أسس النبات العام

للفرقة الأولى- كلية التربية- 2023-2024 م

شعبةالفيزياء

شعبة الكيمياء

تجميع وإعداد المادة العلمية/ د. نجوى ربيع أحمد حسين

مدرس بقسم النبات والميكروبيولوجي
بكلية العلوم- جامعة جنوب الوادي

JUSTIFIED 11/12/2023.

مقدمة في علم النبات

أهمية دراسة النباتات يهتم علم النبات بدراسة النباتات الزهرية والنباتات اللازهرية: حقيقية النواة وبدائية النواة. وتتناول هذه الدراسة النباتات من حيث التركيب الداخلي والتركيب الخارجي وعلاقتهما بطرق التغذية والحركة والتكاثر والتكيف للظروف البيئية المختلفة. كذلك تتناول توزيع النباتات في الفراغ والزمان، والتاريخ الحياتي للنباتات. كما تهتم بتصنيف النباتات، ودراسة درجة القرابة بينها، إضافة إلى قوانين الوراثة والقوانين التي تحكم تطور النباتات من الصور البدائية إلى الصور الرقي والأكثر تعقيدا. اما الأهمية الاقتصادية للنباتات، والوسائل المختلفة التي استحدثها الإنسان للاستفادة المثلى من النباتات فتقع في بؤرة دراسة النباتات لما لها من دور رئيس في رفاهية المجتمع وتحقيق احتياجاته الحياتية.

أهمية النباتات الخضراء

النباتات الخضراء ضرورية ولا غنى عنها لكل ما بث هللا من دابة في االرض، فلولا النباتات الخضراء لتراكم ثاني أكسيد الكربون الذي يخرج من زفير الكائنات بما فيها الإنسان، والذي تضخها المصانع على مدار الساعة، وما تدفع به المركبات بأنواعها المختلفة في الهواء. لو حدث ذلك لاندثرت الحياة على سطح الكرة الأرضية.

خصائص الكائنات الحية

تتميز الكائنات الحية عن المواد غير الحية بالخصائص التالية:

- **دورة الحياة**: كل كائن حي له دورة حياة متكررة أو ما يعرف بدورة حياة الكائن. تبدأ دورة الكائن بالميلاد، فالنمو، فالتكاثر، فالشيخوخة، ثم تنتهي بالموت.

- **التركيب الخلوي**: تتركب الكائنات الحية من وحدة بنائية تعرف بالخلية. وتتركب الخلية من كتلة متجانسة من مادة حية تعرف بالبروتوبلازم تحتوي على نواة ويحدها من الخارج غشاء أو جدار فالبروتوبلازم: الحياة بدون بروتوبلازم، فهو مادة الحياة الحقيقية في كل من النبات والحيوان، وهو الأصل الفيزيائي للحياة. ولولا البروتوبلازم ما استطاع الكائن أن يقوم بكل وظائفه الحيوية. ويتركب البروتوبلازم من خليط معقد جدا من بروتينات ومركبات كيميائية أخرى، مخلوطة بنسب محددة، ونظام محكم ومتناسق.

- **التنفس**: تتنفس كل الكائنات الحية، نبات وحيوان، ليال ونهارا دون انقطاع، ومن أجل التنفس تأخذ الأكسجين من الجو وتخرج كمية مساوية تقريبا من ثاني أو كسيد الكربون. والتنفس عملية حيوية هدفها إطلاق الطاقة الكيميائية المخزنة في الكربوهيدرات والدهون والبروتينات المكونة للمواد الغذائية التي يتغذى عليها الحيوان أو التي يخلقها النبات في عملية البناء الضوئي.

- **التكاثر**: لدى الكائنات الحية القدرة على التكاثر، أي :إنتاج صغار تشبهها. على النقيض، ليس لدى الأشياء غير الحية القدرة على التوالد. فلكل كائن من الكائنات الحية طريقة تكاثر معينة لا تتغير ولا تتبدل، وتتم بطريقة دورية، ينتج عنها صغار من نفس النوع.

- **التمثيل الغذائي**: التمثيل الغذائي ظاهرة حياتية، تتكون من عمليتي الهدم والبناء اللتين يقوم بهما البروتوبلازم بصفة مستمرة.

- **التغذية**: يحتاج الكائن الحي إلى المواد الغذائية؛ لينمو ويجدد خلاياه ويتكاثر ويقاوم الأمراض، ويقوى على حركة الحياة. ولا تختلف المكونات الكيميائية لغذاء الحيوان عن المكونات الغذائية التي يحتاجها النبات. لذا، فالغذاء لا غنى عنه للكائنات الحية.

تقديم

ا.د. رضا حلمي سمور

الجزء الأول
علم تشريح النبات

المحتوى

الموضوع	الصفحة
مقدمة عن علم التشريح والخلية النباتية	2
تركيب الخلية النباتية	4
المحتويات غير الحية في الخلية النباتية	17
الأنسجة النباتية	26
الأنسجة الانشائية	28
الأنسجة الدائمة	31
التركيب التشريحي للأعضاء النباتية	58
التركيب التشريحي للجذر الحديث	58
التركيب التشريحي للساق	63
التركيب التشريحي للسيقان الحديثة ذوات الفلقتين	65
التركيب التشريحي للسيقان الحديثة ذوات الفلقة الواحدة	69
التركيب التشريحي للأوراق	72
التغلظ الثانوي	76
التغلظ الثانوي الشاذ	89
أثر البيئة على التركيب التشريحي للنبات	93
المراجع	100

علم تشريح النبات Plant Anatomy

Anatomy derived from the Greek *anatemnō* “I cut up, cut open" from *ana* "on, upon", and *temnō* "I cut".

يعرف علم تشريح النبات أنه العلم الذي يهتم بدراسة التركيب الداخلي للنبات، حيث يدرس الأعضاء المكونة لجسم النبات والأنسجة التي تكون هذه الأعضاء وكذلك نوع الخلايا وتكيفها للقيام بوظائفها المختلفة. ويعد علم التشريح أحد فروع علم المورفولوجي حيث يدرس شكل النبات من الداخل (Anatomy = internal morphology).

الخلية النباتية Plant Cell

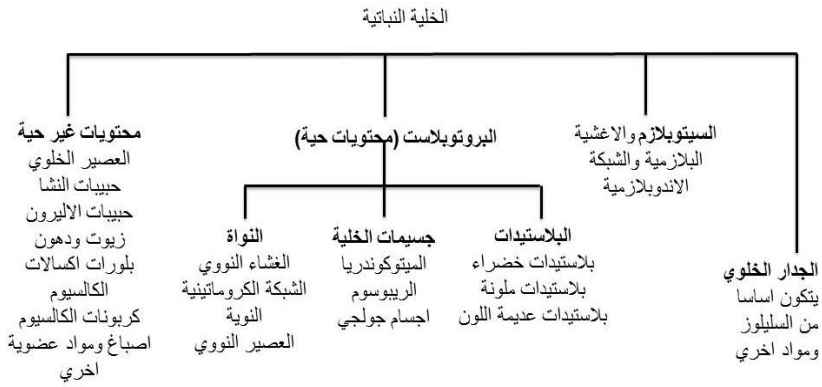
يتركب جسم النبات من وحدة أو أكثر من الوحدات الدقيقة تسمي الخلايا. ولدراسة الخلية أهمية خاصة، لأنها تمثل وحدة التركيب ومركز العمليات الفسيولوجية للكائن الحي والحاملة للصفات المتوارثة التي تنتقل من جيل لآخر. وقد اشتق الاسم الأجنبي (Cell) من المصدر اللاتيني Cellula ومعناه المسكن الصغير

وأول من تعرف على الخلية وأعطاها اسمها cell هو العالم روبرت هوك Robert Hooke عام 1665 ولاحظ أنها وحدات صغيرة لها جدار وتحتوي بداخلها عصير خلوي. ولم يعط أهمية خاصة إلى محتويات الخلية حيث أنه اعتبر ما بداخل الخلية عبارة عن محلول مغذي.

وأول من أعلن النظرية الخلوية هما العالمان الألمان شليدن Schleiden وشوان Schwannفي عام 1828 والتي تقول بأن الكائن الحي يتركب من وحدات تركيبية وفسيولوجية هي الخلايا.

ويتراوح حجم الخلية من الميكرون كما في بعض الكائنات الدقيقة إلي عدة سنتيمرات كما في الألياف والشعيرات. وهي تتكون من جدار سليلوزي غير حي يحيط بالجزء الحي من الخلية وهو البروتوبلاست protoplastوتسمي كل المادة الحية في جسم الكائن بالبروتوبلازم protoplasm. وهذه المادة الحية هي التي ترعي كل مظاهر الحياة المختلفة من تمثيل للغذاء وتكاثر، واستجابة للمؤثرات الخارجية. وما إلي ذلك مما يتميز بها الكائن الحي. وسوف نتحدث بالتفصيل عن المكونات المختلفة للخلية النباتية.

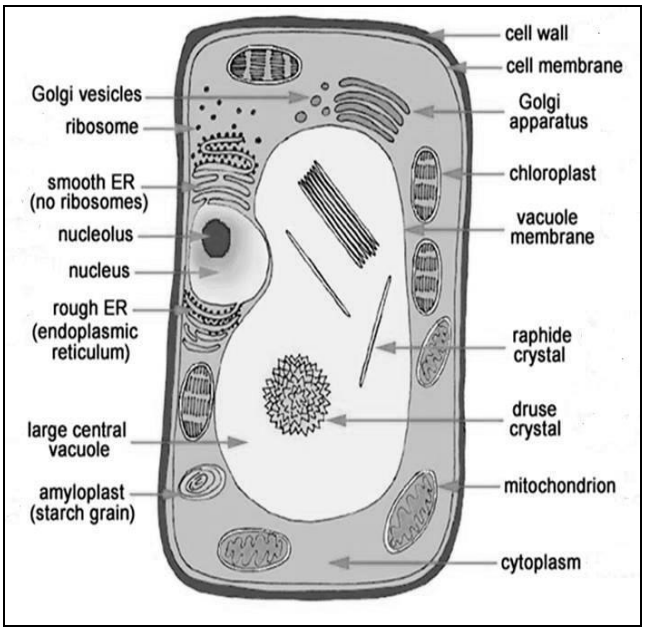
تركيب الخلية النباتية



البروتوبلاست Protoplast

سبق أن ذكرنا أن جسم الكائن الحي يتكون من مادة حية تسمي البروتوبلازم ويطلق على وحدة البروتوبلازم الموجودة داخل الخلية الواحدة البروتوبلاست. ويتكون البروتوبلازم من مواد عضوية وغير عضوية. وتشمل المواد العضوية أساسا البروتينات والدهون والمواد الكربوهيدراتية وبعض الأحماض العضوية. وتكون البروتينات حوالي ثلث الوزن الجاف للبروتوبلازم. وتشتمل المواد غير العضوية على الماء وبعض الأملاح المعدنية. ويحتوي البروتوبلازم على نسبة عالية من الماء تصل إلى حوالي 90% في حين لا تزيد نسبة الاملاح المعدنية عن 1%.

ومع أن البروتوبلازم يبدو كسائل بسيط الا أنه في الحقيقة نظام ديناميكي معقد له القدرات المميزة للحياة وهي البناء، والتمثيل، والنمو، والحساسية. ويشتمل البروتوبلازم على سائل شفاف محبب قليل اللزوجة يسمي السيتوبلازم وجسم كروي أكثر كثافة من السيتوبلازم يسمي النواة ويحتوي السيتوبلازم على مجموعة كبيرة من الجسيمات الدقيقة التي يظهر بعضها تحت الميكروسكوب الضوئي وهي البلاستيدات ويظهر البعض الاخر بواسطة الميكروسكوب الالكتروني وهي الشبكة الاندوبلازمية والميتوكوندريا وأجسام جولجي.



تركيب الخلية النباتية النموذجية

السيتوبلازم والأغشية البلازمية

يكون السيتوبلازم الجزء الرئيسي للبروتوبلازم. وهو مادة شفافة محببة قليلة اللزوجة، وتظهر تحت الميكروسكوب كسائل عديم اللون به حبيبات دقيقة معلقة وقطرات لمواد قابلة للذوبان. وكثيرا ما تشاهد هذه الحبيبات في حركة براونية، وأحيانا ما يكون السيتوبلازم متحرك حيث ينساب حول السطوح الداخلية لجدار الخلية، وتعرف هذه الظاهرة بالانسياب السيتوبلازمي Cytoplasmic Streaming.

ويظهر السيتوبلازم تحت الميكروسكوب الالكتروني أكثر تعقيدا، ويحتوي على جهاز معقد من الجسيمات الدقيقة والأغشية. ويطلق على مجموعة الأغشية الموجودة داخل السيتوبلازم اسم الشبكة

الاندوبلازمية Endoplasmic Reticulum (ER). ويعتقد أنها مركز كثير من العمليات الحيوية التي تحدث بالخلية وخصوصا عمليات التحول الغذائي. ويوجد على هذه الأغشية حبيبات دقيقة تسمي الريبوسومات Ribosomes وهي تدخل في عملية تكون البروتين في الخلية.

وتعرف الطبقة الخارجية للسيتوبلازم والملاصقة لجدار الخلوي بالغشاء البلازمي الخارجي ectoplast وهي طبقة رقيقة وأكثر كثافة من السيتوبلازم، ويتحكم هذا الغشاء في انتقال المواد المختلفة من خارج الخلية إلي داخلها والعكس حيث أنه يسمح بنفاذية أيونات المواد بنسب متفاوتة ويعبر عن هذه الخاصية بشبه النفاذية semi-permeability ومن الممكن رؤية الغشاء البلازمي بالميكروسكوب الالكتروني حيث يظهر علي شكل طبقتين وتعرف الطبقة الداخلية للسيتوبلازم والملاصقة للفجوة العصارية بالغشاء البلازمي الداخلي tonoplast وتحمل نفس صفات الغشاء البلازمي الخارجي.

النواة Nucleus

وهي من أهم الاجسام البروتوبلازمية وأكثرها وضوحا في الخلية. وهي جسم كروي أو بيضي الشكل، يصل قطرها في المتوسط إلى حوالي 15 ميكرونا. وأول من اكتشف النواة هو روبرت براون Robert Brown عام 1831, ولاحظ وجودها في جميع الخلايا الحية وأطلق عليها اسم النواة

وتتميز النواة بالقدرة على الانقسام. وتتميز عن السيتوبلازم بأنها أكثر كثافة. وتوجد في جميع الكائنات الحية ماعدا الطحالب الخضراء المزرقة والبكتيريا، التي تحتوي على المادة النووية في حالة منتشرة في السيتوبلازم تسمي مكافئ النواة. وتوجد عادة نواة واحدة بالخلية، إلا أنه في بعض النباتات الدقيقة قد تحتوي الخلية على نواتين أو أكثر.

ويغلف النواة غشاء رقيق يسمي الغشاء النووي nuclear membrane, ويختفي هذا الغشاء أثناء عملية انقسام النواة ثم يعود للظهور عند إتمام عملية الانقسام. وتمتلئ النواة بسائل هلامي يسمي بالعصير النووي nuclear sap تنتشر به مجموعة من الخيوط الدقيقة والمتشابكة يطلق عليها اسم الشبكة الكروماتينية chromatin reticulum. وتعتبر الشبكة الكروماتينية من أهم مكونات النواة، حيث تلعب دورا هاما في عملية انقسام الخلايا، وانتقال الصفات الوراثية من جيل لاخر. وعند انقسام الخلية تتميز خيوط الشبكة الكروماتينية إلى خيوط واضحة تسمي الكروموسومات ذات عدد ثابت في النوع الواحد للنبات.

وتحمل الكروموسومات عددا كبيرا من الأجسام تسمي بالجينات genes وهي المسئولة عن حفظ الصفات الوراثية في النبات. وقد أثبت التحليل الكيميائي للمادة الكروماتينية أنها تتكون من مواد بروتينية متحدة مع حمضي RNA وDNA لتكوين بروتينات نووية.

تحتوي كل نواة على جسم مستدير صغير متجانس لا يحدده غشاء يعرف بالنوية nucleolus, وتمثل انتفاخا في الشبكة الكروماتينية. وقد يوجد بالنواة أكثر من نوية وهي تتكون من بروتينات متحدة مع حمض RNA وتظهر أكثر كثافة من بقية النواة. وتختفي النوية أثناء عملية انقسام الخلية وتعود إلى الظهور بعد انتهاء عملية الإنقسام.

البلاستيدات Plastids

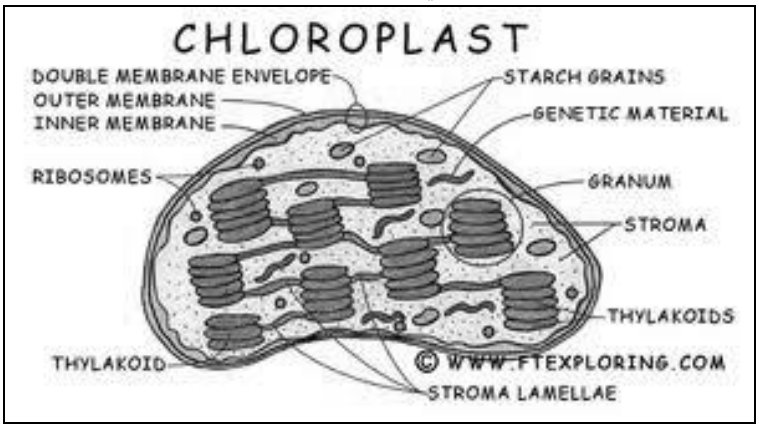
هي أجزاء بروتوبلازمية مميزة توجد منغمسة في السيتوبلازم، وتقوم بوظائف معينة، وتتباين في الشكل والحجم واللون. وتنشأ البلاستيدات في الخلية من أجسام صغيرة غير متميزة تتكون في الخلايا الانشائية وتعرف بمنشئات البلاستيدات proplastids. لها القدرة على الانقسام. ويتم التقاطها من الخلية الأم إلى الخلايا البنوية أثناء انقسام الخلية.

تنقسم البلاستيدات إلى ثلاثة أنواع حسب لونها:

البلاستيدات الخضراء Chloroplasts

تتميز بلونها الأخضر المميز نتيجة وجود صبغ أخضر هو الكلوروفيل chlorophyll الذي يلعب دورا هاما في عملية التمثيل الضوئي. والأصباغ الموجودة في البلاستيدات الخضراء هي كلورفيل (أ) ولونه

أخضر مزرق وكلورفيل (ب) ولونه أخضر مصفر والزانثوفيل xanthophyll ولونه أصفر والكاروتين carotene ولونه برتقالي. ويمثل الكلورفيل الصبغ الغالب في البلاستيدات الخضراء ولهذا فهو يعطيها لونها الأخضر المميز. وتوجد هذه البلاستيدات في خلايا الأجزاء الخضراء من النبات.



رسم تخطيطي لبلاستيدة خضراء

وتختلف البلاستيدات الخضراء في الشكل والحجم في النباتات المختلفة في حين تتشابه في خلايا النسيج الواحد وهي غالبا قرصية الشكل في النباتات الراقية ويبلغ قطرها حوالي من 4-6 ميكرون. وقد تكون حلزونية كما في طحلب الاسبيروجيرا أو كأسية كما في طحلب الكلاميدوموناس. وتظهر البلاستيدات الخضراء تحت الميكروسكوب الضوئي كوحدة متجانسة خضراء قد تحتوي داخلها علي حبيبات النشا، وتظهر تحت الميكروسكوب الالكتروني محاطة بجدار مزدوج شبه منفذ وتحتوي بداخلها علي مجموعات من الصفائح الرقيقة مرتبة فوق بعضها في طبقات تسمي بالجرانا granum وتوجد هذه الصفائح منغمسة داخل كتلة محببة تسمي بالستروما stroma ويوجد صبغ الكلورفيل مرتبا في طبقات بين الصفائح المكونة للجرانا.

البلاستيدات الملونة Chromoplastids

تختلف في لونها من الأصفر إلي البرتقالي أو الأحمر ويرجع اللون غالبا إلى صبغ زانثوفيل والكاروتين. وتوجد هذه البلاستيدات في بتلات الأزهار وبعض الجذور مثل الجزر والثمار مثل الطماطم والفلفل. وتختلف هذه البلاستيدات في الشكل فقد تكون غير منتظمة، أو حبيبية، أو مضلعة أو إبرية أو مفصصة.

ويرجع السبب في أن أطرافها معظمها مدببة إلى وجود مادة الكاروتين بها في صورة بلورية. وقد تتحول البلاستيدات الخضراء إلى بلاستيدات ملونة كما يحدث عند نضج بعض الثمار مثل الطماطم والفلفل حيث يختفي الكلوروفيل في البلاستيدات الخضراء ويظهر لون الأصباغ الأخري. ولكن الغالب أن تنشأ البلاستيدات الملونة من منشئات بلاستيدات خاصة بها. ولا تعرف وظيفة البلاستيدات الملونة بالنسبة للنبات على وجه التحديد. ولصبغ الكاروتين فائدة للحيوان حيث يتحول في جسمه إلى فيتامين (أ).

البلاستيدات عديمة اللون Leucoplastids

يصعب رؤية البلاستيدات عديمة اللون تحت الميكروسكوب دون صبغها بأصباغ خاصة. ويكثر وجودها في الأجزاء النباتية غير المعرضة للضوء. ويختلف شكلها في النباتات المختلفة وهي غالبا منتظمة الشكل ويختلف شكلها تحت الظروف المختلفة وغالبا ما تحتوي على حبيبات النشا وخصوصا في الخلايا الاختزانية الموجودة في الجذور الدرنية والكورمات والدرنات. ويبدأ تكوين حبيبات النشا داخل البلاستيدات

عديمة اللون ثم تكبر هذه الحبيبات حتى تملأ البلاستيدة كلها. وقد يظل البلاستيدة محيطا بالحبيبة النشوية أو قد يختفي تماما.

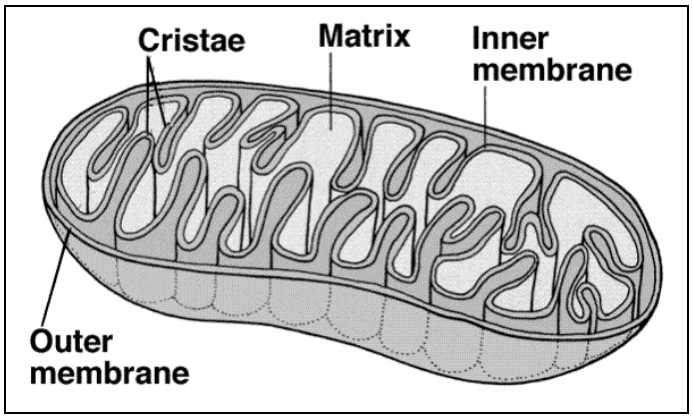
قد تتحول البلاستيدات عديمة اللون إلى بلاستيدات خضراء إذا ما عرضت للضوء. وذلك لتكوين صبغ الكلوروفيل بها كما يحدث لدرنات البطاطس وثمار الطماطم حديثة التكوين عند تعرضها للضوء. وهناك بعض أنواع من البلاستيدات عديمة اللون تختزن فيها الدهون كما في بذور القطن والخروع والفول السوداني وتعرف هذه بالبلاستيدات الزيتية.

الميتوكوندريا Mitochondria

يحتوي سيتوبلازم جميع الخلايا على عدد كبير من أجسام حية دقيقة الحجم مستديرة أو عصوية يصل طولها أو قطرها من 0.2-0.3 ميكرون وتسمي الميتوكوندريا. ويمكن رؤية هذه الاجسام بالميكروسكوب الضوئي باستعمال طرق صباغة خاصة. وتظهر الميتوكوندريون بواسطة الميكروسكوب الالكتروني محاطة بجدارين، الخارجي منتظم أما الداخلي فينثني داخل فراغ جسم الميتوكوندريون مكونا ثنيات cristae تزيد من مساحة سطحه الداخلي. ويوجد بداخل الميتوكوندريا مادة الأساس matrix التي تحتوي على مجموعة من الأنزيمات التي تساعد في إتمام تفاعلات عملية التنفس وتكوين الطاقة اللازمة للخلية.

الريبوسومات Ribosomes

هي أجسام دقيقة توجد بالسيتوبلازم ولا تري بالميكروسكوب الضوئي، ولكنها تري تحت الميكروسكوب الالكتروني وهي جسيمات دقيقة يصل قطرها إلي 0.1 ميكرون ويعتقد أنها تنشأ من النواة وتخرج منها إلي السيتوبلازم وتتكون من حمض RNA ووظيفتها الرئيسية هي تكوين الانزيمات والبروتينات.



تركيب الميتوكوندريا

أجسام جولجي Golgi bodies

هي مجموعة من الأجسام المفصصة تعرف في مجموعها بأجسام جولجي (نسبة إلى مكتشفها)، أو الديكتيوسومات Dictyosomes وهي توجد في السيتوبلازم وتتركب من بروتينات ليبيدية. وتوجد هذه الأجسام بكثرة في الخلايا الحيوانية. وهناك من الدلائل ما يشير إلى وجودها في الخلايا النباتية حيث يعتقد أن لها علاقة بعملية الإفراز داخل الخلية وتكوين الفجوات.

الجدار الخلوي Cell wall

تحاط الخلية النباتية بجدار صلب ويتكون أساسا من مادة السليلوز ويعمل على حفظ شكلها حيث أن بروتوبلاست الخلية مادة شبه سائلة ليست لها قوام متماسك. ويعتبر الجدار الخلوي من أهم مكونات الخلية النباتية ومن المميزات الهامة التي تميزها عن الخلية الحيوانية التي تفتقر إلى وجود جدار خلوي. وتحتوي كل من الخلية النباتية والحيوانية على غشاء بلازمي وهذا يختلف تماما عن الجدار الخلوي، فيتبع الأول المحتويات الحية للخلية في حين يعتبر الجدار الخلوي من الأجزاء غير الحية هذا إلي جانب أن الغشاء البلازمي غير صلب ويتغير في مساحة سطحه وشكله في حين أن الجدار الخلوي صلب ذو شكل ثابت وفي معظم الأحيان لا يتغير في مساحته.

ووجود هذا الجدار لا يعني فصل المادة الحية في الخلايا عن بعضها، فوحدات المادة الحية تتصل فيما بينها بواسطة خيوط سيتوبلازمية دقيقة يصعب رؤيتها أحيانا تحت الميكروسكوب تمر من خلية إلى أخري خلال فتحات في الجدار الخلوي وتعرف هذه الخيوط بالروابط البروتوبلازمية Protoplasmic Strands (Plasmodesmata). ووجود هذه الروابط يعمل على تنظيم وتجانس الأنشطة الحية في الخلايا العديدة التي يتكون منها جسم النبات.

وينشأ الجدار الخلوي من افرازات البروتوبلازم أثناء عملية انقسام الخلية المرستيمية، حيث يبدأ ظهوره كغشاء رقيق في الطور الأخير لعملية الانقسام يفصل بروتوبلاست الخليتين الجديدتين ويسمي بالصفيحة الوسطي Middle Lamella ويتركب من مواد بكتينية. وبزيادة عمر الخلية وحجمها يترسب على جانبي الصفيحة الوسطي طبقة رقيقة مكونة من سليلوز ومواد بكتينية وتمثل هذه الطبقة الجديدة الجدار الابتدائي. ولهذا فإن الجدار الفاصل بين الخليتين يتكون من ثلاث طبقات عبارة عن جدار ابتدائي لكل خلية تفصلهما الصفيحة الوسطي وتظهر الطبقات الثلاث تحت الميكروسكوب كطبقة واحدة رقيقة. وأحيانا يستمر الجدار الابتدائي كما هو في الخلية البالغة دون إضافة طبقات جديدة كما في الخلايا البرانشيمية ويتميز الجدار الابتدائي بقدرته علي زيادة مساحة سطحه. وفي كثير من أنواع الخلايا قد يترسب على الجدار الابتدائي طبقات جديدة من السليلوز ومواد أخري ولهذا يظهر الجدار مغلظا بدرجة واضحة وتسمي الطبقات الجديدة المضافة بالجدار الثانوي.

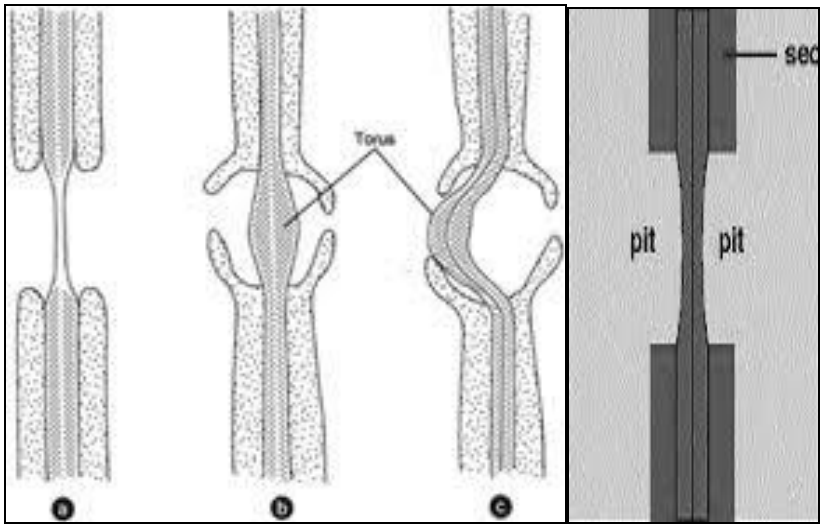
ويتكون الجدار الثانوي من مادة السليلوز مختلطة بمواد أخري مثل اللجنين lignin والسيوبرين suberin والكيوتين cutin والهيموسليلوز hemicellulose. والسليلوز هو مادة كربوهيدراتية عديدة التسكر تعطي بالتحلل المائي سكر الجلوكوز. أما اللجنين وهو يكون الجزء الأساسي من الجدار الثانوي في جدار خلايا الألياف والعناصر الخشبية فهو عبارة عن مواد عضوية معقدة التركيب. والجدر الملجننة عادة أكثر صلابة ومرونة من الجدر السليلوزية وأكثر مقاومة للانضغاط. ولا يعوق اللجنين مرور المواد الذائبة والماء خلال جدر الخلايا شأنه في ذلك شأن السليلوز.

والسيوبرين والكيوتين مواد شمعية توجد في جدر الخلايا المعرضة للجو الخارجي. ويقتصر وجود الكيوتين في جدر خلايا البشرة في حين يوجد السيوبرين في جدر خلايا الفلين المغلفة لسيقان وجذور النباتات المسنة. وهذه المواد غير منفذة للماء ولهذا فإن وجودها في الجدار يقلل من فقد الماء من الخلايا الداخلية.

وتحدث الزيادة في مساحة الجدار وسمكه إما بترسيب طبقات جديدة على السطح الداخلي للجدار المتكون ويعبر عن هذه العملية **بالتراكم** حيث يظهر الجدار مكونا من طبقات متعددة أو قد يحدث ترسيب المواد الجديدة بين المواد السابق تكوينها ويعبر عن هذه العملية **بالإدماج** وتحدث الزيادة في السمك عادة بالطريقة الأولي أما الزيادة في السطح فتحدث بالطريقة الثانية.

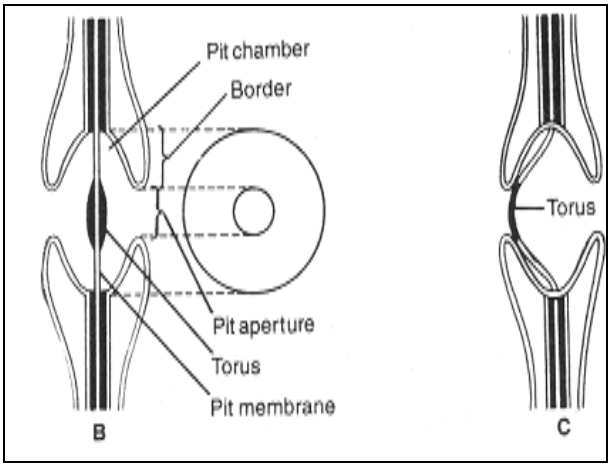
وأثناء عملية تكوين الجدار الثانوي قد يكون الترسيب على الجدار الابتدائي منتظما أو قد تترك فراغات دون ترسيب تظهر على شكل ثقوب في الجدار تسمي بالنقر Pits. وتظهر النقر في المنظر السطحي على شكل ثقب مستدير محدد وتتكون النقرة من جزأين هما تجويف النقرة وغشاء النقرة وهو الجدار الابتدائي العلوي الذي لم يترسب عليه جدار ثانوي. وتعمل النقر كقنوات يتم من خلالها انتقال

العصارة من خلية إلى أخري. ويدل على ذلك وجود الروابط البلازمية في الخلايا الحية في أماكن النقر. وقد يكون تجويف النقرة منتظما من جميع أجزائه وتعرف النقرة في هذه الحالة بالنقرة البسيطة simple pit. وغالبا ما يتقابل تجويفا النقرتين في الخليتين المتجاورتين ويعرفا بزوج النقرة البسيطة simple pit pair وهذا النوع من النقر واسع الانتشار في الخلايا البرانشيمية. وفي بعض أنواع الخلايا ذات الجدر السميكة كالخلايا الحجرية الموجودة في ثمار الكمثري والتفاح فإن تجويف النقرة يتفرع وتعرف النقر في هذه الحالة بالنقر المتفرعة branched pits.



النقرة البسيطة والمصفوفة

وهناك نوع أخر من النقر يوجد في الأوعية الخشبية والقصيبات ويسمي بالنقر المصفوفة bordered pits. وفي هذا النوع يأخذ اللجنين شكل قبوة مفتوحة حول غشاء النقرة بحيث يكون قطر فوهة القبوة أضيق من قطر غشاء النقرة. وحينما يتجاور وعاءان فإن القبوة يقابلها قبوة أخري في الوعاء الثاني مما يجعل الاتصال مستمرا بين الوعائين وتسمي النقرتان بزوج النقر المصفوفة. ويتغلظ مركز غشاء النقرة مكونا ما يسمي بالتخت النقري Torus وهو يشبه العدسة محدبة الوجهين وقطره أكبر قليلا من قطر فوهة النقرة وهذا التخت يمكنه أن يتحرك بسهولة بين تجويفي النقرتين وبذلك يحكم إغلاق الفوهة التي يتحرك إليها ويمنع اتصال الوعاء في هذا الموضع بالوعاء المجاور. وهذا إجراء وقائي يحدث في حالة وجود فقاقيع غازية كبيرة داخل الوعاء يخشى انتقالها بين الأوعية المختلفة. وفي بعض الحالات حينما يجاور الوعاء خلية برانشيمية فإن القبوة اللجنينية يقابلها من الجانب الاخر لغشاء النقرة نقرة بسيطة وتسمي بالنقرة نصف المصفوفة



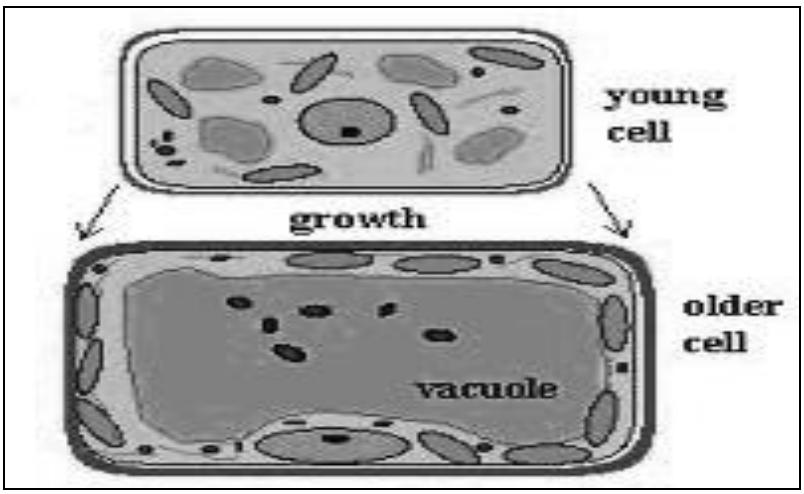
النقرة المصفوفة

المحتويات غير الحية في الخلية

Non-living component of the cell

الفجوة العصارية Vacuole

يوجد بسيتوبلازم الخلايا البالغة فجوة أو أكثر يطلق عليها اسم الفجوة العصارية تمتلئ بمحلول مائي ويحدها غشاء شبه منفذ هو الغشاء البلازمي الداخلي ويتكون العصير الخلوي من حوالي 98% ماء ويحتوي على كثير من المواد التي توجد في حالة ذائبة أو غروية وهذه تتكون من مواد بروتينية وكربوهيداتية وأحماض عضوية وأصباغ ومواد أخري



مراحل تكوين الفجوة العصارية أثناء نمو الخلية المرستيمية وتحولها لخلية بالغة

ويبدأ ظهور الفجوات في الخلايا المرستيمية على شكل قطرات دقيقة منتشرة بالسيتوبلازم. وخلال تقدم الخلية في العمر وزيادة حجمها تكبر هذه الفجوات تدريجيا وتمتلئ بالعصير الخلوي وتتصل مع بعضها مكونة فجوة كبيرة تضغط على سيتوبلازم الخلية وتدفعه نحو الجدار فيظهر كشريط رقيق يبطن جدار الخلية

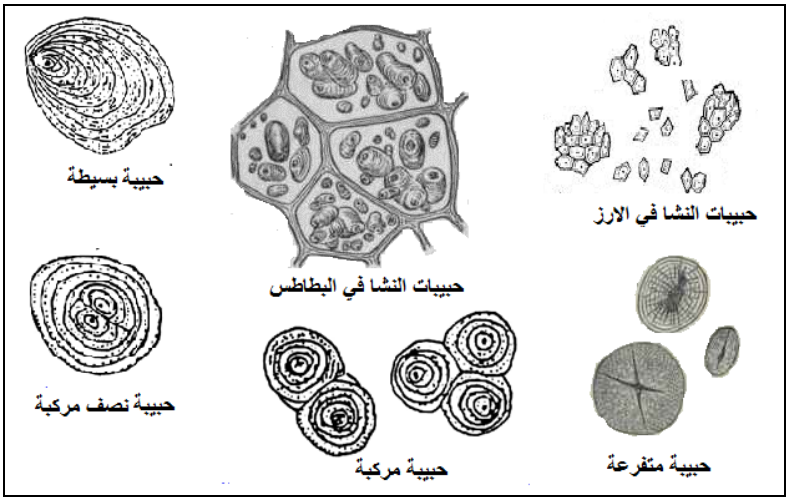
البالغة. ويحدث زيادة للفجوة العصارية في الحجم نتيجة امتصاص الخلية للماء فقد وجد أن الخلية البالغة تحتوي على كمية من الماء قد تصل إلي 20 ضعف ما يوجد في الخلية الميرستيمية.

المواد الكربوهيدراتية Carbohydrates

تمثل هذه المواد إحدي صور الغذاء المختزن. وهي توجد إما ذائبة في العصير الخلوي أو غير ذائبة. ومن أمثلة المواد الكربوهيدراتية الذائبة سكر الجلوكوز والفركتوز وهي من السكريات الأحادية وتوجد بالعصير الخلوي لمعظم النباتات. سكر القصب وهو من السكريات الثنائية ويوجد بوفرة في العصير الخلوي في جذور البنجر وسيقان قصب السكر. ومن المواد عديدة التسكر الذائبة يوجد الأنيولين وهو مادة عديدة التسكر تعطي بالتحلل المائي سكر الفركتوز ويوجد بوفرة في جذور نبات الداليا. وهناك قلة من النباتات يحتوي عصيرها الخلوي على مواد سكرية أخري مثل الديكسترين والمانيتول والبنتوزانات.

وتمثل حبيبات النشا starch granules أهم صور المواد الكربوهيدراتية المختزنة الموجودة في الخلية وتوجد في البلاستيدات الخضراء والبلاستيدات عديمة اللون. وتكون الحبيبات المتكونة في البلاستيدات عديمة اللون فهي أكبر حجما وأطول بقاء وغالبا ما يتكون في البلاستيدة عديمة اللون حبيبة نشا مفردة. وتظهر الحبيبة النشوية تحت الميكروسكوب مكونة من عدة طبقات متميزة مختلفة في الكثافة. ويتم ترسب طبقات النشا داخل البلاستيدة حول نقطة مركزية تسمي بالسرة hilum، قد تكون واضحة في بعض أنواع الحبيبات النشوية مثل التي يوجد في درنات البطاطس وحبوب القمح وبذور البقوليات، في حين يصعب تمييزها في البعض الأخر كما في حبيبات الأرز.

وقد توجد السرة في مركز الحبيبة وتسمي في هذه الحالة أنها مركزية concentric مثل القمح أو توجد منحرفة عن المركز وتسمي بأنها لامركزية مثل البطاطس وقد تحتوي الحبيبة النشوية علي سرة واحدة وتسمي حبيبة بسيطة simple أو تحتوي علي اثنين أو أكثر وتعرف بالحبيبة المركبة compound, وفي هذه الحالة تتكون الحبيبة المركبة من حبيبات بسيطة لا يغلفها طبقات مشتركة من النشا أما إذا غلفت طبقات النشا حبيبتان أو أكثر بأغلفة مشتركة فتسمي حبيبة نصف مركبة semi-compound وتوجد هذه الأنواع كلها في حبيبات النشا لدرنة البطاطس.

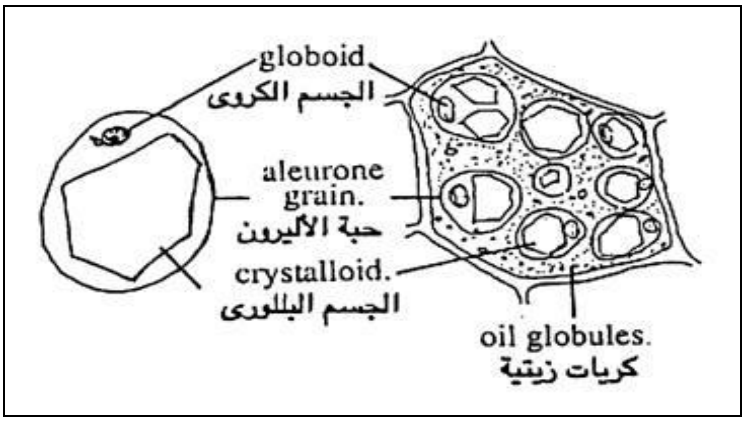


أنواع حبيبات النشا داخل الخلايا

ويختلف شكل السرة في الحبيبات النشوية في الأنواع النباتية المختلفة فقد تكون مستديرة كما في البطاطس أو مستطيلة تخرج منها شقوق قطرية كما في الفاصوليا أو على شكل شق متفرع كما في الذرة. ويختلف شكل الحبيبة النشوية في الأنواع النباتية المختلفة وثابتة للنوع الواحد من النبات ومميز له. وحبيبات النشا غير قابلة للذوبان في الماء البارد وتعطي لونا أزرق مع محلول مخفف لليود في يوديد البوتاسيوم.

المواد البروتينية Proteins

وهي تمثل مواد غذائية مختزنة وتوجد إما ذائبة في العصير الخلوي أو غير ذائبة في السيتوبلازم. وفي كثير من البذور الغنية بالمواد الدهنية مثل بذور الخروع يحتوي العصير الخلوي لخلايا الإندوسبرم علي كمية من البروتينات الذائبة، وعندما تجف البذرة وتنضج تتحول هذه المواد البروتينية إلي ما يسمي بحبيبات الأليرون Aleurone grains.



خلية اندوسبرم بذرة الخروع يظهر بها حبيبات دهنية وحبيبات الاليرون

وتظهر حبيبة الأليرون تحت الميكروسكوب محاطة بغشاء يوجد بداخله كمية من المواد البروتينية في صورة غير بلورية ينغمس فيها جسم أو أكثر من مواد بروتينية متبلورة أحدهما كبير نسبيا مضلع الشكل ويسمي الجسم البلوري crystalloid ويتكون من مواد بروتينية والأخر صغير ومستدير ويتكون من مواد بروتينية متحدة مع مواد فسفورية يسمي بالجسم الكروي globoid. يمكن التعرف على هذه المكونات حيث تذوب المواد البروتينية غير المتبلورة في الماء البارد تاركة الجسم البلوري والجسم الكروي وتصبغ حبيبات الأليرون باللون الأصفر أو البني اذا عوملت بمحلول اليود وبهذا يمكن تمييزها عن حبيبات النشا.

الزيوت والدهون Oils and Fats

توجد بكثرة في بعض أنواع البذور مثل القطن والخروع والكتان وهي تمثل مواد غذائية مختزنة وتوجد في الخلية على هيئة قطرات في العصير أو البروتوبلازم. وتتكون الزيوت والدهون من أحماض دهنية وجليسرول ويمكن الكشف عنها تحت الميكروسكوب بصباغة الخلية ببعض الصبغات الخاصة حيث تتلون باللون الأحمر.

الأنثوسيانينات Anthocyanin

هي أصباغ توجد ذائبة في العصير الخلوي ويعزي إليها الألوان الزاهية المختلفة التي توجد في بتلات الكثير من الأزهار وبعض الأعضاء النباتية مثل جذور اللفت الأحمر والفجل والبنجر وثمار الكريز والبرقوق وبعض أصناف العنب. وتتراوح ألوانها بين الأحمر والأزرق والأرجواني.

وتظهر الأنثوسيانينات منتشرة داخل الخلية ولا تنفذ من الخلية إلى خارجها إلا عند هدم نفاذية الغشاء البلازمي. فعند وضع جذور البنجر في ماء يغلي فإن الماء يتلون باللون الأحمر نتيجة خروج

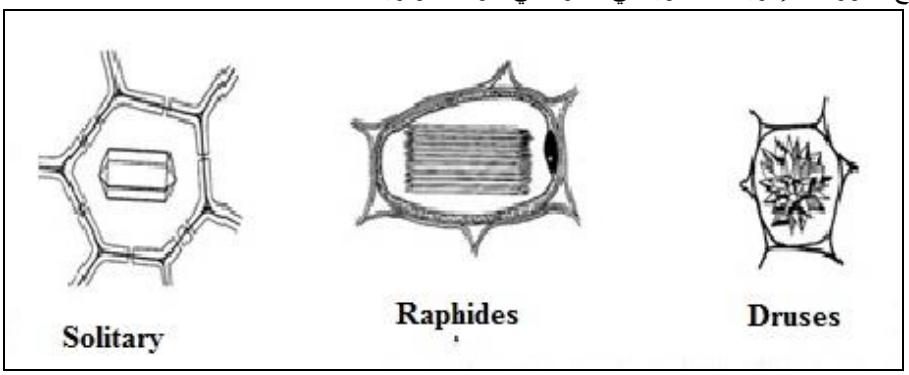
الأنثوسيانينات من الخلية. وتتركب الأنثوسيانينات من اتحاد سكر مع مادة عضوية من المركبات الحلقية تعرف بالأنثوسيانينات ويتغير لون الأنثوسيانينات تبعا لاختلاف الرقم الهيدروجيني للوسط الذي توجد به.

الجليكوسيدات Glycosides

وهي مواد توجد ذائبة في العصير الخلوي وتمثل نواتج ثانوية لعمليات التحول الغذائي ولا تعرف وظيفتها بالنسبة للنبات. وتتركب كيميائيا من مركبات عضوية معقدة تعطي بالتحليل المائي سكرا أحاديا هو الجلوكوز غالبا ومركبات عضوية حلقية. ومن أمثلتها مادة الأميجدالين التي توجد في بذور الخوخ المشمش والبرقوق واللوز. وهي تعطي بالتحليل المائي سكر الجلوكوز والبنزالدهيد. وتعزي الرائحة والطعم المميزين لنوى الخوخ والمشمش إلي وجود مادة البنزالدهيد. وتتحلل الجليكوسيدات بواسطة أنزيمات خاصة ولا يظهر تأثير هذه الأنزيمات إلا عند طحن الخلايا. وهناك بعض الجليكوسيدات التي تعطي بالتحلل المائي حمض الهيدروسيانيك السام مثل التي توجد في أوراق الخوخ وبعض أنواع الذرة الرفيعة.

الأحماض العضوية Organic acids

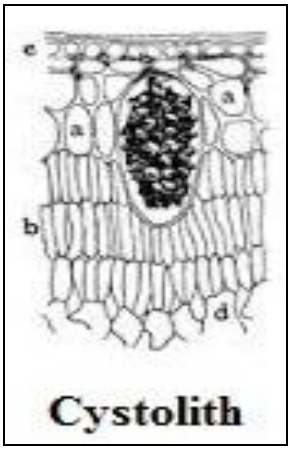
يحتوي العصير الخلوي على أحماض عضوية توجد غالبا في صورة ذائبة تتكون نتيجة عمليات التحول الغذائي مثل حمض الستريك والماليك والطرطريك والأكساليك الذي يوجد في صورة أكسالات الكالسيوم غير الذائبة والتي تظهر في كثير من النباتات في صورة بلورات مختلفة الأشكال. فقد توجد بلورة مفردة solitary معينية الشكل أو مضلعة في الخلية كما في اللبخ أو توجد متجمعة في صورة نجمية druses الشكل كما في ساق التيليا أو في صورة إبرية raphides كالتي توجد في ساق الدراسينا حيث تتجمع البلورات الإبرية المتساوية في الطول في حزمة متوازية.



بلورات أكسالات الكالسيوم (النجمية والابرية والمعينية)

كربونات الكالسيوم
Calcium carbonates

وهي واسعة الانتشار في النباتات وتمثل أحد النواتج الثانوية لعمليات التحول الغذائي وأهم صورها الحويصلة الحجرية Cystolith التي توجد في خلايا بشرة نبات التين المطاط، إذ تترسب بلورات كربونات الكالسيوم حول عنق سليلوزي يتدلي من قمة الخلية التي تكبر في الحجم وتكون جسما عنقوديا كبيرا يملأ فراغ الخلية ويمكن الكشف عن هذه المواد بإضافة حمض الهيدروكلوريك المخفف حيث تذوب الحويصلة ويتصاعد غاز ثاني اكسيد الكربون.



كربونات الكالسيوم (الحويصلة الحجرية)

المواد المخاطية Mucilaginous substances

توجد بالعصير الخلوي في بعض النباتات حيث تعطيه قواما لزجا كما في الأبصال وكثير من النباتات الصحراوية. وهذه المواد لاتذوب في الماء، ولكنها تتشربه لزيادة في الحجم وهي غير قابلة للذوبان في الكحول. والمواد المخاطية عبارة عن مركبات عديدة التسكر يمكن الكشف عنها بواسطة أزرق الميثلين حيث تصطبغ باللون الأزرق.

التانينات Tannins

وهي مجموعة من المركبات ذات تركيب كيميائي معقد والتانينات مواد غير متبلورة تذوب في الماء. ويعتقد أنها مصدر الطاقة التي يستهلكها النبات في عمليات التحول الغذائي. ويعتقد أن التانينات مواد مطهرة تحمي النبات من الحشرات والفطريات الضارة

وتوجد في بعض النباتات مثل أوراق الشاي وهي تعطي العصير الخلوي لونا داكنا. وقد توجد في الجدار الخلوي نفسه ويمكن الكشف عن هذه المواد بواسطة صباغتها بكلوريد الحديديك حيث تعطي لونا أسود مزرقا أو لونا أخضر. ويحتوي قلف البلوط وأبو فروة على نسبة عالية من التانينات قد تصل إلي 40% من الوزن الجاف.

القلويداتAlkaloids

هي مركبات حلقية معقدة تحتوي على النيتروجين وتوجد في كثير من أنواع النباتات ومعظمها يستعمل طبيا في علاج بعض الأمراض. ومن أمثلتها النيكوتين الذي يوجد في التبغ والكيتين في شجر السينكونا والمورفين في ثمار نبات الخشخاش والاتروبين في نبات الاتروبا بلادونا والكافيين في البن والشاي والثيوبرومين في ثمار الكاكاو. وأهمية هذه المركبات بالنسبة للنبات غير معروفة، ولكنها عبارة عن نواتج ثانوية للأيض النيتروجيني بها.

اللبن النباتي Latex

هو إفرازات تتكون في بعض أنواع النباتات تتكون من خليط من المواد الراتنجية والصمغية والكربوهيدراتية وغيرها. وأهميتها للنبات غير معروفة ومن أنواعه ما يستعمل اقتصاديا في صناعة المطاط.

الأنسجة النباتية

Plant tissues

يتكون جسم النبات في النباتات الأولية من خلية واحدة تقوم بكل الوظائف الحيوية، أو من مستعمرة تتكون من عدد من الافراد مجتمعين مع بعضهم، أو من خيط تنتظم فيه الخلايا طوليا. ومع استمرار رقي

وتعقد النبات ظهر مبدأ انقسام العمل الذي يعطي لكل نوع من الخلايا تركيبا خاصا ووظيفة خاصة. وبهذا ظهرت الأنسجة النباتية التي يتكون كل منها من مجموعة من الخلايا التي تتشابه في التركيب والوظيفة.
واستناداً إلى تشابه واختلاف صفات خلايا النسيج تقسم الأنسجة إلى نوعين:

- الأنسجة البسيطة simple tissues وهي الأنسجة المكونة من مجموعة من الخلايا المتشابهة في صفاتها كنسيج البشرة والنسيج البارنشيمي والنسيج الكولنيشيمي.
- الأنسجة المعقدة compound tissues وهي الأنسجة المكونة من أكثر من نوع واحد من الخلايا المختلفة في صفاتها كنسيجي الخشب واللحاء.

النظام النسيجي :tissue system

وهي مجموعة من الأنسجة المتجمعة مع بعضها البعض نتيجة للاستمرار الطوبوغرافي أو التشابه الوظيفي أو كليهما معاً. ويحتوي جسم النبات البالغ في أجزائه ثلاثة أنظمة رئيسية (نسيجية أساسية) هي:

- النظام النسيجي الضام Dermal tissue system
- النظام النسيجي الأساسي Ground tissue system
- النظام النسيجي الوعائي.Vascular tissue system

وهكذا فجسم النبات الراقي يتكون من مجموعة من الأنسجة المختلفة التي ترعي في مجموعها احتياجات النبات ووظائفه.
وتنقسم الأنسجة بشكل عام إلى نوعين رئيسيين

1. أنسجة انشائية (مرستيمية) Meristematic tissues
2. أنسجة دائمة Permanent tissues

الأنسجة الانشائية Meristemtic Tissues

تتميز خلايا هذه الأنسجة بقدرتها على الانقسام وتكوين خلايا جديدة. والخلية الانشائية مكعبة الشكل تقريبا ذات جدر رقيقة، ولا يوجد بينها فراغات بينية. ويملأ السيتوبلازم كل تجويفها أي لا يوجد بها فجوات عصارية واضحة. والنواة فيها كبيرة الحجم نسبيا.
وتنقسم الأنسجة الانشائية إلى نوعين:

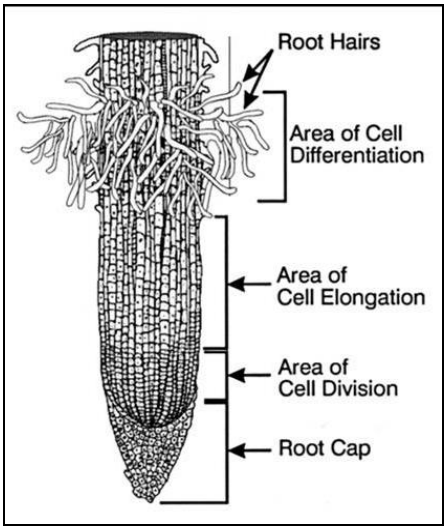
أنسجة انشائية ابتدائية primary meristematic tissues

ويوجد هذا النوع من الأنسجة في القمم النامية للساق والجذر وتسمي في هذه الحالة أنسجة انشائية قمية apical meristems وتوجد كذلك في الجنين ومنشئات الأوراق وبدايات الأزهار. كما توجد أيضا عند قواعد السلاميات في بعض نباتات ذوات الفلقة الواحدة كما في النجيليات وتسمي أنسجة انشائية بينية intercalary meristems ومنها أيضا ما يوجد بين الخشب واللحاء في نباتات ذوات الفلقتين ويسمي بالكمبيوم الحزمي vascular meristems.
وتتميز الأنسجة الانشائية الابتدائية بميزتين رئيسيتين:

1. أنها تنشأ من أصل مرستيمي يسمي بالنسيج الانشائي الاولي
2. أن نشاطها يؤدي إلى تكوين أنسجة دائمة ابتدائية

وعند دراسة القمة النامية للجذر يلاحظ وجود النسيج الانشائي الأولي الذي يتكون من مجموعة من الخلايا الانشائية المتشابهة والتي تشغل منطقة صغيرة في نهاية قمة الجذر، ويؤدي انقسام خلاياه إلي تكوين الأنسجة الانشائية الابتدائية التي تتميز إلي الأنسجة الانشائية التالية:

1. **منشئ البشرة Dermatogen**: ويتكون من طبقة واحدة خارجية من الخلايا الانشائية التي تنقسم لتعطي نسيج البشرة الجذرية
2. **منشئ النسيج الاساسي Periblem:** ويتكون من عدة طبقات من الخلايا الانشائية التي تعطي مستقبلا القشرة والنخاع



قطاع طولي في قمة الجذر

3. **منشئ الاسطوانة الوعائية Plerome:** ويتكون من عدة طبقات من الخلايا الانشائية التي تكون الخشب واللحاء والكمبيوم فيما بعد.

