الجزء الثانى: العوامل البيئية

(Ecological Factors)

obeikandl.com

obeikandl.com

المقدمـــة

تمثل العناصر غير الحية فى النظام البيئـــى (عوامـل التربـة والمنـاخ) المصادر اللازمة للكائنات الحية، وبالتالى فإن تفاعل هذه العوامل معاً وتأثيرهـا المشترك على الكائنات الحية هو أساس تكوين المجتمع الأحيائى والشكل النهائى الذى يوجد عليه فى الوسط الذى يعيش فيه. تعتمد العمليات الحيوية مثل النمـو والتغذية والبناء الضوئى والتنفس وامتصاص العناصر الغذائية وغيرها، علـى مدى التغير فى العوامل المؤثرة. ويختلف تأثير كل من هذه العوامل على أحـدى العمليات الحيوية تبعاً لنوع العامل المؤثر من حيث كونه تأثير مطلق (ينتـج عنـه زيادة مطردة فى معدل العملية الحيوية وصولاً إلى أقصى درجة ممكنـة يثبـت بعدها التأثير) أو كونه عاملاً ذا قيمة مثلى لمعدل العملية الحيوية وبالتالى ينقص المعدل قبل وبعد هذه القيمة، أو أن يكون عاملاً متبايناً فى التأثير وينتـج عنـه اشتراك الشكلين السابقين فى التأثير على العملية الحيوية. ولدراسـة العوامـل البيئية يلزم التعرف على مجموعة من المبادئ العامة التى تحكم عملية تأثيرهـا على الكائنات الحية وتأثرها بها وهى (عن Odum 1971):

(١) قانون ليبيج للقيمة الصغرى (Libig's law of minimum)

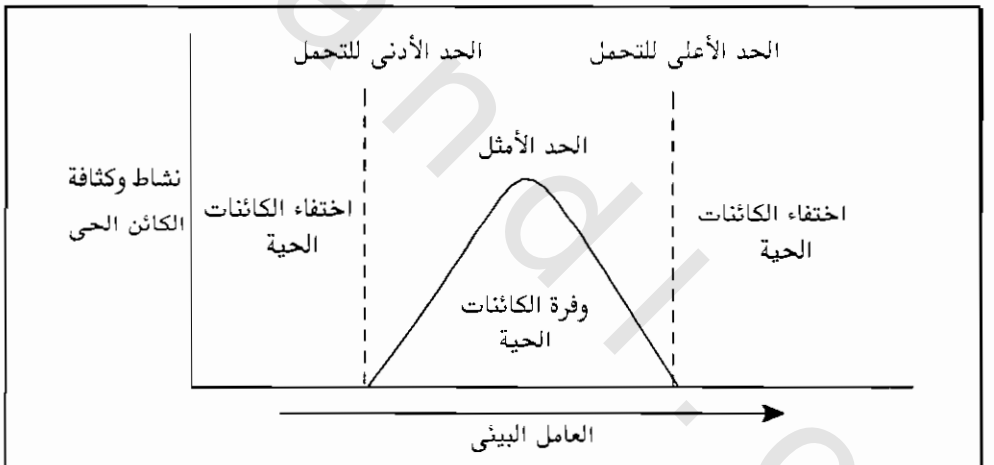
يشير هذا القانون إلى أن نشاط الكائنات الحية وبقائها يستلزم وجود مـواد أساسية تحصل عليها هذه الكائنات لتنمو وتتكاثر. وتختلف كميـات مـا يلـزم

الكائنات الحية من هذه المواد بإختلاف أنواعها وأحوالها. يُعَرِف قانون ليبيج للقيمة الصغرى العامل المحدد (Limiting factor) من هذه المواد المختلفة بأنه **العامل المتاح بكمية تقارب الحد الأدنى لإحتياج الكائن الحى**، ومثال ذلك الماء فى المناطق الجافة. وقد اجتمع رأى العلماء على أن نمو وإنتاجية النباتات فى مجتمع معين لا يعتمد فى الدرجة الأولى على العوامل البيئية المتوفرة بمواطنها (مثل العناصر الغذائية، الحرارة، الرطوبة) وإنما يكون مرتبطاً بشكل أكبر بالعامل المحدد، سواء كان ممثلاً فى أحد العناصر الغذائية فى التربة، أو فى درجة الحرارة، أو كمية الرطوبة المتاحة...أو غيرها من العوامل. ومن المعلوم أن العوامل البيئية، سواء المتوفرة أو المحددة، لا تعمل منفصلة عن بعضها البعض، وأنما يوجد تفاعل بينها يؤدى إلى تأثير مشترك على النباتات يسمى تداخل العوامل (Factor interaction). فعلى سبيل المثال يحدث فى بعض الحالات أن يؤدى وجود عامل بيئى بوفرة فى النظام البيئى إلى تغيير تأثير العامل المحدد بدرجة كبيرة، كما أن بعض النباتات تستطيع أن تستبدل بعض العناصر الغذائية قليلة الوجود فى الوسط بأخرى متوفرة قريبة التركيب الكيميائى بهذه العناصر. وكمثال على ذلك فإن بعض النباتات تحتاج إلى كمية أقل من العناصر النادرة مثل الزنك (Zn) عندما تنمو فى الظل عنها عندما تنمو فى ضوء الشمس المباشر. وعلى هذا فإن نقص الزنك فى حالة نمو هذه النباتات تحت ظروف ظليلة يكون أقل تأثيراً، كعامل محدد، بالمقارنة بنموها تحت ظروف مشمسة مع ثبات بقية العوامل البيئية فى كلا الحالتين.

(٢) قانون شيلفورد للتحمل (Shelford's law of tolerance)

يشير هذا القانون إلى أن العامل المحدد لحياة الكائن الحى قد لا يرتبط فقط بوجود أحد العوامل بكمية ضئيلة فى الوسط، ولكن يمكن أن تؤدى زيادة كمية العامل زيادة كبيرة إلى التأثير كعامل محدد أيضاً، كما فى حالة زيادة الحرارة

والضوء والماء والأملاح (شكل ٢٥). يُعَرِف قانون شيلفورد حدود التحمل للعوامل البيئية بأنها "درجات بيئية دنيا وقصوى تبديها الكائنات الحية لتحمل تباينات كل من العوامل المختلفة، وينحصر بينهما مدى من التحمل يمثل الفرق بين الحدود الدنيا والقصوى لتحمل الكائن لأحد هذه العوامل". ولهذا يمكن إعتبار أن حدود التحمل لأحد العوامل (Limits of tolerance) تقابل تأثير العامل المحدد لوجود الكائنات الحية. وتتأثر هذه الحدود هى الأخرى بتداخل العوامل مما يؤدى إلى زيادة مدى تحمل الكائنات لأحد العوامل إعتماداً على تأثير عامل آخر بطريقة غير مباشرة. فمثلاً يمكن أن يرتبط توزيع أحد النباتات بدرجة الحرارة أو الماء أو عنصر غذائى معين، فى حين قد يرتبط توزيع أحد الحيوانات الرعوية بدرجة الحرارة أو الماء إلى جانب تأثير نمط توزيع غذائه النباتى، وتأثير الحيوانات المنافسة والمفترسات والطفيليات.



شكل (٢٥). مدى تحمل الكائن الحى للعامل البيئى

وهناك بعض النقاط الأساسية الهامة والمكملة لقانون التحمل يمكن تلخيصها فى الآتى:

أ ــ تظهر الكائنات الحية مدى تحمل واسع لأحد العوامل بينما تظهر مدى تحمل ضيق لعامل آخر فى نفس الوقت.

ب ــ غالباً ما تكون الكائنات الحية ذات مدى التحمل الواسع لمعظم العوامل البيئية أكثر الأنواع انتشاراً فى المناطق الجغرافية والبيئية المختلفة.

جـ ــ عندما يعيش أحد الأنواع تحت ظروف توجد بها قيمة أحد العوامل البيئية بدرجة غير مثلى له فإنه ينتج عن ذلك غالباً اختزال لحدود التحمل بالنسبة للعوامل البيئية الأخرى إلى قيم أضيق من المعتاد لها.

د ــ تمثل فترة التكاثر فى الكائنات الحية فترة حرجة فى حياتها، وعندها تكون العوامل البيئية ممثلة لعوامل محددة للكائن الحى أكثر من أى وقت آخر، ويرجع ذلك غالباً إلى انخفاض حدود التحمل الخاص بالوحدات التكاثرية من بذور وبيض وأجنة وبادرات ويرقات عنها بالنسبة للنباتات والحيوانات البالغة فى غير حالة التكاثر.

(٣) تعويض تأثير العوامل (Factor compensation)

إلى جانب الفعل المشترك للعوامل وتأثيرها على نمو الكائنات وتوزيعها فى المجتمعات المختلفة، فإن لهذه الكائنات تأثير على العوامل البيئية المحيطة بها. وعادة لايعيش الكائن الحى تحت رحمة الظروف البيئية المحيطة به بل أنه فى كثير من الأحيان يغير فيها ويغير فى نفسه مما يؤدى إلى تخفيف التأثيرات المحددة لحياته مثل درجات الحرارة والرطوبة والعوامل الأخرى. يحدث ذلك عن طريق تكيف الكائنات بما يتناسب مع هذه العوامل، إلى جانب تطوير وتحسين الظروف البيئية المحيطة بها. ففى كثير من الأحيان يمكن لهذه الكائنات أن تعمل على خفض تأثير العوامل البيئية كعوامل محددة، بحيث يستطيع المجتمع أن يوجد فى مكان لم تكن حدود التحمل تسمح بوجوده فيه من قبل. ينطبق مثل هذا التأثير غالباً على مستوى المجتمعات الحية ككل عنه على مستوى الأفراد. كمثال نأخذ المجتمع النباتى للغابات، حيث تغير الأشجار الكبيرة من الظروف البيئية حول النباتات تحتها فتنخفض شدة الضوء وتزيد كمية

الرطوبة مما يساعد النباتات ذات درجة التحمل الأقل بالنسبة للضوء والرطوبة على المعيشة فى هذا المكان.

يظهر تأثير تعويض العوامل جليا فى بعض الأنواع ذات المدى الواسع من الإنتشار فى أوساط تتميز بدرجات متفاوته من قيم العوامل البيئة. تحت هذه الظروف يوجد بكل من هذه الأوساط مجموعة من أفراد النوع الواحد تعيش متكيفة تكيفا خاصا مع هذه الظروف. وغالبا ما يكون لمجموعة الأفراد التابعة للنوع الواحد مدى تحمل لكل عامل بيئى يختلف من وسط إلى الآخر بما يتناسب مع تكيف كل منها. وتسمى كل مجموعة تظهر مثل هذا النمط من التكيف الخاص لظروف كل بيئة بإسم **الطراز البيئى** (Ecotype). وهذا التكيف الخلص بكل طراز بيئى قد يكون شكليا أو وظيفيا ويظهر فى الأفراد دون نقل الصفات للأبناء، أو قد يتم تثبيت صفات التكيف التى يبديها هذا الطراز فى التركيب الجينى للأفراد وفى هذه الحالة يسمى بالطراز الوراثى (Genotype).

(٤) المفهوم المشترك للعوامل المحددة (Limiting factors)

يعتمد وجود الكائنات الحية ونجاحها فى البقاء على مجموعة مركبة من العوامل المتداخله. ولهذا فإن معرفة العوامل ذات التأثير المحدد لحياة الكائن يؤخذ فى نطاق إشتراك العوامل كلها فى التقدير، حيث تتداخل تأثيرات العوامل لتحدث تأثيرات مشتركة ليس من السهل فصلها عن بعضها، ومجمل التأثير المشترك لعاملين أو أكثر قد يزيد عن التأثير الفردى للعوامل (Synergism). ويعتبر هذا المفهوم تجميعاً لقانونى ليبج وشيلفورد (الحد الأدنى وحدود التحمل) وتعميماً لقوانين العوامل المحددة.

(٥) ظروف التواجد كعوامل منظمة (Conditions of existence)

لا تقوم الكائنات الحية بالتكيف فقط مع البيئة أو تعويضها بما يتوائم مع درجات تحملها وإنما فى كثير من الأحيان تستخدمها فى توقيت نشاطها وتنظيم

دورات حياتها وبذلك تستفيد بأقصى درجة من الظروف البيئية الجيدة. فعلى سبيل المثال يعتبر المطر فى المناطق الصحراوية أحد العوامل التى يصعب التنبؤ به إلى درجة كبيرة، وعلى الرغم من ذلك فإن النباتات الحولية، والتى تمثل العدد الأكبر من الأنواع النباتية فى الصحارى، تستطيع استخدام هذا العامل البيئى فى تنظيم توقيت نشاطها. فنجد أغلفة بذور الكثير من الحوليات الصحراوية يغطيها قدر من مثبطات الإنبات والذى يجب أن يغسل بكمية معينة من ماء المطر حتى يمكن لهذه البذور أن تنبت. وقد وجد أن هذا القدر من ماء المطر اللازم لغسيل المثبطات مكافئ للقدر من الماء اللازم لسد احتياجات هذه النباتات، ولإكمال دورة حياتها وصولاً لتكوين البذور مرة أخرى. وقد لوحظ أنه عند وضع مثل هذه البذور فى صوبة ذات نسبة مرتفعة من الرطوبة الأرضية فإنها غالباً لا تنبت كما هو متوقع، بينما تنبت سريعاً إذا رشت بالماء بطريقة تماثل رخات المطر.

openkandl.com

١ العوامـل الأحيائيـة

لا تتأثر الكائنات الحية بعوامل التربة والمناخ فقط وإنما تتأثر أيضاً بالوسط الحيوى الذى يحيط بها؛ ذلك أن الكائنات سواء كانت تعيش فى وسط بـــرّى أو مائى تتفاعل باستمرار مع بعضها البعض من جهة ومع مكونات البيئـــة غـير الحية من جهة ثانية. ويطلق على مجمل التفاعلات المتبادلة بين الكائنات الحيـــة المختلفة إسم العوامل الأحيائية (biotic factors). وعادة تقسم التفـــاعلات بيـــن الكائنات الحية إلى الأقسام التالية :

١ ــ **التعايش المحايد** Neutralism (0 0) : لا يتأثر أحد النوعين بالآخر تأثيراً سالباً أو موجباً.

٢ ــ **التنافس** Competition

أ ــ **التنافس المثبط المشترك** Mutual inhibition (ــ ــ) : يثبط كـــل من النوعين نشاط الآخر (تأثير سالب مشترك).

ب ــ **التنافس على استخدام المصدر المتاح** Resource use (+ −):

يستفيد أحد النوعين (الأقوى منافسة) بينما يتضرر الآخر (الأضعـــف منافسة)

٣ ــ **إضرار لا نفعى** Ammensalism (0 −) : لا يتأثر أحد النوعيـــن بينمـــا يتضرر الثانى.

obeikandl.com

٤ ــ **التطفل** Parasitism (− +) : وفيه يستفيد أحد النوعين وهو الطفيل (Parasite) بينما يتضرر الآخر وهو العائل (Host).

٥ ــ **الإفتراس** Predation (− +) : يستفيد أحد النوعين وهو المفترس (Predator) بينما يتضرر الآخر وهو الفريسة (Prey) وذلك عن طريق الهجوم المباشر من الأول على الثانى، ولكن لا يعتمد أحدهما على الآخر اعتماداً لازماً.

٦ ــ **المعايشة** Commensalism (0 +) : يستفيد أحد النوعين وهو المعايش (Commensal) بينما لا يتضرر الآخر وهو العائل (Host).

٧ ــ **التكافل الإختيارى** Protocooperation (+ +).: يستفيد كلا النوعين ولكن العلاقة بينهما غير إجبارية.

٨ ــ **التكافل الإجبارى** Mutualism (+ +).: يستفيد كلا النوعين والعلاقة بينهما إجبارية حيث لايستطيع أن يعيش أحدهما بمعزل عن الآخر.

ومن الممكن جمع هذه التفاعلات فى مجموعتين أولهما تضم مجموعة التفاعلات السالبة (Antagonism)، وهى التفاعلات التى ينتج عنها إضرار بنوع واحد على الأقل من كلا النوعين المتصاحبين، والثانية مجموعة التفاعلات الموجبة (Symbiosis) وهى التفاعلات التى ينتج عنها على الأقل إفادة لأحد النوعين وعدم الإضرار بالنوع الآخر.

التفاعلات السالبة

(١) التنافس (Competition) :

يغير أى نوع من الأنواع النباتية أثناء حياته وأثناء قيامه بالعمليات الحيوية المختلفة من الوسط المحيط به، وتظهر هذه التغيرات عن طريق إمتصاص الماء

obeikandl.com

والمواد المعدنية وتلقى الضوء وإفراز مركبات كيميائية مختلفة فى الوسط المحيط وترسب بقايا النبات على سطح التربة وفى داخلها، ويؤثر النبات بشكل غير مباشر من خلال هذه التغيرات التى يحدثها فى الوسط المحيط به على النباتات الأخرى، ويمكن عادة تمييز نوعين من التأثيرات غير المباشرة وهى:

أ) تأثير نبات على آخر من خلال التنافس على الماء والضوء والمواد المعدنية وغيرها.

ب) تأثير نبات على آخر من خلال إفراز مركبات كيميائية متعددة أو من خلال المواد الناتجة عن تحلل أجزاء النبات الميته وهو ما يسمى بالإفراز المثبط (Allelopathy).

يمتص النبات الماء والعناصر المعدنية وثانى أكسيد الكربون، كما يملك الخواص المتعددة التى تمكنه من إشباع احتياجاته من الضوء، وبهذه العمليات يقلل النبات من إمكانية تزويد النبات الذى يعيش معه فى مجتمع نباتى واحد بهذه العوامل الضرورية لنمائه وتكاثرة. وإذا كانت المصادر اللازمة لنمو النباتات لا تفى بإحتياجات جميع الأنواع التى تستوطن البيئة نفسها فإنه ينشأ بين هذه الأنواع تنافس على المتطلبات الضرورية من عوامل البيئة. **التنافس هو الوضع الذى ينشأ عندما تنمو النباتات فى موطن واحد يكون فيه عامل أو أكثر من العوامل الضرورية غير كاف لسد احتياجات جميع الأنواع**، أى أن التنافس يحدث عندما يجتمع أفراد من نوع أو أنواع كثيرة من النباتات تكون احتياجاتها من الضوء أو الماء أو المواد الغذائية أكثر مما يتوافر فى البيئة التى تعيش فيها هذه النباتات. فإذا توافر عامل من العوامل كالماء فى المستنقعات مثلاً، فإنه لا يحدث تنافس على ذلك العامل. ويعتبر التنافس صفة عامة لجميع المجتمعات النباتية، ولا وجود له فى المراحل الأولى من تشكل تلك المجتمعات عندما تكون النباتات لا تزال متباعدة، ويزداد بالتدرج مع زيادة عدد الأفراد وزيادة كثافة

obeikandl.com

المجتمع النباتى ويستمر التنافس قائماً بعد أن يصل الغطاء النباتى إلى حالة الإستقرار (Steady state).

يكون التنافس شديداً بين الأفراد التى تتشابه احتياجاتها والتى تستمد من المورد نفسه فى وقت واحد. ولا يحدث التنافس إلا على أسس متكافئة تقريباً، فلا تنافس بين عائل وطفيل يعيش عليه ولكن التنافس يحدث بين طفيلين أو أكثر على العائل نفسه، كما لا ينافس نبات شجرى سائد فى الغابة عشباً حولياً صغيراً ينمو فى مستوى الطبقة السفلى فى الغابة، بل يمكن اعتبار النبات العشبى مستفيداً من الوسط الذى يهيئه له النبات الشجرى، ذلك أن العشب من نباتات الظل لا يستطيع النمو ما لم يتوفر له الظل الذى يؤمنه له النبات الشجرى السائد. ولكن النبات العشبى يمكن أن ينافس بوادر الأشجار، ذلك أن البوادر تعيش إلى جانب العشب وتشاركه نفس المورد والضوء والمواد الغذائية المعدنية. والتنافس إما أن يكون بين أفراد النوع الواحد أو بين أفراد الأنواع المختلفة.

التنافس بين أفراد النوع الواحد: تتنافس أفراد النوع الواحد فيما بينها خاصة وأنها تتشابه فى احتياجاتها الغذائية والمائية ومتطلباتها من الضوء. يحدث التنافس عندما تكون كثافة أفراد النوع عالية وتكون الإختلافات بينها من حيث إرتفاع وامتداد الأوراق وتغلغل الجذور وانتشارها طفيفة فى مراحل النمو الأولى، ولكن الإختلاف فى هذه العوامل وفى القدرة على إنتاج البذور والثمار تزداد مع الوقت من جرّاء التنافس بينهما. ومقياس التنافس بين الأفراد التى تنمو معاً يمكن أن يكون على أساس عدد الأفراد التى تموت (Mortality)، أو على أساس القدرة على إنتاج الأفراد والحيوية (Natality and Vitality). وتبين التجارب المختلفة أنه كلما كان عدد الأفراد فى وحدة المساحة أكبر كلما ازدادت شدة التنافس وبالتالى ازداد عدد الأفراد التى تموت نتيجة لذلك. ففى تجربة على

القمح كان عدد الأفراد الميته من بداية التفرع وحتى الإزهار كما هو موضح فى جدول (٤) :

جدول (٤). تأثير زيادة الكثافة على موت أفراد النوع الواحد

الكثـــافة	عدد الأفراد الميتـــه
٨٥ كجم / هـ	%٩
١٣٠ كجم / هـ	%٢٥
١٧٠ كجم / هـ	%٥١

ولا تقتصر نتيجة التنافس على زيادة عدد الأفراد الميته وإنما على قـــوة نمـــو النبات وإنتاجه ومساحة الأوراق وعمق المجموع الجذرى وغيره، ففى تجربـــة أخرى على القمح أيضاً زرع فى المتر المربع الأول ٧ أفراد وفى الثـــانى ٦٩٤ فرداً فكانت النتيجة كالتالى (جدول ٥) :

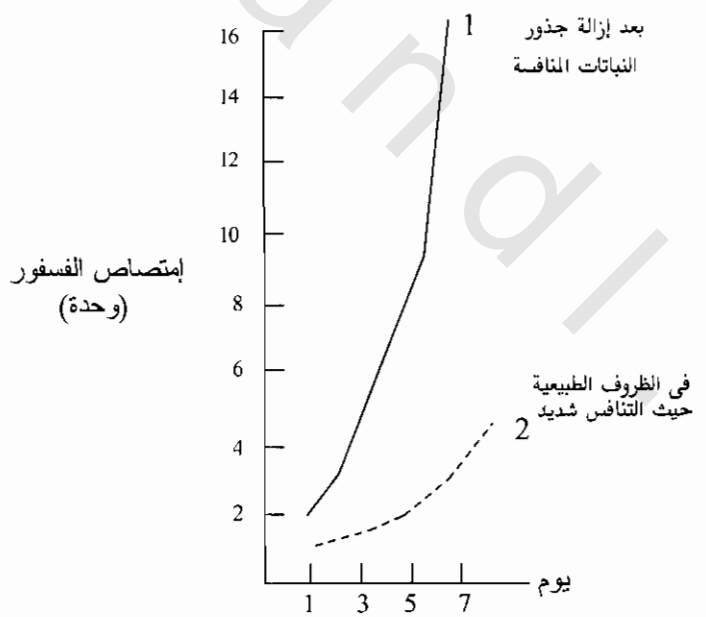
جدول (٥). تأثير التنافس على مساحة الأوراق ووزن المجموع الخضرى

عدد الأفراد فى المتر الواحد	متوسط عدد الأوراق للنبات الواحد	متوسط مساحة الأوراق للنبات الواحد	متوسط وزن المجموع الخضرى للنبات الواحد
٧	٢٩,٥	٢٦٦٠ سم٢	٤٧,٦ حم
٦٩٤	١,٢	٥٠ سم٢	١,١ جم

التنافس بين الأنواع المختلفة: يكون التنافس أشد بين الأنواع ذات طـــرز الحياة المتشابهه، كالنباتات النجيلية، أو الأشجار، منه بين الأنواع ذات الطـــرز غير المتشابهه، كما هو الحال بين نبات نجيلى وآخر من ذوات الفلقتين. فالتنافس يكون حاداً بين شجيرة وشجيرة أو بين شجرة وشجرة مما يؤدى إلـــى اختـــزال عدد وحجم الأفراد أو حتى اختفاء نوع أو أكثر من الأنواع. وصفـــات الجـــذر

والساق والأوراق هى التى تحدد عادة القدرة التنافسية، فكلما زاد الإختلاف بين الأنواع فى صفة أو أكثر من الصفات كلما انخفضت حدة التنافس، فمثلاً يقل التنافس كثيراً أو ينعدم بين نبات ذى مجموع جذرى وتدى عميق وآخر ذى مجموع جذرى سطحى، ولهذا السبب يمكن أن تنمو النباتات معاً دون أن يحدث بينهما تنافس شديد إلا فى طور البادرة.

وفى الدراسات العديدة التى تمت فى الغابات خاصة على التنافس الجذرى عن طريق تقطيع جذور النبات المنافس تبين أن الأشجار البالغة فى الغابات لا تظلل الأشجار الفتية فقط، وإنما أيضاً تنافسها على الماء والمواد الغذائية، هذا هو السبب فى نمو الأشجار الفتية نمواً بطيئاً. فمثلاً فى غابات التنوب (Picea) يكون التنافس حاداً بين الأنواع النباتيه من أجل المواد الغذائية وخاصة النيتروجين والفسفور كما هو موضح بالرسم التالى (شكل ٢٦) :



شكل (٢٦). تأثير التنافس على إمتصاص الفسفور فى نبات التنوب

ترتبط قدرة أى نوع من النباتات على المنافسة بخواصه الإحيائية، ومن الخواص التى تساعد نوعاً ما على النمو فى منطقة شدة التنافس فيها مرتفعة، كبر حجم البذور، فالبذور الكبيرة لها جنين كبير يعطى بادرة كبيرة ذات مجموع خضرى جيد النمو مما يساعد على تكوين كميات كبيرة من المواد الغذائية بفضل عملية البناء الضوئى. تحتوى البذور الكبيرة أيضاً على كميات كبيرة من المواد الغذائية تساعد على سرعة نمو النبات فى المراحل الأولى من عمره. وتشير دراسات جرايم (Grime 1973) نقلاً عن مجاهد وآخرون ١٩٨٧ إلى أن أهم الخواص التى تميز النباتات ذات القدرة التنافسية العالية:

أ ــ قامة عالية.

ب ــ صورة نمو تجعل النباتات أكثر قدرة على إستغلال البيئة فوق وتحت سطح التربة (غالباً ما تكون ريزومات كبيرة متشعبة أو نمو عشبى فى شكل كتلة ضخمة).

جـ ــ سرعة النمو.

د ــ قدرة كبيرة على ترسيب البقايا النباتية (litter) فوق سطح التربة.

(٢) الإفراز المثبط : (Allelopathy):

إن تأثير نبات على آخر عن طريق إفرازه لمواد كيميائية هو ما يعرف باسم اليلوباثى (Allelopathy) ويمكن تعريفه بأنه تأثير نبات على نبات آخر ينموان معاً فى نفس المجتمع النباتى من خلال تغيير الوسط نتيجة إفراز مواد مختلفة فى هذا الوسط ناتجة عن نشاط النبات التمثيلى. وقد عرَّفه مولش بأنه التأثيرات الضارة والنافعة المتبادلة بين النباتات بما فيها الكائنات الدقيقة والناتجة عن إفراز النباتات لمواد كيميائية. بعض الباحثين الآخرين (طبقاً لما ورد فى مجاهد وأخرون ١٩٨٧) إستعملوا هذا المصطلح للدلالة على التأثيرات الضارة التى يلحقها نبات راق بنبات راق آخر نتيجة لإفراز مواد كيميائية مثبطة للنمو

obeikandl.com

فى الوسط المحيط، بينما عرفه رايس بأنه الأثر الضار الذى يلحقه نبات بنبات آخر (بما فيها الكائنات الدقيقة) عن طريق إفرازه لمواد كيميائية فى الوسط المحيط. قد تفرز المواد الكيميائية من المجموع الجذرى أو الخضرى أو من كليهما كما قد تفرزها البذور والثمار، وتكون هذه الإفرازات فى صورة سائلة أو صلبة أو غازية. ومعظم المواد الكيميائية المفرزة هى مركبات فينولية (Phenolic compounds) وألدهيدات (Aldehydes) وكومارينات (Coumarins) وجلوكوسيدات (Glucosides) وتربينات (Terpenes).

ويتوقف تأثير الإفرازات النباتية الغازية والسائلة والصلبة على تركيبها الكيميائى وعلى تركيزها فى الوسط المحيط، كما يتوقف تأثيرها أيضاً على عوامل الوسط المحيط. ومن أمثلة ذلك تأثير شجرة الكافور (*Eucalyptus* sp.) على الغطاء النباتى العشبى الذى يعيش تحتها، فقد بينت إحدى الدراسات فى جنوب كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية وفى منطقة حوض البحر المتوسط، أن نمو الأعشاب يضعف كثيراً عندما تنمو تحت أشجار الكافور وعلى مسافة قليلة منها، ويعود ذلك حسب آراء هؤلاء الباحثين إلى وجود مركبات فينولية تفرزها أوراق الكافور وتصل إلى التربة عن طريق غسل الأمطار للأوراق أو مع الأوراق الساقطة. وقد وجد أن تأثير أشجار الكافور على النباتات العشبية يختلف بإختلاف التربة التى ينمو فيها الكافور، فإذا كان الكافور ينمو فى تربة رملية فإن تأثير إفرازاته يكون ضعيفاً، وربما يعود هذا إلى التحلل السريع للمركبات الفينولية بواسطة الكائنات الدقيقة فى التربة الرملية جيدة التهوية أو إلى غسلها. وتستطيع بذور بعض النباتات عند إنباتها أن تفرز مركبات كيميائية تعوق أو توقف أحياناً إنبات بذور الأنواع الأخرى. كما أن للإفرازات الجذرية لبعض النباتات تأثيرات على النباتات الأخرى التى تنمو معها فى نفس المجتمع النباتى.

obeikandl.com

(٣) التطفل (Parasitism):

فى هذه الحالة يستفيد الطفيل من العائل بما يمتصه من مواد غذائية وهو بهذا يلحق الضرر بالعائل، ومثال ذلك تطفل نبات الحامول (*Cuscuta* sp.) على سوق بعض النباتات مثل البرسيم، وتطفل نبات الهالوك (*Orobanche* sp.) على جذور نباتات أخرى مثل الفول. وهذه النباتات المتطفلة خالية من اليخضور وتسبب ضرراً بالغاً بالعائل وقد تقضى على المحصول تماماً فى كثير من الأحيان. توجد بعض النباتات نصف ــ متطفلة (semi-parasitic) مثل نبات إيوفرازيا (*Euphrasia* : Scrophulariaceae) وهو نبات يحتوى على اليخضور وبذا يستطيع أن يبنى المواد الكربوهيدراتيه بنفسه، ولكنه يحصل على ما يلزمه من ماء وأملاح عن طريق الممصات التى يرسلها إلى العائل. وهذا النوع من التطفل أقل ضرراً من التطفل الكامل. ويوجد أيضاً تطفل الكائنات الدقيقة على النباتات مسببة لها أضراراً بالغة قد تودى بحياة النباتات العائلة إذا كانت فى حالة لا تسمح لها بمقاومة تلك الطفيليات مما يؤدى إلى حدوث تغيير فى تكوين الغطاء النباتى أو زواله على الإطلاق. (مثل فطر صدأ القمح الذى يصيب نبات القمح).

