

عنوان الكتاب : علم النبات

المؤلف : محمود توفيق حفاوى بك ، أحمد رفعت

سنة النشر : ١٩٣٧

رقم العهدة : د ١١١٥٨

الـ ACC : ١٨٧٨٨

عدد الصفحات : ٢٧٥

رقم الفيـم : ١٧



علم النبات

مقرر

الستين الرابعة والخامسة للمدارس الثانوية

نظراً إلى طلب جديدي
الاستاذ الدكتور محمد عثمان
البرهان

قررت وزارة المعارف العمومية استعمال هذا الكتاب
بالسنة الرابعة والستين التوجيهيتين بمدارسها

علم النبات

مقرر للتعليم في المرحلة المتوسطة
والثانوية

تأليف

أحمد رفعت

مدرس علم النبات بكلية الزراعة

و

محمد توفيق مفاوي بك

عميد كلية الزراعة

مكتبة الهلال بالقاهرة
مصر
١٩٣٧

[الطبعة الخامسة]

١٩٣٧ - ١٣٥٦ م

مطبعة النهضة بشارع عبد العزيز بمصر

١٨٧٨٨

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

وبه نستعين

وبعد ، فقد كان من حسن طالعنا أن سنحت لنا فرصة نستطيع بها أن نتقدم الى البلاد ببعض الواجب المفروض علينا ، فاقترضنا هذه الفرصة وشرعنا نضع هذا الكتاب لطلبة السنتين الرابعة والخامسة من المدارس الثانوية .

ولو أننا أقتصرنا في وضع هذا الكتاب على حقائق علم النبات البحتة ؟ لأصبح جافاً لا يسيغها طلاب المدارس الثانوية ، ولهذا فإنا توخينا أن ينطوي فضلاً عن الحقائق العلمية على ذكر ما يجب أن يلم به الطالب المصري من النباتات الاقتصادية عامة والمصرية منها خاصة ، وهي التي تقع عليها أنظارنا في كل حين والتي تندمج في كل حاجياتنا الحيوية .

واقدم كان من الدافع لنا على مثل هذه العناية بنوع خاص أن مصر بلاد زراعية بحتة ، وأن الزراعة هي أساس ثروتها وعماد حياتها .

وقد بذلنا كثيراً من الجهد وأفرغنا كل مافي الطوق للحصول على الكثير من الرسوم والصور الفوتوغرافية التي تعين الطالب أكبر العون على تفهم الحقائق العلمية والتي عنيتمنا بأخذ بعضها خاصة لهذا الكتاب وبعضها الآخر من كتب أجنبية مختلفة أهمها كتب ستراسبور وجروفينس وفارمنج وأنجلرو فان تيجم الخ .

ولا يسعنا إلا أن نتقدم بوافر الشكر الى حضرات الزملاء الذين نكرموا بمعاونتهم القيمة ونخص بالذكر منهم مدام تكهولم والاستاذ تكهولم أستاذ علم النبات

بالحاممة المصرية على تكريمهما بمراجعة نواح كثيرة من الكتاب، وقد تفضلت علينا مدام تسكهولم فضلا عن هذا بمعمل الرسمين رقمي (١٤٣ و ١٥٣) وباهدائنا الصورتين الفوتوغرافيتين رقمي (٩٦ و ١٢٧) .

وقد تفضل حضرة نهاد افندى بعمل صور شكلية (١٣١ و ١٥٢) .
وتذكر من حضرات الزملاء الأستاذ محمود مصطفي اللمياطي على تفضله يعض المصطلحات العلمية العربية، وحضرتي نصار محمد الصاوي أفندى وشوقي محمود حماده أفندى صاحب مطبعة النهضة على مراجعة هذا الكتاب .

وفي هذا المقام لا يسعنا إلا أن ننوه بالمجهود العظيم الذي قامت به مطبعة النهضة من الهمة والسرعة والاتقان في طبع هذا الكتاب، فلهم الشكر والثناء.
المؤلفان

محتويات الكتاب

مقرر السنة الرابعة

صحيفة

٣ - ٨	النبات الأول - الخلية النباتية
٩ - ٣٠	النبات الثاني - التركيب الداخلي لأجزاء النبات الزهري
٣١ - ٥٦	النبات الثالث - وظائف الاعضاء
٥٧ - ٥٨	النبات الرابع - ترتيب المملكة النباتية والزهرة وتركيبها
٥٩ - ٨٦	النبات الخامس - المملكة النباتية وأقسامها
٨٧ - ١١٠	النبات السادس - العائلات النباتية

مقرر السنة الخامسة

١١٣ - ١٥٧	النبات الأول - العائلات النباتية
١٥٨ - ١٦٢	النبات الثاني - التربة
١٦٣ - ١٨٦	النبات الثالث - تأثير البيئة في النبات
١٨٧ - ٢٥٩	النبات الرابع - النباتات المصرية (الفلورا المصرية)
٢٦٠ - ٢٦٢	النبات الخامس - منطقة البحر الابيض المتوسط
٢٦٣ - ٢٧٢	فهرس عام

مقرر السنة الرابعة الثانوية

الباب الأول

الخلية النباتية

تتكون جميع الكائنات الحية ، نباتية كانت أو حيوانية من وحدة أو وحدات صغيرة تسمى كل منها « خلية » ، فإذا ركب جسم النبات من خلية واحدة سمي « وحيد الخلية » . أما إذا ركب من جملة خلايا فيقال له « عديد الخلايا » .

وتتركب الخلية النباتية من جدار خارجي مادته كربوهيدراتية صلبة مرنة شفافة تسمى « السليولوز » ، ويوجد داخل الجدار مادة لزجة تسمى « البروتوبلازم » ، وهو الجزء المهم في الخلية ، لأنه هو المادة الحية .

ولسنا نعرف بالضبط كمنه الحياة ، غير أن للمادة الحية المسماة « البروتوبلازم » ، صفات تميزها عن الاجسام الميتة منها :

(أولاً) أن للبروتوبلازم القدرة على هضم وتمثيل الغذاء (أى تحويله الى مركبات بروتوبلازمية) .

(ثانياً) أنه يؤكسد الغذاء ويخرج الفضلات .

(ثالثاً) أن له القدرة على النمو

(رابعاً) أن له القدرة على الحركة .

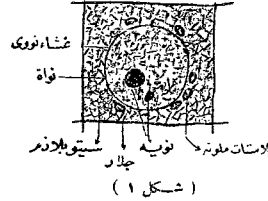
(خامساً) أنه يتأثر بالضوء والحرارة والرطوبة .

(سادساً) أن له القوة على التكاثر والتوالد .

وبروتوبلازم الخلية يشمل جسماً برافاً أكثر كثافة منه يسمى « النواة » ، والمادة البروتوبلازمية التي توجد حول النواة تسمى « السيتوبلازم » .

النواة:

تركب النواة من شبكة مكونة من قضبان صغيرة تسيح في سائل يعرف
 «بالسائل النووي»، ويحيط بالنواة من
 الخارج غشاء رقيق هو «الغشاء
 النووي»، «شكل ١» وقد يوجد
 داخل النواة جسم كروي صغير يسمى
 «النوية»،
 وقد تحتوي النواة على نوية واحدة
 أو أكثر



(شكل ١)

والنواة أهم جزء في الخلية، ويمكن الاستدلال على ذلك بقطم خلية الى قسمين:
 يشمل الاول منهما نصف البروتوبلازم بما فيه النواة كلها، ويكون الثاني خاليا
 من النواة. أما القسم الاول فيتمتع ويستعيد ماقص منه. وأما الثاني فيعموت
 بعد فترة من الزمن.

محتويات الخلية الاخرى:

قد يحتوي البروتوبلازم عدا ما ذكر على اجسام صغيرة براقية يتكون فيها النشاء
 تسمى «البلاستيدات»، وهي تخضر عندما تتعرض للضوء. لتكون مادة الكوروفيل
 فيها وتعرف في هذه الحالة «بالبلاستيدات الخضراء»، أو الكوروبلاستات،
 ويمرزي اللون الاحضر في النبات اليها. وقد تكون البلاستيدات احيانا ناملونة بالوان
 اخرى غير الاخضر، وتسمى في هذه الحالة «البلاستيدات الملونة»،

انقسام الخلية

يبدأ النبات حياته كخلية وحدة تأخذ في الانقسام إلى عدد كبير من الخلايا
 تتكون منها أعضاء النبات المختلفة.

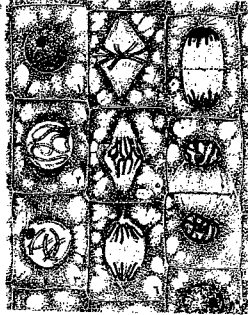
وعند انقسام الخلية تقوم النواة بالور المهم فتقسم هي أولا إلى قسمين ينفصلان
 عن بعضهما. ويتكون بينهما حاجظ أو جدار في السيتوبلازم فينشأ من الخلية الاصلية
 خليتان متشابهتان. وهناك طرق مختلفة لانقسام النواة.

(١) الانقسام المباشر.

تكون طريقة الانقسام في خلايا بعض النباتات الدنيشة في الغالب بسيطة
 فيحصل حز في وسط النواة يمتد الى باطنها شيئا فشيئا حتى تنقسم الى قسمين
 ويتبع ذلك انقسام السيتوبلازم ويسمى هذا النوع «بالانقسام المباشر»،

(٢) الانقسام غير المباشر

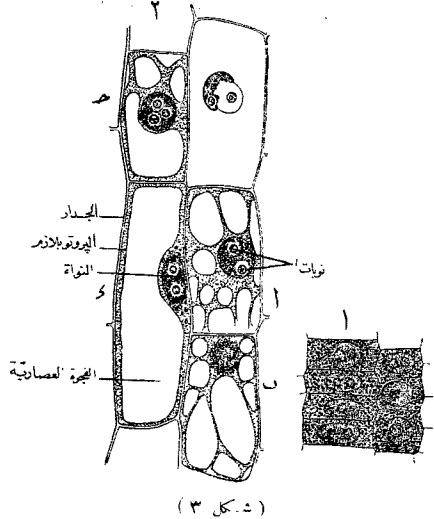
انقسام النواة في الخلايا العادية للنباتات الراقية يكون أكثر تعقيداً منه في الحالة
 السالفة (شكل ٢) فعندما تأخذ النواة في الانقسام تنفصل القضبان التي تتكون منها



(شكل ٢) انقسام الخلية غير المباشر ١ - ٩ آدوار مختلفة في الانقسام

الشبكة النووية، ثم ينشطر كل منها طوليا الى شطرين متساويين ومتشابهين من
 كل الوجه، وينجذب كل من الشطرين الى قطب الخلية المقابل له، فتجتمع انصاف
 القضبان في قطب، والانصاف الأخرى في القطب الآخر. ثم تتحد أفراد كل
 مجموعة مكونة بذلك شبكة نووية جديدة، وينشأ بعد ذلك تكون غشاء في السيتوبلازم
 يفصل النواتين الجديدتين.

مسائل مائي مذابة فيه أملاح ومواد عضوية كالسكر (شكل ٣ - ٤). وبما أن الفجوة تتكون وسط الخلية فإن البروتوبلازم يندفع إلى الجدر ويلتصق بها .



(شكل ٣)

وعندما تكبر الفجوة تتضخم الخلية في الحجم غير أن هذا التضخم ليس ناشئا عن زيادة كمية البروتوبلازم بل عن تمدد الفجوة ، وينشأ عن تضخم حجم الخلية تمدد جدارها الخلوي ورقته فيكسو البروتوبلازم الملتصق له بطبقات جديدة يفرزها عليه ليزيد في سمكه ومتنته .

والخلايا البالغة متعددة الأنواع ، مختلفة التركيب ، فما كان منها متساوي الأقطار كرويا أو مستطيلا قليلا رقيق الجدران وبه فجوة وسطية سمي « بالخللا البرنشيمية » .

وتنقسم الخلية بهذه الطريقة إلى خليتين تتكون نواتهما متشابهتين في صفاتها وعدد قضبانها ، ونسبى هذه الطريقة « بالانقسام غير المباشر » .