وقد يتميز في بعض الجذور نسيج انشائي رابع هو **منشئ القلنسوة Calyptrogen** ويعطي مستقبلا القلنسوة وفي بعض الجذور قد تنشأ القلنسوة من منشئ البشرة.

وتوجد هذه الأنسجة الانشائية الابتدائية في قمة الساق أيضا فيما عدا منشئ القلنسوة، حيث تتولي وقاية القمة النامية للساق مجموعة من منشئات الأوراق.

أنسجة انشائية ثانوية Secondry meristematic tissues

وتتميز هذه الأنسجة بأنها تنشأ من خلايا دائمة استعادت قدرتها على الانقسام، كما أن نشاطها يؤدي إلي تكوين خلايا دائمة ثانوية ومنها الكمبيوم بين الحزمي الذي ينشأ أثناء عملية التغلظ الثانوي من خلايا الأشعة النخاعية الرئيسية. ويمكن أن يوضع الكمبيوم الحزمي في مجموعة الأنسجة الانشائية الثانوية إذا ظل ساكنا بدون انقسام لفترة طويلة ثم استعاد نشاطه بعد ذلك. ومن هذه الأنسجة أيضا الكمبيوم الفليني الذي قد ينشأ من طبقة البشرة أو القشرة أو البريسيكل.

الأنسجة الدائمة Permanent Tissues

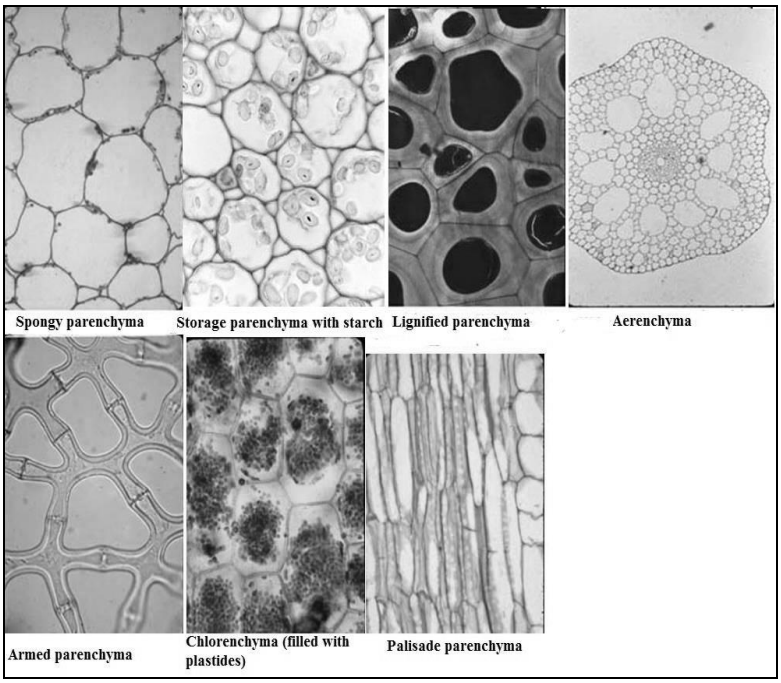
وهي مجموعة من الأنسجة التي فقدت خلاياها القدرة على الانقسام، وأصبحت تؤدي وظائف معينة كالتخزين والتمثيل والتدعيم، والتقوية وتوصيل الغذاء والإفراز. وقد تظل خلاياها حية تحتوي على سيتوبلازم ونواة، أو قد تفقد الحياة ويختفي منها السيتوبلازم والنواة. وتتغلظ جدرها بدرجات متفاوتة علي حسب طبيعة الوظيفة التي تؤديها.

نسيج البارنشيما Parenchyma

وهو أكثر الأنسجة شيوعا في النباتات، فهو يكون الجزء الأكبر من الأجزاء الرخوة كالقشرة والنخاع والنسيج الوسطي في الورقة. وخلايا البشرة إما أن تكون مضلعة، مستديرة، أو بيضية وهذه تسمي

بالبارنشيما الإسفنجية Spongy parenchyma أو تكون مستطيلة متعامدة علي سطح النبات وتسمي بالبارنشيما العمادية Palisade parenchyma أو قد تكون مذرعة Armed parenchyma أو نجمية والبارنشيما الهوائية Aerenchyma. وجدار الخلية البارنشيمية رقيق يتكون أساسا من مادة السليلوز. ووجود الجدار السليلوزي لا يعوق مطالب البروتوبلازم الحي فهو يسمح بنفاذية الماء والأملاح والغازات والضوء ولذلك فإن خلية البارنشيما حية تحتوي على سيتوبلازم ونواة وفجوة أو فجوات عصارية كما تتكون بها مواد مختلفة هي نواتج النشاطات الحيوية كحبيبات النشا والبروتين أو الزيوت والدهون وغيرها. وكقاعدة عامة فإن الفراغات البينية توجد بينها بوفرة.

ويرتبط وجود البارنشيما أساسا بعمليات التغذية والتخزين في النبات. فالبارنشيما التي تحتوي على البلاستيدات الخضراء تسمي الخلايا الكلورنشيمية chlorenchyma وتقوم بتكوين المواد السكرية خلال عملية التمثيل الضوئي. في حين تقوم أنواع اخري من البارنشيما بتخزين الفائض من هذه المواد. وتشارك البارنشيما أيضا في وظيفة تدعيم النبات حينما تكون منتفخة بالماء وهذا يتضح في النباتات العشبية التي تتكون أساسا من البارنشيما والتي يكون جسمها قويا متماسكا إذا كان الماء متوافرا في البيئة التي تحيا فيها، بينما تذبل سريعا حينما تحرم من الماء. وقد يضاف اللجنين إلى جدار الخلية البارنشيمية وتسمي في هذه الحالة بالبارنشيما الملجننة Lignified parenchyma. وهناك أنواع أخري منها هي بارنشيما الخشب واللحاء والأشعة النخاعية.



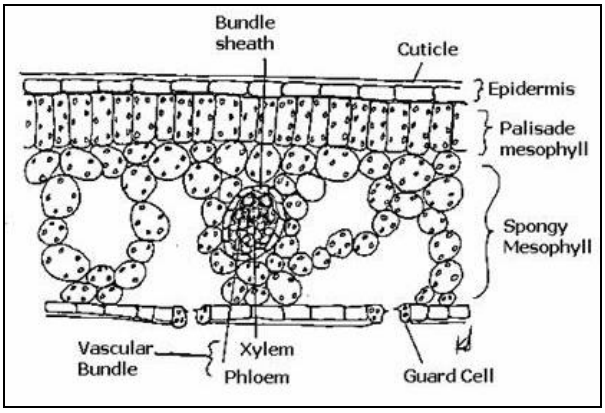
الأشكال المختلفة للخلايا البرانشيمية

ويُثار بعض الجدل حول اعتبار البارنشيما كنسيج مستقل فهي ذات وظائف متعددة كما أنها تنشأ عن أصول مرستيمية مختلفة. وعندما يقارن هذا النسيج بالأنسجة النباتية الأخري فإنه يمكن القول بأن البارنشيما هي نسيج بدائي لأنه لا يتميز بتخصص وظيفي دقيق كالأنسجة الأخري، كما أنه يعتبر من الناحية التطورية الأصل الذي انحدرت منه الأنسجة النباتية الأخري إلا في النباتات الراقية.

نسيج البشرة Epidermis

ويتكون هذا النسيج من طبقة واحدة من الخلايا تغطي سطح النبات كله حينما يكون حديثا. وهي تنشأ من النسيج الانشائي المسمي بمنشئ البشرة. ووظيفة البشرة الأساسية هي حماية النبات من العوامل البيئية وكذلك الاحتفاظ بالماء الموجود بالأنسجة الداخلية. وخلايا البشرة حية متراصة بإحكام إذ ليس بينها مسافات بينية وهي خالية من البلاستيدات فيما عدا الخلايا الحارسة ويستثني من ذلك النباتات المائية والظليلة حيث تحتوي خلايا البشرة فيها على بلاستيدات خضراء.

ويغطي الجدار الخارجي لخلية البشرة بالكيوتيكل (الأدمة) cuticle التي تتميز بعدم نفاذيتها للماء وبهذا تمنع فقد الماء. ويختلف سمك هذه الطبقة باختلاف البيئة فهي سميكة جدا في النباتات الصحراوية حتي أنها تزيد في سمكها علي سمك خلية البشرة نفسها، ورقيقة في النباتات الظليلة أو الوسطية وغير موجودة تماما في الجذور والأجزاء المغمورة من النباتات المائية. وقد تتغطي الكيوتيكل بطبقة شمعية رقيقة كما في النباتات التي تتعرض لضوء شديد أو التي تنمو في بيئة شديدة الجفاف وهذا بالطبع يؤدي إلي زيادة وقاية النبات وحماية محتواه المائي.



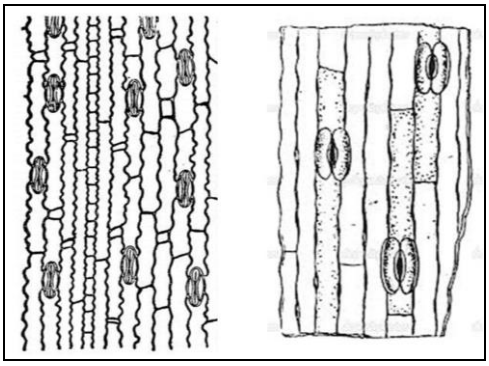
نسيج البشرة في ورقة ذوات الفلقتين

الثغور Stomata

هي فتحات توجد في الأجزاء الخضراء الهوائية وخصوصا الأوراق تقوم بربط الفراغات البينية العديدة الموجودة في الأنسجة الداخلية بالجو الخارجي وهي بهذا تساهم في عملية تبادل الغازات بين أنسجة النباتات والهواء الخارجي. ويحيط بكل ثغر خليتان حارستان guard cells كلويتا الشكل غالبا وتؤدي فتحة الثغر إلى فراغ بيني كبير يعرف بالغرفة تحت ثغرية sub-stomatal cavity، وتتصل هذه الغرفة بالفراغات العديدة بين الخلايا. وقد تحاط الخلايا الحارسة بخلايا خاصة تسمي بالخلايا المساعدة تؤدي دورا مساعدا في عملية فتح وغلق الثغور.

وتختلف الخلايا الحارسة عن خلايا البشرة في صفتين اساسيتين:

1. أنها تحتوي على بلاستيدات خضراء
2. أن جدرها ذات تغليظ غير منتظم، فالجدار البعيد عن فتحة الثغر رقيق نسبيا في حين أن بقية الجدر كلها سميكة وهذا يساعد على أن تغير الخلية الحارسة من شكلها فهي تنكمش أو تنتفخ علي حسب محتواها المائي مما يؤدي في النهاية إلى غلق أو فتح الثغر



خلايا البشرة والخلايا الحارسة في ورقة ذوات الفلقتين وورقة فلقة واحدة

ميكانيكية غلق وفتح الثغر

تحتوي الخلايا الحارسة على الكلورفيل وهي بذلك يمكنها أن تبني المواد السكرية خلال عملية التمثيل الضوئي في وجود الضوء ويؤدي ذلك إلي زيادة تركيز المواد السكرية وزيادة قوة الامتصاص الاسموزية بها وهذا يؤدي إلي انتشار الماء اسموزيا من الخلايا المجاورة إلي الخلايا الحارسة التي تنتفخ بالماء عندئذ. ويؤدي انتفاخ الخلايا الحارسة إلى الضغط علي الجدر الرقيقة البعيدة عن فتحة الثغر فتتمدد إلي الخارج وتشد معها الجدر السميكة الملاصقة لفتحة الثغر بعيدا فينفتح الثغر.

وفي الظلام يتناقص تركيز المواد السكرية في الخلايا الحارسة نتيجة تحول جزء منها إلى نشا واستهلاك الجزء الاخر في عملية التنفس، وهذا يؤدي إلي تناقص قوة الامتصاص الاسموزية، فينتشر الماء اسموزيا منها إلي الخلايا المجاورة فتنكمش وترتخي الجدر الرقيقة وتتقارب الجدر السميكة الملاصقة لفتحة الثغر حتي تلتصق تماما وينغلق الثغر.

توزيع الثغور

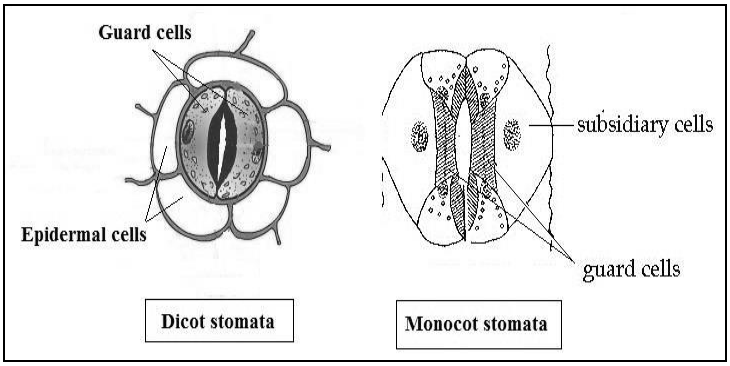
توجد الثغور على كل الأجزاء الهوائية للنبات وخصوصا الأوراق، وهي لا توجد في الجذور أو في الأجزاء المغمورة بالماء. ويختلف عددها علي حسب نوع النبات وكذلك موضع الورقة واتجاهها بالنسبة للضوء، ففي الأوراق التي يتعرض سطحها العلوي للضوء توجد الثغور بوفرة علي السطح السفلي, بينما في الأوراق التي يتعرض سطحيها للشمس يتساوي عدد الثغور علي السطحين. وفي النباتات المائية ذات الأوراق الطافية توجد الثغور على السطح العلوي فقط. ويبين الجدول التالي متوسط عدد الثغور في المليمتر المربع على السطح العلوي والسفلي لبعض أوراق النبات.

اسم النبات	السطح العلوي	السطح السفلي
البسلة	101	216
زنبق الماء الأبيض	460	0
الجوز	0	461
القمح	33	14
عباد الشمس	175	325
الزيتون	0	625
القرع	82	269

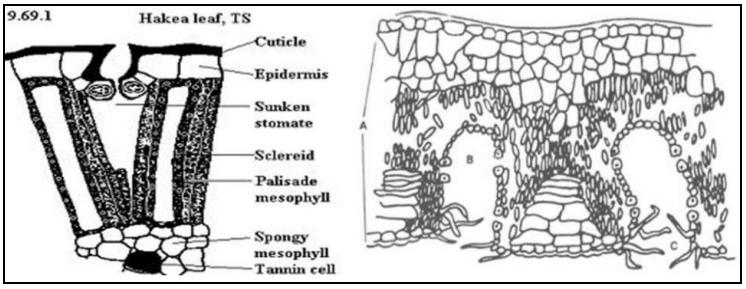
أنواع الثغور

تنقسم الثغور حسب شكل الخلية الحارسة إلى نوعين رئيسيين:

1. النوع العام: وهو الذي يوجد في كل النباتات البذرية فيما عدا العائلة النجيلية والعائلة السعدية وفيه تكون الخلايا الحارسة كلوية الشكل. وقد تكون الخلية الحارسة في مستوي سطح البشرة كما في النباتات الوسطية أو تكون غائرة عن مستوي سطح البشرة وبهذا تتكون فوق فتحة الثغر غرفة هوائية خارجية وهذا النوع يوجد في النباتات الصحراوية. ويساعد ذلك على حماية الثغر من التعرض المباشر للظروف البيئية الجافة كما في ورقة الصنوبر.
2. ثغور العائلة النجيلية: وفي هذا النوع تكون الخلية الحارسة صولجانية الشكل ذات طرفين منتفخين رقيقي الجدر بينما الجزء الوسطي سميك الجدار وتحاط الخليتين الحارستين بخليتين مساعدتين تكونان أصغر حجما من خلايا البشرة. وينفتح الثغر حينما ينفتح الطرفان رقيقا الجدر حيث يؤدي ذلك إلى تباعد الخليتين الحارستين.



الثغر الكلوي (ذوات الفلقتين) والصولجاني (ذوات الفلقة الواحدة)



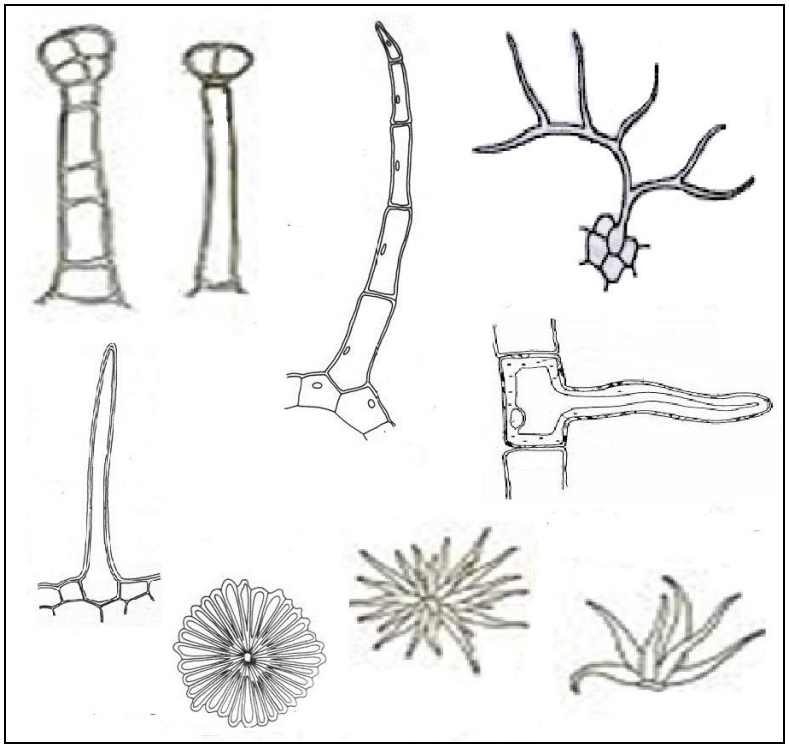
أشكال الثغر الغائر

الشعيرات والزوائد البشرية

تسمي trichomes وهي كلمة من أصل اغريقي ومعناها الشعيرات ويختلف موضع وعمر الشعيرات باختلاف النبات، فقد تغطي سطح النبات كله أو توجد في مواضع محددة، وقد تظل طيلة عمر النبات أو قد تتساقط بعد فترة قصيرة، وقد تظل بعض الشعيرات حية محتوية على البروتوبلازم بينما البعض الاخر يفقد الحياة والبروتوبلازم. وتظهر الزوائد اختلافات واسعة فهي قد تختلف من جنس إلى أخر في نباتات الفصيلة الواحدة وذلك مما يجعلها أساسا لتمييز بعض الفصائل النباتية وبعض الأنواع من النباتات.

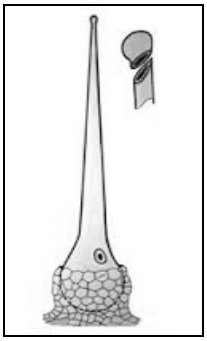
وينقسم تركيب الشعيرات إلى وحيدة الخلية وعديدة الخلايا. والشعيرات وحيدة الخلية قد تكون متفرعة أو غير متفرعة. والشعيرات عديدة الخلايا قد تكون صف واحد أو من صفوف. وقد تتفرع هذه تفرعا شجريا أو توجد الفروع في مستوي واحد لتكون شعيرة نجمية. ومن الأمثلة الشهيرة للزوائد البشرية ألياف

القطن وهي تنشأ من نسيج منشئ البشرة في بويضات القطن ثم تبدأ في النشأة بعد الاخصاب وتستمر استطالتها لمدة 15-20 يوما ليصل طولها إلى حوالي 0.5-2.5 بوصة حسب نوع القطن. وتتميز الليفة بأن جدارها الثانوي سميك ويتكون من سليلوز نقي.



انواع الشعيرات

ومثال اخر للشعيرات هو الشعيرة اللاسعة stinging hair لنبات الحريق. والشعيرة هنا رقيقة جدارها سيليكي عند القمة متكلس عند القاعدة وقاعة الشعيرة منتفخة كمثانة bladder shape تمتد تحت البشرة يفرز فيها سائل لاسع وقمتها منتفخة تنكسر بسهولة عند الضغط عليها تاركة حافة مدببة تنغرز في الجسم الضاغط. ويتسبب الضغط أيضا في اندفاع السائل اللاسع وتفريغه داخل الجسم. وقد ثبت وجود مادتي الهستامين histamine المسببة للحساسية في الانسان وكذلك مادة الاستيل كولين acetyl coline التي تتحكم في العضلات الارادية، في السائل اللاسع.



الشعيرة اللاسعة

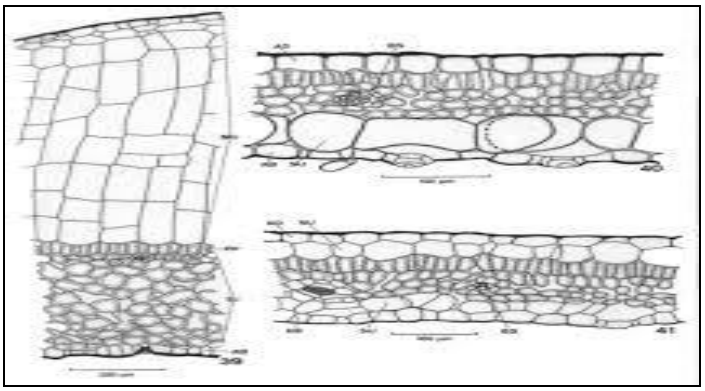
الشعيرات الجذرية Root hairs

تتميز البشرة الجذرية بأنها لا تتزود بكيوتيكل أو ثغور، ولكنها تحمل الشعيرات الجذرية. والشعيرة الجذرية امتداد أنبوبي للجدار الخارجي لخلية البشرة الجذرية. والشعيرة عادة غير متفرعة ويتراوح قطرها ما بين 15-18 ميكرون وطولها ما بين 80-1500 ميكرون. وتتزود الشعيرة بجدار رقيق وفجوة عصارية كبيرة. ويتركب الجدار من طبقة سليلوزية داخلية تتغطي بمادة بكتات الكالسيوم التي تكون في صورة جيلاتينية في الجذور الحديثة.

ويختلف عمر الشعيرات الجذرية من نبات لاخر. ولكن متوسط العمر عادة هو بضعة أيام. وحينما تموت وتتساقط الشعيرات، يتغطى جدار البشرة بمادة السوبرين أو اللجنين. وفي بعض الحالات تعمر الشعيرة إلي بضع سنوات، وفي هذه الحالة يصبح جدارها سميكا، وهو ما يجعل استمرار قيامها بالامتصاص أمرا غير محتمل.

البشرة المركبة

قد يوجد تحت البشرة طبقة أو أكثر من الخلايا التي تختلف مورفولوجيا وفسيولوجيا عن الخلايا المجاورة من النسيج الأساسي. وهذه تسمي بتحت البشرة hypodermis. وتنشأ تحت البشرة إما من منشئ البشرة (أي من أصل واحد مع البشرة نفسها) وفي هذه الحالة تكون مع البشرة ما يسمي بالبشرة المركبة. أو قد تنشأ من الطبقة الخارجية لمنشئ النسيج الأساسي. والواقع أنه لا يمكن في حالة الأعضاء البالغة التمييز بين النوعين إلا إذا تتبعنا النشأة من البداية الأولي. ويصل عدد طبقات البشرة المركبة إلى ما بين 2-16 طبقة من الخلايا وفي العادة تكون خلايا الطبقات الداخلية أكبر حجما من خلايا الطبقة السطحية.



البشرة المركبة

وخلية الحويصلة الحجرية في ورقة التين المطاط هي خلية من خلايا البشرة الخارجية كبرت في الحجم وامتدت إلى الداخل ليصبح سمكها يساوي أو يزيد علي طبقات البشرة المركبة كلها.

نسيج الكولنشيما

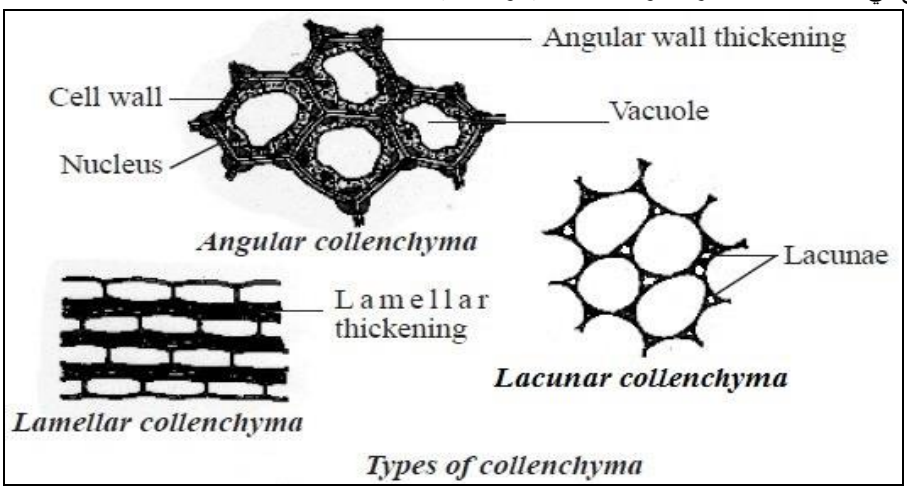
واسمها مأخوذ من كلمة colla ومعناها غراء، حيث يبدو الجدار غليظا لامعا كمادة الغراء. ونسيج الكولنشيما حي يتكون من خلايا مستطيلة ذات جدر سميكة تتغلظ تغليظا غير منتظم بمادة السليلوز. وهي أصلا خلايا دعامية تزيد من صلابة العضو النباتي. ونسيج الكولنشيما من النوع البسيط الذي يتكون من نوع واحد من الخلايا المتشابهة تركيبيا وفسيولوجيا. وهناك تشابه كبير بين البارنشيما والكونشيما مما دعا

المشتغلين بعلم التشريح إلى اعتبارها نوعا من الخلايا البارنشيمية المغلظة فكلاهما فيه البروتوبلازم حي والجدار سليلوزي وكلاهما قد يحتوي علي البلاستيدات الخضراء. والكولنشيما هي النسيج الدعامي في الأجزاء النامية من الأعضاء النباتية. وفي الأجزاء البالغة للنباتات العشبية التي تتغلظ تغليظا ثانويا محدودا أو التي لا يظهر فيها تغليظ ثانوي أبدا. وكذلك توجد في الأوراق البالغة لنباتات ذات الفلقتين. وعموما فإن الكولنشيما غير موجودة في سيقان وأوراق نباتات ذات الفلقة الواحدة التي تتزود بخلايا اسكلرنشيمية من البداية.

وموضع الخلايا الكولنشيمية هو عند حافة الأوراق والسيقان وهي توجد عادة تحت البشرة مباشرة. وفي السيقان الأسطوانية قد توجد الكولنشيما منتشرة تحت البشرة أو توجد في قطع منفصلة وفي السيقان المضلعة كما في نبات القرع والسلفيا تشغل الكولنشيما أركان هذه الاضلاع.

جدار الخلية الكولنشيمية

إن تركيب الجدار في خلية الكولنشيما هو أهم خصائص هذه الخلية. فالتغليظ الجداري فيها غير منتظم كما يختلف من نبات لاخر. ويتكون الجدار من مادة السليلوز وكذلك التغليظ. ويأخذ التغليظ في القطاع العرضي صور مختلفة فقد تكون الخلايا منتظمة ويحدث التغليظ في أركان الخلية عند التقاء أركان الخلايا مع بعضها وتملأ الفراغات البينية بمادة السليلوز ويعرف مثل هذا النوع بالكولنشيما الزاوية (المضلعة) angular collenchyma وتوجد في ساق العنب والتوت والبنجر. وفي نوع أخر يوجد التغليظ أساسا على الجدر المماسية في حين تظل الجدر القطرية غير مغلظة وهذا النوع يسمي كولنشيما صفائحية lamellar collenchyma. وفي نوع ثالث يحدث التغليظ على الجدر المحيطة بالخلايا تاركة بعض الفراغات البينية دون تغليظ ويسمي هذا النوع كولنشيما تجويفية lacunar collenchyma ويوجد هذا النوع في نباتات العائلة المركبة ونباتات السلفيا والخطمية.



الأشكال المختلفة للكولنشيما

الارتباط بين الوظيفة والتركيب في الكولنشيما

تمثل الكولنشيما الخلايا الداعمة في الأعضاء النامية فهي سميكة الجدر ومتراصة تراصا محكما. وظيفة الجدار السليلوزي يسمح باستطالة الجدار دون فقده لقوته الدعامية حيث تضاف طبقات متجاورة جديدة للجدار في حين تستمر استطالته. وهكذا تجمع الخلية الكولنشيمية بين القدرة علي زيادة سمك الجدار ومساحة سطحه. ومن الصفات البارزة للجدار السليلوزي هي الليونة وتعني التغير في الشكل وفي الطول إذا ما

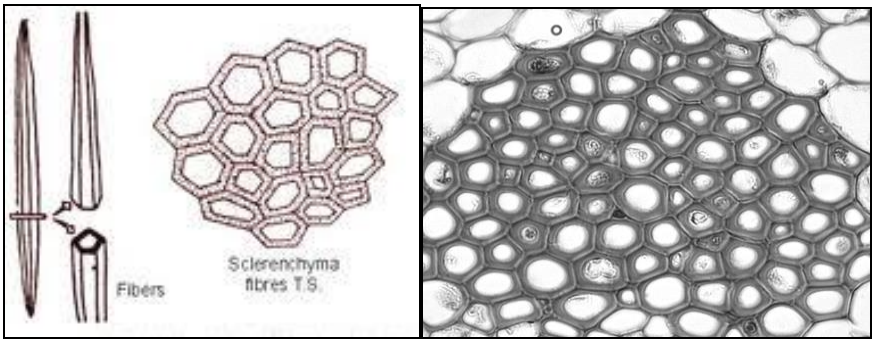
تعرض لشده أو ضغط دون أن يعود إلى سابق حالته إذا زال الضغط أو الشد الواقع عليه. وهذا يفسر وجود الكولنشيما في الأعضاء النامية فليونة الجدار تسمح للخلية بالاستطالة والتشكل لكي تلائم نمو العضو النباتي.

نسيج اسكلرنشيما Sclerenchyma

وهو نوع أخر من أنسجة التدعيم وخلايا هذا النسيج تمتاز بجدرها الصلبة الملجننة والتي تحتوي على نسبة ضئيلة من الماء وعند تمام النضج تكون الخلايا غالبا خالية من البروتوبلاست (خلايا ميتة). وكلمة sclar تعني صلب أو متحجر للدلالة على كون خلايا هذا النسيج ذات جدر صلبة متينة. وخلية الاسكلرنشيما سميكة الجدار ومادة التغليظ هي اللجنين. وتختلف خلية اسكلرنشيما عن الكولنشيما بالصلابة والمرونة وتظهر خلايا الاسكلرنشيما اختلافا كبيرا في الشكل والتركيب والنشأة ويمكن تقسيمها إلى نوعين: الألياف والخلايا الحجرية.

الألياف Fibers

توجد الألياف مبعثرة أو في قطع منفصلة أو حلقات كاملة في القشرة وفي أغماد الحزم وفي الخشب واللحاء. وهي على وجه العموم تأخذ تنظيما معينا في أنسجة العضو النباتي يختلف باختلاف النبات. ففي نباتات ذوات الفلقة الواحدة تنتظم الألياف في حلقة تحت البشرة كما تكون أغماد الحزم في سيقان وأوراق هذه النباتات. وفي نباتات ذوات الفلقتين فقد توجد الألياف عند قمة اللحاء مكونة ألياف البريسيكل أو تنتشر بين اللحاء الابتدائي والثانوي وتسمي ألياف اللحاء. وفي بعض نباتات ذوات الفلقتين تكون الألياف حلقة كاملة إما أن تكون ملاصقة تماما للحزم كما في البلارجونيوم أو منفصلة عنها بطبقة برانشيمية كما في القرع. وتنتشر الألياف أيضا في الخشب الابتدائي والثانوي وتسمي ألياف الخشب. والألياف خلايا مستطيلة مدببة الأطراف ذات شكل مغزلي مما يساعدها على أن تتجمع وتتراص مع بعضها في حزم قوية متينة. وجدرها على وجه العموم ملجننة ذات تغليظ لجنيني منتظم قد توجد به نقر بسيطة. وفي بعض الحالات القليلة يكون التغليظ سليلوزيا كألياف الكتان ومتوسط الطول في الألياف يتراوح بين 1-2 مم وقد يصل إلي 40 مم كألياف الكتان. وتظهر الألياف في القطاع العرضي عديدة الأضلاع بينما في الحالات التي تتبعثر فيها البرانشيما تظهر مستديرة.



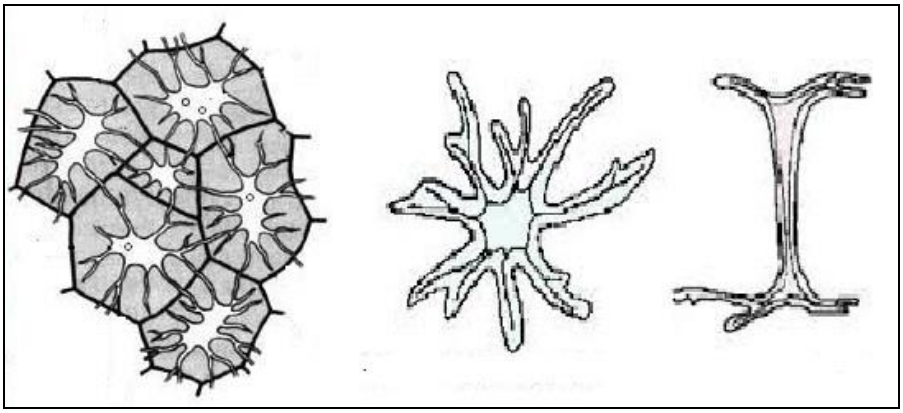
الألياف

الخلايا الحجرية Sclereids

تختلف عن الألياف في الشكل والنشأة. فهي قصيرة ذات أطراف مستديرة كما أنها أسمك جدرا من الألياف. وتنشأ الخلايا الحجرية من أصل برانشيمي بينما تنشأ الألياف من أصل مرستيمي. وتوجد الخلايا الحجرية في القشرة واللحاء وأغلفة بذور بعض البقوليات وفي الجدار الخشبي لثمرة البندق كما توجد في ثمار التفاح والكمثري والجوافة في تجمعات بها خلايا بارنشيمية. وفي هذه الحالة يكون الجدار سميكا جدا

وتجويف الخلية ضيقا جدا إذا ما قورن بحجم الخلية ويخترق الجدار نقر تبدو كقنوات متفرعة تسمي بالنقر المتفرعة.

وتتباين الخلايا الحجرية في أشكالها فمنها المستدير والأسطواني والمتفرع ومنها أيضا عظمي الشكل كما في ورقة الهاكيا كما توجد متجمعة أو مبعثرة ويتغلظ فيها الجدار باللجنين الذي يترسب في طبقات عديدة. وتغلظ الجدار يعطي النسيج الذي توجد به الخلايا الحجرية قوة وصلابة.



الخلايا الحجرية

نسيج الخشب Xylem

يتولي هذا النسيج نقل الماء والأملاح من الجذر إلى الساق والأوراق، وهو نسيج مركب مكون من عناصر تختلف في التركيب والوظيفة هي الأوعية أو القصيبات وألياف الخشب وبارنشيما الخشب.

1. الأوعية Vessels:

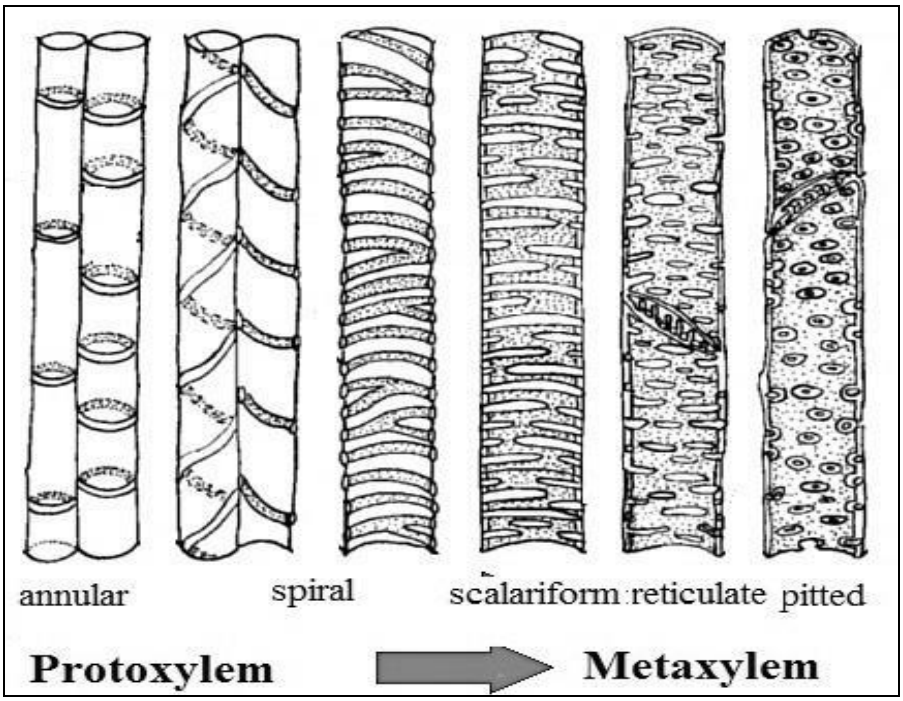
عبارة عن قنوات طويلة تنشأ من التحام طولي لعدد كبير من الخلايا الانشائية ذابت الجدر المستعرضة الفاصلة بينها. والأوعية وحدات تشريحية ميتة خالية من المحتويات الحية. وهي توجد في نباتات مغطاة البذور وغير موجودة – باستثناء حالات نادرة – في معراة البذور والنباتات التريدية. ولأن جدرها مغلظة تغليظا لجنينيا قويا فهي مع القصيبات تشترك في تقوية النبات وتدعيمه بالإضافة إلى ما تقوم به من توصيل الغذاء وهذا ما يسمي بالازدواج الوظيفي.

وتتميز الأوعية إلى عدة أنواع تختلف فيما بينها باختلاف طريقة التغليظ فيها. فقد يترسب اللجنين على شكل حلقات منفصلة على طول السطح الداخلي للجدار السليلوزي الأصلي للخلية. والوعاء هنا يسمي بالوعاء الحلقي annular. وفي الوعاء الحلزوني spiral يترسب اللجنين في صورة حلزونية. وفي بعض الحالات يوجد هذان النوعان من التغليظ في نفس الوعاء الواحد. وتوجد هذه العناصر الحلزونية والحلقية في الخشب الأول الذي يتكون حينما يكون العضو النباتي أخذا في النمو والاستطالة. واللجنين في هاتين الصورتين يسمح للوعاء بأن ينمو كي يجاري نمو العضو النباتي.

وفي الأجزاء التي توقف نموها الطولي يبدأ النبات في تكوين الأنواع الأخري من الأوعية فتتكون الأوعية الشبكية reticulate ويترسب اللجنين في هذه الحالة في صورة شبكة غير منتظمة على السطح الداخلي للجدار الأصلي. وأخيرا يظهر النوع المنقر وفي هذا النوع يترسب اللجنين على الجدار كله ماعدا مناطق صغيرة وعديدة تظل غير مغلظة وهذه تسمي النقر. وتبدو النقر في المنظر السطحي كفتحات صغيرة أو نقط ضيقة. والنقر إما أن تكون بسيطة أو مصفوفة. وقد تستطيل النقر في بعض الحالات في اتجاه

مستعرض وتترتب فوق بعضها. وبذلك يصبح اللجنين الموجود بينها على شكل حواجز تشبه حواجز السلم، ولهذا يسمي الوعاء بالسلمي المنقر pitted scalariform vessel.

وتختلف طول الأوعية الخشبية باختلاف النبات، فطولها في المتوسط حوالي 10 سنتيمرات وقد يصل في بعض النباتات إلى بضعة أمتار.



أنواع الأوعية الخشبية في القطاع الطولي

2. القصيبات tracheids:

وهي تشبه الأوعية في كل صفاتها التشريحية فيما عدا أنها نشأت من خلية كمبيومية واحدة. والجدر الفاصلة تبدو في القطاع الطولي مائلة مما يجعلها تبدو ذات أطراف مدببة نسبيا. وتوجد القصيبات في نباتات مغطاة البذور كما تكون العنصر الأساسي للخشب في معراة البذور والتريديات. وهي خلايا ميتة خالية تماما من السيتوبلازم والنواة والجدار ملجنن. ويترسب اللجنين على سطحه الداخلي بنفس الصور التي شاهدناها من قبل في حالة الأوعية. وهكذا توجد القصيبات الحلقية والحلزونية في الخشب الأول كما توجد القصيبات الشبكية والمنقرة والسلمية في الخشب التالي.

3. ألياف الخشب xylem fibers:

وهي كما سبق وصفها في النسيج الاسكلرنشيمي، خلايا ميتة يترسب على جدرها اللجنين في صورة منتظمة فيما عدا مناطق ضيقة صغيرة هي النقر التي تبدو هنا مائلة وبسيطة. وفي كثير من النباتات كما في نبات العنب يظهر بداخل الليفة حواجز سليولوزية تقسم تجويفها إلى حجرات منفصلة. ووظيفة الألياف هنا دعامية بحتة وليس لها علاقة بالتوصيل.

4. برانشيما الخشب xylem parenchyma:

خلايا حية مستطيلة تبدو مضلعة في القطاع العرضي وليس بينها مسافات بينية. والجدار سليلوزي رقيق في برانشيما الخشب الابتدائي بينما البرانشيما الموجودة في الخشب الثانوي جدارها غليظ نسبيا وملجنن. والجدار عموما منقر بنقر بسيطة. وتوجد بارنشيما الخشب في كل النباتات ما عدا الخشب الثانوي فقط في النباتات الصنوبرية. ووظيفة البرانشيما هي تخزين المواد الغذائية كالنشا هذا إلى جانب اشتراكها مع العناصر الخشبية الأخري في توصيل العصارة.

علاقة التركيب بالوظيفة

يتولي الخشب توصيل العصارة غير المجهزة من الجذر إلى الأوراق وهي تتكون من الماء مذابا فيه بعض الأملاح ذات الأهمية لحياة النبات. وحجم هذه العصارة كبير جدا إذا ما قورن بالعصارة الناضجة التي تتكون في الأوراق. ولهذا فعناصر التوصيل في الخشب يجب أن تكون واسعة ذات أقطار كبيرة حتى يمكنها توصيل الحجم الكبير من الغذاء. واتجاه تيار التوصيل هنا مضاد لجاذبية الأرض. والتيار الصاعد يبذل ضغطا شديدا على جدر عناصر التوصيل التي لابد أن تتزود بجدار مغلظ لكي تواجه الضغط الناشئ عليها.

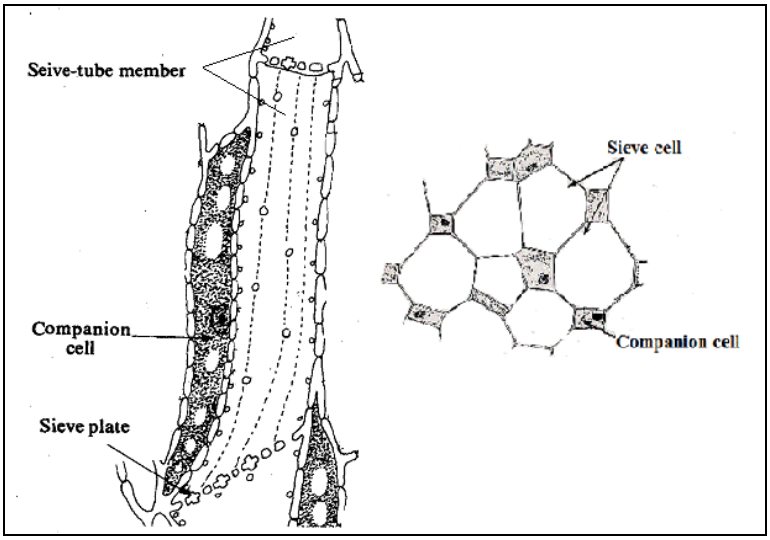
نسيج اللحاء Phloem tissue

يقوم هذا النسيج بنقل العصارة المجهزة من الأوراق إلى بقية أجزاء النبات. ويتكون من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وبرانشيما لحاء وألياف لحاء وهو من هذا الجانب يعتبر نسيجا مركبا.

1. **الأنابيب الغربالية Sieve tubes:**

عبارة عن صف من خلايا مستطيلة ذات جدر سليلوزية رقيقة تترتب فوق بعضها طوليا. والجدر الفاصلة سميكة نسبيا، ولكنها مثقبة على شكل غربال. ويسمي هذا الجدار المثقب بالحاجز الغربالي sieve plate. وقد يكون الجدار الفاصل مائلا ويحمل عدة غرابيل ويسمي في هذه الحالة بالحاجز الغربالي المركب compound sieve plate كما في حالة العنب. وقد توجد الغرابيل على الجدر الجانبية القطرية التي تفصل بين الأنابيب الغربالية المختلفة كما في حالة نبات الصنوبر. ويوجد داخل كل خلية طبقة من السيتوبلازم لا توجد به نواة. ويحتوي هذا السيتوبلازم على حبيبات دقيقة من النشا وقليل من البلاستيدات عديمة اللون. والسيتوبلازم متصل مع بعضه خلال ثقوب الغربال. وبالإضافة إلى السيتوبلازم تحتوي الأنبوبة الغربالية على عصير مائي قلوي غني بالمواد البروتينية والكربوهيدراتية والأملاح غير العضوية.

وتقوم الأنابيب الغربالية بنقل العصارة المجهزة خلال فترة النشاط الخضري للنبات وتقف هذه العملية خلال فصل الخريف حيث يتغطي الحاجز الغربالي من الجانبين بطبقة من الكالس. وتذوب هذه المادة في فصل النشاط المقبل لتستعيد الأنبوبة الغربالية قدرتها على التوصيل. وقد يأتي فصل النشاط المقبل دون أن يختفي الكالس وهذا معناه أن الأنبوبة قد فقدت نشاطها التوصيلي إلى الأبد. وتصطبغ مادة الكالس باللون الأزرق الفاتح إذا عوملت بأزرق الأنيلين.



الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة في نسيج اللحاء

2. الخلايا المرافقة Companion cells:

وتسمي هكذا لأنها ترافق تماما الأنابيب الغربالية حيث إنهما ينشأن من أصل واحد. وهي خلايا حية غنية بالبروتوبلاست ويوجد بكل منها نواة والجدار السليلوزي رقيق ويوجد به نقر بسيطة تصل بينها وبين الأنابيب الغربالية. وتنشأ خلية الأنبوبة الغربالية والخلية المرافقة من خلية واحدة تنقسم إلى قسمين غير متساويين. القسم الأكبر يكون خلية الأنبوبة الغربالية والقسم الأصغر يكون الخلية المرافقة. وقد تنقسم الخلية الأم إلى أكثر من قسمين وفي هذه الحالة يكون للأنبوية الغربالية أكثر من خلية مرافقة. وتوجد الخلايا المرافقة في لحاء مغطاة البذور فقط ولاتوجد في معراة البذور أو التريديات.

3. برانشيما اللحاء Phloem parenchyma:

وهي تشبه إلى حد كبير برانشيما الخشب، فهي حية وجدارها سليلوزي توجد به نقر بسيطة وتقوم باختزان المواد الغذائية العضوية. وقد يضاف إلى جدارها اللجنين وهذا يحدث في اللحاء الثانوي القديم. وتوجد برانشيما اللحاء في كل النباتات الوعائية فيما عدا النباتات ذات الفلقة الواحدة.

4. ألياف اللحاء Phloem fibers:

توجد باللحاء الابتدائي واللحاء الثانوي ووظيفتها دعامية بحتة وليس لها أي صلة بعملية التوصيل وهي لا تختلف أبدا عن ألياف الخشب إلا في موقعها.

علاقة التركيب بالوظيفة

يتولي اللحاء نقل العصارة المجهزة من الأوراق إلى بقية أجزاء النبات وحجم هذه العصارة قليل ومن هنا فإن قطر عناصر التوصيل وهي الأنابيب الغربالية يكون صغيرا إذا ما قورن بالأوعية الخشبية. واتجاه تيار التوصيل مع اتجاه جاذبية الأرض ولهذا فالتيار الهابط لا يبذل ضغطا على الجدار الذي يكون في هذه الحالة رقيقا سليلوزيا ثم أن وجود الحواجز الغربالية يساعد على انتقال الغذاء من خلية إلي أخري، ولكنه في نفس الوقت يعمل علي ابطاء وتهدئة تيار التوصيل الهابط حتي يمكن أن تجد الأجزاء المختلفة من جسم النبات احتياجاتها من العصارة الناضجة.

النسيج الافرازي Secretory tissue

يتكون هذا الجهاز من غدد تفرز مواد مختلفة التركيب والوظيفة. وتنقسم هذه الغدد إلى غدد خارجية تتكون على سطح النبات وغدد داخلية تتكون داخله.

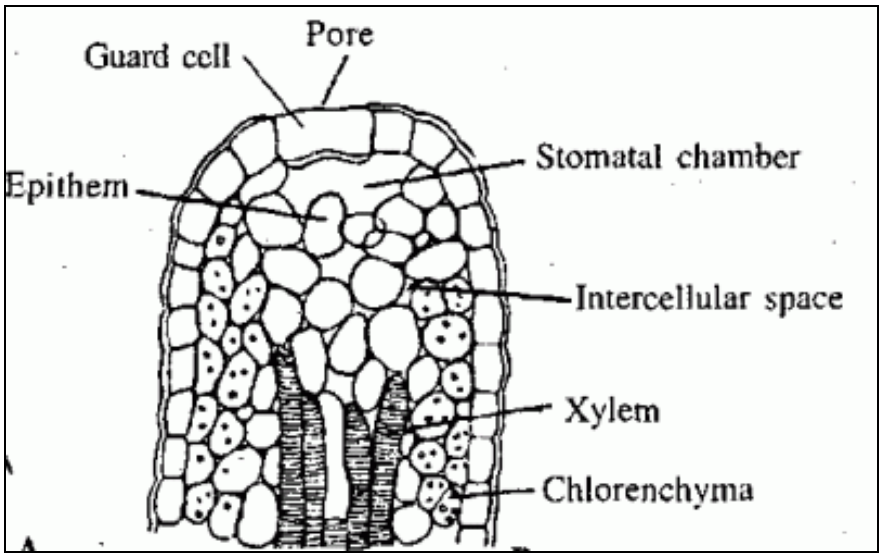
الغدد الخارجية External glands:

ومن أمثلتها:

الغدد الرحيقية nectaries التي توجد في عدد كبير من أنواع الأزهار، وتفرز رحيقا سكريا يجذب الحشرات إليه لتقوم بنقل حبوب اللقاح وهناك الخلايا الإفرازية الموجودة على سطح بتلات الأزهار ذات الرائحة العطرة. وهي عبارة عن خلايا البشرة امتدت جدرها الخارجية لتكون بروزات أنبوبية تزيد من مساحة السطح المفرز للمواد العطرية الطيارة.

الغدد الهاضمة digestive glands الموجودة بالنباتات آكلة الحشرات. فمثلا في حالة نبات الدروسيرا Drosera توجد أذرع كثيرة على سطح نصل الورقة تنتهي بانتفاخات تفرز مادة لزجة تمسك جسم الحشرة عند تلامسها معها. وتفرز هذه الانتفاخات أيضا انزيمات هاضمة تتقوم بتحليل وهضم جسم الحشرة المصادة. وهناك أمثلة أخري من النباتات أكلة الحشرات مثل نبنثس Nepenthes, وديونيا Dionaea وغيرها.

الثغور المائية Hydathodes: توجد في حواف أوراق نباتات أبو خنجر، الطماطم، الشعير، الذرة. وتتكون كمبدأ عام في النباتات التي تنمو في جو حار مشبع بالرطوبة حيث تساعد الحرارة على سرعة امتصاص الماء، ولكن الرطوبة العالية تحول دون التخلص من الماء الفائض بواسطة عملية النتح، ولهذا يصبح النبات متخما بالماء مما يدعو الحاجة إلى تكوين هذه الثغور المائية.

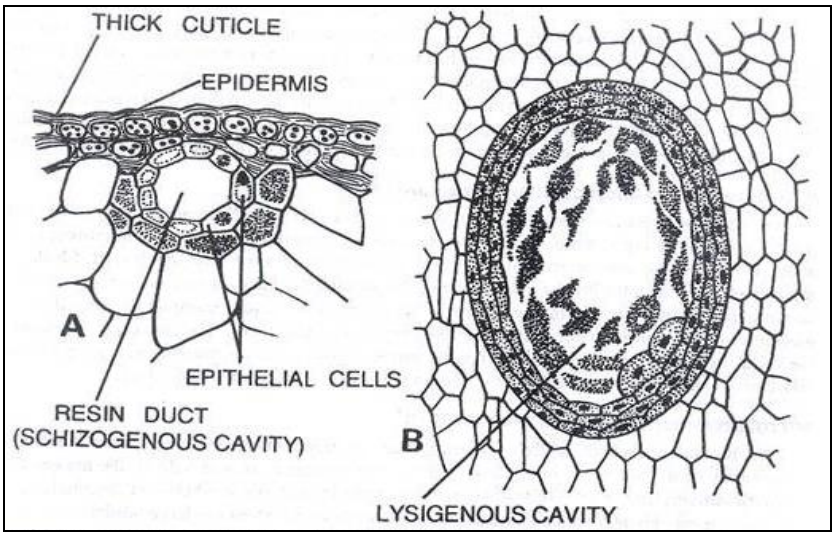


تركيب الثغر المائي

ويتكون الثغر المائي من فتحة الثغر تحيط بها خليتان حارستان. وهذا الثغر ليس له القدرة علي الفتح والغلق كما يحدث في الثغور العادية فهو مفتوح دائما. وتحت هذه الفتحة توجد خلايا بارنشيمية ذات مسافات بينية واسعة تسمي بالخلايا الطلائية تقوم بإفراز الماء الفائض وطرده خلال فتحة الثغر. ويساعدها على ذلك أنها تلاصق نهايات الاوعية الخشبية للورقة. وتسمي عملية فقد الماء بهذه الصورة بالإدماع

Guttation. وتختلف هذه العملية عن النتح في أن الماء المفقود هنا يكون في صورة سائلة وليست غازية كما أنه ليس نقيا، ولكنه يذوب فيه عدد من الأملاح المعدنية.

