عصر الثدييات
Age structure تركيب عمري
of population 1152–54 للجماعة
pyramids 1162 1162f, 63– أهرام الجماعة
Agglutination reaction 1054, 1054f تفاعل تخثري
blood typing by 1060 تحديد زمرة الدم
Aggregate fruit, 751 f ثمار متجمعة
Aging, telomerase and, 272 الهرم، القطع الطرفية
Agonist (muscle), 952 عضلة رائدة
Agnatha (superclass), 687 أسماك الجريث (طائفة)
Agriculture زراعة
applications of genetic engineering to 345–46, 343–46f تطبيقات الهندسة الوراثية
applications of genomics 365–66, تطبيقات الجينومات 365–66f, 486
effect of global warming on, 782–83, تأثير الانحباس الحراري 782–83f, 1234 العالمي في
pollution due to, 1227, 1252 يعزى التلوث إلى
Agrobacterium tumefaciens 343, 343f, 820, 820f Agrobacterium tumefaciens
Aicardi syndrome, 246f Aicardi syndrome تناذر إيكاردي
AIDS 467–68, 526, 527t, 529, 1163, 33– إيدز
deaths in United States, 529 الوفيات في الولايات المتحدة
fatality rate of, 1064 معدل الوفاة
gene therapy for, 342 t العلاج الجيني
monitoring CD4 count 1062 برصد عدد خلايا CD4
in United States, 1064 في الولايات المتحدة
vaccine against 532f, 533 المعالجة باستخدام المطاعيم
Air pollution, monitoring with lichens 615 تلوث الهواء، المراقبة بالأشنات
Air sac, 1007, 1007f كيس هوائي
Akiapolaau 1251f حسون أكياپولاو
Alanine 34f, 46, 46f ألانين
Alarm call, 1128, 1130, 1137–39 نداء إنذار
Alaskan near-shore habitat, 1252, 1253f البيئة القريبة من الشاطئ في ألاسكا
Albatross 701t, 1154f قطرس
Albinism 225t, 226, 226f مهَق
Albinism-deafness syndrome, 246f تناذر المهق- الصمم
Albumin 45t, 97, 346, 997 ألبيومين
Albuminous cells, 726 خلايا ألبومينية
Alcohol abuse, 976 إدمان على الكحول
Alder 1184–85 شجيرات
Aldolase 126f ألدوليز
Aldose reductase, 364 f أنزيم مختزل الألدوز
Aldosterone 921, 923t, 936, 939, 996, 1034, 1035–36, 1036f ألدوستيرون
Aleurone 753f, 754 أليرون
Alfalfa 779 f فصة
Alfalfa butterfly (Colias) 674f فراشة الفصة (الجنس Colias)
Alfalfa plant bug, 790, 790f حشرة نبات الفصة
Algae, sexual life cycle in, 206, 207f طحالب، دورة التكاثر الجنسي في
Alkaloid 614, 792–94, 793t, 1176, 1176f مادة قاعدية
Alkaptonuria 225t, 278 كابتونيوريا
Allantoin 1029 ألانتوين
Allantois 694–95, 694f, 704f, 1072, 1098, 1098f ممبار (غشاء الممبار)
Allee, Warder, 1159 واردر آلي
Allee effect, 1159, 1254 تأثير آلي
Allele 224 أليل
multiple, 230t, 231–33, 233f متعدد
temperature-sensitive 233, 233 f حساس للحرارة
Allele frequency, 396–98 تكرار الأليل
changes in populations, 398–403, 398f تغير في الجماعات
Allelopathy, 792–93, 792f الإمراض المقابل
Allen's Rule, 1147 قاعدة ألن
Allergen, 1058–59f, 1059 مولد حساسية
Allergy, 165, 1046, 1058–59f, 1058 حساسية
to mold, 618 للفطريات
Alligator, 687f, 695t, 699, 1183 تمساح
Allolactose, 308, 309 f ألولاكتوز
Allometric growth, 1111–12, 1112f نمو مُختلف الأقيسة
Allomyces, 607t, 608f Allomyces
Allopatric speciation, 439–41, 441 f التنوع مختلف الموطن
Allophycocyanin, 575 صبغة أللوفايكوسيانين
Allopolyploidy, 442, 442f, 475–77, 475–76f تعدد كروموسومي
Allosteric inhibitor, 114 مثبط في الموقع المغاير
Allosteric site, 114 الموقع المغاير
Alper, 536 ألبر
Alpha-1-antitrypsin defiency, 342 t فقر مضاد التربسين فئة ألفا 1
a cells, 938, 938f, 971f, 977f خلايا ألفا (a)
Alpha helix, 48 لولب ألفا
Alpha wave, 888 موجة ألفا
Alport syndrome, 246 f تناذر ألبورت
Alternate leaf, 732, 732f ورقة بديلة
Alternation of generations, 838 تبادل الأجيال
Alternative splicing, 290, 319, 319f, 358, 358f الوَصْل البديل
Altitude، الارتفاع
air pressure and, 1004, 1005f الضغط الجوي و
altitudinal, istribution of trees, 1148f توزيع الأشجار
climate and, 1215, 1215 f المناخ و
physiological changes at high altitude, 1146, 1146 t التغيرات الفسيولوجية على ارتفاعات عالية
Altitude sickness, 1146, 1146 t مرض المرتفعات
Alton giant, 932f عملاق آلتون
Altricial young, 1136 متأخر النضج
Altruism, 1137–40, 1138–40f إيثار
reciprocal 1138, 1138f تبادلي
Aluminum, in soil and plants, 776, 778 الألمنيوم، في التربة والنباتات
Alveolar duct, 1111 قنوات حويصلية
Alveolar sac, 1006f كيس حويصلي
Alveolata 510f, 562f, 569–73, 569 – 72 f أعضاء الحويصليات
Alveoli 1001f, 1006, 1006f حويصلة هوائية
Alveoli, of protists, 569, 569f حويصلات، الطلائعيات
Alzheimer disease, 51, 366, 889 مرض الزهايمر
Amacrine cells, 913, 913 f خلايا عديمة الزوائد الطويلة
Amanita muscaria, 604f أغاريك الذباب
Amborella, 597f Amborella
Amborella trichopoda, 517–18, 517 – 18f Amborella trichopoda
Ambulocetus natans, 423f Ambulocetus natans
American basswood, 824f نبات الزيزفون الأمريكي
American redstart, 1249f, 1257, 1249، الطيور ذات المقدمة الحمراء الأمريكية
American woodcock, 915 ديك الشجر الأمريكي
Amine, biogenic, 881, 921 أمينات منتجة حيويًا
Amine hormone 921 هرمون أميني
Amino acid, 45 حمض أميني
abbreviations for, 47f مختصرات
absorption in small intestine, 971f, 972 الامتصاص في الأمعاء الدقيقة
catabolism, 1028 هدم
chemical classes of, 46, 47f المجموعات الكيميائية
essential, 980 أساسي
genetic code, 280–82, 281t الشيفرة الوراثية
glucose production from, 977 إنتاج الجلوكوز من
as neurotransmitters, 880 بوصفها نواقل عصبية
in nitrogen cycle, 1193 في دورة النيتروجين
prebiotic chemistry, 506 كيمياء ما قبل الحياة
in proteins, 36f, 45 في البروتينات
reabsorption in kidney, 1026f, 1032 إعادة الامتصاص في الكلية
structure of, 45–46, 47 f تركيب
twenty common, 47f العشرون الشائعة
Aminoacyl-tRNA synthetase, 290–92, 291f – tRNA أنزيم مخلق معقد أمينواستيل
Amino group, 34, 34f, 46, 46f مجموعة الأمين
Amish population, 401 جماعة أميش
Amiskwia, 362f Amiskwia
Ammonia, 557, 976, 1028, 1029f, 1193, 1193f أمونيا
Ammonite, 659 قرنيات
Amniocentesis, 251–52, 251f بزل السائل الرهلي
Amnion, 694–95, 694f, 704f, 1072, 1097–98, 1098f, 1108f رهل
Amniote, 695 رهلي
Amniotic egg, 694–95, 694f, 704f, 1072 بيضة رهلية
Amniotic fluid, 1098 سائل رهلي
Amniotic membrane, 1097–98 غشاء رهلي
Amoeba, 565, 576–77, 576f أميبا
slime mold, 578, 578f فطر غروي
Amoeba proteus, 576f Amoeba proteus
Amoebocyte, 639 f خلية أميبية
AMP 110f, 111 AMP أدينوسين أحادي الفوسفات
Amphibia (class), 686f, 691–94.692–94f برمائيات (طائفة)
Amphibian, 630t, 691–94, 692–94f البرمائي
brain of, 886, 886f دماغ
characteristics of, 691, 691t خصائص
chytridiomycosis in, 618, 618f فطريات الكايتريديا في
circulation in, 691–92, 985–86, 986f الدوران في
classification of, 693–94, 693f تصنيف
cleavage in, 1092, 1093f التفلّج
development in, 934, 934f, 1071, 1071f التحول في البرمائيات
die-offs of, 608, 618 موت
evolution of, 685, 692–93, 692f تطور
fertilization in, 1070–71, 1070f الإخصاب في
first, 692 الأولى
gastrulation in, 1096, 1096f تكوين الجاسترولا في
heart of, 691, 985–86, 986f قلب
invasion of land by, 691–93.692–93f، غزو الأرض من قبل
kidney of, 1027–28 الكلية في
legs of, 691–92, 692–93f أرجل
lungs of, 691, 1004–5 رئات
metamorphosis in, 934, 934f, 1071 التحول البعدي
nitrogenous wastes, 1029, 1029f الفضلات النيتروجينية في
nuclear transplantation in, 376–77 استنسال
population declines in, 618.1239t، تراجع أعداد 1245–46, 1245–46f الجماعات في
reproduction in, 692, 694, 1070 f, 1071 التكاثر في
respiration in, 691–93, 1001f.1002–3, 1005f التنفس في
swimming in, 959 السباحة في
Amphioxus. *See* Branchiostoma. السهيم، انظر تحت قبيلة ذيلية الحبل
Amphipoda (order), 671 مزدوجة الأرجل
Amplification, of DNA, 338 تكثير DNA
Ampulla (inner ear), 907, 907f الأذن الداخلية
Ampulla (tube feet), 677, 677f حوصلة (قدم أنبوبية)
Ampullae of Lorenzini, 898t, 916 حويصلات لورنزيني
Amygdala, 888–89 أجسام لوزية
Amylase, 970 أنزيم أميليز
pancreatic، البنكرياس
salivary, 967, 976 t اللعاب
a-Amylase, 753f, 754, 820 ألفا أميليز
Amyloid plaque, 51, 889 بقع أميلويد
b-Amyloid protein, 889 بيتا بروتين أميلويد
Amylopectin, 39, 39f أميلوبكتين
Amyloplast, 75, 727, 753.806–7, 807f بلاستيدات نشوية (بلاستيدات النشا)
(بلاستيدات مخزنة للنشا)
Amylose, 39, 39f أميلوز
Anabaena, 557–58 Anabaena
Anabolism, 114 بناء
Anaerobic respiration, 121, 177 تنفس لاهوائي
Analogous structures, 11, 498, 498f تراكيب متناظرة

Anaphase، طور انفصالي
Meiosis1، 209، 210f، 211، 212f، 214–15f، 216
انقسام اختزالي (منصف) أول
meiosis II، 211، 213f، 215f، 216
انقسام اختزالي (منصف) ثاني
Mitotic، 191f، 194–95، 195f، 214f
متساوٍ
Anaphase A، طور انفصالي أول، 194، 195f
Anaphase B، طور انفصالي ثانٍ، 194، 195f
Anaphase-promoting complex (APC)، المعقد المُعزز 199–200، 199–200f
للطور الانفصالي
Anaphylactic shock، صدمة فرط الحساسية 1059
Anaphylaxis، فرط حساسية 1059
local، محلي
systemic، جهازي 1059
Anatomical dead space، حيز ميت تشريحي 1008
Ancestral characters، صفات السلف 455–56
Anchitherium، 424f Anchitherium، الحصان القديم
Anchoring junction، 180t، 181–82، 181f
Andrews، Tommie Lee، 334–35، 334f
تومي لي أندروز
Androecium، 598، 598f، 836، 836f
أعضاء التذكير (الطلع)
Androgen، أندروجين 938–39
Androgen insensitivity، انعدام الحساسية للهرمونات الذكرية 240، 246f
Anemia، فقر الدم 246f
Anesthetic، مادة مخدرة 888
Aneuploidy، اختلال تضاعف العدد الكروموسومي 214، 249، 479
Angelfish، السمكة الملاك الكورية 690f
Angelman syndrome، متلازمة أنجلمان 250–51
Angina pectoris، ذبحة صدرية 171، 994
Angiosperm. *See* Flowering plant
Angiosperm، مغطاة البذور. انظر النباتات الزهرية 1036، 1036f
Angiotensin 1، أنجيوتنسين 1
Angiotensin11، 936، 1036، 1036f
أنجيوتنسين 11
Angiotensinogen، مولد أنجيوتنسين 1036f
Angular acceleration، detection، 906–7f، 907
Anhidrotic ectodermal dysplasia، تسارع زاوي، الكشف عن 246f
Anhidrotic ectodermal dysplasia
Animal(s)، الحيوان (الحيوانات)
body plan of، evolution of، 624–27 f
624 - 27 f تطور خطة بناء الجسم
classification of، 518–20، 628 تصنيف
coevolution of animals and plants، 795، 1178، 1180 التطور المشترك للحيوانات والنباتات
communication and، 1127–30، 1127–30f تواصل و
development in، 370، 370f، 623t، 1087–1112 التكوين الجيني في
diversity in، 621–32 التنوع في
evolution of، 576، 629f تطور
fruit dispersal by، 752، 752f، 1149f انتشار الفاكهة عن طريق
general features of، 622، 622–23t الخصائص العامة
habitats of، 623t مواطن الـ
invasion of land by، 691–93، 692–93f غزو الأرض من قبل
movement in، 622t الحركة في
multicellularity in، 622t تعدد الخلايا في
obtaining nutrients، 622t الحصول على الطعام
phylogeny of، 629f شجرة نشوء
pollination by، 840–42، 840–42f التلقيح عن طريق
problem solving by، 1124، 1124f حل المشكلة عن طريق
sexual life cycle in، 206، 207f دورة الحياة الجنسية في
sexual reproduction in، 514، 623t التكاثر الجنسي
transgenic، 339 عابر الجينات
Animal breeding، 412، 412f، 420–21، 421f، تكثير الحيوانات
thoroughbred horses، 412، 412f سلالات الخيول الأصيلة
Animal cells، 187f الخلايا الحيوانية
cell division in، 187f انقسام الخلية في
cytokinesis in، 196، 196f انقسام السيتوبلازم في
lack of cell walls، 622t تفتقر للجدارية الخلوية
structure of، 66f، 82t تركيب
Animal cognition، 1124–25، 1124f إدراك الحيوان
Animalcules، 60 حيوينات
Animal disease، مرض حيواني
fungal، 614، 618، 618f فطري
prion، 536 بريونات
viral، 534–35 فيروسي
Animalia (kingdom)، 13f، 14، 508f، 510، 513f، 514t المملكة الحيوانية
Animal pole، 1092–93، 1092–93f، 1096f قطب حيواني
Anion، 19، 94 أيون سالب الشحنة
Annelid، 637، 637f، 660–63، 660–63f الدودة الحلقية
body plan of، 661، 661f خطة جسم الـ
classes of، 661–63 طوائف
connections between segments، 661 الوصلات بين القطع
excretory organs of، 1025 f أعضاء إخراجية لـ
nervous system of، 884، 884f الجهاز العصبي
segmentation in، 518، 519f، 626–27، 627f، 660 التقسيم في
Annelida (phylum)، 629f، 630t، 637، 660–63، 660–63f، الحلقيات قبيلة (شعبة)
Annotation، 356 إضافة الحواشي
Annual growth layers، 733f طبقات النمو السنوي
Annual plant، 812، 848، 848f نبات حولي
Anole، 699 الوزغة (أبو بريص)
Anolis lizard، *Anolis* سحلية
courtship of، 440، 440f عرض المغازلة
display of، 440، 440f
dewlap of، غبب
interspecific competition in، 1173 تنافس بين الأنواع
malaria in، 1182 الملاريا في
resource partitioning among species of، 1172f تقسيم المصادر بين الأنواع
thermoregulation in، 1147، 1147f التنظيم الحراري
Anomalocaris، 632f Anomalocaris
Anonymous marker، 246 علامات مجهولة
Anopheles mosquito، 355f، 473t بعوضة أنوفيليس
Anorexia nervosa، 979، 1084 فقدان الشهية العصبي
Anoxygenic photosynthesis، 144، 541–42، 553 بناء ضوئي لاهوائي
Anseriformes (order)، 701t (رتبة) Anseriformes
Ant، 673t، 1128، 1141، 1251 نملة
ant farmer-fungi symbiosis، 617، 617f التعايش بين النمل قاطع الأوراق والفطريات
flatworm parasites of، 1181، 1181f الدودة المسطحة الطفيلية
mutualism with acacias، 795، 795f، 1180f، 1180–81 علاقة التقايض مع أشجار الأكاسيا
mutualism with aphids، 1180 علاقة التقايض مع المن
Antagonist (muscle)، 952، 952f عضلة مضادة
Antagonistic effector، 865 -66، 865 f مستجيب متعارض
Antarctic circumpolar Current، 1214f تيار القطب الجنوبي
Anteater، 428f، 520، 520f، 708t آكل النمل
Antelope، 705، 1192 وعل
Antenna، 668f قرون استشعار
Antenna complex (photosynthesis)، 151–52، 151f، 154 معقد هوائي (بناء ضوئي)
Antennal gland، 1025 غدة قرون الاستشعار
Antennapedia complex، 385–86، 386f معقد قرون الاستشعار القدمية
Antennapedia gene، 385، 491، 1099 جين قرون الاستشعار القدمية
Anterior end، 624، 624f نهاية أمامية
Anterior pituitary، 921f، 928،929–33، 931–32f، 1075 نخامية أمامية
ANT gene، ANT جين 390
Anther، 598، 598f، 834، 836f،837–39، 838f، 843f متك
Antheridium، 587–88، 587f، 593 محفظة جامبتية ذكرية
Anthocerotophyta (phylum)، 586، 587f (قبيلة)Anthocerotophyta، أنثوسيانين
Anthocyanin، 233، 811، 836
Anthophyta (phylum) 589t النباتات الزهرية (قبيلة)
Anthozoa (class)، 643، 643f الزهريات (الحيوانات الزهرية) (طائفة)
Anthrax، 365، 365t، 548، 555t، 557 الجمرة الخبيثة
Anthropoid، 709، 709–10f شبيهة الإنسان
Antibiotic resistance، 552–53 مقاوم للمضادات الحيوية
Antibody، 1046، 1051–58،1052–57f *See also* جسم مضاد
Immunoglobulin (Ig) البروتينات الكروية المناعية
antigen-binding site on، 1053–54، 1053–54f موقع ارتباط مولّد الضد على
in medical treatment and diagnosis في العلاج الطبي والتشخيص، 1060–63، 1061–62f
monoclonal. *See* Monoclonal antibody
1061، 1062f وحيد السلالة، انظر أيضًا الجسم المضاد وحيد السلالة
polyclonal، 1061 جسم مضاد عديد السلالة
recombinant، 346 هجين
specificity of 1053 تحدّد نوعية
structure of، 1052- 54، 1053 f تركيب
Anticoagulant، of medicinal leech 663، 663f مواد مانعة للتخثر، من العلق الطبي
Anticodon 294، 295f كودون مضاد
Anticodon loop، 290–91، 291f عروة الكودون المضاد
Antidepressant drug 881 عقار مضاد للاكتئاب
Antidiuretic hormone (*ADH*)، 45t، 921، 922t، 929، 929f، 996، 1034–35، 1035f، 1119 هرمون مانع لإدرار البول (*ADH*)
Antifreeze، 812، 1146 مضاد للتجمد
Antigen، 45t، 1045، 1062f مولّد الضد
Antigen-binding site، 1053–54، 1053–54f موقع ارتباط مولّد الضد
Antigenic determinant site 1045، 1045f محدد مولد الضد أو موقع محدد لمولد الضد
Antigen drift، 1063 انجراف مولد الضد
Antigen-presenting cells، 1045f، 1049، 1049t، 1051 خلايا مشهرة لمولّد الضد
Antigen shift، 1063 تغير (تحول) مولد الضد
Antihistamine، 165 مضاد الهستامين
Antiparallel strands، in DNA، 261–62، 261f أشرطة التوازي المتعاكس، في DNA
Antipodal، 599، 599f، 838–39f، 839، 844f نواة نقيضة
Antiporter، 98 ناقل متضاد الاتجاه
Antisense RNA، 823، 823 f mRNA الرسول غير المنطقي
Antler، 705، 1134–35 قرن
Anura (order)، 691، 691t، 693–94، 693f عديمة الذيل (رتبة)
Anus، 964–65، 964–65f، 973،974f، 984f شرج
Aorta 986، 986–87f، 988 أبهر
Aortic arch، 902 قوس الأبهر
Aortic body 1009–10، 1010f جسم أبهري
Aortic valve، 988، 988f صمام أبهري
Apaf1 gene 388، 389f عامل منشط أنزيم محلل البروتين للموت المبرمج
APC. *See* Anaphase-promoting complex
APC، انظر المعقد المُعزز للطور الانفصالي
Ape، 708t، 709–14، 979 قردة
compared to hominids 710 مقارنة بعائلة الإنسان
evolution of 709–14 تطور
Aperture (pollen grain)، 600 فتحة (حبة اللقاح)
APETALA1 gene 834 جين APETALA1
AP gene، in plants 496–97،496–97f، جين AP، في النباتات
Aphasia، 888 حَبْسَة
Aphid، 769–70، حشرة
feeding on phloem 769f حشرة المن تتغذى على اللحاء
mutualism with ants 1180 تقايض مع النمل
Aphotic zone 1221f المنطقة المعتمة
Apical bud 819f برعم قمي
Apical complex، 570–71 معقد قمي
Apical dominance 832f، 833 قمة سائدة
Apical meristem 390، 391f، 720، 720–21f، 725، 727، 727f،730f، 732، 732f، 743f، 744، 819f مرستيم قمي
Apicomplexans 569، 570–71،570–71f معقدات القمة
Apicoplast، 485، 485f بلاستيد قمي
Aplysina longissima 639f Aplysina longissima
aPOB جين apoB gene 319
Apocynaceae (family)، 1175 نباتات قاتل الكلب (عائلة)
Apoda (order)، 691، 691t، 693f، 694 برمائيات عديمة الأطراف (رتبة)
Apodiformes (order)، 701t (رتبة)

Apodiformes
Apolipoprotein B, 319 بروتين دهني كلي B
Apomixis, 845–46 تكاثر لاإخصابي
Apoplast route 763, 763f, 770 مسار لاحيوي
Apoprotein 802 بروتين كلي
Apoptosis 304, 1041, 1042 f, 1046, 1050 نظام الموت المبرمج للخلايا
in development 388, 389f في التكوين الجنيني
genetic control of, 388, 389f سيطرة جينية
mechanism of, 388 آلية
Appendicitis, 427 التهاب الزائدة الدودية
Appendicular locomotion 958 حركة الأطراف
Appendicular skeleton, 945f, 946 هيكل طرفي
Appendix, 427, 965f, 972, 972f زائدة دودية
Appetite, 978–79, 979f شهية
Apple, 724, 818, 846 تفاح
Applied research, 7–8 بحوث تطبيقية
Aquaculture, 1229–30 زراعة مائية
Aquaporin, 96, 102t, 760, 761f, 1035 قناة مائية
Aqueous solution 95 محلول مائي
Aquifer, 1192 طبقة صخور مائية
Aquifex, 510f, 511, 544f Aquifex
Aquificae, 544 f Aquificae
Arabidopsis، نبات رشاد الجدران
Apetala1 mutant in, 492 طفرة Apetala1 في
aquaporins of, 760 الثقوب المائية لـ
auxin transport in, 818 نقل الأكسين في
CONSTANS gene in, 831–32 جين *CONSTANS* في
det2 mutant in 803, 803f طفرة *det2* في
development in, 391f, 745f التكوين الجنيني في
EMBRYONIC FLOWER gene in, 829, 829f جين الزهرة الجنينية في
genome of, 355f, 359, 361–62, 473t, 474–75, 477f, 484, 486 جينوم الـ
GLABROUS3 mutant in 723 طفرة GLABROUS3 في
HOBBIT gene in, 746–47, 746f جين *HOBBIT* في
hot mutants in 813 طفرات جينات *hot* في
KANADI gene in 736f جين KANADI في *KANADI*
LEAFY COTYLEDON gene in, 747 جين *LEAFY COTYLEDON*
LEAFY gene in 832–34 829, 829f، جين *LEAFY* في
MONOPTEROS gene in 746, 746f جين *MONOPTEROS* في
PHABULOSA gene in, 736f جين *PHABULOSA* في
PHAVOLUTA gene in 736f جين *PHAVOLUTA* في
response to touch 809 الاستجابة للمس
scarecrow mutant in 728, 728f, 807, 807f جين طفرة الفزاعة SCARECROW في
shootmeristemless mutant in, 744–46, 745f طفرة عدم وجود النسيج المولد في
short root mutant in 807, 807f طفرة الجذر القصير في
small RNAs in 317 RNAs الصغير في
suspensor mutant in, 743–44, 744f طفرة الحامل في
tissue-specific gene expression in, 728f التعبير عن الجين النسيجي المتخصص
too many mouths mutant in, 722, 722f
الطفرة متعددة الأفواه في
trichome mutation in 723f طفرات الشعيرة في
vernalization in 832 فترة الارتباع في
WEREWOLF gene in, 728–29, 728f جين WEREWOLF في
WOODEN LEG gene in, 747, 747f جين WOODENLEG في
YABBY gene in, 736f جينYABBY في
Arachidonic acid 925 حمض أراكونيديك
Arachnid, 666t, 669–70, 670f عنكبوت
Arachnida (class) 666t, 669–70, 670f العنكبوتيات (طائفة)
Araneae (order), 669–70, 670f Araneae (رتبة)
Arbuscular mycorrhizae 610, 616, 616f، الفطريات الجذرية الشجيرية
Archaea (domain), 13, 13f, 482, 510 البكتيريا F, 511–12, 511t, 541, 545 f القديمة (فوق مملكة)
Archaea (kingdom), 511 البكتيريا القديمة (المتطرفة) (مملكة)
Archaebacteria, 511, 545f *See also*، 15-البكتيريا القديمة. انظر أيضًا بدائية النوى Prokaryote
cell wall of, 64, 543 الجدار الخلوي في
characteristics of, 511–12, 511t صفات
gene architecture in 543 جين التركيب البنائي في
membrane lipids of 543, 543f دهون الغشاء في
nonextreme, 511–12 غير متطرفة
plasma membrane of 64, 543 الغشاء البلازمي في
Archaebacteria (kingdom), 513f, 514t البكتيريا القديمة (مملكة)
Archaefructus, 596–97, 597f Archaefructus
Archaeopteryx, 422–23, 423f, 464f, 700–701, 700f, 702f Archaeopteryx أركيوبتركس
Archegonium, 587–88, 587f, 593–94 محفظة جاميتية أنثوية
Archenteron, 626, 627f, 1095–96f, 1096 معي ابتدائي (معي قديم)
Archosaur, 459f, 696–97 زاحف ذو الأقواس (آركوصور)
Arcyria, 578 f Arcyria
Arenavirus, 365t Arenavirus
ARF. *See* Auxin response factor, ARF. انظر عامل استجابة الأكسين
Argentine hemorrhagic fever, 365t حمى أرجنتين النزفية
Arginine, 47f آرجنين
Arginine vasotocin, 929 آرجنين فاسوتوسين
Arithmetic progression, 9–10, 10f متوالية حسابية (عددية)
Armadillo, 520, 520f, 708t, 1203 المدرع
Armillaria, 603, 617f فطر آرميلاريا
Armored fish, 687t أسماك مدرعة
Arousal, 929 استيقاظ
sexual، جنسي
state of consciousness, 888 حالة الوعي
Arrow worm, 631t ديدان سهمية
Arsenic, 786 زرنيخ
ART. *See* Assisted reproductive technology, ART. انظر تقنية مساعدة على الإخصاب
Arteriole, 991–92, 993f شُريّن
Arteriosclerosis, 995 تصلُّب الشرايين
Artery, 862 f, 986 f, 991–92, 991 f شريان
Arthritis, 925 آلام المفاصل
Arthropod, 630t, 637–38, 637f, 666–75, 666–75f المفصليات
body plan of, 667–69, 667–69f خطة الجسم في
circulatory system of, 668, 668f الجهاز الدوري في
classification of, 518–20, 519f تصنيف الـ
economic importance of, 666 الأهمية الاقتصادية لـ
excretory system of, 668f, 669 جهاز الإخراج
exoskeleton of, 945, 945f الهيكل الخارجي الصلب لـ
groups of, 666t مجموعات
jointed appendages of, 667 الزوائد المفصلية لـ
locomotion in, 959–60 الحركة في
molting in, 667, 945 الانسلاخ في
nervous system of, 668, 668f, 884–85, 884f الجهاز العصبي في
reproduction in, 1068 التكاثر في
respiratory system of, 668–69, 669f, 1004 الجهاز التنفسي لـ
segmentation in, 518, 519f, 627, 627f التقسيم في
taste receptors in, 908–9f, 909 مستقبلات التذوق في
Arthropoda (phylum), 629f, 630t, 637–38, 666–75, 666–75f المفصليات (شعبة)
Articular cartilage, 950f غضروف للربط
Artificial insemination, 1084 تلقيح صناعي
Artificial selection, 10, 402, 419–21, 420 – 21 f, 838 انتخاب صناعي
domestication, 420–21, 420–21f تدجين
laboratory experiments, 420, 420f تجارب مخبرية
Artiodactyla (order), 520, 708t زوجية الأصابع (مزدوجة الحافر) (رتبة)
Ascaris, 206, 630t, 650 أسكارس
Ascidian, 493, 493f زقيات
Asclepiadaceae (family), 1175 الصقلابية (عائلة)
Ascocarp, 610, 611f, 613 ثمرة زقّيّة
Ascogonium, 611f محفظة زقية
Ascomycetes, 604, 604f, 610–12, 611f الفطريّات الزقيّة
Ascomycota (phylum), 607f, 607t, 608, 610 الفطريات الزقية (قبيلة)
Ascospore, 610, 611f بوغة زقية
Ascus, 610, 611f زقّ
Asexual reproduction, 566, 1068 تكاثر لاجنسي
in cnidarians, 1068, 1068f في اللاسعات
in plants, 845–47, 846–47f في النباتات
in protists, 566, 1068 في الطلائعيات
Ash, 736, 751f, 752 سدر
Ashkenazi Jews, 247t يهود أشكناز
Asian flu, 534 إنفلونزا آسيوية
Asparagine, 47f أسبراجين
Aspartic acid, 47f حمض الأسبارتيك
Aspen, 848 حور
transgenic, 829, 829f معدّل وراثيًّا
Aspergillus flavus, 613, 618, 618f أسبرجيلاس فليفس
Aspirin, 925, 1058 أسبرين
Assemblage, 1168 تجمّع
Assembly, of virus particle, 528 تجميع جسيمات الفيروس
Assisted reproductive technology (ART), 1084 تقنية مساعدة على الإخصاب (ART)
Association cortex, 888 قشرة ارتباطية
Association neuron. *See* Interneuron، عصبون رابط. انظر العصبون البيني
Associative activity, 886f نشاط ارتباطي
Associative learning, 1120–21, 1121f تعلم ارتباطي
Assortative mating, 400–401 تزاوج متجانس
Aster (mitosis), 193, 194f نجم (الانقسام المتساوي)
Asteroidea (class), 678, 678f نجميات (طائفة)
Asthma, 1010, 1046 ربو
Atherosclerosis, 55, 994f, 995 تصلب دهني
Athlete's foot, 618 قدم الرياضي
Atmosphere, 505 غلاف جوي
of early Earth، للأرض المبكرة (الأرض البدائية)
reducing, 505 مختزل
Atmosphere (pressure unit), 1004 غلاف جوي (وحدة ضغط)
Atmospheric circulation, 1212–16, 1212–13f, 1225, 1231 دورات الغلاف الجوي
Atmospheric pressure 1004, 1005f ضغط جوي
Atom 2f, 3, 18–19, 18f الذرة
chemical behavior of, 19–20, 20f السلوك الكيميائي لـ
energy within 20–21, 21f الطاقة في
isotopes of, 19, 19f نظائر
neutral 19 متعادل
scanning tunneling microscopy of 18f تصوير بالمجهر النفقي الماسح
structure of, 18–19, 18f تركيب
Atomic mass, 19 الكتلة الذرية
Atomic number, 18 العدد الذري
ATP 43, 110 ATP
energy storage molecule, 110–11 جزيء مختزن للطاقة
production of, 111, 111f. *See also* ATP synthase إنتاج، انظر أيضًا أنزيم بناء ATP
in electron transport chain, 122–24, 123f, 131–35, 132–34f في سلسلة نقل الإلكترون
in fat catabolism, 138, 139f في هدم الدهون
in glycolysis, 122, 124, 125f, 134–35, 134f في التحلل الجلايكولي
in Krebs cycle, 124, 129–31, 129–30f في دورة كربس
in photosynthesis, 145, 145f, 147, 152–56, 153f, 155–56f, 161–62, 162f في البناء الضوئي
regulation of aerobic respiration, 135, 135f تنظيم التنفس الهوائي
structure of, 43f, 110, 110f تركيب
uses of, 98, 98f استخدامات
in active transport، النقل النشط
in endergonic reactions, 111, 111f تفاعلات مستهلكة للطاقة
in muscle contraction, 954, 955f في انقباض العضلات
in nitrogen fixation, 779 في تثبيت النيتروجين
in phloem transport, 770 في النقل في اللحاء
in protein folding, 51, 52f في طي البروتين
in protein phosphorylation, 168, 168f في فسفرة البروتين

in protein synthesis, 291, 291f في تخليق البروتين
in sodium–potassium pump, 98–99, 98f, 873f في مضخة صوديوم – بوتاسيوم
in transcription, 285 f في الاستنتساخ
ATP cycle, 111, 111f دورة ATP
ATP synthase, 122, 123f, 132–34, 132–33f, 152, 156–57, 156–57f أنزيم بناء ATP (مخلّق ATP)
Atrial natriuretic hormone, 939, 996, 1036, 1036f هرمون أذيني مدر للصوديوم
Atrial peptide, 341 ببتيد أذيني
genetically engineered, 341 مهندسة وراثيًّا
Atriopore, 683f فتح الدهليز
Atrioventricular (AV) bundle. *See* Bundle of His، حزمة أذينية بطينية. انظر حزمة هسّ
Atrioventricular (AV) node, 990–91, 990f, 995 عقدة أذينية بطينية
Atrioventricular (AV) valve, 988, 988f صمام أذيني بطيني
Atrium, 985–87, 985f أذين
left, 985–87, 986–87f أيسر
right, 985–87, 986–87f أيمن
Attachment, of virus to host, 528، ارتباط، الفيروس بالعائل
Auditory channel, 904f قناة سمعية
Auditory cortex, 887 قشرة سمعية
Auditory nerve, 904–5f عصب سمعي
Auk, 701t أوك
Aurelia aurita, 642f هلام البحر Aurelia aurita
Australopithecine, 710–11 القردة الجنوبية الأولى
Australopithecus, 711 القردة الجنوبية Australopithecus، Australopithecus afarensis, 711
Australopithecus afarensis
Australopithecus boisei, 711
Australopithecus boiseI
Autocrine signaling, 166 الترميز عن طريق الإفراز الذاتي
Autoimmune disease, 1058 مرض مناعة ذاتية
Autologous blood donation, 1060 نقل دم ذاتي
Automated DNA sequencer, 336f, 337, 353, 353f تحليل تسلسل DNA الآلي
Autonomic nervous system, 870, 871f, 891–93, 891–94f, 894t جهاز عصبي ذاتي
Autophosphorylation, 173, 173f, 804, 805f عملية فسفرة ذاتية
Autopolyploidy, 441–42, 475, 477f تعدد كروموسومي ذاتي
Autorhythmic fibers, 989–90 ألياف ذاتية الإيقاع
Autosome, 239 كروموسوم جسمي
nondisjunction involving, 249–50, 249f عدم انفصال
Autotroph, 120, 553, 1196 ذاتي التغذية
Autumnal equinox, 1212f اعتدال خريفي
Aux/IAA protein 816–17, 817f بروتين AUX / IAA
Auxin 727, 813–22, 814t, 819–20f أوكسين
acid growth hypothesis, 818, 818f فرضية النمو الحمضي
discovery of, 813–16, 813f, 815f اكتشاف
effects of, 816, 816f, 818f تأثيرات
gravitropism and, 806–8 تأود أرضي و
mechanism of action of, 816–18، 817–18f آلية عمل
phototropism and, 816f, 820 التأود الضوئي
synthetic, 816, 817f, 818 مخلّق
thigmotropism and, 808 التّأوّد اللّمسيّ
Auxin binding protein, 816 بروتين رابط الأوكسين
Auxin receptor, 817, 817f مستقبل الأوكسين
Auxin response factor (ARF), 816–17, 817f عامل استجابة الأوكسين
Auxotroph, 553 الطفرة الغذائية
Avascular bone, 949 عظم لاوعائي
Avery, Oswald, 257 أزولد آفري
Aves (class), 687f, 700–703, 700–703f الطيور (طائفة)
Avian cholera, 1045 كوليرا الطيور
Avian influenza, 534, 1063 إنفلونزا الطيور
Avirulent pathogen, 797f عامل ممرض غير نشط
AV node. *See* Atrioventricular node، عقدة AV. انظر أيضًا عقدة أذينية بطينية
Avoidance, of predators, 1132 تجنب المفترسات
AVr gene, 797 جين avr
AV valve. *See* Atrioventricular valve، صمام AV. انظر أيضًا صمامًا أذينيًّا بطينيًّا
Axial locomotion, 958 حركة دودية (حركة محورية)
Axial skeleton, 945f, 946 هيكل محوري
Axil, 732 إبط
Axillary bud, 718f, 732, 732f, 790, 832f, 833 برعم إبطي
Axolotl, 1002 سلمندر
Axon, 388, 860, 860t, 870 – 72 f, 871 محور
conduction velocities of, 877–78, 877t سرعات التوصيل في
diameter of, 877–78 قطر المحور
myelinated, 872, 877t, 878, 878f, 891f، مغمّد (ذو غمد)
unmyelinated, 872, 877–78f, 877t غير مغمّد
Axopodia, 565 أقدام محورية
Aysheaia, 632f Aysheaia
AznalcÓllar mine spill (Spain), 786f تسرب نفايات منجم أزنالوكولار (إسبانيا)
Azolla, 591 Azolla
Azospirillum, 791 Azospirillum
AZT, 532–33, 532f AZT نظير

B

Bacillary dysentery, 554 زحار بكتيري
Bacillus, 544f, 546 البكتيريا عصوية
Bacillus anthracis, 365t, 544f, 555t Bacillus anthracis
Bacillus subtilis, 186 Bacillus subtilis
Bacillus thuringiensis insecticidal protein, 344–45 بروتين سام منتج من بكتيريا Bacillus thuringiensis
Bacteria, 544–45f *See also* Prokaryote، البكتيريا. انظر أيضًا بدائية النوى
ancient, 540, 540f القديمة
archaebacteria, 541 البكتيريا القديمة (المتطرفة)
as bioweapons, 557 أسلحة حيوية
cell wall of, 64, 543 جدار خلوي
flagella of, 65, 65f أسواط
genetically engineered, 558 مهندسة وراثيًّا
Gram staining of, 64 طريقة صبغة جرام
intestinal, 558, 972 معوية
photosynthetic, 147, 153, 153f, 513f، 514f
Bacteria (domain), 13, 13f, 482, 510f, 511, 511t, 541, 545f، البكتيريا (فوق مملكة)
Bacteria (kingdom), 511, 513f، البكتيريا (مملكة)
Bacterial artificial chromosome (BAC), 330, 354 الكروموسومات البكتيرية الصناعية (BAC)
Bacterial disease, 554–57, 555t مرض بكتيري
in humans, 552 في الإنسان
in plants, 554, 797f في النباتات
Bacteriochlorophyll, 553 كلوروفيل بكتيري
Bacteriophage, 257, 523, 524–25f, 525, 526–29، فيروس آكل البكتيريا
cloning vector, 328–29, 329–30f حامل استنسال
Hershey–Chase experiment with, 257, 257f تجربة هيرشي وتشيس
induction of, 528, 529 حث
lysogenic cycle of, 528, 529f, 551 دورة معتدلة (مولدة للتحلل)
lytic cycle of, 528, 529f, 551 دورة تحللية
temperate, 528 معتدلة (مولدة للتحلل)
transducing, 550–51, 550–51f تحول (تأبير)
virulent, 528 فيروسات ممرضة
Bacteriophage lambda, 329, 528, 551، فيروس بكتيري لامدا (l)
cloning vector, 329, 329 f حامل استنسال (حامل الفيروس)
Bacteriophage T_2, 526f فيروس آكل البكتيريا (بكتيري T_2)
Bacteriophage T_4, 515f, 525f, 528 فيروس آكل البكتيريا (بكتيري T_4)
Bacteriorhodopsin, 92, 92f رودبسين بكتيري
Bacteroid, 779f شبيه البكتيريا
Bakanae, 820 مرض البادرات الحمقاء
Balance, 907–8 توازن
Bald eagle, 392, 1227, 1227f النسر الأصلع
Baleen whale, 427, 427f, 1249–50 حوت البالين
Ball-and-socket joint, 951, 951f مفصل الكرة – المحجر
Ballast water, 655 ماء الصابورة
Balsam poplar, 437 حور البلسم
Bamboo, 848 بامبو
Banana, 477, 750, 822, 846 موز
Banana slug (Ariolimax columbia- nus), 654f بزاقة موزية (Ariolimaxcolumbianus)
Bank (fishing on continental shelf), 1224 منحدر
Barb (feather), 700, 700f شعرات (ريش)
Barbiturate, 888 مواد منومة
Barbule (feather) 700, 700f شعيرات (ريش)
Bark, 720, 790 قلف
outer, 734, 734f القفل الخارجي
Barley, genome of, 486 شعير، المحتوى الجيني
genome of, 477f المحتوى الجيني
Barnacle 672, 672f, 1179 برنقيل
competition among species of, 1170, 1170f تنافس بين الأنواع
Barometer, 1004 جهاز مقياس الضغط
Barn owl, 701t بوم الحظائر
Baroreceptor, 898t, 902, 929f, 995–96, 996f مستقبل ضغط
Baroreceptor reflex, 995–96, 996f منعكس مستقبلات الضغط
Barr body, 241, 241f, 250 جسم بار
Barrel sponge, 630t إسفنج برميلي
Barro Colorado Island, 1203 جزيرة Barro Colorado
Basal body, 80, 80f جسم قاعدي
Basal ganglia, 885t, 888 عقد قاعدية
Basal metabolic rate (BMR), 934–35, 977 معدل الأيض القاعدي (BMR)
Base, 29–30 قاعدة
Base-pairs, 260, 261f أزواج القواعد
Base substitution, 298, 299f استبدال قاعدة
Basic research, 7–8 البحث الأساسي
Basidiocarp, 612f, 613 جسم ثمري بازيدي
Basidiomycetes, 604, 604f, 612–13, 612f الفطريات البازيدية
Basidiomycota (phylum) 605, 607f, 607t، الفطريات البازيدية (قبيلة)
Basidiospore, 612, 612f بوغة بازيدية
Basidium, 612, 612f بازيديم
Basilar membrane, 904–5f, 905 غشاء قاعدي
Basket sponge, 630t إسفنج السلة
Basking, 1020, 1146f, 1147, 1147f، تشمس
Basophils, 997–98f, 1044, 1046, 1047t، 1059 خلايا قاعدية
Bat 459f, 520f, 535, 705–6, 705f, 708t, 1149، خفاش
echolocation in, 906–7, 960 تحديد الموقع بالصدى
pollination by 841, 1178, 1178f، 1253–54, 1254f، التلقيح عن طريق
seed dispersal by 1253–54 نشر البذور عن طريق
wings of, 960, 960f أجنحة
Bates, Henry, 1177 هنري بيتس
Batesian mimicry, 1177–78, 1177f محاكاة باتيسية
Bathtub sponge, 639 إسفنج الحمام
Batrachochytrium dendrobatidis, 618 فطر الكايتريديا
B cell(s) 998f, 1045f, 1046–48, 1047t, 1049t, 1051–58, 1052–57f، خلية (خلايا) ليمفاوية B (ليمفية بائية)
B cell receptor, 1051 مستقبل خلية ليمفاوية B (ليمفية بائية)
bcl genes, 388, 389f جينات bcl
Bdellovibrio, 545f Bdellovibrio
Beach flea, 671 برغوث الشاطئ
Beaded lizard, 699 العظاءة ذات الخرز
Beadle, George, 278–79 جورج بيدل
Beadle and Tatum experiment, 278–79, 278f تجربة بيدل وتاتم
Beak, 408, 409f, 703 منقار
of bird, Darwin's finches, 8, 9f, 407, 416–17, 416–17f, 438, 444–45, 444 – 45f, 1173, 1173f الطائر
حسون داروين
of turtle, 698 السلحفاة
Bean, 748, 748f, 751f, 754, 786, 810, 848 فول
Bear 507f, 649f, 708t, 964, 1220 دب
Beaver 705f, 708t, 1183, 1183f, 1220, 1257، قندس
Becker muscular dystrophy, 246 f
Becker muscular dystrophy
Bedbug, 673t بق الفراش
Bee 239t, 667f, 673t, 916, 1141, 1176 نحلة
African, 1256 إفريقي

chromosome number in. 188t عدد الكروموسومات في
pollination by. 840.840–41f. 843 f، التلقيح عن طريق
solitary. 840 النحل المنفرد
Beef tapeworm (Taenia saginata). 647. 647f الدودة الشريطية البقرية
Beer-making. 137. 610 صناعة المشروبات الكحولية
Bee's purple." 841. 841f" أرجواني النحل
Beeswax. 53 شمع النحل
Beet. 731. 848 بنجر
Beetle. 630t. 673t. 674. 1146 خنافس
species richness in. 466–67. 466f غنى الأنواع في
Behavior. 1115–42 *See also specific types*
سلوك 6 انظر أيضًا أنواعًا محددة
adaptation to environmental change. 1146–47. 1147f التكيف مع التغير البيئي
adaptive significance of. 1130 الأهمية التكيفية لـ
altruism. 1137–40. 1138–40f الإيثار
cognitive. 1124–25 إدراكي
communication and. 1127–30. 1127–30f، الاتصال و
development of. 1122–23 تطور الـ
feeding. 1118 تغذية
foraging. 1131–32. 1131f جمع الغذاء
innate. 1116–17. 1116–17f فطري (غريزي)
learning and. 1120–21. 1121f التعلم و
migratory 1125–27. 1126f الهجرة
reproductive strategies. 1133–37. 1133–36f إستراتيجيات التكاثر
study of. 1116–17. 1116–17f دراسة الـ
survival value of. 1130 القيمة البقائية لـ
temperature regulating. 1019–20. 1020f تنظيم درجة الحرارة
territorial. 1132–33. 1132f الإقليمية (سلوك الإقليم الخاص)
Behavioral ecology. 1130–33 علم البيئة السلوكي
Behavioral genetics. 1117–20. 1118–19f، علم وراثة السلوك
in fruit flies. 1118 في ذبابة الفاكهة
in mice. 1118–19. 1119f في الفئران
Behavioral genomics. 366 علم جينومات السلوك
Behavioral isolation. 435t ،436. 436f، الانعزال السلوكي
Belding's ground squirrel. 1139 سناجب بلدنج الأرضية
Belemnite 659 سهيمات
Belt. Thomas. 1180 Belt. Thomas، جسم بلتي
Beltian body. 1180. 1180f
Bent grass (Agrostis tenuis). metal tolerance in. 405. 405f الحشيش المنحنى، تحمل المعادن في
Benthic zone. 1223f المنطقة القاعية
6-Benzylaminopurine 819f 6- بنزيلامينوبيورين
Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. 544–45 دليل بيرجي لتصنيف البكتيريا
Beriberi. 980t البري بري
Berry. true. 751f العنبية الحقيقية
BAB motif. 51f بيتا- ألفا- بيتا- موتيف
b barrel. 50. 93. 93f برميل b
b cells. 937. 938f. 971f. 977. 977f خلايا بيتا b
Betacyanin. 811 بيتا سيانين
β-oxidation. 138. 138–39f أكسدة بيتا
Beta-pleated sheet. 48. 93. 93f صفائح بيتا المثناة
Beta wave. 888 موجة بيتا
Bicarbonate. 30. 1012–14. 1014f بيكربونات
in carbon cycle. 1190–91. 1190f في دورة الكربون
in pancreatic juice. 965. 970.975f. 976t، في العصارة البنكرياسية
reabsorption in kidney. 1034. 1034f إعادة الامتصاص في الكلية
Biceps muscle. 862f عضلة ذات الرأسين
bicoid gene. 382. 383f جين بايكويد bicoid
Bicoid protein. 382–84. 382–83f بروتين بايكود bicoid
Bicuspid (mitral) valve. 987–88f. 988 صمام ثنائي الشرفات (ذو الشرفتين)
Biennial plant. 848 848 نبات ثنائي الحول
Bilaterally symmetrical flower. 495–96. 837. 837f زهرة ثنائية التماثل الجانبي
Bilateral symmetry. 624–25. 624f. 644، تماثل جانبي ثنائي
Bilateria. 644–48. 645–48f ذات التماثل الجانبي
Bile. 965. 970–71. 971f. 976 عصارة الصفراء
Bile pigment. 970–71. 971f أصباغ الصفراء
Bile salt. 970–71. 971f ملح الصفراء
Bilirubin. 1061 بيليروبين
Billifish. 1203 سمك الخرمان
Binary fission. 186. 186f. 542 الانشطار الثنائي
Bindweed. 808 لبلاب
Binocular vision. 709. 915 الرؤية الثنائية بالعينين (ثنائية العينين)
Binominal expansion. 398 - 99 امتداد ذو حدين
Binomial name. 507 التسمية الثنائية
Biochemical pathway. 115. 115f مسلك كيميائي حيوي
evolution of. 115–16. 412 نشوء الـ
intermediates that connect. 138f. 139 جزيئات الوسطية تربط
regulation of. 116. 116f تنظيم الـ
Biodiversity. 1205–7 *See also* Species richness، تنوع حيوي. انظر أيضًا غنى الأنواع
biodiversity crisis. 1238–42. 1238–41f أزمة التنوع الحيوي
conservation biology. 1237–58، قيمة التنوع الحيوي
economic value of. 1242–44. 1242–44f، القيمة الاقتصادية
ethical and aesthetic values of. 1244 القيم الأخلاقية والجمالية
factors responsible for extinction. 1245–55. 1245–55f العوامل المسببة لعملية الانقراض
preserving endangered species. 1256–57. 1256–57f طرائق المحافظة على الأنواع المهددة بالانقراض
in rain forests 1218 في الغابات المطرية
speciation and extinction through time 448–49. 449f التنوع والانقراض عبر الزمن
Bioenergetics. 105 طاقة حيوية
Biogenic amine. 881. 921 أمين حيوي
Biofilm. 542. 555–56 رقاقة حيوية (طبقة رقيقة)
Biogeochemical cycle. 1190–95. 1190–95f دورة بيوجيوكيميائية
in forest ecosystem. 1194–95. 1195f في النظام البيئي للغابات
Biogeography. 428–29 الجغرافية الحيوية
island. 1208. 1208f جزيرة
patterns of species diversity. 1207. 1207f أنماط تنوع الأنواع
Bioinformatics. 356 المعلوماتية الحياتية
Biological control agent. 486 عامل المقاومة البيولوجية
Biological magnification. 1227. 1227f التضخيم البيولوجي
Biological species concept. 434–38. 460–61 مفهوم النوع البيولوجي
weaknesses in. 437–38 عوامل الضعف
Biological weapons. 365 الأسلحة البيولوجية
Bioluminescence. 569f. 1128f. 1226. 1226f مضيئة حيويًا
Biomarker. 541 مؤشر حيوي
Biomass. 1197 كتلة حيوية
Biome. 1216–20. 1216–19f إقليم حيوي
climate and. 1217. 1217f المناخ و
distribution of. 1216f توزيع
predictors of biome distribution. 1217. 1217f تنبؤ بتوزيع الأقاليم الحيوية
Biopharming. 345–46 الصيدلة الحيوية
Bioremediation. 558. 558f. 607 المعالجة الحيوية للتلوث
Biosphere. 3f. 4. 1163. 1211–34 محيط حيوي (غلاف حيوي)
influence of human activity on. 1227–31 تأثير النشاط البشري في
Biostimulation 558 تنبيه حيوي
Biotechnology. 325–46 التقانة الحيوية
Bioterrorism. 365. 365t. 618 الإرهاب البيولوجي
Biotic potential. 1156–57 جهد حيوي
Biotin. 980t بيوتين
Bioweapons. 557 الأسلحة الحيوية (الأسلحة البيولوجية)
Bipedalism. 710–11 السير على رجلين
Bipolar cells. 913. 913–14f. 915 خلايا ثنائية القطب
Biramous appendage. 518–19. 519f. 666t. 670–71 زوائد ثنائية الشعب
Birch (Betula). 736. 842. 842f Birch (Betula) بتولا
Bird. 630t. 687f. 700–703. 700–703f الطائر
altruism in. 1137–38 إيثار في
bones of. 700 عظام الـ
brain of. 886. 886f دماغ الـ
characteristics of. 700. 703 صفات الـ
circulation in. 703. 986–87. 987f دورة دموية في
cleavage in. 1093–94 التفلج في
cognitive behavior in. 1124–25. 1125f سلوك تعرفي إدراكي في
development in. 1071–72 تكوين
digestive tract of. 966. 966f القناة الهضمية لـ
eggs of. 1071. 1071f بيوض
evolution of. 422–23. 423f. 460. 462. 464f. 685. 700–703. 700f. 702f تطور
extinctions. 1239. 1239t. 1245t انقراض
eyes of. 915 عيون
fertilization in. 1071–72 إخصاب
flocking behavior in. 1140. 1141f سلوك الأسراب في
gastrulation in. 1096–97. 1097f تكون الجاسترولا
habituation in. 1121 التعود في
heart of. 986–87. 987f القلب
kidney of. 1028. 1028f الكلية
mating systems in. 1136–37. 1136f أنظمة التزاوج
migration of. 916. 1125–27. 1126f. 1248–49 هجرة
nectar-feeding. 1132–33. 1132f التغذية على الرحيق
nitrogenous wastes of 1029. 1029f الفضلات النيتروجينية
parental care in. 461–62. 462f الرعاية الأبوية
pollination by. 840–41. 841f التلقيح عن طريق
present day. 703 اليوم
respiration in. 703. 1006–7. 1007f التنفس في
sex chromosomes of. 239t الكروموسومات الجنسية في
swimming in. 959 السباحة في
territorial behavior in. 1132–33. 1132f سلوك الإقليم في
thermoregulation in. 703 التنظيم الحراري في
vitamin K requirement of. 975 حاجة فيتامين K إلى
wings of. 960. 960f الأجنحة في
Bird flu. 534. 1063 إنفلونزا الطيور
Birds of prey. 701t طيور مفترسة
Bird song 1123. 1123f. 1128. 1132 تغريد الطائر
Birth control. 1080–83. 1081f. 1082t. 1083f تنظيم الحمل
Birth control pill. *See* Oral contraceptives أقراص منع الحمل. انظر أقراص موانع الحمل عن طريق الفم
Birthrate. 1156. 1161 معدل الولادة
human. 1161 الإنسان
Birth weight. in humans 409. 409f وزن المواليد، في الإنسان
Bison. 1220 الثور الأمريكي
1,3-Bisphosphoglycerate. 124. 126f. 158f جليسرات 1، 3 ثنائي الفوسفات
Bithorax complex. 385–86. 385–86f. 491 معقد ثنائي الصدر
Bittern. 701t الواق
Bitter taste. 908–9 التذوق المر
Bivalve mollusk . 655f. 658–59. 659f رخويات ثنائية المصراع
Bivalvia (class). 658–59. 659f ثنائية المصراع (طائفة)
Black-and-white vision. 912 الرؤية البيضاء والسوداء
Blackberry. 751f. 846 التوت الأسود
Black-bellied seedcracker finch (Pyrenestes ostrinus). 408. 409f الحسون الإفريقي أسود البطن
Black cherry (Prunus serotina). 1239 الكرز الأسود (Prunus serotina)
Black Death. *See* Bubonic plague الموت الأسود، انظر الطاعون
Black locust (Robinia pseudo-acacia). 736 الجراد الأسود (Robinia pseudo-acacia)
Blackman. F. F.. 146 بلاكمان
Black walnut (Juglans nigra). 792. 792f الجوز الأسود (Juglans nigra)
Black widow spider (Latrodectus mactans). 669–70. 670f الأرملة السوداء الجنوبية (Latrodectus mactans)
Bladder، مثانة
swim. *See* Swim bladder، السباحة. انظر مثانة السباحة
urinary. *See* Urinary bladder، بولي. انظر

مثانة بولية
Bladderwort (Utricularia). 781
(حشيشة المثانة)
Blade, of leaf. 718f, 732f, 736 نصل، الورقة
BLAST algorithm. 356 خوارزميات BLAST
Blastocoel. 1092–93, 1093–94f. 1096f تجويف البلاستيولة
Blastocyst. 372, 372f. 1088t, 1092, 1094, 1094f, 1108 (كيس بلاستيولي)
Blastoderm. 1096, 1097f أدمة البلاستيولة (أدمة البلاستيولا)
Blastodisc, cellular. 381, 381f, 1092 الخلوية
Blastodisc, syncytial. 381, 381f, 1092 المدمجة
Blastodisc. 1093, 1094f قرص بلاستيولي
Blastomere. 370, 370f, 1092, 1094 قطع البلاستيولا، الفلجة (القطعة)
Blastopore. 390f, 623, 626, 627f. 1095–96f, 1096, 1104 (ثقب البلاستيولة)
Bleaching reaction, fate of. 626, 627f تفاعل التبييض (القصر)
Blending inheritance. 398 الوراثة المزيج
Blights (plant disease). 554 اللفحة (مرض نباتي)
Blind spot. 427, 427f بقعة عمياء
Blinking. 890 رمش العين
Blood. 856, 857t, 858, 997–1000. 997–99f الدم
Blood, functions of. 997 وظائف الـ
Blood, pH of. 30, 910, 1012–14, 1013f الرقم الهيدروجيني PH لـ
Blood cells. 997f خلايا الدم
Blood clotting. 430, 866, 980t, 997, 999f تجلط (تخثر) الدم
Blood donation, autologous. 1060 نقل الدم، الذاتي
Blood flow. 995–97 تدفق الدم
Blood flow, resistance to. 992 مقاومة
Blood fluke (Schistosoma). 646 ديدان الدم المنبسطة (Schistosoma)
Blood group. 1060 زمر الدم ABO
Blood group, ABO. 230t, 231, 232–33, 233f, 397, 1060. ABO
Blood group, genetic variation in. 397 التنوع الجيني في
Blood group, Rh. 1060 العامل الرايزيسي
Blood pressure. 929f, 936, 989, 1032, 1035–36, 1036f ضغط الدم
Blood pressure, baroreceptor reflex and. 902, 995 – 96, 996 f منعكس مستقبل الضغط و
Blood pressure, measurement of. 989, 989f قياس
Blood pressure, sensing of. 898t, 902 رصد لـ
Blood typing 1060 زمر الدم
Blood vessel. 988–91 وعاء دموي
Blood vessels, characteristics of. 991–95, 991–94f خصائص الـ
Blood vessels, innervation of. 894 t التغذية العصبية
Blood vessels, paracrine regulation of. 924–25 تنظيم عن طريق المنظمات نظيرة الصماء
Blood vessels, walls of. 858, 991–92, 991f جدران الـ
Blood volume. 929f, 936, 995, 1032, 1035–36, 1036f حجم الدم
Blood volume, regulation of. 996–97 تنظيم
Blowfly. 909f ذبابة السرء
Bluefin tuna. 1249 أسماك الطن (التونة) ذات الزعنفة الزرقاء
Blue-footed booby. 436f الطائر الأطيش ذو الأقدام الزرقاء
Bluehead wrasse (Thalassomabifasciatium). 1068f السمكة ذات الرأس الأزرق Thalassomabifasciatium
Blue jay. 1176f الزرياب الأزرق
Blue-light receptor, in plants. 805, 805f مستقبل الضوء الأزرق، في النباتات
Blue-ringed octopus (Hapalochlaena maculosa). 654f الأخطبوط ذو الحلقة الزرقاء Hapalochlaena maculosa
Blue shark. 688f القرش الأزرق
BMI. *See* Body mass index. انظر مؤشر كتلة الجسم BMI
BMR. *See* Basal metabolic rate. انظر معدل الأيض القاعدي BMR
Boa constrictor. 427 الأصلة العاصرة
Bobolink (Dolichonyz oryzivorus). 703f. 1125–26, 1126f الممراح
Bodybuilder. 939 باني الجسم
Body cavity 1033f تجويف الجسم
Body evolution of. 625–26, 625f تطور
Body kinds of. 625 أنواع
Body color, in fruit fly. 244f, 245 لون الجسم، في ذبابة الفاكهة
Body mass index (BMI). 977 مؤشر كتلة الجسم (BMI)
Body plan 1031f خطة الجسم
Body, animal, evolution of. 624–27, 624–27f الحيوان، تطور
Body, of vertebrates 852, 852–53f, 862–63f فقريات
Body position, sensing of 902, 906–7f, 907–8 موقع الجسم، الإحساس بـ
Body size حجم الجسم
Body, circulatory and respiratory adaptations to. 985–87 تكيفات في الجهازين؛ الدوري والتنفسي
Body, generation time and. 1152, 1152f زمن الجيل و
Body, metabolic rate and. 1021, 1021f معدل الأيض و
Body temperature, regulation of. *See* Thermoregulation
Bog 1220 حرارة الجسم، تنظيم. انظر التنظيم الحراري
Bohr effect. 1012 مستنقع تأثير بور
Boll weevil (Anthonomus grandis). 672–73f خنافس القطن
Bolus 968, 968f لقمة غذائية
Bombykol. 1128 بوميبكول
Bone. 856, 857t, 858, 946–50 العظم
Bone, avascular 949 لاوعائي
Bone, compact. 948f, 949 صلب (مصمت)
Bone, development of. 946–49 تكوين
Bone, endochondral. 947f, 948 الغضروفي الداخلي
Bone, intramembranous. 946, 947f داخل الغشائي
Bone, formation of. 858 تكوّن
Bone, medullary. 949 نخاعية
Bone, remodeling of. 948,949–50, 949f إعادة التشكيل
Bone, spongy. 948f, 949 إسفنجي
Bone, structure of. 948f, 949 تركيب
Bone, vascular 949 وعائي
Bone marrow. 863f, 949, 1046, 1047f. 1049 نخاع العظم
Bone morphogenetic protein 4. 1106 بروتين مشكّل العظم
Bony fish 689–90, 689–90f أسماك عظمية
Book lungs. 669 رئات كتبية
Boring sponge. 630t إسفنج ثاقب
Boron, in plants 776, 777t البورون، في النباتات
Borrelia burgdorferi. 544f, 555t Borrelia burgdorferi
Bosmina longirostris. 1158f Bosmina longirostris
Bottleneck effect. 401–2, 401–2f تأثير عنق الزجاجة
Bottom-up effect. 1201, 1204–5, 1204f, 1226 تأثير أدنى - أعلى
Botulism. 365t, 548, 555t تسمّم وشيقي
Bovine spongiformencephalopathy. 536 اعتلال الدماغ الإسفنجي في البقر
Bowerbankia 630t Bowerbankia
Bowhead whale. 1250 الحوت ذو رأس القوس
Bowman's capsule. 1026, 1031, 1031f محفظة بومان
Box elder. 736 البيلسان الصندوقي
Box jellyfish. 643, 643f هلام البحر الصندوقي
Boysen-Jensen, Peter. 815 بيتر بويسين - جنسن
B7 protein. 1051 بروتين B7
Brachial artery. 989, 989f الشريان العضدي
Brachiopoda (phylum). 629f, 631 عضدية
Brachydactyly. 225t قصر الأصابع
Brachyury gene. 493–94, 493f جين Brachyury
Bract. 737 قنابة
Bradykinin. 924, 1042 براديكانين
Brain 860t, 862f, 870–71f, 885t دماغ
Brain, of amphibians. 886, 886f البرمائيات
Brain, of birds. 886, 886f الطيور
Brain, divisions of. 885–86, 885t أقسام
Brain, of mammals 886, 886f الثدييات
Brain, of reptiles. 886, 886f الزواحف
Brain, size of. 711, 886, 886f حجم
Brain, of vertebrates. 885f الفقاريات
Brain hormone. 940f هرمون الدماغ
Branchial chamber. 1002 حجرة خيشومية
Branching diagrams. 454–55, 454f مخططات متفرعة
Branching morphogenesis. 1100 تشكل فرعي
Branchiostoma. 684, 684f سُهيم Branchiostoma
Branchiostoma *Hox* genes in. 386 جينات *Hox* في
brachless gene, in *Drosophila*. 1100 جين
Branch point (nucleotide). 289, 289f عدم التفرع، في ذبابة الفاكهة
Brassicaceae (family). 492, 1175 نقطة تفرع (نيوكليوتيد)
*Brassica*ceae (عائلة) الخردلية *Brassica*
Brassica. 821 genome of. 477f المحتوى الجيني
Brassica, evolution of. 492, 492f تطور
Brassica juncea. 786 *Brassica juncea* براسينوليد
Brassinolide. 822f
Brassinosteroid. 803, 813, 814t, 821–22, 822f هرمون براسينوستيرويد
Bread-making 611 صنع الخبز
Bread mold. 609, 609f فطر عفن الخبز
Breast cancer 794, 1083 سرطان الثدي
Breast-feeding. 929 الرضاعة الطبيعية
Breath holding. 1009 إيقاف التنفس
Breathing. 1000, 1004, 1007–10, 1008–10f التنفس
in amphibians. 1002, 1005f في البرمائيات
in birds. 1007, 1007f في الطيور
mechanics of. 1008, 1009f آلية
negative pressure. 1005 ضغط سلبي
positive pressure 1005, 1005f ضغط إيجابي
rate of. 1008–9 معدل
regulation of 910, 1009–10, 1010f تنظيم
Breeding Bird Survey. 1248 مسح الطيور المتكاثرة
Breeding season. 436 موسم التكاثر
Briggs, Winslow. 816, 816f وينسلو برجز
Bright-field microscope. 62t مجهر المجال المضيء
Bristlecone pine (Pinus longaeva). 594, 847 الصنوبر (المخروط) المُهلّب Pinus longaeva
Bristle number, in *Drosophila*. 420, 420f عدد الأهلاب في *Drosophila*
Bristleworm (Oenone fulgida). 662f الدودة الهلبية اللامعة Oenone fulgida
Brittle star. 622t, 676–78, 678f نجم البحر الهش
Broca's area. 887f, 888–89 منطقة بروكا
Broccoli. 844 بروكلي
Bronchi. 1006, 1006f شعبة هوائية
Bronchiole. 1006, 1006f شعيبة هوائية
Brood parasite 1123, 1123f متطفل حضانة
Brood patch. 933 بقعة الحضانة
Brosimum alicastrum. 1150f Brosimum alicastrum
Brown, Robert. 65 روبرت بروان
Brown algae 512, 512–13f, 564, 573–74, 573–74f طحالب بنية
Brown fat. 1021 دهن بني
Brown pelican. 1227 البجع البني
Brown recluse spider (Loxosceles reclusa). 669–70, 670f العنكبوت البني الناسك
Brown tree snake. 1251 أفعى الشجرة البنية
Brown trout. 1201–2 السلمون البني
Brusca, Richard. 519 ريتشارد بروسكا
Brush border. 970 حافة الفرشاة
Brussels sprouts. 492 الكُرُنْب المسوَّق
Bryophyta (phylum). 586–88, 586–87f الحزازيات (قبيلة)
Bryophyte. 460f, 586–88, 586–87f حزازي
Bryozoa (phylum). 629f, 630t, 637, 637f, 664–65, 664f الزهريات (الحيوانات الزهرية) (خارجية الشرج) (قبيلة)
Bt crops. 344–45 محاصيل Bt
Bubonic plague. 553, 1161f الطاعون (الموت الأسود)
Buccal cavity. 1002f, 1005f تجويف فمي
Buckeye (Aesculus). 737 كستناء الحصان (Aesculus)
Bud. 736 برعم
Bud, apical. 819f قمي
Bud, axillary. 718f, 732, 732f, 790, 832f, 833 إبطي
Bud, lateral. 819f, 824 جانبي
Bud, terminal. 732, 732f طرفي
Bud, winter. 824 شتاء
Budding التبرعم
Budding, asexual reproduction in animals. 1068, 1068f تكاثر لاجنسي في الحيوانات
virus release from cells. 530 خروج الفيروسات من الخلايا
Bud, in yeast. 610, 611f في الخميرة
Bud primordium. 730f بادئ البرعم
Bud scale. 733, 824f حرشفة برعمية

Bud scale scar. 732f. 733 ندبة حرشفية برعمية
Buffalo. 705 جاموس
Buffer. 30. 30f محلول منظم
Bug. true. 673t بق، حقيقي
Bulb (plant). 734. 735f. 846 بصلة (النبات)
Bulbourethral gland. 1073f. 1075 غدة كوبر (غدة إحليلية منتفخة)
Bulimia. 979 شهية كلبية
Bullfrog. 891f. 1128 الضفدع الأمريكي الكبير
Bumblebee (Bombus) . 840f. 1121f النمل الطنان Bombus
Bundle of His. 990f. 991 حزمة هسّ
Bundle scar. 732f. 733 ندبة الحزَمة
Bundle-sheath cells. 161–62. 161–62f خلايا محيطة بالحزمة الوعائية
Bunting. 1248 الدرسة
Bushmaster. 699 سيدة الأجمات
Bushmeat. 468 تسويق اللحم
Buttercup (Ranunculus). 729f. 837 الحَوْذان Ranunculus
alpine. New Zealand. 446–47. 447f الجبلي، نيوزلندا
Butterfly. 673t. 674. 675f. 795. فراشة 840. 1218
Batesian mimicry in. 1177. 1177f المحاكاة الباتيسية في
effect of global warming on. 1233. 1233f تأثير الاحتباس الحراري على
eyespot on wings of 495. 495f البقعة العينية على أجنحة
Buttress root. 730–31f. 731 جذر دعامي

C

Cabbage. 492. 848. 1175 ملفوف
Cabbage butterfly (Pieris rapae). 1175 (Pieris rapae) فراشة الملفوف- 76. 1175 f
Cabbage palmetto. 736f البلميط
Cactoblastis cactorum. 1175 عث Cactoblastis cactorum
Cactus. 162. 724. 735. 737 صبّار
Cactus finch (Geospiza scandens). 9f. 416f. 438. 444f. 445 (Geospiza scandens) حسّون الصبار
Cadherin. 181–82. 181–82f، 388–89، 1103 بروتين كادهرين
Cadherin domain. 389 منطقة كادهرين
Cadmium. 786 كادميوم
Caecilian. 691. 691t. 693f. 694 ديدان عماء
Caecilia tentaculata. 693f Caecilia tentaculata
Caenorhabditis elegans. 649
Caenorhabditis elegans
development in. 370–72. 371f، 388، 389f. 391 التكوين الجنيني في
genome of. 355f. 359. 480 الجينوم في
small RNAs in. 317 RNA الصغير في
CAF. 532f. 533 عامل مضاد للفيروس CAF
Caffeine. 792 كافيين
Caiman. 699 الكيمن الأمريكي
Calciferol. *See* Vitamin D 922. 934 - 35 كالسيفيرول. انظر فيتامين د
Calcitonin 319. 319f.922.934-35 كالسيفيرول
Calcitonin gene-related peptide (CGRP). 922.934-35 الببتيد المرتبط بجين كالسيتونين (CGRP)
Calcitonin 936.935f كالسيوم
blood in extracellular fluid. 935 الدم في السائل خارج 936.935f–1024
الخلوي
in fertilization. 1090. 1090f في الإخصاب
homeostasis. 935–36. 935f الاتزان الداخلي
intestinal absorption of. 935–36. 935f امتصاص من الأمعاء
in muscle contraction. 954–57. 955–56f في انقباض العضلات
cardiacmuscle 991 عضلات القلب
in plants. 765. 777t في النباتات
reabsorption in kidneys. 935f. 936 إعادة الامتصاص في الكلى
release from bone. 935–36. 935f تحرر من العظم
as second messenger. 178. 178f بوصفه رسولًا ثانيًا
in synapse. 878. 879f في التشابك العصبي
Calcium carbonate. 643. 656. 907. 946 كربونات كالسيوم
Calcium channel. 170 قناة كالسيوم
Calcium phosphate. 935 فوسفات كالسيوم
Calico cat. 241. 241f قط الكاليكو
California condor (Gymnogyps californianus). 1257 نسر كندرو كاليفورنيا Gymnogyps californianus
Callus (plant). 847. 847f الجُسْأة أو الكالوس (في النباتات)
Calmodulin. 45t. 178. 178f. 364 كالموديولين
Caloric intake. 978 السعرات الحرارية المأخوذة
Calvin. Melvin. 157 ملفن كالفن
Calvin cycle. 157–60. 158f. 782 دورة كالفن
carbon fixation in. 157–60. 158f. 541 تثبيت الكربون في
discovery of. 157 اكتشاف
Calyx. 836. 836f كأس
Cambium 720. 721f. 723. 730. 730f. 733. 734f كمبيوم
cork، فلين
vascular. 720. 721f. 730.733–34. 734f وعائي
Cambrian explosion. 632. 632f الانفجار الكمبري
Camel. 520. 1028. 1219. 1238. 1238f الجمل
Camouflage. 403. 403f. 704. 1175. 1177 تمويه
cAMP. *See* Cyclic AMP، جوانوسين أحادي الفوسفات الحلقي

