

وفى غالب الأحوال يكون مقدار ثانى أوكسيد الكربون المتولد على هذه الصورة أقل بكثير من ثانى أوكسيد الكربون الذى يخرج منه نفس النبات اذا هو تعرض للهواء . على أن بوادى الفول وغيرها من النباتات تخرج نفس مقدار ثانى أوكسيد الكربون أو أكثر منه اذا هى وضعت فى جو خال من الأوكسيجين كما تفعل وهى نامية نموا طبيعيا فى تربة مكشوفة للهواء .

وأثناء عملية التنفس البنى الجزيئى تختفى المواد الكربوايدراتية والدهون من أنسجة النباتات كما يحدث فى عملية التنفس العادى فى وفرة من الأوكسيجين ولكن تولد ثانى أوكسيد الكربون يصحبه تكون كحول وغيره من المركبات وقد بلغ مقدار الكحول الناتج أثناء التنفس الأناروبى فى الشليك الناضج فى احدى تجارب العالم بريفلد (Brefeld) أكثر من ٢ فى المائة وفى بوادى البازلأ أكثر من ٥ فى المائة من وزنها وهى صابحة .

وفى حين أن النباتات الراقية غير قادرة على الاحتفاظ بحيويتها فى غياب الأوكسيجين السائب أكثر من مدة قصيرة نجد أن كثيرا من صور النباتات الدنيئة مثل نبات اليبسته والبكتيريا مستقلة غير متوقفة الحياة على الأوكسيجين السائب بل تستمر على البقاء والتكاثر بدونه .

الفصل العشرون

النمو

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

يجرى فيها انقسام دائم في الخلايا المرافقة وصنع لخلايا جديدة . يوجد وراء هذه المنطقة مباشرة جزء طويل أو قصير يسمى " المنطقة النامية " (Growing Region) هنا نرى الخلايا متفخة وقد ازدادت في حجمها بسبب الضغط الذي في باطنها وتغيرت صورة كثير منها في الوقت نفسه . على أن هذه التغيرات الحادثة في الحجم والصورة تبعا لزيادة الانتفاخ لا يقتضى أن تكون ما يسمى " نموًا " وإن كانت ملازمة للنمو في كل حال . ولا تتمدد الخلايا النامية بواسطة الضغط الانتشاري فقط في الفجوات بل انما يصيبها تغير دائم في الحجم أيضا ، وفي الصورة والبناء تبعا لرسوب المواد في جذورها الخلوية وغيرها من الأجزاء الأخرى .

وعند سحب الماء من هذه الخلايا لا تعود الحالة الأصلية التي وجدت عليها عند بدء تكوينها في المنطقة التكوينية بمثل هذا العمل . وفضلا عن ذلك فيما أن تتمدد خلية ما لا يستمر بغير ازدياد حالة الانتفاخ ، وبما أن هذا يتضمن اضافة ماء الى بحوة الخلية ، فانه لا بد من حدوث ازدياد في وزن الخلية العام وهي آخذة في النمو . على أنه ، نظرا لما يحدث من الفقد في المادة بالتنفس قد يحدث نقص في الوزن الجاف اذا لم يعوّض هذا الفقد بعمليات غذائية أنابولية .

وما يقال عن خلية مفردة تامة يقال أيضا عن منطقة النمو كلها في فرع أو جذر ، إذ أن هذا متكون من عدة خلايا متنشطة .