الغدد الداخلية Internal ducts: وهذه إما أن تنشأ بانقراض بعض الخلايا تاركة فراغا كرويا يحاط ببقايا ممزقة من الخلايا. وتسمي هذه بالغدد الانقراضية Lysigenous ducts. وأفضل مثال لها هو الغدد الموجودة في أغلفة ثمار الموالح. أو تنشأ الغدد من انفصال الخلايا عن بعضها البعض ثم انقسامها لتكون طبقة طلائية منتظمة تحيط بتجويف الغدة التي تسمي بالغدة الانفصالية Schizogenous ducts. وتبدأ هذه الغدة كروية، ولكنها تمتد بعد ذلك وتستطيل لتكون قنوات طويلة تنتشر في جسم النبات كتلك التي توجد في نبات الصنوبر. وتفرز الغدد الانفصالية زيوتا طيارة ومواد راتنجية أو مخاطية.



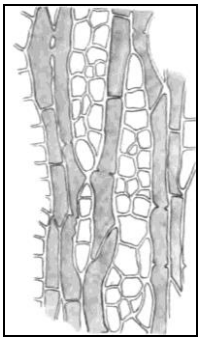
الغدة الانقراضية والانفصالية

الغدد اللبنية laticiferous ducts

هي أيضا غدد داخلية تفرز سائلا أبيض اللون غالبا يسمي باللبن النباتي. وهناك نوعان من هذه الغدد. نوع ينشأ من اتحاد طولي لعدد كبير من الخلايا تذوب جدرها المستعرضة الفاصلة بينها لتكون قنوات طويلة. وتسمي هذه بالأوعية اللبنية latex vessels وهي إما أن تكون متفرعة وتلتقي فروع الأوعية المختلفة وتتشابك لتكون ما يشبه الشبكة كما في الخس والخشخاش. أو أن تكون غير متفرعة كما في الموز والعليق. والنوع الثاني هو الخلايا اللبنية latex cells وهي تنشأ من خلية واحدة تستطيل وتمتد داخل جسم النبات. وقد تتفرع وتتشعب لتنتشر داخل الأعضاء المختلفة. وهي إن كانت قد نشأت من خلية واحدة إلا أن السيتوبلازم فيها يحتوي على عدد كبير من الأنوية التي نشأت بانقسام النواة الأصلية للخلية ولذلك فهي تمثل ما يسمي بالمدمج الخلوي.

وتوجد الخلايا اللبنية في كثير من النباتات كالدفلة وبنت القنصل. واللبن النباتي يختلف في لونه باختلاف النبات فهو يبدو أحيانا كسائل مائي كما في الموز، وأحيانا أخري يكون برتقالي اللون. ولكن اللون الغالب في معظم الأحيان هو اللون الأبيض.

ويتكون اللبن النباتي من الماء الذي يحتوي على مواد مختلفة إما أن تكون ذائبة فيه أو معلقة. وبعض هذه المواد ذات أهمية اقتصادية. فالأفيون عبارة عن اللبن النباتي المجفف لنبات الخشخاش. والكاوتشوك يصنع من اللبن النباتي المستخرج من نبات الهيفيا البرازيلي.

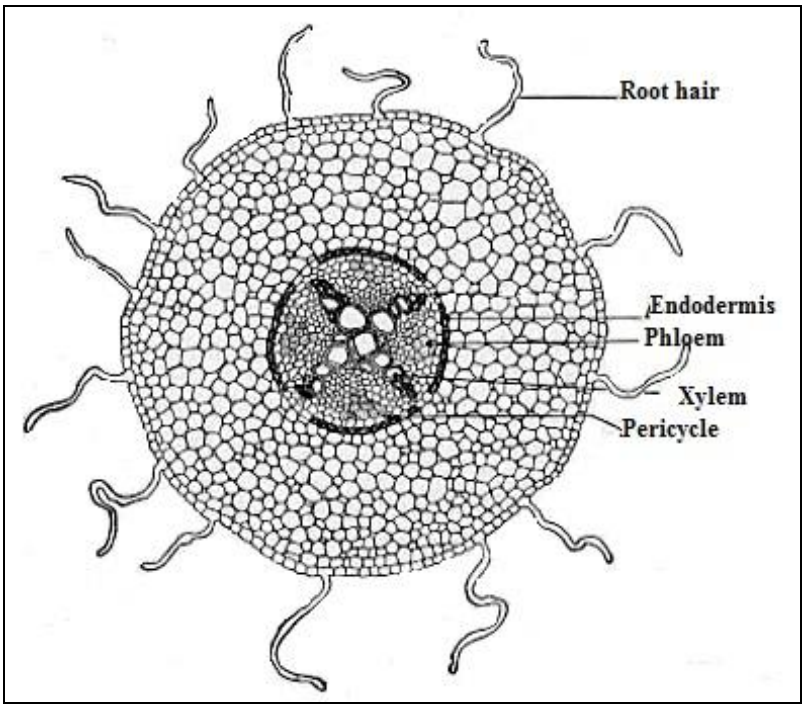


الاوعية اللبنية

التركيب التشريحي للأعضاء النباتية

التركيب التشريحي للجذر الحديث
Anatomy of young root

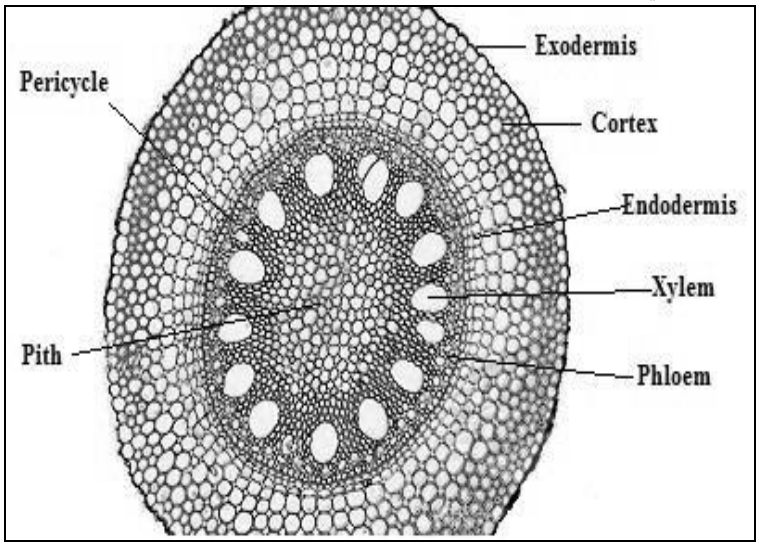
ويمكن دراسة التركيب التشريحي للجذر الحديث بعمل قطاع مستعرض حيث يمكن التعرف على ثلاث مناطق مختلفة هي **الطبقة الوبرية والقشرة والاسطوانة الوعائية**.



قطاع عرضي في جذر حديث من ذوات الفلقتين

الطبقة الوبرية Piliferous layer:

وهي عبارة عن صف واحد من الخلايا تغلف الجذر وتتزود بشعيرات دقيقة هي امتدادات أنبوبية لخلايا الطبقة الوبرية. والتي تتمزق باستمرار عندما تصبح مسنة وذلك كلما بعدنا عن منطقة الامتصاص. وخلايا الطبقة الوبرية رقيقة الجدر تحتوي على فجوة عصارية كبيرة ويبطن السيتوبلازم جدرها. ولا تنشأ الشعيرات الجذرية إلا من بعض خلايا معينة من الطبقة الوبرية. ويتراوح طولها بين أقل من المليمتر إلي حوالي سنتيمتر. ويبطن جدار الشعيرة الجذرية من الداخل طبقة من السيتوبلازم حيث تتزود هي الأخري بفجوة عصارية. وتنمو الشعيرة في اتجاه افقي إذا نشأت عارية في الهواء الرطب وذلك عندما يستنبت الجذير على سطح رطب، أما في التربة فإنها تكون منثنية نوعا ما.



قطاع عرضي في جذر حديث من ذوات الفلقة الواحدة

وعندما تتمزق الطبقة الوبرية تحل محلها – في حماية الأنسجة الداخلية – الطبقة الخارجية لمنطقة القشرة والتي تتسوبر جدر خلاياها وتعرف بالبشرة الخارجية او الإكسوديرم exodermis. وهي توجد غالبا في نباتات الفلقة الواحدة وخلايا هذه الطبقة أصغر حجما من خلايا القشرة وتتميز جدرها بلون بني داكن.

القشرة Cortex:

هي مجموعة من الطبقات تلي الطبقة الوبرية. والقشرة في الجذر الحديث تبدو عريضة قد يبلغ سمكها قدر الاسطوانة الوعائية عدة مرات. وتتكون من خلايا برانشيمية بينها فراغات بينية واضحة وتنتهي إلى الداخل بطبقة الاندودرميس endodermis التي تعتبر اخر طبقة داخلية من خلايا القشرة وهي خلايا متراصة ليس بينها فراغات. وتتغلظ جدر خلايا الإندودرمس بطريقة مميزة فقد يتغلظ الجدار الداخلي وكذلك الجدار القطري أو قد تتغلظ جميع الجدر بمادة السيوبرين أو قد يأخذ التغليظ شكل شريط مسوبر علي السطح الداخلي للجدارين القطري والداخلي، ويسمي هذا الشريط بشريط كسبار casparian strip. وفي حالة تسوبر جدر خلايا الاندودرميس تترك خلايا دون تسوبر في مواجهة الخشب الأول وتسمي بخلايا المرور passage cells تسمح بمرور الماء من خلايا القشرة إلى الأسطوانة الوعائية. وتتحكم بذلك خلايا الاندودرميس في مرور الماء من القشرة إلى الأسطوانة الوعائية كما أن سوبرة جدر هذه الخلايا تزيد من قوة وصلابة الجذر.

الأسطوانة الوعائية Vascular cylinder:

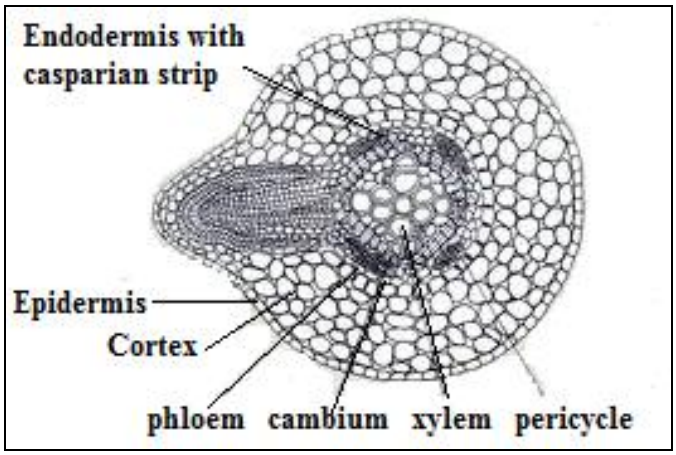
تلي طبقة الاندودرمس من الداخل مباشرة منطقة ضيقة عبارة عن طبقة واحدة أو أكثر من خلايا برانشيمية هي منطقة البريسيكل pericycle. وأهمية طبقة البريسيكل هي أن الجذور الثانوية secondary roots تنشأ منها.

ويوجد الخشب الابتدائي واللحاء الابتدائي على أنصاف أقطار متبادلة وتعرف الحزم في هذه الحالة بالحزم القطرية radial bundles. ويتراوح عدد الحزم الوعائية من 2-8 في نباتات ذوات الفلقتين، أما في ذوات الفلقة الواحدة فإن هذا العدد يزيد علي ذلك. ويتركب الخشب من البروتوزيلم protoxylem (الخشب الأول) إلى الخارج والميتازيلم metaxylem (الخشب التالي) إلي الداخل. ولهذا فالحزمة الوعائية خارجية الخشب الأول. ويتكون اللحاء من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وبرانشيما اللحاء (برانشيما اللحاء غير موجودة في ذوات الفلقة الواحدة). ويفصل مجموعات اللحاء عن أذرع الخشب صف أو أكثر من خلايا برانشيمية. ويحتل النخاع pith مركز الجذر وهو منطقة ضيقة تتكون من خلايا برانشيمية وقد يتلاقي الخشب التالي لجميع الحزم وتلتحم في مركز الجذر مما يؤدي إلى اختفاء النخاع تماما. وعموما فالنخاع أوسع في جذور ذوات الفلقة الواحدة عنه في جذور ذوات الفلقتين.

تكوين الجذور الجانبية (الثانوية)

من أحد الخصائص التي تميز الجذور عن السيقان هي طريقة تكوين زوائد المحور الجانبية. ففي السيقان تتكون بدايات الفروع في المرستيم القمي (القمة النامية) حسب نظام معين. أما في الجذور فلا تتكون فروع من أي مرستيم قمي. وعندما تتكون الجذور الجانبية فإنها تنشأ من أنسجة مرستيمية نسبيا وبدون نظام محدد بالنسبة لبعضها. وتتكون بصورة وفيرة في المنطقة التي تلي منطقة الشعيرات الجذرية مباشرة. والجذور الجانبية داخلية النشأة بمعني أن الأصل المرستيمي لها ينشأ من الأنسجة الداخلية للجذر الاصلي. وتنشأ مرستيمات هذه الجذور في مغطاة البذور وعاريات البذور من البريسيكل المقابل لأذرع الخشب عندما يوجد ثلاثة أو أكثر من هذه الأذرع أو متبادلة معها في الجذور ثنائية الأذرع.

وعند تكوين جذر ثانوي تصبح خلايا البريسيكل مرستيمية وتنقسم انقساما مماسيا تليها انقسامات متتالية في أي مستوي. وعلي ذلك تتكون بسرعة منطقة نمو محددة بما فيها من بدايات خلوية وقلنسوة وتراكيب أخري مميزة. وتضغط هذه المنطقة على نسيج القشرة والبشرة التي سرعان ما تتمزق ويشق الجذر طريقه للخارج ميكانيكيا وقد تفرز قمة الجذر الجانبي إنزيمات تساعد على تحلل أنسجة القشرة.



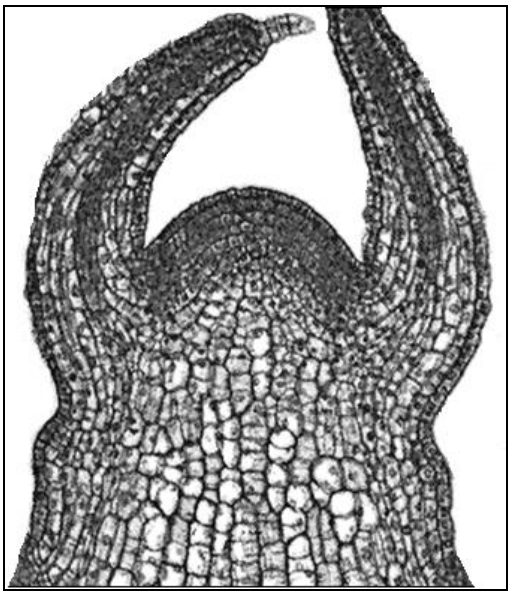
نشأة الجذر الثانوي من البريسيكل

التركيب التشريحي للساق

نمو الساق

سبق أن ذكرنا أن عملية النمو تحدث نتيجة نشاط خلايا مرستيمية توجد في القمم النامية للجذر والساق وفي الكمبيوم الحزمي. ويوجد مرستيم قمة الساق في جميع قمم السيقان بما في ذلك البراعم الساكنة. وكذلك يوجد الكمبيوم الحزمي في سيقان نباتات ذوات الفلقتين ومعراة البذور. ويلاحظ وجود مرستيمات بينية في سيقان نباتات ذوات الفلقة الواحدة. وتوجد غالبا فوق العقد مباشرة. وينتج عن نمو ونشاط المرستيمات القمية تكوين أنسجة النبات الابتدائية. ولذلك فهي المسئولة عن أية زيادة في طول النبات. وأما الزيادة في سمك الساق فإنها تتم نتيجة نشاط الكمبيوم الحزمي الذي ينقسم ليكون أنسجة ثانوية.

وتشبه المنطقة المرستيمية الموجودة في قمة الساق مثيلتها التي توجد في قمة الجذر والتي سبق الاشارة اليها. ويطلق علي أصغر الأجزاء وأقربها من قمة الساق اسم المرستيم الأول promerstim ولا يزيد طولها على بضع ملليمترات وتتكون من مجموعة من الخلايا الانشائية غير المتميزة. ويلي هذه المنطقة مباشرة منطقة أخري تستطيل فيها الخلايا المرستيمية الناتجة عن انقسام خلايا المرستيم الأول. وتظهر الخلايا المرستيمية في هذه المنطقة أكثر تباينا في أشكالها وأحجامها عنها في منطقة المرستيم الأولي وذلك نتيجة لاختلاف فى درجات النمو، وتكون هذه منطقة الأنسجة الانشائية الابتدائية وهي تقابل منطقة الاستطالة في الجذر ويمكن تمييزها كما في الجذر إلى منشئ البشرة ومنشئ النسيج الأساسي ومنشئ الأسطوانة الوعائية. وبزيادة البعد عن قمة الساق تتحول الأنسجة الانشائية إلى أنسجة بالغة يطلق عليها الأنسجة الابتدائية، وفيها يزداد حجم الخلايا وتظهر بها الفجوات العصارية وبينها المسافات البينية. وتتغلظ جدرها بدرجات متفاوتة إلى الأنسجة المختلفة التي تكون جسم النبات الابتدائي. ويختلف تركيب الأنسجة الابتدائية في سيقان نباتات ذوات الفلقتين عنها في نباتات ذوات الفلقة الواحدة وسوف نتعرض للتركيب التشريحي لكل منها تفصيلا.



قطاع طولي في قمة الساق

التركيب التشريحي للسيقان الحديثة لنباتات ذوات الفلقتين

Anatomy of young dicot stem

تظهر الأنسجة المكونة للسيقان الحديثة لنباتات ذوات الفلقتين في ترتيب مميز. فيحتل النخاع مركز الساق مكونا منطقة واسعة مكونة من خلايا برانشيمية، أما الأسطوانة الوعائية فإنها تتكون من خشب ولحاء وكمبيوم. وقد تتكون من حلقة متصلة تحيط بالنخاع أو من مجموعة منفصلة من الحزم الوعائية ويكون الخشب إلى الداخل مجاورا للنخاع مباشرة في حين يجاور اللحاء القشرة. ويتكون الكمبيوم غالبا من طبقة واحدة من الخلايا تقع بين الخشب واللحاء. ويفصل الحزم الوعائية عن بعضها طبقات من الخلايا البرانشيمية يطلق عليها اسم الأشعة النخاعية وتعمل على اتصال النخاع بالقشرة. وكثيرا ما توجد طبقة أو أكثر من الخلايا البرانشيمية أو الاسكلرنشيمية خارج الحزم الوعائية مباشرة بين اللحاء والقشرة وتسمي البريسيكل. وفي بعض السيقان قد توجد طبقة االاندودرمس خارج البريسيكل ولكن وجوده غير شائع. وأحيانا تمتلئ خلايا هذه الطبقة بالحبيبات النشوية ويطلق عليها اسم الغلاف النشوي. وتقع خارج الحزم الوعائية مكونة نسيج يحيط بالأسطوانة الوعائية ويتصل بالنخاع عن طريق الأشعة النخاعية. ويغلف الساق من الخارج طبقة من خلايا البشرة. وسوف نتكلم تفصليا عن كل نسيج من هذه الأنسجة.

1. البشرة Epidermis

تتكون من طبقة واحدة من الخلايا المتراصة لا يوجد بينها مسافات بينية ولا فراغات فيما عدا الثغور. وجدر هذه الخلايا رقيقة فيما عدا الجدار الخارجي المعرض للجو الخارجي فهو سميك إذ تغطيه طبقة من الكيوتيكل أو الأدمة.

2. القشرة Cortex

وهي عبارة عن مجموعة من الطبقات تلي البشرة إلى الداخل وتغلف الأسطوانة الوعائية. وغالبا ما تكون الطبقات الخارجية من القشرة مكونة من خلايا برانشيمية تحتوي على بلاستيدات خضراء ويطلق عليها خلايا كلورنشيمية. أو قد تكون مغلظة الجدر عند الأركان وتسمي بالخلايا الكولنشيمية، وهذه تكون جزءا من النسيج الدعامي وتعمل على تقوية الساق. وأحيانا يتركز وجود الخلايا الكولنشيمية في الأركان، كما في السيقان المضلعة أو قد تكون اسطوانة متصلة كما في السيقان الاسطوانية.

وغالبية طبقات القشرة عبارة عن خلايا برانشيمية رقيقة الجدر مستديرة أو بيضاوية أو مضلعة. وفي بعض السيقان قد يوجد بالقشرة مجاميع من خلايا اسكلرنشيمية أو ألياف. وتتميز الطبقة الأخيرة من القشرة الملاصقة للاسطوانة الوعائية باحتواء خلاياها على حبيبات نشوية وتسمي بالغلاف النشوي وهي تقابل طبقة الاندودرمس في الجذور.

3. البريسيكل pericycle

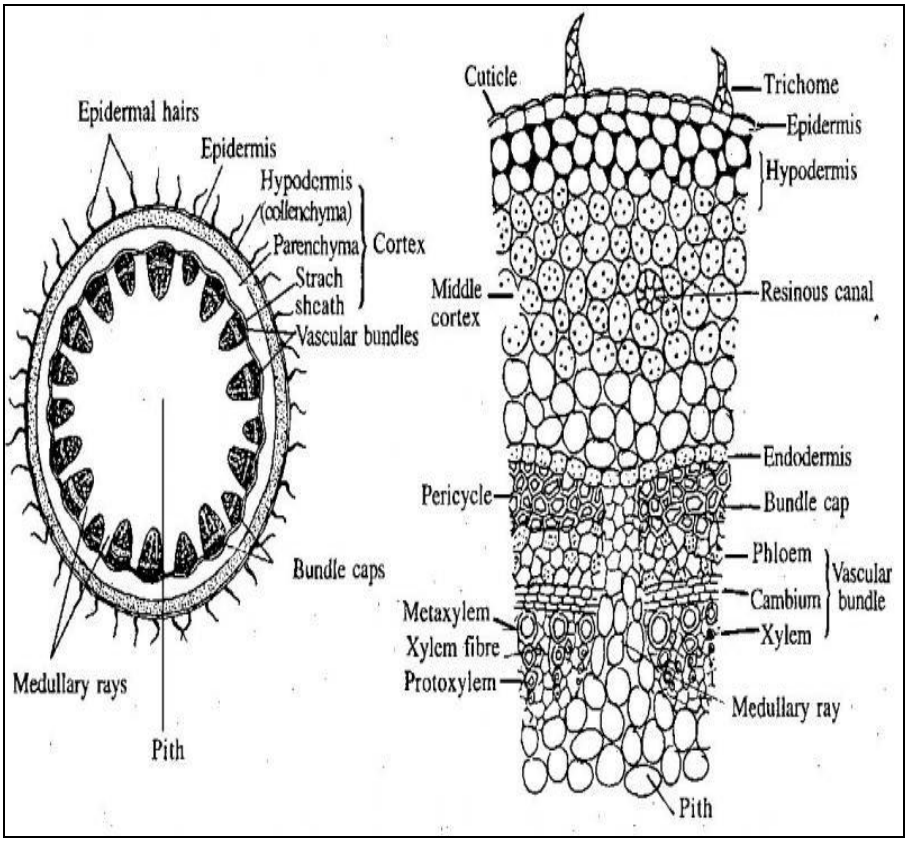
عبارة عن المنطقة الخارجية المحيطة بالاسطوانة الوعائية وتتكون من طبقة أو أكثر من خلايا برانشيمية غير منتظمة الشكل تحيط بالاسطوانة الوعائية. وكثيرا ماتتحول خلايا البريسيكل فوق الحزم مباشرة إلى خلايا اسكلرنشيمية. ويطلق عليها ألياف البريسيكل ويعتبرها بعض علماء التشريح ضمن خلايا اللحاء.

4. الاسطوانة الوعائية

في كثير من السيقان العشبية والخشبية لنباتات ذوات الفلقتين يتكشف منشئ الأسطوانة الوعائية ليكون حزما وعائية منفصلة أو يكون اسطوانة وعائية متصلة مجوفة تحيط بالنخاع. وتتكون الحزمة الوعائية

من خشب ولحاء وكمبيوم. ويتجه الخشب نحو المركز واللحاء إلى الخارج ويفصلهما طبقة الكمبيوم. وفي بعض النباتات مثل سيقان القرعيات يوجد لحاء اخر إلى الداخل يفصل النخاع عن الخشب، أي أنه يوجد لحاءان على جانبي الخشب. وتسمي الحزمة في هذه الحالة بالحزمة ذات الجانبين bicollateral bundle في حين تسمي الحزمة التي تتكون من خشب ولحاء واحد فقط على نصف قطر واحد بالحزمة الجانبية collateral bundle وهذا النوع هو الشائع في سيقان ذوات الفلقتين.

ويتكون اللحاء من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وبرانشيما اللحاء وأحيانا ألياف اللحاء. أما الخشب فيتكون من أوعية وقصيبات وألياف خشب وبرانشيما خشب. ويسمي الجزء من الخشب المجاور للنخاع والقريب من مركز الساق بالخشب الأول protoxylem وأوعيته ضعيفة وغالبا ذات تغلظ لجنيني حلقي وحلزوني. في حين يسمي الجزء من الخشب البعيد عن المركز بالخشب التالي metaxylem وأوعيته كبيرة وغالبا شبكة أو منقرة التغليظ. وتوصف الحزمة التي يوجد بها الخشب الأول أقرب إلي المركز بأنها داخلية الخشب الأول وهي مميزة للسيقان. وتختلف في هذا الجانب عن حزم الجذور التي يوجد بها الخشب الأول بعيدا عن المركز وتسمي بخارجية الخشب الأول.



قطاع عرضي في ساق من ذوات الفلقتين يوضح تركيب الحزمة الوعائية الجانبية

5. النخاع والأشعة النخاعية Pith and medullary rays

يحتل النخاع الجزء المركزي من الساق. ويتكون من خلايا برانشيمية بينها مسافات بينية واضحة. وفي كل سيقان ذوات الفلقتين التي تحتوي على حزم وعائية منفصلة توجد طبقات من الخلايا البرانشيمية

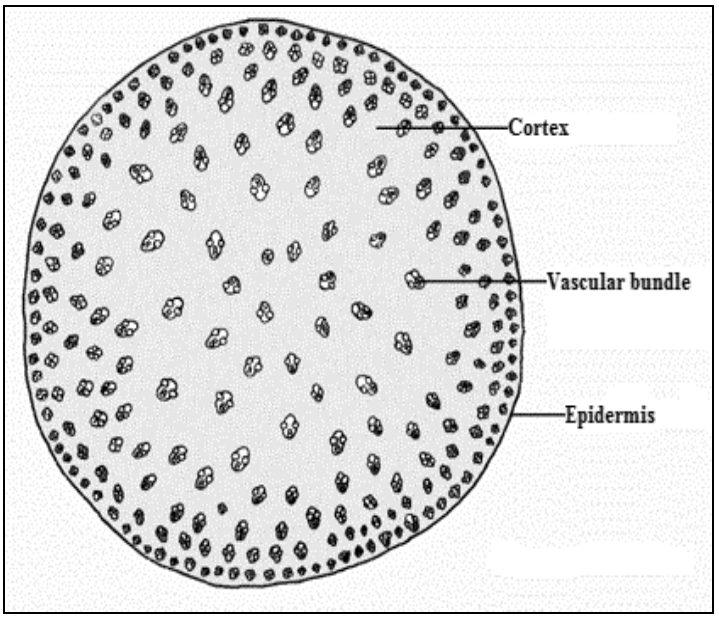
ذات اتجاه قطري تفصل الحزم الوعائية عن بعضها. وتصل ما بين القشرة والنخاع وتعرف بالأشعة النخاعية وهي تشبه خلايا النخاع في الشكل والوظيفة.

التركيب التشريحي لسيقان ذوات الفلقة الواحدة
Anatomy of monocot stems

يختلف التركيب التشريحي لسيقان ذوات الفلقة الواحدة عن سيقان ذوات الفلقتين في صفتين أساسيتين:

- لا توجد اسطوانة وعائية، ولكن الحزم الوعائية توجد مبعثرة في النسيج الأساسي وغير مرتبة في حلقات كما في ذوات الفلقتين. لذلك يصعب تمييز النسيج الأساسي إلى قشرة ونخاع. وفي بعض أنواع الأعشاب مثل الغاب والقمح يلاحظ أن الساق مجوفة في المركز وبالرغم من ذلك فإن الحزم الوعائية تكون مبعثرة وغير مرتبة. وفي بعض الريزومات كما في ريزومة النجيل يلاحظ أن الحزم الوعائية تتجمع في الجزء المركزي من الساق.
- الحزم الوعائية خالية من الكمبيوم بين الخشب واللحاء. ولذلك توصف بأنها مغلقة في حين توصف حزم ذوات الفلقتين بالحزم المفتوحة وذلك لاحتوائها على كمبيوم بين الخشب واللحاء. ولذلك تتكون سيقان ذوات الفلقة الواحدة من أنسجة ابتدائية ولا يحدث التغلظ الثانوي بوجه عام مهما تقدم السن.

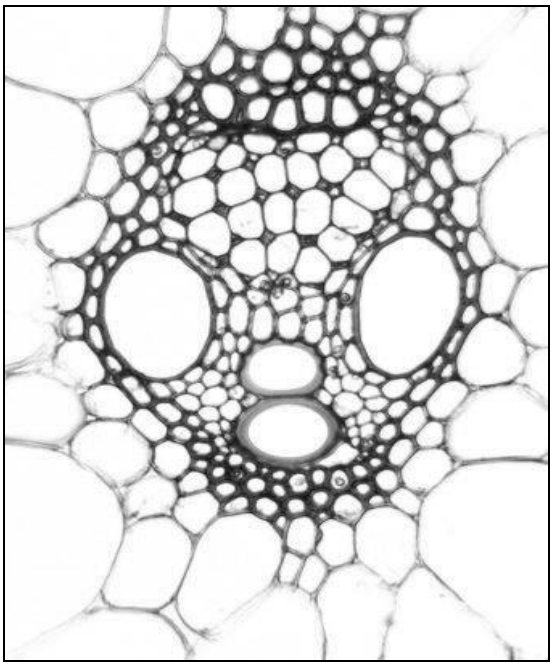
ويمكن دراسة التركيب التشريحي لسيقان ذوات الفلقة الواحدة في قطاع عرضي في ساق الذرة *Zea mays*. تتكون البشرة من طبقة واحدة من الخلايا تغلف الساق وقد تتخللها ثغور وتبرز منها شعيرات وحيدة الخلية. وتوجد تحت البشرة طبقتان أو أكثر من خلايا اسكلرنشيمية (ألياف) تكون قطعا منفصلة تتبادل مع خلايا كلورنشيمية. والحزم الوعائية مبعثرة في النسيج الأساسي وتتكون من خشب ولحاء وهي حزم جانبية collateral bundle، حيث يوجد اللحاء ناحية الخارج والخشب ناحية المركز مرتبين علي نصف قطر واحد كما في ذوات الفلقتين.



رسم تخطيطي لساق الذرة يبين بعثرة الحزم الوعائية في النسيج الاساسي

والخشب الأول يتكون من أوعية قليلة تتجه ناحية مركز الساق. وغالبا ما يجاوره ناحية الداخل فجوة cavity كبيرة غير منتظمة الشكل تمثل بعض أوعية الخشب الأول التي تمزقت نتيجة الشد الواقع عليها بسبب سرعة استطالة الساق في أطوار النمو الأولي. ويتكون الخشب التالي من وعائين كبيرين يوجد بينهما بعض الأوعية الصغيرة والقصيبات. وتتركب أوعية الخشب على شكل حرف V حيث يمثل الخشب التالي الذراعين الاماميين أما الذراع الثالث فيمثله الخشب الأول.

ويتركب اللحاء من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة فقط ولا توجد برانشيما لحاء. ولهذا يظهر اللحاء منتظما في الشكل. وتحاط الحزمة الوعائية بغمد من الألياف تعاونها في ذلك الألياف التي تقع تحت البشرة. وتتصل أغماد الحزم الوعائية الواقعة إلى الخارج بالقرب من البشرة بهذه الألياف ويتكون النسيج الأساسي من خلايا برانشيمية رقيقة الجدر.



قطاع عرضي في الحزمة الوعائية لنبات الذرة

التركيب التشريحي للأوراق Anatomy of leaves

يمكن دراسة التركيب التشريحي للورقة وذلك بعمل قطاع مستعرض في النصل يمر بالعرق الوسطي والعروق الجانبية حيث يمكن تمييز الاتي:

البشرة

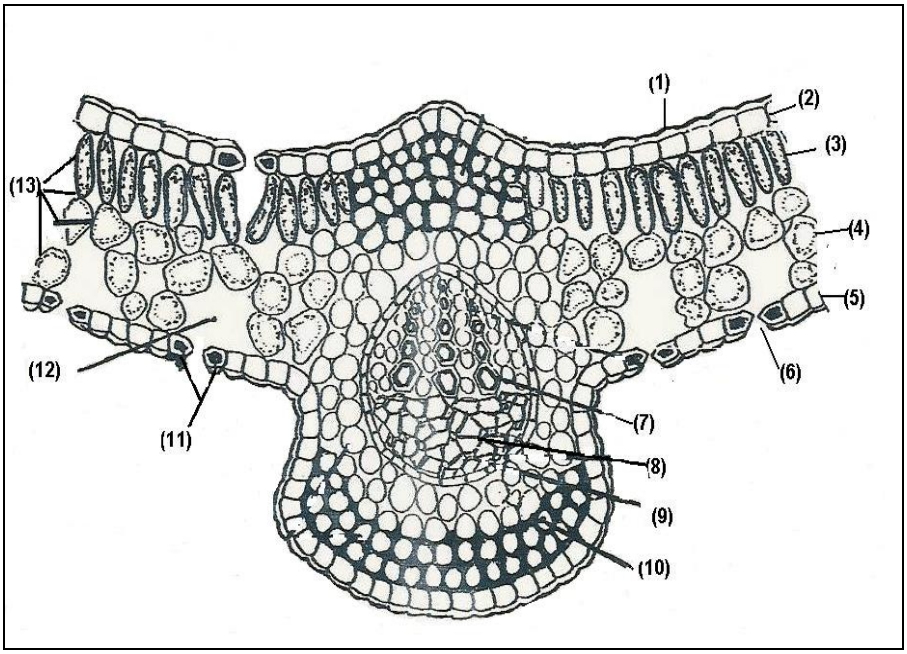
وتتكون من صف واحد من الخلايا المتراصة ولا يوجد بينها مسافات بينية وخالية من البلاستيدات الخضراء. وتحيط بالورقة من السطح السفلي والعلوي. ولذلك يمكن تمييزها إلى بشرة عليا وبشرة سفلي. وتغطي البشرة طبقة من الكيوتيكل (الأدمة) تعمل على تقليل فقد الماء من خلايا البشرة. وفي أوراق بعض النباتات وخصوصا النباتات الصحراوية والأوراق المسنة يلاحظ وجود طبقات شمعية تحت الأدمة تعمل على تقليل فقد الماء لدرجة كبيرة.

وعموما فطبقة الأدمة أكثر سمكا في نباتات البيئة الجافة عنها في نباتات البيئة الرطبة. كما أنها أغلظ على السطح العلوي للورقة منها علي السطح السفلي. ويحدث التبادل الغازي بين أنسجة الورقة الداخلية

والجو الخارجي خلال الثغور. وتوجد في النباتات الصحراوية أنواع خاصة من الثغور حيث ينخفض الثغر عن مستوي سطح البشرة وتسمي بالثغور الغائرة. ويساعد ذلك على حماية الثغر من التعرض المباشر للعوامل الجوية وتقليل كمية النتح كما في ورقة الدفلة.

النسيج الوسطي mesophyll

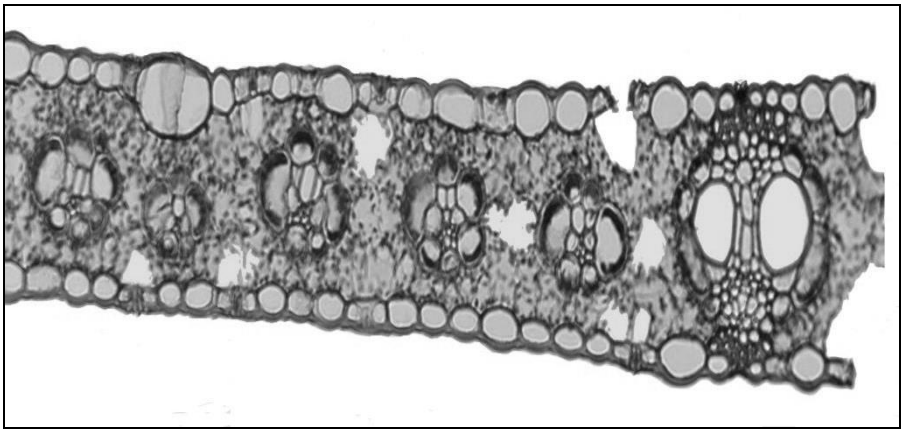
يتكون النسيج الوسطي من مجموعة من الأنسجة الموجودة بين البشرة العليا والبشرة السفلي وذلك باستثناء الحزمة الوعائية ويمثل النسيج الأساسي للورقة ويتميز إلى نسيجين. **النسيج العمادي** palisade tissue ويقع مباشرة تحت البشرة العليا ويتكون من خلايا برانشيمية اسطوانية مستطيلة محورها الطولي متعامد علي سطح الورقة وهي ممتلئة بالبلاستيدات الخضراء وتوجد بينها مسافات واضحة. وتترتب الخلايا العمادية في طبقة أو أكثر. ويقع النسيج الأخر ناحية السطح السفلي ويعرف **بالنسيج الاسفنجي** spongy tissue ويتكون من خلايا غير منتظمة الشكل تفصلها مسافات بينية واسعة وتتصل هذه المسافات البينية مباشرة مع الغرف الهوائية للثغور. وخلايا النسيج الاسفنجي خلايا برانشيمية حية تحتوي علي بلاستيدات خضراء أقل عددا مما يوجد في الخلايا العمادية حيث يصل عدد البلاستيدات الخضراء في الخلايا العمادية ثلاثة أمثال ما يوجد في النسيج الاسفنجي. فتحتوي الخلية العمادية في ورقة عباد الشمس في المتوسط 77 بلاستيدة خضراء في حين تحتوي الخلية في النسيج الاسفنجي علي 27 بلاستيدة خضراء.



قطاع عرضي في ورقة ذوات الفلقتين: 1 الأدمة, 2 البشرة العليا، 3 النسيج العمادي, 4 النسيج الاسفنجي، 5 البشرة السفلي, 6 فتحة الثغر,7 نسيج الخشب، 8 نسيج اللحاء, 9 خلايا برانشيمية, 10 خلايا كولنشيمية, 11 الخلايا الحارسة, 12 غرفة تحت ثغرية, 13 النسيج الاساسي

وفي أوراق نباتات ذوات الفلقة الواحدة لا يتميز النسيج الأساسي للورقة إلى نسيج عمادي ونسيج اسفنجي. وفي الغالب يتكون من خلايا برانشيمية تحتوي على بلاستيدات خضراء والمسافات البينية أقل اتساعا من مثيلاتها في نباتات ذوات الفلقتين. ويمكن دراستها في قطاع في ورقة الذرة حيث تظهر خلايا

النسيج الوسطي مضلعة والمسافات البينية بينها ضيقة ولاتوجد الفجوات الهوائية الواسعة إلا ملاصقة للثغور مباشرة.



قطاع عرضي في ورقة من ذوات الفلقة الواحدة

الحزمة الوعائية Vascular bundle

تقع الحزمة الوعائية الرئيسية للورقة في العرق الوسطي وتتكون من خشب ولحاء ويوجد الخشب ناحية السطح العلوي في حين يوجد اللحاء ناحية السطح السفلي. ويتكون الخشب من الخشب الأول الذي يتجه ناحية السطح العلوي والخشب السفلي الذي يتجه ناحية اللحاء.

ويتركب الخشب من أوعية مرتبة في صفوف تفصلها خلايا برانشيمية. أما اللحاء فيتركب من عناصره المعروفة. وقد توجد في بعض الحالات منطقة كمبيومية بين الخشب واللحاء. وتتميز منطقة العرق الوسطي بوجود خلايا كولنشيمية أعلي الحزمة الوعائية وتؤدي دورا دعاميا هاما في تقوية الورقة.

والحزمة الوعائية الفرعية أبسط تركيبا من الحزمة الرئيسية فيصبح اللحاء أقل تميزا وقد يختفي ويحل محله خلايا طويلة رقيقة الجدر وتحل قصيبات قصيرة محل الأوعية الخشبية وقد تختفي برانشيما الخشب تماما.

التغلظ الثانوي
Secondary Thickening

يعقب النمو الابتدائي في معظم ذوات الفلقتين ومعراة البذور نمو ثانوي يصبح في العادة من حيث التركيب والوظيفة أكثر أهمية من النمو الابتدائي. ويحدث النمو الثانوي نتيجة لنشاطات أنسجة مرستيمية جانبية توجد بين الخشب واللحاء الابتدائيين تعرف بالكمبيوم الوعائي، تنقسم لتعطي أنسجة وعائية ثانوية. ويؤدي النمو الابتدائي إلي زيادة في طول الجذر أو الساق أما النمو الثانوي فيؤدي إلي زيادة في السمك. ولا يحدث النمو الثانوي عادة في نباتات ذوات الفلقة الواحدة وانما يظل جسم النبات الابتدائي دون إضافة أنسجة ثانوية وتحدث الزيادة في السمك نتيجة لزيادة في حجم الخلايا الدائمة.

التغلظ الثانوي في جذور ذوات الفلقتين

يحدث التغلظ الثانوي عادة في الجذور الوتدية لنباتات ذوت الفلقتين وعاريات البذور، ويندر حدوثه في نباتات ذوات الفلقة الواحدة.

وينشأ التغلظ الثانوي نتيجة انقسام خلايا الكمبيوم ويؤدي ذلك إلي زيادة أقطار الجذور. وتنشأ طبقة الكمبيوم في الجذور الحديثة عند بدء عملية التغلظ الثانوي بأن تتحول الخلايا البرانشيمية التي تفصل بين الخشب واللحاء إلي خلايا انشائية مكونة أشرطة كمبيومية. وبعد ذلك تتحول الخلايا البرانشيمية المواجهة للخشب الاول إلي شريط كمبيومي. وتتصل الأشرطة الكمبيومية جميعها وتكون حلقة متعرجة، تصبح دائرية منتظمة بعد فترة من تكوين الأنسجة الثانوية، حيث أن نشاط الكامبيوم في الأجزاء التي تقع بين اللحاء والخشب الابتدائي أسرع منه في الأجزاء التي تقع خارج الخشب الاول.

وبعد أن يستمر التغلظ الثانوي فترة من الزمن تتكون اسطوانتين واسعتين من الخشب الثانوي واللحاء الثانوي تخترقهما طبقات من الخلايا البرانشيمية علي امتداد الخشب الاول تسمي الأشعة النخاعية وكذلك طبقات من الخلايا البرانشيمية تمتد بين الخشب واللحاء الثانوي تسمي بالأشعة الوعائية وهي أضيق من الأشعة النخاعية.

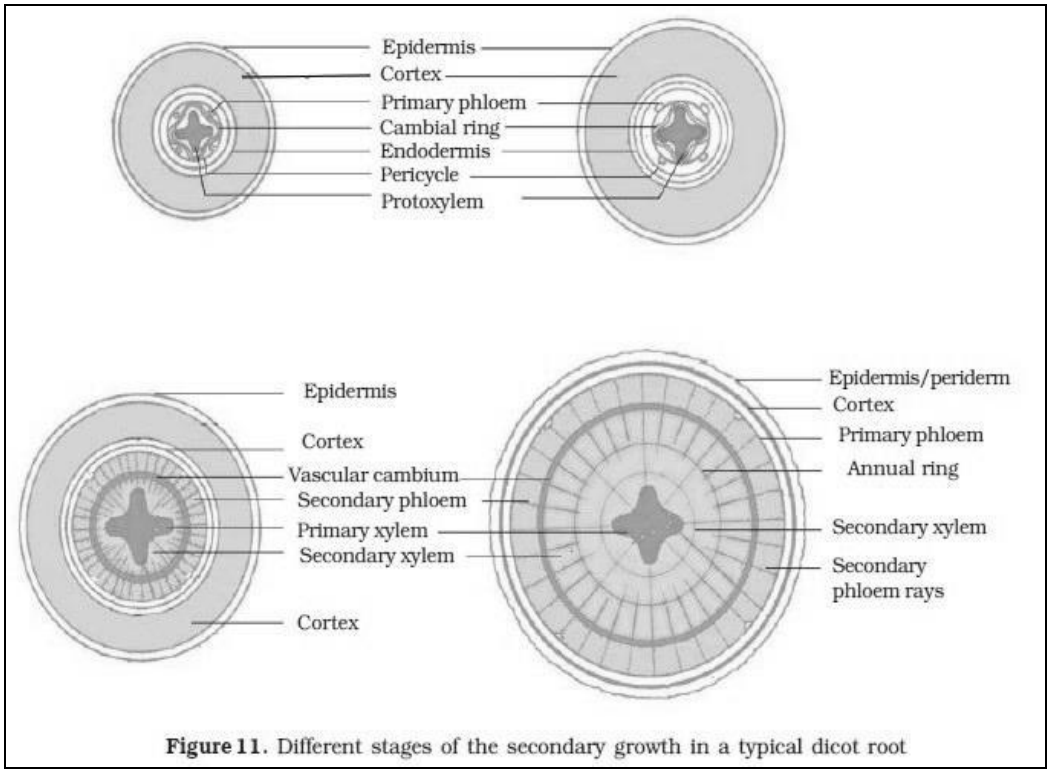


Figure 11. Different stages of the secondary growth in a typical dicot root

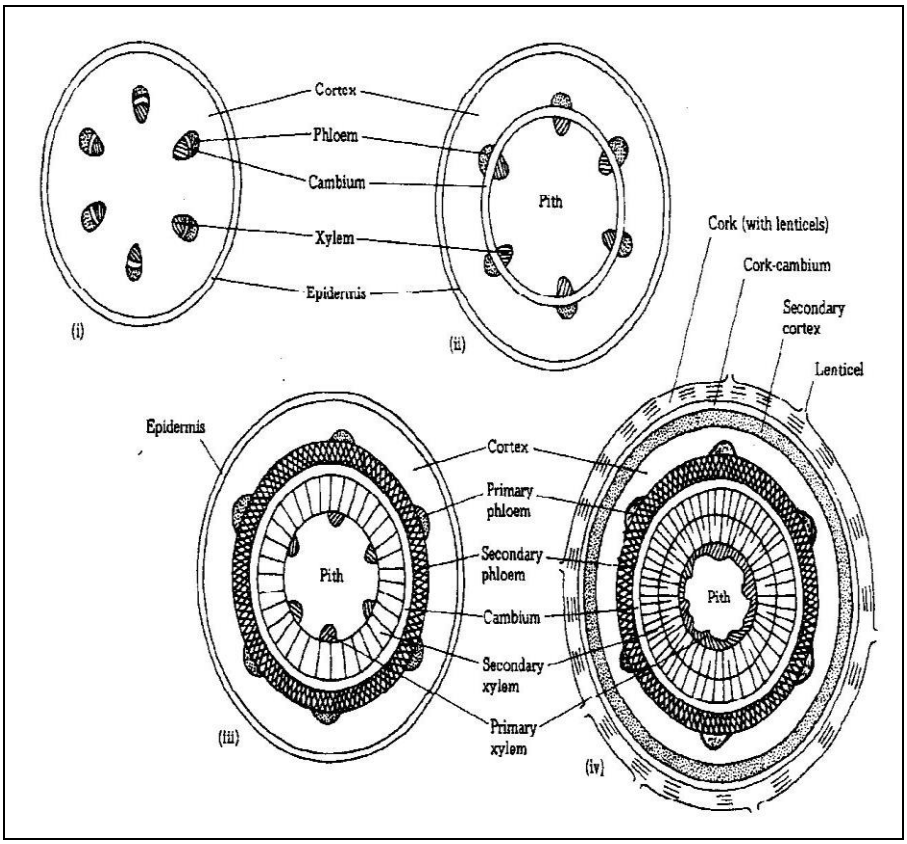
رسم تخطيطي يبين مراحل التغلظ الثانوي في جذر نبات من ذوات الفلقتين

وتحاط معظم جذور النباتات المعمرة بطبقات من خلايا الفلين وفي الغالب ينشأ الكمبيوم الفليني من منطقة البريسيكل. وبانقسام خلايا الكمبيوم الفليني تتكون طبقات من خلايا الفلين، ويؤدي ذلك إلى تمزق قشرة الجذر بما في ذلك الاندودرمس ثم تموت خلايا هذه الأنسجة وتتحلل. وبزيادة عمر الجذر قد ينشأ الكامبيوم الفليني من أنسجة اللحاء الداخلية ويتعمق فيها تدريجيا مما يؤدي إلي موت وتمزق البريسيكل وكذلك أنسجة اللحاء المسنة. ولا تتراكم طبقات الأنسجة الميتة (القلف) على الجذور المسنة كما يحدث في السيقان لأن هذه الأنسجة التي توجد خارج النسيج الفليني تتحلل في التربة.

وفي الجذور التخزينية مثل البنجر والجزر واللفت والفجل والبطاطا تتكون معظم الأنسجة التخزينية من أنسجة ثانوية نشأت عن نشاط كامبيومي وهذه تحتوي على كمية كبيرة من الخلايا البرانشيمية الاختزانية.

التغلظ الثانوي في سيقان ذوات الفلقتين

تنشأ الزيادة في أقطار سيقان النباتات ذوات الفلقتين ومعراة البذور نتيجة لنشاط مرستيمات الكامبيوم. وهذه المرستيمات هي المسئولة عن النمو الثانوي للنباتات أي تكوين الأنسجة الثانوية وأهم هذه المرستيمات هي الكمبيوم الحزمي الذي يوجد بين الخشب واللحاء والذي ينشأ من الأنسجة الابتدائية كطبقة من الخلايا تظل محتفظة بقدرتها على الانقسام. وتنشط خلايا الكامبيوم وتنقسم. ويتوالي انقسامها وتكبر الخلايا الناتجة وتتشكل لتكون طبقات اضافية من الخشب تسمي الخشب الثانوي على الجانب الداخلي للكمبيوم وطبقات جديدة من نسيج اللحاء يسمي اللحاء الثانوي على جانبه الخارجي. ويبدأ نشاط الكمبيوم في سيقان معظم نباتات ذوات الفلقتين في مرحلة مبكرة جدا من النمو. ويؤلف الكمبيوم في كثير من السيقان الخشبية التي تحتوي على اسطوانة وعائية متصلة حلقة كاملة، أما في السيقان التي تحتوي على حزم وعائية منفصلة فإن الكمبيوم يتكون من شرائط منفصلة تتصل ببعضها عند بداية التغليظ الثانوي بتحول طبقة من الخلايا البرانشيمية الموجودة بين الحزم إلى خلايا مرستيمية وتعرف بالكمبيوم بين الحزمي. وفي بعض النباتات قد لايتكون كامبيوم بين حزمي ويقتصر النشاط الثانوي على الكمبيوم الحزمي.



رسم تخطيطي يبين مراحل التغلظ الثانوي في ساق نبات من ذوات الفلقتين

وبتتابع انقسام خلايا الكمبيوم يتكون الخشب الثانوي إلى الداخل واللحاء الثانوي إلى الخارج ويزداد قطر الساق نتيجة لتكوين هذه الأنسجة الجديدة. كما تزداد طول الأشعة النخاعية نتيجة انقسام بعض خلايا الكمبيوم بين الحزمي إلى خلايا برانشيمية.

وتنشأ خلايا الخشب الثانوي الجديدة بانقسام خلايا الكمبيوم بجدار محيطي في وسط الخلية يقسمها إلى خليتين تبقي الخارجية مرستيمية وتتحول الداخلية إلى عنصر خشب. وتنشأ خلايا اللحاء بطريقة مماثلة لخلايا الخشب، وفي هذه الحالة فإن الخلية هي التي تبقي مرستيمية في حين تتحول الخلية الخارجية إلى عنصر لحاء.

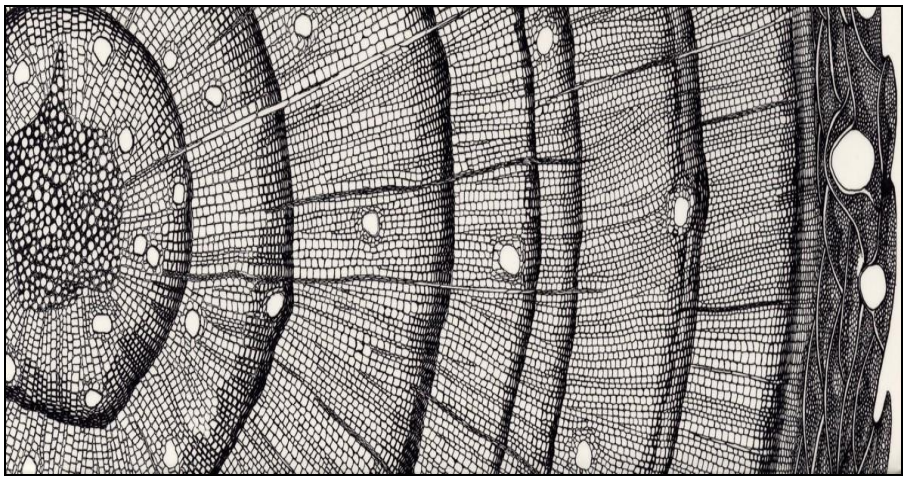
ونتيجة لاستمرار النمو الثانوي تتكون منطقة من الخشب الثانوي داخل طبقة الكمبيوم ومنطقة من اللحاء الثانوي خارجها ويؤدي كبر خلايا الخشب وكثرتها وعدم قابليتها للانضغاط إلى ازاحة الكمبيوم للخارج وكذلك جميع الأنسجة التي تقع خارجه وذلك بسبب زيادة في اتساع اسطوانة الكمبيوم. ويمكن القول بأن الانسجة الخشبية الثانوية المتكونة هي المسئولة أساسا عن زيادة الساق في القطر.

وتحدث الزيادة في قطر الحلقة الكمبيومية بتكوين خلايا كمبيومية جديدة تنشأ بالانقسام المماسي (المحيطي) لخلايا الكمبيوم ثم انزلاق الخلايا الناتجة حتى تصبح مجاورة لها أو بالانقسام القطري لهذه الخلايا.