ومن أمثلة تطفل الحيوان على النبات تطفل الديدان الإسطوانية أو الثعبانية (النيماتودات) التى تسبب أمراض تعقد الجذور فى نبات الحبوب، وكذلك تطفل الحشرات والمفصليات الأخرى من يرقات وديدان وأنواع المن والعناكب والخنافس التى تصيب النباتات بأمراض متنوعة قد تقضى عليها.

(٤) الإفتراس (Predation) :

الإفتراس هى عملية إلتهام كل أو جزء من الفريسة الحية (Prey) عن طريق الهجوم المباشر عليها بواسطة المفترس (Predator). وإذا أطلقنا هذا التعريف فإنه لاشك يشمل تغذية الحيوانات آكلة الأعشاب على النباتات فيصدق

عليها أنها مهاجمة كائن حى لكائن آخر واستخدامه لغذائه، إلا أن العرف خصص اصطلاح الإفتراس عندما تكون الفريسة حيواناً حياً. وتعتمد حدة الإفتراس على نوع العلاقة القائمة بين الفريسة والمفترس والتى يطلق عليها اصطلاح استجابات الفريسة للمفترس. وهناك ثلاثة أشكال من هذه الإستجابات هى:

١ ــ الإستجابات العددية : حيث تزداد كثافة المفترس (مثل البوم Snowy owls) مع زيادة كثافة الفريسة (مثل اللاموس Lemmings).

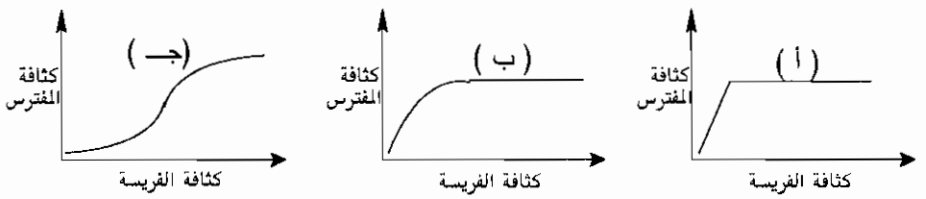
٢ ــ الإستجابات العمرية : تعتمد العلاقة الإفتراسية بين الحيوانات بشكل كبير على أعمارها، فعلى سبيل المثال تعتبر الفريسة الصغيرة أفضل من الكبيرة بالنسبة للحيوان المفترس.

٣ ــ الإستجابات الوظيفية : للتغير فى كثافة الفريسة تأثير مباشر على حياة المفترس وسرعته على الإفتراس. وقد بينت الدراسات السابقة وجود ثلاث طرز من العلاقات بين كثافة الفريسة وكثافة المفترس وهى (شكل ٢٧):

أ ــ علاقة طردية بين عدد الحيوانات القابلة للإفتراس والحيوانات المفترسة حتى تصل العلاقة إلى نقطة تصبح الزيادة فى عدد الحيوانات القابلة للإفتراس لا تغير من عدد الحيوانات المفترسة (مثال ذلك الحيوانات المائية التى تتغذى على الكائنات الدقيقة بعملية الترشيح).

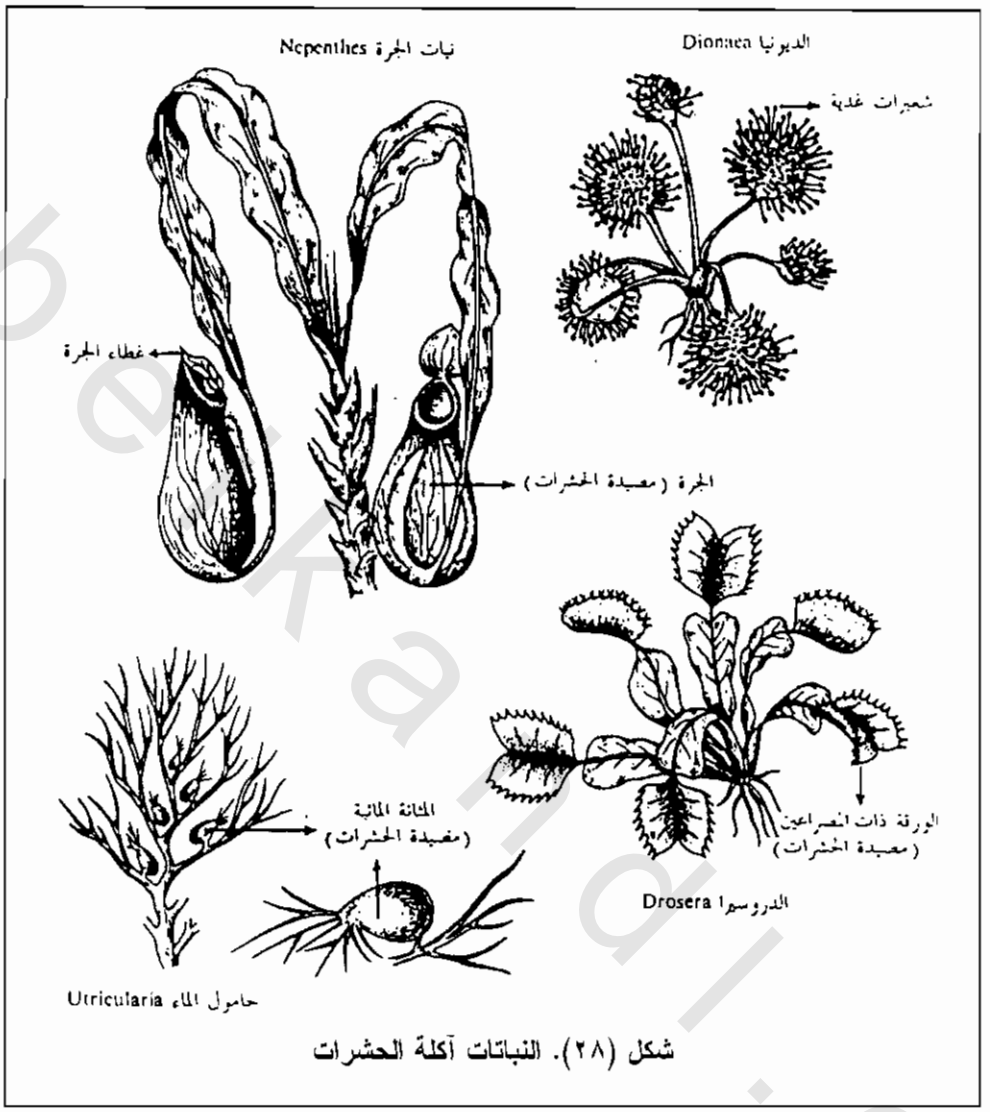
ب ــ يبدأ هذا الطراز بزيادة سريعة فى عدد الحيوانات المفترسة مع ازدياد عدد الحيوانات القابلة للإفتراس، وهذه الزيادة الأولى يتبعها انخفاض تدريجى حتى تصل إلى مستوى ثابت مثال ذلك حشرة فرس النبى المفترسة (Praying mantis).

جـ ــ يتميز هذا الطراز بالتغيرات التالية فى سرعة عملية افتراس: بطيئة، سريعة، بطيئة، ثابتة، (علاقة سيجموديةS).



شكل (٢٧). استجابات الفريسة للمفترس

ولا تقتصر علاقة الافتراس على علاقة الحيوانات ببعضها البعض، ولكن على علاقة النباتات بالحشرات ومن أمثلة ذلك النباتات آكلة الحشرات (Insectivorous)، وهى من النباتات الزهرية التى تتحول أوراقها إلى أعضاء ذات أشكال خاصة تناسب اصطياد الحشرات وهضمها وامتصاص نواتج الهضم الذائبة. ومن هذه النباتات نبات القدر أو الجرة (*Nepenthis*) الذى يتحور فيه جزء من الورقة إلى مايشبه الجرة ذات الغطاء وتكسو جدرانها الداخلية زوائد شعرية تتجه إلى أسفل الجرة، وتمتلئ الجرة عادة بماء المطر وعند سقوط حشرة فيها فإن الزوائد الشعرية تمنعها من الخروج وتفرز الورقة عليها إنزيمات هاضمة تقوم بهضم مكونات جسم الحشرة فتمتصها الورقة. ومن أنواع النباتات آكلة الحشرات الأخرى الدروسيرا (*Drosera* sp.) والديونيا (*Dionaea* sp.) وحامول الماء (*Urticularia* sp.) وغيرها (شكل ٢٨).



شكل (٢٨). النباتات آكلة الحشرات

يلعب الافتراس دوراً هاماً فى المحافظة على توازن النظام البيئى وذلك بالتخلص من الأفراد الضعيفة داخل النواع الواحد، أما الأفراد القوية فهى تقاوم الإفتراس، وبذلك يساعد الإفتراس على تحسين النوع ويؤدى فى نفس الوقت إلى تقليل العدد والتخلص من الإزدحام مما يقلل من العبء الزائد على مصادر الوسط الذى تعيش فيه.

ومن الأمثلة التى توضح بجلاء دور عملية الإفتراس فى المحافظة على التوازن البيئى نذكر حيوان الأيل الكبير (Moose) الذى يعيش فى الجزيرة الملكية الواقعة فى البحيرة العظمى فى ولاية أونتاريو بكندا (مساحتها ٢١٠ كم٢). كانت مجموعة الأيائل تتعرض لتذبذب كبير فى عدد أفرادها يتراوح بين ١٠٠٠ ــ ٣٠٠٠ فرد بسبب عدم وجود كائن مفترس ينظم عددها بما يتلائم مع مصادر الوسط المتاحة. وقد مرت مجموعة الأيائل بدورات متتابعة من التضخم العددى الذى يؤدى إلى حدوث رعى جائر ومن ثم نقص حاد فى الإنتاجية النباتية مما يؤدى بدوره إلى موت عدد كبير من الحيوانات، يلى ذلك عودة الكساء الخضرى للنمو وزيادة الإنتاجية النباتية مرة أخرى ومن ثم زيادة عدد الأيائل، وهكذا فى تتابع مرتبط بتذبذب حاد فى عدد الأيائل والإنتاجية النباتية. وفى عام ١٩٤٩ دخل إلى الجزيرة قطيع من الذئاب انتهز فرصة تجمد المياه فى البحيرة وعبرها إلى الجزيرة، ومنذ ذلك الحين أدت عملية إفتراس الذئاب للأيائل إلى ضبط التذبذب الحاد فى مجموعة الأيائل وثبات عدد القطيع ما بين ٦٠٠ إلى ٩٠٠ فرد وهو العدد الذى يمكن لمصادر الغذاء فى الوسط تحمله دون حدوث نقص حاد فى الموارد. وقد ثبت عدد الذئاب عند ٢٠ إلى ٢٥ فرد فقط وهو العدد الكافى لضبط تعداد مجموعة الأيائل. ومن جهة أخرى كان قطيع الأيائل يحتوى على الأفراد القوية، حيث أن ٩٤% من الأفراد التى افترستها الذئاب كانت إما أفراداً حديثة الولادة أو مريضة أو مسنة.

وتحت الظروف الطبيعية يندر أن يؤدى الإفتراس إلى انقراض نوع من الفرائس، وإنما يكون هناك توازن بين عدد المفترس وعدد الفريسة. ومع ذلك يمكن أن يحدث الإنقراض تحت تأثير عوامل أخرى كما هو الحال فى تدخل الإنسان لوقاية الزراعة من أضرار أنواع معينة من الكائنات الدقيقة أو الحشرات

أو القوارض. وذلك بتربية أعداد وفيرة من أعدائها الطبيعية وإدخالها إلى الوسط، أو إدخال عدو جديد لم يكن موجوداً من قبل فتفترسها وتحد من أعدادها وقد تؤدى إلى انقراضها. وتعرف هذه الطريقة **بطريقة المقاومة البيولوجية للآفات**، ومن آثارها الجانبية أن عدد أفراد النوع المفترس قد يزداد زيادة كبيرة تحوله إلى آفة أخرى تحتاج بدورها إلى المقاومة.

(٥) الاستغلال (Exploitation):

ترتبط علاقة الإستغلال بالغذاء أو بالمأوى. والحالة الأولى يندرج تحتها علاقات التطفل والإفتراس. أما الحالة الثانية فقد لوحظ أن بعض أنواع النمل تستعمل نوعاً آخر من النمل كعامل مستعبد عندها فتستغله فى جمع غذائها وبناء أعشاشها، كما أن بعض أنواع الطيور مثل الوقواق (Cuckoo) وطير البقر (Cow birds) لا تبنى بنفسها الأعشاش التى تضع فيها الإناث البيض، وإنما تقوم بهذه المهمة أنواع أخرى من الطيور الصغيرة.

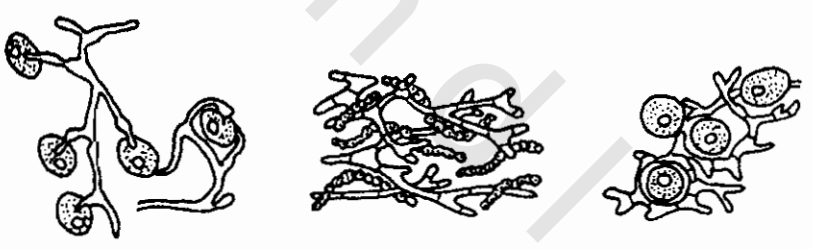
التفاعلات الموجبة

(١) التكافل الإجبارى (Mutualism) :

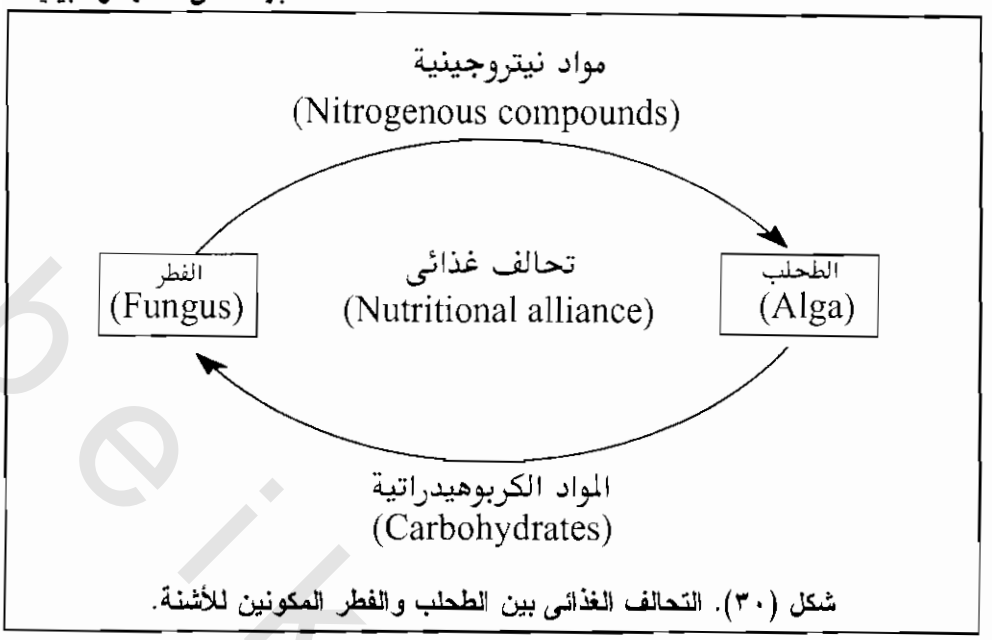
أ ــ **الأشن (Lichens)**. يتحد الفطر فى هذه الحالة (غالباً من الفطريات الزقية ونادراً من الفطريات البازيدية) مع طحلب أخضر مزرق مكونين بذلك جسماً لكائن واحد يسمى بالأشن، أى أن الأشن يتكون من نوعين مختلفين تماماً من الكائنات الدقيقة ينتمى كل منهما لمجموعة غير تلك التى ينتمى إليها الآخر (شكل ٢٩). وفى مثل هذه الحالة يمد الطحلب الفطر بالمواد الكربوهيدراتية، بينما يمد الفطر الطحلب بالمواد الغذائية الأخرى وأهمها المواد البروتينية (شكل

٣٠). وقد تكون الأشن مستقلة فى تغذيتها تماماً، وقد تكون متطفلة على غيرها من النباتات التى تلتصق على سيقانها فيرسل الفطر فى هذه الحالة الممصات إلى أنسجة العائل ليمتص منها المواد الغذائية.

ب ــ علاقة الكائنات الدقيقة بالنباتات الزهرية. يمكن النظر إلى علاقة الكائنات الدقيقة فى التربة بالنباتات الزهرية على أنها إحدى صور التكافل الإجبارى بين الكائنات الحية، وفيها تستفيد الكائنات الدقيقة من الإفرازات التى تفرزها جذور النباتات الزهرية فى التربة، كما تستفيد النباتات الزهرية من العناصر الغذائية التى تقوم بتوفيرها هذه الكائنات أثناء تحليلها المواد العضوية المعقدة التى توجد فى المواد الدبالية بالتربة. ويستدل على هذا التكافل اللصيق بوجود أعداد هائلة من هذه الكائنات الدقيقة فى التربة المجاورة للجذور النشطة (Rhizosphere) إذا ما قورن هذا العدد بمثيله فى التربة البعيدة عن هذه الجذور.

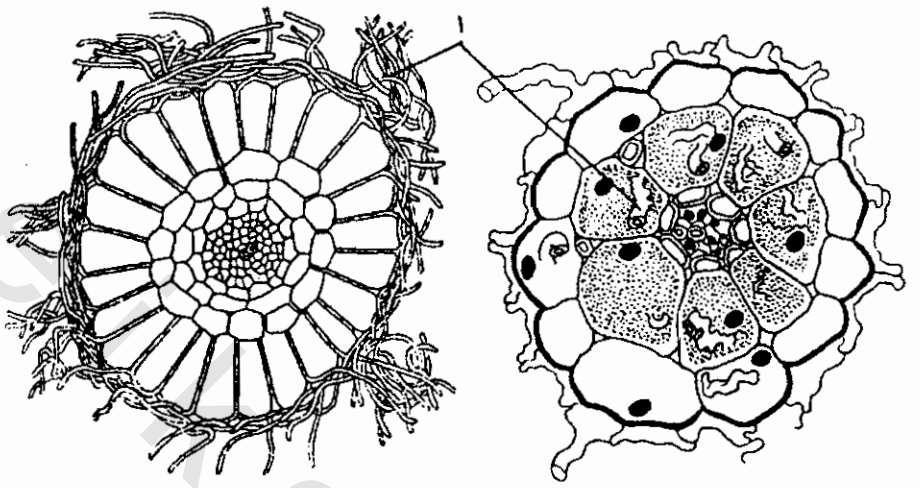


شكل (٢٩). الأشنات ــ أشكال مختلفة من الترابط بين الفطريات والطحالب: أ ــ احتضان الفطريات للطحالب، ب ــ التفاف الفطريات حول الطحالب، جـ ــ اختراق الفطريات للطحالب.



شكل (٣٠). التحالف الغذائى بين الطحلب والفطر المكونين للأشنة.

جـ ــ الفطور ــ الجذرية (Mycorrhiza). مثل آخر للحياة التكافلية يظهر فى علاقة جذور بعض النباتات بالفطريات وهى علاقة تميز العديد من النباتات الوعائية والحزازيات التى ترتبط تغذيتها بتغذية بعض أنواع الفطريات الراقية، وهذه الظاهرة تسمى التغذية الفطرية (Mycotrophy). وفى هذا النوع من التكافل تتحد خيوط الفطر مع الأجزاء الأرضية من النباتات وخاصة الجذور لتكون تركيباً يسمى الفطور الجذرية (Mycorrhiza) ومثل هذا التركيب الثنائى يشابه إلى حد ما الأشن (شكل ٣١). وغالباً ما يكون الفطر بازيدى أو طحلبى. وفى نبات الصنوبر ترجع أهمية الفطر فى كونه يمد الصنوبر بالماء والمواد الغذائية وربما ببعض المواد المعقدة، كما يستفيد الفطر من نبات الصنوبر بأن يحصل منه على المواد الغذائية وبعض الهرمونات والمواد الكربوهيدراتية. والجدير بالذكر أن لهذه الظاهرة (أى ظاهرة التغذية الفطرية) أهمية كبرى فى بقاء نبات الصنوبر ونموه وازدهاره. وإذا ما تغيبت الفطر اللازمة لتكوين الميكوريزيا من منطقة ما كان ذلك كفيلاً بمنع الصنوبر من التواجد الفعال، وإن كانت بذوره تستطيع الإنبات فى غياب الفطر.

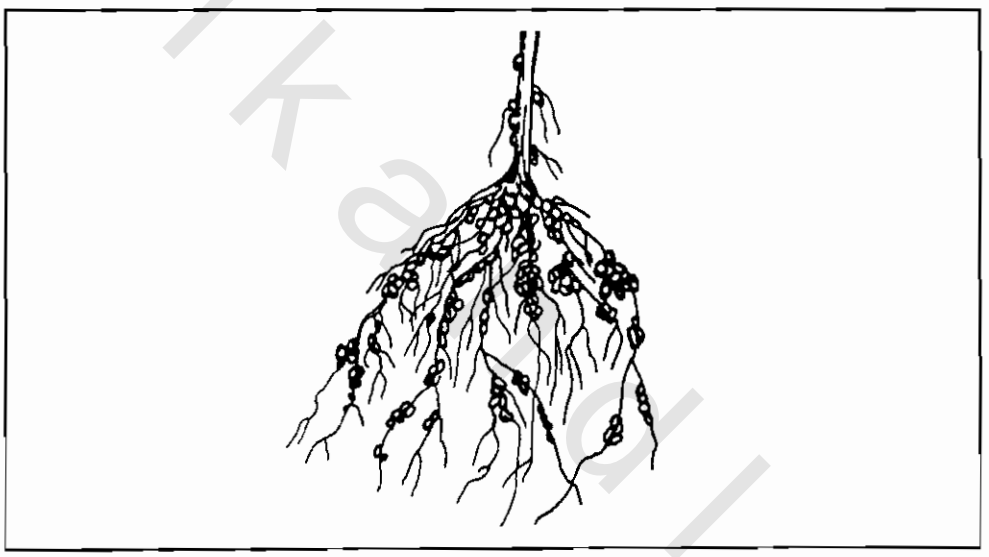


فطور جذرية داخلية　　فطور جذرية خارجية

شكل (٣١). الفطور الجذرية الداخلية والخارجية.

فى نباتات الأوركيدات (Orchids) نجد أن البذور صغيرة جداً وذات أجنة فى غاية الدقة مع قليل من المواد الدهنية، وهى لا تستطيع أن تنبت إلا فى وجود الخيوط الفطرية لجنس ريزوكتونيا (*Rhizoctonia*) الذى يدخل فى تكوين الفطور الجذرية الخاصة بهذه النباتات، ولكن وجد أيضاً أن هذه البذور تستطيع أن تنبت دون حاجة إلى وجود هذا الفطر إذا ما أمدت بالمواد السكرية ونظمت درجة حامضيتها. ومن ثم فإن البعض يعتقدون أن أهمية الفطر تنحصر فى كونه قادر على تحويل المواد الكربوهيدراتية إلى مواد سكرية. كما أنه يقوم بتنظيم درجة الحموضة لتكون فى حدود خمسة فأقل، وهو بهذا يساعد على وجود ظروف مناسبة لإنبات ونمو البذور. ولكن يظن بعض الباحثين أن أهمية الفطر للأوركيدات تنحصر فى مدها بالفيتامينات التى يستطيع هذا الفطر تصنيعها.

د ــ العقد البكتيرية الجذرية (Bacterial nodules). أما فى حالة العقد البكتيرية فتتكون بدخول البكتريا من جنس ريزوبيم (*Rhizobium*) أنسجة الجذور الخارجية للنباتات والتى غالباً ما تنتمى للبقوليات عن طريق الشعيرات الجذرية. وتكون البكتريا فى بداية تكوين العقد متطفلة تماماً على النبات العائل. وعندما يكتمل نمو العقدة فإن البكتريا تقوم بتثبيت النيتروجين الجوى (شكل ٣٢)، مما يؤدى إلى زيادة خصوبة التربة وبالتالى يزداد الإنتاج النباتى. وفى حالة التربة الفقيرة بالمواد النيتروجينية يتسبب غياب بكتريا العقد الجذرية فى فشل نمو النبات العائل.

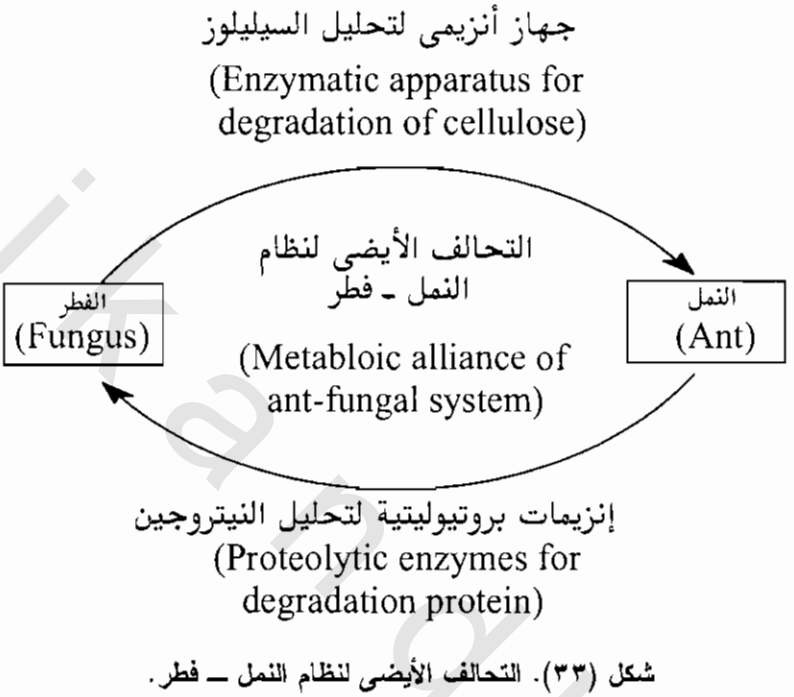


شكل (٣٢). العقد الجذرية فى نبات من الفصيلة القرنية

هـ ــ نظام النمل ــ فطر (Ant-fungal system). لوحظ أن أعشاش بعض أنوع النمل الإستوائية تحتوى على نمو فطرى مكثف بسبب عملية الإخراج التى تخصب الأوراق والبقايا النباتية التى جمعها النمل، مما يؤدى بالتالى إلى إزدهار نمو الفطر داخل الأعشاش والذى يقوم بدورة بالإسراع فى عملية التحلل الطبيعى لهذه البقايا. ومن الناحية البيوكيميائية يشارك الفطر عن

obeikandl.com

طريق إنزيماته فى تحليل السليلوز، بينما تحتوى بقايا الإخراج البرازى للنمـــل على بعض الإنزيمات البروتيولوتية، والتى لا توجد فى الفطر ويحتاجها، وهـــى هامة لعملية تحليل البروتينات. ويعتبر هذا النوع من التكامل بين النمل والفطـــر تحالفاً أيضياً مؤداه تكامل أيض الكربون والنيتروجين لكلا الكائنين (شكل ٣٣).



شكل (٣٣). التحالف الأيضى لنظام النمل ــ فطر.

(٢) التكافل الإختيارى (Protocooperation):

مثال ذلك شقائق النعمان (Sea anemone) التى تعيش علـــى دروع بعـــض أنواع الكابوريا (*Eupagurus prideauxi*) التى تحملها إلى أماكن غذائية جديـــدة، وفى هذه الحالة تحمى شقائق النعمان الكابوريا من الأعداء عن طريـــق الوخـــزات اللاسعة التى تصيب بها الكائن الذى يريد إفتراس الكابوريا. مثل هـــذه العلاقـــة ليست إجبارية، ويمكن لكلا الكائنين أن يعيشا بعيداً عن بعضهما.

(٣) المعايشة (Commensalism) :

أ ــ **النباتات العالقة (Epiphytes)** . تتخذ النباتات العالقة من فروع الأشجار والشجيرات وسط نمو تنبت فيه بذورها وتنمو فيه كما تستخدمها دعامة تتعلق عليها. تختلف النباتات العالقة عن الطفيليات فى كونها لا تستمد من عوائلها المواد الغذائية أو الماء، كما تختلف عن المتسلقات فى كونها لا تتصل إطلاقاً بالأرض طوال فترة حياتها وتعتمد هذه النباتات العالقة على مياة المطر والندى فى حياتها. وإذا لم يتوفر الماء فإن عليها أن تقاوم الجفاف أو تفنى من العطش. المواد الغذائية لهذه النباتات هى المواد الذائبة فى ماء المطر ومصدرها الجو، وكذا ما تذيبه هذه المياه من أنسجة القلف المتحللة وبعض الجسيمات الصغيرة التى تحملها الرياح فتجمعها هذه النباتات من حولها. وتوجد النباتات العالقة على سيقان أو أفرع أو حتى أوراق النباتات الحاملة (Phorophytes).

تكون النباتات العالقة فى المناطق الجافة الباردة قليلة ومعظمها من الطحالب والأشن والحزازيات، أما فى المناطق الرطبة الحارة فإن عددها يزداد كثيراً، ولذا فإن الغابات الإستوائية غنية جداً بالنباتات العالقة التى تتدرج من نباتات محبة للرطوبة وقلة الضوء (Sciophytic hygrophytes) تتواجد على الأجزاء السفلى من الأشجار، إلى نباتات جفافية محبة للضوء (Heliophytic xerophytes) تستطيع مقاومة الجفاف ويلزمها الضوء لتنمو طبيعياً. توجد هذه النباتات العالقة ومن بينها بعض أنواع الصبار فى أعلى الأشجار حيث الضوء الشديد والجفاف المتكرر. قد تنشر النباتات العالقة جذورها فوق الدعامة لتجمع أكبر قدر من الماء والمواد الغذائية، وقد تقوم السيقان والأوراق أيضاً بعملية امتصاص الماء والمواد الغذائية الذائبة. وفى النباتات العالقة المتخصصة كما فى نبات الديسكيديا (Dischidia : Asclepiadaceae) نجد أن الأوراق تتحول إلى ما يشبه الجرة التى تجمع الماء والمواد الغذائية الذائبة وتمتد إليها الجذور لتمتصها.