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

ومناطق النمو الحقيقية فى الفراخ المتولدة فى الظلام من درنة بطاطس لا تقتصر على تغيير صورتها، بل تزداد فى وزنها باستنفاد الماء والمواد المختزنة؛ على أنه يرى أن وزن الدرنة (التي لا تنمو) وفراخها النامية ينقص بسبب فقد الماء منها فى عملية النتج، وبواسطة فقد ثانى أو أكسيد 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 مدة 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 أبعدا من قمة الفرخ أو الجذر . وازدياد طول السوق فى النجيليات مسبب عن تنشيط نقط النمو الكائنة عند قواعد السلاميات ، وفضلا عن ذلك فإن الازدياد فى طول الأوراق الطويلة من نبات البصل وغيره وكثير من الشمايخ الزهرية يحدث عند قاعدة هذه الأجزاء ، وعليه تكون أطرافها أكبرها سنا ، وتسمى نقط النمو التى من هذا القبيل ”بينية“ (Intercalary) . وإذا أخذت خلية أو عضو من نبات فى النمو كانت سرعة نموه فى أولها بطيئة وبعد ذلك تزداد على عجل شيئا فشيئا حتى تبلغ نهاية عظمى ينقص النمو بعدها على التدريج حتى يقف بتاتا عند ما يبلغ الجزء أشده . والوقت الذى يستنفده هذا الارتفاع والانخفاض يسمى ”مدة النمو العظمى“ (Grand Period) . ويلاحظ أيضا أن شدة النمو أو قوته فى ساق ما أو غيرها من الأعضاء تختلف أثناء مدة النمو العظمى المذكورة اختلافا كبيرا ، فإن الجزء النامي فى أحد عهود

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

تج ١٣٤ : أقطع قروءاً من الأشجار العادية والشجيرات في الخريف قبل اقبال الورق وقس المسافة الكائنة بين شتى السلاميات على ذلك الجزء الذي نما في ذلك الفصل من كل فرع منها . لاحظ ارتفاع السلاميات وانخفاضها في الطول . ولاحظ أيضاً الحجم النسبي للأوراق عند كل كعب واعمل مقاسات مثيلة لذلك على سوق النباتات العشبية الحولية .

تج ١٣٥ : أعد الشجرتين ١٤ و ١٩ وعلم بالخبر الصيني علامات مسافاتهما $\frac{1}{4}$ من البوصة على الورقتين الثانية والثالثة من بادرة نبات البصل بعد ظهورها مباشرة ثم قس هذه المسافات بعد إذ تكون الورقتان قد استطالتا استطالة كبيرة وقارن نموها بنمو جذور نبات فول . وانظر هل المنطقة الزائدة النمو كائنة بالقرب من طرف الورقة .

تج ١٣٦ : انخُب ساق نبات قمح أو شعير تكون فيه السنبلة قد لاحت خروجها . واقطع بوصة تقريباً تحت الكعب الأول الظاهر وكذا تحت الكعب الثاني من القمة حتى تحصل على سلامية واحدة من الساق وأزل فصل الورقة وجزءاً صغيراً من غمدتها ثم قس طول الساق والجزء الصغير الذي تحت العقدة قياساً دقيقاً . واعمل خمس علامات أوسطاً بالخبر الصيني بين الواحدة والأخرى $\frac{1}{4}$ بوصة عند الطرف الأعلى من الساق . ثم ضع الطرف الأدنى من الساق في الماء وغط الجميع إذا استنضجت بقعة زجاجية واركه في غرفة دافئة أبرد أربع وعشرين ساعة أو ضع الساق في اسطوانة زجاجية في قاعها قليل من الماء أبرد مثل هذه المدة . ثم قس الطول الكلي 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 أي أشجار أو شجيرات أو نباتات عشبية مستوفاة النمو في أوائل الصيف أيام تأخذ في النمو وفي فترات تتراوح بين يومين وثلاثة لمدة ما بعد ذلك . وعين الوقت الذي تستمر فيه السلامة في 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 . وهناك ظروف شتى خارجية ضرورية لسلامة النمو منها :

- (١) درجة حرارة مناسبة .
- (٢) مدد موافق من الماء .
- (٣) غذاء أو مواد غذائية موافقة .
- (٤) وجود غاز الأوكسيجين .
- (٥) الضوء . لهذا تأثير نافع وإن كان غير ضرورى ضرورة جوهرية .