وفي بعض أجزاء الحلقة الكمبيومية تنقسم الخلايا لتعطي إلى الداخل والخارج خلايا برانشيمية بدلا من أن تعطي أنسجة وعائية وتنتظم هذه الخلايا في صفوف قطرية تتخلل الأنسجة الوعائية الثانوية وتسمي بالأشعة الوعائية وهذه تنشأ من الكمبيوم الحزمي وأما الكمبيوم بين الحزمي فإنه يكون خلايا برانشيمية تنتظم في صفوف على امتداد الأشعة النخاعية الأصلية.

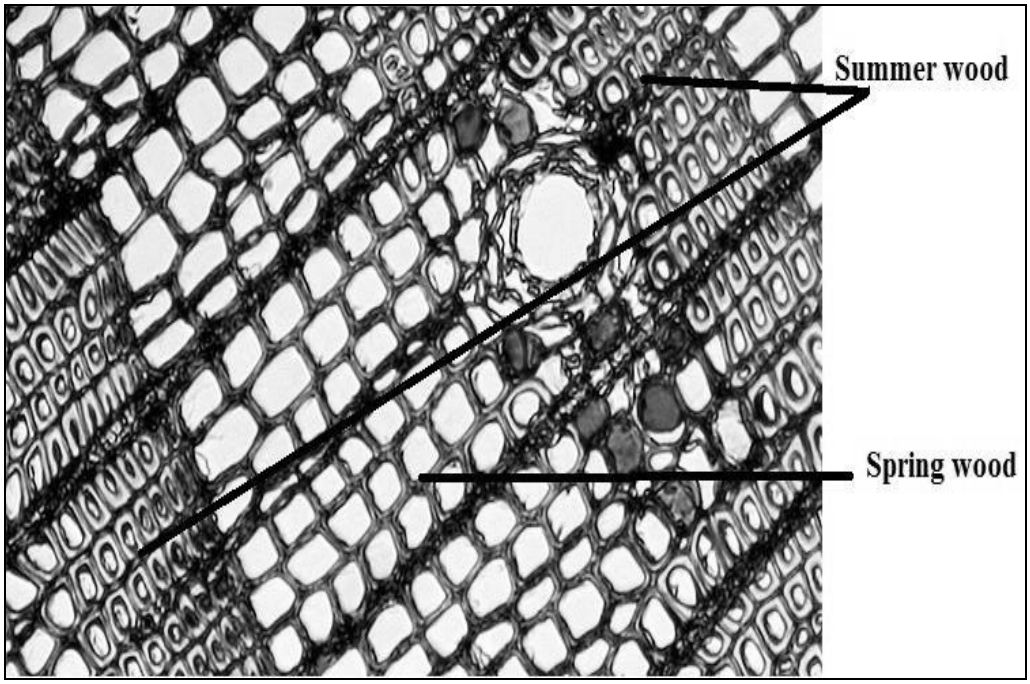
الخشب الربيعي والخشب الصيفي

بتتابع إضافة الخشب الثانوي موسما بعد أخر حتى يصبح الخشب وهو الجزء الأكبر من الساق من النباتات الشجرية. وينتج عن ذلك تكوين طبقات نمو ظاهرة. وتمثل كل طبقة كمية النمو خلال موسم محدد. ولهذا يظهر الخشب في السيقان المسنة مكونا من مجموعة من الحلقات المتتابعة تعرف بالحلقات السنوية. وتتميز كل حلقة إلى منطقتين متميزتين منطقة داخلية تمثل الخشب المتكون في فصل الربيع أو الخشب الربيعي ومنطقة خارجية تمثل الخشب المتكون في فصل الصيف أو الخشب الصيفي.



الحلقات السنوية في ساق مسن

وتختلف خلايا الخشب الربيعي عن الخشب الصيفي في نوعها وحجمها وسمك جدرها فيحتوي الخشب الربيعي علي كثير من الأوعية الواسعة ذات الجدر الرقيقة لمقابلة حاجة النبات في فصل النشاط إلي كمية كبيرة من الغذاء غير المجهز. في حين يحتوي الخشب الصيفي علي خلايا أصغر حجما وأغلظ جدرا. ويؤدي هذا التباين بين نوعي الخشب إلي تكوين الحلقات السنوية. ويدل عدد هذه الحلقات علي عمر الشجرة تقريبا. وتكون الحلقات السنوية أكثر وضوحا في أشجار المناطق المعتدلة حيث تتباين فصول النمو. أما في أشجار المناطق الحارة فالنمو يستمر طول العام بمعدل واحد.

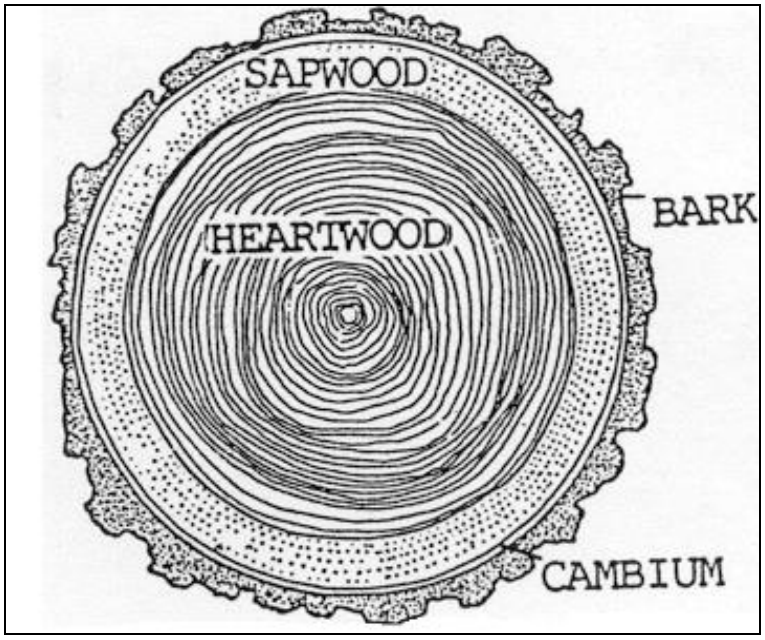


الخشب الربيعي ويتميز بأنسجة واسعة والخشب الصيفي ويتميز بأوعية ضيقة وألياف كثيرة

الخشب الرخو والخشب الصميمي

تكون جميع خلايا الخشب في بداية تكونها نشيطة فسيولوجيا، ولا تلبث أن تفقد كثير منها هذه الخاصية وتصبح وظيفتها دعامية فقط. وتمتلئ عناصر الخشب التي فقدت وظيفتها بمواد تانينية وراتنجية تعطيها لونا داكنا عن بقية أجزاء الخشب الحديثة التكوين. ولهذا يتميز في الخشب طبقتان، الأولي أفتح لونا وتقع إلى الخارج وتعرف بالخشب الرخو وتحتوي على العناصر النشيطة من هذا النسيج. والأخري أدكن لونا وتقع في المركز وتسمي بالخشب الصميمي. ويمثل الخشب الصميمي في الأشجار البالغة مجرد عمود مركزي دعامي تحوطه أسطوانة من الخشب الرخو يتراوح سمكها من بضع إلى كثير من الحلقات السنوية.

ويؤدي ترسب المواد المختلفة من أصماغ وراتنجات ومواد أخري في الخشب الصميمي إلى اكسابه صفات مميزة كالصلابة ومقاومة التحلل والافات ولذلك فهو ذو قيمة اقتصادية مرتفعة.

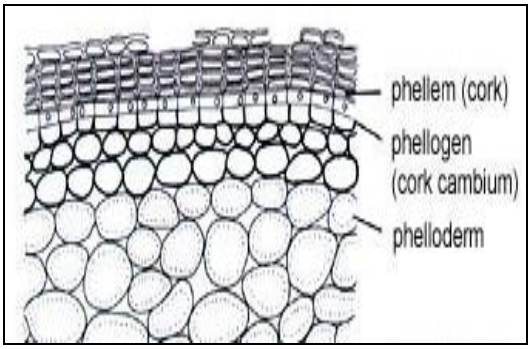


الخشب الصميمي والخشب الرخو

البريديرم

عندما تبدأ عملية التغلظ الثانوي في معظم السيقان الخشبية وما يصاحب ذلك من زيادة في قطر الساق. يبدأ ظهور نسيج مرستيمي ثانوي في البشرة او من الطبقات الخارجية في القشرة. ويظهر كأسطوانة كاملة تتكون من طبقة واحدة ويسمي هذا النسيج المرستيمي بالكمبيوم الفليني.

ويبدأ تكوين الكمبيوم الفليني بأن تنقسم الخلايا المستديمة بجدارين مماسين مكونة ثلاث طبقات من الخلايا تبقي الطبقة الخارجية منها مستديمة مكونة أولي طبقات الفلين وتتحول الطبقة الداخلية إلي خلايا برانشيمية هي خلايا القشرة الثانوية وتتحول الطبقة الوسطي إلي خلايا انشائية وتمثل الكمبيوم الفليني الذي ينقسم بعد ذلك بواسطة جدر مماسية ليكون طبقات متتابعة من الفلين للخارج وطبقات من خلايا القشرة الثانوية للداخل. وفي معظم أنواع السيقان تتكون خلايا الفلين بكميات أكبر من خلايا القشرة الثانوية. وقد لا تتكون خلايا القشرة الثانوية في بعض الانواع.



نسيج البريديرم

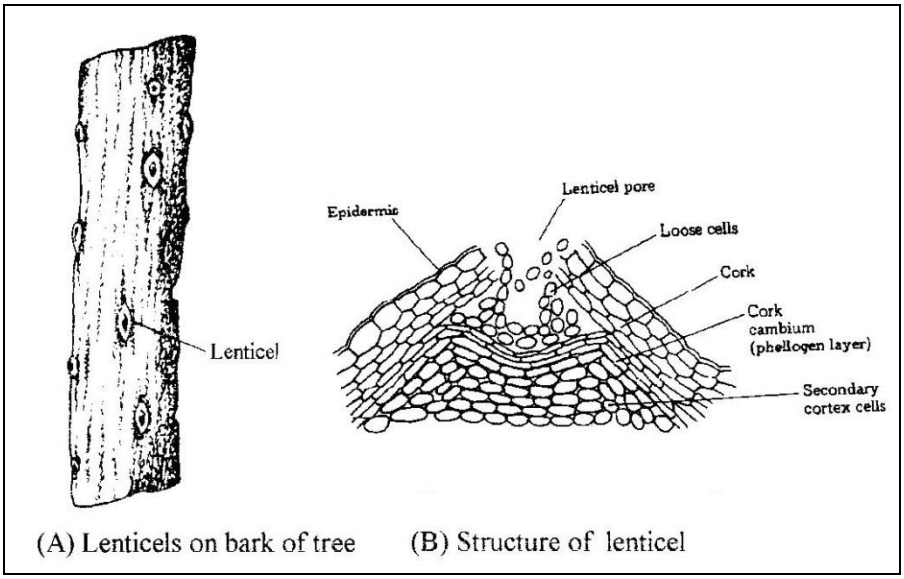
وخلايا الفلين غير حية تتميز بجدرها الرقيقة المسوبرة غير المنفذة للماء كما أنها توجد مرتبة في صفوف منتظمة وخالية من الفراغات البينية. ويؤدي تغلظ هذه الخلايا بمادة السيوبرين إلى انقطاع وصول الماء والغذاء إلى طبقات الخلايا التي تقع خارجها فتموت ثم لا تلبث أن تجف وتتساقط ويتعري بذلك الفلين. وتسمي هذه الأنسجة الميتة بالقلف. وأما خلايا القشرة الثانوية فهي خلايا برانشيمية بينها مسافات بينية وهي تشبه بذلك خلايا القشرة الابتدائية. وتسمي مجموعة الفلين والكمبيوم الفليني والقشرة الثانوية بالبريديرم.

وفي بعض الأنواع يستمر نشاط الكمبيوم الفليني لفترة طويلة قد تستمر طول حياة النبات، وفي معظم الأنواع الخشبية يقف نشاط الكمبيوم الفليني بعد فترة قصيرة. وتحل محله كمبيومات فلينية أخري تنشأ من طبقات داخلية للقشرة أو البريسيكل أو اللحاء، وتشبه الكمبيوم الفليني في نشاطها. وبذلك يصبح الفلين مكونا من طبقات متعاقبة من الفلين والقشرة الميتة تشمل جميع الأنسجة الواقعة خارج أحدث حلقات الكمبيوم الفليني. وقد يتكون البريديرم من اللحاء الثانوي كما يحدث في كثير من الأشجار المسنة. ويؤدي النسيج الفليني وظائف الحماية من الافات والميكروبات كما يشارك في وظيفة التدعيم وحفظ حرارة الأنسجة الداخلية.

العديسات Lenticels

يحل البريديرم محل البشرة في السيقان الخشبية المسنة. وتمنع خلايا الفلين ذات الجدر المسوبرة عملية تبادل الغازات بين الأنسجة الداخلية للساق والهواء الخارجي. ولهذا تتكون أماكن في البريديرم لا ينقسم فيها الكمبيوم الفليني ليعطي للخارج خلايا الفلين وإنما ليعطي خلايا مفككة رقيقة الجدر يوجد بينها مسافات بينية واسعة وجدرها غير مسوبرة تعرف بالنسيج المفكك يحدث خلالها تبادل الغازات. وتعرف هذه المناطق بالعديسات وهي فتحات تتخلل النسيج الفليني لتؤدي وظيفة تبادل الغازات بين الهواء الجوي والأنسجة الخارجية وتقابل في هذه الوظيفة الثغور التي تتخلل خلايا البشرة

وفي الظروف غير الملائمة والضارة بأنسجة النبات يتوقف الكمبيوم الفليني الذي ينتج العديسات عن إعطاء خلايا مفككة إلي الخارج ويعطي بدلا منها خلايا فلينية تنتظم في عدة طبقات تعرف بالنسيج المغلق يمنع اتصال الأنسجة الداخلية بالخارج. وعندما تعود الظروف الملائمة يعود تكوين الخلايا المفككة ثانية فتضغط علي النسيج المغلق فيتمزق وتتكرر هذه العملية خلال فترات النمو المختلفة فتظهر العديسة في الساق المسن عبارة عن أشرطة متعاقبة من أنسجة مفككة وأنسجة فلينية ممزقة.



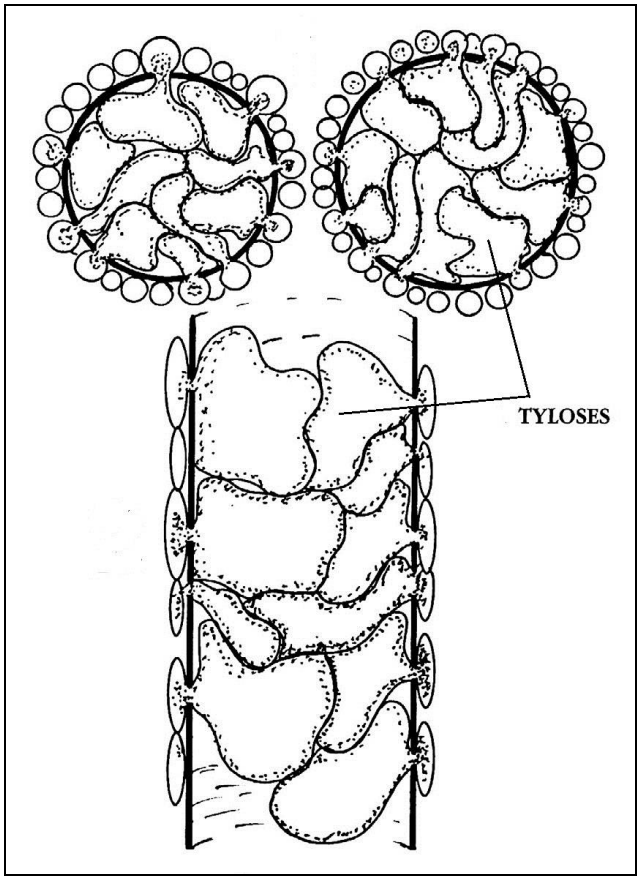
قطاع في عديسة يظهر الكمبيوم الفليني والنسيج المفكك

التيلوزات Tyloses

هي امتدادات مثانية الشكل تدخل إلي فراغات الأوعية عبر فتحات النقر وهي توجد أساسا في أوعية الخشب الثانوي وتنشأ عن امتداد الاغشية في النقر النصف مصفوفة التي توجد علي الجدر التي تفصل بين الوعاء وبرانشيما الخشب ويمتد بداخلها جزء من سيتوبلازم البرانشيما وقد تنتقل اليها نواتها. وعند اكتمال نمو التيلوزات قد تتجمع فيها حبيبات النشا أو مواد راتنجية أو صمغية أو بلورات معدنية.

ويتباين حجم التليوزات فقد تبقي محدودة أو قد تكبر كثيرا. ويتوقف حجمها وشكلها علي شكل فراغ الوعاء الذي تنمو فيه وعلي عدد وحدات التيلوز التي تتجاور داخل الوعاء. والتيلوز من الصفات العامة لأخشاب مغطاة البذور ويتكون في كثير من الأخشاب عند تحول الخشب الرخو إلي صميمي كما يوجد أيضا في أوعية بعض النباتات العشبية كالقرع.

ولايعرف سبب واضح لتكون التيلوزات ولكن يعتقد أنه ينشأ نتيجة لاختلاف ضغوط الخلايا علي جانبي غشاء النقرة فتتمدد في اتجاه الضغط الضعيف. وللتيلوز أهمية اقتصادية كبيرة فهو يساعد علي قوة تحمل الخشب وبقاؤه، فالأخشاب القوية مثل الجوز والبلوط تتميز بوفرة التيلوزات في أوعيتها حيث تمنع سريان الهواء والماء وهيفات الفطريات من أن تتسرب داخل أوعيتها وهذه كلها من العوامل التي تساعد علي سرعة تحلل الخشب.



التيلوزات ممتدة داخل تجويف الوعاء الخشبي

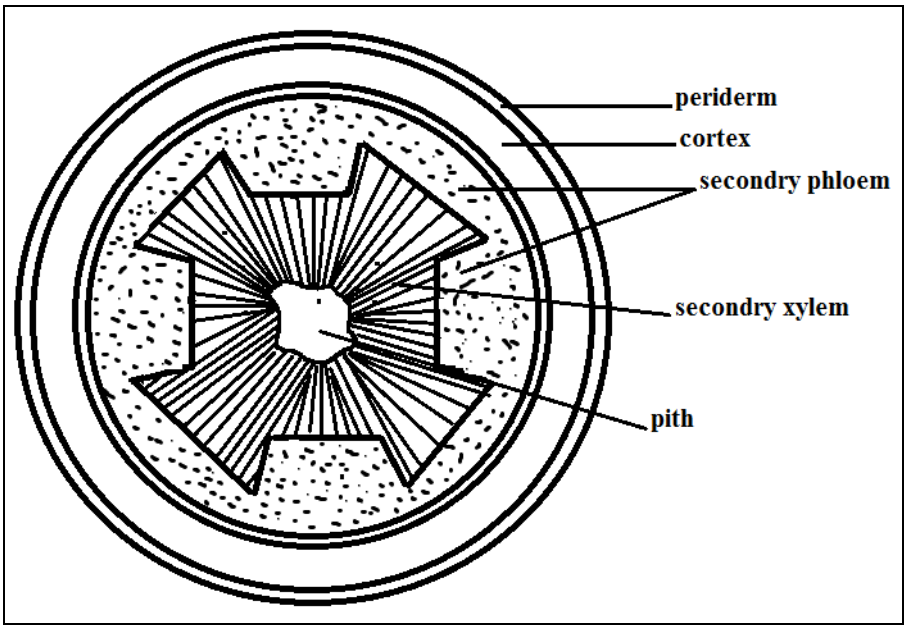
التغلظ الثانوي الشاذ
في ذوات الفلقتين

في الغالبية العظمي من النباتات ذوات الفلقتين يحدث التغلظ الثانوي بالطريقة السابق ذكرها وتعرف بالطريقة العادية. إلا أنه في أنواع أخري يتم التغلظ الثانوي في السمك بطريقة مغايرة لهذه وتعرف بالتغلظ الشاذ الذي يحدث بإحدي الطريقتين الاتيتين:

- أن يكون الكمبيوم الوعائي عاديا في موضعه (يوجد بين الخشب واللحاء الابتدائيين) ولكنه شاذ في نشاطه
- أن يكون الكمبيوم الوعائي شاذا في موضعه (لا ينشأ بين الخشب واللحاء الابتدائيين) وشاذا في نشاطه أيضا

ومن أمثلة الحالة الأولي التغلظ الثانوي الشاذ في ساق البجنونيا. وفي ساق هذا النبات يوجد الكمبيوم في أول الامر بطريقة عادية ليعطي خشبا ثانويا للداخل ولحاء ثانويا للخارج، فإذا ما تقدمت الساق في السن تتخصص أجزاء من الكمبيوم لتعطي أنسجة لحائية بكمية أكبر من الأنسجة الخشبية وبذلك تصبح الاسطوانة الخشبية غير مستمرة، بل تعترضها أنسجة من اللحاء الثانوي.

ومن أمثلة النوع الثاني التغلظ الثانوي الشاذ في ساق عرف الديك وجذر البنجر. ففي ساق عرف الديك الحديث توجد حلقة اسطوانية من الحزم الوعائية الابتدائية تتكون كل منها من خشب ولحاء يفصلهما الكمبيوم الوعائي. وعند بداية عملية التغلظ الثانوي ينقسم الكمبيوم ليعطي كمية محدودة من الأنسجة الثانوية ويقتصر نشاط الكمبيوم على الحزم نفسها أي لا يتكون الكمبيوم بين حزمي. وبتقدم الساق في السن تظهر حلقة كمبيومية جديدة في منطقة البريسيكل (كمبيوم شاذ في موضعه) تنقسم لتعطي حزما وعائية كاملة تتكون من خشب ولحاء يفصلهما أنسجة غير وعائية عبارة عن برانشيما ملجننة.



رسم تخطيطي يبين التغلظ الثانوي الشاذ في ساق البجنونيا

وفي جذر البنجر يحدث تغلظ عادي في بادئ الامر يستمر لفترة قصيرة ثم لا يلبث أن تظهر حلقات متتابعة من كمبيوم شاذ في منطقة البريسيكل يفصلها خلايا البريسيكل البرانشيمية. وبالرغم من أن حلقات الكمبيوم الشاذ تكون كاملة إلا أنها تنقسم لتعطي حزما وعائية منفصلة تتكون من خشب للداخل ولحاء

للخارج يفصلها خلايا برانشيمية. وتنقسم كذلك خلايا البريسيكل البرانشيمية الموجودة بين حلقات الكمبيوم الشاذ لتكون مناطق عريضة نسبيا من خلايا برانشيمية غنية بالانثوسيانينات الحمراء اللون. ولهذا يظهر الجذر المسن مكونا من حلقات متتابعة حلقة حمراء فاتحة اللون تمثل الأنسجة الوعائية الثانوية تتبادل معها حلقة حمراء داكنة اللون تمثل منطقة خلايا برانشيمية.

اللحاء بين الخشبي

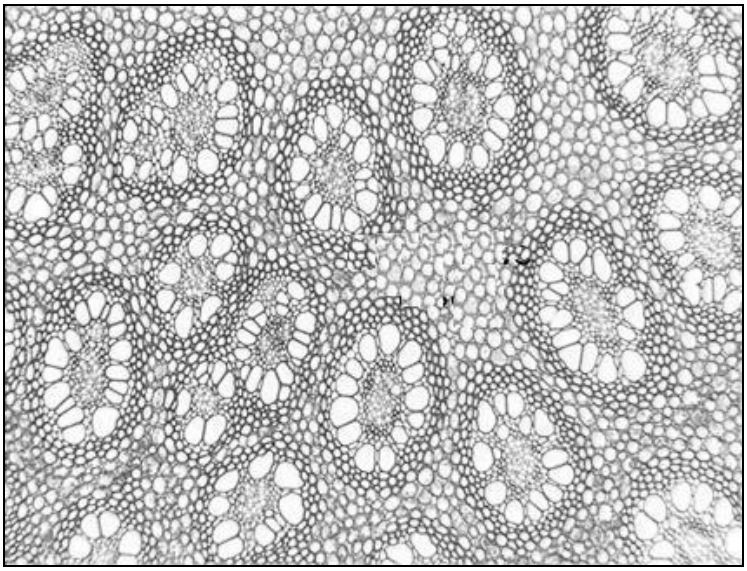
في بعض الحالات يحدث نوع أخر في نشاط الكمبيوم ينتج عنه ما يسمي باللحاء بين الخشبي، وهو عبارة عن أجزاء من اللحاء الثانوي تنطمر في الخشب الثانوي كما في نبات المرخ. ويتكون اللحاء بين الخشبي بأن تنقسم خلايا بعض أجزاء الحلقة الكمبيومية بعد فترة من نشاطها العادي لتعطي إلى الداخل خلايا لحاء لفترة قصيرة بدلا من خلايا الخشب ثم تعود ثانية إلى نشاطها العادي وتعطي خلايا خشب إلى الداخل وبذلك ينطمر اللحاء المتكون بين الخشب وهكذا تظهر أشرطة اللحاء بين الخشبي في الساق المسن.

التغلظ الثانوي الشاذ في سيقان ذوات الفلقة الواحدة

سبق الإشارة إلى أن التغلظ الثانوي لا يحدث بوجه عام في سيقان ذوات الفلقة الواحدة، وذلك لخلو الحزم الوعائية من الكمبيوم وهناك قلة من هذه النباتات يشاهد حدوث تغلظ ثانوي بها كما في سيقان بعض أفراد الفصيلة الزنبقية كالصبار والدراسينا، يطلق عليه التغلظ الثانوي الشاذ. ففي ساق الدراسينا الحديث تشاهد الحزم الوعائية الابتدائية مبعثرة في المنطقة الداخلية من النسيج الأساسي الذي يتكون من خلايا برانشيمية رقيقة الجدر.

وتبدأ عملية التغلظ الشاذ بتحول خلايا الطبقة الداخلية من القشرة والتي تقع خارج منطقة الحزم الوعائية إلى خلايا مرستيمية مكونة بذلك حلقة كمبيومية منتظمة تبدأ في الانقسام لتعطي إلى الداخل حزما وعائية ثانوية تنتظم في صفوف وتتكون كل منها من لحاء يحيط به الخشب من جميع نواحيه وتسمي حزما وعائية مركزية. ويفصل الحزم الوعائية عن بعضها خلايا برانشيمية تتلجنن جدرها. ويعطي الكمبيوم للخارج خلايا برانشيمية رقيقة الجدر وتمثل قشرة ثانوية.

وفي الدراسينا يتكون نسيج فليني مثل الذي سبق ذكره في ذوات الفلقتين. وعموما فإن النسيج الفليني نادرا ما يتكون في سيقان ذوات الفلقة الواحدة. حيث إنه غالبا ما تتسوبر جدر خلايا الطبقة الخارجية من القشرة حينما تتمزق البشرة وهذه الطبقة تؤدي وظيفة النسيج الفليني.



قطاع عرضي في ساق الدراسينا يظهر الحزم الوعائية المركزية

أثر البيئة على التركيب التشريحي للنبات

تنطبق الصفات التشريحية السابق ذكرها على النباتات الوسطية mesophytes التي تعيش تحت ظروف معتدلة من الماء، والحرارة، والاضاءة، والتهوية. أما النباتات التي تتعرض في بيئاتها الطبيعية إلى ظروف مختلفة من العوامل البيئية فقد اكتسبت خلال العصور الطويلة صفات تشريحية خاصة تؤهلها وتمكنها من الحياة بكفاءة تحت هذه الظروف الخاصة.

وقد اصبحت هذه الصفات على مر الزمن من الصفات الثابتة لهذه النباتات. ويتضح ذلك من احتفاظ هذه النباتات بصفاتها التشريحية خاصة إذا زرعت تحت عوامل بيئية عادية.

والماء ودرجة الحرارة وشدة الاضاءة والتهوية من العوامل البيئية التي لها أثرها على التركيب التشريحي للنبات. فالنباتات التي تحيا تحت ظروف من وفرة الماء إما أن تكون مغمورة أو طافية تعرف بالنباتات المائية hydrophytes ولها صفاتها التشريحية المميزة وكذلك النباتات التي تعيش في ظروف من الجفاف والحرارة والإضاءة الشديدة مثل النباتات التي تعيش في المناطق الصحراوية xerophytes فلها أيضا صفاتها التشريحية الخاصة.

التركيب التشريحي للنباتات المائية

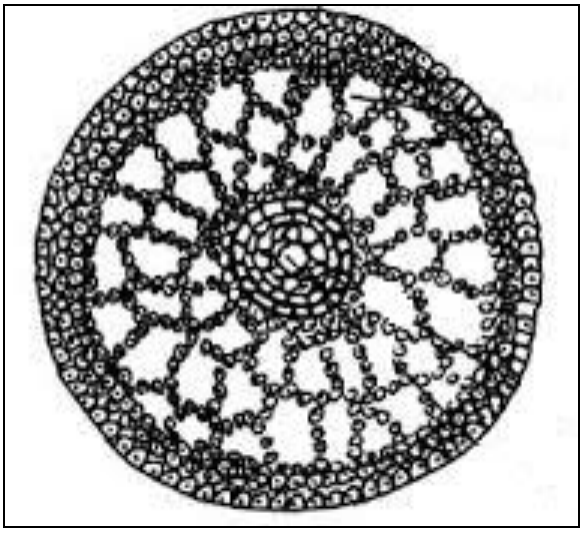
Anatomy of hydrophytes

تكتسب النباتات المائية صفات تشريحية تتلائم وطبيعة البيئة التي تحيا فيها. فجسم النبات المائي يحيا كله أو جزء منه مغمورا في الماء حيث يتولي الماء تدعيم جسم النبات من الخارج. وتفتقر بيئة الماء إلى الأكسجين اللازم لحياة النبات، ولهذا يكون جسم النبات المائي غنيا بالفراغات الهوائية التي يختزن فيها الهواء كما يلاحظ اختزال حجم الأنسجة التوصيلية إذا ما قورنت بالنباتات الأرضية.

ويمكن دراسة الصفات التشريحية للنباتات المائية في ساق الالوديا. ويتغطي الساق بطبقة البشرة التي تتغطي من الخارج بطبقة رقيقة جدا من الكيوتيكل التي يصعب ملاحظتها. وتليها القشرة وهي منطقة عريضة من البرانشيما غنية بالفراغات الهوائية. وهي من النوع الانفصالي التي تحاط بخلايا برانشيمية منتظمة، وفي نهاية القشرة توجد طبقة الاندودرمس التي تتزود بشريط كسبار على الجدر القطرية لها. وتلي القشرة الاسطوانة الوعائية التي تحتل مركز الساق. وهي تتكون من طبقة البريسيكل ذات الخلايا البرانشيمية الرقيقة ثم اللحاء وهو يتكون من حلقة كاملة تحيط بالخشب. واللحاء عريض نسبيا ويتكون من أنابيب غربالية كبيرة الحجم وخلايا مرافقة كما يوجد به برانشيما لحاء مع أن هذا النبات من ذوات الفلقة الواحدة. ويتكون الخشب من قناة خشبية وهي أيضا من النوع الانفصالي حيث تحاط بطبقة من برانشيما الخشب.

ويلاحظ في الساق ما يلي:

1. اختزال الكيوتيكل
2. غياب العناصر التشريحية الملجننة
3. زيادة الفراغات الهوائية
4. تركيز الاسطوانة الوعائية في المركز، والساق من هذا الجانب يشبه الجذر في النباتات الأرضية حيث الساق يمتد داخل الماء كما يمتد الجذر في باطن الارض.
5. وجود الاندودرمس وشريط كسبار المميز وهي أيضا صفة جذرية
6. اختزال حجم الخشب وزيادة حجم اللحاء وهي صفة مغايرة لما يوجد في النباتات الأرضية. ففي النباتات المائية يكون احتياج النبات إلى اللحاء أكثر من احتياجه للخشب، فجسم النبات المغمور في الماء يمكنه أن يمتص الماء والغذاء المعدني من كل أجزاء جسمه ولهذا يكون النسيج الموصل للماء مختزلا جدا.



قطاع عرضي في ساق الالوديا

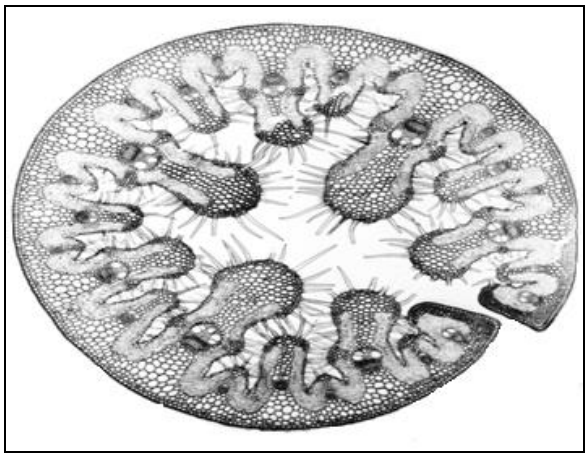
التركيب التشريحي لنباتات الجفاف
Anatomy of xerophytes

تختلف النباتات الجفاف عن النباتات الوسطية في كثير من الصفات التشريحية يمكن تلخيصها فيما يأتي:

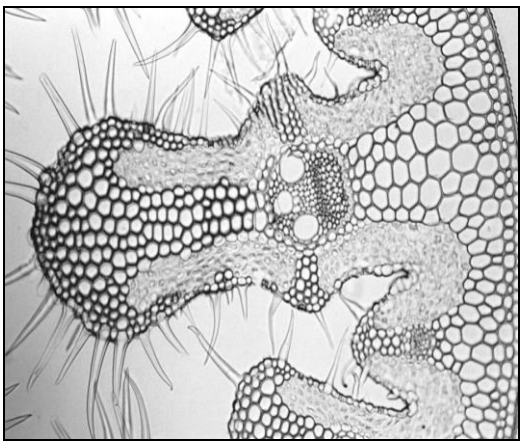
1. تتغطي البشرة بطبقة سميكة من الكيوتين وقد تمتد إلى خلايا تحت البشرة لتمنع فقد الماء عن طريق النتح الكيوتيني. وقد يصاحب تكوين البشرة درجات مختلفة من التلجنن قد تمتد إلى أجزاء من الخلايا البرانشيمية العمادية. وتتكون في كثير من النباتات طبقة شمعية تغطي البشرة قد يصبح في كميتها ذات قيمة اقتصادية كما في نخلة الشمع التي تعد مصدرا لشمع كارنويا.
2. تحتوي كثير من النباتات الجفافية على طبقة أو أكثر من خلايا تقع تحت البشرة مباشرة تسمي تحت البشرة تشبه خلايا البشرة في التركيب عادة وتعمل على تقويتها.
3. في كثير من النباتات الجفافية تكون الثغور مخبأة في تجاويف تملؤها شعيرات ميتة مما يعمل على انخفاض النتح ويساعد على ذلك أيضا اختزال عدد الثغور إما باختزال سطح الورقة أو باختزال عدد الثغور في وحدة المساحة.
4. يكثر في نباتات الجفاف وجود الاسكلرنشيما التي يضفي وجودها على هذه النباتات قواما خشبيا تتميز به السوق والأفرع مما يساعدها على الصمود أمام الرياح. ونظرا لأن هذه الخلايا ميتة فإنها لا تحتاج إلى كمية كبيرة من الماء مثل الأنسجة الأخري هذا إلى جانب أنها تعمل كحاجز جزئي ضد الضوء الشديد.
5. أوعية الخشب ضيقة نسبيا نظرا لقلة الماء الذي ينتقل خلالها وقد وجد أن الأوعية التي تكون تحت ظروف وفيرة من الماء تكون أكثر اتساعا من التي تكون تحت ظروف من ندرة الماء. ويحتوي الخشب على كمية كبيرة من الألياف
6. نظرا لاختزال الأوراق في كثير من النباتات الجفافية وما ينتج عن ذلك من اختزال السطح القادر على القيام بعملية التمثيل الضوئي، فإن النبات يستعيض عن ذلك بتكوين أنسجة تمثيلية في الساق.

ويمكن دراسة الصفات التشريحية لنباتات الجفاف في قطاع مستعرض في ورقة قصب الرمال Ammophila وفي ساق الكازورينا Casuarina.

وقصب الرمال نبات صحراوي يكثر وجوده علي ساحل البحر المتوسط وله أوراق طويلة نسبيا رفيعة وتلتف الورقة على نفسها من جهة السطح العلوي الذي لا يتعرض بدوره للجو الخارجي مباشرة. وبدراسة التركيب التشريحي للورقة يلاحظ أن البشرة السفلي المعرضة للخارج مغطاة بطبقة سميكة من الكيوتين. أما السطح العلوي فيوجد به بروزات وأخاديد وتتكون الثغور في الأخاديد التي يبرز من سطحها شعيرات ميتة ويوجد على جوانب الأخاديد نسيج تمثيلي. ويوجد بكل بروز حزمة وعائية مغلقة يحيط به غمد من الألياف يتصل من فوقه وتحته بشريط من أنسجة ملجننة تصل إلى البشرتين.



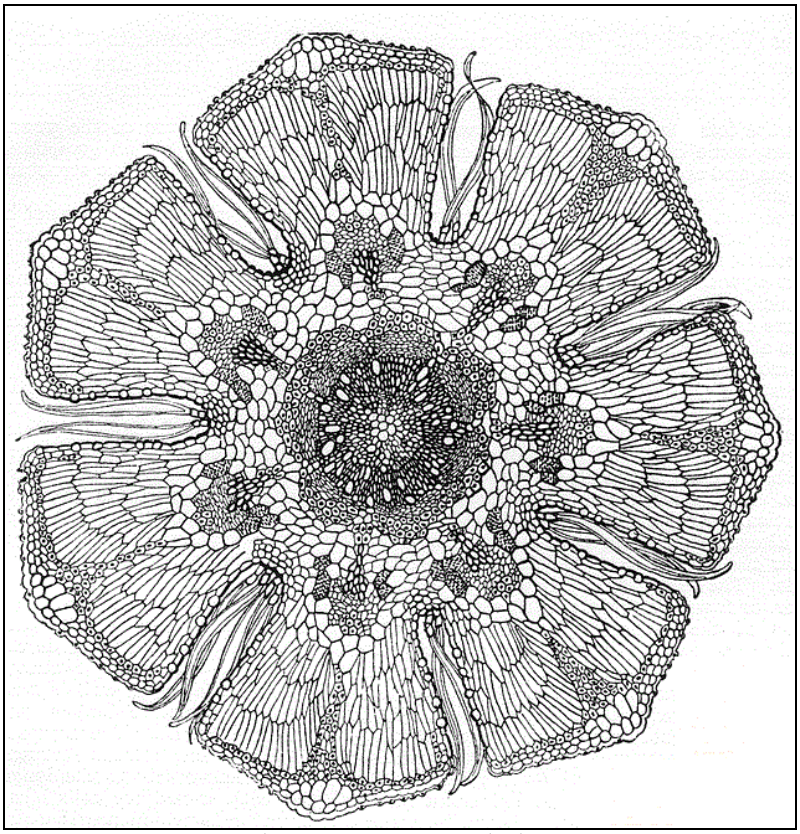
رسم تخطيطي لقطاع عرضي في ورقة قصب الرمال



رسم تفصيلي لقطاع عرضي في ورقة قصب الرمال

وفي نبات الكازورينا يعتبر التركيب الجفافي صفة موروثة أكثر منها ملائمة للظروف البيئية حيث يعيش هذا النبات تحت ظروف وسطية.

ويلاحظ بدراسة قطاع مستعرض في ساق هذا النبات وجود بروزات وأخاديد على سطحه. وتوجد الثغور في الأخاديد ويحميها شعيرات كثيفة ويوجد على جوانب الأخاديد الأنسجة التمثيلية يليها إلى الداخل خلايا برانشيمية وفي وسط الساق توجد حلقتان من الحزم الوعائية.



رسم تفصيلي لقطاع عرضي في ساق الكازورينا

المراجع

Eames A.J. and Macdaniels L. H. 1947. An introduction to plant anatomy. Mc Graw-Hill Book Company Inc.

Esau K. 1962. Anatomy of seed plants. John Wiley and Sons Inc.

الجزء الثاني
علم مورفولوجيا النبات

المحتوى

الموضوع	الصفحة
البذور والإنبات	الباب الثالث ص 19
مورفولوجيا الجذور	الباب الرابع ص 43
مورفولوجيا السيقان وتحورات السيقان	الباب الخامس ص 53
طرق التكاثر الخضري	ص 75
مورفولوجيا الأوراق وتحورات الأوراق	الباب السادس ص 80
المراجع النبات العام (1996): مجاهد وآخرون، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، مصر.	

الباب الثالث

البذور والانبات

تتكاثر النباتات الراقية أساساً بالبذور . والبذرة نبات جنينى صغير فى حالة سكون ، لديه ما يحتاج إليه أثناء الإنبات من غذاء مدخر ، وتغلفه أغلفة تحميه من المؤثرات الخارجية . وتنتج البذرة من نبات بالغ سابق . وتبدأ منها حياة جيل جديد وتتكون البذرة من الجنين (Embryo) ، يحيط به غلاف يسمى القصرة (Testa) ، ومن قدر من الغذاء المدخر ، إما مختزناً فى بعض أجزاء الجنين ، أو منفصلا عنه فى نسيج خاص يغلفه ، ويعرف بالإندوسبرم (Endosperm) ، وتوصف البذرة فى الحالة الأولى بأنها « لا إندوسبرمية » (Exendospermic) وفى الثانية بأنها « إندوسبرمية » (Endospermic) ، وفى البذرة اللاإندوسبرمية يحدث الاختزان غالباً داخل أنسجة الفلقات . ولذلك تبدو هذه ضخمة متشحمة .

ويتكون الجنين من نفس الأعضاء الأساسية التى يتكون منها النبات البالغ ، وهى الجذر والساق والأوراق ، ولكن فى صورة مصغرة غاية التصغير . ويسمى الجذر الجنينى جذيراً (Radicle) والساق الجنينية ريشة (Plumule) والأوراق الجنينية فلقات (Cotyledons) ، ويختلف عدد الفلقات فى النباتات مغطاة البذور ، فهى واحدة فى ذوات الفلقة الواحدة (Monocotyledons) وإثنتان فى ذوات الفلقتين (Dicotyledons) أما فى النباتات عاريات البذور فالعدد غير محدود ، إذ تحتوى بذور الصنوبر مثلا على (٣ — ١٧) فلقة حسب الأنواع .

ويختلف حجم الجنين ودرجة وضوح أجزائه فى بذور النباتات المختلفة ، فهو صغير جدا فى بذرة البلح رغم كبر البذرة ، ولا يمكن تمييز أجزائه بالعين

المجردة . وفى بذرة الخروع الجافة يتعذر تبين الريشة من الجذير . وعلى النقيض من ذلك يلاحظ أن جنين الفول والفاصوليا كبير واضح ، متميز الأجزاء .

الشروط اللازمة للإنبات

لاتستطيع البذور الإنبات إلا إذا توفرت لها شروط معينة ، أهمها مايأتى :

١ — **تمضية فترة سكون :** أو سبات بعد نضج الثمرة ، تختلف طولا وقصرا باختلاف النباتات ، ولا توجد سوى قلة من النباتات — كالصفصاف — هى التى لاتكاد تحتاج إلى فترة سكون على الإطلاق . على أن البذور إذا تركت دون استنبات أمدا طويلا فقد تفقد الأجنة حيويتها ، وبالتالى قدرتها على النمو والإنبات . وتختلف بذور النباتات المختلفة من حيث المدة التى تستطيع أن تحتفظ فيها بحيويتها ، فبعض البذور تبقى كامنة فصلا أو بضعة فصول ، وبعضها تبقى سنة أو عدة سنين ، ثم تنبت بعد ذلك إذا توفرت لها شروط الإنبات الأخرى .

٢ — **حيوية الجنين :** يجب أن يكون الجنين حيا لكى تنبت البذرة . فالبذور المتعفنة ، أو التى ثقبتها الحشرات وأكلت أجنتها أو أتلفتها ، لاتستطيع الإنبات ، وكذلك البذور التى احترقت أجنتها بالتأكسد البطىء لطول اختزانها ، ومن أمثلتها البذور التى وجدت فى قبور الفراعنة ، إذا اخذت أمثال هذه البذور ذوات الأجنة الميتة ، ووفرت لها جميع شروط الإنبات الأخرى ، فإنها لاتنبت .

٣ — **وفرة الماء :** الماء ضرورى للإنبات لأن التغيرات المختلفة التى تنطوى عليها هذه العملية لاتحدث إلا فى وجود الماء ، والدليل على ذلك أن البذرة إذا تركت فى تربة جافة فإنها لاتنبت ، أما إذا بللت التربة بالماء فإن الإنبات يحدث سريعاً إذا توفرت بقية الشروط .

٤ — **درجة حرارة ملائمة :** لكل نوع من أنواع النبات درجة حرارة تلائم إنبات بذوره . فنباتات المناطق الباردة مثلا تنبت فى درجات حرارة منخفضة ، أما نباتات المناطق الحارة فتنبت فى درجات عالية ، ولكل نبات حدان من درجات الحرارة لاتستطيع بذوره الإنبات إلا بينهما . ويختلف

هذان الحدان والبعد بينهما باختلاف الأنواع . وتخضع سرعة الإنبات — فى حدود معينة — لقانون « فانت هوف » (١) مثلها فى ذلك كمثل التغيرات الفيزيائية والكيميائية ، فتزداد بارتفاع درجة الحرارة ، حتى إذا بلغ الارتفاع حداً معيناً (حوالى درجة ٤٠° مئوية) بدأ البروتوبلازم يضار بالحرارة ، فيقل نشاطه ، وبذلك تهبط سرعة الإنبات ، وإذا استمر ارتفاع درجة الحرارة أكثر من ذلك فإن البروتوبلازم يتجمد ، فتموت البذور ويتوقف الإنبات .

٥ — وفرة الأكسجين : الأكسجين لازم لتنفس البذور أثناء الإنبات ، إذ أن الجنين كائن حى يتنفس كما تتنفس الأحياء . فإذا وضعت البذور فى ماء سبق غليه لطرد ما به من أكسجين ذائب ، ثم برد لدرجة الحرارة العادية ، فإنها لاتنبت ، وإذا شبعت التربة أو غمرت بالماء لدرجة امتلاء فراغاتها به امتلاء تاما — وحلوله فيها محل الهواء — كان ذلك عائقا لإنبات البذور ، لأن الأجنة فى تلك الحالة لاتجد الأكسجين اللازم لتنفسها .

وهناك عدا الشروط العامة سالفة الذكر شروط خاصة ، تقتصر على بعض النباتات دون البعض الآخر ، ومن أمثلتها أن بعض النباتات لاتستطيع الإنبات فى الماء الصافى ، بل يتعين وجود نسبة من الأحماض أو القلويات المخففة لكى تنبت البذور ، وفى حالات أخرى يلزم تعريض البذور فترة من الزمان لدرجة حرارة مرتفعة نوعا أو منخفضة نوعا قبل استنباتها .

وقد لوحظ فى بعض النباتات أن تعريض البذور لدرجة حرارة منخفضة — قبل زراعتها — يؤدى إلى تقصير دورة الحياة وزيادة المحصول ، ونعرف هذه الظاهرة بالارتباع ، (Vernalization) ، وتستغل اقتصاديا فى بعض الدول لإنتاج محصول مبكر من بعض النباتات ، وخاصة الحبوب .

---

(١) يسبب ارتفاع درجة الحرارة زيادة سرعة العمليات الكيميائية والفيزيائية والفسيولوجية . وقد وجد فانت هوف أن النسبة بين سرعة عملية ما عند درجة حرارة معينة وسرعتها عند درجة حرارة أقل منها بمقدار ١٠ درجات مئوية هى : (١,٢ — ١,٣) فى العمليات الفيزيائية والفسيولوجية ، و (٢ — ٣) فى العمليات الكيميائية . وقد أطلق على هذه النسبة اسم : « المعامل الحرارى » (Temperature coefficient) .

وهناك أنواع من البذور تحتاج إلى التعرض للضوء قبل الإنبات ، على أن تنقل بعد ذلك إلى الظلام ، وأنواع أخرى تضار بالتعرض للضوء ، أما بذور الطفيليات الجذرية — مثل الهالوك — فلا تنبت إلا بجوار العائل .

التغيرات التى تطرأ على البذرة أثناء الإنبات

تطرأ على البذرة عند إنباتها ثلاثة أنواع من التغيرات :

١ — تغيرات فيزيائية .

٢ — تغيرات كيميائية .

٣ — تغيرات أحيائية .

أما التغيرات الفيزيائية فتحدث فى كل البذور عند نقعها فى الماء أو وضعها فى تربة رطبة ، سواء كانت تلك البذور حية أم ميتة ، وتشمل هذه التغيرات امتصاص البذرة للماء وانتفاخها وازدياد حجمها ، وما يتبع ذلك من زوال التجعدات التى بالقصرة حتى تصبح ملساء ، ثم تمزقها بعد ذلك نتيجة ازدياد الضغط عليها من الداخل .

وأما التغيرات الكيميائية فتتلخص فى تحول المواد الغذائية المختزنة من صورة غير ذائبة إلى أخرى ذائبة ، حتى تستطيع بذلك أن تنفذ من خلال جدر الخلايا ليمتصها الجنين ، فيتغذى ويكبر . ذلك لأن الأصل فى اختزان المواد الغذائية — سواء فى الفلقات أو فى الإندوسبرم — أن تكون على صورة غير ذائبة ، فلكى يستفيد منها النبات النامى يلزم أن تتحول إلى الحالة الذائبة .

ويحدث التحول الغذائى بوساطة مواد خاصة — هى الإنزيمات (Enzymes) — تقوم بتكوينها المادة الحية فى أنسجة الفلقات أو غيرها من أجزاء البذرة الحية ، تلك الأجزاء التى تنشط نشاطاً ملحوظاً بعد امتصاصها للماء .

وأهم المواد الغذائية المختزنة هى النشاء ، وهو يحتاج إلى إنزيم الدياستيز لكى يتحول إلى سكر ، والمواد البروتينية التى تحتاج إلى إنزيم البروتيز لكى

تتحول إلى أحماض أمينية ، والدهون والزيوت ، وتتحول إلى جلسرين وأحماض دهنية بفعل إنزيم الليبيز ، والسليلوز الذى يتحول إلى سكر ثنائى بتأثير إنزيم السليوليز (Cellulase) ؛ أما نصف السليلوز فيتحول بانزيم السيتيز إلى سكرات أحادية .

ويوجد النشاء فى الحبوب ، كالذرة والقمح والشعير ، كما توجد المواد البروتينية فى بذور القرنيات ، كالفول والترمس والفاصوليا ، والزيوت فى بذور القطن والسمسم والخروع ، ونصف السليلوز فى البلح والدوم .

وأما التغيرات الأحيائية فهى أهم أنواع التغيرات جميعا ، ويسبقها دائماً النوعان الآخران ، وفيها تنشط الخلايا الإنشائية التى يتكون منها الجنين . فتنقسم ، ثم تزداد الخلايا الناتجة فى الحجم ، ونتيجة لهذا النمو تظهر الريشة فوق سطح الأرض ، ويضرب الجذير فى باطنها ، وبذلك تتحول البذرة إلى بادرة ، وتكبر البادرة وتكون أوراقا خضراء ، وتتحول بالتدريج إلى نبات مستقل ، يعتمد على نفسه فى تجهيز غذائه .

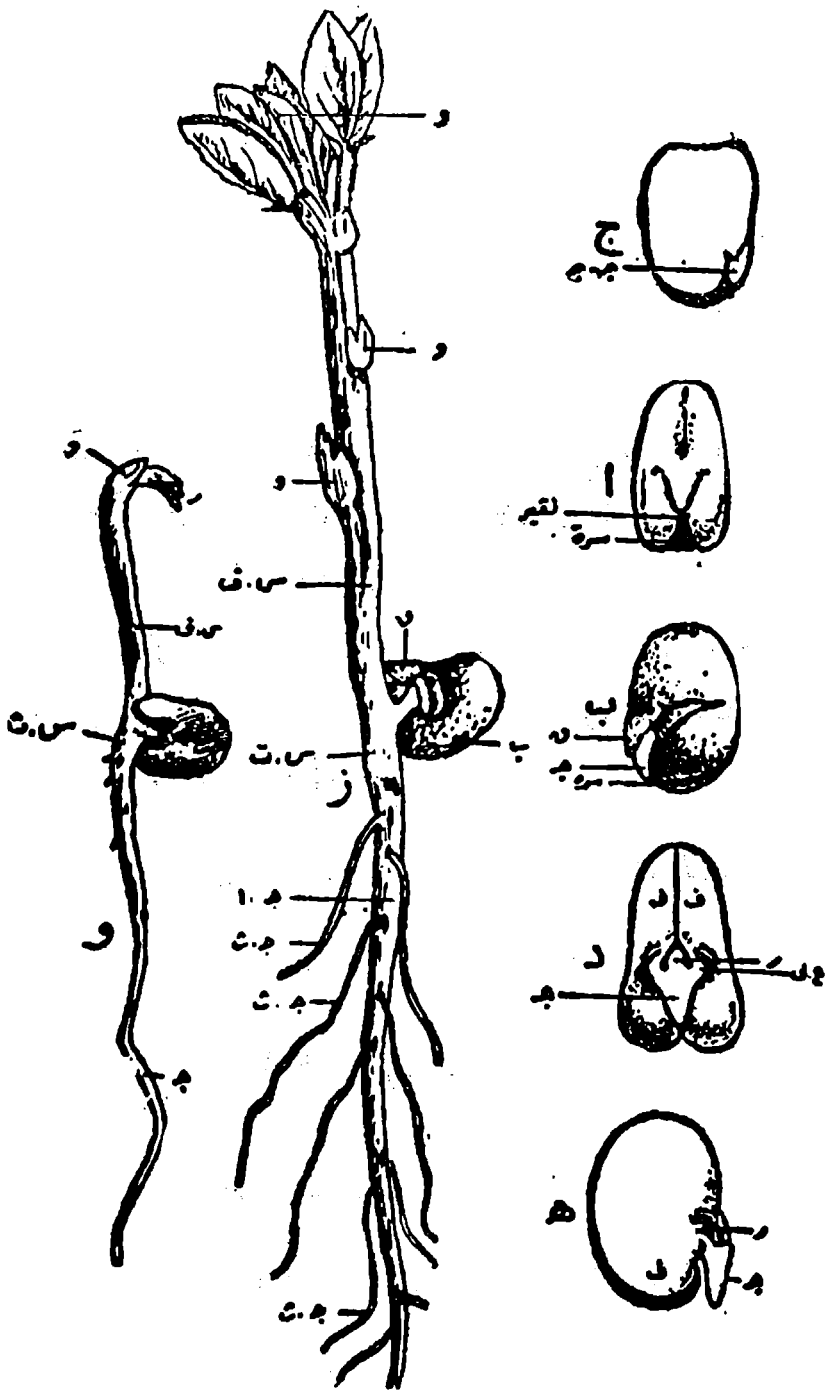
ولتوضيح طرق الإنبات وأدواره فى بذور النباتات المختلفة نضرب الأمثلة الآتية :

أولا – بذور ذوات الفلقتين

١ – بذرة الفول (vicia fapa) :

بذرة الفول مستطيلة قليلا ومفلطحة ، لها وجهان عريضان وجانبان ضيقان ، وهى لا إندوسبرمية ، تتكون من جنين تحيط به قصرة جلدية ، وبأحد طرفيها ندبة سوداء مستطيلة ، تعرف بالسرة (Hilum) ، تحدد موضع اتصال البذرة بجدار الثمرة عن طريق الحبل السرى (Funicle) . ويوجد على أحد الجانبين الضيقين بقرب السرة انتفاخ مثلث الشكل ، يحدد موضع الجذير تحت القصرة (شكل ٢ : ١)

(شكل ٢)



بذرة الفول وأطوار انباتها : (ا) منظر جانبى للبذرة ، (ب) و(ج) منظران أماميان ، (د) منظر جانبى لبذرة منقوعة نزعت عنها القصرة ، (هـ) منظر أمامى لبذرة منقوعة نزعت عنها قصرتها، كما نزعت الفلقة الأمامية لإظهار الريشة . (و ـ ز) طوران من أطوار الإنبات، (ج) جذير ، (ج.ج) جيب الجذير ، (ر) ريشة ، (س.ث) سويقة تحت فلقية ، (س . ف) سويقة فوق فلقية، (ع .ف) عنق الفلقة، (ف) فلقة ، (ق) قصرة ، (ج .ث) جذر ثانوى.