وهناك من الكائنات الدقيقة ما يعلق على أنسجة وتجاويف الحيوانات دون أن تسبب أضراراً مثل الميكروبات التى توجد داخل أمعاء الحيوانات.

ب ــ النباتات نصف ــ العالقة (Hemi-epiphytes). هى نباتات تحتل مكاناً وسطاً بين النباتات العالقة (Epiphytes) والنباتات المتسلقة (Lianas)، وتبدأ حياتها إما على شكل نباتات متسلقة أو على شكل نباتات عالقة، فمثلاً بعض أنواع الفصيلة القلقاسية (Araceae) تنمو فى البداية على شكل نباتات متسلقة عادية ولكن بعد فترة من نموهما يموت الجزء السفلى من الساق وتنقطع الصلة بين النبات والتربة ويتحول النبات من نبات متسلق إلى نبات عالق. تشكل بعض النباتات العالقة التى تنمو على الأشجار جذوراً عرضية هوائية تمتد لتصل إلى التربة وتبدأ بامتصاص الماء والأملاح المعدنية مثل نبات التين البنغالى (*Ficus benegalensis*). ومن هذه النباتات ما يعرف بالأشجار الخانقة (Stranglers)، يبدأ هذا النبات (مثل شجرة التين البرازيلى الخناق) حياته كبذرة تنبت وتعطى بادرة متسلقة على جذوع أشجار الغابة أو فروعها لها أوراق تنمو إلى أعلى نحو ضوء الشمس ونوعان من الجذور : جذور تنمو حول فرع الشجرة أو جذعها وجذور تتدلى نحو أرض الغابة. ويمتص النوع الأول من الجذور الماء والغذاء مما يتجمع فى شقوق قلف الشجرة، ولا يعنى ذلك تطفلاً على الشجرة، حتى إذا ما وصل النوع الثانى من الجذور إلى أرض الغابة ووجد له مكاناً فى تربتها، إزداد نمو النبات بسرعة وبدأت الجذور تغلظ وتقوى وتزداد تفرعاتها والتفافها حول الشجرة الداعمة حتى تغطيها بشبكة متماسكة قوية، مما يؤدى إلى توقف نمو الشجرة الداعمة، والإعتصار المتزايد لجذعها الناجم عن استمرار نمو وتغلظ شبكة الجذور الهوائية الملتفة حولها، وفى النهاية تموت الشجرة الداعمة خنقاً بينما تستمر جذور التين الخناق فى النمو والتغلظ حتى تخفى جذع الشجرة الداعمة. تنمو من الجذور ساندات جانبية تمكن التين من الإعتماد على نفسه، فيصبح نباتاً مستقلاً قائماً بذاته. تصل بعض هذه النباتات

الخناقة إلى أحجام ضخمة تنافس فى الطول وضخامة الجذع أشجار الغابة. مثل هذه العلاقة لايمكن اعتبارها، خاصة فى مراحلها الأخيرة، إحدى صور التعايش الإيجابى بين النباتات وإنما تمثل إحدى صور التفاعلات السالبة بين الكائنات الحية.

جـ ـ النباتات المتسلقة (Lianas) . النباتات المتسلقة عبارة عن نباتات ضعيفة السيقان تحتاج إلى دعامات لكى تنمو إلى أعلى، وتنبت بذور النباتات المتسلقة فى التربة وتنمو سوقها بعد ذلك بسرعة دون أن تتشكل فيها أنسجة دعامية كثيرة، وترتفع إلى أعلى لتصل إلى المكان المناسب لها من حيث شدة الإضاءة. تتسلق هذه النباتات دعاماتها من النباتات المختلفة بواسطة :

- الأشواك أو المحاجم (Suction discs). كما فى نبات كالامس (*Calamus*) الذى يصل طوله من ٢٠٠ إلى ٢٤٠ متراً.
- الجذور العرضية (Adventitious roots). حيث تنمو على الساق وتدخل فى شقوق قشرة الأشجار مثل نبات الفانيلا (*Vanilla*).
- التفاف سيقان النباتات المتسلقة حول جذوع الأشجار.
- المحاليق (Tendrils). وهى عبارة عن أعضاء خاصة متحورة تمكن النباتات المتسلقة من تثبيت نفسها بجذوع وأفرع الأشجار.

تمكن هذه الوسائل النباتات المتسلقة من الوصول إلى مستوى تيجان الأشجار حيث الإضاءة مرتفعة، ولكنها تستطيع فى أطوار نموها الأولى تحمل الإضاءة المنخفضة فى مستوى الطبقات السفلى. وعندما تصل النباتات المتسلقة إلى مستوى تيجان الأشجار حيث الإضاءة المرتفعة، فإنها تشكل تاجاً كثيف الأوراق لدرجة قد تصبح معها عبئاً ثقيلاً على النباتات التى تسندها. تكثر النباتات المتسلقة فى الغابات المدارية وخاصة المناطق المفتوحة من الغابة وعند حوافها كما تشكل عند حواف الأنهار أيكة (Thicket) يصعب اختراقها. وكثيراً

obeikandl.com

ما يصل طول النباتات المتسلقة فى الغابات المدارية إلى ٧٠ متراً أو أكثر ويمكن مشاهدتها كالحبال المتشابكة التى تربط أشجار الغابات بعضها ببعض.

علاقة الحيوانات بالنباتات

أ- عملية الرعى (Grazing process)

يتأثر الكساء الخضرى فى مظهره وتكوينه طبقاً لما يتعرض له من استغلال من قبل حيوانات الرعى. ويواجه الدراسون والقائمون على استغلال مناطق الرعى الكثير من المشاكل البيئية وخاصة عندما يحاولون الحفاظ على النظام البيئى فى حالة توازن حتى يستمر فى الإنتاج بكفاءة. ومن الصعوبات التى تؤثر على هذا التوازن وتعمل على تغيير نوعية الغطاء النباتى نتيجة لرعى الحيوانات وجود اختلاف كبير فى مدى استساغة الحيوانات للنباتات المختلفة، فبعض النباتات تحبها الحيوانات والبعض الآخر لا تكاد تقترب منه، وبين هذا وذلك تدرج واضح فى مدى استساغة الحيوانات الرعوية للنباتات. وإذا ما تركت الحيوانات ترعى بدون إدارة جيدة للمرعى فسرعان ما يتعرض الكساء الخضرى لتغيير شامل فيما يحتويه من أنواع نباتيه نظراً لفناء بعضها وسيادة البعض الآخر الذى لا يرعى. وبزوال النباتات الصالحة للرعى تعطى النباتات التى لا ترعى الفرصة للنمو والإزدهار حيث يخلو الوسط من النباتات التى تنافسها. ويضر الرعى الجائر بالنباتات نتيجة الإزالة المستمرة للأجزاء الخضرية التى تقوم بالبناء الضوئى إما عن طريق أكلها أو لكونها حساسة للوطء الواقع عليها من قبل الحيوانات. ويساهم الجفاف مع الرعى فى مضاعفة الضرر أذ يكون من الصعوبة بمكان أن تنتج هذا النباتات أية محصول عندما تتعرض لعاملى الرعى الجائر المستمر والجفاف، ولكن قد يكون الرعى فى حد ذاته (على ألا يكون جائراً) عاملاً مساعداً على الأقلال من فقد الماء نتيجة للنتح بسبب فقد النباتات بعضاً من أجزاءها الخضرية مما يعطيها الفرصة لأن تقلل

من احتياجاتها المائية وبالتالى زيادة قدرتها على تخطى فصول الجفاف دون أن تتعرض لأذى.

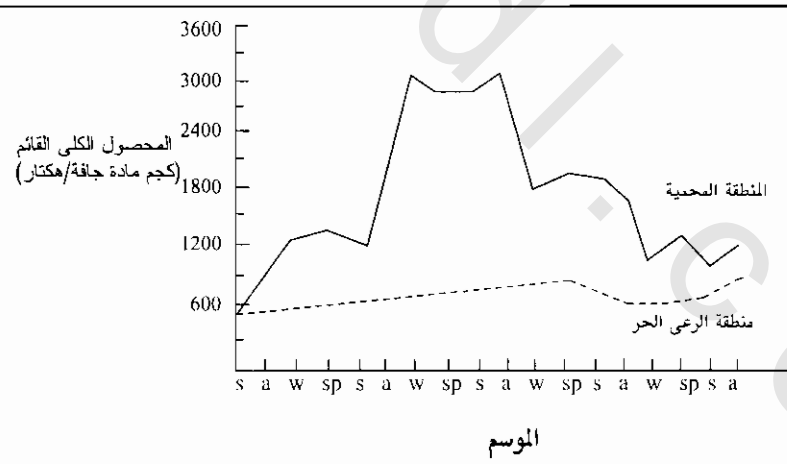
يختلف تأثير الرعى على طبيعة الكساء الخضرى بإختلاف صورة نمو الأنواع النباتية التى يتكون منها. فالحوليات عندما ترعى رعياً غير منظم تختفى بسرعة إذ تحت هذه الظروف قد لا تأخذ النباتات الفرصة لأن تكمل دورة حياتها وبالتالى تتناقص بذورها تدريجياً حتى تصبح معدومة تماماً فى المنطقة المرعية. ومن بين العشبيات نجد أن الأنواع النجيلية تقاوم الرعى أكثر من الأنواع العشبية غير النجيلية، ويرجع هذا إلى أن البراعم التجديدية للنجيليات توجد على الريزومات المدفونة فى التربة ولذا لا تتأثر كثيراً بالرعى بل قد يساعد الرعى الرشيد على نمو هذه النجيليات. والرعى لا يضر النباتات المعمرة إذا كان منظماً، أى إذا سمح للنباتات بعد رعيها أن تستعيد بناء ما فقدته من أجزاء خضرية، أما إذا توالت عمليات الرعى دون أن تتمكن النباتات من إستعادة أجزاءها الخضرية أدى ذلك إلى استهلاك ما كان مخزوناً من مواد غذائية فى أجزائها الأرضية، وبمرور الوقت ومع استمرار هذا الفقد تصبح النباتات فى حالة لا تستطيع معها متابعة الحياة الطبيعية وقد تفنى تماماً.

يتأثر المظهر العام لمنطقة ما نتيجه لإختلاف مدى الدرجة التى ترعى بها نباتاتها، فالرعى فى المناطق الشجرية غالباً ما يسبب زيادة فى عدد وحجم الشجيرات، وذلك نتيجة لإزالة الأعشاب التى تنافس هذه الشجيرات على الموارد الغذائية بما فى ذلك الماء. أما الرعى فى المناطق العشبية فيتسبب عنه ضعف عام فى الغطاء النباتى، وتسود عندئذ الأنواع التى لا تؤكل أو التى تستطيع أن تكمل دورة حياتها فى فترة قصيرة فلا تعطى الحيوانات فرصة للقضاء عليها.

لنوع حيوان الرعى أيضاً الأثر الكبير على الغطاء النباتى فهو لا يؤثر فقط فى كمية الغطاء النباتى أو الأنواع النباتيه التى يتكون منها بل يؤثر أيضاً فى مظهره العام. فالأغنام مثلاً تفضل أن ترعى الأعشاب غير النجيلية، والبقر

والخيول تستسيغ النجيليات، والماعز والغزال تفضل الشجيرات الخشبية ذات الأوراق العريضة. بالإضافة إلى ذلك، فإن الطيور والقوارض وغيرها من آكلات البذور تؤثر هى الأخرى تأثيراً ملموساً على نوعية الغطاء النباتى. فمن المعلوم أن مقدرة النبات على إنتاج البذور تختلف من عام لآخر طبقاً لما تمليه عليه الظروف المحيطة. وإذا ما كان إنتاج البذور ضئيلاً فإن الطيور والقوارض والكائنات الأخرى قد تستهلكه تماماً مما قد يسبب فناء النبات نفسه. ويقاسى المشتغلون بتنمية المراعى وإكثارها، عن طريق بذر البذور، من فعل الطيور والقوارض ولذا يصبح فى بعض الأحيان استخدام السموم أمر مسموح به.

يعالج المختصون فى تنمية المراعى مشكلة الرعى الجائر غير المنظم بحماية المنطقة من الرعى لفترة زمنية قد تمتد عدة سنوات يستعيد خلالها الغطاء النباتى الطبيعى حيويته ويزيد من غطائه وإنتاجه، وخاصة فيما يتعلق بالنباتات المرغوبة من قبل حيوانات الرعى، يلى ذلك إتباع **نظام الدورات الرعوية**، حيث أن الحماية التامة من الرعى ليست فى صالح الكساء الخضرى أيضاً كما يتضح من الشكل ٣٤ (Shaltout and El-Ghareeb 1985):



شكل (٣٤). تأثير الحماية الكاملة على الكساء الخضرى للمنخفضات غير الملحية بالساحل الشمالى الغربى لمصر.

تطبق الدورة الرعوية فى تعاقب زمنى محدد (كل عامين أو ثلاثة مثلاً) وفيها يرعى جزء من الأراضى ويترك الآخر ليستعيد ما فقده من أجزاء خضرية، ثم تبدأ الحيوانات فى رعى الجزء الذى استعاد ما فقده بينما يترك الجزء الذى تم رعيه ليستريح ويستعيد ما فقده هو الآخر، وهكذا تنتقل حيوانات الرعى من منطقة لأخرى فى تعاقب منظم ومدروس كما هو موضح بالمخطط التالى (جدول ٦).

جدول (٦). مخطط لدورة رعوية كل ثلاث سنوات.

المنطقة المراد تطبيق الدورة الرعوية عليها	قطاع (أ)	قطاع (ب)	قطاع (جـ)
العام الأول	رعى	حماية	حماية
العام الثانى	حماية	رعى	حماية
العام الثالث	حماية	حماية	رعى

ب ـ التأثير الميكانيكى (Mechanical effect)

تؤثر الحيوانات أثناء سيرها على الأرض أو عند حفر جحورها تأثيراً ميكانيكياً مباشراً على النباتات التى تتغذى عليها، كما تؤثر تأثيراً غير مباشر عن طريق وطء التربة أو إثرائها بالمادة العضوية، وأهم هذه التأثيرات ما يلى:

الوطء (Trampling) . يلعب وطء الحيوانات دوراً بالغاً فى بعض المجتمعات النباتية كالمروج والسهول والسافانا وأشباه الصحارى والصحارى. ويتوقف التأثير على عدد الحيوانات وشدة الرعى. فالوطء المعتدل يمكن أن يؤثر تأثيراً إيجابياً، حيث يساعد على سرعة تفتيت البقايا العضوية وطمرها فى الطبقة السطحية للتربة. كما أن الوطء المعتدل يغطى البذور بطبقة رقيقة من التربة تحميها من تأثيرات العوامل الخارجية. وخاصة درجات الحرارة المتطرفة، وتوفر لها رطوبة أفضل بالمقارنة بالبذور التى تبقى مكشوفة على

سطح التربة. أما الوطء الشديد فقد يسبب إنخفاض كثافة الغطاء النباتى ويؤدى أيضاً إما إلى تراص التربة أو زيادة تخلخلها (كما فى حالة التربة الرملية). وتراص التربة الطينية بسبب زيادة الوطء يزيد من فقد التربة للماء عن طريق التبخر والإنسياب السطحى (Run-off) وبالتالى يؤدى إلى إنخفاض الإنتاج النباتى، كما قد يسبب زيادة ملوحة التربة بسبب التبخر المرتفع. أما خلخلة الطبقة السطحية للتربة فيزيد من عملية حتها وتعريتها، وتصبح مادة سهلة الإنتقال بواسطة الرياح مما يؤدى إلى تعرية البذور وموت النباتات.

المخلفات العضوية (Organic residues). تلقى الحيوانات كميات كبيرة من المخلفات العضوية (مثل البول والبراز) على سطح التربة أو فى داخلها، وهى أكثر غناً بالنيتروجين من البقايا النباتية والحيوانية الميتة (Litter). وبعد تحلل هذه المخلفات تصبح التربة غنية بالمادة الغذائية اللازمة لنمو النباتات. كما أن المخلفات الحيوانية كثيراً ما تحتوى على البذور التى تتحسن ظروف إنباتها كثيراً نتيجة لمرورها من خلال الجهاز الهضمى للحيوان. ولكن المخلفات الحيوانية وخاصة مخلفات الحيوانات الثديية الكبيرة كثيراً ما يكون لها تأثير سلبى على النباتات، ذلك أنها تغطى النباتات وخاصة البوادر وتحجب عنها الضوء كما تقلل من تهوية التربة، لذا غالباً ما تموت النباتات الصغيرة والبوادر التى تغطى بهذه المخلفات. كما أن بعض المخلفات قد تحوى مواد مثبطة لنمو النباتات أو قد تتشكل هذه المواد المثبطة نتيجة لتحلل المخلفات العضوية، ومثال ذلك مخلفات الطيور وبول الحيوانات وخاصة الثدييات الكبيرة.

جـ. عملية التلقيح (Pollination)

تعتبر عملية نقل حبوب اللقاح من المتك إلى الميسم (التلقيح Pollination) أحد التأثيرات المتبادلة النافعة بين الحيوانات والنباتات. والأزهار إما أن تلقح ذاتياً إذا انتقلت حبوب اللقاح من متك زهرة إلى ميسمها، أو أن تلقح خلطياً إذا تم انتقال حبوب اللقاح من متك زهرة إلى ميسم زهرة أخرى، ولذا فإن الأزهار

وحيدة الجنس تكون خلطية التلقيح، وكذلك الأزهار الخنثى التى تنضج فيها المتوك والمياسم فى أوقات مختلفة. يتم التلقيح الخلطى عن طريق الحيوانات (خاصة الحشرات) والرياح وأحياناً الماء (خاص بالنباتات المائية المغمورة).

تعتبر الحشرات من بين الحيوانات الرئيسية التى تقوم بعملية التلقيح، كما تقوم الطيور الطنانة أيضاً بهذا الدور، وأهم الحشرات التى تقوم بعملية التلقيح هى نحل العسل والنحل الطنان والفراش والدبابير والخنافس. وتشير الدراسات إلى أن هناك إرتباطاً وثيقاً فى بعض الأحيان بين إنتشار النباتات وبين تواجد الحشرات التى تقوم بعملية التلقيح. ومن الأمثلة الواضحة على ذلك بعض نباتات الفصيلة القرنية وبعض أنواع فصيلة حنك السبع والتى يحدد رقعة إنتشارها فى المناطق القطبية وجود النحل الطنان الذى يقوم بعملية التلقيح. وفى استراليا زرع نبات النفل (*Trifolium pratense*) لكنه لم يعط بذوراً لأنه نقل إليها دون وجود حشرات تقوم بعملية التلقيح بدلاً من حشرات النحل الطنان التى كانت تقوم بعملية تلقيحه فى موطنه الأصلى قبل نقله.

تلعب الطيور بالإضافة إلى الحشرات، دوراً مهماً فى التلقيح خاصة فى مناطق الغابات الإستوائية المطيرة، وذلك لأن الرياح داخل الغابات الكثيفة قليلة السرعة أو ساكنة، إضافة إلى الأمطار الدائمة التى تجعل من انتقال حبوب اللقاح بواسطة الرياح أمراً صعباً، أضف إلى ذلك أن أفراد النوع الواحد لا تكون قريبة من بعضها البعض وإنما تفصلها مسافات متباعدة.

د - عملية الإنتشار (Dispersal)

إن عملية انتشار بذور وثمار النباتات عن طريق الحيوانات هى واحدة من العلاقات النافعة بين الحيوانات، والنباتات. ويمكن لأنواع كثيرة من الحيوانات، بسبب تنقلها الدائم واعتمادها فى تغذيتها على النباتات، أن تلعب دوراً مهماً فى انتشار الأنواع النباتية. ويتم انتشار بذور وثمار النباتات بواسطة الحيوانات عن

طريق: ١ ــ الإنتقال داخل الجهاز الهضمى للحيوانات (Endozoochores)، ٢ــ الإلتصاق بجسم الحيوانات (Epizoocores)، ٣ ــ إدخار المواد الغذائية وبناء الأعشاش (Synzoochores).

غالباً ما تكون البذور والثمار التى تنتقل عن طريق الجهاز الهضمى للحيوانات صالحة للأكل وذات ألوان جذابة، كما أنها ذات قصرات سميكة تستطيع مقاومة العصارات الهاضمة وبالتالى تبقى محتفظة بقدرتها على الإنبات بعد خروجها من الجهاز الهضمى للحيوانات. وبذور بعض النباتات لا تستطيع امتصاص الماء إلا إذا مرت داخل القناه الهضمية للحيوانات، وذلك لأن العصارات الهاضمة ترقق أغلفة البذور وبالتالى يصبح إنباتها أسرع وأسهل. وتشكل ثمار الأكاشيا (*Acacia* sp.) والقعقاع (*Lagonychium* sp.) فى المناطق الجافة وشبه الجافة مادة غذائية مهمة للحيوانات، الأمر الذى يساعد على انتشار بذورها وترقيق قصرتها وذلك بعد خروجها من الجهاز الهضمى للحيوانات، وهذا يجعلها أكثر إنفاذاً للماء فيسهل إنباتها، وكثيراً ما تشاهد بذور هذه النباتات نامية داخل روث الحيوانات فى الزرائب التى تبيت فيها الحيوانات، أو فى الطرق التى تسلكها الماشية إلى أماكن تجمع مياه الشرب.

أما البذور والثمار التى تنتقل بالإلتصاق الخارجى بجسم الحيوانات فغالباً ما تملك تكيفات تمكنها من ذلك كالكلابات مثل نبات الضريسة (*Tribulus terrestris*) ونبات الشبيط (*Xanthium* sp.) أو تكون ذات سطوح لزجة كالدبق (*Viscum album*) والهدال (*Loranthus*) وغيرها. إضافة إلى أن بذور وثمار بعض الأنواع النباتية يمكنها من الإنتقال مع الأوحال التى تلتصق بأقدام الحيوانات ومناقير الطيور. وتستطيع كثير من الحيوانات التى تدخر البذور والثمار لفصل الشتاء أن تسهم فى انتشارها، فعند حملها الوحدات التكاثرية (Diaspores) إلى جحورها كثيراً ما يسقط بعضها، كما أن هذه المدخرات كثيراً ما تزيد عن حاجتها وبالتالى قد تنمو وتتكاثر.

٢ عوامل التربة

تعرف التربة، من وجة نظر علم النبات، على أنها الجزء من الطبقة الأرضية التى يمكن أن تتواجد فيها الحياة النباتية. ويختلف سمك هذه الطبقة فقد يكون غشاءاً رقيقاً أو سطح قطعة صخرية أو قد يكون طبقة سميكة تصل إلى عشرات الأقدام. سطح التربة عادة غير صلب إلا أنه يزداد صلابة بالعمق. وتحتوى التربة على قدر كبير من المواد العضوية النباتية والحيوانية تعتبر مصدر الطاقة للكائنات الدقيقة التى تقوم بتحويل المواد الغذائية من صورها المعقدة إلى صورة بسيطة يستطيع النبات أن يستعملها كغذاء.

الصخور التى تكون القشرة الأرضية هى عبارة عن خليط من المعادن ونتيجة لعوامل التعرية تتفتت هذه الصخور لتعطى المعادن الداخلة فى تركيبها. والمعدن يمكن أن يعرف بتلك المادة التى تتكون من جزيئات متشابهه، وقد يكون المعدن عنصرياً وهو الذى يتكون من عنصر منفرد كالذهب والماس، أو مركباً مثل ملح الطعام (الهاليت) الذى يتكون من كلوريد الصوديوم ومعدن الكاولين الذى يتكون من سليكات الألومنيوم المائية. وأثناء عملية التجوية (Weathering) التى تحدث بعوامل عدة (مثل الحرارة والبرودة المتعاقبة، تكوين الثلوج فى ثنايا الصخور، إذابة الصخور بالأحماض الذائبة فى ماء المطر مثل حمض الكربونيك، وفعل الجذور الميكانيكى والحيوى) تحدث تغيرات طبيعية وكيميائية، وبإضافة المادة العضوية إلى نواتج عملية التجوية تتكون التربة وتتحدد صفاتها.

تسمى الصخور التى تتكون منها التربة بمادة الأصل أو الصخور الوالدة (Parent rocks). قد تبقى التربة حيث تتكون وعندئذٍ تكون المادة الأصلية الموجودة تحت هذه التربة هى الصخور الوالدة للتربة السطحية وتسمى التربة فى هذه الحالة تربة موقعية (Residual soil). ومن جهة أخرى قد تحمل التربة إلى مكان آخر غير التى تكونت فيه بفعل عامل أو أكثر من العوامل البيئية، عندئذ تكون الطبقات الموجودة أسفلها، سواء كانت هذه الطبقات تربة حقيقية أو طبقات جيولوجية، لا تمت إلى الطبقة السطحية بصلة، بينما الصخور الوالدة لهذه التربة قد تكون على بعد أميال من موقعها الحالى، ومثل هذه التربة تعرف بالتربة المنقولة (Transported soil). ويمكن تمييز الأنواع الآتية من الترب المنقولة طبقاً للعوامل التى تعمل على نقلها:

١ ــ تربة منقولة بفعل مياه البحار (Marine deposit)

٢ ــ تربة منقولة بفعل المياه العذبة (Alluvial deposit)

٣ ــ تربة منقولة بفعل حركة الثلاجات (Glacial deposit)

٤ ــ تربة منقولة بفعل الرياح (Aeolian deposit)

٥ ــ تربة منقولة بفعل الجاذبية الأرضية (Colluvial deposit)

٦ ــ تربة مكونة من مواد عضوية متراكمة (Cumulose deposit)

مكونات التربة

بالرغم من أن التربة تتكون من مواد تختلف فى تركيبها وتكوينها وخصائصها إلا أن هناك خمسة مكونات أساسية تتكون منها جميع الأراضى هى:١- المواد المعدنية (بفعل عوامل التعرية)، ٢- المواد العضوية (بفعل تحلل الكائنات الميته)، ٣- محلول التربة (العناصر المذابة فى الماء)، ٤- الهواء (يوجد بفراغات التربة)، و ٥- الكائنات الدقيقة (تعيش فى التربة متكافلة أو

obeikandl.com

متطفلة أو مترممة). والتربة قد ينظر إليها على أنها مادة ثابتة وأن كل ما تتكون منه وتحتويه فى حالة ثبات، ولكن الحقيقة ليست كذلك فإن كل ما فى التربة يتغير ويتبدل. فدرجة الحرارة مثلاً غير ثابتة والمحتوى المائى يتغير بإستمرار، كما أن هناك تغير دائم فى محتوى التربة من العناصر الغذائية نظراً لإمتصاصها بواسطة النباتات أولاً ثم ترسبها نتيجة لعمليات التجوية المستمرة للصخور، هذا بالإضافة إلى ما تسببه الكائنات الأخرى مثل الديدان والقوارض من تغير دائم عن طريق مخلفاتها العضوية.

أولاً : المواد المعدنية (Minerals)

تتكون القشرة الأرضية من مجموعة مختلفة من الصخور، والتى يتكون بعضها من مجموعة من المعادن بينما يتكون البعض الآخر من بقايا مواد عضوية متحللة. وقد أمكن حصر العناصر التى تتركب منها المعادن والصخور بالقشرة الأرضية فى أكثر من ١٠٠ عنصر (كل العناصر المكونة لجدول مندليف تقريباً)، وتختلف النسب التى توجد بها هذه العناصر من معدن لآخر ومن صخر لآخر كما دلت على ذلك التحليلات الكيميائية لعينات من الصخور المختلفة على سطح الأرض. والأكسجين هو العنصر الأساسى حيث يوجد فى الصخور المكونة للقشرة الأرضية بنسبة حوالى ٤٧%، يليه السيليكون (٢٨%) ثم الألومنيوم (٨%) ثم الحديد (٥,٥%)، وتتناقص هذه النسب تدريجياً إلى حوالى ٠,١٤% فى حالة الهيدروجين. وإجمالاً فإن عشرة عناصر فقط تكون حوالى ٩٩% من كمية العناصر الكلية بالقشرة الأرضية وهى: الأكسجين، السليكون، الألمونيوم، الحديد، الكالسيوم، الصوديوم، البوتاسيوم، الماغنسيوم، التيتانيوم والأيدروجين. تكون بقية العناصر الأخرى حوالى ١%، والتى لها أهمية اقتصادية مثل الذهب والفضة والنحاس والكبريت والنيكل (العناصر الصغيرة أو النادرة).

ثانيا : المواد العضوية (Oraganic matter)

المادة العضوية هى عبارة عن قطع صغيرة من بقايا النباتات والحيوانات تحولت بفعل عملية التدبل (Humification) إلى أجزاء غاية فى الدقة، وبإستمرار هذه العملية تصبح المادة العضوية فى حالة تحلل كبير وفى اتزان مع الوسط الذى توجد به لتكون ما يعرف باسم الدبال (Humus). ينتج عن استمرار عملية التحلل انفراد المواد الأصلية المكونة لهذه البقايا النباتية والحيوانية مثل ثانى أكسيد الكربون والنوشادر (الأمونيا) والميثان والفسفور والكبريت وغيرها من العناصر. وتتأكسد النشادر إلى مركبات النيتروز (Nitrose compounds) ثم مركبات النترات (Nitrate compounds).

الأمونيا	أكسدة ←	نتروز	أكسدة ←	نترات
(NH_3^+)		(NO_2^-)		(NO_3^{--})

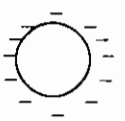
ولما كان تحلل المواد العضوية فى التربة عبارة عن تفاعلات كيماوية تقوم بها الكائنات الحية، فإن أى عامل يؤثر على نشاط ونمو هذه الكائنات يؤثر بدوره على سير عمليات تحلل المواد العضوية، وأهم هذه العوامل ما يلى: التهوية، الحرارة، درجة القلوية والحموضة، وطبيعة المواد المتحللة وتركيبها الكيميائى.

