ابحث أى الورقتين أحوى للنشا ، ثم تحقق على أى السطحين تكثر الثغور .

تج ١١٨ : لبيان تأثير الظلام فى تكوين النشا ضع ورقة تروبيولم مربوطة فى كيس من الورق الأسمر حتى لايدخل اليها نور بتة ودعها كذلك يومين ثم ابحث عن وجود النشا .

تج ١١٩ : اغل مقدارا من أوراق النجيليات دقيقة أو اثنتين ثم انتزع منها الخضير بوضع الأوراق فى كؤول قوى فى خزانة مظلمة .

وصب بعض المحلول فى كوبة أو فى أنبوبة كبيرة ولاحظ اخضرار لون المحلول عند عرضه فى النور وحمرته القاتمة اذا نظر اليه بنور منعكس عنه .

ولاحظ مايحدث من التأثير فى الضوء عند وضع بعض نقط من الحامض الأيدروكلوريك الى المحلول .

تج ١٢٠ : انبت بعض بوادر من القمح والخردل والبازلاء فى ظلام دامس . ولاحظ أن أوراق هذه البوادر لاتكون خضراء . ثم عرض النباتات للضوء وراقب الوقت الذى تبدو فيه أول علامات اخضرار اللون المعين .

تج ١٢١ : ضع ماجورا أو ساطنية أو حوضا مقلوبا على مكان من غيط نابت حتى يمتنع الضوء عن النبات الذى تحته . وراقب كيف يفقد النبت اخضرار لونه بعد أيام .

الفصل السابع عشر

تكون البروتيدات — نقل الزاد واختزانه

١ — تحدث على الدوام فى جسم النبات عدة تغيرات كيماوية عظيمة يطلق على جملتها اسم "العمليات الميتابولية" أو "الميتابولزم" (Metabolism) (التحويل الغذائى) ومن هذه العمليات مايؤدى — كالتى سبق بحثها فى الفصل السابق — الى تكون مركبات معقدة من مركبات أبسط منها . وتسمى هذه

العمليات "بالانابولية" أو "بالانابولزم" (Anabolism) . (التحويل الغذائى التركيبى) . فأما تلك التى تؤدى الى تحليل المركبات المعقدة الى مركبات أبسط منها فتدرج تحت اسم "الكاتابولزم" (Catabolism) . (التحويل الغذائى التحليلى) .

فأما الظروف التى تحدث فيها التفاعلات الكيماوية فى جسم النبات الحى فهى أشد وأعظم تعقيدا من تلك التى نصادفها فى المعامل الكيماوية وربما كانت تخالفها جد المخالفة ولا تزال معلوماتنا عن التغيرات الكيماوية التى تعنى بانتاج كثير من المركبات العضوية المختلفة الموجودة فى النباتات قليلة جدا غير كاملة .

تكوين البروتيدات

ليس تركيب أنواع السكر وغيره من المركبات الكربوايدراتية من مواد غذائية بسيطة غير عضوية بالأمر الوحيد الذى يحدث أثناء نمو النباتات الخضراء بل يحدث أيضا بناء مركبات عضوية أخرى أهمها مايشتمل على النتروجين وهذه هى الأميدات والبروتيدات .

فأما المصادر الطبيعية التى تستمد منها النباتات الخضراء ما يلزمها من النتروجين لانتاج هذه المركبات فهى :

(١) النتروجين الخالص غير المتحد الذى يوجد فى الجو .

(٢) مركبات الدبال النتروجينية العضوية المعقدة التى فى الأرض .

(٣) الأملاح النوشادرية الموجودة فى الأرض .

(٤) النيترات .

ومعظم نباتات الفصيلة البقلية تعيش فى معاشرة البكتريوم (Symbiosis) وهى وحدها القادرة على الانتفاع بالنتروجين السائب فى الهواء . وقد أثبت بواسطة المزارع الرملية والمائية أن النباتات الخضراء ان كانت تستطيع أن تستعمل الأملاح النوشادرية كالبوليا واللوسين وكثيرا من المركبات العضوية النتروجينية مباشرة فانها تجود اذا هى أمدت بنتروجين على صورة نيترات ، وهذا صحيح حتى فى النباتات البقلية التى تستطيع فى الظروف المذكورة أن تحصل على نتروجينها من الجو .