CAM plants. 161–62. 162f. 767 نباتات أيض حمض الكراسوليشين
Camptodactyly. 225t انكماش الأصابع
Canada lynx (*Lynx canadensis*). population cycles of. 1160. 1160f الوشق الكندي *Lynx canadensis*، دورة الجماعات في *Canadia*. 632f *Canadia*
Canaliculi. 858. 946. 947–48f قُنيّات
Cancer. 201 سرطان
of breast. 794. 1083 الثدي
cell cycle control in. 201–2. 202f ضبط الدورة الخلوية في
of cervix. 535. 1083 عنق الرحم
of colon. 973 القولون
endometrial. 1083 بطانة الرحم
hormonal responses in. 940 الاستجابة الهرمونية في
of liver. 535 الكبد
of lung. 1011. 1011f الرئة
microarray analysis and. 362 تحليل التركيب الدقيق و
of ovary. 1083 المبيض
of prostate. 794 البروستات
of skin. 1230 الجلد
T cells in surveillance against. 1051t الخلايا التائية في المراقبة ضد
telomerase and. 272 أنزيم القطع الطرفية و
treatment of
gene therapy، 342t المعالجة
المعالجة الجينية
immunotoxin. 1062–63. 1062f سم مناعي
viruses and. 535 الفيروسات و
Candida. 618 Candida
Candida milleri. 611 *Candida milleri*
Canine teeth. *See* Cuspid. 532 أنياب
Canola. transgenic. 344 كانولا، عابرة للجينات
CAP. *See* Catabolite activator protein ، 5„ Cap. mRNA، 288f CAP، 288. انظر البروتين المنشط لنواتج الهدم، طرف 5“ من mRNA
Capillary. 991–92. 991f شعيرة دموية
Capillary action. 27. 27f فعل شعري
Capsaicin. 901 كابسيسين
Capsid. viral. 524. 524f مُحيفظة، فيروسية
Capsule. 63f. 64. 548 كبسولة
of bacteria، في البكتيريا
surrounding organs. 856 تغلّف الأعضاء
Captive breeding. 1257. 1257f التكاثر بالأسر
Carapace. of turtle shell. 698 الدَّبل، صدفة السلحفاة
Carbohydrates. 33. 35. 35t. 36f، 37–40 كربوهيدرات
catabolism of. 121 هدم
structure of. 35t تركيب
Carbon، الكربون
chemistry of. 24. 34–37 كيمياء
isotopes of. 19. 19f نظائر
in plants. 776. 777t في النباتات
Carbon-13 19. 19f كربون 13-
Carbon-14 19. 19f كربون - 14
Carbon cycle. 557. 1190–91. 1190f دورة الكربون
Carbon dioxide، ثاني أكسيد الكربون
arrest of fruit ripening. 823 تثبيط نضج الثمار
atmospheric. 765. 782–83. 782–83f. 1004. 1190–91. 1190f.
in the blood. 1232–33. 1 232f في الغلاف الجوي
in carbon cycle. 1190–91. 1190f في دورة الكربون
diffusion from tissue. 1014f الانتشار من النسيج
diffusion into alveoli. 1014f الانتشار إلى الحويصلة الهوائية
as electron acceptor. 136 بوصفه مستقبل إلكترون
entry into plants. 765–66. 766f إدخال إلى النباتات
from ethanol fermentation. 137. 137f من التخمر الكحولي
from Krebs cycle. 128–31. 130f من حلقة كربس
partial pressure in blood. 1009–10. 1010f ضغط جزئي في الدم
from photorespiration. 160–62. 161–62f من التنفس الضوئيّ
from pyruvate oxidation. 128. 128f من أكسدة البيروفيت
regulation of stomatal opening and closing. 767 تنظيم فتح الثغور وإغلاقها
transport in blood. 1000–1014. 1012–14f النقل في الدم
use in photosynthesis. 144–47. 145f. 158–59f، 158–61. 776، 782 يستخدم في البناء الضوئي
Carbon fixation. 147. 157–63. 158f. 161–63f. 557. 1190f. 1191 تثبيت الكربون
in ancient cells. 540–41 في الخلايا القديمة
Carbonic acid. 30. 1012–14. 1014f حمض الكربونيك
Carbonic anhydrase. 112. 1013–14. 1014f أنزيم مجفف حمض الكربونيك
Carbon monoxide poisoning. 1014 تسمم بأول أكسيد الكربون
Carbonyl group. 34. 34f مجموعة الكاربونيل
Carboxyl group. 34. 34f. 46. 46f مجموعة الكاربوكسيل
Carboxypeptidase. 114 كاربوكسيببتديز
Cardiac cycle. 988. 989–90f دورة قلبية
Cardiac glycoside. 1175–76 سكر قلبي
Cardiac muscle. 858–59. 859t. 989–91 عضلة قلبية
Cardiac output. 995–96 ناتج قلبي
exercise and. 995 التمرين و
Cardiac vein. 989f وريد قلبي
Cardioacceleratory center. 995 مركز مُسرّع للقلب
Cardioinhibitory center. 995 مركز مبطئ للقلب
Cardiovascular disease. 994–95. 994f مرض قلبي وعائي
Caribou. 1220 غزال الرنة
Carnivora (order). 708t آكلة اللحوم
Carnivore. 520. 520f. 622t. 708t. 964 لاحم التغذية أو لاحم (آكلة لحوم)
digestive system of. 974f الجهاز الهضمي
human removal of. 1203 إزالة الإنسان لِـ primary. 1196.1197–98f.1199.1201–2. 1204f أولي
saber-toothed. 462. 463f أسنان مسيفة
secondary. 1196. 1197–98f.1199–1200. 120 ثانوي
teeth of. 715. 715f. 966. 966f أسنان
tertiary. 1200 المستوى الثالث
top. 1200. 1227 قمة
Carnivorous plant. 780–81. 780–81f نبات آكل حيوانات
Carotene. 150. 345. 345f. 912 كاروتين
Carotenoid. 148f. 150. 150f. 568.570. 574. 841 كاروتينويد
Carotid body. 1009–10. 1010f جسم سباتي
Carotid sinus. 902 جيب سباتي
Carp. 1227 الشبوط
Carpel. 596. 598. 598f. 750f. 834.835–36f. 837. 844f خباء، (كربلة)
Carrier (gene disorder). 240. 241f حامل، (اضطراب وراثي)
Carrier protein. 94–95. 94f. 102t ناقل بروتيني
Carroll. Sean. 382f شون كارول
Carrot. 731. 848 جزر
Carrying capacity. 1157–58.1157–58f. 1161 قدرة الحمل
Cartilage. 856–58. 857t. 946 غضروف
articular. 950f للربط
Cartilaginous fish. 686f. 688–89. 1027 الأسماك الغضروفية
Cartilaginous joint. 950–51. 950f مفصل غضروفي

Casein, 45t كازين
Casparian strip, 729, 729f, 763, 764f شريط كاسبر
Cassava (*Mannihot esculenta*), 792, 793t كاسافا (*Mannihot esculenta*)
Caste, insect, 1141 طبقة اجتماعية، حشرة
Casting, earthworm, 662 إخراج، دودة الأرض
Castor bean (*Ricinus*), 794, 794f بذرة خروع (*Ricinus*)
Cat, 708t, 945f, 1080 قطة
coatcolor in, 230t, 233, 233f، 241, 241f, 398, 398f لون الفراء
Catabolism, 115 هدم
Catabolite activator protein (CAP), 309–10, 310f البروتين المنشط لنواتج الهدم، (CAP)
Catalyst, 25, 43–44, 44f, 109–10, 109f عامل مساعد (محفِّز)
Catbird, 1248 كتبرد
Catecholamine, 881, 921, 937f كاتيكولأمين
Caterpillar, 795–96, 1175, 1175f يرقة الفراش
Catfish, 904 أسماك القط
Cation, 19, 94, 874f أيون موجب الشحنة
Cattle, 520f, 708t, 964–66, 973,973f, 1080 أبقار (ماشية)
Cattle egret, 1149, 1149f بلشون الماشية
Caudal protein, 383–84, 383f بروتين الذيلي
Caudata. *See* Urodela (order)., Caudata انظر Urodela (رتبة)
Caudipteryx, 464f, 702, 702f، *Caudipteryx*
Causation، مُسبب
proximate, 1116 قريب
ultimate, 1116 نهائي
Cave bear, 706t دب الكهف
Cave fish, 427, 499, 499f, 903 أسماك الكهف
Cave painting, 713, 713f رسوم الكهوف
Cavitation, 765, 765f تجوّف
Cayuga Lake, 1200, 1200f بحيرة كايوغا
C_3b protein, 1043–44, 1065 بروتين C_3b
CCK. *See* Cholecystokinin المستقبل
CCR5 كوليسيستوكاينين
CCR5 receptor, 530–31, 531–32f, 533 انظر مستقبل كوليسيستوكاينين CCR5
CD4 cells, 530, 1049, 1049t, 1051, 1064, 1064f خلايا تائية مساعدة CD4
CD8 coreceptor, 1049, 1049t مستقبل خلية تائية سامة (قاتلة) CD8
CD28 protein, 1051 بروتين CD28
cdc2 gene, 198 جين cdc2
Cdc2 kinase, 199, 199–200f مفسفر Cdc2
Cdk. *See* Cyclin-dependent protein kinase, cdk انظر مفسفر بروتين معتمدًا على السايكلن
cDNA library, 329–30, 331f مكتبة جينية مكملة
Cech, Thomas, 113 توماس تشيك
Cecum, 427, 705, 965f, 966,972–74, 972f, 974f أعور
Cedar, 594, 1249 أرز
Cedar Creek experimental fields, 1205–6, 1205f قطع أراضي سيدار كريك التجريبية
Ced genes, 388, 389f جينات ced
Cell(s), 852f الخلية (الخلايا)
earliest, 540–41, 540f الأقدم
in hierarchical organization of living things, 2f, 3 في التنظيم التراتبي في الأنظمة الحية
as information-processing systems, 14 بوصفه أنظمة لمعالجة المعلومات
origin of, 507, 540–41, 540f أصل
shape of, 388 شكل
size of, 60, 61f حجم
in prokaryotes, 542 في البدائيات
visualizing structure of, 60–62 مشاهدة تركيب
Cell adhesion, 180–82, 180t, 181f ربط الخلايا
Cell adhesion protein, 91, 91f, 1103 بروتينات ربط الخلايا بعضها ببعض
Cell body, of neuron, 860, 860f, 870–71, 870–71f جسم الخلية، للعصبون
Cell-cell interactions, 180–82, 180t تفاعلات بين خلية وأخرى
in development, 1103f, 1104–6, 1107f في التكوين الجيني
Cell communication, 165–82 التواصل بين الخلايا
Cell cycle, 191–97, 371f دورة الخلية
duration of, 191, 200 أمد
genetic analysis of, 198 التحليل الوراثي
growth factors and, 200 عوامل النمو و
Cell cycle control, 197–202 ضبط عمل الدورة الخلوية
in cancer cells, 201–2, 202f في الخلايا السرطانية
checkpoints, 197–99, 198–99f نقاط الضبط
history of investigation into, 197–98 تاريخ البحث في
in multicellular eukaryotes, 200–201, 200f في حقيقية النوى متعددة الخلايا
Cell determination, 1099 تحديد خلوي
Cell division, 185–202, 370–73,370–72f. *See also* Cell cycle انقسام الخلية. انظر أيضًا دورة الخلية
in animal cells, 187f في الخلايا الحيوانية
during development, 370–73,370–88, 387–88, 387f خلال التكوين الجيني
in prokaryotes, 186–87, 186–87f, 542 في بدائية النوى
in protists, 187f في الطلائعيات
in yeast, 187f في الخميرة
Cell identity, 180, 180t هوية الخلية
Cell junction, 180–82, 180t, 181f مفاصل الخلايا
Cell-mediated immune response, 1046, 1049–51, 1051t استجابة مناعية خلوية
Cell membrane, 82t. *See also* Plasma membrane غشاء خلوي (انظر أيضًا الغشاء البلازمي)
of archaebacteria, 511 في البكتيريا القديمة
Cell migration, in development, 388–90 هجرة الخلية، في التكوين الجيني
Cell plate, 195f, 196, 196f, 747 صفيحة الخلية
Cell signaling, 920–40 الترميز الخلوي
between cells، بين الخلايا
autocrine signaling, 166 عن طريق الإفراز الذاتي
by direct contact, 166, 167f بالاتصال (التماس) المباشر
endocrine signaling, 167, 167f ترميز بهرمونات الغدد الصماء
paracrine signaling, 166, 167f ترميز جواري
synaptic signaling, 167, 167f ترميز تشابكي
intracellular, growth factors in 200 داخل الخلايا، عوامل النمو
receptor proteins and, 168–75 المستقبلات البروتينية و
Cell surface, 60, 60f سطح الخلية
of prokaryotes, 548 في بدائية النوى
of protists, 565 في الطلائعيات
Cell surface marker, 63, 87, 88t, 91, 91f, 180 علامة على سطح الخلية
Cell surface receptor, 91, 91f, 168–70, 169t., *See also* Receptor protein، مستقبل على سطح الخلية. انظر أيضًا البروتين المستقبل
Cell theory, 12, 60–63 نظرية الخلية
Cell-to-substrate interactions, 388 ارتباط الخلية بالأساس
Cellular blastoderm, 381, 381f, 1092 أدمة البلاستيولا (البلاستيولة) الخلوية
Cellular bone, 949 عظم خلوي
Cellular immune response, 342 استجابة مناعية خلوية
Cellular organization, as charac- teristic of life, 2–3f, 3 التنظيم الخلوي، بوصفه خاصية
Cellular respiration, 120, 1000 تنفس خلوي
Cellular slime mold, 578, 578f فطر غروي خلوي
Cellulase, 558 محلّل السليولوز
Cellulose, 35t, 39–40, 40f, 196, 390 السليلوز
breakdown of, 40, 566, 606–7, 614, 705, 965–66, 973 تحطيم
in plant cell walls, 718, 719f في الجدار الخلوي النباتي
Cell wall, 63–64, 514t, 622t الجدار الخلوي
of archaebacteria, 64, 511, 543 للبكتيريا القديمة
of bacteria, 64, 543 للبكتيريا
of eukaryotes, 67f, 79t, 82t للخلايا حقيقية النوى
of fungi, 604–5 للفطريات
of plant cells, 40, 81, 81f, 390,718, 719f, 822 للخلايا النباتية
primary, 81, 81f أولي
of prokaryotes, 63, 63f, 82t,546, 546f لبدائية النوى
secondary, 81, 81f ثانوي
Cementum, 967f أسمنت
Centimorgan, 244, 351 سنتيمورغان
Centipede, 518, 630t, 666t,670–71, 670f ذات المئة قدم
Central chemoreceptor, 910 مستقبل كيميائي مركزي
Central Dogma, 279, 279f عقيدة محورية
Central nervous system, 860–61,870, 871f, 884–91, 884–91f جهاز عصبي مركزي
Central sulcus, 887f شق مركزي
Central vacuole, 65, 73–74, 73f فجوة مركزية
Centriole, 66f, 78, 78f, 82t,187f,192–93, 565, 605 مريكز (سنتريول)
Centrolecithal cleavage, 1093t تفلج بيوض مركزية المح
Centromere, 190f, 192–93, 192f,194f, 210 سنترومير
Centrosome, 78 جسم مركزي
Centrum, 685f جسم الفقرة
Cephalaspidomorphi (class), 686f, 687, 687t ذات الرأس المدرع (طائفة) Cephalaspidomorphi
Cephalization, 625 ظهور الرأس
Cephalochordata (subphylum), 629f, 683–84, 684f رأسية الحبل (تحت قبيلة)
Cephalopoda (class), 655f,659–60 رأسية القدم (طائفة)
Cephalothorax, 667 الرأس صدر
Ceratium, 569f *Ceratium* سركاريا ercariae, 646, 646f
Cereal grains, genome analysis of, 360, 360–61f تحليل جينوم الحبوب
Cerebellum, 884–87f, 885, 885t مخيخ
Cerebral cortex, 885t, 886–87f,887, 915, 915f قشرة الدماغ
Cerebral hemisphere, 886f,887–88 نصف كرة مخي
dominant hemisphere, 888 نصف كرة مسيطر
Cerebrospinal fluid, pH of 910,1010, 1010f السائل الدماغي النخاعي (الشوكي)
الرقم الهيدروجيني (درجة الحموضة)
Cerebrum, 884–87f, 885t, 886–88 مخ
Cerebrus protein, 1106 بروتين سيريبرس
Cervical cancer, 535, 1083 سرطان عنق الرحم
Cervical cap, 1081, 1082t غطاء عنق الرحم
Cervical nerves, 884f أعصاب عنق الرحم
Cervix, 1077f, 1080, 1080f, 1111f عنق الرحم
Cestoda (class) 645–47, 647f الديدان الشريطية (طائفة)
Cetacea (order), 708t الحوتيات (رتبة)
CGMP. *See* Cyclic GMP, cGMP انظر
CGRP. *See* Calcitonin gene- related peptide, CGRP انظر الببتيد المرتبط بجين كالسيتونين
Chaetae, 661, 661f, 944 هُلَب، أشواك
Chaetognatha (phylum), 629f, 631t شوكية الفم (شوكية الفكوك) (قبيلة)
Chagas disease, 485–86, 568 مرض شاجاس
Chain terminator, 335 موقف السلسلة
Chambered *Nautilus* (*Nautilus pompilius*), 654f, 659–60 الحبّار أو النوتي ذو الحجرة (*Nautilus pompilius*)
Chameleon, 699 حرباء
Chamguava schippii, 1150f *Chamguava schippii*
Chancre, 556 تقرح صغير
Channel protein, 94, 102t قناة بروتينية
Channel-linked receptor, , 169–70, 169f, 169t مستقبل مرتبط بقناة
Chaparral, 1216f, 1217 أدغال (أجمات)
Chaperone protein, 51–52, 52f بروتين الشبيرون
Chaperonin, 51–52 شبرونين
*Chara*cter, 220 صفة
*Chara*cter displacement, 443, 443f, 1172–73, 1173f إزاحة الصفات
*Chara*cter state, 455 حالة الصفة
Chara, 585–86, 585f *Chara* قريبة (رتبة) *Chara*driiformes (order), 701t
*Chara*driiformes (order) *Chara*les, 516f, 517, 585–86, 585f *Chara*les
Charcot-Marie-Tooth disease, 246f Charcot-Marie-Tooth disease
Chargaff, Erwin, 259 إيروين تشارغاف
Chargaff's rules, 259 قواعد تشارغاف
Charophyte, 582, 585–86, 585f طحلب الكارا

Checkpoint, cell cycle, 197–99, 198–99f
نقطة ضبط، دورة حياة الخلية
Cheese, 613
جبن
Chelicerae, 666t, 669
خطافات
Chelonia (order), 695t, 698, 698f
السلاحف (رتبة)
Chemical bond, 23. *See also specific types of bonds*
رابطة كيميائية (انظر أيضًا الأنواع الرئيسة للروابط)
Chemical-bond energy, 1198f, 1199
طاقة الرابطة الكيميائية
Chemical defenses
الدفاعات الكيميائية
of animals, 1176, 1176f
في الحيوانات
of plants, 1175
في النباتات
Chemical digestion, 964
الهضم الكيميائي
Chemically gated ion channel, 874
قناة أيونية مبوبة كيميائيًّا
Chemical messenger, 920–21
رسول كيميائي
Chemical reaction, 25
تفاعل كيميائي
activation energy, 109, 109f, 111–12
طاقة التنشيط
energy changes in, 108–9, 109f
تغيرات الطاقة في
Chemical synapse 167, 878
تشابك كيميائي
Chemiosmosis, 124, 132–33, 152, 155–56
أسموزية كيميائية
Chemoheterotroph, 553
مخلوق غير ذاتي التغذية الكيميائية
Chemokine, 533
محرك كيميائي
HIV-inhibiting, 532f, 533
تثبيط فيروس نقص المناعة المكتسبة
Chemolithoautotroph, 553
ذاتية التغذية اللاعضوية
Chemolithotroph, 542
تغذية غير عضوية
Chemoreceptor, 899, 908–10, 908–9f
مستقبل كيميائي
central, 910
مركزي
internal, 910
داخلي
peripheral, 910
خارجي (محيطي)
Cherry (*Prunus cerasifera*), 734f, 751f, 846
كرز (*Prunus cerasifera*)
Chesapeake Bay, 1230
خليج تشيسابيك
Chestnut blight (*Cryphonectria parasitica*), 610
لفحة الكستناء (*Cryphonectria parasitica*)
Chest pain, 994
ألم الصدر
Chewing, 951, 964, 966
مضغ
Chewing the cud," 973"
مضغ قطع الغذاء الراجعة من المعدة
Chiasmata, 209–10, 210f, 215–16
التصالبات (الكيازماتا)
terminal, 210
طرفية
Chicken, 188t, 701t, 929, 958
دجاجة
clutch size in, 412
تضع بيضًا كثيرًا
genome of, 480
المحتوى الجيني
Chicken pox, 524, 527t, 1044, 1058
جدري الماء
Chief cells 968, 969f, 975f
خلايا رئيسة
Childbirth, 929, 1110–11, 1111f *See also* Uterine contractions
الولادة. انظر أيضًا انقباضات الرحم
Chilling, of plant, 812
البرودة المفاجئة في النبات
Chilopoda (class), 670–71, 670f
شفوية القدم (طائفة)
Chimpanzee (Pan), 454, 709–14.710f, 1112, 1112f
الشمبانزي (Pan)
chromosome number in, 188t
عدد الكروموسومات في
cognitive behavior in, 1124, 1124f
سلوك تعرفي إدراكيّ
gene expression in, 483
التعبير عن الجين في
genome of, 360, 472t, 474, 480–81, 480–81f, 483
المحتوى الجيني
language in, 1129
اللغة في
tool use, 1124, 1124f
استعمال الأدوات
Chinchilla, 1249
الشنشيلا
Chiral molecule, 35, 35f
جزيء غير متناظر (كايرال)
Chironex fleckeri, 643f
Chironex fleckeri هلام بحر صندوقي
Chiroptera (order), 708t
مجنحة الأيدي (الخفاشيات) (رتبة)
Chitin, 35t, 40, 40f, 604–5, 663–64, 945, 945f
كايتين
Chitinase, 40
الكايتينيز
Chiton, 654, 655–56f, 657–58, 658f
الكايتون
Chlamydia, 555t
الكلاميديا
heart disease and, 557
أمراض القلب و
sexually transmitted disease, 556–57, 556f
الأمراض المنقولة جنسيًّا
Chlamydia trachomatis, 555t *Chlamydia trachomatis*
Chlamydomonas, 242, 584, 584f *Chlamydomonas*
Chloramphenicol, 511t, 548
Chloramphenicol
Chlorella, 151, 584–85 *Chlorella*
Chlorenchyma, 724, 737
نسيج كلورنشيمي
Chloride, 873t, 1024
أيونات الكلور
in cytoplasm and extracellular fluid, في السيتوبلازم والسوائل خارج الخلوية
in guard cells, 766–67, 767f
في الخلايا الحارسة
reabsorption in kidney, 1026f, 1033–34, 1033f, 1036f
إعادة الامتصاص في الكلية
Chloride channel, 880
قناة أيون الكلور
Chloride shift, 1013
انتقال الكلوريد
Chlorine, in plants, 776, 777t
الكلور، في النباتات
deficiency of, 777f
نقص
Chlorofluorocarbons, 1231
مركبات كلوروفلوروكربون
Chlorokybales, 516f Chlorokybales
Chlorophyll, 144–45f, 145, 151–52, 152f
الكلوروفيل
action spectrum of, 148f, 149
طيف النشاط
structure of, 149, 149f
تركيب
Chlorophyll *a*, 148f, 149, 151, 154–55, 553, 568, 574, 584
كلوروفيل أ
Chlorophyll *b*, 148f, 149, 568, 584
كلوروفيل ب
Chlorophyll *c*, 570, 574
كلوروفيل ج
Chlorophyta (phylum), 516f, 517, 562–63f, 582, 582f
طحالب خضراء (قبيلة) 584f, 584–85
colonial, 584f, 585
مستعمرات
multicellular, 585, 585f
متعدد الخلايا
Chloroplast, 67f, 75, 75f, 79t, 82t, 145, 514t
البلاستيدات الخضراء
diversity of, 564
تنوع
DNA of, 75, 75f DNA
نظيرة of euglenoids, 567–68, 568f
اليوغلينا
genetic code in, 282
الشيفرة الوراثية في
genome of, 360–61
المحتوى الجيني
maternal inheritance, 242
الوراثة الأمّية
origin of, 512, 512–13f, 564–65, 564f
نشوء
photosynthesis, 143–62
البناء الضوئي
Chlorpromazine, 881
كلوربرومازين
Choanocyte, 630t, 638–39, 639f
الخلايا المطوقة
Choanoflagellate, 515–16, 563f, 576, 576f, 629f, 632
سوطيات طوقية (ذات الأهداب الدوارة)
Cholecystokinin (CCK), 975, 975f, 976t, 978–79, 979f
كوليسيستوكاينين (cck)
Cholera, 177, 528–29, 554, 555t, 1234
كوليرا
avian, 1045
الطيور
Cholesterol, 54, 980
كوليسترول (كوليستيرول)
blood, 995
الدم
in cardiovascular disease, 995
في أمراض القلب والأوعية الدموية
hormones derived from, 925f
الهرمونات المشتقة من
in membranes, 87, 87f
في الأغشية
structure of, 54f
تركيب
uptake by cells, 101
الإدخال عن طريق الخلايا
Cholesterol receptor, 247t
مستقبل كوليسترول
Chondrichthyes (class), 686f, 687t, 688–89, 688–89f
أسماك غضروفية (طائفة)
Chondroblasts 947f
خلايا بانية الغضروف
Chondrocytes, 857t, 858, 947f
خلايا غضروفية
Chondrodysplasia punctata, 246f
تكون الغضروف المنقط
Chondroitin, 856
غضروفين
Chordata (phylum), 508f, 630t, 682–83
حليات (قبيلة)
Chordate, 630t, 637f, 682–83
حبلي
*Chara*cteristics of, 682–83, 682f
خصائص
nonvertebrate, 683–84, 683–84f
اللافقاريات
segmentation in, 518, 519f
التقسيم في
vertebrate, 684–85, 685f
الفقاريات
Chordin protein, 1106, 1106f
بروتين كورودين
Chorioderemia, 246f Chorioderemia
Chorion, 694–95, 694f, 704f, 1072, 1088
كوريون
Chorioallantoic membrane, 1098
غشاء الكوريون المميباري
Chorionic frondosum, 1098f, 1108f
خملات الكوريون (خملات كوريونية)
Chorionic membrane, 1098
غشاء الكوريون
Chorionic villi sampling, 252, 252f
عينات من خملات الكوريون
Chromatid, 190, 192. *See also* Sister chromatid(s)
كروماتيد
Chromatin, 68–69, 68f, 188–89, 192, 315–16, 316f
انظر أيضًا التصاق الكروماتيدات الشقيقة الكروماتين
Chromation remodeling complex, 316
معقدات إعادة نمذجة الكروماتين
Chromatophore, 660
حاملات الصبغة
Chromosomal mutation, 299, 300f
طفرة كروموسومية
Chromosomal rearrangement, 299, 300
إعادة ترتيب كروموسومي
Chromosomal theory of inheritance, 238–39, 238f
نظرية الوراثة الكروموسوميّة
exceptions to, 242
استثناءات
Chromosome, 65, 79t, 82t, 192, 270f
الكروموسوم
See also Karyotype artificial. *See* Bacterial artificial chromosome (BAC); Yeast artificial chromosome (YAC)
انظر أيضًا النمط النووي الصناعي. انظر الكروموسوم البكتيري الصناعي (BAC)، وكروموسوم الخميرة الصناعي (YAC)،
banding patterns 350–51, 351f
أنماط الأشرطة
discovery of, 188
اكتشاف
duplication of, 479
تضاعف
of eukaryotes, 65, 69, 69f, 188–90, 188–90f, 542
في حقيقية النوى
fusion of, 480
اتحاد
homologous, 190, 190f, 208–9, 208f
متماثلة
human *See* Human chromosomes
الإنسان. انظر كروموسومات الإنسان
of prokaryotes 542
الخلايا البدائية
structure of, 188–90, 189–90f
تركيب
Chromosome number, 188, 188t, 206, 249–50, 249–50f
عدد الكروموسومات
human, alterations in, 249–50, 249–50f
الإنسان، التعديلات في
Chronic granulomatous disease, 246f, 342t
المرض الحبيبي المزمن
Chronic myelogenous, leukemia, 351
مرض اللوكيميا النخاعية المزمن
Chronic obstructive pulmonary disease (COPD), 1010
مرض الانسداد الرئوي المزمن (COPD)
Chronic wasting disease, 536
مرض الهزال المزمن
Chrysalis, 675
العذراء (الخادرة)
Chrysanthemum, 831
أقحوانة
Chrysophyta (phylum), 574
الطحالب الذهبية (قبيلة)
Chthamalus stellatus, 1170, 1170f *Chthamalus stellatus*
Chylomicron, 971f, 972
كيلومايكرونات
Chyme, 968–69, 975
كايموس
Chymotrypsin, 970, 976t
كيموتربسين
Chytrid, 604, 604f, 606, 608, 608f, 618
الكايتريد
Chytridiomycosis, 618, 618f
فطريات الكايتريديا
Chytridiomycota (phylum), 604, 604f, 607f, 607t, 608, 608f
الفطريات الكايتريدية (قبيلة)
Cicada, 674–75, 939f
سيكادا
Cichlid fish، أسماك البلطي
Lake Barombi Mbo, 442
بحيرة بارومبي
Lake Malawi, 492–93, 493f
بحيرة مالاوي
Lake Victoria, , 445–46, 446f, 1251–52, 1256
بحيرة فكتوريا
pike cichlid, 410–11, 410f
سمكة البلطي المستدقة
Ciconiiformes (order), 701t
Ciconiiformes (رتبة)
Cigarette smoking. *See* Smoking Cilia 66f, 80–81, 80–81f, 82t. *See also* Ciliate
تدخين السجائر. انظر أهداب التدخين
of ctenophores 643
انظر أيضًا أهداب المشطيات
Ciliary muscle, 911, 911f
عضلة هدبية
Ciliate, 282, 565, 569, 571–73, 572f
الهدبيات
Cinchona, 793t, 795
شجر الكينا
Circadian rhythm, in plants, 805, 810, 810f, 830
إيقاعات يومية، في النباتات
Circulation, 984–1000
دوران
Circular muscles, 944, 944f
عضلات

دائرية
Circulatory system. 625. 861.862f.
1000–984 الجهاز الدوري (الدوراني)
of amphibians. 691.985–86. 986f في البرمائيات
of annelids. 661. 661f. 985 في الحلقيات
of arthropods. 668. 668f في المفصليات
of birds. 703. 986–87. 987f في الطيور
closed. 625–26. 657. 661.984f. 985 المغلق
of fish. 687. 697f. 985. 985f في الأسماك
functions of. 992f وظائف
of invertebrates. 984–85. 984f في اللافقاريات
of mammals 986–87. 987f في الثدييات
of mollusks. 657 في الرخويات
open. 625. 657. 984f. 985 المفتوح
of reptiles. 697. 697f. 985–86 في الزواحف
of vertebrates. 985–87. 985–87f في الفقريات
Cirrhosis. 976 تشمع الكبد
Cirripedia (order). 672 ذات الشعر المموج والأقدام (رتبة)
Cisternae. of Golgi body. 72. 72f أكياس أجسام جولجي
Cisternal space. 70 فراغ كيسي
Citrate. 129. 130f السترات
inhibition of phosphofructokinase. 135. 135f تثبيط فوسفوفركتوكاينيز
metal transport in xylem. 786 نقل المعادن في الخشب
Citrate synthetase. 130f.135. 135f بناء السترات
Citric acid cycle. *See* Krebs cycle حلقة حمض الستريك. انظر حلقة كربس
Clade. 456 سلالة أو فرع حيوي
Cladistics 455–58 التفرع التطوري
Cladogenesis. 438 توليد الفروع
Cladogram. 456. 456–57f مخطط التفرع التطوري
Cladophyll. 735. 735f ساق ورقية
Clam. 654–55. 658–59. 659f محار
Clamworm. 662 دودة المحار
Clark's nutcracker (*Nucifraga columbiana*). 1121. 1121f طائر كسارة الجوز (*Nucifraga columbiana*)
Class (taxonomic). 508f. 509 طائفة (تصنيفيّ)
Classical (pavlovian) conditioning 1120 ارتباط تقليدي (ارتباط بافلوف)
Classification. 458. 507–9 التصنيف
of animals. 518–20. 628 في الحيوانات
of flatworms. 645–47 في الديدان المسطحة
grouping organisms. 509–15 المخلوقات الحية في مجموعات
of mammals. 520. 520f في الثدييات
of organisms. 507–9 في المخلوقات الحية
of plants. 516f في النباتات
of prokaryotes. 543 في بدائية النوى
of protists. 515–16. 515f. 562f في الطلائعيات
systematics and. 458–61.459–61f التصنيف التطوري و
of viruses. 514–15 في الفيروسات
Clathrin. 88t. 100f. 101 كلاثرين
Cleaner fish. 1130. 1130f السمكة المُنظّفة
Clear-cut harvesting of timber. 1247 الحصد "الواضح" للخشب
Cleavage. 370. 370f. 623t.626، 627f. 1078f. 1088t.1092–94.
1093–94f. 1093t تفلج
in amphibians. 1092. 1093f في البرمائيات
in birds. 1093–94 في الطيور
in fish. 1092–93 في الأسماك
holoblastic. 1092–93. 1093f كامل الانشطار
in insects. 1092 في الحشرات
in mammals. 1094. 1094f في الثدييات
meroblastic. 1093t. 1094. 1094f جزئي الانشطار
patterns of. 1092–94. 1093t أنماط
radial. 626. 627f شعاعي
in reptiles. 1093–94 في الزواحف
spiral. 626. 627f حلزوني
Cleavage furrow. 195f. 196 ثلم (أخدود) الانشطار
Cleft palate. 246f Cleft palate Clematis. 808 ياسمين
Clements. F. E.. 1168 كلمنتس
Climate. *See also* Global climate change; Global warming المناخ. انظر أيضًا التغير العالمي في المناخ، احتباس حراري (الدفيئة)
biomes and. 1217. 1217f الأقاليم الحيوية
effects on ecosystems. 1212–16. 1212–15f والتأثير في الأنظمة البيئية
elevation and. 1215. 1215f الارتفاع و
El Niño and. 1225–26. 1226f إلنينو و
latitude and. 1212–13. 1213f خطوط العرض
microclimate. 1216 المناخ الدقيق (المحلي)
regional. 1214–15 الإقليمي
selection to match climatic conditions. 403 الانتخاب للتماشي مع الظروف المناخية
solar energy and. 1212–14.1212–13f الطاقة الشمسية و
species richness and. 1206–7.1206f غنى الأنواع
Clitellum. 661f. 663 سرج
Clitoris. 1076. 1077f. 1080 بظر
Cloaca. 964f. 965. 973. 1028. 1071 مذرق
Clomiphine. 1084 كلوميفين
Clonal selection. 1046. 1057 اختيار سلالي
Clone-by-clone sequencing. 354. 354f تعاقب سلالة إثر سلالة
Cloning، استنساال (استنساخ)
DNA libraries. 330. 330f المكتبات الوراثية
host/vector systems. 328–30. 329f أنظمة العائل - الحامل
identifying specific DNA in complex mixtures. 331–32 تعريف حمض نووي رايبوزي منقوص الأكسجين في خلائط معقدة
isolating specific clones from library. 331–32. 332f عزل مستنسلات محددة من المكتبة الوراثية
of plants. 846–47. 847f النباتات
reproductive. 378–79. 378–79f تكاثري
of sheep. 376–78. 376–77f في النعاج
therapeutic. 378–79. 378–79f علاجي
Cloning vector. 328 حامل استنسال
expression vectors. 339 حوامل التفعيل
phages. 328–29. 329–30f فيروسات بكتيرية
plasmids. 328–29. 329–30f بلازميدات
Closed circulatory system. 625–26. 657. 984f. 985 جهاز دوري مغلق
Clostridium botulinum. 365t.544f. 555t *Clostridium botulinum*
Clover. 830f. 831 برسيم
Clownfish. 1179 السمكة المهرجة
Club fungi. 612–13. 612f فطر صولجاني
Club moss. 588. 589t. 590. 590f حزاز صولجاني
Clutch size. in birds. 412. 1155 حضنة بيض في الطيور
Cnidaria (phylum). 623t. 624f. 629f. 630t لاسعات (قبيلة)
Cnidarian. 626. 630t. 637f. 640–44. 640–41f. 964f. 984 لاسع
body plan of. 640. 640f خطة الجسم
body structure of. 641. 641f تركيب الجسم
classes of. 641–44 صفوف
digestive cavity of. 964. 964f التجويف الهضمي
nervous system of. 884. 884f الجهاز العصبي
reproduction in. 1068. 1068f التكاثر في
Cnidocyte. 630t. 641. 641f خلية لاسعة
Coactivator. 171. 314. 315f. 316 منشط مرافق، (مرافق منشط)
Coal. 1190f. 1191 فحم
Coastal redwood (*Sequoia sempervirens*). 594 الخشب الأحمر الساحلي (*Sequoia sempervirens*)
Coat color. 704 لون الفراء
in cats. 233. 233f. 241. 241f في القطط
in dogs. 234 في الكلاب
in mice. 403. 403f في الفئران
in rabbits. 233 في الأرانب
Coated pit. 88t. 100f. 101 حفرة مبطنة
Coatimundi. 1203 الخنزير البقري ذو الطوق
Cobra. 699 كوبرا
Cocaine. 792. 882–83. 882f كوكائين
Coccidioides posadasii. 612 *Coccidioides posadasii*
Coccoloba coronata. 1150f *Coccoloba coronata*
Coccus. 546 بكتيريا كروية
Coccyx. 683 العصعص
Cochlea. 904f. 905. 906f قوقعة
frequency localization in. 904–5f. 905–6 تحديد موقع التردد في
transduction in. 905–6 تحويل الإشارة السمعية في
Cochlear duct. 905. 905f قناة القوقعة
Cockatoo. 701t ببغاء ذات العرف
Cocklebur. 830f برسيم
Cockroach. 1125 صرصور
Coconut (*Cocos nucifera*). 748. 752. 752f. 1160 جوز الهند (*Cocos nucifera*)
Coconut milk. 748. 820 حليب جوز الهند
Coconut oil. 53. 55 زيت جوز الهند
Cocoon. earthworm. 663 شرنقة، دودة الأرض
Cod. 1203. 1229. 1229f. 1249 سمك القد
Coding strand. 282. 285f شريط التشفير
Codominance. 230t. 232. 233f السيادة المشتركة
Codon. 280. 281t. 297 كودون (وحدة شيفرة)
start. 281 بدء
stop (nonsense). 281. 295. 295f توقف
Coelacanth (*Latimeria chalumnae*). 690. 690f الأسماك ذات الأشواك المجوفة (*Latimeria chalumnae*)
Coelom. 625. 625f. 654. 852–53. 1101 سليوم
extraembryonic. 1098 المحيط بالجنين خارجيًّا
formation of. 626. 627f تكوين
Coelomate. 625. 625f. 627f. 630t. 636. 636f ذات تجويف الجسم (ذات السليوم)
Coelophysis. 464f *Coelophysis*
Coelurosaur. 702 متحجرات زاحف
Coenzyme. 115 مرافق الأنزيم
Coevolution. 1175–76 تطور مشترك
of insects and plants. 792. 840 في الحشرات والنباتات
of plants and animals 795.1175. 1178. 1180 في النباتات والحيوانات
symbiosis and. 1178 التكافل و
Cofactor. 114–15 عامل مرافق
Cognition. animal. 1124–25. 1124f إدراك، حيوان
Cognitive behavior. 1124–25. 1124–25f سلوك تعرفي إدراكي
Cohesin. 190. 190f. 192. 192f.199. 208. 215 اللاصق
Cohesion 26. 27f. 27t.758. 762f. 765 تلاصق
Cohort. 1152 عصبة
Coiling. of gastropod shell. 568 الالتفاف، في صدفة معدية القدم
Cold receptor. 898t. 901 مستقبل برودة
Coleochaetales. 516f. 517.585–86. 585f Coleochaetales
Coleoptera (order). 672–73f. 673t غمدية الأجنحة (رتبة)
Coleoptile. 754. 754f غمد الريشة
Coleorhiza. 754. 754f غمد الجذر
Collagen. 45t. 82. 82f. 856. 856f كولاجين
Collar cell. *See* Choanocyte Collared flycatcher. 439. 439f.1155. 1155f خلية مطوقة. انظر صائد الذباب المطوق (صائد الحشرات المطوّق)
Collecting duct. 1026f. 1030–31f. 1032. 1033f. 1034–35 قناة جامعة
Collenchyma. 724 نسيج كولنشيمي
Collenchyma cells. 724. 724f خلايا النسيج الكولنشيمي
Colloblast. 643 مولدة المادة الغروية
Colon. *See* Large intestine القولون، انظر الأمعاء الغليظة
Colon cancer. 973 سرطان القولون
Colonial flagellate hypothesis. for origin of metazoans. 632 فرضية السوطيات المكونة للمستعمرات، عن أصل الحيوانات البعدية
Colonization. 1250 استيطان
human influence on. 1250–51 تأثير الإنسان في
of island. 1208. 1208f في الجزيرة
Colorado River. 1227 نهر كولورادو
Coloration، تلون
selection to avoid predators. 402–3. 403f الانتخاب لتجنب المفترس
warning. 1177 تحذيري
Color blindness. 225t. 240. 246f. 915 عمى الألوان
Colorectal cancer. *See* Colon cancer سرطان الأمعاء الغليظة. انظر سرطان القولون
Color vision. 913. 913f رؤية ملونة
Colostrum. 1111 لبأ
Colubrid. 699 ثعبان
Columbiformes (order). 701t Columbiformes (رتبة)
Columella root cap. 727. 727f الخلايا العمودية في قلنسوة الجذر
Columnar epithelium. 854. 855t نسيج عمادي طلائي
pseudostratified. 855t كاذب
simple. 854. 855t بسيط

Combination joint. 951, 951f مفصل مركب
Combination therapy. for HIV. 532–33, 532f المعالجة المركبة لفيروس نقص المناعة المكتسبة
Comb jelly. 631t, 640, 643–44, 643f هلام مشطي
Commensalism. 558, 614, 1179–80, 1179f الترمم أو المؤاكلة (تعايش)
Common ancestor. 454–55, 459f, 510f سلف مشترك
Common bile duct. 971, 971f القناة الصفراوية المشتركة (قناة الصفراء المشتركة)
Common name. 507, 507f الاسم الشائع
Communicating junction. 180t, 182 مفاصل تفاهمية 181–82f
Communication، اتصال
animal. 1127–30, 1127–30f الحيوان
behavior and. 1127–30, 1127–30f سلوك و
group living. 1128–30, 1128–29f عيش الجماعة
level of specificity of. 1127–28, 1130 مستوى نوعية
long-distance. 1127–28 بعيد المدى
Community. 3f, 4, 1168–69, 1168f مجتمع
across space and time. 1168–69, 1169f عبر المكان والزمان
concepts of. 1168–69 مفاهيم
fossil records of. 1169 سجلات أحفورية
Community ecology. 1167–86 بيئة المجتمعات
Compact bone. 948f, 949 عظم صلب (مصمت)
Compaction. 1094 تراصّ
Companion cells. 726, 726f خلايا مرافقة
Comparative anatomy. 11, 11f.
Comparative biology. 461–67, 462–66f التشريح المقارن 426–27, 426–27f
Comparative endocrinology. 933 علم الأحياء المقارن
Comparative genomics. 359–60, 471–85, 472–73t علم الجينومات المقارن
medical applications of. 485–86 تطبيقات طبية لـ
Comparator. 864, 864–65f المقارن
Compartmentalization، التقسيم إلى حجرات
in eukaryotes. 513, 542 في حقيقية النوى
in prokaryotes. 542 في بدائية النوى
Competition، التنافس
among barnacle species. 1170, 1170f بين نوعين من البرناقيل
effect of parasitism on. 1182 تأثير التطفل في
experimental studies of. 1173–74, 1173f الدراسات التجريبية
exploitative. 1170 استغلالي
interference. 1170 تداخلي
interspecific. 1170, 1170f, 1173–74, 1173f بين الأنواع
reduction by predation. 1182, 1182f التقليل بسبب الافتراس
resource. 1150, 1158, 1172–73, 1172f مصدر
sperm. 1135 حيوان منوي
Competitive exclusion. 1171–72, 1171f, 1182 إقصاء تنافسي
Competitive inhibitor. 114, 115f مثبط تنافسي
Complementary base-pairing. 13f, 42, 42f, 260–61, 261f ازدواج 264f. *See also* Base-pairs، 264 قاعدي متمّم (تكاملي). انظر أيضًا أزواجًا قاعدية
wobble pairing. 294 الازدواج المتذبذب
Complement system. 1043–44 نظام متمّم
Complete digestive system. 648 جهاز هضمي كامل
Complete flower. 836, 836f زهرة كاملة
Complete metamorphosis. 675 تحول كامل
Complexity. as *Chara*cteristic of life. 3 التعقيد، بوصفه خاصية للحياة
Compound. 23 مركب
Compound eye. 412, 412f, 668, 668f عين مركبة
Compound leaf. 736–37, 737f ورقة مركبة
Compound microscope 61 مجهر مركب
Compsognathus. 712 *Compsognathus*
Concentration gradient. 93, 97–100 فرق التركيز
Concurrent flow. 1003, 1003f تدفق مترافق
Condensation. of chromosomes. 192 تكاثف كروموسومات
in water cycle. 1191f, 1192 التكاثف، في دورة الماء
Condensin. 189, 192, 200 مكثف
Conditioned stimulus. 1120 منبه شرطي
Conditioning شرطي (ارتباط)
classical (pavlovian). 1120 تقليدي (بافلوفي)
operant. 1120–21 فاعل
Condom. 1081, 1081f, 1082t واقٍ ذكري
Conduction (heat transfer). 1018, 1019f توصيل (انتقال الحرارة)
Cone (eye). 860t, 898t, 912–15, 912–13f مخروط (العين)
Cone (plant). 594–95, 595f, 749, 749f مخروط (النبات)
Confocal microscope. 62t مجهر متحد البؤرة
Conformer. 1146 متكيفة
Confuciornis. 702f *Confuciornis*
Congression. 193 جماع
Conidia. 610, 611f كونيديا
Conidiophore. 610 حامل الكونيديا
Conifer. 589t, 594, 594f, 597f, 840, 848 مخروط
Coniferophyta (phylum). 589t, 594, 594f النباتات المخروطية (قبيلة)
Conjugation، اقتران
in bacteria. 548–50, 549f في البكتيريا
gene transfer by. 549–50 نقل الجين عن طريق
in ciliates. 572–73, 572f في الهدبيات
Conjugation bridge. 549, 549f جسر الاقتران
Conjugation map. of *Escherichia coli*. 550f خريطة المحتوى الجيني في *Escherichia coli*
Connective tissue. 852, 856–58, 856f, 857t نسيج ضام
dense. 856, 857t كثيف
dense irregular. 856 كثيف غير منتظم
dense regular. 856 كثيف منتظم
loose. 856, 857t مفكك
special. 856–58 خاص
Connective tissue proper. 856 نسيج ضام أصيل
Connell, J. H. 1170, 1170f كونل
Consciousness. 888 وعي
Consensus sequence. 354 تعاقب إجماعي
Conservation biology. 1237–58 الحفاظ الحيوي (المحافظة الحيوية)
Conservation of synteny. 480, 481f المحافظة على الموقع
Conservative replication. 262–64, 262f تضاعف محافظ
Conservation tillage. 775 حراثة محافظة
Conspecific male. 1127 ذكر من النوع ذاته
CONSTANS gene. of *Arabidopsis*. 831–32 جين (*CONSTANS*) في رشاد الجدران
Constant region. of immunoglobulin. 1053–54, 1053f منطقة ثابتة في البروتين الكروي المناعي
Constitutive heterochromatin. 356 كروماتين متباين تركيبي
Consumer. 1196, 1197f مستهلك
Contact dermatitis. 1059–60 التهاب الجلد باللمس
Contig. 350, 354 سلسلة متصلة
Continental drift. 429 انجراف قاري
Continental shelf. 1223–25, 1223–24f رف قاري
Continuous variation. 231, 231f متغير متواصل
Contraception. *See* Birth control منع الحمل. انظر تنظيم الحمل
Contraceptive implant. 1082t كبسولات مزروعة لتنظيم النسل
Contractile root. 731 جذر انقباضي
Contractile vacuole. 74, 97, 97f, 568, 568f, 572 فجوة منقبضة
Control experiment. 6 تجربة ضابطة
Controlling element. 479 عنصر ضابط
Conus arteriosus. 985–86, 985–86f مخروط شرياني
Convection (heat transfer). 1018, 1019f حمل (نقل الحرارة)
Convergent evolution. 428, 428f, 455, 462, 495–96, 495f, 498 تطور تلقائي أو تقاربي
Cookeina tricholoma. 604f فطر الكأس
Cooksonia. 584, 584f *Cooksonia*
Coot. 701t الكُركي
COPD. *See* Chronic obstructive pulmonary disease. 671, 671f COPD. انظر مرض الانسداد الرئويّ المُزمن
Copepoda (order)، مجذافية الأرجل (رتبة)
Copper. 1012 نحاس
in plants. 776, 777t في النباتات
deficiency of. 777f نقص
Copperhead. 699 أفعى ذات الرأس النحاسي
Coprophagy. 974 آكلة الروث
Copulation. 1071, 1071f جماع
extra-pair. 1136f, 1137 تلقيح خارج الزوجين
Copulatory organ. 436 أعضاء الاتصال الجنسي
Coral. 624, 630t, 640, 643, 1224–25 مرجان
Coral reef. 643, 1223, 1224–25, 1225f. 1233 حيد مرجاني
Coral snake. 699 أفعى المرجان
Corepressor. 311, 316 مرافق المثبط
Coriolis effect. 1213–14, 1213f تأثير كوريولس
Cork. 734f فلين
Cork cambium. 720, 721f, 723, 730, 730f, 734, 734f كمبيوم الفلين
Cork cells. 723, 734 خلايا فلين
Corm. 734, 846 كورمة (ساق كمبية)
Corn (*Zea mays*). 161, 366f, 507f, 720, 722f, 730f, 733f, 754, 768, 776, 820, 838, 842, 848 الذرة (*Zea mays*)
artificial selection in. 420, 421f الانتخاب الصناعي في
chromosome number in. 188t عدد الكروموسومات في
endosperm of. 748, 748f إندوسبرم
epistasis in 233–34, 234f سيطرة فوقية أو سيادة فوق تامة
genome of. 360f, 477f, 486 المحتوى الجيني في
grain color in. 230t, 233–34, 234f. لون الحبوب في 243–44, 243f
recombination in. 243, 243f إعادة الاتحاد في
oil content of kernels. 420 محتوى الزيت في أكواز الذرة
transgenic. 344 عابرة للجينات
Cornea. 911, 911f قرنية
Corn oil. 53 زيت الذرة
Corolla. 836, 836f تويج (في الزهرة)
Corona. 650, 650f تويج
Coronary artery. 988, 988–89f, 994f شريان تاجي
Coronavirus. 527t فيروس تويجي
Corpora allata. 940, 940f الأجسام الكبيرة
Corpora cavernosa. 1075–76, 1075f جسم كهفي
Corpus callosum. 885t, 886f, 887–88 جسم صلب
Corpus luteum. 1077–79f, 1079, 1108, 1110 جسم أصفر
Corpus spongiosum. 1075, 1075f جسم إسفنجي
Corrective lenses. 912f عدسات ضبط
Correns, Carl. 238, 242 كارل كورينز
Cortex (plant). 729, 729f, 733 قشرة (النبات)
Cortical granule. 1090 حبيبة قشرية
Cortical nephron. 1030 أنبوبة كلوية قشرية
Corticosteroid. 921, 936, 1058 ستيرويد قشري
Corticotropin-releasing hormone (CRH). 930, 931f الهرمون المفرز لمنشط قشرة الكظرية (CRH)
Cortisol. 170, 822f, 921, 923t, 925f, 936 كورتيزول (هيدروكورتيزون)
Corynebacterium diphtheriae. 529, 555t *Corynebacterium diphtheriae*
Costa Rica. biosphere reserves in. 1258, 1258f كوستاريكا، محمية الغلاف الحيوي في
Cost of reproduction. 1154–55, 1154–56f, 1156 تكلفة التكاثر
Cotransduction frequency. 551 تكرار التأبير المرافق
Cotton. 726 قطن
Genome og. 447 f المحتوى الجيني
transgenic. 344 عابر للجينات
Cottonwood (*Populus*). 437, 734f, 752, 842 الحور القطني (خشب القطن)
Cotyledon. 390, 599f, 743f, 747, 748–49f, 753–54f, 754 فلقة
Countercurrent exchange. 1001f, 1003f التيار المعاكس
Countercurrent flow. 1002–3, 1002–3f تدفق التيار المتعاكس
Countercurrent heat exchange. 1020, 1020f تبادل حراري باستخدام التيار المتعاكس
Countercurrent multiplier system. 1034 التيار المتعاكس المُضاعف
Countertransport. 99–100 نقل مُتضاد
Coupled transport. 99, 99f, 102t نقل مقترن

Courtship behavior/signaling, 436, 436f, 440, 1088, 1127–28, 1127–28f, 1130, 1135f
سلوك طقوس التزاوج (الغزل)/ إرسال
of *Anolis* lizards, 440, 440f
زواحف *Anolis*
of blue-footed boobies, 436f
الطائر الأطيش ذو الأقدام الزرقاء
of lacewings, 436, 436f
شبكية الأجنحة
Courtship song, 1123, 1123f
تغريد الغزل
Covalent bond, 23–24, 23t, 24f
رابطة تساهمية
Cow(s). *See* Cattle
Cowper's gland. *See* Bulbourethral gland
بقرة (أبقار). انظر أبقار (ماشية)
Cowpox, 1044f, 1045, 1057f
ماشية Cox. *See* Cyclooxygenase
Cox-2 inhibitor, 925
مثبط المؤسكج الحلقي (سايكلوأوكسجينيز) انظر المؤسكج الحلقي Cox
Coyote, 1149, 1174
قيوط
C_3 photosynthesis, 158, 160–62, 161–62f, 783
البناء الضوئيّ نوع C_3
C_4 photosynthesis, 160–62, 161–62f, 737, 782–83, 782f
البناء الضوئي نوع C_4
Crab, 630t, 667, 672, 945, 959, 964
سلطعون
Crane, 701t
الغراء
Cranial neural crest cells, 1102–3
خلايا العرف العصبي القحفية
Crassulacean acid pathway. *See* CAM plants
مسار حمض الكراسوليسين. انظر نباتات عائلة السيدوم CAM
Crawling, cellular, 80
زحف، خلوي
Crayfish, 672
جمبري
Creatine phosphate, 958
فوسفات الكرياتين
Creighton, Harriet, 243–44, 243f
هارييت كرايتون
Crematogaster nigriceps, 1180
Crematogaster nigriceps
Crenarchaeota, 544f
Crenarchaeota
Creosote bush, 848, 1150
شجيرة الكريوسوت
Crested penguin, 1071f
البطريق ذو العرف
Cretinism, 935
القدامة
Creutzfeldt–Jakob disease, 536
مرض كروتزفيلدت – جاكوب
CRH. *See* Corticotropin- releasing hormone
انظر الهرمون المفرز لمنشط قشرة الكظرية
Crick, Francis, 260–63, 260f, 279–80
فرانسيس كريك
Cricket, 673t, 674–75
صرصار الليل
Cri-du-chat syndrome, 299
متلازمة صراخ القطة
Crinoidea, 678, 678f
الزنبقيات
Cristae, of mitochondria, 74, 74f
أعراف، الميتوكندريا
Crocodile, 687f, 695t, 697, 698f, 699, 986–87, 1028
تمساح
parental care in, 461–62, 462f
الرعاية الأبوية في
Crocodylia (order), 695t, 699
التماسيح (رتبة)
Crocus, 734
زعفران
Cro-Magnons, 712, 713f
إنسان وادي كرو – ماغنون
Crop, 661
حوصلة
of annelids, الحلقيات
of birds, 966f
الطيور
of earthworm, 964f
دودة الأرض
of insects, 668f
الحشرات
Crop milk, "933"
"حليب الحوصلة"
Crop plant, 848
نبات محاصيل *See also* *specific crops*،
artificial selection in, 420, 420f
انتخاب اصطناعي في
breeding of, 365, 486, 492
تكثير
effect of global warming on, 782–83, 782f–83f, 1234
تأثير الانحباس الحراري العالمي في
transgenic, 343–46. عابر الجينات، انظر أيضًا نباتات عابرة الجينات *See also* Transgenic plants
wild relatives of, 1242
أقارب برية
Crop productivity, 365–66, 366f
إنتاجية المحصول
Cross-bridge, 953–54, 954f, 955, 955f
جسر عرضي
Cross-bridge cycle, 954, 955f
دورة الجسور العريضة
Cross-current flow, 1007f
يتقاطع مع التيار المتدفق
Cross-fertilization, 221, 221f
الإخصاب الخلطي
Cross-fostering, 1122–23
تبنٍ هجين
Crossing over, 208f, 209–10, 210f, 212f, 215, 216f, 242–44, 243f
العبور
multiple crossovers, 245, 245f
عبور متعدد
Cross-pollination, 839
تلقيح خلطي
Cross-presentation, 1050
إشهار تقاطعي
Crow, 701t
غراب
Crowded population, 1158
جماعات مزدحمة
Crown gall, 820, 820f
تضخم تاجي
CRP. *See* Cyclic AMP response protein
انظر البروتين المستجيب لـ cAMP. CRP
Crustacea (class), 666t, 670–71, 670–71f
القشريات (صف)
Crustacean, 666t, 670–71, 670–71f, 945
قشري
body plan in, 671
خطة الجسم في
decapod, 672, 672f
عشري الأقدام
habitats of, 671
مواطن الـ
locomotion in, 959
الحركة في
reproduction in, 671
التكاثر في
respiration in, 1002
التنفس في
Cryptochrome, 831
كربتوكروم
Crystal violet, 546f
البنفسجي البلّوري
Ctenidia, 655–56
خياشيم مشطية
Ctenophora (phylum), 629f, 631t, 636, 637f, 640, 643–44, 643f
حاملات الأمشاط (قبيلة)
Ctenophore, 628
حامل المشط
Cuboidal epithelium, 854, 855t
خلية طلائية مكعبية
simple, 854, 855t
بسيطة
Cubozoa (class), 643, 643f
المكعبات (الحيوانات المكعبة) (طائفة)
Cuckoo, 1123, 1123f
وقواق
Cud, 973
قطع الغذاء
Culex, 674f (*Culex*)
ultivation, زراعة 775, 775f
Cultural evolution, 713
تطور حضاري
Cup fungus, 208f, 604f, 610, 611f
فطر كأسي
Cupula, 898t, 903, 903f, 907–8, 907f
كؤيس
Cuspid, 705f, 966, 966f, 1135
ناب
Cusp of tooth, 967f
شرفة السن
Cutaneous receptor, 900, 901f
مستقبل جلدي
Cutaneous respiration, 691, 986, 1001f, 1002, 1003–4
تنفس جلدي
Cutaneous spinal reflex, 891f
فعل منعكس شوكي جلدي
Cuticle، كيوتكل (جليد)
of arthropods, 675
جليد
of nematodes, 649, 649f
الديدان الخيطية
of plant, 582, 588, 722, 737, 738f
النبات
Cutin, 721–22, 790
كيوتين (جليدين)
Cuttlefish, 654, 656
حبار
CXCR4 receptor, 530, 530f, 533
المستقبل CXCR4
Cyanobacteria, 64, 64f, 140, 144, 149, 510f, 512, 542, 545f, 548f, 553, 557, 564
البكتيريا الخضراء المزرقة. انظر أيضًا أشنة *See also* Lichen
Cyanocobalamin. *See* Vitamin B_6
Cyanogenic glycoside, 792, 793t
سكر سيانيدي، انظر أيضًا فيتامين B_6
ycad, 589t, 593, 595–96, 595f, 597f
سيكاد
Cycadophyta (phylum), 589t, 595–96, 595f
النباتات السيكادية (قبيلة)
Cyclic AMP (cAMP), 927
أدينوسين أحادي الفوسفات الحلقي
in glucose repression, 309–10, 310f
تثبيط الجلوكوز
as second messenger, 170, 176–79, 177–79f, 927–28
بوصفه رسولًا ثانيًا
in slime mold slug formation, 578, 578f
في تكوّن الكتلة الرخوية للفطر الغروي
Cyclic AMP (cAMP) response protein (CRP), 309–10, 310f
البروتين المستجيب لجوانوسين أحادي الفوسفات الحلقي
Cyclic GMP (cGMP), 171, 914
أحادي فوسفات جوانوسين الحلقي (cGMP)
signal transduction in photoreceptors, 914, 914f
تحويل الإشارة في المستقبلات الضوئية
Cyclic ovulator, 1072
تحفيز دورة الإباضة
Cyclic photophosphorylation, 153, 153f, 156
فسفرة ضوئية حلقية
Cyclin, 197f, 198–200, 199–201f, 370, 371f
سايكلين
degradation of, 322
تحطيم
discovery of, 198
اكتشاف
Cyclin B, 216
سايكلين بـ
Cyclin-dependent protein kinase (Cdk), 197f, 198–200, 199–200f, 370, 371f, 373
مفسفر بروتين معتمد على السايكلين (CdK)
Cycliophora (phylum), 629f, 631t, 637f, 648, 648f
حاملة العجل سايكليفورا (قبيلة)
CYCLOIDIA gene, of snapdragons, 837–38, 495–96
جين *CYCLOIDIA*
Cyclooxygenase-1 (cox-1), 925
المؤسكج الحلقي 1- (سايكلوأوكسجينيز 1-) (cox -1)
Cyclooxygenase-2 (cox-2), 925
المؤسكج الحلقي 2- (سايكلوأوكسجينيز 2-) (cox -2)
Cyclosporin, 1051
سيكلوسبورين
Cypress, 594
السرو
Cysteine, 34f
سيستين
Cystic fibrosis, 51, 230t, 231, 247t, 483
تليف كيسي
gene therapy for, 342t
المعالجة الجينية لـ
Cytochrome, 45t
سيتوكروم
Cytochrome bc, 132, 132f
معقد سيتوكروم bc
Cytochrome b_6–f, 154–55, 155–57f, 157
معقّد سيتوكروم b_6–f
Cytochrome c, 132, 132f
سيتوكروم c
Cytochrome oxidase, 132, 132f
أكسيديز السيتوكروم
Cytokine 924, 1050 -51, 1052 f, 1057
محرك خلوي
Cytokinesis, 191, 191f, 195f, 196, 211, 212–13f, 820
انقسام السيتوبلازم
in animal cells, 196, 196f
في الخلايا الحيوانية
in fungi, 196
في الفطريات
in plant cells, 196, 196f
في الخلايا النباتية
in protists, 196
في الطلائعيات
unequal, 387–88
غير متساو
Cytokinin, 768, 813, 814t, 818–20, 819–20f
سايتوكاينين
synthetic, 819f
تصنيع
Cytoplasm, 62
السيتوبلازم
ion composition of 873t
المكونات الأيونية لِـ
Cytoplasmic streaming, 605f
حركة السيتوبلازم
Cytoproct, 572, 572f
شرج خلوي
Cytosine, 41, 258, 258f
سايتوسين
Cytoskeleton, 65, 66–67f, 76–78, 77f, 78f, 79t, 514t
هيكل خلوي
attachments to, 91, 91f
الارتباط بِـ
Cytosol, 62
سائل خلوي
Cytotoxic T cells, 1047t, 1049, 1049t, 1050، 1051t–1050
خلايا تائية سامة (قاتلة)

D

2,4-D, 817f, 818
2,4D (ثنائي كلوروفينوكسي حمض الخليك)
Dachshund, 421f
كلب الدشهند
Daddy longlegs, 669
العنكبوت ذو الأرجل الطويلة
Dalton (unit of mass), 19
دالتون (وحدة الكتلة)
Damselfly, 674, 1202
الذبابة الشابة
Dance language, of honeybees, 1128–29, 1129f
لغة الرقص عند نحل العسل
Dandelion 731, 752, 845–46, 1157
هندباء
Darevsky, Ilya, 1068
داريفسكي
Dark-field microscope, 62t
مجهر المجال المعتم
Dark meat, "958"
لحم داكن
Darwin, Charles, 416–17, 416f
شارلس داروين
See also Galápagos *entries*
critics of, 429–31
انظر أيضًا نقد إدخالات غالاباغوس
invention of theory of natural selection, 10–12
وضع نظرية الانتخاب الطبيعي
Malthus and, 9–10
مالثوس و
On the Origin of Species, 8, 396, 454f
حول أصل الأنواع
page from notebook, 454f
صفحة من دفتر ملاحظات
photograph of, 8f
صورة
plant studies, 813
دراسة النباتات
Power of Movement of Plants, 813f
قوة حركة النباتات
theory of evolution, 8–10
نظرية التطور
voyage on *Beagle*, 1, 1f, 8, 9f, 416
رحلة على متن السفينة بيجل
Darwin, Francis, 813, 813f
فرانسيس داروين
Darwin's frog, 1071f
ضفدع داروين
Dating, of fossils, 422, 422f, 540–41
عمر المستحاثات
Day-neutral plant, 830–31, 833
نبات اليوم المتعادل
DDT, 392, 571, 1227, 1227f, 1257
د. د. ت
Dead space, anatomical, 1008
الحيز

الميت التشريحي
Deafness with stapes fixation. 246f
Deafness with stapes fixation
Deamination. 138. 1028 نزع مجموعة الأمين
of amino acids. 138. 138–39f في
الأحماض الأمينية
Death cap mushroom (*Amanita phalloides*). 612 عش الغراب من نوع قلنسوة الموت phalloides Amanita
Death rate. 1156. 1161 معدل الوفاة (الموت) (الفناء)
human. 1161 البشر
Decapentaplegic protein, in *Drosophila* 1099. 1099f بروتين شلل الخمسة عشر في ذبابة الفاكهة
Decapod crustacean. 672. 672f القشريات عشرية الأقدام
Decidua basalis. 1108f الغشاء المتساقط
Deciduous forest. 1220 غابة متساقطة الأوراق
temperate. *See* Temperate deciduous forest، معتدلة، انظر غابة متساقطة الأوراق معتدلة
Deciduous plant. 811. 848 نبات متساقط الأوراق
Deciduous teeth. 966 أسنان متساقطة
Decomposer. 557. 614. 1197 محلِّل
Decomposition. 557. 1197 تحلّل
in carbon cycle. 1190f. 1191 في دورة الكربون
in nitrogen cycle. 1193. 1193f في دورة النيتروجين
in phosphorus cycle. 1194. 1194f في دورة الفوسفور
Deductive reasoning. 4–5. 5f التعليل الاستنتاجي
Deep sea. 1226. 1226f بحر عميق
Deep-sea hydrothermal vent. 52.1226. 1226f مجتمعات شقوق الماء الساخن في قاع البحر
Deer. 520f. 708t. 1035. 1072f. 1220 غزال
Deer mouse. 535 فأر الغزال
De-etiolated mutant, of *Arabidopsis*. 803. 803f طفرة عدم النمو في العتمة، نبات رشاد الجدران *Arabidopsis*
Defecation 973 عملية التبرز
Defoliant. 818 مركب يعري أشجار الغابات
Deforestation. 1192. 1192f.1194–95. 1195f. 1228–29 1228f. 1247. 1247f إزالة الغابات
Dehydration. 929f. 995–96.1035. 1035f نزع الماء
Dehydration synthesis. 35. 37. 37f تصنيع بإزالة الماء
Dehydrogenation. 120 تفاعل نزع الهيدروجين
Deinococcus. 544f *Deinococcus*
Delamination. 1095 انفصال الصفائح
Delayed hypersensitivity. 1059–60 فرط الحساسية المتأخرة
Deletion. 280. 299. 300f إزالة
DELLA proteins. 821f بروتينات DELLA
Delta wave. 888 أمواج دلتا
De Mairan, Jean. 805 جين دي ميران
Demography. 1152–54 ديموغرافيا
Denaturation, of proteins. 52–53. 52f تمسّخ البروتينات
Dendrite 860. 860t. 870–71.870–71f زائدة شجرية
Dendritic cells. 1046. 1047t.1048f. 1050–51 خلايا شجرية
Dendritic spine. 871 شوكة شجرية
Dendrobatidae (family). 1176. 1176f (عائلة) Dendrobatidae
Dengue fever. 1234 حمى الضنك
Denitrification. 1193. 1193f إزالة النترتة
Denitrifier. 557 مطلقة النيتروجين
Dense connective tissue. 856. 857t نسيج ضام كثيف
Dense irregular connective tissue. 856 نسيج ضام كثيف منتظم
Dense regular connective tissue. 856 نسيج ضام كثيف منتظم
Density-dependent effect. 1158–59. 1158–59f تأثير معتمد على الكثافة
Density-gradient centrifugation. 263–64. 263f تدرج كثافة بالطرد المركزي
Density-independent effect. 1159. 1159f تأثير غير معتمد على الكثافة
Dental caries. 555–56. 555t تسوس الأسنان
Dental plaque. 555 طبقة بكتيرية على الأسنان
Dentin. 967f عاج
Deoxyhemoglobin. 1012 هيموجلوبين منزوع الأكسجين
Deoxyribonucleic acid. *See* DNA، الحمض النووي منقوص الأكسجين. انظر DNA
Deoxyribose 47f.41f.43f منقوص الرايبوز
Dephosphorylation, of proteins 167. 873f إزالة الفسفرة في البروتينات
Depolarization. 874–75. 876f. 900f إزالة الاستقطاب
Depo-Provera. 1081f. 1082t Depo-Provera
Derepression. 312 مزالة التثبيط
Derived *Chara*cters. 455. 456f صفات مشتقة
shared. 455. 460–61 مشتركة
Dermal tissue, of plants. 7 718–19.721–23. 722–23f. 744. 747.790–91 النسيج الأدمي، في النباتات
Dermatitis, contact. 1059–60 التهاب الجلد، باللمس
Dermis. 1040 أدمة
Descent with modification." 396" التحدر مع التحوير
Desert. 1215–16. 1215–16f.1218f. 1219 صحراء
animals of. 403. 403f.1147. 1219 حيوانات
plants of. 718–19. 768 نباتات
Desertification. 776 تصحر
Desiccation. 582. 586. 1069. 1072 جفاف
Desmosome. 180t. 181–82. 181–82f دسموسومات
Detergent. 1194 منظف
Determinate development. 626. 627f تكوين جيني مُحدّد
Determination. 373–76.373–76f. 1107 تحديد المصير
floral. 833f. 834 الزهري
molecular basis of. 374 الأساس الجزيئي
reversal of. 376–78 انعكاس
standard test for 373–74. 373f الاختبار النموذجي
Detoxification. 70–71. 976 نزع السمّية
Detritivore. 622t. 1197. 1197–98f رُمي (آكل حتات)
Detritus. 1197 حُتات
Deuteromycetes. 604. 608.613. 613f الفطريات الناقصة
Deuterostome. 518. 626.627f. 629f. 630t.636 تالية (ثانوية) الفم 636.37f. 1096
Developed countries. 1163–64.1163–64f. 1163t الدول المتطورة
Developing countries. 1163–64.1163–64f. 1163t الدول النامية
Development، التكوين الجيني in amphibians. 934. 934f.1071. 1071f في البرمائيات
in animals. 370. 370f. 623t.1087–1112 في الحيوانات
apoptosis in 388. 389f الموت المبرمج في
of behavior. 1122–23 للسلوك
in birds. 1071–72 في الطيور
in *Caenorhabditis elegans*. 370–72. 371f. 388. 389f. 391 في
Caenorhabditis elegans cell differentiation in. 373–80.373–80f تمايز الخلايا في
cell division in. 370–73.370–72f. 387–88 الانقسام الخلوي في
cell migration in. 388–90 هجرة الخلايا في
cellular mechanisms of. 369–92 الآليات الخلوية
as *Chara*cteristic of life. 3 بوصفه خاصية للحياة
defined. 370 تعريف
determinate. 626. 627f محدد
determination. 373–76. 373–76f تحديد
in *Drosophila*. 391. 491.1099 - 1100. 1100 f - 1099 في ذبابة الفاكهة
in echinoderms. 676 شوكيات الجلد
environmental effects on. 391–92 تأثير البيئة في
evidence for evolution. 426f دليل على التطور
evolution of. 489–500.493–94f. 626. 627f. 1103
of eye. 499–500. 499–500f.1107. 1107f للعين
in frogs. 370f في الضفادع
gene expression in. 304 التعبير الجيني في
in humans. 1107–12. 1108–12f في الإنسان
indeterminate. 626. 627f غير محدد
induction. 375–76. 375f. 1107 تحفيز
of limbs. 494. 494f الأطراف
morphogenesis. 387–90.388–91f التشكل
in nematodes. 649 في الديدان الخيطية
overview of. 370 نظرة عامة
pattern formation. 380–87.381–86f تكوين النمط
in plants. 372–73. 390–92. 391f في النباتات
embryonic. 742–48.742–47f في الجنين
food storage. 748. 748f خزن الطعام
morphogenesis. 390. 391f. 748 التشكّل
seed formation. 748–49. 749f تكوين البذرة
postnatal. 1111–12. 1112f بعد الولادة
in sea urchins. 490. 490f في قنافذ البحر
in slime molds. 578. 578f في الفطريات الغروية
in tunicates. 374–75. 374–76f في الزقيات
in vertebrates. 685. 1088t في الفقاريات
of wings. 494. 494f الأجنحة
Devil's Hole pupfish. 1148. 1148f سمكة ثقب الشيطان
Dew. 764 ندى
Dewlap, of *Anolis* lizards. 440. 440f غَبَب (لُغد) في زواحف *Anolis*
Diabetes insipidus. 246f. 1035 سكري كاذب أو سكري عديم الطعم
Diabetes mellitus. 937. 977. 1032 مرض السكري
treatment of. 938 معالجة
type I (insulin-dependent). 938 النوع الأول (معتمد على أنسولين)
type II (non-insulin- dependent). 938 النوع الثاني (غير معتمد على أنسولين)
Diacylglycerol. 177. 177–78f جليسرول ثنائي الأحماض (DAG)
Diagnostics. 365. 1060–63.1061–62f وسائل التشخيص
Diaphragm (birth control). 1081.1081f. 1082t الحجاب الحاجز (منع الحمل)
Diaphragm (muscle). 704. 1006f.1008–9. 1009f حجاب حاجز (عضلة)
Diapsid. 696–97. 696–97f زاحف ذو القوسين
Diastole. 988 انبساط بُطينيّ
Diastolic pressure. 989. 989f ضغط الانبساط
Diatom. 565. 573. 574–75.574–75f دياتوم
Diazepam. 880 عقار ديازيبام
Dicer. 318f أنزيم مُقطع
Dichlorophenoxyacetic acid. *See* 2,4-D، ثنائي الكلور فينوكسي حمض الخليك، انظر 4-D، و 2
Dichogamous plant. 843. 843f نبات ثنائي التزاوج
Dichromat. 915 ثنائي الألوان
Dickkopf protein. 1106 بروتين الدِّكويف
Dicot broad-leaved. 818 ذات الفلقتين عريضة الأوراق
leaves of. 736f أوراق
root of. 729f. 730 جذر
shoot development in. 754f تكوين الساق في
stem of. 733f ساق
Dicrocoelium dendriticum. 1181. 1181f *Dicrocoelium dendriticum*
Dictyostelium discoideum. 355f.578. 578f *Dictyostelium discoideum*
Dideoxynucleotide. 335–37 نيوكليوتيدات ثنائية منقوصة الأكسجين
Didinium. 1174. 1174f *Didinium*
Diencephalon. 885t. 886 دماغ بيني
Diethylstilbestrol 392. 940 ثنائي إيثيل ستلبسترول
Differential-interference-contrast microscope. 62t مجهر التباين التداخلي التفاضلي
Differentiation. 14. 370. 373–80.373–80f تمايز
Diffuse pollution. 1227 تلوث مشتت
Diffusion. 93–94. 93f. 102t الانتشار
facilitated. 94–95. 94f. 102t الميسر
of. 1000 Fick's Law قانون فِكْ
Digestion. 120. 963–82 هَضم
chemical. 964 كيميائي
in cnidarians. 640. 641f اللاسعات
external. 606 خارجي
extracellular. 640. 641f. 964 خارج الخلايا
of plant material. 705 لمواد النبات
in small intestine. 970–71. 970f في الأمعاء الدقيقة
in stomach. 968–69 في المعدة