الدبال (Humus). يعتبر الدبال ذو تركيب طبيعى وكيميائى ثابت تقريباً، إلا أن هذا التركيب يختلف من مكان إلى آخر طبقاً للظروف البيئية وطبيعة الكائنات الحية التى توجد فيه. ودراسة الصفات الخاصة بالدبال صعبة لعدم إمكانية فصل الدبال عن الأرض دون أن يحدث له تغيير فى خواصه المختلفة. الدبال مثل معدن الطين فى كونه **ذو سعة إدمصاصية كاتيونية عالية**

(Cation adsorption capacity)، إلا أنها تفوق بكثير السعة الإدمصاصية الكتيونية للطين. وترجع أسباب هذه الصفة إلى إنحلال مجاميع الكربوكسيل والأيدروكسيل التى تدخل فى تركيبه كما هو موضح من المعادلات الآتيه:

$$R\text{-}COOH \longrightarrow R\text{-}COO^- + H^+$$

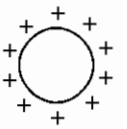
$$R\text{-}OH \longrightarrow R\text{-}O^- + H^+$$



كما أن الدبال أيضاً له **سعة إدمصاصية أنيونية (Anion adsorption capacity)** قد تكون فى بعض الأحيان عالية مصدرها تأين مجاميع الأمين والأيدروكسيل كما هو واضح من المعادلات الآتية:

$$R\text{-}NH_2 + H^+ \longrightarrow R\text{-}NH_3^+$$

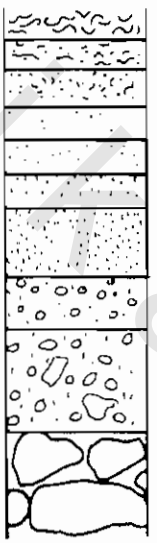
$$R\text{-}OH + H^+ \longrightarrow R\text{-}OH_2^+$$



ونظراً لإرتفاع السعة الإدمصاصية للدبال فهو مصدر كبير للعناصر الغذائية التى يحتاجها النبات والتى لا يجد النبات صعوبة فى الحصول عليها خلال عملية تعرف بإسم التبادل الكتيونى والأنيونى بين الدبال من جهة ومحلول التربة أو جذور النبات من جهة أخرى.

قطاع التربة (Soil profile): تتكون التربة من طبقات، يمكن تحديدها حيث تختلف غالباً فى لونها، تسمى نطاقات التربة (Soil horizons). النطاق العلوى منها (A-horizon) هو عبارة عن بقايا النباتات والحيوانات (المادة العضوية) التى تحللت إلى أجزاء غاية فى الدقة (الدبال) بفعل عملية التدبل (Humification) وينقسم هذا النطاق فى التربة الناضجة إلى عدة طبقات محدودة تمثل مراحل عملية التدبل. يلى ذلك النطاق تحت العلوى (B-horizon) الذى يتكون من المعادن التى تحللت من المادة العضوية بفعل عملية التعدن

(Mineralization) واختلطت بمادة الأصل. تصل المواد الذائبة التى تحمل المعادن من الطبقة السفلى للنطاق العلوى إلى النطاق تحت العلوى أثناء عملية الغسيل التى تتعرض لها التربة بفعل ماء المطر أو الرى. أما النطاق السفلى (C-horizon) فيمثل غالباً مادة الأصل غير المتحورة التى قد تكون موجودة فى هذا المكان أصلاً أو منقولة بفعل عامل أو أكثر من العوامل البيئية سالفة الذكر (شكل ٣٥).



أوراق مفككة وبقايا عضوية متحللة	أ ـ صفر صفر	A 00
مواد عضوية متحللة جزئيًا أو كليًا	أ ـ صفر	A 0
نطاق أسود اللون غني بالمواد العضوية الدبالية	أ ١	A 1
نطاق معادن فاتحة اللون كثير الرغويات	أ ٢	A 2
نطاق انتقالي إلى النطاق B ب	أ ٣	A 3
نطاق انتقالي إلى النطاق A ا	ب ١	B 1
نطاق أسود كثير الرغويات	ب ٢	B 2
نطاق انتقالي إلى النطاق C ج	ب ٣	B 3
نطاق الصخور المفتتة ـ المهد الصخري	ج	C
نطاق المهد الصخري غير المفتت	د	D

شكل (٣٥). مخطط لمقطع فى التربة يوضح الطبقات المتعاقبة.

تتأثر طبيعة قطاع التربة وسمك نطاقاته بعوامل متعددة من أهمها ما يلى:

١ ــ تعبر طبيعة قطاع التربة وسمك نطاقاته عموماً عن مناطق مناخية وتضاريسية محددة. فأراضى الحشائش مثلاً تختلف عن الغابات فى كون عملية التدبل فى الحالة الأولى عالية بينما عملية التعدن تكون بطيئة (تراكم الدبال يؤدى إلى سوء التهوية ومن ثم إلى إضعاف النشاط الميكروبى المسئول عن عملية تحرر العناصر).

٢ ــ تؤثر تضاريس المنطقة تأثيراً عالياً على قطاع التربة. فالمناطق التلالية (وخصوصاً إذا أسئ أستخدامها بواسطة الإنسان) يتكون بها طبقة رقيقة من النطاقين العلوى وتحت العلوى بسبب تعرضها لعملية النحر، أما الأراضى المسطحة فيغسل الماء النازل عليها المواد بسرعة إلى الطبقات العميقة، وأحياناً تتكون طبقة صلبة بفعل تراكم المعادن (hard pan) لا تستطيع جذور النباتات وكذا الحيوانات والماء أن تخترقها بسهولة.

٣ ــ الأراضى ذات الصرف السئ يتراكم فيها الدبال وبذا تكون التهوية الأرضية رديئة مما يؤدى إلى الإقلال من معدل تحلل العناصر. فى مثل هذه الحالة يصبح نقص الأكسجين، وزيادة غاز ثانى أكسيد الكربون، وتراكم المواد السامة عوامل محددة فى عملية نضج التربة. فبعض المواقع رديئة الصرف يمكن أن تصبح عالية الإنتاج إذا تم تحسين الصرف فيها.

ثالثاً : المحلول الأرضى (Soil solution)

يعرف المحلول الأرضى بأنه الماء المذاب فيه الأملاح والغازات والممسوك فى الأرض ضد قوى الجاذبية الأرضية. وهذا المحلول يكون غالباً وتحت الظروف الطبيعية فى حالة توازن مع مادة الأرض. ويحتوى عادة على جميع العناصر التى تلزم لنمو النباتات ولو بتركيزات مخففة جداً. يتوقف تركيز محلول التربة على عوامل عدة منها : الرطوبة الأرضية، تركيز العنصر بمادة التربة، المركبات المحتوية على هذا العنصر، الكساء الخضرى السائد وعمره.

تؤدى كثرة مياه الأمطار إلى غسيل الأملاح بالتربة وإحلال الأيدروجين محل الكتيونات المدمصة على سطح الطين وأيضاً إلى إنخفاض الرقم الهيدروجينى (pH) للمحلول الأرضى. كما يتوقف تركيز الأملاح على كمية

الرطوبة الأرضية فيكون مركزاً عند الرطوبة المنخفضة ومخففاً عند التشبع، ولكن مثل هذه القاعدة ليست عامة، فبالنسبة لمركبات الفوسفات مثلاً: لوحظ أن زيادة تركيز المحلول الأرضى من عنصر مثل الكالسيوم يؤدى إلى تقليل الكمية الذائبة من الفوسفات، نظراً لإمكانية حدوث عملية التبادل الكتيونى الذى يتم فيها إخراج الكالسيوم إلى المحلول الأرضى بكميات تؤدى إلى ترسب الفوسفات، وبالتالى إلى تقليل القدر المذاب منها فى محلول التربة (تداخل العوامل). أما بالنسبة للكتيونات المختلفة الشحنة فالملاحظ أن نسبة $\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{K^{+} + Na^{+}}$ تزداد فى المحلول مع إرتفاع تركيز المحلول الأرضى، بسبب نقص نسبة البوتاسيوم والصوديوم وارتفاع نسبة الكالسيوم والمغنسيوم، نتيجة لما يحدث من تبادل للكتيونات على سطح حبيبات الطين.

رابعا : هواء التربة (Soil air)

تمثل الفراغات التى بين حبيبات التربة ما لايقل عن ٣٥% من حجمها الكلى الحقيقى. وهذه الفراغات إما شعرية تحدد كمية الماء الذى يمكن للتربة الإحتفاظ به بعد المطر أو الرى، أو غير شعرية تحدد كمية الهواء الذى يتخلل التربة. وفى حالة تشبع التربة تماماً بالماء تمتلئ الفراغات الشعرية وغير الشعرية بالماء مما ينتج عنه طرد الهواء وينتج عن ذلك ظروف لاهوائية (Anaerobic) فى التربة تؤدى إلى اختزال العديد من العناصر المعدنية مثل الحديد والكبريت والنيتروجين، كما تنشط الكائنات اللاهوائية مما يؤدى إلى زيادة إنتاج ثانى أكسيد الكربون وتحول التربة إلى النوع الحامضى، هذا إلى جانب انخفاض إنتاج الدبال بسبب صعوبة عمليات التحلل تحت الظروف اللاهوائية، ويتسبب التعرض المستمر لمثل هذه الظروف لمدد طويلة فى موت النباتات.

وغالباً ما تكون مكونات هواء التربة مقاربة لمكونات الهواء فى الجو نظراً لحرية تبادل الهواء بينها، ولكن عادة ما يحدث نقص نسبى فى محتوى هواء التربة من الأكسجين وزيادة نسبية فى محتواه من ثانى أكسيد الكربون نتيجة لعملية التنفس التى تقوم بها الكائنات الحية فى التربة مثل جذور النباتات وديدان الأرض والحشرات والكائنات الدقيقة، وأيضاً نتيجة لعمليات الأكسدة المصاحبة لعملية تحلل المواد العضوية بالتربة.

خامسا : الكائنات الدقيقة (Microorganisms)

تلعب الكائنات الدقيقة مثل البكتريا والفطريات والطحالب والحيوانات الأولية دوراً هاماً فى التربة، ولكى تكون التربة صالحة لنمو النباتات يجب أن تحتوى على مثل هذه الكائنات. فالفطريات وبعض الكائنات الدقيقة الأخرى تعمل بواسطة خيوطها الفطرية وإفرازاتها العضوية على تجميع حبيبات التربة ومن ثم زيادة تهويتها. كما تقوم الكائنات الدقيقة بتفكيك وتحليل بقايا النباتات والحيوانات، من خلال عملية التحلل (Decomposition) التى تتم باستمرار وكفاءة داخل النظم البيئية، وتحولها إلى مركبات بسيطة يمكن للنباتات الإستفادة منها. ومن أهم الأدوار التى تقوم بها الكائنات الدقيقة فى التربة هى المساعدة فى تدوير بعض العناصر الغذائية الهامة مثل النيتروجين والفسفور.

تمر عملية التكسير والتحلل الأحيائى للمركبات النيتروجينية العضوية داخل التربة بخطوات عديدة ومتلاحقة لايتم بعضها إلا بمساعدة أنواع متخصصة من البكتريا، حيث تقوم بكتريا النوشادر (Ammonifying bacteria) بتحويل المواد النيتروجينية المتحللة بفعل الكائنات الدقيقة (أحماض أمينية وبقايا قاعدية) إلى النشادر (Ammonification process)، ثم تقوم بكتريا النيترات (Nitrification bacteria) بتحويل النشادر إلى نيترات (Nitrification process) وهى الصورة

الوحيدة التى يمكن للنباتات امتصاص النيتروجين عليها من التربة. تحول أنواع من البكتريا (بكتريا التأزوت Denitrifying bacteria) النيترات إلى الصورة العنصرية للنيتروجين (Denitrification process) ، فى حين تقوم أنواع أخرى (بكتريا العقد الجذرية Bacterial nodules) بتثبيت النيتروجين الهوائى فى التربة على هيئة نيترات صالحة لتغذية النباتات.

تلعب الكائنات الحية الأخرى التى تعيش فى الأرض مثل ديدان الأرض والحشرات والقوارض دوراً فى تطوير وبناء التربة، فهى من ناحية تساعد فى زيادة تهوية التربة عن طريق الحفر المستمر الذى يزيد من حجم فراغات التربة، كما أن مرور جزء كبير من التربة خلال أجسام هذه الكائنات أثناء التغذية يغير من صفات التربة، كما تقوم بدفع بقايا الكائنات الحية مثل أوراق النباتات إلى باطن التربة لتصبح جزءاً من المادة العضوية مما يزيد من كمية الدبال بالتربة.

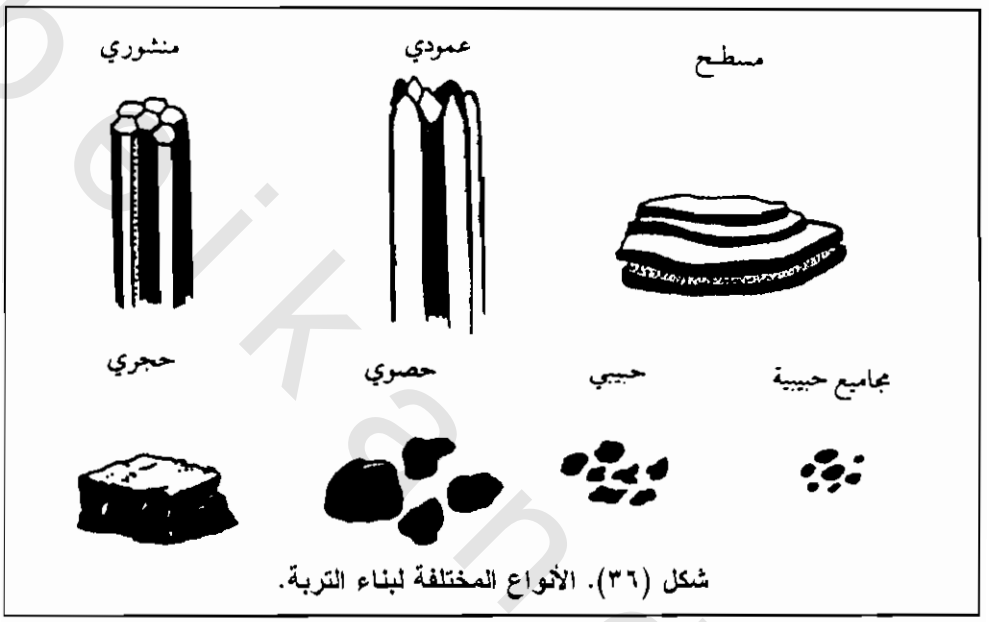
الصفات الشكلية للتربة

(١) صفة البناء (Soil structure) :

يقصد بإصطلاح بناء التربة تنظيم مادة التربة فى كتل حيث الحبيبات الفردية المكونة لهذه الكتل تتماسك بقوة أكبر من القوة التى تربط الكتل نفسها بعضها البعض، أو بمعنى آخر تكون قوة الربط بين الحبيبات الفردية لكل كتلة أقوى من تلك التى تربط الكتلة كجسم قائم بذاته بما يجاورة من كتل. والكتل تتراوح فى الحجم بين أجسام ميكروسكوبية إلى أجسام تصل إلى عدة بوصات للقطر، وتختلف عن بعضها البعض فى الشكل والثبات وفى درجة قابليتها للإنفصال عن بعضها. وبإختصار فمفهوم البناء ما هو إلا وصف العلاقات الفراغية والمكانية للحبيبات وتحديد طبيعة تجاورها فى التربة.

obeikandi.com

ينقسم بناء التربة إلى قسمين : **بناء كبير** (Macro structure) وهو الذى يمكن وصفه بالعين المجردة أو بواسطة عدسة ذات قوة صغيرة، و **بناء دقيق** (Micro structure) وهو الذى لا يمكن وصفه إلا بمساعدة عدسة ذات قوة عالية. وأهم أنواع البناء ما يلى (شكل ٣٦):



شكل (٣٦). الأنواع المختلفة لبناء التربة.

١ ــ **بناء طبقى أو مسطح (Platy)**. وفيه تكون شكل الحبيبات المركبة على هيئة طبقات، أى أن المحور الرأسى أقل من المحور الأفقى. يوجد هذا النوع من البناء فى الطبقة السطحية للأراضى الرملية.

٢ ــ **بناء منشورى (Prismatic)**. وفيه تكون الحبيبات المجتمعة على شكل كتلة مستطيلة قائمة يكون فيها البعد الرأسى أكبر من البعد الأفقى، وقد يصل طول هذه الكتل إلى ستة بوصات، ويسمى هذا البناء أحياناً عمودى (Columnar) عندما تكون قمة الكتل مستديرة. يوجد مثل هذا النوع من البناء فى النطاق الذى يحتوى على نسبة عالية من الطين.

٣ ــ **بناء كتلى (Cubical)**. وفيه تكون الكتل متساوية المحاور الرأسية والأفقية وتصل فى الطول من ١ ــ ٢ بوصة، وعندما تبتل التربة تنتفخ وقد تغلق المسافات البينية بين هذه الحبيبات المركبة. يوجد هذا البناء فى الأراضى المتوسطة.

٤ ــ **بناء حبيبى (Granular)**. وهو أما دقيق وفيه لا يزيد قطر الحبيبة عن ٥ مم وتكون ذات حواف مستديرة أو زوايا حادة، أو خشن وفيه تكون الحبيبة ذات قطر يتراوح بين ٥ ــ ١٢ مم. وهذه الحبيبات توجد فى صورة غير متماسكة وعندما ترج التربة تنفصل عن بعضها بسهولة، ولا تغلق المسافات بين الحبيبات عندما تبتل التربة.

٥ ــ **بناء مصمط** (Massive) . يميز الأراضى التى ليس لحبيباتها تنظيم مميز، ويطلق عليها أحياناً الأراضى عديمة البناء. يوجد هذا النوع فى الأراضى الطينية شديد التماسك.

معامل البناء (Structural index). لدراسة صفة البناء فى الأراضى أهمية عظمى كمدلول على درجة خصوبتها، حيث يعتبر البناء محصلة الصفات الأرضية المختلفة، فهو يتوقف على درجة ثبات الصفات الأرضية والتى تتوقف بدورها على نوع وكمية الكتيونات المتبادلة والذائبة وكذا على نوع الطين الداخل فى تكوين هذه الأراضى. وهناك مصطلح يسمى معامل البناء يقدر بتحديد نسبة الطين فى التربة مرتين: الأولى بعد عمل التفرقة الكاملة للعينة (ولتكن ٤٠%)، والثانية بدون عمل هذه التفرقة (ولتكن ١٥%) وعندئذ يكون معامل البناء هو:

$$\text{معامل البناء} = \frac{\text{كمية الطين بعد التفريق} - \text{كمية الطين قبل التفريق}}{\text{كمية الطين بعد التفريق}} \times ١٠٠$$

$$\% ٦٢,٥ = ١٠٠ \times \frac{١٥ - ٤٠}{٤٠}$$

(٢) صفة التماسك (Soil consistency):

يستعمل هذا الإصطلاح للتعبير عن درجة تماسك الحبيبات المكونة للأراضى،وبالتالى عن القوة التى تبديها ضد العوامل التى تعمل على تفريقها عن بعضها. وفيما يلى الإصطلاحات التى توصف بها الأرض كلما ازداد تماسكها (أى قوة التماسك بين حبيباتها البسيطة أوالمركبة):

أ ــ مفككة (Friable). وذلك عندما يكون من السهل تفتيت عينة الأرض الجافة باليد إلى الوحدات التى تتكون منها. تتصف الأراضى الرملية المفككة والأراضى الرملية الغرينية بهذه الصفة.

ب ــ متماسكة (Compact). كتل الأرض الجافة يكون من الصعب تفتيتها باليد، وإذا عمل قطاع بالسكين فإن الحواف تكون خشنة والزوايا مهشمة، وتكون التربة من الصعب تقليبها بالجاروف. يوجد مثل هذا النوع من الأراضى فى النطاقات السفلية للأراضى الطينية والغرينية الثقيلة.

جـ ــ شديدة التماسك (Highly Compact). لا يمكن استعمال الجاروف فى تقليبها ولابد من استخدام الفأس، ولايمكن تكسير كتل التربة الجافة باليد، وعندما تقطع بالسكين فإن سطح القطع يكون نظيفاً لامعاً والزوايا سليمة. يوجد مثل هذا التماسك فى الأراضى الطينية عديمة البناء.

(٣) صفة قوام التربة (Soil texture):

يعين قوام التربة بواسطة التحليل الميكانيكى وهى عملية الغرض منها فصل حبيبات عينة من التربة إلى مجاميع مختلفة الأحجام (Soil separates). توجد

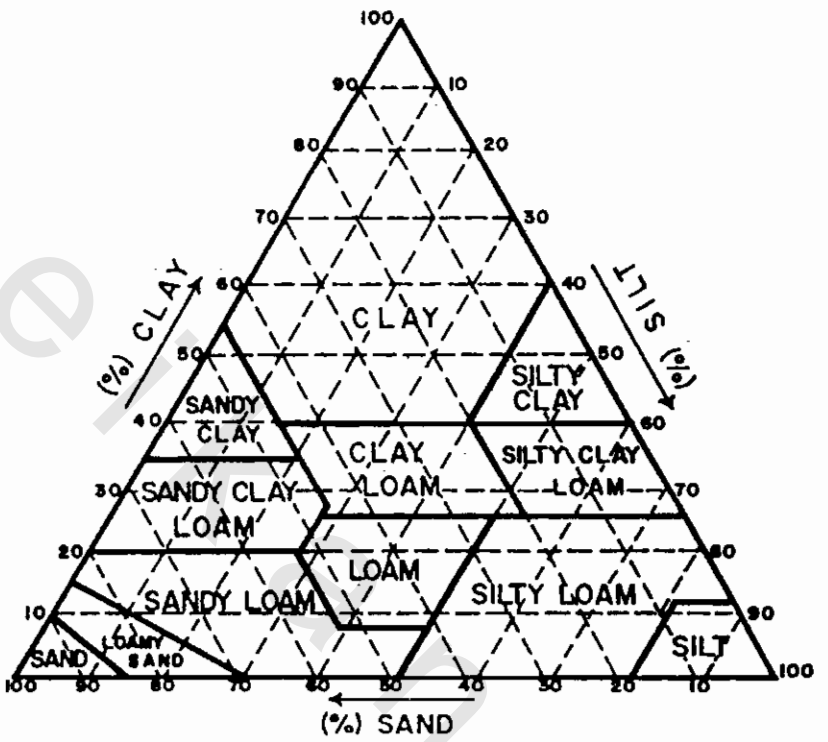
عدة مقاييس لتقسيم وتسميه قوام التربة حسب طول قطر الحبيبات، ومن أشـــهر هذه النظم النظام الدولى حيث تقسم الحبيبات المكونة للتربة إلى المجاميع الآتية:

١ ــ حصى ناعم (Fine gravel)	أكثر من ٢ مم للقطر
٢ ــ رمل خشن (Coarse sand)	من ٢ – ٠,٢ مم للقطر
٣ ــ رمل ناعم (Fine sand)	من ٠,٢ – ٠,٠٢ مم للقطر
٤ ــ طمى (Silt)	من ٠,٠٢ – ٠,٠٠٢ مم للقطر
٥ ــ طين (Clay)	أقل من ٠,٠٠٢ مم للقطر

تحديد إسم التربة بإستخدام صفة القوام

إسم التربة المستمد من طبيعة قوامها يعكس بصفة عامـــة نســب الرمــل والطمى والطين التى تحتويها التربة. ويمكن الإستعانة فى تحديــد هــذا الإســم باستخدام مثلث القوام (Texture triangle)، وهو مثلث متساو الأضلاع مقسم من الداخل إلى عدة أقسام كل واحد منها يمثل اسماً من أسماء التربة كما هو مبيـــن بالرسم (شكل ٣٧). ولإستخدام المثلث تتبع الطريقة الآتية: نفرض أن العينة التى استعملناها تحتوى على ٥٤% رمل و٢٧% طمى و ١٩% طين، عندئــذ يحــرك وضع المثلث حتى يمثل رأسه ١٠٠% رمل ويرسم خط موازى للقـــاعدة يمــر بالرقم ٥٤% رمل، ثم يحرك المثلث مرة أخرى حتى يمثل رأسه ١٠٠% طمــى ويرسم خط موازى للقاعدة يمر بالرقم ٢٧% طمى، تقاطع هذان الخطان يحـــدد إسم قوام التربة. ومن الممكن مراجعة هذه النقطة بتوقيع المكون الثــالث (١٩% طين) والذى يجب أن يتقاطع مع الخطين السابقين فى نفس النقطة.

obeikandl.com



شكل (٣٧). مثلث القوام (Texture triangle)

(٤) الكثافة الظاهرية (أو الجسمية للتربة (Apparent or bulk density):

تحدد الكثافة الظاهرية (الكثافة الجسمية) للتربة بقسمة وزن جزء من التربة المجففة عند درجة ١٠٥°م على حجم هذا الجزء من التربة دون إحداث أى تغيير فى طبيعة بناءه (وحدة وزن/وحدة حجم). ومن المعلوم فى هذه الحالة أن الفراغات التى بين حبيبات التربة تكون جزءاً من حجم التربة الذى استعمل فى تقدير كثافتها الظاهرية. ولقياس هذه الخاصية تستخدم اسطوانة معدنية ذات حافة

سفلى حادة وتضغط فى التربة دون احداث أى تغيير ملموس فى بنائها، ثم يقسم وزن التربة (المقدر بالجرامات) على حجم اللإسطوانة (المقدر بالسنتيمتر المكعب):

$$\text{الكثافة الظاهرية (جم/سم}^3\text{)} = \frac{\text{وزن التربة المجففة فى الفرن (جم)}}{\text{حجم التربة بما فيها من مسام (سم}^3\text{)}}$$

وتختلف الكثافة الظاهرية للتربة بين ١ ــ ١,٦ جرام/سم^3، ويعود هذا الإختلاف إلى التباين فى كمية القنوات والفراغات الموجودة بالتربة. وكقاعدة عامة يمكن القول بأن التربة ذات التركيب الدقيق للجزيئات والتى تحتوى على مسافات بينية كثيرة (مثل التربة الطينية) يكون لها كثافة ظاهرية أقل من تلك التى للأراضى ذات التركيب الخشن (مثل التربة الرملية). وقد وجد أن الكثافة الظاهرية للأراضى الطينية تقع تقريباً بين ١ ــ ١,٣ جرام/سم^3، بينما تتراوح فى حالة الأراضى الرملية بين ١,٢ ــ ١,٦ جرام/سم^3. تؤثر المواد الدبالية على تغير الكثافة الظاهرية للتربة، فبزيادة كمية الدبال تقل الكثافة الظاهرية.

(٥) الكثافة الحقيقية أو النوعية للتربة (Real or specific density):

يعبر عن الكثافة النوعية للتربة بوزن وحدة الحجوم من المادة الصلبة المصمطة للتربة وعادة يعبر عنها بالجرامات لكل سم^3. ومن ثم فإن كان لدينا جسم مصمط له حجم قدرة ١ سم^3 فإن وزن هذا الجسم بالجرامات يعبر عن كثافته النوعية. تتراوح الكثافة النوعية للتربة المعدنية بين ٢,٦ ــ ٢,٨ جم/سم^3 بمتوسط ٢,٦٥ جم/سم^3، أما الأراضى التى تحتوى على نسبة عالية من الدبال فإن كثافتها النوعية تقترب من ٢,٥ جم/سم^3 أو أقل. والطريقة التقريبية لتحديد الكثافة النوعية للحصى مثلاً هى بأخذ كمية من الحصى ذات وزن معلوم ووضعها فى مخبار مدرج به ماء، وملاحظة الزيادة فى حجم الماء،

وعندئذ تكون الكثافة النوعية للحصى تساوى وزن الحصى مقسوماً على حجم الماء المزاح وهو ما يكافئ حجم الحصى. وعلى سبيل المثال إذا كان وزن الحصى = ٣٠٠ جم وحجم الماء المزاح هو ١١٣ سم^{٣} فإن الكثافة النوعية = ١١٣/٣٠٠ = ٢,٦٥ جم /سم^{٣}:

$$\text{الكثافة الحقيقية (جم/سم}^{٣}\text{)} = \frac{\text{وزن التربة المجففة فى الفرن (جم)}}{\text{حجم التربة بدون المسام (سم}^{٣}\text{)}}$$

(٦) مسامية التربة (Soil porosity) :

مسامية التربة يقصد بها القدر من التربة المشغول بالماء أو الهواء وليس بالمادة المعدنية أو العضوية. ومسامية التربة تحدد من العلاقة الآتية التى تربط الكثافة الظاهرية والكثافة الحقيقية للتربة:

$$\text{المسامية (٪)} = \frac{\text{الكثافة الحقيقية} - \text{الكثافة الظاهرية}}{\text{الكثافة الحقيقية}} \times ١٠٠$$

وصفة المسامية لا تعطى فى الحقيقة مدلولاً صحيحاً عن مدى تهوية التربة، وقد يظن أنه كلما زادت مسامية التربة كلما زادت تهويتها، ولكن هذا غير صحيح دائماً، فالتربة الطينية تصل مساميتها إلى ٦٠% ومع ذلك فهى ضعيفة التهوية وتعانى نقصاً شديداً فى كمية الأكسجين الموجود فيها. يرجع ذلك إلى كثرة الفراغات الشعرية الدقيقة فى التربة الطينية والتى يكون معظمها ممتلئ بالماء الشديد الإلتصاق بحبيبات التربة والذى لايفقد بسهولة حتى يحل الهواء محله. وعلى النقيض من ذلك فإن التربة الرملية مساميتها أقل، إلا أن معظم القنوات الواسعة تسمح بفقد الماء بسرعة (ماء الجاذبية الأرضية) ومن ثم بمرور الهواء مما يؤدى إلى زيادة تهوية التربة. ولمعالجة ردائة تهوية التربة الطينية يضاف

إليها المواد الجيرية أو مواد أخرى من شأنها أن تعمل على تجميع الحبيبات الدقيقة الفردية لتكون حبيبات مركبة كبيرة الحجم تحصر بينها فراغات كبيرة غير شعرية ومن ثم تتحسن التهوية.