(١) الحرارة — لا يخفى أن النمو فى الشتاء عند ما تكون درجة حرارة الهواء والتربة منخفضة لا يحدث إلا بطيئا وقد يقف بتاتا . ولكن إذا ارتفعت درجة الحرارة فى الربيع نبتت البزور وأخذت البراعم فى التكشف فإذا جاءت حرارة الصيف ازداد النمو تنشطا . وإذا عرض نبات ما الى حرارة تتناقص درجاتها تدريجيا بلغ فى النهاية الى درجة يقف عندها النمو بتاتا .

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

وغيرها من نباتات المنطقة الحارة تبلغ من الارتفاع درجة ١٩ أو عشرين مئيتية . 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 حد أعلى يقف عنده النمو نباتا فيرى أن النباتات قد تكون أحرّ أو أبرد مما يجب لنموها وبين هذين الطرفين خط أمثل أو درجة حرارة أنسب لها ، عندها تتقدم النباتات تقدّما ليس وراءه مطلب .

والدرجة المثلى لأشيع أنواع نباتات الحقول والبساتين هي ٢٨ مئيتية تقريبا . أما الدرجة العليا فتقع عادة بين ٣٨ و ٤٣ مئيتية والدرجة المثلى للذرة والبقول والخيار هي ٣٣ أو ٣٤ مئيتية تقريبا والعليا ٤٦ تقريبا .

ويلاحظ أنه ان كانت النباتات العادية تقف عن النمو على درجات الحرارة السابق ذكرها فان موت البروتوبلازم لا يحدث عادة حتى تبلغ درجة الحرارة ٥٦ مئيتية أو تتخط الى درجة التجمد أو الى ماتحتها بوضع درجات وتتوقف قوة مقاومة الحرارة والبرودة في الأكثر على مقدار الماء الذي يشتمل عليه النبات . فالفراخ والبراعم التامة النضج التي تشتمل على قليل من الماء لا تتأذى بتأثير الصقيع في الشتاء أكثر مما تتأذى الفراخ العصرية غير البالغة التي تشتمل على كثير من الماء . والبوادر المتفخخة ، والبراعم التي تفتحت وشيكا ، والأوراق المنتشرة حديثا ، والنباتات المروية عند الغروب والجذور الشحمة وكل الأجزاء المشتملة على مقادير كبيرة من الماء ، تتأذى في العادة بتعرضها الى صقيع قارس . والعادة في النبات أنه اذا عرض الى درجة حرارة بين ٢ و ٥ مئيتية يسمح السيئوبلازم فيها لمقدار من الماء النقي الموجود في الفجوة بالرشح من الخلية الى الخلال الخلوية المحيطة بها حيث يتجمد على صورة بلورات

ثلجية صغيرة الحجم . وقد يشابه الموت فى هذه الحالة ما يحدث من الموت بالجفاف . والنباتات وان كانت تقبل أحيانا فى عملية التجمد المائى ، فان هذا التكون الثلجى ليس فى كل الأحوال مميتا إذ أنه فى كثير من الأحوال اذا كان الجزء المتجمد يذوب ببطء ، تعود الخلايا فتمتص الماء وتعود الأنسجة سيرتها الأولى الطبيعية . فأما اذا ذوب الجزء المتجمد حثيثا فان الماء لا يعود الى الخلايا وعليه فلا بد من حدوث الموت .

ولا ينبغى تعريض النباتات المتجمدة المزروعة فى أصص الى أشعة الشمس المباشرة . ويفيد فى إعادة التنشط اليها أن ترش بماء بارد برودة الثلج فاذا استمر الصقيع مدة طويلة فان الماء المتجمد على ظاهر الخلايا قد يتبخر على التدرج فى الهواء الجاف البارد الذى يحيط بها . وفى هذه الأحوال يتكش الجزء المتجمد ويموت من العطش .

والبرور الساكنة تشتمل على قليل من الماء وهى قادرة على تحمل أقل درجة ممكن الوصول اليها من الحرارة دون أن يصيبها أذى ، وقد وجد العالمان "ديوار" (Dewar) و"دايار" (Dyer) أن برور الحردل والقمح والشعير والبالزلاء وغيرها من النباتات قد أنبتت بسهولة بعد أن نقعت ست ساعات فى أيدروحين سائل كانت حرارته ٤٥٣ فرنهيت تحت الصفر أو ٢٧٠ مئينة تقريبا تحت الصفر . وفى النباتات المنشطة النمو يعطب البروتويلازم وتتلف قوته الحيوية على درجة حرارة بين ٤٥ و ٥٠ مئينة .

