وفى غالب الأحوال يكون مقدار ثانى أوكسيد الكربون المتولد على هـذه الصورة أقل بكثير من ثانى أوكسيد الكربون الذى يخرجه نفس النبات اذاهو تعرّض للهواء . على أن بوادر الفول وغيرها من النبـاتات تخرج نفس مقدار ثانى أوكسيد الكربون أو أكثر منه اذا هى وضعت فى جوّ خال من الأوكسيچين كما تفعل وهى نامية نموّا طبيعيا فى تربة مكشوفة للهواء .

وأثنـاء عملية التنفس البينى الجزيئى تختفى المواد الكربوايدراتية والدهون من أنسجة النباتات كما يحدث فى عملية التنفس العادى فى وفرة من الأوكسيچين ولكن تولد ثانى أوكسـيد الكربون يصحبه تكوّن كؤول وغيره من المركبات وقد بلغ مقدار الكؤول الناتج أثناء التنفس الأناروبى فى الشليك الناضج فى احدى تجارب العالم بريفلد (Brefeld) أكثر من ٢ فى المـائة وفى بوادر البازلاء أكثر من ٥ فى المـائة من وزنها وهى صابحة .

وفى حين أن النباتات الراقيـة غير قادرة على الاحتفاظ بحيويتها فى غياب الأوكسيچين السائب أكثر من مدة قصيرة نجـد أن كثيرا من صور النباتات الدنيئة مثل نبات اليستـه والبكتيريا مستقلة غير متوقفة الحياة على الأوكسيچين السائب بل تستمر على البقاء والتكاثر بدونه .

الفصل العشرون

النمـــو

١ — النمو — قد رأينا فى فصل سابق أنه يوجد عند قمة الساق أو الجذر من النبات الأخضر العـادى منطقة تكوينيـــة (Formative Region)

يجرى فيها انقسام دائم فى الخلايا المرافقة وصنع لخلايا جديدة . يوجد وراء هـــذه المنطقة مبـاشرة جزء طويل أو قصير يسمى "المنطقة الناميـــة" (Growing Region) هنا نرى الخلايا منتفخة وقد ازدادت فى حجمها بسبب الضغط الذى فى باطنها وتغيرت صورة كثير منها فى الوقت نفسه . على أن هـذه التغـيرات الحادثة فى الحجم والصورة تبعا لزيادة الانتفاخ لا يقتضى أن تكون ما يسمى "نمـوا" وإن كانت ملازمة للنمو فى كل حال . ولا تمتد الخلايا النامية بواسطة الضغط الانتشارى فقط فى الفجوات بل انما يصيبها تغـير دائم فى الحجم أيضا ، وفى الصورة والبناء تبعا لرسوب المواد فى جذورها الخلوية وغيرها من الأجزاء الأخرى .

وعند سحب المـاء من هـــذه الخلايا لا تعود الحالة الأصلية التى وجدت عليها عند بدء تكوينها فى المنطقة التكوينية بمثل هـــذا العمل . وفضلا عن ذلك فبما أن تمتد خلية ما لا يستمر بغـير ازدياد حالة الانتفاخ ، وبمـا أن هذا يتضمن اضافة ماء الى جوة الخلية ، فانه لا بد من حدوث ازدياد فى وزن الخلية العام وهى آخذة فى النمو . على أنه ، نظرا لمـا يحدث من الفقد فى المـادّة بالتنفس قد يحدث نقص فى الوزن الجاف اذا لم يعوّض هذا الفقد بعمليات غذائية أنابولية .

وما يقال عن خلية مفردة تامة يقال أيضا عن منطقة النمو كلها فى فرخ أو جذر ، إذ أن هذا متكوّن من عدّة خلايا متنشطة .

هذا واذا صعب أن نعرف حقيقة معنى أو مدلول لفظ "النمـو" فى جملة واحدة فانه يمكن أن يؤخذ فى الجملة على أنه يدل على تغير دائم فى صورة كائن حىّ ما أو بعض أعضائه ، وعلى أن المنطقة النامية فيه تزداد فى وزنها .

ومناطق النمو الحقيقية فى الفراخ المتولدة فى الظلام من درنة بطاطس لاتقتصر على تغيير صورتها . بل تزداد فى وزنها باستنفاد الماء والمواد المختزنة ؛ على أنه يرى أن وزن الدرنة (التى لا تنمو) وفراخها النامية ينقص بسبب فقد المـاء منها فى عملية النتح ، وبواسطة فقد ثانى أوكسيد الكربون فى عملية التنفس .

وأثناء العهود الأولى من حياة نبات ما أى عند خروجه من البزرة ، يحدث النمو فى كل جزء من أجزاء جسمه . على أنه بعد مدّة ما ينحصر النمو فى أجزاء موضعية خاصة أى فى نقط النمو ، وفى نسيج الكامبيوم الأسطوانى الذى يسبب فى سوق ذوات الفلقتين من النبات نموا ثانويا فى السمك .

ونقط النمو فى السوق والجذور هى فى العادة طرفية كائنة بالقرب من طرف هذين العضوين . وعليه فأصغر الأجزاء سنا أقربها من الطرف وأكبرها أبعدها من قمة الفرخ أو الجذر . وازدياد طول السوق فى النجيليات مسبب عن تنشط نقط النمو الكائنة عنـد قواعد السـلاميات ، وفضـلا عن ذلك فان الازدياد فى طول الأوراق الطويلة من نبات البصل وغيره وكثير من الشماريخ الزهرية يحدث عند قاعدة هذه الأجزاء ، وعليه تكون أطرافها أكبرها سنا ، وتسمى نقط النمو التى من هذا القبيل "بينية" (Intercalary) . واذا أخذت خلية أو عضو من نبات فى النمو كانت سرعة نموه فى أولها بطيئة وبعد ذلك تزداد على عجل شيئا فشيئا حتى تبلغ نهـاية عظمى ينقص النمو بعـدها على التدريج حتى يقف بتاتا عند ما يبلغ الجزء أشدّه . والوقت الذى يستنفده هذا الارتفاع والانخفاض يسمى "مـــدّة النمو العظمى" (Grand Period) . ويلاحظ أيضا أن شدّة النمو أو قوّته فى ساق ما أو غيرها من الأعضاء تختلف أثناء مدّة النمو العظمى المذكورة اختلافا كبيرا ، فان الجزء النامى فى أحد عهود