إذا نقعت بذرة الفول الجافة فى الماء وقتاً كافياً امتصته وانتفخت ، فزاد حجمها ، وأصبحت قصرتها طرية ملساء يسهل نزعها . وإذا ضغطت البذرة المنقوعة بين السبابة والإبهام لوحظ خروج الماء من ثقب ضيق جداً فى قمة الانتفاخ المثلث الدال على موضع الجذير ، يعرف بالنقير (Micropyle) شكل (٢ : ا) ، وهو يقع بين قمة الجذير وطرف السرة ، ولا يرى بالعين المجردة ، وإنما يستدل على موقعه بخروج الماء منه فى البذرة المنقوعة ، وخروج فقاعات هوائية دقيقة إذا وضعت البذور الجافة فى كأس به ماء ثم سخن ذلك الماء ، لأن الهواء الذى بداخل البذرة يتمدد بالحرارة فلا يجد له مخرجا سوى ثقب النقير .

وإذا نزعت القصرة عن البذرة المنقوعة انكشف الجنين ، وظهرت الفلقتان لحميتين مكتنزتين بالمواد الغذائية — وهى هنا مواد بروتينية ونشوية — وبينهما تختبىء الريشة ، بينما يبقى الجذير ظاهراً خارجهما . ويلاحظ أن الجذير يستقر فى نمد داخلى من القصرة ، يعرف بجيب الجذير (Radicle pouch) فى قمته ثقب النقير (شكل ٢ : ج) .

وباستمرار انتفاخ البذرة المنقوعة تتمزق القصرة ، ويبدأ التمزق عادة فوق الجذير عند النقير (شكل ٢ : ب) ، والسبب فى ذلك أن الجذير أكثر أعضاء الجنين امتصاصا للماء ، لقربه من النقير ، وهو لذلك أكثرها انتفاخا وضغطا على القصرة . وبتمزق القصرة يبرز الجذير إلى الخارج ، وينمو فى التربة بسرعة ، متجها إلى أسفل بتأثير الجاذبية الأرضية : ثم يستطيل عنقاً الفلقتين وينفرجان قليلا فتتحرر الريشة من مكمنها بينهما (شكل ٢ ؛ د ، هـ) وتبدأ فى الاستطالة والخروج من البذرة . وتكون الريشة مقوسة فى البادرة الصغيرة (شكل ٢ : و) بحيث تنحنى قمتها النامية إلى أسفل ، فلا تتعرض للتمزق بسبب الاحتكاك بالتربة أثناء اختراقها لها ، ويستمر نمو الريشة حتى تبلغ سطح الأرض ، وعندئذ تبدأ ساقها فى الاعتدال (شكل ٢ : ز) ، ويختفى التقوس بالتدريج ، ثم لاتلبث أن تعطى أوراقاً خضراء ، وتتحول رويدا إلى مجموع خضرى ، مكون من ساق وأوراق وبراعم إبطية وطرفية .

وتختلف الورقتان اللتان تكونهما البادرة فى أول تكشفها ، وهما المعروفتان بالورقتين الأوليتين Prophylls (و — شكل ٢ : ز) ؛ عن الأوراق التى تتكون بعد ذلك ، إذ أنهما أصغر حجما وأبسط تركيبا من الأوراق العادية لنبات الفول . كما أنهما جالستان غير مؤذنتين ، ذواتا قاعدتين عريضتين تلتفان حول جزء كبير من محيط الساق ، وحافة مشرشرة غير منتظمة . أما الأوراق العادية لنبات الفول فهى كبيرة مركبة ، ومؤذنة معنقة .

وتبقى الفلقتان تحت الأرض فى حالة الفول ، ولذلك يسمى الإنبات أرضياً (Hypogeal) ، ويفصل الجذير عن الفلقتين جزء من محور البادرة يعرف بالسويقة تحت الفلقية (Hypocotyl) (س. ت — شكل ٢ : ز) ، وهى تقع أسفل الفلقتين وتظل قصيرة فى الفول وفى جميع حالات الإنبات الأرضى بوجه عام . أما جزء المحور الذى يقع فوق الفلقتين ، ويفصلهما عن الورقة الأولية السفلى ، فيسمى السويقة فوق الفلقية (Epicotyl) (س . ف — شكل ٢ : ز) .

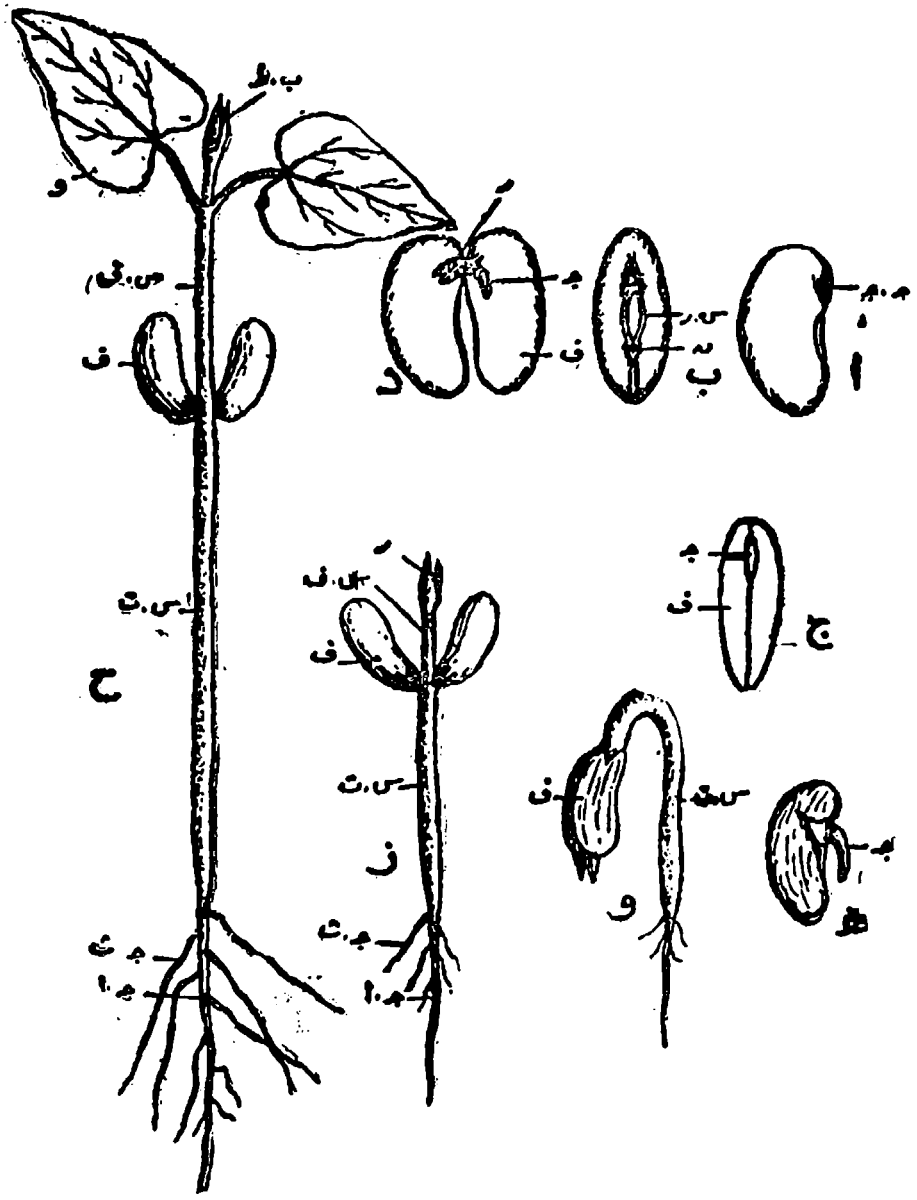
ويستنفد الغذاء المختزن فى الفلقتين تدريجيا فى تغذية الجنين أثناء الإنبات ، وينتهى بهما الأمر إلى الضمور والذبول عندما يصبح الجذر قادرا على الامتصاص والأوراق قادرة على التمثيل .

٢ — بذرة الفاصوليا (Phaseolus vulgaris) :

هى بذرة كلوية الشكل (شكل ٣ : ا) . بيضاء مغطاء بقصرة جلدية ، لها وجهان عريضان ، وجانبان ضيقان كبذرة الفول ، وفى وسط أحد الجانبين الضيقين ندبة غير داكنة ، هى السرة (شكل ٣ : ب) ، وعند أحد طرفى السرة يوجد انتفاخ صغير مثلث الشكل يدل على موضع الجذير ، كما يوجد النقير فى رأس ذلك المثلث .

وإذا نقعت البذرة الجافة فى الماء امتصته وانتفخت وزاد حجمها . وأصبحت ملساء لينة ؛ وزال مابها من تجعدات . وإذا نزعت القصرة عن البذرة المنتفخة وجد الجنين وحده بداخلها ، مما يدل على أن البذرة « لاإندوسبرمية » ، ويتكون الجنين هنا — كما فى الفول — من فلقتين متشحمتين

(شكل ٣)

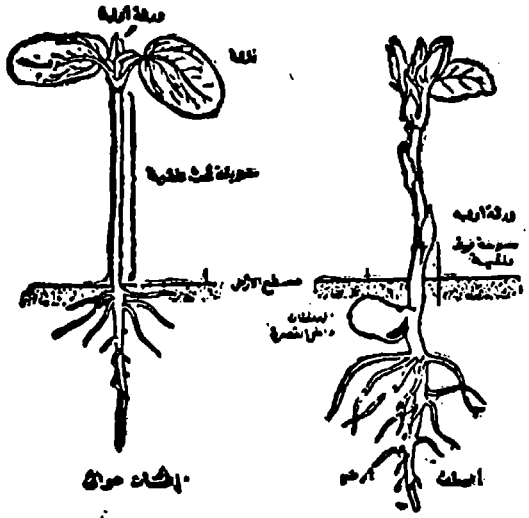


بذرة الفاصوليا وأطوار إنباتها . (ا) منظر أمامى للبذرة ، (ب) منظر جانبى ، (ج) منظر جانبى لبذرة منقوعة نزعت عنها القصرة ، (د) بذرة منقوعة نزعت عنها القصر وانفرجت الفلقتان، (ه) الطور الأول فى الإنبات وقد تمزقت القصرة فوق الجذير وبدأ الأخير فى الخروج من البذرة والنمو إلى أسفل ، (و ـ ح) أدوار متعاقبة فى الإنبات، (ب.ط) برعم طرفى ، (ج) جذير ، (ج ا) جذر ابتدائى ، (ج.ث) جذر ثانوى ، (ج.ج) جيب الجذير ، (ر) ريشة ، (س.ث) سويقة تحت فلقية ، (س . ر) سرة . (س . ف) سويقة فوق فلقية ، (ف) فلقة ، (ن) نقير ، (و) ورقة .

لاختزانهما المواد الغذائية . وهى مواد بروتينية ونشوية ، ومن ريشة صغيرة مختبئة بين الفلقتين (شكل ٣ : د) وجذير رفيع مدبب الطرف خارجهما (شكل ٣ : ج) . وتلتقى الريشة والجذير والفلقتان جميعا فى نقطة واحدة .

وإذا استنبتت البذرة تمزقت القصرة بالقرب من الجذير (شكل ٣ : هـ) نتيجة لانتفاخ الجنين وضغطه عليها ، واستطال الجذير وامتد فى التربة إلى أسفل ، ونمت السويقة تحت الفلقية سريعاً إلى أعلى حاملة معها الفلقتين والريشة (شكل ٣ : و) ، وتكون تلك السويقة فى أول الأمر منحنية إلى أسفل فتحمى الريشة من الاحتكاك المباشر بحبيبات التربة ، ثم لاتلبث الفلقتان أن تظهرا فوق سطح الأرض ، وعندئذ تستقيم السويقة وتنفرج الفلقتان ، فتتعرض الريشة للضوء والهواء (شكل ٣ : ز) . وتضمر الفلقتان شيئاً فشيئاً ، ثم لا تلبثان أن تسقطا بعد أن يكون قد استنفد كل ما بهما من غذاء مدخر أثناء الأطوار الأولى للإنبات ، وفى الوقت نفسه تخضر الريشة وتكبر ، وتتميز فيها الساق والأوراق الخضراء . وبذلك تتحول تدريجياً إلى مجموع خضرى ، كما يتفرع الجذير ويستمر فى النمو تحت الأرض حتى يتحول إلى

(شكل ٤)



رسم توضيحي يبين الفرق بين الإنبات الأرضى والإنبات الهوائى من حيث موضع البذرة وطول السويقة تحت الفلقية

مجموع جذرى (شكل ٣ : ح) . ويسمى إنبات الفاصوليا هوائيا (Epigeal) لأن الفلقتين تظهران فى الهواء فوق سطح الأرض .

ويوضح (شكل ٤) الفرق بين الإنبات الأرضى والإنبات الهوائى

٣ — بذرة الترمس (Lupinus termis) :

تشبه بذرة الترمس فى شكلها بذرة الفول إلى حد ما ، سوى أنها أعرض وأكثر استدارة ؛ ويختفى نقيرها تحت نتوء من القصرة يغطى السرة (شكل ٥ : و) ، وهى بذرة لا إندوسبرمية ، ذات قصرة بيضاء جلدية متجعدة ؛ تزول تجعداتها وتصبح ماساء طرية عندما تنقع فى الماء وتنتفخ .

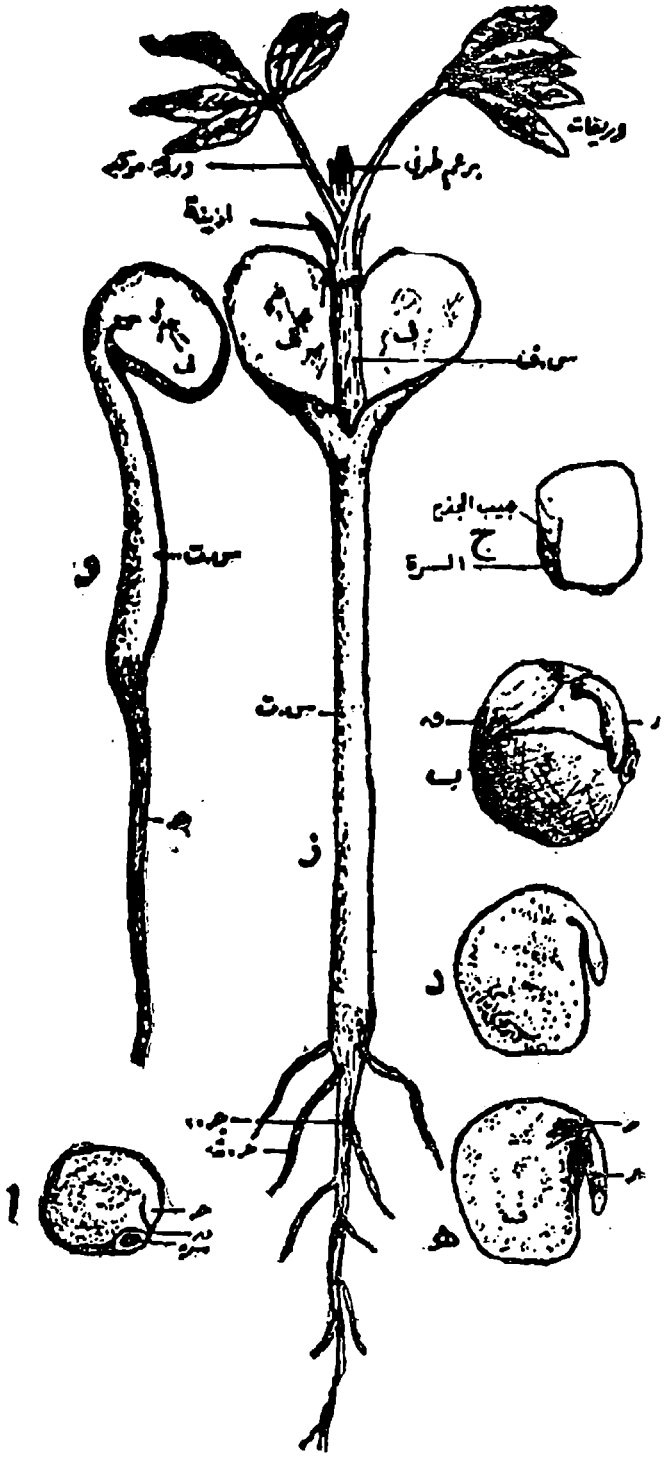
وتوجد السرة فى أحد أركان البذرة ، ويختبىء الجذير — كما فى الفول — فى جيب داخلى من القصرة ، فى قمته ثقب النقير (شكل ٥ : ج) . وتتمزق القصرة عند الإنبات بالقرب من الجذير (شكل ٥ : ب) وتنمو السويقة تحت الفلقية سريعاً إلى أعلى ، حاملة الفلقتين فوق سطح الأرض (شكل ٥ : و) ، أى أن الإنبات هنا هوائى كما فى الفاصوليا .

وتخضر الفلقتان قليلا عندما تتعرضان للضوء ، وتنفرجان لتظهرا الريشة ، ولكنهما لاتلبثان أن تضمرا وتسقطا ؛ وتتحول الريشة بالتدريج إلى مجموع خضرى ، مكون من ساق وأوراق راحية مركبة ، فى كل ورقة خمس وريقات ، ومن براعم إبطية وطرفية ، كما يتحول الجذير بالتدريج إلى مجموع جذرى ، يتغلغل فى الأرض ويتفرع (شكل ٥ : ز) .

٤ — بذرة الخروع (Ricinus communis) :

بذرة الخروع بيضية مستطيلة نوعاً ، وتنتهى فى أحد طرفيها بانتفاخ إسفنجى أبيض . يسمى البسباسة (Caruncle) ، يخفى تحته السرة والنقير (شكل ٦ : ا) ، والبسباسة تمثل تضخما فى قاعدة الحبل السرى ، الذى يوصل البذرة بالمشيمة (Placenta) على السطح الداخلى لجدار الثمرة .

(شكل ٥)



بذرة الفرمس وأطوار إنباتها : (ا — ج) منظر سطحي للبذرة ، (د ـ ز) أطوار الإنبات المتتالية ، (ج) جذير ، (ج . ا) جذر ابتدائي ، (ج . ث) جذر ثانوي ، (س . ت) سويقة تحت فلقية (ر) ريشة ، (ف) فلقة ، (ق) قصيرة ، (ن) نقير

والقصرة رقيقة سهلة الكسر ، بنية اللون مزركشة ؛ إذا نزعت وجد بداخلها جسم أبيض ، مغطى بغشاء رقيق يعرف بالشغاف (Tegmen) ، وبداخل الشغاف يوجد الإندوسبرم ، وهو نسيج ثخين يغلف الجنين ، ويختزن به زيت الخروع المعروف وكذلك المواد البروتينية ، كغذاء مدخر يعتمد عليه الجنين أثناء الإنبات ، فبذرة الخروع إذن بذرة إندوسبرمية .

وإذا قطت البذرة بعد تقشيرها قطعاً طولياً منصفا ، وموازياً للسطحين العريضين ، أمكن رؤية الجنين . وهو يتكون كما فى (شكل ٦ : ب) من فلقتين غشائيتين ، بهما تعرق واضح ، يحيط بهما الإندوسبرم من الخارج ، ويفصلهما فراغ ، كما يشاهد فى قطاع مستعرض (شكل ٦ : ج) . وتتصل الفلقتان عند الطرف القريب من البسباسة بالجذير والريشة ، وهما هنا صغيران غاية الصغر (وخاصة الريشة) . وتقع قمة الجذير — وهو هنا جسم مخروطى صغير أبيض — تحت البسباسة مباشرة .

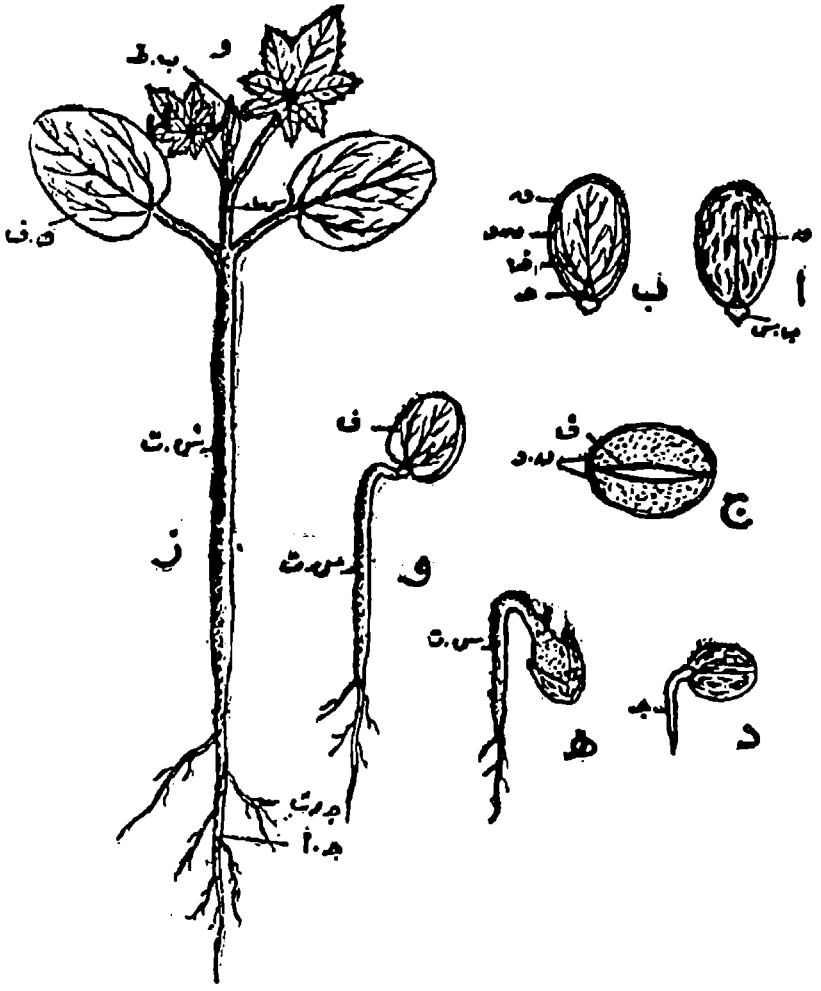
وعندما تستنبت بذرة الخروع تمتص البسباسة الماء وتنقله إلى الجنين والإندوسبرم ، فيكبران وينتفخان ، ويضغطان على القصرة حتى تنكسر ، ويخرج منها الجذير متجها إلى أسفل (شكل ٦ : د) ، ثم يعقب ذلك نمو السويقة تحت الفلقية واستطالتها وتقوسها (شكل ٦ : هـ) ؛ وتتعلق الفلقتان — ومن خارجهما الإندوسبرم وما يغلفه من بقايا القصرة — بطرف السويقة (شكل ٦ : هـ ، و) ، وتنسحبان خلفها أثناء نموها إلى أعلى تجاه سطح الأرض .

وتظهر بقية البذرة فى النهاية فوق الأرض — أى أن الإنبات هنا هوائى — وتستقيم السويقة ، ثم تنفض الفلقتان عنهما بقايا الإندوسبرم والقصرة ، وتنفرجان لتعرضا سطحيهما للضوء والهواء ، فتخضران وتكبران ، وتقومان بدور هام فى عملية التمثيل ، وتعرفان حينئذ بالورقتين الفلقيتين (Cotyledonary leaves) (شكل ٦ : ز) ، وتبقيان على النبات مدة طويلة ، وفى ذلك تختلفان عن فلقات البذور السابقة (اللاإندوسبرمية) ، كالفول والفاصوليا ، التى تقتصر وظيفتها على اختزان المواد الغذائية وتزويد الجنين بها فحسب .

وتستمد الفلقتان غذاءهما أثناء الإنبات من الإندوسبرم الملاصق لهما ، إذ يمتص الإندوسبرم الماء من التربة ، ومن ثم تنشط الأنزيمات ، فتحلل المواد الغذائية المدخرة إلى مواد بسيطة ذائبة يمتصها الجنين النامى .

ويتأخر نمو الريشة بعض الشيء فى حالة الخروع وغيره من حالات البذور الإندوسبرمية ، ولكنها تكبر فى النهاية ، وتتحول بالتدريج إلى مجموع خضرى مكون من ساق وبراعم وأوراق مفصصة ، وفى الوقت نفسه ينمو الجذير إلى مجموع جذرى كامل .

(شكل ٦)

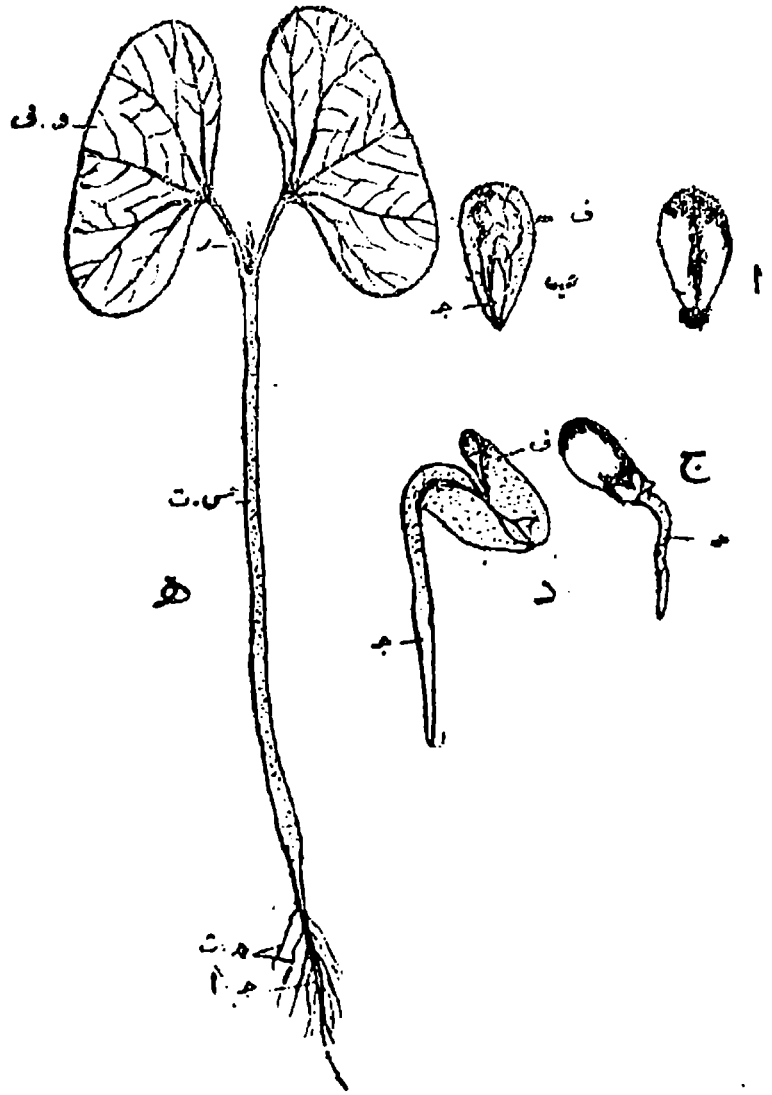


بذرة الخروع وأطوار إنباتها : (ا) منظر سطحى للبذرة ، (ب) قطاع طولى فيها موازى لسطح العريض ، (ج) قطاع مستعرض فى البذرة ، (د — ز) أطوار الإنبات المختلفة . (ب . س) بسباسة ، (ب . ط) برعم طرفى ، (ج) جذير ، (ج . ا) جذر ابتدائى ، (ب . ج) جذر ثانوى ، (س . ت) سويقة تحت فلقية ، (س . ف) سويقة فوق فلقية ، (ف) فلقة ، (ق) قصرة ، (ن . د) إندوسبرم ، (و) ورقة . ، (وف) ورقة فلقية .

٥ — بذرة القطن (Gossypium barbadense) :

بذرة القطن الجافة بنية اللون داكنة ، مخروطية الشكل (شكل ٧ : ١) ، تغطى سطحها شعور بيضاء غزيرة ، هى ألياف القطن المعروفة ، وهى تمثل امتدادات طويلة أنبوبية لخلايا بشرة القصرة ، ويوجد النقير فى طرف البذرة المدبب . وتمتد السرة بثلث طول البذرة من جهة النقير .

(شكل ٧)



بذرة القطن وأطوار إنباتها : (ا) منظر خارجى للبذرة ، (ب) قطاع طولى فيها ، (ج — هـ) أطوار الإنبات المختلفة ، (جـ) جذير ، (جـ ا) جذر ابتدائى ، (جـ ث) جذر ثانوى ، (ر) ريشة ، (س.ث) — ويقة تحت فلقية ، (ف) فلقة ، (و.ف) ورقة فلقية .

وإذا نزعنا القصرة نجد الجنين بداخلها ، مغلفا بغشاء رقيق أبيض ، هو بقايا الإندوسبرم . وتمتلىء البذور الناضجة امتلاء تاما بالجنين ، فيما عدا ذلك الغشاء الإندوسبرمى الرقيق ، وتعتبر بذرة القطن إندوسبرمية فى الأطوار المبكرة من تكونها ، لأنها تحتوى إذ ذاك على إندوسبرم ظاهر وغنى بالمواد الغذائية ، غير أن معظم هذا الإندوسبرم يستنفد بعد ذلك فى تغذية الجنين . ويتم استهلاكه قبل أن تنضج البذرة وتدخل فى طور السكون ؛ فلا يبقى منه فى البذرة الناضجة غير ذلك الغشاء الرقيق الذى سبق ذكره ، والذى يعرف أحيانا بالشغاف . وفى ذلك تختلف بذرة القطن عن بذور النباتات الأخرى التى يظل جنينها صغيرا وغذاؤها مدخرا لايستعمل إلا وقت الإنبات .

وجنين القطن (شكل ٧ : ب) كبير نسبياً إذا قورن بأجنة النباتات الأخرى . فالفلقتان رقيقتان ، وسطحهما كبير ، ولذلك تلتفان داخل البذرة لفات عديدة ، وتتغضنان لكثرة الالتفاف والتضاغط فى حيز ضيق ، أما الجذير فكبير نسبياً ويقع فى الطرف القريب من النقير ، وتحتوى جميع أعضاء الجنين خلايا زيتية ، بها زيت بذرة القطن المعروف ، الذى يمثل الغذاء المدخر فى البذرة ، ويستدل على وجوده بضغط بذرة مقشرة على قطعة من الورق وملاحظة تكون بقع زيتية عليها .

ويعتبر إنبات بذرة القطن هوائياً ، لأن الفلقتين تظهران فوق سطح الأرض ، نتيجة لاستطالة السويقة تحت الفلقية (شكل ٧ : ج ، د،ه) . وتنثنى تلك السويقة فى أطوار الإنبات الأولى (شكل ٧ : ج ، د) ، ثم تستقيم بعد بلوغها سطح الأرض (شكل ٧ : ه) ،وتنفرج الفلقتان لإظهار الريشة وتعريضها للضوء والهواء ، ثم تواصل الريشة والجذير نموهما ، لتكون الأولى المجموع الخضرى ، ويكون الثانى المجموع الجذرى للنبات . والأوراق الفلقية فى القطن عريضة خضراء كلوية الشكل ، تقوم بعملية البناء الضوئى . كفلقات الخروع ، ويمكن مشاهدة بقع داكنة على الفلقتين والسويقة تحت الفلقية .

ثانياً — بذور ذوات الفلقة الواحدة

حبة الذرة (Zea mays) :

تعتبر حبة الذرة ثمرة كاملة من نوع البرة ، التحمت فيها القصرة التحاما تاما بجدار الثمرة ، وهى عريضة مفلطحة ، أحد طرفيها مدبب ، تتصل عنده الحبة بالقولحة . والطرف الآخر مستدير ، توجد بوسطة على أحد الوجهين ندبة دقيقة بارزة هى بقايا القلم الذى جف وضمر . وفى وسط السطح العريض يوجد منخفض بيضى الشكل يحدد موضع الجنين ، ويغطيه غشاء رقيق ، هو غلاف الحبة الذى يمثل القصرة وجدار الثمرة الملتحمين (شكل ٨ :ا) .

وإذا نقعت الحبة فى الماء امتصته فـــلانت وانتفخت وزاد حجمها . وإذا نصفت الحبة المنقوعة طوليا فى مستوى عمودى على السطح العريض — ومار بمنتصف المنخفض البيضى — ظهرت أجزاؤها على السطح المقطوع ، وأمكن فحصها ودراستها (شكل ٨ : ج) .

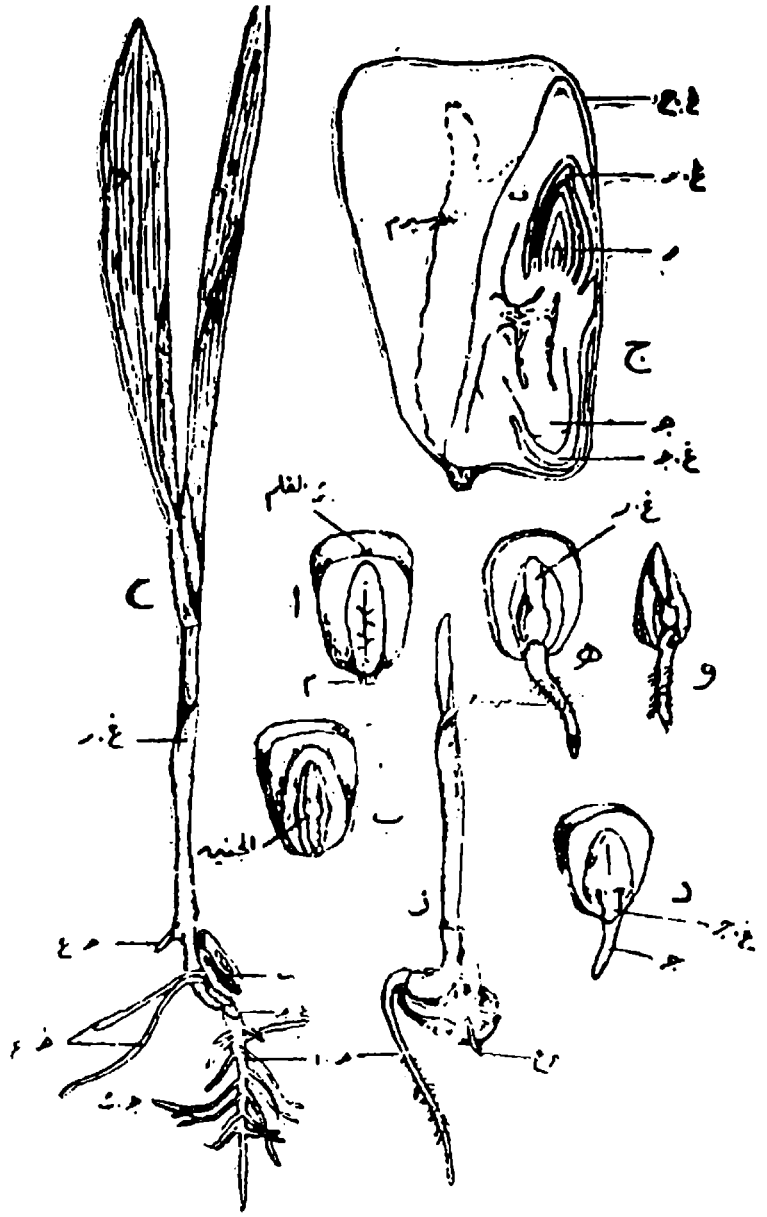
وحبة الذرة إندوسبرمية ، يملأ الإندوسبرم جانبا كبيرا منها ، بعضه نشوى أبيض يعرف بالأندوسبرم الدقيقى (Mealy endosperm) ، والبعض الآخر زلالى شفاف عديم اللون شديد الصلابة فى الحبة الجافة ويعرف بالإندوسبرم القرنى (Horny endosperm) . ويشغل الجنين الجزء الداخلى القريب من الطرف المدبب ويتكون من ريشة وجذير ، كل منهما داخل غمد خاص به ، ومن فلقة واحدة تعرف بالقصعة (Scutellum) ، تمتد ملاصقة للإندوسبرم عند الجانب الداخلى للريشة والجذير .

ويتصل بالجنين عند موضع اتصال الريشة بالجذير نتوء صغير يكمن تحت الغلاف ، ويمثل أصل الجذور العرضية فى الجنين .

وتفرز القصعة فى الحبة المستنبتة إنزيمات تحلل الغذاء المدخر فى الإندوسبرم وتحيله إلى حالة ذائبة تجعله قابلا للانتشار ، فيمتصه الجنين وينمو ، ويتحول إلى بادرة .

وفى تكوين البادرة الصغيرة يمتص الجنين الماء فينتفخ ، ويضغط على غلاف الحبة فيمزقه ، ويمتد الجذير داخل غمده إلى أسفل مهما كان وضع الحبة فى التربة (شكل ٨ : د — و) ، ثم لايلبث غمد الجذير أن يتمزق

(شكل ٨)



حبة الذرة وأطوار انباتها : (أ) منظر خارجى للحبة الجافة ، (ب) منظر خارجى للحبة المنقوعة ، (ج) اطباع طولى فى حبة الذرة مواز للسطح الضيق ومار بالجنين ، (د — ح) أدوار الإنبات المختلفة ، (ج) الجذير ، (ج . ا) ، جذير ابتدائى ، (ج . ث) جذير ثانوى ، (ج . ع) جذير عرضى (ر) الريشة ، (ش . ج) شعيرات جذرية ، (غ . ج) غمد الجذير ، (غ . ح) غلاف الحبة ، (غ . ر) غمد الريشة ، (ف) فلقة ، (م) موضع اتصال الحبة بالفوطة

ويخرج منه الجذير نفسه ، ويواصل نموه مكونا الجذر الابتدائى كما تمتد الريشة إلى أعلى داخل نعمدها ، ويساعد طرف الغمد الحاد المدبب على اختراق التربة حتى تظهر الريشة فوق سطح الأرض دون أن يصيبها أى تمزق . وتعتمد الريشة والجذير فى نموهما على الغذاء الذى يمتصانه من الحبة . وتظل الأخيرة تحت سطح الأرض حتى ينفد مابها من غذاء مدخر ، فتضمر وتجف. فإنبات حبة الذرة إذن إنبات أرضى .

وباستمرار نمو البادرة يتفرع الجذر الابتدائى **ليعطى** جذوراً ثانوية وجذيرات تتغلغل فى التربة ، كما تظهر على التوالى جذور عرضية ، تنشأ من الجنين عند موضع اتصال الريشة بالجذير ، وتنمو أسرع مما ينمو الجذر الابتدائى الناشىء من الجذير نفسه ، ولا تلبث أن تحل محله مكونة المجموع الجذرى لنبات الذرة ، وهو مكون من عدد من الجذور الليفية أو الخيطية ، تكاد تتساوى فى الغلظ والطول ، كذلك تتحول الريشة بالتدريج إلى مجموع خضرى تتميز فيه الساق والأوراق (شكل ٨ : ج) ، والأخيرة ذات أنصال ضيقة مستطيلة ، متوازية التعرق ، وأغماد مغلفة للساق .

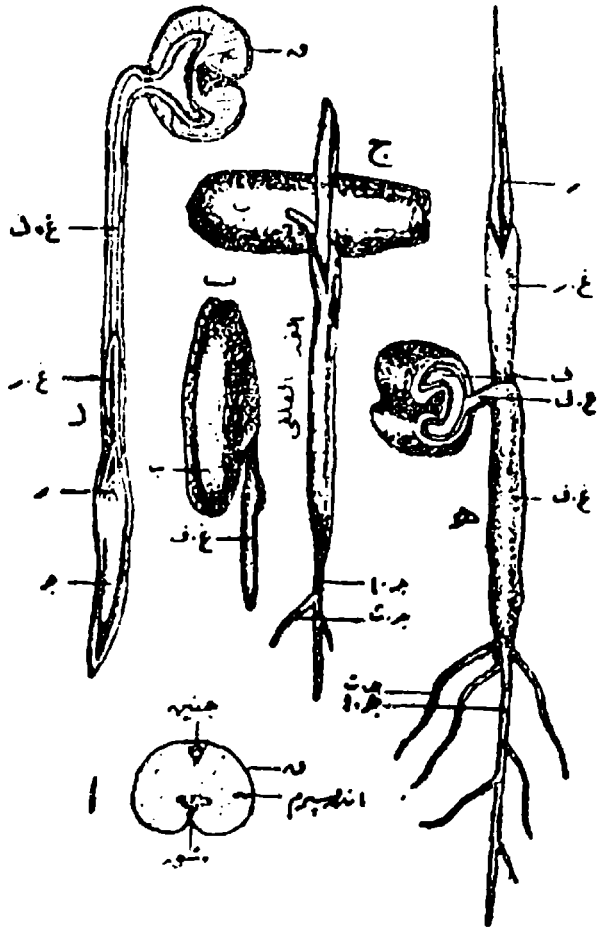
وتشبه حبة القمح فى إنباتها حبة الذرة إلى حد كبير .

٧ — بذرة البلح (Phoenix dactylifera) :

بذرة البلح مستطيلة ، مغطاة بقصرة بنية داكنة ، أحد سطحيها محدب ، والآخر به شق طولى بداخله بقايا أغلفة جافة (شكل ٩ : أ) . وعلى السطح المحدب — فى ثلث طول البذرة تقريبا — توجد بقعة منخفضة قليلا ، صغيرة ومستديرة ، تحدد موضع الجنين .

وإذا قطعت البذرة الجافة قطعاً مستعرضاً مارا بموضع الجنين — وفحص السطح المقطوع — شوهد الجنين كجسم أبيض دقيقى ، ملامس للقصرة ، يحيط به إندوسبرم قرنى من مادة صلبة نصف شفافة ، تشغل البذرة جميعها ، عدا حيز ضئيل لايكاد يذكر ، يشغله الجنين ، ويتكون الإندوسبرم من مواد نصف سليلوزية (Hemicellulose) . ولا يمكن فى البذرة الجافة تمييز أجزاء الجنين بالعين المجردة لصغرها .

(شكل ٩)



بذرة البلح وأطوار إنباتها . (ا) قطاع مستعرض فى بذرة البلح ، (ب ـ ه) أطوار الإنبات المختلفة . (ب) بذرة ، (جـ) جذير ، (جـ . ا) جـذير ابتدائى ، (جـ . ث) جذير ثانوى ، (ر) ريشة ، (ع ف) عنق الفلقة ، (ع . ر) غمد الريشة ، (غ . ف) غمد الفلقة ، (ف) فلقة ، (ق) قصرة .

وعندما تستنبت البذرة ، تمتص المـــاء ، فيفرز الجنين إنزيمات تحلل الإندوسبرم من حوله ، ثم يمتصه فى حالة ذائبة فيكبر ،وتظهـــر أجزاؤه بوضوح ويستغرق إنبات بذرة البلح وقتاً أطول مما يستغرقه إنبات البذور الأخرى التى سبق وصفها .

ويكبر الجنين بالتدريج على حساب الإندوسبرم ، ويخرج منه جزء إلى خارج البذرة — يعرف بغمد الفلقة (Cotyledonary sheath) (شكل ٩ : ب ـ ه) — يحتوى الريشة داخل غمدها ، وكذلك الجذير ، ويغلفهما تغليفاً تاما. ويظل

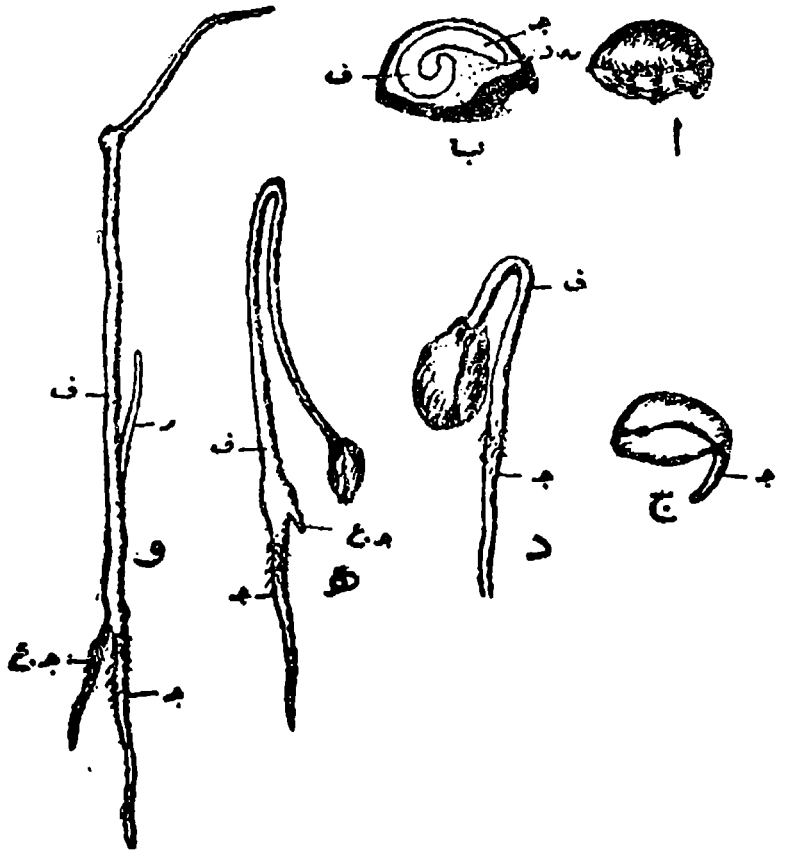
جزء من الفلقة داخل البذرة ويعرف بالجزء الماص (Absorbing part) ، ويتخذ شكلا هلاليا (شكل ٩ : ب — هـ) . ووظيفة هذا الجزء إفراز الإنزيمات وإذابة الإندوسبرم ثم امتصاصه وتوصيله إلى بقية أجزاء الجنين . ويتصل الجزء الماص بالغمد الخارجي بوساطة عنق قصير ، يسمى عنق الفلقة (Cotyledonary stalk) (شكل ٩ : هـ) ، ويكبر الجزء الماص بالتدريج على حساب الغذاء المختزن حتى يشغل جميع فراغ البذرة .

وباستمرار الإنبات ينمو الجذير إلى أسفل ، مكونا جذراً ابتدائياً ، تخرج منه جذور ثانوية صغيرة وجذيرات ، وذلك هو المجموع الجذرى . أما الريشة فتتجه إلى أعلى — وهى ما تزال فى غمدها — مخترقة غمد الفلقة بعد تمزيقه ، ثم يتبع ذلك تمزق غمد الريشة وظهور الورقة الخوصية الأولى (شكل ٩ : هـ) . وبذلك تتحول الريشة بالتدريج إلى مجموع خضرى . ويلاحظ أن إنبات البلح أرضى ، لأن البذرة تبقى باستمرار تحت سطح الأرض . ولا تلبث المادة الغذائية التى بها أن تنفد ، مما يؤدى إلى ضمورها وجفافها .

٨ — بذرة البصل (Allium cepa)

بذرة البصل صغيرة سوداء غير منتظمة ، توجد بأحد أركانها ندبة غائرة تمثل السرة (شكل ١٠ : ا) . وعندما تنقع البذرة فى الماء تمتصه وتنتفخ وتصبح لينة ، فإذا قطعت طوليا فى وسطها لوحظ أن قصرتها السوداء تغلف كتلة من الإندوسبرم ، يستقر فى وسطها الجنين (شكل ١٠ : ب). والجنين هنا ملتو مستطيل ، مدبب الطرفين . وجزؤه القريب من السرة يمثل الجذير ، أما الجزء البعيد فيمثل الفلقة وبداخلها الريشة . وتلتقى أجزاء الجنين الثلاثة فى موضع واحد ، أقرب إلى الطرف الذى به السرة منه إلى الطرف الآخر . وتحتوى الريشة على عدد من الأوراق البرعمية الجوفاء ، يغلف بعضها بعضاً .

(شكل ١٠)



بذرة البصل وأطوار إنباتها : (ا) الشكل الخارجي للبذرة ، (ب) قطاع طولى فى بذرة منقوعة ، (ج — و) أطوار الإنبات المتعاقبة : (ج) جذير . (ج . ع) جذر عرضى ،(ر) ريشة ، (ف) فلقة ، (ن) إندوسبرم .

وعندما تستنبت البذرة ، يكون الجذير أسبق الأعضاء إلى إمتصاص المـــاء والنمو ، وتؤدى إستطالته إلى إختراقه القصرة عند السرة ، والبروز خارج البذرة (شكل ١٠ : ج) « وتلى الفلقة الجذير فى الظهور . وتستطيل بسرعة حتى يصل طولها إلى بضعة سنتيمترات ، وتبدو خضراء اسطوانية . والفلقة هنا غمدية وتغلف الريشة فى أطوار الإنبات المبكرة ، وتبدو منحنية فى أول الأمر (شكل ١٠ : و) ، تجر خلفها بقايا البذرة أثناء نموها إلى أعلى تجاه سطح الأرض . ويؤدى طرف الفلقة — الذى يبقى داخل البذرة — وظيفة الامتصاص إذ يفرز الإنزيمات التى تذيب الأندوسبرم ،

ثم يمتصه فى حالته الذائبة ، وينقله إلى باقى أجزاء الجنين . وبعد نفاد الغذاء المختزن . يذبل طرف الفلقة المـاص ، وينفصل عن غلاف البذرة الفارغة.

وتستقيم الفلقة المنحنية بعد أن تبلغ سطح الأرض (شكل ١٠ : و) ، وقد تحمل معها بقايا الغلاف البذرى الذى يظل عالقاً بطرفها الهوائى فترة من الزمن ، ثم ينفصل عنها ويسقط ، ويحدث ذلك عادة إذا كانت التربة خفيفة متفككة ، أما إذا كانت طينية ثقيلة فإن الغلاف البذرى يبقى تحت الأرض حتى يذبل طرف الفلقة وينفصل عنها . وتعتبر الفلقة أولى الأوراق الخضراء التى ينتجها النبات ، ولذلك يعد الإنبات هنا هوائياً .

ويلاحظ وجود تضخم فى قاعدة الفلقة عند موضع اتصالها بالجذير ، ويعزى هذا التضخم إلى وجود الريشة داخل الجزء القاعدى للفلقة الغمدية . وفوق هذا الجزء بمسافة قصيرة يوجد شق ضيق تخرج منه الريشة عندما تتقدم البادرة فى النمو . وتكون الريشة فى بدء ظهورها ممثلة بورقة واحدة خضراء لا تلبث أن تتلوها بسرعة أوراق أخرى : ويتم ظهور الأوراق المتعاقبة بالترتيب حيث تخرج كل ورقة من شق صغير فى أحد جوانب الورقة التى سبقتها .

ويتكون الجذر الإبتدائى من الجذير ، ولكنه لا يعمر طويلا ، إذ سرعان ما تنمو من قاعدة الساق جذور عرضية لتحل محله (شكل ١٠ :و)، كما هو الحال فى الذرة والقمح ، وغيرهما من النباتات ذوات الفلقة الواحدة .

الباب الرابع

الجذر

علمنا من الباب السابق أن أصل المجموع الجذرى فى البذرة هو الجذير ، لأنه يكون المحور الرئيسى لذلك المجموع ، الذى يعرف بالجذر الإبتدائى ، كما رأينا أيضاً أنه فى نباتى الذرة والقمح — وغيرهما من نباتات ذوات الفلقة الواحدة — لا يستمر نمو الجذر الابتدائى طويلا ، بل يتوقف بعد فترة وجيزة ، وتخرج من قاعدة الساق الجنينية جذور إضافية ، تعرف بالجذور العرضية (Adventitious roots) ، تنمو بسرعة لتحل محل الجذر الإبتدائى وفروعه ، مكونة المجموع الجذرى المستديم..

الوظائف الأساسية للجذر

يقوم الجذر فى النباتات الراقية ، أساساً ، بالوظائف الآتية :

١ — **تثبيت النبات فى التربة** : يتغلغل الجذر الرئيسى عمودياً فى أغوار التربة ، وتضرب فروعه الجانبية مائلة فى كل اتجاه ، وتلتصق الجذور وشعيراتها التصاقاً وثيقاً بحبيبات الأرض ، ويتشعب المجموع الجذرى فى حيز كبير منها ، فيساعد كل ذلك على تدعيم النبات وتثبيته .

٢ — **امتصاص المـاء والأملاح الذائبة** : يحدث الامتصاص بوساطة الشعيرات الجذرية وخلايا الطبقة الوبرية فى منطقة الامتصاص .

٣ — **اختزان الغذاء المدخر** : ويحدث ذلك فى حالات خاصة ، كما فى جذور البطاطا والداليا واللفت والبنجر والفجل والجزر وما إليها من الجذور المنتفخة المتضخمة .

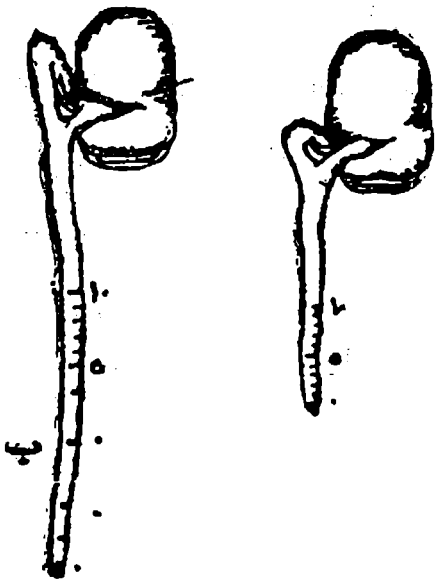
مناطق الجذر

إذا فحصنا جذير بادرة صغيرة من بادرات الفول أو الذرة ، لاحظنا وجود منطقة نمو (Growing region) فى قمته ، مكونة من خلايا إنشائية رقيقة ، تنقسم بنشاط لتعطى خلايا جديدة باستمرار . وتغطى هذه القمة النامية قلنسوة (Calyptra) تحفظها من التمزق أثناء تغلغل الجذير فى التربة . ومنطقة النمو هذه لا تقتصر على الجذير وحده ، بل توجد أيضاً فى أطراف الجذور البالغة ، سواء منها الجذور الأصلية والفرعية ، ويتمزق السطح الخارجى للقلنسوة بالتدريج ويصير لزجا ، مما يساعد على انسيابه بسهولة بين حبيبات التربة . ويعوض ما يتمزق من خلايا السطح الخارجى بخلايا جديدة ، تضيفها القمة النامية إلى القلنسوة من الداخل ، وبذلك يظل سمك القلنسوة ثابتاً .