Digestive enzymes. 72–73.970. 976t
أنزيمات الهضم
Digestive system. 861. 862f. 963–82
الجهاز الهضمي
of annelids. 661
في الحلقيات
of birds. 966. 966f
في الطيور
of carnivores. 974f
في آكلات اللحوم
complete. 648
كامل
of flatworms. 644. 645f
في الديدان المسطحة
of herbivores. 974f
في آكلات الأعشاب
of insectivores. 974f
في آكلات الحشرات
of insects. 674–75
في الحشرات
of invertebrates. 649. 649 f
في اللافقاريات
of nematodes. 649. 649f
في الديدان الخيطية
of ruminants. 973. 974f
في المُجترات
types of. 964–66. 964f
أنواع
of vertebrates. 964–66. 964f - 65 f
الفقاريات
variations in. 973–75.973–74f
الاختلافات في
Digestive tract. 965f
القناة الهضمية
as barrier to infection. 968. 1040
حاجز ضد العدوى
innervation of. 894t
تغذية عصبية
layers of. 965. 965f
طبقات
neural and hormonal regulation of.
التنظيم العصبي والهرموني 975–76.975f. 976t
Dihybrid cross. 227–29.227f. 230t
تزاوج ثنائي الهجين
Dihydroxyacetone phosphate. 126f
ثنائي هيدروكسي أسيتون فوسفات
1.25-Dihydroxyvitamin D. 936 1.25
ثنائي هيدروكسي فيتامين د
Dikaryon. 604. 606
ثنائية النواة
Dikaryotic hyphae. 605
خيط فطري ثنائي النواة
Dimetrodon. 696f *Dimetrodon*
Dinoflagellate. 569–70.569–70f. 654f
السوطيات الثنائية الدوارة
Dinomischus. 632f *Dinomischus*
Dinornithiformes (order). 701t
(رتبة) Dinornithiformes
Dinosaur. 422f. 449. 685. 695t.697. 697f. 702. 702f
الديناصور
feathered. 702
ذو ريش
parental care in. 461–62. 462f
الرعاية الأبوية في
Dioecious plant. 596. 843
نبات ثنائي المسكن
Dioxin. 392. 818
الدايوكسين
Diphtheria. 529. 554. 555t
الدفتيريا (الخناق)
Diploblastic animal. 628
حيوان ثنائي الطبقات
Diploid (2n). 190. 206. 206–7f.224. 1068. 1091
ثنائية الكروموسومات (تركيب جيني) (2n)
partial. 550
جزئي
Diplontic life cycle. 583
دورة حياة ثنائية الكروموسومات
Diplomonads. 562f.566–67. 567f
ثنائية الأنوية المتساوية
Diplopoda (class). 670–71. 670f
مزدوجة الأقدام (طائفة)
Diptera (order). 673f. 673t
ثنائية الأجنحة (رتبة)
Direct contact. cell signaling by. 166. 166f
الاتصال (التماس) المباشر، الترميز بين الخلايا عن طريق
Direct effect. 932
تأثير مباشر
Directional selection. 408–9f. 409
انتخاب موجه
Disaccharide. 38. 39f
سكر ثنائي التسكُّر
Disassortative mating. 401
تزاوج منوّع
Discoidal cleavage. 1093t
تفلج قرصي
Disease
مرض
causes of. 485
أسباب
evolution of pathogens. 467–68.
تطور مسببات المرض 467–68f
pathogen–host genome differences. 485–86
الفروق في المحتوى الجيني للكائن الممرض والعائل
Dispersive replication. 262–64. 262f
التضاعف التشتتي
Disruptive selection. 408.408–9f. 442
الانتخاب المسبب للاضطراب
Dissociation. 53
تفكك
of proteins. 53
البروتينات
Distal convoluted tubule. 1026f.1031f. 1032. 1033–34f.1034–35
أنبيب ملتو بعيد
Distal-less gene. 519. 519f
الجين *Distal-less*
Disulfide bridge. 48f
رابطة كبريتية ثنائية
Diving. by elephant seals. 1000f
الغوص، عن طريق فقمة البحر
DNA. 12. 36f. 41. 255–74. DNA
See also Gene، انظر أيضًا الجين
antiparallel strands. 261–62. 261f
أشرطة التوازي المتعاكس
analysis of. 332–39
تحليل
central dogma. 279. 279f
المبدأ الرئيس
of chloroplasts. 75. 75f
البلاستيدات الخضراء
in chromosomes. *See* Chromosome
cloning of. *See* Cloning، في الكروموسومات. انظر كروموسوم.
انظر الاستنساخ
coding strand. 282. 285f
شريط تشفير
complementary. *See* cDNA library
متكامل، انظر مكتبة DNA
double helix. 13f. 41–42f. 42.260–62. 261f
حلزون مزدوج (ثنائي حلزوني)
functions of. 35t
وظائف
gel electrophoresis of. 327–28. 327f
التهجير الكهربائي بالهلام
genetic engineering. *See* Genetic engineering، الهندسة الوراثية. انظر الهندسة الوراثية
hormone response elements. 926f
عناصر استجابة الهرمون
junk. *See* DNA. noncoding
خررة. انظر DNA غير المشفر
looping caused by regulatory proteins. 314. 314f
تكوين ثنية DNA عن طريق البروتينات
manipulation of. 325–46
تحوير وتعديل
major groove of. 261f. 305. 305f
الأخدود الرئيس
methylation of. 251. 316. 316f. 479
إضافة مجموعة الميثيل
minor groove of. 261f
الأخدود الثانوي
of mitochondria. 75.338. 565
الميتوكندريا
mutations in. *See* Mutation، الطفرات في. انظر الطفرة
noncoding. 356–58. 484
غير مشفرة
polymorphisms in. 397
تعدد الأشكال في
of prokaryotes. 62
بدائية النوى
proof that it is genetic material. 256–58. 256–57f
دليل على أنه المادة الوراثية
protein-coding. 356–58
تشفير بروتين
recombinant. *See* Recombinant DNA.
معاد الاتحاد. انظر DNA معاد الاتحاد 484
repetitive، متسم بالتكرار
replication of. 43. 43f
تضاعف
segmental duplications. 356. 357t
تضاعفات قطعية
sequencing of. of. 335. 335–36f.353. 353f
تسلسل. انظر أيضًا *See also* Genome sequencing تسلسل المحتوى الجيني
simple sequence repeats. 357. 357t
تكرارات بسيطة التعاقب
with sticky ends. 326. 326f
حاملة نهايات لزجة
structural 356. 357t
البنائي
structure of. 35t. 41–43. 42f.258–62. 258–61f
تركيب
supercoiling of. 266. 266f
التفاف فائق
template strand. 264. 282.285. 285f
شريط قالب
three-dimensional structure of 260–62. 260–61f
تركيب ثلاثي الأبعاد
topological state of. 266
حالة طبولوجية
in transformation. *See* Transformation
في التحول الوراثي. انظر التحول الوراثي
X-ray diffraction pattern of. 259- 60. 259 f
نمط انحراف الأشعة السينية
DNA-binding motifs. in regulatory proteins. 305–7. 306f. 491
موتيفات ربط DNA- في بروتينات التنظيم
DNA-binding proteins. 48
البروتينات المرتبطة بـ DNA
DNA fingerprint. 334–35. 334f.
بصمة DNA 1136f
DNA gyrase. 266. 266f. 267t. 268. 269f
أنزيم الالتفاف (الجايريز)
DNA helicase. 266. 267t. 268f
محلل الحلزون
DNA library. 330–32. 330f. 332f
مكتبة DNA
DNA ligase. 267t. 268. 268–69f. 326–27. 326f. 329f
أنزيم اللاحم (الرابط)
DNA microarray. 361
ذو الترتيب الدقيق DNA
analysis of cancer. 362
تحليل السرطان
preparation of. 361–62. 362f
تحضير
DNA polymerase. 264–65. 265f
أنزيم مبلمر DNA
proofreading function of. 272
وظيفة تدقيق القراءة
Taq polymerase. 338
أنزيم مبلمر Taq
DNA polymerase I. 265–66.267t. 268f
مبلمر DNA الأول
DNA polymerase II. 265–66
مبلمِر DNA الثاني
DNA polymerase III. 264f.265–68. 267t. 268–69f
مبلمِر DNA الثالث
beta subunit of. 267–68. 267f
تحت وحدة بيتا
sliding clamp. 267. 267–68f
لاقط منزلق
DNA polymerase delta. 271
مبلمِر DNA ديلتا
DNA polymerase epsilon. 271
مبلمِر DNA إبسيلون
DNA primase. 267–68. 267–68t. 271
صانع البادئ DNA
DNA rearrangement. 1055–56
إعادة ترتيب المادة الوراثية DNA
DNA repair. 272–74. 273–74f
إصلاح DNA
DNA vaccine. 341–42
مطعوم DNA
DNA virus. 524. 524f. 527t
فيروس DNA
Docking (protein on ER). 296. 296f
عملية الرّسو (بروتين الشبكة الإندبلازمية الخشنة)
Dodder (*Cuscuta*). 731. 781.808. 1181f
هالوك (*Cuscuta*)
Doering. William. 795
وليام دورنغ
Dog. 705f. 708t. 1080
كلب
breeds of. 420–21. 420f
تزاوج
chromosome number in. 188t
عدد الكروموسومات في
coat color in. 233
لون الفراء
hearing in. 906
السماع في
pavlovian conditioning in 1120
ارتباط بافلوف بـ
Dogbane. 1175
نبات قاتل الكلب
Dogwood. 737
نبات القرانيا
Dolly" (cloned sheep). 376–78."
دوللي (نعجة مستنسلة) 376–77f
Dolphin (Delphinus delphis). 707f.708t. 906. 1148
الدولفين العادي (Delphinus delphis)
Domain (protein). 50–51. 51f
حقل (بروتين)
Domain (taxonomic). 508f. 509
فوق المملكة (تصنيفيًّا)
Domestication. 420–21. 421f
تدجين
Dominant hemisphere. 888
نصف الكرة السائد
Dominant trait. 223–26. 223f
صفة سائدة
in humans. 225t
في الإنسان
incomplete dominance. 230t.232. 232f
سيادة غير كاملة
L-Dopa. 881
ثنائي هيدروكسي فينل ألانين
Dopamine. 881–83. 882f
دوبامين
Dormancy، سكون
in plants. 767. 810–12. 811–12f. 824. 824f
في النباتات
in seeds. 811–12. 812f. 824. 824f
في البذور
Dosage compensation. 241
تثبيط معادلة الجرعة
Dorsal body cavity. 852. 853f
تجويف الجسم الظهري
Dorsal lip transplant experiment. 1103f. 1104–6
تجربة زراعة شفة ظهرية
Dorsal nerve cord. 1100
الحبل العصبي الظهري
Dorsal Portion. 384. 384 f
جزء ظهري
Dorsal protein. 624. 624f
بروتين ظهري
Dorsal root. 891
جذر ظهري
Dorsal root ganglia. 890f. 892. 1102
عقد الجذر الظهري
Dorsal-ventral axis. 1104–6.1104–6f
محور ظهري بطني
Double bond. 24. 24f
رابطة ثنائية
Double circulation. 985–86
دورة مزدوجة
Double fertilization. 599f. 600.839. 844–45. 844–45f
إخصاب مزدوج
Double helix. 13f. 41 - 42 f. 42. 260 - 62. 260 - 61f
لولبي ثنائي
Douche. 1081–82
دشّ مهبلي
Dove. 701t
حمامة
Down. J. Langdon. 249
لانغدون داون
Down feather. 464f
ريش زغب
Down syndrome. 249. 249f
متلازمة داون
maternal age and. 249–50. 249f
عمر الأم و
translocation. 249
الانتقالية
Dragonfly 673t. 674
يعسوب
Drone (insect). 1068. 1141
ذكر النحل (حشرة)

Drought tolerance, in plants, 767–68, 768f
تحمل الجفاف، في النباتات
Drug abuse, 976
إدمان الدواء
Drug addiction, 882–83, 882–83f
إدمان العقاقير
Drug development, 485–86
تطوير الأدوية
Drupe, 751f
الحسلة البسيطة
D segment, of immunoglobulin genes, 1055–56, 1056f
قطع D- في الجينات الكروية المناعية
Duchenne muscular dystrophy, 225t, 246f, 247t
الحثل العضلي من نمط دوشين
Duck, 701t, 959
بطة
Duck-billed platypus, 706–7, 916, 959, 1072, 1072f
منقار البط
Dugesia, 645, 645f *Dugesia*
Duke Experimental Forest, 783, 783f
غابة ديوك التجريبية
Dung beetle, 1137
خنفسة الروث
Dunnock, 1136f, 1137
طائر الشحرور
Duodenal ulcer, 969
(قرحة الاثنا عشر)
Duodenum, 969–72, 969f
اثنا عشر
Duplication (mutation), 299, 300f
المضاعفة
356–57, 478–79, 478f
(الطفرة)
Dusky seaside sparrow, 1254, 1254f
عصفور دوري
Dutch elm disease (*Ophiostoma ulmi*), 610
مرض شجرة القيقب الألمانية
Dwarfism, pituitary, 933
قزمية النخامية
Dye, fungal, 615
صبغة فطرية
Dynactin, 78, 78f
داياناكتين
Dynein, 78, 78f, 80f, 193
داينين
Dyskeratosis congenita, 246f
Dyskeratosis congenita
Dysmenorrhea, 925
عسر الطمث

E

Eagle, 701t, 964
نسر
Ear, 904–5, 904–5f
الأذن
muscles for wiggling, 427
عضلات لتحريك
sensing gravity and acceleration, 906–7f, 907–8
الإحساس بالجاذبية والتسارع
structure of, 903–5, 904–5f
تركيب
Ear canal, 904f
قناة الأذن
Eardrum, 904, 904f
طبلة الأذن
Ear popping, 904
صوت حركة الهواء في الأذن
Earth, الأرض
age of, 11
عمر
atmosphere of early Earth, 505
الغلاف الجوي للأرض البدائية (المبكرة)
circumference of, 4–5, 5f
محيط
formation of, 17
تكوين
orbit around Sun, 1212, 1212f
تدور حول الشمس
origin of life on, 505–7
نشأة الحياة على
rotation of, 1212–14, 1212–13f
دورة
Earthworm, 630t, 637, 661–63, 663f, 885, 984f, 985
دودة الأرض (حول محورها)
digestive tract of, 964, 964f
القناة الهضمية في
locomotion in, 944, 944f
الحركة في
nephridia of, 1025, 1025f
نفريديا
reproduction in, 1068
التكاثر في
Ear wax, 53
شمع الأذن
Easter lily (*Lilium candidum*), 839f
زنبق عيد الفصح *Lilium candidum*
Eastern gray squirrel (*Sciurus carolinensis*), 508f
السنجاب الرمادي الشرقي *Sciurus carolinensis*
Eastern milk snake (*Lampropeltis triangulum triangulum*), 434f
أفعى الحليب الشرقية *Lampropeltis triangulum triangulum*
Eating disorder, 979
اضطراب ناتج عن تناول الغذاء
Ebola hemorrhagic fever, 365t, 527t
حمى إيبولا النزفية
Ebola virus, 515f, 535, 535f
فيروس إيبولا
Ecdysis, 667
انسلاخ
Ecdysone. *See* Molting hormone
إكدايسون (مسبب الانسلاخ). انظر هرمون الانسلاخ
Ecdysozoan, 518, 629, 629f, 637, 637f, 648–50, 649f, 666
حيوان انسلاخي
ECG. *See* Electrocardiogram
انظر ECG
التخطيط الكهربائي للقلب
Echidna, 706–7, 707f, 1072
آكل النمل
Echinoderm, 630t, 637f, 676–78, 677f
شوكي الجلد
body cavity of, 677
تجويف الجسم
body plan of, 676–78, 677f
خطة الجسم
classes of, 678
طوائف
development in, 676
التطور في
endoskeleton of, 676, 945–46
هيكل داخلي
myzostomid–echinoderm relationship, 628
العلاقة بين ذوات الفم الماص وشوكيات الجلد
nervous system of, 884f
الجهاز العصبي
regeneration in, 677–78
التجديد في
reproduction in, 677–78
التكاثر في
respiration in, 1001f
التنفس في
water-vascular system of, 676, 677f
النظام الوعائي المائي
Echinodermata (phylum), 629f, 630t, 676–78, 677–78f
شوكيات الجلد (قبيلة)
Echinoidea (class), 678, 678f
الشوكيات (طائفة)
Echolocation, 706, 906–7, 960
تحديد الموقع بالصدى
Ecological economics, 1244
علم الاقتصاد الزراعي
Ecological footprint, 1164, 1164f
بصمة القدم البيئية
Ecological isolation, 435, 435f, 435t
العزل البيئي
Ecological processes, interactions among, 1182–83, 1182–83f
العمليات البيئية، التفاعلات بين
Ecological pyramid, 1200–1201, 1201f
الهرم البيئي
inverted, 1200, 1201f
مقلوب
Ecological species concept, 438
مفهوم النوع البيئي
Ecology, 1145
علم البيئة
behavioral, 1130–33
سلوكي
community, 1167–86
مجتمع
of fungi, 614–17, 614–17f
للفطريات
population, 1145–64
جماعة
Economic value, of biodiversity, 1242–44, 1243–44f
القيمة الاقتصادية، للتنوع البيولوجي
Ecosystem, *See also specific types*, 3f, 4, 1190
نظام بيئي، انظر أيضًا أنواعًا خاصة
biogeochemical cycles in, 1190–95, 1190–95f
دورات بيوجيوكيميائية في
climate effects on, 1212–16, 1212–15f
تأثيرات المناخ في
conservation of, 1258, 1258f
المحافظة على
disruption of, 1252, 1253f
تعكر
dynamics of, 1189–1200
ديناميكيات
effect of human activity on, 1227–31
تأثير نشاط الإنسان في
energy flow through, 1196–1201
تدفق الطاقة في
stability of, 1205–7
ثبات
trophic levels in, 1196–99, 1197f, 1201–5, 1202–4f
المستويات الغذائية في
Ecotone, 1169, 1169f
مجتمعين
Ectoderm, 625, 625f, 628, 640, 852, 1088t, 1095–97, 1095t, 1096–97f, 1101f
إكتودرم
1103f, 1107f
Ectomycorrhizae, 616, 616f
الفطريات الجذرية الخارجية
Ectoparasite, 1181, 1181f
طُفيل خارجي
Ectoprocta (phylum), 664
خارجية الشرج (قبيلة)
Ectotherm, 697, 1019–20, 1020f
حيوان خارجي الحرارة
Edema, 976, 993
استسقاء
Edentata (order), 708t
المدرعات (رتبة)
Edge effect, 1248
تأثير الحافة
EEG. *See* Electroencephalogram
انظر التخطيط الكهربائي للدماغ
Eel, 916, 959, 959f
حنكليس
Eel River (California), 1204f
نهر الحنكليس (كاليفورنيا)
Effector, 308, 864f, 865, 891f, 892t
المستجيب
antagonistic, 865–66, 865f
المتعارض
Effector protein, 176–78
بروتين مستجيب
Efferent arteriole, 1031
شُرين صغير صادر
Efferent neuron. *See* Motor neuron
عصبون صادر. انظر العصبون الحركي
EGF. *See* Epidermal growth factor, 1068
انظر عامل النمو البشري
Egg, بيضة (بويضة)
amniotic. *See* Amniotic egg
بيضة رهلية
of bird, 1071, 1071f
للطائر
of dinosaurs, 462, 462f
للديناصورات
fertilization, 1088–92, 1088t, 1089–91f
الإخصاب
incubation by birds, 1071f
الحضانة عن طريق الطيور
of monotremes, 1072, 1072f
وحيدة المسلك
of reptiles, 694–95, 694f, 1071
للزواحف
yolk distribution in, 1092, 1092f
توزيع المحّ في البيضة
Egg activation, 1088–90, 1091
تحفيز
Egg cells, plant, 599, 599f
خلايا بيضة، النبات
Egg coloration, adaptive value of, 1130, 1131f
ألوان البيضة، القيمة التكيفية
Egg-rolling response, in geese, 1116–17, 1116f
استجابة دحرجة البيضة الغريزية، في الإوز
Eggshell, 1071
قشرة البيضة
coloration of, 1130, 1131f
ألوان
effect of DDT on, 1227, 1227f
تأثير د. د. ت في
eggshell removal behavior, 1130
سلوك إزالة قشور البيض
of reptilian egg, 694f
بيضة الزاحف
Egg white, 1071
بياض البيضة
Ejaculation, 1075, 1080
قذف
Ejaculatory duct, 1073f, 1074
قناة قذف
EKG. *See* Electrocardiogram, EKG
انظر التخطيط الكهربائي للقلب
Elapid, 699
أفعى ذات أنياب ثابتة
Elasmobranch, 1027
أسماك غضروفية الخياشيم
Elastin, 856
إلاستين
Elderberry (*Sambucus canadensis*), 724f, 734f
نبات البيلسان (*Sambucus canadensis*)
Eldonia, 632f *Eldonia*
Eldredge, Niles, 447
نيلز إلدرج
Electrical fish, 436, 899, 916
السمكة الكهربائية
Electrical synapse, 878
تشابك كهربائي
Electricity, detection of, 898t, 916
كهرباء، رصد
Electrocardiogram (ECG, EKG), 990f, 991
التخطيط الكهربائي للقلب (EKG, ECG)
Electroencephalogram (EEG), 888
تخطيط كهربائي للدماغ (EEG)
Electromagnetic spectrum, 147–48
طيف كهرومغناطيسي
Electron, 18–19, 18f
إلكترون
in chemical behavior of atoms, 19–20, 20f
السلوك الكيميائي ذرات
energy level of, 20–21, 21–22f
مستوى الطاقة
valence, 21
تكافؤ
Electron acceptor, 121–22
مستقبل الإلكترون
Electronegativity, 24, 24t, 34
السالبية الكهربائية
Electron microscope, 61, 62t
المجهر الإلكتروني
microscopy of plasma membrane, 89f, 88–89
النظر إلى الغشاء الخلوي باستخدام المجهر
scanning, 61, 62t, 88
الماسح
transmission, 61, 62t, 88
النفاذ
Electron orbital, 19–22, 20f
مدار الإلكترون
Electron transport chain, 121f, 122, 123f, 127f, 131
سلسلة نقل الإلكترون
ATP production in, 131–35, 132–34f
إنتاج ATP في البناء الضوئي photosynthetic, 152
production of ATP by chemiosmosis, 132–33
إنتاج ATP عن طريق الأسموزية الكيميائية
Electroreceptor, 436, 916
الاستقبال الكهربائي
Element, 18
عنصر
inert, 21
خامل
in living systems, 21–22
في الأنظمة الحية
periodic table, 21, 22f
الجدول الدوري للعناصر
Elephant, 520, 520f, 705, 705f, 708t, 1021
فيل
Elephant bird (*Aepyornis*), 1239
طائر الفيل (*Aepyornis*)
Elephantiasis, 650
مرض الفيل
Elephant seal, 401–2, 402f, 1000f
الفقمة الفيل
Elevation, climate and, 1215, 1215f
الارتفاع، المناخ و
Elk, 1220, 1257
ألكة
Elm, 751f, 752
الدردار
El Niño, 1225–26, 1226f, 1234
ظاهرة إلنينو
Elongation factor, 294, 295f
عامل الاستطالة
EF-Tu, 294, 295f EF - Tu
Embryogenesis, 380
التكوين الجنيني
Embryonic development, human, 1107–12, 1108–12f
التكوين الجنيني، في

الإنسان
في in plants. 742–48. 742–47f. 839
النباتات
EMBRYONIC FLOWER gene. of
جين الزهرة الجنينية *Arabidopsis* 829. 829f
في نبات رشاد الجدران
Embryonic stem cells. 340. 341f. 372.
خلايا جذعية جنينية 372f. 379–80. 379f
Embryo sac. 599. 599f. 838–
39.838f. 845 كيس الجنين (كيس جنيني)
Embryo transfer. 1084 نقل الجنين
الخصائص Emergent properties. 4. 14
البارزة
Emerging viruses. 534–35 فيروسات
ناشئة
Emerson. R. A.. 233 ر. P. إيميرسون
Emery-Dreifuss muscular dystrophy.
246f Emery-Dreifuss muscular
dystrophy
Emigration. 1158 نزوح
Emotional state. 888 حالة عاطفية
Emphysema. 1010–11 إمفيزيما (انتفاخ
الرئة)
Emulsification. 971 استحلاب
Enamel. 555. 967f مينا
Enantiomer. 35. 35f متضاد ضوئي
Encephalitozoon cuniculi. 355f
Encephalitozoon cuniculi
Endangered species أنواع مهددة بالانقراض
conservation biology. 1256–57 بيولوجيا
المحافظة
preservation of. 1256 -57. 1256 - 57
f حفظ
Endemic species. 1239–42.1240f.
1241t أنواع مستوطنة
Endergonic reaction. 108. 109f تفاعل
مستهلك للطاقة
Endocarp. 750–51f غلاف داخلي
Endochondral development. of bone.
948–49 تكوين غضروفي داخلي للعظم
Endocrine-disrupting chemical. (EDC).
392 المواد الكيميائية المسببة لاضطراب الغدد
الصماء
Endocrine gland. 854. 920.920–21f.
specific glands 922–23t، غدة صماء. انظر
أيضًا غدد متخصصة
Endocrine signaling. 167. 167f الترميز
بالغدد الصماء
Endocrine system. 861. 862f.920–40
جهاز الغدد الصماء
Endocytosis. 100–101. 100f. 102t
إدخال خلوي
receptor-mediated. 100f.101. 102t
عبر المستقبلات
Endoderm. 625. 625f. 628.
640.852. 1088t. 1095–98.1095t.
1096–97f.1101f. 1103f إندودرم
Endodermis. 728–29f. 729.763–64.
764f بشرة داخلية
Endogenous opiate. 881 أفيون منتج داخليًّا
Endolymph. 907. 907f ليمف داخلي
Endomembrane system. 65.70–
74.512 جهاز أغشية داخلية
Endometrium. 1079 بطانة الرحم
Endometrial cancer. 1083 سرطان الرحم
Endometriosis. 925. 1083–84 التهاب
بطانة الرحم
Endonuclease. 266 محطم داخلي
Endoparasite. 1181 طفيل داخلي
Endophyte. 614. 614f فطريات النابت
الداخلي
Endoplasmic reticulum (ER). 68.70–
72. 79t. 82t الشبكة الإندوبلازمية
origin of. 563. 563f أصل
proteins targeted to. 295–96. 296f
البروتينات موجّهة نحو
rough. 70. 70–71f الخشنة
smooth. 70–71. 70f الناعمة
Endorphin. 881 إندورفين
Endoskeleton. . 676. 944. 945–
46.945f. 952f هيكل داخلي
of echinoderms. 676 شوكيات الجلد
of vertebrates. 684–85 لافقاريات
Endosperm. 599f. 600. 742.
742f.748. 748–49f. 753f.
839.844–45. 844–45f إندوسبيرم
Endosperm tissue. 599f. 600 نسيج
الإندوسبرم
Endospore. 548 بوغة داخلية
Endosteum. 949 سمحاق داخلي
Endostyle. 683. 683f رمح داخلي
Endo*Symbiont* theory. 76. 76f.564–
65. 564f نظرية التكافل الداخلي
Endosymbiosis. 76. 512.564–65.
564f تكافل داخلي
secondary. 564 ثانوي
Endothelin. 924 إندوثيلين
Endothelium. 924. 991. 991f إندوثيليوم
Endotherm. 697. 703. 865.987.
992f. 1005.1019–21. 1021f حيوان
داخلي الحرارة
Endotoxin. 1022 سم داخلي (إندوتوكسين)
Endurance training. 958 تمارين التحمل
Energy. 106 الطاقة
flow in living things. 3. 106–7 التدفق في
المخلوقات الحية
flow through ecosystem. 1196–1201
التدفق في النظام البيئي
in food chains. 1198 في سلاسل الغذاء
forms of. 106. 1196 أشكال
harvesting by cells. 159–84 حصاد عن
طريق الخلايا
laws of thermodynamics. 107–8 قوانين
الديناميكا الحرارية
for movement. 954. 955f للحركة
for phloem transport. 770 للنقل في اللحاء
Energy-detecting receptor. 899 مستقبل
يرصد الطاقة
Energy expenditure. 977 إنفاق الطاقة
Energy intake. 1131–32. 1131f تناول
الطاقة
maximizing. 1132 يزيد إلى الحد الأقصى
Energy level. 20–21. 21f مستوى طاقة
engrailed gene. 382f. 385 جين المُسَنَّن
Enhancement effect. 154. 154f التأثير
المحسن
Enhancer. 313–14. 314–15f معزز
Enkephalin. 881 إنكيفالين
Enolase. 126f إينوليز
Enteric bacteria. 545f بكتيريا الأحشاء
Enterogastrone. 975 إنتروجاسترون
(المعدي المعوي)
Enterovirus. 527t فيروس معوي
Enthalpy. 108 محتوى الحرارة
Entoprocta. 629f. 637f داخلية الشرج
Entropy. 107–8. 108f تبدّد الطاقة
(الفوضى أو العشوائية)
Envelope. viral. 524. 524f غلاف، فيروسي
Environment، البيئة
effect on development. 391–92 تأثير في
التكوين الجنيني
effect on gene expression. 230t. 233.
233f. 307–8 تأثير في التعبير الجنيني
endocrine-disrupting chemicals in. 392
مواد كيميائية مسببة لاضطراب الغدد الصماء
individual responses to changes in،
47–1146 استجابات المخلوق للتغيرات في
limitations on population growth.
1156–58 الحدود على نمو الجماعة
Environmental variation، التغيرات البيئية
coping with. 1146–47 التلاؤم مع
evolutionary response to. 1147 استجابة
تطورية
EnviroPig. 346 خنزير بيئي
Enzymatic receptor. 169f. 169t. 170
مستقبل أنزيمي
Enzyme. 43–44. 45t. 111–15 الأنزيم
attached to membranes. 91. 91f مرتبط
بالأغشية
cofactors. 114–15 عوامل مرافقة
computer-generated model 364f نموذج
مُخلّق حاسوبيًّا
defects in gene disorders. 278
الاضطرابات الجينية
electrophoresis of. 397 تهجير كهربائي
genetic variation in. 397 اختلافات وراثية
في
inhibitors and activators of. 114–16.
مثبطات ومنشطات 115–16f
mechanism of action of. 112. 112 - 13
f آلية عمل
multienzyme complex. 112. 113f. 128
معقد متعدد الأنزيمات
pH effect on. 52. 114. 114f تأثير الرقم
الهيدروجيني في
polymorphic. 397 متعدد الأشكال
RNA. 112–13 RNA
temperature effect on. 52. 114.114f.
403. 1018 تأثير الحرارة في
Enzyme-substrate complex. 112.112–
13f معقّد الأنزيم، والمادة الأساس
Eosinophils. 997–98f. 1046. 1047t
خلايا بيضاء حمضية
Ephedra. 589t. 596 *Ephedra*
Ephedrine. 596 إيفيدرين
Ephemeral. 831 Ephemeral
Epicotyl. 754f فوق الفلقات
Epidermal cells. of plants. 722.728f.
729 خلايا البشرة، في النباتات
Epidermal growth factor (EGF). 172.
201. 924 عامل النمو البشري (EGF)
Epidermis بشرة
of animals. 1001f الحيوانات
of plant. 718. 721. 729f. 737 f. 737
f النبات
of skin. 854. 992f. 1040 الجلد
Epididymis. 1073f. 1074 بربخ
Epiglottis. 967. 967f لسان المزمار
Epilimnion. 1222. 1222f طبقة علوية
Epinephrine. 167. 179. 881.
893.921. 923t. 927–28. 936.937f.
1022. 1102 إبينفرين
Epinephrine receptor. 179 مستقبل
إبينفرين
Epiparasite. 616 طفيل فوقي
Epiphyseal growth plate. 948 صفيحة نمو
الكردوس
Epiphyses. 948. 948f كردوس
Epiphyte 517–18. 1179، نبات متطفل
Epistasis. 230t. 233–34. 234f.241.
241f. 412 سيطرة فوقية (سيادة فوق تامة)
Epithelial tissue. 852–54. 855f. 855t
نسيج طلائي
columnar. 854. 855t عمادي
cuboidal. 854. 856t مكعب
keratinized. 854 كيراتيني
regeneration of. 854 تجدّد
simple. 854. 855t بسيط
squamous. 854. 855t حرشفي
stratified. 854. 855t طبقي
Epithelium. 853 غشاء طلائي (طلائية)
Epitope. 1045. 1045f مُحدِّد
See Excitatory postsynaptic EPSP . انظر
الجهد بعد التشابكي المهيج
potential
Epstein-Barr virus. 527t فيروس إيبستاين
- بار
Equatorial countercurrent. 1214f تيار
استوائي معاكس
Equilibrium constant. 109 ثابت الاتزان
Equilibrium model. of island
biogeography. 1208. 1208f نموذج اتزان
الجغرافية الحيوية للجزر
Equilibrium potential. 873. 873t فرق
جهد الاتزان (التوازن)
Equisetum. 591. 591f *Equisetum*
Equus. 423–24. 425f *Equus*
ER. انظر *See* Endoplasmic reticulum ER
الشبكة الإندوبلازمية
Eratosthenes. 4–5. 5f إيراتوسثينز
Erection. 881. 1075 انتصاب
Erythrocytes. . 857t. 858. 997f.999.
999f خلايا الدم الحمراء
facilitated diffusion in. 95 الانتشار المسهل
في
membrane of. 88t غشاء
Erythropoiesis. 999 تكوّن خلايا الدم
الحمراء
Erythropoietin. 201. 939. 999
إريثروبويتين
genetically engineered. 341 مهندس وراثيًّا
Escherichia coli. 545f *Escherichia coli*
إشريشياكولاي
cell division in. 186–87. 186 - 87 f
الانقسام الخلوي في
conjugation map of. 550. 550f خريطة
الاقتران لـ
at high temperature. 1147 درجات حرارة
عالية
lac operon of. 308–10. 308–10f
المنطقة الفعالة *lac*
mutations in. 552 الطفرات في
replication in. 265–69 تضاعف في
Esophagus. 661. 862f. 964–
65f.965. 967–69f. 968. 974f مريء
Essay on the Principle of Population
(Malthus). 9–10 مقالة في مبادئ
المجموعات السكانية (مالثوس)
Essential amino acid. 980 أحماض أمينية
أساسية
Essential mineral. 980 معادن أساسية
Essential nutrient. 979–80. 980t مادة
غذائية أساسية
in plants. 777t في النباتات
EST. *See* Expressed sequence tag EST.
انظر *See* Expressed sequence tag EST
علامات التعاقبات المعبَّر عنها
Estradiol. 822f. 921. 923t.
1075t.1076. 1077f. 1078–
79.1084. 1110–11 إستراديول
Estrogen. 54. 170. 794. 926.
932.938. 1110f إستروجين
Estrogen receptor. 1084 مستقبل
الإستروجين
Estrous cycle. 1072. 1079–80 دورة
الشبق
Estrus. 1072 شَبَق
Estuary. 1223–24. 1230 مصب النهر
Ethanol. 34f إيثانول (كحول إيثيلي)
Ethanol fermentation. 127f. 137.137f.
610–11 تخمر كحولي
Ethics، أخلاقيات

ownership of genomic information, 366
ملكية المعلومات الوراثية
of stem cell research, 379–80 أبحاث
الخلايا الجذعية
value of biodiversity, 1244 قيمة التنوع
الحيوي
Ethylene, 344, 768, 808, 813, 814t, 822–23, 823f إيثيلين
Ethylene receptor, 822 مستقبل الإيثيلين
Etiolation, 803, 803f استطالة في العتمة
Eucalyptus, 616 f, 737 يوكاليبتوس
Euchromatin, 189 كروماتين حقيقي
Eudicot, 496, 597 f, 598, 729 f ذو
فلقتين حقيقي
leaf of, 732, 732f, 736–37 ورقة
Euglena, 568, 568f *Euglena*
Euglenoid, 567–68, 568f نظيرة اليوغلينا
Euglenozoa, , 562f, 567–69, 568f
اليوغلينات
Eukarya (domain), 13, 13f, 482, 508f, 510f, 511–14, 511t, 545f حقيقية النوى
(فوق مملكة)
Eukaryote, 13, 512, 539, 561, 563
حقيقية النواة
cell division in, 542 انقسام الخلية في
cell structure in, 65–78, 79t تركيب
الخلية في
cell wall of, 67f, 79t, 82t الجدار الخلوي في
chromosomes of, 65, 69, 69f, 188–90, 188, 542 كروموسومات في
compartmentalization in, 513, 542
التقسيم إلى حجرات في
cytoskeleton of, 65, 76–78, 77f هيكل
خلوي في
endomembrane system of, 65, 70–74
نظام الأغشية الداخلية
evolution of, 76, 76f, 187, 563–65, 563–65f نشوء
flagella of, 66f, 79t, 80–81, 80–81f, 82t, 542 أسواط
gene expression in, 297, 298t, 304, 312–15, 313–15f التعبير الجيني في
genome of, 355f المحتوى الجيني
gene organization in, 357t تنظيم الجين في
noncoding DNA in, 356–57 DNA غير
المشفر في
key *Chara*cteristics of, 514t الخصائص
الرئيسة
multicellularity in, 513, 514t تعدد
الخلايا في
origin of, 512, 513f نشوء
posttranscriptional control in, 317–21, 317–20f التنظيم بعد النسخ في
prokaryotes versus, 82t, 541–43 بدائية
النواة مقابل
promoters of, 287, 313–14, 314f
محفزات
replication in, 270–72, 270–72f
التضاعف في
ribosomes of, 69, 69f رايبوسومات
sexual reproduction in, 512 التكاثر الجنسي
في
transcriptional control in, 304, 312–16 التحكم في الاستنساخ عند
transcription in, 286–88, 287–88f
الاستنساخ في
translation in, 293–94 الترجمة في
vacuoles of, 82t فجوات
Eumelanin, 234 صبغة يوميلانين (الميلانين
الحقيقي)
Eumetazoa (subkingdom), 626, 629f, 640–44, 641–43f الحيوانات البعدية
الحقيقية
Euparkeria, 697f *Euparkeria*
European starling, 960f الزرزور الأوروبي
Euryarchaeota, 544f Euryarchaeota
Eusocial system, 1140, 1140f نظام
اجتماعي حقيقي
Eustachian tube, 683, 904, 904f أنبوب
إستاكيوس
Eutely, 649 ثبات عدد الخلايا
Eutherian, 520, 520f ثديي حقيقي
Eutrophic lake, 1164, 1222–23, 1227 بحيرة غنية بالمواد الغذائية
Evaporation, 1191 f, 1192 تبخير
Evaporative cooling, 1018, 1019f, 1021 تبريد التبخر
Evening primrose, 810, 840, 847 f, 848 زهرة الربيع المسائية
even-skipped gene 382f جين التخطي
Evergreen forest temperate. *See* Temperate غابة دائمة الخضرة معتدلة. انظر evergreen forest غابة دائمة الخضرة
warm moist, 1216f, 1217 دافئة رطبة
Evergreen plant, 848, 1220 نبات دائم
الخضرة
Evolution, 396, 506f. التطور
See also. Coevolution انظر أيضًا التطور المشترك
of aerobic respiration, 140 التنفس الهوائي
agents of, 400–403, 400–403f عوامل
interactions among, 405–6, 405f
التفاعلات بين
of amphibians, 685، في البرمائيات
of animal body plan, 624–27, 624 – 27 f خطة جسم الحيوان
of animals, 576, 628–29, 629f في
الحيوانات
of bilateral symmetry, 624 تماثل جانبي
ثنائي
of biochemical pathways, 115–16
المسلك الكيميائي الحيوي
of birds, 422–23, 423f, 460, 462, 464f, 685, 700–703, 700f, 702f
في الطيور
of body cavity, 625–26, 625f تجويف
الجسم
of *Brassica*, 492 *Brassica*
of complex *Chara*cters, 462, 464f
الصفات المعقدة
controversial nature of theory of, 429–30 الطبيعة الجدلية للنظرية
convergent, 428, 428f, 455, 462, 495–96, 495f, 498 الالتقائي
cultural, 713 الثقافي
Darwin's theory of, 8–10 نظرية داروين في
of development, 489–500, 626, 627f, 1103 التكوين الجنيني
of diseases, 467–68, 467–68f الأمراض
of endothermy, 987 ذوات الدم الحار
of eukaryotes, 76, 76f, 187, 563–65, 563–65f حقيقية النوى
evidence for, 415–30 أدلة
age of Earth, 11 عصر الكرة الأرضية
anatomical record, 426–27, 426- 27 f السجل التشريحي
biogeographical studies, 429 الدراسات
الجغرافية الحيوية
comparative anatomy, 11, 11f التشريح
المقارن
convergence, 428, 428f الالتقائي
development, 426f التكوين الجنيني
experimental tests, 410–11, 410–11f, 420, 420f الدراسات التجريبية
fossil record 10, 421–26, 422–26f سجل أحفوري (المتحجرات)
homologous structures, 426, 426f
تراكيب متماثلة
imperfect structures, 426–27, 427f
تركيب غير كامل
molecular biology, 11, 11f الأحياء
الجزيئية
vestigial structures, 427, 427f تراكيب
مختزلة
of eye, 412, 412f, 427, 427f, 498–500, 499–500f, 910–11, 911f العين
of eyespot on butterflywings, 495f بقعة
عينية من أجنحة الفراشة
of fish, 685–86, 688, 688f, 690
الأسماك
of flight, 464f, 960 للطيران
of flowers 466–67, 495–97, 496–97f, 836–38, 840 للأزهار
future of, 450, 450f مستقبل الـ
of gas exchange, 1001–2, 1001f تبادل
الغازات
gene flow and, 400, 400f, 405–6, 405f حركة الجين
genetic drift and, 400–402f, 401–2, 405 انجراف وراثي
genetic variation and, , 396–97, 396 – 97 f, 412, 412 f تغيّر وراثي
of genomes 471–86 للمحتوى الجيني
of glycolysis, 125, 140 تحلل جلايكولي
of *homeobox* genes, 386–87 جينات
الصندوق المتجانس
of hominids, 711–13 عائلة الإنسان
of horses, 412, 412f, 423–25, 424–25f الخيول
of humans. *See* Human evolution
البشر، انظر تطور الإنسان
human impact on, 449 تأثير الإنسان في
of immune system, 1049 جهاز المناعة
on islands, 428–29, 441–42, 441f, 712, 713f, 1175 على الجزر
of jaws, 685, 688, 688f الفكوك
of land plants, 516f, 582–83 نباتات
اليابسة
of mammals, 520, 520f, 685, 706, 706t الثدييات
marsupial _placental convergence, 428, 428f الالتقاء التطوري للجرابيات _ المشيميات
of mitosis, 565 الانقسام المتساوي
of mollusks, 655 الرخويات
of multicellularity, 513 تعدد الخلايا
mutation and, 300, 400, 400f, 405
الطفرة و
natural selection and. *See* Natural selection الانتخاب الطبيعي و. انظر الانتخاب
الطبيعي
of nitrogen fixation, 140 تثبيت النيتروجين
of oysters, 423 المحار
of photosynthesis, 136–37, 153, 182
البناء الضوئي
of plants, 387, 516–18, 516–18f, 593, 596–97, 597f للنباتات
of primates, 709–14, 709–14f
للرئيسات
of prosimians, 709 قبل القردة
rate of, 443–48, 443–48f, 458
سرعة الـ
of reproductive isolation, 438–49, 439f العزل التكاثري
of reptiles, 685, 696–98, 696–98f
الزواحف
responses to environmental variation, 1147 الاستجابات للتغيرات البيئية
of segmentation in animals, 518, 519f, 626–27, 627f التقسيم في الحيوانات
of sharks, 689 أسماك القرش
of snakes, 423 الأفاعي
of social behavior, 1140–42 السلوك
الاجتماعي
in spurts, 447–48 على صورة انفجارات
of tissues, 624 الأنسجة
of tobacco, 475f, 478–79, 478f التبغ
use of comparative genomics, 359–60
استخدام علم الجينومات المقارن
of vertebrates, 685–86, 686, 87 f
الفقاريات
of whales, 423, 423f الحيتان
of wheat, 476f القمح
of wings, 494 الأجنحة
Evolutionary age, species richness and, 1207 العمر التطوري، غنى الأنواع و
Evolutionary conservation, 14 المحافظة
(الثبات) التطورية
Excision repair, 274, 274f الإصلاح
الاستئصالي
Excitation–contraction coupling, 956
انقباض العضلة مزدوج الاستثارة – الانقباض
Excitatory postsynaptic potential (EPSP), 880–82, 880–81f, 900–901 جهد بعد تشابكي مهيج (EPSP)
Excretion, by kidney, 1032 الإفراز عن
طريق الكلية
Excretory duct, 649f قناة إخراجية
Excretory organs أعضاء الإخراج
of annelids, 1025f للحلقيات
of insects, 1025–26, 1025f للحشرات
Excretory pore, 649f, 1025f فتحة
إخراجية
Excretory system جهاز الإخراج
of annelids, 661, 661f للحلقيات
of arthropods 668f, 669 للمفصليات
of flatworms, 644, 645f644, 645f
للديدان المسطحة
of mollusks, 656–57 للرخويات
Exercise تمارين
cardiac output and, 995 الناتج القلبي و
effect on metabolic rate, 977 التأثير في
معدل الأيض
muscle metabolism during 958 أيض
العضلات خلال
oxygen requirement for, 1012 احتياجات
الأكسجين
Exergonic reaction, 108–9, 109f تفاعل
مطلق للطاقة
Exhalant siphon, 659, 659f, 984f سيفون
الزفير
Exhalation. *See* Expiration شهيق. انظر
الزفير
Exocarp, 750–51f غلاف خارجي
Exocrine gland, 854, 921 الغدة خارجية
الإفراز
Exocytosis, 100–101, 101f, 102t
إخراج خلوي
Exon, 288–90, 289f, 319, 319f, 356 المشفّرة
Exon shuffling, 290 التعاقب المشفر
Exonuclease, 266, 268 محطم خارجي
Exoskeleton, 40, 40f, 667, 939–40, 944–45, 945f, 952f هيكل خارجي
Experiment, 5f, 6 تجربة
control, 6 ضابطة
test, 6 اختبارية
Expiration, 1007–9, 1009f زفير
Exploitative competition, 1170 تنافس
استغلالي
Extension (joint), 952f مد (المفصل)
Expressed sequence tag (EST), 358
علامات التعاقبات المعبَّر عنها (EST)

Expression vector. 339 حامل التفعيل
Extensor muscles. 952f عضلات باسطة
External digestion. 606 هضم خارجي
External environment, sensing of 899f البيئة الخارجية، الإحساس بـ
External fertilization. 1069–71.1070f. 1088 إخصاب خارجي
External genitalia. 1073f عضوا التناسل الخارجيان
External gills. 985f. 1002 خياشيم خارجية
Exteroreceptor. 898t. 899 مستقبل خارجي
Extinction. 448–49. 449f الانقراض
conservation biology. 1237–58 الحفاظ الحيوي (المحافظة الحيوية)
disruption of ecosystems and. 1252. 1253f توزيع النظام البيئي
due to human activities 449، بسبب أنشطة الإنسان
due to prehistoric humans. 1238–39. 1238f بسبب الإنسان الأول (الإنسان البدائي)
factors responsible for. 1245–55. 1245–55f العوامل المسببة لـ
genetic variation and. 1254 التنوع الوراثي و
habitat loss and. 1245t. 1247 - 49 الموقع (البيئة التي تعيش بها)
in historical time 1239. 1239t في العصور التاريخية
introduced species and. 1245t. 1250 - 52 إدخال نوع و
on island. 1208. 1208f على الجزيرة
of Lake Victoria cichlid fish. 445–46. 1256. 1251–52 سمك البلطي في بحيرة فكتوريا
loss of keystone species. 1252–54 فقدان الأنواع الجوهرية
overexploitation and 1245t. 1249–50 استغلال زائد
over time. 448–49 عبر الزمن
population size and. 1254–55. 1254 - 55 f حجم الجماعة و
in prehistoric time. 1238–39. 1238f أزمان ما قبل التاريخ
Extinction vortex. 1254 دوامة الانقراض
Extracellular compartment. 1023. 1023f جزء خارج خلوي
Extracellular digestion. 640. 641f. 964 هضم خارج الخلايا
Extracellular fluid. 1024 سائل خارج خلوي
ion composition of. 873t. 1024 المكونات الأيونية لـ
Extracellular matrix. 82. 82f.388–90. 390f. 856. 1103 مادة بينية
Extracellular regulated kinase. 175f المفسفر المنظم من خارج الخلايا
Extraembryonic coelom. 1098 سيلوم جنيني إضافي
Extraembryonic membranes. 1097–98. 1098f أغشية جنينية خارجية
Extra-pair copulation. 1136f. 1137 تلقيح خارج الأبوين
Extraterrestrial life. 504. 504f حياة خارج الكرة الأرضية
Extremophile. 512. 541 محب للتطرف (متطرف)
Extrusion. 97. 97f إخراج
Eye. 910–15. 910–15f عين
of cephalopods. 659 رأسية القدم
compound. 668. 668f مركبة
development of. 498–500.499 - 500f. 1107. 1107 f التكوين الجنيني
evolution of. 412. 412f. 427.427f. 498–500. 499–500f.910–11. 911f التطور
focusing of. 912f التبئير
innervation of. 894t التغذية العصبية
of insects. 412. 412f. 498. 498f. 668. 688 f الحشرات
of planarian. 498. 498f البلاناريا
of mollusks. 427. 427f. 498. 498f الرخويات
simple. 668 بسيطة
structure of. 910–11. 910–11f تركيب
of vertebrates. 427. 427f. 498. 498 f. 911 - 12. 911 - 12f اللافقاريات
Eye color لون العيون
in fruit fly. 238–39. 238f في ذبابة الفاكهة
in humans. 230t. 231 في الإنسان
eyeless gene. 498–99. 499f جين لا عين *eyeless*
Eye muscles. 911. 957f عضلات العين
Eye of potato. 735. 846 عين البطاطا
Eyespot بقعة عينية
on butterfly wings. 495f على أجنحة الفراشة
of flatworms. 645. 910. 910f على الديدان المسطحة
of green algae. 584 على الطحالب الخضراء
of planarian. 498. 498f. 500. 500f بلاناريا
regeneration in ribbon worm. 499–500. 500f التجديد في الدودة الشريطية

F

Fabry disease. 246f Fabry disease
Facial recognition. 889 تذكّر الوجوه
Facilitated diffusion. 94–95.94f. 102t انتشار ميسَّر
Facilitation. 1185 تسهيل
Factor VIII. 247t العامل رقم 8
Facultative symbiosis. 614 التعايش الاختياري
FAD. 43. 980t فلافين أدينين ثنائي النيوكليوتيد (FAD)
$FADH_2$, $FADH_2$ contributing electrons to electron transport chain. 132. 132f منح الإلكترونات إلى سلسلة نقل الإلكترون
from Krebs cycle. 129.129–30f. 131. 133–34f من دورة كربس
Falcon. 701t صقر
Falconiformes (order). 701t Falconiformes (رتبة)
Fallopian tube. 863f. 1077–80f.1078–79. 1080.1083. 1083f قناة فالوب
Fall overturn. 1222. 1222f انقلاب خريفي
False dandelion (*Pyrrhopappus carolinianus*). 752f الهندباء الكاذب (*Pyrrhopappus carolinianus*)
Family (taxonomic). 508f. 509 عائلة (تصنيف)
Family planning program 1164 برنامج تخطيط الأسرة
Family resemblance. 220. 220f تشابه عائلي
Fanconi anemia. 342t فقر دم فانكوني
Farsightedness. 912. 912f طول البصر
Fasting. 936. 977 صوم
Fast-twitch muscle fiber. 957–58. 957f ليف عضلي الومضة السريعة
Fat(s). 35t دهن (دهون)
absorption in small intestine. 972 الامتصاص في الأمعاء الدقيقة
caloric content of. 54 محتوى السعرات الحرارية
digestion of. 970–71.975–76. 976t هضم
as energy-storage molecules. 54 بوصفها جزيئات تخزين للطاقة
structure of. 54–55. 54f تركيب
Fat globule. 856f كرية دهنية
Fatty acid(s). 36f. 89. 856 الحمض الدهني (الأحماض دهنية)
absorption in small intestine. 971f. 972 الامتصاص في الأمعاء الدقيقة
catabolism of. 38. 138–39f هدم
polyunsaturated. 54. 54f متعدد غير مشبع
saturated. 54–55. 54f. 90 مشبع
trans-fatty acids. 55 أحماض دهنية من نوع ترانس
unsaturated. 54–55. 54f غير مشبعة
Fatty acid desaturase. 90. 812 أنزيمات مزيلة إشباع الأحماض الدهنية
Fatty acid synthetase. 112 بناء الحمض الدهني
Feather. 464f. 700. 700f. 702f ريش
evolution of. 462. 464f. 702 تطور
Feather star. 678 النجم الريشي
Feces. 965. 972–73 براز
Fecundity. 1152. 1155–56 خصوبة
Feedback inhibition. 116. 116f.135. 930. 931f تثبيط بالتغذية الراجعة
Feeding phase. 578 الطور المتغذي
Female reproduction, hormonal control of. 1075t الجهاز التناسلي الأنثوي (التنظيم الهرموني)
Female reproductive system. 863f.1072. 1076–80. 1077–81f الجهاز التناسلي الأنثوي (جهاز التكاثر الأنثوي)
Femoral nerve 884f عصب فخذي
Femur. 692f. 862f. 945f عظم الفخذ
Fermentation. 127. 137. 137f تخمر
ethanol. 127f. 137. 137f.610–11 إيثانول
Fern. 582f. 583–84. 588. 589t.590–93. 591–93f. 735. 821 سرخس (خنشار)
Ferredoxin. 155. 155–56f فيريدوكسين
Ferritin. 45t الحديد
Fertilization. 206. 206–7f. 370.1069–72. 1078f. 1088–92.1088t. 1089–91f إخصاب
in amphibians. 1070–71. 1070f في البرمائيات
in birds. 1071–72 في الطيور
double. 599f. 600. 839.844–45. 844–45f المزدوج
external. 657. 1069–71.1070f. 1088 الخارجي
in fish. 1069–70. 1070f في الأسماك
internal. 657. 1070–72. 1088 الداخلي
in plants. 599f. 600. 844–45.844–45f في النباتات
in reptiles. 1071. 1071f في الزواحف
Fertilization envelope. 1090 غلاف الإخصاب
Fertilizer سماد
nitrogen. 1193. 1193f النيتروجين
phosphorus. 1194. 1194f الفوسفور
pollution from. 775.1222–23. 1227 التلوث من
variable-rate applicators. 776 متباين المعدل التطبيق
Fetal development, human. 1107–10 التكوين الجنيني في الإنسان
Fever. 1022. 1043 حمى
F_1 generation. *See* First filial generation الجيل F_1. انظر الجيل البنوي الأول
F_2 generation. *See* Second filial generation الجيل F_2. انظر الجيل البنوي الثاني
F_3 generation. *See* Third filial generation الجيل F_3. انظر الجيل البنوي الثالث
Fiber (dietary). 972–73 ألياف (غذائية)
Fiber (sclerenchyma). 724–25 ألياف (نسيج سكلارنشيمي)
Fibrin. 45t. 999–1000. 999f فايبرين
Fibrinogen. 997. 999f. 1000 مولد الفايبرين
Fibroblast(s). 856. 857t. 947f مولدة ألياف
Fibroblast growth factor. 375–76.375–76f. 891. 1100 عامل نموّ الخلايا المولدة للألياف
Fibronectin. 82. 82f. 390. 390f فايبرونكتين
Fibrous joint. 950f مفصل ليفي
Fibrous root system. 731 مجموع جذري ليفي
Fibula. 692f. 945f شظية
Fick's Law of Diffusion. 1000 قانون فِك للانتشار
Fiddlehead. 592. 592f شديدة الالتفاف
Fig. 730–31f تين
Fight or flight" response. 881. 936" استجابتا "الكر أو الفر"
Filament (flower). 598. 598f.836f. 837 خيط (الزهرة)
Filaria. 630t *Filaria*
Filariasis. 650 داء الفيلاريا
File clam. 659 المحار المبرد
Filial imprinting. 1122 انطباع البنوة
Filopodia. 565. 1095. 1095f أقدام خيطية
Filovirus. 365t. 527t. 535. 535f فيروس خيطي
Filter feeder 659. 683. 1103 متغذٍّ بالترشيح (ترشيحي التغذية) (تغذية عن طريق الترشيح)
Filtration. 1025 ترشيح
in kidney. 1030. 1031f في الكلية
Fimbriae. 1079f قمع
Finch, Darwin's 8. 9f حسّون، داروين
beaks of.. 407. 416–17. 416f.438. 1173. 1173f مناقير
Finger, grasping. 709 إصبع، قابض
Fingernail. 863f ظفر
Fin whale. 1250. 1250f حوت الزعنفة
Fir. 589t. 594. 1220 التنوب
Fire blight. 554 اللفحة النارية
Firefly. 1127. 1128f يراعة مضيئة
Fireweed (*Epilobium angustifolium*). 843f *Epilobium angustifolium* عشبة النار
First filial generation. 222–23. 223f. 227–28. 227f الجيل البنوي الأول
First Law of Thermodynamics. 107. 1196 القانون الأول للديناميكا الحرارية
First trimester. 1107–10. 1108–10f الثلث الأول
Fish. 630t. 686–90. 686–90f سمك
aquaculture. 1229–30 الزراعة المائية
armored. 687t مدرع
bony. 689–90. 689–90f. 886f عظمي
cartilaginous. 686f. 688–89. 1027 غضروفي
*Chara*cteristics of 686–90 صفات لـ
chemical defenses of. 1176 الدفاعات الكيميائية
circulation in. 687. 697f. 985. 985f الدورة الدموية في
electrical. 916 كهربائي

evolution of, 685–86, 688, 688f,
690 تطور
extinctions, extinctions, 1239t, 1245t
انقراض
fertilization in, 1069–70, 1070f
الإخصاب في
hearing in, 904 السمع في
heart in, 985, 985f القلب في
jawed, 685–87, 688f ذات الفكوك
jawless, 687, 886f عديمة الفكوك
kidney of
cartilaginous fish, 1027 الأسماك
الغضروفية
freshwater fish, 1026–27, 1027f
أسماك المياه العذبة
marine bony fish, 1027, 1027f أسماك
عظمية بحرية
lateral line system of, 903, 903f نظام
الخط الجانبي
lobe-finned, 686f, 687t, 690, 690f,
692 الأسماك مفصصة الزعانف, 692f
nervous system of, 885f الجهاز العصبي
nitrogenous wastes of, 1029, 1029f
الفضلات النيتروجينية
path to land, 690, 690f المسار نحو اليابسة
prostaglandins in 925 البروستاجلاندينات
ray-finned, 686f, 687t, 690, 690f
الأسماك شعاعية الزعانف
reproduction in, 1070 التكاثر في
respiration in, 985, 1001–3f, 1002–
3 التنفس في
spiny, 687t, 688 شوكية
swimming by 959, 959f السباحة عن طريق
thermoregulation in, 1020, 1020f
التنظيم الحراري في
viviparous, 1070f ولودة
FISH. *See* Fluorescent in situ FISH. انظر
التهجين اللاسع في الموقع
hybridization
Fisheries/commercial fishing, 570,
1203, 1224–25, 1229, 1249–50
الصيد التجاري
Fission, 1068 انشطار
Fitness, 404, 404f, 412, 1131 تلاؤم
Fixed action pattern, 1116–17, 1116f
نمط الفعل الثابت
Flagella, 65 الأسواط
of bacteria, 65, 65f, 548 البكتيريا
of dinoflagellates, 569 السوطيات الثنائية
الدوارة
of eukaryotes, 66f, 79t, 80–81, 80–
81f, 82t, 542 حقيقية النواة
of prokaryotes, 63f, 82t, 542, 542f,
546, 548 بدائية النواة
of protists, 565, 568f الطلائعيات
Flagellar motor, 547f محرك سوطي
Flagellin, 547f, 548 بروتين فلاجلين
Flame cells, 644, 1024–25, 1025f
خلايا لهبية
Flame scallop (*Lima scabra*), 654f
الإسكالوب اللهبي (*Lima scabra*)
Flatworm, 630t, 644–47, 645–47f,
959 دودة مسطّحة
classification of, 645–47 تصنيف الـ
digestive cavity of, 644, 645f التجويف
الهضمي
excretion and osmoregulation in, 644,
645f, 1025, 1025f الإخراج والتنظيم
الإسموزي في
eyespot of, 645, 645f, 910, 910f بقعة
عينية
free-living, 645 حرة المعيشة
nervous system of, 645, 645f, 884
الجهاز العصبي لـ
parasitic, 1181, 1181f طفيلية
reproduction in, 645, 645f التكاثر في
Flavin adenine dinucleotide. *See* FAD
فلافين أدنين ثنائي النيوكليوتيد (FAD)
Flavivirus, 526f, 527t فيروس الحمى
الصفراء
Flavobacteria, 510f Flavobacteria
Flavonoid, 779f فلافونويد
Flavr Savr tomato, 344 (طماطم) بندورة
محتفظة بالنكهة
Flax, 724–25 كتان
Flea 673t, 674 برغوث
Fleming, Walther, 188 والثر فليمنغ
Fleshy fruit, 1149f ثمرة لحمية
Flexion, 952f ثني
Flexor muscles, 952f عضلات قابضة
Flight, 622t, 960, 960f الطيران
evolution of, 464f, 960 تطور
in mammals 705–6, 705f في الثدييات
Flight muscles, 960 عضلات الطيران
Flight skeleton, 700 هيكل الطيران
Flipper, 959 زعنفة
Flocking behavior, in birds, 1140,
1141f سلوك الأسراب، في الطيور
Flooding, plant responses to, 768,
768–69f مغمورة، استجابة النبات
Flor, H. H., 797 هـ. هـ. فلور
Floral determination, 833f, 834 تحديد
زهري
Floral leaf, 737 ورقة زهرية
Floral meristem, 834, 834–35f مرستيم
زهري
Floral meristem identity genes, 834–36
جينات هوية المرستيم الزهري
Floral organ identity genes, 834–36,
835f جينات هوية الأعضاء الزّهريّة
Florigen 832 فلوريجين
Flour beetle (*Tribolium*), 1182
الخنفساء الدقيق
Flower, 590, 718f زهرة
complete, 836, 836f كاملة
evolution 495–97, 496–97f, 836–
38, 840, 1180 تطور
floral specialization, 837, 837f تخصص
زهري
floral symmetry, 495–96, 837–38,
837f تماثل زهري
incomplete, 836 غير كاملة
initiation of flowering, 828–29, 828f
تنشيط الإزهار
morphology of, 598, 598f, 840 شكل
pistillate, 843, 843f أنوثة
production of 830–36, 830–35f إنتاج
autonomous pathway of, 832–34f,
833–34 مسار ذاتي
flowering hormone, 832 هرمون الإزهار
formation of floral meristems and floral
organs, 834–36, 834–36f تكوين
المرستيمات الزهرية والأعضاء الزهرية
gibberellin-dependent pathway, 833
المسار المعتمد على الجبريلين
phase change and, 828–29, 829f تحول
المرحلة
light-dependent pathway, 830–32,
830–31f, 834f المسار المعتمد على الضوء
temperature-dependent pathway of,
832, 834f المسار المعتمد على درجة الحرارة
separation of male and female structures,
843 فصل التراكيب الذكرية عن التراكيب الأنثوية
shape of, 495–96 الشكل
staminate, 843, 843f سداة
structure of, 598–99, 598f, 836–37،
836f تركيب
Flower color, 836, 841 لون الزهرة
in four o'clocks, 230t, 232, 232f, 242
الساعة الرابعة
in garden pea, 222–26, 223f, 225f,
229f بازلاء الحديقة
Flowering hormone, 832 هرمون الإزهار
Flowering plant, 582f, 589t, 596–
600, 596–99f نبات زهري
dichogamous, 843, 843f ثنائية التزاوج
dioecious, 843 ثنائية المسكن
evolution of 466–67 تطور
extinctions, 1239t انقراض
fertilization in, 844–45, 844–45f
الإخصاب في
gamete formation in, 838–39، تكوين
الجاميتات
life cycle of, 598–600, 599f، دورة الحياة
monoecious, 843 أحادية المسكن
pollination in. *See* Pollination التلقيح في.
انظر التلقيح
Fluidity, membrane, 90 حالة الغشاء السائلة
Fluid mosaic model, 86, 86–87f, 89–
90 النموذج الفسيفسائي السائل
Fluke, 645–46, 646f دودة منبسطة
Fluorescence microscopy, 62t مجهر
الوميض (المجهر المُشع)
Fluorescent in situ hybridization
(FISH), 351, 351f التهجين اللامع في
الموقع (FISH)
Fluoxetine, 881 فلوكسيتين
Fly 673t, 674, 909 ذبابة
Fly agaric, 604f أغاريك الذباب
Flying fox, 960f الثعلب الطائر
declining populations of, 1253–54,
1254f تناقص أعداد الجماعات
Flying phalanger, 428f الفلنجر الطائر
Flying squirrel, 428f السنجاب الطائر
FMN, 980t FMN
Folic acid, 980t حمض الفوليك
Foliose lichen, 615f أشن ورقي
Follicle-stimulating hormone (FSH),
922t, 930, 933, 1072, 1075,
1075t, 1076–77f, 1079, 1084 هرمون
منبه (فوليوز) منبه (محفز) للحويصلة (FSH)
Food الغذاء
caloric content of, 977 كمية الطاقة
fortified, 778 مركّز
Food chain, 1196, 1197f, 1201 سلسلة
غذائية
trophic levels within, 1196–99, 1197f
المستويات الغذائية عبر
Food energy, 977–79 طاقة الغذاء
Food intake, regulation of, 978–79
تناول الغذاء، تنظيم
Food poisoning, 545f حالات التسمّم
Food security, 778 الأمن الغذائي
Food spoilage, 613, 618 فساد الطعام
Food storage, in plants, 748, 748f
تخزين الطعام في النباتات
Food storage root, 731 جذر خازن للغذاء
Food supply مصدر الغذاء
population cycles and, 1159–60 دورات
الجماعة
worldwide, 365–66, 365–66f في العالم
Food vacuole, 566, 572, 572f فجوة
غذائية
Foolish seedling disease, 820
الحمقاء
Foot قدم
of birds 703 الطيور
of mollusks, 655f, 656, 959 الرخويات
Footprints, fossil, 711 بصمات رجل، أحفورة
Foraging behavior, 1131–32, 1131f,
1142, 1142f سلوك جمع الغذاء
Foraminifera (phylum), 565, 577,
577f المثقبات (قبيلة)
Forebrain, 885–86, 885f, 885t دماغ
أمامي
human, 886–87f, 887–88, 889f في
الإنسان
Forelimb, of vertebrates, 11f, 426,
426f الطرف الأمامي للفقاريات
Forensic science, 247, 334–35, 334f,
365–66, 468 علم جنائي
Forest ecosystem النظام البيئي للغابة
biogeochemical cycles in, 1194–95,
1195f الدورات البيوجيوكيميائية في
effect of acid precipitation 1228 تأثير
الهطل الحمضي
fork head gene, in *Drosophila*, 1099 جين
رأس الشوكة، في ذبابة الفاكهة
Formed elements, 999 العناصر المشكلة
N-Formylmethionine, 293, 511t فورميل
الميثيونين
fosB gene, 1118–19, 1119f جين *fosB*
Fossil, dating of, 422, 422f, 540–41
الأحفورة، عمر
Fossil fuel, 1190f, 1191, 1228, 1232
وقود أحفوري
Fossil record, 421–26, 422–26f سجل
أحفوري
angiosperms, 596–97, 597f مغطاة
البذور
community, 1169 مجتمع
early eukaryotic 563, 563f حقيقية نوى
بدائية
evidence for evolution, 10, 421–26,
422–26f دليل على التطور
gaps in, 423, 429 فجوات في
history of evolutionary change, 422–
23, 422 f تاريخ التغير التطوري
microfossils, 540, 540f مستحاثات دقيقة
Founder effect, 401 تأثير المؤسس
Four o'clock, 810 الساعة الرابعة
flower color in, 230t, 232, 232f, 242
لون الزهرة في
Fovea, 911f, 912, 915 حفرة
Fox, 1220 ثعلب
FOXP2 gene, 483 جين *FOXP2*
F plasmid, 549–50, 549f بلازميد
الخصوبة F
F′ plasmid, 550 خلية سالبة لحامل الخصوبة
Fragile-X syndrome, 246f, 299, 366
متلازمة x الهش Fragile-X syndrome
Frameshift mutation, 280, 298 طفرة
إزاحة الإطار
Francisella tularensis, 365t *Francisella*
tularensis
Frankia, 558 Frankia
Franklin, Rosalind, 259, 259f روزاليند
فرانكلين
Free energy, 108 طاقة حرة
Freely movable joint, 950f, 951 مفصل
حرّ الحركة
Free nerve ending, 901, 901f نهايات
عصبية حرة
Freeze-fracture microscopy, 88–89,
89f استخدام المجهر بعد عملية التجميد والكسر
Frequency-dependent selection, 406,
406f الانتخاب المعتمد على التكرار
Freshwater habitat, 1220–23, 1221–
22f بيئات المياه العذبة
changes with water depth, 1221–22,
1221–22f التغيرات مع عمق الماء
organic matter in, 1220–22 المادة

العضوية في
oxygen availability in. 1220–22 توافر
الأكسجين في
plant adaptations to. 768–69f تكيفات
النبات
pollution and resource use. 1227–28
التلوث واستهلاك المصادر
Frog (*Rana*). 691. 691t. 693f. 964
ضفدع (*Rana*)
chromosome number in. 188t عدد
الكروموسومات في
declining populations of. 608.618.
618f تراجع أعداد التجمعات
desert adaptations in. 1147 التكيفات مع
الصحراء في
development in. 370f التكوين الجنيني في
fertilization in. 1070–71.1070f.
1091 الإخصاب في
gastrulation in. 1096. 1096f تكوين
الجاسترولا في
hybridization between species 436
التهجين بين الأنواع
locomotion by. 959. 960f الحركة عن
طريق
mating calls of. 1135f. 1136 نداءات
التزاوج
Froglet. 1071f الضفدع الصغير
Frond. 591–93. 592f ورقة ملتفة
Frontal lobe. 886f. 887 فص أمامي
Fructose. 37–39f. 38. 972 فركتوز
Fructose 1.6-bisphosphate. 126f فركتوز
1، 6 ثنائي الفوسفات
Fructose 6-phosphate. 126f. 159 فركتوز
6- فوسفات
Fruit. 590. 598. 724. 750 الثمرة
development of. 748. 750–52.750–
52f تطور الـ
dispersal of. 752. 752f انتشار
environmental adaptations of. 750–51
تحورات بيئية
formation of. 845 تكوّن
kinds of. 750–51f أنواع
ripening of. 822–23. 823f نضج
seedless. 816 دون بذور
Fruit bat. 1185. 1253–54 خفاش آكل
الفواكه (خفاش الفاكهة)
Fruit drop. 818 سقوط الثمار
Fruit fly (*Drosophila*) ذبابة الفاكهة
Drosophila
ADH genes of. 397 جينات *ADH*
behavioral genetics in. 1118 السلوك
الوراثي في
body color in. 244f. 245 لون الجسم
branchless gene in. 1100 جين عدم التفرع في
bristle number in. 420. 420f عدد الأهلاب
في
chromosome number in. 188t عدد
الكروموسومات في
development in. ، 391. 491. 1099–
1100. 1099–1100f التكوين الجنيني في
pattern formation. 380–87. 381–86f
تكوين النمط
eye of. 498–99. 498–99f عين
eye color in. 238–39. 238f لون العين في
fork head gene in. 1099 جين رأس الشوكة
genetic map of. 244–45. 244f الخريطة
الجينية
genome of. 355f. 359. 473t. 480.
484 المحتوى الجيني (الجينوم)
Hawaiian. 439. 444. 444f هاواي
heart development in. 1100. 1100f
التكوين الجنيني للقلب في
heterozygosity in. 397 عدم تماثل الجينات
في
homeotic genes in. ، 5. 385–87.386–
87f الجينات المتجانسة في
Morgan's experiments with. 238–39.
238f تجارب مورغان على
pattern formation in. 380–87.
381–86f تكوين النمط في
forming the axis. 381–85. 383–84f
تكوين المحور
producing the body plan. 382f. 385
إنتاج خطة الجسم
proteasome of. 322f جسيم تحطيم البروتين
salivary gland development in. 1099.
1099f التكوين الجنيني للغدة اللعابية في
segmentation in. 385–87. 386–87f
التقسيم في
selection for negative phototropism in.
409. 409f الانتخاب الموجه للانتحاء الضوئي
السلبي في
sex chromosomes of. 239. 239t
كروموسومات الجنس
sex combs reduced gene in. 1099. 1099f
جين مشط الجنس المختزل في
tinman gene in. 1100. 1100f جين
tinman
transposons in. 482 المناطق القافزة في
wing traits in. 244f. 245 أشكال الجناح في
X chromosome of. 239. 243 كروموسوم x
Fruticose lichen. 615f الأشن الثمري
(فروتيكوز)
FSH. *See* Follicle-stimulating hormone
FSH. انظر هرمونًا منبهًا (محفزًا) للحويصلة
FtsZ protein. 187. 187f بروتين FtsZ
Fumarase. 130f فيوميريز
Fumarate 130f. 131 فيوماريت
Functional genomics. 361–63.362f.
علم الجينومات الوظيفية 483. 497
Functional group. 34. 34f مجموعة وظيفية
Fundamental niche 1170. 1170f عشب
أساسي
Fungal disease. 614 أمراض فطرية
in animals. 618. 618f في الحيوان
in humans. 618 في الإنسان
in plants. 617–18. 790–91.791f.
797f في النباتات
Fungal garden. of leafcutter ants. 617.
617f. 1141–42.1141f. 1179 حديقة
فطرية، النمل قاطع أوراق الشجر
Fungi. Lichen; Mycorrhizae 604–18
فطريات. انظر أيضًا الأشن، الفطريات الجذرية
body of. 605. 605f جسم
carnivorous. 606–7. 606f آكل اللحوم
cell types in. 604 أنواع الخلايا في
cytokinesis in. 196 انقسام السيتوبلازم في
ecology of. 612–17f. 614–17 بيئة
الفطريات
endophytic. 614. 614f النابت داخليًّا
key *Chara*cteristics of 604 الصفات الرئيسة
major groups of 607f. 607t المجموعات
الرئيسة
mating type in. 175 سلوك التزاوج في
mitosis in. 604–6 الانقسام المتساوي في
obtaining nutrients. 604.606–7. 606f
الحصول على الغذاء
phylogeny of. 607–8. 607f. 607t
العلاقات النشوئية
reproduction in. 604.606. 606f
التكاثر في
in rumen. 617 في المجتر
in symbioses. 614–17 في التعايش
Fungi (kingdom). ، 13f. 14.
510.513f. 514t الفطريات (مملكة)
Fur. 704 الفراء
See also Coat color انظر أيضًا لون الفراء
thickness of. 1021. 1146. 1147f سُمْك
Fur seal (*Callorhinus ursinus*).
Callorhinus) 959.1158f فقمة الفراء
ursinus)
Fur trade. 1249 تجارة الفراء
Fusarium. 613. 618 الفيوزاريوم
fushi-tarazu gene. 382f جين *fushi-tarazu*
Fusion protein. 338f. 339 بروتين متحد
(مندمج)

G

GABA. 880 GABA (حمض جاما
أمينوبيوتيريك)
GABA receptor. 880 مستقبل جابا GABA
Galactose. 37f جلاكتوز
Galápagos finch. 8. 9f. 407.416–17.
416–17f. 438.444–45. 444–45f
حسون غالاباغوس
Gallbladder. 894t. 965. 965f.971.
971f. 975–76.975f. 976t المثانة البولية
Galliformes (order). 701t (رتبة)
Galliformes
Gallstone. 971 حصوة
Gametangium. 587. 593–94.609.
609f محفظة جاميتات
Gamete. 205. 206. 206–7f. 1068
جاميت
plant. 583. 583f. 838–39.838–39f
النبات
prevention of fusion of. 435t. 437 منع
اتحاد
Gametic intrafallopian transfer (GIFT).
1084 تقنية نقل الجاميتات داخل أنبوب فالوب
Gametocyte. 570f خلية جاميتية
Gametophyte. 583. 583f. 587.587f.
طور جاميتي 594. 599f. 838–39
Gametophytic self-incompatibil ity.
844. 844f عدم التوافق الذاتي للنبات الجاميتي
Ganglia. 861. 891 عقد عصبية
Ganglion cells. 870f. 913. 913f خلايا
عقدية
Gap genes. 382f. 385 جينات الفجوة
Gap junction. 180t. 182. 859 مفاصل
فجوية
Garden pea (*Pisum sativum*) بازلاء (بازلاء
الحديقة (*Pisum sativum*)
chromosome number in. 188t عدد
الكروموسومات في
flower color in. 222–26. 223f.225f.
229f لون الزهرة في 229–30.
genome of. 478 المحتوى الجيني
Knight's experiments with. 220 تجارب
نايت على
Mendel's experiments with. 220–27.
220–27f تجارب مندل على
choice of garden pea. 221. 221f اختيار
بازلاء الحديقة
experimental design. 221–22 مخطط
تجارب
seed traits in. 222–23f. 227f صفات
البذور في
Garrold. Archibald. 278 أرشيبالد غارود
Gas exchange. 1000–1002 تبادل الغازات
in animals. 1001f في الحيوانات
in aquatic plants. 768. 768–69f في
النباتات المائية
evolution of. 1001–2. 1001f تطور
in leaves. 737 في الأوراق
in lungs. 1008–9. 1008f في الرئات
in single cell organisms. 1001f في
المخلوقات وحيدة الخلية
in tissues. 1008f في الأنسجة
Gastric bypass surgery. 978 تخطي المعدة
جراحيًّا
Gastric gland. 969f غدة معدية
Gastric inhibitory peptide (GIP). 975.
975f. 976t.978–79. 979f الببتيد
المُثبِّط المعدي
Gastric juice. 968–69. 969f.973f.
975 عصارة معدية (GIP)
Gastric pit. 969f نقرة معدية
Gastric ulcer. 969 قرحة معدية
Gastrin. 975. 975f. 976t جاسترين
Gastrocnemius muscle. 862f. 957f
عضلة بطن الساق
Gastrodermis. 640. 640f. 1225 أدمة
معدية
Gastrointestinal tract. *See* العصارة المعدية
المعوية. انظر
Digestive tract القناة الهضمية
Gastropod. 655f. 656 معدي القدم
Gastropoda (class). 658. 658f معدية
القدم (طائفة)
Gastrotricha 629f. 637f هدبية المعدة
Gastrovascular cavity. 640f. 964.964f.
تجويف معدي وعائي (تجويف معوي 984. 984f
وعائي)
Gastrula. 623. 1103f جاسترولا
Gastrulation. 390. 390f.
1088t.1094–98. 1095–98f تكوين
الجاسترولا (التبطّن)
in amphibians. 1096. 1096f في
البرمائيات
in aquatic vertebrates. 1096f في الفقاريات
المائية
in birds. 1096–97. 1097f في الطيور
in humans. 1108 في الإنسان
in mammals. 1097. 1097f في الثدييات
in sea urchins. 1095–96. 1095f في
قنافذ البحر
Gated ion channel. 94. 874 قناة أيونية
مبوبة
GA-TRXN protein. 821f بروتين GA-
TRXN
Gaucher disease. 342t مرض جاوشر
Gause. G. F.. 1171 جاوس
Gavial. 699 الغربال الهندي
G_1 checkpoint. 201 نقطة الضبط G_1
GDP. 894f GDP
Gecko. 699 وزغة (أبو بريص)
Gehring. Walter. 498 والتر غيهرنغ
Gel electrophoresis 327–28. 327f
التهجير الكهربائي عن طريق الهلام
DNA ،of DNA لـ
of enzymes. 397 للأنزيمات
Gene. 12. 13f. 224. 225t الجين
co-option of existing gene for new function.
493–94. 493f انتخاب جين موجود للقيام
بوظيفة جديدة
copy number. 484 عدد نسخ
inactivation of. 480–81. 481f عدم نشاط
migration from endosymbiotic
organelles. 565 الهجرة من عضيات التكافل
الداخلي
nature of. 278–79. 300 طبيعة
one-gene/*one*-polypeptide hypothesis.
279 فرضية جين واحد - عديد ببتيد واحد
pleiotropic effects of. 412 تأثير متعدد
الجينات
in populations. 395–412 في المجموعات
السكانية
protein-coding. 357t تشفير البروتين
segmental duplication. 356. 357t
التضاعفات القطعية
single-copy. 356 فردي النسخة
tandem clusters of. 356 مجاميع ترادفية