تكشف الساق التامة إما أن ينمو أسرع مما ينمو فى عهد آخر أو يستمر فى نموه مدة أطول . مثال ذلك : أثناء عهد الطفولة من تكشف أغلب السوق تكون قوة النمو ضعيفة ، ولا تتولد إلا سلاميات قصيرة ، فأما بعد ذلك فان القوة تزداد وتظهر سلاميات أكبر من تلك ، وبعد ذلك ينقص طول السلاميات على التدريج تبعا لحدوث نقص تدريجى فى قوة النمو .

تج ١٣٤ : اقطع فروعا من الأشجار العادية والشجيرات فى الخريف قبل اعبال الورق وقس المسافة الكائنة بين شتى السلاميات على ذلك الجزء الذى نما فى ذلك الفصل من كل فرع منها . لاحظ ارتفاع السلاميات وانخفاضها فى الطول . ولاحظ أيضا الحجم النسبى للأوراق عند كل كعب واعمل مقاسات مثيلة لذلك على سوق النباتات العشبية الحولية .

تج ١٣٥ : أعد التجربتين ١٤ و ١٩ وعلم بالحبر الصينى علامات مسافاتها $\frac{1}{16}$ من البوصة على الورقتين الثانية والثالثة من بادرة نبات البصل بعد ظهورها مباشرة ثم قس هـذه المسافات بعد إذ تكون الورقتان قد استطالتا استطالة كبيرة وقارن نموها بنمو جذر نبات فول . وانظر هل المنطقة الزائدة النمو كائنة بالقرب من طرف الورقة .

تج ١٣٦ : انتخب ساق نبات قمح أوشعير تكون فيه السنبلة قد لاح خروجها . واقطع بوصة تقريبا تحت الكعب الأول الظاهر وكذا تحت الكعب الثانى من القمة حتى تحصل على سـلامية واحدة من الساق وأزل نصل الورقة وجزءا صغيرا من غمدها ثم قس طول الساق والجـزء الصغير الذى تحت العقدة قياسا دقيقا . واعمل خمس علامات أوستا بالحبر الصينى بين الواحدة والأخرى $\frac{1}{4}$ بوصة عند الطرف الأعلى من الساق . ثم ضع الطرف الأدنى من الساق فى الماء وغط الجميع اذا استضعت بقبة زجاجية واتركه فى غرفة دافئة أبد أربع وعشرين ساعة أو ضع الساق فى اسطوانة زجاجية فى قاعها قليل من الماء أبد مثل هذه المدة . ثم قس الطول الكلى مرة ثانية . واذكر مقدار ما استطالته الساق ، وهل كان النمو بالقرب من طرفها الأعلى المعلم بالقرب من القاعدة ، وهل الجزء الصغير الواقع تحت الكعب قد نما ؟

تج ١٣٧ : قس طول السلاميات على بعض فراخ من أى أشجار أو شجيرات أو نباتات عشبية مستوفاة النمو فى أوائل الصيف أيام تأخذ فى النمو وفى فترات تتراوح بين يومين وثلاثة لمدة ما بعد ذلك . وعين الوقت الذى تستمر فيه السلامية فى الاستطالة .

٨ — الظروف التى تؤثر فى النمو — لا تنمو إلا النباتات الحية ، ولا بد لحدوث ذلك من أن تكون خلايا الأجزاء النامية فى عهد الشباب . وهنـاك ظروف شتى خارجية ضرورية لسلامة النمو منها :

(١) درجة حرارة مناسبة .

(٢) مدد موافق من المـاء .

(٣) غذاء أو مواد غذائية موافقة .

(٤) وجود غاز الأوكسيچين .

(٥) الضوء . لهذا تأثير نافع وان كان غير ضرورى ضرورة جوهرية .

(١) الحرارة — لا يخفى أن النمو فى الشـتاء عند ما تكون درجة حرارة الهواء والتربة منخفضة لا يحدث إلا بطيئا وقد يقف بتاتا . ولكن اذا ارتفعت درجة الحـرارة فى الربيع نبتت البزور وأخذت البراعم فى التكشف فاذا جاءت حرارة الصـيف ازداد النمو تنشطا . واذا عرض نبـات ما الى حرارة تتناقص درجاتها تدريجيا بلغ فى النهاية الى درجة يقف عندها النمـو بتـاتا .

وتسمى هذه الدرجة "بدرجة حرارة النمو الصغرى" . وليست هذه الدرجة واحدة لكل النباتات فان بزور كثـير من الحشائش الشائعة والخردل وحب الرشاد والجرجير تنبت وتترعرع منها نباتاتها بالقرب من درجة التجمد فى حين أن بزور الغـلال تقف عن النمو اذا هبطت درجة الحرارة الى ٥ سـنتيجراد فوق الصفر تقريبا ومن الجهة الأخرى فان بزور الذرة ونباتاتها تقف عن النمو على درجة ١٠ م تقريبا فى حين أن درجة الحرارة الصغرى لنمو الخيار والبطيخ

وغيرهـا من نباتات المنطقـة الحارة تبلغ من الارتفاع درجة ١٩ أو عشرين مئينية . و برفع درجة الحرارة من حدّها الأدنى يوصل الى نقطة يسير فيها النمو على أقصى سرعة تسمى "درجة الحرارة المثلى" (Optimum) و بزيادة درجة الحرارة بعد ذلك يصبح النمو أقل فأقل حتى يبلغ الى حدّ أعلى يقف عنـده النمو بتاتا فيرى أن النباتات قد تكون أحرّ أو أبرد مما يجب لنموّها وبين هذين الطرفين خط أمثل أو درجة حرارة أنسب لها ، عندها تتقدّم النباتات تقدّما ليس وراءه مطلب .