وبما أن الأملاح النوشادرية والمركبات النتروجينية العضوية من البراز والبول والدبال اذا هى وضعت فى الأرض لتتغير فى النهاية الى نترات فيستنتج أن النباتات تحصل فى العادة على أهم جزء من النتروجين الذى تحتاج اليه من نترات الكلس والمغنيزيوم والبوتاسيوم والصوديوم الموجودة فى الأرض .

ولا تزال التغيرات الكيماوية التى تحدث للنترات بعد أن تمتصها النباتات وكذا الأنسجة أو الأعضاء التى تحصل فيها هذه العمليات غير معروفة تقريبا وتختلف النباتات بعضها عن بعض فى طريقة أخذ النترات ، فقد توجد النترات فى بعض الأنواع شائعة فى كل أجزائها . ولا يوجد فى غيرها إلا فى الساق والجذور وفى بعضها لا يوجد بتة والظاهر فى هذه الحالة أن هذه المركبات تتحلل بمجرد دخولها أطراف النباتات أى فى الشعيرات الجذرية وفى ألياف الجذر الواهنة .

وقد يستنتج من هذا أن بين المركبات النيتراتية البسيطة التى تمتص من التربة وبين البروتيدات المنتجة فى النباتات حواصل وسطية كثيرة يصنعها النبات . فأما ماهية هذه الحواصل فلا تعرف يقينا ولكن لا شك أن مادة

الاسباراچين (الحامض الأميدوسكسناميك) (Succinamic) هى من ضمن المواد النتروجينية الوسطية التى تبنى منها البروتيدات فى النهاية بمعونة الكربوايدراتات التى سبق تكوينها وربما كان منها غير الاسبراچين من الأميدات والحوامض الأميدية .

ويظهر أن بناء البروتيدات من الاسباراچين وأنواع السكر فى بعض الأحوال ، يحدث فى الأوراق وربما استمر فى الظلام ولكن فى بعض الأحيان تزداد سرعة العملية اذا تعرضت النباتات للضوء . ويحدث مثل هذا الصنع فى الجذور وربما حدث فى غيرها من أجزاء النباتات .

وقد بين العالم "شولتز" (Schultze) وغيره أن فى استطاعة النباتات أن تستعمل النيترات وأملاح النوشادر لصنع الاسباراچين وغيره من المركبات الأميدية الملحقة به . وظروف تكوين الاسباراچين من النيترات هى — كما قال العالم سوزوكى (Suzuki) — ارتفاع درجة الحرارة ارتفاعا ما ووجود السكر .

وفضلا عن تكوين الاسباراچين بطريقة التركيب الكيماوى من النيترات أو الأملاح النوشادرية والسكر ، فانه يظهر أنه ينتج فى النباتات بتحلل البروتيدات فيمكن أن يستعمل هذا الاسباراچين ثانيا لتجديد بروتيدات اذا وجد من المواد الكربوايدراتية مدد موافق لاتمام عملية التركيب .

ويقوم بعض المركبات غير العضوية — خلاف النيترات — مثل السلفات والفوسفات فى عملية تكوين البروتيدات اذ أنها تشتمل على كبريت وفى بعض الأحيان على فوسفور أيضا ؛ وربما دخل فى تركيب البروتيدات المعقدة بعض العناصر المعدنية كالبوتاسيوم والكلسيوم المعروفة بضرورتها لتغذية النباتات .

٣ — استعمال ونقل واختزان المواد النباتية الزادية .