Gene disorder. 247–52. 247t اضطراب جيني (مرض جيني)
enzyme deficiency in. 278 نقص أنزيمي في
gene therapy for. *See* Gene therapy، المعالجة الجينية. انظر المعالجة الجينية
genetic counseling in. 251–52 الاستشارة الوراثية في
important disorders. 225t. 247t أمراض مهمة
prenatal diagnosis of. 251–52.251–52f التشخيص قبل الولادة
protein changes in. 247–49.247–48f تغيرات البروتين في
screening for. 366 الكشف عن
Gene duplication. 479–80. 479f.
496–97. 496–97f التضاعف الجيني
Gene expression. 277–300. 297f
التعبير الجيني (التعبير عن الجينات)
Central Dogma. 279. 279f المبدأ الرئيس
chromatin structure and. 315–16. 316f تركيب الكروماتين و
conserved genes expressed in different organisms. 482–83 التعبير عن الجينات المحافظة في الأنواع المختلفة
control of. 14. 303–22 التحكم
in development. 490–91. 1099 في التكوين الجنيني
developmental decisions. 1099 تحديد التكوين الجنيني
environmental effects on. 230t. 233. 233f. 307–8 التأثيرات البيئية في
in eukaryotes. 297. 298t. 304.312–15. 313–15f. 320f في حقيقيات النوى
genetic code. 280–82. 281t الشيفرة الوراثية
light-response genes. 803–4. 804f جينات الاستجابة - للضوء
microarray technology. 361–62. 362f تكنولوجيا الترتيب الدقيق
in polyploids. 479 في تعدد المجموعة الكروموسومية
posttranscriptional control. 317–21. 317–20f التنظيم الذي يتم بعد النسخ
in prokaryotes. . 297. 297t. 304.307–12. 308–12f في بدائيات النوى
proteomics. *See* Proteomics علم البروتيومات. انظر علم البروتيومات
regulatory proteins. 305–7. 305–7f بروتينات التنظيم
tissue-specific. in plants. 728f النسيجي المتخصص، في النباتات
transcriptional control. 304.307–10. 307–10f. 312–15 السيطرة على الاستنساخ
translational control. 321 التحكم في الترجمة
Gene flow. 400. 400f. 405–6. 405f. 450. 714 تدفق الجينات
interactions among evolutionary forces. 405–6. 405f التفاعل بين القوى التطوري
speciation and. 439 التنوع و
Gene-for-gene hypothesis. 797–98. 797–98f فرضية جين بجين
Gene gun. 344 المسدس الجيني
Gene interactions. 412 التفاعل بين الجينات
Gene pool. 434 مستودع جينات
Gene prospecting. 1243 سبر الجينات
Generalized transduction. 550–51 عملية التأبير العامة
General transcription factor. 312–13. 313–15f عوامل الاستنساخ العامة
Generation time. 474.1152. 1152f
زمن الجيل
body size and. 1152. 1152f حجم الجسم و
Generative cell. 594. 599f. 600.838f. 844f خلية مولدة
Gene-related patent. 366 براءة اختراع الجين
Gene therapy. 342–43. 342t المعالجة الجينية
Genetic code. 41–42. 280–82. 281t الشيفرة الوراثية
in chloroplasts. 282 في البلاستيدات الخضراء
in ciliates. 282 في الهُدبيات
deciphering of. 280–81 فك
degeneracy of. 281 تأرجح
in mitochondria. 282 في الميتوكندريا
triplet nature of. 280 الطبيعة الثلاثية
universality of. 281–82 عمومية
Genetic counseling 251–52 استشارة وراثية
Genetic disease. *See* Gene disorder أمراض وراثية، انظر اضطرابًا جينيًّا (مرضًا جينيًّا)
Genetic drift. 400–402f. 401–2. 405. 439–40. 450 انجراف (إزاحة) وراثي
Genetic engineering. 282. 282f.339–40 الهندسة الوراثية
agricultural applications of. 343–46. 343–46f. 365–66 تطبيقات زراعية
bacteria and. 558. 558f البكتيريا و
human proteins produced in bacteria. 340–41 بروتينات الإنسان تنتج في البكتيريا
medical applications of. 340–43. 341–42f. 365 تطبيقات طبية
social issues raised by. 345 قضايا اجتماعية طُرحت عن طريق
Genetic map. 242–47. 350–52 الخريطة الجينية
correlation with physical map. 352–53 العلاقة مع الخريطة الطبيعية
of *Drosophila*. 244–45. 244f ذبابة الفاكهة
of *Escherichia coli*. 550f إشريشيا كولاي
of humans. 246–47. 246f في الإنسان
using recombination to make maps. 244–45. 244–45f استخدام إعادة الاتحاد لعمل خرائط
Genetic mosaic. 241 فسيفسائية الوراثة
Genetic privacy. 366 الخصوصية الجينية (الوراثية)
Genetic recombination. *See* Recombination إعادة الاتحاد الوراثي. انظر إعادة الاتحاد الوراثي
Genetics، علم الوراثة
behavioral. 1117–20. 1118–19f السلوكي
population. 397 المجموعات السكانية
prokaryotic. 548–53. 549–52f البدائيات
reverse. 340 عكسية
Genetic screen. 366 دراسة مسحية وراثية
Genetic template. 1123 قالب وراثي
Genetic variation. 216. 216f. 358 تنوع وراثي
in crop plants. 1242 في نباتات المحاصيل
evolution and. 396–97. 396–97f. 412. 412f تطور و
genes within populations. 395–412 الجينات ضمن المجموعات السكانية
in human genome. 358 في جينوم الإنسان
maintenance of. 406–7. 406–7f الحفاظ على
in nature. 397. 397f في الطبيعة
Gene transfer 549–50 انتقال الجين
horizontal. 481–82. 482f. 511.517–18. 517–18f. 542. 563 أفقي
vertical 481 عمودي
Genistein 793t جنيستين
Genital pore. 649f فتحة تناسلية
Genome. 12 المحتوى الجيني
of chloroplasts. 360–61 للبلاستيدات الخضراء
conserved regions in. 359–60 مناطق محافظة في
downsizing of. 478. 478f انخفاض حجم
eukaryotic. 355f حقيقيات النوى
gene organization in. 357t التنظيم الجيني في
noncoding DNA in. 356–57 غير المشفر في DNA
evolution of. 471–86 تطور
finding genes in. 355–56 العثور على الجينات في
gene swapping evidence in. 482 مقايضة الجينات في
human. *See* Human genome الإنسان، انظر الجينوم البشري
of mitochondria. 361 للميتوكندريا
prokaryotic. 355f بدائيات النوى
rearrangement of. 480. 480f إعادة ترتيب
size and complexity of. 355. 355f. 484 حجم تعقيد ودرجة
of virus. 524. 526 للفيروس
Genome map 350–53. 350–52f خريطة الجينوم
genetic. *See* Genetic map جينية. انظر الخريطة الجينية
physical. *See* Physical map طبيعية. انظر خريطة الطبيعية
Genome sequencing. 353–55.353–54f تعاقب الجينوم
clone-by-clone method. 354. 354f طريقة سلالة إثر سلالة
databases. 355–56 قاعدة البيانات
evolutionary relationships from. 457. 457f العلاقات التطورية من
shotgun method. 354. 354f الطريقة العشوائية
using artificial chromosomes. 353–54 استخدام الكروموسومات الاصطناعية
Genomic imprinting. 250–51. 378 البصمة الوراثية (الدمغة الوراثية)
Genomic library. 330 المكتبة الجينومية
Genomics. 349–66. 360–63f علم الجينومات
agricultural applications of 486 تطبيقات زراعية
applications of. 365–66. 365-66f تطبيقات
behavioral. 366 سلوكي
comparative. 359–60. 360–61f. 471–75. 472–73t. 485–86 مقارن
functional. 361–63. 362f. 483. 497 وظيفي
medical applications of. 485–86 تطبيقات طبية
ownership of genomic information. 366 ملكية المعلومات الوراثية
Genotype. 224 الطراز الجيني
Genotype frequency. 398–99.398f تكرار الطرز الجينية
Genotypic ratio. 224 نسبة الطراز الجيني
Genus. 507 جنس
Geobacter. 558 *Geobacter*
Georges Bank. 1224. 1224f. 1229 منحدر جورجيس
Geographic distribution. variation within species. 434. 434f التوزيع الجغرافي، الاختلافات بين الأنواع
Geographic isolation. 435t.450. 450f العزل الجغرافي
Geography. of speciation. 440–42.441–42f جغرافية التنوع
Geological timescale. 506f جدول الزمن الجيولوجي
Geometric progression. 9–10. 10f متوالية هندسية
Geranium. 732 الخبيزة
Gerbil. 1028 جربوع
Germ cells. 1073–74. 1073f خلايا جرثومية
Germinal center. 994 مركز جرثومي
Germination. of seeds. 390–91.391f. 600. 749. 753–54.753–54f. 803. 812. 824 إنبات، البذور
Germ layer. 625. 625f. 852. 1095 طبقة جرثومية
developmental fates of. 1095t. 1103f مصير في أثناء التكوين الجنيني
formation of. 1095. 1096–97f تكوين
Germ-line cells. 206. 207f. 1087 خلايا الخط الجرثومي
Germ hypothesis. 6–7. 6f فرضية الجراثيم
GH. *See* Growth hormone GH. انظر هرمون النمو
Gharial. 698f غريال
GHIH. *See* Growth hormone GHIH. انظر الهرمون المثبط لهرمون النمو
Ghrelin. 933. 978. 979 غريلين
GHRH. *See* Grouth hormone, releasing hormone GHRH. انظر الهرمون المفرز لهرمون النمو
Giant clam (*Tridacna maxima*). 654f المحار العملاق (*Tridacna maxima*)
Giant ground sloth (*Megatherium*). 706t. 1238. 1238f الكسلان الأرضي الضخم (*Megatherium*)
Giant ragweed 848 الرجيد الضخم
Giant redwood (*Sequoiadendron giganteum*). 848f. 1215f شجرة الخشب الأحمر العملاقة (*Sequoiadendron giganteum*)
Giant squid. 655 الحبار العملاق
Giardia. 566. 567f *Giardia*
Gibberellic acid. 753f. 754 حمض الجبريلين
Gibberellin 768. 791. 813. 814t.820–21. 821f. 833. 834f جبريلين
Gibbon (*Hylobates*). 709. 710f الجابون (*Hylobates*)
Gibbs' free energy. *See* Free energy. انظر طاقة حرة Gibbs
GIFT. *See* Gametic intrafallopian transfer. GIFT. انظر تقنية نقل الجاميتات داخل أنبوب فالوب
Gigantism. 932. 932f. 940 عملقة
Gila monster. 699 وحش الهيليّة
Gill(s). 1002 (خياشيم) (خيشوم)
of bivalves. 659 ثنائية المصراع
external. 1002 خارجي
of fish. 687. 690. 985.1001–3f. 1002–3 السمك
internal. 687 داخلي
of mollusks. 655. 655f. 659f الرخويات
of mushroom. 604f عش الغراب
Gill arch. 688. 688f. 1002. 1003f قوس خيشومي

Gill chamber. 1103 غرفة خيشومية
Gill cover. 690 غطاء الخيشوم
Gill filament. 1002. 1003f خيوط خيشومية
Gill raker. 1003f مشط خيشومي
Gill slits. 683f. 688f. 966 شقوق خيشومية
Gingiva. 967f لثة
Gingko. 589t. 593. 595f. 596. 597f جنكو
Gingko biloba. *See* Maidenhair tree شعر البتول. انظر شجرة شعر البتول *Gingko biloba*
Ginkgophyta (phylum). 589t. 593. 595f. 596 النباتات الجنكيّة (قبيلة)
GIP. *See* Gastric inhibitory peptide.
GIP. 396. 396f. 459f. 705. 708t انظر الببتيد المثبط المعدي
Giraffe (*Giraffa camelopardalis*) زرافة (*Giraffa camelopardalis*)
Girdling of tree 726
Gizzard قانصة
of annelids. 661 في الحلقيات
of birds. 964. 966. 966f في الطيور
of earthworm. 662. 964. 964f في دودة الأرض
GLABROUS3 mutant, in *Arabidopsis*. 723 طفرة في نبات رشاد الجدران *GLABROUS3*
Glaciation. 446–47. 447f امتداد الجليد
Glacier. 1148. 1184. 1184f جليد
effect of global warming on. 1233–34. 1233f أثر الاحتباس الحراري العالمي في
Glacier Bay, Alaska, succession at. 1184. 1184f الخليج المتجمد، ألاسكا، التعاقب في
Gladiolus. 734 جلاديولا
Gland (animal) غدة (الحيوان)
endocrine. 854 الصماء
exocrine. 854 خارجية الإفراز
Gland (plant). 736 غدة (نبات)
Glanville fritillary butterfly. 1151. 1151f فراشة جلانفيل
Glaucoma, juvenile. 226. 226f زَرَق العين اليافع
Gleaning bird. 1179–80. 1179f الطيور جامعة الفضلات
Gleason, H. A.. 1168 Gleason, H. A.
Gliding bacteria. 545f. 546 البكتيريا الانزلاقية
Gliding joint. Gliding joint. 951. 951f مفصل منزلق
Global climate change. 366f. 450. 1169. 1191 التغير العالمي في المناخ
crop production and. 782–84 إنتاج المحاصيل و
prehistoric. 1233 قبل التاريخ
Global warming. 392. 782–83 1191. 1196. 1231–34. 1232–33f احتباس حراري (الدفيئة)
computer models of. 1232 نماذج حاسوب
effect on humans 1234 التأثير في الإنسان
effect on natural ecosystems. 1233. 1233f تأثير في الأنظمة البيئية الطبيعية
evidence for. 1233. 1233f دليل على
geographic variation in. 1231–32. 1231f التنوع الجغرافي في
Globular protein. 86 بروتين كروي
Globulin. 997 جلوبيولين
Glomeromycetes. 604. 604f. 610. 616 الفطريات الغلوميرية
Glomeromycota (phylum). 607f. 607t. 608 الفطريات الغلوميرية (قبيلة)
Glomerular filtrate 1026. 1032–33 الراشح
Glomerulus. 1026. 1026f. 1030–32. 1031f. 1033f كبّة
Glomus. 607t. 608 *Glomus*
Glottis. 967. 967f. 1005–6f. 1006 فتحة المزمار
Glucagon. 167. 923t. 938. 938f. 971f. 976–77. 977f جلوجاكون
Glucocorticoid. 936. 937f ستيرويدات قشرية سكرية
Gluconate metabolism. 412 أيض جلوكونيت
Gluconeogenesis. 936. 977 تكوين (تخليق) الجلوكوز
Glucose الجلوكوز
alpha form of. 38. 38f شكل ألفا لـ
beta form of. 38. 38f شكل بيتا لـ
blood. 937–38. 1032 في الدم
regulation of. 938f. 976–77. 977f تنظيم
catabolism of. 122–24 هدم
homeostasis. 936 اتزان داخلي
metabolism of. 936 عملية أيض
priming of. 124. 125f تحفيز
production in photosynthesis. 144–45. 145f. 147. 157–60. 158f إنتاج في البناء الضوئي
reabsorption in kidney. 1032 الامتصاص في الكلية
structure of. 37–38f. 38 تركيب
urine. 937. 1032 البول
1-phosphate. 159 جلوكوز 1- الفوسفات
6-phosphate. 126f. 977 جلوكوز 6- الفوسفات
Glucose-6-phosphate dehydro-genase deficiency. 246f
Glucose-6-phosphate dehydro-genase deficiency
Glucose repression. 309–10. 310f التثبيط عن طريق الجلوكوز
Glucose transporter. 45t. 95. 99 جلوكوز ناقل (ناقل جلوكوز)
Glutamate. 138. 139f. 880. 901 جلوتاميت
Glutamic acid. 46. 47f حمض جلوتاميت
Glutamine. 47f جلوتامين
Glyceraldehyde 3-phosphate. 124. 126f. 158–59. 158f جليسرألديهايد - 3 فوسفات
Glycerol. 55. 56f. 89 جليسرول
Glycerol kinase deficiency. 246f
Glycerol kinase deficiency
Glycerol phosphate. 34f فوسفات الجليسرول
Glycine. 46. 47f. 880 جلايسين
Glycogen. 35t. 39–40. 39f. 977 جلايكوجين
breakdown of. 179. 179f. 977f تحطيم
liver. 977 الكبد
muscle. 958 العضلة
synthesis of. 977f تكوين
Glycogen synthase. 173. 173f. 179 مخلق الجلايكوجين
Glycogenolysis. 977 تحلُّل الجلايكوجين
Glycogen phosphorylase. 179. 179f مضيف فوسفات جليكوجين
Glycolipid. 72. 87. 87f. 88t. 180 دهون سكرية
Glycolysis. 122–27. 123f. 133f تحلل جلايكولي
ATP production in. 134–35. 134f إنتاج (ATP) في
evolution of. 125 تطور
Glycophorin. 88t جلايكوفورين
Glycoprotein. 70. 72. 87. 87f. 88t. 530 بروتين سكري
Glycoprotein hormone. 921. 922t. 930 هرمون البروتين السكري
Glyoxysome. 73 جلايوكيسوم
Glyphosate. 344. 344f جلايفوسيت
G2/M checkpoint. 198–99. 198–200f نقطة الضبط G2/M
Gnathostomulida. 629f. 637f ذات الفم
Gnathostomulida ذي الفكوك
Gnetophyta (phylum) 589t. 595f. 596. 597f النباتات النيتوية (قبيلة)
Gnetum. 589t. 596 *Gnetum*
GnRH. *See* Gonadotropin releasing hormone GnRH. انظر هرمون منشط الغدد التناسلية
Goat. 705 ماعز
Goblet cells. 854 خلايا كأسية
Goiter. 932. 932f مرض الجويتر
Golden mean. 732 الوسيط الذهبي
Golden rice. 345. 345f. 365 الأرز الذهبي
Goldenrod. 831 عصا الذهب
Golden toad (*Bufo periglenes*). 1245–46. 1245f الضفدع البرتقالي (*Bufo periglenes*)
Golgi, Camillo. 71 كاميلو، جولجي
Golgi apparatus. 71–72. 71f. 79t. 82t جهاز جولجي
Golgi body. 71. 727 أجسام جولجي
Golgi tendon organ. 902 عضو جولجي في الوتر
Gonad, indifferent. 1069. 1069f عضو جنسي، غير متمايز
Gonadotropin. 930 غدة جنسية
Gonadotropin-releasing hormone (GnRH). 930. 931f. 1076. 1076f. 1084 هرمون منشط الغدد التناسلية (GnRH)
Gonorrhea. 555t. 556. 556f السيلان
Gonyaulax. 569f *Gonyaulax*
Goose. 701t. 959 إوزة
egg retrieval behavior in. 1116–17. 1116f سلوك استعادة بيضة في
imprinting in. 1122. 1122f انطباع في
Gooseneck barnacle (*Lepas anatifera*). 672f برنقيل عنق الإوزة (*Lepas anatifera*)
Gorilla (*Gorilla*). 454. 454f. 709–14. 1129 الغوريلا
genome of. 480–81. 480f جينوم الـ
Gould, James 1129 جيمس جولد
Gould, Stephen Jay. 447 Gould, Stephen Jay
Gout. 246f. 1029 نقرس
gp120 glycoprotein. 530. 531f بروتين gp120 سكري
G_0 phase. 191. 201 طور G_0
G_1 phase. 191. 191f طور فجوي أول (G_1)
G_2 phase. 191. 191f طور فجوي ثان (G_2)
G protein. 170. 176–79. 176f. 893–94. 909. 928 بروتين G
heterotrimeric. 176. 176f مختلف القطع الثلاث
G-protein-linked receptor. 92. 169f. 169t. 170. 176–79. 176f. 893–94. 909. 928 مستقبل مرتبط ببروتين G
Graafian follicle. 1077. 1078f حويصلة جراف
Graded potential. 874–75. 875f. 900 جهود متدرجة
Gradualism. 447. 448f التدرج
Graft rejection 378–79. 1051 رفض النسيج الطعم (المنقول)
Grain color, in corn. 230t. 233–34. 234f. 243–44. 243f لون الحبوب، في الذرة
Gram, Hans Christian. 546f هانس كريستيان جرام
Gram-negative bacteria. 64. 546–47. 546–47f بكتيريا- سالبة جرام
Gram-positive bacteria. 64. 510f. 544f. 546- 47. 546- 47 f بكتيريا - موجبة جرام
Gram stain. 546–47. 546–47f صبغة جرام
Grana. 75. 75f. 144f. 145 جرانا
Grant, Peter. 417. 438 بيتر جرانت
Grant, Rosemary. 417. 438 روزماري، جرانت
Granular leukocytes. 999 خلايا دم بيضاء مُحبّبة
Granulosa cells. 1076. 1078f. 1089f خلايا حبيبية
Granzyme. 1041. 1042f. 1050 جرانزيمات
Grape. 735. 735f. 821. 821f العنب
Grasping fingers/toes. 709 أصابع يد وأصابع قدم قابضة
Grass. 735–36. 842. 842f. 845–46. 1219–20 عشب، حشيش
Grasshopper. 239t. 668f. 673f. 673t. 674–75. 945f. 960. 984f. 1197f النطاط
jumping of. 952f قفز
Grasshopper mouse. 428f الفأر النطاط
Grassland, temperate. *See* Temperate grassland. 1219 أراضي الحشائش المعتدلة. انظر أراضي الحشائش المعتدلة
Gravitropism. 806–8. 806–7f تأود أرضي
negative 806f. 807 سلبي
positive. 807 إيجابي
Gravity sensing. 898t الإحساس بالجاذبية
in animals. 906–7f. 907–8 في الحيوانات
in plants. 727 في النباتات
Gray crescent. 1091. 1091f. 1105 الهلال الرمادي
Gray matter. 872. 890. 890–91f مادة رمادية
Gray whale. 1250 الحوت الرمادي
Gray wolf (*Canis lupus*). 1174. 1257 الذئب الرمادي (*Canis lupus*)
Grazing mammals, gleaning birds 1179–80. 1179f الثدييات العاشبة والطيور جامعة الفضلات
Greater horseshoe bat (*Rhinolophus ferrumequinum*). 705f الخفاش حذوة الحصان الأعظم (*Rhinolophus ferrumequinum*)
Great tit (*Parus major*). 1132f. 1155f العصفور الكبير (*Parus major*)
Green algae. 460f. 512. 512–13f. 515–17. 564. 582. 582f. 584–86. 584–85f. الطحالب الخضراء
See also Lichen الأشنات
Greenbriar (*Smilax*). 729f البريار الأخضر (العليق) (*Smilax*)
Green fluorescent protein. 728f بروتين التوهج الأخضر
Greenhouse gas. 1196. 1232. 1232f غاز البيت الزجاجي
Greenling. 1252 أسماك الخضيري
Green manure. 776 السماد الأخضر
Green rod. 691 العصا الخضراء
Green sea turtle (*Chelonia mydas*). 698. 1127 سلحفاة البحر الخضراء (*Chelonia*)

(*mydas*
Green snake (*Liochlorophis vernalis*), 698f
الأفعى الخضراء (*Liochlorophis vernalis*)
Green sulfur bacteria, 541 بكتيريا خضراء كبريتية
Gregarine, 571, 571f جريجارين
Greyhound dog, 421f الكلب السلوقي
Griffith, Frederick, 256, 256f فريدريك جريفيث
Griffith, J 536 جريفيث
GroE chaperonin, 51, 52f شبرونين GroE
Gross primary productivity, 1197 إنتاجية أولية إجمالية
Ground finch, 445 الحسّون الأرضي
large ground finch (*Geospiza magnirostris*), 9f, 416f الحسون الأرضي الضخم (*Geospiza magnirostris*)
medium ground finch (*Geospiza fortis*), 417, 417f, 438, 1173, 1173f الحسون الأرضي المتوسط (*Geospiza fortis*)
small ground finch (*Geospiza fuliginosa*), 438, 1173, 1173f الحسون الأرضي الصغير (*Geospiza fuliginosa*)
Ground meristem, 720, 721f, 727–28, 727f, 743f, 747 مرستيم أساسي (نسيج مولّد أساسي)
Ground squirrel, foraging behavior 1131 سنجاب الأرض، سلوك جمع الغذاء
Ground substance, 856 مادة أساسية
Ground tissue, 718–19, 721, 724–25, 724f, 727–28f, 733f, 744, 747 النسيج الأساسي
Groundwater, 786, 1191f, 1192 مياه جوفية
contaminated, 558 ملوثة
Grouper, 1130f أخفس
Group living, 1128–30, 1128–29f, 1150 عيش الجماعة
Group selection, 1137–38 انتخاب المجموعة
Grouse, 701t طيهوج
Growth, 370 النمو
Allometric, 1111–12, 1112f مختلف الأقيسة
as *Char*acteristic of life, 3, 504 بوصفها خاصية للحياة
in plants، في النباتات
primary, 720, 733f أولي
secondary, 720, 733f ثانوي
Growth factor, 200–201, 201f, 924, 930 عامل النمو
cell cycle and, 200, 201f الدورة الخلوية
*Chara*cteristics of, 200–201 خصائص
Growth factor receptor, 200, 202f مستقبل عامل النمو
Growth hormone (GH), 921, 922t, 930, 932f هرمون النمو
genetically engineered, 341, 341f, 933 المهندس وراثيًّا
Growth hormone–inhibiting hormone (GHIH), 930 الهرمون المثبط لهرمون النمو (GHIH)
Growth hormone–releasing hormone (GHRH), 930 الهرمون المفرز لهرمون النمو (GHRH)
Growth media, 552 وسط غذائي
Gruiformes (order), 701t (رتبة) Gruiformes
G_1/S checkpoint, 198–99, 198–200f نقطة الضبط G_1/S
GTP, 130f, 131, 170, 288, 288f, 293f, 294, 894f GTP جوانوسين ثلاثي الفوسفات
GTP-binding protein. *See* G protein بروتين مرتبط بجوانوسين ثلاثي الفوسفات GIP. انظر بروتين G
Guanine, 41, 258, 258f جوانين
Guano, 1029 جوانو
Guanylyl cyclase, 171 أنزيم محلق جوانيل
Guard cells, 160f, 722, 722f, 737, 737f, 766, 766f, 824f خلايا حارسة
Guinea pig, 979 الخنزير الغيني
Gulf Stream, 1214f تيار الخليج
Gull, 701t, 1131f نورس
Gullet, of ciliates, 572, 572f مريء، الهدبيات
Guppy, 1135 سمكة الزينة الغطساء
selection on color in, 410–11, 410–11f انتخاب على اللون في
Gurdon, John, 376 جون غوردون
Gurken protein, 384, 384f بروتين Gurken
GUS gene, 363f جين *GUS*
Gut, 964 أمعاء
Guttation, 764 إدماع
Gymnophiona. *See* Apoda (order) الديدان العمياء. انظر البرمائيات عديمة الأطراف
Gymnophiona (رتبة)
Gymnosperm, 582f, 593–96, 597 f, 725 f مُعرّى بذور
Gynoecium, 598, 598f, 836f, 837 متاع
Gyre, 1214, 1214f حركة دائرية
Gyrus, 887 تلفيف (التواء)

H

HAART therapy, 532f, 533 المعالجة عالية الفعالية ضد الفيروس الراجع (HAART)
Haberlandt, Gottlieb, 818 جوتليب هابرلاندت
Habitat destruction, 1242, 1244–45, 1247f تدمير البيئة
Habitat fragmentation, 1245, 1248–49, 1248f, 1258 تجزء البيئة
Habitat loss, 1227–29, 1228f, 1233–34, 1238, 1245t, 1247–49, 1247f فقدان البيئة
Habitat restoration, 1256, 1256f استعادة البيئة
cleanup and rehabilitation, 1256 التنظيف وإعادة التأهيل
pristine, 1256 القديم (البدائي)
removal of introduced species, 1256 إزالة الأنواع الدخيلة
Habituation, 882, 1120 تعود
Haemophilus influenzae, 349–50, 349f, 355 *Haemophilus influenzae*
hairy gene, 382f, 385 جين وجود الشعر
Haldane, J. B. S., 1138 ج. ب. س هالدين
Half-life, 19, 422 الزمن النصفي
Halichondrites, 632f *Halichondrites*
Hallucigenia, 632f *Hallucigenia*
Halobacterium, 92f, 510f, 544f *Halobacterium*
Halophile, 512, 513f محبة للملوحة
Halophyte, 769 محبة للملوحة
Halorespiration, 558 تنفس هالوجيني
Haltere, 674 الموازن
Hamilton, William D., 1138 ويليام د. هاميلتون
Hamilton's rule, 1138–39 قاعدة هاملتون
Hamlet bass (*Hypoplectrus*), 1068f سمكة هاملت باس (*Hypoplectrus*)
Hamstring muscles 952f عضلات باطن الركبة (المأبض)
Handicap hypothesis 1135 فرضية الإعاقة
Hansen disease, 555t مرض هانسن (الجذام)
Hantavirus, 535 فيروس هنّتا
Haplodiploidy, 1140, 1140f فردية - زوجية المجموعة الكروموسومية
Haplodiplontic life cycle 583, 583f, 585, 589 دورة حياة أحادية ثنائية الكروموسومات
Haploid (*n*), 190, 206, 206–7f, 224, 622, 1068, 1073, 1091 العدد الفردي (الأعداد الفردية) (أحادية الكروموسومات)
Haplopappus gracilis, 188t *Haplopappus gracilis*
Haplotype, genomic, 358, 359f الجينومات أحادية النوع
Harbor seal, 1252, 1253f فقمة الخليج
Hard palate, 967f سقف الحلق الصلب
Hardy, G. H., 398 جودفري هاردي
Hardy–Weinberg equilibrium، هاردي - واينبرغ
Hardy–Weinberg principle, 398–99 مبدأ هاردي - واينبرغ
Hare, 708t, 973 الأرنب البري
Harlow, Harry, 1122 هاري هارلو
Harris tweed, 615 صوف هاريس
Hashimoto thyroiditis, 1058 مرض هاشيموتو
Haustoria, 731, 791 ماصات
Haversian canal, 948f, 949 قناة هافيرس
Haversian system, 947–48f, 949 نظام هافيرس
Hawaiian *Drosophila* 439, 444, 444 f ذبابة الفاكهة في هاواي
Hawaiian Islands, 752, 1239 جزر هاواي
Hawk, 459f, 701t, 1197f صقر
Hay fever, 1059 حمى القش
H band, 953–54, 953–54f شريط H
HCG. *See* Human chorionic gonadotropin HCG. انظر هرمون منشط للغدد التناسلية الكوريوني البشري
Head الرأس
of vertebrates, 684, 685f الفقاريات
postnatal development in humans, 1111–12, 1112f تطور الجنين في الإنسان بعد الولادة
Health effect, of global warming, 1234 تأثيرات في الصحة للاحتباس الحراري
Hearing 898t, 903–7, 903–7f سَمَع
Heart, 862f, 985 قلب
of amphibians, 691, 985–86, 986f البرمائيات
of birds, 986–87, 987f الطيور
cardiac cycle, 988, 989–90f الدورة القلبية
contraction of, 991 انقباض
development in *Drosophila*, 1100 التكوين الجنيني في ذبابة الفاكهة
electrical excitation in, 989–91, 990f التهيج الكهربائي في
embryonic, 1108 الجنين
of fish, 985, 985f الأسماك
four-chambered, 988–91 رباعي الحجرات
of humans, 989–90, 989–90f الإنسان
innervation of, 894t التغذية العصبية
of insects 668, 668f, 984f, 985 الحشرات
of mammals 986–87, 987f الثدييات
of reptiles, 697, 697f, 985–86 الزواحف
Heart attack, 994, 1000 جلطة قلبية
Heartbeat, 987 نبض القلب
fetal, 1108 الجنين
Heart disease, chlamydia and, 557 أمراض القلب، الكلاميديا و
Heart rate, 996 معدل ضربات القلب
Heart sounds, 988 أصوات القلب
Heat, 106–7, 1196, 1199 الحرارة
sensing by pit vipers, 916, 916f الإحساس عن طريق النقر السامة
Heath hen (Tympanuchus cupido) 1254, 1254f دجاج الطهيوج (Tympanuchus cupido)
Heat-losing center, 1022 مركز فقدان الحرارة
Heat loss, 992, 992f فقدان الحرارة
of vaporization 28 حرارة التبخر
of water, 27t, 28 في الماء
Heat-promoting center, 1022 مركز تحفيز الحرارة
Heat receptor, 898t مستقبل حرارة
Heat sensing, 898t إحساس بالحرارة
Heat shock protein (HSP), 51, 812–13 بروتين الصدمة الحرارية (HSP)
Heat source, 1019 مصدر الحرارة
Heat transfer, 1018–19, 1019f نقل الحرارة
Heavy metal عنصر ثقيل
endocrine-disrupting chemicals, 392 مواد كيميائية مسببة لاضطراب الغدد الصماء
phytoremediation for, 786, 786f المعالجة النباتية للملوثات
tolerance in bent grass, 405, 405f التحمل في الحشيش المنحني
Hedgehog, 704 القنفذ
Height, 230t, 231, 231f طول
Helical virus, 525 فيروس حلزوني
Helicase. *See* DNA helicase محلل الحلزون. انظر محلّل DNA
Helicobacter, 545f Helicobacter
Helicobacter pylori, 555t, 556, 969 Helicobacter pylori
Heliconia imbricata, 841f Heliconia imbricata
Helioconius sara, 792 Helioconius sara
Heliotropism, 810, 810f تتبّع الشمس
Helium, 22f الهيليوم
Helix-turn-helix motif, 50, 51f, 306, 306f, 311 موتيف حلزون - لفة - حلزون
Helpers at the nest, 1137–38 المساعدون في العش
Helper T cells, 530, 1047t, 1049–51, 1049t, 1052f, 1059–60, 1064, 1064f خلايا T مساعدة
Hemagglutinin, 534, 1063 هيماجلوتينين
Hematocrit, 999 هيماتوكريت
Hematopoiesis, 998f, 999, 1046, 1049 إنتاج خلايا الدم (تكوين الدم)
Heme group, 1011, 1012f مجموعة الهيم
Hemichordata (phylum), 629f, 631t نصفية الحبل (قبيلة)
Hemiptera (order) 673t نصفية الأجنحة (رتبة)
Hemlock, 594, 794, 1185, 1220 الشوكران
Hemocyanin, 1012 هيموسيانين
Hemoglobin, 44f, 45t, 50, 53, 247t, 999, 1011–14 هيموجلوبين
affinity for carbon dioxide, 1014f عشقه لثاني أكسيد الكربون
affinity for nitric oxide, 1014 عشقه لأكسيد النيتريك
effect of pH and temperature 1012–13, 1013f تأثير درجة الحموضة والحرارة
evolution of, 11, 11f تطور

structure of. 48. 50. 1012. 1012f
تركيب
Hemoglobin E. 50
هيموجلوبين E
Hemolymph. 984f. 985
ليمف دموي (هيموليمف)
Hemolytic disease of the new- born. 1060
تحلّل الدم عند حديثي الولادة
Hemophilia. 225t. 240–41.
نزف الدم الوراثي 240f.246f. 247t (الناعور)
gene therapy for. 342t
المعالجة الجينية لـ
Royal pedigree. 240–41. 240f
شجرة النسب الملكي
Hemorrhage. 995
نزف الدم
Hemorrhagic fever. 535
الحمى النزفية
Hemp. 726
القنب
Hensen's node. 1106
عقد هِنْسن
Hepadnavirus. 527t
فيروس الكبد الوبائي
Hepaticophyta (phylum). 586
النباتات الكبدية (قبيلة)
Hepatic portal vein. 972. 976
وريد كبدي بابي
Hepatitis B. 527t. 535
التهاب الكبد الوبائي B
Hepatitis virus. 535
فيروس الكبد الوبائي
Herb. 589t. 811
عشب
Herbaceous plant. 847–48
نبات عشبي
Herbal remedies. 794–95
العلاجات العشبية
Herbicide. 817f. 818
مبيد عشبي
Herbicide resistance. in transgenic plants. 344. 344f. 363. 363f
مقاومة المبيدات النباتية، في النباتات المعدلة جينيًّا
Herbivore. 622t. 705. 964
عاشب التغذية أو عاشب، آكل أعشاب
digestive system of. 974f
الجهاز الهضمي
global climate change and. 783
تغير المناخ العالمي و
plant defenses against. 1175–76. 1175f
دفاعات النبات ضد
teeth of. 705. 705f. 966. 966f
أسنان
in trophic cascade. 1193f.1196.
1197–98f. 1199.1202–3. 1204f
في الشلال الغذائي
Heredity *See also* Gene *entries*. 219–34.
وراثة. انظر أيضًا الجينات
as *Chara*cteristic of life. 504
بوصفها خاصية للحياة
mechanism as evidence for evolution 11
آلية بوصفها دليلًا للتطور
Hermaphrodite. 645. 657
خناث
Hermaphroditism. 1068–69. 1068f
تخنث
sequential. 1068
تعاقبي
Hermit hummingbird. 841f
طائر الطنان من النوع الناسك
Heroin. 881
هيروين
Heron. 701t
البلشون (مالك الحزين)
Herpes simplex virus. 515f.526f. 527t
فيروس القوباء
Herring. 1252. 1253f
سمك الرنجة
Hershey–Chase experiment. 257–58. 257f
تجربة هيرشي وتشيس
Heterochromatin. 189. 209
كروماتين متغاير (متباين)
constitutive. 356
التركيبي المتباين
Heterochrony. 491
اختلاف التزامن
Heterocyst. 558
خلية الكيس المختلف
Heterokaryon. 605. 613
فطر متغاير النوى
Heterosporous plant. 589–90. 589t
نبات مختلف الأبواغ
Heterotherm. 1019
حيوان متباين الحرارة
Heterotrimeric G protein. 176. 176f
بروتينات G مختلفة القطع الثلاث
Heterotroph. 120. 553. 604.1196. 1198f
غير ذاتي التغذية، عضوية التغذية
Heterozygosity. 397
عدم تماثل الجينات
Heterozygote. 224. 225t. 398–99
غير متماثلة
Heterozygote advantag 407. 407f
تماثل الجينات
Hexaploid. 476f
سداسي المجموعة الكروموسومية
Hexapoda. 672. 674
سداسية الأرجل
Hexokinase 126f
هيكسوكاينيز
Hexosaminidase A. 247t
هيكسوزأمينيديز أ
Hfr cells. 549 f. 550
خلايا ذات قدرة خلط عالية
Hibernation. 1023
بيات شتوي
High-density lipoprotein (HDL) 995
بروتين دهني ذو كثافة عالية (HDL)
Hill. Robin. 147
روبن هيل
Himalayan rabbit. 233
أرنب هيملايا
Hindbrain. 885. 885 - 86f. 885 t
دماغ خلفي
Hinge joint. 951. 951f
مفصل رزي (ثنائي الاتجاه)
Hippocampus. 885. 885t.888. 889
قرن آمون
Hippopotamus. 520. 520f. 1239
فرس النهر
Hirudinea (class). 662–63. 663f
العلق الطبي (طائفة)
Histamine. 165. 1042. 1043f.1044.
هستامين
Histidine. 1046. 1059. 1059f
هستيدين
Histogram. 231. 231f
المخطط النسيجي
Histone. 68. 189. 189f. 315–16.316f. 514t
هستون
Histone acetylase. 316. 316f
أنزيم مضيف الأستيل (أستيليز) للهستون
HIV. *See* Human immunodefi ciencyvirus HIV. انظر فيروس نقص المناعة المكتسبة الإنساني
HLA. *See* Human leukocyte HLA. انظر مولد ضد خلايا الدم البيضاء في الإنسان
antigen مولد ضد
H.M.S. *Beagle* (Darwin's ship) 1.1f. 8. 9f. 416
السفينة بيجل (سفينة داروين)
HOBBIT gene. in *Arabidopsis*. 746–47. 746f
جين *HOBBIT*، في نبات رشاد الجدران
Holistic concept. of communities. 1168
مبدأ الكلية (أو الشمولية) للجماعات
Holly. 818
نباتاتها
Hollyhock. 831
خطمي
Holoblastic cleavage. 1092–93.1093f
تفلج كامل الانشطار
Holothuroidea (class). 678. 678f
كلية الصفائح (طائفة)
Holt–Oram syndrome. 494
تناذر Holt – Oram
Homeobox. 386
الصندوق المتجانس (الذاتي)
Homeobox genes. 5. 490. 632
جينات الصندوق المتجانس، (الذاتي)
Homeodomain. . 306. 386–87.490. 518
المنطقة المتجانسة
Homeodomain motif. 306. 307f
موتيف المنطقة المتجانسة
Homeodomain protein. 14. 14f
بروتين المنطقة المتجانسة
Homeosis. 491
تأثر مكاني
Homeostasis. 14. 304. 864–66.864–66f. 929f. 1146
الاتزان الداخلي
as *Chara*cteristic of life. 3. 504
بوصفها خاصية للحياة
Homeotherm. 1019
حيوان ثابت (ذاتي) الحرارة
Homeotic genes. 1104
الجينات المتجانسة
in *Drosophila*. 385–87. 386–87f.
في ذبابة الفاكهة 1099
evolution of. 386–87
تطور
in mouse. 386f
في الفأر
Home range. 1132. 1248
نطاق البيت
Homing instinct. 1125
غريزة الوطن
Hominid. 709–11
عائلة الإنسان
compared to apes. 710
مقارنة بالقرود
evolution of. 710–13
تطور
Hominoid. 709–10. 710f
الإنسانيات
Homo erectus. 712
الإنسان القائم Homo erectus
Homo ergaster. 711–12. 712f
Homo ergaster
Homo floresiensis. 712. 713f
إنسان فلورس Homo floresiensis
Homo habilis. 711–12
الإنسان الأول Homo habilis
Homo heidelbergensis 712
إنسان أثيوبيا Homo heidelbergensis
Homo neanderthalensis. 338. 712
إنسان وادي نيندر Homo rudolfensis
Homo rudolfensis. 711–12
Homo rudolfensis
Homo sapiens. 712–13
الإنسان الحكيم Homo sapiens
Homogentisic acid. 278
حمض هوموجينيستك
Homokaryotic hyphae. 605
خيوط مثلية النوى
Homologous chromosomes. 190.190f. 208–9. 208f
كروموسومات متماثلة
Homologous structures. 11. 11f.426. 426f. 461–62. 494. 1076
تراكيب متماثلة
Homologues. 190
متماثلة
Homoplasy. 456–58. 457f.461–62. 463f. 495. 498
تجانس التقويم والشكل
Homoptera (order). 672–73f
متماثلة الأجنحة (رتبة)
Homosporous plant. 588. 589t
متجانسة الأبواغ
Homozygote. 224. 225t
متماثل الجينات
Honeybee (Apis mellifera). 509.913. 1068. 1128.1140–41. 1140f
نحل العسل (Apis mellifera)
dance language of. 1128–29. 1129f
لغة الرقص في
Honeydew. 1180
النمل الندى العسلي
Honeyguide. 701t. 974
دليل المناحل
Honey locust (*Gleditsia triacanthos*) 737
نبات جراد العسل (*Gleditsia triacanthos*)
Honeysuckle (*Lonicera hispidula*). 752f
صريمة الجدي (*hispidula Lonicera*)
Hong Kong flu. 534
إنفلونزا هونج كونج
Hoof. 424. 705. 708t
حافر
Hooke. Robert. 12. 60
روبرت هوك
Hookworm. 630t. 650
دودة خطافية
Hopping. 960f
قفز
Horizontal cells. 913. 913f
خلايا أفقية
Horizontal gene transfer. 481–82. 482f. 511. 517–18.517–18f. 542. 563
انتقال الجينات الأفقي (الانتقال الأفقي للمادة الوراثية)
Hormonal control
التحكم الهرموني (السيطرة الهرمونية)
of digestive tract. 975–76. 975f
في القناة الهضمية
of osmoregulatory functions. 1034–36. 1035–36f
للتنظيم الأسموزي
Hormone 45. 45t. 167. 167f.854. 920f. 922–23t .920
هرمون
cancer and. 940
السرطان و
chemical classes of. 921
طوائف
lipophilic. 921–27. 924–26f
محبة للدهون
plant. *See* Plant hormone
النبات، انظر هرمون النبات
protein. 45t
بروتين
that do not enter cells. 928–29. 928f
التي لا تدخل الخلايا
that enter cells. 925–27. 926f
التي تدخل الخلايا
transport in blood. 997
النقل في الدم
Hormone–receptor complex. 920.926f. 928–29. 928f
معقد الهرمون – المستقبل
Hormone response element. 926
عنصر استجابة الهرمون
Horn (animal). 705. 1134–35
قرن (حيوان)
Horned lizard. 1251
السحلية المقرنة
Hornwort. 460f. 582f.586–87. 587f
حشيشة قرنية
Horse. 520. 520f. 705. 708t. 964
حصان
chromosome number in. 188t
عدد الكروموسومات في
evolution of. 412. 412f.423–25. 424–25f. 1238
تطور
thoroughbred. 412. 412f
سلالة أصلية
Horseshoe crab. 669. 1044
سلطعون
Horsetail. 188t. 589–91. 589t.591f. 720
ذيل الحصان
Host range. of virus. 524
مدى العائل، للفيروس
Host restriction. 326
محدودية العائل
hot mutant. in *Arabidopsis*. 813
hot طفرة في نبات رشاد الجدران
Hotspot. 1240–42. 1241f
موقع ساخن
population growth in. 1241–42. 1241f
نمو جماعة البشر
Hot springs. 136f. 541
ينابيع ساخنة (ينابيع حارة)
Housefly (*Musca domestica*). 674f.
ذبابة المنزل (*Musca domestica*) 1157
pesticide resistance in. 403. 403f
مقاومة مبيدات الآفات في
Hox genes. 386–87. 490–91.518–19. 519f. 632. 1104
جينات *Hox* (جينات الصندوق الذاتي)
HSP. *See* Heat shock protein HSP. انظر الصدمة الحرارية
5-HT serotonin receptor. 319–20
مستقبل سيروتونين 5- HT
Hubbard Brook Experimental Forest. 1194–95. 1195f. 1229
غابة هبارد بروك التجريبية
Human. 708t
الإنسان
birth weight in. 409. 409f
الوزن عند الولادة
cleavage in. 1107
التفلج في
development in. 1107–12. 1108–12f
التكوين الجنيني في
effect of global warming 1234
تأثير الاحتباس الحراري
effect on biosphere. 1227–31
تأثير في الغلاف الجوي
environmental problems 1227–31
مشكلات بيئية
caused by. 1203. 1247–49
تسبب عن طريق
essential nutrients for. 979–80. 980t
مغذيات أساسية لـ

extinctions due to عمليات الانقراض تعود إلى
in historical time. 1239. 1239t في
العصور التاريخية الراهنة
in prehistoric times. 1238. 1238f في
أزمان ما قبل التاريخ
forebrain of. 886–87f. 887–88. 889f
الدماغ الأمامي
gastrulation in. 1108 عملية تكوين
الجاسترولا في
gene disorders in. *See* Gene disorder،
مرض (اضطراب) وراثي. انظر مرضًا (اضطرابًا)
وراثيًا
genetic map of. 246–47. 246f الخريطة
الجينية
migration from Africa. 712 الهجرة من
إفريقيا
milk of. 704 حليب
species introductions. 1245t. 1250–
52 إدخال الأنواع
survivorship curve for. 1153. 1153f
منحنى البقائية لـ
teeth of. 966. 967f أسنان
Human artificial chromosome. 354
كروموسوم الإنسان الاصطناعي
Human chorionic gonadotropin (hCG).
1061–62. 1062f. 1079. 1108.
1110. 1110f هرمون منشط الغدد التناسلية
الكوريوني البشري (hcG)
Human chromosomes. 188–90
188f. 188t. 190f. 239–40. 270f
كروموسومات الإنسان
alterations in chromosome number.
249–50. 249–50f تغيرات في عدد
الكروموسومات
chromosome number. 188t عدد
الكروموسومات
karyotype. 190f النمط النووي
sex chromosomes. 239–41.239t.
246f الكروموسومات الجنسية
Human disease أمراض الإنسان
bacterial. 552. 554–57.554f. 555t
بكتيرية
effect of global warming on 1234 تأثير
الاحتباس الحراري في
fungal. 618 فطرية
nematodes. 649f. 650 الديدان الخيطية
viral. 534–35 فيروسي
Human evolution. 401. 454–
55.454f. 709–14. 709–14f تطور
الإنسان
future of. 450 مستقبل
human races. 714. 714f السلالات البشرية
Human Gene Mutation Database. 248
قاعدة بيانات الطفرات لجين الإنسان
Human genetics. *See* Gene disorder،
الوراثة البشرية. انظر مرضًا (اضطرابًا وراثيًا)
Human genome. 355f. 359. 480f جينوم
الإنسان (المحتوى الجيني للإنسان)
comparative genomics. 472–74. 472t
علم المحتوى الجيني المقارن
genetic privacy. 366 الخصوصية الوراثية
noncoding DNA in. 356–57 غير المشفر
في
segmental duplication in. 479f تضاعف
القطع في
single nucleotide polymorphisms
in. 246–47. 358. 359f تعدد أشكال
النيوكليوتيد الواحد في
transposable elements in. 482 مناطق
قافزة في
Human Genome Project. 252. 354–
56 مشروع جينوم الإنسان
Human immunodeficiency virus (HIV)،
515f. 526. 526f. 527t. 529–33.
1064. 1064f فيروس نقص المناعة المكتسبة
الإنساني (HIV)
effect on immune system. 530 تأثير الجهاز
المناعي
evolution of. 467–68. 468f تطور
during infection. 531–32 خلال الإصابة
infection cycle of. 530–31. 531f.
1064 دورة الإصابة
latency period in humans. 530. 1064
فترة الكمون في الإنسان
testing for presence of. 530 الكشف عن
وجود
tracking evolution of AIDS among
individuals. 468. 468f تتبع تطور مرض
الإيدز بين الأفراد
transmission of. 530 انتشار
treatment of. 532–33. 532f معالجة
blocking or disabling receptors. 532f.
533 إقفال أو تعطيل المستقبلات
chemokines and CAF. 532f. 533
المحركات الكيميائية وعامل CAF
combination therapy. 532–33 المعالجة
المركبة
HAART therapy. 533 المعالجة عالية
الفعالية ضد الفيروس الراجع HAART
vaccine therapy. 532f. 533 المعالجة
بالمطاعيم
and tuberculosis. 554–55 السل الرئوي و
Human leukocyte antigen (HLA).
1049 مولد ضد خلايا الدم البيضاء في الإنسان
(HLA)
Human population (HLA)، جماعة الإنسان
(جماعة البشر)
in developing and developed countries.
1163. 1163f. 1163 t في الدول النامية
والدول المتطورة
growth of. 1161–64. 1161–64f نمو
decline in growth rate. 1164 التناقص في
معدل النمو
exponential. 1161–62. 1161f أُسي
future situation. 1163–64 الوضع
المستقبلي
in hotspots. 1241–42. 1241f في المواقع
الساخنة
population pyramids. 1162–63.
1162f أهرام الجماعة
Human remains، identification of.
365–66 تعرف بقايا الإنسان
Humboldt Current. 1214f تيار همبولدت
Humerus. 692f. 945f. 948f عضد
Humidity، effect on transpiration. 767
الرطوبة، التأثير في عملية النتح
Hummingbird. 701t. 840–41. 841f.
1022. 1132. 1132f الطائر الطنان
Humoral immune response. 1046
استجابة المناعة السائلة
Humoral immunity. 1046 مناعة سائلة
Humpback whale. 1250. 1250f الحوت
الأحدب
Humus. 774 دبال
hunchback gene. 382–83f. 383. 385
جين الحدباء
Hunchback protein 383–84. 383f
بروتين الحدباء
Hunger. 888 جوع
Hunter syndrome. 246f. 342t مرض هنتر
Hunting. 1238. 1249 صيد
Huntington disease. 225t. 247t. 298
مرض هنتنجتون
Hurricane. 1234 إعصار
Hurricane Katrina 1230 إعصار كاترينا
Hyalin. 1090 مادة زجاجية (هيالين)
Hybrid inviability. 435t عدم حيوية الهجين
Hybridization (between species). 220.
435f. 434–38 تهجين، تزاوج (بين الأنواع)
Hybridization (nucleic acid). 331.
331–32f تهجين (الحمض النووي)
Hybridoma. 1061. 1061f ورم هجين
Hybrid sterility. 435t عقم الهجين
Hydra. 630t. 641f. 642. 964f.984.
984f. 1153f. 1154 هيدرا
Hydration shell. 28. 28f. 95. 95f غلاف
مائي
Hydrocarbon. 34 هيدروكربون
in ancient rocks. 541 في الصخور القديمة
Hydrochloric acid، gastric. 968–69.
975. 975f. 976t حمض الهيدروكلوريك،
المعدة
Hydrocortisone. *See* Cortisol،
هيدروكورتيزون. انظر كورتيزول
Hydrogen. 23–24. 24f هيدروجين
in plants. 776. 777t في النباتات
Hydrogenated oils. 55 زيوت مهدرجة
Hydrogen bond. 23t. 26 رابطة هيدروجينية
in DNA. 261. 261f في DNA
in proteins. 48. 48f في البروتينات
in water. 26. 26–27f في الماء
Hydrogen ion. 29–30 أيون الهيدروجين
excretion into urine. 1034. 1034f
الإفراز إلى البول
Hydrogen peroxide. 73. 73f. 798 فوق
أكسيد الهيدروجين
Hydrogen sulfide. 136. 140. 147.
553. 1226f كبريتيد الهيدروجين
Hydroid. 640. 642. 642f الهدريات
Hydrolysis 35. 37. 37f تحلل مائي
Hydrophilic molecule. 29 جزيئة محبة للماء
Hydrophobic exclusion. 29.48f. 49
إقصاء كاره للماء
Hydrophobic interaction. 23t تفاعل كاره
للماء
Hydrophobic molecule. 29 جزيئة كارهة
للماء
Hydroponic culture. 776–77.
777–78f ثقافة مائية
Hydrostatic pressure. 96. 96f ضغط
هيدروستاتيكي
Hydrostatic skeleton 661.944. 944f
هيكل هيدروستاتيكي
Hydrothermal vent. 662. 662f شق ماء
سخن
Hydroxide ion. 29 أيون هيدروكسيد
Hydroxyapatite. 946. 949 هيدروكسي
أباتيت
Hydroxyl group. 34. 34f مجموعة
هيدروكسيل
Hydrozoa (class). 642. 642f الحيوانات
الهدرية (طائفة)
Hymen. 1080 غشاء البكارة
Hymenoptera (order) 673t غشائية
الأجنحة (رتبة)
social systems in. 1140–42.1140–
41f النظام الاجتماعي في
Hyoseris longiloba. 839f *Hyoseris longiloba*
Hyperaccumulating plant. 786 نبات ذو
قدرة عالية على التراكم والتجميع
Hypercholesterolemia 101.
225t.247t. 342t فرط الكوليسترول في الدم
Hyperosmotic solution. 96. 96f محلول
عالي التركيز
Hyperpolarization. 874–75 زيادة
الاستقطاب
Hypersensitive response in، تحفيز
الاستجابة مُفرطة الحساسية
plants. 797–98f. 798. 822 النباتات
Hypersensitivity الحساسية المفرطة
delayed. 1059–60 المتأخرة
immediate. 1058–59 المفرطة
Hypertension 989. 992 ارتفاع ضغط الدَّم
Hyperthyroidism. 934. 940 إفراط في
إفراز الدرقية
Hypertonic solution. 96.96f. 1024
محلول عالي التركيز بالمواد المذابة (محلول ذو
تركيز عال من المذاب)
Hypertrophy. 958 تضخم العضلة
Hyperventilation. 1008–9 زيادة التهوية
Hyphae. 604. 604f. 605.605f. 791f
خيوط فطرية
Hypocotyl. 743–44f. 754f تحت الفلقات
Hypogonadotropic hypogonadism 1084
قصور الغدد التناسلية الناتجة عن نقص الهرمون
المفرز للهرمون المنشط للغدد التناسلية
Hypolimnion. 1222. 1222f طبقة سفلية
Hypomagnesemia. 246f نقص فوسفات الدم
Hypoosmotic solution. 96. 96f محلول
منخفض التركيز
Hypophosphatemia. 246f
Hypophosphatemia
Hypophysectomy. 932 قطع النخامية
Hypophysis. 928 نمو سفلي
Hyposensitization التحسس
treatment. 1059 معالجة
Hypothalamohypophyseal portal system.
930. 931f النظام تحت المهادي النخامي
البابي
Hypothalamus. 862f. 865. 865f.885f.
885t. 886. 888. 901.921f. 922t.
928. 929f. 934f. 979f. 1035 تحت
المهاد
control of anterior pituitary by. 930.
931f السيطرة على النخامية الأمامية عن طريق
in thermoregulation. 1022–23. 1022f
في التنظيم الحراري
tissue–specific alternative splicing. 319.
319f الوصل البديل المحدد بالنسيج
Hypothesis. 5–6. 5f فرضية
Hypothyroidism. 934–35 نقص إفراز
الدرقية
Hypotonic solution. 96. 96f. 1024
محلول منخفض التركيز بالمواد المذابة (محلول
ذو تركيز قليل من المذاب)
Hypoventilation. 1008 نقص التهوية
Hyracotherium. 424–25. 424f
Hyracotherium

I

IAA. *See* Indoleacetic acid IAA. انظر إندول
حمض الخليك
IBA. *See* Indolebutyric acid IBA. انظر
إندول حمض بيوتايريك
I band. 953–54. 953–54f شريط
(حزمة I)
Ibis. 701t لقلق
Ibuprofen. 925 أيبوبروفين
ICAM–1. 530 البروتين الغشائي ICAM–1
Ice. 25f. 27t جليد
Ice Age. 1169. 1233. 1238 عصر
جليدي
Ichthyosauria (order). 695t الزواحف
الطيور (رتبة)
Ichthyosis. 246f Ichthyosis
Ichthyostega. 692. 693f متحجرة إكثيوستيجا
Icosahedron. 525. 525f فيروس عشريني
الأوجه
ICSI. *See* Intracytoplasmic sperm
injection. ICSI. انظر تطعيم مجهري للبيضة
بالحيوانات المنوية

البنوة filial. 1122
جنسي sexual. 1122–23
Inchworm caterpillar (*Necophora quernaria*) يرقة دودة الإنش (*Necophora quernaria*) 1177f
Incisor. 705. 705f. 966. 966f قاطع
Incomplete dominance. 230t. 232. السيادة غير الكاملة 232f
Incomplete flower. زهرة غير كاملة 836
Incontinentia pigmenti. 246f
Incontinentia pigmenti سندان Incus. 904. 904f
Independent assortment. 211. 216. التوزيع الحر (التوزيع المستقل) 216f. 227–28. 227f
Indeterminate development. 626. 627f تكوين جنيني غير محدد
Indian pipe (*Hypopitys uniflora*). 781. 781f نبات المزمار الهندي (*Hypopitys uniflora*)
Indifferent gonad. 1069. 1069f أعضاء جنسية غير متمايزة
Indigo bunting. 703f الدرس النيلي
migratory behavior in. 1126 سلوك الهجرة في
Indirect effect. 932. 1182. 1183f تأثير غير مباشر
Individualistic concept. of communities. 1168 مبدأ الاستقلالية للجماعات
Indoleacetic acid (IAA). 816–17. 817f إندول حمض الخليك
Indolebutyric acid (IBA) 818 إندول حمض بيوتايريك
Indomethacin. 925 إندوميثاسين
Induced fit. 112. 112f تلاؤم مستحدث
Induced ovulator. 1072 تحفيزية الإباضة
Inducer exclusion. 310 إقصاء المحفز
Induction (development). 375–76. 375f. 1099. 1107f حث أو تحفيز (تكوين جنيني)
primary. 1107 أولي
secondary. 1107 ثانوي
Induction of phage. 528. 528f حث الفيروس البكتيري
Induction of protein. 308 حث أو تحفيز البروتين
Inductive reasoning. 5 التعليل الاستقرائي
Industrialized countries. *See* Developed countries، الدول الصناعية. انظر الدول المتطورة
Industrial melanism. 418–19. 418–19f الاصطباغ الصناعي بالميلانين
in peppered moth. 418–19. 418–19f في العث المفلفل
Industrial pollution. 1227 التلوث الصناعي
Industrial Revolution 1161f الثورة الصناعية
Inert element. 21 عنصر خامل
Infant. growth of. 1111–12 نمو المولود
Infant social attachment. 1122 ارتباط اجتماعي للمولود
Infection thread. 779f خيط الإصابة
Inferior vena cava. 987f. 989 وريد أجوف سفلي
Infertility. 1081. 1083 عقم
female. 1083–84 الأنثى
male. 1084 الذكر
treatment of. 1084 العلاج
Inflammatory bowel disease. 1046 مرض الأمعاء الالتهابي
Inflammatory response. 925. 1042–43. 1043f. 1058 استجابة مناعية التهابية
Influenza. 527t. 534 إنفلونزا
bird flu. 534. 1063 إنفلونزا الطيور
Influenza virus. 515f. 524f. 526f. 527t. 534 فيروس الإنفلونزا
antigen shifting in. 1063 تغيّر (تحول) مولد الضد في
H subtypes. 534 تحت نوع H
H5N1 strain. 534. 1063 سلالة H5N1
N subtypes. 534 تحت نوع N
origin of new strains. 534 أصل السلالات الجديدة
recombination in. 534 خلط في
types and subtypes of. 534 نوع وتحت النوع
Infrared radiation. sensing of. 916. 916f رصد (الإحساس) الأشعة تحت الحمراء
Ingen-Housz, Jan. 146 إنجن- هاوس
Ingression. 1095 دخول
Inguinal canal. 1073–74 القناة الأربية
Inhalant siphon 659. 659f. 984f سيفون الشهيق
Inhalation. *See* Inspiration شهيق، انظر الزفير
In heat.” 1072” وضع التهيج الجنسي
Inheritance وراثة
of acquired *Chara*cteristics. 396. 396f الصفات المكتسبة
blending. 398 المزيج
patterns of. 219–34 أنماط
Inhibin. 1076. 1076f تثبيط
Inhibiting hormone. 930 هرمون مثبط الإفراز
Inhibitor. 114 مثبط
allosteric. 114 الموقع المغاير
competitive. 114. 115f تنافسي
noncompetitive. 114. 115f غير تنافسي
Inhibitory postsynaptic potential (IPSP). 880–81. 880–82f. 892 جهد بعد تشابكي مثبط
Initiation complex. 283. 287–88. 287f. 293–94. 293f. 313. 313f معقد استهلال
Initiation factor 283. 293. 293f عامل استهلال
Injectable contraceptive. 1082t حقن مادة مانعة للحمل
Innate behavior. 1116–17. 1116–17f السلوك فطري أو غريزي
Innate releasing mechanism 1116 آلية إطلاق الغريزة
Inner cell mass. . 372f. 1094. 1094f. 1108 كتلة الخلايا الداخلية
Inner ear. 904. 904f. 907–8 أذن داخلية
Inner membrane غشاء داخلي
of chloroplasts. 74f. 144f للبلاستيدات الخضراء
of mitochondria. 74f للميتوكندريا
Inonotus tomentosus. 605f *Inonotus tomentosus*.
Inositol triphosphate (IP_3). 177–78. 177–78f إينوسايتول ثلاثي الفوسفات (IP_3)
Inositol triphosphate (IP_3)/calcium second-messenger system. 177–78. 177–78f إينوسايتول ثلاثي الفوسفات/ نظام أيونات الكالسيوم بوصفه رسولًا ثانيًا
Insect. 666t. 672–75. 672–75f. 673t حشرة
chromosome number in. 188t عدد الكروموسومات في
cleavage in. 1092 التفلّج
coevolution of insects and plants. 792. 840 التطور المشترك للحشرات والنباتات
digestive system of 674–75 الجهاز الهضمي
diversity among 672–73f التنوع بين
excretory organs in. 1025–26. 1025f الأعضاء الخارجية في
exoskeleton of. 945. 945f الهيكل الخارجي
external features of. 674. 674f الصفات الخارجية
eyes of. 412. 412f. 498. 498f. 668. 668f. 911f عيون
heart of. 985 قلب
internal organization of. 674–75 التنظيم الداخلي
locomotion in. 959–60 الحركة في
metamorphosis in. 380. 675. 939–40. 940f التحول في
molting in. 939–40. 939–40f. 945 الانسلاخ في
nitrogenous wastes of. 1029f الفضلات النيتروجينية
orders of. 673t رتب
pheromones of. 675 فرومونات
pollination by. 840. 840–41f. 1171 التلقيح عن طريق
respiration in. 1001f. 1004 التنفس في
selection for pesticide resistance in. 403. 403f الانتخاب لمقاومة مبيدات الآفات
sense receptors of. 675 المستقبلات الحسية
sex chromosomes of. 239. 239t الكروموسومات الجنسية
social. 1128. 1129f. 1140. 1140f اجتماعي
thermoregulation in. 1019–20. 1020f التنظيم الحراري في
wings of. 495. 495f. 667. 674. 675f. 960 الأجنحة لـ
Insectivora (order). 708t آكلة الحشرات (رتبة)
Insectivore, digestive system 974f آكل الحشرات، الجهاز الهضمي
Insectivorous leaf. 738 ورقة نبات آكل الحشرات
Insect sting. 1059 سموم الحشرات
Insertional inactivation 328 التعطيل الإدخالي
Insertion of muscle. 952 مرتكز العضلة
Insertion sequence (IS). 549f. 550 تسلسل الإدخال
In situ hybridization. 351 التهجين في الموقع
Inspiration. 1007–9. 1009f شهيق
Instinct, learning and. 1121. 1121f. 1123. 1123f الغريزة (الفطرة)، التعلم و
Insulating substances. 1019. 1021 مواد عازلة
Insulin. 44f. 45t. 173. 173f. 921. 923t. 927. 937. 938f. 971f. 976–79. 977f. 979f الأنسولين
genetically engineered 938 مهندس وراثيًّا
Insulin-like growth factor. 924. 933 عامل نمو شبيه أنسولين
Insulin receptor. 173. 173f مستقبل أنسولين
Insulin response protein. 173 بروتين استجابة أنسولين
Integral membrane protein. 87. 87f. 92 بروتين غشائي مكمّل
Integrated nutrient management. 776 إدارة التغذية المتكاملة
Integrin. 82. 82f. 182. 388. 389–90. 1103 متكامل (إنتجرين) (مكامل)
Integument (flower). 598. 749 غُلُف (الزهرة)
Integumentary system. 861. 863f. 1040–41 جهاز غطائي (جلدي)
Intelligent design theory, against theory of evolution. 430 نظرية التصميم الذكي ضد
Ig. *See* Immunoglobulin (Ig). Ig. انظر بروتينًا كرويًّا مناعيًّا
I gene (*ABO blood group*). 1060 جين I (زمر الدم ABO)
Iguana. 699. 1022 إيجوانا
marine. 1020 بحرية
Ileocecal valve. 972f الصمام الأعوري اللفائفي
Ileum. 969–72 لفائفي
Immediate hypersensitivity. 1058–59 فرط الحساسية الآنية
Immigration. 1156 الهجرة
Immovable joint. 950. 950f مفصل عديم الحركة
Immune response. 1046 استجابة مناعية
cell-mediated. 1046. 1049–51 خلوية
cells involved in. 1046. 1047t خلايا
concepts of specific immunity. 1046 مفاهيم المناعة النوعية
humoral. 1046 السائلة
primary. 1055f. 1057–58. 1057f أولية
secondary. 1055f. 1057–58. 1057f ثانوية
Immune surveillance. 1042 مراقبة مناعية
Immune system. 861. 863f. 1039–64 الجهاز المناعي (جهاز المناعة)
cells of. 997f خلايا
defeat of. 1063–64. 1064f هزم
effect of HIV on. 530 تأثير فيروس HIV في
pathogens that invade. 1063–64. 1064f مسببات المرض التي تتهرب من
Immunity مناعة
active. 1046. 1055f نشطة
evolution of. 1049 تطور
passive. 1046 سلبية
Immunodeficiency, X-linked with hyper IgM. 246f Immunodeficiency, X-linked with hyper IgM
Immunoglobulin (Ig). 45t. 1046. بروتين كروي مناعي (Ig) (بروتين مناعي كروي) *See also* Antibody انظر أيضًا جسمًا مضادًّا
classes of. 1054–55. 1055t مجموعات
diversity of. 1055–57 تنوع
Immunoglobulin A (IgA). 1055. 1055t. 1057 بروتين كروي مناعي A
Immunoglobulin D (IgD). 1054. 1055t بروتين كروي مناعي D
Immunoglobulin E (IgE). 1055. 1055t. 1057. 1059f بروتين كروي مناعي E
in allergy. 1058–59 في الحساسية
Immunoglobulin G (IgG). 1054–55. 1055t. 1057 بروتين كروي مناعي G
Immunoglobulin M (IgM). 1054. 1055t. 1058 بروتين كروي مناعي M
Immunoglobulin genes. 1055–57. 1056f جينات البروتين الكروي المناعي
DNA rearrangements. 1055–56 إعادة ترتيب DNA
transcription and translation. 1056–57. 1056f النسخ والترجمة
Immunohistochemistry. 62 كيميائية الأنسجة المناعية
Immunological tolerance. 1058 تحمل مناعي
Immunotoxin. 1062–63. 1062f سم مناعي
Impala (*Aepyceros melampus*). 1134. 1179f الوعل الإفريقي
Implantation. 1079f. 1108 انغراس
prevention of. 1083 منع
Imprinting (behavior) 1122. 1122f انطباع أو دمغ (سلوك)

نظرية التطور
Intercalary meristem. 720. 743f مرستيم سلامي
Intercalated disc 859. 859t. 990 أقراص مقحمة (بينية)
Intercostal muscles. 1008–9. 1009f أضلاع خارجية
Intercropping. الدورة الزراعية 775
Interference competition. 1170 تنافس تداخلي
Interferon. 1043–44 إنترفيرون
alpha-interferon. 1044 ألفا - إنترفيرون
beta-interferon. 1044 بيتا - إنترفيرون
gamma-interferon. 1044. 1052f جاما - إنترفيرون
Intergovernmental Panel on Climate Change. 782 الهيئة الدولية للتغيّر المناخي
Interleukin. 1050 إنترلوكين
Interleukin-1. 1042. 1050 إنترلوكين 1-
Interleukin-4. 1052f. 1059 إنترلوكين 4-
Interleukin-12. 1051 إنترلوكين 12-
Intermediate filament 77. 77f. 87f. خيط وسطي 181–82. 181–82f
Intermembrane space. of mitochondria. 74f. 75 الفراغ بين الغشاءين في الميتوكندريا
Internal environment. sensing. 899f الإحساس بالبيئة الداخلية
Internal fertilization. 1070–72. 1088 إخصاب داخلي
Internal membranes. of prokaryotes. 548. 548f الأغشية الداخلية للبدائيات
International Human Genome Sequencing Consortium. 355 الدولي لتحديد تعاقب جينوم الإنسان
International Whaling Commission. 1250 الوكالة الدولية لصيد الحيتان
Interneuron. 860t. 870. 870f. 891f عصبون بيني
Internodal pathway. 990f المسار بين العقد
Internode. 718f. 732. 732f سلامية
Interoceptor. 898t. 899 مستقبل داخلي
Interphase. 191–92. 191–92f. 194f الطور البيني
Intersexual selection. 1134–36 انتخاب جنسي بيني
Interspecific competition. 1170. 1170f. 1173–74. 1173f تنافس بين الأنواع (بين النوعي)
Interstitial fluid. 993–94. 993f. 997 سائل بين خلوي
Intertidal region. 1018. 1182. 1223f. 1224 منطقة ما بين المدّ والجزر
Intervertebral disc. 950f. 951 قرص بين الفقرات
Intestinal roundworm (*Ascaris*). 650 دودة أسطوانية معوية *Ascaris*
Intestine. 964f. *See also* Large intestine; Small intestine أمعاء، انظر أيضًا الأمعاء الغليظة، والأمعاء الدقيقة
bacteria in. 558. 969. 972 البكتيريا في
Intracellular compartment. 1023f جزء بين خلوي
Intracellular digestion. 964 هضم داخل الخلية
Intracellular receptor. 168–71. 169f. 169t. 171f مستقبل داخل الخلية
Intracytoplasmic sperm injection (ICSI). 1084 تطعيم مجهري للبيضة بالحيوانات المنوية (ICSI)
Intramembranous development، تكوين داخل غشائي
of bone. 847f. 946 في العظم
Intrasexual selection. 1134–36 انتخاب جنسي داخلي
Intrauterine device (IUD). 1082t. 1083 أداة داخل الرحم (IUD)
Intrinsic factor. 968 عامل داخلي
Introduced species. 1228. 1245t، أنواع دخيلة
efforts to combat. 1251 الجهود لتقبّل
Intron. 288–90. 289f. 298t. 319. 319f. 356. 357t. 484. 511t المتدخلات (الأجزاء غير المشفّرة)
distribution of. 290 الجينات غير الفاعلة توزيع
Invagination. 1095 انغماد
Inversion. 299. 300f انقلاب
Invertebrate. 623. 653–78 لافقاريات
circulation in. 984f. 985 الدوران في
digestive system of. 964. 964f الجهاز الهضمي
Extinctions. 1239t الانقراضات
locomotion in. 944–45. 945f. 959–60 الحركة في
marine. loss of larval stage. 465–66. 466 f بحري، فقدان المراحل اليرقية
noncoelomate. 635–50 لاسيلومي
osmoregulatory organs of. 1024–25. 1025f الأعضاء المنظمة للأسموزية
phylogeny of. 636–38. 636–37f شجرة النشوء
respiration in. 1000–1001 التنفس في
In vitro fertilization. 1084 إخصاب خارج الرحم أو داخل أنابيب الاختبار
Invitro mutagenesis 339 التطفير في المختبر
Involution. 1095 التفاف
Iodine. deficiency of. 931–32. 932f اليود، نقص
Ion(s). 19 أيون (أيونات)
Ion channel. 88t. 94. 94f. 169–70. قناة أيونية 169f. 169t. 758f
gated. 94. 875 مبوّبة
ligand-gated. 874 مبوبة بالرابط
stimulus-gated. 899–900. 900f مبوبة بالمنبه
voltage-gated. 875. 876f. 880. 900f مبوبة بفرق الجهد
Ionic bond. 23. 23f. 23t. 48f. 49 رابطة أيونية
Ionization. of water. 29 تأين، الماء
Ion leakage channel. 872 قنوات التسريب الأيونية
Inositol triphosphate, IP_3. *See* انظر . أينوسايتول ثلاثي الفوسفات IP_3
Inhibitory postsynaptic potential. IPSP. انظر الجهد بعد التشابكي المثبط. IPSP. *See*
Iris (eye). 858. 911. 911f قزحية (العين)
Iris (plant). 735. 735f. 831. 846 سوسن (النبات)
Irish elk (*Megaloceros*). 706t الأبل (الإلكة) الأيرلندي
Irish Potato famine. 575 مجاعة البطاطا الأيرلندية
Iron الحديد
blood. 1043 في الدم
in hemoglobin. 1011. 1012f في الهيموجلوبين
in ocean. 1194. 1195f. 1223 في المحيط
in plants. 765. 776. 777t. 778 في النباتات
Irreducible complexity argument. against theory of evolution. 430 حجة التعقيد غير قابل للاختزال ضد نظرية التطور
Irrigation. 776 الري
IS. *See* Insertion sequence IS. انظر تسلسل الإدخال
Island جزيرة
biogeography of. 1208. 1208f الجغرافية الحيوية
evolution on. 428–29. 441f. 443–44. 444f. 712. 713f. 1175 التطور على
extinctions on. 1239. 1247. 1247f الانقراض
species introductions. 1251. 1251f إدخال الأنواع
Island dwarfism. القزم في 712. 713f الجزر
Islets of Langerhans. 937–38. 938 f. 970. 971 f. 977. 977 f جزر لانجرهانز
Isocitrate. 130f. 131 آيزوسترات
Isocitrate dehydrogenase. نازع 130f هيدروجين آيزوسترات
Isolating mechanism. 434–35. 435t آليات العزل
as by-product of evolutionary change. 438–39. 439f بوصفه ناتجًا ثانويًا ثانوي للتغير التطوري
postzygotic. 435. 435t. 437. 437f بعد الزيجوتية
prezygotic. 435–37. 435–36f. 435t قبل الزيجوتية
Isolecithal cleavage. بيوض متساوية 1093t المح
Isoleucine. آيزوليوسين 47f
Isomer. المصاوغ 35
of sugars. للسكريات 38. 38f
Isomerase. أنزيم أيزوميرز 126f
Isometric contraction. انقباض متساوي الطول (القياسي) 952
Isopod. متساوي الأرجل 671
Isopoda (order). متساوي الأرجل (رتبة) 671
Isoptera (order). 673f. 673t. 1141 متساوية الأجنحة (رتبة)
Isosmotic solution. محلول متعادل التركيز 96. 96f
Isosmotic regulation. تنظيم أسموزي متساوي التركيز 97
Isotonic contraction. انقباض متساوي التوتر (تواتري) 952
Isotonic solution. محلول متعادل التركيز 96. 96f. 1024
Isotope. نظير 19. 19f
radioactive. انحلال مشع 19
Italian ryegrass (*Lolium multi-florum*). الجاودار (*Lolium multi-florum*) 614
Iteroparity. إنجابية متكررة 1156
IUD. *See* Intrauterine device Ivy 732f. IVD 735. 828. 829f. 830. انظر أداة داخل الرحم