وكثير من البرور الجافة تتحمل الحرارة الجافة على درجة ٨٠ مئينة أو أكثر منها مدة ساعة أو أكثر ، على أنها اذا نقعت ثم عرضت لحرارة درجتها بين ٥١ و ٥٢ مانت فى مدة بين ١٠ دقائق و ٣٠

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

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

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

(٣) الغذاء — الغذاء جوهرى لتكوين البروتينات والجلدر الخلوية من الأجزاء النامية .

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

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

وإذا استبقيت النباتات فى الظلام مدة كبيرة فإنها تتنوع ويقال لها فى هذه الحالة محورة أى مبيضة (Etiolated) وسلاميات السوق ذوات الفلقتين

فى النماذج المبيضة تكون مستطيلة استطالة شاذة وأضال من أمثالها المنماة فى ظروف النهار والليل العادية وترى خلاياها أكبر من المعتاد وتبقى جذورها الخلوية رقيقة فتصبح سوقها تبعا لذلك ضعيفة وغير قادرة على أن تقيم عودها وفضلا عن ذلك فإن 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 فإن النبات كله يبدو باهت اللون وبعض السوق كالسوسن والبصل وكذا السويق الجنيذية السفلى لكثير من النباتات مثل الفول ، مما 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 إذا 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 ودعها تنبت . فإذا ظهرت البوادر على سطح التربة فضع أحد المقدارين فى مكان مضيء بشرط أن لا يتعرض لشعاع الشمس المباشر وضع المقدار الآخر بالقرب منها مغطى بصناديق تمنع دخول النور اليه .

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

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

(٣) لاحظ ما هنالك من الاختلافات 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 الدهل وأوراق البصل .

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

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

وفي السوق والجذور ينمو أحد الجانبين أسرع من الآخر فيترتب على ذلك بأن يكون الجانب الذي أسرع في نموه أطول قليلا من الجانب الآخر وعليه يصبح الجزء النامي الذي يكون طرف الساق أو الجذر مثليا أو منحنيا . وليست سرعة النمو وزيادته مقصورة على جانب واحد دون آخر بل انما تتغيران من آن الى آن ولذلك ينحني العضو النامي في جهات متعددة فيدور طرفه على مهل ملتفا على شكل لولبي في نموه الى أعلى أو الى أسفل . والحركات التي من هذا النوع تكون طوعية تلقائية وهي تنشأ من العضو النامي نفسه وتحدث سواء كان النبات في الضوء أو في الظلام كما هو حالها في مدة النمو العظمى .

ويطلق على هذه الحركات الانحنائية البطيئة لفظ "النودان" (Nutation) .

وأطراف أكثر السوق والجذور تدور من اليمين الى اليسار في جهة تخالف جهة عقارب الساعة ولكن قمة ساق الشبرفاند (Lonicera) وغيرها من النباتات تتحرك دائرة من اليسار الى اليمين أثناء نودانها .

بهذه الحركات تستطيع الجذور أن تتقدم فى التربة تقدما سهلا عليها وتستطيع السوق المتسلقة والمحاليق التى يكون نودانها ظاهرا بينا بهذه الوسائل أيضا أن تصل الى ما يحاورها من الدعم فتلتف عليها .

وأطراف كثير من الفراخ الأرضية من كثير من ذوات الفلقتين تتحنى بسبب فرط نمو جانب منها وبهذه الطريقة تحتوى 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 ثوبا .