ان المركبات العضوية الشتى التى تصـنع بواسطة العمليات الأنابولية (التشييدية) تسـتخدم بطرق مختلفة . وذلك أن مقـدارا من المواد السكرية والدهنية يسـتهلك فى عمليـة التنفس . وفى النباتات التى توضـع فى الظلام وفى الأطوار الأولى من نمو البزور وفى الدرنات والبصلات . تؤدى العمليات التنفسية الاتلافية الى فقدان مقـدار عظيم من الكربون ينطلق فى الجو على صورة ثانى أوكسيد الكربون ففى هذه الظروف يحدث نقص فى وزن المواد الجافة من النبات على أنه اذا تم نمو الأوراق والأعضاء التى تعنى بأمر تثبيت الكربون حدثت زيادة مطردة فى الوزن الجاف من مبـدأ حيـاة النبات الى نهايتها إذ تكون الانابولزم أى التشـييد أزيد بكثير من الكاتابولزم أى عمليات التحليـــل .

والجزء الأكبر من المواد السكرية والدهنية والبروتيدية وغيرها من المركبات العضوية التى تصنعها النباتات يستخدم فى بنـاء الجدر الخلوية وبروتوبلازم الخلايا الحديثة الناشئة عنـد نقط النمو ، وفى تغذية بروتوبلازم الخلايا البالغة وكذا فى تثخين جدرها الخلوية . وفى ظروف النمو العادية يبنى من المواد العضوية مقدار أكثر مما يحتاج اليـه الأمر للتغذية الضرورية للنبات ولذلك فالزائد منها يختزن لتغـذية نسلها واذا كان النبات معمرا كان ذلك الاختزان لسد حاجته من الغذاء فيما بعد ذلك من أدوار نموه .

وينتقل السكر من البصل الورقى الى العنق ثم الى الساق ومنها ينتقل على استطالتها الى البراعم ونقط النمو وغيرها من أجزاء الجذر والفرخ حيث يكون النمو وتكوين الأعضاء أو الأنسجة الجديدة جاريا وكذلك الى المراكز التى تدخر فيها الأغذية الاحتياطية .

ويؤثر أنزيم الدياستاز الموجود فى الخلايا فى النشا المتكوّن فى كلورو بلاستات النصول الورقية فيحوله الى مالتوز وهـذا ينتقل من الورقة مع بقيـة أنواع السكر الى مراكز التغذية والاختزان .

وأنواع السـكر وغيره من المواد الكربوايدراتية تنتقـل جزئيا فى النبات بطريقة الانتشار الغشائى من خلية الى خلية . وأكثر ما ينقل منه انما يكون من الأوراق الى الساق خلال الفلويم والخلايا البرنشيمية المستطيلة التى تحيط بالحزم الوعائيـة ؛ وفى الساق والجذور تنتقل هـذه المركبات خلال أنسجة الفلويم وربمـا كان خلال الأجزاء الداخلة من القشرة الى حدّ قليل .

وتتلقى الأشعة النخاعية من اللحاء المواد التى تصنع فى الأوراق وتحملها الى الكامبيوم والى الأجزاء الحية من الخشب التى تحتاج الى تغذية .

أما البروتيدات وهى تنتشر ببطء عظيم أولا تنتشر بتة خلال الجدر الخلوية فتنقل مسافات طويلة فى السوق والجذور خلال أنابيب اللحاء الغربالية المفتحة وتؤثر الانزيمات فى هذه المركبات أيضا فتحللها الى پپتونات والى أنواع الأميدات والاسباراچين واللوسين والتريوسين التى تنتشر بسهولة عظيمة .

ويسير تيار العصارة الحامل للمواد الغذائية الخام من الأرض الى الأوراق من خلال الخشب . فأما الغـذاء المصـطنع فينقل على الأخص خلال اللحاء ولا يعترض سـير المـاء من أدنى الى أعلى نزع حلقـة كاملة من القشرة من ساق شجرة محزوزة الى نطاق الخشب ولكنه يمنع تيار الغذاء المجهز من النزول الى الجـذور ، وعليه فاذا لم يلتئم الجرح بتكوّن نسيج موصـل جديد على عرض الجزء المكشوف ماتت الجـذور جوعا وآذنت الشـجرة بالبـلى .

ويتوقف مقـدار الزمن الذى تعيش فيه الشجرة بعـد قطع مثل تلك الحلقة منها على نوع الشـجرة وكذلك على مقـدار المواد العضوية المختزنة فى أرومة الجذر، وفى الجذور قبل أن تجرح .