والدرجة المثلى لأشيع أنواع نباتات الحقول والبساتين هى ٢٨ مئينية تقريبـا . أما الدرجة العليا فتقع عادة بين ٣٨ و ٤٣ مئينيـة والدرجة المثلى للذرة والفول والخيار هى ٣٣ أو ٣٤ مئينية تقريبا والعليا ٤٦ تقريبا .

و يلاحظ أنه ان كانت النباتات العادية تقف عن النمو على درجات الحرارة السابق ذكرها فان موت البروتوپلازم لا يحدث عادة حتى تبلغ درجة الحرارة ٥٦ مئينية أو تنحط الى درجة التجمد أو الى ماتحتها ببضع درجات وتتوقف قوة مقاومة الحرارة والبرودة فى الأكثر على مقـدار المـاء الذى يشتمل عليه النبات . فالفراخ والبراعم التامة النضج التى تشتمل على قليل من الماء لا تتأذى بتأثير الصقيع فى الشتاء أكثر مما تتأذى الفراخ العصيرية غير البالغة التى تشتمل على كثير من المـاء . والبوادر المنتفخة ، والبراعم التى تفتحت وشيكا ، والأوراق المنتشرة حديثا ، والنباتات المروية عند الغروب والجذور الشحمة وكل الأجزاء المشتملة على مقادير كبيرة من الماء ، تتأذى فى العادة بتعرضها الى صقيع قارس . والعادة فى النبات أنه اذا عرض الى درجة حرارة بين ٢ و ٥ مئينية يسمح السيتوپلازم فيها لمقدار من المـاء النقى الموجود فى الفجوة بالرشح من الخلية الى الخلال الخلوية المحيطة بهـا حيث يتجمد على صورة بللورات

ثلجية صغيرة الحجم . وقد يشابه الموت فى هذه الحالة ما يحدث من الموت بالجفاف . والنباتات وان كانت تقتل أحيانا فى عملية التجمد المـائى ، فان هذا التكوّن الثلجى ليس فى كل الأحوال مميتا إذ أنه فى كثير من الأحوال اذا كان الجزء المتجمد يذوب ببطء ، تعود الخلايا فتمتص المـاء وتعود الأنسجة سيرتهـا الأولى الطبيعية . فأما اذا ذوّب الجزء المتجمد حثيثا فان المـاء لايعود الى الخلايا وعليه فلا بد من حدوث الموت .

ولا ينبغى تعريض النباتات المتجمدة المزروعة فى أصص الى أشعة الشمس المباشره . ويفيد فى اعادة التنشط اليها أن ترش بمـاء بارد برودة الثلج فاذا استمر الصقيع مدّة طويلة فان المـاء المتجمد على ظاهر الخلايا قد يتبخر على التدريج فى الهواء الجاف البارد الذى يحيط بها . وفى هذه الأحوال يتكمش الجزء المتجمد ويموت من العطش .

والبزور الساكنة تشتمل على قليل من الماء وهى قادرة على تحمل أقل درجة ممكن الوصـول اليها من الحرارة دون أن يصيبها أذى ، وقد وجد العالمـان "ديوار" (Dewar) و"دايار" (Dyer) أن بزور الخردل والقمح والشعير والبازلاء وغيرها من النباتات قد أنبتت بسهولة بعد أن نقعت ست ساعات فى أيدروچين سائل كانت حرارته ٤٥٣ فرنهيت تحت الصفر أو ٢٧٠ مئينية تقريبا تحت الصفر . وفى النباتات المتنشطة النمو يعطب البروتوپلازم وتتلف قوّته الحيوية على درجة حرارة بين ٤٥ و ٥٠ مئينية .

وكثير من البزور الجافة تتحمل الحرارة الجافة على درجة ٨٠ مئينية أو أكثر منها مدّة ساعة أو أكثر ، على أنهـا اذا نقعت ثم عرضت لحرارة درجتهـا بين ٥١ و ٥٢ ماتت فى مدّة بين ١٠ دقائق و ٣٠

(٢) المـاء — المـاء ضرورى لبقاء حالة انتفاخ الخلايا النامية وهو ذاته من المواد الغذائية كما أنه ضرورى لحمل الأغذية والمواد الغذائية التى تحتاج اليها لتغذية الأعضاء النامية .

واذا تأذت النباتات فى أول عهدها من قلة المـاء نقص حجمها نقصا كبيرا (وان ظهر نموها من وجوه أخرى عاديا) وذلك أن أفرادها تصبح قصيرة الطـــول .

وفى الأراضى الدائمة الجفاف والفصول الجافة ينقص حجم محصول البرسيم وحجم جذور اللفت وطول قصب الغـلال وحجم شتى أعضاء النباتات نقصا نسبيا . أما فى الفصول الرطبة أو فى الأراضى التى تشـتمل على مقدار كبير من الماء فان نمو النباتات يزداد ازديادا كبيرا . ونمو النباتات النامية فى أصص وكذا ازديادها فى الحجم يكثر أو يقل بتغير مقدار المـاء الذى يعطى لهـا أثناء حدوث النمو ، وقد يؤدى نقص المـاء لفأة من النبات الى وقوف النمو عاجلا وقوفا يتبعه ذبول النبات كله .

(٣) الغذاء — الغذاء جوهرى لتكوين البروتوبلازم والجدر الخلوية من الأجزاء النامية .

(٤) الأوكسـيجين — ضرورى لعملية التنفس وبدونه تقف الوظائف الحيوية جميعها .