وتكون الأوراق المكونة لبراعم النباتات فى حداتها ملتفة حول نقطة النمو النضبة أو معقوصة الى أعلى بطريقة خاصة 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 بها الحال الى التسطح ويستمر نخاع أغلب السوق وقشرتها على النمو مدة أكبر مما يستغرقها النسيج الحشبي . وذلك أنهما يحاولان الاستطالة فيعوقهما النسيج الحشبي الى أجل ما . فينتج من عدم التساوى فى النمو توترات طويلة فى الأجزاء النامية فاذا شققت فى سوق الصفصاف وعباد الشمس وغيرها من النباتات التى تنمو بسرعة شقا طويلا استطال النخاع قليلا وانحنى النصفان المفصولان للخارج .

ولا ينمو قلف كثير من الأشجار بسرعة كما ينمو الحشب 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 منظم ، كلا السببين فى كثير من الأحوال له أثر فى حركات النبات .

نجم ١٤٠ : (١) الخصى في يوم دافئ، لم تقم فيه ريج بعض نباتات صغيرة من الكوتفولقيولس وغيرها من النباتات الملتفة النامية حول أعمدة أو خيوط قائمة . وارسم خطا على الأرض من قاعدة العمود في الجهة التي يرى عليها طرف الساق في ذلك الوقت . والخصى النباتات كل نصف ساعة . وعلم علامة في الجهة التي ينحني فيها الطرف في تلك الفترات وحاول أن تعرف الزمن الذي يأخذه الطرف لعمل دورة كاملة حول العمود معتبرا إياه مركزا .

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

نجم ١٤١ : ضع بعض بزور من الفول الرومي ونقيرها الى أدنى في نشارة خشب مبلة واتركها تنبت فإذا أصبح طول جذورها بوصة فارفعها وتخير واحدة يكون جذرها أكثر استقامة من سواء وثبتة بدبوس يمر في أضيق أقطار الفلقتين في عصي رفيعة أو قطعة من الخشب دقيقة . وضع العصي أو القطعة في ثقب في لوحة من الفل أو الورق المقوى ثم ضع الورقة المقواة والبقولة فوقها على فم قنبلة واسعة الفوهة مشتملة على مقدار قليل من الماء وهي هذا وذلك حتى يكون الجذر رأسيا داخل الزجاج .

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

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

نجم ١٤٢ : انقطع قضبا طولها بوصتان من سوق تامة النمو من نبات عباد الشمس وغيره . قسمها ثم شقها على استطالتها بحيث يشمل بعضها على النخاع فقط والبعض الآخر على الأنسجة القشرية فقط . قس كل شقة وقارن بين أطوالها وبين الطول الأصلي للقطعة جميعها ولاحظ أيضا صورة القطع المتفرقة .

نجم ١٤٣ : أزل في أبريل أو مايو وفي غيرهما من الوقت حلقة كاملة من القلف طولها بوصة من فروع عمرها ثلاث سنوات أو أربع من شجرة لبخ وجيز وشمش . ثم حاول أن تعيد القلف الى مكانه الأصلي . وأنظر هل يقع في المكان بالدقة ؟

٤ — حركات النمو السببية (Induced movements of growth) —
يوجد فضلا عن الحركات الحيوية التى سبق شرحها ، تلك التى تنشأ عن أسباب داخلية موروثية تعمل داخل أعضاء النبات ذاتها ، حركات أخرى تلاحظ فى كثير من أعضاء النباتات ، يحدثها مثير أى منه خارجى . فان بروتوبلازم النباتات الحية قابل للتهيج بل هو حساس كبروتوبلازم الحيوانات سوى أن ذلك انما يكون بطريقة مخالفة لذلك 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 بلامسة خفيفة . اذا لامس حلق أثناء نودانه جسما غريبا كساق نبات مجاور أو عسلوج منه فانه يأخذ فى الانحناء نحو الجسم المهيج . فاذا لم يكن هذا الجسم سميكاً جداً وكان الاتصال به مستطيلاً أصبح الحلق أكثر انتفاخاً من جهة الجانب الذى لم يهيج وكذلك ينمو بسرعة فى هذا الجانب بحيث تلتف المحاليق حول الجسم التفافاً تاماً .