(٣) الانقسام الإحتزالي :

تلتأ جميع خلايا جسم النبات بطريقة الانقسام غير المباشر ، بيد أن الخلايا التناسلية (حبوب القاح والبيضات) تلتأ بطريقة انقسام أخرى يختلف فيها عدد قضبان نواتي الخليتين الناتجتين إلى نصف عدد قضبان نواة الخلية الأصلية . وعلى ذلك فتواتر كل من الخلايا التناسلية تحتوي على نصف عدد القضبان الموجودة في خلايا جسم النبات الأخرى . وعندما تتجد نواة الخلية المذكورة بنواة الخلية المؤنثة في عملية الإخصاب تتكون منهما نواة ونحده عدد قضبانها يساوي العدد الأصلي ، أي العدد الموجود في نويات الخلايا الاعتيادية .

أنواع الخلايا النباتية :

يتركب جسم النبات من نوعين من الخلايا .

النوع الأول — تتكون خلاياه صغيرة قابلة للانقسام وتتكون خلايا أخرى منها . وهذا النوع من الخلايا يسمي « بالخلايا » المرسقية » ، (شكل ٣) .

أما النوع الآخر فخلاياه كبيرة الحجم قد فقدت قدرتها على الانقسام إما نهائيا أو وقتيا ، وتؤدي وظائف خاصة في جسم النبات وتعرف « بالخلايا الدائمة » ، أو « بالخلايا البالغة » .

والخلية المرسقية (شكل ٣ - ١) تكون عادة صغيرة الحجم ، وتميز برفق جدارها وامتلأها بالبروتوبلازم وكبير نواتها بالنسبة لحجمها ، وكذلك بشكلها الذي يشبه قالب الطوب تقريبا ، ويلتصق جدرانها مع جدران الخلايا المجاورة تلاحقا تاما

تكوين الخلية البالغة من الخلية المرسقية (شكل ٣ - ٢)

تتكون الخلية البالغة من الخلية المرسقية بأن تظهر قطرات مائية داخل البروتوبلازم (شكل ٣) أ ب وتزداد هذه القطرات في العدد والحجم حتى يمتلئ بعضها ببعض (شكل ٣ - ٤) ثم تتكون منها فجوة كبيرة داخل الخلية تحتوي على

الباب الثاني

التركيب الداخلي لاجزاء النبات الزهري

النسيج النباتي :

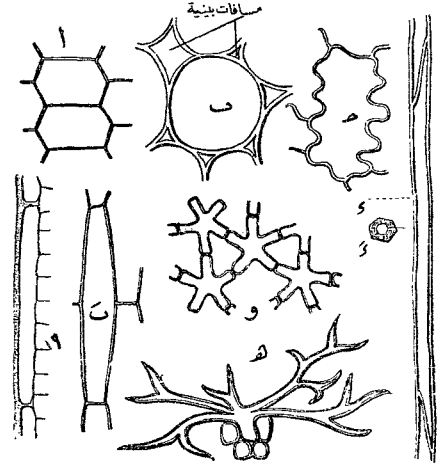
في النباتات الدبنة التي تتركب اجسامها من خلية واحدة تقوم هذه الخلية بجميع الوظائف اللازمة كالامتصاص والتنفس والنمو والحركة والتناسل . أما في النباتات الراقية فيتكون جسم النبات الواحد من عدد لا يحصى من الخلايا ، ولكي يقوم النبات بوظائفه خير قيام تتخصص مجاميع من خلاياه بأعمال خاصة ، وتسمى كل مجموعة من النسيج ، وعلى ذلك فالنسيج عبارة عن مجموعة من الخلايا المتشابهة في الاصل وغالبا في الشكل وتقوم بعمل متماثل . وأنسجة النبات الحى تتعاون جميعا في تأدية وظائفه الحيوية ، ولا يمكن للنسيج الواحد منها أن يستقل بذاته ، ولو فصل عن باقى الانسجة لما تى خلاياه تدريجيا .

١ - تركيب الساق

سوق ذوات الفلقتين

من السهل اليسور مشاهدة الخيوط الليفية التي تمتد طولاً في ساق نبات رخوا كالخلبة أو الملوخية بإزالة ما يحيط بهامن الانسجة الرخوة، ويعرف مجموع تلك الاليف في الساق من الاسطوانة الوعائية ،، والخيوط الواحد من بالخزمة الوعائية ،، وتقوم هذه الخزم الرعائية بوزيع الاغذية المختلفة في النبات .
ومن السهل أيضا مشاهدة الانسجة الرخوة التي تحيط بالاسطوانة الوعائية من الداخل والخارج ، فالنسيج الذى يوجد داخل الاسطوانة ويشغل الجزء المركزي

وعندما تنمو الخلايا البالغة تتفكك أركانها ، ويتكوّن بينها وبين بعضها مسافات يتخلها الهواء تسمى « بالمسافات البينية »، (شكل ٤ - ب - ب) وهي توجد موزعة في النبات بحيث يتمكن الهواء من تخلل جميع أجزائه .



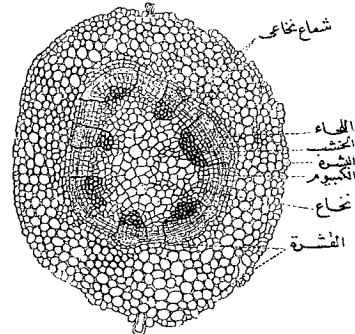
(شكل ٤) ا خلايا مسديية - ب خلايا برنشية - ح خلايا البيرة
وبرى جدارها العلوى غليظا - د - خلايا ليفية - هـ خلية شعيرية (وبرية)
متفرعة - و - خلايا نجمية الشكل بينها مسافات بينية واسعة

وقد تستعمل المسافات البينية لتخزين بعض منتجات انخلايا كما في نبات

الصنوبر .

وهناك طريقة أخرى غير السابقة لتكوين المسافات البينية . وذلك أن تتلاشى وتتخلل مجموعة من الخلايا يبقى موضعها فارغا ، أو مملأ بالهواء كما في سوق الغاب والفول ، أو قد يمتلئ الفراغ بمشروبات الخلايا كما هي الحال في سوق وأوراق البرتقال والبيون ، إذ تتجمع المادة المطرية في المسافات الناتجة من تحلل الخلايا .

من الساق يسمى «النخاع»، والتي يحيط بالاسطوانة من الخارج يسمى «القشرة»، وتُعدُّ الساق من الخراج ينسج شفاف رقيق مكون من طبقة واحدة من الخلايا يعرف «بالبشرة»، (شكل ٥)



(شكل ٥) قطاع عرضي في ساق حديثة

ولا توجد البشرة إلا في السوق الحديثة وأما السوق المسنة فتتلفها طبقات خشنة جافة تسمى «القف» ، الذي سيأتي ذكره بعد .

وإذا فحصنا قطاعاً عرضياً لساق رخوة حديثة من سوق النباتات ذوات الفلقتين بواسطة الميكروسكوب فالتا نجد أنها تتركب من الأنسجة الآتية (شكل ٥) مرتبة من الخارج الى الداخل :

(١) البشرة .

(٢) القشرة .

(٣) الاسطوانة الوعائية .

(٤) النخاع .

البشرة :

تتركب بشرة الساق من طبقة سمكها خلية واحدة وخلاياها حية ، وفي الغالب تكون خالية من البلاستيدات الخضراء ، وهي متلاصقة تمام التلاصق ليست ينفصها مسافات بينية .

والجدر الخارجية لخلايا البشرة أغلظ من الجدر الأخرى ، وهي مكسوة بمادة شفافة مرنة تسمى «كيوتين»، (شكل ٦) وهذه المادة تمنع نفاذ الماء والهواء ، وبذلك تبقى النبات تأثير الجفاف من زيادة تبخر مائه الداخلي . ويكون الكيوتين سمكاً في النباتات التي تعيش في المناطق الجافة ، ورقيقاً في النباتات التي تعيش في المناطق الرطبة ، وذلك لتقليل الماء المتبخر من سطح النباتات في الحالة الأولى بقدر الامكان لصعوبة حصولها عليه .

وقد يمتد بعض خلايا البشرة فيكون منها شعر رفيع يختلف كثيراً في أشكاله . والشعرة تتركب من خلية واحدة ، أو من عدة خلايا (شكل ٤ هـ) . ويفقد الشعر محتوياته الحية في المادة ويمتلئ بالهواء فينعكس منه الضوء فيظهر كأنه أبيض اللون . وفي النباتات التي تنمو في المناطق الجافة يكثر وجود الشعر على سوقها وأوراقها ، وهذا يقبها تأثير الضوء الشديد وكثرة التبخر ، وفي بعض الأحوال يكون الشعر خشباً ، وقد يحتوي على مواد لاذعة تجعل النبات طامعاً غير سائغ للحيوانات فقيه شر هجائها .

وتتخلل البشرة تقوب عديدة صغيرة الحجم : تمر من خلالها الغازات من الخارج إلى الداخل وبالعكس ، وتسمى «الثغور»، وتوجد الثغور في الأوراق وفي السوق الحديثة فقط ، ويحيط بكل ثقب خليتان تعرفان «بالخليتين الحارستين»، . وتختلف الخليا الحارسة في شكلها ومحتوياتها عن خلايا البشرة .

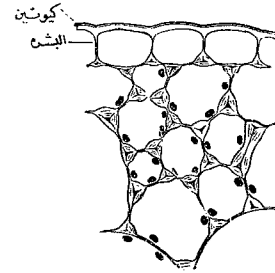
(٢) القشرة :

يتركب الجزء الأكبر من القشرة من خلايا برانشيمية رقيقة الجدر ، تتخللها مسافات بينية . وهي أغلب الأحوال تتركب طبقات القشرة الخارجية (أي القريبة

من البشرة من خلايا سداسية الشكل تقريبا ، أركان جدرانها غليظة ، وفائدتها زيادة صلابة الساق (شكل ٦) .

وتحتوى خلايا القشرة الخارجية في الغالب على بلاستيدات خضراء ، وتقل هذه البلاستيدات كلما بعدت خلايا القشرة عن البشرة .

وتوجد بين الخلايا البرانشيمية المسكونة للقشرة مسافات بيضية ، تصل بواسطتها الغازات الى جميع أنسجة النبات

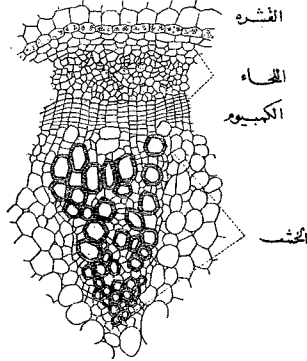


(شكل ٦)

(٣) الاسطوانة الوعائية :

إن أول ما يلتفت النظر عند فحص القطاع العرضي للساق الحديثة بواسطة الميكروسكوب هي الكتل الثلاثة الشكل المرتبة على شكل دائرة، والتي هي عبارة عن قطاعات عرضية للحزم الوعائية (شكل ٥) .

الحزمة الوعائية — تتركب الحزمة الواحدة من نوعين مختلفين من الأنسجة يفصلهما شريط من نسيج ثالث « شكل ٧ » فيتركب معظم الجزء الداخلي من الحزمة « أى القابل لمركز الساق » من أنابيب هي عبارة عن خلايا ممتدة، عديدة البروتوبلازم كبيرة الحجم ، جدرانها غليظة ، وبها ثخانات وتغوب مختلفة الشكل ، ويسمى هذا الجزء من الحزمة « بالخشب (الزيل) » ، (شكل ٩ ب) .



(شكل ٧) قطاع عرضي في حزمة وعائية صغيرة

ويقوم الخشب بنقل العصارة النبتة (أى الماء والاملاح) من الجذور الى الأوراق وبقية أعضاء النبات .