على أن الجزوع المجروحة بحلقات تعمل فيهـا تعيش مدّة غير محدودة إذا نشأت فراخ عرضية أدنى الجزء المجروح إذ أن هذه الفراخ الورقية تصنع مواد عضـوية . وبمـا أن هناك اتصالا غير منقطع بين مثـل هذه الفراخ الجديدة والجهاز الجذرى فان هـذه الجذور تستطيع أن تتلقى مقـدارا ما من المواد المغذية التى قد تكون كافية لاعانتها على النمو مدّة طويلة . وتمتنع المواد المصـنوعة فى فرخ أو فرع من الشـجرة من تركه اذا جرح بعمل حلقة فيـه كالسابق شرحها . وعلى ذلك فالفرخ والثمـار التى تكون عليه تنمو مزهرة تبعا لازدياد مدد غذائها .

ويغلب أن يحدث نمو خاص فى أنسجة الخشب واللحاء فوق الجزء المجروح بالحلقة مباشرة تبعا لتجمع المواد الغذائية واستخدامها فى تلك النقطة وترى مثل هذه الثخانة أو الاتساع فى الساق بسبب عوق سـير العصير المجهز فوق النقطة التى رشقت فيها الطعوم على الأصول فى عملية التطعيم ولا سيما اذا كان اتصال الجزئين المطعمين غير كامل .

واذا ربط سلك أو حبل ربطا شديدا حول الأشجار والفروع أدى الى مثل هذه النتائج .

تج ١٢٢ : انتزع بعض أوراق من نبات الزو پيوارم والبرسيم وغيرهما من النباتات فى العصر وابحث عن وجود النشا فيها بواسطة اليود كما فى تج ١١٦ . وانتزع من نفس النباتات أوراقا فى الصباح الأبدر من اليوم التالى وابحث عن وجود النشا فيها .

قارن بين جمعة العصر و جمعة الصباح ولاحظ أن النشا فى جمعة العصر أوفر .

تج ١٢٣ : انزع فى الربيع أو فى أوائل الصيف حلقة عرضها نصف بوصة تقريبا من قشرة فروع أشجار مختلفة وانزع من بعض هذه الفروع حلقتين أو ثلاثا من القشرة قريبة بعضها من بعض حتى يمكن تركك برعم على بعض الأجزاء التى لم تعمل فيها حلقة وتخلو من البراعم غيرها .

و راقب نمو أجزاء الفراخ الموجودة تحت الحلقة وفوقها وانظر هل البراعم الموجودة بين الحلقتين نامية نموا مرضيا ؟

تج ١٢٤ : اقطع قبل تفتح البراعم الورقية فى الربيع عقلا من الصفصاف طولها قدم تقريبا بحيث تكون من أجزاء فراخ مستوفاة النمو من السنة الماضية واعمل حلقة فى كل عقلة على مسافة قيراط ونصف من قواعدها وضع بعضها فى الماء و بعضها فى تربة رطبة . واتركها حتى تبدر جذور عرضية ، ولاحظ ارتقاء نمو الجذور والبراعم فوق الجزء الذى عملت فيه الحلقة وتحته وكذلك حجمها النسبى .

تج ١٢٥ : أحكم ربط فتلة أو سلك حول فرع شجرة ولفها عليه مرتين أو ثلاثا ولاحظ ما يعقب من نمو الأعضاء الشتى فوق الجزء المربوط وتحته .