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

وليس الانحناء في الخالق مقصورا على الجزء الذى هيج بالفعل ، بل العادة أن ينقل أثر التنبيه الى الوراء على استطالة الخالق ويحدث في الأجزاء التى لم تلمس . ويصادف مثل هذا الرد الناشئ من ملاسة جزء غريب مجاور ، في الأعناق الحساسة من بعض الأنواع المتسلقة من التروبيسولوم (Tropaeolum) والسولانوم (Solanum) ويلاحظ مثل ذلك أيضا (وان كان بدرجة أقل) في كثير من السوق الالفة والمتسلقة .

وهناك أجزاء صغيرة بالقرب من أطراف الجذور تحس بالملاسة 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 فإن أجزاء الجذور النامية التى تكبر سنا عن تلك اذا نهبت بالملاسة مالت نحو الأجسام المهيجة ونمت حولها وهذه الحركات الناشئة عن الملاسة والحركات النودانية السابق ذكرها انما هى لتمكن الجذور من تخطى العقبات المعترضة طريقها .

مج ١٤٤ : (١) لاحظ صورة المحاليل السائبة من البازلاء ، والكروم والبلسان (Momordica) . وقارن هذه المحاليل بما يكون منها على حواملها .

(٢) هي المحاليل السائبة التى التفت على نفسها ثلاث مرات بحيث تلمس أطرافها عالياً صغيرة أو غيرها من الحوامل المشابهة والخصصا فى فترات أبداها بضع ساعات ولاحظ مقدار التفاف الخالق حول حامله .

(٣) هيج الجانب المقعر من الطرف الخنى من خالق نبات الخيار والبطيخ وما شاكله مدة دقيقة بواسطة حكمة بقطعة خشب ماساء ثم لاحظ ما يطرأ عليها بعد ذلك مدة دقيقتين أو ثلاث وأنظر هل يزداد تقوسها ؟

مج ١٤٥ : الخصى طريقة تسلق نبات الموموردیکا بلسمين .

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

كثير من الأزهار تفتح في يوم دافئ أو إذا هي أدخلت في غرفة دافئة ، وتغمض إذا وضعت في مكان بارد وتستمر حركات التفتح والغمض مستقلة عن الضوء ، وتحدث بواسطة التغير في مقدار انتفاخ الخلايا المكونة للجناحين الأعلى والأدنى من البتلات . فان اختلاف درجة الحرارة يهيج البروتوبلازم بحيث ان مقادير الماء المختلفة يؤذن لها أن تمر خلالها إلى فجوات الخلايا ومنها ، فتتغير حالة انتفاخ الخلايا تبعاً لذلك . وازهار الاناجاليس وغيره من النباتات تغمض في النهار إذا كان الطقس معتماً والهواء رطباً . وذلك إنما يكون لحماية الأسدية وغيرها من الأجزاء التوالدية من أذى المطر أو غيره من الأسباب وبتفتيحها في أيام الدفء يجد النبات فرصة مناسبة للتلقيح الخلط . إذ لا يكثر زوارها من الحشرات إلا في مثل هذه الأحيان .

ووريقات الورقة المركبة من البرسيم وغيره من النباتات البقلية وكذا وريقات الحميض وغيره تطوى نفسها بعضها على بعض في الليل أو تغير مراكزها بطريقة خاصة وتعود في الصباح سيرتها الأولى . وتسمى الحركات التي من هذا القبيل ” بالحركات النعاسية “ (Nyctitropic or Sleeping movements) وإنما يحدثها النبات رداً على التنبيه الحادث من اختلاف درجة الحرارة وتغير الإضاءة الحاصلة أثناء تغير الوقت من الليل إلى النهار .

والغالب أن تنبج حواف الورق والوريقات في الليل إلى أعلى أو تنكس الورقة بأحدها أو تطوى بحيث أن السطح الورقي المعرض للسماء ينقص نقصاً كبيراً فيقل بذلك فقد الحرارة الناشئ عن التشعع . وعلى ذلك فالأوراق بتشكّلها على هذه الصورة في الليل تحمي من أذى البرد حماية عظيمة .