العلاقات المائية للتربة (Soil-Water Relationships)

ينقسم المحتوى المائى للتربة إلى عدة أقسام هى :ـ

(١) ماء الجاذبية الأرضية (Gravitational water) :

هو الماء الذى يشغل الفراغات الكبيرة غير الشعرية وينفذ إلى الطبقات السفلى من الأرض بفعل الجاذبية الأرضية تاركاً هذه الفراغات لتمتلئ بالهواء. وعادة ما يتسرب هذا الماء من التربة بعد سقوط الأمطار وبالتالى فإن فائدته بالنسبة للنباتات محدودة. لاتتجاوز المدة اللازمة للتخلص من هذا الماء عدة ساعات فى التربة الخفيفة بينما قد تصل إلى ٢ ــ ٣ أيام فى التربة الثقيلة. وعند احتواء التربة على ماء الجاذبية الأرضية تكون قد وصلت إلى درجة التشبع القصوى ويعرف المحتوى المائى للتربة فى هذه الحالة **بالسعة المائية القصوى (Maximum water holding capacity).**

(٢) الماء الشعرى (Capillary water) :

يوجد الماء الشعرى على هيئة أغشية حول حبيبات التربة كما يملأ الفراغات الشعرية والزاويا التى بين الحبيبات، وبعد رشح ماء الجاذبية تصل التربة إلى ما يسمى بالسعة الحقلية (Field capacity) من الماء. وفى هذه الحالة يكون الماء التى تحتفظ به التربة شعرياً ومعظمه يكون ممسوكاً بقوة بسيطة على سطح الحبيبات مما يجعل من السهل على النبات إمتصاصه. ومع ذلك فإن جزءاً من هذا الماء يشغل فراغات شعرية دقيقة جداً

ويكون ممسوكاً بقوة كبيرة تجعل من الصعب على النبات إمتصاصه من التربة. وبناءاً على ما سبق فإن كمية الماء الشعرى بالتربة الطينية تكون أكبر بكثير منها فى التربة الرملية.

(٣) نقطة الذبول (Wilting point):

هى كمية الماء التى تحتويها التربه عندما تبدأ علاقات الذبول الدائم على النبات الذى ينمو فيها، ويعبر عنها كنسبة مئوية. تتوقف قيمة نقطة الذبول على عدة عوامل منها نوع التربة وكمية المادة العضوية بها. ويعتقد أن نقطة الذبول الدائم واحدة لكل النباتات إذا ما استعمل نوع واحد من التربة، ولكن هذا ليس صحيحاً دائماً، إذ أنه يعنى أن كل النباتات لها نفس الإحتياجات المائية ونفس القدرة على مقاومة الجفاف. وهناك علاقة تربط بين معامل الماء الهيجروسكوبى ومعامل الذبول (معامل الماء الهيجروسكوبى = ٠,٦٨ معامل الذبول)، وعلاقة أخرى تربط بين السعة الحقلية ومعامل الذبول (السعة الحقلية = ١,٨٤ معامل الذبول). ولكن هذه العلاقات تنطبق فقط على نوع التربة والنباتات التى استعملت فى إجراء التجارب وبالتالى فهى ليست منطبقة على كل الحالات.

(٤) الماء الهيجروسكوبى (Hygroscopic moisture):

هو الماء الذى يوجد على هيئة أغشية رقيقة حول حبيبات التربة بعد تجفيفها فى الهواء. ومن المعتقد أن سمك هذه الأغشية لا يزيد عن ٣ ــ ٥ ميكرون. ومعظم الماء الهيجروسكوبى ممسوك بواسطة قوة شد سطحى كبير حول الحبيبات ومن ثم فليس لديه القدرة على الحركة أو الإنتقال، كما أنه لا يسهم بدرجة ملموسة فى العمليات الحيوية التى تجرى بالتربة ومن ثم لاتستطيع النباتات الإستفادة به. وتقدر الدرجة القصوى للماء الهيجروسكوبى بواسطة معرفة الزيادة فى وزن كمية من التربة سبق أن جففت عند درجة ١٠٥°م حتى

ثبات وزنها، وذلك بعد وضعها فى جو مشبع تماما ببخار الماء لمدة ثلاثة أيام على الأقل. **وكمية الرطوبة الجوية التى تمتصها كمية من التربة المجففة فى الفرن عند ١٠٥°م وزنها ١٠٠ جرام تسمى معامل الماء الهيجروسكوبى لهذه التربة (Hygroscopic coefficient)**. وهذا المعامل دليل هام لمعرفة قوام التربة، ففى التربة الرملية الغرينية يكون حوالى ١,٥% بينما فى التربة الطينية يصل إلى ١٥%، أما فى التربة العضوية فيرتفع حتى ٧٠%.

(٥) بخار الماء (Water vapor):

قد يشغل الماء فى صورته الغازية (بخار الماء) الفراغات الموجودة بالتربة، ويعتقد أن بعض النباتات تستفيد منه فى الحصول على بعض احتياجاتها من الماء.

(٦) الماء المتحد كيميائيا بمعادن التربة (Chemically combined water):

من أمثلة ذلك ماء التميؤ (Water of hydration) الموجود فى معدن الليمونيت الذى يتركب من أكسيد الحديدك المائى ($2\ Fe_2O_3.\ 3\ H_2O$)، وهذا النوع من الماء لا يمكن التخلص منه بتجفيف التربة عند درجة ١٠٥°م، ولكن قد يحتاج الأمر إلى تجفيف التربة عند درجة لا تقل عن ١٠٠٠°م. وهذا الماء غير ذى فائدة فى تلبية الإحتياجات المائية للنباتات.

obeikandl.com

٣ العوامل المناخية

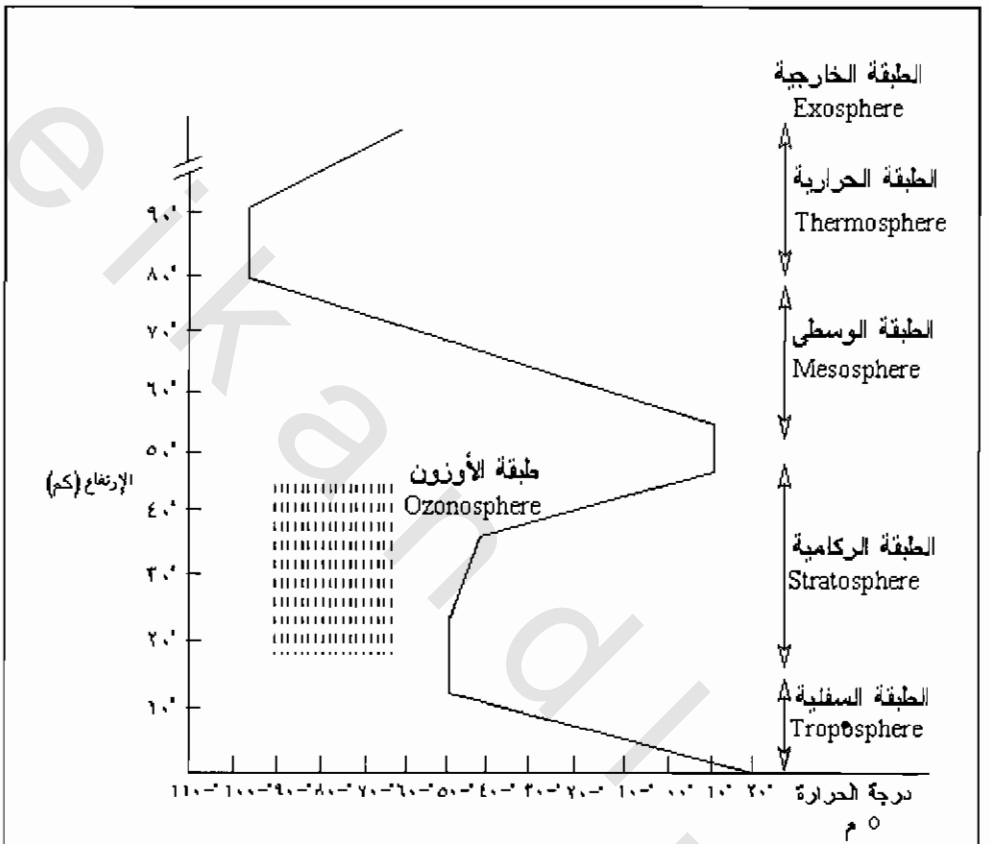
تعتبر دراسة الظواهر الجوية (المناخية) من قبل المشتغلين بعلوم الأحياء من أهم الدراسات حيث أن الصورة الحالية لكل مظاهر الحياه المختلفة على الأرض هى محصلة التفاعل المستمر والمتبادل بين عوامل التربة والمناخ. ويعتبر الغلاف الجوى للأرض هو المنطقة التى تحدث فيها هذه الظواهر وتتفاعل فيما بينها وتعطى تأثيراتها المشتركة على الكائنات الحية والمكونات غير الحية للأرض.

الغلاف الجوى (Atmosphere)

يحيط بالكرة الأرضية غلاف غازى سميك يشاركها فى دورانها الدائم، وتظهر فى طبقته السفلى جميع الظواهر والتقلبات المناخية التى لها علاقة مباشرة بالحياة على سطح الكرة الأرضية. تنخفض كثافة الهواء تدريجياً بالإرتفاع عن مستوى سطح البحر، ولهذا تقل كمية الهواء تدريجياً حتى تنعدم فى الطبقات العليا من الفضاء المحيط بالكرة الأرضية. يتجمع ما يقرب من نصف كمية هواء الغلاف الجوى فى الكيلومترات الخمس الأولى، وثلاث أرباع كتلته فى الكيلومترات العشر الأولى، وتسعة أعشار كتلته فى العشرين كيلومتراً التى تعلو سطح الأرض. ويوجد الهواء على ارتفاعات كبيرة ولكنه يتخلخل بالإرتفاع فوق مستوى سطح الأرض. أثبتت الدراسات التى أجريت بالأقمار

obeikandl.com

الصناعية والمحطات الفضائية أن الهواء يمتد إلى ارتفعات تصل إلى عشـــرين ألف كيلومتر غير أن كثافته تنخفض إلى درجة تصبح شبه معدومة بحيـــث تمـــاثل كثافة الفضاء الخارجى. يتكون الغلاف الجوى من عدة أغلفة تتميز عن بعضـــها بنظامها الحرارى ومكوناتها وهى (شكل ٣٨):



شكل (٣٨). طبقات الغلاف الجوى واختلاف درجات الحرارة فيها.

(١) الطبقة السفلية (Troposphere)

هى الطبقة السفلى من الغلاف الجوى التى يصل إرتفاعها فى المتوسط إلـــى ١٠ كيلومترات فوق سطح الأرض، إلا أن هذا الإرتفاع ليـــس متســـاوياً فـــوق

أجزاء الكرة الأرضية حيث يبلغ متوسط هذه الطبقة فوق القطبين حوالى تسعة كيلومترات، أما فوق عروض المناطق المعتدلة فيتراوح بين ١٠ و ١٢ كيلومتراً، ويصل إلى ١٥ ــ ١٧ كيلومتراً فوق خط الإستواء. تتميز هذه الطبقة من الغلاف الجوى بهبوط درجة الحرارة فيها بمعدل يقترب من ٠,٦ درجة مئوية لكل مائة متر ارتفاع، وهكذا إذا كان متوسط درجة حرارة الهواء فى الجزء الأسفل من الطبقة السفلية الملامس لسطح الأرض ٢٦ درجة مئوية عند خط الأستواء فإن درجة حرارة الجزء العلوى فيه تكون حوالى ٧٠ درجة مئوية تحت الصفر. وتحتوى الطبقة السفلية على ٧٥ ــ ٨٠% من كتلة الهواء الجوى، كما أنها الطبقة الوحيدة من طبقات الغلاف الجوى التى تحتوى على بخار ماء.

(٢) الطبقة الركامية (Stratosphere):

يصل ارتفاع هذه الطبقة إلى ٥٠ كيلومتراً فوق سطح الأرض، وتزداد درجة حرارتها مع الإرتفاع لتصل عند حدها الأعلى من ١٠ ــ ٣٠°م فوق الصفر، كما ينعدم وجود بخار الماء فى هذه الطبقة. وتتصف الطبقة الركامية بإحتوائها على الأوزون الذى يتشكل عن طريق تفاعلات كيموضوئية (Photochemical reactions) حيث يتحول الأكسجين الجزيئى إلى أكسجين ذرى بواسطة الطاقة الشمسية وخاصة الأشعة فوق البنفسجية (uv). ثم يتفاعل الأكسجين الذرى مع الأكسجين الجزيئى ويشكل الأوزون حسب المعادلات التالية: $O_2 \xleftarrow{uv} O + O$، $O_2 + O \longrightarrow O_3$ + طاقة ↑. وخلال هذه العملية تمتص بعض الأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet rays) وبذلك لا تنفذ إلى سطح الأرض. وبناء على ما سبق فإن جزيئات الأوزون غير ثابته إذ تمتص الأشعة فوق البنفسجية من الإشعاع الشمسى وتتفكك إلى أكسجين جزيئى وأكسجين ذرى ($O_3 \xleftarrow{uv} O + O_2$) وعندما تعود هذه الجزيئات لتكون الأوزون مرة أخرى تنطلق طاقة فى صورة حرارة، وبهذا يكون صافى تأثير

امتصاص الأشعة فوق البنفسجية هو تحرير الحرارة ومن هنا كانت خاصية ارتفاع درجة الحرارة فى الطبقة الركامية.

(٣) الطبقة الوسطية (Mesosphere):

ترتفع هذه الطبقة إلى ٨٠ كيلومتراً فوق سطح الأرض وفيها تهبط درجة الحرارة مع الإرتفاع لتصل إلى ٩٥ درجة مئوية تحت الصفر، ويكون ضغط الهواء فى حدوده العليا أقل مائتى مرة مما هو عليه عند سطح الأرض. تحتوى الطبقات السفلية والركامية والوسطية معاً وإلى ارتفاع ثمانين كيلومتراً فوق سطح الأرض على حوالى ٩٩,٥% من كتلة الهواء الجوى. فى الطبقات الأعلى من ذلك يوجد الهواء بكميات قليلة جداً.

(٤) الطبقة الحرارية (Thermosphere):

تعلو الطبقة الوسطى حتى ٤٠٠ كم فوق سطح الأرض وتتصف بدرجات حرارة عالية تصل إلى أكثر من ألف درجة، مئوية نتيجة لإمتصاص الأكسجين الذرى للأشعة فوق البنفسجية. تتميز هذه الطبقة أيضاً بدرجات شديدة من تأين الهواء، ولذا تسمى أيضاً الطبقة المتأينة (Ionosphere)، ويعود هذا بدورة إلى تأثير الأشعة فوق البنفسجية، إذ أن امتصاصها من قبل جزيئات غازات الغلاف الجوى يؤدى إلى انبعاث عمليات شحن الذرات والإلكترونات. لهذه الطبقة أهمية بالغة بالنسبة للإتصالات نظراً لقدرتها على عكس الموجات اللاسلكية وإعادتها إلى الأرض.

(٥) الطبقة الخارجية (Exosphere):

تشكل هذه الطبقة الغلاف الغازى الخارجى وفيها تكون حركة جزيئات الغازات سريعة جداً ونظراً لسرعة جزيئات الغازات ونتيجة تخلخل الهواء فى

obeikandl.com

تلك الإرتفاعات يمكن للجزيئات أن تتحرر من تأثير الجاذبية الأرضية وتخرج من الغلاف الجوى إلى الفضاء الخارجى، يلاحظ هذا بالنسبة للهيدروجين حيث يعتبر الغاز السائد فى الأسطح العليا من الطبقة الخارجية. وبينت عمليات الرصد بمساعدة الصواريخ والأقمار الصناعية أن الهيدروجين المتطاير من هذه الطبقة يشكل حول الأرض ما يعرف بالتاج الأرضى حيث ينتشر إلى مايقرب من العشرين ألف كيلومتر.

المحيط الحيوى (Biosphere) : يتركز وجود الكائنات الحية المختلفة فى طبقة رقيقة من الكرة الأرضية تسمى بالمحيط الحيوى، ويعرف بأنه الغلاف الذى توجد فيه الحياه. تشمل حدود المحيط الحيوى جزءاً من الغلاف الجوى (Atmosphere) وجزءاً من القشرة الأرضية (Pedosphere) وكامل الغلاف المائى (Hydrosphere). يميل العلماء حالياً إلى تحديد المحيط الحيوى بالمجال الذى يحدث فيه نشاط مركز للكائنات الحية وتمتد حدوده من ٣٠ ــ ٥٠ متراً فوق سطح التربه، ومن ١٠ ــ ١٢ متراً فى باطنها كما يشمل كامل عمق البحيرات، وإلى عمق من ٣٥٠ ــ ٤٠٠ متر فى البحار والمحيطات. وللمحيط الحيوى، الذى يشمل كل النظم البيئية (Ecosystems) الموجودة فى العالم، أهمية كبيرة ليس فقط لأنه الوسط الذى تعيش وتتكاثر فيه الكائنات الحية وإنما بإعتباره المكان الذى تجرى فيه التغيرات الأساسية الفيزيائية والكيميائية التى تطرأ على المواد غير الحية من الكرة الأرضية.

الإشعاع الشمسى

(Insolation or Solar Radiation)

الشمس هى مصدر الحياه على الأرض ولولاها لخلت الأرض من الحياه بمظاهرها المتنوعة. فالشمس هى التى تسبب تباين درجات الحرارة فى مختلف الأماكن، ونتيجة لهذا التباين يقل الضغط فى بعض الأماكن بينما يرتفع فى أماكن

obeikandl.com

أخرى فتهب الرياح من مناطق الضغط العالى إلى مناطق الضغط المنخفض. كذلك تسبب الأشعة الشمسية تسخين سطح الأرض مما يؤدى إلى صعود الهواء مكوناً السحب. ينعدم الإشعاع الشمسى قبيل الشروق وبعد الغروب بينما يبلغ نهايته العظمى عند الظهر.

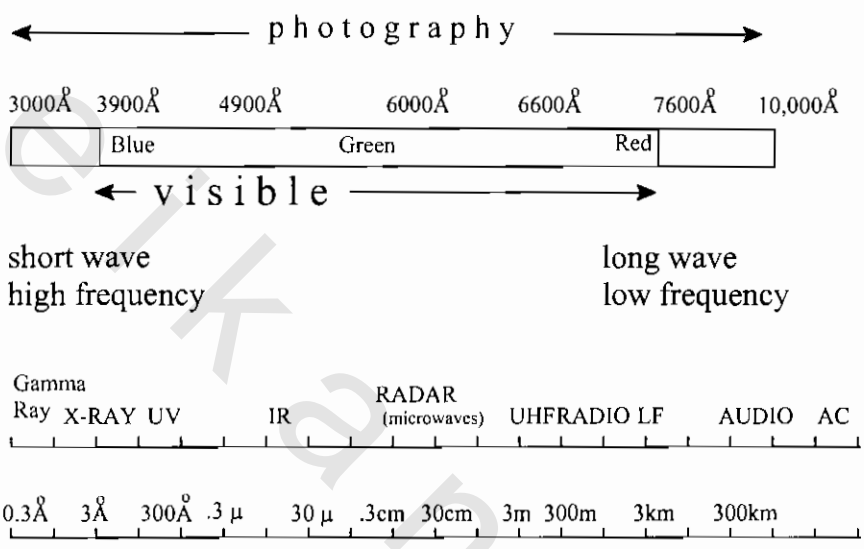
مكونات أشعة الشمس:

يتكون الإشعاع الشمسى من أشعة مختلفة فى طول الموجة، أقصر هذه الأشعة هى فوق البنفسجية (Ultra-violet) ذات التأثير الكيميائى على الكائنات الحية، وأطولها الأشعة تحت الحمراء (Infra-red) وهى ذات تأثير حرارى (شكل ٣٩). وهذان النوعان من الأشعة لا يمكن رؤيتهما، ولكن العديد من الأشعة ذات الأطوال التى تقع بين هذين النوعين يمكن رؤيتها (٣٩٠٠ Å ــ ٧٦٠٠ Å). عندما تقترب أشعة الشمس من الغلاف الجوى آتية من الفراغ الخارجى فإن أغلب الأشعة فوق البنفسجية (القصيرة) يمتصها غاز الأوزون (O_3) وغاز الأكسجين (O_2) الموجودان فى طبقات الجو العليا، أما أغلب الأشعة تحت الحمراء (الطويلة) فيمتصها بخار الماء الموجود فى الطبقة السفلية القريبة من سطح الأرض. يحدث أيضاً انعكاس لجزء من الأشعة الشمسية بواسطة السحب والغبار الموجود فى الجو، لذا فإن جزءاً بسيطاً من الإشعاع الشمسى هو الذى يصل إلى سطح الأرض.

ثابت الإشعاع الشمسى:

هو أقصى مقدار للإشعاع الشمسى الساقط عمودياً على السنتيمتر المربع الواحد من السطح الخارجى للغلاف الجوى، ويبلغ هذا المقدار حوالى ٢ سعر / الدقيقة. ويلاحظ أن ثابت الإشعاع الشمسى يختلف على حسب حالة الشمس

نفسها. أما كمية الإشعاع الشمسى التى تصل إلى وحدة المساحة من سطح الأرض فتتوقف على ما يأتى (بإعتبار القياس على السطح الأفقى): ١ ــ ثابت الإشعاع الشمسى، ٢ ــ شافية الجو، ٣ ــ خط العرض، ٤ ــ الوقت من اليوم والسنه، و ٥ ــ مسار الأشعة ومقدار ميلها.



شكل (٣٩). الطيف الإلكترومغناطيسى للأشعة الشمسية التى تصل إلى الأرض بالنسبة للضوء المرئى Å = أنجشتروم = ٠,١ ميلليميكرون (mμ) = ٠,٠٠٠١ ميكرون (μ)

الحرارة (Temperature)

المدى الحرارى على سطح الكرة الأرضية :

تختلف درجات الحرارة على سطح الكرة الأرضية اختلافاً كبيراً من مكان لآخر، وقد سجلت أقل الدرجات وقدرها -١٢٩ ف (- ٥٥°م) فى منطقة أنتاركتكا بالقطب بالجنوبى (Antarcatica) ،أما أعلى الدرجات فقد سجلت فى

الصحراء الليبية وقدرها ١٣٦ ف (٥٨°م) فى الظل. وهاتان الدرجتان تمثلان طرفى الخيط للمدى الحرارى على سطح الكرة الأرضية. ولكن فى أى منطقة على سطح الأرض يكون المدى الحرارى أقل من ذلك بكثير. والجدير بالذكر أن درجة الحرارة قد تنخفض أو ترتفع بمقدار يزيد على عشرة درجات فى مدة قصيرة لا تزيد عن ساعة. وتختلف درجات الحرارة على سطح الكرة الأرضية بإختلاف خط العرض. وبصفة عامة فإن درجات الحراة تقل كلما بعدنا عن خط الأستواء، كما تقل أيضاً كلما ارتفعنا عن سطح البحر، هذا مع العلم بأن مناطق القطب الجنوبى تتصف بمتوسطات منخفضة فى معدلات درجات الحرارة إذا ما قورنت بمناطق القطب الشمالى.

درجات الحرارة الواجب تسجيلها فى الدراسات البيئية :

مما يجدر ذكره أنه عند استخدام الترمومترات فى قياس درجات الحرارة يجب تجنب سقوط أشعة الشمس المباشرة عليها بقدر الإمكان، كما أنه من الواجب تعريض الترمومتر للرياح والهواء الطلق تعريضاً تماماً. ولما كانت درجة الحراة من العوامل التى قد تتغير بسرعة من وقت لآخر فإن القراءات المنفردة تعتبر قليلة المغزى، ولذلك يفضل استعمال ترمومترات مسجِلة تسمى مسجلات حرارية (Thermographs) ومنها أجهزة تسجل درجات الحرارة تسجيلاً مستمراً.

أما فيما يتعلق بما ينبغى تسجيله من درجات الحرارة فإن **المتوسطات السنوية** لدرجات الحرارة تعتبر قليلة الأهمية فى دراسة الكساء الخضرى، وذلك لأنها لا تأخذ فى الإعتبار التغيرات التى تحدث أثناء الفصول المختلفة. وتعتبر **المتوسطات الشهرية** أعمق مغزى فى التعبير عن عامل الحرارة. ولكن **المتوسطات الشهرية للحدين الأقصى والأدنى** تعتبر من أهم ما يسجل فى

محطات الأرصاد المناخية لما لها من علاقة وثيقة بنشاط الكائنات الحية. ومن المعلوم أن درجة حرارة الهواء قرب سطح الأرض تتأثر بمعاملى الإشعاع والتوصيل، ولذا فإنها لا تصل إلى حدها الأقصى وقت الظهيرة كما هو الحال فى الإشعاع الشمسى والضوء، بل تتأخر إلى الساعة الثانية أو الثالثة، كذلك لا تصل درجة الحرارة إلى حدها الأدنى عند حلول المساء ولكن قبيل شمس اليوم التالى.

أما عن حرارة التربة، وهى كما نعلم موصل ردئ (أى يسخن ويبرد ببطئ)، فإن درجة حرارة الطبقات السطحية قد تبلغ أقصاها فى الساعة الخامسة أو السادسة مساءاً، وفى الطبقات البعيدة عن سطح التربة تبلغ درجة الحرارة أقصاها فى ساعة متأخرة عن ذلك. وعموماً فأن الطبقات السطحية تتعرض لتقلبات شديدة فى درجات الحرارة على مدار اليوم أو السنة وتقل حدة هذه التقلبات كلما تعمقنا فى باطن الأرض، أى أن باطن التربة يتمتع بدرجة حرارة أكثر ثباتاً إذا ما قورن بالطبقات السطحية. ولكى يكون هذا الموضوع أكثر فهماً يمكن القول أنه عند شروق الشمس يبدأ سطح التربة بإكتساب الحرارة بمعدل أكبر من معدل فقده لها وبذلك ترتفع درجة حرارة الأرض، وبعد مضى عدة ساعات يصبح معدل كسب التربة للحرارة عن طريق أشعة الشمس الساقطة عليها معادلاً لما تفقده بواسطة الأشعة المرتدة والتوصيل. يستمر هذا التوازن الحرارى لبعض الوقت حتى تميل أشعة الشمس ويصبح الإشعاع ضعيفاً، عندئذ يختل التوازن الحرارى ويصبح مقدار ما يفقد من حرارة الأرض أكبر مما يكتسب، فتبدأ درجة حرارتها فى الإنخفاض. وعند غروب الشمس لا يكون هناك مصدراً للكسب الحرارى بينما تستمر الأرض فى فقدها للحرارة أثناء الليل وبالتالى تنخفض درجة حرارتها بإستمرار. ومما يساعد على زيادة هذا الإنخفاض بخر الماء الموجود بين حبيبات التربة والذى يؤدى هو الآخر لخفض

درجة حرارة التربة، وفى أحيان كثيرة تقل درجة حرارة التربة عن درجة الهواء الملامس لها. وهكذا فبينما كانت درجة حرارة سطح التربة أعلى من درجة حرارة الهواء أثناء النهار، فإنها تصبح أقل منها أثناء الليل.

أهمية الحرارة فى حياة النباتات:

من الحقائق الثابته أن أكثر درجات الحرارة ملائمة لنمو النباتات هى الدرجات السائدة فى المواطن الطبيعية لهذه النباتات. ولذلك فمعظم نباتات المناطق المعتدلة تنمو جيداً بين درجتى حرارة ١٥ و ٢٠°م، بينما تزدهر نباتات المناطق القطبية والجبال العالية فى درجات تعلو قليلاً عن درجة التجمد. ومن ثم لا تتحمل النباتات البقاء إلا إذا بقيت درجة حرارة الوسط المحيط فى حدود معينة، فإذا جاوزت الحدود إرتفاعاً أو هبوطاً فإن النباتات تسارع بالنضج أو تهلك تماماً. وعموماً يوجد ثلاث مستويات من درجات الحرارة الرئيسية فى حياة النباتات (Cardinal temperatures) وهى:

١. **الدرجة المثلى**. وعندها تكون العمليات الحيوية داخل النبات فى أعلى معدلاتها.
٢. **الدرجة الصغرى**. وهى أقل درجة تحتها تسير العمليات الحيوية بمعدل لا يذكر.
٣. **الدرجة العظمى**. وهى أعلى درجة فوقها تسير العمليات الحيوية بمعدل لا يذكر.

١ـ الدرجة المثلى (The optimum temperature):

تختلف هذه الدرجة بإختلاف الأنواع النباتية. كما أنه لا توجد درجة واحدة لجميع العمليات الطبيعية والكيميائية التى تجرى داخل النباتات، فالدرجة المثلى لعملية التنفس أعلى من الدرجة المثلى لعملية التمثيل الضوئى. وكمثال على ذلك

تكون الدرجة المثلى لعمليتى البناء الضوئى وتخزين المواد الغذائية فى نبات البطاطس هى ٢٠°م بينما عند هذه الدرجة تكون سرعة التنفس ١٢%، أما عند درجة ٤٨°م فإن درجة التنفس تصل إلى أقصاها بينما تتوقف عملية التمثيل الضوئى تماماً. وبما أن عمليتى النمو والإزهار تعتمدان على ما يمكن بناؤه من المواد الغذائية وليس على ما يهدم، فإن الدرجة المثلى للنباتات هى تلك التى تصل فيها عملية التمثيل الضوئى وتخزين المواد الغذائية أقصاها.

٢ـ الدرجة العظمى (The maximum temperature):

تختلف درجة الحرارة العظمى التى يستطيع النبات تحملها دون أن يصيبه ضرر بإختلاف النوع، ويبدو أن هذه الدرجة صفة مرتبطة بخواص البروتوبلازم وكذلك بالعلاقات المائية للنباتات من حيث المورد المائى المتاح للجذور والتأثير التبريدى لفقد الماء من الأوراق. تؤدى بعض نباتات المناطق الحارة وظائفها الحيوية فى درجات حرارة تصل من العلو إلى درجة تموت عندها نباتات المناطق المعتدلة أو الباردة حتى ولو عرضت لها لفترة لا تزيد عن عدة ساعات. ومما يجدر ذكره أنه فى النوع الواحد تكون النباتات أقل تحملاً لدرجات الحرارة المتطرفة فى بعض أطوار حياتها وأكثر تحملاً فى أطوار أخرى. فالنبات غالباً ما يكون أقل مقاومة للحرارة فى حالته النشطة عندما تكون أنسجته غضة. كما أن البذور تستطيع تحمل درجات حرارة عالية قد تصل إلى ١٠٠°م عندما تكون جافة، بينما إذا عرضت هذه البذور لدرجات حرارة أقل وهى منقوعة فإنها تفقد حيويتها. تؤدى درجات الحرارة العالية إلى تجفيف النباتات، كما أنها تحدث عدم توازن بين عمليتى التمثيل الضوئى وتخزين المواد الغذائية من جهة وبين التنفس من جهة أخرى، مسببة بذلك نقصاً شديداً فى الفائض الغذائى، كما أنها تؤذى السيتوبلازم وتقتله. فعندما يتعرض النبات لدرجة حرارة أعلى من الدرجة القصوى فإنه يدخل فى طور خمول يكون

مصحوباً أحياناً بشحوب فى اللون، وقد يعزى هذا الخمول فى حياة النباتات إلى توقف عمل الإنزيمات بفعل ارتفاع درجات الحرارة.