وتلى القمة النامية بالجذر منطقة أخرى تعرف بمنطقة الاستطالة (Zone of elongation) ، فيها تستطيل الخلايا الجديدة المتكونة فى القمة ، ولإثبات حدوث الاستطالة فى هذه المنطقة دون غيرها تجرى التجربة البسيطة الآتية : ترسم على سطح جذير معتدل خطوط أفقية متوازية بالحبر الصينى على أبعاد متساوية . ولتكن ملليمترا واحداً مثلا ، ويبدأ بالتقسيم من طرف الجذير (شكل ١١ : ا) ، ويتابع حتى بداية الشعيرات الجذرية . تثبت البادرة بعد ذلك فى قرص من الفلين أو قطعة من الخشب بدبوس بمر بالفلقتين ، بحيث يتجه الجذر عمودياً إلى أسفل . ثم يوضع قرص الفلين أو قطعة الخشب فى مخبار يحتوى على قليل من الماء . وتبطن جوانبه الداخلية بورق نشاف لمشبع بالماء . ويغطى المخبار ويحفظ فى مكان مظلم دافىء لمدة يومين ، ثم يفحص الجذر بعد ذلك ، فيلاحظ أن المسافات التى بين الخطوط المرسومة على سطحه لم تبق ثابته بل زاد بعضها زيادة ملحوظة ، فالمنطقة التى تباعدت فيها العلامات تحدد منطقة الاستطالة . ويلاحظ أن تباعد الخطوط — وهو يعبر عن سرعة النمو فى الطول — أكبر مايكون فى وسط هذه المنطقة ، ويقل بالتدريج كلما اقتربنا من طرفيها (شكل ١١ : ب) .

وتلى منطقة الاستطالة منطقة أخرى تعرف بمنطقة الامتصاص (Absorbing zone) ، وفيها يتغطى سطح الجذر بشعيرات بيضاء تعرف بالشعيرات الجذرية (Root hairs) . ولا يبدأ خروجها من الجذر إلا بعد أن تنتهى منطقة الاستطالة ، وبذلك لا يتغير موضعها فى التربة ، فلا تتمزق بالاحتكاك. والشعيرات زوائد أنبوبية رقيقة الجدر ، تمثل امتدادات من خلايا الطبقة الوبرية ، تشـــق طريقها فى التربة وتلتصق بحبيباتها التصاقاً وثيقاً . تمتص الماء من الأغشية المغلفة لهذه الحبيبـات بما فيه من أملاح ومواد ذائبة ، وتغطى الشعيرات منطقة من الجذر محدودة الطول ثابتة البعد عن القمة النامية ، ويعزى ثبوت بعدها عن تلك القمة إلى كون الشعيرات محدودة العمر تؤدى وظيفتها لبضعة أيام ثم تجف ، ويحدث ذلك بصفة مستمرة فى النهاية الخلفية للمنطقة وتتكون شعيرات فى الناحية الأمامية لتعويض الشعيرات القديمة الذاوية . فعمليـة الامتصاص مقصورة إذن على منطقة الشعيرات ، وتشترك خلايا الطبقة الوبرية التى لم تتسوبر بعد فى تلك المنطقة بنصيب فى هذه العملية. بيد أن ما تمتصه قليل لصغر سطحها الملامس للتربة ، اذا قورن بما تمتصه الشعيرات بسطحها الكبير .

(شكل ١١)



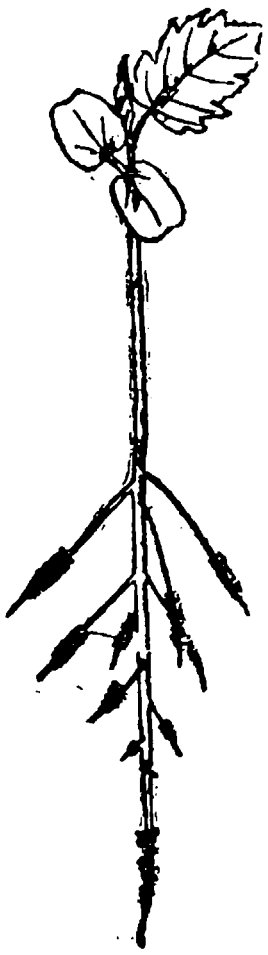
تجربة لتحديد منطقة الاستطالة فى جذير الفول (ا) البادرة عند بدء التجربة ، (ب) البادرة فى نهاية التجربة .

وتوجد منطقة الإمتصاص فى الجذر الأصلى والجذور الجانبية على السواء (شكل ١٢) ، ولذلك فباستمرار النمو وبقاء الشعيرات على بعد ثابت من القمة النامية يستمر انتقال منطقة الإمتصاص بأكملها إلى أرجاء جديدة من التربة .

ثم تأتى منطقة جرداء خلف منطقة الامتصاص ، ومن خلفها منطقة الجـــذور الجانبية (Zone of lateral roots) ، وتخرج الأخيرة عادة من الأنسجة الداخلية للجذر الأصلى ، كما يتضح ذلك من قطاع طولى منصف. ومما تجدر ملاحظته أن أصغر الجذور الجانبية أقربها إلى القمة (شكل ١٢) ، وأن تلك الجذور لا تتفرع من الجذر الابتدائى وحده ، ولكن من فروعه أيضاً .

وتتكرر هـــذه المناطق جميعها : القلنسوة والقمة النامية ومنطقتا الاستطـــــالة والشعيرات والمنطقة الجرداء ومنطقة الجذور الثانوية ، بالترتيب المتقدم فى جميع فروع المجموع الجذرى ، من الجـذر الابتدائى إلى أدق الجذيرات .

(شكل ١٢)



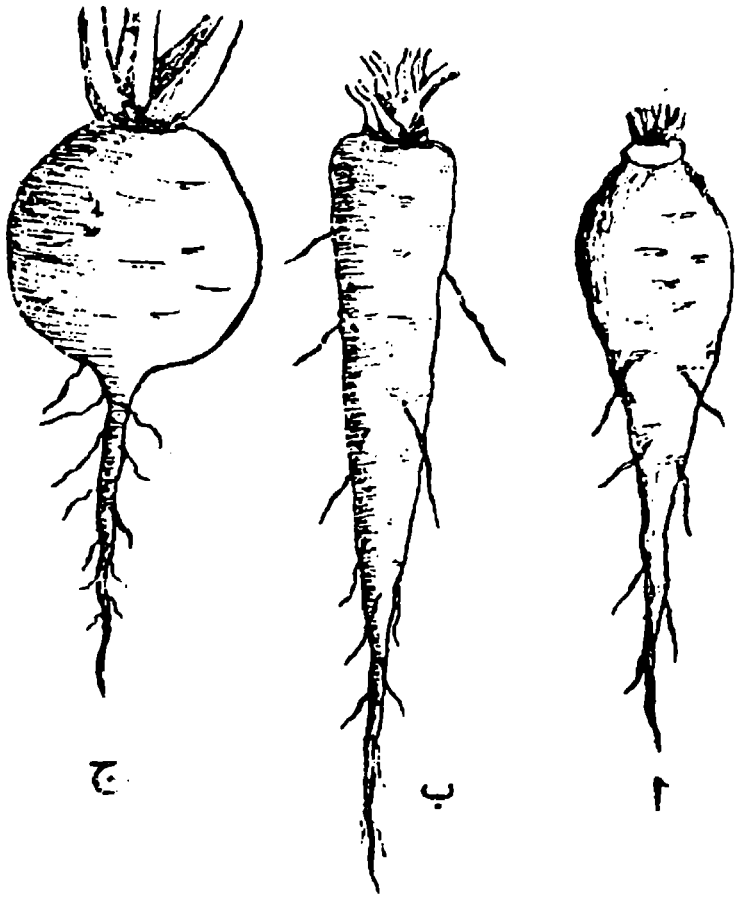
مناطق الجذر فى بادرة نبات زهرى ، يخرج من الجذر الأصلى عدد من الجذر الجانبية التى تظهر عليها الشعيرات الجذرية بالقرب من القمة

الجذور الوتدية

تنقسم الجـــــذور إلى وتدية (Tap roots) وعرضية (Adven-titjous roots) . وينشأ المجموع الجذرى الوتدى عادة من الجذر ، ويتميز بمحور رئيسى يعرف بالجذر الابتـــدائى (Primary root) ، تخرج منه جذور جانبية وجذيرات أقل منه شأناً . وهذا النوع من المجموع الجذرى هو السائد بين نباتات ذوات الفلقتين ، كالقطن والخروع والملوخية .

وفى بعض النباتات ذات المجموع الجذرى الوتدى يختزن الغذاء فى الجذر الإبتدائى فيتشحم وينتفخ ، ويتخذ أشكالا مختلفة (شكل ١٣) ، فيكون تارة مغزلى الشكل (Fusiform) كما فى الفجل ، وتارة مخروطى الشكل (Conical) كما فى الجزر ، وأحياناً متكوراً أو لفتياً (Napiform) كما فى اللفت .

(شكل ١٣)



أنواع الجذور الوتدية المختزنة: (ا) جذر الفجل ، (ب) جذر الجزر ، (ج) جذر اللفت

الجذور العرضية

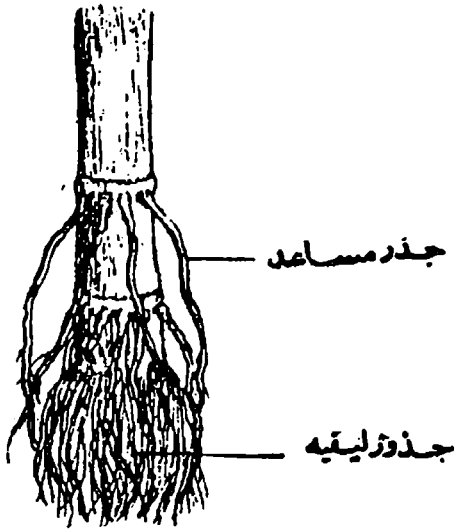
الجذور العرضية هى التى لا تنشأ من الجذير وفروعه ، ولو أن لبعض نواعها أصلا فى الجنين . كالجذور العرضية فى الذرة والقمح والشعير ، وما إليها ؛ حيث تنشأ من قاعدة الساق الجنينية . بيد أن غالبية الأنواع تتكون على أعضاء بالغة ، كالأجزاء الأرضية من العقل التى تستعمل فى

التكاثر الخضرى ، والعقل كما هو معروف قطع من الساق تحمل براعم . وتخرج أيضاً من قواعد السوق الهوائية ، ومن أجزائها العليا أحياناً ، كما أنها تتكون على السوق الأرضية بأنواعها ، وعلى الأوراق فى بعض الأحيان . وقد تتحور الجذور العرضية فى بعض النباتات لتؤدى أغراضاً خاصة .

وأهم أنواع الجذور العرضية هى :

١ — **الجذور الليفية** (Fibrous roots) — وتعرف أحياناً بالجذور الخيطية — لأنها رفيعة كالخيوط ، وتكثر فى النباتات ذوات الفلقة الواحدة كالذرة والقمح والنخيل (شكل ٣٥) ، وتنشأ مبكرة أحياناً لتحل محل الجذر الابتدائى ، الذى يتوقف عن النمو وهو صغير . كما تتكون أيضاً على السوق الأرضية ، كالأبصال والريزومات وما إليها ، وعلى السوق الهوائية المدادة والجارية كسوق النعناع والشليك .

(شكل ١٤)

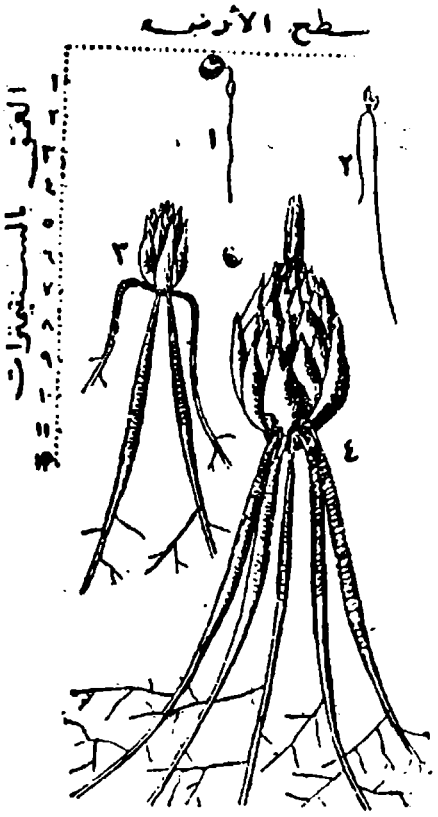


الجذور المساعدة لنبات الذرة

٢ — **الجذور المساعدة** (Prop roots) : وتخرج من العقد السفلى القريبة من سطح الأرض ، على سيقان بعض النباتات القائمة الرفيعة غير المتفرعة كسيقان الذرة وقصب السكر (شكل ١٤) . وتتجه هذه الجذور مائلة إلى أسفل ، حتى إذا بلغت سطح الأرض اخترقته ، وتفرعت فى باطن الأرض وانتشرت كما تنتشر الجذور العادية ، فهى لذلك تساعد على تدعيم النبات وتثبيته فى الأرض ، وحفظه قائماً برغم العواصف وغيرها من المؤثرات الجوية المختلفة ، كما أن أجزاءها الأرضية تقوم أيضاً بوظيفة الامتصاص .

٣ — الجذور الشادة (Contractile roots) : وهى جذور متقلصة ، توجد فى بعض أنواع النباتات ، فى أسفل الكورمات والأبصال . وتستطيع بتقلصها أن تشد النبات إلى أسفل ، فتهبط بالكورمة أو البصلة إلى المستوى الطبيعى الملائم ، إن كانت البذور قد غرست فى مستوى مرتفع قريب من سطح الأرض. وبفضل هذه الجذور تظل الساق الأرضية المختزنة دائماً على بعد ملائم من سطح الأرض (شكل ١٥) يزيد فى تدعيمها وتأمين أجزائها الهوائية ضد عوادى الرياح .

(شكل ١٥)



الجذور الشادة لنبات الزنبق (Lilium martagon) فى مختلف مراحل تكوينها ، ويلاحظ اتصالها بقاعدة البصلة وشدها لها شدا هبط بمستواها عن النبات البالغ كثيرا عن المستوى الذى زرعت عنده البذور بالقرب من سطح الأرض

٤ — الجذور الهوائية (Aerial roots) : وهى جذور تمتد فى الهواء وتستطيع أن تمتص منه بخار الماء قبل أن تبلغ سطح الأرض ، **ومن أمثلتها جذور التين البنغالى** (Ficus bengalensis) ، وجذور الأراشيد (Orchids) تعيش معلقة على أفرع الأشجار العالية بالغابات ، وتغلف الجذور الهوائية لهذه الأراشيد بنسيج خاص إسفروسكوبى ، وظيفته امتصاص البخار من الهواء المحيط به .

٥ — الجذور الدعامية (Pillar roots) : وتوجد فى بعض الأشجار الضخمة كأشجار التين البنغالى سالفة الذكر ، وتنشأ هذه الجذور هوائية فى أول الأمر ، ثم تتدلى حتى تبلغ الأرض فتخترقها وتتفرع فيها وتنتشر ، وتتغلظ أجزاء هذه الجذور التى فوق الأرض وتتخشب ، فتعمل

بذلك على حمل الأفرع الهوائية . وفى الأشجار المسنة يوجد عدد كبير من هذه الدعائم الجذرية حول جذع الشجرة ، تلتحم أحياناً مع الجذع ، ومع بعضها البعض فتبدو كأنها من بعض أجزاء الجذع نفسه .

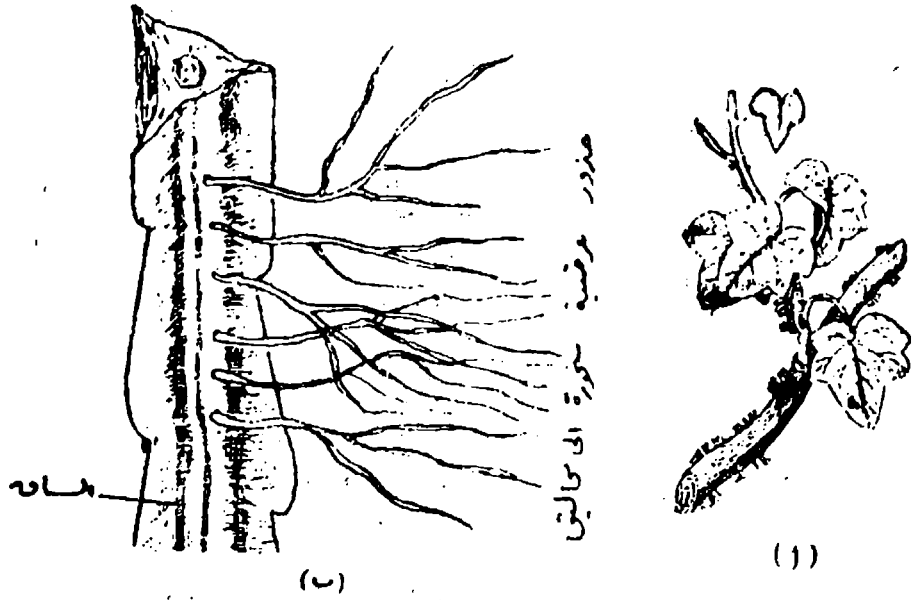
٦ — **الجذور التنفسية** (Respiratory roots) : توجد هذه الجذور فى النباتات التى تعيش فى مستنقعات طينية رخوة ، حيث التربة رديئة التهوية ومشبعة بالماء وغنية بالبقايا النباتية المتحللة . فى مثل هذه التربة ترتفع نسبة ثانى أكسيد الكربون الناشئ عن تحلل المواد العضوية ، ولا تجد جذور النباتات الراقية كفايتها من الأكسيجين اللازم لتنفسها . ومن أمثلة هذه النباتات نبات « ابن سينا » أو « الشورة » (**Avicennia marina**) ، وهو شجيرات تعيش فى بعض جزر البحر الأحمر قرب الغردقة ، وتخرج من أجزاء النبات السفلى — المغمورة فى الطين — جذور عرضية تنفسية تنبثق من جذور أفقية تمتد مسافات طويلة تحت سطح الأرض مباشرة ، وتتجه إلى أعلى بدل اتجاهها إلى أسفل ، وتحتوى أنسجتها الداخلية فراغات هوائية واسعة ، كما تنتشر على سطحها عديسات كثيرة ، وظيفتها توصيل الهواء الجوى بالفراغات الهوائية التى تتخلل أنسجة الجذور الداخلية ، وبذلك يستطيع الجذر أن يتنفس الهواء الجوى مباشرة .

والتربة الطينية فى هذه المستنقعات سائبة ، يغوص فيها بكل جسمه من يسوقه سوء طالعه إلى اقتحامها ، ثم تثقل عليه حتى لا يستطيع منها فكاكاً . ولهذا فقد عرفت تلك البيئة النباتية منذ زمن طويل باسم مقابر الإنسان (Mangroves) ، وهى منتشرة فى كثير من بقاع العالم ، وكم أودت بحياة الكثيرين من الرحالة .

٧ — **الجذور التسلقية أو المعاليق الجذرية** : (Climbing roots or root tendrils)

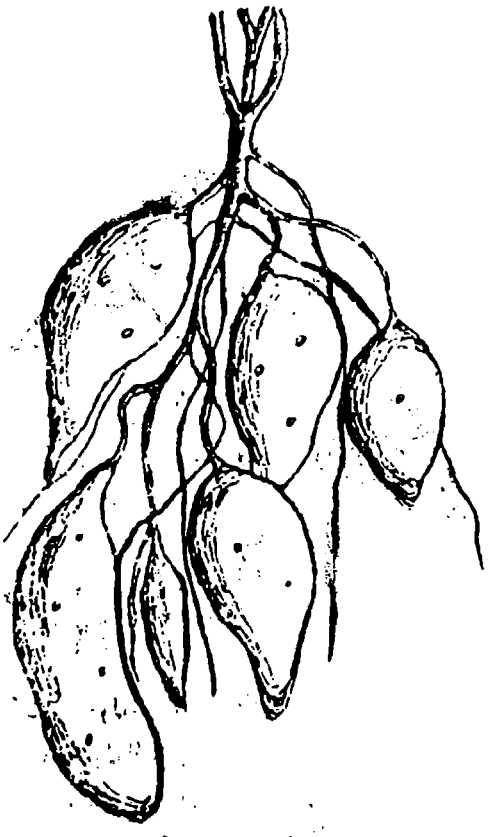
وهى جذور عرضية ، تخرج من سيقان بعض النباتات الملتفة ، مثل نبات حبل المساكين (**Hedera helix**) (شكل ١٦ أ) أو المتسلقة مثل نبات الشمع (Cereus) (شكل ١٦ب) ، وهو أحد نباتات الزينة المتشحمة . تخترق هذه الجذور التسلقية الدعامة أو الحائط فتعمل بذلك على تثبيت السيقان بها ، وبذلك يستمر صعود النبات إلى أعلى . والملاحظ عادة أن هذه الجذور التسلقية تخرج من جانب الساق المواجه للدعامة .

(شكل ١٦)



الجذور المتساقة لنبات حبل المساكين (أ) ونبات الشمع (ب)

(شكل ١٧)



الجذور الدرنية لنبات البطاطا

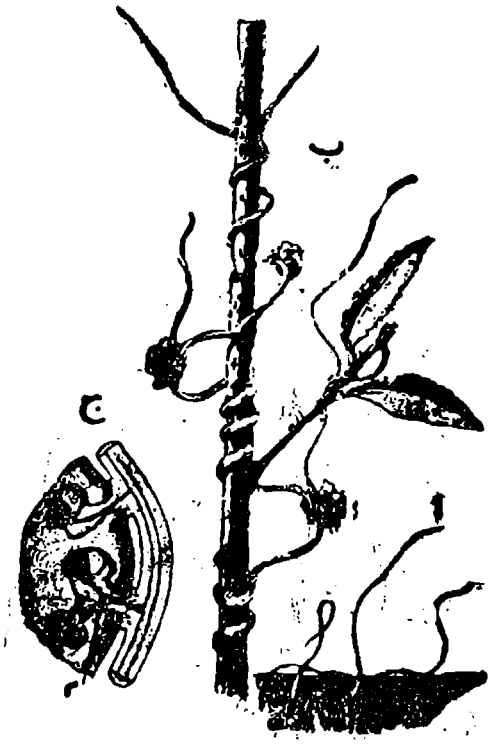
٨ — الجذور الدرنية

(Tuberous roots) : وهى جـــذور عرضية متشحمة ، تختزن فيها المواد الغذائية التى يعتمد عليها النبات فى بعض أدوار حياته ، ومن أمثلتها درنات البطاطا (**Ipomoea officinalis**) (شكل ١٧) ودرنـــات كشـــك المـــاز (**Asparagus officinalis**) ، والداليا (**Dahlia variabilis**)، والأصل فى المجموع الجذرى لكثير من هذه النباتات أنه عرضى ليفى، تشحمت بعض جذوره فى أجزاء منها مكونة هـــذه الدرنات ومختزنة فيها المواد الغذائية، وتقوم الجذور

الدرنية أحياناً — كما فى البطاطا — بوظيفة التكاثر الخضرى ، فتنبت إذا زرعت ، معتمدة على الغذاء المدخر ، لتعطى نباتات جديدة .

٩ — **الممصات** (Haustoria) : وهى جذور تخرج من سيقان وجذور بعض النباتات المتطفلة كالحامول (Cuscuta) ، والهالوك (Orobanche) (شكلا ١٨ و ١٩) وتخترق أنسجة العائل حتى تبلغ الحزم الوعائية ، فتمتص منها الماء والغذاء المجهز ، كما تمتص أيضاً المادة الحية من خلايا الأنسجة الأخرى فتنقلها إلى بقية أجزاء النبات المتطفل الذى يتغذى عليها ويبادر إلى إنتاج أزهاره وثماره ، ويتطفل الحامول على سيقان البرسيم وغيره من النباتات ، كما يتطفل الهالوك على جذر الفول

(شكل ١٨)



نبات الحامول : (ا) بادرات الحامول ، (ب) نبات الحامول المتطفل على ساق البرسيم ، (ج) قطاع مستعرض مار بساق الحامول وساق العائل ، (م) ممص يخرج من ساق الحامول ويخترق العائل ليتصل بأوعية الخشب واللحاء .

(شكل ١٩)

نبات هالوك ضخم متطفل على الفول ، وترى جذور الهالوك وهى تحيط بجذور الفول ذوات العقد البكتيرية

الباب الخامس

الساق

الساق هى المحور الرئيسى للمجموع الخضرى ، وتنشأ عادة من الريشة ، إذ بإستمرار نمو البادرة تتحول الريشة إلى مجموع خضرى يعرف محوره بالساق .

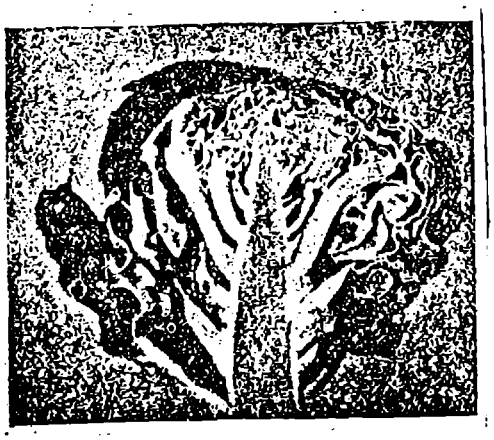
وتحمل الساق زوائد منبسطة خضراء هى الأوراق ، ويسمى الموضع الذى تخرج منه الورقة عقدة (Node) ، كما يعرف الجزء الذى يقع بين عقدتين متتاليتين بالسلامى (Internode) .

البراعم

يوجد برعم فى إبط كل ورقة ، يعرف بالبرعم الإبطى أو الجانبى (Axillary or lateral bud) ، كما يوجد برعم فى طرف الساق يعرف بالبرعم الطرفى أو القمى (Terminal or apical bud) . ويؤدى نشاط البرعم الطرفى إلى زيادة موسمية فى طول الساق الأصلية ، أما نشاط البرعم الإبطى فيؤدى إلى تكوين فرع جانبى ، وقد يكون ذلك الفرع نورة أو زهرة ، كما أن البرعم الطرفى قد يعطى هو الآخر نورة أو زهرة فى بعض النباتات ، بعد فترة من النمو الخضرى .

(شكل ٢٠)

ويمثل الكرنب (شكل ٢٠) برعماً ضخماً ، تجعدت فيه الأوراق البرعمية الصغيرة والتفت حول بعضها البعض لفات عديدة ، مغلفة طرف الساق. ويلاحظ وجود براعم إبطية فى آباط الأوراق البرعمية الملتفة . أما الكرنبة نفسها فتمثل البرعم الطرفى للنبات .



نصف كرنبة وقد قطعت قطعا طوليا منصفا ونظر إليها من السطح المقطوع .

ويتكون كل برعم من منطقة نمو إنشائية ، تحميها وتغلفها أوراق صغيرة برعمية ، وهناك نوعان من البراعم :

١ — **براعم صيفية** (Summer bunds) : أوراقها البرعمية من نوع واحد ، وكلها خوصية خضراء ، ولكنها صغيرة السن والحجم وتغلف القيمة النامية تغليفاً غير محكم ، لا يمنع إتصالها بالهواء الخارجي وتأثرها بالمؤثرات الجوية إلى حد ما . وتنمو هذه الأوراق الصغيرة بنمو البرعم لتعطى الأوراق البالغة الخضراء . ومن أمثلة البراعم الصيفية براعم النباتات دائمة الخضرة ، كالدورانتا (**Duranta**) والياسمين الزفر (**Clerodendron**) . وهما من نباتات الأسوار .

٢ — **براعم شتوية** (Winter buds) : وتعرف أيضاً بالبراعم الحرشفية (Scaly buds) ، وتتكون فى فصل الشتاء فى بعض النباتات ، كالتوت (**Morus**) والحور (**Populus**) وغيرهما من الأشجار التى تنفض أوراقها فى الخريف والشتاء (شكل ٢١) لرداءة الجو ، وتظل براعمها كامنة فى ذلك الوقت من العام . وتحمل البراعم الشتوية نوعين من الأوراق : أوراقاً برعمية خضراء عادية تلتف حول القمة النامية التفافاً محكماً ، وأوراقاً حرشفية سميكة تغطى هذه الأوراق الداخلية الرقيقة ، وتزيد فى وقاية البرعم من العوامل الجوية ، كالبرد والصقيع والجفاف ، وتفرز الأوراق البرعمية أحياناً أصماغاً ومواد راتنجية ، وظيفتها لصق الحراشيف بعضها ببعض. مما يزيد فى إحكام الغطاء حول القمة النامية الرقيقة . وعندما ينقضى فصل الشتاء ويحل الربيع بدفئه ، تتساقط الحراشيف الخارجية وتتفتح البراعم ، وتظهر الأوراق الداخلية الخضراء ، وتنمو البراعم بسرعة لتعطى فروعاً جديدة مورقة .

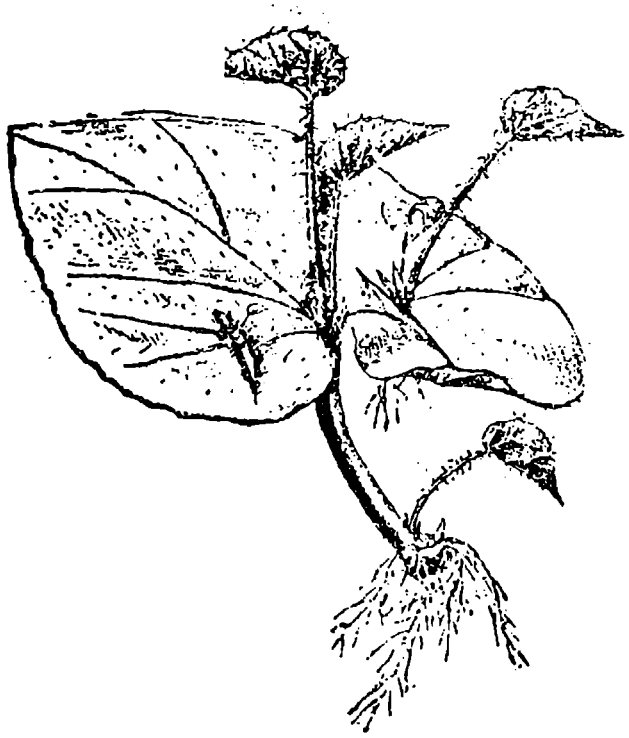
والبراعم الإبطية كثيراً ماتظل كامنة ، مع إحتفاظها بالقدرة على النمو إذا دعت الحاجة وتوافرت الموارد الغذائية اللازمة لإنبثاقها ، كما يحدث عادة عند تقليم نباتات الأسوار إذ أن

(شكل ٢١)

أحد البراعم الشتوية لنبات الحور .

التقليم ينطوى على قص أطراف الفروع وإزلة براعمهـــا الطرفية ، فيؤدى ذلك إلى نشاط البراعم الإبطية ونموها لتحل محل الأطراف المقطوعة ، معتمـــدة على الموارد الغـــذائية التى كانت تغذى تلك الأطراف .

(شكل ٢٢)



براعم عرضية على ورقة البيجونيا

وفى بعض النباتات يوجـــد أكـــثر من برعم واحد فى إبط الورقـــة ، ويسمى أكبر هذه البراعم « البرعم الأساسى » (Principal bud) ، أما بقية البراعم فتعرف بالبراعم الإضافية أو المساعدة (Accessory buds) .

وقد تتكون البراعم أحياناً فى غير مواضعها العادية ، وتعرف فى هذه الحالة بالبراعم العرضية (Adventitious buds) ، ومن أمثلتها البراعم التى تتكون على أوراق البيجونيا (Begonia) — شكل ٢٢ — والبريوفيللم (Bryophyllum) وعلى درنات البطاطا الجذرية .

السيقان العشبية والخشبية :

تعتبر سيقان الحشائش والأعشاب الصغيرة — كالفول والملوخية والبرسيم وما إليها — سيقاناً عشبية (Herbaceous) ، لأنها غضـــة خضراء ، لا تحتوى إلا على نسبة ضئيلة من الأنسجة الخشبية والعناصر الملجننة ، كما أنها طرية قليلة الصلابة . أما سيقان الأشجار والشجيرات فهى سميكة صلبة متخشبة ، تحتوى على نسبة كبيرة من العناصر الملجننة ، وسطوحها باهتة

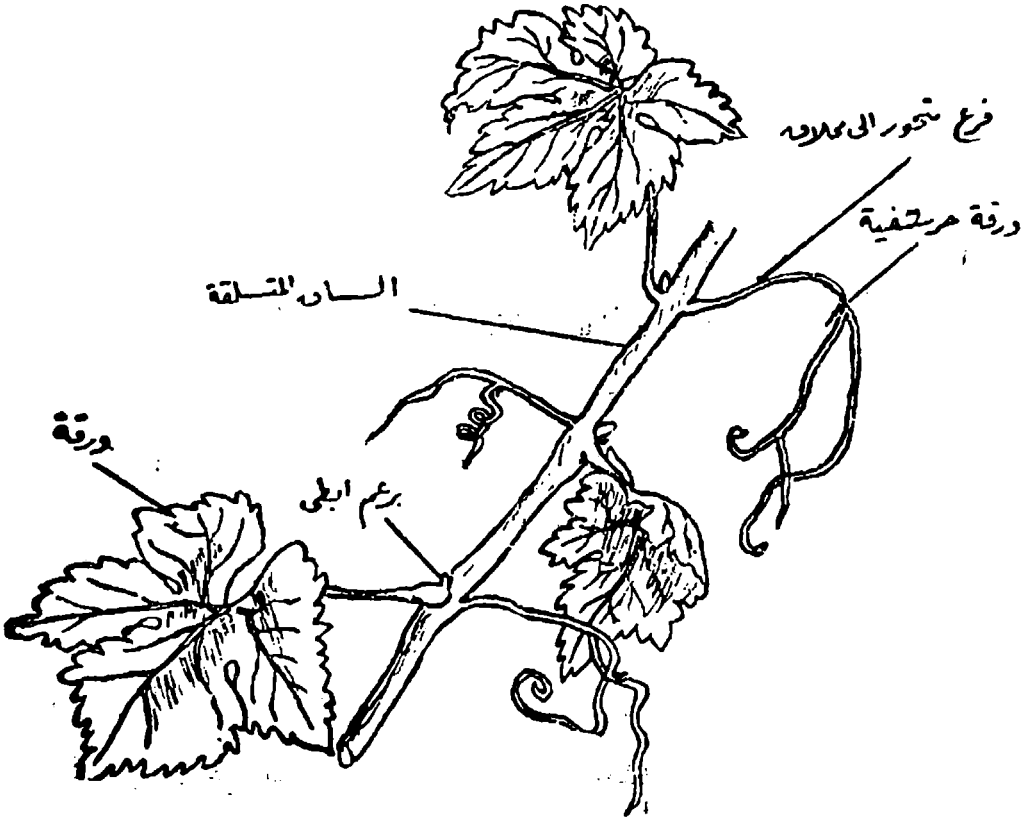
أو داكنة غير مخضرة ، متشققة لوجود القلف والفلين ، ولذلك فإن هذه السيقان تعرف بالسيقان الخشبية (Woody stems) .

السيقان القائمة والضعيفة :

من السيقان ماهو قائم ومنها ماهو ضعيف . فالساق القائمة (Erect stem) . تنمو رأسياً إلى أعلى ، حاملة الأوراق الخضراء نحو الضوء والهواء ، حيث تستطيع أن تؤدى وظيفة التمثيل على أكمل وجه ، كما تحمل الأزهار عالية فى الهواء بعيدة عن سطح الأرض ، فتضعها بذلك فى وضع يلائم التلقيح الهوائى والحشرى ، وكذلك تحمل الثمار لتعرضها لمختلف عوامل الإنتشار .

أما السيقان الضعيفة (Weak stems) ، فقد اختصت بهـا بعض أنواع النباتات . وهى لا تقوى بنفسها على النمو فى وضع قائم ، بل تحتاج إلى سند أو دعامة تعتمد عليها فى الصعود إلى أعلى ، مبتعدة عن سطح الأرض . وبعضها تمتد أفقياً وترتكز على الأرض .

(شكل ٢٣)



فرع من نبات العنب يبين التفرع كاذب المحور والسيقان المتسلقة . ويلاحظ أن البراعم الطرفية للفروع تتحور الى معاليق للتسلق .

(شكل ٢٤)

ساق العليق الملتفة

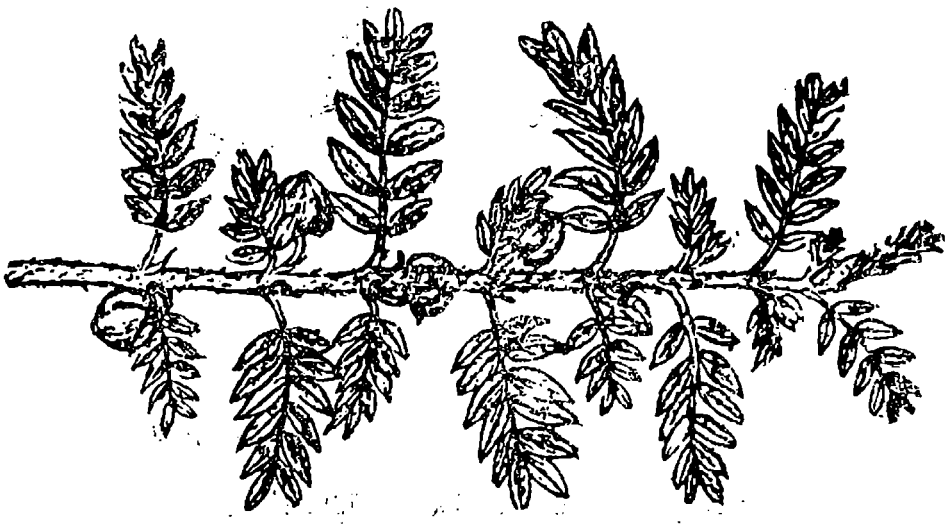
وهناك ثلاثة أنواع من السيقان الضعيفة :

(أ) السيقان المتسلقة : (Climbing stems) : وهى تكون أعضاء خاصة للتسلق — تعرف بالمعاليق (Tendrils) — تربطها بالدعامة ، وبذلك تستطيع الصعود إلى أعلى. وقد تكون هذه المعاليق فروعاً أو أوراقاً أو وريقات أو أذينات متحورة . ومن أمثلة السيقان المتسلقة ساق العنب (Vitis) شكل ٢٣ .

(ب) السيقان الملتفة : (Twining stems): وهى لا تكون معاليق ولكن تلتف الساق نفسها حلزونياً كالحبل حول الدعامة ، وبذلك تحمل المجموع الخضرى إلى أعلى ، فتتعرض الأوراق والأزهار والثمار لقدر أوفر من الضوء والهواء . وقد تكون الدعائم التى تلتفت حولها السيقان قوائم صناعية أو نباتات قائمة تنمو بجوار النباتات الضعيفة : ومن أمثلة السيقان الملتفة ساق العليق (Convolvulus) شكل ٢٤ .

(ج) السيقان الزاحفة (Prostrate stems) : وهى تنمو أفقياً فوق سطح

(شكل ٢٥)

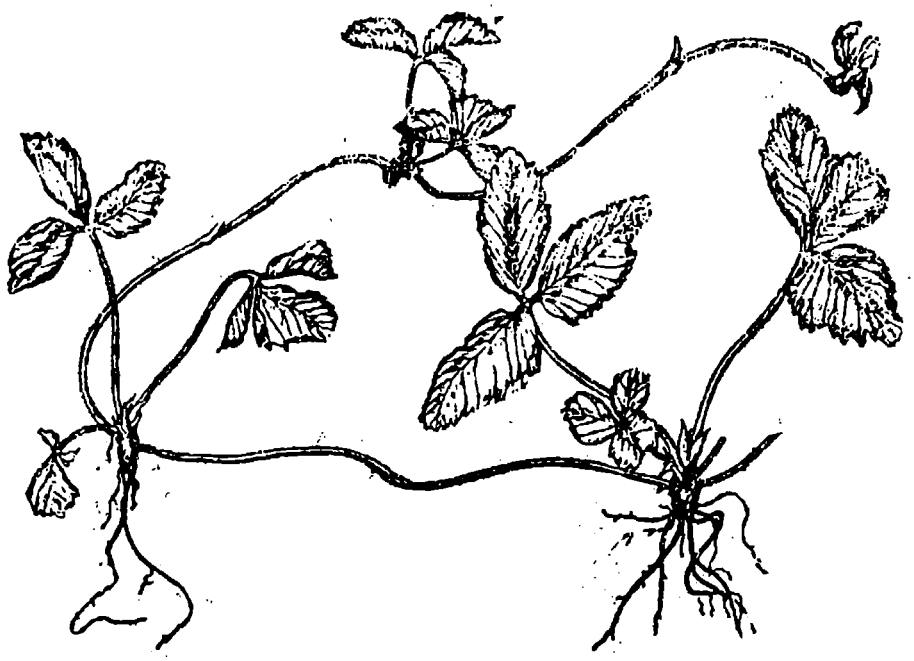


جزء من المجموع الخضرى لنبات « أم جرسة » يمثل السيقان الزاحفة ذات التفرع كاذب المحور .

الأرض ، فتغطى مساحة كبيرة ، وتعرض جميع أعضاء مجموعها الخضرى للضوء والهواء ، ومن أمثلة هذه السيقان معظم نباتات الفصيلة القرعية ، كالقرع والخيار والحنظل ، وكذلك البطيخ والشمام . ومن أمثلتها أيضاً نبات أم جريسة (Tribulus alatus) — شكل ٢٥ — وهو منتشر فى الصحارى القريبة من القاهرة ، وفى غيرها من الصحارى المصرية .

ويلاحظ فى نباتات الفصيلة القرعية ونبات أم جريسة أن السيقان الممتدة على سطح الأرض لا تحمل جذوراً عرضية على الإطلاق ، بيد أن هناك أنواعاً من هذه النباتات الضعيفة تكون جذوراً عرضية عند العقد ، وفروعاً هوائية مقابل تلك الجذور ، وتمتد سيقانها فى وضع أفقى فوق سطح الأرض . وتعرف أمثال هذه السيقان بالسيقان الجارية (Runners) ، ومن أمثلتها سيقان الشليك (Fragaria) شكل ٢٦ .

(شكل ٢٦)



ساق الشليك الجارية

محيط الساق :

معظم السيقان أسطوانية الشكل ، ولذلك تبدو مستديرة فى القطاع المستعرض ، ومن أمثلتها ساق الملوخية وساق البرسيم . بيد أن هناك نباتات

ذات سيقان مضلعة ، كالفول واللوف والقرع ، تبدو فى القطاع المستعرض عديدة الزوايا . وبالإضافة إلى هذين النوعين توجد سيقان مفلطحة منبسطة ، لها سطحان علوى وسفلى ، تشبه الأوراق الخضراء فى الشكل والوظيفة ، ومن أمثلتها ساق السفندر (Ruscus) (شكل ٣٠ : ١) .

السيقان المصمتة والجوفاء :

معظم السيقان مصمته (Solid) ، بوسطها نخاع يملؤها ، وليس فى مركزها أى تجويف ، ومن أمثلتها سيقان الدورانتا والقطن والملوخية . بيد أن هناك أنواعاً من النباتات العشبية — كالفول والقمح والبرسيم — سيقانها جوفاء (Hollow) وتشغل الأنسجة منطقة سطحية منها ، ويحل بوسطها فراغ مركزى واسع محل النخاع .

سطح الساق :

للساق سطح أملس فى كثير من النباتات ، وتسمى فى هذه الحالة ساقاً ملمساء (Glabrous) ، وفى بعض النباتات يتغطى سطحها بشعيرات قليلة أو غزيرة ، وتوصف إذ ذاك بأنها شعراء (Hairy) . ومن أمثلتها عباد الشمس والقرع . وهناك نوع ثالث من السيقان — كساق الورد — تحمل على سطحها زوائد شوكية (Prickles) خارجية الأصل ، أى أنها تنشأ من الطبقات السطحية ، وتوصف هذه السيقان بأنها شوكية (Prickly).

السيقان الطويلة والقزمية :

الأصل فى الساق أن تكون طويلة ، أى متميزة إلى عقد وسلاميات واضحة ، وذلك هو شأنها فى معظم النباتات الراقية . بيد أن هناك نباتات سيقانها قزمية (Dwarf) ، تقصر فيها السلاميات كثيراً وتتقارب العقد ، حتى لا تكاد تتبين ، وفى هذه السيقان القزمية تبدو جميع الأوراق كأنما خرجت من موضع واحد على الساق ، ومن أمثلتها الساق القرصية فى الفجل والجزر والبصل . ويلاحظ فى النبات الأخير أن الأوراق تخرج من مواضع متقاربة غاية التقارب على الساق القرصية .

وفى نبات الصنوبر (وسيأتى وصفه بالتفصيل فى باب لاحق) يوجد نوعان من الفروع . فروع طويلة وأخرى قزمية ، وتخرج الأخيرة من آباط الأوراق الحرشفية على الفروع الطويلة ، وتمثل زوائد جانبية لتلك الفروع . ويتكون الفرع القزمى من ساق قصيرة ، مغطاة بأوراق حرشفية صغيرة بنية ، وتنتهى بورقتين خضراوين أو أكثر من ذلك فى الأنواع المختلفة .

وفى نبات العوسج (Lycium) ، توجد فروع شوكية مدببة الأطراف ، يحمل كل منهما عدداً من الفروع القزمية ، ويتكون كل فرع قزمى من ساق قصيرة لا تكاد ترى ، تحمل بضعة أوراق خضراء كبيرة الحجم نسبياً ، تبدو كأنما خرجت جميعاً من موضع واحد على سطح الفرع الشوكى ، وينتهى الفرع القزمى عادة ببرعم طرفى دقيق .

وفى أنواع السنط (Acacia) تحمل الفروع الرئيسية أوراقاً خضراء مركبة ، أذيناتها متحورة إلى أشواك ، وفى آباطها فروع قزمية ، تبدو كمجموعات من الأوراق الريشية ، مرتبة على ساق قصيرة لا تكاد ترى بوضوح ، وتنتهى تلك الفروع ببرعم طرفى دقيق .

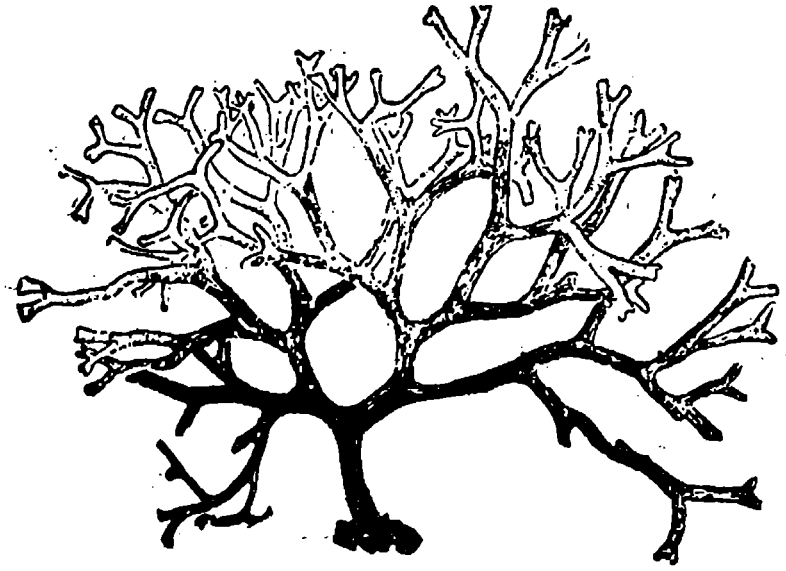
تفرع الساق

يندر أن يكون للمجموع الخضرى محور واحد غير متفرع ، كما فى النخيل والذرة والقصب . والأغلب الأعم أن يتفرع النبات ليشغل حيزاً كبيراً من الفراغ الجوى ، ويعرض أكبر مساحة ممكنة من سطوح أوراقه وأزهاره وثماره للضوء والهواء ، وبذلك تستطيع هذه الأعضاء أن تؤدى وظائفها على خير وجه وأكمله .

والتفرع إما قمى (Apical) أو جانبى (Lateral) ، فأما التفرع القمى ففيه تنقسم القمة النامية إلى قسمين متساويين ، يعطى كل منهما فرعاً مستقلاً ، ثم تعود القمة فى كل فرع إلى الإنقسام مرة أخرى بنفس الطريقة ، ويتكرر ذلك مرات عديدة فى حياة النبات ، ويعرف ذلك بالتفرع ثنائى

الشعب (Dichotomous hranching)، وهو أكثر إنتشاراً فى النباتات الأولية - كالطحالب البحرية -- منه فى النباتات الراقية . ومن أمثلته تفرع طحلبى دكتيوتا (Dictyota) — (شكل ٢٧) — وفيوكاس (Fucus) .

(شكل ٢٧)



طحلب دكتيوتا (Dictyota) ويشاهد به تفرع الثالوس افرعا امبياً ثنائى الشعب .

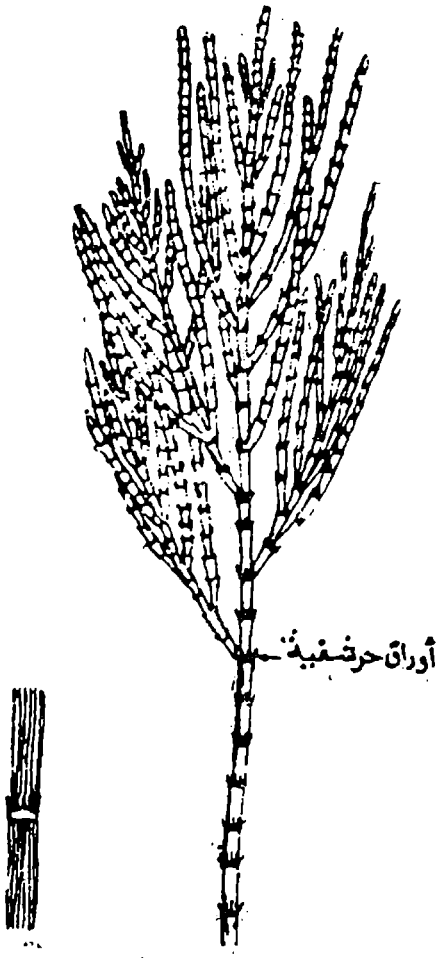
وأما التفرع الجانبى فهو الشائع فى النباتات الراقية ، وهو على نوعين :

١ــ تفرع صادق المحور (Monopodial branching) : كما فى نبات الكازوارينا (Casuarina) مثلا (شكل ٢٨) ، وفيه يستمر نمو البرعم الطرفى ونشاطه إلى أجل غير محدود ، ويضيف بإستمرار أجزاء جديدة إلى محور النبات ، وبذلك تكون جميع أجزاء المحور الرئيسى ذات أصل واحد ، لأنها نشأت من البرعم الطرفى الذى لا يحد نشاطه ، ويقال لمحور النبات فى مثل هذه الحالة إنه محور صادق . وتخرج الفروع الجانبية من هذا المحور فى آباط الأوراق ويكون أصغرها أقربها إلى القمة ، وتزداد فى الحجم والسن بالتدريج كلما بعدت عنها ، أى أنها تتعاقب على الساق تعاقباً قمياً Acropetal) (succession ، وذلك من بعض خصائص التفرع صادق المحور .

٢ـ تفرع كاذب المحور (Sympodial branching) : فيه ينشط البرعم الطرفى لفترة محدودة ثم يتحور إلى عضو مستديم فيقف نشاطه ، ويتم المحور الأصلى عوضاً عنه فرع جانبى ، يمتد فى إتجاهه فترة من الزمن ، ثم يتحور برعمه الطرفى بدوره إلى عضو مستديم ، فيأتى فرع جانبى جديد ليكمل المحور ، وهكذا . وبذلك يتألف محور المجموع الخضرى من أجزاء ذات أصول مختلفة ، كل جزء منها يمثل فرعاً جانبياً خاصاً . أما الساق الأصلية فهى فى هذه الحالة محدودة النمو ، ينتهى نشاطها مبكراً بتحور البرعم الطرفى إلى عضو مستديم ، كمعلاق أو زهرة ، أو فرع هوائى فى حالة الريزومات .

ومن أمثلة التفرع كاذب المحور تفرع ساق العنب (شكل ٢٣) ، إذ أن برعمها الطرفى يتحور إلى معلاق للتسلق ، ويتكون فرع جانبى فى إبط ورقة مقابلة للمعلاق ، وتمتد ساق ذلك الفرع فى إتجاه المحور الأصلى للنبات ، ويستمر نموه لمسافة عقدة واحدة فى أغلب الأحيان ، أو أكثر من ذلك فى النادر ، ثم يتحول برعمه الطرفى بدوره إلى معلاق . ويستمر ذلك طيلة فصل النمو . فيتكون محور النبات بذلك من عدد من الفروع الجانبية ، مرتبة فى صف واحد .

(شكل ٢٨)



فرع من نبات السكازوارينا يبين التفرع كاذب المحور ، وعلى الجانب الأيسر يرى جزء مكبر الفرع لتظهر عليه مجموعة من الأوراق الحرشفية المحيطة عند العقدة ، تحت قواعدها لذلك الساق.

وفى نبات أم جريسة — كما فى (شكل ٢٥) — تمتد الساق أفقياً فوق

سطح الأرض ، ويتحور البرعم الطرفى إلى زهرة عندما يبلغ النبات سن الإزهار ، ويقف نمو المحور الأصلى عند هذا الحد ، ولكنه يحمل ورقتين مركبتين متقابلتين خلف الزهرة ، إحداهما كبيرة والأخرى صغيرة ، وفى إبط كل ورقة برعم . فأما برعم الورقة الصغيرة فيعطى — إذا نبت — فرعاً جانبياً ، وأما برعم الورقة الكبيرة فيعطى فرعاً يمتد على إستقامة المحور الأصلى ويكمله ، ثم ينتهى ذلك الفرع بدوره بتكوين زهرة تتحول فيما بعد إلى ثمرة ، ويعطى ورقتين متقابلتين ، يكمل الفرع المتكون فى إبط كبراهما إمتداد المحور الأصلى ، ويستمر ذلك طول فصل النمو .

وهناك مثل ثالث هو ساق النجيل (Cynodon dactylon) — (شكل ٣٣) — وهو نبات معمر له ساق أرضية تعرف بالريزومة ، سنتحدث عنها فيما بعد . وتمتد هذه الريزومة أفقياً تحت سطح الأرض — على عمق غير بعيد — ويتحول برعمها الطرفى فى فصل الربيع إلى فرع هوائى ، ينثنى إلى أعلى ، ويظهر فى الهواء حاملا أوراق النبات الخضراء ، أما المحور الأصلى للريزومة فيكمله فرع جانبى يخرج من إبط ورقة حرشفية على الريزومة خلف القمة مباشرة ، ويستمر نمو هذا الجزء الجديد من الريزومة بعض الوقت ، ثم يتحول برعمه الطرفى إلى فرع هوائى جديد ، ويستمر ذلك طول فصل النمو ، وبذلك يتكون المحور الأصلى للريزومة من عدة أجزاء على إستقامة واحدة ، يمثل كل جزء منها فرعاً جانبياً مستقلا .