ويتركب معظم الجزء الخارجي من الحزمة (أى المقابل للقشرة) من خلايا صغيرة ذات جدران سليولوزية رفيعة ، وتحتوى على بروتوبلازم تنوسطه فجوة عصارية كبيرة ،

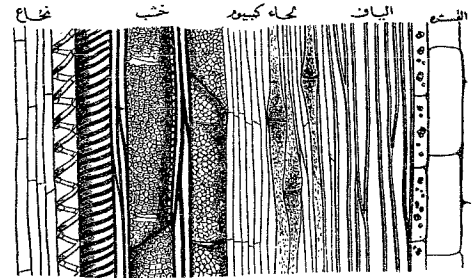
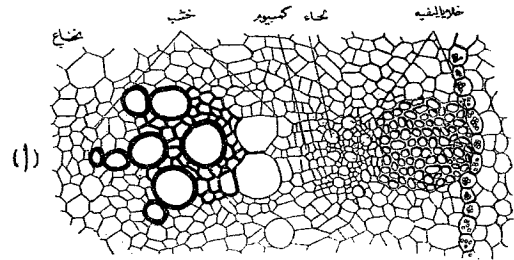
وتفصل هذه الخلايا عن بعضها حواجز عرضية تشبه الفرايبيل لوجود تغوب كثيرة بها (شكل ٨) ويسمى هذا الجزء من الحزمة « بالحاء » ، (الفلوم) ويقوم بنقل العصارة الناضجة أو المحبزة (المواد العضوية كالسكر وغيره) من الأوراق الى أجزاء النبات الأخرى .



(شكل ٨) حاجز غربال

وفصل الخشب عن الححاء نسيج مرستيمى يسمى « الكميوم » ، وعند انقسام خلايا هذا النسيج تتحول بعض الخلايا الناتجة منه الى خشب ، وبعضها الآخر الى ححاء ، ويضاف هذا وذلك الى الخشب والحاء الأصليين (شكل ٩ - ١) ويزداد لذلك سمك الساق .

الألياف — في معظم الاحوال توجد خارج لحاء كل حزمة وعائية مجموعة من الاليف قد تكون منفصلة عن بعضها بواسطة خلايا برانشيمية (شكل ٩- ا ب) أو متصل فتتكون منها في هذه الحالة أسطوانية كاملة حول الحزم الوعائية .



(شكل ٩)

(١) قطاع عرضي في حزمة وعائية وترى الاليف بجوار اللحاء .
(ب) قطاع طولى في نفس الحزمة .

والألياف هي خلايا مستطيلة ، غليظة الجدر ، مديبة الاطراف ، متلاصقة مع بعضها تمام التلاصق ، وهي في العادة مينة خالية من البروتوبلازم ، ووظيفتها

زيادة صلابة الساق (شكل ٤ - ٥) . وتوجد أيضا بعض الألياف بين خلايا الخشب .

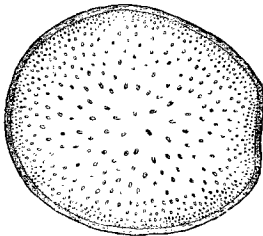
(٤) النخاع (شكل ٥) :

يشغل النخاع الجزء الوسطى من الساق ، ويتركب من خلايا برانشيمية كبيرة الحجم ، تتخللها مسافات بينية واسعة ، وقد يتلاشى الجزء الوسطى من النخاع بموت خلاياه وتتحللها فتصبح الساق جوفاء كما في نبات الفول .

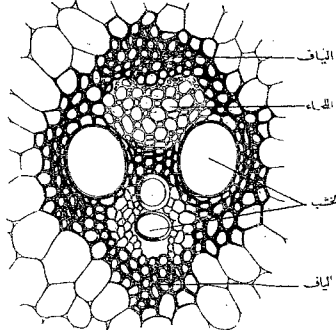
الاشعة الشعاعية (شكل ٥) — تصل القشرة بالنخاع بخلايا برانشيمية تمرّ بين الحزم الوعائية وتسمى «الاشعة الشعاعية» ، وتخزن المواد الغذائية الزائدة عن حاجة النبات كالنشاء والسكر والزيوت في معظم الخلايا البرانشيمية الموجودة في الساق كخلايا النخاع والقشرة والاشعة الشعاعية .

سوق ذوات الفلقة الواحدة (شكل ١٠) :

الحزم الوعائية في سوق ذوات الفلقتين مرتبة على شكل دائرة منتظمة . أما في سوق ذوات الفلقة الواحدة فانها كثيرة العدد ، مبعثرة بغير نظام واضح ، ولذلك



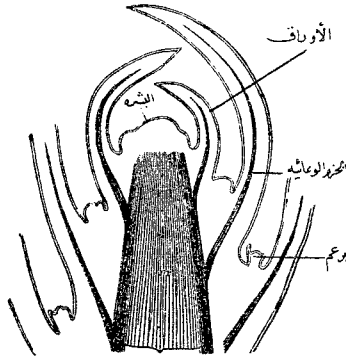
(شكل ١٠) قطاع عرضي في ساق من سوق ذات الفلقة الواحدة



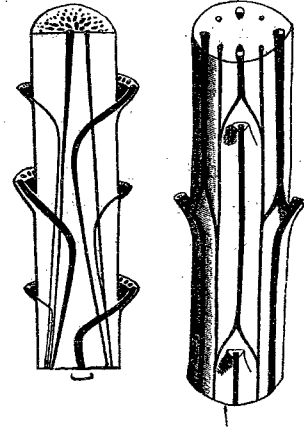
(شكل ٢١) قطاع عرضي في حزم الوعائية من ذوات الفلقة الواحدة

تكوين الخلايا المستديرة من القمة النامية واستطالة الساق :

تنقسم خلايا الطبقة الخارجية من الخلايا المرستيمية الموجودة في القمة النامية بجدر عمودية على السطح ، فتكون منها طبقة واحدة من الخلايا تنمو وتكون البشرة . أما الخلايا الداخلية فلها تنقسم في اتجاهات مختلفة ، ومنها تتكون القشرة والاسطوانة الوعائية (شكل ١٣) .



(شكل ١٣) قطاع طول في قمة نامية



(شكل ١١)

(أ) يبين سير الحزم الوعائية في ساق ذوات الفلقتين .

(ب) يبين سير الحزم الوعائية في ساق ذوات الفلقة الواحدة

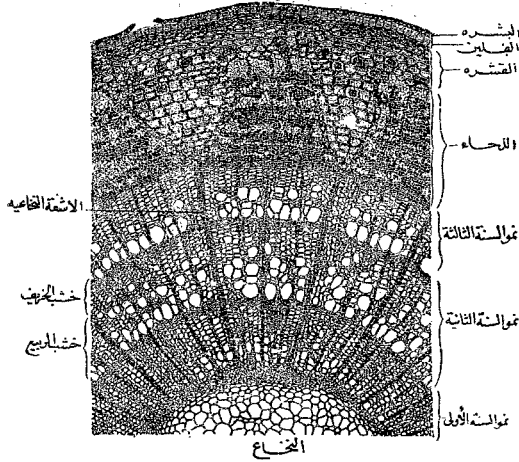
لا يمكن تمييز مناطق القشرة والاسطوانة الوعائية والنخاع بوضوح فيها . وزيادة على ذلك فإن حزم سوق ذوات الفلقة الواحدة خالية من الكليبيوم (شكل ١٢) .

قمة الساق النامية :

إذا عمل قطاع طول في قمة ساق يلاحظ أنه يتربك من نسيج مرستيمي توجد على جانبيه مبادئ الأوراق والأزهار (شكل ١٣) وتبدأ الأوراق في الظهور كزوائد على السطح ناشئة من زيادة انقسام الخلايا السطحية في هذه المنطقة ، وعند ما تأخذ الأوراق الصغيرة في الكبر يزداد نمو خلايا سطوحها السفلية فتنحني حول القمة الطرفية للساق ، ملتفة بذلك حول المرستيم الطرفي فتغطيه ، وما أزر الطرفي إلا قمة مرستيمية محاطة بأوراق صغيرة منحنية حولها .

نمو الساق في السمك (شكل ١٤):

تزداد سوق النباتات ذوات الفلقتين في السمك عاما بعد عام . أما النباتات ذوات الفلقة الواحدة فلا تزداد سوقها في السمك إلا في بعض أحوال شاذة ، فمثلا



(شكل ١٤ : قطاع عرضي في ساق عمرها ثلاث سنوات)

في شجر الجوز أو البسخ أو السنط ، وكلها من ذوات الفلقتين ، يلاحظ أن أطراف الأفرع (أى أحدث أجزاء الساق سنًا) رقيقة وأنها تأخذ في الغلظ كلما اقتربت من أسفل الساق (أى جز الساق الأكبر سنًا). أما في النخل وهو من ذوات الفلقة الواحدة ، فيلاحظ أن غلظ الساق متساو تقريبًا على طول النبات ، وذلك لعدم حصول زيادة في السمك .

والزيادة في السمك ترجع إلى نشاط طبقة الكبيوم التي توجد في حزم الساق بين الخشب واللحاء ، فتنقسم خلايا الكبيوم مكونة خشبًا في الداخل (أى في جهة

وتأخذ الخلايا التي تلي المرستيم الطرفي في الاستطالة بامتصاصها للماء وتكوين الفجوات . والخلايا التي تشغل وسط الساق والتي يتكوّن منها النخاع هي أول الخلايا التي تقعد المقدرة على الانقسام وتكبر في الحجم كثيرًا .

وتتكون الاسطوانة الوعائية من منطفقة من الخلايا خارج النخاع . وعند ما تستطيل الخلايا التي تتركب منها السلايميات في الساق تتباعد الأوراق عن بعضها وبذلك تزداد الساق في الطول .

كيف تحتفظ الساق العشبية بصلابتها واعتدالها :

الساق العشبية ذات قوام صلب وهي تنجح في العادة عمودية إلى أعلى ، وتحتفظ بصلابتها واعتدال قوامها للأسباب الآتية :

(١) لأن خلايا الساق عند ما تمتص الماء تنتفخ وتصبح صلبة كما يحصل للكرة إذا انتفخت بالهواء ، فإذا فقدت الخلايا ماءها فإن أجزاء الساق الطرفية تذبل وتندلى .

(٢) الخلايا الغليظة الجدر التي تلي البشرة (شكل ٦) وكذلك خلايا الخشب تزيد في صلابة الساق وتساعد على مقاومة الانحناء عند ما يدفعا الهواء وغيره .

(٣) أهم دعامة للساق هي الإياف التي توجد حول اللحاء ، فلها تقوى الساق وتجعلها قادرة على حمل أفرعها وعمارها ، وكذلك تزيد في قوة مقاومتها للانحناء .

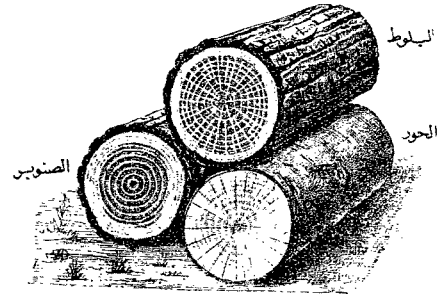
ومما يلاحظ أن الأنسجة التي هي السبب في صلابة الساق ليست مركزية الوضع ، وإنما توجد متجمعة على مقربة من السطح الخارجى . ونظام الأنسجة الدعامية في النبات يتفق تمام الاتفاق مع النظام الهندسى المتبع في تشييد الأعمدة المعرضة لضدمات خارجية شديدة ، إذ لا يرب أن العمود إذا شيّد أجوف على أن يكون قطره كبيرًا يكون أصلب وأقدر على المقاومة من العمود الاصلب ذى القطر الصغير .

التنخاع) ولحاء من الخارج (أى فى جهة القشرة) وفى نفس الوقت تتحوّل خلايا الأشعة النخاعية التى توصل بين كيبومى حزمين متجاورين إلى خلايا مرستيمية ، وتكون خشبا فى الداخل ولحاء من الخارج ، وتتصل بذلك حلقة الكيبوم .

الحلقات السنوية (شكل ١٤) :

الخلايا الخشبية التى تتكوّن فى الربيع تكون كبيرة الحجم رقيقة الجدر ، وذلك لأن النبات يحتاج فى فصل الربيع (أى فى فصل النشاط الذى يلى فصل السكون) إلى مقدار وافر من العصارة لنمو أوراقه وأزهاره الخ . أما فى فصل الخريف فتكون خلايا الخشب صغيرة الحجم ضيقة غليظة الجدر ، وذلك لعدم احتياج النبات إلى مقدار كبير من العصارة فى ذلك الوقت بعد أن يكون قد أتمّ نموه السنوى وبدأ يستعد لطور السكون .