(٥) الضـوء — أعضاء النباتات التى تنمو فى الضوء الضعيف أشد منها فى الضوء الشديد أى أن الضوء يعوق النمو .

واذا استبقيت النباتات فى الظلام مدة كبيرة فانها تتنوع ويقال لها فى هذه الحالة محورة أى مبيضة (Etiolated) وسلاميـات السوق ذوات الفلقتين

فى النماذج المبيضة تكون مستطيلة استطالة شاذة وأضأل من أمثالها المنماة فى ظروف النهار والليل العادية وترى خلاياها أكبر من المعتاد وتبقى جدرها الخلوية رقيقة فتصبح سوقها تبعا لذلك ضعيفة وغير قادرة على أن تقيم عودها وفضلا عن ذلك فان النبات يشتمل فى هذه الحالة على ماء أكثر مما يناسب حجمه والعادة أن تكون العصارة الخلوية أشد حموضة منها فى النباتات النامية نموا عاديا .

وأوراق ذوات الفلقتين المبيضة لا تتكشف بل تبقى صغيرة أشبه بحراشيف على أن الخضير لا يتكشف فى البلاستيدات فان النبات كله يبـــدو باهت اللون وبعض السوق كالسوسن والبصل وكذا السويق الجنينية السفلى لكثير من النباتات مثـل الفول ، ممـا ينمو عادة فى الظلام ، لا تبدو منه ظاهرة الابيضاض المذكورة . هذا ولا تصبح أوراق السوسن ولا غيره من النباتات الريزومية والبصلية من ذوات الفلقة الواحدة قصيرة اذا زرعت فى الظلام .

وتكشف أزهار النباتات يستمر فى الظلام كما يكون فى الضوء .

تج ١٣٨ : ازرع مقدارين من بزور البازلاء والفول والخردل والشعير فى اصص ودعهاتنبت . فاذا ظهرت البوادر على سـطح التربة فضع أحد المقدارين فى مكان مضيء بشرط أن لايتعرض لشعاع الشمس المباشر وضع المقدار الاخر بالقرب منهامغطى بصناديق تمنع دخول النور اليه .

(١) وقس من آن الى آن أقطار السوق وطول سلاميات النباتات النامية فى الضوء وقارنها بمثلها من النباتات النامية فى الظلام .

(٢) قس أطوال الأوراق وعرضها فى كل من المقدارين وقارن بينهما .

(٣) لاحظ ما هنالك من الإختلافات فى لون المقدارين وصلابة قوامهما .

تج ١٣٩ : اعمل ملاحظات مثيلة للسابقة على الفراخ النامية فى الضوء والظلام من درنات البطاطس والخرشوف وما يبدر من جذور الدهليا وأوراق البصل .

٣ — حركات النمو الطوعية — توتر النسيج (Tissue Tension) .
النودان (Nutation) .

يندر أن يستمر النمو مطردا فى كل أجزاء الفرخ والجذر أو غيرهما من أعضاء النبات . بل أن من أجزائه ما ينمو أكثر من غيره أو يستمر فى النمو مـــدة أطول مما تستغرق الأجزاء المجاورة لها . وعليه فان أعضاء النباتات (١) تبدى حركات خاصة طوعية بطيئة (٢) تصبح أنسجتها معرضـــة لأنواع الضغط والتوتر فى اتجاهات شتى .

وفى الساق والجذور ينمو أحد الجانبين أسرع من الآخر فيترتب على ذلك بأن يكون الجانب الذى أسرع فى نموه أطول قليـــلا من الجانب الآخر وعليه يصبح الجزء النامى الذى يكون طرف الساق أوالجذر مثنيا أومنحنيا . وليست سرعة النمو وزيادته مقصورة على جانب واحد دون آخر بل انمـا تتغيران من آن الى آن ولذلك ينحنى العضو النامى فى جهات متعددة فيدور طرفه على مهل ملتفا على شكل لولبي فى نموه الى أعلى أو الى أسفل . والحركات التى من هذا النوع تكون طوعية تلقائية وهى تنشأ من العضو النامى نفسه وتحدث سواء كان النبات فى الضوء أو فى الظلام كما هو حالها فى مدة النمو العظمى .

ويطلق على هـــذه الحركات الانحنائيـــة البطيئة لفظ " النودان " (Nutation) .

وأطراف أكثر السوق والجذور تدور من اليمين الى اليسار فى جهة تخالف جهة عقارب الساعة ولكن قمة ساق الشبر فائد (Lonicera) وغيرها من النباتات تتحرك دائرة من اليسار الى اليمين أثناء نموانها .

بهـذه الحركات تستطيع الجذور أن تتقدم فى التربة تقدما اسهل عليهـا وتستطيع السوق المتسلقة والمحاليق التى يكون نودانها ظاهرا بينا بهذه الوسائل أيضا أن تصل الى مايجاورها من الدعم فتلتف عليها .

وأطراف كثير من الفراخ الأرضية من كثير من ذوات الفلقتين تنحنى بسبب فرط نمو جانب منها وبهذه الطريقة تحتمى الأنسجة الرقيقة التى تتكون منها البراعم الطرفية من الأذى اذا كان الفرخ ناميا الى الأمام أو الى أعلى فى خلال التربة . وبعد مثل هذا الانحناء يخرج الفرخ من الأرض ويحدث فى جانبه المتقعر نمو سريع ثم يصبح الجزء المنحنى مستقيما توا .