تكيف النباتات مع الحرارة المرتفعة : تكيف النباتات نفسها بوسائل عدة كى تقاوم درجات الحرارة العالية نذكر منها ما يلى:

١ ــ الأوراق تكون ذات نصل رقيق مما يساعد على فقد الكثير من الماء عن طريق عملية النتح، وبالتالى لا ترتفع درجة حرارة النباتات أكثر من خمسة درجات زيادة على درجة الهواء المحيط بالأوراق.

٢ ــ اتخاذ الأوراق وضع لا يسمح لأشعة الشمس بأن تسقط عمودية عليها، وهذا يسبب نقصاً فى درجة حرارة الأوراق بمعدل يصل إلى ٥ درجات مئوية بالمقارنة مع أوراق أخرى تتخذ وضعاً متعامداً على أشعة الشمس.

٣ ــ لون الأوراق الفضى يساعد على انعكاس قدر كبير من أشعة الشمس.

٤ ــ وجود غطاء من الشعيرات، والتى قد تكون ميتة، تحمى ما تحتها من الخلايا الحية من وهج الشمس.

٥ ــ إحتواء السيتوبلازم على كمية كبيرة من المواد الكربوهيدراتية (حتى يتم تعويض ما يحرق منها بسبب إرتفاع درجة الحرارة).

٦ ــ وجود الثغور فى مواضع غائرة ومحمية بشعيرات كثيفة حتى تقلل من كمية فقد الماء.

٣ ـ الدرجة الصغرى (Minimum temperature):

لكل نوع من النباتات بل لكل عضو ولكل عملية حيوية تجرى داخل النباتات درجة حرجة صغرى عندما تنخفض درجة الحرارة أقل منها فإن عملية نمو النباتات والعمليات الحيوية الأخرى مثل التنفس، وأحياناً التمثيل الضوئى تسير ببطئ شديد وقد تتوقف، وقد يؤدى هذا إلى شحوب النبات. وعندما تزداد درجة الحرارة إنخفاضاً فإن السيتوبلازم قد يفقد حيويته تماماً، والسبب فى هذا

يرجع جزئياً إلى تكوين قطرات من الثلج بين المسافات الخلوية على حساب ماء السيتوبلازم مسبباً تغير نظامه وجفافه وترسبه. وفى بعض الأحيان قد يكون انكماش الخلايا قاتل فى حد ذاته.

تختلف قدرة الأنواع النباتية على مقاومة درجات الحرارة المنخفضة من نوع لآخر. فالقطن مثلاً يصيبه الأذى إذا ما تعرض لدرجة حرارة منخفضة حتى ولو لم تصل لدرجة التجمد، بينما لا تصاب بعض النباتات القطبية بأذى على الإطلاق حتى وإن تجمدت تماماً من شدة البرودة. ومما يجدر الإشارة إليه أن بعض البذور وأبواغ النباتات اللازهرية لا يمكن أن يتجمد عصيرها الخلوى حتى لو تعرضت لدرجة حرارة تصل إلى ــ ١٩٢°م، مثل هذه الأنواع النباتية شديدة المقاومة لدرجة الحرارة المنخفضة.

تختلف قدرة النباتات على تحمل درجات الحرارة المنخفضة باختلاف مراحل نموها. فبادرات الأشجار أقل مقاومة من النبات الكامل. أما بالنسبة للحشائش فقد يكون العكس صحيحاً. ومن أهم التحورات التى يكيف به النبات نفسه ليقاوم البرودة وجود طبقة من الشمع وغطاء من الشعيرات، كما أن صغر الخلايا يساعد على تحقيق هذه المقاومة.

التواقت الحرارى (Thermoperiodism):

يعرف التواقت الحرارى على أنه مدى استجابة النباتات للتغيرات اليومية فى درجة الحرارة. ويتمثل مدى هذه الإستجابة فى العمليات الحيوية المختلفة. والحقيقة أن الكثير من النباتات قد كيفت عملياتها الحيوية مع التغيرات اليومية فى درجة الحرارة بحيث لم تعد تستطيع أن تقوم بعملياتها الحيوية اليومية على الوجة الأكمل لو عرضت أثناء سير هذه العمليات لظروف غير التى تعودت عليها (كتثبيت درجة الحرارة اليومية). وعلى سبيل المثال وجد أن إنبات معظم بذور النباتات يتم بمعدل أسرع وكمية أكبر لو تعرضت البذور أثناء إنباتها

لدرجات حرارة متغيرة، كما أن نمو وإثمار نبات الطماطم يكون أفضل عند تعريضه لدرجة حرارة ٢٦,٥°م نهاراً وحوالى ١٨°م ليلاً.

الإرباع (Vernalization):

تحتاج بعض نباتات إلى التعرض لدرجة حرارة باردة أثناء أو بعد الإنبات بوقت قصير وذلك حتى تتمكن من أن تكمل دورة حياتها بسرعة. فمثلاً إذا زرعت بذور نبات القمح الشتوى فى الربيع لا يزهر النبات قبل حلول موسم الجفاف والصقيع مما يؤدى إلى فشل المحصول. وقد تمكن العلماء عام ١٨٥٨ من تحويل القمح الشتوى (أى الذى لابد أن يزرع فى فصل الشتاء) إلى قمح ربيعى (أى إلى قمح يمكن أن يزرع فى الربيع) ويعطى محصولاً سريعاً. وقد حدث هذا التحول الفسيولوجى فى حياة النبات باستنبات البذور تحت درجات حرارة تقترب من الصفر، فإذا ما زرعت هذه الحبوب بعد ذلك فى فصل الربيع فإن النباتات الناتجة تستطيع أن تمر بجميع مراحل النمو العادية كما لو كانت البذور قد زرعت فى فصل الشتاء أو الخريف. ومثل هذه المعاملة تسمى الإرباع، وتعرف **عموماً على أنها "عملية كسب أو تعجيل النمو بمعاملة باردة"**.

يعتقد أن حياة النبات الحولى تشتمل على سلسلة من المراحل تتم فى تتابع محكم، فلا يبدأ ظهور طور قبل أن يستكمل الطور السابق له تماما. وفى القمح الشتوى مثلاً تعتبر درجة الحرارة المنخفضة ضرورية لإتمام مرحلة معينة من مراحل النمو، ويبدو أن الإرباع يسبب الإسراع فى إتمام هذه المراحل مما يؤدى إلى الإنتقال المبكر من النمو الخضرى إلى الإزهار والإثمار. ويعتقد أيضاً أن الإرباع مرده إلى أصل هرمونى يتكون فى الجنين ويتوقف تكوينه فى الحبوب الشتوية على درجة الحرارة المنخفضة وقت الإنبات.

درجة الحرارة وأثرها على طبيعة الكساء الخضرى:

عندما ترتفع درجة الحرارة صيفاً فوق الحد الذى يسمح بنمو النباتات فإن الحوليات (Therophytes) تنهى حياتها الخضرية وتعطى بذوراً تحتوى أجنة محمية بأغطية تستطيع أن تعيش داخلها بسلام إلى الفصل المناسب لإنباتها، أما النباتات المعمرة فغالباً ما يكون لها ريزومات وكورمات مطمورة (مثل النباتات المختفية : Cryptophytyes) وتبقى فى حالة سكون بعد موت الأجزاء الهوائية حيث يجدد النبات نشاطه عند حلول الموسم المناسب. وغالباً ما يكون الإعتدال فى الحرارة مصحوباً بزيادة فى رطوبة الأرض.

ومما يجدر ذكره أن درجة الحرارة تؤثر فى تحديد الأنواع النباتية التى تستوطن منطقة ما من المناطق (فلورة المنطقة : Flora) أكثر من تأثيرها فى تحديد أنواع التكوينات النباتية (Plant formations) التى يتكون منها الكساء النباتى. فمثلاً قد توجد تكوينات الحشائش أو الغابات أو الصحارى فى أكثر من منطقة حرارية ولكن الأنواع النباتية التى تدخل فى تركيب كل تكوين من هذه التكوينات تختلف من منطقة إلى أخرى حسب درجة الحرارة. كذلك تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل المؤثرة فى توزيع نباتات المحاصيل، فحدود إنتاج القطن أو قصب السكر أو البنجر مثلاً على نطاق تجارى مرتبط بدرجة الحرارة، وهذا ينطبق أيضاً على القمح مما يجعل توزيع هذه المحاصيل مقصوراً على المناطق التى لا تختلف درجة حرارتها إبان موسم نمو ذلك المحصول عن هذا الحد.

↑ محصول البنجر ↑

شمال مصر

↓ محصول قصب السكر ↓

المـــاء (Water)

للماء أهمية كبرى فى فسيولوجيا النبات فهو:

١. يذيب المعادن الموجودة فى التربة مكوناً بذلك مايسمى بمحلول التربة (Soil solution)، الذى يدخل إلى أنسجة النباتات ناقلاً إليها العناصر الغذائية اللازمه لبقائها ونموها.

٢. يعمل على تسهيل عمليتى الإذابة والتأين للأملاح الموجودة داخل النبات، مسهلاً بذلك حدوث التفاعلات الكيميائية المعقدة التى تجرى داخل الأنسجة والخلايا.

٣. من المواد الأساسية لحدوث عملية التمثيل الضوئى (Photosynthesis).

٤. يعمل أيضاً على بقاء خلايا النبات فى حالة إمتلاء (Turgidity)، وهى الحالة التى بدونها لا تستطيع الخلايا القيام بوظائفها الحيوية.

٥. ضرورى لبقاء البروتوبلازم حياً، إذ القليل جداً من الأنسجة يستطيع البقاء حياً إذا ما انخفضت نسبة الماء فيه عن ١٠%.

٦. وجوده فى أنسجة النباتات يعمل كملطف لدرجة الحرارة ومنظم لها داخل الأنسجة، إذ للماء المقدرة على امتصاص قدر كبير من الحرارة دون إرتفاع كبير فى درجة حرارته، ومن ثم فإن حرارة الوسط داخل الأنسجة المشبعة بالماء تبقى دون أن تتغير كثيراً إذا ما ارتفعت درجة حرارة الوسط التى تعيش فيه، ومن ثم تبقى العمليات البيولوجية داخل الأنسجة مستمرة دون أن تتأثر كثيراً لإرتفاع درجة حرارة الجو.

والماء داخل التربة متصل مع الماء داخل الأنسجة النباتية والجهاز بأكمله فى حركة مستمرة إلى أعلى نتيجة لفقد الماء من النبات فى عملية النتح. ومما

obeikandl.com

يجدر ذكره أن الماء الذى يدخل النبات يفقد معظمه خلال عملية النتح. أما مـــا يدخل فعلاً فى العمليات الكيميائية داخل الأنسجة فلا يزيد غالباً عـــن ٥% مـــن كمية الماء الممتص.

ومن الناحية البيئية فإننا نهتم فقط بدخول الماء وخروجه من النباتـــات إذ أن هذه العمليات ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالعوامل البيئية المحيطة. وسنتكلم فيمـــا يلـــى عن بعض الصور التى يوجد عليها الماء.

الرطوبة غير المرئية (Invisible humidity):

هى كمية بخار الماء الموجودة فى الهواء والتى يعبر عنها بالرطوبة النسبية (Relative humidity)، وهى اصطلاح لا يعبر عن كمية بخار الماء الموجود فى الجو كوزن معلوم، ولكنه يعبر عنها كنسبة مئوية لكمية بخار الماء اللازم لتشبع الجو تحت نفس الظروف المناخية السائدة.

$$\text{الرطوبة النسبية } (\%) = \frac{\left(\begin{array}{c}\text{كمية بخار الماء الموجودة فى ١ م٣ من الهواء}\\ \text{تحت الظروف المناخية السائدة}\end{array}\right)}{\left(\begin{array}{c}\text{كمية بخار الماء اللازمة لتشبع ١ م٣}\\ \text{من الهواء تحت نفس الظروف المناخية}\end{array}\right)} \times ١٠٠^{\circ}$$

والجدير بالذكر أن الهواء الساخن يحمل كمية أكبر من بخار الماء إذا ما قـــورن بالهواء البارد. وقد دلت القياسات أن مقدرة الهواء علـــى حمـــل بخـــار المـــاء يتضاعف كلما ارتفعت درجة حرارته بمقدار ٢٠ درجة فهرنهيتية، ومن ثم فـــإن حجماً من الهواء الساخن الرطب إذ برد فإن الرطوبة النسبية ترتفع حتى تصـــل إلى درجة التشبع (الرطوبة النسبية = ١٠٠%) بالرغم من أن الوزن الحقيقـــى لبخار الماء فى هذا الحجم من الهواء لم يتغير. وإذا ما استمر تبريد الهواء أكـثر

obeikandl.com

من هذا فإننا نصل إلى ما يسمى **بنقطة الندى** وعندها يتكثف بخار الماء الذى لا يستطيع الهواء حمله إلى قطرات ندى. وهكذا فإن متر مكعب من هواء مشبع بالماء (١٠٠% رطوبة نسبية) عند درجة حرارة ٨٠°ف، يفقد نصف ما يحمله من بخار الماء على هيئة ندى إذا انخفضت درجة حرارته من ٨٠ إلى ٦٠°ف، ولكن بالرغم من هذا الفقد فى كمية الماء المطلقة الموجودة فى المتر المكعب من الهواء، فإن الرطوبة النسبية عند درجة ٦٠° ف ما زالت ١٠٠%. وباختلاف درجة الحرارة على مدار اليوم والليلة فإن الرطوبة النسبية تختلف أيضاً.

العجز فى درجة التشبع (The saturation deficit):

هو اصطلاح آخر يعبر عن رطوبة الجو ويعتمد على أن الرطوبة النسبية يمكن أن يعبر عنها بما يقابلها من ضغط فى بخار الماء. والعجز فى درجة التشبع يساوى الفرق بين ضغط بخار الماء السائد وبين ضغط بخار الماء عند التشبع (أى عندما تكون الرطوبة النسبية = ١٠٠%) تحت نفس الظروف المناخية. فمثلاً عند درجة ١٥°م يكون ضغط بخار الماء عند التشبع مساوياً ١٢,٧٣ مم زئبق. فإذا ما كانت الرطوبة النسبية عند هذه الدرجة = ٧٥% فإنها تعادل بخار ماء ذا ضغط = ٧٥ × ١٢,٧٣/١٠٠ = ٩,٥٥ مم زئبق، وبالتالى فعند هذه الدرجة من الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة يكون العجز فى درجة التشبع مساوياً ١٢,٧٣ – ٩,٥٥ = ٣,١٨مم زئبق.

العجز فى درجة التشبع (مم زئبق)	=	ضغط بخار الماء عند تشبع الهواء تحت الظروف المناخية السائدة	-	ضغط بخار الماء الفعلى تحت نفس الظروف المناخية

والجدير بالذكر أن نقص التشبع يزداد بارتفاع درجة الحرارة بالرغم من أن الرطوبة النسبية فى الجو قد تكون ثابته، فمثلاً عند درجة ٢٥°م يكون ضغط

بخار الماء عند التشبع يساوى ٤٢,٠ مم زئبق، ومن ثم فإن ضغط بخار الماء عند نفس درجة الحرارة ورطوبة نسبية قدرها ٧٥% يساوى ٧٥ x ٤٢ /١٠٠ = ٣١,٥ مم زئبق، ويكون العجز فى درجة التشبع هو ٤٢ ــ ٣١,٥ = ١٠,٥ مم زئبق. ومن الناحية البيئية فإن قياس العجز فى درجة التشبع يحمل مغزى أكبر مما تحمله الرطوبة النسبية، إذ أن هناك علاقة طردية مباشرة بين عجز التشبع وقوة التبخير الجوية التى تعمل على سحب ماء النبات.

عند مقارنة نقص التشبع فى مختلف المناطق على سطح الكرة الأرضية، فإننا نجد أن المناطق القطبية والجبلية تتميز بأقل درجات النقص، بينما تتميز الصحارى بأقصى الدرجات. وقد دلت الدراسات البيئية أن طبيعة توزيع المجتمعات النباتيه تتوقف إلى حد كبير على مقدار نقص تشبع الهواء ببخار الماء وذلك عند ثبات العوامل المناخية الأخرى.

العوامل التى تؤثر على الرطوبة الجوية: تتأثر الرطوبة الجوية بالإضافة إلى عامل الحرارة، بعدة عوامل بيئة أخرى مثل سرعة الريح، طبيعة الكساء الخضرى، والمحتوى المائى للتربة.فالرياح الجافة تقلل الرطوبة لطردها الهواء الرطب المحيط بالنباتات واستبداله بالهواء الجاف، وفى ذلك تنشيط للنتح. ولما كانت شدة الرياح تزداد بالإرتفاع فإن الأشجار العالية تعانى كثيراً من الجفاف بينما لا تتعرض النباتات المنخفضة والزاحفة لمثل هذا الجفاف، كما يقل معدل نمو النباتات على سفوح الجبال المواجهة للرياح الشديدة، مقارنة بالسفوح البعيدة عن تأثير الرياح الجافة. أما الرياح الرطبة فإنها تجعل الجو رطباً، وإذا هبت على منطقة بصفة مستمرة فإنها تخلق جواً يسمح بنمو النباتات الوسطية (Mesophytes) فى بيئة لولا وجود هذه الرياح ما نما فيها سوى النباتات الجافة (Xerophytes). يؤثر التعرض لأشعة الشمس أيضاً على الرطوبة الجوية فالسفوح الجنوبية بنصف الكرة الشمالى التى تتعرض لأشعة الشمس أطول وقت

ممكن تأخذ نصيباً وافراً من الحرارة ولذلك تكون رطوبتها الجوية أقل من رطوبة السفوح الشمالية، وغالباً ما تتعرض السفوح الجنوبية لرياح جافة أيضاً، وبهذا يعمل التعرض لأشعة الشمس والرياح الجافة على انخفاض رطوبتها مما يجعلها أقل ملائمة لنمو النباتات الوسطية والتى قد توجد بوفرة على السفوح الشمالية الأكثر رطوبة.

البخر (Evaporation):

تمثل قوة التبخير الجوية كما سبق أن ذكرنا مقدرة الهواء الجوى على التجفيف سواء كان تجفيف للتربة أو للنباتات. يتناسب التبخر فى الهواء الساكن مع العجز فى درجة التشبع أى نقص ضغط بخار الماء فى الجو. يرتبط النتح فى كثير من الأحيان ارتباطاً وثيقاً بالتبخير، وقياس العاملين معاً (**البخر ــ نتح:** Evapotranspiration) ومعرفة النسبة بين كمية المطر والنتح ــ بخر تلقى ضوءاً كبيراً على اقتصاديات المياه فى المجتمعات النباتية.

المطر (Rainfall):

لعل المطر هو أهم العوامل المناخية ذات الأثر فى حياة النباتات وفى توزيع التكوينات النباتية وطبيعة تركيبها وخاصة فى المناطق الصحراوية حيث يكون المطر عاملاً محدداً. والاختلاف فى كمية ما تحصل عليه منطقة ما من أمطار عن منطقة مجاورة لها لا ينعكس فقط على اختلاف الأنواع النباتية التى تسود هاتين المنطقتين، ولكن أيضاً على مقدار التغطية النباتية لأراضى هاتين المنطقتين. ويبدو هذا التباين واضحاً فى وفرة وطبيعة الكساء الخضرى نتيجة لاختلاف كمية المطر على الساحل الشمالى للبحر المتوسط بمصر، حيث توجد أحزمة متتالية من الكساء الخضرى تختلف فيما تحتويه من أنواع نباتية وكذا فى

مقدار تغطيتها للتربة حسب بعدها جنوباً عن ساحل البحر وبالتالى حسب مايصل إليها من ماء المطر. يبدو تأثير المطر واضحاً أيضاً فى بعض المناطق الجبلية التى تعترض فيها الجبال طريق الرياح المحملة بالرطوبة (مثل منطقة جبال علبة جنوب ــ شرق مصر)، فالجانب المواجه للريح يتساقط عليه المطر بغزارة أما الجانب المعاكس فيقل مطره كثيراً. ولذلك قد تنمو الغابات الكثيفة فى مواجهة الريح بينما لا توجد سوى تكوينات صحراوية أو أنواع من حشائش المراعى على الجانب الآخر.

توزيع المطر على فصول السنة المختلفة يعطى الكساء الخضرى مظهراً موسمياً. فإذا كانت كمية المطر موزعة بالتساوى على فصول السنة المختلفة وذات تأثير وفاعلية متساوية، كما هو الحال فى المناطق الإستوائية فإننا لا نجد فرقاً فى مظهر الكساء الخضرى على مدار السنة. أما إذا كانت كمية المطر تختلف من فصل لآخر كما هو الحال فى صحارينا، حيث المطر شتاءً والجفاف صيفاً، فإننا نجد فصل الربيع هو الفصل الذى يتميز بكساء خضرى نشط ومزدهر، أما فى فصل الصيف تصبح الأرض جرداء إلا من بعض النباتات الجافة المعمرة، وبعض هذه الأنواع المعمرة قد تدخل فى طور كمون تفقد خلاله معظم أو كل أجزاءها الهوائية وتقضى فترة الصيف على هيئة درنات أو كورمات أو ريزومات أرضية مختفية فى الأرض (النباتات المختفية Cryptophytes).

فاعلية المطر (Effectivity of precipitation). تستمد الأراضى معظم رطوبتها من المطر، ولكن الأنواع المختلفة من الأمطار ليست ذات تأثيرات متساوية فى رفع المستوى الرطوبى للتربة. فإذا كان المطر مستمراً وببطء فإن التربة يكون أمامها الفرصة لأن تمتص أكبر قدر ممكن منه وتكون نسبة ما يفقد عن طريق الجريان السطحى أقل ما يمكن، وبالطبع كلما زادت كمية المطر

زادت فرصة تغلغله فى باطن التربة بعيداً عن السطح المعرض للجفاف السريع. يعنى هذا فى مجمله أن المطر المستمر ببطء على منطقة ما له فاعلية فى مد النباتات بقدر كبير وفعال من الرطوبة الأرضية. وعموماً تتوقف فاعلية كمية ما من المطر على عدة عوامل أهمها:ـ

١ ـ **التوزيع على مدار السنة**. فإذا فرضنا أن منطقة ما تحصل سنوياً على كمية من المطر تساوى ١٥٠مم فإننا نجد كمية الغطاء النباتى وصور حياته والأنواع الداخلة فى تركيبه تختلف باختلاف توزيع هذه الكمية على مدار السنة.

٢ ـ **نوع التربة**. فالتربة الرملية يتسرب المطر خلالها ليصل إلى أعماق قد تكون فى الغالب بعيدة عن جذور النباتات فلا تستفيد منها. أما التربة الطينية شديدة التماسك فلا ينفذ الماء خلال مسامها بل يجرى على سطحها لينزل إلى نهر أو بحر أو منخفض، وبالتالى لا توجد فرصة لماء المطر كى يتعمق إلى مناطق الجذور. وتعتبر التربة متوسطة القوام أكثر قدرة على الإستفادة من المطر من أى نوع آخر من الترب.

٣ ـ **درجة إنحدار التربة**. تنحدر كمية المطر التى تسقط على سفوح الجبال لتتجمع فى الوديان والمنخفضات مما يجعلها تستقبل أضعاف ما تسجله محطات الأرصاد من بيانات عن معدل سقوط الأمطار، وبالتالى تكون فاعلية الأمطار كبيرة فى الوديان والمنخفضات وضعيفة على المنحدرات.

٤ ـ **الكساء الخضرى**. يؤثر الكساء الخضرى أيضاً على فاعلية المطر، فالأشن والحزازيات قد تمتص كميات المطر التى تنزل على منطقة ما ولا تسمح لها بالتسرب إلى باطن التربة فلا تستفيد منها النباتات ذات الجذور العميقة. من جهة أخرى تعمل الأشجار ذات الأغصان والأوراق الكثيرة على احتجاز كميات كبيرة من ماء المطر فلا تصل إلى الأرض لتستفيد

منها النباتات العشبية والحوليات. كما أن بعض النباتات مثل الـــذرة لـــه أوراق طويلة ومثلثة الشكل تعمل كقنوات تجميع للماء من مساحة كبـــيرة لتلقى بها فى منطقة محدودة حول سيقان النبات. تؤثر الصفـــات الشـــكلية والتشريحية للنباتات أيضاً على فاعلية المطر فإذا كانت النباتات لها القدرة على الإقلال من النتح كان ذلك كفيلاً بالمحافظة على الرطوبة الأرضيـــة وبالتالى زيادة فاعليه المطر.

٥ ــ **العوامل المناخية**. تؤثر العوامل المناخية مثل الرياح ودرجـــة هبوبـــها، درجة الحرارة، كمية بخار الماء فى الجو، ومقدار العجز فى درجة التشبع تأثيراً عظيماً على فاعلية المطر.

تقدير فاعلية المطر. قام الباحثون بمحاولة قياس فاعلية المطـــر، وأفضـــل طريقة هى قياس مدى تعمق ماء المطر فى التربة ومدى بقائه فى حالة تســـمح بأن تستفيد منه البذور فى إنباتها، والنباتات فى نموهـــا (الطريقـــة المباشـــرة). تختلف فاعلية المطر من نبات لآخر تبعاً للنوع طالما كانت الظروف المناخيـــة الأخرى واحدة. ومع أن الطريقة المباشرة هى الطريقة المثلى، إلا أن البـــاحثين حاولوا إيجاد علاقة حسابية تحدد فاعلية المطر وذلك بربط كمية ما يسقط منـــه فى مكان ما بالعوامل الجوية الأخرى السائدة مثل البخـــر، درجـــة الحـــرارة، والعجز فى درجة التشبع . ومن هذه العلاقات ما يلى:

١ ــ فاعلية المطر = $\frac{\text{كمية المطر (مم)}}{\text{كمية البخر (مم)}}$ وقد استخدم ترانسو هذه المعامل عام ١٩٠٥

٢ ــ فاعلية المطر = $\frac{\text{كمية المطر (مم)}}{\text{درجة الحرارة (°م)}}$ **ويسمى معامل لانج للمطـــر (The Lange rain factor).**

٣ ــ فاعلية المطر = كمية المطر (مم) / العجز فى درجة التشبع (مم زئبق) ويسمى معامل ماير (Mayer quotient).

الدليل المطرى الحرارى لـ "إمبرجية". قام العالم الفرنسى إمبرجيه (Emberger) بمحاولة ربط كمية المطر بمتوسط درجة الحرارة العظمى لأشد الشهور حرارة ومتوسط درجة الحرارة الصغرى لأقل الشهور حرارة، ووضع هذه العلاقة التى سماها الدليل المطرى الحرارى **(Pluviothermic index):**

$$Q^2 = \frac{P}{(\frac{M+m}{2})(M-m)} \times 1000 = \frac{2000P}{M^2-m^2}$$

M هى متوسط درجة الحرارة العظمى لأشد الشهور حرارة. و m هى متوسط درجة الحرارة الصغرى لأقل الشهور حرارة. وكلما صغرت قيمة Q كلما كانت الجفافية شديدة. وإذا طبقنا هذه المعادلة على بلادنا نجد أن قيمة Q للإسكندرية (P = ١٩٢,٢ مم ، M = ٣٠,٤°م، m = ٩,٣°م) هى ٢١,٤ وللقاهرة (P = ٢٣,٨ مم، M = ٣٥,٤°م، m = ٩,٦°م) هى ٦,٤. ومن ثم يبدو واضحاً أن المناطق الصحراوية المجاورة للقاهرة شديدة الجفافية إذا ما قورنت بالمناطق الساحلية المجاورة للإسكندرية وهذا يفسر الإختلاف الكبير فى طبيعة نمو الكساء الخضرى فى كلا المنطقتين.

الضوء (Light)

تستمد النباتات الخضراء الطاقة اللازمة لإنتاج الغذاء على الأرض بطريقة مباشرة وغير مباشرة من ضوء الشمس وذلك عن طريق عملية البناء الضوئى (Photosynthesis)، أما البكتريا ذاتية التغذية فتحصل على الطاقة اللازمة لبناء ما تحتاج إليه من مواد غذائية بطريقة البناء الكيميائى (Chemosynthesis) حيث

obeikandl.com

تقوم بصنع المواد الكربوهيدراتية من غاز ثانى أكسيد الكربون باستخدام الطاقة التى تنطلق من العمليات الكيميائية التى تقوم بها مثل عملية الأكسدة.

تمثل مادة اليخضور (Chlorophyll) حلقة الإتصال الأساسية بين جميع الكائنات الحية وبين الطاقة الشمسية من خلال مقدرتها على إمتصاص الطاقة من ضوء الشمس وتثبيتها فى صورة طاقة كيميائية مختزنة فى المواد السكرية الأولية. للضوء تأثيرات هامة أخرى على النباتات خاصة ما يتعلق بتميز الأنسجة والأعضاء وطريقة تركيبها. والحقيقة أن الماء قد يكون هو العامل الوحيد الذى ينافس الضوء فى مدى تأثيره على التركيبات الشكلية والتشريحية للنباتات.

تستعمل النباتات ذات النمو النشط حوالى ١% من كمية الضوء فى عمليات البناء الضوئى. وفى حالة عدم تمكن النباتات من القيام بعملية التمثيل الضوئى نتيجة لغياب الضوء فإن وزنها يبدأ فى التناقص، إذ أن عملية التنفس، وهى عملية لا تتوقف أبداً، تستنزف المواد الغذائية المختزنة فى أنسجة النبات، وبالتالى إذا لم يكن هناك تعويض فلابد وأن يتناقص وزن النبات. ولكى يحافظ النبات على بقائه لابد من أن يقوم ببناء قدر من المواد الغذائية تسمح له على الأقل بألا يتناقص وزنه، ويأتى ذلك بمد النبات بالضوء الكافى. والدرجة التى تكون عندها كمية الضوء كافية فقط لأن تعيد القدر من ثانى أكسيد الكربون المتصاعد فى عملية التنفس إلى النبات خلال عملية التمثيل الضوئى تسمى بدرجة أو **نقطة التعويض** (Compensation point). وتختلف كمية الضوء اللازمة لتحقيق ذلك من نبات إلى آخر. وفى بعض الأحيان عندما يكون الجو ملبداً بالغيوم تكون كمية الضوء التى تصل إلى النباتات أقل من أن تحقق هذا التوازن فيتناقص وزن النباتات. وإذا استمر عدم التوازن هذا فإنه يتسبب فى حدوث خلل عام فى النظام البيئى. ومما سبق يتضح أن النباتات لكى تنمو طبيعياً

لا بد وأن يزيد فيها معدل البناء الضوئى عن معدل التنفس، وبمعنى آخر لا بد وأن تزيد كمية الضوء الواصلة إلى النباتات عما يسمى بنقطة التعويض. وعلى سبيل المثال كمية الضوء عند درجة التعويض لنبات الصنوبر هى ١٨٣٠ شمعة، ولكى ينمو النبات بصورة طبيعية لا بد وأن تصل كمية الضوء إلى ضعف هذه الكمية تقريباً.