وفى الربيع التالى تتكون الخلايا الخشبية الواسعة مرة أخرى ، ولذلك يلاحظ فى القطاع العرضى للساق المسنة حلقات ناشئة من وجود خلايا خشبية صغيرة مجاورة لخلايا خشبية كبيرة (شكل ١٤) وكل حلقة من هذه الحلقات تدل على مقدار نموّ سنة كاملة ، ولذلك تسمى بالحلقات السنوية ، ويمكن تقدير عمر الساق إذا عمل فيها قطاع عرضى وعدت حلقاته السنوية (شكلى ١٤ و١٥)



(يمكن ١٥) تكال الخشب فى أشجار مختلفة . لاحظ الحلقات السنوية والقلف

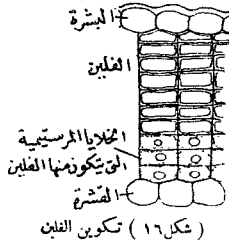
وتشاهد الحلقات السنوية فى سوق النباتات التى تتساقط أوراقها فى أواخر الخريف ، وخصوصا فى البلاد التى يوجد فارق عظيم بين درجتي حرارتها فى الصيف وفى الشتاء . أما فى الأشجار المستديمة الاخضرار فن الصعب تمييز هذه الحلقات وذلك لأن النموّ يستمر طول السنة تقريبا .

الخشب الصمغى والخشب الرخو :

عندما تزداد الساق فى الغلظ تقل ظواهر الحياة فى الخلايا القريبة من المركز وتموت بالتدريج ، وينتج عن ذلك وجود جزء كبير من الخشب الميت الذى لا توجد بينه وبين الخلايا النارجية علاقة حيوية ، ويسمى « بالخشب الصمغى » ، ويكون فى العادة قائم اللون ، ويرجع لونه الداكن الى تحلل بعض المواد الأفرزية (وعلى الخصوص مادة التنين) جدران خلاياه فتصبح صلبة شديدة المقاومة ، ولذا فان الخشب الصمغى يفضل فى التجارة لثباته . أما طبقات الخشب الخارجية فأنها تبقى علامة ويكون لونها أفتح بكثير من الطبقة الداخلية ويسمى « بالخشب الرخو ، أو « العصرى » .

تكوين الفل والقلف (شكل ١٦) :

عندما تزداد الساق فى السمك ولا يمكن للبشرة أن تقاوم الدفع الحادث من



زيادة النموّ فى الداخل ، فان البشرة تتمزق وتعرض الأنسجة الموجودة تحتها ، فنشطت بعض خلايا هذه الأنسجة وتحوّل إلى خلايا مرستيمية تأخذ فى الأقسام ، وتكوّن جهة البشرة المرزقة خلايا تملأ جدرها وينتاشى بروتوبلازمها ، ثم تتخللها

وتنشأ العدسيات غالباً أسفل مواضع الثغور التي كانت على الساق الحديشة ، وترى العدسيات على القلف بالعين المجردة كخطوط طويلة أو عرضية أو كدوائر قاعة اللون .

ويتكوّن الفلين أيضاً تحت الجروح التي تصيب النبات ، فتتحول الخلايا المستديرة التي توجد تحت الجرح الى خلايا مرستيمية ، ومنها يتكون الفلين فينفضل الجرح عن أنسجة النبات السليمة .

سقوط الاوراق :

تساقط أوراق بعض النباتات في الخريف ولا تنمو عليها أوراق جديدة إلا في الربيع التالي ، وذلك لكي تتحاشى تبخير الماء في الوقت الذي تكون فيه الجذور غير قادرة على الامتصاص لأنخفاض درجة حرارة التربة ، وقبل تساقط هذه الاوراق تتكوّن طبقة فلينية بين ساق النبات وقاعدة الورقة ، ثم تنفك خلايا قاعدة الورقة الملائمة لطبقة الفلين وتستدير ، وبذلك تنفصل الاوراق إنفصالاً تاماً عن الساق وتسقط حين تهبها الرياح .

٢ - الجندر

إذا وضنا بذوراً بين ورقتي نشاف مبتلين وتركناها حتى تثبت وتسطيل جذيرتها وأخذنا واحدة منها لفحصها يادئين من الطرف نجد أن الجندر يتركب من مناطق مختلفة حسب الترتيب الآتي (شكل ١٨) :

(١) القنسوة - وهي عبارة عن غلاف يحيط بطرف الجندر كما يحيط الكستبان بالأصم ، وتتركب من خلايا مفككة ، جدرها لزجة . وفائدتها وقاية طرف الجندر أثناء انطباعه خلال حبيبات التربة وتسهيل مروره بينها .

(٢) القمة النامية - تتكوّن من خلايا مرستيمية صغيرة الحجم تشبه قوالب الطوب المرصوة ، وتتكوّن الأنسجة الميتديمة في الجذور من هذه الخلايا

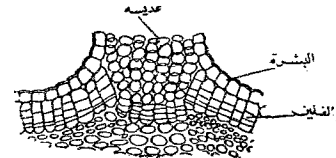
مادة كيميائية تتحد مع جدرها فتحوّل دون نفاذ الماء والهواء ، وتسمى هذه الخلايا « بالخلايا الفلينية » .

وتقوم الخلايا الفلينية مقام البشرة المرقة التي لم تتمكن من التمدد عند نمو الساق . وباستمرار نمو الساق في السمك يتمزق الفلين وتنشط الخلايا الحية التي تليه من الداخل فتتقسم وتكون فليناً آخر تحت الأول وهكذا .

وبما أن الفلين لا يسمح بمرور الماء والعصارات خلاله ، فكل الخلايا التي توجد خارجة بتقطع عنها الماء والغذاء تموت ، ويسمى مجموع الأنسجة الميتة الخارجية الناجمة من توالي تكوين الفلين « بالقلف » ، (شكل ١٥) .

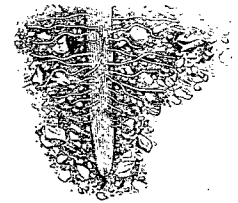
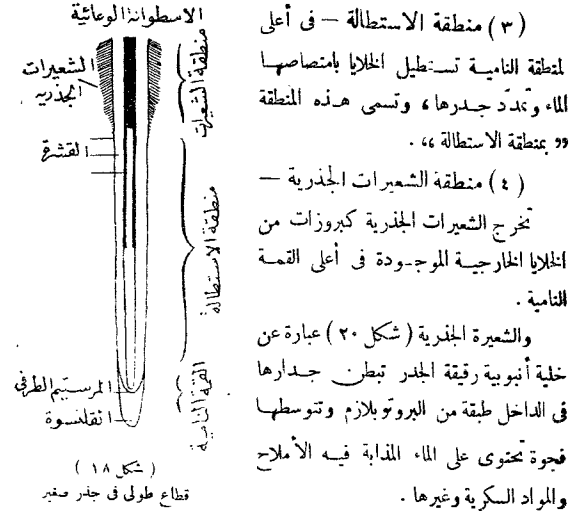
وقد يتساقط القلف سنوياً على شكل قشور منتظمة كما في بعض أنواع شجر الكافور ، وقد يبقى مدة طويلة ثم يتساقط على شكل كتل غير منتظمة كما في اللبخ .

وبما أن الفلين لا يسمح للغازات بالمرور فانه بذلك يمنع تهوية الساق من الداخل ، فلتسهيل تبادل الغازات بين أجزاء الساق الداخلية والجو الخارجي تتكوّن على القلف ثغوب مملأة بخلايا مفككة تتخللها مسافات بيئية واسعة ، وتسمى هذه الثغوب « بالعدسيات » ، (شكل ١٧) وهي تسمح للغازات بالمرور منها ، وبذلك تمكن الساق من الحصول على الأكسجين اللازم لها ، والذي كانت تحصل عليه بواسطة الثغور في أول أمرها .

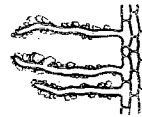


(شكل ١٧) قطاع في عديسة

بالطريقة التي تتكون بها أنسجة الساق من خلاياقتها النامية ، وتجدد منها القلنسوة التي تتآكل خلالها باستمرار نتيجة احتكاكها بحبيبات التربة .



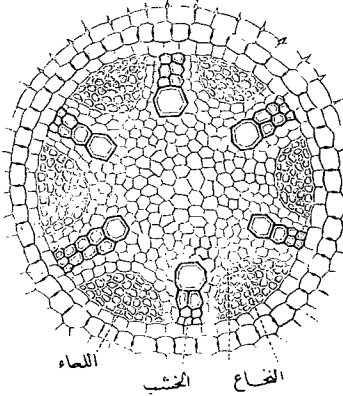
(شكل ١٩)



(شكل ٢٠)

جذر ترى فيه منطقة الشعيرات بوضوح وحولها حبيبات التربة شعيرات جذرية مكبرة

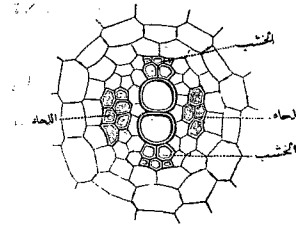
(٥) المنطقة الدائمة - تتركب في الجذر الحديث من الانسجة التي تتكون منها في الساق الحديثة ، ولكنها تختلف في ترتيب أنسجة الاسطوانة الوعائية ، فاذا عمل قطاع عرضي في هذه المنطقة ونحس تحت الميكروسكوب لوحظ ان الخشب والحاء متبادلان بحيث يكونان على أوصاف أقطار مختلفة (شكل ٢١) في حين أنهما يوجدان في الساق على أوصاف أقطار واحدة .



(شكل ٢١) قطاع عرضي في الاسطوانة الوعائية لجذر

وفي أغلب الأحيان يتصل الخشب في وسط الاسطوانة الوعائية فيصبح الجذر بذلك أصبا ، أي لا يتوسطه نخاع (شكل ٢٢) وقد يبقى الخشب منفصلا فيكون للجذر نخاع (شكل ٢١) والجذر الحديث خال من الكسبيوم .
أما القشرة (شكل ٢٣) فتتركب من خلايا برانشيمية بينها مسافات بينية واسعة ولا تحاط القشرة من الخارج ببشرة كالتى في الساق ، بل إن خلاياها الخارجية تعدد وتكون شعيرات جذرية ، ولا تعيش الشعيرات الجذرية إلا أياما قليلة ثم تموت ، ويتكون بدلها شعيرات أسفل منها ، وبعد موت الشعيرات الجذرية تتغلظ الجذر

والخلايا التي تليها مباشرة، وتسمى إذ ذاك «بالأكسودرم»، ويصبح الجذر

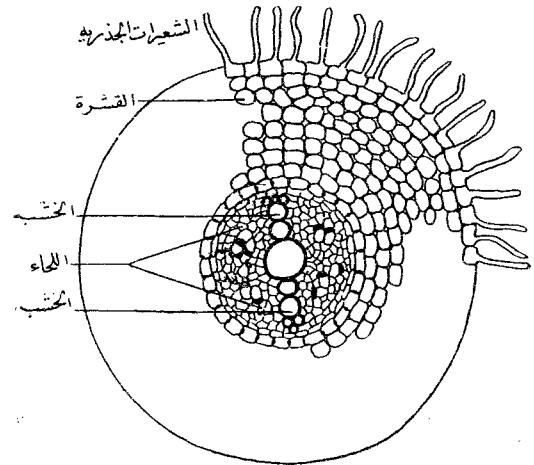


(شكل ٢٢)

قطاع عرضي في الاسطوانة الوعائية لجذر أعم

في هذه المنطقة غير قادر على الامتصاص .

وتشغل الاسطوانة الوعائية (أي الجزء الصلب) مركز الجذر، وذلك لكي يتمكن من مقاومة الشد والجذب اللذين يتعرض لهما بتأثير حركة الساق عند احتنائها، أو جذب الحيوانات لها .