وتكون الأوراق المكونة لبراعم النباتات فى حداثتها ملتفة حول نقطة النمو الغضة أو معقوصة الى أعلى بطريقة خاصـة تبعا لزيادة النمو فى جانب واحد من كل ورقة دون الآخر . فاذا تفتحت البراعم نما الجانب الذى كان نموه بطيئا ، بسرعة أكبر فتتفتح الورقة التى كانت معقوصة وينتهى بهـا الحال الى التبسط ويستمر نخاع أغلب السوق وقشرتها على النمو مدة أكبر ممـا يستغرقها النسيج الخشبى . وذلك أنهما يحاولان الاستطالة فيعوقهما النسيج الخشبى الى أجل مّا . فينتج من عدم التساوى فى النمو توترات طولية فى الأجزاء النامية فاذا شققت فى سوق الصفصاف وعباد الشمس أوغيرها من النباتات التى تنمو بسرعة شقا طوليا استطال النخاع قليلا وانحنى النصفان المفصولان للخارج .

ولا ينمو قلف كثير من الأشجار بسرعة كما ينمو الخشب الموجود فى الداخل وعليه يتوتر القلف قليلا أو كثيرا .

ولا بد من ذكر أن حركات أعضاء النباتات والتوترات فى أنسجتها قد تحدث من عدم التساوى فى انتفاخ الخلايا المشيدة منها كما تحدث من نمو غير منتظم ، كلا السببين فى كثير من الأحوال له أثر فى حركات النبات .

تج ١٤٠ : (١) افحص فى يوم دافىء لم تقم فيه ريح بعض نباتات صغيرة من الكوتولفيولس وغيرها من النباتات الملتفة النامية حول أعمدة أو خيوط قائمة . وارسم خطا على الأرض من قاعدة العمود فى الجهة التى يرى عليها طرف الساق فى ذلك الوقت . وافحص النباتات كل نصف ساعة . وعلم علامة فى الجهـة التى ينحنى فيها الطرف فى تلك الفترات وحاول أن تعرف الزمن الذى يأخذه الطرف لعمل دورة كاملة حول العمود معتبرا اياه مركزا .

(٢) اعمل ملاحظات مثل تلك عن نودان طرف سوق الفول الممادة (Runner Bean) تكون قد زرعتها فى أصص ووضعت لها أعوادا مغروسـة فى التربة . ويجب أن توضع النباتات خارج الغرفة بحيث لا تتعرض لضوء الشمس المباشر .

تج ١٤١ : ضع بعض بزور من الفول الرومى ونقيرها الى أدنى فى نشارة خشب مبللة واتركها تنبت فاذا أصبح طول جذورها بوصة فارفعها وتخير واحدة يكون جذرها أكثر استقامة من سواه وثبته بدبوس يمرق أضيق أقطار الفلقتين فى عصى رفيعة أو قطعة من الخشب رقيقة . وضع العصى أو القطعة فى ثقب فى لوحة من الفل أو الورق المقوى ثم ضع الورقة المقواة والفولة فوقها على فم قنينة واسعة الفوهة مشتملة على مقدار قليل من المـاء وهيئ هذا وذاك حتى يكون الجذر رأسـيا داخل الزجاجة .

اترك الجميع فى خزانة مظلمة أو غطه بصندوق يمنع النور والفحص حال الجذر بعد ١٢ ساعة و ٢٤ و ٣٦ وأنظر هل يبقى رأسيا أم يميل ؟

هل يميل فى مستوى الفلقتين أكثر من مثله على زاوية قائمة مع هذا المستوى .

تج ١٤٢ : اقطع قضبا طولها بوصتان من سـوق تامة النمو من نبات عباد الشمس وغيره . قسها ثم شقها على استطالتها بحيث يشتمل بعضها على النخاع فقط والبعض الآخر على الأنسجة القشرية فقط . قس كل شقة وقارن بين أطوالهـا وبين الطول الأصلى للقطعة جميعها ولاحظ أيضـا صورة القطع المتفرقة .

تج ١٤٣ : أزل فى أبريل أو مايو وفى غيرهما من الوقت حلقة كاملة من القلف طولها بوصة من فروع عمرها ثلاث سـنوات أو أربع من شجرة لبخ وجميز ومشمش . ثم حاول أن تعيد القلف الى مكانه الأصلى . وأنظر هل يقع فى المكان بالدقة ؟

٤ — حركات النمو السببية (Induced movements of growth) — يوجد فضلا عن الحركات الحيوية التى سبق شرحها ، تلك التى تنشأ عن أسباب داخلية موروثة تعمل داخل أعضاء النبات ذاتها ، حركات أخرى تلاحظ فى كثير من أعضاء النباتات ، يحدثها مثير أى منبه خارجى . فان پروتوپلازم النباتات الحية قابل للتهيج بل هو حساس كپروتوپلازم الحيوانات سوى أن ذلك انما يكون بطريقة مخالفة لذاك نوعا . وهو قادر على الرد على فعل المؤثرات الخارجية المختلفة وأهم الأسباب الباعثة التى تحدث حركات فى مختلف أعضاء النباتات هى : (١) ملامسة جسم غريب ، (٢) التغيرات فى درجة الحرارة ، والتغير الدورى لليل والنهار ، (٣) الاضاءة الجانبية ، (٤) قوة الثقل ، (٥) اختلافات مقدار الرطوبة فى التربة المحيطة والجو .

(١) الحركات المسببة عن ملامسة جسم غريب .

أحسن أمثلة الحركات التى من هذا القبيل تصادف فى محاليق النباتات وجذورها فان محاليق البازلاء والكروم والشرك فلك (Passion flower) وغيرها تتأثر بملامسة خفيفة . اذا لامس حالق أثناء نودانه جسما غريبا كساق نبات مجاور أو عسلوج منه فانه يأخذ فى الانحناء نحو الجسم المهيج . فاذا لم يكن هذا الجسم سميكا جدا وكان الاتصال به مستطيلا أصبح الحالق أكثر انتفاخا من جهة الجانب الذى لم يهيج وكذلك ينمو بسرعة فى هذا الجانب بحيث تلتف المحاليق حول الجسم التفافا تاما .