J

Jack pine. صنوبر جاك 391. 749f
Jacob. Francois. فرانسو جاكوب 308
Jacob syndrome. متلازمة جاكوب 250
Jaguar. نمر مرقط 1203
Jasmonic acid. حمض الجاسمونيك 796–98. 797f
Jaundice يرقان 971
Jaw(s). فك (فكوك)
of cichlid fish. أسماك البلطي 446. 446f. 492–93. 493f
evolution of تطور 685. 688. 688f
of fish. الأسماك 686–87
of mammals. الثدييات 706
movement of. حركة الـ 951
Jawed fish. الأسماك ذوات الفكوك 688f
Jawless fish. الأسماك عديمة فكوك 685. 688f. 1049
Jejunum. صائم 969–72
Jellyfish. 623t. 624. 630t. 640. 642. البحر (قنديل البحر) 642f. 944–45. 945f
Jelly fungi. فطريات هلامية 612
Jelly layer. طبقة هلامية 1088
Jenner. Edward. 341. 1044. 1044f. إدوارد جينر 1055f
Jet lag. اختلاف التوقيت 806. 939
Jet-swimming. 944–45. 945f. 959 السباحة النفاثة
Jimsonweed. أزهار الداتورا 840
Joint. مفصل 950
movement at. الحركة 951. 951f
types of. أنواع الـ 950–52. 950–51f
Jointed appendages. زوائد مفصلية 959
of arthropods. في المفصليات 667
Joule. الجول 106
J segment. of immunoglobulin genes. 1055–56. 1056f قطع J من الجينات الكروية المناعية
Juvenile hormone. هرمون 940. 940f الأحداث
Juxtaglomerular apparatus. 1036. 1036f جهاز قرب كبيبي
Juxtamedullary nephron. 1030. 1030f وحدة أنبوبية كلوية قرب النُّخاعية

k

Kaapvaal craton. نواة القشرة القارية لكابافال 540
Kalanchoë. 738. 846. 846f *Kalanchoë*
Kale. لفت 492
Kallmann syndrome. 246f Kallmann syndrome تناذر كالمان
KANADI gene. in *KANADI* جين في نبات رشاد الجدران *Arabidopsis*. 736f
Kangaroo. . 520f. 707f. 960. 1072. 1072f (الكنغار) الكنغر
Kangaroo rat. الجرذ الكنغاري 1028
effect on smaller. seed-eating rodents. أثر في 1173. 1173f. 1182. 1183f القوارض الأصغر. آكلة الحبوب
Kaposi's sarcoma. سرطان كابوكسي 1064
Karyogamy. 609–10. 611–12f. 612 اندماج الأنوية
Karyotype. النمط النووي 190. 190f
human. الإنسان 190f
Katydid. جندب 795f
Kaufmann. Thomas توماس كوفمان 385
Kelp. giant. عشب البحر، عملاق 573f
Kelp forest. غابة طحالب عشب البحر 1252. 1253f
Kenaf. التيل 726
Kennedy disease. 246f Kennedy disease
Keratin. 44f. 45t. 77. 704–5. 854 كيراتين
Keratinized epithelium. طلائية متقرنة 854
a-Ketoglutarate dehydrogenase. نازع هيدروجين ألفا - كيتو جلوتيريت 130f
Kettlewell. Bernard. بيرنارد كتلول 418
Key innovation. ابتكار أساسي 443
Keystone species. 1183. 1183f. أنواع أساسية (جوهرية) 1252–54
loss of. فقدان 1252–54
Khorana. Har Gobind. ه. غوبايند خورانا 281
Kidney. الكلية 863f
of amphibians. في البرمائيات 1027–28
of birds. في الطيور 1028. 1028f
excretion in. الإفراز في 1032
filtration in. الترشيح في 1030. 1031f
of fish في الأسماك

cartilaginous fish. 1027 الأسماك الغضروفية
freshwater fish. 1026–27. 1027f أسماك المياه العذبة
marine bony fish. 1027. 1027f الأسماك العظمية البحرية
hormonal regulation of. 1034 - 36 التنظيم الهرموني في
mammals. 1028. 1030–34 1030–34f الثدييات
reabsorption in. 1030. 1031f. 1032–33. 1033–34f إعادة الامتصاص في
of reptiles 1027–28 في الزواحف
secretion in. 1030. 1031f. 1032 الإفراز في
of vertebrates. 1026–28.1026–28f في الفقاريات
Killer strain. *Paramecium*. 572 سلالة قاتلة (البراميسيوم)
Killer whale. 1230. 1252. 1253f حوت قاتل
Killifish (*Rivulus hartii*). 410–11. 410f السمكة القاتلة الصغيرة (*Rivulus hartii*)
Kilobase. 350 كيلو قاعدة
Kilocalorie. 106. 977 كيلو سعر
Kinase. 45t كاينيز
Kinase cascade. 173–75. 174–75f سلاسل الأنزيم المفسفر
Kinectin. 78 كاينيكتين
Kineses. 1125 تنشّط
Kinesin. 78 كاينيسين
Kinetic energy. 106. 106f طاقة الحركة
Kinetin. 819f كاينتين
Kinetochore. 187f. 190f. 192–94.192f. 194–95f. 210. 210f. 216 نقطة التعلق (الاتصال)
Kinetochore microtubules. 187f. 192f. 193. 194–95f. 212–13f أنيبيبات نقاط التعلق
Kinetoplastid. 568–69. 568f أنيبيبات كاينيتوبلاستيد
Kingdom (taxonomy). 508f. 509 مملكة (تصنيفيًّا)
evolutionary relationships among kingdoms. 513f العلاقات التطورية بين الممالك
Kinocilium. 903–5. 903f. 906 f. 908 هدب حقيقي
Kinorhyncha (phylum). 627. 650 ذات الخطم المتحرك
Kin selection. 1138–40.1139–40f انتخاب النسب
Kipukas. 444 Kipukas
Kiwi (bird). 701t الكيوي (طائر)
Klebsormidiales. 516f Klebsormidiales
Klinefelter syndrome. 250. 250f متلازمة كلاينفلتر
Knee-jerk reflex. 890. 890f الفعل الانعكاسي لرجة الركبة
Knight, T. A., ت. أ. نايت 220
Knockout mice 339–40. 340–41f فئران عُطِّلت بعض جيناتها
knox genes. 387 جينات الصندوق المتجانس شبيه العقدة
Koelreuter, Josef. جوزيف -كولرويتر 220
Komodo dragon (*Varanus komodoensis*). 699. 1239 تنين كومودو (*Varanus komodoensis*)
Krait. 699 كُريت
Krakatau islands, succession after volcanic eruption. 1185. 1185f جزر كراكاتاو، تعاقب بعد انفجار بركاني
Krebs, C., ك. كربس 1160
Krebs cycle. 122. 124. 127–31. 133f. 138. 139f حلقة كربس
ATP production in. 129. 129f. 134–35. 134f إنتاج ATP في
products of. 130f نواتج
Krüppel gene. 382f جين كروبل
K-selected population. 1160–61. 1160t. 1185 جماعة منتخبة مقدرة الحمل
Kurosawa, Eiichi. إيشاي كوروساوا 820
Kuru. 536 مرض كورو

L

Labia majora. 1076. 1077f. 1080 شفرتين كبيرتين
Labor (childbirth). 1111 ولادة
Labrador Current. 1214f تيار لبرادور
Labrador retriever, coat color 234 سيادة فوق تامة في كلاب الصيد، لون الفراء
Labyrinth. 904. 907–8 تيه غشائي
Lacerta. 1068 *Lacerta*
Lacewing (*Chrysoperia*), courtship song of. 436. 436f شبكية الأجنحة (*Chrysoperia*)، أغنية الغزل
lac operon. 308–10. 308–10f المنطقة الفعالة Lac
lac repressor. 45t. 308. 308–10f مثبط Lac
Lactase. 970. 976t أنزيم لاكتيز
Lactate. 127f. 556 لاكتيت
blood. 958 الدم
Lactate dehydrogenase. 403 مزيل هيدروجين اللاكتيك
Lactation. 1111 إنتاج الحليب، أو الإدرار
Lacteal. 970f وعاء لبني ليمفي
Lactic acid fermentation. 137. 137f تخمر حمض اللبن
Lactose. 38. 970 لاكتوز
Lactose intolerance. 970 عدم القدرة على تحمل اللاكتوز
Lacunae فجوة، المحفظة
within bone. 946. 947–48f في العظم
within cartilage 858 في الغضروف
LacZ gene. 329f محلل بيتا جلاكتوسايد، جين
Laetoli footprints. 711 بصمات رجل ليتولي
Lagging strand. 266.267–69f. 271f الشريط المتلكئ
Lagomorpha (order). 708t الأرنبيات (رتبة)
Lake. 1191f. 1192. 1221–22.1221–22f بحيرة
eutrophic. 1184. 1222- 23. 1227 غنية بالمواد الغذائية (حقيقية التغذية)
oligotrophic. 1184. 1222 قليلة المواد الغذائية (قليلة التغذية)
thermal stratification of. 1222. 1222f التقسيم الطبقي الحراري

Lake Barombi Mbo cichlid fish. 442 سمك البلطي في بحيرة بارومبي
Lake Victoria cichlid fish. 445–46. 446f. 1251–52. 1256 سمك البلطي في بحيرة فكتوريا
Lamarck, Jean-*Baptiste*. 396 جين بابتست لامارك
Lamellae طبقات (صفائح)
of bone. 948f. 949 العظم
of gills. 1002. 1003f الخياشيم
Lamellipodia. 1095 أقدام صفائحية
Laminaria. 574f *Laminaria* لاميناريا
Lamprey. 686f. 687. 687t الجلكي
Lamp shell. Brachiopoda (phylum)، ذراعية القدم (عضدية الأقدام) (قبيلة)
Lancelet. 684. 684f. 886f. 1103 السهيم
Land plants, evolution of. 516f نباتات اليابسة، تطور
Langerhans, Paul. بول لانجرهانز 937
Language. 713. 888. 889f اللغة
development in humans. 483 التطور في الإنسان
of primates. 1129–30. 1129f في الرئيسيات
Lanugo 426 الزبب أو العقيقة
Larch. 594 اللارْكس
Large intestine 862f. 965. 965f.972–73. 972f. 974f أمعاء غليظة
Large offspring Syndrome 378 متلازمة النسل الكبير
Lariat structure 289f. 290 تركيب الوهق
Larva يرقة
of bivalves. 659 ثنائية المصراع
of echinoderms 677. 677f شوكيات (شوكية) الجلد
of insects. 380. 674. 674f في الحشرات
loss in marine invertebrates. 465–66. 466f فقدان في اللافقاريات البحرية
of snails. 464–65. 464–65f الحلازين
of tunicates. 683. 683f الزقيات
Larvacea. 684 يرقاينات
Larynx. 967. 967f. 1006. 1006f حنجرة (صندوق الصوت)
Lassa fever. 365t حمى لاسا
Late blight of potatoes. 575 اللفحة المتأخرة لمحصول البطاطا
Lateral bud. 819f. 824 برعم جانبي (إبطي)
Lateral bud primordium. 720f بادئة برعم جانبي
Lateral geniculate nucleus. 915. 915f النواة الركبية الجانبية
Lateral line organ. 898t عضو الخط الجانبي
Lateral line system. 689. 903. 903f نظام الخط الجانبي
Lateral meristem. 720. 725. 743f مرستيم جانبي
Lateral root cap. 727 قلنسوة الجذور الجانبية
Lateral sulcus. 887f شق جانبي
Lateral ventricle 886f بطين جانبي
Latitude, climate and. 1212–13. 1213f خط العرض، والمناخ و
Latitudinal cline, in species richness. 1207 الميل مع خطوط العرض، في غنى الأنواع
LDL. *See* Low-density lipoprotein LDL، انظر بروتينًا دهنيًّا قليل الكثافة
Lead. 786 رصاص
Leading strand. 266–67.267–69f. 271f الشريط القائد
Leaf. 718f ورقة
abscission of. 811. 811f. 818 الفصل لـ
alternate. 732. 732f متبادلة
of carnivorous plant. 780–81.780–81f نبات آكل للحيوانات
compound. 736–37. 737f مركبة
establishing top and bottom of. 736. 736f تكوين الجزأين العلوي والسفلي
external structure of. 736–37.736–37f التركيب الخارجي لـ
fall colors. 150f. 811. 811f ألوان الخريف
internal structure of. 737.737–38f التركيب الداخلي لـ
modified. 737–38 متحورة
opposite. 732. 732f متقابلة
palmately compound. 737. 737f مركبة راحية
pinnately compound. 737. 737f مركبة ريشية
simple. 736. 737f بسيطة
transpiration of water from *See* Transpiration، نتح الماء من. انظر النتح
whorled. 732. 732f على شكل دوائر (حلقية)
Leaf-cutter ant. 617. 617f.1141–42. 1141f. 1179 نمل قاطع الأوراق
Leafhopper. 673t. 674 نطاط الأوراق
Leaflet. 736 وريقة
Leaf litter. 774f مخلفات الأوراق
Leaf primordium. 720f.730f. 732f بادئ الورقة
Leaf scar. 732f. 733. 811 ندبة الورقة
LEAFY COTYLEDON gene. of *Arabidopsis*. 747 جين (LEAFY COTYLEDON) في نبات رشاد الجدران
LEAFY gene. of *Arabidopsis*. 829.829f. 832–34 جين *LEAFY*، في نبات رشاد الجدران
Leafy spurge. 1250 الفربيون الورقي
Leak channel. 872–74 قناة تسرب
Learning. 889 تعلم
associative. 1120–21. 1121f ارتباطي
behavior and. 1120–21. 1121f سلوك
genetics of. 1117–18. 1118f وراثة
instinct and. 1121. 1121f. 1123. 1123f الغريزة (الفطرة) و
nonassociative. 1120 غير الارتباطي
Learning preparedness. 1121 الاستعداد التعلمي
Leber's hereditary optic neuropathy. 242 مرض العصب البصري الوراثي لليبر (LHON)
Leech. 630t. 662–63. 663f. 959 علق طبي
Leeuwenhoek, Antonie van. 12. 60 أنطون فان لوفنهوك
Leg(s). of amphibians. 691–92. 692–93f رجل (أرجل) البرمائيات
Leghemoglobin. 779. 779f الهيموجلوبين البقولي
Legionella. 545f *Legionella*
Legume. 729. 750f. 779. 791. 809. 812 بقولي
Leishmaniasis. 486. 568 مرض الليشمانيا
Lemming. 1220 لاموس
Lemon. 823 ليمون
Lemon shark. 1070f قرش ليموني
Lemur. 428f. 708t. 709. 710f. 1239 ليمور
Lens. 911. 911f. 1107f عدسة
Lenticel. 734. 734f. 768. 769 مسامة
Leopard frog (*Rana*). postzygotic الضفدع الفهد، العزل بعد الزيجوتي
isolation in. 437. 437f
Leopold, Aldo. ليوبولد 1203
Lepidoptera (order) 672–73f. 673t حرشفية الأجنحة (رتبة)
Lepidosaur. 687f. 698 زاحف حرشفي
Leprosy. 554. 555t الجذام
Leptin. 978–79. 978–79f ليبتن
Lesch-Nyhan syndrome. 246f تناذر ليش نيهان
Lettuce. 831 خس
genome of. 477f المحتوى الجيني
Leucine. 46. 47f ليوسين
Leucine zipper motif. 306–7. 307f موتيف زمام (سحّاب) لوسين المنزلق
Leucoplast. 75 البلاستيدات الشفافة

Leukemia, 299, 342–43, 1242 لوكيميا
chronic myelogenous, 351 النخاعية المزمن
Leukocytes, 185, 857t, 858, 997f. خلايا الدم البيضاء, 1041, 999
granular, 999 حبيبية
nongranular, 999 غير حبيبية
Level of specificity, 1127–28, 1130 مستوى التخصص والنوعية
Lewis, Edward, 385 إدوارد لويس
Leydig cells, 1073, 1076, 1076f خلايا لايدج
LH. *See* Luteinizing hormone LH. انظر الهرمون المكون للجسم الأصفر
Lichen, 614–15, 615f, 1178, 1184 الأشن
as air quality indicators, 615 كمؤشرات لنوعية الهواء
foliose, 615f الورقي (النوليوز)
fruticose 615f الثمري (الفروتيكوز)
Life, الحياة
*Chara*cteristics of, 2–3f, 3–4, 504 الخصائص
diversity of, 13–14, 13f التنوع في
origin of, *See* Origin of life نشأة. انظر نشأة
science of, 2–4 علم
Life cycle دورة حياة
of ascomycetes, 611f الفطريات الزقية
of basidiomycetes 612, 612f الفطريات البازيديّة
of brown algae, 574f الطحالب البنية
of *Chlamydomonas*, 584f الكلاميدوموناس
of cnidarians 640 اللاسعات
of fern, 592, 592f الخنشار
of flowering plant, 828f نبات مزهر
of mollusk, 657, 657f الرخويات
of moss, 587f الحزاز الطحلبي
of *Obelia*, 642f أوبيليا
of *Paramecium*, 572f البراميسيوم
of pine, 594–95, 595f الصنوبر
of plants 583–84, 583f, 598–99, 599f النباتات
of *Plasmodium* 570f البلازموديوم
of *Rhizopus*, 609f عفن الخبز
of *Ulva*, 585f طحلب أو لفا
Life history, 1154–56, 1154–56f, 1160–61, 1160t تاريخ الحياة
Life span, 1152, 1156 فترة الحياة
of plants, 847–48, 848f النباتات
Life table, 1153, 1153t جدول الحياة
Lift, 960 قوة رفع
Ligament, 856 رباط
Ligand, 166, 166f رابط
Ligand-gated channel, 873, 875f, 913–14, 914f قناة مبوبة بالرابط
Light, cue to flowering in plants, 830–31f, 830–32, 834f. الضوء، إشارة إلى الإزهار في النباتات
also Sunlight، أيضًا أشعة الشمس
Light-dependent reactions, of photosynthesis, 145, 145f, 152–57, 153–57f التفاعلات الضوئية، البناء الضوئي
Light-independent reactions, of photosynthesis, 145–46, 146f التفاعلات غير المرتبطة بالضوء، البناء الضوئي
Light microscope, 61, 62t مجهر ضوئي
Light-response genes, 803–4, 804f جينات الاستجابة للضوء
Lignification, 724 لجننة
Lignin, 606–7, 614, 724–25 لجنين
Lilac, 736 بنفسج
Lily, 731, 734, 839f زنبق
Limb, development of, 494, 494f التكوين الجنيني للطرف
Limb bud, 494, 1110 برعم الطرف
Limbic system, 882, 888 جهاز طرفي
Limestone, 577, 577f, 643 حجر جيري
Limiting nutrient, 1194 عنصر غذائي مُحدّد
Limnognathia, 631t *Limnognathia*
Limpet, evolutionary loss of larval stage, 465–66, 466f البطلينوس، الفقدان التطوري للمرحلة اليرقية
LINE. *See* Long interspersed element LINE. انظر العناصر المتناثرة الطويلة
Linen, 724 قماش
Lineus, 631t, 647f, 648 *Lineus*
Lingula 631t *Lingula*
Linkage disequilibrium 358 الربط غير المتزن
Linkage map. *See* Genetic map خريطة الارتباط. انظر الخريطة الوراثية
Linnaeus, Carolus, 507 كارلوس لينيوس
Lion (*Panthera leo*), 435, 435f, 707f, 1137, 1238 أسد *Panthera leo*
Lipase, 970–71, 976t لايبيز (محلّل الدهون)
Lipid(s), *See also* Fat(s) 33, 35, 36f. *See* 53–56 دهن (الدهون)
functions of, 53–56 وظائف
membrane, 511t, 543, 543f غشاء
of archaebacteria, 64.543, 543f البكتيريا القديمة
structure of, 53–56 تركيب
Lipid bilayer, 56, 56f, 63, 86, 86–90, 86–87f, 88t طبقتا الدهون
fluidity of, 86, 90 سيولة
Lipid raft, 88 طوافة الدهون
Lipophilic hormone, 921–27, 924–26f هرمون محب للدهون
Lipopolysaccharide, 547, 547f متعددة التسكر الدهنية
Lipoteichoic acid, 547, 547f حمض التيكويك الدهني
Lithotroph, 541 بكتيريا غير عضوية التغذية
Littoral zone, 1221f منطقة ساحلية
Liver, 862f, 938f, 964–65f, 965, 970–71, 976 الكبد
innervation of, 894t تغذية عصبية
regulatory functions of, 976 تنظيم وظائف
Liver cancer, 535 سرطان الكبد
Liver disease, 993 أمراض الكبد
Liver fluke (*Clonorchis sinensis*), 630t, 646, 646f دودة كبدية (*Clonorchis sinensis*)
Liverwort, 460f, 582f, 583, 586, 586f حشيشة الكبد
Lizard, 687f, 695t, 698f, 699, 1028 سحلية (عضاءة)
parthenogenesis in, 1068 التكاثر العذري في
population dispersion, 1149 انتشار الجماعة
territories of, 1133 أقاليم
thermoregulation in, 1020, 1147 المحافظة على درجة الحرارة في
Lobe-finned fish, 686f, 687t, 690, 690f, 692, 692f الأسماك مفصصة الزعانف
Lobster, 667, 672f جراد البحر
cyclophorans on mouthparts 648, 648f حاملات العجل على أجزاء فم
Local anaphylaxis, 1059 فرط حساسية محلي
Locomotion, 958–60 الحركة
in air 960, 960f في الهواء
appendicular, 958 الأطراف
axial, 958 الدودية (المحورية)
on land, 959–60, 960f على اليابسة
in water, 959, 959f في الماء
Locomotor organelles, of protists, 565 العضيات المحركة في الطلائعيات
Logarithmic scale, 30 مقياس لوغاريتمي
Loggerhead sponge, 638 الإسفنج ذو الرأس الضخم
Logging, 1242, 1247–48 تقطيع الأشجار
Logistic growth model, 1157–58, 1158f نموذج النمو اللوجستي
Long bone, 948 عظم طويل
Long-day plant, 830–31, 830f نباتات النهار الطويل
facultative, 831 اختياري
obligate, 831 إجباري
Long interspersed element (LINE), 357, 357f العناصر المتناثرة الطويلة (LINE)
Longitudinal muscles, 944, 944f عضلات طويلة
Long-tailed shrike 1185 طائر الصُّرَّد
Long terminal repeat (LTR), 357, 357f التكرارات الطرفية الطويلة (LTR)
Long-term memory, 889 ذاكرة طويلة المدى
Long-term potentiation (LTP), 889 تضخيم طويل الأمد (LTP)
Loop of Henle, 1026f, 1028, 1031f, 1032–34, 1033f التواء هنلي
Loose connective tissue, 856, 857t نسيج ضام مفكك
Loosestrife (*Lythrum salicaria*), 397f, 637, 664–65, 664–65f نبتة (*Lythrum salicaria*)
Lophophorate, 637, 644- 65, 664 - 65 f حاملة العرف
Lophophore, 631t, 637, 664–65, 664–65f حاملة العرف، حامل العجل (اللوفوفور)
Lophotrochozoan, 518, 628.629f, 637, 637f عجلية الخطم (ذات العرف المدوّر)
Loratadine, 165 لوراتادين
Lorenz, Konrad, 1122, 1122f كونراد لورينز
Loricifera (phylum), 629f, 631t, 648, 650 تاجية الأسواط (لوريسيفيرا) (قبيلة)
Loris, 709, 710f لوريس
Louse, 555t, 674 قملة
Low-density lipoprotein (LDL), 101, 995 بروتين دهني قليل الكثافة (LDL)
Lowe syndrome, 246f Lowe syndrome
LTP. *See* Long-term potentiation LTP. انظر تضخيمًا طويل الأمد
LTR. *See* Long terminal repeat LTR. انظر التكرارات الطرفية الطويلة
Lugworm, 662 الدودة الخرقاء
Lumbar nerves, 884f أعصاب قطنية
Luna moth (*Actias luna*), 672–73f العث لونا (*Actias luna*)
Lumen, of digestive tract, 965 تجويف داخلي، للقناة الهضمية
Lung(s), 863f, 1000, 1001f, 1004–7, 1005–7f الرئة، الرئتان
of amphibians, 691, 1004–5, 1005f في البرمائيات
of birds, 1006–7, 1007f في الطيور
book, 669 كتبية
innervation of, 894t تغذية عصبية
of mammals, 1005–6, 1006f في الثدييات
of reptiles 1004–5 في الزواحف
structure and function of, 1008 تركيب وظيفة
Lung cancer, 1011, 1011f سرطان الرئة
smoking and, 1011 التدخين و
Lung capacity, 1008–9 السعة الرئوية
Lungfish, 690 أسماك رئوية
Luteinizing hormone (LH), 921, 922t, 930, 932, 1072, 1075, 1075t, 1076–77f, 1078, 1084 هرمون مكون للجسم الأصفر (LH)
Lycophyta (phylum), 582f, 588, 589t, 590, 590f لايكوفايتا (قبيلة)
Lycopodium lucidulum, 590f *Lycopodium lucidulum*
Lyme disease, 554, 555t, 670 مرض ليمفاوي
Lymph, 994 ليمف
Lymphatic capillary, 971–72, 971f, 993f, 994 شعيرة ليمفاوية
Lymphatic duct, 970f قناة ليمفاوية
Lymphatic system, 863f, 993–94, 993–94f جهاز ليمفاوي
Lymphatic vessel, 863f, 994 وعاء ليمفوي
Lymph heart, 994 قلب ليمفاوي
Lymph node, 863f, 994, 1047f عقدة ليمفاوية
Lymphocyte(s), 1045–46, 1045f خلية ليمفية (خلايا ليمفية)
Lymphoid organs أعضاء ليمفاوية
primary, 1046–48, 1047–48f أولية
secondary, 1047f, 1048 ثانوية
Lymphoid stem cells, 998f خلايا جذعية ليمفاوية
Lymphoproliferative syndrome, 246f تناذر انقسام الخلايا الليمفية
Lynx, 1220 وشق
Lysenko, T. D., 832 ت. د. لايسينكو
Lysine, 47f لايسين
Lysogenic cycle, of bacterio phage دورة تحلّلية في الفيروس البكتيري
Lysogeny, 528 توليد التحلل
Lysosome, 72–73, 72f, 79t, 82t, 321, 565, 1041 جسم حال
Lysosomal storage disorder 72 علل خزن الأجسام الحالة
Lysozyme, 50, 1040 ليسوزايوم
Lytic cycle, of bacteriophage, 528, 529f, 551 الدورة التحللية، فيروس البكتيريا

M

MacArthur, Robert, 1172, 1208 ماك آرثر
macho-1 gene, 375–76, 375–76f جين *macho -1*
MacLeod, Colin, 257 كولن مكلويد
Macromolecule, 2f, 33, 35 ,35t, 36f جزيئة كبيرة
Macronucleus, 572–73, 572f نواة كبيرة
Macronutrients, in plants, 776, 777t المغذيات الكبيرة، في النباتات
Macrophage(s), 856, 857t,1041, 1041–43f, 1042,1044, 1046, 1047t, 1051,1059–60 مبلعم كبير (ميلعمات كبيرة) (خلية مبتلعة كبيرة)
HIV entry into, 530, 531f دخول فيروس نقص المناعة المكتسبة في
Madreporite, 676, 677f مصفاة
MADS-box genes, 387,490–91, 496 جينات صندوق مادس
Magnesium, in plants, 149, 776, 777t الماغنسيوم، في النباتات
Magnetic field حقل (مجال) مغناطيسي
migration of birds and, 1126 هجرة الطيور و
sensing of, sensing of, 898t, 916 إحساس

(رصد)
Magnetic receptor. 916 مستقبل مغناطيسي
Magnetite. 1126 ماغنيتايت
Magnolia. 597f ماجنوليا
Mahogany tree (*Swietenia mahogani*) 1228. 1249 شجرة ماهوجاني (*Swietenia mahogani*)
Maidenhair tree (*Gingko biloba*). 595f. 596 شجرة شعر البتول (*Gingko biloba*)
Maize. *See* Corn (*Zea Mays*) الذرة. انظر الذرة (*Zea Mays*)
Major groove. 261f. 305. 305f أخدود كبير (رئيس)
Major histocompatibility complex (MHC). 1048–51. 1048f. 1049t. 1050f. 1064 بروتينات معقد التوافق النسيجي (MHC)
MHC proteins. 45t. 88t. 180. 1049. 1049 t بروتينات (MHC)
Malaria. 570f. 571. 795. 1063. 1234 ملاريا
Anolis lizards. 1182 في سحلية *Anolis*
avian. 1251 الطيور
drug development. 485 تطوير دواء
eradication of. 571 مكافحة
sickle cell anemia and. 248.407. 407f فقر الدم المنجلي و
Malate. 130f. 131. 161–62. 161–62f. 766–67. 766f مواليت
Malate dehydrogenase. 130f نازع هيدروجين مواليت
Male reproduction. hormonal control of. 1075–76. 1075 t. 1076 f التنظيم الهرموني للوظيفة التناسلية في الذكر
Male reproductive system. 863f. 1073–76. 1073–76f. 1075t. 1081f جهاز تناسلي ذكري
Malleus. 904. 904f مطرقة
Malpighian tubule. 668f. 669.675. 1025–26. 1025f أنبوب ملبيجي
MALT. *See* Mucosa-associated lymphatic tissue. MALT. انظر نسيج ليمفي مصاحب للنسيج المخاطي
Maltase. 976t مالتيز
Malthus. Thomas. 9–10. 1163 ثوماس مالثوس
Maltose. 38f. 39 مالتوز
Mammal. 630t. 704–8. 704–8f الثدييات
brain of. 886. 886f دماغ
*Chara*cteristics of. 704–6. 704–5f خصائص
circulation in. 986–87. 987f الدورة الدموية
classification of. 520. 520f. 706–7. 707f تصنيف
cleavage in. 1094. 1094f الانشطار، التفلج
digestion of plants by. 705 هضم النباتات عن طريق
egg-laying. *See* Monotreme وضع البيض. انظر وحيدة المسلك
evolution of. 520f. 685.706. 706t تطور
extinctions. 706t. 1239.1239t. 1245t انقراض
flying. 705–6. 705f. 708t طيران
gastrulation in. 1097. 1097f تكوين الجاسترولا
heart of. 986–87. 987f قلب
kidney of. 1028. 1030–34. 1030–34f كلية
lungs of. 1005–6. 1006f رئات
marine. 708t بحرية
nitrogenous wastes of. 1029. 1029f الفضلات النيتروجينية
orders of. 708t رتب
placental. *See* Placental mammal مشيمة. انظر ثدييات مشيمية
pouched. *See* Marsupial كيسية جرابية. انظر جرابية
respiration in. 1001f. 1005–6. 1006f التنفس في
saber-toothed. 463f مُسيَّف الأسنان
sex determination in. 1069. 1069f تحديد الجنس في
thermoregulation in. 704 التنظيم الحراري في
Mammalia (class). 508f. 686f.704–8. 704–8f ثدييات (طائفة)
Mammary gland. 704. 1111 غدة لبنية
Mammoth. 706t. 1238. 1238f ماموث
Manatee. 427 بقرة البحر
Manaus. Brazil. 1248. 1248f مانوس، البرازيل
Mandible. of crustaceans. 666t. 671 فكوك سفلية، للقشريات
Mandrill. 709f الميمون Mandrill
Manganese. 114 المنجنيز
in plants. 776. 777t. 778 في النباتات
Mangold. Hilde. 1104 هيلد مانجولد
Mangrove. 768–69. 769f. 1243–44. 1243f مانجروف
Mangrove swamp 1224. 1229–30 مستنقع مانجروف
Manic-depressive illness. 246f Manic-depressive illness مرض الهوس - الاكتئابي
Manihotoxin. 793t مانيهوت (مانيهوتوكسين)
Mantle. 655. 655f عباءة
Mantle cavity. 655f. 944. 945f. 1002 تجويف العباءة
Manual dexterity. 887 براعة في استخدام الأصابع
Maple. 736. 751f. 752 قيقب
Map unit. 244 وحدة خريطة
Marburg hemorrhagic fever. 365t حمى ماربيرغ النزفية
Marchantia. 586f مارکنیتا
Margulis. Lynn. 564 لِنّ مارجيولس
Marianas Trench. 1223 خندق ماريانا‌س
Marine bird. 1028f طائر بحري
Marine habitat. 1223–26. 1223–26f بيئة بحرية
human impacts on. 1229–30. 1229f تأثير الإنسان في
plant adaptations to. 769f تكيف النباتات لِـ
Markov. Georgi. 794 جورج ماركوف
Marrella. 632f *Marrella*
Marrow cavity. 949 فجوة النخاع
Mars. life on. 505f المريخ، الحياة على
Marsh. 1220 سبخة
Marsilea. 592 Marsilea
Marsupial.. 520f. 706–7. 707f. 1072. 1072f. 1080 جرابي
marsupial–placental convergence. 428. 428f التقاء تطوري للجرابيات والمشيميات
saber-toothed. 463f مُسيف الأسنان
Mass extinction. 448–49. 449f.693. 1238 الانقراض الجماعي
Mast cells. 856. 857t. 1044. 1046. 1047t. 1059. 1059f خلايا صارية
Mastiff. 421f كلب الدرواس
Mastodon. 1238f مستودون
Mate choice. 1133. 1134f. 1135–36 اختيار رفيق
Maternal age. Down syndrome and. 249–50. 249f عمر الأم، متلازمة داون و
Maternal care. in mice. 1118–19. 1119f عناية الأم، في الفئران
Maternal genes. 380. 381f جينات أُمية
Maternal inheritance. 242 الوراثة الأميّة
Maternity plant. 846. 846f نبات الأمومة
Mating. *See also* Courtship *entries* تزاوج. انظر أيضًا غزل
assortative. 400–401 متجانس
disassortative. 401 منوّع
nonrandom. 400–401. 400f غير العشوائي
Mating behavior. 436. 436f سلوك التزواج
selection acting on. 440. 440f تأثير الانتخاب في
Mating call. 1135f. 1136 نداء التزاوج
Mating ritual 436 طقوس التزاوج
of prairie chickens. 1255. 1255f في دجاج البراري
Mating success. 404 نجاح التزاوج
Mating system. 1136–37. 1136f نظام التزاوج
Mating type نوع التزاوج
in ciliates. 572 في الهدبيات
in fungi. 175 في الفطريات
Matrix الحشوة
of mitochondria. 75 في الميتوكندريا
Matter. 18 مادة
Mauna Kea silversword أسياف موناكيا الفضية
(*Argyroxiphium sandwicense*). 1239–40. 1240f (*Argyroxiphium sandwicense*)
Maturation-promoting factor. 197–99 العامل المحفز للنضج MPF
Maximum likelihood method. 458 طريقة الاحتمالية القصوى
Mayflower. 831 زهرة أيار
Maze-learning ability. in rats. 1117–18. 18. 1118f المقدرة على تعلّم المتاهة، في الجرذان
McCarty. Maclyn. 257 ماكلين مكارتي
McClintock. Barbara. 243–44. 243f. 357. 479 باربارا - ماكلينتوك
MCS. *See* Multiple cloning site MCS. انظر موقع الاستنساخ المتعدد
Measles. 527t الحصبة
Mechanical isolation. 435t. 436–37 العزل الميكانيكي
Mechanoreceptor. 899. 900–902 مستقبل آلي
Mediator. 314. 315f وسائط
Medicago truncatula. 477–78. 478f. 486 نبات الفصة *Medicago truncatula*
genome of. 477f المحتوى الجيني
Medicinal leech (*Hirudo medicinalis*) 663. 663f العلق الطبي (*Hirudo medicinalis*)
Medicine الدواء
applications of genetic engineering to. 340–43.341–42f تطبيقات الهندسة الوراثية
applications of genomics to. 365. 365t. 485–86 تطبيقات علم الجينومات
from wild plants. 794–95. 1242 النباتات البرية
Medulla oblongata. 885. 885–86f. 885t نخاع مستطيل
Medullary bone. 948f. 949 عظم نخاعي
Medullary cavity. 948f. 949 فجوة نخاعية
Medusa. 640. 640f. 642–43. 642f ميدوزا
Meerkat (*Suricata suricata*). 1142. 1142f النمس (*Suricata suricata*)
Megagametophyte. 599f. 838. 838f نبات جاميتي كبير
Megakaryocytes. 998f. 999 خلايا عملاقة النواة
Megaphyll 736 ورقة كبيرة
Megapascal. 758 ميجا باسكال
Megasporangium. 594 محفظة بوغية
Megaspore. 594. 595f. 598. 599f. 839. 839f بوغ كبير
Megaspore mother cell. 594. 595f. 598. 838f. 839 خلية أم أبواغ كبيرة
Megazostrodon. 696f *Megazostrodon*
Meiosis. 205. 206–16. 207f.1068. 1091 الانقسام الاختزالي
compared to mitosis. 214–16. 214–15f مقارنة بالانقسام المتساوي
errors in. 214. 442 الأخطاء في
sequence of events during. 208–14. 208–14f تسلسل الأحداث
Meiosis I. 208–9. 208f. 214–15f.1073f. 1078f الانقسام الاختزالي الأول
Meiosis II. 208–9. 208f. 211.213f. 215f. 1073f. 1078f الانقسام الاختزالي الثاني
Meissner corpuscle. 898t، حويصلة ميسنر
Melanin. 233. 930. 933. 939 901f. 902 ميلانين
Melanocyte. 933. 1102. 1102f خلايا صبغية
Meelanocyte stimulating hormone (MSH). 922t. 930. 933. 901 f. 902 هرمون منبه للخلايا الصبغية
Melanotropin-inhibiting hormone (MIH). 930 الهرمون المثبط للهرمون المنبه للخلايا الصبغية (MIH)
Melatonin. 921. 923t. 939 ميلاتونين
Membrane(s). 85–102 غشاء (أغشية)
Membrane attack complex. 1043–44 معقد الهجوم الغشائي
Membrane potential. 94. 872–74 جهد الغشاء
Membranous labyrinth. 906–7f. 907–8 التيه الغشائي
Memory. 889 ذاكرة
long-term. 889 طويلة الأمد
short-term. 889 قصيرة الأمد
Memory cells. 1046. 1055f. 1057–58 خلايا الذاكرة
Menarche. 1076 دورة شهرية (دورة الطمث)
Mendel. Gregor Johann. 11 جريجور مندل
experiments with garden pea. 220–27. 220–27f تجارب مع بازيلاء الحديقة
experimental design. 221–22 مخطط تجارب
portrait of. 221f مظهر
rediscovery of ideas of. 230 إعادة اكتشاف نتائج
Mendeleev. Dmitri. 21 ريميتري مندليف
Mendelian ratio. 224 نسبة مندلية
modified. 233–34. 234f معدلة
Meninges. 890 سحايا
Menkes syndrome. 246f Menkes syndrome
Menstrual cycle. 1072. 1076–80. 1077f دورة الطمث
follicular (proliferative) phase 1077. 1077–78f طور الحويصلة (التضاعف والنمو)
luteal phase of. 1077f. 1079 طور الجسم الأصفر
menstrual phase of. 1079 طور الطمث
ovulation 1077f. 1079f إباضة
secretory phase of. 1079 طور إفرازي
Menstruation. 1072 طمث

Mercury, atmospheric emissions, 1228
الزئبق، انبعاثات جوية
Mereschkowsky, Konstantin, 564
قسطنطين ميريشكوفسكلي
Meristem, 372–73, 719–20, 719f
مرستيم
apical, 390, 391f, 720.720–21f, 725, 727, 727f.730f, 732, 732f, 743f, 819f
قمي
floral, 834, 834–35f
زهري
ground, 720, 721f, 727–28.727f, 743f, 747
أساسي
intercalary, 720
سلامي
juvenile, 828
يافع
lateral, 720, 725, 733f
طرفي
primary, 720, 747
أولي
Meristematic development, 390, 391f
التكوين الجنيني المرستيمي
Merkel cells, 898t, 901f, 902
خلايا ميركل
Meroblastic cleavage, 1093t.1094, 1094f
تَفلُّج جزئي الانشطار
Merodiploid, 550
خلية ثنائي التركيب الجيني الجزئي
Merozoite, 570f
ميروزويت
Meselson–Stahl experiment, 263–64, 263f
تجربة ميسلون وستال
Mesenchyme, 946, 947f, 1095
نسيج ميزنكيمي
Mesocarp, 750–51f
غلاف أوسط
Mesoderm, 625, 625f, 627f, 628.640, 852, 1088t, 1095–97.1095t, 1096–97f, 1101.1101f, 1103f
ميزودرم
Mesoglea, 640, 640f, 944
طبقة وسطى، كتلة هلامية
Mesohippus, 424f *Mesohippus*
Mesohyl, 638, 1044
الظهارة المتوسطة
Mesolecithal cleavage, 1093t
بيوض متوسطة المح
Mesophyll, 161–62, 161f.737, 770
نسيج متوسط
palisade, 737, 738f
عمادي
spongy, 737, 738f
أسفنجي
Mesopotamia, 776
ما بين النهرين
Mesostigmatales, 516f Mesostigmatales
Messenger RNA (mRNA), *See also* Primary transcript, 69, 282–83, 281
RNA الرسول (mRNA). انظر أيضًا النسخة الأولية
artificial، صناعي
cap, 288, 288f ،5 قلنسوة 5
as cytoplasmic determinants, 382–84,
383–84f بوصفها محددّات سيتوبلازمية
degradation of, 321
تحطيم
making cDNA library, 330–31, 331f
صنع مكتبة وراثية (إنتاج مجموع جيني)
mature 288 ناضج
poly-A tail of 288, 288f ذيل عديد الأدنين
posttranscriptional control in eukaryotes, 317–20f 317–21, التنظيم (التحكم) بعد النسخ في حقيقيات النوى
produced by maternal genes, 380,
381f, 382–84, 383–84f تنتج عن طريق الجينات الأمية
translation of, *See* Translation transport from nucleus, 320–21, 320f
انظر النقل من النواة لغرض الترجمة
transport in phloem, 770
النقل في اللحاء
Metabolic rate, 977, 1018, 1103
معدّل الأيض
body size and, 1021, 1021f
حجم الجسم و
Metabolism, 115, 504
أيض (استقلاب)
as *Chara*cteristic of life, 504
بوصفها خاصية للحياة
biochemical pathways, 115, 115f
مسلك كيميائي حيوي
Metabolite, secondary, 792, 793t.794–95
أيضية، ثانوية
Metacercaria, 646, 646f
ما بعد السركاريا
Metal, phytoremediation for, 786, 786f
معدن، إزالة الملوثات
Metamorphosis, 675
التحول (تحول بعدي)
in amphibians, 934, 934f, 1071
في البرمائيات
complete, 675
المكتمل
in insects, 380, 675, 939–40, 940f
في الحشرات
simple, 675
البسيط
Metaphase
الطور الاستوائي
meiosis I, 210, 210–12f, 214f
الانقسام الاختزالي الأول
meiosis II, 211, 213f, 215f
الانقسام الاختزالي الثاني
mitotic, 191f, 193–94, 194–95f,
214f
الانقسام المتساوي
Metaphase plate, 193–94.194–95f, 210, 211f
صفيحة الطور الإستوائي
Metapopulation, 1141, 1141f
فوق الجماعات
source–sink, 1151
المصدر – والمهبط
Metazoan, origin of, 632
حيوان بعدي (نشأة)
Methane, 558, 1190f, 1191, 1232
ميثان
Methanobacterium, 510f
Methanobacterium
Methanococcus, 510f, 544f *Methanococcus*
Methanogen, 136, 512, 513f, 1190 f, 1191
منتج ميثان
Methanopyrus, 510f Methanopyrus
Methionine, 46, 47f, 511t
ميثيونين
Methylation إضافة مجموعة الميثيل (إضافة الميثيل)
of DNA, 251, 316, 316f, 479
لِ DNA
of histones, 316
لِ الهستونات
5-Methylcytosine, 316, 316f 5 – ميثيل سايتوسين
Methyl-G cap, 288
قلنسوة ميثيل الغوانين
Methyl group, 34f
مجموعة ميثيل
MHC, *See* Major histocompatibility complex, 180
بروتينات معقد التوافق النسيجي الرئيس
Micelle, 55–56, 56f
قطيرة كروية
Microarray DNA, ذو الترتيب الدقيق DNA, *See* DNA microarray protein, 364
انظر بروتين DNA ذي الترتيب الدقيق
Microbody, 73, 73f, 79t
جسم دقيق
Microclimate, 1216
مناخ دقيق (مناخ محلي)
Microfossil, 540, 540f
أحفورة دقيقة
Microgametophyte, 599f, 838, 838f
نبات جاميتي صغير
Micrognathozoa, 629f, 631t, 637.637f, 648
ذات الفكوك الصغيرة
Micronucleus, 572–73, 572f
نواة صغيرة
Micronutrients, in plants, 776, 777t
المغذيات الصغيرة، في النباتات
Microphyll, 736
ورقة دقيقة
Micropyle 594, 595f, 598f.599–600, 742f
نقير
Micro-RNA (miRNA), 317, 318f
RNA الدقيق
Microscope, *See also specific types of microscopes* 60–62
مجهر، انظر أيضًا أنواع متخصصة من المجاهر
invention of, 60
اختراع
resolution of, 61
قوة الفصل
types of, 61
أنواع
Microsporangium, 594, 837
محفظة بوغية صغيرة
Microspore, 594, 595f, 599–600.838–39, 838f
بوغ صغير
Microspore mother cell, 594.594f, 599f, 838, 838f
أم الأبواغ الصغيرة
Microsporidia, 608
ميكروسبوريديا
Microtubule(s) 77–78, 77f, 80.82t, 187f
أنيبيب دقيق (أنيبيبات دقيقة)
kinetochore, 187f, 192f, 193.212–13f
نقطة الاتصال
spindle, 187f
مغزل
Microtubule-organizing center, 78
مركز منظّم للأنيبيبات الدقيقة
Microvilli, 66f, 854, 970, 970f
خملات دقيقة
Midbrain, 885–86, 885f, 885t
دماغ أوسط
Mid-digital hair, 225t
الشعر على عقل الأصابع الوسطى
Middle ear, 904, 904f
أذن وسطى
Middle lamella, 81, 81f, 196
صفيحة وسطى
Miescher, Friedrich, 258
فريدريك ميشر
Migration, 1125–26, 1125–26f
هجرة
of birds, 1125–26, 1126f, 1233
الطيور
of monarch butterfly, 1125, 1125f
الفراشة الملكية
orientation and, 1125–27, 1125 - 26f
تحديد الاتجاه
of green sea turtles, 1127
سلحفاة البحر الخضراء
Migratory locust (*Locusta migratoria*), 1159f
الجراد المهاجر (*Locusta migratoria*)
MIH, *See* Melanotropin-inhibiting hormone, MIH
انظر الهرمون المثبط للهرمون المنبه للخلايا الصبغية (MIH)
Milk, 704, 933, 1111
الحليب
Milk-ejection reflex, 929
الفعل الانعكاسي لإدرار الحليب
Milk let-down reflex, 1111
منعكس إدرار الحليب
Milk snake (*Lampropeltis triangulum*), geographic variation in, 434f
أفعى الحليب (*Lampropeltis triangulum*)، الاختلافات الجغرافية في
Milk sugar, *See* Lactose
سكر الحليب، انظر لاكتوز
Milkweed, 752, 1175, 1177
عشبة الحليب (صقلاب)
Miller, Stanley L., 505
ستانلي ل. ميلر
Miller–Urey experiment, 505–6, 505f
تجربة ميلر ويوري
Millipede, 518, 630t, 666t, 670–71, 670f
ذات الألف قدم
Mimicry، محاكاة
Batesian, 1177–78, 1177f
باتيسية
Müllerian, 1177f, 1178
موليرية
Mineral(s) عنصر معدني (عناصر معدنية)
absorption by plants, 763 - 64, 763 - 64 f
الامتصاص عن طريق النباتات
essential, 979
ضرورية
in plants, 777f, 777t
في النباتات
in soil, 774–75, 774–75f
في التربة
transport in plants, 757–70, 758-59f, 764f, 766f, 769 f
النقل في النباتات
Mineralocorticoid, 936
ستيرويد قشري معدني
Mine spill, 786f
تسرب نفايات
Minimal medium, 552
وسط الحد الأدنى للغذاء
Minke whale, 1250, 1250f
حوت المنك
Minnow, 904
سمك المنَوّه
Minor groove, 261f
أخدود ثانوي
Mint, 792, 837
نعنع
sequence تعاقب 10– 284, 285f
sequence تعاقب 35– 284, 285f
Miracidium, 646, 646f
ميراسيديوم
miRNA. *See* Micro-RNA miRNA. انظر RNA الدقيق
Mistletoe (*Arceuthobium*), 1149
نبات الهدال (*Arceuthobium*)
Mite, 666, 669–70
حُلم
Mitochondria, 74–76, 74f, 79t,82t, 123f, 514t
الميتوكندريا
division of, 75
انقسام
DNA of, 75, 338, 565 DNA
الشيفرة الوراثية في genetic code in, 282
المحتوى الجيني genome of, 361
كاينيتوبلاستيدات of kinetoplastids, 568
وراثة أمّية maternal inheritance, 242
نشوء origin of, 76, 76f, 512, 513f.564, 564f
ribosomes of, 74f
الرايبوسومات في
Mitogen, 173
مولد الانقسام
Mitogen-activated protein (MAP) kinase, 173–75, 174–75f.179, 200, 201f, 376.376–77f
الأنزيمات المفسفرة للبروتين المحفز بمولدات الانقسام
Mitosis, 188, 191, 191f, 193–95.194–95f
الانقسام المتساوي
compared to meiosis, 214–16.214–15f
مقارنة بالانقسام الاختزالي
evolution of, 565
نشوء
in fungi, 604–6
في الفطريات
Mitral valve, 987–88f, 988
صمام ثنائي الشُرفات
Mixotroph, 566
خلطية التغذية
Moa, 1239
طائر الموا
Mockingbird, 701t
الطائر المحاكي
Model building, 7
بناء نموذج
Modified ratio, 233–34, 234f
نسبة معدلة
Molar (teeth), 705, 705f.966, 966f
طاحن (الأسنان)
Molar concentration, 29
تركيز مولاري (تركيز مولي) (تركيز جزيئي)
Mold, 610, 613
عفن
Mole, 29, 428f, 708t
مول (جزيئي) (خُلد)
Molecular clock, 458
الساعة الجزيئية
Molecular cloning, 328
الاستنسال الجزيئي *See also* Cloning
انظر أيضًا استنسال
Molecular motor, 78, 78f
محرك جزيئي
Molecular record, evidence for evolution, 11، 11f
الدليل الجزيئي، دليل على التطور
Molecular systematics, 629, 629f
علم التصنيف الجزيئي
Molecule, 2f, 3, 23
جزيئة
Mollusca (phylum), 629f, 630t,637, 654–60, 654–60f
الرخويات (قبيلة)
Mollusk 630t, 637, 637f, 654–60.654–60f
رخوي
body plan of, 655–57, 655f
خطة الجسم
circulatory system of, 657
الجهاز الدوري
classes of, 657–60
طوائف
diversity among, 654–55, 654f
التنوع بين
economic significance of, 655
الأهمية الاقتصادية
evolution of, 655
تطور
eye of, 427, 427f, 498, 498f, 911،

عين 911f
excretion in. 656–57 الإخراج في
feeding and prey capture in. 656. 656f التغذية والإمساك بالفريسة في
locomotion in. 959 الحركة في
reproduction in. 657. 657f التكاثر في
shell of. 655–56 صدفة
Molting الانسلاخ
in arthropods. 667 في المفصليات
in insects. 938–40. 939–40f. 945 في الحشرات
Molting hormone. 939–40f. 940 هرمون الانسلاخ
Molybdenum. 114. 980 مولبيديوم
in plants. 776. 777t في النباتات
Monarch butterfly (*Danaus plexippus*). 1175 الفراشة الملكية (*Danaus plexippus*)
defenses against predators. 1175–76. 1176f الدفاع ضد المفترسات
migration of. 1125. 1125f هجرة
Monitor lizard. 699. 1239 عضاءة الورل
Monkey. 708t. 709. 842. 979.1203. 1248 قرد
New World. 709. 709–10f العالم الحديث
Old World. 709. 709–10f العالم القديم
parent–offspring interactions in. 1122. 1122f تفاعل الآباء والأبناء في
Monoclonal antibody. 1061–63 جسم مضاد وحيد السلالة
in cancer treatment. 1062–63. 1062f في علاج السرطان
production of. 1061. 1061f إنتاج
using to detect antigens. 1061–62. 1062f يستخدم للكشف عن مولدات الضد
Monocot. 597f. 598 ذات الفلقة الواحدة
leaves of. 732–33. 736f. 737 أوراق
root of. 729f. 730 جذور
stem of. 733f. 754f ساق
Monocytes. 946. 947f. 997–98f.1041–42. 1046. 1047t خلايا بيضاء وحيدة النواة
Monod, Jacques. 308 جاك مونود
Monoecious plant 843 نبات أحادي المسكن
Monogamy. 1136 زواج أحادي
Monogenea. 645–46. 646f وحيدة السلالة
Monoglyceride. 971f أحادي الجليسرول
Monohybrid cross. 222–26. 225f. 228–29 تزاوج أحادي الهجين
Monokaryotic hyphae. 605 خيط وحيد النواة
Monomer. 35. 36f مونمر
Monophyletic group. 458. 459f. 460–61 مجموعة وحيدة الأصل
MONOPTEROS gene, in *Arabidopsis*. 746. 746f جين *MONOPTEROS*، في نبات رشاد الجدران
Monosaccharide. 36–37f. 37–38.971f. 972 سكريات أحادية التسكر
Monosomy. 188. 249 فردية الصبغيات (الكروموسومات) (أحادي النسخة الكروموسومية الجسمية)
Monotreme. 520f. 706–7. 707f. 1072. 1072f وحيدة المسلك
Monsoon. 1215 رياح الموسمية
Monsoon forest, tropical. 1216f. 1217 غابة الرياح الموسمية الاستوائية
Moon snail. 656 حلزون القمر
Moose. 1132. 1220 الموظ
Morel (*Morchella esculenta*). 605. 607t. 610. 611f الغوشنة
Morgan, Lloyd. 1124 لويد مورجان
Morgan, Thomas Hunt, experiments with fruit flies. 238–39. 238f. 243–44 تجارب توماس هانت مورجان على ذبابة الفاكهة
Mormon cricket. 1134. 1134f صرصور المورمون
Morning–after pill. 1083 قرص صباح ما بعد الجماع
Morphine. 792. 793t. 881 مورفين
Morphogen. 381–82. 383–85.383–84f. 1092.1104. 1105f بروتين محدّد للشكل (مورفوجين) مُشكِّل
Morphogenesis. 370. 387–90.388–91f. 747. 828 التشكّل (التشكيل)
branching. 1100 التفرعي
in plants. 390. 391f. 747–48. 747f في النباتات
Morphology, adaptation to envi ronmental change. 1146 شكلي (مورفولوجي)، التكيف للتغيرات البيئية
Mortality. 1152 وفاة أو فنائية
Mortality rate. 1153. 1153t معدل وفاة أو فنائية (معدل الفناء)
Morula. 623. 1079f تويتة
Mosaic, genetic. 241 فسيفسائية الوراثة
Mosquito. 188t. 570f. 571. 674.674f. 1234 البعوض
Moss. 460f. 582f. 583. 586–88.587f. 1184. 1184f حزاز طحلبي
Moss animal. 630t حيوان طحلبي
Moth. 672–73f. 673t. 674. 675f.840. 841f. 1177 عث
Mother figure," 1122" شكل أم
Mother–of–pearl. 655–56 أم اللؤلؤ
Motif, protein. 50. 51f. 364. 364f موتيف، بروتين
Motility. 514t الحركة
Motion sensing. 898t الإحساس بالحركة
Motor cortex, primary. 887. 887f القشرة الحركية الأساسية
Motor effectors. 870 أعضاء مستجيبة حركية
Motor neuron. 860t. 870. 870f. 890- 91 f. 891- 94. 956 عصبون حركي (عصبون صادر)
somatic. 956 جسمي
Motor protein 78. 78f. 193. 382. 383f. 954 بروتين محرك
Motor unit. 956f. 957 وحدة حركية
Mountain ash (Sorbus). 737f نبات السدر الجبلي (Sorbus)
Mountain lion. 1182. 1203 أسد الجبل
Mountain zone. 1216f. 1217 منطقة جبال
Mouse (*Mus musculus*). 708t فأر (*Mus musculus*)
behavioral genetics in. 1118–19. 1119f السلوك الوراثي في
coat color in. 403. 403f لون الفراء في
embryo of. 682f جنين
genome of. 355f. 359. 472t. 474. 480. 484- 85 المادة الوراثية
homeotic genes in. 386f الجينات المتجانسة في
knockout. 339–40. 340–41f تعطيل
marsupial. 428f جرابي
maternal care in. 1118–19. 1119f عناية الأم في
ob gene in. 978. 978f ob الجين في
Mouth. 964–67. 964f. 967f. 984f فم
Mouthparts أجزاء الفم
of arthropods. 666t في المفصليات
of insects. 674. 674f في الحشرات
MPF. *See* M–phase–promoting factor
MPF، انظر عامل طور M
M phase. *See* Mitosis طور M، انظر الانقسام المتساوي
M–phase–promoting factor (MPF). 198 عامل محفز طور M
mRNA. *See* Messenger RNA mRNA. انظر RNA الرسول
MSH. *See* Melanocyte–stimulating hormone MSH. انظر الهرمون المنبه للخلايا الصبغية
Mucilaginous lubricant, of roots. 727 مادة مخاطية مقلّلة للاحتكاك في الجذور
Mucosa, of gastrointestinal tract. 965. 965f. 969–70f طبقة مخاطية، للقناة المعدية المعوية
Mucosa–associated lymphatic tissue (MALT). 1047f. 1048–49. 1055 نسيج ليمفي مصاحب للنسيج المخاطي (MALT)
Mucous cells. 969f خلايا مخاطية
Mucus. 1040 مخاط
Mud dragon. 627 رعاش الوحل
Mulberr 843 أشجار التوت
Mullein. 848 آذان الدب
Müller, Fritz. 1178 فرتز مولر
Müllerian mimicry. 1177f. 1178 تقليد موليرية
Mullis, Kary. 337 كاري مولس
Multicellularity 638 تعددية الخلايا
in animals. 622t في الحيوانات
in sponges. 638 الإسفنجيات
Multicellular organism. 514t مخلوق متعدد الخلايا
cell cycle control in. 200–201. 200f ضبط الدورة الخلوية في
Multidrug–resistant strains. 555 سلالات مقاومة للكثير من المضادات
Multienzyme complex. 112. 113f. 128 المعقد متعدد الأنزيمات (معقد عديد الإنزيمات)
Multigene family. 356 عائلة متعددة الجينات
Multinucleate hypothesis, for origin of metazoans. 632 فرضية متعددة الأنوية عن أصل الحيوانات البعدية
Multiple alleles. 230t. 231–33. 233f تعدد الأليلات
Multiple births. 1084 ولادات متعددة
Multiple cloning site (MCS). 328 موقع الاستنسال المتعدد (MCS)
Multiple fruit. 751f ثمرة متضاعفة
Mummichog (*Fundulus heteroclitus*). 403 السمكة القاتلة الصغيرة
Muscle، عضلة
insertion of. 952 مرتكز
lactic acid accumulation in. 137. 137f تراكم حمض اللبنيك في
length and tension of. 902 الطول والتوتر
metabolism during rest and exercise. 952- 58. 953- 57 f الأيض خلال الراحة والتمرين
origin of. 952 أصل
Muscle contraction. 858–59. 880. 952 انقباض العضلة
isometric. 952 متساوي الطول (القياسي)
isotonic. 952 متساوي التوتر (تواتري)
sensing of. 898t. 902. 902f الإحساس
sliding filament model of. 953–54. 953–54f آلية الخيوط المنزلقة
Muscle fascicle. 953f حزمة عضلية
Muscle fatigue. 958 تعب العضلة
Muscle fiber. 388. 858. 952. 953f. 957 ليف عضلي (ليف عضلي)
fast–twitch (type II). 957–58. 957f ألياف الومضة السريعة (النوع الثاني II)
slow–twitch (type I). 957–58. 957f ألياف الومضة البطيئة (النوع الأول I)
types of 957 أنواع
Muscle spindle. 890f. 902. 902f مغزل العضلة
Muscle stretch reflex. 902 فعل انعكاسي لشدّ العضلة
Muscle tissue 852. 858–59. 859t نسيج عضلي
Muscular dystrophy، مرض ضمور العضلات
Becker. 246f Becker
Duchenne. 225t. 246f. 247t دوشين
Emery–Dreifuss. 246f Emery–Dreifuss
Muscularis, of gastrointestinal tract. 965. 965f. 969–70f الطبقة العضلية في القناة المعدية المعوية
Muscular system. 862f جهاز عضلي
Musculoskeletal system. 861. 943–60 الجهاز العضلي الهيكلي
Mushroom. 604. 604f. 606. 607t. 612. 612f فطر عش الغراب
Musk–oxen. 1220 ثيران المسك
Mussel. 655. 658–59. 1131 بلح البحر
starfish predation on. 1182. 1182f افتراس نجم البحر لـ
Mustard. 821f. 841. 1175 خردل
Mustard oil. 1175–76 زيت الخردل
Mutagen. 273 مُطفّر (مسبب الطفرة)
Mutagenesis, in vitro. 339 التطفير في المختبر
Mutation الطفرة
cancer and. 202f السرطان و
evolution and. 300. 400. 400f. 405 التطور و
interactions among evolutionary forces. 405–6.405f. 492–93 التداخل بين القوى التطورية
kinds of. 298–300. 299–300f أنواع
in prokaryotes. 552 في بدائية النوى
Mutualism. 558. 614. 795. 1179–81. 1179f تبادل المنفعة (تكافؤ) (تقايض)
coevolution and. 1180 التطور المتلازم و
fungal–animal. 617. 617f فطري– حيواني
myb gene. 753f جين *myb*
Mycelium. 605. 605f الغزل الفطري
primary. 613 أولي
secondary. 613 ثانوي
Mycobacterium leprae. 555t
Mycobacterium leprae
Mycobacterium tuberculosis. 554–55. 554f. 555t بكتيريا السلّ الرئوي (التدرن الرئوي) *Mycobacterium tuberculosis*
evasion of immune system. 1063 تهرب من جهاز المناعة
multidrug–resistant strains. 555 سلالات مقاومة للكثير من المضادات
Mycologist. 604 عالم الفطريات
Mycology. 605 علم الفطريات
Mycoplasma. 64. 555t *Mycoplasma*
Mycorrhizae. 586. 615–16. 616f. 763. 780. 791. 1178 الفطريات الجذرية
arbuscular. 616. 616f. 620 الشجيرية
ectomycorrhizae. 616. 616f الخارجية
Myelin sheath. 860. 871–72. 871–72f. 877t. 878.878f. 891f غمد الميلين
Myeloid stem cells. 998f خلايا جذعية نخاعية
Myeloma cells. 1061. 1061f خلايا سرطانية
Myoblasts. 388 خلايا مولدة للعضلات
Myofibril. 859. 952–54. 953f. 956f ليفات
Myofilament. 952–54. 953f خيوط عضلية

ميوجلوبين Myoglobin, 45t, 957–58
ميوسين Myosin. *See also* 44f, 45, 45t, 80, 858, 953–55f, 954
خيط عضلي غليظ Thick myofilament،
Myotubular myopathy, 246f
Myotubular myopathy
Myrica faya, 1251 *Myrica faya*
متعددة الأرجل Myriapods, 666t
الجرّيث Myxini (class), 686f, 687, 687t (طائفة)
بكتيريا مخاطية Myxobacteria, 545f
Myzostoma mortenensi, 629f *Myzostoma mortenensi*
Myzostomid, 628–29, 629f, 637f, 661 ذات الفم الماص

N

.NAA. *See* Naphthalene acetic acid NAA
انظر حمض الأسيتيك
نيكوتين NAD; 43, 120, 120–21f, 980t
أميد أدينين ثنائي النيوكليوتيدات +NAD
as electron acceptor, 120–22, 120f
بوصفه مستقبل إلكترون
regeneration of, 125–27, 127f, 137, 137f إعادة تكوين
structure of, 121f تركيب
نازع الهيدروجين NADH NADH
contributing electrons to electron transport chain, 123f, 132, 132f
المساهمة بإلكترونات في سلسلة نقل الإلكترون
from fatty acid catabolism, 138, 139f
من هدم الأحماض الدهنية
from glycolysis, 123f, 124, 125f, 133–34f من التحلل الجلايكولي
inhibition of pyruvate dehydrogenase, 135, 135f تثبيط نازع هيدروجين البيروفيت
from Krebs cycle, 129, 129–30f, 131, 134f من دورة كربس
from pyruvate oxidation, 134f من أكسدة البيروفيت
recycling into NAD^+ 125–27, 127f, 137, 137f إعادة تدوير إلى NAD^+
structure of, 121f تركيب
نازع هيدروجين NADH dehydrogenase, 131, 242 أنزيم
NADP 980t NADP
NADPH NADPH
production in photosynthesis, 145, 145f, 147, 152–56, 155–56f إنتاج في عملية البناء الضوئي
use in Calvin cycle, 157–59, 158–59f استخدام في دورة كالفن
NADP reductase, 155, 155–56f الأنزيم مختزل NADP
خلايا ليمفية Naive lymphocytes, 1046 ساذجة
جرذ الخلد العاري Naked mole rat, 1140, 1142
Nanaloricus mysticus, 631t *Nanaloricus mysticus*
Nanoarchaeum equitens, 512 *Nanoarchaeum equitens*
nanos جين *nanos* gene, 382, 383f
بروتين Nanos protein, 382, 383f, 384 النانوس
Naphthalene acetic acid (NAA), 818 نفثالين حمض الأسيتيك (NAA)
تجويف أنفي Nasal cavity, 1006f
ممر أنفي Nasal passage, 909f
Natural killer cells, 1041–42, 1042f,
خلايا قاتلة طبيعية 1044, 1047t
Natural selection, 8, 10, 396–97, 402, 496f, 1137 الانتخاب الطبيعي
مفهوم ecological species concept 438 التنوع البيئي
دليل من evidence of, 416–19, 416–19f
التطور و evolution and, 10
experimental studies of, 410–11, 410–11f دراسات تجريبية في
صياغة invention of theory of, 9–10 فرضية
maintenance of variation in populations, 407, 407f الحفاظ على الاختلافات بين المجموعات
في التنوع in speciation, 439–40
اختبار testing predictions of, 10–12 التكهنات
Nature-versus-nurture debate, 1116, 1118 جدل الوراثة ضد البيئة
يرقة النوبليس Nauplius larva, 671, 671f
الحبار أو *Nautilus*, 654–55, 659–60 النوتي
Navigation, 916, 1126–27, 1126f ملاحة
عن طريق الصوت by sound 906–7
إنسان وادي نيندر Neanderthals, 712
Near-shore habitat, Alaskan, 1252, 1253f بيئة قريبة من الشاطئ في ألاسكا
قصر البصر Nearsightedness, 912, 912f
Necator, 650 *Necator*
الموت النَّخر Necrosis, 388, 790
Nectar, 598, 840–41, 841f, 1128, 1132 رحيق
مفرزة Nectary, 598, 795, 840, 1180 رحيق
جين *nef* *nef* gene, 532f, 533
Negative feedback loop, 864–65, 864–65f, 930–31, 931f, 975, 1158 دورة التغذية الراجعة السلبية
جذب Negative gravitropism, 806f, 807 أرضي سالب (تأود أرضي)
انتحاء ضوئي Negative phototaxis, 1125 سلبي
Negative pressure breathing, 1005 التنفس بطريقة الضغط السلبي
فيروس سالب Negative-strand virus, 526 الشريط
Neisseria gonorrhoeae, 555t, 556, 556f, 1064 *Neisseria gonorrhoeae*
Neisseria meningitidis, 1048, 1064 *Neisseria meningitidis*
كيس Nematocyst, 630t, 641, 641f خيطي لاسع
Nematoda (phylum), 629f, 630t, 637–38, 648–50, 649f ديدان خيطية (ديدان أسطوانية) (شعبة) (قبيلة)
شبيهة الديدان Nematomorpha, 629f, 650 الأسطوانية
Nematode, 637f, 648–50, 649f، الدودة الأسطوانية
Nematodes elegans 984f. انظر أيضًا *Caenorhabditis elegans*
digestive tract of, 964, 964f القناة الهضمية لـ
مسبب المرض disease-causing, 649f, 650
eaten by fungi, 606f, 607 تؤكل عن طريق الفطريات
أنماط حياة lifestyles of, 649–50
طفيليات plant parasites, 790–91, 791f النباتات
عقدة جذرية root-knot, 790, 791f
Nemertea (phylum), 629f, 631t, 637f, 647–48, 647f حوريات البحر (نيمرتيا) (الديدان الحورية)
ديدان خيطية Nemertodermatida, 629f جلدية
حديث الولادة Neonate, 1111
Neotiella rutilans, 208f *Neotiella rutilans*
Neotyphodium, 614, 614f *Neotyphodium*
Nephridia, 656, 661, 661f, 1025, 1025f نفريديا
Nephron, 1026, 1026f, 1030–32 وحدة أنبوبية كلوية
organization of, 1026f تنظيم
structure and filtration, 1030–32 التركيب والترشيح
عمليات transport processes in, 1033–34f النقل في
فم Nephrostome, 656, 1025, 1025f النفريديا
Nereis virens, 660f *Nereis virens*
المنطقة Neritic zone, 1223f, 1224 الضحلة
معادلة نيرست Nernst equation, 874
عصب Nerve 860, 862f, 872, 891f
stimulation of muscle contraction, 954–57, 956f استثارة انقباض العضلة
حبل عصبي Nerve cord, 884, 884f dorsal, 682–83, 682–83f, 685f, 1103f ظهري
غاز الأعصاب Nerve gas, 880
عامل نمو الأعصاب Nerve growth factor (NGF), 201, 388, 389f, 924 (NGF)
Nerve impulse 872–78, 873–78f السيال العصبي
زيادة increasing velocity of, 877–78 سرعة
muscle contraction and, 954–57, 956f انقباض العضلة و
شبكة عصبية Nerve net, 884, 884f
حلقة عصبية Nerve ring, 676
نسيج Nerve tissue, 852, 860–61, 860t عصبي
Nervous system 514t, 861, 862f, 869–94 الجهاز العصبي
في الحلقيات of annelids, 884, 884f
of arthropods, 668, 668f, 884–85, 884f في المفصليات
central. *See* Central nervous system مركزي. انظر الجهاز العصبي المركزي
في رأسية القدم of cephalopods, 659, 659f
في اللاسعات of cnidarians, 884, 884f
في شوكية الجلد of echinoderms, 884f
في الأسماك of fish, 885f
في of flatworms, 645, 645f, 884, 884f الديدان المسطحة
neurons and supporting cells, 870–71, 870–71f العصبونات والخلايا الداعمة
peripheral. *See* Peripheral nervous system طرفي. انظر جهاز عصبي طرفي
تنظيم الهضم regulation of digestion, 975
صافي الطاقة Net energy, 1131
Net primary productivity 1197, 1199, 1199f إنتاجية أولية صافية
قُرّيص Nettle 842
تجويف عصبي Neural cavity, 1107f
Neural crest, 684, 1088t, 1100–1103, 1101–3f عرف عصبي
طية عصبية Neural fold, 1096f, 1101f
Neural groove, 1088t, 1100, 1101f أخدود عصبي
Neural plate, 1096f, 1100, 1101f صفيحة عصبية
Neural tube, 684, 685f, 1088t, 1100, 1101f, 1108 أنبوب عصبي
Neuraminidase, 534, 1063 أنزيم Neuraminidase
انعكاس Neuroendocrine reflex, 929 عصبي غدي أصم
خيوط عصبية Neurofilament 77
خلايا الدبق Neuroglia, 860, 871–72 العصبي
هرمون عصبي Neurohormone, 920
Neurohypophysis 921f, 922t, 928, 929f نخامية عصبية
محوّر عصبي Neuromodulator, 881
Neuromuscular junction, 623t, 879, 879f, 956 مفصل عصبي عضلي
عصبون Neuron, 860, 860f, 870–71 f، انظر أيضًا *See also specific types* of neurons أنواع متخصصة من العصبون
organization of, 870 - 71, 870–71f تنظيم
ببتيد عصبي Neuropeptide, 881
ببتيد عصبي Y Neuropeptide Y, 978–79
النيروسبورا *Neurospora*
Beadle and Tatum's experiment with, 278 f- 79, 278 تجربة بيدل وتاتم على
chromosome number in, 188t عدد الكروموسومات في
nutritional mutants in, 278–79, 278f طفرات غذائية في
Neurotransmitter, 167, 167f, 875f, 878–79, 879–80f, 883f, 892t, 920–21, 920f, 956, 956f ناقل عصبي
drug addiction and, 882–83، إدمان على العقاقير
منشّط عصبي Neurotropin, 924
Neurulation, 389, 1088t, 1100–1101, 1101f, 1108 مرحلة تكوين الأنبوب العصبي (الجهاز العصبي) (التعصبن)
ذرة متعادلة Neutral atom, 19
Neutralization reaction (antigen antibody), 1054, 1054f تفاعلات المعادلة (مولد الضد – الجسم المضاد)
نيوترون Neutron, 18, 18f
Neutrophils, 997–98f, 1041–44, 1043f, 1046, 1047t خلايا متعادلة
سمندل Newt 691, 691t
New World monkey, 709, 709–10f سعدان العالم الجديد
New York City, watersheds of, 1243–44, 1244f مستجمع الأمطار في مدينة نيويورك
New Zealand alpine buttercup, 446–47, 447f الحوذان الجبلي في نيوزلندا
.NGF. *See* Nerve growth factor NGF انظر عامل نمو الأعصاب
Niacin. *See* Vitamin B_3 نياسين. انظر فيتامين ب 3
عش Niche, 1170
أساسي fundamental, 1170, 1170f
متحقق realized, 1170–71, 1170f
بيئات خاصة Niche overlap, 1171 (عش خاص)
جارث نيكلسون Nicolson, G. J., 86
Nicotinamide adenine dinucleotide. *See* NAD^+ نيكوتين أمايد ثنائي النيوكليوتيد. انظر NAD+
نيكوتين Nicotine, 792, 883, 1040–41
مستقبل النيكوتين Nicotine receptor, 883
مركز نيوكوب Nieuwkoop center, 1105–6
جينات *nif* *nif* genes, 557 (جينات تثبيث النيتروجين)
الرؤية الليلية الضعيفة Night blindness, 980t أو (العمى الليلي)
Nile perch (*Lates niloticus*), 446, 1251–52, 1252f, 1256 سمك الفرخ النيلي (*Lates niloticus*)
النمرود Nimravid, saber-toothed, 463f
أسنان مسيّفة النهم، Nine+two structure, 80, 80f, 542 تركيب