(شكل ٢٣) قطاع عرضي في جذر من ذوات الفلقتين

موازنة بين تركيب الجذر والساق الحديثين في ذوات الفلقتين

الجذر	الساق
(١) الخلايا الخارجية رقيقة الجدر تمتد وتكون منها الشعيرات الجذرية ووظيفة هذه الشعيرات امتصاص الماء .	(١) تحاط ببشرة جدرها الخارجية غليظة لا تسمح بتخلل الماء والهواء وتوجد فيها ثغور .
(٢) القشرة في الجذر عرضية نسبياً (شكل ٢٣) .	(٢) القشرة في الساق ضيقة نسبياً (شكل ٥) .
(٣) تشغل الأسطوانة الوعائية الجزء المركزي من الجذر .	(٣) تشغل الأسطوانة الوعائية الجزء الخارجي من الساق .
(٤) الخشب واللحاء متبادلان مع بعضهما ويوجدان على أنصاف أقطار مختلفة ولا يفصل بينهما في أول الأمر كميوم .	(٤) الخشب واللحاء يوجدان على أنصاف أقطار واحدة ويفصلهما كميوم .
(٥) يشغل النخاع جزءاً صغيراً من الجذر وقد لا يوجد مطلقاً .	(٥) يشغل النخاع جزءاً كبيراً من الساق .

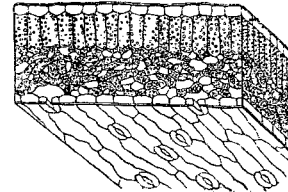
والجذر كالساق ينمو طولاً بواسطة قننه النامية، ومنطقة النمو في الجذر قصيرة لا تتجاوز في المادة بضعة مليمترات . وهذا ما يساعدها على أن تدفع أمامها حبيبات التربة دون أن يحدث فيها التواء، ومثلها في ذلك كمثل المسار القصير الذي يكون أقل عرضة للتواء من المسار الطويل إذا دُفِع في لوح من الخشب .

أما منطقة النمو للساق فقد يبلغ طولها عدة سنتيمترات .

٣ - الورقة

يترك هيكل الورقة من حزم وعائية (عروق) تتصل بالحزم الوعائية الموجودة في الساق . وهذه العروق تتفرع فتؤلف الشكل الشبكي الذي نشاهد في أوراق ذوات الفلقتين ، أو تسير متوازية على طول الورقة كما في أوراق ذوات الفلقة الواحدة .

وتزيد العروق في صلابة الورقة فلا تجعلها عرضة للتمزق بسهولة ، ويحيط بالعروق نسج رخو يسمى « بالنسيج المتوسط (الميزوفيل) » ، وتلف أنسجة الورقة بشرة تشبه بشرة الساق الحديثة (شكل ٢٤) .



شكل (٢٤) قطاع عرضي لورقة وترى خلايا البصرة السفلى وبينها الثغور

العروق - وتركب العروق من خشب (زيل) والحساء (فلويم) ويتجه الخشب نحو سطح الورقة العلوى ، والحساء نحو سطحها السفلى ، ولا يوجد كميوم بين الحساء والخشب في العادة .

وينقل الماء والأملاح من الساق الى الاوراق بواسطة الخشب ، ثم تنتقل منه الى « النسيج المتوسط » ، حيث تجهز الأغذية العضوية ، ثم توزع هذه على أجزاء النبات المختلفة بواسطة الحساء .

النسيج المتوسط - يتركب هذا النسيج من خلايا برانشيمية مختلفة الشكل ، تحتوي على بلاستيدات خضراء ، وفي الأوراق الاعتيادية المفلطحة يوجد نوعان من خلايا هذا النسيج (شكل ٢٤) .

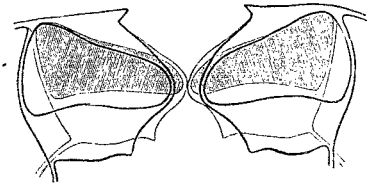
النوع الاول - يوجد تحت البشرة العليا ، وخلاياه طويلة عمودية على هذه البشرة ، وتتخلها مسافات بينية ضيقة ، وتحتوى هذه الخلايا على عدد كبير من البلاستيدات الخضراء .

النوع الثانى - يوجد فوق البشرة السفلى ، وخلاياه مفككة غير منتظمة الشكل ، وتتخلها مسافات بينية واسعة ، وتحتوى على عدد أقل من البلاستيدات الخضراء ، ولذا فاننا نشاهد أن السطح العلوى في معظم الاوراق أشد اخضراراً من السطح السفلى .

البشرة العليا (شكل ٢٤) - تركب البشرة العليا في العادة من صف واحد من الخلايا الحية المتلاصقة تمام التلاصق كالتى تتركب منها بشرة الساق الحديثة ولا تتخلها في الغالب ثغور ، ويكون غطاؤها الكيوتيني (كيوتيكل) أكثر تحملاً وتمن الموجود على البشرة السفلى ، لأن السطح العلوى أكثر تعرضاً للحرارة من السفلى

البشرة السفلى - تمتاز البشرة السفلى بكثرة وجود الثغور بها ، ويتصل ثقب كل ثغر بفرع كبير يسمى « الغرفة الهوائية » ، وتتصل هذه الغرف الهوائية بالمسافات البينية الموجودة في أجزاء النبات الأخرى . وعلى ذلك فالثغوب الموجودة على الاوراق والسوق هي التى تتصل بواسطتها المسافات البينية في النبات بالهواء الجوى ، وتساعد بها في ذلك العديسات التى توجد على السوق المسنة

وحجم الثغوب الموجودة بين الخليتين الحارستين ليس ثابتاً ، فقد يتسع أو يضيق تحت تأثيرات مختلفة ، فإذا امتلأت الخليتان الحارستان بالماء استدارتا وتضائل قطرهما فتبتاعدان عن بعضهما ، وبذلك يزداد اتساع الثقب الموجود بينهما ، ويسهل خروج الغازات ودخولها منه (شكل ٢٥) . وأما اذا فقدت الخليتان الحارستان بعض مائهما فان جدرهما الداخلية والخارجية تهبط وتتقارب ، وتقل استدارة هاتين الخليتين ويزداد قطرهما ، وبذلك يقل اتساع الثقب (شكل ٢٥ الجزء المظلل)



(شكل ٢٥) خليتان حارستانا لظهار كينبة فتح الثفر وقفه

ومقدرة الثفر على الاقفال والافتتاح تقي النبات من الضرر الناشئ من زيادة تبخر مائه الداخلى ، فعندما يشتد الجفاف تقل فتحات الثغور ، وعندما يزداد الماء فى النبات تنسع .
وهناك عوامل مختلفة تؤثر على افتتاح واقفال الثغور ، أهمها الضوء ، فتفتح عند ما تتعرض للضوء ، وتغلق فى الظلام .

الباب الثالث

وظائف الاعضاء

يبحث علم وظائف الاعضاء فى الوظائف الحيوية التى تقوم بها أنسجة النبات المختلفة وفى طرق تأدية تلك الوظائف ، وفى تأثير العوامل عليها . والوظائف الرئيسية التى يقوم بها النبات بوجه عام هى : امتصاص الاغذية - التمثيل - التنفس - النتج - ورفع العصارة .

١ - الاغذية ومواردها

لكي ندرس المواد التى يتغذى عليها النبات ومورد كل منها يجب أولاً أن نعرف شيئاً عن تركيب النبات نفسه .

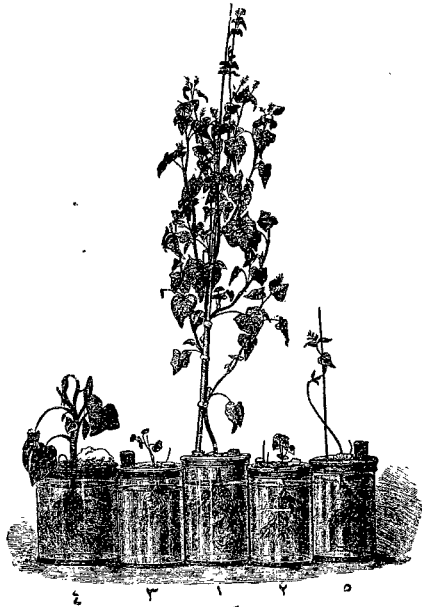
تحليل النبات :

إذا أخذنا قطعة من ساق نبات ما وسخناها فى وعاء مغطى بلوح زجاجى ، فإننا نلاحظ أن قطراً من الماء تتكاثف على جدار اللوح الزجاجى من الداخل ، مما يثبت أن قطعة النبات تحتوى على مقدار من الماء ، وباستمرار التسخين بعد رفع اللوح الزجاجى ينطير جميع الماء الموجود فى النبات ويبقى جسم أسود متفحم .
وإذا أحرق هذا الجسم المتفحم تتصاعد منه جملة غازات ، أهمها ثانى أكسيد الكربون (الذى يمكن اختباره بسهولة بتمريره فى محلول ماء الجير فيعكره) ويتخلف بمد ذلك رماد غير قابل للاحتراق .

نستنتج مما سبق أن النبات يتركب من :

١ - ماء

٢ - كربون يتحول الى ثانى أكسيد الكربون عند احتراقه .



(شكل ٢٦)

- (١) نبات تام في محلول يحتوي على جميع العناصر الضرورية .
 (٢) » » » » » ماعدا البوتاسيوم .
 (٣) » » » » » التي استبدل بها الصوديوم .
 (٤) » » » » » الكالسيوم .
 (٥) » » » » » الأزوت .

وقد يحتوي النبات التام في التربة عدا ما تقدم على عناصر السليس والصوديوم والكالكور وغيرها ، إلا أن هذه العناصر ليست ضرورية جداً ، ويمكن للنبات أن ينمو بسلامة طبيعية.

٣ — غازات مختلفة .

٤ — رماد غير قابل للاحتراق .

فالماء والمواد التي يتكون منها الرماد لا بد أن يكون النبات قد حصل عليها من التربة . والدليل على ذلك هو أن النبات يذبل ويموت إذا جفت تربته ، ويستعيد نضارته إذا رويت تربته ثانية .

الكربون :

إذا زرع نبات في رمل نقي خال من الكربون تمام الخلو ، وروى بماء وأملاح تشبه الأملاح الموجودة في رماد النبات ، وتكون خالية أيضاً من الكربون ، فإن النبات ينمو نمواً طبيعياً ، وإذا حُف بالطريقة السابقة الذكر يلاحظ أنه يحتوي على كمية من الكربون . ومن البديهي أن هذا الكربون لا يمكن أن يكون قد أتى من طريق التربة أو الأملاح لخلوها منه ، وهذا مما يوجه نظرنا للهواء كصدر للكربون الذي يتركب منه جسم النبات ، وخاصة أنه من المعروف ان الهواء الجوي يحتوي على كيات من غاز ثاني أكسيد الكربون .

العناصر التي تدخل في تركيب النبات.

تحليل النباتات تحليلاً كيميائياً نجد أنها تتركب من العناصر الآتية وهي :

الكربون — الأوكسجين — الأيدروجين — الأزوت — الكبريت
 الفوسفور — البوتاسيوم — الكالسيوم — الحديد — المنسيوم :
 ويحصل النبات على الكربون من الهواء وعلى معظم الأوكسجين والأيدروجين من الماء . أما بقية العناصر فيحصل عليها من الأملاح الناتجة .

إثبات ضرورة العناصر السابقة للنبات

إذا عمل محلول من ماء أذيت فيه أملاح تشتمل على العناصر الآتية المذكورة فإن النبات ينمو فيه بحالة طبيعية (شكل ٢٦ — ١) وإذا أقص من المحلول أحدهم العناصر فقد ينمو النبات الى حد ما (شكل ٢٦) ولكنه يضعف ويموت بعد ذلك

والنبات لا يمتص المواد الضرورية له بنسبة واحدة ، فهو يحتاج مثلا الى مقدار قليل جدا من الحديد ، في حين أنه يحتاج لكميات أكبر من الأزوت ، كما أن نسبة كل من العناصر الموجودة في النباتات تختلف باختلاف النباتات نفسها .

٢ - امتصاص الماء .

تنتشر السوائل القابلة الامتزاج بعضها ببعض كاتنتشر الغازات ، غير أن سرعة انتشار السوائل أقل بكثير من سرعة انتشار الغازات .