ويختلف الجزء الحساس الخاص من المحاليق باختلاف النباتات . فقد يكون جزء عظيم حول الطرف قابلا للتهيج ، بينما تكون المنطقة الحساسة أحيانا مقصورة على جزء قصير المدى على جانب واحد فقط .

وليس الانحناء فى الحالق مقصورا على الجزء الذى هيج بالفعل ، بل العادة أن ينتقل أثر التنبيه الى الوراء على استطالة الحالق ويحدث فى الأجزاء التى لم تمس . ويصادف مثل هـــذا الرد الناشئ من ملامسة جزء غريب مجاور ، فى الأعناق الحساســـة من بعض الأنواع المتسلقة من التروپيـــولوم (Tropœolum) والسولانوم (Solanum) ويلاحظ مثـل ذلك أيضا (وان كان بدرجة أقل) فى كثير من السوق اللافة والمتسلقة .

وهناك أجزاء صغيرة بالقرب من أطراف الجذور تحس بالملامسة الجانبية المستطيلة ، فاذا صادفت مثل هذه الأجزاء أحجارا أو غيرها من المواد الصلبة وهى تخترق التربة مالت عن هذه الأجسام المهيجة واستمرت أطراف الجذور فى نموها فى اتجاه آخر . ومن جهة أخرى فان أجزاء الجذور النامية التى تكبر سنا عن تلك اذا نبهت بالملامســة مالت نحو الأجسام المهيجة ونمت حولها وهذه الحركات الناشئة عن الملامسة والحركات النودانية السابق ذكرها انما هى لتمكن الجذور من تخطى العقبات المعترضة طريقها .

تج ١٤٤ : (١) لاحظ صورة المحاليق السائبة من البازلاء ، والكرم والبلسان (Momordica) . وقارن هذه المحاليق بما يكون منها على حواملها .

(٢) هيء المحاليق السائبة التى التفت على نفسها ثلاث مرات بحيث تلمس أطرافها عناليج صغيرة أو غيرها من الحوامل المشابهة والخصرا فى فترات أبدها بضع ساعات ولاحظ مقدار التفاف الحالق حول حامله .

(٣) هيج الجانب المقعر من الطرف المحنى من حالق نبات الخيار والبطيخ وما شاكله مدة دقيقة بواسطة حكه بقطعة خشب ماساء ثم لاحظ مايطرأ عليها بعد ذلك مدة دقيقتين أو ثلاث وأنظر هل يزداد تقوسها ؟

تج ١٤٥ : الخص طريقة تسلق نبات الموموردیكا بلسمينا .

(٢) حركات الرد على اختلافات درجة الحرارة وتغير الليل والنهار .

كثير من الأزهار تتفتح فى يوم دافئ أو اذا هى أدخلت فى غرفة دافئة ، وتغمض اذا وضعت فى مكان بارد وتستمر حركات التفتح والغمض مستقلة عن الضوء ، وتحدث بواسطة التغير فى مقدار انتفاخ الخلايا المكونة للجانبين الأعلى والأدنى من البتلات . فان اختلاف درجة الحرارة يهيج البروتوبلازم بحيث ان مقادير الماء المختلفة يؤذن لها أن تمر خلالها الى فجوات الخلايا ومنها ، فتتغير حالة انتفاخ الخلايا تبعا لذلك . وازهار الاناجاليس وغيره من النباتات تغمض فى النهار اذا كان الطقس معتما والهواء رطبا . وذلك انما يكون لحماية الأسدية وغيرها من الأجزاء التوالدية من أذى المطر أو غيره من الأسباب وبتفتحها فى أيام الدفء يجد النبات فرصة مناسبة للتلقيح الخلط . إذ لايكثر زوارها من الحشرات إلا فى مثل هذه الأحيان .

وورقات الورقة المركبة من البرسيم وغيره من النباتات البقلية وكذا وريقات الحميض وغيره تطوى نفسها بعضها على بعض فى الليل أو تغير مراكزها بطريقة خاصة وتعود فى الصباح سيرتها الأولى . وتسمى الحركات التى من هذا القبيل "بالحركات النعاسية" (Nyctitropic or Sleeping movements) وانما يحدثها النبات ردا على التنبيه الحادث من اختلاف درجة الحرارة وتغير الاضاءة الحاصلة أثناء تغير الوقت من الليل الى النهار .

والغالب أن تتجه حواف الورق والوريقات فى الليل الى أعلى أو تنكس الورقة بأجمعها أو تطوى بحيث ان السطح الورقى المعرض للسماء ينقص نقصانا كبيرا فيقل بذلك فقد الحرارة الناشئ عن التشعع . وعلى ذلك فالأوراق بتشكلها على هذه الصورة فى الليل تحمى من أذى البرد حماية عظيمة .

شكل ١٤٦ : الخص موضعى أوراق البرسيم والفول المتداد فى الليل وفى النهار .

وفى النهار غط نبات برسيم بسلطانية أو حوض أو بناقوس وقارن بعد ساعتين بين وضع وريقات هذا الليل المفتعل ووضع الوريقات فى النبات المجاور الذى بقى معرضا للضوء .

تج ١٤٧ : اقتطف بعض رؤوس متفتحة تمام التفتح من نبات المونتوكا (Montauca) والجعضيض وضع شماريخها فى الماء . ثم انقلها الى خزانة معتمة ولاحظ أن هذه الرؤوس تغمض بعد ساعة أو ساعتين من بقائها فى الظلام . ثم انقلها الى مكان مضىء ولاحظ هل تعود فتتفتح؟

(٣) الحـــركات المسببة بالاضـاءة الجانبيـــة — التأود الضـــوئى (Heliotropism) .