تحورات الساق

الأصل فى الساق أن تكون عضواً قائماً أسطوانياً ، يتجه فى الهواء إلى أعلى حاملا الأوراق والأزهار ، ومعرضاً إياها للضوء والهواء ، مما يمكنها من تأدية وظائفها على الوجه الأكمل . كذلك تؤدى الساق وظائف توصيل العصارة المجهزة من الأوراق إلى الجذور . والعصارة النيئة من الجذور إلى الأوراق .

بيد أن بعض السيقان تؤدى وظائف أخرى ، غير الوظائف السابقة ، فتتحور لهذا الغرض ، وتتخذ أشكالا تلائم الوظائف التى تؤديها .

وأهم التحورات المعروفة ما يأتى :

(ا) السيقان الورقية : تتحور الساق إلى عضو مفلطح يقوم بوظيفة البناء الضوئى ، وذلك فى النباتات التى تحمل أوراقاً حرشفية أو جافة ، أو أوراقاً خضراء صغيرة الحجم لاتفى بحاجة النبات من الغذاء المجهز ، وهناك نوعان من هذه السيقان .

(ا) سيقان ورقية وحيدة السلامى (Cladodes) ، ومن أمثلتها كشك الماز (Asparagus) شكل ٢٩ .

(شكل ٢٩)

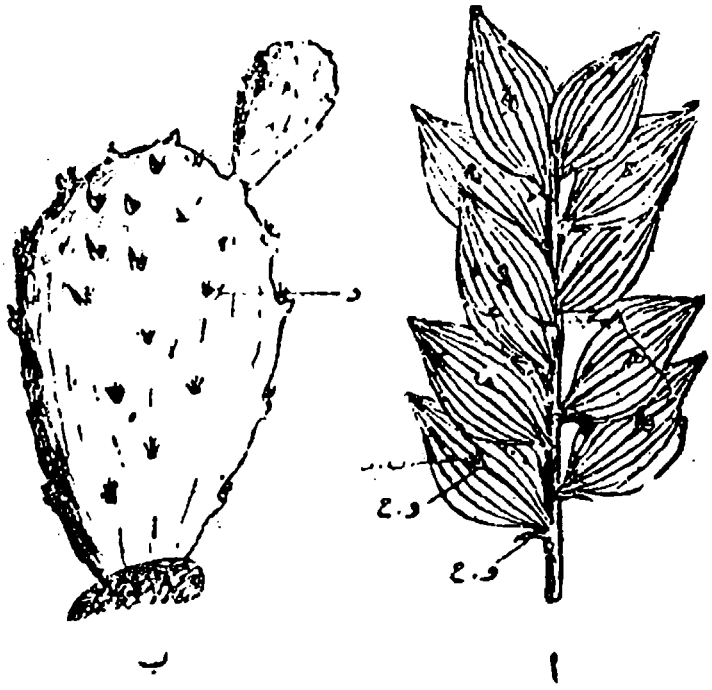
جزء من المجموع الخضرى لنبات كشك الماز يبين سيقان ورقية وحيدة السلامى (Cladodes) ، تخرج فى مجموعات من آباط أوراق حرشفية دقيقة

(ب) سيقان ورقية متعددة السلاميات (Phylloclades) ، ومن أمثلتها السفندر (Ruscus) والمهلنبكيا (Muehlenbeckia) وهما من نباتات الزينة .

أما السفندر (شكل ٣٠ : ١) فله نوعان من السيقان ، سيقان أسطوانية قائمة عادية ، وأخرى ورقية مفلطحة ـ هى السيقان المتحورة ـ وهى تشبه الأوراق تماماً فى الشكل واللون والوظيفة والوضع ، وتخرج على جوانب السيقان العادية من آباط أوراق حرشفية جافة ، صغيرة الحجم ، وتحمل فى وسط سطحها العلوى أوراقاً حرشفية صغيرة ، فى آباطها براعم زهرية تعطى أزهاراً صغيرة بيضاء . ويعتبر وجود هذه الأعضاء الورقية فى آباط الأوراق الحرشفية — وحملها أوراقاً حرشفية فى آباطها براعم — أدلة على أنها سيقان متحورة ، وليست أوراقاً خضراء كما يبدو من شكلها .

أما ساق المهلنبكيا (شكل ٣١) فهى أيضاً ساق ورقية مفلطحة — خضراء اللون — تؤدى وظيفة التمثيل ، ولكنها مستطيلة ومقسمة إلى عقد

(شكل ٣٠)



سيقان ورقية عديدة السلاميات (Phyllocladees) متحورة لغرض التمثيل: (ا) فرع من نبات السفندر ، (ب) فرع من نبات التين الشوكى. (ب . ز) برعم زهرى ، (و) ورقة ، (و . ح) ورقة حرشفية

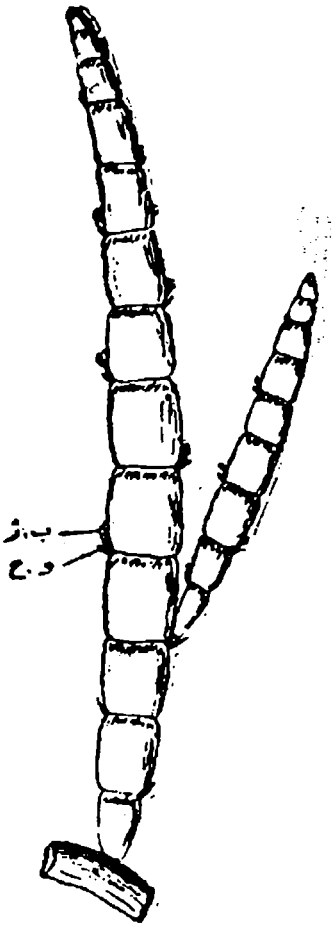
وسلاميات ، وتحمل عند العقد أوراقاً حرشفية متبادلة ، فى آباطها أزهار . وفى نهاية الساق المتحورة توجد قمة نامية ، كما يلاحظ التتابع القمى ، إذ أن السلاميات القريبة من القمة قصيرة ، ويزداد طولها بالتدريج كلما زاد بعدها عن طرف الساق . وكذلك تزداد درجة نمو الأزهار الإبطية كلما بعدت عن القمة .

أما فى نبات الأسبرجس (كشك الماز) فالفروع المتحورة ضيقة إبرية ، تخرج فى مجموعات على الساق الأصلية ، كل فرع فى إبط ورقة حرشفية جافة

٢ — **السيقان العصيرية المفلطحة** : تتحور الساق إلى عضو مفلطح عصيرى متشحم يختزن الماء فى أنسجته ، ويقوم بوظيفة البناء الضوئى ، كما فى نبات التين الشوكى (Opuntia) (شكل ٣٠ : ب) ، وتعتبر الأعضاء الشائكة العريضة التى يحملها النبات فروعاً متحورة ، تحمل فى صغرها أوراقاً

خضراء صغيرة ، لا تلبث أن تسقط بعد فترة وجيزة ؛ تاركة مكانها ندبة تدل على موضعها . وتوجد فى آباط الأوراق براعم محمولة على انتفاخات فى سطح الساق تعرف بالوسائد (Cushious) ، وتخرج من الوسائد أشواك صغيرة حادة يمكن اعتبارها أوراقاً متحورة .

(شكل ٣١)



نوع من نبات الهاليكيا
(ب ، ز) برعم وهرى ،
(و ، ح) ورقة إحرشتية .

وتختزن الفروع المتحورة الماء بغزارة فى أنسجتها الداخلية ، ولذلك تتشحم وتصبح عصيرية ، ويعتمد النبات على الماء المدخر فى أنسجته أثناء فصل الجفاف ولذلك فقد عرف التين الشوكى باحتماله للجفاف وقدرته على استيطان الأماكن الجافة نسبياً .

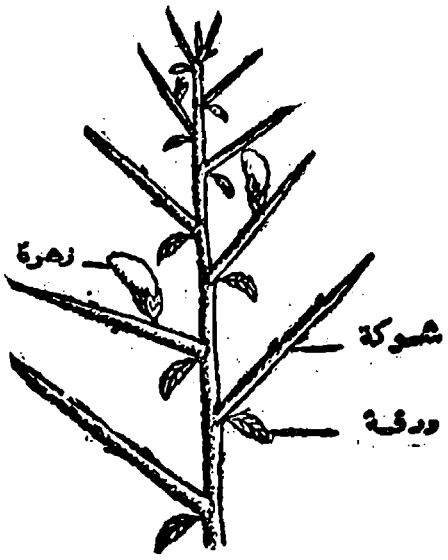
٣ - السيقان الشوكية (Spiny stems) :

تتحور السيقان أحياناً إلى أشواك مدببة ، مما ساعد على وقاية النبـــاتات من حيوانات الرعى ، كما يؤدى إلى اختزال سطحها الناتج ، إذ أن هذا التحور يكون عادة مصحوبا باختزال الأوراق ، ويحدث هذا التحور بنوع خاص فى النباتات الصحراوية كنبات السلة **(Zilla)** مثلا. كما يحدث أيضـــاً فى نباتات أخرى كنبات العاقول (**Alhagi**) ، وهو نبـــات شوكى ينتشر بكثرة فى الأراضى المهمـــلة القريبة من المزارع (شكل ٣٢) ، وتخرج أشواك العاقول عادة من آباط أوراق صغيرة خضراء سريعة التساقط ، وتحمل أحياناً أوراقاً دقيقة أو أزهاراً . أما البرعم الطرفى فيقف نشاطه ويتحور إلى سن مدبب ، وبالإضافة إلى اختزال السطح الناتج ، يفيد التحور إلى أشواك فى تقليل معدل النتح. إذ لوحظ فى نباتى السلة والعاقول أن معدل النتح من وحدة السطح أقل فى الأشواك منها فى الأوراق ، كما لوحظ أن نسبة عدد الأشواك إلى

الأوراق تزداد فى السلة كلما زاد جفاف الوسط الذى تعيش فيه ، كما يزداد أيضاً حجم الأشواك ويقل حجم الأوراق .

٤ — المعاليق الساقية (Stem tendtils) : تتحور السيقان فى بعض النباتات المتسلقة كنباتى العنب والأنتيجونن Antigonon إلى معاليق للتسلق ، وتنتج البراعم الطرفية معاليق العنب فيكون ذلك إيذانا بانتهاء نشاطها ، أما معاليق الأنتيجونن فتنشأ من براعم إبطية .

(شكل ٣٢)



فرع من نبات العالول

٥ — السيقان تحت الأرضية : (Subterraneanstems) تعيش بعض أنواع السيقان تحت سطح الأرض لكى تتجنب التعرض للمؤثرات الجوية القاسية — من برد ورياح — أثناء فصل الشتاء ، وتحمل هذه السيقان الأرضية براعم وأوراقاً حرشفية ، وتظل براعمها كامنة طول فصل الشتاء تحميها الأوراق الحرشفية وتغطيها ، حتى إذا جاء الربيع ودفأ الجو ، دب فيها النشاط فنمت وأنتجت فروعاً هوائية ذات أوراق خضراء ، تقوم بوظيفة التمثيل ، وتنمو هذه الفروع الهوائية وتزدهر فى فصل الربيع والصيف . وقبل انتهاء فصل النشاط الخضرى يأخذ النبات فى تخزين المواد الغذائية الناتجة من عملية التمثيل فى أجزائه الأرضية ، لكى تتغذى عليها البراعم عند إنباتها فى الربيع التالى . بعد ذلك تذوى الفروع الهوائية وتجف ويدخل النبات فى دور السكون من جديد ، وبذلك يستطيع أن يعمر من عام إلى عام بوساطة براعمه الأرضية من ذلك يتضح أن أهم الفوائد التى تؤديها السيقان تحت الأرضية هى التعمير واختزان الغذاء العضوى والتكاثر الخضرى ، أى التكاثر بدون بذور ، وذلك لأن الساق تحت الأرضية إذا قسمت إلى قطع ، تحتوى كل قطعة منها على برعم أو أكثر من البراعم الكامنة ، مع قدر كاف من الغذاء

المدخر ، ثم زرعت تلك القطع فى ظروف ملائمة ، فإن كل قطعة منه تستطيع أن تنتج نباتاً جديداً .

وأهم السيقان الأرضية :

(ا) الريزومة (Rhizome) : وهى ساق تمتد أفقياً تحت سطح الأرض وتتفرع فى كل اتجاه ، وتنقسم إلى عقد وسلاميات . وتحمل عند العقد جذوراً عرضية ليفية ، كما تحمل أوراقاً حرشفية فى آباطها براعم . وتظل البراعم كامنة فى فصل الشتاء ولكنها تنبت فى الربيع لتعطى فروعاً هوائية خضراء ، وتتفرع الريزومات عادة تفرعاً كاذب المحور ، إذ تنثنى القمة النامية إلى أعلى ويتحور البرعم الطرفى إلى فرع هوائى يبرز فوق سطح الأرض ، ويستمر محور الريزومة فى النمو بوساطة برعم جانبى فى إبط ورقة حرشفية . تقع خلف البرعم الطرفى المتحور . ويمتد البرعم الجانبى على استقامة المحور الأصلى حتى يبدو وكأنه جزء متمم له ، ثم لايلبث برعمه الطرفى أن ينثنى إلى أعلى ، ويتحول بدوره إلى فرع هوائى ، وهكذا .

ومن أمثلة الريزومات النجيل (Cynodon) شكل ٣٣ ، والكانا (Canna) شكل ٣٤ ، البردى ، والسمار والغاب الرومى (Bamboo) . وبعض الريزومات رفيعة كريزومة النجيل ، تقل فيها كمية الغذاء المدخر ، وبعضها غليظة تختزن قدراً وافراً من المواد الغذائية ، كريزومات الكانا والبردى والسوسن (Iris) ، وتستطيع الريزومة إذا قطعت أجزاء كثيرة — يشمل كل منها براعم وجانباً من النسيج الغذائى — أن ينتج كل جزء إذا زرع نباتاً جديداً . وهذه هى طريقة التكاثر الخضرى المتبعة عادة فى إكثار هذه النباتات .

(ب) الدرنة (Tuber) : وهى ساق تحت أرضية منتفخة ، مملوءة بالغذاء المدخر ، وأكثره مواد نشوية . والدرنة غير مقسمة إلى عقد وسلاميات واضحة ، ولكنها تحمل أوراقاً حرشفية وبراعم فى تجاويف قليلة الغور ، تسمى العيون (Eyes) ، منتشرة على سطحها فى غير انتظام (شكل ٣٥) .

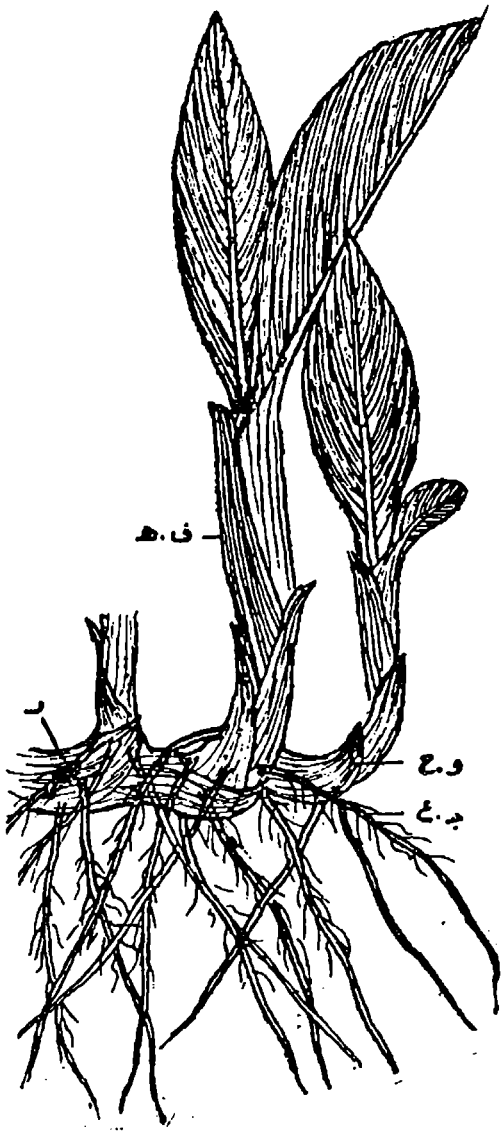
ودرنات البطاطس أهم أمثلة الدرنات ، وتمثل نهايات فروع خاصة قريبة من سطح الأرض ، تنتفخ وتتضخم لاكتنازها الغذاء المدخر ، وتمتلىء خلاياها بالحبيبات النشوية ، ويتغطى سطحها بقشرة باهتة ، تنتشر فيها العيون

(شكل ٣٣) .

نبات النجيل وترى به الريزومة تحمل أوراقا حرشفية عند العقد ، كما تعطى أفرعا هوائية إلى أعلى وجذورا عرضية ليفية (ج . ع) إلى أسفل .

التى تحتوى كل واحدة منها على برعم أو أكثر فى آباط أوراق حرشفية ، تنفصل عادة عند انتزاع الدرنات من التربة ، وبذلك لا يمكن رؤيتها ، وأهم هذه العيون هى العين الطرفية التى توجد فى النهاية البعيدة عن مكان اتصال الدرنة بالفرع ، وتحتوى البرعم الطرفى الساق المتحورة ، وتوجد فى الطرف المقابل لتلك العين الكبيرة بقايا الفرع الذى يحمل الدرنة ، وتبدو كعنق قصير يذوى بالتدريج .

(شكل ٣٤)



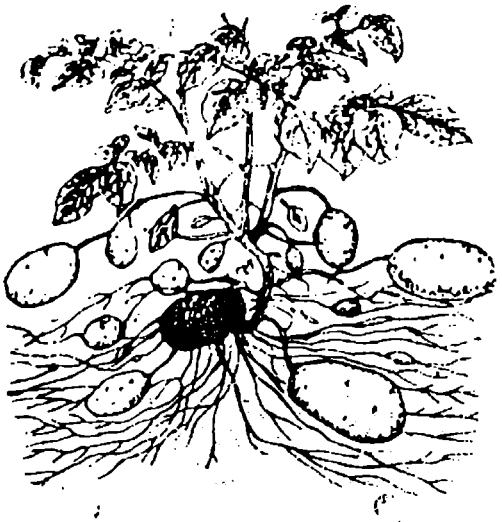
جزء من ريزومة نبات الكانا (ر) يبين : (ج . ع) جذر عرضى ، (ف . هـ) فرع هوائى ، (و . ح) ورقة حرشفية .

ويستكثر البطاطس بتقطيع درناته قطعاً تحتوى كل منها عيناً أو أكثر وجانباً من النسيج الغذائى ، ثم تغرس هذه القطع على مقربة من سطح الأرض فتنبت البراعم التى بالعيون ، وتعطى فروعاً هوائية تحمل أوراقاً مفلطحة خضراء ، كما تعطى فروعاً أخرى تمتد تحت الأرض وتنتهى بالدرنات. وتقوم الأوراق بوظيفة البناء الضوئى لتغذية النبات ، ويختزن ما يفيض عن حاجته على هيئة نشاء فى أطراف السيقان الأرضية ، وبذلك تتكون الدرنات .

(ج) الكورمة (Corm) : تمثل الكورمة القاعدة الأرضية لساق هوائية تمتلىء بالغذاء النشوى المدخر ، فتنتفخ وتكون جسما متشحما . وتنقسم

الكورمة رأسياً إلى عقد وسلاميات . وتحيط بها العقد إحاطة تامة ، وتتصل بها هنالك أوراق حرشفية عريضة القاعدة ، بنية اللون ، لاصقة بسطح الكورمة تغلف السلامى كلها وتخرج من آباط الأوراق براعم مختلفة الأحجام ، تمزق الحراشف وتظهر من خلالها ، وتصل بعض هذه البراعم إلى حجم كبير ، حتى تشبه كورمات صغيرة ، تعرف بالأزرار ، كما تخرج من سطح الكورمة جذور عرضية خيطية ، تخترق التربة ، وتقوم بوظيفة الامتصاص .

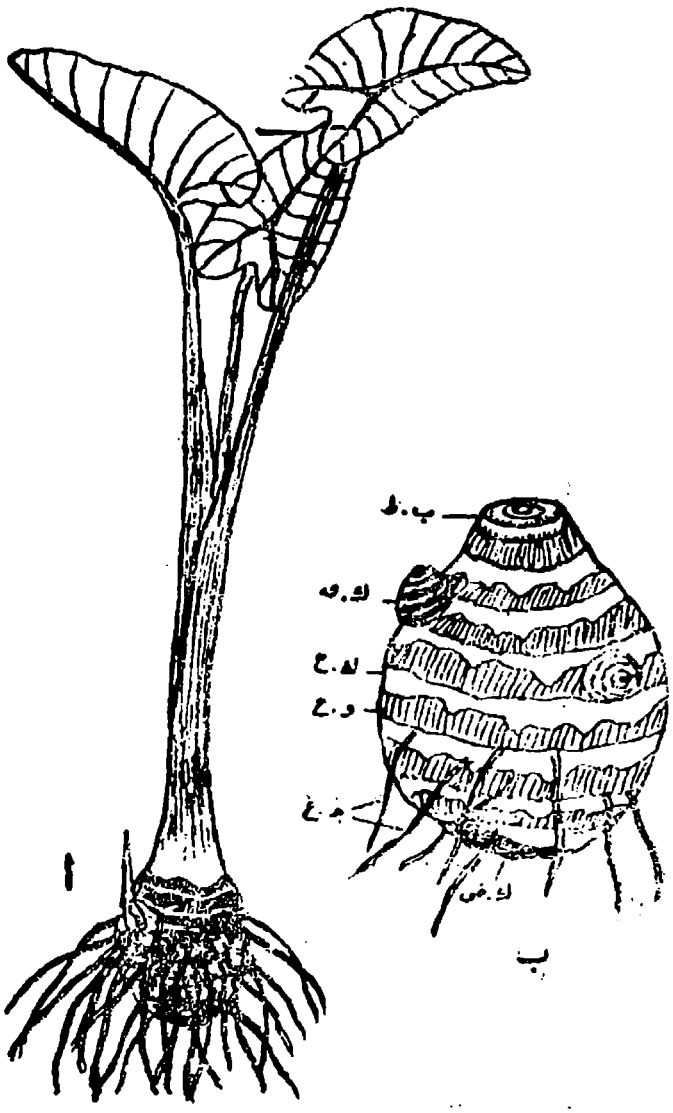
(شكل ٣٥)



نبات البطاطس وترى السيقان الدرنية

وإذا قطعت كورمة القلقاس قطعاً طولياً منصفاً ، وفحص سطحها المقطوع ، لوحظ أن الجانب الأكبر منها مكون من نسيج غض ، ممتلئة خلاياه بالنشاء امتلاء تاماً ، إذا عولج بقطرة من محلول اليود المخفف اصطبغ باللون الأزرق ، ويعرف ذلك الجزء الغض بكورمة السنة الحالية ، وفى أسفلها يوجد جزء متجلد قديم يمثل بقايا كورمة السنة الماضية ، وقد خلت خلاياها من الغذاء المدخر ، حيث استنفد فى إنتاج الفرع الهوائى الذى انتهى بتكوين كورمة السنة الحالية . ويعتمد الفرع الهوائى على الغذاء المدخر فى الكورمة أثناء الأدوار الأولى لنموه ، قبل أن تقوم الأوراق الخضراء ببناء ما يفى باحتياجاته الغذائية . وتبدو كورمة السنة الماضية مختلفة لوناً وامتلاء عن كورمة السنة الحالية ، كما تبدو أكثر منها جفافاً . وفى قمة الكورمة يوجد برعم طرفى ، به منطقة نمو مرستيمية مخروطية الشكل ، تحيط بها أوراق برعمية غضة بيضاء محمرة ، ومن خارجها توجد الأوراق الحوصية البالغة — بقواعدها العريضة — تغلف البرعم تغليفاً تاماً فتحميه . وإذا تركت الكورمة فى الأرض سنة أخرى ، فإن البرعم الطرفى ينبت فى الربيع التالى ، ليعطى فرعاً هوائياً جديداً ، ينتهى بتكوين كورمة جديدة .

(شكل ٣٦)



(ا) نبات القلقاس ، (ب) كورمة القلقاس : (ب ط) برعم طرفى ، (ج . ع) جذر عرضى ، (ك . ح) كورمة السنة الحالية ، (ك . ض) كورمة السنة الماضية ، (ك . ق) كورمة السنة القادمة ، (و . ح) ورقة حرشفية .

ويعد القلقاس (Colocasia antiquorum) — شكل ٣٦ — أهم أمثلة الكورمات ، ويستعمل الغذاء المدخر فيه طعاماً للإنسان وتحمل القلقاسة أزراراً جانبية وبراعم ، ويستكثر نبات القلقاس زراعياً بتقطيع الكورمة إلى أجزاء ، يشتمل كل منها على برعم أو أكثر ، مع جانب من النسيج الغذائى . وتغرس هذه القطع فى الأرض شتاء ، فتنبت براعمها فى الربيع على حساب الغذاء المدخر ، لتكون فروعاً هوائية تحمل أوراقاً خوصية خضراء .

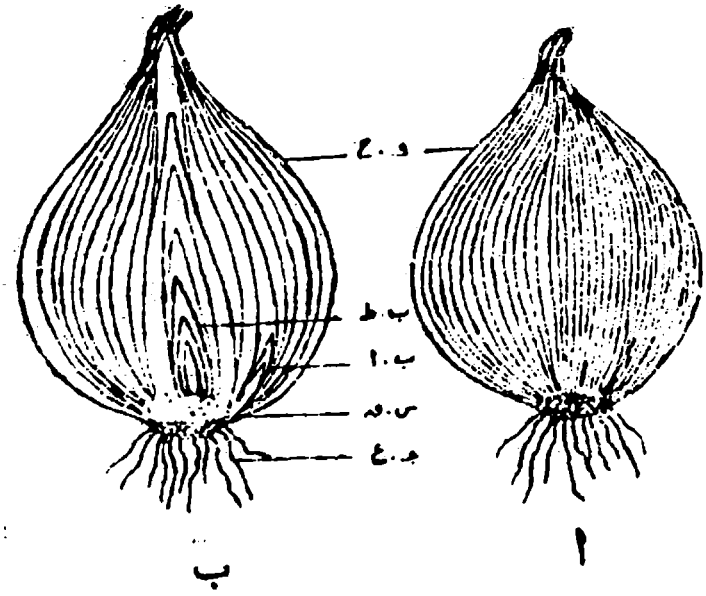
ويتحول مايفيض عن حاجة النبات من الغذاء العضوى المتكون فى عملية التمثيل إلى نشا يدخر فى الجزء الأرضى من الساق مكونا كورمة جديدة ، وتذوى الأوراق الخضراء العريضة فى نهاية فصل النمو ثم تجف . وتبقى قواعدها التى تحت الأرض مغلفة للبرعم الطرفى الذى فى قمة الكورمة . وتظل البراعم التى على سطح الكورمة كامنة مدة طويلة ، حتى إذا حل الربيع التالى نشطت ونبتت . وأعطت فروعاً هوائية جديدة . وذلك هو التكاثر الخضرى فى القلقاس .

(د) البصلة (Bulb) : البصلة ساق قصيرة غاية القصر قرصية الشكل ، تعرف بالقرص (Disc) ، وتحمل على سطحها السفلى جذوراً عرضية ليفية تتجه إلى أسفل ، وتمتد فى الأرض لتثبيت النبات وتمتص له الماء والأملاح . كما تحمل على سطحها العلوى حراشيف بيضاء سميكة عصيرية ، يغلف بعضها بعضاً فى طبقات متعددة . وتمثل هذه الحراشف قواعد الأوراق الهوائية الخضراء — أو أوراقا حرشفية خاصة فى بعض النباتات — وتغطى البصلة عادة بورقة غشائية جافة حمراء أو بنية . وتوجد الأبصال فى كثير من أفراد الفصيلة الزنبقية كالبصل (شكل ٣٧) والتيوليب (Tulip) والزنبق (Lilium) . كما توجد أيضاً فى نبات النرجس (Narcissus) . وفى الثوم (Garlic) تتجمع عدة بصيلات (Bulbils) فى مجموعة واحدة ، تغلفها من الخارج أغلفة مشتركة جافة غشائية ، وتمثل كل بصيلة برعما إبطيا فى بصلة كبيرة .

وإذا قطعت البصلة طوليا وفحص سطحها المقطوع شوهدت الحراشف كما تشاهد الساق القرصية ، منتهية فى وسطها ببرعم طرفى كبير . وقد توجد براعم جانبية أيضاً فى آباط بعض الأوراق .

وينبت البرعم الطرفى فى الظروف الجوية الملائمة ، ليعطى فرعاً هوائياً ذا أوراق خضراء ، وتتبعه فى النمو البراعم الإبطية ، وكلها تعتمد فى

(شكل ٣٧)



(ا) الشكل الخارجى لبصلة ، (ب) قطاع طولى بها : (ب . ا) برعم أبطى ، (ب . ط) برعم طرفى ، (ج ع) جذر عرضى ، (س . ق) ساق قرصية ، (و . ح) ورقة حرشفية .

الأدوار الأولى للنمو على الغذاء العصيرى المدخر فى القواعد اللحمية للأوراق . ولذلك تضمر هذه القواعد ويصغر حجم البصلة كثيراً أثناء تكوين هذه النروع الهوائية . وتنشط الأوراق الخضراء فى تأدية وظيفة البناء الضوئى فترة من الزمن ، ثم يدخر جانب من الغذاء المتكون فى عملية البناء فى قواعدها التى تحت الأرض - وذلك فى أواخر فصل النمو - فتنتفخ تلك القواعد وتكبر مكونة أبصالا جديدة ، تتفكك نتيجة لضمور قواعد الأوراق التى كانت تضمها جميعاً فى البصلة الأصلية ، بينما يأخذ الفرع الهوائى فى الذبول والجفاف حتى يذوى . وتظل الأبصال كامنة فى الأرض طالما بقيت الظروف الجوية غير ملائمة ، ثم تنمو براعمها بعد ذلك عندما تتحسن الظروف ، وتتكرر هذه العملية عاماً بعد عام إذا تركت الأبصال فى الأرض . وتختزن المادة الغذائية فى معظم الأبصال فى صورة سكر لا نشاء .

التكاثر الخضرى فى النباتات الراقية

رأينا كيف يتحور المجموع الخضرى فى بعض النباتات إلى ساق أرضية تؤدى أغراض التعمير واختزان الغذاء المدخر والتكاثر الخضرى . كما رأينا أيضاً كيف تستطيع هذه السوق الأرضية المتحورة — بأنواعها المختلفة — إذا قسمت قطعاً تحتوى كل منها على برعم أو أكثر ، مع جانب من النسيج الغذائى ، وغرست فى ظروف ملائمة ، أن تنبت براعمها لتكون فروعاً هوائية . وتعزى قدرة هذه النباتات على التكاثر الخضرى إلى وجود الغذاء المدخر ، الذى يساعد البراعم على النمو فى الأدوار الأولى ، التى تسبق تكوين الأوراق الخضراء ، ومثل الغذاء المدخر فى هذه السيقان الأرضية كمثل الغذاء المدخر فى البذور ، كلاهما يستهلك فى المراحل المبكرة للإنبات .

وليس التكاثر الخضرى مقصورا على السوق الأرضية فحسب ، بل إن هناك أنواعاً من السيقان الهوائية القائمة والضعيفة تستطيع هى الأخرى أن تتكاثر خضرياً .

وأهم أنواع التكاثر الخضر الصناعى ما يأتى :

التكاثر بالعقل « التعقيل »

تستعمل هذه الطريقة فى إكثار أنواع كثيرة من النباتات صناعياً ، كالعنب والورد وقصب السكر والتين ، إذ تقطع أجزاء من سيقان هذه النباتات بكل منها عدة براعم — تعرف بالعقل (Cuttings) — ثم تغرس هذه العقل رأسياً فى تربة رطبة ، بحيث يبرز جزء منها فوق سطح الأرض ، فتتكون عند قواعدها جذور عرضية بعد فترة من الزمن ، كما تنبت البراعم مكونة فروعاً هوائية . تستمر فى النمو حتى تكون نباتات بالغة مستقلة . ومن مزايا التكاثر بالعقل أنه يؤدى إلى إنتاج نباتات تشبه أصولها إلى أبعد حد ، وفى ذلك يختلف هذا النوع من التكاثر عن التكاثر بالبذرة

الذى يؤدى أحياناً إلى إنتاج نباتات تختلف عن أصولها من وجوه كثيرة ، وهناك ميزة أخرى هى أن النمو أسرع كثيراً فى حالات التكاثر الخضرى منه فى حالة التكاثر بالبذرة .

التطعيم

التطعيم (Grafting) نوع من الإكثار الخضرى الصناعى . يستعمل كثيراً فى حالة أشجار الفاكهة بنوع خاص . فيه تنقل قطعة من ساق أحد النباتات — تعرف بالطعم (Graft or scion) — لتلصق بساق نبات آخر قريب الشبه منه ، يعرف بالأصل (Stock) . ويتصل النباتان معاً ليكونا نباتاً واحداً ، يستفيد فيه الطعم من المجموع الجذرى للأصل ، كما يستفيد الأصل من المجموع الخضرى للطعم . وبذلك تتوفر للنبات المزدوج الناتج مزايا النباتين معاً .

ويجب لكى ينجح التطعيم ، أن يكون الطعم من نفس جنس الأصل ، أو من جنس آخر قريب منه ، يشبهه فى صفات كثيرة . فيطعم البرتقال مثلا على النارنج والخوخ على البرقوق . والكمثرى على السفرجل ، وهكذا .

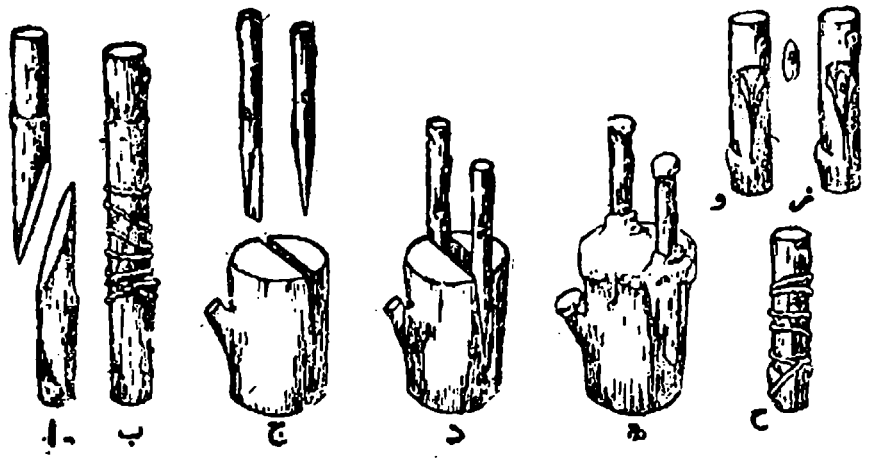
وهناك عدة أنواع من التطعيم أهمها ما يأتى :

١ — **التطعيم بالقلم** : ويستعمل فى حالة الأشجار المتساقطة الأوراق ، وفيه يقطع فرع الطعم إلى عدد من القطع ، تحتوى كل قطعة على برعمين أو ثلاثة ، ويبرى طرفها كما يبرى القلم ، أو يقطع بميل لتعريض سطح مائل مظيف (شكل ٣٨ ج) ، كذلك يقطع الأصل أفقياً على مقربة من سطح الأرض . ثم يعمل فيه شق عمودى يبتدىء من السطح المقطوع ، ويوضع القلم فى ذلك الشق بإحتراس ، بحيث تنطبق أنسجة الكامبيوم فى القلم والأصل. بعد ذلك يطلى الجرح بطلاء خاص ، يعرف بطلاء التطعيم (شكل ٣٨ : د) ، فائدته حماية الجرح من الآفات ومنع دخول الهواء . ويلف رباط محكم حول مكان التطعيم زيادة فى الوقاية من أشعة الشمس والجفاف .

ويجرى التطعيم بالقلم قبيل بدء النشاط الربيعى وتحرك العصارة . ويحفز القطع خلايا السطحين المقطوعين للانقسام والنمو وتكوين كالوس (Callus) يغلفها ، ويعقب ذلك اتصال الخشب واللحاء فى الطعم والأصل .

ومن الممكن لصق عدة أقلام من الطعم فى أصل واحد ، مع ملاحظة أن يتلامس الكامبيوم والقشرة فى كل من الأصل والطعم (شكل ٣٨) .

(شكل ٣٨)



طرق التطعيم المختلفة : (أ) طعم وأصل مقطوعان قطعا مائلا ، (ب) طريقة ربط موضع اتصال الطعم بالأصل ، (ج ، د) طعم على شكل قلم وآخر مقطوع قطعا عرضيا مائلا وطريقة وضعهما فى شق بالأصل ، (هـ) طريقة تغطية موضع لصق الأقلام بالطعم بوساطة الشمع ، (و — ح) طريقة التطعيم بالبرعم (عن سميث وآخرين) .

٢ — التطعيم بالبرعم أو بالعين : فى هذا النوع من التطعيم يرشق برعم (bud) تحت قلف الأصل . ويختار عادة أحد البراعم الكامنة تامة النمو ، ويفصل عن النبات الذى يراد التطعيم به باحتراس شديد ، وذلك بقطعة بمبراة حادة قطعاً يصلى إلى الخشب وينتزع جانباً من القشرة ، ثم يوضع البرعم المقطوع فى شق يعمل فى الأصل على شكل حرف (شكل ٣٨ : و — ح) ، ثم يربط موضع التطعيم برباط محكم ، لوقاية الطعم ومع تسرب الهواء والجراثيم إلى الأجزاء المجروحة . وتأخذ الأنسجة فى الإلتحام بالتدريج ، كما تأخذ الجروح فى الالتئام ، وبعد إنبات البرعم المنقول

وبلوغه درجة كافية من النمو ، تقطع فروع الأصل التى فوقه ، وذلك ليتحول إليه جميع الغذاء المجهز ، فيساعد ذلك على سرعة نموه ، وتجرى عملية التطعيم بالعين عادة فى فصل الربيع حين ينشط نمو النبات وتتحرك العصارة .

٣ — **التطعيم باللصق :** ويستعمل فى إكثار بعض أشجار الفاكهة ، كالمانجو والجوافة : وتستعمل فى هذه الطريقة أصول مزروعة فى أصص لا يزيد عمرها على ثلاث سنوات ، وتبدأ بنزع مساحة صغيرة من قلف الأصل ، ثم ينتخب طعم جيد الثمر ، ويختار منه فرع يشبة الأصل فى سمكة وينزع منه القلف هو الآخر لمسافة محدودة . وبعد ذلك يقرب الأصل من الطعم حتى يلتصق به ، ثم يربط الفرعان بإحكام ، ويطلى الرباط بطلاء التطعيم . وبعد شهرين أو ثلاثة تم التئام الجرح ، وعندئذ يقطع أسفل نقطة الالتئام ، كما يقطع الأصل أعلاها ، حتى يصل كل الغذاء إلى الطعم .ويوضع النبات المطعم حديثاً فى مكان ظليل حتى يمكن استمرار نمو الفرع على الأصل ، وبعد ذلك ينقل من الأصيص إلى الأرض المستديمة .

منتدى سور الأزبكية
WWW.BOOKS4ALL.NET
https://twitter.com/SourAlAzbakya

فوائد التطعيم :

(أ) الاحتفاظ بجودة الصنف : إذ أن ذلك غير مكفول فى الإكثار بالبذرة ، حيث تلقح الأزهار التى تنتج البذور تلقيحاً خلطياً .

(ب) مقاومة الأمراض : إذ أن النباتات تختلف فى درجة مقاومتها للامراض المختلفة ، فالبرتقال مثلا يصاب بمرض التصمغ ، أما النارنج فلايصاب به ،ولذلك يطعم البرتقال على أصول من النارنج فى الجهات التى ينشر فيها هذا المرض . كذلك الخوخ تصاب جذوره بالدودة الثعبانية إذا زرع فى الأراضى الرملية ، بينما يقاوم المشمش هذا المرض ، ولذلك يطعم الخوخ على أصول من المشمش ، وهكذا .

(ج) سرعة الإثمار : تثمر النباتات المستكثرة بالتطعيم أسرع كثيراً مما تثمر النباتات المزروعة بالبذرة .

(د) استكثار نباتات فى تربة لا تلائم نمو جذورها: وذلك باستعمال هذه النباتات طعما على اصول تستطيع أن تنجح فى تلك التربة ، ففى الأراضى الرملية مثلا - حيث ينجح الليمون أكثر مما ينجح البرتقال يطعم البرتقال على أصول من الليمون .

الترقيد

فى بعض النباتات ذوات السيقان الجارية ، كالشليك ، تلامس الساق سطح الأرض فى بعض مواضع ، فتحفزها هذه الملامسة إلى تكوين جذور عرضية تمتد فى الأرض ، كما تحفز البراعم على النمو لتكوين فروع هوائية . وتستغل هذه الظاهرة فى إكثار هذا النبات وغيره إكثاراً خضرياً صناعياً . إذ تثنى الفروع إلى أسفل لتلامس سطح الأرض فى بعض مواضعها ، وتثبت فى ذلك الوضع فترة من الزمن ريثما تعطى جذوراً عرضية وفروعاً هوائية جديدة وبعد ذلك يفصل الفرع عن النبات الأصلى ليصبح نباتاً مستقلا ، وتعرف هذه الطريقة بالترقيد ، ومن أمثلة النباتات ذوات السيقان الجارية التى تستكثر بهذه الطريقة - بالإضافة إلى نبات الشليك (شكل ٢٦) - نبات الليبيا (Lippia) ، وهو من نباتات المتنزهات التى تغطى سطح الأرض ببساط أخضر .

ولا يقتصر الترقيد على النباتات ذوات السيقان الجارية وحدها ، بل إن هناك نباتات ذوات تفرع هوائى عادى ، كالجهنمية والعنب والليمون ، يمكن إكثارها بهذه الطريقة . وإذا تعذر ثنى الفرع المراد ترقيده لصلابته أو بعده عن سطح الأرض ، فمن الممكن ترقيده فى أصيص يوضع فى المستوى الملائم . وتستمر عملية الترقيد بضعة أسابيع ، يستمد الفرع الراقد خلالها ما يلزمه من غذاء من النبات الأصلى ، نظراً لاتصاله به ، وبعد ذلك يفصل الفرع الراقد عن النبات الأصلى ليكون نباتاً مستقلا .

الباب السادس

الورقة

الأوراق النباتية — كما قدمنا — زوائد جانبية خضراء مفلطحة ، تحملها السيقان عند العقد ، وتؤدى وظيفة البناء الضوئى . وأجزاؤها الرئيسية — التى سبق بيانها فى الباب الثانى — هى القاعدة والعنق والنصل ، وسنتحدث عن كل منها بشىء من التفصيل فى هذا الباب .

قاعدة الورقة (Leaf base) :

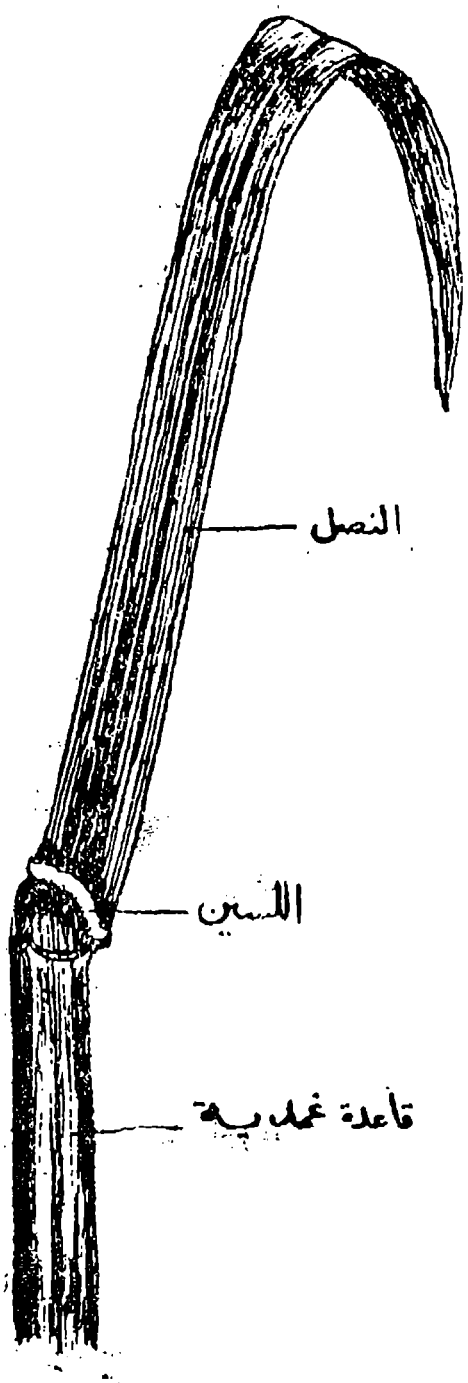
القاعدة هى الجزء الذى تتصل عنده الورقة بالساق ، وهى أضخم قليلا من العنق ، وقد تنتفخ انتفاخاً ظاهراً فى بعض النباتات ، وتقترب من الساق اقتراباً شديداً حتى تكاد تلتصق به أحياناً ، مكونة معه زاوية حادة ، تعرف بإبط الورقة (Leaf axil) . ويساعد هذا الالتصاق على حماية البرعم — أو البراعم — الإبطية الرقيقة من مختلف المؤثرات الخارجية .

وفى بعض النباتات تمتد القاعدة لتكون غمداً يحيط بالساق — إحاطة تامة أو جزئية — فتزيد فى حماية البراعم ، والأغماد الورقية نادرة الوجود فى ذوات الفلقتين ، ولكنها واسعة الانتشار بين ذوات الفلقة الواحدة . وأكثر ماتوجد فى ذوات الفلقتين بين أفراد الفصيلة الخيمية (Umbelliferae) . كالجزر والشمر والينسون وغيرها . أما فى ذوات الفلقة الواحدة فهى منتشرة بين نباتات الفصيلة النجيلية (Garmineae) ، كالقمح والذرة والنجيل والغاب والبوص .

وتمتد الغمد فى بعض النجيليات مسافة طويلة على الساق قد تصل إلى سلامى أو أكثر . وورقة النجيليات تتكون من غمد ونصل ، لايصل بينهما عنق ، ولذلك فهى ورقة جالسة ، ويوجد على سطحها العلوى غشاء رقيق

بين القاعدة والنصل ، يعرف باللسين (Ligule) ويمكن مشاهدته بوضوح فى ورقة الذرة (شكل ٣٩) .

(شكل ٣٩)



ورقة الذرة ، ويرى بها النصل ذو التعرق المتوازى والقاعدة الغمدية التى تحتلف الساق واللسين .

وفى بعض النباتات تحمل القاعدة زائدتين على جانبيها ، تعرفان بالأذينتين (Stipules) ، تساعدان فى حماية البراعم وتغطيتها ، وتسمى الأوراق التى تحمل أذينات أوراقاً مؤذنة (Stipulate) ، وإذا خلت من الأذينات سميت غير مؤذنة (Exstipulate) ، ومن أمثلة الأوراق المؤذنة أوراق الورد والملوخية والسنط والبسلة وغيرها ، وفى ورقة الورد (شكل ٤٣ : ب) تلتحم الأذينتان بعنق الورقة مسافة قصيرة . وفى نباتات الفصيلة الحماضية (Polygonaceae) تتصل الأذينتان معاً لتكونا غمداً أنبوبياً غشائياً حول قاعدة السلامى (شكل ٤٠) ، ويعتبر هذا الغمد من أهم صفات الفصيلة ، ويعرف بالأذينة الغمدية (Ochrea) .

عنق الورقة :

(Leaf stalk or petiole)

عنق الورقة جزء أسطوانى مستطيل ، يختلف طولا وقصرا باختلاف النباتات ، وقد يكون مستديرا إستدارة تامة فى بعض الأحوال ، أو مقعرا بعض الشىء من ناحية سطحه العلوى ،

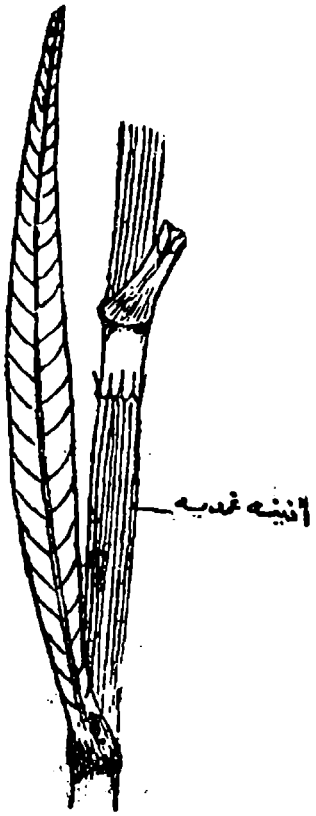
وهذا هو الأرجح ، ووظيفة العنق حمل النصل بعيدا عن الساق ، حيث يأخذ حظ أوفر من الضوء والهواء . وتوصف الأوراق ذوات الأعناق بأنها معنقة (Petiolate or Stalked) ، أما التى لا أعناق لها فتسمى أوراقا جالسة (Sessile) ، والأوراق المعنقة أكثر انتشارا بين ذوات الفلقتين من الأوراق الجالسة ، أما فى ذوات الفلقة الواحدة فالأوراق عادة جالسة .

نصل الورقة :

(Leaf blade or lamina)

نصل الورقة هو الجزء الأخضر المفلطح ، الذى يحمله العنق فى طرفه البعيد من الساق ، ووظيفته الإساسية البناء الضوئى ، فهو لذلك يؤدى الدور الأول فى تجهيز غذاء النبات الأخضر ، ذلك الغذاء الذى يعتمد عليه النبات بطريق مباشر والحيوان بطريق غير مباشر .

(شكل ٤٠)



جزء من ساق البولجونم (من نباتات الفصيلة الحاضية) يبين الأذينة الغمدية .

ويتكون النصل فى بعض الأوراق من قطعة واحدة غير منقسمة ، وتسمى الورقة فى تلك الحالة ورقة بسيطة (Simple) ، وفى البعض الآخر ينقسم النصل إلى عدة أجزاء منفصلة انفصالا تاماً ، فتوصف الورقة بأنها مركبة (Compound) ، ويسمى كل جزء من أجزاء نصلها المنقسم وريقة (Leaflet) ، ويختلف عدد الوريقات فى النباتات المختلفة ، فهناك مثلا وريقتان لكل ورقة من أوراق الرطريط (Zygophyllum coceineum) ، وثلاثة فى البرسيم ، وعدد كبير غير محدود فى السنط (Acacia) والباركنسونيا (Parkinsonia) ،

أما الأوراق البسيطة فمن أمثلتها أوراق الملوخية والتوت والحور والدورانتا والياسمين الزفر .

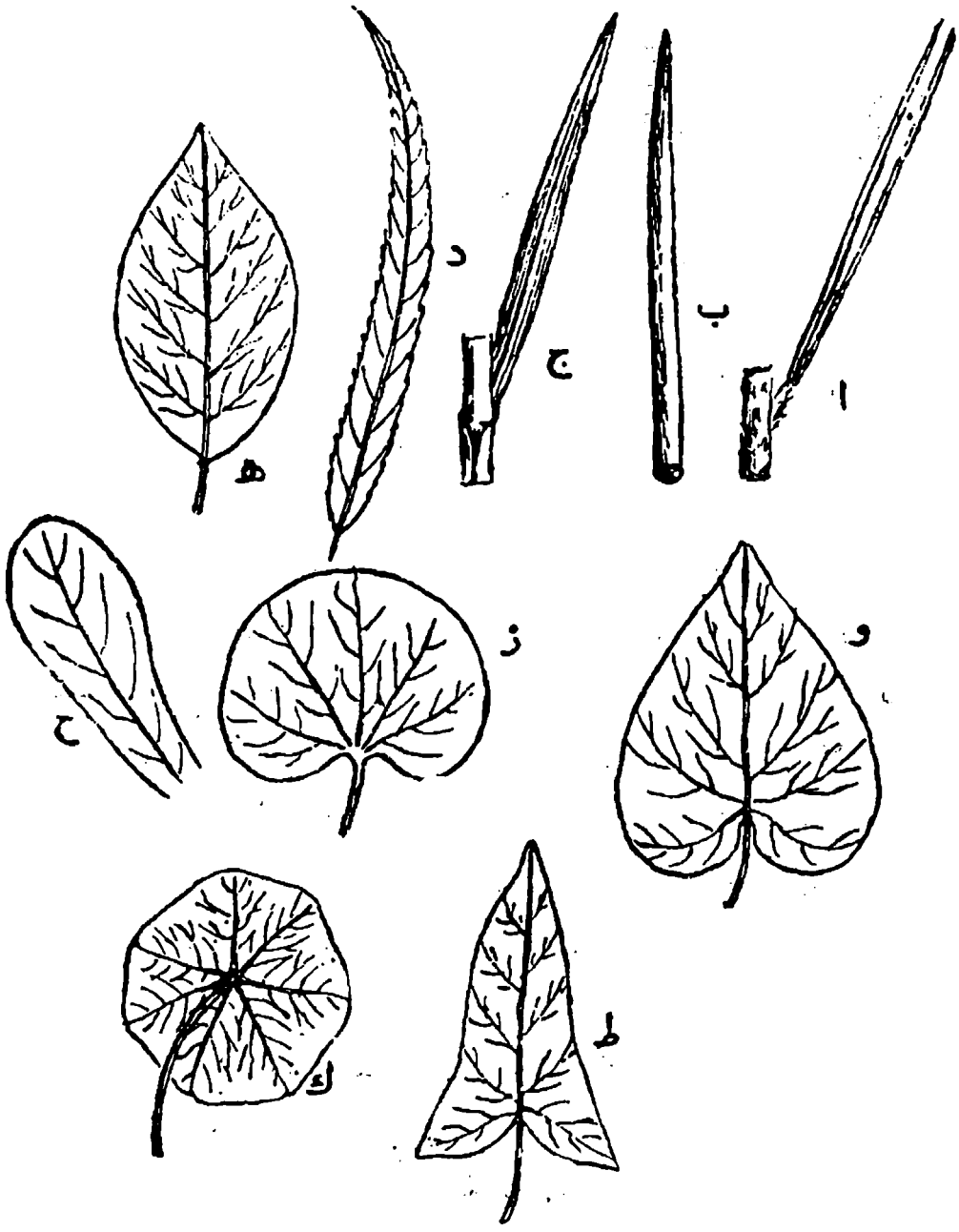
وفى بعض النباتات ينقسم النصل انقسامات عميقة بعض الشيء ،ولكنها لاتصل إلى العرق الوسطى ، وبذلك يصبح متميزاً إلى فصوص واضحة ، وتسمى الورقة فى تلك الحالة ورقة مفصصة (Lobed) .