فإذا فصل غازان بحاجز أو غشاء تستطيع جزئياتهما أن تتخلله ، نجد أنه بعمدة من الزمن ينتشر الغازان ، وينسرب أهدها في الآخر ، بحيث يصبحان موزعين في الحيز الذي يشغلانه . توزيعا متافلا . كذلك إذا فصل محلولان مختلفي التركيز من ملح الطعام بحاجز ، أو غشاء لا يحول دون مرور جزئيات الماء ، والملح نجد أن المحولين قد انتشر أهدها في الآخر ، ويتأثر توزيعهما في كل أجزاء الحيز الذي يشغلانه .

ويمكن تشبيه الأغشية بالمناخل ، فالنخل ذو الثقوب الكبيرة يسمح للأجسام ذات الأجزاء الصغيرة والكبيرة أن تمر من ثقوبه . أما النخل ذو الثقوب الصغيرة فلا يسمح إلا للأشياء ذات الأجزاء الصغيرة فقط بالمرور خلال ثقوبه .

ومض الأغشية تسمح بمرور جزئيات الماء والملح المذاب فيه ، وبمضها الآخر لا يسمح إلا بمرور جزئيات الماء فقط . وهذا النوع الأخير من الأغشية يسمى "بالأغشية شبه المنفذة" .

فإذا وضعنا محلولاً مركزاً من ملح الطعام أو السكر في كيس مصنوع من مادة شبه منفذة ، ووضعنا هذا الكيس في إناء به ماء نقي ، أو بمحلول أخف تركيزاً من المحلول الموجود داخل الكيس ، فإن الماء ينتقل من المحلول الخفيف وينسرب من خلال الغشاء الى المحلول المركز الذي يوجد داخل الكيس ، ويستمر مرور الماء حتى يتعادل المحلولان الموجودان خارج الكيس وداخله في درجة تركيزها . فإذا

كان الغشاء قابلاً لتمدداً فانه يزداد في الحجم شيئاً فشيئاً . أما إذا كان غير قابل للتمدد فقد يتنجر إذا كان رقيقاً ، أما إذا كان متيناً فانه عند دخول الماء فيه يزداد الضغط بداخله ، ويستمر دخول الماء الى أن يتعادل الضغط الداخل مع القوة التي يدخل بها الماء من الخارج الى داخل الغشاء فيقف عندئذ تسرب الماء الى الكيس .

وتشبه هذه الظاهرة ما يحدث عندما يتفخ انسان في كرة القدم بالماء ، إذ يلاحظ أنها تتمدد شيئاً فشيئاً الى أن تمتلئ . فإذا زاد التنفخ ازداد ضغط الهواء داخلها ، وبما أن الغلاف الخارجي للكرة غير قابل للتمدد إلا الى حد محدود ، فانه بعد مدة يسيرة لا يمكن ادخال هواء أكثر مما احتوته الكرة ، إذ يتعادل ضغط الهواء الموجود داخلها مع القوة التي يدفع بها الهواء من الخارج بالتفخ .

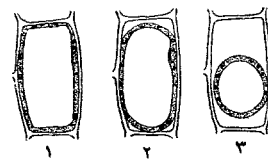
والضغط الذي يحدث داخل غشاء يحتوي على محلول مركز وموضوع في الماء ، أو في محلول أقل تركيزاً مما بداخله يسمى "الضغط الاسموزي" ، ويختلف الضغط الاسموزي تبعاً لنوع المادة المذابة وقوة تركيزها

والخلية النباتية تحتوي في داخلها على فجوة مملئة بسائل مائي مذاب فيه سكر وأملاح مختلفة . ويفصل البروتوبلازم عن الفجوة غشاء شبه منفذ ، ويحيط بالبروتوبلازم من الخارج غشاء آخر يليه الجدار الخلوي . فإذا وضعت مثل هذه الخلية في الماء النقي ، أو في محلول أقل تركيزاً من محلول فجوتها ، يدخل الماء من المحلول الخفيف الى داخل الخلية مخترباً الأغشية المحيطة بالبروتوبلازم حتى يصل الى الفجوة ، ويستمر دخول الماء في الخلية ليتعادل المحلولان الخارجي والداخلي في قوة تركيزهما ، فننتفخ الخلية وتتكبر في الحجم ، غير أن جدارها الصلب يمنع تمددها إلا الى حد محدود (والجدار الخلوي هنا يشبه الغطاء الجلدي الخارجي الذي يحيط بأنبوبة كرة القدم ، والذي يمنع الأنبوبة المرنة من التمدد إلا الى حد معين) وعند ما تنتفخ الخلية بامتصاصها للماء تنصلب كما تنصلب كرة القدم عند ما يزداد ضغط الهواء داخلها .

وصلاية الأجزاء النباتية الرخوة الخالية من الأنسجة السطامية ترجع إلى الانتفاخ خلاياها بالماء، ويمكن إزالة حالة الانتفاخ من الخلايا النباتية بإحدى الطرق الآتية :

(أولاً) بإحاطتها بمحلول أكثر تركيزاً من العصارة الموجود في الفجوة. فيخرج الماء من الفجوة إلى الخارج، وترتخي الخلايا وتقتد صلابتها. ومن هنا يفهم السبب الذي من أجله لا تنجح زراعة معظم النباتات في الأراضى الملحية. وللسبب عينه لا يشعر الإنسان بارتواء إذا شرب ماء ملحاً كما البحر، أو ماء أذيب فيه مقدار وافر من السكر.

وعند ما توضع خلية في محلول أكثر تركيزاً من عصارتها يخرج الماء من الفجوة فينكسر البروتوبلازم الذي كان ملاصقاً للجدار ويتكور في وسط الخلية، وتسمى هذه الظاهرة «بالبزمة»، (شكل ٢٧).



(شكل ٢٧) ١ - ٢ - ٣ أطوار تنكمز الخلية

وإذا وضعت الخلية المبلزمة في ماء قوّ، أو في محلول مخفف، فقد تعود إلى حالتها الأولى من الانتفاخ إذا لم يكن الملح الخارجى قد أحدث تأثيراً ضاراً بالبروتوبلازم.

(ثانياً) إذا قعدت الخلية الماء بواسطة التبخير. ولذا فإن النبات يذبل وتقصير خلاياه رخوة إذا قعدت كثيراً من مائها.

(ثالثاً) بقتل البروتوبلازم. إذ أنه عند ما يموت البروتوبلازم يفقد خاصيته شبه المنفذة، فيخرج الماء من فجوته بسهولة. فمثلاً إذا أخذنا قطعة من جذر الينجبر الأحمر ووضناها في الماء البارد فإن الماء المحيط بها لا يتلون باللون الأحمر. أما إذا

سخن الماء فإن البروتوبلازم يموت تدريجاً، ويتلون الماء المحيط بقطعة البنجر شيئاً شيئاً. وهذا يدل على أن العصارة الحمراء الموجودة في خلايا البنجر خرجت بموت بروتوبلازمها.

والنبات تمتص الماء من التربة بواسطة الشعيرات الجذرية - وماء التربة عبارة عن محلول مخفف جداً من أملاح مختلفة، وهو في المادة أقل تركيزاً من العصارة الموجودة في فجوات الشعيرات الجذرية - ثم ينتقل منها إلى خلايا القشرة، ثم إلى أنابيب الخشب حيث يستمر في الصعود. وارتفاع الحرارة عامل من العوامل المهمة التي تؤثر في سرعة الامتصاص.

والنباتات العمورة بالماء تمتص الماء اللازم لها من جميع أجزائها بما في ذلك الأوراق. أما النباتات التي تعيش على الأرض فانه يتعدى عليها امتصاص الماء من الجزء المعرض للهواء، نظراً لوجود مادة الكيوتين التي تغطي أسطح الأوراق، ولذا يقتصر الامتصاص على الشعيرات الجذرية.

وفي بعض النباتات الصحراوية توجد تحورات خاصة في الأوراق أو السوق تمكنها النباتات من امتصاص ماء المطر أو الندى.

امتصاص الأملاح:

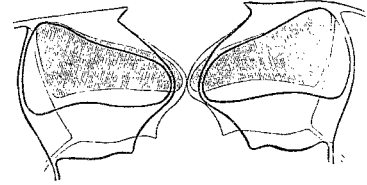
فضلا عن أن البروتوبلازم يسمح بمرور الماء فانه أيضا يسمح بمرور بعض الأملاح اللازمة لغذائه، وله قوة اختيار المواد التي يحتاج إليها بنسب خاصة. ويختلف نسب مقادير الأملاح الداخلة باختلاف النباتات، فبعضها يمتص مقادير وافرة من البوتاسيوم، وبعضها يحتاج إلى نسبة كبيرة من الأزوت وهكذا.

٣ - النتج وصعود العصارة

تحتوى الخلايا النباتية على مقدار وافر من الماء يتبخر بعضه إلى المسافات البيئية التي تتخلل أنسجة النبات، ثم يتسرب هذا البخار إلى الخارج عن طريق الثغور. ويخرج الماء من النبات على هيئة بخار يسمى «النتج»،.

وقد يخرج قليل من بخار الماء عن طريق الكيوتين إذا لم يكن سميكاً كما يحدث في أطراف النبات الغضة. ولذا فإن هذه الأطراف تكون أول ما يبدل من أجزاء النبات عند ما يتعرض للجفاف الشديد .

وقد سبق لنا أن بينا أن الخلايا الحارسة التي تحيط بالثغور إذا امتلأت بالماء فإن حجم الثغوب التي توجد بينها يتسع (شكل ٢٨) . وإذا كان الهواء الخارجي شديد الجفاف فإن بخار الماء الموجود في المسافات البينية يخرج عن طريق الثغور فيتبخر ماء جديد من الخلايا المحيطة بالمسافات البينية ليحل محل البخار المفقود ، فيزداد تركيز العصارة في هذه الخلايا ، وتمتص الماء من الخلايا المجاورة لها وهكذا حتى يمتص الماء من خلايا البشرة التي تمتص بدورها من الخلايا الحارسة ، فتتراخي هذه الخلايا ويصغر حجم الثغوب (شكل ٢٨) . ويوضح من ذلك أن الخلايا الحارسة هي التي تنظم مقدار الماء الخارج من النبات .



(شكل ٢٨)

وبخار الماء الذي يخرج من النبات أثناء التنح وإفراز المقدار في العادة ، فقد تقف الشجرة الواحدة بالتنح ٥٠٠ لترا من الماء في اليوم العادي ، وتقذف أضعاف هذه الكمية إذا أشد الجفاف وارتفعت درجة الحرارة .

ومقدار الماء المتبخر من نباتات منطقة من المناطق قد يؤثر كثيراً في رطوبة الهواء الجوي فيها ، وهذا التأثير كثيراً ما يثير مناخ تلك المنطقة . فقد لوحظ أن

إزالة الغابات في بعض الجهات يقلل مقدار المطر المتساقط ، وذلك بالنسبة للجفاف الناتج من عدم وجود بخار الماء الذي كان يصعد إلى الجو من النباتات قبل إزالتها .

العوامل المؤثرة على مقدار التنح :

العوامل التي لها تأثير على التنح داخلية تنشأ عن تركيب النبات نفسه ، وخارجية تنشأ عن الظروف الخارجية التي تحيط بالنبات .

فمن عوامل التنح الداخلية :

(١) مساحة السطح المعرض للهواء (خصوصاً سطح الأوراق) .

(٢) عدد الثغور الموجودة بالبشرة .

(٣) غلظ (كثافة) الكيوتين .

ومن العوامل الخارجية :

(١) مقدار الرطوبة في الهواء .

(٢) حركات الهواء .

(٣) درجة الحرارة .

(٤) شدة الضوء .

وأوراق النباتات النامية في الأماكن الرطبة تكون في العادة كبيرة الحجم ، واسعة السطح ، كثيرة الثغور ، وتكون خلاياها رقيقة الجدر .

أما النباتات التي تنمو في الأماكن الجافة فتكون أوراقها صغيرة ضيقة السطح (كأن تكون إبرية مثلاً) قليلة الثغور ، ومغطاة بطبقة سميكة من الكيوتين .

أهمية التنح للنبات :

(١) المساعدة على ارتفاع العصارة النيئة المحتوية على الأملاح اللازمة للنبات إلى الأوراق حيث يجهز .