2 + 9
Nirenberg, Marshall, 280–81 مارشال نايرنبيرغ
Nitrate, 1193, 1193f, 1195 نترات
Nitric oxide, 171, 798, 996, 1118 أكسيد النتريك
as neurotransmitter, 881 بوصفه ناقلًا عصبيًّا
as paracrine regulator, 924 منظم نظير الصماء
and penile erection, 1075 انتصاب القضيب و
regulation of blood pressure and flow by, 996–97 تنظيم ضغط الدم وتدفقه عن طريق
transport in blood, 1014 انتقال في الدم
Nitric oxide synthase, 171 تخليق أكسيد النتريك
Nitrification, 553, 557, 1193, 1193f إنتاج النيترات (نترتة)
Nitrifier, 553 بكتيريا منتجة للنيترات
Nitrogen نيتروجين
atmospheric, 1004, 1192–93, 1193f الغلاف الجوي
electron energy levels for, 22f مستويات طاقة الإلكترونات لـ
fertilizer, 1193, 1193f أسمدة
in plants, 765, 776, 777t, 779–80, 779f, 783 في النباتات
structure of nitrogen gas, 24 f تركيب غاز النيتروجين
Nitrogenase, 557, 779, 779f نيتروجينيز
Nitrogen cycle, 1192–93, 1193f, 1195 دورة النيتروجين
Nitrogen fixation, 557–58, 727, 729, 779, 779f, 791, 1178, 1184, 1193 تثبيت النيتروجين
evolution of, 140 تطور
In nitrogen cycle, 1193, 1193f في دورة النيتروجين
Nitrogenous base, 41, 41–42f, 258, 258f قاعدة نيتروجينية
tautomeric forms of, 260 أشكال صنوية
Nitrogenous wastes, 1028–29, 1029f, 1032, 1193, 1193f فضلات نيتروجينية
Nitroglycerin, 171, 997 نيتروجلسرين (نيتروغلسرين)
Nitrosomonas, 545f *Nitrosomonas* أكسيد النتروز
Nitrous oxide, 1232 غاز نبيل
Noble gas, 21 مستقبل Nociceptor, 898t, 900–901 الألم
Noctiluca, 569f *Noctiluca*
Node (plant stem), 718f, 732, 732f عقدة (ساق النبات)
Nodes of Ranvier, 860, 871f, 872, 878f عقد رانفييه
Node factor, 779f عامل العقدة
Noggin protein, 1106, 1106f بروتين نوجين
Nonassociative learning, 1120 تعلم غير ارتباطي
Noncoelomate invertebrates, 635–50 لافقاريات لاسيلومية
Noncompetitive inhibitor, 114, 115f مثبط غير تنافسي
Noncyclic photophosphorylation, 154–55, 155f فسفرة ضوئية غير حلقية
Nondisjunction, 214–15, 249–50, 249–50f, 1084 عدم الانفصال
involving autosomes, 249–50, 249f الكروموسومات الجسمية
involving sex chromosomes, 250, 250f الكروموسومات الجنسية
Nonextreme archaebacteria, 512 البكتيريا القديمة غير المتطرفة
Nongranular leukocytes, 999 خلايا الدم البيضاء غير المحببة
Nonhair cells, 728f خلايا غير شعيرية
Nonpolar covalent bond, 24 رابطة تساهمية غير مستقطبة
Nonsense mutation, 298, 299f طفرة عديمة المعنى
Nonshivering thermogenesis, 1021 توليد حراري غير ارتجافي
Nonspecific immune defenses, 1040–44 مناعة لانوعية (فطرية)
Nonsteroidal anti-inflammatory drug (NSAID), 925, 1058 دواء مضاد للالتهاب غير الستيرويدي (NSAID)
Nontracheophyte, 586–88, 586–87f عديمة القصيبات
Nonvertebrate chordate, 683–84, 683–84f حبليات لافقرية
Noradrenaline. *See* Norepinephrine، نورأدرنالين. انظر نورابينفرين
Norepinephrine, 881, 892t, 893, 920–21, 923t, 936, 937f, 1102 نورابينفرين
Normal distribution, 231, 231f التوزيع الطبيعي
Normal flora, 1040–41 جراثيم متعايشة
Norrie disease, 246f Norrie disease مرض نوري
North equatorial current 1214f تيار استوائي شمالي
Northern blot, 332–34 طبعة نورذرن
Nostril, 1005–6f منخر
Notochord, , 493, 493f, 630t, 682–83, 682–83f, 685f, 1088t, 1100, 1101f, 1103f, 1104, 1106 حبل ظهري
NSAID. *See* Nonsteroidal antiinflammatory drug NSAID. انظر دواء مضاد للالتهاب غير الستيرويدي
NtrC protein (activator), 314f بروتين NtrC (منشّط)
Nucellus, 594, 595f, 598f نيوسيلة
Nuclear envelope, 62, 68, 68f, 187 غلاف f. 193–95, 194 f, 511 t, 514 t نووي
Nuclear lamins, 68, 68f لامينات نووية
Nuclear mitosis, 604–6 الانقسام النووي المتساوي
Nuclear pore, 68, 68f ثقب نووي
Nuclear receptor, 170 مستقبل نووي
Nuclear receptor superfamily, 170 فوق عائلة المستقبل النووي
Nuclease, 976t نيوكليز
Nucleic acids *See also* DNA; RNA 33, 35, 36f, 41, 258. آحماض نووية، انظر DNA، RNA
functions of, 35t وظيفة
structure of, 35t, 41–43 تركيب
Nuclein, 258 النّوين
Nucleoid, 62, 63f, 186, 542, 542f نظير النواة
Nucleoid region, 548 منطقة النواة
Nucleolus 68, 68f, 69, 79t نوية
Nucleosome, 68, 189, 189f, 315, 316f جسيم نووي
Nucleotide, 36f, 41, 41f, 43, 258, 258f نيوكليوتيد
numbering carbon atoms in, 258–59, 258f ترقيم ذرات الكربون في
Nucleus, cellular, 65–69, 66f, 79t, 82t نواة، خلوي
origin of, 563, 563f أصل
transplantation of زراعة in amphibians 376–77 في البرمائيات
cloning of animals, 376–77f, 377–78 استنسال في الحيوانات
transport of RNA out of, 320–21, 320f نقل RNA للخارج
Nudibranch, 654, 658, 658f عاري الخياشيم
Numbat 428f نمبات
Nurse cells, 380, 381f, 382 خلايا حاضنة
Nursing, 1111 حضانة
Nüsslein-Volhard, Christiane, 382, 382f كرستيان نسلين فولهارد
Nut(s), 752 مكسرات
Nutrient، مادة غذائية
essential, 979–80, 980t ضرورية
limiting, 1194 محددة
plant, 776–78, 777–78f, 777t نبات
transport in blood 997 نقل في الدم
Nutrition, 514t تغذية
Nutritional deficiencies, in fish, 687 نواقص تغذوية في الأسماك
Nutritional mutants, in، مسبب الطفرات الغذائية في
Neurospora, 278–79, 278f نيوروسبورا حورية
Nymph, 1202

O

Oak (*Quercus*), 726, 736, 737f, 828, 829f, 842 بلوط (*Quercus*)
hybridization between species, 435 تزاوج بين الأنواع
Oat (*Avena sativa*), 815f شوفان (*Avena sativa*)
Obelia, 642, 642f أوبيليا
Obesity, 938, 977–79 سُمنة
ob gene, in mice, 978, 978f جين *ob*، في الفئران
Obligate symbiosis 614 تعايش إجباري
Observation, 5f ملاحظات
Occipital lobe, 886–87f, 887, 915, 915f فص قفوي
Ocean محيط
iron in, 1194, 1195f, 1223 الحديد في
oligotrophic, 1224, 1224f قليل التغذية
open, 1223–24 مفتوح
Ocean circulation, 1214–16, 1214f دورة المحيط
Ocean perch, 1252, 1253f سمك فرخ المحيط
Ocelli, 668, 668f عيون بسيطة
Ocelot, 428f الأسلوت
Octet rule, 22, 22f, 24 قانون الثمانيّات
Octopus, 630t, 654, 656, 659–60, 659–60f, 944, 959 أخطبوط
Ocular albinism, 246f المهق العيني
Odonata (order), 673t, 674 الرعاشات (رتبة)
Odontogriphus, 632f *Odontogriphus*
Offspring نسل
number of, 404, 1155, 1155f عدد
parental investment per offspring, 1155–56, 1155f الاستثمار الأبوي لكل فرد من النسل
parent-offspring interactions, 1122–23, 1122f تفاعلات الآباء مع الأبناء
size of each, 1155, 1155f حجم كل من
Ogallala Aquifer, 1192 طبقة صخور أوغالالا المائية
Oil (fossil fuel), 1190f, 1191 بترول (وقود أحفوري)
clean up of oil spill, 558, 558f إزالة بقع النفط
oil-degrading bacteria, 558, 558f بكتيريا محطمة للنفط
Oils (plant), 53, 55, 792 زيوت (نبات)
in corn kernels 420 في أكواز الذرة
Okazaki fragment, 266, 268 268–69f قطع أوكازاكي
Old World monkey, 709, 709–10f سعدان العالم القديم
Olfaction. *See* Smell شم، انظر رائحة
Olfactory bulb, 885f, 909f بصلة شمية
Olfactory nerve, 898t, 909f عصب شمي
Olfactory receptor genes, 480–81, 481f جينات مستقبل الشم
Oligochaeta (class), 662 قليلة الأشواك (طائفة)
Oligodendrocytes, 871–72, 871f خلايا الدبق قليلة الزوائد
Oligosaccharin 813, 814t, 822 أوليغوساكرين
Oligotrophic lake, 1184, 1222 بحيرة قلية المواد الغذائية
Oligotrophic ocean 1224, 1224f محيط قليل التغذية
Olive oil, 53 زيت الزيتون
Omasum, 973, 973–74f ذات التلافيف
Ommatidia, 668, 668f أوماتيديا (عُيينات)
phenotypic variation in, 412, 412f اختلاف الطرز الشكلية
Omnivore, 964, 966f خليط التغذية
*Onco*gene, 172, 201, 299, 535 جين مُسرطن
One-gene/one-enzyme hypothesis, 279 فرضية الجين الواحد / الأنزيم - الواحد
One-gene/one-polypeptide hypothesis, 279 فرضية جين واحد/ عديد ببتيد واحد
Onion, 734, 735f, 754 بصلة
On the Origin of Species (Darwin), 8, 396, 454f حول أصل الأنواع (داروين)
Onychophora (phylum), 627, 629, 631 t حاملة المخالب (رتبة)
Onymacris unguicularis, 1146f *Onymacris unguicularis* الخنفساء جامعة الضباب
Oocyst, 570f كيس بويضات (خلية بيضة)
primary, 1076, 1078f ابتدائي
secondary, 1077–78, 1078–79f ثانوي
Oogenesis, 1078f تكوين البيضة
Oomycete, 573, 575 فطريات بيضية
Opabinia, 632f *Opabinia*
Open circulatory system, 625, 657, 984f, 985 جهاز دوري مفتوح
Open ocean, 1223–24 محيط مفتوح
Open reading frame (ORF), 356 إطار القراءة المفتوح (ORF)
Operant conditioning, 1120–21 ارتباط الفاعل
Operator, 307 مشغِّل
Opercular cavity, 1002, 1002f تجويف
Operculum, 689f, 690, 1002, 1002–3f غطاء الخياشيم (غطاء خيشومي)
Operon, 286, 308–12 المنطقة الفعالة
Opiate, endogenous, 881 أفيونات منتجة داخلياً
Opiate receptor, 881 مستقبل أفيون
Opium, 881 أفيون
Opium poppy (*Papaver somniferum*), 793t أفيون (خشخاش) (*Papaver somniferum*)
Opossum, 188t, 707, 707f, 1072, 1080 الأبوسوم (منقار البط)
Opposite leaf, 732, 732f ورقة متقابلة
Opsin, 912, 914 أوبسين
Optic chiasm, 885–86f, 915f تصلب بصري
Optic nerve, 427, 911f, 913f, 915f

عصب بصري
Optic recess 886f ثنية بصرية
Optic stalk. 1107f سويقة بصرية
Optic tectum. 885. 885–86f سقف بصري
Optimal foraging theory. 1131–32 نظرية جمع الغذاء الأمثل
Optimum pH. 114. 114f درجة الحموضة المثلى
Optimum temperature. 114. 114f درجة الحرارة المثلى
Oral cavity. 965f تجويف الفم
Oral contraceptives. 1081f. 1082–83. 1082t أقراص موانع الحمل عن طريق الفم
risk involved with. 1083 الخطر من استخدام
Oral surface 676 سطح فمي
Oral valve. 1002f صمام فمي
Orange. 823. 837 برتقال
Orangutan (*Pongo*). 454f. 709. 710f إنسان الغاب (*Pongo*)
genome of. 480. 480f المحتوى الجيني
Orbital of electron 19–22. 20f مدار الالكترون
Orca. *See* Killer whale حوت أوركا. انظر الحوت القاتل
Orchid. 730f. 731. 752. 811.837. 837f سحلب
Orchidaceae (family) 837f السحلبيات (عائلة)
Order (taxonomic). 508f. 509 رتبة (تصنيفية)
Oreaster occidentalis. 678f نجم البحر *Oreaster occidentalis*
ORF. *See* Open reading frame ORF. انظر إطار القراءة المفتوح
Organ. 2f. 4. 852. 852f عضو
Organelle. 2f. 3. 62. 65. 79t.82t. 511t عُضيّة
Organic chemistry. 33 كيمياء عضوية
Organic compound. 22 مركبات عضوية
Organism. 3–4. 3f مخلوق حي
Organizer. 1104–6 منظم
Organ of Corti. 898t. 905. 905f عضو كورتي
Organogenesis. 1088t. 1098–1103.1099–1103f. 1110 مرحلة تكوين الأعضاء
Organ system. 3f. 4. 852. 852f.861. 862–63f جهاز عضوي
Orgasm. 929 نشوة
oriC site. 265 موقع *oriC*
Orientation. 916. 1125 تحديد الاتجاه أو توجه
migratory behavior and. 1125–27. 1125–26f سلوك الهجرة و
Origin of life. 504–7. 504–6f نشأة الحياة
deep in Earth's crust. 505 في قاع قشرة الأرض
extraterrestrial. 504. 504f خارج الكرة الأرضية
Miller–Urey experiment. 505–6. 505f تجربة ميلر ويوري
Origin of muscle. 952 أصل العضلة (مُثبّت العضلة)
Origin of replication. 265. 265f. 270. 328–39 منشأ التضاعف
Ornithine transcarbamylase deficiency. 246f نقص انزيم ناقل كاربأميل لأورنثين
Ornithischia (order). 695t زواحف ذات ورك يشبه الطيور (رتبة)
Orthologs 480 جين مستقيم
Orthoptera (order). 673f. 673t. 674 مستقيمة الأجنحة (رتبة)
Oryx. 1219 بقر الوحش
Oscillating selection. 407. 448 الانتخاب المتذبذب
Osculum. 639. 639f فويهة
Osmoconformer. 1024 مخلوق متطابق الأسموزية
Osmolality. 1023f المولارية الأسموزية
plasma. 929. 929f بلازما
Osmolarity. 1023–24. 1023–24f مولارية أسموزية
Osmoreceptor 929f. 996.1035. 1035f مستقبل أسموزي
Osmoregulator. 1024 مخلوق منظّم للأسموزية
Osmoregulatory functions. of hormones. 1034–36. 1035–36f التنظيم الأسموزي، للهرمونات
Osmoregulatory organs. 1024–26. 1025f الأعضاء المنظمة للأسموزية
Osmosis. 95–96. 95f. 102t.758–60. 758f خاصية أسموزية 1024
Osmotic balance. 97. 1023–24.1023–24f توازن أسموزي
Osmotic concentration. 96. 96f تركيز أسموزي
Osmotic potential. *See* Solute potential القدرة الأسموزية. انظر القدرة الأسموزية للمذاب
Osmotic pressure. 96. 96f. 1024 ضغط أسموزي
Osmotic protein. 45t بروتين أسموزي
Osmotroph 566 أسموزية التغذية
Osprey. 1227 عقاب
Ossicle. 676. 904 عظمية
Osteoblasts. 946. 947–49f. 948 خلايا بانية العظم
Osteoclasts. 935. 935f. 946.947f. 948 خلايا هادمة العظم
Osteocytes. 857t. 858. 946.947f. 948–49 خلايا عظمية
Ostracoderm. 687–88. 687t صدفية الجلد
Ostrich. 701t. 703 نعامة
Otolith. 904. 906f. 907 حصى الأذن
Otolith membrane. 907 غشاء حصى الأذن
Otolith organ. 904 عضو حصى الأذن
Otter. 1249 ثعلب
Ottoia. 632f *Ottoia*
Outcrossing. 839. 843–44. 843f تلقيح خارجي
Outer bark. 734 قلف خارجي
Outer ear. 904. 904f أذن خارجية
Outer membrane غشاء خارجي of chloroplasts. 75f. 144f للبلاستيدات الخضراء
of mitochondria. 74f للميتوكندريا
Outgroup. 456 مجموعة خارجية
Outgroup comparison. 456 مقارنة بالمجموعة الخارجية
Oval body. 689f جسم بيضوي
Oval window. 904–5. 904f شباك بيضوي
Ovarian cancer. 1083 سرطان المبيض
Ovarian follicle. 1076 حويصلة مبيضية
Ovary. 862–63f. 921f. 923t.1077–78f. 1080f مبيض
Ovary (plant). 598. 836f. 837. 844f مبيض (في النبات)
Overexploitation. 1249–50 الاستثمار الزائد
Oviduct. *See* Fallopian tube قناة فالوب. انظر قناة البيض.
Oviparity. 1070 وضع البيوض
Oviraptor. 462f *Oviraptor*
Ovoviviparity. 1070–71 ولادة البيوض
Ovulation. 932. 1072. 1077–79f، إباضة
prevention of. 1082–83 منع
Ovulator، الإباضة
cyclic. 1072 دورية
induced. 1072 تحفيزية
Ovule. 593. 836f. 837. 838f. 839 بويضة
Owl. 701t. 703. 906 بومة
Oxaloacetate. 128–31. 130f. 161–62. 162f أكسالوأستيت
Oxidation. 21. 107. 107f. 120. 120f تأكسد (أكسدة)
Oxidation–reduction (redox) reaction. 107. 107f. 115. 120–21. 120f تفاعل تأكسد- اختزال (تفاعل الأكسدة والاختزال)
Oxpecker. 1179–80. 1179f طيور نقار الثيران
Oxygen، الأكسجين
in air. 1004 في الهواء
atomic structure of. 18f. 24f البنية الذرية
in flooded soil. 768 في التربة المغمورة
in freshwater ecosystems. 1220–22 بيئات المياه العذبة
partial pressure in blood. 1009–10. 1010f الضغط الجزئي في الدم
from photosynthesis. 140. 144–47. 145f. 151–52. 152f من البناء الضوئي
in plants. 776. 777t في النباتات
transport in blood. 1000–1014. 1003f. 1012–14f النقل في الدم
Oxygen free radicals. 1041 الجذور الأكسجينية الحرة
Oxygenic photosynthesis. 542. 553 بناء ضوئي أكسجيني
Oxyhemoglobin. 1012 أوكسي هيموجلوبين
Oxyhemoglobin dissociation curve. 1012–13. 1013f منحنى انحلال أوكسي هيموجلوبين
Oxytocin. 45t. 922t. 929. 1075t. 1111. 1119 أوكسيتوسين
Oyster. 630t. 654–55. 658–59. 1153f. 1154 محار
evolution of. 423 تطور أل
Oyster mushroom (*Pleurotus osteatus*). 606f. 607 فطر المحار (*Pleurotus osteatus*)
Ozone. 273. 823. 1230 أوزون
Ozone hole. 273. 1230–31. 1230f ثقب الأوزون
Ozone layer. 1212 طبقة الأوزون

P

p53 gene. 201. 202f جين *p53*
p53 protein. 201. 202f. 340 بروتين p53
Paal, Arpad. 815 أرباد بال
Pacemaker, cardiac. 990. 990f صانع الخطو، القلب
Pacific giant octopus (*Octopus defleini*). 660f أخطبوط الهادي الكبير
Pacific yew (*Taxus brevifolia*). 793t. 794. 1242f الطقسوس الأطلسي
Pacinian corpuscle. 898t. 901f. 902 حويصلات باسيني
Pain, perception of. 881. 898t.900–901 الألم، إدراكًا
Pair-bonding. 929 تزاوج
voles. 1119–20. 1119f الخلد
Paired appendages, of fish. 686–87 زوجان من الزوائد للأسماك
Pair-rule genes. 382f. 385 جينات قانون - الأزواج
Pakicetus attocki. 423f *Pakicetus attocki*
paleoAP3 gene, in plants. 496–97. 496f جين *paleoAP3* في النباتات
Paleopolyploid. 477 تعدد المجموعة الأثري (الأحائي)
Palila 1251f حسّون باليلا
Palindrome. 326 باليندروم
Palisade mesophyll. 737. 738f نسيج وسطي عمادي
Palmately compound leaf. 737. 737f ورقة مركبة راحية
Palm oil. 55 زيت النخيل
Pancreas. 862f. 921f. 964–65f. 965.970. 971f. 975–76. 977f بنكرياس
as endocrine organ. 923t. 936–38. 938f بوصفه عضو غدة صماء
secretions of. 970. 971f إفرازات
Pancreatic duct. 970. 971f قناة بنكرياسية
Pancreatic juice. 965. 970. 971f عصارة هاضمة بنكرياسية
Panspermia. 504 بذور الحياة
Panting. 1021 لهث
Pantothenic acid. *See* Vitamin B_5 حمض البانتوثينك، انظر فيتامين B_5
Papermaking. 726 صناعة الورق
Papillae, of tongue. 908. 908f حلمات، للسان
Papillomavirus, human. 535 فيروس، باپيلوما، الإنسان
Papuan kingfisher (*Tanysiptera hydrocharis*). 440–41. 441f طائر الرفراف (*Tanysiptera hydrocharis*)
Papulae 677. 677f. 1001f بثرات
Parabasalids. 562f. 566–67. 567f نظير القاعدية
Parabronchi. 1006. 1007f قصبة جانبية
Paracrine regulator. 920. 920f. 924–25 منظم نظير الصماء
Paracrine signaling. 166. 167f إشارات جوارية
Paradise whydah, sexual selection. 1133f طائر فردوس الهدهد، انتخاب جنسي
Parallax 915 الزيغان
Paralog. 480 جين متوازي
Paramecium. 81f. 97. 97f. 572. 572f براميسيوم
competitive exclusion among species of. 1171. 1171f الإقصاء التنافسي بين أنواع
killer strains 573 سلالات قاتلة
life cycle of. 572f دورة حياة
predation by *Didinium*. 1174. 1174f الافتراس عن طريق *Didinium*
Paramylon granule. 568f حبيبة باراميلون
Paramyxovirus. 527t فيروس الحصبة
Paraphyletic group.. 458. 459f. 461. 461f مجموعة متوازية النشأة
Parapodia. 662 نظائر الأقدام
Parasexuality. 613 نظير الجنس
Parasite. 614 طفيلي
effect on competition. 1182 تأثير في التنافس
external. 1181. 1181f خارجي
internal. 1181 داخلي
manipulation of host behavior. 1181. 1181f التحكم الطفيلي في سلوك العائل
Parasitic plant. 781. 781f نبات متطفل
Parasitic root 731 جذر متطفل
Parasitism. 558. 1179. 1181 تطفل
brood. 1123. 1123f حضانة
Parasitoid. 1181 شبيه الطفيلي
Parasitoid wasp. 795–96. 796f دبابير متطفلة
Parastichopus parvimensis. 678f خيار البحر

ذو الثآليل *Parastichopus parvimensis*
Parasympathetic division, 870, 871f.
Parathion, 880
بارائيون
Parathyroid gland, 921f, 923t.
غدة جارة درقية 934–35, 935f
Parathyroid hormone (PTH), 923t.
هرمون جار درقي (PTH) 935, 935f
Paratyphoid fever, 554
حمى شبيه التيفوئيد
Parazoa, 628, 629f, 636–37f.
نظيرة الحيوانات 638–39, 639f
Parenchyma, نسيج برنشيمي 734f, 768f
Parenchyma cells, 723–24, 724f.
خلايا برنشيمية 725, 729
Parental care
رعاية أبوية
in birds, 461–62, 462f في الطيور
in crocodiles, 461–62, 462f في التماسيح
in dinosaurs, 461–62, 462f في الديناصورات
Parental investment, استثمار الآباء 1134
Parent–offspring interactions, 1122–23, 1122f
تفاعلات الآباء مع الأبناء
Parietal cells, 968, 969f, 975f
خلايا جدارية
Parietal eye, عين جدارية 698
Parietal lobe, فص جداري 886–87f, 887
Parietal pleural membrane, غشاء الجنب الجداري 1008
Parkinson disease, مرض 881, 888
الرعاش
Parnassius imperator, 675f *Parnassius imperator*
Parrot, ببغاء 701t, 703
Parrot feather (*Myriophyllum spicatum*), نبات ريشة الببغاء 786
Parsimony, principle of, 457–58, 457f
مبدأ التقتير أو الاقتصاد
Parsnip, جزر أبيض 731
Parthenogenesis, تكاثر عذري 1068, 1091
Partial diploid, خلية ثنائية التركيب الجيني جزئيًّا 550
Partial pressure, ضغط جزئي 1004, 1007
Passeriformes (order), 701t, 703
Passeriformes (رتبة)
Passive immunity, مناعة سلبية 1046
Passive transport, across plasma membrane, نقل سالب خلال الغشاء البلازمي 93–97, 758f
Pasteur, Louis, لويس باستور 6, 6f, 1045
Patent, gene-related, براءة اختراع 366
الجين
Paternity testing, اختبار الأبوة 1137
Pathogen, المُمرِّض (مُسبب المرض) (العامل المُمرِّض) 614, 1040
avirulent, غير النشط 797
that invade immune system, 1063–64, الذي يغزو جهاز المناعة 1064f
Pattern formation, 370, 380–87, تكوين النمط (التشكل الجنيني) 381–86f
in *Drosophila*, 380–87, 381–86f في ذبابة الفاكهة
in plants, في النباتات 387
Pavlov, Ivan, إيفان بافلوف 1120
Pavlovian conditioning. *See* Classical conditioning، ارتباط بافلوف. انظر الارتباط التقليدي
Pax6 gene, 498–500, 499–500f جين *Pax6*
Payne, Robert, روبرت بين 1182, 1182f
PCB, ثنائي الفنيل متعدد الكلور 392
PCNA. *See* Proliferating cell PCNA. انظر الأنتيجين النووي للخلايا المتكاثرة
nuclear antigen،
PCR. *See* Polymerase chain reaction.
PCR، تفاعل أنزيم المبلمر المتسلسل
PDGF. *See* Platelet-derived growth factor PDGF. عامل النمو المُشتق من الصفائح الدموية
Pea, 722f, 735, 748, 750f, 754, 779f, 837
بازيلاء
Peach, دراق 751f
Peacock (Pavo cristatus), sexual selection, طاووس (Pavo cristatus)، الانتخاب الجنسي 1133, 1133f
Peacock worm, دودة الطاووس 662
Peanut, فستق العبيد 618
Pear, إجاص 724, 724f
Pearl, لؤلؤ 655–56
Peat moss (*Sphagnum*), طحلب الخُثّ (*Sphagnum*) 588
Peccary, قوطي 1203
Pectin, بكتين 39
Pectoral girdle, الحزام الصدري 946
Pectoralis major muscle, العضلة الصدرية الكبرى 862f
Pedicel, عنق 598, 598f, 665f
Pedigree analysis, تحليل شجرة النسب 226, 226f, 240–41, 240f, 251
Pedipalp, لامس قدمي 669
Peer review, مراجعة الأقران 8
Pelagic zone, منطقة الإقيانوس 1223f
Pelizaeus–Merzbacher disease, 246f
Pelizaeus–Merzbacher disease
Pellagra, البلاجرا (الجلد الخشن) 980t
Pellicle, قشرة أو جليد 567–68, 568f, 571, 572f
Pelvic bones, of baleen whale, عظام الحوض في حوت البالين 427, 427f
Pelvic girdle, الحزام الحوضي 946
Pelvic inflammatory disease (PID), مرض الالتهاب الحوضي (PID) 556, 1083
Pelvis, حوض 710, 862f, 945f
Pelycosaur, بيليكوسور (الزواحف الحوضية) 696, 696f
Penetration, of host by virus, اختراق العائل بالفيروس 528
Penguin, بطريق 701t, 959, 1071f
Penicillin, بنسلين 64, 71, 547, 613, 1032
Penicillium, بنيسيليوم 610, 613, 613f
Penis, 863f, 1073, 1073f, 1075f
قضيب
Pennyroyal, نعنع الماء 792
Pentaradial symmetry, تماثل خماسي شعاعي 676
Peppered moth (*Biston betularia*), العث المفلفل (*Biston betularia*)
industrial melanism and, 418–19, الاصطباغ الصناعي بميلانين و 418–19f
Peppermint, نعنع 792
Pepsin, 114, 114f, 968, 975f, 976t
أنزيم ببسين
Pepsinogen, 968, 969f, 975, 975f
أنزيم مولد الببسين
Peptic ulcer, القرحة المعدية 555t, 556
Peptidase, ببتيديز 976t
Peptide bond, 46, 46f, 283, 294–95f, 295, 297f
رابطة ببتيدية
Peptide hormone, هرمون ببتيدي 921, 922–23t, 930
Peptidoglycan, 511t, 543, 546, 546–47f
Peptidyl transferase, أنزيم الناقل إلى الببتيد (أنزيم ناقل الببتيديل) 283, 293
Per capita resource consumption, 1164f مقدار الاستهلاك السنوي للمصادر
Peregrine falcon (*Falco peregrinus*), الجوال (*Falco peregrinus*)، التكاثر بالأسر captive breeding of, 1257, 1257f
Perennial plant, نبات معمّر 848, 848f
Perforation plate, صحيفة مثقبة 725f
Perforin, بروتين ثاقب 1041, 1042f, 1050
Pericardial cavity, تجويف شغافي 853, 853f
Pericarp, غلاف الثمرة 750, 750f
Pericentriolar material, مادة حول المريكز 78
Pericycle, حلقة محيطية (بريسيكل) 729f, 730, 730f, 779f
Periderm, بشرة محيطة (أدمة محيطة) 723, 734, 734f
Perilymph, ليمف خارجي 907
Periodic isolation, عزل دوري 446
Periodic table, الجدول الدوري 21, 22f
Periodontal ligament, أربطة حول سنية 967f
Periosteum, سمحاق العظم 948, 948f
Peripatus, 631t *Peripatus*
Peripheral chemoreceptor, مستقبل كيميائي خارجي (محيطي) 910
Peripheral membrane protein, 87, 87f, بروتين غشائي محيطي (خارجي) 92
Peripheral nervous system, جهاز عصبي 860, 870, 871f, 891–94, 891–94f
طرفي
Peripheral vascular disease, المرض الوعائي الطرفي 342t
Periplasmic space, فراغ حول البلازمي 547f
Perissodactyla (order), مفردة الحافر (رتبة) 520, 708t
Peristalsis, حركة دودية 968, 968f
Peritoneal cavity, تجويف بريتوني 853, 853f
Peritubular capillary, شعيرة حول أنبيبية 1031, 1031f
Periwinkle, الونكة 732f
Permafrost, جليد دائم 1220, 1232
Pernicious anemia, فقر الدَّم الوبيل (الخبيث) 968, 980t
Peroxisome, جسم فوق الأكسيد (بيروكسيسوم) 73, 73f
Pesticide, مبيدات 392, 1227, 1230
Pesticide resistance, in insects, مقاومة مبيدات الآفات، في الحشرات 403, 403f
Petal, بتلة 598, 598f, 835f, 836, 836f
development of, تطور أ 496–97, 496–97f
Petiole, عنق الورقة 732f, 736–37
Petrel, النوء 701t
Petunia, بتونيا 844
PGK deficiency, 246f PGK deficiency
pH, الرقم الهيدروجيني pH 29–30
of blood, للدم 910, 1012–13, 1013f
of cerebrospinal fluid, للسائل الدماغي الشوكي 910, 1010, 1010f
effect on enzymes, تأثير الأنزيمات 52, 114, 114f
pH scale, مقياس الرقم الهيدروجيني 29–30, 29f
of urine, للبول 1032
PHABULOSA gene, in *Arabidopsis*, جين *PHABULOSA*، في نبات رشاد الجدران 736f
Phage. *See* Bacteriophage آكل. انظر آكل البكتيريا
Phage conversion, التحول الفيروسي البكتيري 528–29
in *Vibrio cholerae*, البكتيريا المسببة للكوليرا *Vibrio cholerae* 528–29
Phagocytosis, 72, 100f, 101, 102t, بلع خلوي (بلعمة) 1041, 1041f, 1043f
Phagosome, أجسام الابتلاع 566, 1041
Phagotroph, ابتلاعية التغذية 566
Pharmaceuticals, مواد صيدلانية applications of genetic engineering, تطبيقات الهندسة الوراثية 345–46
from plants, من النباتات 793t, 794–95, 1242
Pharyngeal pouch, جيوب بلعومية 426f, 682–83, 683f
Pharyngeal slits, شقوق بلعومية 682, 682–83f, 1103
Pharynx, بلعوم 649, 649f, 661, 682, 682f, 964–65f, 965, 967f, 1006f
Phase change, in plants, تحول المرحلة، في النبات 828–29, 829f
Phase-contrast microscope, مجهر التَّباين الطوري 62t
PHAVOLUTA gene, in *Arabidopsis*, جين *PHAVOLUTA* في رشاد الجدران 736f
Pheasant, التدرُّج 701t
Phelloderm, أدمة فلينية (فلودرم) 723, 734, 734f
Phenotype, الطراز الظاهري 224, 404
Phenotype frequency, تكرار الطراز الشكلي 398f, 399
Phenotypic ratio, نسبة الطراز الظاهري (المظهري أو الشكلي) 224–27
Phenylalanine, فنل ألانين 46
Phenylalanine hydroxylase, أنزيم فينيل الأنين هيدروكسيليز 247t
Phenylketonuria (PKU), مرض فينيل كيتونيوريا (PKU) 247t, 252
Phenylthiocarbamide (PTC) sensitivity, تذوق الفينيلثيوكاربامايد (PTC) 225t
Pheromone, فيرمون (فرمون) 436, 675, 920, 1127–28, 1141
in ferns, في السرخسيات 821
Phloem, لحاء 588, 719, 725–26, 726f, 730f, 733–34f, 764f
pressure-flow theory of, نظرية التدفق بالضغط 770, 770f
primary, أولي 721f, 729f, 730, 733f
secondary, ثانوي 721f, 733f
transport in, النقل في 769–70, 769–70f
Phloem loading, تحميل اللحاء 770
Phlox, زهرة القبس 840
Phoronida (phylum), الفورونيد (قبيلة) 664–65, 665f
Phosphatase, محلل الفوسفات 168
Phosphate, inorganic, فوسفات لاعضوي 110, 1194, 1194f
Phosphate group, مجموعة الفوسفات 34, 34f, 55, 258–59
Phosphodiesterase, فوسفوداي إستريز 914, 914f
Phosphodiester bond, رابطة فوسفات ثنائية الإستر 41, 42f, 259–60, 259–60f
Phosphoenolpyruvate, فسفوإينول بيروفيت 126f, 160–62, 162f
Phosphoenolpyruvate carboxylase, أنزيم نازع كربوكسيل فوسفوإينول بيروفيت 160–62
Phosphofructokinase, فوسفو فركتوكاينيز 135, 135f
Phosphoglucoisomerase, فوسفو جلوكوز آيزوميريز 126f
2-Phosphoglycerate, فوسفوجلسيريت 126f, 2-
3-Phosphoglycerate, فسفوجلسيريت 126f, 157–59, 158f, 3-

Phosphoglycerokinase 126f فوسفو جلسيريت كاينيز
Phosphoglyceromutase 126f فوسفو جلسيريت ميوتيز
Phospholipase 178f محلل الدهون المفسفرة
Phospholipid. 35t. 55. 86 الدهون المفسفرة
in membranes. 55–56. 56f. 86–87.
87f. 89–90 في الأغشية
structure of. 55. 56f. 86.86f. 89 تركيب
Phosphorus الفوسفور
fertilizer. 1194. 1194f سماد
in plants. 765. 776. 777t.778. 780 في النباتات
polluted lakes 1223 بحيرات ملوثة
Phosphorus cycle. 1194. 1194f دورة الفوسفور
Phosphorylase kinase. 179. 179f مفسفر مضيف الفوسفات
Phosphorylation. of proteins. 167–68. 168f. 197–99. 202. 804. 873f.
927f 927–28. فسفرة البروتينات
Phosphotyrosine. 173 تايروسين المفسفر
Photic zone. 1221. 1221f. 1223f منطقة ضوئية
Photoautotroph. 553 ذاتية التغذية ضوئية
Photoefficiency. 149 الكفاءة الضوئية
Photoelectric effect. 148 التأثير الكهروضوئي
Photoheterotroph. 553 مخلوق ضوئي غير ذاتي التغذية
Photolyase. 273–74. 273f أنزيم التحليل الضوئي (فوتولاييز)
Photomorphogenesis. 802f. 808. 831 تشكل ضوئي (تشكل عضوي ضوئي)
Photon. 147–48 فوتون
Photoperiod. 830–32. 830–32f فترة ضوئية
Photophosphorylation، الفسفرة الضوئية
cyclic. 153. 153f. 156 الحلقية
noncyclic. 154–55. 155f غير الحلقية
Photopigment. 912–13. 912f صبغة ضوئية
Photopsin 912–13 فوتوبسين
Photoreceptor. 910. 910f مستقبل ضوئي
sensory transduction in. 913–15. 914f تحويل الإشارة الحسّية في
in vertebrates. 912–13. 912–13f في الفقريات
Photorepair 273–74. 273f إصلاح ضوئي
Photorespiration. 160–62. 160–62f.
782. 782f التنفس الضوئي
Photosynthesis. 106–7. 143–62.
1197 البناء الضوئي
anaerobic. 140 لا هوائي
anoxygenic. 144. 541–42. 553 لاأكسجيني
in bacteria. 64. 64f. 147.153. 153f في البكتيريا
C_3. 158. 160–62. 161–62f. 783 نوع C_3
C_4. 60–62. 161–62f. 782–83. 782f نوع C_4
Calvin cycle. 157–60. 158f. 782 حلقة كالفن
in carbon cycle. 1190–91. 1190f حلقة الكربون
discovery of 146–47 اكتشاف
electron transport system in. 152 نظام نقل الالكترون في
evolution of. 136–37. 140. 153 تطور
global climate change and. 782–83، 783f–82 تغير المناخ العالمي
light-dependent reactions of. 152–57. 153–57f التفاعلات المعتمدة على الضوء
oxygen from. 144–45 الأكسجين من
oxygenic 542. 553 أكسجيني
rate of. 782–83 معدل
saturation of. 150–51. 151f إشباع
soil and water in 146 التربة والماء في
summary of. 144–45 تلخيص
Photosynthetic pigments. 147–50 صبغات البناء الضوئي
absorption spectra of. 148–49. 148f طيف الامتصاص
Photosystem. 145. 150–52. 151f النظام الضوئي
architecture of 150–52. 151–52f بناء
of bacteria. 153. 153f في البكتيريا
of plants. 153–55. 154–57f في النبات
Photosystem I. 153–55. 155–56f.
I 157. 157f. 159f النظام الضوئي
Photosystem II. 153–55. 155–56f.
II 157. 157f. 159f النظام الضوئي
Phototaxis انتحاء ضوئي
negative. 1125 سلبي
positive. 1125 إيجابي
Phototroph. 566 ضوئية التغذية
Phototropin. 805. 805f. 831 فوتوتروبين
Phototropism. 802–5. 805f تأود ضوئي
auxin and. 816f الأوكسين و
negative. in *Drosophila*. 409. 409f سلبي، في نبات ذبابة الفاكهة
positive. in stems. 805. 805f إيجابي في السيقان
pH-tolerant archaebacteria. 512 البكتيريا القديمة المتحملة للتغير في الأس الهيدروجيني
Phycobilisome. 150. 575 أجسام فايكوبيلين
Phycobiloprotein 150 فيكوبيلوبروتين
Phycocyanin. 575 فايكوسيانين
Phycoerythrin. 575 فايكو إريثرين
Phyllotaxy. 732 تصنيف ترتيب الأوراق
Phylogenetics. 461–62. 462–66f النُّشُوئية
Phylogenetic species concept. 460–61. 461f النوع المعتمد على تاريخ نشوء الأنواع
Phylogenetic tree. 12 شجرة نشوء الأنواع
Phylogeny. 454. 454f تاريخ نشوء النوع (شجرة النشوء)
of animals. 629f في الحيوانات
based on rRNA sequences. 481–82 يعتمد على تسلسل rRNA
of fungi. 607f في الفطريات
of invertebrates. 636–38. 636–37f في اللافقريات
protostome أولية الفم
rRNA. 636. 637f RNA الرايبوسومي
traditional. 636. 636f تقليدية
Phylum. 508f. 509 قبيلة
Physical map. 350. 352–53 خريطة طبيعية
correlation with genetic map. 352–53 العلاقة مع الخريطة الجينية
landmarks on 332 المعالم على
types of. 350–51. 350–51f أنواع
Physical training. 958 تدريب حركي
Physiology. adaptation to environmental change. 1146 فسيولوجي، التكيف مع التغير البيئي
Phytoaccumulation 785f التجميع النباتي
Phytoalexin. 798 فايتوأليكسين
Phytochrome. 802–3. 802f. 831 فايتوكروم
–expression of *light-response* genes. 803 4، 804f التعبير عن جين الاستجابة للضوء
Phytodegradation. 785f التحليل النباتي
Phytoestrogen 793t. 794 إستروجين نباتي
Phytophthora infestans. 575 *Phytophthora infestans*
Phytoplankton. 1220–21. 1223. 1225 عوالق نباتية
Phytoremediation. 784–86. 785–86f المعالجة النباتية للملوثات
for heavy metals. 786. 786f العناصر الثقيلة
for trichloroethylene. 784–85. 785f ثلاثي كلور الإيثلين
for trinitrotoluene. 786 ثلاثي نيتروتولوين
Phytovolatilization 785f التبخير النباتي
PI gene. in plants. 496–97. 496–97f جين *PI* في النباتات
Piciformes (order). 701t Piciformes (رتبة)
Pickling. 52 تخليل
PID. *See* Pelvic inflammatory disease PID. انظر مرض الالتهاب الحوضي
Pied flycatcher 439. 439f صائد الذباب متعدد الألوان
Piezoelectric effect. 950 التأثير الكهربائي للضغط
PIF. *See* Prolactin-inhibiting factor PIF. انظر العامل المثبط لبرولاكتين
Pig. 708t. 964 خنزير
transgenic. 346 عابر للجينات
Pigeon. 701t. 1121. 1141f حمامة برية
homing instinct. 1125 ذات غريزة الوطن
Pigment. 147 صبغة
bile. *See* Bile pigment عصارة صفراوية. انظر صبغة صفراوية
photosynthetic. *See* Photosynthetic pigments، بناء ضوئي. انظر صبغات البناء الضوئي
Pika. 708t البيكة
Pikaia. 632f *Pikaia*
Pike cichlid (*Crenicichla alta*). 410–11. 410f سمكة البلطي المستدقة (*Crenicichla alta*)
Pilbara craton. 540–41 نواة القشرة القارية ليلبارا
Pillbug. 671 قمل الخشب
Pilobolus. 604f. 607t بايلوبولس
Pilus. 63f. 528–29. 548. 549f خيط شعري (هدب) (زائدة)
Pine. 589t. 594–95. 594f. 1220 صنوبر
Pineal gland. 886f. 921f. 923t. 939 غدة صنوبرية
Pineapple. 162. 162f. 751f. 818 أناناس
Pine cone. 749. 749f مخروط الصنوبر
Pine needle. 594 إبرة الصنوبر
Pinna 904f صيوان الأذن
Pinnately compound leaf. 737. 737f ورقة مركبة ريشة
Pinocytosis. 100f. 101. 102t شرب خلوي
Pinworm (*Enterobius*). 630t. 650 دودة دبوسية (*Enterobius*)
Pistil. 837 مدقة الزهرة
Pistillate flower. 843. 843f زهرة أنثوية
Pit(s) (fruit). 751f نقرة (نقر) (الثمرة)
Pit(s) (tracheids) 725. 725f نقرة (نقر) (القصيبات)
Pitch (sound). 904–5f. 906 حدة (الصوت)
Pitcher plant (*Nepenthes*). 738. 780. 780f نبات الدورق (*Nepenthes*)
Pith. 729f. 730. 733. 733f نخاع
Pit organ. 898t. 916. 916f عضو النقرة
Pituitary dwarfism. 933 قزمية النخامية
Pituitary gland. 862f. 885–86f. 888. 921f غدة نخامية
anterior. 928. 929–33. 931–32f. 1075 أمامية
posterior. 928–29. 929f. 1034–35 خلفية
Pit viper 916. 916f أفعى النقرة السامة
PKU. *See* Phenylketonuria PKU. انظر فينيل كيتونيوريا
Placenta. 704. 704f. 1072. 1094. 1108. 1111f المشيمة
formation of. 1108 تكوين
functions of. 1108 وظائف
hormonal secretion by. 1110. 1110f الإفراز الهرموني عن طريق
structure of. 1108f تركيب
Placental mammal. 520. 520f. 707. 707f. 708t. 1072. 1072f ثديي مشيمي
marsupial-placental convergence. 428. 428f التقاء تطوري، ثديي جرابي
Placoderm. 687t. 688 صفائحية الجلد
Placozoa 629f حيوانات صفائحية
Plague. 365t. 555t طاعون
Planarian. 630t. 644–47 بلاناريا
eyespot of. 498. 498f. 500. 500f بقعة عين
Plankton 671. 671f عوالق
Plant(s). *See also* Flowering plant نبات (نباتات). انظر أيضًا نبات زهري (مزهر)
annual. 812. 848. 848f حولي
asexual reproduction in. 845–46. 846–47f تكاثر لاجنسي في
biennial. 848 ثنائية الحول
body plan in. 717–38 خطة الجسم في
carnivorous. 780–81. 780–81f آكلة الحيوانات
circadian clocks in. 805. 810. 810f. 830 الساعات (الإيقاعات) اليومية
classification of. 460. 460f. 516f تصنيف
cloning of. 846–47. 847f استنساخ
coevolution of animals and plants. 795. 1175. 1180 التطور المترافق للحيوانات والنباتات
coevolution of insects and plants. 792. 840 التطور المترافق للحشرات والنابتات
coevolution with herbivores. 1175 التطور المرافق مع العاشبات
development in. 372–73. 390–92. 391f التكوين الجنيني في
embryonic، جنيني. 741–48
establishment of tissue systems. 744–47. 745–47f تحديد الأنظمة النسيجية
food storage. 748. 748 تخزين الطعام
fruit formation. 748.750–52. 750–52f تكوين الثمرة
morphogenesis. 390. 390f.747–48. 747f التشكّل
seed formation. 748–49. 749f تكوين البذور
dormancy in. 810–12. 811–12f. 824. 824f سكون النبات
under drought stress. 767–68. 768f تحت إجهاد الجفاف
evolution of. 387. 516–18. 516–18f. 593. 596–97. 597f تطور
land plants. 516f. 582–83 نباتات اليابسة
global climate change and. 782–83. 1234 تغير المناخ العالمي
gravitropism in. 806–8. 806–7f التأود الأرضي في
heliotropism in. 810. 810f تتبع الشمس

heterozygosity in. 397 اختلاف الجينات في
hyperaccumulating 786 ذو قدرة عالية على التراكم والتجميع
leaves of. *See also* Leaf. 736–37.
736–38f. أوراق. انظر أيضًا ورقة
life cycles of. 583–84. 583f دورات الحياة لـ
life span of. 847–48. 848f فترة حياة
nutrient requirements of. 776–78.
777–78f. 777t احتياجات غذائية
nutritional adaptations in. 779–81.
780–81f تكيفات غذائية
organization of plant body. 718f تنظيم جسم النبات
parasitic. 781. 781 f متطفل
pattern formation in. 387 تكوين النمط
perennial. 848. 848f معمر
photosystems of. 153–55. 154–57f أنظمة ضوئية لـ
photomorphogenesis in 802. 802f
153–55. 154–57f عملية التشكل الضوئي
phototropism in. 802–3. 805f التأود الضوئي في
phytoremediation. 784–86. 785–86f المعالجة النباتية للملوثات
polyploidy in. 441–42. 441–42f.
475. 477–86. 477f التعدد الكروموسومي في
primary growth in 720. 733f النمو الأولي
primary plant body 720 الجسم الأولي للنبات
primary tissues of. 720 الأنسجة الأولية
reproduction in. 827–48 التكاثر في
responses to flooding 768، الاستجابة للغمر
roots of. Sea also Root. 727–31 جذور الـ. انظر الجذر
under saline conditions. 768–69. 769f تحت ظروف الملوحة
secondary growth in. 720. 730. 733f النمو الثانوي في
secondary metabolites of. 793t.
794–95 نواتج الأيض الثانوية
secondary tissues of. 720 أنسجة ثانوية
sensory systems in. 801–24 أجهزة الإحساس في
sexual life cycle in. 206. 207 f دورة الحياة الجنسية في
stem of. also Stem 732–35. 732–35f. ساق الـ. انظر الساق
thermotolerance in. 812–13 تحمل حراري
thigmotropism in. 808–10 تأود لمسي في
tissue culture. 847. 847f زراعة الأنسجة
tissues of. 721–26. 722–25f أنسجة
transgenic. *See* Transgenic plants عابرة للجينات، انظر نباتات عابرة للجينات
transport in. 757–70 النقل
turgor movement in. 809–10.
809–10f حركة الامتلاء في
vascular. *See* Vascular plant وعائي. انظر النبات الوعائي
wound response in. 796–97. 797f استجابة الجرح في
Plantae (kingdom). 13f. 14. 510.
513f. 514 t النبات (مملكة)
Plant breeding. 420–21. 420f. 838 تكثير النباتات
Plant cells خلايا نباتية
cell wall of. 67f. 81. 81f. 390. 718.
719f. 822 الجدار الخلوي
cytokinesis in. 196. 196f انقسام السيتوبلازم في
structure of. 67f. 82t تركيب الـ
Plant defenses. 789–99 دفاعات النبات
animals that protect plants. 795–96،
96f–795 الحيوانات التي تحمي النباتات
against herbivores. 1175. 1175f ضد العاشبات
pathogen-specific. 797–98. 797 - 98f نوعية ضد العامل الممرض
physical defenses 790–91. 790 - 91 f دفاعات فيزيائية
toxins. 792–95. 792–94f. 793t سموم
Plant disease. 789–99 أمراض النبات
bacterial. 554. 797f بكتيرية
fungal. 617–18. 790–91. 791 f.
797 f فطرية
nematodes. 790. 791f ديدان خيطية
viral. 797f فيروسية
Plant growth-promoting rhizobia. 791 بكتيريا جذرية مشجعة لنمو النبات
Plant hormone. 390. 813–24 هرمونات نباتية
functions of. 814t وظائف ألـ
that guide plant growth. 813 التي توجه نمو النبات
production and location 814t الإنتاج والموقع
transport in phloem. 769–70f. 770 النقل في اللحاء
Plantlet. 738 نبات صغير
adventitious. 846. 846f عرضية
Plant receptor kinase. 172 مفسر مستقبل النبات
Plant spacing. 803 المسافات بين النباتات
Planula larva. 640. 642–43 يرقة رحالة
Plasma. 993f. 997 بلازما
Plasma cells. 1047t. 1052 خلايا بلازمية
Plasma membrane. *See also* Lipid bilayer
63. 67f. 79t. 85. 726f. الغشاء البلازمي. انظر أيضًا الدهون ثنائية الطبقة
active transport across 97–100 النقل النشط خلال
of archaebacteria. 64. 543 في البكتيريا القديمة
of bacteria. 543 في البكتيريا
bulk transport across. 100–101 النقل الحجمي خلال
components of. 88t. 89–93 مكونات
electron microscopy of. 88–89. 89f المجهر الإلكتروني
of eukaryotes. 66f حقيقية النوى
fluid mosaic model. 86. 86–87f.
89–90 النموذج الفسيفسائي السائل
infolding of 563. 563f انثناء
passive transport across. 93–97 النقل السلبي خلال
of prokaryotes. 63f. 64 بدائية النوى
structure of. 63 تركيب الـ
Plasma proteins. 976. 993. 997 بروتينات البلازما
Plasmid. 542 البلازميد
antibiotic resistance genes on. 552–53 جين حساس للمضادات الحيوية
cloning vector. 328–29. 329–30f حامل استنسال
Plasmodesmata. 67f. 180t. 182.182f.
586. 726. 758.758f. 764f بلازمودسماتا
Plasmodial slime mold. 578. 578f فطر غروي بلازمودي
Plasmodium. 359. 570f بلازموديوم (*Plasmodium*)
evasion of immune system. 1063 تهرب من جهاز المناعة
Plasmodium (slime mold). 578. 578f بلازموديوم (فطر غروي)
Plasmodium falciparum. 407. 407f،
485f. 795 *Plasmodium* falciparum ،485
genome of. 355f. 473t. 485 المحتوى الجيني
Plasmolysis. 759. 761f بلزمة
Plastic pollution. 1230 تلوث بلاستيكي
Plastid. 75 بلاستيدة
Plastocyanin. 155. 155–56f بلاستوسيانين
Plastoquinone. 154. 155–56f بلاستوكوينون
Plastron. 698 صدر
Platelet(s). 200. 858. 997–99f. 999 صفيحة دموية (صفائح دموية)
Platelet-derived growth factor (PDGF).
172. 200–201 عامل النمو المشتق من الصفائح الدموية (PDGF)
Platelet plug. 999f. 1000 سدادة الصفائح الدموية
Platyhelminthes (phylum). 629f. 630t.
637. 637f. 644–47.645–47f ديدان مسطحة (ديدان مفلطحة) (قبيلة)
Platyzoa. 619. 629f. 637. 637f حيوانات مفلطحة
Pleiotropic effect. 230t. 231. 412 ظاهرة التأثير المتعدد للجينات
Plesiomorphy 456 تشابه شكلي
Plesiosaura (order) 426. 695t أقارب الزواحف (رتبة)
Pleural cavity. 853. 853f. 1008 تجويف بلوري (تجويف الجنب)
Pleural membrane غشاء الجنب
parietal. 1008 الجداري
visceral. 1008 الحشوي
Plexus. 965f ظفيرة
Plover. 701t زقزاق
Plum. 751f خوخ
Plumatella. 630t. 664f *Plumatella*
Plume worm. 662 دودة ريشية
Plumule 753f ريشة
Pluripotent stem cells. 372. 999 خلايا جذعية متعددة القدرة (القدرات)
Pluteus larva 490. 490f يرقة الحامل
Pneumatophore. 730–31f. 731. 768.
769f جذور تنفسية (حوامل تنفسية)
Pneumocystis carinii. *See Pneumocystis carinii*
Pneumocystis jiroveci Pneumocystis jiroveci
Pneumocystis jiroveci. 618. 1064
Pneumocystis jiroveci
Pneumonia, bacterial. 554. 555t ذات الرئة - بكتيري
Poa annua. 1153–54. 1153t. 1154f
Poa annua
Pocket mouse فأر الجيب
coat color in. 403. 403f لون الفراء
urine of. 1028 بول
Pocket protein". 202" بروتين الجيب
Podia 577. 577f أقدام
Poikilotherm. 1019 حيوان متغير الحرارة
Poinsettia. 737. 831. 831f. 841 بونسيته
Point mutation. 298–99 الطفرة النقطية
Point-source pollution 1227 تلوث معروف المصدر
Poison-dart frog 1071f. 1176. 1176f ضفدع السهم السام
Poison ivy. 1059–60 سموم اللبلاب
Poisonous spider. 669–70. 670f العنكبوت السام
Polar bear. 959. 1147 دب قطبي
Polar body. 1078. 1078f.1091.
1091f جسم قطبي
Polar ice 1216f. 1217. 1234 جليد (ثلج) قطبي
Polarity, in development. 380 القطبية، في التكوين الجيني
Polarized *Chara*cter states. 455–56 بلورة الحالات
Polar microtubule. 187f. 195f أُنيبيب قطبي
Polar molecule 24 جزيء مستقطب
Polar-night jet. 1231 تيار قطبي ليلي
Polar nucleus. . 599. 599f. 742f. 839.
839f. 844–45f نواة قطبية
Polio. 527t شلل
Poliovirus. 515f. 525–26. 525–26f فيروس شلل الأطفال
Pollen. 165. 595f حبوب اللقاح
dispersal of. 405. 405f انتقال
Pollen grain. 593. 594–95. 595f.
599f. 838–39. 839f. 844f حبة تفاح
formation of. 599–600. 599f.
838–39. 838f تكوين
Pollen tube. 593. 595. 595f. 600.
742. 742f. 839. 844–45.844–45f أنبوب لقاح
Pollination. 595f. 598. 600. 839–
44. 839–44f التلقيح
by animals 840–42. 840–42f عن طريق الحيوانات
by bats. 841. 1178. 1178f. 1253–
54. 1254f عن طريق الخفافيش
by bees. 840–41f. 843f عن طريق النحل
by birds. 840–41. 841f عن طريق الطيور
by insects. 840. 840–41f. 1171 عن طريق الحشرات
by wind. 840. 842. 842f عن طريق الرياح
Pollinator. 593. 839–40 ملقح
Pollock. 1252. 1253f سمك البلوق
Pollution. 1227–31 تلوث
diffuse. 1227 مشتت
of freshwater habitats. 1227–28 بيئات المياه العذبة
habitat loss and. 1247 ضياع البيئة و
phytoremediation. 784–86. 785–86f المعالجة النباتية
point-source. 1227 معروف المصدر
Polyandry. 1136 تعدد الذكور
Poly-A polymerase 288 أنزيم مبلمر عديد الأدنين
Poly-A tail. of mRNA. 288. 288f ذيل عديد الأدنين، في mRNA
Polychaeta (class). 661–62. 662f عديد الأشواك (طائفة)
Polychaete. 630t. 660f. 662. 662f عديد الأشواك
Polyclonal antibody. 1061 جسم مضاد (عديد السلالة)
Polydactyly. 225t. 401 تعدد الأصابع
Polygenic inheritance. 230–31. 230t وراثة متعددة الجينات
Polygyny. 1136 تعدد الإناث
Polymer. 35. 36f بوليمر
Polymerase. 45t مبلمر (بوليميريز)
Polymerase chain reaction (PCR).
337–38. 337f تفاعل إنزيم المبلمر المتسلسل (PCR)
applications of. 338 تطبيقات
procedure for 338 إجراءات
Polymorphism. 246. 397 التعدد الشكلي
in DNA sequence. 334 في تسلسل DNA
in enzymes. 397 في الأنزيمات
Polyp. of cnidarians. 640. 640f.
642–43. 642f بوليب، اللاسعات
Polypeptide. 36f. 46 عديد الببتيد
Polyphyletic group. 458. 459f مجموعة

متعددة الأصول
Polyphyletic origin hypothesis. for origin of metazoans. 632
فرضية المنشأ متعدد الأصول عن أصل الحيوانات البعدية
Polyplacophora (class). 657–58. 658f
حاملة الصفائح المتعددة (طائفة)
Polyploidization. 477–78
عمليات تعدد المجموعة الكروموسومية
Polyploidy. 441. 475. 477. 477f.
تعدّد المجموعة الكروموسومية 484. 1090
alteration of gene expression. 479
تغيّر التعبير عن الجينات
elimination of duplicated genes. 478–79. 478f
إزالة الجينات المتضاعفة
synthetic polyploids. 477
تعدد مجموعة كروموسومية مخلق
speciation through. 441–42. 442f
التنوع من خلال
transposon jumping in. 479
الجينات القافزة في
Polysaccharide. 39
سكر عديد التسكر
digestion of. 971. 976t
هضم
Polyspermy. 1090
تعددية النطف
PolyU 281
متعدد اليوراسيل
Polyubiquitination. 322
متعدد اليوبيكوتين
Polyunsaturated fatty acid. 54. 54f
حمض دهني متعدد غير مشبع
Pond. 1221–22. 1221–22f
بركة
Pons. 885. 885t. 886f
قنطرة
Popcorn. 748
ذرة بيضاء
Poplar (*Populus*)
الحور (*Populus*). 437
Population 3f. 4. 1148
مجموعة سكانية، جماعة
age structure of. 1152
التركيب العمري
change through time. 1153–54
تغيّر خلال الوقت
crowded. 1158
مُزدحم
metapopulations. 1151. 1151f
فوق الجماعات
survivorship curves for. 1153–54. 1154f
منحنيات البقائية لـ
Population cycle. 1159–60. 1160f
دورة الجماعة
Population dispersion
توزيع الجماعة
clumped spacing. 1150. 1150f
التوزيع التكتلي
habitat occupancy and 1151
احتلال البيئة و
human effect on 1149
تأثير البشر في
mechanisms of 1149
آليات التوزيع
randomly spaced 1150. 1150f
العشوائي
uniformly spaced. 1150. 1150f
التوزيع المتناسق (المنتظم)
Population ecology. 1145–64
علم بيئة الجماعات
Population genetics 397
وراثة المجموعات السكانية
Population growth
نمو الجماعة
factors affecting growth rate. 1152. 1152f
عوامل مؤثرة في معدل النمو
in hotspots. 1241–42. 1241f
في المواقع الساخنة
limitations by environment. 1156–58
الحدود البيئية
rate of 1158–60
معدل
Population pyramid. 1162–63. 1162f
هرم الجماعة
Population range 1148. 1148f. 1151
نطاق الجماعة
expansion and contraction of. 1148–49. 1148–49f
التمدد والتقلص لـ
Population size
حجم الجماعة
density-dependent effects on. 1158–59. 1158–59f
تأثيرات معتمدة على الكثافة
density-independent effects 1159. 1159f
تأثيرات غير معتمدة على الكثافة
extinction of small populations. 1254–55. 1254–55f
انقراض الجماعات الصغيرة
p orbital. 20. 20f. 22
مدار P
Porcupine. 704. 708t
الشّيهم (النيص)
Pore protein. 93. 93f
بروتين الثقب
Porifera (phylum) 628. 629f. 630t. 636. 637f. 638–39. 639f
مثقبات (الإسفنجيات) (قبيلة)
Porin. 48. 547f
بورين
Porphyrin ring. 149. 149f
حلقة بورفيرين
Porpoise. 708t
خنزير البحر
Portal system. 930
النظام البابي
Portuguese man-of-war. 642
رجل الحرب البرتغالي
Positive feedback loop. 866. 866f.
دورة التغذية الراجعة الإيجابية 932. 1159
Positive gravitropism. 807
جذب أرضي موجب
Positive phototaxis. 1125
انتحاء ضوئي إيجابي
Positive pressure breathing. 1005. 1005f
تنفس بطريقة الضغط الموجب
Positive-strand virus. 526
الفيروس موجب الشريط
Postanal tail. 682–83. 682f
ذيل خلف الشرج
Posterior end. 624. 624f
نهاية خلفية
Posterior pituitary. 921f. 928–29. 929f
نخامية خلفية
Postganglionic neuron. 892. 892f
عصبون بعد عقدي
Postnatal development. 1111–12. 1112f
تطور الجنين
Postsynaptic cells. 875f. 878. 879f. 881–82. 883f
خلايا بعد تشابكية
Posttranscriptional control. 317–21. 317–20f
التنظيم الذي يتم بعد النسخ
alternative splicing of primary transcript. 290. 319. 319f
الوصل البديل لنسخة أولية
RNA editing. 319–20
تحرير RNA
small RNAs 317. 317f
RNAs الصغير
Posttranscriptional modification. 288. 288f
تعديلات ما بعد الاستنساخ
Postzygotic isolating mechanisms. 435. 435t. 437. 437f
آليات العزل بعد الزيجوتية
Potassium
بوتاسيوم
in action potential. 875–77. 876–77f
في جهد الفعل
in extracellular fluid. 1024
في السائل خارج خلوي
blood. 1036
الدم
in cytoplasm and extracellular fluid. 873t
في السيتوبلازم والسائل خارج خلوي
in guard cells. 766–67. 766f
في الخلايا الحارسة
in plants. 765. 776. 777t
في النباتات
in resting membrane potential. 872–73. 873–74f
في فرق جهد الراحة للغشاء
secretion in kidney 936. 1032. 1034. 1034f. 1036
الإفراز في الكلية
Potassium channel. 88t. 170. 893
قناة البوتاسيوم
voltage-gated. 875
المبوبة بفرق الجهد
Potato. 735. 783. 819. 845
بطاطا
eye of. 735. 846
عين
genome of. 477f
المحتوى الوراثي لـ
Irish potato famine. 575
مجاعة البَطاطا الأيرلندية
Potential difference. 872
فرق جهد كهربائي
Potential energy. 20. 106. 106 f
طاقة الوضع
Power of Movement of Plants, The (Darwin). 813f
قوة حركة النباتات، (داروين)
Power stroke. 954
شوط القوة
Poxvirus 526f
فيروس الجدري
Prader-Willi syndrome. 250–51
متلازمة بريدر - ويلي
Prairie. 1219
مروج
Prairie chicken (*Tympanuchus cupido pinnatus*). 1255. 1255f
دجاج البراري (*Tympanuchus cupido pinnatus*)
Precapillary sphincter 992f
عاصرة قبل شعيرية
Precipitation (antigen-antibody reaction). 1054. 1054f
الترسيب (تفاعل مولد الضد- الجسم المضاد)
Precipitation (rain). 1191f. 1192. 1195. 1217. 1217f
هطل (مطر)
acid. *See* Acid precipitation
حمض. انظر الهطل الحامضي
effect of global warming on. 1234
تأثير الاحتباس الحراري
rain shadow. 1215. 1215f
ظلال المطر
Precocial young. 1136
مبكرة النضج
Predation. 1174
افتراس
evolution of prey population. 410–11. 410–11f
تطور جماعة الفريسة
marine. evolution of 428. 429f
بحري، تطور
population cycles and. 1160
دورات الجماعة و
prey populations and. 1174–75
جماعات الفريسة و
reduction of competition by. 1182. 1182f
التقليل من التنافس عن طريق
species richness and. 1207
غنى الأنواع و
vision in. 915
الرؤية في
Predator. 1158. 1174
مفترس
animal defenses against. 1176–77. 1176–77f
دفاعات الحيوان ضد
predator-prey oscillations. 1160. 1160f
تذبذب المفترس - الفريسة
search image for prey. 406. 406f
صورة نمطية للفريسة
selection to avoid. 402–3. 403f
الانتخاب لتجنب
in trophic cascade. 1203
في شلال غذائي
Predator avoidance. 402–3. 403f. 1132. 1142. 1142f
تجنب المفترس
Prediction. 5f. 6
تنبؤ
Prednisone. 936
بردنيسولون
Preganglionic neuron. 892. 892f
عصبون قبل عقدي
Pregnancy. 1107–10. 1108–11f
حمل
high-risk. 251–52
عالي الخطورة
Rh incompatibilities in. 1060
عدم تطابق العامل الرايزيسي في
Pregnancy test. 1061–62. 1062f
فحص الحمل
Premature labor. 925
مخاض مبكر (قبل الأوان)
Premature ovarian failure. 1084
انتهاء عمل المبيض المبكر
Premolar. 705f. 966. 966f
قبل الطاحن
Pre-mRNA splicing. 289. 319. 319f
وصل سابق mRNA
Prenatal diagnosis.. 251–52. 251–52f
التشخيص قبل الولادة
Pressure. detection of. 902
الضغط، رصد
Pressure-flow theory. of phloem
نظرية التدفق بالضغط، النقل في اللحاء
transport. 770. 770f
نقل
Pressure potential. 759–60. 760f
قدرة الضغط
Pressure-tolerant archaebacteria. 512
البكتيريا القديمة المتحملة للضغط
Presynaptic cells. 878
خلايا قبل تشابكية
Prey
فريسة
predator-prey oscillations. 1160.
1160f
تذبذب المفترس - الفريسة
vision of. 915
رؤية
Prezygotic isolating mechanisms. 435–37. 435–36f. 435t
آليات العزل قبل الزيجوتية
PR gene. 798
جين *PR*
Priapulida. 629f. 650
ديدان خرطومية
Prickly pear. 735f. 1175
الصبار الشوكي
Priestly. Joseph. 146
بريستلي
Primary carnivore. 1196. 1197–98f.
آكل لحوم أولي 1199. 1201–2. 1204f
Primary cell wall. 81. 81f
جدار خلوي أولي
Primary growth. in plants. 720. 733f
النمو الأولي، في النباتات
Primary immune response. 1055f.
الاستجابة المناعية 1057- 58. 1057 f
الأولية
Primary induction. 1107
تحفيز أولي
Primary lymphoid organs. 1046–48.
أعضاء ليمفية أولية 1047–48f
Primary meristem. 720. 747
المرستيم الأولي
Primary mesenciyme cells. 1095.
خلايا ميزنكيمية أولية 1095f
Primary motor cortex 887. 887f
قشرة حركية أساسية
Primary mycelium. 613
غزل فطري أولي
Primary oocyte. 1076. 1078f
خلية بيضة ابتدائية
Primary phloem. 721f. 729f. 730. 733f
لحاء أولي
Primary plant body. 1196. 1198f.
الجسم الأولي 1201–5. 1202f. 1204f
للنبات
Primary producer. 720
منتج أولي
Primary productivity. 1168. 1197. 1204f. 1205–6. 1206 ff. 1217. 1217 f
إنتاجية أولية
gross. 1197
إجمالية
net. 1197. 1199. 1199f
صافية
Primary somatosensory cortex. 887. 887f
قشرة حسية بدنية أساسية
Primary spermatocyte. 1073f. 1074
خلية منوية ابتدائية
Primary structure. of proteins. 48. 48–49f
تركيب أولي، للبروتينات
Primary succession. 1184
تعاقب أولي
Primary tissue. 852
نسيج أولي (أساسي)
of plant. 720
في النبات
Primary transcript. *See also* 297f. النسخة الأولية
Messenger RNA (mRNA)
الرسول RNA
posttranscriptional control in eukaryotes. 317–21، التنظيم الذي يتم بعد النسخ في حقيقيات النوى
Primary xylem. 721f. 725. 729f. 730. 733f
الخشب الأولي
Primate. 520f. 708t. 709
الرئيسيات
evolution of. 709–14. 709–14f
تطور
hunting for "bushmeat." 468
اصطياد الفريسة
language of. 1129–30. 1129f
لغة
Primer. for replication. 265
البادئ، للتضاعف
Primitive gut. 627f
قناة هضمية ابتدائية

Primitive streak. 1097. 1097f
خط ابتدائي
Primordium. 598. 598f. 732
نسيج أولي
Primosome. 268
جسيم البدء
Prion. 536. 536f
بريون
Prion protein. 536. 536f
بروتين البريون
Probability 228–29
احتمالية
Problem solving, by animals. 1124.
1124f
حل المشكلات، عن طريق الحيوانات
Proboscidea (order). 708t
ذوات الخرطوم (رتبة)
Proboscis (insect). 909f
خرطوم (حشرة)
Procambium. 720. 721f. 727. 727f.
743f. 747. 749f
كمبيوم أولي (نسيج أولي سابق الكمبيوم)
Procellariformes (order). 701t
Procellariformes (رتبة)
Processivity. of DNA polymerase III.
267
تقدمية، مبلمر DNA الثالث
Prochloron. 64. 64f
بكتيريا مزرّقة
Producer, primary 1196. 1201–5.
1202f. 1204f
مُنتج، أولي
Productivity. 1197
إنتاجية
primary. 1168. 1197. 1204f. 1205.
1217. 1217f
أولية
secondary. 1197
ثانوية
species richness and. 1205–6. 1205f
غنى الأنواع و
Product of reaction. 25
ناتج التفاعل
Product rule. 228
قانون حاصل الضرب
Progesterone. 170. 921. 923t.928.
938–39. 1075t. 1076.1077f.
1079. 1082–84.1110–11. 1110f
هرمون بروجستيرون
Proglottid. 646–47. 647f
قطعة شريطية
Programmed cell death. *See also*
Apoptosis. 593
موت الخلية المبرمج. انظر الموت المبرمج
Progymnosperm، سوابق معراة البذور
Prokaryote. *See also* Bacteria. 13. 62.
58–539. *See* بدائية النوى (البدائيات)، انظر أيضًا البكتيريا
benefits of. 557–58
فوائد
cell division in. 186–87.186–87f.
542
انقسام الخلايا في
cell organization of. 63–65. 63f
تنظيم الخلايا
cell structure in. 546–48. 546–48f
تركيب الخلية في
cell walls of. 63. 63f. 82t. 546–48.
546–47f
الجدران الخلوية
chromosomes of. 542
الكروموسومات
classification of. 543–45.544–45f
تصنيف
compartmentalization in. 542
التقسيم في
disease-causing. 555t
التسبب في المرض
diversity in. 541–45. 542–45f
التنوع في
DNA of. 62 DNA
مقارنة eukaryotes versus. 82t. 541–43
بحقيقيات النوى
flagella of. 82t. 542. 542f. 546. 548
أسواط ألـ
gene expression in. 297. 298t. 304.
307–12. 308–12f
التعبير الجيني في
genetics of. 548–53. 549–53f
وراثة
genome of. 355f
المحتوى الجيني
internal membranes of. 548. 548f
الأغشية الداخلية
key *Chara*cteristics of. 514t
الخصائص الأساسية
metabolic diversity in. 542
التنوع الأيضي في
metabolism in. 553–54
الأيض في
mutations in. 552–53
الطفرات في
recombination in. 542
الخلط في
replication in. 186. 186f. 265–69.
265–69f. 543
التضاعف في
ribosomes of 64. 292f. 548
الرايبوسومات
shape of. 546
شكل
size of. 542
حجم
symbiotic. 558
تكافلية
transcriptional control in. 304. 307–
12. 308–12f
تحكم في الاستنساخ
transcription in. 284–86. 284 - 86 f
الاستنساخ في
translation in. 293. 293f. 543
الترجمة في
unicellularity of. 542. 542f
أحادية الخلية
Prolactin. 922t. 930. 933. 1075t.
1111
برولاكتين
Prolactin-inhibiting factor (PIF). 930.
1111
العامل المثبط لبرولاكتين (PIF)
Proliferating cell nuclear antigen
(PCNA). 271
الأنتيجين النووي للخلايا المتكاثرة (PCNA)
Proline. 46. 47f
برولين
Prometaphase. 191f. 193. 194f
الطور قبل الاستوائي
Promoter. 283. 284–85. 284f
محفز
in eukaryotes. 287. 287f. 313–14.
314f
في حقيقية النوى
Pronghorn. 1220
الوعل الأمريكي
Proofreading function. of DNA 266
وظيفة تدقيق القراءة لـ DNA
polymerase. 272
أنزيم مبلمر
Propane. 34
بروبان
Prophage. 528. 529f. 551
فيروس أولي
Prophase
الطور التمهيدي
meiosis I. 208–10. 210f. 212f. 214f
الانقسام الاختزالي الأول
meiosis II. 211. 213f. 215f
الانقسام الاختزالي الثاني
mitotic. 191f. 193. 194f. 214f
الانقسام المتساوي
Proprioceptor. 902
مستقبل خاص
Prop root. 730f. 731
جذر إسنادي
Prosimian. 709. 709–10f
قبل القردة
Prosoma. 667. 669
قطعة أمامية
Prosopagnosia. 889
عدم معرفة المرئيات
Prostaglandin. 35t. 54. 925. 1042.
1043f. 1046. 1111
بروستاجلاندين (بروستاغلاندين)
Prostate cancer. 794
سرطان البروستاتا
Prostate gland. 1073f. 1074–75
غدة البروستاتا
Protandry. 1068
الذكر أولاً
Protease. 45t. 321
محلل البروتين (أنزيم هاضم للبروتين)
Protease inhibitor. 532–33. 532f.
796. 797f
تثبيط محلل البروتين
Proteasome. 322. 322f. 802–3. 802f
جسيم تحطيم البروتين
Protective coloring, in guppies.
410–11. 410–11f
التلوين الوقائي في السمكة الفطساء
Protective layer. 811
طبقة واقية
Protein. 33. 35. 36f
البروتين
catabolism of. 138. 138–39f. 1193.
1193f
هدم
central dogma. 279. 279f
عُقيدة محورية
changes in gene disorders. 247–48.
247–48f
تغيرات في الاضطرابات الوراثية
degradation of. 321–22. 322f
تحطيم
denaturation of. 52–53. 52f
تمسّخ
digestion of. 971. 976t
هضم
domains of. 50–51. 51f
حقول
folding of. 50–52. 52f. 536
انطواء
functions of. 35t. 43–45. 44f. 45t
وظائف
prediction of. 363–64. 364f
تنبؤ
in membranes. 86. 91–93
في الأغشية
functions of. 91. 91f
وظائف
kinds of. 91. 91f
أنواع
movement of. 90. 90f
حركة
structure of. 91–93. 92–93f
تركيب
transmembrane domains 92. 92f
مناطق عابرة الغشاء
motifs of. 50. 51f. 364. 364f
موتيفات
nonpolar regions of. 46–48. 48f
مناطق غير مستقطبة
one-gene/one-polypeptide hypothesis.
300
فرضية جين واحد - عديد ببتيد واحد
phosphorylation of. 167–68.168f.
197–99. 202. 804. 927- 28. 927
f
فسفرة
polar regions of. 46–48. 48f
مناطق مستقطبة
primary structure of. 48. 48–49f
تركيب أولي
quaternary structure of. 49f. 50
تركيب رباعي
renaturation of. 52–53. 53f
إعادة الانطواء
secondary structure of. 48. 48–49f
تركيب ثانوي
structure of. 35t. 45–50
تركيب
transport within cells. 71–72. 71f.
النقل مع الخلايا 295–96. 296f
ubiquitination of 321–22. 322f
إضافة يوبيكوتين
Protein-encoding gene. 357t
جين مُشفر للبروتين
Protein hormone. 921. 930
هرمون بروتيني
Protein kinase. 168. 168f. 170.
173–74. 174f. 927–28
كاينيز البروتين cyclin-dependent. *See* Cyclin-dependent protein kinase (Cdk)، معتمد على سايكلين. انظر مفسفر معتمد على سايكلين (CdK)
Protein kinase-A. 176. 178f. 179.
179f
أنزيم فسفرة البروتين -ا (كاينيز البروتين - ا)
Protein kinase C. 177
أنزيم فسفرة البروتين - ب (كاينيز البروتين - ب)
Protein microarray. 364
البروتين ذو الترتيب الدقيق
Protein-protein interactions
تفاعل بروتينين معًا
two-hybrid system. 338–39. 338–
39. 338f. 364
نظام التهجين الثنائي
Proteobacteria. 545f
بكتيريا أولية
Proteoglycan. 82. 82f
بروتيوجلايكان
Proteome. 363
البروتيومات
Proteomics. 363–64
علم البروتيومات
Prothoracic gland. 940. 940f
غدة قبل صدرية
Prothrombin. 999f
بروثرومبين
Protist. 561–62. 563–78
الطلائعيات
asexual reproduction in. 1068
تكاثر لاجنسي في
cell division in. 187f
انقسام خلوي في
cell surface of. 565
سطح الخلية
classification of. 515–16. 515f. 562.
562f
تصنيف
colonial. 632
مستعمرة
cytokinesis in. 196
انقسام السيتوبلازم في
flagella of 565. 568f
أسواط
general biology of. 565–66
البيولوجيا العامة
locomotor organelles of. 565
عُضيات محركة
nutritional strategies of. 565–66
إستراتيجيات تغذية
predatory. 1174. 1174f
مفترس
Protista (kingdom). 13. 13f. 510–11.
513f. 514t. 562.629f
الطلائعيات (مملكة)
Protoderm. 727. 727f. 743f. 747
بشرة ابتدائية (نسيج أدمي أولي)
Protogyny. 1068–69. 1068f
الأنثى أولاً
Proton. 18. 18f
بروتون
Protonephridia. 661. 1024–25.
1025f
نفريديا أولية
Proton gradient. 131. 767
تدرج البروتون
Proton pump.. 45t. 128. 132.547f.
758f
مضخة البروتون
Proto-oncogene(s). 201–2. 202f
جينات الورم الأولية
Protoplast, plant. 847. 847f
بروتوبلاست، نبات
Protostome 518. 626. 627f. 629.
629f. 636–38. 636–37f
أولية الفم
phylogeny of
شجرة نشوء
rRNA. 636. 637f rRNA
تقليدية traditional. 636. 636f
Prototheria (subclass). 706
الوحوش الأوائل (تحت طائفة)
Proximal convoluted tubule. 1026f.
أنيبيب 1031–33. 1031f. 1033–34f
ملتو قريب
Proximate causation. 1116
مُسبّب قريب
Prusiner, Stanley. 536
ستانلي بروزاينر
Pseudocoel. 625. 625f. 648
سيلوم كاذب
Pseudocoelomate. 625. 625f. 636.
636f. 648 - 50. 649 - 50f. 984
كاذبة التجويف (كاذبة السيلوم)
*Pseudo*gene 356- 57. 357t. 480- 81.
481 f
جين كاذب
Pseudomonas fluorescens. 486 *Pseudomonas fluorescens*
Pseudomurein. 543. 546
الميوريون الكاذب
Pseudomyrmex. 1180–81. 1180f
Pseudomyrmex
Pseudopeptidoglycan. 546
ببتيدوجلايكان الكاذب
Pseudopod. 565. 576. 576f
قدم كاذبة
Pseudostratified columnar epithelium.
855t
نسيج طلائي عمادي طبقي كاذب
Psilotum. 590 *Psilotum*
Psittaciformes (order). 701t
Psittaciformes (رتبة)
Psoriasis. 1040
الصدفية
PTC sensitivity. *See*
Phenylthiocarbamide، تذوق PTC. انظر تذوق الفينيلثيوكارباميد
Sensitivity،
Pterophyta (phylum). 588–93.589t.
591–93f
النباتات المجنحة (قبيلة)
Pterosaur. 695t. 960. 960f
تيروسور (الزاحف المجنح)، الديناصور المجنّح
Pterosauria (order). 695t
الزواحف المجنحة
PTH. *See* Parathyroid hormone PTH.
انظر هرمون جار درقي
Ptychodera. 631t *Ptychodera*
Ptychodiscus. 569f *Ptychodiscus*
Puberty, in females. 1076
بلوغ في الإناث
Puffball. 605–6. 612
فطر نفاث
Pufferfish (*Fugu rubripes*). 355f. 359
السمكة المنتفخة (*Fugu rubripes*)
genome of. 472–73. 472t. 484–85