وفي النهار غط نبات برسيم بسلطانية أو حوض أو بناهوس وقارن بعد ساعتين بين وضع ورققات هذا الليل المفتعل ووضع الورقيات في النبات المجاور الذي بقى معرضا للضوء .

تج ١٤٧ : اقتطف بعض رؤوس متفتحة تمام الفتح من نبات المونتوكا (Montauca) والعضيض وضع شماريخها في الماء . ثم انقلها الى خزانة معتمة ولاحظ أن هذه الرؤوس تفيض بعد ساعة أو ساعتين من بقائها في الظلام . ثم انقلها الى مكان مضيء ولاحظ هل تعود تفتتح ؟

(٣) الحركات المسببة بالاضاءة الجانبية — التأود الضوئي (Heliotropism) .

إذا سمح لنبات بالنمو غير معترض في نافذة غرفة عادية كان جانب من ساقها منارا أكثر بكثير من الجانب الآخر ، وتبعاً لهذه الاضاءة ينحني الجزء النامي على مهل صوب الضوء بحيث ان طرف الساق وبعضها من الساق وراء الطرف المذكور يتجه في النهاية صوب الجهة التي يأتي منها الضوء . ويحدث مثل ذلك الانحناء في سوق النباتات النامية بجوار الحيطان ، وفي غيرها من الأماكن حيث يصل اليها النور من جانب أكثر من الجانب الآخر وهذا الانحناء ناشئ عن اختلاف في سرعة النمو ومقداره على جانبي الساق مثل غيره من أحوال انحناء الأعضاء النامية . وهو ، كحركات الأوراق والجذور التي سيمر بك الكلام عنها ، إنما يحدث مطاوعة لتنبيه الضوء الساقط على الساق من جانب واحد . ويوجد بالقرب من الطرف جزء صغير يمتاز بحساسه بالاضاءة الجانبية ، والظاهر أن التنبيه الذي يصيبه ينتقل متقهقرا الى الجزء الذي ينحني بالطريقة الخاصة السابق وصفها .

وإذا قطع طرف ساق بادرة تبدو عليها هذه الحركات أو غطي غطاء محكما بحيث لا يتطرق النور اليه مطلقا فإن ذلك الانحناء الخاص لا يحدث بته . وإذا حدث هذا التنبيه الضوئي الجانبي للجذور سبب حركة عكس التي تلاحظ

فى الجزء النامى من الساق . فالجزء النامى من جذر ما يميل منحنيا عن الضوء المنبه ، ويميل الطرف وجزء صغير بالقرب منه ، وإن وقعا على خط الضوء الساقط ، (Incident Light) بعيدا منه وتسمى الحركات الحادثة ردّا لتنبه الضوء الجانبي ، تلك الحركات التى تميل فيها أعضاء النبات صوب الضوء كالسوق ، هليوتروپزم أو بالتأود الضوئى (Heliotropism) أو التأود الضوئى الموجب . أما نقط التأود الضوئى المتبعد (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" . وبه تستعين الجذور على التماس طريقها وتحلل شقوق الأرض المظلمة .

والظاهر أن أوراق البصل وتلك الأوراق السيفية الشكل العريضة من بعض ذوات الفلقة المفردة هيليو تروبية (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 وصولها 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 جبل المساكين (Ivy) يكون متأودا ضوئيا عرضيا فتتمو على الحائط ملتصقة به ولا تحتاج الى معالجة خاصة لبقائها على تلك الصورة . على أن السوق الهليوتروبية

العادية من أشجار الفواكه النامية في مواقع مشابهة لتلك تتحنى مبتعدة عن الحائط فإذا أريد منع هذا الانحناء وجب أن يحافظ على النقط النامية حتى تبلغ أشدها وتصلب وقد دلت التجارب على أن أشعة الضوء الزرقاء والبنفسجية هي الأشعة الفعالة في إحداث حركات التأود الضوئي . أما الأشعة الحمراء والصفراء فلا يرد عليها .