(٢) تلاطيف وتنظيم درجة حرارة الأنسجة الداخلية ، لأن تبخر الماء يسبب انخفاض درجة حرارة السطح الذي يتبخر منه .

صعود العصارة :

أسلفنا القول أن الامتصاص يحصل بواسطة الشعيرات الجذرية ، وأن الماء ينتقل من خلية إلى أخرى بواسطة الضغط الامموزى حتى يصل خلال الأنايب الخشبية إلى أعلى .

ولأجل أن نبرهن على أن الطريق الذى تسلكه العصارة هو طريق الخشب ، علينا أن نقطع ساق نبات تحت محلول الأيوسين، أو الجير الأحمر الخفيف، فإذا تركنا طرفه المتطوع مغموراً فى السائل مدة وجيزة ، ثم علمنا قطاعات عرضية فى أجزاء الساق ، فالتا ترى أن أنابيب الخشب وحدها هى التى تلونت باللون الأحمر .

وترتفع العصارة فى النبات بتأثير قوى مختلفة أهمها :

(١) الضغط الجذرى :

إذا امتصت الشعيرات الجذرية الماء بسرعة من التربة فإن هذا الماء يتدفق بقوة إلى أعلى فى الأنايب الخشبية . والضغط الناشئ من اندفاع هذا الماء يسمى "الضغط الجذرى" ، ويمكن قياسه بقطع ساق نبات نام فى أبيض بحيث يكون القطع قريباً من سطح التربة ، ثم ترك أنبوبة زجاجية عليه كالتى فى (شكل ٢٩) ويصب فيها زيتيق ، فعند خروج العصارة من الساق تحت تأثير الضغط الجذرى يتدفق الزيتيق فى الأنبوبة إلى أعلى ، ومن الفرق الحادث بين سطحى الزيتيق فى البداية والنهاية يمكن تقدير الضغط الجذرى . وخروج الماء من أجزاء النباتات المقطوعة يسمى "الادماء" ، والعصارة التى يدمها النبات تحتوى على أملاح معدنية على مواد عضوية ذائبة كالسكر والزلال

ويشاهد الادماء بسهولة إذا قطعت سوق العنب فى أوائل الربيع عندما تبدأ الجنفور فى الامتصاص .

والضغط الجذرى قد يكون فى بعض الأحيان قوياً إلا أنه مهما بلغ من القوة لا يستطيع رفع العصارة من الجذر إلى قم الأشجار العالية ، إذ أنه لا يزيد عادة عن جوين ، أى لا يستطيع رفع العصارة أكثر من عشرين متراً .

أضف إلى ذلك أن الضغط الجذرى يختلف فى النبات الواحد من آن لآخر ، وهو ضعيف جداً فى أشجار النباتات المحروطة كالصنوبر والسروالتى هى من أطول الأشجار .



(شكل ٢٩)

(٢) الخاصية الشعرية :

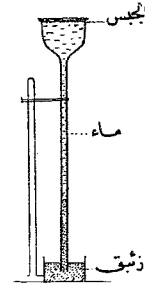
يرتفع السائل فى الأنايب الدقيقة ضد الجاذبية الأرضية بواسطة الخاصية الشعرية ، ويرتفع السائل فى الفتيل ضد الجاذبية بنفس هذه الخاصية . وكلما قل قطر الأنايب الدقيقة ازداد ارتفاع السائل فيها ، ولذا فقد اقترح بعض العلماء أن لهذه الخاصية الفضل فى رفع العصارة فى النبات عن طريق الأنايب التى يتركب منها الخشب ، إلا أنه قد وجد أن الارتفاع الذى تسببه الخاصية الشعرية لا يتجاوز عدداً قليلاً من السنتيمترات .

وعلى ذلك لا يمكن أن يعزى ارتفاع العصارة فى الشجيرات والأشجار إلى هذه القوة وحدها .

(٣) القوى التي تتكوّن من النتج :

عندما يتبخّر الماء من الخلايا الحية الموجودة في الأوراق يزداد تركيز عصارتها الحلوبة ، فيزداد مقدرتها على امتصاص الماء ، وتجذب الماء من أنابيب الحزم الوعائية الموجودة في الورقة .

فاذا أخذنا قعاً ذا ساق طويلة (شكل ٣٠) وسدّنا طرفه الواسع بطبقة من الجبس أو المصيص وملأناه بالماء (الذي سبق غليه لطرده ما فيه من الهواء) ثم وضعنا طرفه الضيق في إناء يحتوي على زيتيق ، وعرضنا الجهاز لتيار هواء جاف نشاهد :



(شكل ٣٠)

(أولاً) أن الماء يتبخّر من سطح المصيص فيرتفع الزيتيق في ساق القمع .
(ثانياً) أن سرعة التبخر يمكن قياسها بقياس سرعة ارتفاع الزيتيق في ساق القمع ، وأن هذه السرعة تتوقف على ظروف كثيرة ، منها مقدار تشبع الهواء الجوي بالرطوبة ، وسرعة حركته ، ودرجة حرارته .

وبالنسبة لتماسك جزئيات الماء بعضها ببعض يصعد الزيتيق إلى ارتفاع كبير إلا إذا تدخلت فقاعة هوائية فقطع عمود الماء . وذلك لأن الماء المتماسك جزئياته يعتبر في هذه الحالة كأنه عمود صلب إذا جذب من أعلى يرتفع بأكمله ، أما إذا قطع من الوسط مثلاً وجذب من أعلى فلا يرتفع منه إلا الجزء العلوي فقط .

والأنابيب الموجودة في خشب السوق والجذور تقوم مقام ساق القمع في التجربة السابقة الذكر . وبالحللا الحية الموجودة في أوراق النبات تقوم مقام طبقة الجبس . فالنتيخ الذي يحدث بسبب سحب الماء من الأنابيب الخشبية ، فينشأ عن ذلك تيار مستمر من الجذور إلى السوق ، ويعرف هذا التيار بتيار النتج ، وتتوقف سرعة هذا التيار على مقدار النتج من الأوراق والسوق .

وعلى وجه العموم فإن القوى الثلاث السابقة تتعاون في أداء عملية رفع العصارة .

٤ - التمثيل الضوئي

سبق أن ذكرنا أن النبات يستمد كربونه من غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في الهواء الجوي . والعملية التي يأخذ بها النبات ثاني أكسيد الكربون من الجو ، ويكون منه مواد كربوهيدراتية تحت شروط خاصة تسمى «عملية التركيب الضوئي» ، أو «التمثيل» .

التمثيل وشروطه :

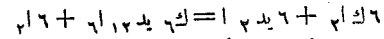
يشمل التمثيل العمليات المختلفة الآتية :

(١) يدخل ثاني أكسيد الكربون إلى أنسجة الورقة الخضراء (أو السوق الخضراء) من الهواء المحيط بالنبات والذي يحتوي على ٠.٠٤٪ تقريباً من هذا الغاز .
(٢) تمتص النباتات الماء من الأرض بواسطة الجذور ، ويرتفع هذا الماء إلى الأوراق .

(٣) تمتص الكلوروفيل جزءاً من الضوء الواقع على الورقة .

(٤) الطاقة التي اكتسبها الكلوروفيل من الضوء المتص تستخدم في إحداث تفاعل كيميائي بين ثاني أكسيد الكربون والماء ، فننشأ منهما كربوهيدرات (سكر) في الورقة ويطرده الأكسجين . وقد يتحوّل جزء من هذا السكر إلى نشاء في الورقة . والسكر لا يتكوّن مباشرة من اتحاد ثاني أكسيد الكربون والماء ، بل تتكوّن منها مركبات أولية تنتهي بتكوين السكر .

والمعادلة الكيميائية هي :



ومن ذلك يرى أن حجم الأكسجين الذى ينطلق يعادل حجم ثانى أكسيد الكربون الذى استخدم فى هذه العملية .

الكالوروفيل :

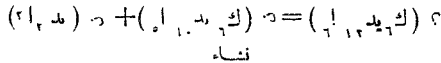
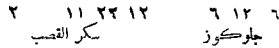
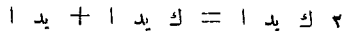
إن المجهود الذى يستعمل لتأدية هذه العملية يتمص بواسطة الكالوروفيل من أشعة الشمس ، ولا يوجد الكالوروفيل منتشرا فى جميع أجزاء الخلية ، بل يوجد فى البلاستيدات الخضراء فقط .

وإذا مر الطيف الضوئى فى محلول الكالوروفيل يلاحظ أن بعض الأشعة تمتص أكثر من غيرها . والأشعة التى يستعملها الكالوروفيل أكثر من غيرها فى عملية التمثيل هى التى توجد بين الحمراء والبرتقالية ، وأقلها الخضراء .

ويمكن استخراج الكالوروفيل من أجزاء النبات الخضراء بواسطة الكحول . والطريقة المتبعة لذلك هى أن تغلى الأجزاء المراد استخراج الكالوروفيل منها فى الماء لقتل خلاياها الحية ، ثم توضع فى الكحول فيذوب فيه الكالوروفيل .

وقد عملت تجارب كثيرة لجلع ثانى أكسيد الكربون يتحد مع الماء خارج النبات بواسطة محلول الكالوروفيل لتكوّن الكربوايدرات ، ولكنها فشلت جميعا مما يدل على أن الكالوروفيل لا يمكنه أن يقوم بهذا العمل وحده بدون وجود البروتوبلازم الحى .

والمفروض أن أوّل سكر يتكوّن فى عملية التمثيل هو سكر الجلوكوز ، إلا أنه قد يتحول بسرعة بواسطة الأنزيمات الموجودة فى الخلية الى سكر القصب ، أو النشاء . فقد الماء . والمعادلة كما أتى :



نشاء

ويوجد النشاء فى كثير من أوراق النباتات المعرضة للضوء ، إلا أن بعض النباتات لا يتكوّن النشاء فى أوراقه ، بل يتكوّن بدلا منه نوع من السكر كسكر القصب الذى يوجد ذاتيا فى العصارات الخلووية ، كما هو الحال فى أوراق كثير من نباتات ذوات الفلقة الواحدة .

وإذا وضعت الأوراق المحتوية على النشاء فى الظلام مدة من الزمن يخفى منها هذا النشاء . وللتدليل على أن الأوراق يتكوّن فيها النشاء عند ما تتعرض للضوء يغطى جزء من ورقة البرسيم مثلا فى الصباح قبل طلوع الشمس (أى عند ما تكون الأوراق خالية من النشاء) بواسطة قطعة من ورق التصدير ، ثم تعرض الورقة بهذه الحالة للشمس بضع ساعات ، ثم تفصل عن النبات وتزخ من عليها ورقة التصدير ، ويستخرج منها الكالوروفيل بالطريقة السابقة الذكر . ثم توضع فى محلول لليود فيزرق أو يسود الجزء الذى كان معرضا للضوء لتكوّن النشاء فيه ، أما الجزء الذى كان مغطى بورقة التصدير فيبقى لونه باهتا .

وأهم الشروط اللازمة لحصول عملية التمثيل الضوئى فى النبات هى :

(١) وجود ثانى أكسيد الكربون والماء .

(٢) وجود الكالوروفيل .

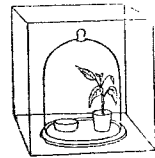
(٣) وجود الضوء .

(٤) وجود الحرارة المناسبة .

(٥) وجود البروتوبلازم الحى .

ثنائي أكسيد الكربون :

في غياب ثنائي أكسيد الكربون لا تتكون الكربوهيدرات أو النشاء في الورقة ، ويمكن التذليل على ذلك بتغطية نبات نام في أبيض كالبرسيم في الصباح المبكر بناقوس زجاجي أغطية محكمة ، ووضع إناء محتو على محلول الصودا الكاوية مجاورا للنبات تحت الناقوس ، ثم تعريض الجميع للشمس (شكل ٣١) فإذا اختبرت الورقة بعد مدة من الزمن بواسطة اليود وجدت خالية من النشاء ، وذلك لان الصودا الكاوية تمتص كل ما يحيط بالنبات من ثنائي أكسيد الكربون .