المحتوى الجيني
Pulmocutaneous circuit. 986 دورة رئوية- جلدية
Pulmonary arteriole. 1006f شرين رئوي
Pulmonary artery. 985. 987f. 988
Pulmonary circulation. 691. 985–87. شريان رئوي
Pulmonary valve. 987f. 988. 988f دورة رئوية 86f–87 986
Pulmonary vein. . 691. 985.986–87f. صمام رئوي
Pulmonary venule 1006f وريد رئوي
Pulp of tooth. 967f لب الأسنان
Pulvini. 809. 809f ضغط الامتلاء في الوسائد
Pumpkin. 735. 831 قرع
Punctuated equilibrium. 447–48. 448f الاتزان المنقط
Punnett. Reginald Crundall. 225 R. C. Punnet
Punnett square 224–25. 225f. 227. 227f مربع بانيت
Pupa. 675 عذراء (خادرة)
Pupil. 911. 911f بؤبؤ العين
Purine. 41. 42f. 258. 258f بيورين
Purine nucleoside phosphorylase deficiency. 342t نقص الأنزيم المفسفر لنيوكليوسايد البيورين
Purkinje fibers. 990f. 991 ألياف بيركنجي
Purple bacteria. 510f. 513f البكتيريا الأرجوانية
Purple-leaf plum tree (*Prunus cerasifera*). 736 شجرة الخوخ ذات الأوراق الأرجوانية
Purple nonsulfur bacteria. 553 بكتيريا لاكبريتية بنفسجية
Purple sulfur bacteria. 147 بكتيريا الكبريت البنفسجية
Pursuit deterrent signal. 1130 إشارات معيقة للمطاردة
Pus. 1042 قيح
Pygmy hippopotamus. 1239 فرس النهر القزم
Pygmy marsupial frog. 1071f الضفادع الكيسية
Pyloric sphincter. 969. 969f عاصرة البواب
Pyramid of biomass. 1200. 1201f هرم الكتلة الحيوية
inverted 1200. 1201f مقلوب
Pyramid of energy flow. 1200. 1201f هرم تدفق الطاقة
Pyramid of numbers. 1201. 1201f هرم الأعداد
Pyramid of productivity. 1200. 1201f هرم الإنتاجية
Pyrimidine. 41. 42f. 258. 258f بيرميدين (بيريمدين)
Pyrodictium. 510f *Pyrodictium*
Pyrogen. 1022 مولد الحمى
Pyruvate. 124 بيروفيت
conversion to acetyl-CoA. 124. 127-28f أستيل مرافق الأنزيم - ا
from glycolysis. 123f. 124. 125 - 26f. 133 f من التحلل الجلايكولي
oxidation of. 123f. 124–25. 133- 35. 133 f أكسدة
Pyruvate dehydrogenase. 112. 113f.
135. 135f أنزيم نازع هيدروجين بيروفيت
Pyruvate kinase. 126f بيروفيت كاينيز

Q

Q_{10}. 1018 Q_{10}
Quadriceps muscle. 862f. 890f. 952. 952 f عضلة رباعية الرؤوس
Quail. 701t السلوى (السماني)
Quantitative traits. 231. 231f صفات كمية
Quaternary structure. of proteins. 49f. 50 تركيبًا رباعيًّا للبروتينات
Queen Anne's lace. 848 خمار الملكة آن
Queen bee. 1068. 1140–41. 1140f ملكة النحل
Queen substance. 1141 مادة الملكة
Quiescent center. 727 الوسط الساكن
Quill (porcupine). 704 عِرق الريشة
Quinine. 571. 793t. 795 كوينين

R

Rabbit. 520f. 705. 708t. 960. 964. 973–74 أرنب
coat color in. 233 لون الفراء في
Rabies. 346. 527t الكَلَب
Rabies virus. 526f فيروس داء الكَلَب
Raccoon. 708t. 1220 الراكون
Race. human. 714. 714f سلالة بشرية
Radial canal. 676. 677f قناة شعاعية
Radial cleavage. 626. 627f. 1093t تفلج إشعاعي (قطري)
Radial nerve (echinoderms). 884f عصب شعاعي (شوكية الجلد)
Radial symmetry. 624–25. 624f
629f. 676، تماثل شعاعي
Radially symmetrical flower. 495–96. 837f. 837 زهرة شعاعية التماثل
Radiation (heat transfer). 1018. 1019f إشعاع (انتقال الحرارة)
Radiation hybrid map. 351–53 خريطة الهجين الإشعاعي
Radicle. 753. 754f جذير
Radioactive decay. 19 الانحلال الإشعاعي
dating of fossils using. 422. 422f استخدام لمعرفة عمر الأحافير
Radioactive isotope 19 نظائر مشعة
Radiolarian. 577. 577f الشعاعيات
Radish. 731. 754. 1175 فجل
Radius. 692f. 945f كعبرة
Radula 630t. 655–56f. 656 مبرد
Ragweed (*Ambrosia*). 831. 848. 1059 عشبة الرجيد (*Ambrosia*)
Rail. 701t التقليق
Rain forest. 1192. 1247. 1247f غابة مطرية
loss of. 1228–29. 1228f فقدان
tropical. *See* Tropical rain forest استوائية، انظر الغابة الاستوائية المطرية
Rain shadow. 1215. 1215f ظل المطر
Ram ventilation. 1002 تهوية بالقوة
Rape case. 334–35. 334f حالة اغتصاب
Raphe. 575. 575f التحام
ras gene/protein. 173. 175. 175f. 202f بروتين/ جين *ras*
Raspberry. 737. 846–47 عُليق
Rat. 708t جرذ
genome of. 472t. 485 المحتوى الجيني
introduced species. 1251 الأنواع الدخيلة
maze learning behavior in. 1117–18. 1118f سلوك التعلّم في المتاهة
operant conditioning in. 1120 الارتباط الفاعل في
parent-offspring interactions 1122 تفاعلات الآباء مع الأبناء
warfarin resistance in. 403 حساسية وافرين في
Rat flea. 555t برغوث القوارض
Rattlesnake. 430. 699 أفعى مجلجلة
Raven. cognitive behavior in. 1124–25. 1125f رافن، السلوك الإدراكي في
Ray (fish) 687t. 689. 1027. 1049 راي (الأسماك)
Ray (parenchyma cells). 725–26 أشعة (خلايا برنشيمية)
Ray-finned fish. 686f. 687t. 690. 690f أسماك شعاعية الزعانف
Ray initial. 725 طلائع الأشعة
Rb gene. 202. 202f جين *Rb*
Rb protein. *See* Retinoblastoma protein بروتينات Rb. انظر بروتين ورم أرومة شبكية العين
Reabsorption 1025 إعادة الامتصاص
in kidney. 1030. 1031f. 1032–33. 1033–34f في الكلية
Reactant. 25 مادة متفاعلة
Reaction center. 151–52. 151–52f. 155–56f مركز التفاعل
Reading frame. 280 إطار القراءة
Realized niche. 1170–71. 1170f عشّ متحقق
Receptacle (flower). 598. 598f. 836f سرير (الزهرة)
Receptor. *See* Cell surface receptor مستقبل. انظر مستقبلاً على سطح الخلية
Receptor kinase. 927. 927f مستقبل مفسفر
Receptor-mediated endocytosis. 100f. 101. 102t إدخال من خلال مستقبلات
Receptor potential. 900. 900f جهد المستقبل
Receptor protein. 63. 88t. 91. 91f. 166. 166f. 878. 879f. 882f. بروتين مستقبل (مستقبل بروتيني)
intracellular. 168–71. 169f. 169t. 171f داخل الخلية
subtypes of. 179 تحت أنواع
Receptor tyrosine kinase. 172–75. 172–75f. 179. 200 مفسفر تايروسين المستقبل
autophosphorylation of. 173. 173f فسفرة ذاتية
inactivation of. 175 إخماد نشاط
Recessive trait. 223–26. 223f صفة متنحية
in humans. 225t في الإنسان
Reciprocal altruism 1138. 1138f إيثار متبادل
Reciprocal cross. 222 تزاوج تبادلي
Recognition helix. 306 حلزون التعرف
Recombinant. 243 معاد الاتحاد
Recombinant DNA. 326 DNA معاد الاتحاد (الهجين)
construction of. 326–27. 326f بناء
introduction of foreign DNA into bacteria. 328–32 إدخال DNA الغريب إلى البكتيريا
in vaccine production. 341–42. 342f في إنتاج المطاعيم
Recombination. 209. 242–44. 274. 514t إعادة الاتحاد الوراثي (خلط)
in eukaryotes. 542 في حقيقية النوى
homologous. 549 متجانس
in prokaryotes. 542 في بدائية النوى
using to make genetic maps. 244–45. 244–45f استعمال لتكوين الخريطة الجينية
in viruses. 534 في الفيروسات
Recombinational repair. 274 إصلاح إعادة الاتحاد
Recombination frequency 244 تكرار إعادة الاتحاد
Recombination nodule. 209 عقدة إعادة الاتحاد
Recruitment 957 استنفار
Rectum. 965. 965f. 973 مستقيم
Rectus abdominus muscle. 862f العضلة البطنية المستقيمة
Red algae. 460f. 512. 512–13f. 516f. 564. 575–76. 575f. 582f طحالب حمراء
Red-bellied turtle (*Pseudemys rubriventris*). 698 السلحفاة ذات البطن الأحمر (*Pseudemys rubriventris*)
Red blood cell antigens. 1060 مولدات ضد خلية الدم الحمراء
Red-eyed tree frog (*Agalychnis callidryas*). 693f الضفدع الشجري ذو العيون الحمراء (*Agalychnis callidryas*)
Red fiber. 958 ليف أحمر
Red-green color blindness. 225t. 240 عمى الألوان الأحمر - الأخضر
Rediae. 646. 646f الريديا
Red jungle fowl (*Gallus gallus*). ديك الغابة (*Gallus gallus*)
genome of. 473t المحتوى الجيني لـ
Red maple (*Acer rubrum*). 725f خشب القيقب الأحمر (*Acer rubrum*)
Red marrow. 948f النخاع الأحمر
Red milk snake (*Lampropeltis triangulum syspila*). 434f أفعى الحليب الحمراء (*Lampropeltis triangulum* syspila)
Redox reaction. *See* Oxidation-reduction reaction تفاعل اختزال- أكسدة، تفاعل تأكسد - اختزال
Red tide. 570. 570f المد الأحمر
Reducing atmosphere. 505 غلاف جوي مختزل
Reduction. 7. 21. 107. 107f. 120. 120f اختزال
Reduction division 209 الانقسام الاختزالي
Redundant system. 627 أجهزة مكررة
Red-water fever. 670 حمى الماء الأحمر
Red-winged blackbird. 1136f. 1137 الطائر الأسود ذو الجناح الأحمر
Redwood. 589t. 758. 1220 الخشب الأحمر
Reflex. 890 انعكاسي
Reflex arc. 890. 890f فعل انعكاسي
Regeneration التجديد
in echinoderms. 677–78 في شوكية الجلد
of planarian eyespot. 500. 500f البقعة العينية في البلاناريا
in plants. 846–47. 847f في النباتات
of ribbon worm eyespot. 499–500. 500f البقعة العينية في الدودة الشريطية
of spinal cord 890–91 الحبل الشوكي
Regulation. as *Chara*cteristic of life. 504 تنظيم، بوصفه خاصية للحياة
Regulatory molecules. 920–24. 920f جزيئات منظّمة
Regulatory proteins. 304–7. 304–7f بروتينات منظمة
DNA-binding motifs in. 305–7. 306f. 491 موتيف ربط- DNA في
Reindeer. 1220 غزال الرنة
Reinforcement 439. 439f التعزيز
Relative dating. 422 تقدير العمر النسبي
Release factor. 283. 295. 295f عامل محرر
Releasing hormone. 930 هرمون مفرز
Remodeling. of bone. 948. 949–50. 949f إعادة التشكيل، العظم
REM sleep. 888 حركات سريعة للعيون
Renal cortex. 1030. 1030f. 1033f قشرة كلوية
Renal medulla. 1030. 1030f. 1033f

نخاع كلوي
Renal pelvis. 1030. 1030f حوض الكلية
Renaturation. of proteins. 52–53. 53f
إعادة انطواء البروتينات
Renin. 996. 1036. 1036f أنزيم رنين
Renin–angiotensin–aldosterone system. 936. 1036. 1036f نظام رنين – أنجيوتنسين – ألدستيرون
Replica plating. 553 زرع نسخي
Replication. 262–65. 262–65f
التضاعف
conservative. 262–64. 262f المحافظ
direction of. . 264. 265f. 266. 267f. 271f اتجاه
dispersive. 262–64. 262f التشتتي
elongation stage of. 264–68. 270–72
مرحلة الاستطالة
enzymes needed for. 267t أنزيمات
errors in. 272 الأخطاء في
in eukaryotes. 270–72. 270–72f في حقيقيات النوى
initiation stage of. 264–66. 270 مرحلة الاستهلال
lagging strand. 266. 267f. 268. 269f. 271f الشريط المتلكئ
Meselson–Stahl experiment on. 263–64. 263f تجربة ميسلون وستال على
Okazaki fragments. 266. 268. 268–69f قطع أوكازاكي
in prokaryotes. 186. 186f. 265–69. 543 في بدائيات النوى
rolling-circle. 549. 549f الدائرة المتدحرجة
semiconservative. 262–64. 262f شبه المحافظ
semidiscontinuous. 266. 267f شبه متقطع
suppression between meiotic divisions. 216 تثبيط بين الانقسامات الاختزالية
termination stage of. 265. 265f. 268. 271–72 مرحلة الإيقاف
of virus. 525 فيروس
Replication fork. 266–67. 267–68f شوكة التضاعف
Replication origin. 265–66. 265f. 270. 328 منشأ التضاعف
Replicon. 265. 270 وحدة تضاعف (ريبليكون)
Replisome. 265f. 268–69. 269f جسيم التضاعف
Repolarization. 876f. 877 إعادة استقطاب
Reporter gene. 338f. 339 جين مُخبر
Repression. 308. 312 تثبيط
Repressor. 207 مثبط
Reproduction 1067–84 التكاثر
age at first reproduction. 1155 العمر عند أول تكاثر
in amphibians. 694. 1070–71. 1070f في البرمائيات
in arthropods. 1068 في المفصليات
asexual. *See* Asexual reproduction، لاجنسي، انظر التكاثر اللاجنسي
as *Chara*cteristic of life. 3. 504 بوصفه خاصية للحياة
cost of. 1154–56. 1154–56f تكلفة
in crustaceans. 671 في القشريات
in echinoderms 677–78 في شوكية الجلد
in fish. 689. 1070 في الأسماك
in flatworms. 645. 645f في الديدان المسطحة
in fungi. 604. 606 في الفطريات
investment per offspring. 1155–56. 1155f الاستثمار لكل فرد من النسل
in mammals. 1072. 1072f في الثدييات
in mollusks. 657. 657f في الرخويات
in nematodes. 649 في الديدان الخيطية
pheromones and. 1127–28 الفرمونات و
in plants. 827–48 في النباتات
in polychaetes. 662 في متعددة الأشواك
in protists. 566 في الطلائعيات
reproductive events per life time. 1155 الأحداث التكاثرية خلال فترة الحياة
in reptiles. 1071. 1071f في الزواحف
sexual. *See* Sexual reproduction، جنسي، انظر التكاثر الجنسي
species recognition 1127. 1127f تمييز النوع
in sponges. 639 في الإسفنجيات
Reproductive cloning. 378–79.378–79f استنساخ تكاثري
Reproductive competition. 1135 تنافس تكاثري
Reproductive isolation. 434. 435. 1128f عزل تكاثري
evolution of. 438–39. 439f تطور
Reproductive leaf. 738 ورقة تكاثرية
Reproductive strategy. 1068–69. 1133–36f. 1133–37 إستراتيجية التكاثر
Reproductive success 404. 1136–37. 1136f نجاح التكاثر
Reproductive system. 1067–84 جهاز التكاثر
female. 861. 863f. 1072. 1076–80. 1077–81f أنثى
male. 861. 863f. 1073–76. 1073–76f. 1075t. 1081f ذكر
Reptile. 630t. 694–99. 694–99f زاحف
brain of. 886. 886f دماغ
*Chara*cteristics of. 694–96. 695t خصائص
circulation in. 697. 697f. 985–86 الدوران في
cleavage in. 1093–94 التفلج في
eggs of. 694–95. 694f. 1071 بيوض
evolution 685. 696–98.696–98f تطور
extinctions. 1239t. 1245t انقراض
fertilization in. 1071. 1071f الإخصاب في
heart of. 697. 697f. 985–86 قلب
kidney of. 1027–28 كلية
lungs of. 1004–5 الرئات في
nitrogenous wastes of. 1029. 1029f الفضلات النيتروجينية
present day. 698–99. 698f الحاضر
reproduction in. 1071. 1071f التكاثر في
respiration in. 696. 1004–5 التنفس في
skin of 695–96 جلد
skull of. 696f، جمجمة
swimming in. 959 السباحة في
thermoregulation in. 697. 1020 التنظيم الحراري في
Reptilia (class). 694–99. 694–99f الزواحف (طائفة)
Research. 7–8 بحث
Reservoir. of protists. 568. 568f المستودع، في الطلائعيات
Resin. 594 راتنج
Resistance training. 958 تمرين رياضي مكثف
Resolution (microscope) 61 قوة الفصل (المجهر)
Resource competition. 406. 1150. 1158 التنافس على المصادر
Resource depletion. 1227–31 استهلاك المصادر
Resource partitioning. 1172–73. 1172f تقسيم المصادر
Respiration. 1197 تنفس
aerobic. *See* Aerobic respiration، هوائي، انظر التنفس الهوائي
in amphibians. 691–93. 985–86. 1001f. 1003. 1005f في البرمائيات
anaerobic. 121. 136 لاهوائي
in birds. 703. 1006–7. 1007f في الطيور
in carbon cycle. 1190f. 1191 في حلقة الكربون
in crustaceans. 1002 في القشريات
cutaneous. 691. 986. 1001f. 1003–4 جلدي
in echinoderms. 1001f في شوكية الجلد
in fish. 985. 1001–2f في الأسماك
in insects. 1001f. 1004 في الحشرات
in invertebrates. 1000–1001 في اللافقاريات
in mammals. 1001f. 1005–6. 1006f في الثدييات
in plants. effect of global warming on 784 في النباتات، تأثير الاحتباس الحراري في
in reptiles. 696. 1004–5 في الزواحف
Respiratory control center. 910.1009. 1010f مركز السيطرة التنفسية
Respiratory disease. 1010–11 الأمراض التنفسية
Respiratory system. 861. 863f. 1000–1014 الجهاز التنفسي
of arthropods. 668–69. 669f في المفصليات
as barrier to infection. 1040 بوصفه حاجزًا ضد العدوى
of vertebrates. of vertebrates. 985–87f في الفقاريات
Response. unconditioned. 1120 استجابة غير شرطية
Resting membrane potential. 872–74. 873–74f. 873t. 876f فرق جهد الراحة الغشائي
Restoration ecology 1256–57. 1256–57f علم البيئة الاستعادي
Restriction endonuclease. 326. 326f الأنزيمات المحددة الداخلية
Restriction fragment length polymorphism (RFLP) analysis. 334. 334f تحليل تعدد أشكال طول القطعة المحددة (RELP)
Restriction map. 326. 332. 350. 350f خريطة محددة
Restriction site. 326 موقع التقطيع
Reticular activating system. 888 نظام محفز للتكوين الشبكي
Reticular formation. 888 تكوين شبكي
Reticulin. 856 رتيكولن
Reticulum. 973. 973–74f مشبكة
Retina. 911f. 913. 913f. 915. 1107f شبكية
Retinal. 911f. 913. 913f. 915. 1107f رتنال
Retinitis pigmentosa. 246f Retinitis pigmentosa
Retinoblastoma (Rb) protein. 201–2f بروتين ورم أرومة شبكية العين
Retinoblastoma susceptibility gen 202. 202f جين الحساسية لورم أرومة شبكية العين
Retinoid. 925 رتينويدات
Retinoschisis. 246f Retinoschisis
Retrotransposon. 357. 484 عنصر قافز ارتجاعي
Retrovirus. 279. 524. 526. 1064 فيروس راجع
Reverse genetics. 340 الوراثة العكسية
Reverse transcriptase.. 279. 330. 331f. 357. 524. 526. 530. 531f الناسخ العكسي (أنزيم النسخ العكسي)
RFLP analysis. *See* Restriction fragment length polymorphism analysis RELP. انظر تحليل تعدد أشكال طول القطعة المحددة
R gene. 797f جين *R*
R group. 46. 46–47f مجموعة R
Rhabdom. 668. 668f رابدوم
Rhabdovirus. 527t فيروس داء الكَلَب
Rh blood group. 1060 زمرة الدم Rh
Rhesus monkey. 1122 قرد رايزيسي
Rheumatic fever. 554 حمى الروماتيزم
Rheumatoid arthritis. 342t. 936 التهاب المفاصل الروماتيزمي
Rhinoceros. 520. 708t الكركدن (وحيد القرن)
Rhinovirus 515f فيروس الزكام
Rhizobacteria 791 رايزوبكتيريا
Rhizobium. 558. 779. 779f. 791 *Rhizobium*
Rhizoid. 587. 587f. 593. 743. 743f شبه الجذر
Rhizome. 591. 735. 735f. 846 رايزوم
Rhizopoda. 576–77 جذريات القدم
Rhizopus. 607t. 609f فطر عفن الخبز
Rh-negative individual. 1060 شخص دمه سالب العامل الرايزيسي
Rhodophyta (phylum). 510f. 562f. 575–76. 575f الطحالب الحمراء (قبيلة)
Rhodopsin. 584. 912. 914f رودوبسين
Rh-positive individual. 1060 شخص دمه موجب العامل الرايزيسي
Rhynchocephalia (order). . 695t. 698. 698f ذوات الخطم (خطمية الرأس) (رتبة)
Rhynchocoel. 647–48 السيلوم الخطمي
Rhyniophyta (phylum). 588. 588f Rhyniophyta (قبيلة)
Rib(s). 945f ضلع (أضلاع)
Ribbon worm. 631t. 647–48. 647f دودة شريطية
regeneration of eyespot. 499–500. 500f تجديد البقعة العينية
Riboflavin. *See* Vitamin B2، رايبوفلاقين. انظر فيتامين ب 2
Ribonuclease. 52. 53f ريبونيوكليز
Ribonucleic acid. *See* RNA، الحمض النووي الرايبوزي. انظر RNA رايبوز
Ribose. 37f. 41f. 43f رايبوز
Ribosomal proteins. 69 بروتينات رايبوسومية
Ribosomal RNA (rRNA). 41. 69. 283 RNA الرايبوسومي (rRNA)
of archaebacteria. 511 في البكتيريا القديمة
catalytic activity of. 113 نشاط تسهيلي
evolutionary relationships from. 510f العلاقات التطورية من
phylogenic relationships from. 481–82. 544. 628. 636 العلاقات النشوئية من
protostome phylogeny based on 637f شجرة نشوء أولية الفم اعتمادًا على
Ribosome. 64. 79t. 82t. 283 الرايبوسوم
A site on. 292. 292f. 294. 294f. 297f موقع A على
E site on. 292. 292f. 294. 294f. 297f موقع E على
of eukaryotes. 69. 69f في حقيقيات النوى
free. 69 حر
functions of. 292–93 وظائف

membrane-associated, 69–70 مرتبط بالغشاء
of mitochondria, 74f ميتوكندريا
of prokaryotes, 64, 292f, 548 في بدائيات النوى
P site on, 292, 292f, 294, 294f, 297f موقع P على
structure of, 292–93, 292f تركيب
in translation, 293–96, 293–97f في الترجمة
Ribosome-binding sequence, 293 تعاقب ربط الرايبوسوم
Ribozyme, 113 رايبوزايميا أو أنزيم رايبوزيّ
Ribulose 1,5-bisphosphate, 158, 158f, 159–60, 782, 782f رايبولوز 1,5 ثنائي الفوسفات
Ribulose bisphosphate carboxyl ase/oxygenase. *See* Rubisco مؤكسد رايبولوز ثنائي الفوسفات. انظر روبيسكو
Rice (*Oryza sativa*) 635 f, 753 الأرز (*Oryza sativa*)
foolish seedling disease 820 مرض البادرات الحمقاء
genome of, , 355f, 359–60, 360f, 473t, 474–75, 477f, 484, 486 المحتوى الجيني
golden, 345, 345f, 365 ذهبي
transgenic, 345, 345f, 365 عابر الجينات
world demand for, 365 الطلب العالمي
Ricin, 794, 794f رايسين
Rickets, 936, 980t كساح
Rickettsia, 545f *Rickettsia*
Rickettsia tsutsugamushi, 100f *Rickettsia tsutsugamushi*
Rickettsia typhi, 555t *Rickettsia* typhi
Right whale, 1250 الحوت الصحيح
Rigor mortis, 954 تخشب موتي
Ringworm, 618 الدودة الحلقية
RISC (enzyme complex), 317, 318f RISC (معقد أنزيم)
RNA RNA
antisense. *See* Antisense RNA عديم المنطق. انظر RNA عديم المنطق
catalytic activity of, 113 نشاط مُسهل
Central Dogma 279, 279f عُقيدة محورية
DNA versus, 43, 43f DNA مقارنة
functions of, 35t وظائف
in gene expression, 283–84 في التعبير الجيني
messenger. *See* Messenger RNA (mRNA) رسول. انظر RNA الرسول (mRNA)
microRNA, 317, 318f RNA الدقيق
regulatory, 484 تنظيمي
ribosomal. *See* Ribosomal RNA small, 317, 317f, 484 الرايبوسومي. انظر RNA الرايبوسومي صغير
structure of, 35t, 41–43, 258 تركيب
synthesis of. *See* Transcription تصنيع، انظر الاستنساخ
transfer. *See* Transfer RNA (tRNA) ناقل. انظر الناقل (tRNA)
translation of. *See* Translation 319–20 ترجمة. انظر الترجمة
RNA editing، 317, 318f RNA interference تدخل RNA
RNA polymerase, 271, 282f, 284–85, 309f, 511t مبلمر RNA
core polymerase, 284, 284f لُبّ المبلمر
in eukaryotes, 287 في حقيقيات النوى
holoenzyme, 284, 284f أنزيم كامل
pausing of, 286, 286f توقف
in prokaryotes, 284, 284f في بدائيات النوى
transcriptional control, 304 التحكم في الاستنساخ
RNA polymerase I, 269f, 287 مبلمر RNA الأول
RNA polymerase II, , 287f, 290, 297f مبلمر RNA
312, 313f, 314–15, 315f الثاني (أنزيم مبلمر II)
RNA polymerase III, 287 مبلمر RNA
RNA splicing, 288–90, 289–90f, 319, 319f وصل RNA
alternative splicing, 290, 319, 319f الوصل المتبادل
RNA virus, 524, 524f, 527t فيروس RNA
Robin, 701t, 1248 أبو الحناء
Rocky Mountain spotted fever, 554, 670 حمى جبال روكي المبقعة
Rod(s), 860t, 898t, 912–15, 912f-, 13f عصا (عصوي)
green rod, 691 عصا خضراء
Rodent, 520f, 705, 973 قارض
desert, 1182, 1183f صحراء
Rodentia (order), 508f, 708t القوارض (رتبة)
Rodhocetus kasrani, 423f *Rodhocetus kasrani*
Rodrigues fruit bat (*Pteropus rodricensis*), 1253–54 خفاش الفاكهة رودريجز (*Pteropus rodricensis*)
Rolling-circle replication 549, 549f الدائرة المتدحرجة للتضاعف
Root, 718f, 727–31, 727–31f جذر
absorption by plants, 763–64, 764f الامتصاص عن طريق النبات
adventitious, 730f, 731, 735, 754f, 768, 828, 829f, 833f عرضي
arbuscular mycorrhizae and, 615–16, 616f الفطريات الجذرية الشجرية و
in flooded conditions, 768 في ظروف الغمر
gravitropic response in, 806–8, 807f استجابة جذب أرضي في
inhibition of flowering, 833, 833f تثبيط الإزهار
modified, 730–31f, 731 متحور
structure of, 727–31, 727–29f تركيب
tissues of, 718–19 أنسجة
Root canal, 967f قناة الجذر
Root cap, 720, 727, 727f, 749f, 808 قلنسوة الجذر
columella, 727 خلايا عمودية داخلية
lateral, 727 جانبي
Root hair, 722–23, 723f, 727f, 729, 763, 763–64f, 779f شعيرة جذرية
Root-knot nematode, 790, 791f دودة Root-knot
Root nodule, 779, 779f, 791, 1178 أسطوانية تعيش في عقد الجذر
عقدة جذرية
Root pressure, 764 ضغط جذري
Root–shoot axis, establishment, 744–46, 744–46f المحور الجذري - الخضري، تشكّل
Root system, 718 النظام الجذري
R plasmid, 552 البلازميد مقاوم
Rose, 830, 845 وردة
Rosin, 594 روزن
Rossmann fold, 50 انطواء روسمان
Rosy periwinkle (*Catharanthus roseus*), 1242, 1242f ونكة مزهرة
Rotational cleavage, 1093t تفلج دوراني
Rotifera (phylum), 629f, 631t, 637f, 650, 650f, 984 عجليات (عجلية) (قبيلة)
Rough endoplasmic reticulum, 70، 71f–70 شبكة إندوبلازمية خشنة
Round window, 904f, 905 شباك دائري
Roundworm, 630t, 637, 648–50, 649f, 959, 984 دودة أسطوانية
rRNA. *See* Ribosomal RNA rRNA. انظر RNA الرايبوسومي
r-selected population, 1160t, 1161, 1185 جماعة منتخبة بمعدل الزيادة r-
Rubisco, 158–59, 158f, 361, 782–83, 782f روبيسكو
Ruffini corpuscle, 898t, 901f, 902 حويصلة روفيني
Rule of addition, 228 قانون الإضافة
Rule of eight. *See* Octet rule قانون الثمانية. انظر قانون الثُّمانيّات
Rule of multiplication, 228 قانون التضاعف
Rumen, 558, 617, 973, 973–74f حجرة الكرش
Ruminant, 965–66, 973,973–74f, 1232 مجتر
Rumination, 973 اجترار
Runner, plant, 735, 735f, 846 ساق زاحفة (جارية)، نبات
Running, 960 عَدْو
Run off, 1195, 1222–23, 1252 جريان (نقل)
Rusts (plant disease), 607t, 612 الصدأ (مرض نباتي)

S

Saber-toothed cat, 706t, 1238, 1238f قطط مسيفة الأسنان
Saccharomyces, 188t, 611f *Saccharomyces*
Saccharomyces cerevisiae, 611 *Saccharomyces* cerevisiae
genome of, 355f, 359,473t, 611 جينوم
Saccule 906f, 907–8 كيس
Sac fungi, 610–12, 611f فطر الكأس
Sage, 792 ميرمية
Sager, Ruth, 242 روث ساغر
Sagitta, 631t *Sagitta*
Saguaro cactus, 841 صبار ساجوارو
Sahel region, 1229 منطقة الساحل
St. John's wort, 1170–71 حشيشة القديس يوحنا
Salamander, 691, 691t, 693, 964f, 1003 سلمندر
Salicylic acid, 796–98 حمض الساليسيلك
Salinity ملوحة
plant adaptations to, 768–69, 769f تكيف النباتات لـ
soil, 776 تربةَ
Saliva, 966–67, 1040 لعاب
Salivary gland, 854, 862f, 894t, 965f, 966–67, 976t غدة لعابية
development in *Drosophila*, 1099, 1099f التكوين الجنيني في ذبابة الفاكهة
Salmon, 1156, 1229 سلمون
Salmonella, 529, 545f, 554, 555t *Salmonella* سالمونيلا
evasion of immune system, 1063 تهرب من جهاز المناعة
type III system in, 553–54 نظام النوع الثالث في
Salp, 683 سالبا
Saltatory conduction, 878, 878f نقل وثبي
Salt-curing, 52 حفظها بالأملاح
Salt gland, 1028, 1028f غدة ملحية
Salt hunger 1035 جوع الملح
Salt lick 1035 لعق الملح
Salt marsh, 1224, 1230 سبخة مالحة
Salty taste, 908 مذاق ملحي
Samara, 751f سمارا
Sand dollar, 630t, 676, 678 دولار الرمل
Sand flea, 671 برغوث الرمل
Sand fly, 568 ذبابة الرمل
Sandpiper 701t طيطوى
Sanger, Frederick, 46 فردرك سانجر
SA node. *See* Sinoatrial node SA node. انظر عقدة جيبية أذينية
Santa Catalina Mountains, tree species along moisture gradient, 1169, 1169f وفرة أنواع من الأشجار على طول تدرج في الرطوبة على جبال سانتا كاتالينا
Sarcomere, 953, 953–54f قطعة عضلية
Sarcoplasmic reticulum, 956, 956f الشبكة العضلية البلازمية
Sarcopterygii (class), 686f, 687t, 690, 690f أسماك مفصصة الزعانف (طائفة)
Sardine, 1225 سمك السردين
SARS. *See* Severe acute respiratory syndrome سارس، انظر مرض الالتهاب الرئوي الحاد
Sartorius muscle, 862f العضلة الخياطية
Satiety, 888 شبع
Satiety factor, 978 عامل الشبع
Saturated fatty acid, 54–55, 54f, 90 حمض دهني مشبع
Saturation, 95 إشباع
Sauria (suborder), 695t تحت رتبة الزواحف الحقيقية
Saurischia (order), 695t الزواحف الوركية (رتبة)
Savage, Jay, 1245 سافيج
Savanna, 1168f, 1216, 1216f, 1218–19, 1218f سافانا
Scaffold protein, 174–75, 174f, 270f البروتين السقال
Scales حراشف
of fish, 689 الأسماك
of reptiles, 696 الزواحف
Scaleworm, 662 دودة قشرية
Scallop, 543f, 654–55, 658–59, 959 أسكالوب
Scanning electron microscopy, 61, 62t, 88 مجهر إلكتروني ماسح
of human chromosomes, 188f كروموسومات الإنسان
Scanning-tunneling microscopy, 18f مجهر نفقي ماسح
of DNA, 41f DNA
Scapula, 945f ترقوة
SCARECROW gene, in *Arabidopsis*, 728, 728f, 807, 807f جين *SCARECROW* في نبات رشاد الجدران
Scarlet fever, 554 حمى قرمزية
Scarlet kingsnake (*Lampropeltis triangulum elapsoides*), 434f الملك القرمزية الأفعى (*Lampropeltis triangulum elapsoides*)
SCF complex, 817, 817f معقد SCF
Schistosomiasis, 646 البلهارسيا
Schizogony, 566 الانشطار
Schizophrenia, 881 انفصام الشخصية
Schizosaccharomyces pombe, 355f, 359, 473t *Schizosaccharomyces pombe*
Schleiden, Matthias, 12, 60 ماثياس شلايدن
Schwann, Theodor, 12, 60 ثيودور شفان
Schwann cells, 871–72, 871–72f, 1102 خلايا شوان
Sciatic nerve, 884f عصب وركي
SCID. *See* Severe combined immunodeficiency SCID مرض فقر المناعة
Science العلم
deductive reasoning in, 4–5, 5f تعليل

استنتاجي
definition of. 4 تعريف
descriptive. 4 وصفي
hypothesis-driven. 5–7 تدفعه الفرضية
inductive reasoning in. 5 تعليل استقرائي
Scientific method. 4 طريقة علمية
Sciuridae (family) 508f عائلة السنجابيات
Sclera. 911. 911f صلبة
Sclereid. 724. 724f خلايا صخرية
Sclerenchyma. 724–25 نسيج سكلارنشيمي
Sclerenchyma cells. 724. 724f خلايا سكلارنشيمية
SCN. *See* Suprachiasmatic nucleus SCN. انظر النواة فوق التصالبية لتحت المهاد
SCNT. *See* Somatic cell nuclear transfer SCNT. انظر النقل النووي للخلايا الجسمية
Scolex. 646–47. 647f رأس
Scolopendra. 670f *Scolopendra*
Scorpion. 630t. 669 عقرب
Scout bee. 1128–29. 1129f. 1141 نحلة كشافة
Scrapie. 536 الداء العصبي
Screech owl. 701t البوم الصياح
Scrotum. 1073. 1073f كيس الصفن
Sculpin. 1252 أسماك الإسقلبين
Scurvy. 980. 980t إسقربوط
Scutellum. 753–54. 753–54f درع حرشفي (فلقة)
Scyphozoa 640.642. 642f الحيوانات الفنجانية
Sea anemone. 624. 624f. 630t. 640.
Sea cucumber. 630t. 676–78 خيار البحر
Sea fan. 643 مروحة البحر
Seagrass. 1223 عشب البحر
Sea level. effect of global warming on. 1234 مستوى البحر، تأثير الاحتباس الحراري في
Sea lily. 677–78 زنبق البحر
Sea lion. 1252. 1253f أسد البحر
Sea mat. 630t سجادة البحر
Sea mice 662 فئران البحر
Sea moss. 630t طحلب البحر
Sea otter. 1252. 1253f ثعلب البحر
cognitive behavior in. 1124. 1124f السلوك التعرفي الإدراكي عند
predation on sea urchins. 1175. 1202–3. 1203f افتراس قنافذ البحر
tool use. 1124. 1124f استعمال أداة
Sea pansy. 643 بنفسج البحر
Sea peach (*Halocynthia auranthium*). 683f مشمش البحر (*Halocynthia auranthium*)
Sea pen. 643 قلم البحر
Search image. 406. 406f صورة بحث نمطية
Sea slug. 630t. 658. 658f بزاقة بحرية (بزاق البحر)
Sea snake. 699. 1005. 1028 أفعى البحر
Seasonality. variations in solar energy 1219. 1212f موسمي، تغيرات في الطاقة الشمسية
Sea star. 630t. 676–78. 677–78f. 959 نجم البحر
predation on mussels. 1182. 1182f افتراس على بلح البحر
Sea turtle. 695t. 929. 959. 1028 سلحفاة البحر
Sea urchin.. 630t. 676. 678. 678f. 945. 1088. 1252. 1253f قنفذ البحر
cleavage in. 1092. 1092f التفلج في
development in. 490. 490f التكوين الجنيني في
fertilization in. 1091. 1091f الإخصاب في
gastrulation in. 1095–96. 1095f عملية تكوين الجاسترولا في
predation by sea otters. 1175. 1202–3. 1203f الافتراس عن طريق ثعلب البحر
Sea walnut 631t. 643 جوز البحر
Sea whip. 643 سوط البحر
Sebaceous gland. 854. 1040 غدة دهنية
Secondary carnivore 1196. 1197–98f. 1199–1200. 1202 آكل لحوم ثانوي
Secondary cell wall. 81. 81f جدار خلوي ثانوي
Secondary chemical compounds. 1175 مركبات كيميائية ثانوية
Secondary endosymbiosis. 564 التكافل الداخلي الثانوي
Secondary growth. in plants. 720. 733f نمو ثانوي، في النباتات
Secondary immune response. 1055f. 1057–58. 1057f الاستجابة المناعية الثانوية
Secondary induction. 1107 تحفيز ثانوي
Secondary lymphoid organs. 1047f. 1048 أعضاء ليمفية ثانوية
Secondary metabolite. 792. 793t. 794–95 مركبات أيضية ثانوية
Secondary mycelium. 613 غزل فطري ثانوي
Secondary oocyte. 1077–78. 1078–79f خلية البيضة الثانوية
Secondary phloem. 721f. 733f لحاء ثانوي
Secondary plant body. 720 جسم ثانوي للنبات
Secondary productivity. 1197 إنتاجية ثانوية
Secondary sexual *Chara*cteristics. 938–39. 1076. 1134 صفات جنسية ثانوية
Secondary spermatocyte. 1073f. 1074 خلية منوية ثانوية
Secondary structure. of proteins. 48. 48–49f تركيب ثانوي، للبروتينات
Secondary succession 1184 تعاقب ثانوي
Secondary tissues. of plant. 720 أنسجة ثانوية، في النبات
Secondary xylem. 721f. 725. 733f خشب ثانوي
Second filial generation. 223. 223f. 227. 227f جيل بنوي ثاني
Second Law of Thermodynamics. 107–8. 108f. 1196 القانون الثاني في الديناميكا الحرارية
Second messenger 170. 176–78 رسول ثان
calcium. 178. 178f كالسيوم
cAMP. 170. 176–79. 177–79f أدينوسين أحادي الفوسفات الحلقي
cGMP. 171 جوانوسين أحادي الفوسفات الحلقي
for hydrophilic hormones. 927–28. 927f هرمونات محبة للماء
IP_3/calcium. 177. 177f إينوسايتول ثلاثي الفوسفات / كالسيوم
Second trimester. 1109f. 1110 الثلث الثاني
Secretin. 975. 975f. 976t سكرتين
Secretion. 854. 1025 إفراز
in kidney. 1030. 1032 في الكلية
Securin. 199–200 بروتين الضامن (سكيورين)
Sedge. 842. 846 البردى
Seed.. 390. 391f. 589–90. 593. 595f. 599f البذرة
adaptive importance of. 749. 749f أهمية التكيف
dispersal of. 1149. 1149f. 1253–54 انتشار
dormancy in. 748. 811–12.824. 824f. 912f سكون
formation of. 390. 391f. 594–95. 595f. 748–49. 748f. 845 تكوين
germination of. 390–91. 390f. 600. 749. 753–54. 753–54f. 803. 812. 824 إنبات
nutrient storage in. 748. 748f تخزين الغذاء في
Seed bank. 753 بنك البذور
Seed cache. 1121. 1121f مخبأ بذور
Seed coat. 598. 599f. 748–49. 749f. 812. 812f غلاف البذرة (القصرة)
Seed-hoarding bird. 1121. 1121f طيور خازنة للبذور
Seedless vascular plant. 589t نبات وعائي لابذري
Seedling، إنبات
etiolated. 803. 803f استطالة في القمة
growth of. 753–54. 753–54f نمو
orientation of. 754 توجيه
Seed plant. 588. 589t النبات البذري
Seed traits. in garden pea. 222–23f. 227f صفات البذور في بازلاء الحديقة
Segmental duplication. 356–57. 357t. 479f مضاعفة قطعية
Segmentation (animals). 626–27 التقسيم (الحيوانات)
in annelids. 518. 519f. 627. 627f. 660 في الحلقيات
in arthropods. 518. 519f.627. 627f في المفصليات
in chordates. 518. 519f في الحبليات
in *Drosophila* development. 382f. 385–87. 386–87f في تطور ذبابة الفاكهة
evolution of. 518. 519f. 626–27. 627f تطور الـ
molecular details of. 518 التفاصيل الجزيئية
Segmentation genes. 382f. 385 جينات التقسيم
Segment-polarity genes. 382f. 385 جينات قطبية القطعة
Segregation of traits. 220. 224 انعزال الصفات
Sei whale. 1250. 1250f حوت الساي
Selectable marker. 328–29. 329f مؤشر قابل للاختيار
Selection. *See also* 400f. 402. *See also* الانتخاب
Artificial selection; Natural selection انظر أيضًا. الانتخاب الصناعي، الانتخاب الطبيعي
to avoid predators. 402–3. 403f تجنب المفترس
on color in guppies. 410–11. 410–11f على اللون في السمكة الفطساء
directional. 408–9f. 409 موجه
disruptive. 408. 408–9f. 442 المسبب للاضطراب
frequency-dependent. 406. 406f المعتمد على التكرار
group. 1137–38 للمجموعة
interactions among evolutionary forces. 405–6. 405f التفاعل بين القوى التطورية
kin. 1138–40. 1139–40f نسب
limits to. 412. 412f حدود
to match climatic conditions. 403 للتماشي مع الظروف المناخية
oscillating 407. 448 المتذبذب
for pesticide resistance in insects. 403. 403f لمقاومة مبيدات الآفات في الحشرات
sexual. 404. 1133–34. 1133f جنسي
stabilizing. 408–9f. 409 استقرار
Selective permeability. 94 نفاذية انتقائية
Selective serotonin reuptake inhibitor (SSRI). 881 مثبطات إعادة تناول سيروتونين الانتقائية
Self antigen. 1058 مولد ضد ذاتي
Self-fertilization. 221. 221f الإخصاب الذاتي
Self-incompatibility. in plants، عدم التوافق الذاتي، في النباتات
gametophytic. 843–44. 844f نبات جاميتي
sporophytic. 844. 844f نبات بوغي
Self-pollination. 839. 842–43. 844f تلقيح ذاتي
Self-versus-nonself recognition. 1049 التفريق بين الذات والغريب
Semelparity. 1156 إنجابية أحادية
Semen. 1074 السائل المنوي
Semibalanus balanoides. 1170. 1170f *Semibalanus balanoides*
Semicircular canal. 904f. 906–7f. 907–8 قناة نصف هلالية
Semiconservative replication. 262–64. 262f التضاعف شبه المحافظ
Semidesert. 1216f. 1217 شبه صحراء
Semilunar valve. 988. 988f صمام نصف قمري (نصف هلالي)
Seminal vesicle 1073f. 1074 حويصلة منوية
Seminiferous tubule. 1073–74. 1073f أنيبيبات منوية
Senescence. in plants. 848 الهرم، في النباتات
Sensitive plant (*Mimosa pudica*). 803. 809. 809f نبات حساس (نبتة الست المستحية)
Sensitivity. as *Chara*cteristic of life. 3. 504 الحساسية، بوصفها خاصية للحياة
Sensor. 864. 864–65f مسبار
Sensory exploitation. 1136 استغلال حسّي
Sensory hair. 909f شعيرة حسية
Sensory information. path of. 899f معلومات حسية، مسار
Sensory neuron. 860t. 870. 870–71f. 890–91f. 891–94 عصبون حسي
Sensory organs. of insects 674 الأعضاء الحسية، للحشرات
Sensory receptor. 675. 870. 898–900. 898t مستقبل حسّي
Sensory setae. 675 أشواك حسية
Sensory systems. 861. 897–916 الأجهزة الحسية (أجهزة الإحساس)
in plants. 801–24 في النباتات
Sensory transduction. 899–900. 899–900f تحويل الإشارات الحسّية
Sepal. 598. 598f. 751f. 835f. 836. 836f سبلة
Separase. 199–200 بروتين الفاصل سباريز
Separation layer. 811 طبقة الفصل
SEP genes. 834–36. 836f جينات *SEP*
Septation (cell division). 186–87. 186–87f تكوين الحواجز
Septum، الجدار الفاصل
of annelids. 661. 661f للحلقيات
in binary fission. 187 في الانشطار الثنائي
of fungal hyphae. 605. 605f للخيوط الفطرية
Sequence-tagged site (STS). 351. 352f. 354 موقع معلم التعاقب (STS)
Sequential hermaphroditism. 1068 تخنّث تعاقبي

Serengeti ecosystem, 1192, 1218 نظام بيئي سيرينجيتي
Serine 46, 47f سيرين
Serosa, of gastrointestinal tract, 965, 965f, 969–70f طبقة مصلية، للقناة المعدية المعوية
Serotonin, 881, 883, 888 سيروتونين
Serotonin receptor, 319–20 مستقبل السيروتونين
Serpentes (suborder), 695t أفاعٍ (تحت رتبة)
Serpentine soil 1169, 1169f تربة سربنتينية
Sertoli cells, 1073f, 1074–75, 1076f خلايا سيرتولي
Serum, 997 مصل
Sessile animal, 637 حيوان مستقر
Set point 864, 864f نقطة مرجعية
Severe acute respiratory syndrome (SARS), 527t, 535, 535f مرض الالتهاب الرئوي الحاد (سارس SARS)
Severe combined immunodeficiency (SCID), 342, 342t مرض فقر المناعة الحاد المركب (SCID)
Sewage, 1223, 1227 مياه المجاري
Sex chromosome, 238, 239–41, 239t كروموسوم الجنس
of birds, 239t للطيور
of fruit fly, 239, 239t ذبابة الفاكهة
of humans, 239–41, 239t للإنسان
of insects, 239t للحشرات
nondisjunction involving, 250, 250f عدم الانفصال
sex combs reduced gene, in *Drosophila*, 1099, 1099f جين مشط الجنس المختزل في ذبابة الفاكهة
Sex determination 239–41, 239t, 1069 تحديد الجنس
in mammals, 1069, 1069f في الثدييات
temperature-dependent, 392 معتمد على الحرارة
Sex linkage, 238f, 239 ارتباط بالجنس
Sex ratio, 1152, 1152f نسبة الجنس
Sex steroid, 921, 938–39 ستيرويدات الجنس
Sexual dimorphism, 1135 ازدواج الهيئة الجنسي
Sexual imprinting, 1122–23 الانطباع الجنسي
Sexual life cycle, 206, 207f دورة الحياة الجنسية
Sexually transmitted disease (STD), 555t, 556–57, 556f, 1081 الأمراض المنقولة جنسيًّا (STD)
Sexual reproduction *See also* Meiosis, 205,206–16, 566, 1068–69. التكاثر الجنسي. انظر أيضًا انقسامًا اختزاليًّا
in animals 623t في الحيوانات
Sexual selection, 404, 1133–36, 1133f انتخاب جنسي
Shade leaf, 738 ورقة ظل
Shaft, of bone 948 ساق العظم
Shark, 687t, 688–89, 688–89f, 886f, 916, 1002, 1020,1024, 1027, 1049 سمك القرش
evolution of, 689 تطور
teeth of, 688–89 أسنان
Sheep, cloning of, 376–78, 376–77f نعجة، استنسال
Shelf fungi, 612 فطريات الرف
Shell صدفة
of bivalves, 658–59, 659f ثنائية المصراع
of diatoms, 574, 574f الدياتومات
of mollusks, 654, 656, 658, 658f الرخويات
Shingles, 524 داء المنطقة
Shipworm, 655 دودة السفن
Shivering, 1020, 1020f ارتجافي
Shivering thermogenesis, 1021 توليد حراري ارتجافي
Shock, anaphylactic, 1059 صدمة فرط الحساسية
Shoot, 718, 718f ساق. انظر أيضًا *See also* Root– shoot axis. محور الجذر - المجموع الخضري
development of, 754f التكوين الجنيني
gravitropic response in, 806–8, 807f استجابة التأود الأرضي
elongation of, 803, 803f استطالة
tissues of, 718 أنسجة
shootmeristemless mutant, in *Arabidopsis*, 744–46, 745f طفرة النسيج المولد للساق، في نبات رشاد الجدران
Shorebird, 701t طائر الشاطئ
Shore crab, feeding on mussels, 1131, 1131f سلطعون الشاطئ، التغذي على بلح البحر
Short-day plant, 830–31, 830f نبات النهار القصير
facultative, 831 اختياري
obligate, 831 إجباري
Short interspersed element (SINEs), 357, 357f, 360 العناصر المتناثرة القصيرة SINEs
short root mutant, in *Arabidopsis*, 807, 807f طفرة الجذر القصير في رشاد الجدران
Short tandem repeat (STR), 352 تكرار ترادفي قصير (STR)
Short-term memory, 889 ذاكرة قصيرة الأمد
Shotgun sequencing, 354, 354f التعاقب العشوائية
Shrew, 707, 708t, 906, 1197f الزَّبَّابة
Shrimp, 667, 672 قريدس (ربِّيان)
Shrimp farm, 1243–44, 1243f مزارع القريدس
Shrub, 589t شجيرة
Siamese cat, 230t, 233, 233f قط سيامي
Sickle cell anemia, 50, 225t, 230t, 231, 247–49, 247–48f, 247t فقر الدم المنجلي
malaria and, 248, 407, 407f الملاريا و
Side-blotched lizard (*Uta stansburiana*), 1155–56, 1156f السحلية ذات البقع الجانبية
Sideroblastic anemia, 246f Sideroblastic anemia فقر دم الخلايا الحمراء المبقعة
Sidneyia, 632f *Sidneyia*
Sieve area, 726 منطقة غربالية
Sieve cells 726, 770 خلايا غربالية
Sieve plate, 726, 726f صفيحة غربالية
Sieve tube 726, 770 أنبوبة غربالية
evolution of, 462, 463f تطور
Sieve-tube member, 726, 726f عضو الأنبوبة الغربالية
Sight. *See* Vision بصر. انظر الرؤية
Sigma factor, 284–85, 284–85f عامل سيجما
Sigmoidal growth curve 1157 منحنى نمو سيني
Sigmoria, 670f *Sigmoria*
Signal recognition particle (SRP), 284–96, 296f جسيم مميز الإشارة (جسيم التعرف إلى الإشارة) (SRP)
Signal sequence, 295–96, 296f تعاقب الإشارة
Signal transduction pathway Cell signaling, 14, 166–67. مسار تحويل الإشارة. انظر أيضًا إشارة الخلية
changes in pathways, 491 تغيرات المسارات
in development, 490–91 في التكوين الجنيني
in plants, 803–4 في النباتات
in seed germination, 753f في إنبات البذور
wound response in plants, 796–97, 797f استجابة الجرح في النباتات
Sign stimulus, 1116–17, 1116f منبه إشارة
Sildenafil, 171, 881 سايدنأفيل
Silent mutation, 298, 299f طفرة صامتة
Silica, 565, 591, 790, 1175 سيليكا
Silk (spider) 669 حرير (عنكبوت)
Silkworm moth (*Bombyx mori*), 188t, 940f, 1128 عث دودة الحرير (*Bombyx mori*)
Silverfish, 674 سمكة فضية
Silver fox, domestication of, 421, 421f ثعلب فضي، تدجين
Simberloff, Dan, 1208 دان سمبرلوف
Simian immunodeficiency virus, 467–68, 468f فيروس نقص المناعة القردي
Simple epithelium, 854 طلائي بسيط
columnar, 854, 855t عمادي
cuboidal, 854, 855t مكعب
squamous, 854, 855t حرشفي
Simple eye, 668 عين بسيطة
Simple leaf, 736, 737f ورقة بسيطة
Simple metamorphosis, 675 تحول بسيط
Simple sequence repeats, 357, 357t تكرارات بسيطة التعاقب (SSR)
SINE. *See* Short interspersed element. انظر العناصر المتناثرة القصيرة SINE
Singer, S., 86 سانجر
Single bond, 24, 24f رابطة فردية
Single-copy gene, 356 جين فردي النسخة
Single nucleotide polymorphism (SNP), 246–47, 358, 359f التعدد الشكلي للنيكليوتيد الواحد (SNP) (تعدد أشكال النيوكليوتيد الواحد)
in human genome, 358 في جينوم الإنسان
single-base differences between individuals, 358 اختلافات قاعدة وحيدة بين الأفراد
Single-strand binding protein, 266, 267t, 269f بروتين رابط للشريط المفرد
Sink (plant carbohydrate), 770, 770f المغطس (سكريات النبات)
Sinoatrial (SA) node, 985, 987, 990, 990f, 995 عقدة جيبية أذينية (SA node)
Sinosauropteryx, 464f, 702f *Sinosauropteryx*
Sinus venosus, 985, 985–86f, 987 جيب وريدي
Siphonaptera (order), 673t عديمة الأجنحة السيفونية (رتبة)
Sipuncula, 629f, 637 f الديدان الأنبوبية
siRNA. *See* Small interfering RNA. انظر أيضًا RNA الصغير المعترض (المتدخل) siRNA
Sister chromatid(s), 190, 190f, 192, 192f, 209 الكروماتيدات الشقيقة
Sister chromatid cohesion, 209–11, 215–16 التصاق الكروماتيدات الشقيقة
Sister clade, 467 السلالة الشقيقة
Site-specific farming, 776 الزراعة الخاصة في الموقع
Skate, 687t, 689 الورنك
Skeletal muscle, 858–59, 859t, 952 العضلة الهيكلية
actions of, 950–52, 952f وظائف
lymph movement and, 994 حركة الليمف
venous pump, 992, 993f مضخة وريدية
Skeletal system, 862f, 944–46 الجهاز الهيكلي
Skeleton هيكل
hydrostatic, 944, 944f هيدروستاتيكي
types of, 944, 945f أنواع
Skin, 863f, 1040 الجلد
as barrier to infection, 854, 1040 حاجز ضد العدوى
color of, 714, 714f لون
of reptiles, 695–96 في الزواحف
as respiratory organ. *See* Cutaneous respiration بوصفه عضوًا تنفسيًّا. انظر تنفسًا جلديًا
Skin cancer, 273, 1230 سرطان الجلد
Skink, 699 سقنقور
Skinner, B. F., 1120 ب. ف. سكنر
Skinner box, 1120 صندوق سكنر
Skull, 696f, 862f, 945f, 951 جمجمة
Slash pine (*Pinus palustris*), 594f الصنوبر الطويل (*Pinus palustris*)
S-layer, 547 طبقة S
Sleep 888, 939 نوم
Sleep movement, in plants, 810, 810f حركات النوم، في النباتات
Sliding clamp, DNA polymerase III, 267, 267f اللاقط المنزلق، أنزيم بلمرة DNA الثالث
Sliding filament model, of muscle contraction, 953–54, 953–54f آلية الخيوط المنزلقة، في انقباض العضلات
Slightly movable joint, 950–51, 950f مفصل قليل الحركة
Slime mold, 577–78, 578f الفطر الغروي
cellular 578, 578f الخلوي
plasmodial, 578, 578f البلازمودي
S locus, 844, 844f موقع S
Sloth, 708t الكسلان
Slow-twitch muscle fiber, 957–58, 957f ليف عضلي الومضة البطيئة
Slow virus, 536 فيروس بطيء
Slug (mollusk), 654–56, 658, 959 البزاق (رخوي)
Slug (slime mold), 578, 578f كتلة رخوية، عفن غروي
Small interfering RNA (siRNA), 317, 318f RNA الصغير المعترض (المتدخل) (siRNA)
Small intestine, 862f, 965, 965f, 969–72, 969–72f, 974f, 976t الأمعاء الدقيقة
absorption in, 970–72 الامتصاص في
accessory organs to, 970–71, 971f الأعضاء المساعدة في
digestion in, 970, 970f الهضم في
Small nuclear ribonucleoprotein (snRNP), 284, 289, 289f دقائق الرايبونيكليو بروتين النووي الصغير (sn TNP)
Small nuclear RNA, 284 RNA النووي الصغير
Smallpox 341, 365t, 527t, 530, 557, 1044–45, 1044f, 1055f جدري
Small, 284, 317, 317f, 484 صغير
Smell, 898t, 909–10, 909f رائحة
Smelt, 1200 أسماك الهف
Smoking, 1010–11 التدخين
cancer and, 1011, 1011f السرطان و
cardiovascular disease 995 مرض قلبي وعائي
nicotine addiction, 883 إدمان النيكوتين
Smooth endoplasmic reticulum, 70–71, 70f الشبكة الإندبلازمية الناعمة
Smooth muscle, 858, 859t عضلة ملساء

Smuts, 612 تفحم
Snail, 630t, 654–55, 658, 658f, 959 حلزون
marine, larval dispersal in, 464–65, 464–65f بحري، انتشار اليرقات في
Snake, 687f, 695t, 698f, 699 أفعى
evolution of, 423 تطور
sensing infrared radiation, 916 رصد الأشعة تحت الحمراء
venomous, 44f سم
Snake venom, 45t, 430 سم الأفعى
Snapdragon, 830, 837, 837f شب الليل
CYCLOIDIA gene in, 495–96, 837–38, 837f جين *CYCLOIDIA* في
Snodgrass, Robert, 518 روبرت سودغراس
Snowshoe hare (*Lepus americanus*), population cycles of, 1159–60, 1160f أرنب حذاء الثلج (*Lepus americanus*)، دورات الجماعة
SNP. *See* Single nucleotide polymorphism SNP. انظر التعدد الشكلي للنيوكليوتيد الواحد
snRNP. *See* Small nuclear ribonucleoprotein snRNP. انظر دقائق الرايبونيكليو بروتين النووي الصغير
Snurp. *See* Small nuclear ribonucleoprotein Snurp. انظر دقائق الرايبونيكليو بروتين النووي الصغير
Social insects, 1128, 1129f, 1140–42, 1140–41f الحشرات الاجتماعية
Social system النظام الاجتماعي
communication in social group, 1128–29, 1129f التواصل بين المجموعات الاجتماعية
evolution of, 1140–42 تطور
Society, 1140 مجتمع
Socorro isopod, 1148 حشرة سوكورو متساوية الأرجل
Sodium صوديوم
in action potential, 875–77, 876–78f في جهد الفعل
blood, 1035–36, 1036f الدم
in cytoplasm and extracellular fluid, 873t, 1024 في السيتوبلازم والسائل خارج الخلايا
extracellular, 1035 خارج الخلايا
in photoreception, 913–14, 914f في المستقبل الضوئي
reabsorption in kidney, 1026f, 1033–35 إعادة الامتصاص في الكلية
in resting membrane potential, 872–74, 873–74f في فرق جهد الراحة للغشاء
Sodium channel, 88t, 170 قناة الصوديوم
ligand-gated, 913–14, 914f مبوبة بالرابط
voltage-gated, 875 مبوبة بفرق الجهد
Sodium chloride, 23, 23f, 28f كلوريد الصوديوم
Sodium-potassium pump, 45t, 88t, 98–99, 98–99f, 102t, 872, 873–74f مضخة صوديوم – بوتاسيوم
Soft coral, 643, 1225 مرجان ناعم
Soft palate, 967, 967f سقف الحلق اللين
Soft rot 554 التعفن الفطري
Soil, 774–76, 1146 تربة
acid 776 حمضية
air in, 774 الهواء في
charges on soil particles, 774, 774f شحنات على دقائق التربة
formation of, 1184 تكوين
loss of, 775, 775f فقدان
minerals in, 774–75, 774–75f المعادن في
organic matter in, 774 المادة العضوية في
phytoremediation, 784–86, 785–86f معالجة نباتية للملوثات
saline, 769, 776 مالحة (ملوحة)
serpentine, 1169, 1169f سربنتينية
water content of, 763, 774–76, 774–75f المحتوى المائي
water potential of, 760–61, 762f, 774–75 قدرة مائية
Soil pore, 774, 775f ثقب التربة
Solar energy. *See also* Sunlight الطاقة الشمسية، أيضًا أشعة الشمس
climate and, 1212–16, 1212–13f المناخ و
distribution over Earth's surface 1212, 1212f التوزيع فوق سطح الأرض
in open ocean, 1223 في المحيط المفتوح
seasonal variation in, 1212, 1212f التغيرات الموسمية في
Soldier fly (*Ptecticus trivittatus*), 673f الذباب العسكري (*Ptecticus trivittatus*)
Solenoid, 178f, 189 ملف لولبي
Soleus muscle 957f عضلة الساق الأخمصية
Solute, 28, 95 مُذاب
Solute potential, 760, 760f القدرة الأسموزية للمذاب
Solvent, 27t, 28, 28f, 95 مذيب
Somatic cell(s), 206, 207f الخلية (الخلايا) الجسمية (الجسدية)
Somatic cell embryo, 847f جنين خلية جسمية
Somatic cell nuclear transfer (SCNT), 378–79 النقل النووي للخلايا الجسمية (SCNT)
Somatic motor neuron, 956 عصبون حركي جسمي
Somatic nervous system, 870, 871f, 891–92, 892t جهاز عصبي بدني (جسمي)
Somatosensory cortex, primary, 887, 887f قشرة حسية بدنية أساسية
Somatostatin. *See* Growth hormone-inhibiting hormone (GHIH) المثبط الجسمي – انظر الهرمون المثبط لهرمون النمو (GHIH)
Somatotropin. *See* Growth hormone (GH) هرمون النمو
Somite, 1101, 1102–3f, 1108 قطعة جسمية
Somitogenesis, 1101 تكوين القطع الجسمية
Somitomere, 1101 فلقة جسدية
Sonar, 907 سونار
Song, bird's, 1123, 1123f, 1128, 1132 تغريد، الطائر (الطيور)
Songbird, 701t الطائر المُغرِّد
declining populations of, 1248–49 تناقص جماعات
genetic basis of songs and singing, 483 الأساس الوراثي للأغاني والغناء
migratory, 1248–49, 1249f هجرة
Song sparrow (*Melospiza melodia*), 1159f العصفور الدوري المغرد (*Melospiza melodia*)
Sonic hedgehog, 1106 قنفذ صوتي
s orbital, 20, 20f, 22 مدار s
Sorghum, 161 سورغوم
genome of, 477f المحتوى الجيني
Sorocarp, 578f ثمرة بثرية
Sorus, 592–93, 592f بثرة
Sounds, 903 أصوات
made by insects, 675 الحشرات
navigation by, 906–7 الملاحة عن طريق
Source (plant carbohydrate), 770, 770f مصدر (كربوهيدرات النبات)
Source-sink مصدر- مغطس (فوق الجماعات المصدر – والمهبط)
metapopulation, 1151 فوق الجماعة
Sourdough bread, 611 خبز العجين الحامض
Sour taste, 908 طعم حمض
South equatorial current 1214f التيار الاستوائي الجنوبي
Southern blot, 332–34, 333f وصمة ساذرن
Snowbug, 671 بق الثلج
Soybean (*Glycine max*), 793t, 831, 848 فول الصويا (*Glycine max*)
genome of 477–78, 477f, 481f المادة الوراثية
phytoestrogens in soy الإستروجينات النباتية في الصويا
products, 794 منتجات
transgenic, 344 عابرة للجينات
Soy sauce, 613 صلصة الصويا
Spadefoot toad (*Scaphiophus*), 1147 ضفدع الطين ذو الرجل المجرفة (*Scaphiophus*)
Spallanzani, Lazzaro 706 سبالنزانو
Spanish flu, 534 الإنفلونزا الإسبانية
Spanish moss 1179, 1179f الحزاز الطحلبي الإسباني
Sparrow, 701t, 964, 1007, 1154f عصفور دوري
Spastic paraplegia, 246f ضعف الأطراف السفلى التشنجي
Spatial heterogeneity, species richness and, 1206, 1206f عدم تجانس الموطن، غنى الأنواع و
Spatial recognition 889 تمييز مكاني
Spatial summation 882 تجميع مكاني
Special connective tissue, 856–58 نسيج ضام خاص
Specialized transduction 550–51 عملية التأبير المتخصص
Speciation, 433–50 التنوع
allopatric 439, 440–41, 441f مختلف الموطن
gene flow and, 439 تدفق الجينات و
genetic drift and 439–40 الانجراف الوراثي و
geography of, 440–42, 441–42f جغرافية
long-term trends in, 448–49 اتجاهات خلال المدى الطويل في
natural selection in, 439–40 الانتخاب الطبيعي في
polyploidy and, 441–42, 442f التعدد الكروموسومي
reinforcement, 439, 439f التعزيز
sympatric, 441–42, 442f متحد الموطن
Species, 3f, 4 نوع
clusters of, 443–47, 443–47f تجمعات
endemic, 1239–42, 1240f, 1241t مستوطنات
geographic variation within, 434, 434f التباين (الاختلاف) الجغرافي ضمن
hybridization between. *See* Hybridization (between species) التهجين بين. انظر التهجين (بين الأنواع)
introduced, 1245t, 1250–52, 1256 إدخال
keystone, 1183, 1183f, 1252–54 أساسي
nature of, 434 طبيعة
origin of, 433–50 أصل
sympatric, 434 متحد الموطن
Species-area relationship, 1208, 1208f علاقة النوع بالمنطقة
Species concept 434–38, 460–61 مفهوم النوع
biological، البيولوجي
ecological, 438 البيئي
Species diversity, biogeographic patterns of, 1207, 1207f غنى الأنواع، الأنماط الجغرافية الحيوية
Species diversity cline, 1207, 1207f ميل غنى الأنواع
Species name 507 اسم النوع
Species richness, *See also* 466–67, 466f, 1168. غنى الأنواع (غنى نوعي). انظر أيضًا
Biodiversity التنوع الحيوي
causes of, 1206, 1206f الأسباب
climate and, 1206–7, 1206f المناخ و
conservation biology, 1237–58 الحفاظ الحيوي (المحافظة الحيوية)
effects of, 1205–6, 1205f تأثيرات
evolutionary age and, 1207 العمر التطوري و
on island, 1175, 1208, 1208f على الجزيرة
predation and, 1207 الافتراس
productivity and, 1205–6, 1205f الإنتاجية و
spatial heterogeneity and, 1206, 1206f عدم تجانس الموطن
in tropics, 1207, 1207f في المناطق الاستوائية
Species-specific signal, 1127–28 إشارة خاصة بالنوع
Species turnover, 1208 انقلاب نوعي
Specific heat, 28 سعة حرارية
of water, 27t, 28 ماء
Specific immune system, 1040, 1046–49 جهاز المناعة النوعية
Specific transcription factor, 313, 314–15f عوامل الاستنساخ النوعية (عامل استنساخ نوعي)
Speckled wood butterfly (*Pararge aegeria*), 1233f فراشة الغابات المبقعة (*Pararge aegeria*)
Spectrin, 87, 88t, 92 السبكترين
Speech, 887 الكلام
genetic basis of, 483 الأساس الجيني لِـ
Spemann, Hans, 1104 هانز، سبيمان
Spemann organizer, 1104–6, 1104–6f منظم سبيمان
Sperm, 206, 206–7f, 1068, 1074, 1074f الحيوان المنوي
blockage of, 1081 حجز
destruction of, 1081–82 تحطيم
fertilization, 1088–92, 1088t, 1089–91f إخصاب
penetration of egg by, 1088, 1089f اختراق البويضة عن طريق
of plant, 838f نبات
production of, 392, 1073f, 1074 إنتاج
Spermatid, 1073f, 1074 خلية منوية غير ناضجة
Spermatocyte خلية منوية
primary, 1073f, 1074 ابتدائية
secondary, 1073f, 1074 ثانوية
Spermatogonium, 1074 خلية منوية أم أو أم المني
Spermatophore, 1134 حاملة الحيوانات المنوية
Spermatozoan. *See* Sperm، حيوان منوي ناضج. انظر الحيوان المنوي
Sperm competition, 1135 تنافس الحيوانات المنوية
Sperm count, 1075 عدد كبير من الحيوانات المنوية
Spermicide, 1081f, 1082, 1082t قاتل