تج ١٤٨ : ازرع بعض بزور الخردل في أصيص صغيرين من أصص الأزهار ، عرض كل منهما ثلاث بوصات فإذا بلغ طول البوادر بوصة تقريبا فضع أحد الأصيص في صندوق شديد الظلمة وغط الآخر بصندوق مسود في باطنه بدخان البترول ومثقوب في جانب من جوانبه ثقبا يكون في مستوى رؤوس البوادر تقريبا واترك البوادر بعد ذلك يوما أو يومين ثم قارن جهات نمو سوقها في كلا الأصيص .

تج ١٤٩ : استئببت بعضا من بزور الخردل في نشارة خشب رطبة فإذا بلغت جذورها الابتدائية بوصة أو بوصة ونصف اغذ بادرة منها أو اثنتين وأنزل جذورهما من ثقوب في ورقة مقواة ثم سد الثقوب بعد ذلك بشئ من القطن لمنع البادرتين من الانزلاق ثم ضع الورقة المذكورة فوق كوبه ملئت بماء البئر بحيث تغمر الجذور في الماء رأسيا .

وضع الجميع في صندوق معتم به ثقب في جانبه كالموصوف في التجربة السابقة ودع البادرتين تتومان يوما أو يومين ثم اخصهما بعد ذلك وأنظر هل الساق والجذر رأسيان كما كانا عندما وضعا في الصندوق أم لا ؟

تج ١٥٠ : اخصص أنواع الخبيزة افرنكي (Geranium) وغيرها من النباتات التي تنمو في النوافذ ولاحظ كيف أن هذه النباتات تميل صوب الضوء .

ولاحظ أن الأوراق تجعل سطوحها العليا صوب الضوء . لاحظ أوراق فراخ جبل المساكين وغيرها من النباتات التي تنمو ملاصقة للجدران ، تجد أن العليا صوب الضوء وأنظر هل تنمو الأوراق جميعها على جانب واحد من سوق نباتاتها هذه ؟ هل انحنى الأعناق صوب جهة ما ؟

(٤) الحركات المحدثة ردًا لقوة الجاذبية — التأود الأرضي أو جيوتروپزم (Geotropism) .

مامن جسم على الأرض إلا وهو كأنه مجذوب صوب مركز الأرض بقوة تسمى "قوة الجاذبية". لهذه القوة تأثير منه 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 فتتنمو الى أسفل مع القوة صوب مركز الأرض. فاذا وضعت جذور البوادر أفقية 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 أو متأودة أرضية موجبة فى حين أن السوق التى تنمو بعيدة عن الأرض تسمى "المتأودة الأرضية المبتعدة" أو "أبوجيوتروبية" (Apogeotropic) والمتأودة الأرضية السالبة.

وريزومات البطاطس وغيره من النباتات فى العادة متأودة أرضية عرضية (Diageotropic) فهى تنمو أفقية واذا وضعت رأسية أخذت فى الانحاء 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 منعنية.

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

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

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

تج ١٥١ : أعد (تج ٩) ولاحظ المسلك الجيوتروبي الذى تسلكه جذور الفول المستعمل ورسوقه .

تج ١٥٢ : ازرع فولة مدادة في أص مملوء من ثرى البساتين واستبقها في مكان مظلم . فاذا بلغت ساق البادرة بوصتين أو ثلاثا فأرقد الأص على جنبه حتى تكون ساق البادرة أفقية ودعها تنمو في الظلام كما كانت . واخصها بعد بضع ساعات ولاحظ منحني الساق واذكر أى أجزائها قد انحنى أكثر من غيره .

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

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

من التغيرات فى مقدار رطوبة التربة . فانها وهى نامية فى الأرض تميل نحواً أكثر الأجزاء رطوبة وعليه فان جذور النباتات تضرب فى الأرض حتى تصل الى الآبار ومجارى المياه وأنايب 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 ولابد 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 الأصيل وتغلظ وتكون درنات عند