اذا سمح لنبـات بالنمو غير معـترض فى نافذة غرفة عادية كان جانب من ساقها منارا أكثر بكثير من الجانب الآخر ، وتبعا لهذه الاضاءة يحنى الجزء النامى على مهل صوب الضوء بحيث ان طرف الساق وبعضا من الساق وراء الطرف المذكور يتجه فى النهاية صوب الجهة التى يأتى منها الضوء . ويحدث مثل ذلك الانحناء فى سوق النباتات النامية بجوار الحيطان ، وفى غيرها من الأماكن حيث يصـل اليها النور من جانب أكثر من الجانب الآخر وهـذا الانحناء ناشئ عن اختلاف فى سرعة النمو ومقداره على جانبى الساق مثل غيره من أحوال انحناء الأعضاء النامية . وهو ، كحركات الأوراق والجذور التى سيمر بك الكلام عنها ، انمـا يحدث مطاوعة لتنبيه الضوء الساقط على الساق من جانب واحد . ويوجد بالقرب من الطرف جزء صـغير يمتاز باحساسه بالاضاءة الجانبية ، والظاهر أن التنبيه الذى يصيبه ينتقل متقهقرا الى الجزء الذى يحنى بالطريقة الخاصة السابق وصفها .

واذا قطع طرف ساق بادرة تبدو عليها هذه الحركات أو غطى غطاء محكما بحيث لا يتطرق النور اليه مطلقا فان ذلك الانحناء الخـاص لا يحدث بتة . واذا حدث هذا التنبيه الضوئى الجانبى للجذور سبب حركة عكس التى تلاحظ

فى الجزء النامى من الساق . فالجزء النامى من جذر ما يميل منحنيا عن الضوء المنبه ، و يميل الطرف وجزء صغير بالقرب منه ، وان وقعا على خط الضوء الساقط ، (Incident Light) بعيدا منه وتسمى الحركات الحادثة ردّا لتنبيه الضوء الجانبى ، تلك الحركات التى تميل فيها أعضاء النبات صوب الضوء كالسوق ، هليوتروپزم أو بالتأود الضوئى (Heliotropism) أو التأود الضوئى الموجب . أما نقط التأود الضوئى المبتعد (Apheliotropism) أو التأود الضوئى السالب فيطلق على الحركات التى يميل فيها العضو المنبه بعيدا عن الضوء كالجذور .

أما فائدة هذه الحركات فواضحة ، وذلك أن سوق النباتات تستطيع بها أن تصل الى الضوء فتجعل الأوراق التى تحملها فى أليق موضع لقيامها بوظيفة "تثبيت الكربون" . و به تستعين الجذور على التماس طريقها وتخلل شقوق الأرض المظلمة .

والظاهر أن أوراق البصل وتلك الأوراق السيفية الشكل العريضة من بعض ذوات الفلقة المفردة هيليوتروبية (تتأود بالضوء) مثل السوق ولكن غالب الأوراق الخضرية العادية من النباتات تسلك مسلكا يخالف الجذور والسوق فانها تدور أو تلتف أعناقها حتى تجعل السطح الأعلى من نصولها على زاوية قائمة مع الاتجاه الذى يقع به النور عليها . وتسمى أعضاء النبات التى تأخذ هذا الموضع بالنسبة للضوء الواقع "ضوئية التأود عرضيا" (Diaheliotropic) ومن السوق قليل مثل سوق نبات حبل المساكين (Ivy) يكون متأودا ضوئيا عرضيا فتنمو على الحائط ملتصقة به ولا تحتاج الى معالجة خاصة لبقائها على تلك الصورة . على أن السوق الهليوتروبية

العادية من أشجـار الفواكه النامية فى مواقع مشابهة لتلك تنحنى مبتعـدة عن الحائط فاذا أريد منع هـذا الانحناء وجب أن يحافظ على النقط النامية حتى تبلغ أشـدها وتصلب وقد دلت التجارب على أن أشـعة الضوء الزرقاء والبنفسجية هى الأشـعة الفعالة فى إحداث حركات التأود الضـوئى . أما الأشعة الحمراء والصفراء فلا يرد عليها .

تج ١٤٨ : ازرع بعض بزور من الخردل فى أصين صغيرين من أصص الأزهار ، عرض كل منهما ثلاث بوصات فاذا بلغ طول البوادر بوصة تقريبا فضع أحد الأصين فى صـندوق شديد الظلمة وغط الآخر بصندوق مسود فى باطنه بدخان البترول ومثقوب فى جانب من جوانبـــه ثقبا يكون فى مستوى رؤوس البوادر تقريبا واترك البوادر بعـد ذلك يوما أو يومين ثم قارن جهات نمو سوقها فى كلا الأصين .

تج ١٤٩ : استنبت بعضا من بزور الخردل فى نشارة خشب رطبة فاذا بلغت جذورها الابتـدائية بوصة أو بوصـة ونصفا فخذ بادرة منها أو اثنتين وأنزل جذورهما من ثقوب فى ورقة مقواة ثم سد الثقوب بعد ذلك بشئ من القطن لمنع البادرتين من الانزلاق ثم ضع الورقة المذكورة فوق كوبة ملئت بمـاء البئر بحيث تغمر الجذور فى المـاء رأسيا .

وضع الجميع فى صـندوق معتم به ثقب فى جانبه كالموصوف فى التجربة السابقة ودع البادرتين تنموان يوما أو يومين ثم افحصهما بعـد ذلك وأنظر هل الساق والجذر رأسيان كما كانا عند ما وضعا فى الصندوق أم لا ؟

تج ١٥٠ : افحص أنواع الخبيزة افرنكى (Geranium) وغيرها من النباتات التى تنمى فى النوافذ ولاحظ كيف أن هذه النباتات تميل صوب الضوء .

ولاحظ أن الأوراق تجعل سطوحها العليا صوب الضوء . لاحظ أوراق فراخ حبل المساكين وغيره من النباتات التى تنمو ملاصقة للجدران ، تجد أن العليا صوب الضوء وانظر هل تنمو الأوراق جميعها على جانب واحد من سوق نباتاتها هذه ؟ هل انحنت الأعناق صوب جهة ما ؟

(٤) الحركات المحدثة ردا لقوة الجاذبية — التأود الأرضى أو جيوتروپزم (Geotropism) .