حيوانات منوية
Sperm whale. 1250. 1250f حوت العنبر
S phase. 191. 191f طور S
Sphenisciformes (order). 701t (رتبة)
Sphenisciformes
Sphincter 968 عاصرة
Sphygmomanometer. 989. 989f مضغاط
(جهاز قياس ضغط الدم)
Spicule. 638–39. 639f شوكة
Spider. 630t. 667. 669–70.670f.
959 عنكبوت
poisonous. 669–70. 670f سام
Spinach. 831 سبانخ
Spinal cord. 860t. 862f. 870–71f.
884f. 885t. 890–91. 890–91f الحبل
الشوكي
injury to. 890–91 قطع
Spinal reflex. 890. 890–91f فعل منعكس
شوكي
cutaneous. 891f جلدي
Spindle apparatus. 187f. 193.194–
95f. 213f. 387–88. 606 جهاز المغزل
Spindle checkpoint. 198. 198–200f
نقطة الضبط المغزلي (المغزلية)
Spindle microtubules. 187f أُنيبيبات دقيقة
مغزلية
Spindle plaque. 606 صفيحة المغزل
Spindle pole body. 187f جسم قطب المغزل
Spine (plant). 736–37 شوكة (نبات)
Spinneret. 669 مغزل
Spiny fish. 687t. 688 أسماك شوكية
Spiracle. 668f. 669. 669f.
675.1001f. 1004 متنفس (فتحة تنفسية)
Spiral cleavage. 626. 627f. 1093t تفلج
حلزوني
Spiralia. 629. 629f. 637. 637f
حلزونيات
Spirillum. 546 بكتيريا حلزونية
Spirochaete. 544f. 546 سبيروكيت (بكتيريا
شوكية حلزونية)
Spleen. 863f. 1047f. 1048–49 طحال
Spliceosome. 288. 289–90. 289f
جسيم الوصل
Sponge. 624. 628. 630. 630t.638–
39. 639f. 964. 984. 984f إسفنج
Spongin. 638–39. 639f إسفنجين
Spongy bone. 948f. 949 عظم إسفنجي
Spongy mesophyll. 737. 738f نسيج
إسفنجي
Spontaneous generation. 6–7. 6f خلق
تلقائي
Spontaneous reaction. 109 تفاعل تلقائي
Sporangiophore. 609. 609f حاملات
محافظ الأبواغ
Sporangium. 578. 578f. 583. 583f.
587f. 588. 592f. 609. 609f محفظة
الأبواغ
Spore، بوغ
of fern. 592–93 الخنشار
of fungi. 606. 606f للفطريات
of moss. 587f. 588 للحزاز الطحلبي
of plant. 583. 583f للنبات
Spore mother cell. 583. 583f خلية أم
الأبواغ
Sporocyst. 646. 646f سبوروسيست
Sporophyte. 583. 583f. 587. 587f.
592f. 599f. 838 طور بوغي
Sporophytic self-incompatibility. 844.
844f عدم التوافق الذاتي للنبات البوغي
Spotted cuscus. 428f الكسكس المنقط
Spotted sandpiper. 1137 ذكور طيور
الطيطوي المنقطة
Spring overturn. 1222. 1222f انقلاب
ربيعي
Springtail. 674 ذيل زنبركي
Spruce. 589t. 594. 726. 1185. 1220
شجر البيسية
Squamata (order). 695t. 698f. 699
ذوات الحراشف (الحرشفيات) (رتبة)
Squamous epithelium، غشاء حرشفي طلائي
simple. 854. 855t بسيط
stratified. 854. 855t طبقي
Squash. 726 f قرع
Squid. 655–56. 659–60. 878. 944.
959. 1224 الحبار
Squirrel. 913 سنجاب
Src protein kinase. 202f أنزيم مفسفر
للبروتين Src
SRP. *See* Signal recognition particle.
SRP، انظر جسيم التعرف إلى الإشارة
SRY gene. 239–40. 1069. 1069f
جين *SRY*
SSRI. *See* Selective serotonin reuptake
inhibitor. SSRI، انظر مثبط إعادة تناول
سيروتونين الانتقائي
Stabilizing selection. 408–9f. 409
انتخاب مسبّب للاستقرار
Stacked GM crops. 345 المحاصيل المكدسة
بالتعديلات الوراثيّة
Stain، visualization of cell structure. 62
استعمال أصباغ لإظهار تركيب الخلية
Stamen. 598. 598f. 835–36f. 836.
843. 843f سداة
Staminate flower. 843. 843f زهرة ذكرية
Standing crop biomass. 1197. 1204f
محصول الكتلة الحيوية القائم
Stanley، Wendell. 515 ويندل ستانلي
Stapes. 904. 904f ركاب
Staphylococcus aureus، antibiotic resistance
in. 552–53 مقاومة المضادات الحيوية في
Staphylococcus aureus
Starch. 35t. 36f. 39. 754. 967 نشا
Starling (*Sturnus vulgaris*). 701t.
1148. 1149 الزرزور (*Sturnus vulgaris*)
migratory behavior of. 1126. 1126f
سلوك الهجرة
Starter culture. 611 مستنبت البداية
Startle reflex. 1110 فعل منعكس بدائي
Start site. 284 موقع البدء
Stasis. 447–48 فترة الركود
Statocyst. 898t. 907 كيس توازن
Statolith. 907 حصاة توازن
STD. *See* Sexually transmitted disease
STD. انظر الأمراض المنقولة جنسيًّا
Steam 25f بخار
Stegosaur. 695t ستيجوسور
Stegosaurus. 459f *Stegosaurus*
Stele. 729–30 أسطوانة
Stellar's jay (*Cyanositta stelleri*). 703f
القيق (أبو زريق) (*Cyanositta stelleri*)
Stem. 805f ساق
modified. 734–35. 735f متحورة
positive phototropism in. 805. 805f تأود
ضوئي إيجابي في
structure of. 732–35. 732–35f تركيب
Stem cells. 372. 372f. 998f. 999 خلايا
جذعية
adult 380. 380f بالغة
embryonic. 340. 341f. 372. 372f.
379–80. 379f جنينية
ethics of stem cell research. 379–80.
379f أخلاقيات أبحاث الخلايا الجذعية
tissue-specific. 372 ذات النوعية لذلك
النسيج
Stephens Island wren. 1175. 1251 صعو
جزيرة ستيفنز
Stereocilia. 81. 903–5. 903f.906f.
907–8 أهداب صلبة مجسّمة
Stereoisomer. 35. 38. 38f مصاوغ فراغي
Sterigma. 612f بروزات
Sterilization (birth control). 1083.
1083f تعقيم (تنظيم الحمل)
Sternocleidomastoid muscle. 1009f
العضلة القصية الترقوية الحشائية
Sternum. 862f قص
Steroid. 35t. 54. 54f. 90 ستيرويد
Steroid hormone. 921. 923t. 925–
26. 976 هرمون ستيرويدي
mechanism of action of. 925–27. 926f
آلية العمل
in plants. 822. 822f في النباتات
structure of. 925f تركيب
Steroid hormone receptor. 170–71
مستقبل هرمون ستيرويدي
Steroid sulfatase deficiency. 246f
placental نقص أنزيم محلل كبريتات ستيرويدات
المشيمة
Stickleback fish، courtship signaling in.
1116–17.1117f.1127f سمك
(أبو شوكة)، منبه إشارة الغزل في
Stigma. 844. 844f ميسم
of euglenoids. 568. 568f نظيرة اليوغلينا
of flower. 598. 598f. 600. 836f. 837
الزهرة
Stimulus محفز
conditioned. 1120 مشروط
sign. 1116–17. 1116f إشارة
supernormal. 1117 فوق العادي
unconditioned. 1120 ارتباط غير شرطي
Stimulus-gated ion channel. 899–900.
900f قنوات أيونية مبوبة بالمنبه
Stimulus-response chain. 1127. 1127f
سلسلة المُنبِّه- الاستجابة
Stipule. 718f. 733. 736 أذينة
Stipule scar. 733 ندبة أذينة
Stolon. 735. 735f. 846 ساق هوائية
Stomach. 862f. 964–65f. 965.
968–69. 968–69f.974–75f. 976t
المعدة
digestion in. 968–69 الهضم في
innervation of. 894t التغذية العصبية
secretion by. 968 تفرز عن طريق
Stomata. 160–62. 160–61f. 582.
722. 722f. 737. 737f. 758. 776
الثغور
mutants in *Arabidopsis*. 722f طفرات في
نبات رشاد الجدران
opening and closing of. 722. 765–66.
766f. 824. 824f فتح وإغلاق
Stone canal. 676. 677f قناة الحجر
Stone cells. 724f خلايا صخرية (حجرية)
Stonecup. 837 فنجان صخري
Storage protein. 45. 45t بروتين تخزين
Stork. 701t أبو منجل
STR. *See* Short tandem repeat
Stramenopile. 510f. 562f. 573–75.
573–75f STR. انظر تكرارًا ترادفيًّا قصيرًا
Stratification (seed). 753 ارتباع (البذرة)
Stratified epithelium. 854. 855t طلائية
طبقية
pseudostratified columnar. 855t عمادي
طبقي كاذب
squamous. 854. 855t حرشفي
Stratum basale. 1040 طبقة قاعدية
Stratum corneum. 1040 طبقة متقرنة
Stratum spinosum. 1040 طبقة شائكة
Strawberry (*Fragaria ananassa*). 735.
751f فراولة (*Fragaria ananassa*)
Stream. 1191f جداول
Streptococcus. 544f. 555t *Streptococcus*
السبحيات
disease-causing. 554 مسببة المرض
Streptococcus mutans. 556 *Streptococcus*
mutans
Streptococcus pneumoniae، transformation
in. 256–57. 256f التحول في بكتيريا السل
Streptococcus pneumoniae
Streptococcus sobrinus. 556 *Streptococcus*
sobrinus
Streptomyces. 544f *Streptomyces*
Streptomycin. 511t Streptomycin
resistance to. 242 مقاومة
Streptophyta. 516f. 517. 562–63f.
584 طحالب سبحية
Stretch receptor. 860t. 890f. 898t.
902. 902f. 996 مستقبل شد
Striated muscle. 858. 955f عضلة مخططة
Strigiformes (order). 701t (رتبة)
Strigiformes
Stroke. 55. 887. 994. 1000 جلطة
دماغية
Stroke volume. 995 حجم الضربة
Stroma. 75. 75f. 145. 145f لُحمة
Stroma lamella. 145 طبقة اللُّحمة
Stromatolite. 540. 540f أشباه الأنسجة
Structural DNA. 356. 357t DNA
التركيبي
Structural isomer. 35 مصاوغ بنائي
Struthioniformes (order). 701t (رتبة)
Struthioniformes
.STS. *See* Sequence-tagged site. STS
انظر موقع معلم تعاقب
Sturtevant A. H.. 244. 351 ألفريد
ستورتيفانت
Style. 598. 598f. 836f. 837.
843–44f قلم
Subcutaneous tissue. 1040 طبقة تحت
الأدمة
Suberin. 729. 764. 790 سوبرين
(سيوبرين)
Submucosa. of gastrointestinal tract.
965. 965f. 969–70f طبقة تحت مخاطية،
للقناة المعدية المعوية
Subsoil. 774f تربة سفلية
Subspecies 434. 434f تحت أنواع
Substance P. 881 Substance P
Substrate. 111 مادة التفاعل
Substrate-level phosphorylation. 122.
124–25 فسفرة على مستوى مادة التفاعل
Subunit vaccine. 341. 342f. 346 مطعوم
تحت الوحدة
Succession. 1184–85 تعاقب
in animal communities. 1185. 1185f
في المجتمعات الحيوانية
in plant communities. 1184–85.
1184–85f في المجتمعات النباتية
primary. 1184 أولي
secondary. 1184 ثانوي
Succinate. 129 سكسينيت
Succinate dehydrogenase. 130f نازع
هيدروجين سكينيت
Succinyl-CoA. 130f. 131 سكينيل مرافق
الأنزيم - ا
Succinyl-CoA synthetase. 130f باني
سكسينيل مرافق الأنزيم - ا
Succulent. 162 عصارية
Sucking reflex. 1110 المص المنعكس
Suckling. 929. 1111 رضاعة
Sucrase. 113f. 976t سكريز
Sucrose. 38. 39f. 159 سكروز
transport in plants. 769–70.769–70f
النقل في النباتات

السكر Sugar
مصاوغات isomers of. 38. 38f
إعادة reabsorption in kidney 1026f
الامتصاص في الكلية
أشكال النقل transport forms 38–39
transport in plants. 769–70. 769–70f
النقل في النباتات
Sugarcane. 161. 188t. 360f. 847
قصب السكر
genome of. 477f المحتوى الجيني
Sulcus. 887 شق
مجموعة سلفهيدرل Sulfhydryl group. 34f
الكبريت في Sulfur. in plants. 776. 777t
النباتات
Sulfur bacteria. 136–37. 153. 153f
بكتيريا الكبريت
حمض الكبريتيك Sulfuric acid. 1228
أكاسيد الكبريت Sulfur oxides. 1228
Sulfur-oxidizing bacteria. 1226. 1226f
بكتيريا مؤكسدة للكبريت
Sulphur butterfly (*Colias eurytheme*).
فراشة الكبريت (*Colias eurytheme*) 2–402
Summation. 875. 875f. 882. 957.
تجميع 957f
انقلاب صيفي Summer solstice. 1212f
Summer tanager (*Piranga rubra*). 703f
مهاجر الصيف (*Piranga rubra*)
طائر Sunbird. 840–41. 1132. 1132f
الشمس
Sundew (Drosera). 738. 780. 781f
ندى الشمس (Drosera)
Sunflower (*Helianthus annuus*). 733f.
دوار الشمس (*Helianthus*) 810f. 841. 848
(*annuus*)
genome of. 477f المحتوى الجيني
Sunlight. *See also* Solar energy 1146
أشعة الشمس، انظر الطاقة الشمسية
في البناء in photosynthesis. 147–48
الضوئي
regulation of stomatal opening and
تنظيم فتح الثغور وإغلاقها closing. 767
Supercoiling. of DNA. 266. 266f
الالتفاف الفائق، في DNA
تبريد شديد Supercooling. 812
موقع ملوث Superfund site. 784–85
وريد Superior vena cava. 987f. 988–99
أجوف علوي
منبه فوق Supernormal stimulus. 1117
عادي
Suprachiasmatic nucleus (SCN). 939
نواة فوق التصالبية لتحت المهاد (SCN)
مساحة السطح Surface area. 1018. 1021
Surface area-to-volume ratio. 60. 60f
نسبة مساحة السطح إلى الحجم
Surface marker. *See* Cell Surface marker،
علامة سطح. انظر علامة سطح الخلية
توتر سطحي Surface tension. 26. 27f
ضفدع سورينام Surinam frog. 1071f
البقاء للأصلح Survival of the fittest. 404
قيمة Survival value. of behavior. 1130
بقائية، للسلوك
البقائية Survivorship. 1153
Survivorship curve. 1153–54. 1153f
منحنى البقائية
سوشي Sushi. 575
المعلّق (حامل) *Suspensor*. 390. 742. 743f
suspensor mutant. of *Arabidopsis*. 743–
طفرة الحامل في نبات رشاد الجدران 44. 744f
رباط معلق *Suspensor*y ligament. 911. 911f
إيرل سوذرلاند Sutherland. Earl. 927
والتر ساتون Sutton. Walter. 238
درزة (مفصل) Suture (joint). 950. 950f
بلع Swallowing. 967–68. 967f
Swallowtail butterfly. 1177–78.
فراشة الكرمة الأنبوبية 1177f
مستنقع Swamp. 1220
إوز عراقي Swan. 701t
مستعمرة Swarming. 1141
غدة عرقية Sweat gland. 854. 1040
التعرّق Sweating. 865. 1021–22
طعم حلو Sweet taste. 908–9
جويسئة Sweet woodruff. 732f
السمامة Swift. 701t. 703
Swim bladder. 689–90. 689f. 904
مثانة السباحة
سابحات Swimmeret. 672. 672f
سباحة Swimming. 959
عن طريق الأسماك by fish. 959. 959f
عن طريق by terrestrial vertebrates. 959
اليابسة
سمك السيف Swordfish. 1020. 1249
Symbion. 631t *Symbion*
Symbion *pandora*. 648f *Symbion pandora*
التفاعلات أو Symbiosis. 558. 614. 1178
التعايشات (التعايش) (التكافل)
coevolution and. 1178 التطور المشترك و
اختياري facultative. 614
الفطريات في fungi in. 614–17
إجباري obligate. 614
بدائية النوى في prokaryotes in 558
Sympathetic chain. of ganglia. 892–93.
سلسلة ودية، من العقد العصبية 893f
Sympathetic division. 870. 871f.892–
قسم ودي 93. 893f
مرض Sympathetic opthalmia. 1058
التهاب العين الودي
Sympatric speciation. 441–42. 442f
تنوع متحد الموطن
أنواع متحدة الموطن Sympatric species. 434
مسار Symplast route 763. 763f. 770
حيوي
اتحاد التشابه Symplesiomorphy. 456
الشكلي
ناقل موحد الاتجاه Symporter. 98. 758f
تشابك الشكل Synapomorphy. 456
تشابك Synapse. 878–83. 879–83f
عصبي
كيميائي chemical. 167. 878
كهربائي electrical. 878
تركيب structure of. 878–79. 879f
ملتحمة الأقواس Synapsid. 696. 696f
(سينابدا)
الازدواج Synapsis. 208–9. 208f. 212f
أو الاقتران
شق Synaptic cleft. 875f. 878. 879f
تشابكي
تكامل Synaptic integration. 881f. 882
تشابكي
ترميز Synaptic signaling. 167. 167f
تشابكي
حويصلة Synaptic vesicle. 878. 879f
تشابكية
Synaptonemal complex. 208–10. 208f
معقد التشابك الخيطي
Syncytial blastoderm. 381. 381f. 1092
أدمة البلاستيولا المدمجة
تفلج مدمج Syncytial cleavage. 1093t
Synergid. 599. 599f. 742. 838–39f.
نواة مساعدة 839. 844–45f
اتحاد الجاميتات Syngamy. 206
محفظة Synovial capsule. 950f. 951
(غشاء) زلقة
سائل زلق Synovial fluid. 950f
مفصل زلق Synovial joint 950f. 951
غشاء زلق Synovial membrane. 950f
التصاحب الجيني Synteny. 360. 360–61f
Taxonomy. 507–9 علم التصنيف
مرض Tay-Sachs disease. 72. 247t. 252
تاي-ساكس
صندوق T box 493
جين *Tbx5* gene. 494. 494f *Tbx5*
انظر TCE. *See* Trichloroethylene TCE
ثلاثي كلور الإثيلين
خلية T (خلايا T) T cell(s). 998f. 1044. 1045f. 1046–
51. 1050f. 1051t
ملاحظة antigen recognition by. 1052f
مولد الضد عن طريق
cytotoxic. 1047t. 1049. 1049t.
سامة 1050. 1050–51f. 1051t
helper. 1047t. 1049–51. 1049t.
1052f. 1059–60. 1064. 1064f
مساعدة
HIV infection of. 530. 531f. 1064.
الإصابة بفيروس الإيدز في 1064f
in surveillance against cancer. 1051t
التجسس ضد السرطان
in transplant rejection. 1051 في رفض
الأعضاء المنقولة
T-cell receptor. 1047. 1048f. 1050.
مستقبل خلية تائية 1052f. 1057. 1057f
غشاء Tectorial membrane. 905. 905f
سقفي
أسنان Teeth
deciduous 966 متساقطة
تسوس الأسنان dental caries. 555. 555t
حمية غذائية و diet and. 705. 705f
تطور evolution of. 688–89
الخيول of horses. 423. 423f. 966–67f
الإنسان of humans. 966. 966f
الأسود of lions. 966f
الثدييات of mammals 705. 705f
الأسنان saber-toothed-ness. 462. 463f
المسيفة
أسماك القرش of sharks. 688–89
متخصصة specialized. 705. 705f
الفقريات of vertebrates. 966. 966f
حمض التيكويك Teichoic acid. 547. 547f
بيوض كاملة Telolecithal cleavage. 1093t
المح
دماغ طرفي Telencephalon. 885t. 886
أنزيم القطع Telomerase. 271–72. 272f
الطرفية
قطعة Telomere. 265. 271–72. 272f
طرفية (تيلومير)
طول length of. 272
الطور النهائي Telophase
الانقسام meiosis I. 211. 212f. 214f
الاختزالي الأول
الانقسام meiosis II. 211. 213f. 215f
الاختزالي الثاني
الانقسام mitotic. 191f. 195. 195f. 214f
المتساوي
لاسع Telson. 672. 672f
Temperate deciduous forest. 1194–95.
1195f. 1216.1216f. 1219f. 1220
غابة الأشجار متساقطة الأوراق المعتدلة (غابة
متساقطة الأوراق معتدلة)
Temperate evergreen forest. 1216.
غابة معتدلة دائمة 1216f. 1219f. 1220
الخضرة (غابة دائمة الخضرة معتدلة)
Temperate grassland. 1216. 1216f.
أراضي الحشائش 1218f. 1219–20
المُعتدلة (أراضي حشائش معتدلة)
فيروس معتدل Temperate virus. 528
درجة الحرارة Temperature. 1146
adaptation to specific range. 1146 التكيف
لمدى محدد
الارتفاع و altitude and. 1215. 1215f
المعدل السنوي annual mean. 1217. 1217f
المحافظة conservation of. 480. 481f
الزهري Syphilis. 556. 556f
التصنيف Systematics. 454–55. 454f
التطوري
classification and. 458–61. 459–61f
التصنيف و
الجزيئي molecular 629. 629f
Systemic acquired resistance. in plants.
المُقاومة المكتسبة جهازيًّا، في 798. 798f
النباتات
فرط Systemic anaphylaxis. 1059
الحساسية الجهازية
Systemic circulation. 691. 985–87.
دورة جهازية 985–87f
سيستيمين Systemin. 796. 797f. 798
(الجهازي)
انقباض بطيني Systole. 988
ضغط Systolic pressure. 989. 989f
الانقباض

T

T 818 2.4.5 -T- 2.4.5
ملح Table salt. *See* Sodium chloride
الطعام. انظر كلوريد الصوديوم
سكر المائدة. انظر Table sugar. *See* Sucrose
سكروز
Tachigali versicolor. 848 *Tachigali*
versicolor
Tadpole. 694. 935. 1071. 1071f
أبو ذنيبة
TAF. *See* Transcription-associated
factor TAF. انظر عاملاً مشاركًا في الاستنساخ
قطع مرتبة Tagmata. 667
وحدات عسكرية Tagmatization. 667
Taiga. 1215–16f. 1216. 1219f.
التّيجة 1220
Tail، ذيل
خلف شرجي postanal. 682–83. 683f
الحيوان المنوي of sperm. 1074f
مجاميع ترادفية Tandem cluster. 356
التضاعف Tandem duplication. 299
المترادف
كتل Tangles. in Alzheimer disease. 889
متشابكة، في مرض الزهايمر
تانين Tannin. 792
Tapeworm. 630t. 646–47. 647f.
دودة شريطية 1068
مجموع جذري رئيس Taproot system. 731
أنزيم مبلمر Taq polymerase. 338 Taq
ترانتولا Tarantula. 669
بطيئة الخطو Tardigrada. 627. 629f
خلايا Target cells. 920. 920f. 1042f
هدف
ترسير Tarsier. 709. 710f
كول تسمانيا Tasmanian quoll. 428f
تذوق Taste. 898t. 908–9. 908–9f
Taste bud. 898t. 908. 908–9f. 967
برعم تذوق
ثقب تذوق Taste pore. 908
TATA-binding protein. 313. 313f
بروتين ربط – TATA
صندوق TATA box. 287. 287f. 313. 313f
إدوارد تاتم Tatum. Edward. 278–79
بروتين تاو Tau protein. 889
Tautomer. of nitrogenous bases. 260
الشكل الصنوي، في القواعد النيتروجينية
انتحاء Taxis. 1125
Taxol. 346. 793t. 794–95. 1242f
تاكسول
مصنّف Taxon. 507
تصنيف Taxonomic hierarchy. 508f. 509
تراتبي

detection of. 898t. 901 كشف
effect on chemical reactions. 25 التأثير في التفاعلات الكيميائية
effect on development. 392 التأثير في التكوين الجنيني
effect on enzyme activity. 52. 1018 التأثير في النشاط الأنزيمي
effect on flower production. 832. 834f التأثير في إنتاج الأزهار
effect on oxyhemoglobin dissociation curve. 1012–13. 1013f تأثير في منحنى انحلال أوكسي هيموجلوبين
effect on plant respiration. 784 التأثير في تنفس النبات
effect on transpiration. 767 التأثير في النتح
Temperature-sensitive allele. 233. 233f أليل حساس للحرارة
Template strand 264f. 282. 285f الشريط القالب
Temporal isolation. 435t. 436 عزل زمني
Temporal lobe. 886–87f. 887 فص صدغي
Temporal summation. 882 تجميع زماني
Tendon. 856. 857t. 950. 952. 952–53f وتر
Tendril. 718f. 735. 735f. 808 محلاق
Tensile strength. 765 مقاومة الشد
Tentacle. 658 مجس
Teosinte. 420f تيوسنتي
Teratorn vulture. 1238f الحدأة
Terebratolina septentrionalis. 665f
Terebratolina septentrionalis
Terminal bud. 732. 732f برعم طرفي
Terminal chiasmata. 210 التصالبات الطرفية
Terminator. 283–84. 286 موقف
Termite. 566. 673f. 673t. 1140 النمل الأبيض
Tern. 701t خرشنة
Terpene. 35t. 55. 55f تربين
Terpenoid. 793t تيربين
Terrestrial ecosystem بيئة اليابسة
animal locomotion on land. 959–60. 960f حركة الحيوانات على الأرض
deforestation of. 1228–29. 1228f تخريب الغابات
Territorial behavior. 1130. 1132–33. 1132f. 1135–36 السلوك الإقليمي
Territoriality. 1132. 1150 إقليمية (سلوك الإقليم الخاص)
Territory. 1150 منطقة
Tertiary carnivore. 1197f. 1200 آكلات اللحوم الثالثة
Tertiary structure. of proteins. 49–50. 49f. 51f. 53f تركيب ثلاثي، للبروتينات
Test. of forams. 577. 577f غُلف، المثقبات
Testcross. 229–30. 229f. 230t تزاوج اختباري أو تجريبي
Test experiment. 6 تجربة إختبارية
Testis. 862–63f. 921f. 923t. 1073–74. 1073f. 1076f خصية
Testosterone. 54. 170. 822f. 921. 923t. 925f. 928–39. 1073. 1075t. 1076 تستوستيرون
Testudines. السلاحف 687f
Tetanus (disease). 548. 554. 957 تيتانوس (مرض)
Tetanus (sustained muscle contraction). 957. 957f تشنج (انقباض مستدام للعضلة)
Tetra (*Astyanax mexicanus*). 499f سمكة التترة (*Astyanax mexicanus*)
Tetracycline. 548 تتراسايكلين
Tetrahedron. 26 شكل رباعي السطوح
Tetrahymena pyriformis. 572 *Tetrahymena pyriformis*
Tetrahymena thermophila. 317 *Tetrahymena thermophila*
Tetraploid. 442. 442f. 476f رباعي المجموعة الكروموسومية
Tetrapod رباعية الأقدام
locomotion in water. 959 الحركة في الماء
locomotion on land. 959–60. 960f الحركة على الأرض
T-even phage. 527 فيروس T- الزوجي
Texas fever. 670 حمى تكساس
Thalamus. 885–86f. 885t. 886. 888 مهاد
Thalassemia. 50 ثلاسيما
Thalidomide. 391 ثاليدومايد
Thallus. 743. 743f ثالوس
Theory 7 نظرية
Therapeutic cloning. 378–79. 378–79f الاستنسال العلاجي
Therapsid. 693. 696. 696f. 706 ثيرابسدا
Theria. 706 الوحوش
Thermal stratification. 1222. 1222f تقسيم طبقي حراري
Thermocline. 1222. 1222f طبقة التغير الحراري
Thermococcus. 510f *Thermococcus*
Thermocycler. 337f. 338 جهاز دوار حراري
Thermodynamics. 106 الديناميكية الحرارية
First Law of. 107. 1196 القانون الأول في
Second Law of. 107–8. 108f. 1196 القانون الثاني في
Thermogenesis. 1021 توليد حراري
nonshivering. 1021 غير ارتجافي
shivering. 1021 ارتجافي
Thermophile. 512. 513f. 544f محبة للحرارة
Thermoplasma. 510f *Thermoplasma*
Thermoproteus. 510f. 544f *Thermoproteus*
Thermoreceptor. 901 مستقبل حراري
Thermoregulation. 992f. 1018–23. 1019–22f. 1147 التنظيم الحراري
in birds. 703 في الطيور
in fish. 1020. 1020f في الأسماك
hypothalamus in. 1022–23. 1022f تحت المهاد في
in insects. 1020. 1020f في الحشرات
in lizards. 1020. 1147 في السحالي
in mammals. 704 في الثدييات
negative feedback loop. 864–66. 865f دورة التغذية الراجعة السلبية
in reptiles. 697. 1020 في الزواحف
Thermotoga. 510f. 511 *Thermotoga*
Thermotolerance. in plants. 812–13 التحمل الحراري، في النباتات
Theta wave. 888 أمواج ثيتا
Thick myofilament. 953–54. 953–54f خيوط عضلية سميكة
Thigmomorphogenesis. 808 تشكل لمسي
Thigmonastic response. 808 استجابة لمسية
Thigmotropism. 953–54. 808–10. 808f تأود لمسي
Thin myofilament. 953–54f. 953–54 f خيوط عضلية رفيعة
Thiomargarita namibia. 542 *Thiomargarita namibia*
Third eye. ” 698. 939 عين ثالثة
Third trimester. 1110 الثلث الثالث
Thirst. 1035. 1035f عطش
Thoracic breathing. 696 تنفس صدري
Thoracic cavity. 852. 853f تجويف صدري
Thoracic nerves. 884f أعصاب صدرية
Thorn. 737. 790. 795. 1180 شوكة
Thorn-shaped treehopper (*Embonia crassicornis*). 672–73f نطاط الأشجار شبيه الشوكة
Thoroughbred racehorse. 412. 412f سلالات خيول السباق الأصلية
Three-point cross. 245–46. 245f تهجين ثلاثي النقاط
Threonine. 46. 47f ثريونين
Threshold potential. 875 فرق جهد العتبة
Thrip. 1140 حشرات التربة (الثربس)
Thrombin. 999f ثرومبين
Thrush (disease). 618 حمى قلاعية (مرض)
Thylacine. 428f ذئب تسمانيا (ثايلاسين)
Thylakoid. 75. 75f. 144–45f. 145. 152. 157. 157f ثايلاكويدات
Thymidine kinase gene. 313f جين مشفر لأنزيم مفسفر الثايميدين
Thymine. 41–42. 43f. 258. 258f ثايمين
Thymine dimer. 273–74. 273f ثنائية ثايمين
Thymus. 862–63f. 921f. 939. 1046. 1046f. 1048f. 1049 غدة زعترية
Thyroid gland. 862f. 921f. 922t. 931–32. 934–35. 934f غدة درقية
tissue-specific alternative splicing. 319. 319f الوصل البديل المحدد بالنسيج
Thyroid hormone. 921. 925–26 هرمون الدرقية
Thyriod- stimulating hormone (TSH). 921. 922t. 926. 930–31. 932f. 933. 934f. 1022 الهرمون المنبه للدرقية (TSH)
Thyrotropin. *See* Thyroid-stimulating hormone (TSH) منشط الدرقية. انظر الهرمون المنبه للدرقية (TSH)
Thyrotropin-releasing hormone (TRH). 930–31. 931f الهرمون المفرز لمنشط الدرقية (TRH)
Thyroxine (T_4). 922t. 925f. 931. 934. 1022 ثيروكسين (T_4)
in amphibian metamorphosis. 934. 934f في تحول البرمائيات
regulation of secretion of. 931–32 تنظيم إفراز
Tibia. 692f. 945f قصبة
Tibial nerve. 884f عصب قصبي
Tick. 670 قراد
Tidal volume. 1008 حجم المد والجزر
Tiger. 435. 435f. 450. 450f نمر
Tiger salamander (*Ambystoma tigrinum*). 693f السلمندر النمر البالغ (*Ambystoma tigrinum*)
Tight junction. 180–81. 180t. 181f المفاصل المحكمة
Tiglon. 435f نمر أسد
Tiktaalik. 423. 692. 692f *Tiktaalik*
Tillage. 775 حراثة
Tilman. David. 1205 ديفيد تلمان
Tinbergen. Niko. 1117. 1130. 1131f نيكو تنبرجن
tinman gene. *Tinman* جين 1100. 1100f
Ti plasmid. 343–45. 343f بلازميدة Ti
Tissue. 2f. 3–4. 180. 623. 640–44. 852. 852f نسيج
evolution of. 624 تطور
primary. 720. 852 أولي
Tissue culture. plant. 847. 847f زراعة الأنسجة نبات
Tissue plasminogen activator. 341 منشط بلازمينوجين الأنسجة
genetically engineered. 341 مهندس وراثيًا
Tissue-specific stem cells. 372 الخلايا الجذعية ذات النوعية لذلك النسيج
Tissue tropism. of virus. 524 الانتحاء النسيجي، للفيروس
TKCR syndrome. 246f TKCR syndrome
Tmespiteris. 590 خنشار المكنسة
TMV. *See* Tobacco mosaic virus TMV. انظر فيروس تبرقش التبغ
TNT. *See* Trinitrotoluene TNT. انظر ثلاثي نيتروتولوين
Toad (*Bufo*). 691. 691t. 1070 العلجوم (*Bufo*)
feeding on bees. 1121. 1121f تغذية على النحل
hybridization between species 435 تهجين بين الأنواع
Toadstool. 607t. 612 فطر الغاريقون
Tobacco. 832f. 833 التبغ
evolution of. 475f. 478–79. 478f تطور
genome of. 478–79. 478f المحتوى الجيني
Tobacco hornworm (*Manduca sexta*). 792f دودة التبغ (*Manduca sexta*)
Tobacco mosaic virus (TMV). 515. 515f. 524f فيروس تبرقش التبغ (TMV)
Tocopherol. *See* Vitamin E. انظر توكوفيرول. انظر فيتامين E
Toe. grasping. 709 إصبع قدم قابضة
Tomato (*Lycopersicon esculentum*). 750f. 822. 837 بندورة (*Lycopersicon esculentum*)
Flavr Savr. 344 محتفظة بالنكهة
genome of. 477f المحتوى الجيني
transgenic. 823. 823f عابرة للجينات
wound response in. 796. 797f استجابة للجرح
Tonicity. 1024 توترية
Tonoplast. 73–74. 73f غشاء التوتر (تونوبلاست)
Tongue. 908. 908f. 967. 967f لسان
Tonsils. 1047f لوزتان
Tool use. 711–13 استخدام الأدوات
too many mouths mutation. in *Arabidopsis*. 722. 722f طفرة متعددة الأفواه في رشاد الجدران
Tooth. *See* Teeth. انظر الأسنان، سن
Top carnivore. 1200 آكلات اللحوم العليا
Top-down effect. 1201–3. 1202f تأثير أعلى – أدنى
Topoisomerase. 266 متجازئة الحالة الطبولوجية
Torpor. 1022–23 سبات
Topsoil. 774–75. 774f الطبقة العلوية من التربة
Loss of. 1228f. 1229 فقدان
Torsion. 658 التواء
Tortoise. 623t. 695t. 698. 698 f. 1071 f سلحفاة
Totipotent cells. 372 خلايا شاملة القدرة
Toucan. 701t الطوقان
Touch. 898t. 901–2 لمس
plant response to. 808–10. 808–9f استجابة النبات
Touch dome ending. *See* Merkel cells. انظر خلايا ميركل. نهايات قبة اللمس
Toxin. 45t سمّ
dinoflagellate. 570 السوطيات الثنائية الدوارة
excretion of. 1032 إفراز

النبات plant. 792–95. 792–94f. 793t
توكسوبلازما *Toxoplasma gondii*. 571. 571f (*Toxoplasma gondii*)
عناصر نادرة Trace element. 22. 980
Trachea. 863f. 967f. 1006. 1006–7f
قصبة هوائية
قصيبات Tracheole. 669. 669f. 1004 هوائية (قصيبة هوائية دقيقة)
نباتات Tracheophyte. 583. 588–90 وعائية
Trade Winds. 1213f. 1214. 1225
رياح تجارية
Trailing arbutus (*Epigaea repens*). 831
زهرة أيار Epigaearepens
Trait.. *See also* Segregation of traits 220
صفة. انظر أيضًا انعزال الصفات
Transcription. 42–43. 279. 279f. 282–83 الاستنساخ
conserved genes expressed in different organisms. 482–83 التعبير عن الجينات المحافظة في مخلوقات حية مختلفة
coupled to translation. 286. 286f مقترن بالترجمة
في in eukaryotes. 287–88. 287–88f حقيقية النوى
elongation phase of. initiation of. 282–83. 285. 285f. 282–85. 284f. 287. 287f. 304. 320f بدء مرحلة الاستطالة
posttranscriptional modifications. 288. 288f تعديلات ما بعد الاستنساخ
في in prokaryotes. 284–86. 284–86f بدائية النوى
termination of. 282. 285–87. 286f إيقاف
التحكم في Transcriptional control. 304 الاستنساخ
في in eukaryotes. 304. 312–16. 320f حقيقية النوى
negative. 307–12 سلبي
positive. 307 إيجابي
in prokaryotes. 304. 307–12. 308–12f في بدائية النوى
Transcription-associated factor (TAF). 313. 313f عامل مشارك في الاستنساخ (TAF)
Transcription bubble. 283. 285. 285f فقاعة الاستنساخ
Transcription complex. 314–15. 315f معقد الاستنساخ
Transcription factor. 50. 200–201. 201f. 283. 287. 287f. 312–14 عامل الاستنساخ
achaete-scute. 495 *achaete-scute* cytoplasmic determinants. 374–75. 376f محددات سيتوبلازمية
في in development. 490–91. 491f التكوين الجنيني
E2F 201f E2F
في in eukaryotes. 313–14. 314f حقيقيات النوى
FOXP2. 483 FOXP2
العام general. 312–13. 313–15f
معتمد giberrellin-dependent. 821. 821f على الجبرلين
محفّز hormone-activated. 926. 926f بالهرمون
MONOPTEROS. 746. 746f *MONOPTEROS*
نوعي specific. 312–13. 314–15f
TFIID. 313. 313f TFIID
المناطق translated regions of. 491 المترجمة
وحدة الاستنساخ Transcription unit. 284
Transcriptome. 363
ترانسكريبتوم(المُستنسخ)
Transduction. 548. 550–51. 550–51f تأبير (تحول) عن طريق الفيروسات
generalized. 550–51 عام
specialized. 550–51 متخصص
حموض دهنية - ترانس *trans*-fatty acids. 55
Transfer RNA (tRNA). 69. 283–84 RNA الناقل (tRNA)
binding to ribosomes. 292–93. 292f مرتبط بالرايبوسومات
مشحون charged. 283. 290–92. 291f
مستهل initiator. 293
تركيب structure of. 290–91. 291f
في in translation. 293–96. 293–97f الترجمة
Transformation، التحول الوراثي
in bacteria. 256. 548. 551–52. 552f في البكتيريا
introduction of foreign DNA into bacteria. 328 إدخال DNA الغريب إلى البكتيريا
في in plants. 343–44. 343f النباتات
Transforming growth factor beta. 1104 عامل النموّ المحول بيتا
مبدأ Transforming principle. 256. 256f التحول
تفاعل Transfusion reaction. 1060–61 نقل الدم
Transgenic animals. 282f. 339. 341f. 346 حيوانات عابرة الجينات (متحوّلة)
مخلوق Transgenic organism. 328. 363 عابر الجينات (متحوّل)
Transgenic plants. 344–46. 363.363f. 823 نباتات عابرة الجينات (متحوّلة)
herbicide resistance in. 344.344f. 363. 363f مقاومة للمبيدات النباتية
social issues raised by. 345 قضايا اجتماعية طرحت حول
Transient receptor potential (TRP) ion channel 901 قناة أيونية آنية لجهد المستقبل
Transition (mutation). 298 التحوّل (طفرة)
Translation. 279. 282–83 الترجمة
coupled to transcription. 286. 286f مقترنة بالاستنساخ
elongation stage of. 283. 294. 294–95f. 297f مرحلة الاستطالة
initiation of. 283. 293–94. 293f. 297f. 298t. 321 استهلال
in prokaryotes. 293. 293f. 543 بدائيات النوى
إشارات start" and "stop" signals. 281" "البدء" و"الإيقاف"
termination of 283. 295. 295f. 297f إيقاف
تحكم في Translational control. 321 الترجمة
Translation repressor protein. 321 البروتينات المثبطة للترجمة
Translocation (chromosome). 249. 299. 300f الانتقال (كروموسوم)
Translocation (phloem transport). 769 الانتقال (النقل في اللحاء)
Translocation (translation). 294. 295f انتقال (الترجمة)
Translocation Down syndrome. 249 متلازمة داون الانتقالية
Transmembrane protein. 87. 87f. 88t. 92. 92f بروتين عبر غشائي
Transmembrane route, absorption in plants. 763. 763f مسار عبر غشائي،
الامتصاص في النباتات
Transmissible spongiform encephalopathy (TSE). 536 اعتلال الدماغ الإسفنجي القابل للانتشار
Transmission electron microscope. 61. 62t. 88 المجهر الإلكتروني النفاذ
Transpiration. 725. 758. 761. 762f. 764 النتح
environmental factors affecting. 767. 767f تأثير العوامل البيئية
regulation of rate of. 765–67. 766–67f تنظيم معدل
في in water cycle. 1191f. 1192 دورة الماء
Transplant rejection. 936. 1051 رفض الأعضاء المنقولة
Transport inhibitor response protein. 817. 817f بروتين استجابة مثبط النقل
Transport protein. 44–45. 44f. 45t. 63. 91. 91f. 181 بروتين ناقل
Transport vesicle. 71–72. 71f حويصلة نقل
Transposable element. 357. 357t. 380 عنصر قابل للنقل
منقول أو قافز Transposon. 357. 479
ميت dead. 357. 357f
في ذبابة الفاكهة in *Drosophila*. 482
في الجينوم البشري in human genome. 482
Transverse tubule (T tubule), 956. 956f أنبيب مستعرض
Transversion (mutation). 298 الانقلاب (طفرة)
عنكبوت الباب - Trap-door spider. 669 المصيدة
الشجرة Tree. 589t
خنشار شجري Tree fern. 583–84. 591f
Tree finch (*Camarhynchus*). 445. 445f حسون الأشجار (*Camarhynchus*)
Trematoda (class). 645–46. 646f الديدان المثقبة (طائفة)
Treponema pallidum. 544f. 556 *Treponema pallidum*
TRH. *See* Thyrotropin-releasing hormone TRH. انظر الهرمون المفرز لمنشط الدرقية
Trichinella. 649f. 650 *Trichinella*
داء الشعريات Trichinosis. 649f. 650 (الترخينيلا)
Trichloroethylene (TCE). Phytoremediation for. 784–85. 785f كلور الإيثلين (TCE). إزالة الملوثات (المعالجة النباتية للملوثات)
Trichome. 722–23. 722–23f. 732. 737. 780. 780f. 786. 790 شُعيرة
Trichomonas vaginalis. 567. 567f ترايكوموناس(*Trichomonas vaginalis*)
Trichromat. 915 ثلاثي الألوان
صمّام Tricuspid valve. 987f. 988. 988f ثلاثي الشرفات
Triglyceride. 36f. 54. 54f. 856. 971f. 972 ثلاثي الجليسرول
Triiodothyronine. 922t. 934 ثلاثي يود الثايرونين
ثلث Trimester. 1107
Trinitrotoluene (TNT), phytoremediation for. 786 مادة ثلاثي نيتروتولوين (TNT)، إزالة عن طريق النباتات
رابطة ثلاثية Triple bond. 24
معايرة ارتباط Triplet binding assay. 281 الثلاثية
شيفرة ثلاثية Triplet code. 280
Triplet expansion (mutation). 298–99 الثلاثيات التوسعية (طفرة)
متلازمة Triple X syndrome. 250. 250f ثلاثية الكروموسوم الجنسي (XXX)
حيوان ثلاثي Triploblastic animal. 628 الطبقات
ثلاثية Trisomy. 188. 249. 249f الصبغيات (الكروموسومات) (ثلاثي النسخة الكروموسومية الجسمية)
Trisomy. *See* Down syndrome 21 ثلاثية الصبغيات. انظر متلازمة داون
tRNA. *See* Transfer RNA tRNA. انظر RNA الناقل
Trochophore. 637. 657. 657f. 662 حاملة العجل (تروكوفور)
Trophic cascade. 1201–5.1202–4f شلال غذائي
تأثيرات الإنسان human effects on. 1203
مستوى غذائي Trophic level. 1196. 1197f
مفاهيم للوصف concepts to describe. 1197
energy loss between levels. 1198–99. 1198f ضياع الطاقة بين المستويات
energy processing in. 1198. 1198f معالجة الطاقة في
عدد number of levels. 1199–1200 المستويات
trophic level interactions. 1201–5. 1202–4f تفاعلات بين المستويات الغذائية
Trophoblast. 1094. 1094f. 1097f. 1098. 1108 طبقة سطحية غذائية
نظام بيئي Tropical ecosystem. 1207 استوائي
غنى species richness in. 1207. 1207f الأنواع
Tropical forest, destruction of. 1228–29. 1228f الغابة الاستوائية، تخريب
Tropical monsoon forest. 1216f. 1217 غابة الرياح الموسمية الاستوائية
Tropical rain forest. 808. 1216.1216f. 1218. 1218f غابة استوائية مطرية (غابة مطرية استوائية)
فقدان loss of 1192. 1228–29. 1228f
إنتاجية productivity of. 1199. 1199f
هرمون منشط Tropic hormone. 929
Tropin. 929 تروبين
Tropomyosin. 954–55f. 955–56. 991 تروبوميوسين
Troponin. 954–55f. 955–56. 991 تروبونين
سمك السلمون Trout. 959f. 964. 1125 المرقط
TRP ion channel. *See* Transient receptor potential ion channel، القناة الأيونية TRP. انظر القناة الأيونية الآنية لجهد المستقبل
المنطقة الفعالة (أوبيرون) *trp* *trp* operon 308. 310–12. 311–12f
محفز *trp* *trp* promoter. 311. 311f
مثبط *trp* *trp* repressor. 310–12. 311f
نبات True-breeding plant. 220. 223f من سلالة نقية
كمأة Truffle. 607t. 610
Trunk neural crest cells. 1102–3. 1102f خلايا العرف العصبي الجذعية
Trypanosoma brucei. 486 *Trypanosoma brucei*
Trypanosoma cruzi. 485–86. 568 *Trypanosoma cruzi*
Trypanosome. 568–69. 568f تريبانوسوما
تريسين Trypsin 114f. 971. 976t
تربتوفان Tryptophan. 47f. 817f
TSE. *See* Transmissible spongiform encephalopathy TSE. انظر. اعتلال الدماغ الإسفنجي القابل للانتشار
ذبابة تسي تسي Tsetse fly. 568–69. 568f
TSH. *See* Thyroid-stimulating hormone

TSH. انظر الهرمون المنبه للغدة الدرقية
Tuatara. 687f. 695t. 698. 698f تواتارا
Tubal ligation. 1083. 1083f ربط أنبوبي
Tube cell. 844f خلية أنبوبية
Tube cell nucleus. 838f. 844f نواة خلية أنبوبية
Tube feet. 676. 677f. 959 قدم أنبوبية
Tube nucleus. 599f نواة الأنبوب
Tuber. 735. 735f. 846 درنة
Tuberculosis. 554–55. 554f. 555t السل الرئوي
Tubeworm. 630t. 662. 662f دودة أنبوبية
Tubulin. 77. 187. 192. 194–95 تيوبيولين
Tularemia. 365t تُكريات
Tulip. 484. 734 تيولب (الخزامي)
Tumor necrosis factor-α. 1051 عامل النخر السرطاني
Tumor-suppressor gene. 201–2. 202f جين كابت للورم
Tuna. 1002. 1020. 1200 سمك التونا
Tundra. 1216. 1216f. 1218f. 1220 تندرا
Túngara frog (*Physalaemus*). calls of. 1135f. 1136 ضفدع تنجارا
(*Physalaemus*)، نداء
Tunic. 683. 683f غشاء
Tunicate. 683–84. 683f. 886f الزقيّات
development in. 374–75، التكوين الجنيني في
Turbellaria (class). 645 الديدان المهيجة (طائفة)
Turgor. 809f امتلاء
Turgor movement. 809–10. 809–10f حركة الامتلاء
Turgor pressure. 97. 759–60. 760f. 766. 766f. 770. 809–10 ضغط الامتلاء
Turner syndrome. 250. 250f متلازمة تيرنر
Turnip. 731 لفت
Turpentine. 594 تربنتين
Turtle. 459f. 624f. 687f. 695t. 696f. 698. 698f. 959. 1004 سلحفاة
Tutt, J. W. 418–19 J. W. Tutt
Twig snake. 699 أفعى الأغصان
Twin-fan worm. 662 دودة المروحة المزدوجة
Twin studies. 1118 دراسات التوائم
Twitch. 957 ومضة
Two-hybrid system, protein- protein interactions. 338–39. 338f. 364 نظام التهجين الثنائي، تفاعلات بروتين – بروتين
Tympanal organ. 668f عضو طبلي
Tympanic canal. 905. 905f قناة الطبلة
Tympanum. 675 طبلة
Type A fluvirus. 534 فيروس الإنفلونزا من نوع A
Type III secretion system. 553–54 نظام إفراز النوع الثالث
Typhoid fever. 554. 555t حمى التيفوئيد
Typhus. 555t التيفوس
Tyrannosaur. 695t تيرانوسور
Tyrannosaurus. 459f. 464f *Tyrannosaurus*
Tyrosinase. 233 أنزيم تايروسينيز
Tyrosine. 47f تايروسين
Tyrosine kinase receptor. 576 مستقبل تايروسين كاينيز

U

Ubiquinone. 131–32. 132f يوبيكينون
Ubiquitin. 200. 321–22. 322f. 802–3. 802f يوبيكوتين
Ubiquitin ligase. 322. 322f أنزيم لاصق يوبيكوتين
Ubiquitin-proteasome pathway. 322. 322f. 802–3. 802f مسار يوبيكوتين محطم البروتينات
Ulcer قرحة
duodenal. 969 الاثنا عشر
gastric 969 المعدة
Ulna. 692f. 945f زند
Ultimate causation. 1116 مسبب نهائي
Ultrabithorax gene. 385 جين ثنائي الصدر الفائق
Ultracentrifuge. 263–64. 263f جهاز الطرد المركزي
Ultrasound, of fetus. 251–52 التصوير فوق صوتي للجنين
Ultraviolet radiation. 1212 أشعة فوق البنفسجية
ozone layer and. 1230 طبقة الأوزون و
Ulva. 585. 585f أولفا
Umami. 908–9 شهي
Umbilical artery. 1108f شريان سري
Umbilical cord. 704f. 1070f. 1098f. 1108f. 1111. 1111f حبل سري
Umbilical vein. 1108f وريد سري
Unconditioned response. 1120 استجابة غير شرطية
Unconditioned stimulus. 1120 منبّه غير شرطي
Undulating membrane. 566–67. 567f غشاء متموّج
Unicellularity, of prokaryotes. 542. 542f أحادية الخلية، بدائيات
Uniporter. 98 ناقل أحادي
Uniramous appendages. 518–19. 519 زوائد فردية الشعب f. 666 t
University of Wisconsin – Madison
Arboretum. 1256f مستنبت جامعة وسكنسن – ماديسون
Unsaturated fatty acid. 54–55. 54f. 980 حمض دهني غير مشبع
Upwelling region. 1224f. 1225–26 منطقة النبع
Uracil. 41–42. 43f. 258. 258f يوراسيل
Urea. 1028–29. 1029f. 1033f. 1193. 1193f بولينا
Ureter. 863f. 1030. 1030f. 1073f حالب
Urethra. 863f. 1030. 1030f. 1073f. 1075f. 1077f إحليل
Urey, Harold C.. 505 هاورلد سي. يوري
Uric acid. 1028–29. 1029f حمض البوليك
Uricase. 1029 يوريكيز
Urinary bladder. 863f. 894t. 1030. 1030f. 1073f. 1077f مثانة بولية
Urinary system. 861. 863f جهاز بولي
Urine. 1026. 1041 البول
concentration of. 1028. 1034 تركيز
pH of. 1032 درجة حموضة
volume of. 929f. 1035 حجم
Urochordate (subphylum). 629f.683–84. 683f ذيلية الحبل (تحت قبيلة)
Urodela (order). 691. 691t. 693f. 694 Urodela (رتبة)
Urogenital tract, as barrier to infection. 1040 ممرات الجهاز البولي التناسلي، بوصفها حاجزًا ضد العدو
Uropod. 672. 672f قدم ذيلي
Uterine contractions. 866. 866f. 929. 1111. 1111f انقباضات الرحم
Uterine horn. 1080. 1080f قرنان رحميان
Uterine tube. *See* Fallopian tube قناة الرحم، انظر قناة فالوب
Uterus. 863f. 1077f. 1079–80f. 1080. 1111f رحم
Utricle. 906f. 907–8 قربة
Uvr genes. 274. 274f جينات *Uvr*
UVR photorepair system. 274. 274f نظام الإصلاح الضوئي UVR

V

Vaccination. 1044f. 1045. 1058 تطعيم أو تلقيح
Vaccine. 341 مطعوم
DNA. 341–42 DNA
malaria. 571. 1063 ملاريا
production using recombinant DNA. 341–42. 342f الإنتاج باستخدام DNA هجين
subunit. 341. 342f. 346 تحت الوحدة
trypanosome. 569 تريبانوسوما
Vaccinia virus. 515f فيروس فاكسينيا
Vacuole, of eukaryotic cells. 73–74. 73f. 82t فجوة، في الخلايا حقيقية النوى
Vagina. 863f. 1077f. 1080. 1080f. 1111f مهبل
Vaginal secretions. 1041 إفرازات مهبلية
Vagus nerve. 893 العصب الحائر
Valence electron. 21 إلكترون تكافؤ
Valine. 46. 47f فالين
Vampire bat 1138. 1138f وطواط مصاص الدماء
van Beneden, Edouard. 206 إدوارد فان بنيدن
Vancomycin. 64 فانكومايسين
Vancomycin-resistant *Staphylococcus aureus*. 553 المكورات العنقودية الذهبية المقاومة لمضاد الفانكومايسين
van der Waals attractions. 3t. 48f. 49 روابط فان دير فال (قوى جذب فان درفال)
van Helmont, Jan Baptista. 146 جان فان هلمونت
Vanilla orchid فانيلا Vanilla orchid. 731
van Niel, C. B.. 147 فان نيل
Variable region, of immunoglobulin. 1053. 1053f منطقة متغيرة، في البروتين الكروي المناعي
Varicella zoster virus. 524.527t. 1044 فيروس جدري الماء
Varicose veins. 992 دوالي الأوردة
Variola major virus. 365t فيروس Variola major
Variola virus. 527t. 1044 فيروس فاريولا
Vasa recta. 1031. 1031f. 1033 أوعية مستقيمة
Vascular bone. 949 عظم وعائي
Vascular bundle. 733. 733f. 738f حزم وعائية
Vascular cambium. 720. 721f. 730. 733–34. 734f كمبيوم وعائي
Vascular plant. 460f. 718. 718f نبات وعائي
extant phyla of. 588–89. 589t قبائل قائمة
features of. 588. 589t خصائص
seedless. 589t لابذري
Vascular tissue, of plants. 588. 718–19. 718f. 721. 725–26. 725f. 744. 747 نسيج وعائي، في النباتات
Vas deferens. 863f. 1073f. 1074. 1083. 1083f وعاء ناقل
Vasectomy. 1083. 1083f قطع الوعاء الناقل
Vase sponge. 630t إسفنج المزهرية
Vasoconstriction. 924. 929f. 992، تضيّق الأوعية الدموية
Vasodilation. 924. 992. 992f. 996. 1020–22. 1042 توسع الأوعية الدموية
Vasopressin. *See* فاسوبريين، هرمون قابض للأوعية الدموية. انظر Antidiuretic hormone، هرمون المانع لإدرار البول
Vector, cloning. *See* Cloning vector، حامل استنسال. انظر حامل استنسال
Vegetal pole. 1092–93. 1092–93f. 1095. 1096f قطب خضري
Vegetarian finch (*Platyspiza*). 416f.
Vegetative propagation. 735 تكاثر خضري
Vegetative reproduction, in plants. 846 تكاثر خضري، في النباتات
Vein (blood vessel). 862f. 991–92. 991f. 993f وريد (وعاء دموي)
varicose. 992 دوال
Vein (leaf). 736. 738f. 761. 762f عرق
Veliger. 657. 657f حاملة الغشاء
Velociraptor. 459f. 464f. 702. 702f *Velociraptor*
Velvet (antler). 705 طبقة مخملية (قرن)
Velvet worm. 627. 631t دودة مخملية
Venous pump. 992. 993f مضخة وريدية
Venous return. 992 عودة في الوريد
Venous valve. 992. 993f صمام وريدي
Venter, Craig. 355 كريغ فينتر
Ventral body cavity. 852. 853f تجويف الجسم البطني
Ventral portion. 624. 624f جزء بطني
Ventral root. 891 جذر بطني
Ventricle (brain). 886f بطين (الدماغ)
Ventricle (heart). 985–87. 985–86f بطين (القلب)
left. 986–87. 987f أيسر
right. 986–87. 987f أيمن
Venule. 991–92. 993f وريِّد
Venus flytrap (*Dionaea muscipula*). 738. 780. 780–81f. 808–9 مصيدة الذباب فينوس (*Dionaea muscipula*)
Vernal equinox. 1212f اعتدال ربيعي
Vernalization. 830. 832 ارتباع
Vertebra. 950f فقرة
embryonic development 685f تكوين جنيني
Vertebral column. 684. 685f. 890. 945f عمود فقري
of fish. 686 في الأسماك
Vertebrata (subphylum). 508f. 629f. 684 الفقاريات (تحت قبيلة)
Vertebrate. 623. 684–714 الفقاريات
aquatic, gastrulation in. 1096f مائية تكوين الجاسترولا في
brain of. 885f دماغ الـ
*Chara*cteristics of. 684–85. 685f خصائص
circulatory system of. 985–87. 985–87f الجهاز الدوري في
development in. 685f. 1088t. 1100–1101 التكوين الجنيني في
digestive system of. 964–66. 964–65f الجهاز الهضمي في
variations in. 973–75.973–74f الاختلافات في
evolution of. 685–86. 686–87f تطور
eyes of. 427. 427f. 498. 498f. 911–12. 911–12f عيون
forelimb of. 11f. 426. 426f الأطراف الأمامية في
hearing in. 904–5 السمع في
Hox genes in. 1104 جينات هوكس في

Water mold. 575 عفن الماء
Water potential. 758–60. 760f القدرة المائية
calculation of. 759–60. 760f حساب
at equilibrium. 760. 761f عند الاتزان
gradient from roots to shoots. 760–61. 762f الفرق من الجذور إلى السيقان
of soil. 774–75 للتربة
Watersheds. of New York City. 1243–44. 1244f مستجمعات الأمطار في مدينة نيويورك
Water storage root. 730–31f. 731 جذر خزن الماء (خازن للماء)
Water strider. 27f قافز الماء
body size and egg-laying in. 404. 404f حجم الجسم ووضع البيض في
Water table. 1192 مستوى الماء
Water-vascular system. 676. 677f نظام مائي وعائي
Waterwheel (*Aldrovansa*). 780–81. 781f دولاب الماء (*Aldrovansa*)
Watson. James. 260–62. 260f جيمس واطسون
Wax 718–19. 790. 974–75 شمع
W chromosome. 239t كروموسوم W
Weasel. 708t ابن عرس
Weaver bird. 1142 طائر الحائك
Weberian ossicle. 904 عُظيمة وبر
Weed. foreign. 1251 عشب، غريب
Weevil. 672–73f خنفساء القطن
Weinberg. W.. 398 هاردي واينبرج
Welwitschia. 589t. 595f. 596 *Welwitschia*
Wenner. Adrian. 1129 إيدريان ونر
Went. Frits. 815. 815f فريتز ڤينت
WEREWOLF gene. in *Arabidopsis*. 728. 728f جين *WEREWOLF*، في نبات رشاد الجدران
Wernicke's area. 888 منطقة ورنكي
Westerlies. 1213f. 1214 رياح غربية
Western blot. 334 طبعة وسترن
West Nile fever. 1251 حمى غرب النيل
Wetland. 780. 1191. 1220 الأراضي الرطبة
productivity of. 1220 إنتاجية
Whale. 520. 520f. 707. 708t. 906. 959. 1160. 1179 حوت
evolution of. 423. 423f تطور ألـ
overexploitation of. 1249–50. 1250f. 1252. 1253f الاستثمار الزائد
Whaling industry. 1249–50. 1250f. 1252. 1253f الصيد التجاري للحيتان
Wheat (Triticum). 732f. 848 القمح (Triticum)
chromosome number in. 188t. 476f عدد الكروموسومات في
evolution of. 476f تطور
genome of. 360. 360f. 477f. 484 المحتوى الجيني
transgenic. 363f عابر للجينات
Wheel animal. *See* Rotifera (phylum) حيوان عجلي. انظر عجليات (قبيلة)
Whiskers. 704 شوارب
Whisk fern. 589. 589t. 590–91. 591f خنشار المكنسة
White Cliffs of Dover. 577. 577f المنحدرات (الشقوق) البيضاء في دوفر
White-crowned sparrow (Zonotrichia leucophrys). courtship song. development of. 1123. 1123f عصفور الدوري ذو التاج الأبيض (Zonotrichia leucophrys) تغريدة غزل، تطور لـــ
White fiber. 958 ليف أبيض
White-fronted bee-eater. 1139. 1139f آكل النحل أبيض المقدمة
Walrus. 1075 الفظ
Warbler. 701t. 1248 الهازجة
resource partitioning in. 1172 تقسيم المصادر في
Warbler finch (*Certhidea*). 416f. 445. 445f الحسون الهازج (*Certhidea*)
Warfarin resistance. in rats. 403 مقاوم وارفرين، في الجرذان
Warm. moist evergreen forest. 1216f. 1217 غابة دائمة الخضرة رطبة دافئة
Warm receptor. 901 مستقبل دفء
Warning coloration. 1177 تلون تحذيري
Wasp. 673t. 1141. 1181 دبور
parasitoid. 795–96. 796f متطفل
Waste products. transport in blood. 997 فضلات، نقل في الدم
Water 997 الماء
absorption by plants. 763–64. 763–64f الامتصاص عن طريق النباتات
adhesive properties of. 27. 27f. 758 خصائص التلاصق
cohesive nature of. 26. 27t. 758. 762f. 765 طبيعة التماسك
forms of. 25. 25f أشكال
heat of vaporization of. 27t. 28 حرارة التبخر لـ
hydrogen bonds in. 26. 26–27f الروابط الهيدروجينية في
ionization of. 29 تأين
locomotion in. 959. 959f الحركة في
molecular structure of. 26. 26f التركيب الجزيئي
osmosis. 95–97. 97f الخاصية الأسموزية
in photosynthesis. 144–46. 145f. 154 في البناء الضوئي
properties of. 27t. 28–29 خصائص
reabsorption in kidney. 929. 1026f. 1032–33. 1033f. 1035–36f إعادة الامتصاص في الكلية
requirement of living things. 1146 احتياج المخلوقات الحية
soil 763. 774–75. 774–75f التربة
as solvent. 27t. 28. 28f بوصفه مذيبًا
specific heat of. 27t. 28 الحرارة النوعية
transpiration from leaves *See* Transpiration، النتح من الأوراق. انظر النتح
transport in plants. 757–70. 760–61f. 764f. 766f. 769f النقل في النباتات
Water balance. 1023f. 1025f التوازن المائي
hormonal control of. 929. 929f السيطرة الهرمونية
Water bear. 627 دب الماء
Water boatman. color form of. 406. 406f حشرة رجل القارب، تكوين اللون
Watercress. 1175 جرجير
Water cycle. 1191–92. 1191–92f. 1195 دورة الماء
disruption by deforestation. 1229 تعطيل عن طريق إزالة الغابات
Water-dispersed fruit. 752. 752f ثمرة تنتشر عن طريق الماء
Water flea (*Daphnia*). predator induced morphological changes in. 392. 392f برغوث الماء (*Daphnia*)، التغيرات الشكلية المحفزة بالافتراس
Waterfowl. 701t. 703 طيور الماء
Water hyacinth (*Eichornia crassipes*). 1252 عشب المكحلة (*Eichornia crassipes*)
Water lily. 597f. 768. 768f. 1220 زنبق الماء
Water moccasin. 699 أفعى المُقسين
replication of. 525 تضاعف
RNA. 524. 524f. 527t RNA
shape of. 515f. 524f. 525 شكل
size of. 515f. 526. 526f حجم
structure of. 524–26. 524–26f تركيب
temperate. 528. 529f معتدل
tissue tropism of. 524 انتحاء نسيجي
virulent. 528. 529f ممرض
Viscera. 858 أحشاء
Visceral mass. 655 كتلة حشوية، (سنام حشوي)
Visceral muscle. 858 عضلة حشوية
Visceral pleural membrane. 1008 غشاء جنب حشوي
Vision. 898t. 910–15. 910–15f رؤية
binocular. 709. 915 ثنائية
black-and-white. 912 بيضاء وسوداء
color. 913. 913f لون
nearsightedness and farsightedness. 912f قصر النظر وطول النظر
Visual acuity. 912. 915 حدة الإبصار
Visual cortex. 888 قشرة بصرية
Vital capacity. 1008 سعة حيوية
Vitamin. 979–80. 980t فيتامين
Vitamin A. 150. 912. 925. 980t فيتامين أ
deficiency of. 345. 345f نقص
Vitamin B_1. 980t فيتامين ب 1
Vitamin B_2. 980t فيتامين ب 2
Vitamin B_3. 980t فيتامين ب 3
Vitamin B_5. 980t فيتامين ب 5
Vitamin B_6. 980t فيتامين ب 6
Vitamin B_{12}. 968. 980t فيتامين ب 12
Vitamin C. 979. 980t فيتامين ج
Vitamin D. 935f. 936. 980t فيتامين د
Vitamin E 980t فيتامين هـ
Vitamin K. 972. 975. 980t فيتامين ك
Vitelline envelope. 1088. 1089f. 1090 غلاف محي
Vitellogenin. 925 بروتين منتج المح
Viviparity. 1070–71. 1070f ولادة
Vivipary 824. 824f ولودة
Voice box. *See* Larynx صندوق الصوت. حنجرة
Volcanic eruption. 1185. 1185f انفجار بركاني
Volcanic island. 1185. 1185f جزيرة بركانية
Vole. خلد
montane. 1119. 1119f جبلي
pair-bonding behavior. 1119–20. 1119f سلوك زواج مزدوج
prairie. 1119. 1119f البراري
Voltage-gated ion channel. 875. 876f. 900f قناة أيونية مبوبة بفرق الجهد
potassium channel. 875 قناة البوتاسيوم
sodium channel. 875 قناة الصوديوم
Volvox. 584f. 585 فولفوكس
Vomitoxin. 618 فوميتوكسين
von Frisch. Karl. 1128 كارل فون فريتش
V segment. of immunoglobulin gene. 1055–56. 1056f القطعة *V*، في جين البروتين الكروي المناعي

W

Wadlow. Robert. 932–33. 932f روبرت وادلو
Waggle dance. 1128–29. 1129f رقصة الاهتزاز
Waking state. 888 حالة الاستيقاظ
Walking fern (*Asplenium rhizo- phyllum*). 738 الخنشار المتحرك (*Asplenium rhizo-phyllum*)
Walking pattern. 959 نمط الحركة
Walnut 736 الجوز
invasion of land by. 691–93. 692–93f غزو اليابسة
kidneys 1026–28. 1026–28f كلى
locomotion in. 959–60 الحركة في
organization of body of. 852–53. 852–53f. 862–63f تنظيم الجسم في
osmoregulation in. 1026 التنظيم الأسموزي في
photoreceptors of. 912–13. 912–13f مستقبلات الضوء في
respiratory system of. 985–87f جهاز التنفس في
sexual development in. 938–39 التكوين الجنيني الجنسي في
skeleton of. 946 هيكل
social systems of. 1142. 1142f الأنظمة الاجتماعية
teeth of. 966. 966f أسنان
thermoregulation in. 1020–21 التنظيم الحراري
Vertical gene transfer. 481 انتقال الجينات العمودي
Vervet monkey (*Ceropithecus aethiops*). language of. 1129. 1129f قرد الفرفت (*Ceropithecus aethiops*)، لغة
Vesicle. 65. 101. 101f حويصلة
Vessel member. 725. 725f. 765 عنصر الوعاء
Vestibular apparatus. 908 جهاز دهليزي
Vestibular canal. 905. 905f قناة الدهليز
Vestibular nerve 906–7f عصب الدهليز
Vestibule (ear). 907f دهليز (الأذن)
Vestigial structure. 427. 427f تركيب مختزل
Viagra. *See* Sildenafil فياجرا. انظر سايدنأفيل
Vibration sense. 898t حسّ الاهتزاز
Vibrio cholerae. 177. 542. 545f. 555t *Vibrio cholerae*
phage conversion in. 528–29 التحويل الفيروسي في
Victoria (Queen of England). 240–41. 240f فيكتوريا (ملكة بريطانيا)
Vicuña. 1249 فيكونا
Villi. 970. 970f خملات
Vimentin. 77 Vimentin
Vinblastine. 346. 1242f فنبلاستين
Violet. 837 بنفسج
Viper. 699 أفعى خبيثة
Viral disease. plants. 797f أمراض فيروسية، النباتات
Viridiplantae (kingdom). 513. 516. 516f. 582 النباتات الخضراء (مملكة)
Virginia creeper (*Parthenocissus quinquefolia*). 737. 737f متسلق فيرجينيا (*Parthenocissus quinquefolia*)
Virion. 523. 525 نظير الفيروس
Viroid. 536 الفيروس العاري Viroid
Virulent virus. 528 فيروس ممرض
Virus. 515f. 523–36 الفيروس
bacteriophage. *See* Bacteriophage، آكل البكتيريا، انظر آكل البكتيريا
cancer and. 535 السرطان و
classification of. 514–15 تصنيف
disease-causing. 527t. 534–35 مسبب المرض –
DNA 524. 524f. 527t DNA
emerging. 534–35 ناشئ
genome of. 524. 526 المحتوى الجيني
host range of. 524 مدى العائل
latent. 524 كامن
recombination in. 534 التهجين (إعادة الاتحاد الوراثي)

White matter, 872, 890, 890–91f
مادة بيضاء
White meat, "958"
لحوم بيضاء
White-tailed deer, 1130, 1174
الغزال ذو الذيل الأبيض
Whooping cough, 554
السعال الديكي
Whooping crane, 1160
طيور الكركي
Whorl (flower parts), 598, 598f, 837
دوائر (أجزاء الزهرة)
Whorl (leaf pattern), 732, 732f
حلقية (على شكل دوائر) (نمط الورقة)
Wild geranium (Geranium maculatum), 837f
الخبيزة البرية (Geranium maculatum)
Wild lettuce (Lactuca), hybridization between species, 436
الخس البري (Lactuca) التزاوج بين الأنواع
Wilkins, Maurice, 259
موريس ويلكنز
Willow, 752, 796, 843, 1242, 1257
صفصاف
Wilson, Edward 1208
إدوارد ويلسون
Wilting, 767, 775
ذبول
Wilts (plant disease), 554
الذبول (مرض نباتي)
Wind
الرياح
effect on transpiration, 767
تأثير في النتح
fruit dispersal by, 752, 752f
انتشار الثمار عن طريق
ocean currents and, 1214, 1214f, 1225
تيارات المحيط و
plant damage due to, 790
تلف النباتات بسبب
pollination by, 405, 405f, 840, 842, 842f
التلقيح عن طريق
seed dispersal by, 1149f
انتشار البذور عن طريق
Window leaf, 738
ورقة نافذة
Wine, 127f, 137
نبيذ
Wine-making, 611
عمل نبيذ
Wings, 960
أجنحة
of bats 705, 960, 960f
الخفافيش
of birds, 960, 960f
الطيور
development of, 494, 494f
التكوين الجيني
evolution of, 494–95, 495f
تطور
of insects, 495, 495f, 667, 674, 675f, 960
في الحشرات
of pterosaurs, 960, 960f
الديناصورات
Wing traits, in fruit fly, 244f, 245
صفات الأجنحة، في ذبابة الفاكهة
Winter bud, 824
برعم الشتاء
Winter habitat, for birds, 1249, 1249f
بيئة شتوية، للطيور
Winter solstice, 1212f
إنقلاب شتوي
Wishbone, 464f
عظم ترقوة
Wiskott–Aldrich syndrome, 246f
تناذر وسكوت- الدريش
Wiwaxia, 632f
Wiwaxia
Wnt pathway, 1106
مسار wnt
Wobble pairing, 294
الازدواج المتذبذب
Wolf, 421f, 428f, 1146, 1147f, 1182, 1220
ذئب
captive breeding of, 1257
التكاثر بالأسر
Wolf spider, 669
عنكبوت الذئب
Wolverine, 1220
الشره
Wood, 720, 725–26, 725f
خشب
WOODEN LEG gene, in *Arabidopsis*, 737, 737f
جين *WOODEN LEG*، في نبات رشاد الجدران
Woodpecker, 701t, 703
نقار الخشب
Woodpecker finch (Cactospiza pallida), 9f, 416, 416f, 445
حسون نقار الخشب (Cactospiza pallida)
Woodward, Robert, 795
روبرت وودورد
Woody plant, 720, 730, 732, 847–48
نبات خشبي
Word salad, 888
سلطة كلمات
Worker bee, 1068, 1128, 1140–41, 1140f
نحلة عاملة
Wound healing, 200
التئام الجروح
Wound response, in plants, 796–97f
استجابة الجرح، في النباتات

X

X chromosome, 239–40, 239t
كروموسوم X
of fruit fly, 239, 243
ذبابة الفاكهة
human, 239–40, 246f
الإنسان
inactivation of, 241, 241f
تثبيط فعالية
nondisjunction involving, 250, 250f
عدم الانفصال
Xenoturbellida, 629f
زينوتيربلدا
Xianguangia, 632f
Xianguangia
Xnr proteins, 1104
بروتينات Xnr
X-ray diffraction pattern, of DNA, 259–60, 259f
أنماط انحراف (حيود) الأشعة السينية لـ DNA
Xylem, 588, 719, 725, 730f, 733–34f
خشب
primary, 721f, 725, 729f, 730, 733f
أولي
secondary, 721f, 725, 733f
ثانوي
water and mineral transport through, 757–70, 761f, 764–66f, 769–70f
نقل الماء والأملاح المعدنية
XYY genotype, 250
الطراز الجيني XYY

Y

YABBY gene, in *Arabidopsis*, 736f
جين *YABBY* في نبات رشاد الجدران
YAC. *See* Yeast artificial chromosome
YAC. انظر كروموسوم الخميرة الصناعي
Y chromosome, 239–40, 239t, 1069, 1069f
كروموسوم Y
nondisjunction involving, 250
عدم الانفصال
Yeast, 610–11, 611f
الخميرة
cell division in, 187f
الانقسام الخلوي في
chromosome number in, 188t
عدد الكروموسومات في
ethanol fermentation in, 127f
التخمر الكحولي في
experimental systems using, 611–12
استخدام الأنظمة التجريبية
fermentation pathways in, 610–11
مسارات التخمر في
genome of, 355f, 473t, 611
المحتوى الجيني في
Yeast artificial chromosome (YAC), 330, 353–54, 611–12
كروموسوم الخميرة الصناعي (YAC)
Yellow-eyed junco (*Junco phaeontus*), 1132
طيور الجنك أصفر العينين (*Junco phaeontus*)
foraging behavior, 1132
سلوك جمع الغذاء
Yellow fever, 527t
الحمى الصفراء
Yellow star thistle, 1251
نبات شوك النجمة الصفراء
Yellowstone Park, return of wolves to, 1257
متنزه يلوستون، عودة الذئاب
Yersinia, type III system in, 553
يرسينيا، نظام النوع الثالث في
Yersinia pestis, 365t, 555t
Yersinia pestis
Yew, 589t, 594, 596
الطقسوس
Yoboia, 632f
Yoboia
Yolk, 1070, 1092–94f, 1097f
مح
Yolk plug, 1096, 1096f
سدادة محيّة
Yolk sac, 694–95, 694f, 704f, 1072, 1098, 1098f, 1108f
كيس المح

Z

Z chromosome 239t
كروموسوم Z
Z diagram, 154, 155f
المخطط Z
Zebra dove, 1185
حمامة الحمار الوحشي
Zebra finch, foraging behavior, 1131–32
حسون حمار الوحش، سلوك جمع الغذاء
Zebrafish, 370
سمكة حمار الوحش
Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*), 655, 1250–51, 1251f
بلح البحر المخطط (*Dreissena polymorpha*)
Zinc, 114, 786, 980
الزنك
in plants, 776, 777t, 778
في النباتات
deficiency of, 777f
نقص
Zinc finger motif, 306, 307f
موتيف إصبع الزنك
Z line, 953–54, 953–54f
خط Z
Zoecium, 664, 664f
حجيرة
Zona pellucida, 1088, 1089f
منطقة شفافة
Zone of cell division, 727–28, 727–28f
منطقة انقسام الخلية
Zone of elongation, 727, 727f, 728
منطقة الاستطالة
Zone of maturation, 727, 727–29f, 728–30
منطقة النضج
Zoospore, 575
بوغ حيواني
Zygnematales, 516f
Zygnematales
Zygomycetes, 604, 604f, 609, 609f
فطريات زيجوتية
Zygomycota (phylum), 607f, 607t, 608
فطريات زيجوتية (قبيلة)
Zygosporangium, 609, 609f
محفظة الأبواغ الزيجوتية
Zygospore, 584f, 609, 609f
بوغي زيجوتي
Zygote, 206, 206–7f, 370, 861, 1068, 1078, 1087
زيجوت (بويضة مخصبة)
plant 742, 742f, 845
النبات