نباتات الشمس (Heliophytes) ونباتات الظل (Sciophytes):

تسمى النباتات التى تنمو نموا حسناً عند تعرضها لضوء الشمس الكامل نباتات الشمس (Heliophytes)، أما النباتات التى تنمو أفضل عند درجات أقل من ضوء الشمس فتسمى نباتات الظل (Sciophytes). وقد تستطيع بعض الأنواع النباتية المحبة للضوء أن تنمو بدرجة حسنة أيضاً تحت ظروف ظليلة مثل هذه النباتات تسمى النباتات متحملة الظل **(Facultative sciophytes)**. أما النبات التى لا تستطيع النمو بصورة طبيعية إلا تحت ظروف الإضائة الكاملة تسمى نباتات الشمس الحقيقية **(Objective heliophytes)**. وبالمثل توجد نباتات متحملة الشمس **(facultative heliophytes)** ونباتات الظل الحقيقية **(Objective sciophytes)**. ولكننا يجب ألا نرجع مثل هذه الإختلافات بين النباتات إلى عامل الضوء فقط، فقد يرجع ذلك إلى تأثير الضوء غير المباشر على درجة الحرارة أو الرطوبة أو النقص فى النيتروجين أو ثانى أكسيد الكربون أو غير ذلك من العوامل الأخرى.

إنتاج اليخضور (Production of chlorophyll):

يعتبر إنتاج اليخضور أول رد فعل تستجيب به النباتات لعامل الضوء ويستثنى من ذلك البكتريا والفطريات وهى التى لم تنشأ فيها القدرة على تكوين اليخضور أصلاً أو فقدت منها هذه القدرة بتأثير عامل التطفل أو الترمم. ومن

ناحية أخرى توجد أنواع من السوطيات وحيدة الخلية تنتج اليخضور دون أن تتعرض للضوء، ولكنه يخضور لا يستطيع أن يؤدى عمله فى وظيفة تمثيل المواد الكربوهيدراتية إلا إذا تعرض للضوء. وبإستثناء هذه السوطيات وحدها لا تنتج النباتات الراقية اليخضور إلا فى وجود الضوء، ويختفى اليخضور إذا طال وضع هذه النباتات فى الظل.

الشحوب اليخضورى (Etiolation):

يتكون اليخضور كما سبق أن ذكرنا عندما يوجد الضوء ويقل أو ينعدم عندما يقل أو ينعدم الضوء، ولكن ما هو جدير بالذكر فى هذا المجال أن نباتات الظل غالباً ما يصيبها الضرر تحت ظروف ضوء الشمس الساطع، إذ أنها لا تستطيع بناء صبغات اليخضور بمعدل يعادل تحللها. تتمثل هذه الحالة بوضوح فى نبات الرصن (*Selaginella* sp.)، حيث نجد أن اللون الأخضر للأوراق يصير شاحباً أثناء الظهيرة بسبب تحلل اليخضور بمعدل أكبر من معدل تكوينه، ولذلك فقد يعزى ولو جزئياً فشل نباتات الظل من أن تنمو فى المناطق المشمسة لعدم التوازن بين إنتاج وتحلل اليخضور، وتكون النتيجة إصابة النباتات بالشحوب اليخضورى، ومن ثم عجزها عن القيام بعملية التمثيل الضوئى بالمعدل المطلوب، مما يؤدى إلى اختلال التوازن بين التنفس والتمثيل فيتوقف نمو النبات أولاً، ثم يبدأ فى التناقص فى الوزن وفى النهاية يفنى تماماً. وفى نبات القمح وجد أن النباتات عندما تنمو تحت ظروف ضوء شديد يصبح لونها شاحباً، وقد عزى هذا إلى أن العصارة الخلوية تحت هذه الظروف تصبح حامضية التفاعل (نقص الرقم الأيدروجينى pH) مما يؤدى إلى تعثر عملية نقل أيونات الحديد، وبالتالى تتأثر صناعة اليخضور داخل الأنسجة ويصاب النبات بالشحوب اليخضورى.

تنظيم عملية فتح الثغور :

معظم النباتات يلزمها الضوء لفتح الثغور، إلا أن هناك أنواع نباتية يمكنها فتح ثغورها أثناء الليل متأثرة بعوامل أخرى غير الضوء. يعتمد تأثر فتح أو قفل الثغور بالضوء على مدى امتلاء الخلايا الحارسة، الأمر الذى يتوقف على عملية التمثيل الضوئى، وهى العملية التى لا بد أن تتم فى وجود الضوء.

تكوين الاكسينات :

النباتات التى تنمو بعيدة عن الضوء تكون كميات كبيرة من الأكسينات وبالتالى نجدها تستطيل بسرعة، غير أن الأنسجة المتكونة عندئذ تكون ضعيفة كما هو الحال فى النباتات التى تنمو بين الأشجار الكثيفة، أما النباتات التى تنمو تحت ظروف شديدة الإضائة فتكون أقل حجماً وأصلب عوداً.

تكوين الانثوسيانين :

لوحظ فى كثير من النباتات وجود علاقة موجبة بين شدة الضوء وتكوين صبغ الأنثوسيانين الأحمر اللون. تعمل هذه الصبغة، التى تكون مركزة فى طبقات القشرة الخارجية، على إنعكاس الضوء فلا تسمح لجزء منه بالدخول إلى الأنسجة الداخلية. تعكس هذه الأصباغ بصفة خاصة الأشعة تحت الحمراء ذات التأثير الحرارى المرتفع مما يؤدى إلى تلطيف درجة حرارة الأنسجة الداخلية. وقد وجد أن درجة حرارة الأنسجة التى توجد تحت البقعة الحمراء تقل عدة درجات إذا ما قورنت بدرجة حرارة الأنسجة المجاورة التى توجد تحت البقع الخضراء.

أثر الضوء على الصفات الشكلية والتشريحية للنباتات :

تؤدى زيادة شدة الضوء إلى :ـ

١ ـ تكوين غطاء سميك على البشرة سواء من مادة الكيوتين أو الشمع أو الشعيرات الكثيفة، وقد توجد أيضاً أكثر من طبقة من الكيوتين تحت البشرة، كما هو الحال فى الكثير من النباتات الصحراوية.

٢ ــ كثرة الأفرع وصغر حجم الأوراق والخلايا المكونة لها. ولما كانت شدة الضوء تسبب نمو أوراق الشاى والتباكو لأحجام صغيرة وخشنه الملمس فإن نمو هذه النباتات تحت ظروف ظليلة يكون له أهمية إقتصادية مرجوة.

٣ ــ نمو النسيج العمادى بدرجة كبيرة وربما على جانبى الورقة، ويكون ذلك مصحوباً بضعف فى النسيج الإسفنجى.

٤ ــ نسبة المساحة الكلية للأوراق إلى مساحة الأنسجة الدعامية والتوصيلية قليلة.

٥ ــ عدد وحجم العقد البكتيرية يفوق نظيره فى النباتات المحبة للظل.

التواقت الضوئى (Photoperiodism) :

لفترة الضوء التى يتعرض لها النبات أثناء اليوم الكامل أهمية كبرى فى حياة كثير من النباتات. **ويعرف التواقت الضوئى على أنه مدى استجابة النباتات للتغير اليومى فى فترة الإضاءة.** تسمى النباتات التى لا تنمو نمواً طبيعياً إلا تحت ظروف تزيد فيها فترة الضوء عن حد معين (١٤ ساعة مثلاً) **نباتات النهار الطويل** (Long-day plants)، مثل السبانخ والبنجر والفجل والبطاطس ومعظم نباتات المناطق المعتدلة التى تزهر فى أواخر الربيع وبداية الصيف. أما النباتات التى لا تستطيع أن تنمو طبيعياً إلا تحت ظروف تكون فيها فترة الإضاءة أقل من حد معين (١٠ ساعات مثلاً) فتسمى **نباتات النهار القصير** (Short - day plants)، مثل بعض أنواع التبغ وقصب السكر وفول الصويا والبنفسج ومعظم نبات المناطق المعتدلة التى تزهر فى أوائل الربيع أو أواخر الصيف. . بالإضافة إلى ذلك فإن هناك نباتات لا تتأثر بفترة الإضاءة اليومية وتعرف بالنباتات المتعادلة أو **نباتات النهار المحايد** (Day-neutral plants) مثل القطن والطماطم وعباد الشمس.

عندما تنمو نباتات النهار القصير تحت ظروف تزيد فيها فترة الضوء عن الحد الملائم لها فإنها تعطى نمو خضرى ضخم مع تأخر أو توقف إنتاج الأزهار، وتسمى هذه الحالة التعملق (Giantism). وفى إحدى التجارب على فول الصويا، وهو أحد نباتات النهار القصير، أعطى أزهاراً بعد ١١٠ يوماً إذا ما زرع ونمى تحت فترة إضاءة قدرها ١٢ ساعة يومياً، بينما أعطى أزهاراً بعد ٢٧ يوماً فقط من زراعتة حينما كانت فترة الإضاءة اليومية خمس ساعات فقط. وفى تجربة أخرى على فول الصويا أيضاً قام أحد الباحثين بزراعته على فترات متفاوته ابتداءً من فصل الربيع حتى بداية فصل الصيف فوجد أن الأزهار كلها بدأت فى الظهور فى وقت واحد تقريباً فى نهاية فصل الصيف بغض النظر عن موعد الزراعة. وكان الإستنتاج أن تكون الزهور والثمار يعتمد على تعريض النباتات لنهار قصير وهو الذى يتحقق فى نهاية فصل الصيف ومن ثم بدأت النباتات فى التزهير والإثمار. تستخدم ظاهرة التواقت الضوئى اقتصادياً لإنتاج الأزهار والثمار فى غير موسمها الطبيعى حتى تكون ذات قيمة إقتصادية مرتفعة.

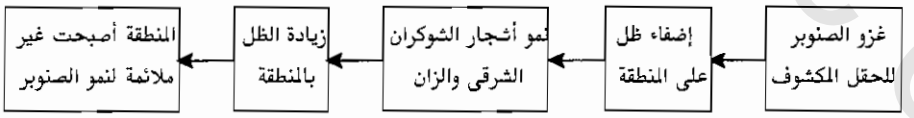
تتكون المجتمعات النباتية من خليط من الأنواع النباتية بعضها تابع لنباتات النهار الطويل وبعضها تابع لنباتات النهار القصير والبعض الآخر نباتات متعادلة. ومن ثم فإننا نجد أن المجتمع النباتى فى منطقة ما (مثل منطقة الساحل الشمالى الغربى لمصر) يظهر بعدة مظاهر مختلفة على مدار السنة (حيث تتعاقب الفصول التى تختلف فى نسبة طول الليل والنهار).

العلاقات الضوئية فى المجتمعات النباتية :

يوجد الكساء الخضرى فى المناطق الرطبة من العالم على هيئة طبقات تعلو أحداها الأخرى فتغطى الأشجار الشجيرات وتغطى الشجيرات الأعشاب وهكذا

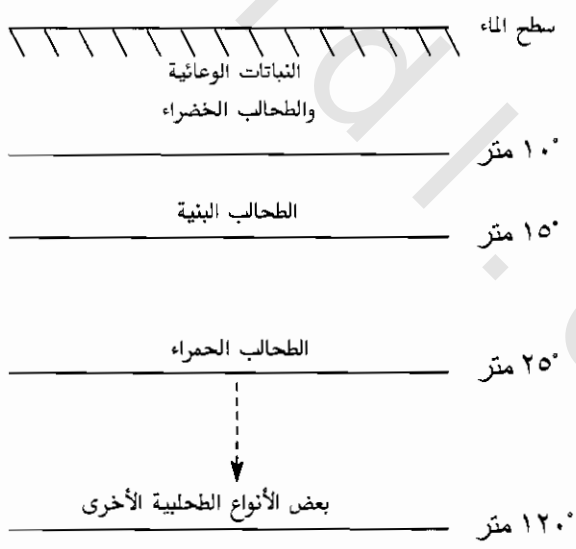
حتى نصل إلى طبقة الحزازيات التى تغطى سطح التربة. وتحت هذه الظروف نجد أن معظم النباتات التى تدخل فى تكوين مثل هذه المجتمعات من نباتات الظل (Sciophytes). وعلى العكس من ذلك ففى المناطق الصحراويه ذات الكساء الخضرى المفتوح فإن معظم النباتات تكون من نباتات الشمس (Heliophytes).

يتوقف نجاح نوع ما من النباتات على مدى احتياج بادراته من الضوء، فإذا ما نمت نباتات محبة للضوء فى ظروف لا تسمح بتوفير الضوء الكامل كان ذلك كفيلاً بعدم نجاحها، بينما البادرات المحبة للظل تجد فى هذا المكان وسطاً مناسباً لنموها وازدهارها. وهكذا تظهر أهمية الضوء فى تحديد الأنواع النباتية التى يمكن أن تتواجد فى مكان ما. وقد وجد فى منطقة نيوانجلاند (جنوب شرق استراليا) أنه عندما يترك حقل لإستعادة غطائه النباتى الطبيعى دون تدخل من قبل الإنسان فإن أول نبات يغزو هذه الحقل وينمو بنجاح هو نبات الصنوبر (*Pinus strobus*) وهو نبات محب للضوء. تضفى أشجار الصنوبر على المنطقة من الظلال ما يكفى لتغير ظروف الوسط فيصبح مناسباً لنمو بادرات نبات الشوكران الشرقى (*Thuga canadensis*) ونبات الزان (*Fagus grandifolia*). وتزيد هذه النباتات من كمية الظل فى المنطقة إلى درجة لم تعد تسمح بنمو بادرات الصنوبر، وهكذا يصبح نبات الصنوبر عاجزاً عن أن يجدد نفسه ومن ثم عاجزاً عن البقاء بصورة مستمرة فيبدأ بالزوال، وفى خلال عدة قرون يفنى تماماً من هذا الحقل الذى بدأ بنفسه الحياة فيه (شكل ٤٠).



شكل (٤٠): علاقة الضوء بتعاقب النبت فى إحدى غابات نيو إنجلاند (جنوب شرق استراليا).

يلعب الضوء دوراً محدداً لمدى العمق الذى يمكن أن تنمو عنده النباتات المائية فى البحار والمحيطات. فالطحالب الحمراء مثلاً لها احتياجات ضوئية قليلة إذا ما قورنت بالطحالب البنية، ومن ثم فإن الطحالب الحمراء يمكن أن تتواجد على عمق يصل إلى ٢٥ متراً بينما الطحالب البنية لا تستطيع بناء احتياجاتها من المواد الكربوهيدراتية على عمق يزيد عن ١٥ متراً (شكل ٤١). يعتقد أن سبب نجاح الطحالب الحمراء فى النمو تحت الأعماق الكبيرة هو وجود الصبغات الحمراء التى تزيد قدرة صبغات اليخضور على الإستفادة من الضوء الخافت. وهناك بعض الأنواع الطحلبية الأخرى تستطيع أن تتواجد بنجاح على عمق يصل إلى ١٢٠ متراً من المياه الصافية (حيث لاتزيد قوة الضوء عند هذا العمق عن ٠,٥% من ضوء الشمس). أما النباتات الوعائية التى توجد فى المياه العذبة فلا تتعمق فى الغالب لأكثر من ١٠ متر فى المياه شديدة الصفاء. توجد طبقات مختلفة من الأنواع النباتية على امتداد هذا العمق، يحدد مدى كل طبقة الإحتياجات الضوئية للنباتات المكونة لها.



شكل (٤١). علاقة الضوء بتوزيع النباتات المائية.

الهـــواء (Air)

يتميز الهواء الجوى بثبات كبير، والهواء عبارة عن مزيـــج مـــن غـــازات يشكل النيتروجين ما يزيد قليلاً عن ٧٨% منها، والأكسجين تقترب نسبته مـــن ٢١%، والأرجون تقترب كميتة من ١%. ويوضح جدول (٧) التراكيز النســبية للمكونات المختلفة للهواء الجوى العادى الجاف عند مستوى سطح البحر.

جدول (٧). التركيب الغازى للهواء الجوى.

الغـــاز	التركيز (ppm)	الغـــاز	التركيز (ppm)
نيتروجين	٧٨٠٩٠٠	كريبتون	١
أكسجين	٢٠٩٤٠٠	أكسيد النيتروز	٠,٥
أرجون	٩٣٠٠	هيدروجين	٠,٥
ثانى أكسيد الكربون	٣١٥	زينون	٠,٠٨
نيون	١٨	ثانى أكسيد النيتروجين	٠,٠٢
هيليوم	٥.٢	أوزون	٠,٠١ ــ ٠,٠٤
ميثان	١ ــ ١,٢		

الأهمية البيئية للغازات المكونة للهواء

يعتبر النيتروجين الجوى وسطاً خاملاً بالنسبة للنباتات الخضراء، فلا توجـد أدلة تثبت قدرة النباتات الخضراء على استخدامه فى تكوين المركبات العضويـــة النيتروجينية ولكن توجد بعض البكتريا التكافلية التى تعيش داخل جذور النباتـات القرنية لها القدرة على بناء المواد العضوية النيتروجينية من النيتروجين الجوى. وتوجد أيضاً بعض الفطريات والطحالب الخضراء المزرقة لـــها القـــدرة علـــى تحويل النيتروجين إلى مركبات عضوية.

وأهم غازات الهواء ذات التأثير البيئى على النباتات الأكسجين وثانى أكسيد الكربون، فالأكسجين ضرورى لعملية التنفس وثانى أكسيد الكربون ضـــرورى لعملية البناء الضوئى.ونظراً لأن كمية الأكسجين فى الهواء كبيرة (٢١% مـــن حجمه) فإن التغيرات التى يمكن أن تطرأ على كميته ليست لها أهمية بيئية كبيرة على النباتات. ولا يعانى المجموع الخضرى الهوائى للنباتات أى نقص فى كمية الأكسجين، والأمر مختلف بالنسبة للنباتات المائية وأجزاء النبات المطمورة فـــى التربة. فكمية الأكسجين فى هواء التربة أقل منها فى الـــهواء الجـــوى نتيجـــة لاستهلاك اكسجين هواء التربة فى عمليات تنفس المجموع الجـــذرى للنباتـــات والكائنات الدقيقة وفى عمليات تحلل المادة العضوية الموجودة فى التربة، إضافة إلى أن بعض خواص التربة تعوق تهويتها مثل زيادة الرطوبة وتراص حبيبـــات التربة وغيرها، لذا نجد أن النباتـــات التـــى تعيـــش فـــى الأوســـاط الرطبـــة (Hygrophytes) والنباتات المائية (Hydrophytes) تمتلك بعض الخواص التـــى تمكنها من التغلب على نقص الأكسجين فى مواطنها.

أما بالنسبة لغاز ثانى أكسيد الكربون فإن تركيزه فى الهواء المحيط بالنبـــات ليس ثابتاً فى الأوقات المختلفة، ففى الأوقات التى يكـــون فيـــها معـــدل البنـــاء الضوئى مرتفعاً يلاحظ إنخفاض تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء المحيـــط بالنباتات، وعلى العكس من ذلك يزداد تركيزه ليلاً حين تتوقف عمليـــة البنـــاء الضوئى. ويعود عدم ثبات تركيز ثانى أكسيد الكربـــون فـــى الـــهواء المحيـــط بالنباتات إلى التوزيع غير المتساوى للمصادر المطلقة والمستهلكة لـــه. يتكـــون ثانى أكسيد الكربون نتيجة لتنفس النباتات والحيوانات والإحتراق ومن الـــبراكين ومياه بعض الينابيع، ومن المصادر الهامة له أيضاً ما يعرف بتنفس التربـــة إذ يتشكل فى التربة نتيجة لتنفس جذور النباتات والكائنات الحية التى تعيش فيـــها وكذلك نتيجة لتفكك البقايا النباتية والحيوانية بفعل الكائنات الدقيقة. تنطلق مـــن

التربة كميات أكبر من ثانى أكسيد الكربون كلما كانت غنية بالمادة العضوية وجيدة التهوية والرطوبة وكانت درجة حرارتها ملائمة لنشاط الكائنات الدقيقة. وتبين القياسات أن التربة الغنية بالمادة العضوية وجيدة التهوية تطلق أكثر من ٢٠ كيلوجراماً من ثانى أكسيد الكربون لكل هكتار فى الساعة الواحدة.

يتعرض تركيز ثانى أكسيد الكربون إضافة إلى ذلك، لتغيرات يومية وفصلية، فتركيزه نهاراً داخل المجتمعات النباتية أقل من تركيزه ليلاً بسبب توقف عملية البناء الضوئى، كما أن تركيزه فى غابات المناطق المعتدلة متساقطة الأوراق خريفاً أعلى منه فى الصيف بسبب ارتفاع معدل البناء الضوئى صيفاً وانخفاضة خريفاً نظراً لسقوط الأوراق. من جهة أخرى تنطلق كميات كبيرة من ثانى أكسيد الكربون نتيجة تحلل الأوراق الساقطة فى الخريف مما يؤدى إلى رفع تركيزه أيضاً.

الرياح (Winds)

تعتبر الرياح عامل بيئى هام خاصة فى المناطق المسطحة الساحلية أو أعالى الجبال. تؤثر الرياح على النباتات بطريقة مباشرة عن طريق التأثير فى معدلات النتح والبخر، والأضرار الميكانيكية، وكذا المساعده على نثر حبوب اللقاح والوحدات التكاثرية من مكان لآخر. أما تأثيرات الريح غير مباشرة على درجة الحرارة، وحمل كتل الهواء البارد والساخن من مكان لآخر، وتسيير السحب وتغيير إتجاهاتها، فلة أكبر الأثر فى طبيعة وكمية المطر التى تهطل على منطقة ما.

تقسم الرياح إلى درجات حسب سرعتها طبقاً للمقياس الذى وضعة الأدميرال الإنجليزى فرانسيس بوفورت (F. Beaufort) فى سنة ١٨٠٥ كما هو موضح بالجدول (٨):

تتأثر سرعة الريح بطبيعة التضاريس والغطاء النباتى وبعوامل أخـــرى مثل القرب أو البعد عن سواحل المحيطات والبحار. كما أن ســـرعة الريـــح تـــزداد بإنتظام كلما إرتفعنا فوق سطح البحر.

جدول (٨). مقياس بوفورت لتقدير سرعة الرياح.

نوع الريح	السرعة (كم/الساعة)	وصف الريح
١ ــ ساكنة	صفر ــ ٢	يتصاعد الدخان عمودياً
٢ ــ هادئة	٢ ــ ٧	يحرك الريح الدخان فقط
٣ ــ هيفاء	٧ ــ ١٤	تخشخش أوراق الأشجار وتشعر بالريح على الوجه
٤ ــ خفيفة	١٤ ــ ٢١	تتحرك أغصان الأشجار الصغيرة وتنتشر الرايات
٥ ــ معتدلة	٢١ ــ ٢٩	تتحرك أوراق الشجر الصغيرة ويتصاعد الغبار
٦ ــ نسماء	٢٩ ــ ٣٨	تميل الشجيرات وتظهر الموجات الصغيرة على سطح الماء
٧ ــ شديدة	٣٨ ــ ٤٧	تتحرك فروع الشجر الكبيرة
٨ ــ شديد جداً	٤٧ ــ ٥٧	يتحرك الشجر بأكملة ويتضايق الإنسان فى سيرة
٩ ــ هوجاء	٥٧ ــ ٦٩	تتكسر الأغصان من الأشجار
١٠ ــ عاصفة	٦٩ ــ ٨٢	يحصل بعض التلف للمبانى
١١ ــ عاتية	٨٢ ــ ٩٦	تقتلع الأشجار
١٢ ــ ربوع	٩٦ ــ ١١٩	نادرة الحدوث فى الوطن العربى
١٣ ــ إعصار	أكبر من ١١٩	نادرة الحدوث فى الوطن العربى

أثر الرياح على التربة :

أ ــ تكوين التربة (Soil formation). تنقل الرياح الجسيمات الدقيقة مـــن التربة من مكان لآخر. وفى مصر يسود المنطقة الساحلية ثلاث أنواع من الرياح هى : الشمالية الغربية والشمالية الشرقية والجنوبية، والأخيرة غالباً مـــا تـــهب بعنف حاملة معها كميات كبيرة من جسيمات التربة الدقيقة من داخل الصحـــراء الجنوبية إلى المناطق الساحلية، وتختلط هذه التربة الناعمة المفككة (loess soil)

مع تلك التى تأتى بها الرياح الشمالية من حبيبات الكثبان الكلسية الموازية لساحل البحر، وينتج عن هذا الخلط تكوين تربة أكثر خصوبة، والتى تزيد عمقاً عاماً بعد عام مسببة بذلك علواً فى التربة وتغييراً فى خواصها الطبيعية والكيماوية ومن ثم فى كسائها الخضرى.

تحمل الرياح الحبيبات الكلسية من شاطئ البحر لتلقى بها بعيداً فى صورة كثبان مستطيلة موازية للشاطئ بإرتفاع قد يصل إلى عدة أمتار. وهذه الكثبان الشاطئية ليست ثابتة بل فى نمو وتقدم مستمر على حساب ما يجاورها من أراض أخرى، وهى بهذا تغطى مساحات من الأراضى قد تكون أكثر خصوبة وإنتاجاً. وتعمل الرياح أيضاً على بناء نوع مشابه من الكثبان الرملية بنقل الحبيبات الرملية من الصحراء الداخلية مكونة كثبان رملية داخلية متحركة قد تهدد فى كثير من الأماكن السكان وممتلكاتهم ومصادر مياههم وتقطع طرق مواصلاتهم. وتعتبر واحات الوادى الجديد بالصحراء الغربية لمصر من أكثر المناطق تعرضاً لمشاكل زحف الرمال حيث تتواجد بها كثبان رملية ضخمة مثل غرد أبو محرق بالإضافة إلى منطقة بحر الرمال الأعظم.

ب ــ تآكل التربة (Soil erosion). يمنع الكساء الخضرى المستديم تآكل التربة وانتقالها بفعل الرياح، ولكن عندما يخف الكساء أو يزال ولو فى مواضع محدودة فإن الرياح تحدث تآكلاً فىالتربة وتسبب تعرية جذور النباتات القريبة منها، مما يؤدى إلى موتها وتوسيع الرقعة العارية. وتنقل التربة المتآكلة إلى أماكن أخرى حيث تتجمع حول نباتات جديدة قد تستطيع أن تتغلب على الأضرار الناجمة عن تجمع التربة فوقها وحولها بإنتاج أجزاء خضرية جديدة على مستوى يعلو سطح الرمال المترسبة، ولكن لاتستطيع بعض النباتات تحمل نقص التهوية الناتج عن ردم الأجزاء الخضرية فتموت وتندثر. تُكَون النباتات التى تتحمل ترسيب الرمال (Sand-binding plants) كثباناً رملية صغيرة أو كبيرة حسب الأنواع وتكون جذوراً عرضية على الساق فى مستويات تزداد إرتفاعاً مع استمرار ترسيب الرمال. وتشاهد هذه الكثبان بكثرة على السواحل وفى السهول الصحراوية.

جـ ــ تملح التربة (Soil salinization). تصطدم المياه، بفعل تحريك الرياح لها، بالصخور على شواطئ البحار والمحيطات فيعلو الرذاذ الملحى (Salt spray) إلى الجو وتحمله الرياح إلى المناطق المجاورة حيث يهبط فىالنهاية على الأرض الممتدة من الساحل إلى الداخل. تختلف كمية الرذاذ الملحى المنقولة من البحر إلى البر من منطقة لأخرى حسب موقع المنطقة من البحر واتجاه الريح وسرعتها. ومثل هذه العناصر الملحية المتطايرة فى الجو تذيبها مياه الأمطار وتنقلها إلى الأرض حيث تزيد ملوحتها. تؤثر الملوحة التى تضاف إلى التربة على طبيعة الغطاء النباتى من حيث النوع والمظهر العام. ولما كانت الأنواع النباتية تختلف فى مقدرتها على مقاومة الملوحة فإننا نجد أن المجتمعات النباتية التى تعيش فى هذه المناطق ذات طابع خاص تتميز به عن المجتمعات النباتية الأخرى. وعندما تهب الرياح المحملة بالرذاذ الملحى أو تسقط الأمطار التى تحمل معها بعض الأملاح فإن الماء يتبخر وتبقى طبقة رقيقة من الملح تؤثر على شكل وتكوين التربة، وبالتالى على ما يمكن أن ينمو عليها من نباتات.

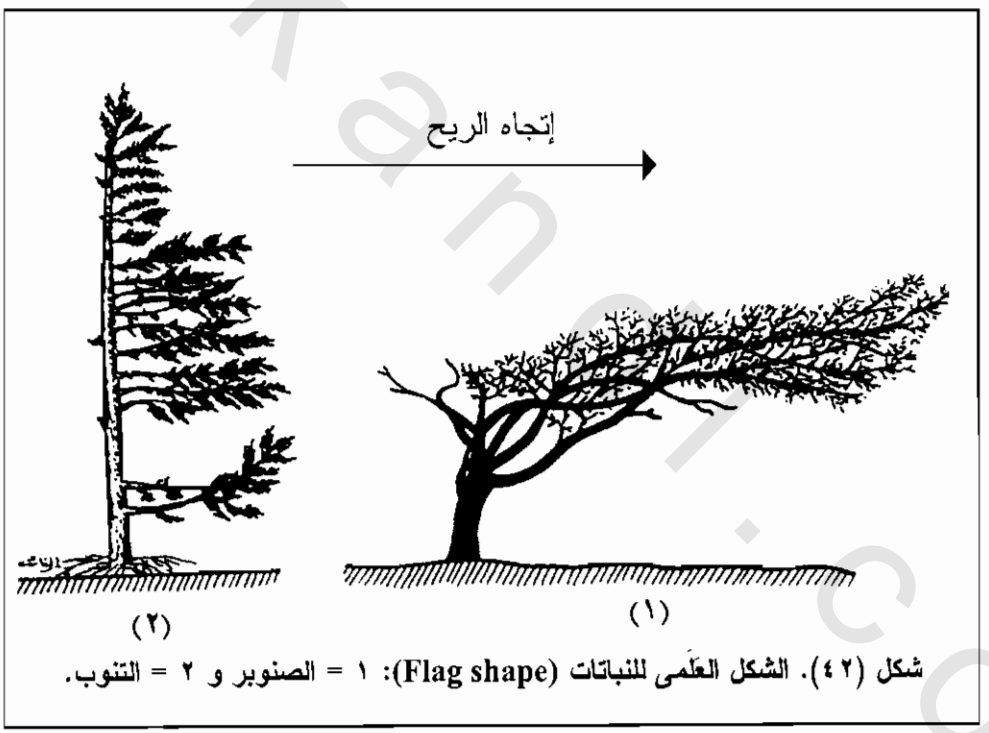
أثر الرياح على النباتات:

أ ــ التجفيف (Desiccation). تؤثر الرياح الجافة على النباتات بأن تزيد سرعة التبخر من سطح النباتات، ويتناسب هذا الفقد للماء طردياً مع الجذر التربيعى لسرعة الريح. كما تساعد الريح الجافة على زيادة النتح، حيث أنها تعمل على إزالة الهواء المشبع بالماء من حول النباتات. وكلما كانت النباتات طويلة كلما كانت أكثر تعرضاً للتأثير التجفيفى للرياح، ومن ثم فإن النباتات التى توجد فى المواطن المعرضة دائماً لرياح شديدة تتخذ غالباً شكلاً مميزاً (عادة ما يكون وسادى المظهر).