مامن جسم على الأرض إلا وهو كأنه مجذوب صوب مركز الأرض بقوة تسمى "قوة الجاذبية" . لهذه القوة تأثير منبه فى شتى أعضاء النباتات الحية. وأغلب السوق الابتدائية تنمو رأسية الى أعلى ضد هذه القوة مبتعدة عن الأرض فاذا وضعت أفقية انحنت مناطق النمو بالقرب من أطراف السوق الى أعلى على مهل حتى تعود رأسية كما كانت . أما الجذور فتنمو الى أسفل مع القوة صوب مركز الأرض . فاذا وضعت جذور البوادر أفقيـة انحنت أجزاؤها النامية على عجل على شكل زاوية قائمة وأخذت شكلا رأسيا بحيث تكون أطرافها متجهة الى أسفل .

وتسمى الجذور "جيوتروبية" (Geotropic) أى متأودة للأرض أومتأودة أرضية موجبة فى حين أن السوق التى تنمو بعيدة عن الأرض تسمى "المتأودة الأرضية المبتعدة" أو "أبوجيوتروبية" (Apogeotropic) والمتأودة الأرضية السالبـــة .

وريزومات البطاطس وغيره من النباتات فى العادة متأودة ارضية عرضية (Diageotropic) فهى تنمو أفقية واذاوضعت رأسية أخذت فى الانحناء ببطء الى جانب حتى تكون مناطق النمو والأطراف موازية لسطح الأرض .

وتستمر هذه الحركات فى الظلام . وهى نتيجة تنبيه الجاذبية المؤثرة فى الأطراف الحساسة من السوق والجذور لا فى الأجزاء النامية التى تصبح منحنية .

ويظهر أن الفروع الثانوية الجانبية من الجذور أقل احساسا بفعل جاذبية الأرض من الأعضاء الابتدائيـة فان الجذور الثانوية تنمو الى أسـفل مائلة فى التربة لا رأسية .

وثماريخ غالب الأزهار فى العادة متأودة أرضية مبتعدة أى أبوچيوتروبية ولكن احساس التأود الأرضى فى بعض الأحيان يتغير اذا تفتحت الزهرة . وكثير من صنوف الدفوديل (Daffodil) تصبح تأودية ضوئية عرضية اذا تفتحت الزهرة فتأخذ فوهة التويج موضعا متراوح الأفقية . وتنحنى سوق القمح والشعير فى العادة الى أعلى عند الكعوب عند ما تنحنى الى جانب بسبب الريح أو المطر وقد تستقيم السلاميات والسنابل بعد أن ترقد النباتات اذا لم يحدث هذا الرقاد متأخرا .

والحركة المتأودة الأرضية المبتعدة فى سوق الغلال مسببة عن تنبيه الجاذبية الذى يحدد النمو فى الأنسجة المكونة لقواعد الورقة المنتفخة الملاصقة للكعوب .

تج ١٥١ : أعد (تج ٩) ولاحظ المسلك الچيوتروبى الذى تسلكه جذور الفول المستعمل وســـوقه .

تج ١٥٢ : ازرع فولة مدّادة فى أص مملوء من ثرى البساتين واستبقها فى مكان مظلم . فاذا بلغت ساق البادرة بوصتين أو ثلاثا فأرقد الأص على جنبه حتى تكون ساق البادرة أفقيـة ودعها تنمو فى الظـلام كما كانت . والخصها بعـد بضع ساعات ولاحظ منحنى الساق واذكر أى أجزائها قد انحنى أكثر من غيره .

تج ١٥٣ : اقطع قطعة مستقيمة من ساق صغيرة السن من نبات الشعير أو القمح وليكن فى هذه القطعة كعب حوالى منتصفها وأنزل لطرف الأسفل المقطوع من ثقب فى سدادة فل يسعها فم زجاجة مفرطحة . واملأ الزجاجة بالماء وأنزل السدادة والقشة فيها من فم الزجاجة المذكورة وضع الزجاجة على جانبها بحيث تكون قطعة الساق أفقية ودعها فى خزانة معتمة طول الليل والخصها فى الصباح . وانظر هل القشة أفقية ؟

(٥) الحركات المسببة من اختلاف رطوبة التربة . التأود الرطوبى هيدروتروپيزم (Hydrotropism) — أطراف الجذور حساسة بما يحدث

من التغيرات فى مقدار رطوبة التربة . فانها وهى نامية فى الأرض تميل نحو أكثر الأجزاء رطوبة وعليه فان جذور النباتات تضرب فى الأرض حتى تصل الى الآبار ومجارى المياه وأنابيب الصرف الى مسافة بعيدة عن المكان الذى قامت عليه السوق بعدا كبيرا .

الفصل الحادى والعشرون

التوالد REPRODUCTION.

١ — ان العمليات الفيسيولوجية التى سبق بحثها انما تعنى ببقاء حياة النبات ولا بد الآن من بحث عملية التوالد ، أى قوة اخراج أفراد جديدة منفصلة ، التى هى احدى الخواص العظمى التى للكائنات الحية .

هناك نوعان من التوالد فى النباتات الزهرية وهما (١) التوالد الخضرى (Vegetative Reproduction) و (٢) التوالد التزاوجى (Sexual Reproduction).

التوالد الخضرى

ان الأساس فى التوالد الخضرى انفصال أجزاء الآلات الخضرية من النبات انفصالا طبيعيا أو صناعيا فينمو كل جزء منفصل حتى يكون نباتا جديدا تاما . ويرى هذا الكائن الخضرى الطبيعى فى نبات البطاطس وذلك أن ريزومات أرضية نحيلة تنمو من النبات الأصلى وتغلظ وتكون درنات عند