ان المادة العضوية الزائدة التى يصنعها النبات تنقل الى أجزاء شتى من جسمه لتختزن لاستخدامها فى المستقبل . ففى النباتات الحولية يختزن الغذاء فى البزور فقط وفى القمح وغيره من الغلال يصبح اندوسبرم البزرة غاصا به على التدرج . أما فى البازلاء والفول وغيرهما من النباتات الحولية فان الغذاء يختزن فى فلقات الجنين وفى النباتات ذات السنتين والمعمرة تملأ البزور بالغذاء المختزن على نحو ما سبق الوصف ولكن هذه النباتات تجمع وتختزن مقدارا عظيما من المواد العضوية قبل انتهاء سنة نمو واحدة فى أعضائها الخضراوية وتستخدم هذه المواد فى تغذية الكامبيوم والبراعم والجذور وتنميتها أثناء الأيام الأولى من سنة النمو التالية . أما فى اللفت والجزر فان المواد الاحتياطية تختزن فى الجذور ، وفى البصل والثوم تختزن فى أوراق البصلات ، وفى البطاطس فى الدرنات ، وفى السيبرس اسكيولنتس ، وكثير من النباتات العشبية المعمرة تختزن فى الريزومات أو فى أرومة الجذور .

وتختزن الأشجار والشجيرات غذاءها الاحتياطى فى برنشيمة القشرة عادة وفى الأشعة النخاعية من السوق .

وفى أنواع البصل وكثير من البصلات يختزن احتياطى كربوايدراتها عادة على صورة سكر دكستروز . أما الفواكه فان كثيرا منها تخزنها على صورة ليفيولوز فى عصارتها الخلوية وفى قصب السكر وقصب البنجر واللفت وأمثالها يكون المختزن من الغذاء سكرا قصبيا مذوبا فى العصارة الخلوية وفى درنات الطرطوفة يقوم الأنيولين مقام السكر المذكور . وفى أغلب النباتات تخزن المواد الاحتياطية عادة على صورة جامدة غير قابلة للذوبان وفى هذه الحالة تشغل هذه المواد مكانا أضيق مما اذا كانت ذائبة .

وأشيع مختزن كربوايدراتى جامد هو النشا وهذا يكون على صورة حبوب صغيرة كما سبق الوصف . وفى بعض الأحوال تتكون بعض حبيبات نشوية صغيرة فى باطن السيتوبلازم ولكن الحبوب الكبرى التى تكون فى مراكز الاختزان الخاصة انما يولدها ليوكوبلاستات الخلايا من أنواع السكر التى تنقل اليها من الأوراق حيث تجرى عملية تثبيت الكربون وعليه فالنشا فى الحبوب الغلالية وفى درنات البطاطس وفى الأشعة النخاعية وقشرة الأشجار فى الشتاء يتكون من أنواع من السكر سبق صنعها فى الأوراق .

وحبوب النشا التى تكونها الليوكوبلاستات هى فى العادة أكبر حجما من تلك التى تتكون مؤقتا وتختزن فى كلوروبلاستات الأوراق . وفى بعض البزور تختزن المادة الاحتياطية من الكربوايدرات على صورة جدر خلوية متخنة تشتمل على مادة الهيميسلولوز .

والدهون والزيوت الثابتة التى تحدث فى بزور الكتان والقطن وغيرها هى مواد احتياطية غير أزوتية وأول ما ترى هذه المواد على صورة نقط دقيقة فى البروتوبلازم ؛ وتجرى هـذه النقط الصغيرة بعضها الى بعض حتى تكون نقطا كبيرة . وفى بعض الأحوال يظهر أن الدهون والزيوت تصنع من الدكستروز وغيره من أنواع السكر. أما فى غيرها فتتولد من تحويل النشا .

والاسپاراچين واللوسين والجلوتامين وغيره من المركبات الأميدية تكون فى الغالب أهم مختزن من المواد النتروچينية الموجودة فى العصارة الخلوية من الدرنات والجذور وريزومات النبات . فاذا تقدمت الدرنات والجذور نحو البلوغ انقلب بعض هذه المركبات الى بروتيدات . وفى بعض البزور الناضجة تكاد تتكون المـادة النتروچينية الاحتياطية من بروتيدات مختزنة على صورة حبوب اليرونية (Aleuron-grains) جامدة ، وكل غير ذات شكل ولا يوجد فيها إلا قليل من المركبات الأميدية .