(شكل ٣١)

و يدخل ثنائي أكسيد الكربون الى الانسجة الخضراء عن طريق الثغور (ل ان طريق الكيوتيكول) ويمكن التثبت من ذلك بانتخاب ورقة خالية من النشاء لا توجد ثغور إلا في سطحها السفلي ، ودهن السطح الذي يحتوى على الثغور بالغازلين . ثم تعريضها للشمس ، واختبارها باليود بعد ذلك بضع ساعات يلاحظ أنه لم يكن فيها النشاء

وإذا عملت ثغوب كثيرة في هذه الورقة بارة رفيعة ، فان النشاء يتكون حول هذه الثغوب ، مما يدل على أن ثنائي أكسيد الكربون لا يمكنه أن يمر من سطح الورقة جميعه بل من ثغوب خاصة هي الثغور .

وبما أن ثنائي أكسيد الكربون الموجود في الهواء الجوي قليل يتراوح بين ٠.٠٣ ٠.٠٤ ٠.٠٥ ٠.٠٦ ٠.٠٧ ٠.٠٨ ٠.٠٩ فقد تقرر بعض العلماء أن النباتات الموسودة على سطح الارض يمكنها أن تستنفذ كل ما في الهواء الجوي من ثنائي أكسيد الكربون في مدة ٣٠ سنة ، لولا أن هناك امتدادات مستمرة من غاز ثنائي أكسيد الكربون تصل الى الهواء من تنفس الاحياء ، سواء كانت نباتية أو حيوانية ، ومن تحلل أجسامها الميتة ، ومن احتراق الفحم والحطب ، ومن الغازات الناشئة عن الثوران البركاني الخ . وكل هذه الامتدادات تعادل ما تستهلكه النباتات من ثنائي أكسيد الكربون ، فتبقى نسبة ثابتة في الهواء الجوي .

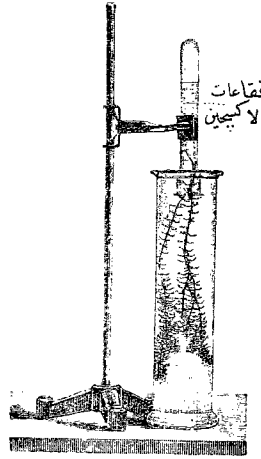
وبعد أن يدخل ثنائي أكسيد الكربون من الثغور يذوب في الماء الموجود على جدر الخلايا ، وينتشر الى داخلها على حالة غاز ذائب في الماء . والنباتات الغمורה بالماء تحصل على ثنائي أكسيد الكربون الذائب في الماء الذي يفرها . وبما أن الأوكسجين الذي يطرده بعد حصول عملية التمثيل أقل ذوبانا في الماء من ثنائي أكسيد الكربون ، فانه يتصاعد على حالة فقاعات يمكن جمعها إذا غطي النبات بأنبوبة منكسة مملأ بالماء (شكل ٣٢) .

انصواء :

سبق لنا أن أثبتنا أن الضوء ضروري في عملية التمثيل ، وإذا وضع نبات في حرارة مناسبة ومدد بمقدار وافر من ثنائي أكسيد الكربون ، فان مقدار الكربوهيدرات التي تتكون في الورقة يتوقف على شدة الضوء الواقع عليها ، فاذا زادت شدة الضوء زادت كمية الكربوهيدرات المتكوّنة ، غير أن زيادة كمية الكربوهيدرات جدا ، لأن ثنائي أكسيد الكربون الموجود في الجو أقل مما يمكن للنبات استخدامه . ولهذا السبب فان بعض النباتات تنمو بأطبيعيها في الظل بدون أن محتاج إلى ضوء شديد .

الحرارة :

تأثير الحرارة على عملية التمثيل الضوئي كتأثيرها على غيره من التفاعلات الكيميائية ، أي أن التفاعل يتضاعف كلما زادت الحرارة ١٠ درجات ، إلا أن تأثير الحرارة



(شكل ٣٢)

الشديدة يضر البروتوبلازم النبات . وعلى ذلك فإن ازدياد التمثيل يتناسب مع ارتفاع الحرارة تناسباً طردياً حتى تصل إلى ٢٥ - ٣٠ - ٣٥ مئوية ، وبعدها يقل مقدار التمثيل بسرعة .

الكولوروفيل :

الكولوروفيل ضروري في عملية التمثيل ، والأجزاء غير الخضراء من النبات لا تمثل ، فبعض نباتات الزينة ذات الأوراق المنمقة (المبرقشة) لا يحتوي ما بها من البقع والأجزاء الباهتة على الكولوروفيل ، ولا يتكون النشا إلا في الأجزاء الخضراء منها . وقد توجد أوراق ملونة باللون الأحمر لوجود مواد ملونة تحت لون الكولوروفيل الأخضر ، كأوراق بعض أصناف البنجر وعرف الديك والأكاليغا ، ولكن أوراق هذه النباتات تمثل كالعادة لوجود الكولوروفيل فيها .

البروتوبلازم الحى :

البروتوبلازم الحى ضرورى لقيام عملية التمثيل ، إذ أن الخلايا الميتة المتوفرة فيها بقية شروط التمثيل لا يتكون فيها النشا .

العوامل السامة والضارة :

إذا زادت نسبة ثانى أكسيد الكربون عن ٢٥ ٪ من الهواء المحيط بالنبات كان له تأثير ساتم على النبات .

ويضر بالنبات الضوء الشديد ، لأنه يفسد الكولوروفيل . وشدة الحرارة أيضا تضر بالبروتوبلازم فيقل التمثيل ثم يقف .

والمواد التي تنتج من عملية التمثيل في الأوراق الخضراء تتحد مع العصارات التي انصهها الجسد ، وتتكون منها مواد عضوية معقدة التركيب يستعمل بعضها لزيادة حجم النبات ونموه ، وما زاد منها عن الحاجة يخزن في أجزاء النبات المختلفة كالسوق الهوائية والأرضية والدرنات الخ .

الانزيمات

معظم التفاعلات الكيميائية في النبات تحدث بواسطة مواد خاصة تعرف بالانزيمات .

والانزيمات هي مواد تكوّنهما الكائنات الحية لتعجل أو تسهل التفاعلات الكيميائية ، وبعد حصول التفاعل الكيميائى يبقى الانزيم بدون تغيير .

والانزيمات تشبه العوامل المساعدة غير العضوية (أى أن عملها يشبه عمل ثانى أكسيد المنجنيز عند تحضير الاكسجين من كلورات البوتاسا) إلا أنها تختلف عن العوامل المساعدة غير العضوية في أنها تتأثر بالحرارة ، فإذا رفعت درجة الحرارة كثيراً فإن الانزيمات تفقد خواصها .

وتكون الانزيمات على أشد نشاطها في أغلب الاحوال بين درجتى ٣٠ و ٤٠ سنتيجراد .

وللانزيمات أهمية عظمى في الخلية الحية ، إذ بواسطتها تحدث معظم التفاعلات في النبات كتحويل السكر الى نشاء .

ولمعظم الانزيمات فعل عكسى ، فمثلا يمكن للانزيمات التي تحوّل النشا إلى سكر أن تحوّل السكر الى نشاء . ويستوقف ذلك على التركيز النسبي للمحلول ، فإذا كان تركيز السكر خفيفا في محلول يحتوى على نشاء وسكر فالانزيم يحول النشا الى سكر ، وإذا زاد تركيز السكر عن حدّ محدود ، فإن الانزيم يبدأ في تحويل السكر إلى نشاء ويستمر في عمله هذا إلى أن تنشأ حالة توازن .

فأوراق النباتات عندما تعرّض للضوء يتكوّن فيها السكر ، ويزداد مقداره في الخلية شيئاً فشيئاً إلى أن يصل الى تركيز خاص ، وإذا ذلك تبدأ الانزيمات في تحويله إلى نشاء .

وفى الظلام يقل تركيز السكر في الخلية ، لانه ينتقل الى أجزاء النبات المختلفة بالانتشار أو بالانتقال فى الحاء . فبدأ الانزيمات فى تحويل النشا إلى سكر . وهذا

ينقل بدوره فيذوب مقدار آخر من النشاء، وهكذا إلى أن يخفئ كل النشاء الموجود في الورقة .

وبما يجب ملاحظته أن السكر ينقل أيضاً أثناء النهار ، إلا أنه بالنسبة لوجود الشمس فإن ما يتكوّن منه في الورقة يكون أكثر مما يفقد منها ، فيزداد تركيزه في الخلية وينحدر إلى نشاء . وهذا أيضاً ما يحدث في بقية أجزاء النبات ، فانه حينما يوجد الماء بكثرة في النبات كما يحدث عند الانبات تتحوّل المركبات غير الذائبة الموجودة في البذرة إلى مواد ذائبة بواسطة الانزيمات .

وعندما تزداد كمية المواد الذائبة في النبات تتحوّل إلى مواد غير قابلة للذوبان بواسطة الانزيمات عينا ، كما يحدث عند ادخار المواد الغذائية في الدرناات والبذور الخ .

التحويل الغذائي :

التغيرات التي تحدث في النبات على نوعين :

(١) عمليات بنائية أو تركيبية ، تتحوّل بواسطتها المواد البسيطة إلى مواد عضوية تستعمل في تركيب جسم النبات أو تخزن في خلاياه ، وتشمل العمليات التركيبية تمثيل الكربون والازوت والمواد المعدنية .

(٢) عمليات هدمية أو تحليلية ، وهي تغيرات تتحلل فيها المواد المعقدة التركيب إلى مواد بسيطة ، وينطلق من ذلك الجهود الذي يستعمله النبات في أغراضه المختلفة . وفي أثناء عمليات التحويل الغذائي في النبات قد تتكوّن مواد مختلفة كالأحماض العضوية ، والمواد اللوّنة ، والزيوت العطرية ، والصمغ ، والقلويات ، والكارتشوك .

وفي العادة لا يستعمل النبات هذه المركبات بعد تكوينها ، وهي لذلك تعتبر منتجات ثانوية . وليس معنى هذا أن لا فائدة منها للنبات ، فان بعض المركبات السامة والمرّة تبقى في النبات فذلك الحيوانات .

وبعض المواد اللوّنة تجذب الحيوانات إلى الأزهار ، أو البذور ، أو الثمار لتأدية عمليات التلقيح والانتثار .

واللبان النباتي والراتنجات تتجمع حول جروح النباتات فتقلها ، وتمنع وصول الحشرات أو جراثيم الأمراض من توليد الجرح .

٤- التنفس

لكي يمكن أن ينقل قطار من مكان إلى آخر لا بد له من مجهود ، أو قوة تحرك عجلاته ، والقوة التي تستعمل لتسيير القطار هي الناشئة من إحتراق (أكسدة) الفحم (الكربون) ، إذ يتأخذ الكربون مع الأكسجين يتولد مجهود على شكل حرارة تحوّل الماء إلى بخار . وحين يحبس هذا البخار ولا يجد منفذاً ، يضغط على آلات خاصة تحرك ذراع القطار فتدور العجلات ، وبذا ينقل القطار من مكان إلى آخر .

ولكي يتحرك الحيوان من مكان إلى مكان لا بد له من مجهود يصرفه حتى يتمكن من الانتقال إلى المكان المراد . ويحصل الحيوان على هذا المجهود من إحتراق (أكسدة) المادة الغذائية الموجودة في دمه ، فينطلق غاز ثاني أكسيد الكربون كما يحدث عند إحتراق الفحم في أتون القطار .

والمجهود المنطلق لا يستعمله الحيوان للحركة فقط ، بل لأغراض أخرى ، كرفع حرارة الجسم ، أو تسهيل حدوث التفاعلات الكيميائية التي يحتاج إلى المجهود إذ من المعلوم أن كثيرا من التفاعلات الكيميائية بين الأجسام المختلفة لا تتم إلا برفع حرارتها ، أو بتمرير تيار كهربائي فيها الخ .

والتنفس في الاحياء عملية الغرض منها إطلاق المجهود ليتمكن الكائن الحي من القيام بوظائفه الحيوية .

وللحصول على هذا المجهود يضطر النبات إلى تحليل المواد العضوية الموجودة في جسمه ، وخصوصاً السكر ويدرناات ، فتتحلل هذه إلى مواد أبسط منها وتنتج أكسد