ب ــ التقزم (Dwarfing). النباتات التى تنمو تحت ظروف تتواجد فيها رياح جافة لا يمكن لخلاياها أن تحتوى على القدر الكافى من الماء اللازم لنموها إلى الحجم الطبيعى، فتبدو النباتات فى صورة متقزمة، لكن ليس من الضرورى

أن يصاحب هذا التقزم أى تغير للمظهر الطبيعى للنبات. وقد يكون النبات شديد التقزم لدرجة أن شجرة عمرها يزيد عن القرن قد لا يتعدى طولها عدة أقدام. تعمل الرياح بالإضافة إلى ذلك إلى إتمام عملية التلقيح وإسراع عمليتى التزهير والإثمار مما يزيد من عدد الأفرع الثانوية.

جـ ــ التشويه (Deformation). أثناء نمو النبات فإن هبوب الرياح من ناحية واحدة غالباً ما يغير موقع وشكل الأفرع التى تتكون على الساق (شكل ٤٢)، وينتج عن هذا التشوه ردائة الخشب التى تنتجه هذه الأشجار ومن ثم رخص ثمنه. وتحت هذه الظروف فإن استغلال المناطق المعرضة للرياح الشديدة يستوجب بناء مصدات للرياح لكسر حدتها، وبالتالى منع حدوث هذا التشوه فى الأشجار المرغوب فى استزراعها بهذه المناطق.



شكل (٤٢). الشكل العَلَمى للنباتات (Flag shape): ١ = الصنوبر و ٢ = التنوب.

د ــ التكسر (Breaking). تتوقف قابلية النباتات للكسر تحت وطأة الرياح على تركيبها التشريحى، فإذا كان الخشب هشاً قليل التغلظ فإن الأشجار تكون

أكثر عرضة للكسر، أما النباتات التى تحتوى على كثير من الأنسجة الإسكلرنشيمية، وخاصة إذا كانت مرتبة فى أغماد سميكة حول الإسطوانة الوعائية أو فى أجزاءها الخارجية، فإن قابليتها للتكسير بفعل الرياح تكون أقل. تتعرض للكسر بفعل الرياح بصفة خاصة الأشجار المصابة بأمراض حشرية أو فطرية. وقد تقتلع الأشجار والشجيرات تماماً تحت تأثير الرياح، يشاهد ذلك كثيراً فى صحارينا المكشوفة، حيث التربة الرملية جافة سهلة التآكل والنباتات ضحلة الجذور، ويحدث ذلك عندما تهب العواصف التى تزيد سرعتها عن ٦٠ كم /الساعة، إذ تقتلع الرياح النباتات إقتلاعاً فى لمح البصر ويكون أثرها فى تدمير الكساء الخضرى بالغ الخطورة.

هـ ــ البَرْى (Abrasion). يحدث البرى نتيجة لحمل الرياح لحبيبات التربة وقذفها بشدة على النباتات مسببة بريها. يعانى عدد كبير من نباتاتنا الصحراوية الشئ الكثير من هذه المشكلة، فالحبيبات الرملية تحدث ثقوباً بأوراق النباتات كما أن حبيبات الرمال الدقيقة تستقر أحياناً فى فتحات الثغور وتبقيها مفتوحة بإستمرار. وفى الأشجار الخشبية يبرى القلف فى الناحية المواجهة للريح، وأحياناً يظهر أثره كحفرة غائرة على سطح الجذع فى مواجهة الرياح لأن تأثير البرى يكون شديداً قرب سطح الأرض، وكثير ما تتلف المحاصيل المزروعة فى التربة الرملية المعرضة للرياح لهذا السبب.

مصدات الرياح (Wind breaks):

للرياح كما سبق أن ذكرنا أثر كبير على نقل التربة من مكان لآخر، وهذا الأثر غير مرغوب فى بعض الأحيان. كما أوضحنا أيضاً أثره الضار على النباتات ومن ثم كان لابد من أن تتخذ الوسائل للإقلال من فعل الرياح وذلك ببناء ما يسمى "مصدات الرياح". ومما هو جدير بالذكر أن سرعة الرياح تتناقص بقدر كبير بفعل الغطاء النباتى حتى ولو كان بحجم الأعشاب. ففى مناطق الغابات قد تنخفض سرعة الريح إلى أكثر من ٢٠% من سرعتها

الأصلية. ونتيجة لهذا الإقلال من سرعة الريح تقل مقدرتها على جرف التربة، وتقوم بترسيب ما تحمله من أتربة مما يؤدى فى بعض الأحيان إلى خصوبة الأراضى التى تمر عليها (فعلها فى هذا كفعل طمى النيل حينما ينتشر فوق الأراضى التى يرويها). وهذه الظاهرة واضحة فى صحارينا، حيث نجد أن بعض النباتات تعمل كمصائد للتربة (Sand-binding plants) فتكون حولها بدايات لكثبان صغيرة قد تزداد فى المساحة والإرتفاع لتكون ما يشبه الأكوام المتناثرة وسط الصحراء (Sand mounds). وإذا ما ساعدنا الرياح على هذا البناء بوضع عدد إضافى من النباتات أو العوائق الصناعية فإننا قد نتمكن من تحويل أراضى منخفضة ملحية لا قيمة لها إقتصادياً إلى أراضى خصبة ذات أهمية أكبر من الناحية الإقتصادية.

جرى إقامة مصدات للرياح لحماية المزارع والمناطق السكنية فى بعض مناطق الساحل الشمالى الغربى لمصر مثل برج العرب، ومن أهم النباتات التى زرعت لهذا الغرض الكافور (*Eucalyptus* spp.)، والكازورينا (*Casuarina* spp.). تقام مثل هذه المصدات بزراعة الأشجار فى صفوف متعامدة على اتجاه الرياح. يمتد تأثير الحاجز الواحد من الأشجار لمسافة تصل إلى ٢٥ مرة طول الشجر المزروع، ومن ثم فإذا اصطفت هذه الأشجار على مسافة لا تزيد عن هذا الحد كان ذلك كافياً لإعطاء المنطقة حماية كاملة من أثر الرياح (شكل ٤٣).

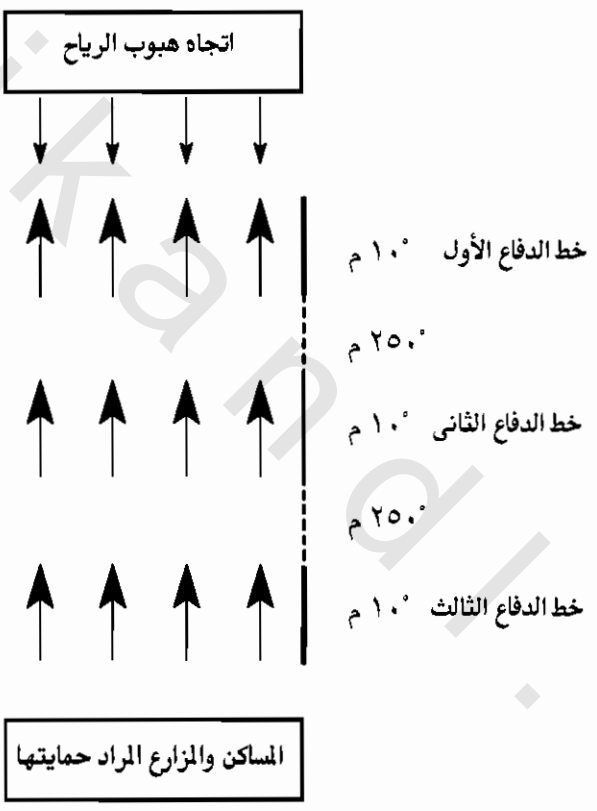
ولمصدات الرياح فوائد عدة نذكر منها:

١ ــ الإقلال من النتح والبخر وبالتالى زيادة فاعلية الماء المتاح بالمنطقة.

٢ ــ الإقلال من الأضرار الميكانيكية للنباتات عموماً والأشجار خصوصاً مثل التشوه والكسر والبرى.

٣ ــ كسر حدة الريح مما يسبب ضعف قدرتها على جرف التربة الأمر الذى قد يقلل من خصوبتها عندما يحدث.

ولكن يجب أن نعلم أن النباتات التى تستخدم فى بناء مصدات الرياح تستنفذ قدراً من خصوبة التربة، كما تلقى بالظل على النباتات القريبة منها. ومن ثم يجب إستخدام أشجار من نوع خاص ويفضل غالباً الأنواع المخروطية (مثل الحور *Populus* spp.)، كما يجب أن يزرع بجوار هذه الأشجار النباتات التى تستخدم فى إنتاج الأعلاف الخضرية التى لا يقل إنتاجها الخضرى بل قد يزيد تحت هذه الظروف الظليلة.



شكل (٤٣). مخطط مبسط لأحد مصدات الرياح

٤ العوامل الموقعية (التضاريس)

للإختلافات الموقعية أثر كبير على الكساء الخضرى لأنها تقسم الموطن العام (Major habitat) إلى مواطن موضعية متباينة (Micro-habitats) قد لا يتعدى مساحة بعضها عدة سنتيمترات مربعة. وفيما يلى ذكر بعض الآثار المترتبة على هذه الإختلافات الموقعية:

الوديان (Wadis)

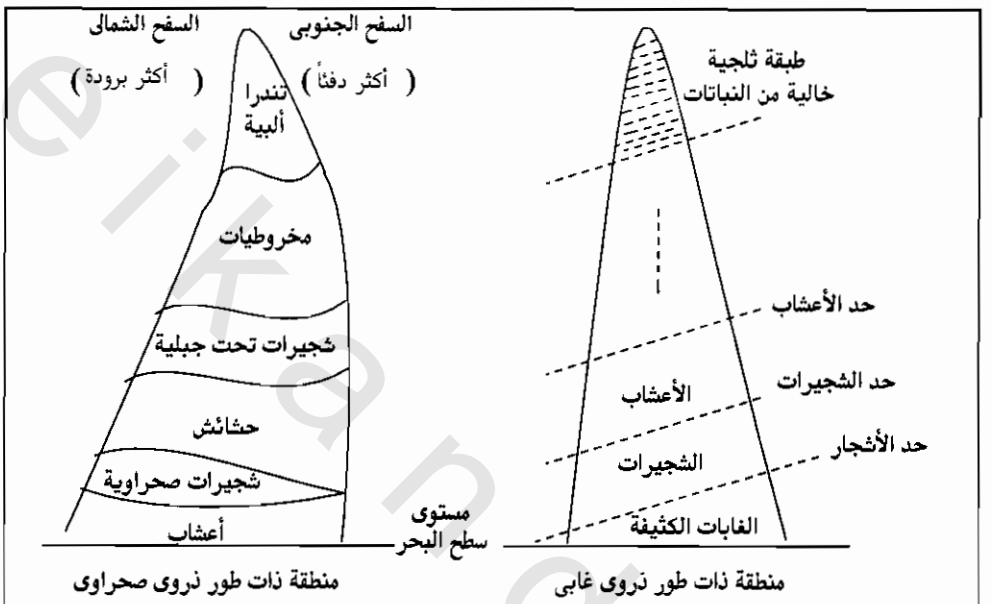
إختلاف الكساء الخضرى فى الوديان عنه فى المرتفعات والسفوح المجاورة لها يعود إلى حماية الوديان من العوامل الجوية المختلفة فهى غالباً محمية من تأثير الرياح كما أن تربتها عميقة وخصبة، وماؤها وفير، ومن ثم فإنها تتمع بغطاء نباتى كبير متعدد الأنواع إذا ما قورن بالمرتفعات والسفوح المحيطة بالوادى. وإذا ما كانت الوديان ممتدة فى إتجاه الريح فإن الرياح بما تسببه من سرعة فى البخر والنتح يكون لها تأثير سئ على الكساء الخضرى، مما يجعل النباتات ضعيفة والتغطية النباتية أقل من السفوح المجاورة.

الإرتفاع عن سطح البحر (Altitude)

يؤدى الإرتفاع عن سطح البحر إلى خفض فى درجة الحرارة بمعدل ٦°م تقريباً لكل ١٠٠٠ متر. وفى المناطق المعتدلة يؤدى الإرتفاع عن سطح البحر

obeikandl.com

إلى قصر دورة حياة النباتات (فصل النمو)، كما أن قدرة البذور على الإنبات والبادرات والبراعم على النمو تقل تدريجياً بالإرتفاع. وفى المناطق الجبلية العالية يختلف طراز التكوينات النباتية تبعاً للإرتفاع عن سطح البحر، والشكل (٤٤) يبين التدرج فى التكوينات النباتية لمنطقتين جبليتين إحداهما صحراوية والأخرى غابية:



شكل (٤٤). التدرج فى التكوينات النباتية لمنطقة جبلية غابية وأخرى صحراوية

فى أحد الجبال العالية الواقعة فى المنطقة الحارة قرب خط الإستواء يمكن مشاهدة المناطق النباتية الموضحة فى جدول (٩)، مرتبة من أسفل إلى أعلى حسب إرتفاعها فوق سفح الجبل من مستوى سطح البحر إلى القمة من هذا التقسيم يتضح أنه فيما بين مستوى سطح البحر وإرتفاع ٦٠٠ متر يوجد كساء خضرى استوائى حقيقى وتظهر أشجار النخيل والموز، وأعلى من ذلك تأتى منطقة كساء خضرى مدارى أقل انتماء للمنطقة الإستوائية من سابقة، فيه تظهر السراخس الشجرية وينمو التين بوفرة. وفوق هذا النطاق تنمو نباتات المناطق

تحت المدارية مثل الغار (myrtile) والآس (laurel)، ثم تأتى منطقة معتدلة دافئة تنمو بها غابات دائمة الخضرة، تليها إلى أعلى منطقة غابات متساقطة الأوراق، ثم شجيرات قطبية (ألبيه)، فمنطقة أعشاب قطبية، وأعلى من ذلك توجد القمم الجرداء التى تغطيها الثلوج بسبب البرد الشديد وليس لها غطاء نباتى يذكر.

جدول (٩). تدرج الكساء الخضرى

على أحد الجبال الواقعة فى المنطقة الحارة قرب خط الاستواء

مدى الارتفاع عن سطح البحر	الكساء الخضرى	المنطقة الجغرافية المماثلة
من صفر إلى ٦٠٠ متر	منطقة نخيل وموز	المنطقة الإستوائية
من ٦٠٠ متر إلى ١٢٥٠ متر	منطقة أشجار سرخسية وتين	المنطقة المدارية
من ١٢٥٠ متر إلى ١٩٠٠ متر	منطقة الآس والغار	المنطقة تحت المدارية
من ١٩٠٠ متر إلى ٢٦٠٠ متر	منطقة غابات دائمة الخضرة	المنطقة المعتدلة الدافئة
من ٢٦٠٠ متر إلى ٣٢٠٠ متر	منطقة غابات متساقطة الأوراق	المنطقة المعتدلة
من ٣٢٠٠ متر إلى ٣٨٠٠ متر	منطقة مخروطيات	المنطقة المعتدلة الباردة
من ٣٨٠٠ متر إلى ٤٤٥٠ متر	منطقة شجيرات قطبية	المنطقة تحت القطبية
من ٤٤٥٠ متر إلى ٥٠٥٠ متر	منطقة أعشاب قطبية	المنطقة القطبية
أكثر من ٥٠٥٠ متر	ثلوج دائمة	القمم الجرداء

التعرض (Exposure)

فى نصف الكرة الشمالى تكون السفوح الشمالية أبرد كثيراً من السفوح الجنوبية، لأنها محجوبة عن أشعة الشمس الحادة أثناء النهار، وهذا الإختلاف فى درجة التعرض للشمس يسبب إختلافاً كبيراً، ليس فقط فى شدة استضاءة السفحين ولكن أيضاً فى درجة حرارتهما وفى الرطوبة النسبية. وهذا الإختلاف فى المناخ يصحبة إختلاف فى الكساء الخضرى. فعلى السفح الشمالى لجبال أوربا توجد نباتات الزان العالية الكثيفة وتحتها طبقة أرضية من نباتات محبة

للرطوبة مع وجود الكثير من الأشن. أما على السفوح الجنوبية توجد النباتات الجفافية، وهى نباتات حوض البحر المتوسط ذات الأوراق الجلدية والخواص الجفافية الأخرى. ولكن نجد بصفة عامة السفوح الجنوبية تحمل فى أجزائها المرتفعة نفس التكوينات النباتية التى توجد على السفوح الشمالية، والسبب فى ذلك انخفاض درجات الحرارة بالإرتفاع وزيادة الرطوبة النسبية مما يؤدى إلى إيجاد ظروف مناخية تشبه تلك التى توجد على السفوح الشمالية.

وفى الصحراء المصرية قام بعض الباحثين بدراسة طبيعة الغطاء النباتى على السفوح الشمالية والجنوبية للمرتفعات الموجودة فى الصحراء الشرقية على طريق مصر ــ السويس (جدول ١٠)، ويتضح من هذه البيانات أن النباتات بنوعيها معمرة وحولية توجد بكثرة على السفح الشمالى، ويلاحظ أيضاً أنه على السفح الشمالى توجد نباتات معمرة أكثر من النباتات الحولية، والعكس صحيح بالنسبة للسفح الجنوبى. يرجع هذا الإختلاف إلى أن السفوح الجنوبية أشد قسوة من الناحية المناخية، حيث التربة شديدة الحرارة والبخر والنتح شديدين، ومن ثم تكون فاعلية المطر أقل ما يمكن.

جدول (١٠). تنوع النباتات الزهرية على السفوح الشمالية والجنوبية لبعض مرتفعات الصحراء الشرقية المصرية.

التعرض	السفح الشمال (حرارة أقل رطوبة أعلى)						السفح الجنوبى (حرارة أعلى ورطوبة أقل)					
رقم الملاحظة	١	٢	٣	٤	٥	المتوسط	١	٢	٣	٤	٥	المتوسط
عدد الأنواع المعمرة	٦	١٤	١٨	٤٦	٢١	١٥	٢	٥	٤	٦	صفر	٣,٤
عدد الأنواع الحولية	١٢	١٢	١١	١٣	١٢	١٢	٩	١٠	١١	١٤	صفر	٨,٨
كل الأنواع	١٨	٢٦	٢٩	٢٩	٣٣	٢٧	١١	١٥	١٥	٢٠	صفر	١٢,٢

وفى الركن الجنوبى الشرقى لمصر على الحدود السودانية يتضح التباين الكبير بين الكساء الخضرى على السفوح الشمالية الشرقية والسفوح الجنوبية الغربية لجبال علبة. يتميز الكساء الخضرى للسفوح الشمالية الشرقية بالوفرة

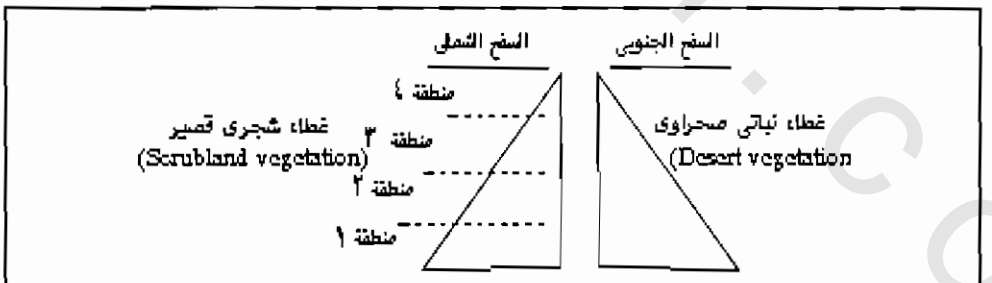
ويمكن اعتباره من نوع الأشجار القصيرة (Scrubland) التى تتباين فى كثافتها طبقاً للظروف الموضعية للمكان، والنبات السائد هو شجرة السيال من النوع *Acacia tortilis* أما الكساء الخضرى للسفوح الجنوبية الغربية فهو أقل وفرة وذو غطاء مفتوح مثل النوع الذى يميز الصحارى والنبات السائد هو طُرف (*Aerva javonica*) (Kassas and Zahran 1971). وعلى السفوح الشمالية الشرقية يمكن تمييز أربعة مناطق حسب الإرتفاع، علماً بأن حدود ارتفاع كل منطقة غير ثابت طبقاً لمستويات مطلقة وإنما يعود إلى مجموعة مركبة من العوامل الموقعية مثل الإرتفاع ودرجة الإنحدار وهذه المناطق هى (شكل ٤٥):

١- منطقة قاعدية يسودها شجرة إيواب (*Euphorbia cuneata*)

٢- يلى ذلك منطقة فوق قاعدية يسودها شجرة ماجوج (*Euphorbia nubica*)

٣- يليها إلى أعلى حزام يسوده شجرة عرض (*Acacia etbaica*)

٤- ثم المنطقة القمية والتى تكسوها مجموعة متنوعة من النباتات ذات طراز النمو المفترش (Patched plant growth). العديد من نباتات هذه المنطقة لا ينتمى إلى الأوساط الجافة مثل السراخس والحزازيات المنبطحة (Liverworts) والقائمة (Mosses).



شكل (٤٥). أثر الإرتفاع عن سطح البحر والتعرض على الكساء الخضرى لجبال علبة بجنوب غرب مصر

الإنحدار (Slope)

يؤثر إنحدار سطح التربة على الكساء الخضرى، فالسطح المنحدر يفقد مـــاء المطر بسرعة، وإذا كان صلباً فى تكوينه فإن أى كمية من التربة تتكون خـــلال عمليات التعرية تنجرف إلى أسفل الوادى تاركة ورائها ما يسمى بالتربة الهيكلية (Skeletal soil) ، وهى تربة ضحلة غير ناضجة وغير خصبة . أمـــا الكثبـــان الرملية الموازية للساحل فإنها تعانى نقصاً شديداً فى الماء وخاصة فى المنـــاطق المرتفعة، ولذا فإنها فى معظم الأحيان تكون عارية تماما من النباتات. يرجع هذا النقص الشديد فى الماء إلى سرعة نفاذيته خلال الكثبان الرملية. وعادة ما يتجمع الماء عند قاعدة الكثبان الرملية بحيث يمكن إستغلاله فى زراعة بعض أشـــجار التين والزيتون أو فى الشرب.

وفى جبال المناطق المعتدلة كجبال الألب السويســـرية نجـــد أن المجتمـــع الذروى الغابى للكساء الخضرى لا يسمح به مناخ هذه المناطق إلا فى الجـــهات التى تقل درجة أنحدارها عن ١٠ أو ١٥ درجة، أما فىالمنحدرات الأشـــد مـــن ذلك فلا يكون هناك مجال لتراكم الدبال وارتفاع حامضية التربة نظراً للإزالـــة المستمرة للدبال، وهما من العوامل اللازمة لبلوغ الطور الذروى الغابى فى هـذه المناطق. ويؤثر الإنحدار أيضاً فى درجة التعرض للإشعاع الشمسى. وقد وجـــد فى بعض المناطق أن الأراضى المستوية تحصل على ما يقرب مـــن ضعـــف الطاقة الشمسية التى تحصل عليها السفوح الرأسية، مما له أكـــبر الأثـــر علـــى درجة حرارة التربة وبالطبع على الكساء الخضرى.

٥ الحرائـق

تعود الحرائق إلى أسباب مختلفة منها أسباب طبيعية ومنها ما هو من فعل الإنسان. فالحرائق الطبيعية الناتجة عن البرق وغيره من العوامل قليلة بالمقارنة بالحرائق التى يحدثها الإنسان والتى تصل نسبتها إلى حوالى ٩٧% من مجموع الحرائق. تعتبر الحرائق الطبيعية (Natural fires) أحد العوامل البيئية ذات التأثير الكبير على الغابات والأراضى النجيلية فى المناطق المعتدلة والإستوائية ذات المواسم الجافة. وتنقسم الحرائق الطبيعية حسب تأثيرها على الكساء الخضرى إلى:

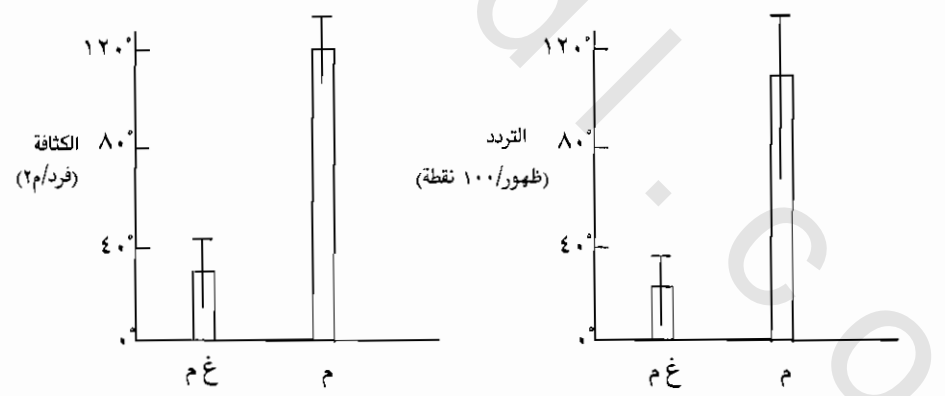
أ ــ حرائق تيجان الأشجار (Crown fires). يحدث هذا النوع غالباً تدميراً شاملاً للكساء الخضرى، ويبدأ المجتمع النباتى الجديد فى النشأة والنمو عن طريق سلسلة من التعاقب (Succession) تستغرق وقتاً طويلاً.

ب ــ الحرائق السطحية (Surface fires). يرتبط تأثير هذا النوع من الحرائق بنوعية الكساء الخضرى. حيث أنها تكون أكثر تأثيراً على أنواع معينة منها على أنواع أخرى ذات مقاومة عالية، مما يتيح للنباتات المقاومة للحرائق فرصة أكبر للنمو والإنتشار خصوصاً وأن الحرائق السطحية تساعد البكتريا على سرعة تحليل الأجزاء النباتية الكبيرة ومن ثم أتاحة العناصر الغذائية للنباتات. هناك شواهد عديدة تدل على الدور الهام للحرائق فى تكوين عدة أشكال من الكساء الخضرى منها مثلاً بعض أراضى السافانا والأراضى النجيلية والشجيرية، حيث تساعد الحرائق على إنبات بعض أنواع البذور دون غيرها، سواء بالتأثير المباشر على كمون البذور أو بتأثير غير مباشر ناتج عن القضاء على منافسة أنواع أخرى من النباتات أو حرق مواد نباتية تعوق نمو هذه

البذور. ومن ناحية أخرى تؤثر حرائق الغابات على الأنواع المختلفة من الكائنات مثل الحشرات والطفيليات والفطريات.

يوجد نوع آخر من الحرائق الزراعية المقصودة التى يشعلها الإنسان لتوسيع رقعته الزراعية أو للقضاء على حشائش المحاصيل. وقد يحدث الإنسان الحرائق للتخلص من النباتات غير المرغوبة رعوياً أو المنهكة للتربة فيستفيد من رمادها فى تسميد التربة، ثم يستبدلها بعد ذلك بنباتات أكثر فائدة لرعى الحيوانات أو لتحسين خواص التربة. فالحرائق المقصودة فى مناطق الأعشاب النجيلية فى أمريكا والسهوب فى أوربا مكنت من القضاء على الشجيرات التى لا ترعاها الحيوانات، ثم استبدلت بنباتات عشبية ذات قيمة غذائية وإنتاج أعلى بكثير من إنتاج النباتات المحروقة.

وقد أجرت مجموعة من الباحثين المصريين تجربة ميدانية لدراسة تأثير الحرائق المقصودة على نبات السمار (*Juncus rigidus*) بشمال منطقة دلتا النيل، وقد أظهرت النتائج أن النبات كان أكثر وفرة وانتشاراً فى المناطق التى تعرضت حديثاً للحرق من المناطق التى لم تتعرض للحرق مطلقاً. والشكل (٤٦) يوضح نتائج هذه التجربة (El-Demerdash et al. 1987).



شكل (٤٦). الكثافة المطلقة وتردد أفراد نبات السمار (Juncus acutus) فى مواقع لم تتعرض للحرق (غ م) وأخرى تعرضت للحرق (م) شمال دلتا النيل.

تمارس النباتات المتأقلمة مع الحرائق استراتيجية تعرف باسم "استرح وانتظر (Sit and wait strategy)" حيث تحيا هذه النباتات بأقل كمية من الكتلة الحية الهوائية لمدد طويلة قبل أن تؤدى الحرائق إلى إطلاق سريع للعناصر، عندئذ تقوم هذه النباتات بسحب سريع للعناصر (بسبب النمو الجيد للأعضاء تحت سطح الأرض مثل الريزومات) حتى يمكنها الاستفادة من المستويات المتزايدة للضوء التى نشأت عقب الحريق. وعلى الجانب الآخر يحتمل أن تستحث الحرائق النمو الخضرى للنبات السائد فى المنطقة إلى المدى الذى يؤدى لحدوث تنافس طبيعى قد يؤدى بدوره إلى فناء النباتات قليلة الوجود (Abrahamson 1980). وعموماً يعتبر نمو النباتات بالوسائل الخضرية عقب الحرائق عملية شائعة فى منطقة البحر المتوسط، وقد تتكون نتيجة لذلك أراضى حشائش أو سبخات كثيفة وحيدة النوع الذى ينتمى فى الغالب إلى الفصيلة السعدية (Cyperaceae) أو فصيلة ذيل القط (Typhaceae) أو السمارية (Juncaceae).

obeikandl.com