ويلاحظ أن المواد المختزنة بالفعل هى فى العادة مختلفة فى تركيبها الكيمياوى وفى قابليتها للذوبان ، عن المواد العضوية التى نقلت الى الخلايا حيث يجرى الاختزان . فاحدى صور السكر تتغير الى صورة أخرى من السكر بعد دخوله فى الخلية أو تستخدمه الليوكوبلاستات فى تكوين حبوب النشا ؛ وعليه فالعصارة الخلوية تصبح أقل تركزا من صنف السكر الذى دخل فيها و يتجدد الانتشار الغشائى .

بهذه التغيرات يمكن استمرار خزن المواد الاحتياطية و إلا فان العصارة الخلوية من الأنسجة الاختزانية تصبح من التركز بحيث لا يمكن انتقال المادة

الى الخلية بواسطة الانتشار الغشائى وفضلا عن ذلك فان تغير مادة انتشارية قابلة للذوبان الى صورة غير قابلة للذوبان يمنع انتفاخ الخلايا أن يكون مفرطا .

تج ١٢٦ : اقطع قطاعات عرضية من أفرع العام الماضى من كثير من الأشجار فى الشتاء، وضعها لحظة فى محلول يود (أنظر تج ٩٧) و بعد ذلك ثبتها فى الماء، وافحصها بالشيئية الصغرى ولاحظ فى أى الأنسجة يوجد السكر بوفرة .

تغذية أنصاف الطفيليات وأنصاف الرميات

من النباتات الخضراء ما يظهر أنه يأخذ بعض مواد عضوية جاهزة سواء من نباتات حية أو من الدبال بخلاف ما له من القدرة على تكوين مواد عضوية من ثانى أوكسيد الكربون والماء والنيترات وغير ذلك من المواد غير العضوية البسيطة . من هـذا الفريق نباتات تعرف "بانصاف الطفيليات" (Semi-parasites) .

تعلق بعض أجزاء من جذور هذه النباتات نفسها بواسطة ممصات (Haustoria) تلفها على جذور النباتات النامية بالقرب منها وتمتص منها مقدارا ما من المواد العضوية وإلا فانها اذا لم تعلق نفسها بهذه الطريقة على غيرها من النباتات لم يحسن نموها .

وهناك نباتات كثيرة منها أنواع الصنوبر والفصيلة المخروطية بالاجمال ، تظهر كأنما هى بالرغم من وجود كلوروبلاستات فيها تكمل مددها من المواد العضوية التى تصنعها بواسطة امتصاص مواد عضوية من الدبال المتحلل أو من عفن الورق (Leaf-mould) الذى يعثر على كثير من جذورها ناميا فيه .

وجذور أنصاف الرميات الخضراء هذه ليس لها شعيرات جذرية امتصاصية أو قد يكون لها قليل منها ومع ذلك فانها تألف ميسيلة (Mycelium) بعض أنواع الفطر الموجودة فى الدبال . ويسمى الفطر والجذر وهما مجتمعان "ميكوريزا" (Mycorhiza) . وفى بعض النباتات تكون الميكوريزا داخلية (Endophytic) اذ يعيش الفطر بعض العيش فى باطن قشرة الجذر وفى غيرها يعلق على سطح الجذيرات ويغطيها بغطاء من الميسيلة أشبه بنسيج العنكبوت مكون من هيفات (Hyphæ) تتدلى فى الدبال وتمتص بعضه . ويسمى هذا النوع ميكوريزا خارجية (Epiphytic) وربما كان بعض مركبات الدبال العضوية تذيبها الفطر وتنتقل مع غيرها من مركبات التربة الممتصة الى النبات الذى يعيش معه الفطر . وعليه يبدو الفطر كأنه عامل مفيد إذ يعاون على الامتصاص وإلا لم يستطع النبات أن يجود .

وقد وجد أن بوادر الصنوبر تموت بعد مدة فى أرض الغابات التى تعرض للماء الغالى أو لبخار الماء لقتل الفطر .

وبما أن نباتات هذا الفريق ذى الأوراق الخضراء ليست فى حاجة لازبة للمواد الكربوايدراتية فقد يحتمل أن تكون وظيفة الفطر امتصاص المركبات النوشادرية والمواد الأزوتية العضوية وكذلك المواد الأخرى التى تشتمل على مواد الرماد اللازمة لتكوين النبات .