أشكال الورقة البسيطة :

للأوراق البسيطة أشكال متعددة (شكل ٤١) تختلف باختلاف النباتات ، فهناك الأوراق الإبرية (Acicular) كأوراق الصنوبر ، وهى رفيعة مستطيلة أسطوانية أو غير تامة التفلطح ، وهناك الأوراق الشريطية (Linear) كأوراق النجيليات ، مثل الذرة والنجيل والقمح والشعير ، والأوراق الأنبوبية (Tubular) كأوراق البصل ، حيث تمثل كل ورقة منها أنبوبة خضراء فارغة أما أوراق الكافور والصفصاف فهى أوراق رمحية (Lanceolate) ، إذ أن نصلها يشبه الرمح فى شكله من حيث اتساع القاعدة والتدرج فى الضيق نحو القمة . ومن الأوراق مايتخذ شكلا بيضيا (Ovate) كأوراق الدورانتا والتين البنغالى والفيكس . ومنها ما هو قلبى الشكل (Cordate) لها قمة مدببة وقاعدة ذات فصين مستديرى الحافة يخرج العنق من بينهما ، كما فى ورقة الأيبوميا (Ipomoea) . ومن الأوراق البسيطة أيضاً ما هو كلوى الشكل (Reniform). ومنهـــا الأوراق السهمية (Sagittate) كأوراق القطبة (Sagittaria) التى تشبه السهم فى شكلها ، وهى مثلثة كالحربة ولكن قاعدة نصلها ذات فصين مدببين ، تتجه قمتاهما إلى الخلف ، وتمتد حافتاهما الخارجيتان على استقامة الضلعين . وتسمى الورقة ملعقية (Spathulate) إذا شابهت الملعقة من حيث اتساع نصلها تجاه القمة ، وضيقه تجاه القاعدة ، كما فى نباتى الأقحوان (Calendula) والرجلة (Portulaca oleracea) . وهناك عـــدا ذلك الأوراق المزراقية (Hastate) كأوراق العليق (Convolvulus arvensis) وهى تشبه الأوراق السهمية ، ولكن الفصين الذين فى مؤخرة النصل تمتد قمتاهما إلى الخارج على الجانبين وليس إلى أسفل كما فى الأوراق السهمية ،

أما ورقة أبي خنجر (Tropaeolum) فهي ورقة قرصية (Peltate) ، لأنها مستديرة يتصل فيها العنق بمركز النصل ا.

(شكل ٤١)

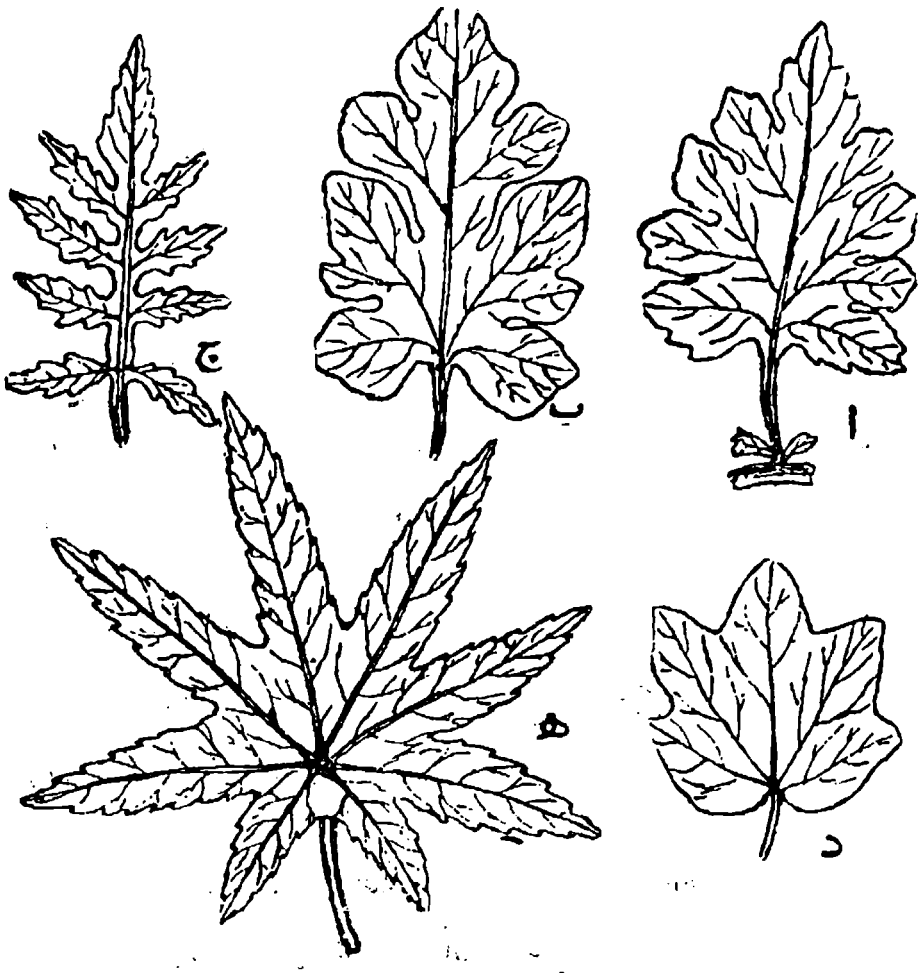


الأشكال المختلفة للأوراق البسيطة (ا) ورقة إبرية، (ب) ورقة أنبوبية، (ج) ورقة شريطية، (د) ورقة رمحية، (هـ) ورقة بيضية، (و) ورقة قلبية، (ز) ورقة كلوية، (ح) ورقة ملعقية، (ط) ورقة سهمية، (ك) ورقة قرصية.

أشكال الورقة المفصصة :

إذا كان انقسام النصل فى الأوراق المفصصة متجهاً جانبياً نحو العرق الوسطى (شكل ٤٢ : ا ، ب ، ج) ، فإن الورقة تسمى ريشية التفصص (Pinnately - lobed) ، أما إذا كان متجهاً نحو القاعدة ـ كاتجاه الفجوات التى بين الأصابع نحـو راحة اليد ـ فإن الورقة تكون راحيـة التفصص (Palmately-lobed) (شكل ٤٢ : د ، هـ) ، وفى بعض النباتات يكون الانقسام غير غائر ، لايزيد على منتصف المسافة بين حافة الورقة وعرقها الوسطى أو بين الحافة وقاعدة النصل ، فتوصف الأوراق فى هذه الحالة بأنها ضحلة التفصص

(شكل ٤٢)



أشكال الورقة المفصصة . (ا) ورقة الكريزانثيمم (ضحلة التفصص الريشى) ، (ب) ورقة الخنظل (عميقة التفصص الريشى)، (ج) ورقة الحشحاش (مشرحة التفصص الريشى) (د) ورقة القطيفة (ضحلة التفصص الراحى)، (هـ) ورقة الخروع (عميقة التفصص الراحى).

الريشي (Pinnatifid) ، كما فى الكريزانثمم (Chrysanthemum) شكل (٤٢ : ا) ، أو ضحلة التفصص الراحى (Palmatifid) ، ومن أمثلتها الخبيزة (Malva parviflora) والخطمية (Althaea) شكل (٤٢ : د) . أما إذا زاد الانقسام عن نصف العمق — كما فى أوراق الحنظل (شكل ٤٢ : ب) والخروع (شكل ٤٢ : هـ) — فإن الأوراق يقال لها عميقة التفصص الريشى (Pinnatipartite) أو عميقة التفصص الراحى (Palmatipartite) على التوالى . وهناك نباتات كالخشخاش (شكل ٤٢ : ج) وأحد أنواع الأيبوميا (Ipomoea palmata) يبلغ الانقسام فى أوراقها عمقاً كبيراً حتى يكاد يصل إلى العرق الوسطى أو قاعدة النصل ، وتسمى أوراق هذه النباتات مشرحة التفصص الريشى (Pinnatisect) أو الراحى (Palmatisect) ، وفى أوراق بعض النباتات — كالفجل والجرجير والجعضيض — يتخذ التفصص الريشى شكلا خاصاً ، من شأنه أن يقع أكبر الفصوص فى قمة النصل وأن تتدرج بقية الفصوص فى الصغر كلما قاربت القاعدة .

وفى نباتات أخرى كنبات « هيوسيرس » (Hyoseris lucida) ، وهو من النباتات المنتشرة بكثرة فى منطقة مريوط وفى الشريط الساحلى بالصحراء الغربية ، توجد أوراق ضحلة التفصص الريشى ، ولكن فصوصها متساوية تقريباً وتتجه إلى الخلف بشكل منتظم .

أشكال الورقة المركبة :

هناك نوعان رئيسيان من الأوراق المركبة (شكل ٤٣) ، يختلفان تبعاً لطريقة اتصال الوريقات بمحور الورقة :

(أ) أوراق مركبة راحية (Compound palmate leaves) : تتصل فيها جميع الوريقات بعنق الورقة مباشرة عند نهايته ، ولذلك تبدو كأنما خرجت جميعها من موضع واحد ، كما تخرج الأصابع من راحة اليد ، ومن أمثلتها الأراليا والترمس .

(ب) أوراق مركبة ريشية (Compound pinnate leaves) : تتصل فيها الوريقات بمحور طولى فى وسط النصل ، وتكون مرتبة على جانبيه كترتيب شعيرات الريشة على جانبى محورها ، ومن هنا جاءت تسميتها « ريشية » ، ويمتد محور الورقة المركبة على استقامة العنق ، ويقابل من حيث الموضع العرق الوسطى (العير) فى الورقة البسيطة ، ويحمل الوريقات متقابلة على جانبيه على مسافات تختلف طولا وقصرا باختلاف النباتات . ومن أمثلة الأوراق الريشية المركبة أوراق اللبخ والبسلة والفول .

وتنتهى بعض الأوراق الريشية المركبة بوريقة واحدة فى طرف المحور ، وتسمى فى هذه الحالة أوراقاً ريشية فردية (Imparipinnate) ، ومن أمثلتها أوراق الورد والتكوما (Tecoma) . وفى نباتات أخرى تنتهى الورقة المركبة بوريقتين متقابلتين على جانبى قمة المحور ، وتسمى أوراقاً ريشية زوجية (Paripinnate) ، ومن أمثلتهـــا أوراق السنامكى (Cassia acutifolia) ، وهناك نباتات كاللبخ والبوانسيانا (Poinciana) ، تـــكون أوراقها مركبة ريشية تتجزأ فيها الوريقات وينقسم نصلها إلى عدة أجزاء منفصلة ، تنتظم على أفـــرع المحور الرئيسى . وتعرف بالرويشات (Pinnules) ، كما تعرف الوريقات نفسها بالريشات (Pinnae) ، وتسمى الأوراق فى هذه الحالة ريشية متضاعفة (شكل ٤٣ : ج) ، فإذا كانت الرويشات محمولة على محاور من الدرجة الثانية سميت هذه الأوراق المتضاعفة ريشية ثنائية (Bipinnate) ، أما إذا كانت محمولة على محاور من الدرجة الثالثة — كما فى بعض السراخس — فإنها تسمى ريشية ثلاثية (Tripinnate) .

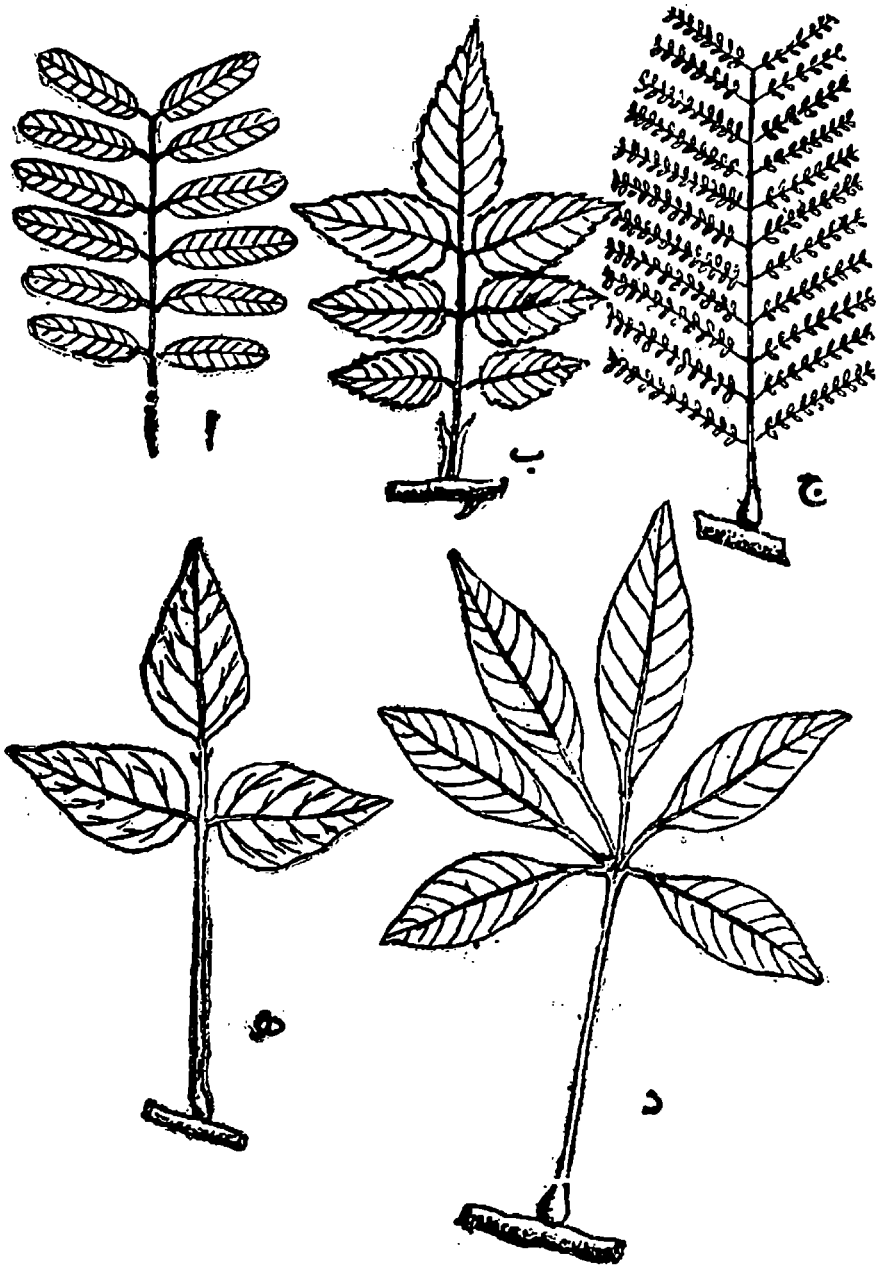
وفى بعض النباتات تتكون الأوراق الريشية المركبة من ثلاث وريقات فحسب ، كما فى البرسيم والفاصوليا وغيرهما (شكل ٤٣ : هـ) .

وفى كثير من أنواع الموالح — كالبرتقال والليمون والنارنج وغيرها (شكل ٤٤) — توجد أوراق ذات نصل بسيط وعنق مجنح ، بينهمامفصل صغير ، ويعتبر الكثيرون وجود ذلك المفصل دليلا على أن أوراق الموالح هى فى حقيقة أمرها أوراق مركبة ، ريشية فردية ، ذات ثلاث وريقات ، قدنمت

فيها الوريقة الطرفية نمواً طبيعياً بينما ضمرت الوريقتان الأخريان وتحورتا إلى جناحين فى قمة العنق .

وتلتبس الأوراق المركبة مع الفروع الخضرية أحياناً على الفاحص غير

(شكل ٤٣)



أشكال الورقة المركبة : (أ) ورقة السنامكى (مركبة ريشيه زوجية) ، (ب) ورقة الورد (مركبة ريشية فردية)، (ج) ورقة البوانسيانا (مركبة ريشية متضاعفة) ،(د) ورقة الأكاليا (مركبة راحية) ، (هـ) ورقة مركبة ثلاثية .

المدقق ، بيد أن هناك فروقا يمكن بها تمييز الورقة المركبة بسهولة ، منها أن لها برعماً فى إبطها ، بينما الوريقة لابرعم لها . وليس للورقة المركبة برعم طرفى ، أما الفرع فينتهى ببرعم ، كذلك تحمل الأوراق المركبة فى بعض النباتات أذينات عند قاعدتها ، كما فى الورد وفى كثير من نباتات الفصيلة القرنية .

(شكل ٤٤)

جزء من نبات الفارتج يبين الأوراق ذوات الأعناق الملتحمة والأوراق القاعدية للفروع الإبطية وقد تحورت إلى أشواك

قمة الورقة

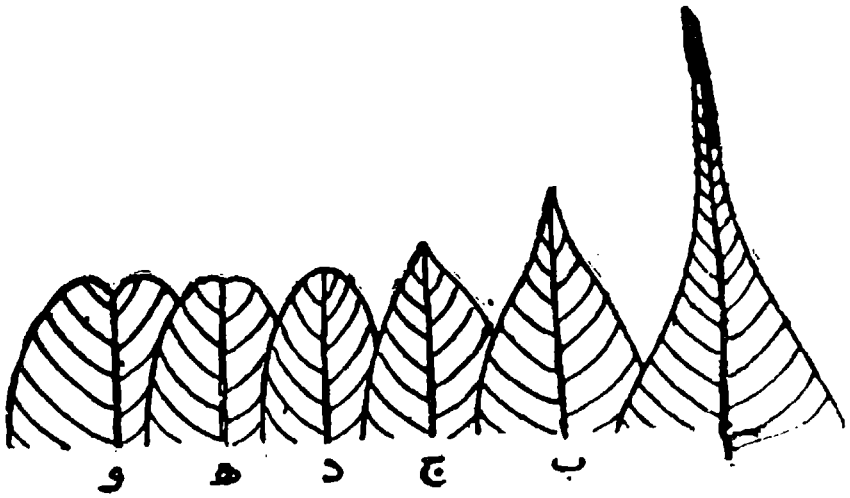
(Leaf apex) :

تختلف قمة النصل فى الورقة أو الوريقة من نبات لآخر ، كما يتضح من (شكل ٤٧) ، فتكون أحياناً حادة أو مدببة (Pointed or acute) إذا انتهت بسن مدبب غير مستطيل ، ولم يكن هناك تقعر فى حافة الورقة على الجانبين خلف هذا السن المدبب (شكل ٤٥ : ج) كما فى الملوخية . وتسمى القمة مستدقة (Acuminate) إذا كانت مدببة ومستطيلة قليلا ، بحيث تتقعر حافة النصل خلفها (شكل ٤٥ : ب) كما فى السرسوع (Dalbergia sisso) وفى بعض النباتات كما فى أحد أنواع الفيكس (Ficus religiosa) ، يزيد طول الجزء المدبب من القمة كثيراً بحيث تبدو كذنب طويل ، وتوصف قمة الورقة فى هذه الحالة بأنها مستدقة مذنبة (Caudate) ، وهناك القمة المستديرة التى لاتدبب فيها (شكل ٤٥ : د) كما فى وريقات اللبخ والبوانسيانا وأوراق الفيكس نيتيدا (Ficus nitida) . وأخيراً توجد أوراق ذات قمم غائرة أو مقلوبة (شكل ٤٥ : هـ ، و) كأوراق الحماض (Oxalis) ؛ وفى هذه الأوراق تنخفض القمة قليلا عن مستوى الحافة فى أعلى الورقة .

حافة الورقة (Leaf margin) :

يختلف أيضاً شكل الحافة اختلافاً كبيراً فى أوراق ووريقات النباتات

(شكل ٤٥)

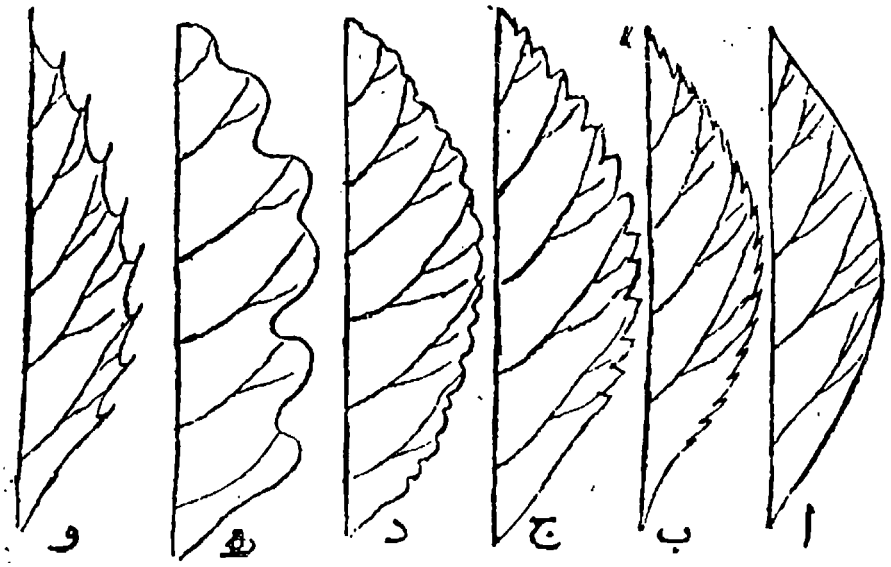


أشكال قمة الورقة :(ا) مستدقة مذنبة، (ب) مستدقة ، (ج) حادة أو مدببة، (د) مستديرة ، (هـ) مقعرة ، (و) غائرة .

المختلفة ، ففى بعض النباتات تكون الحافة مستوية خالية من النتوءات (شكل ٤٦ : أ) وأحياناً – كما فى أوراق الورد والموخية – توجد بالحافة نتوءات حادة منتظمة ، قممها تتجه إلى الأمام كأسنان المنشار (شكل ٤٦ : ب) وتوصف هذه الحافة بأنها منشارية (Serrate) . وفى نبات الدورانتا – وكثير غيره – توجد نتوءات منتظمة فى حافة الورقة ، ولكن تكون قممها متجهة جانبياً ، متعامدة على الحافة، وليست إلى الأمام (شكل ٤٦ : ج) ، فهى لذلك تشبه الأسنان ، وتسمى الحافة مسننة (Toothed or Dentate) .

وفى بعض النباتات كالتوت (Morus alba) تكون النتوءات صغيرة مستوية القمة (شكل ٤٦ : د) ، فتوصف الحافة فى تلك النباتات بأنها مقروضة (Crenate) ، وأحياناً تكون تضاريس الحافة غائرة بعض الشىء متموجة غير منتظمة العمق والحجم ، كما فى أوراق البلوط (Quercus) – (شكل٤٨ : هـ)–وتسمى الحافة فى تلك الحالة متكيسة «متعرجة» (Sinuate)، وفى أوراق البربرى (Berberis) وشوك الجمال (Echinops spinosissimus) توجد بالحافة أسنان حادة مدببة الأطراف كالأشواك (شكل ٤٦ : و) ولذلك توصف بأنها شوكية (Spiny) .

(شكل ٤٦)

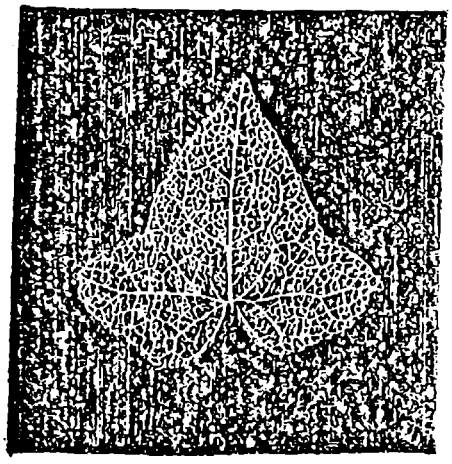


أشكال حافة الورقة : (ا) كاملة . (ب) منشارية ، (ج) مسننة . (د) مفروصة ، منعرجة ، (و) شوكية .

تعرق الورقة (Leaf venation) :

ينتشر فى نصل الورقة ويتخلل أنسجتها جهاز توصيلى ، قوامه مجموعة من العروق ، تمثل امتدادات للحزم الوعائية التى بالساق ، وتنقل هذه العروق إلى الورقة ماتحتاج إليه من عصارة نيئة ، كما تنقل منها العصارة المجهزة إلى الساق والجذور والأزهار والثمار ، فتغذيها .

(شكل ٤٧)



التعرق الشبكى فى ورقة من أوراق نبات ذى فلقتين ، وتكون العروق هيكلا دعاميا داخل أنسجة الورقة يحفظها من التهدل .

وإنتشار العروق وتشعبها فى سائر أجزاء النصل يكسبه قوة ومتانة ، لما تحتويه من أنسجة ملجننة قوية . ويساعده وجود ذلك الهيكل الدعامى (شكل ٤٧) على أن يظل مفلطحاً منبسطاً رغم رقته ، وفى إحتفاظه بتفلطحه ضمان لإستمرار تعرضه للضوء والهواء ، وعون له على تأدية وظيفة البناء الضوئى على أكمل وجه .

ويتميز فى وسط الورقة عرق كبير ، يمتد على إستقامة العنق من قاعدة النصل إلى قمته ، ويبرز عادة على السطح السفلى قليلا ، كما يكون تجويفاً غائراً نوعا ما على السطح العلوى ، ويدق بالتدريج كلما اقتربت قمة النصل ، ويعرف هـــذا العرق الرئيسى بالعرق الوسطى أو العير (Midrib) .

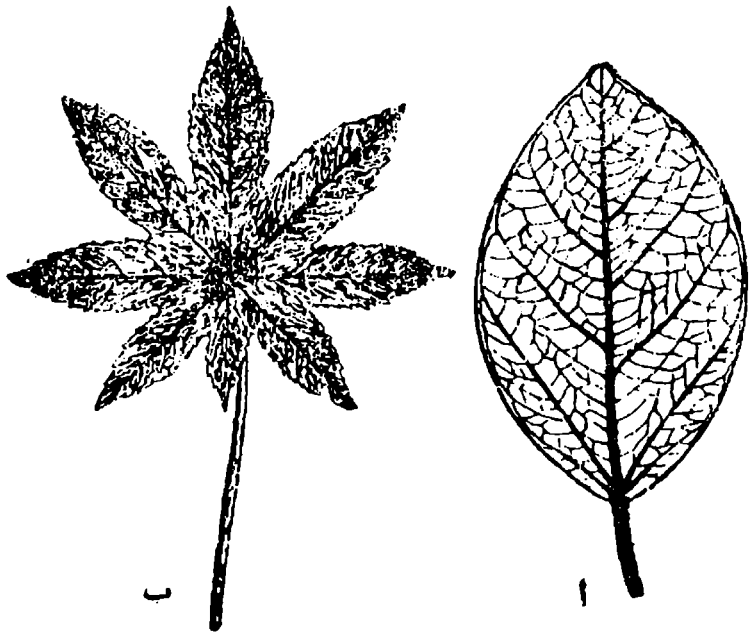
وهناك نوعان من التعرق :

(أ) التعرق الشبكى (Reticulate venation) :

وقد اختصت به نباتات ذوات الفلقتين ، وينـدر وجوده فى ذوات الفلقة الواحدة . وفى هذا النوع من التعرق (شكل ٤٨) تخرج من العير — أو العروق الرئيسية — عروق جانبية (Lateral veins) تمتد تجاه حافة الورقة تميل إلى الأمام. ثم تتفرع بدورها إلى عريقات دقيقة (Veinules) ، تتشعب فى كل إتجاه ، وتتلاقى مكونة شبكة متصلة .

والتعرق الشبكى إما أن يكون ريشياً (شكل ٤٨ : ا) وإما أن يكون راحياً (شكل ٤٨ : ب) ، ويحدث التعرق الريشى فى معظم الأوراق البسيطة ووريقات الأوراق المركبة ، وكذلك فى الأوراق ذات التفصص الريشى . وفى هذا النوع من التعرق يوجد عرق رئيسى واحد — هو العير — تخرج منه على التتابع عروق جانبية على الناحيتين . ويغلب هذا النوع فى ذوات الفلقتين ، ومن أمثلته أوراق الفيكس والملوخية ووريقات الورد والفول . أما التعرق الراحى فيحدث فى الأوراق راحية التفصص ، وينـدر حدوثه فيما عداها من أوراق ذوات الفلقتين ، وفيه يوجد أكثر من عرق رئيسى واحد ، يمتد من قاعدة النصل إلى قمته ، وتلتقى جميع العروق الرئيسية فى موضع واحد عند قاعدة النصل أو قمة العنق ، كما تلتقى الأصابع فى راحة اليد ومن أمثلة الأوراق ذات التعرق الراحى ورقة الخروع (شكل ٤٨ : ب) وورقة العنب (شكل ٢٣) ، وتوصف الأوراق ذات التعرق الريشى بأنها « ريشية التعرق » (Pinnately-veined) ، كما توصف الأوراق ذات التعرق الراحى بأنها « راحية التعرق » — (Palmately-veined) .

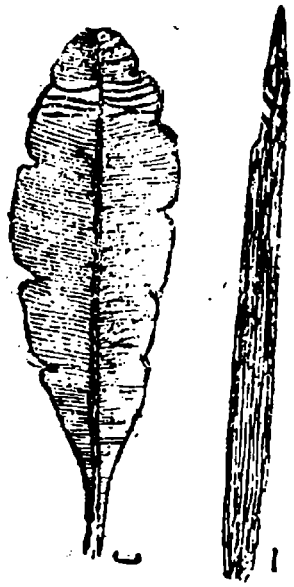
(شكل ٤٨)



انواع التعرق الشبكى : (أ) ورقة الفيكس تبين التعرق الشبكى الريشى ، (ب) ورقة الخروع تبين التعرق الشبكى الراحى .

(ب) التعرق المتوازى (Parallel venation) : وهو الغالب فى ذوات الفلقة الواحدة ، وفيه تكون العروق الظاهرة متوازية ، وقد يكون التعرق المتوازى طولياً — وهو الغالب — إذا كانت العروق الجانبية موازيه لحافة الورقة وللعرق الوسطى وممتدة من قاعدة النصل إلى قمته كما فى أوراق الشعير (شكل ٤٩) والقمح والذرة وغيرها من النجيليات ، أو يكون مستعرضا إذا خرجت العروق الجانبية من العرق الوسطى وتعامدت عليه ، وإمتدت أفقيا إلى الحافة بحيث يوازى بعضها بعضا ، ومن أمثلة هذا النوع من التعرق أوراق الموز (شكل ٤٩ : ب) .

(شكل ٤٩)



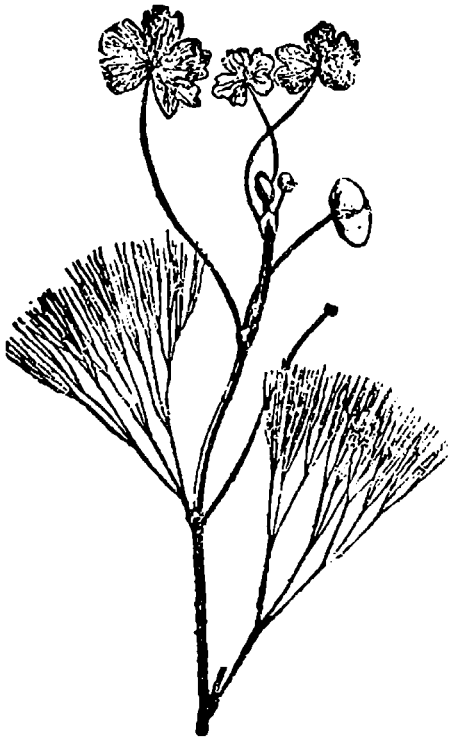
التعرق المتوازى : (أ) ورقة الشعير تبين التعرق المتوازى الطولى ، (ب) ورقة الموز تبين التعرق المتوازى المستعرض .

التباين الورقى :

يحمل كل نبات عادة نوعا واحداً من الأوراق ، يميزه عن

غيره من النباتات ، بيدأن هناك نباتات يحمل كل منها أكثر من نوع واحد من الأوراق ، وتعرف هذه الظاهرة بالتبـــاين الورقى (Heterophylly) ، وتحدث كثيراً فى النباتات المائية بنوع خاص ، كنبات الأقحوان المـــائى (Ranunculus aquatilis) ، إذ يحمل هذا النبات نوعين من الأوراق ، مغمورة وطافية. أما الأوراق المغمورة فمجزأة النصـــل بغزارة إلى أجزاء رفيعـــة كالخيوط (شكل ٥٠) ، أما الأوراق الطافية فعريضة النصل نسبيا قليلة التجزؤ. وفى نبات القطن يحمل النبـــات الصغير أوراقا بسيطة قلبية الشـــكل مستوية الحافة ، وأما

(شكل ٥٠)



جزء من نبات الأقحوان المائى يحمل نوعين من الأوراق أحدهما يطفو فوق سطح الماء وهو قليل التجزؤ ، والآخر مغمور فى الماء وهو متجزئ تجزءا شديدا إلى خيوط رفيعة

النبات البالغ فيحمل أوراقاً راحية التفصص. وكذلك فى نبات الفول تختلف الأوراق الأولية من وجوه كثيرة عن الأوراق التى ينتجها النبات البالغ ، كما سبق وذكرنا فى الباب الثالث .

عمر الورقة :

تعيش الورقة فترة وجيزة إذا قورنت بالنبات الذى يحملها . معظم الأوراق لا تعمر أكثر من فصل نمو واحد ، تجف بعده وتسقط ، وتنقسم النباتات من هذه الوجهة عادة إلى قسمين : نباتات دائمة الخضرة (Evergreen) ، وهى التى تحتفظ بأوراق خضراء طوال العام ، كأشجار الكافور والموالح ، ونبـــاتات متساقطة الأوراق (Deciduous) وهى التى تسقط أوراقها فى الخريف والشتاء ، وتكون أوراقاً جديدة فى الربيع التالى تستمر إلى نهاية الصيف ، كالتوت والحور . وليس معنى دوام الخضرة فى نباتات القسم

الأول أن الأوراق الخضراء تعمر طول حياة النبات ، ولكن معناه أنها لا تسقط جميعها فى وقت واحد ، إذ أن لكل ورقة عمراً محدوداً ،قد يكون فصل نمو واحد أو أكثر ، ولكن فترة الحياة يختلف تاريخها فى الأوراق المختلفة ، فهى تسقط وتتكون فى أوقات متباينة .

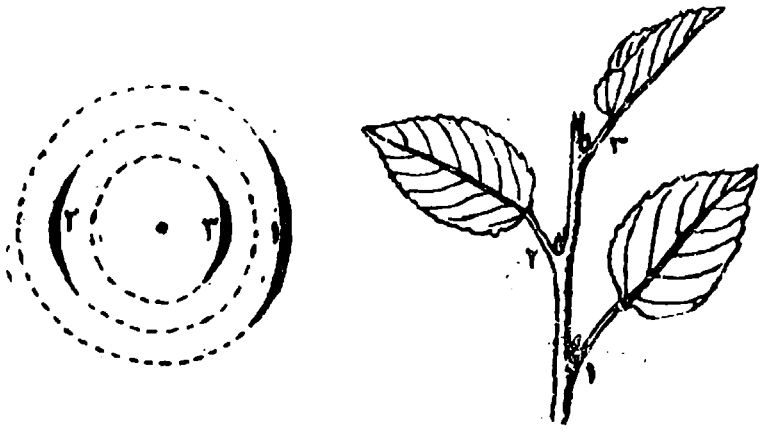
على أن الأوراق الخضراء تظل على النبات فترة أطول فى المخروطيات (Conifers) — وهى قسم من أقسام النباتات عاريات البذور كالصنوبر— منها فى النباتات كاسيات البذور . وفى أحد النباتات معراة البذور ، وهو نبات « ولوتشيا » (Welwitschia) ، توجد ورقة واحدة يحملها النبات طول حياته التى قد تمتد إلى مائة عام .

توزيع الأوراق على الساق (Leaf arrangement) :

فى بعض النباتات ، كالفجل والجزر ولسان الحمل (Plantago) تكون الساق قصيرة قزمية ، وتخرج الأوراق فى مجموعة فوق الجذر الوتدى قرب سطح الأرض ، وتسمى لذلك أوراقاً جذرية (Radical leaves) . وفى نباتات أخرى — كالملوخية والفول — تكون الساق طويلة ، وتخرج منها الأوراق على التعاقب ، تفصلها سلاميات واضحة وطويلة نسبياً ، ولذلك تظهر متفرقة بعيدة عن الجذر وليست فى مجموعات . وتعرف بالأوراق الساقية (Cauline) .

وتتوزع الأوراق الساقية على الساق فى ترتيب يختلف باختلاف النباتات، فى كثير منها تخرج ورقة واحدة من كل عقدة ، وتتبادل الأوراق المتعاقبة الموضع على محيط الساق ، حتى لا يظلل بعضها بعضا (شكل ٥١) ، ويسمى التوزيع فى تلك الحالة توزيعاً متبادلا (Alternate arrangement) ، ومثال ذلك الفول والملوخية والقطن . وفى نباتات أخرى تخرج ورقتان متقابلتان من كل عقدة ، فيسمى التوزيع متقابلا "Opposite" ، كما فى الياسمين الزفر (Clerodendron) ، وفى هذه الحالة تكون الأزواج المتعاقبة غالباً فى مستويات متعامدة ، بحيث إذا اتجهت الورقتان المتقابلتان فى إحدى العقد

(شكل ٥١)



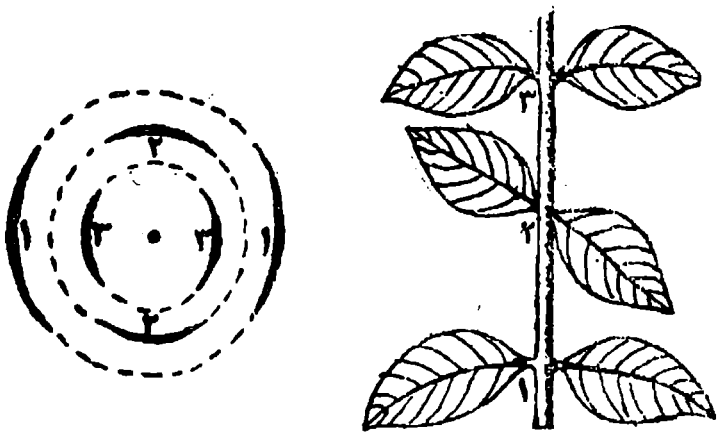
على اليمين فرع يحمل أوراقا وضعها متبادل ، وعلى اليسار مسقط يبين الافتراق الزاوى للأوراق (٢/١) .

شرقاً وغرباً ، اتجهت الورقتان اللتان تليانهما من أعلى ومن أسفل ناحية الشمال والجنوب ، فيقال للأوراق إذ ذاك إنهـا متقابلة متصالبة (Opposite decussate) شـكل ٥٢ ، وأحياناً تخرج الأوراق من العقـد فى محيطات سوارية ، فى كل محيط ثلاثة أوراق أو أكثر ، موزعة حول الساق عند العقد ، ويسمى نظام توزيع الأوراق فى تلك الحالة نظاماً محيطياً أو سـوارياً (Whorled or Verticillate) ، كما فى أوراق الدفلة (Nerium oleander) (شكل ٥٣) .

ويلاحظ فى حالات التوزيع المتبادل أننا لو بدأنا من أية ورقة على الساق ، وبحثنا عن الورقة التى تقع فوقها مباشرة ، وعددنا السلاميات التى تفصل الورقتين ، ثم أمررنا بعد ذلك خيطاً حول قواعد الأوراق الواقعة بينهما ، وعددنا اللفات الكاملة حول المحيط فإننا نلاحظ أن نسبة عدد اللفات إلى عدد السلاميات ثابتة فى النوع الواحد من أنواع النباتات ، وتعبر هذه النسبة عن الجزء من محيط الساق الذى يفصل بين ورقتين متتاليتين ، وتعرف بالافتراق الزاوى (Phyllotaxis) أو (Leaf divergence) .

ويمكن توضيح الافتراق الزاوى وقياسه بعمل مسقط فى ساق نبات بالغ (شكل ٥٤) أو قطاع مستعرض فى برعم خضرى ، وتمثل النقطة التى فى

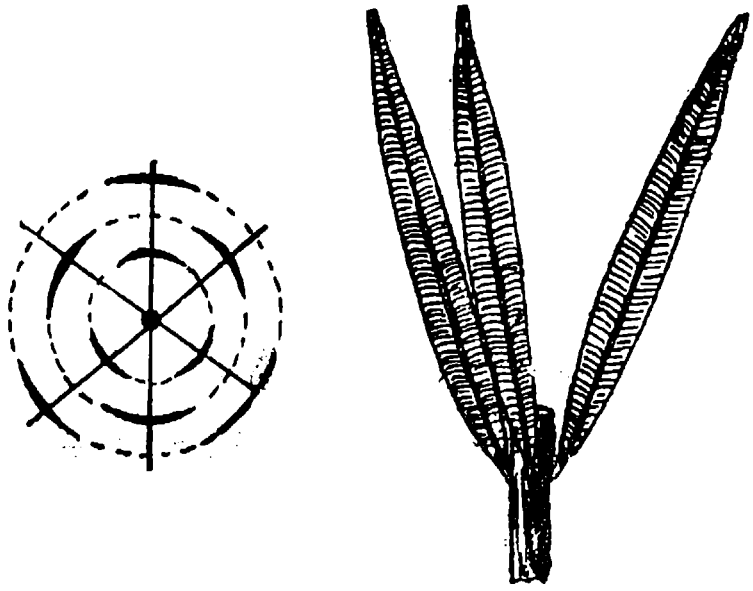
(شكل ٥٢)



على اليمين فرع يحمل أوراقا متقابلة متصالبة، وعلى اليسار مسقط بين الأوراق الزاوى (½) .

ثنوارية ، فى كل محيط ثلاثة أوراق أو أكثر ، موزعة حول الساق عند العقد ، ويسمى نظام توزيع الأوراق فى تلك الحالة نظاماً محيطياً أو ثنواريا (Wherled or Verticillate) ، كما فى أوراق الدفلة (Nerium oleander)

(شكل ٥٣)



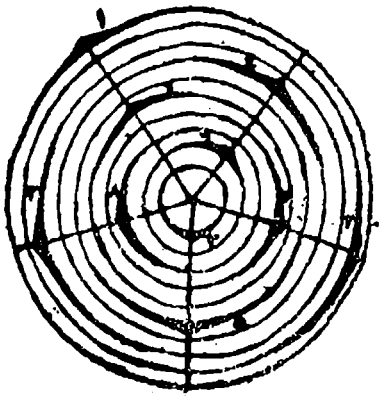
على اليمين جزء من فرع من نبات الدفلة يحمل أوراقا محيطية وعلى اليسار مسقط بين الافتراق الزاوى (½)

مركز المسقط قمة الساق ، كما تمثل الدوائر العشر المحيطة بهذه النقطة عشر عقد ، وأصغر الدوائر تمثل أقرب العقد إلى قمة الساق ، وأكبرها — وهى الخارجية — تمثل أبعد العقد عن القمة . ويتضح من (شكل ٥٤) أن الورقة

رقم ١ تقع أسفل الورقة رقم ٦ مباشرة . كما تقع الورقةرقم ٢ أسفل رقم ٧ ، والورقة رقم ٣ أسفل الورقة ٨ ، وهكذا ، أى أن هناك خمس سلاميات تفصل كل ورقة عن الورقة التى فوقها مباشرة .

فإذا علمنا أننا ندور حول محيط الساق مرتين كاملتين لكى نصل من أى ورقة إلى الورقة التى فوقها ، فإن الافتراق الزاوى فى هذه الحالة يكون مساوياً $\frac{٢}{٥}$. وفى معظم ذوات الفلقتين تكون النسبة $\frac{٢}{٥}$ أو $\frac{٣}{٨}$ ، وفى النادر تكون $\frac{١}{٥}$ (شكل ٥٤) أو $\frac{١}{٣}$.

(شكل ٥٤)



مسقط للفرع يبين الافتراق الزاوى .

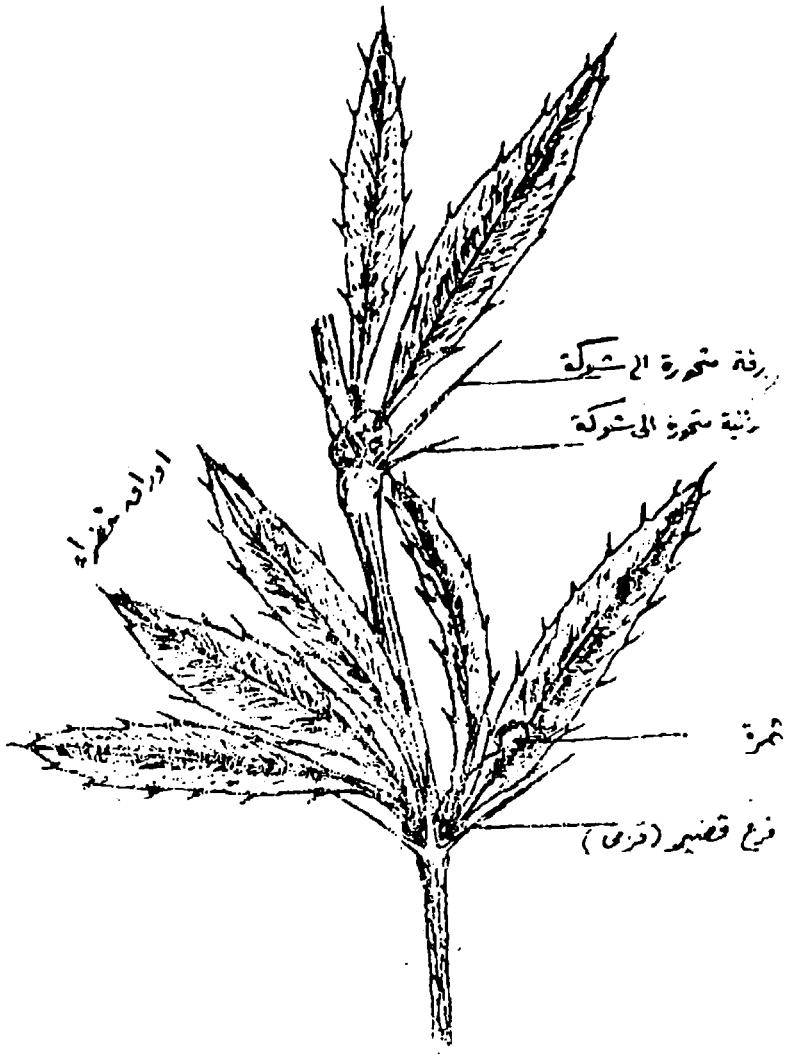
الأوراق المتحورة (Metamorphosed leaves) :

الأصل فى الورقة أنها نتوء من الساق ، أخضر اللون عريض مفلطح ، ووظيفتها الأساسية هى البناء الضوئى ، إلا أن شكل الورقة جميعها أو بعض أجزائها يتحور فى بعض النباتات لتأدية وظائف خاصة ، وأهم هذه التحورات ما يأتى :

١ — تتحور الورقة إلى شوكة فتصبح مدببة القمة ، وفى ذلك حماية للنباتات من حيوانات الرعى وغيرها ، كما فى نبات البربرى (شكل ٥٥) . وتوجد فى النبات الأخير شوكة ذات ثلاث شعب عند كل عقدة من عقد الفروع الطويلة تمثل الورقة المتحورة ، أما فى الموالح — كالبرتقال والنارنج (شكل ٤٦) — فتعتبر الشوكة أولى أوراق الفرع الإبطى .

٢ — تتحور الأذينات أحياناً إلى أشواك ، وتظل الورقة نفسها خوصية عادية كما فى النبق والسنط (شكل ٥٦) . وفى نبات الباركنسونيا (Parkinsonia — شكل ٥٧ — توجد أذينات شوكية ، ويتدبب محور الورقة المركبة فى جزئه الطرفى ويتحور إلى شوكة .

(شكل ٥٥)

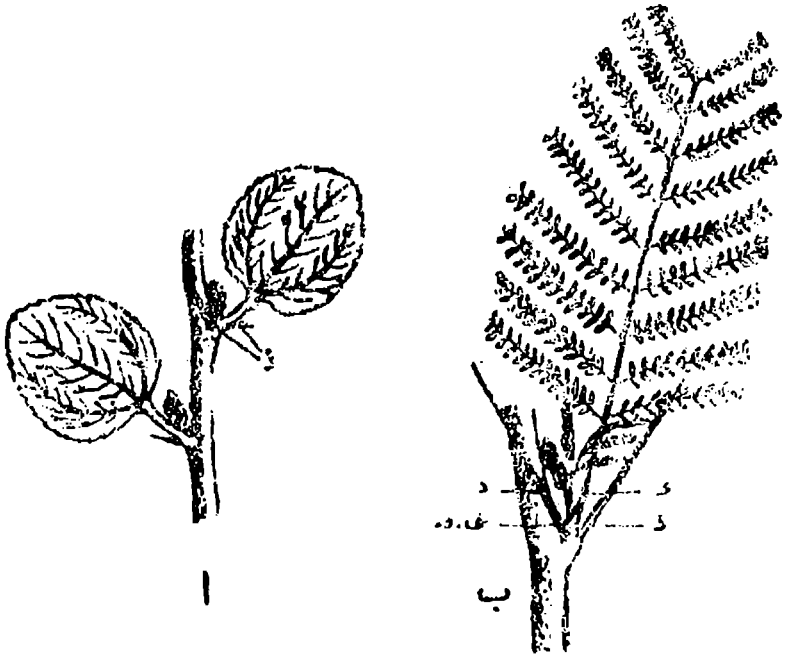


جزء من نبات البربرى يبين تحورات الأوراق التى على الفروع الطويلة إلى أشواك .

٣ — تتحور الورقة إلى معلاق للتسلق ، كما فى نبات حمام البرج (Lathyrus aphaca) . وفى هذا النبات تكبر الأذينتان فى الحجم لتؤديا وظيفة التمثيل عوضاً عن الورقة المتحورة ، أى أنهما تتحوران إلى عضوين ورقيين (شكل ٥٨ : أ) .

٤ — تتحور الوريقات فى الورقة المركبة إلى معاليق للتسلق ، كما فى نبات بسلة الزهور (شكل : ٥٨ ب) . وفى هذا النبات أيضاً تكبر الأذينات وتتفلطح ، وتصبح ورقية لتؤدى وظيفة التمثيل ، بينما تظل الوريقات السفلى خضراء غير متحورة .

(شكل ٥٦)



جزء من نبات العنق (ا) والسنط (ب) يبين تحور الأذينات إلى أشواك ، (ذ) أذينة ،

٥ - تتحور الأذينات فى بعض النبـــاتات إلى معاليق كما فى نبـــات سميلاكس (Smilax) (شكل ٥٨ : ج) .

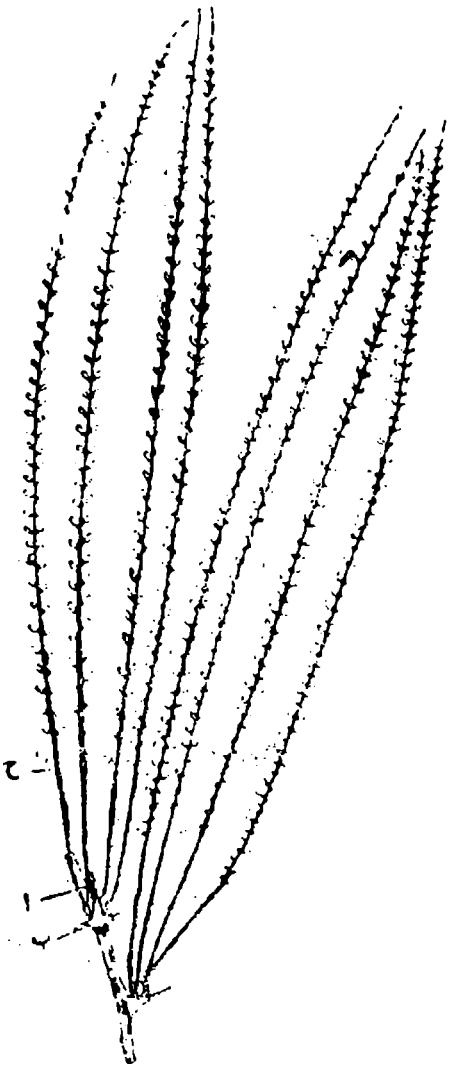
٦ - تتحور الأوراق فى بعض النباتات إلى أعضاء متشحمة ، لاختزان الماء أو المواد الغذائية ، مثال ذلك أوراق الأبصال التى تختزن فيها مواد غـــذائية مدخرة وأوراق الرطريط (Zygophyllum coccineum) والغاسول (Mesembryanthemum) التى يختزن فيها الماء . والرطريط والغاسول جنسان من أجناس النباتات الصحراوية ، وورقة الرطريط (شكل ٥٩) مركبة فى معظم أنـــواعه ، خضراء مؤذنة ذات وريقتين ، والعنق والـــوريقتان عصيرية لاختزانها الماء ، أسطوانية الشكل .

٧ - يتفلطح عنق الورقة فى بعض النباتات ، بـــدلا من أن يـــكون أسطوانياً كما هى العادة ، ويصبح ورقياً يقوم بوظيفة التمثيل كما يحدث فى بعض أنواع السنط (Acacia sp.) (شكل ٦٠) ، ويصحب هذا التحور عادة اختزال النصل ، ويسمى العنق المتحور على هذا النحو عنقاً ورقياً (Phyllode)

وتتخذ الأعناق الورقية غالباً وضعاً رأسياً بدل أن تمتد أفقية كالأوراق، ويحميها ذلك عادة من الضوء الساطع والنتح الشديد.

٨ — تتحور الأوراق فى بعض النباتات إلى أشكال شتى لتؤدى أغراض التغذية الشاذة، ومن أمثلتها أوراق النباتات آكلة اللحوم، التى تتحور إلى قدور أو تتغطى بشعور حساسة أو زوائد لاذعة لتؤدى وظيفة اقتناص الحيوان وسنتحدث عن بعض هذه النباتات بشىء من التفصيل.

(شكل ٥٧)



جزء من ساق نبات الباركيتونيا يبين تحور محور الورقة المركبة (ا) وأذينتيها (ب) الى أشواك، ويحمل كل محور زوجين من الوريقات الريشية (ج).

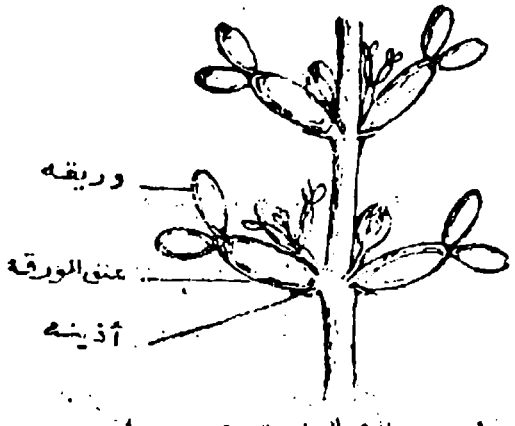
النبنثس (Nepenthes) :

فى هذا النبات يتفلطح نصل الورقة عند القاعدة ويستطيل عرقها الوسطى خارج النصل ويصبح مجوفاً عند نهايته فى صورة قدر له غطاء (شكل ٦١) وتفرز الورقة رحيقاً حلو المذاق يجذب الحشرات، وعندما تدخل الحشرات القدر يتعذر عليها الخروج منه وتسقط فى القاع، ويرجع ذلك إلى التركيب الخاص للجدار الداخلى. إذ أنه يتغطى بحراشيف عليها مادة شمعية تنزلق عليها رجل الحشرة، وقد توجد بعض الزوائد التى تتجه إلى أسفل، ويتجمع فى قاع القدر سائل يأتى معظمه إما من ماء المطر أو تفرزه الورقة. وتغوص الحشرة فى هذا السائل وتبقى حتى تتحلل بفعل الإنزيمات، وبذلك يسهل امتصاص بعض نواتج التحلل.

(شكل ٥٨)

التحورات المختلفة لأجزاء الورقة : (ا) جزء من نبات حمام البرج وقد تحولت فيه الأوراق الى معاليق والأذينات إلى أعضاء ورقية ، (ب) جزء من نبات بسلة الزهور وقد تحولت فيه الأذينات الى أعضاء ورقية والوريقات الطرفية إلى معاليق ، (ج) جزء من نبات سميلاكس وقد تحورت فيه الأذينات إلى معاليق

(شكل ٥٩)



جزء من نبات الرطريط وترى به الأوراق المعيرية المركبة بأعناقها ووريقاتها الأسطوانية

(٦٠)

الدروسيرا (Drosera) :

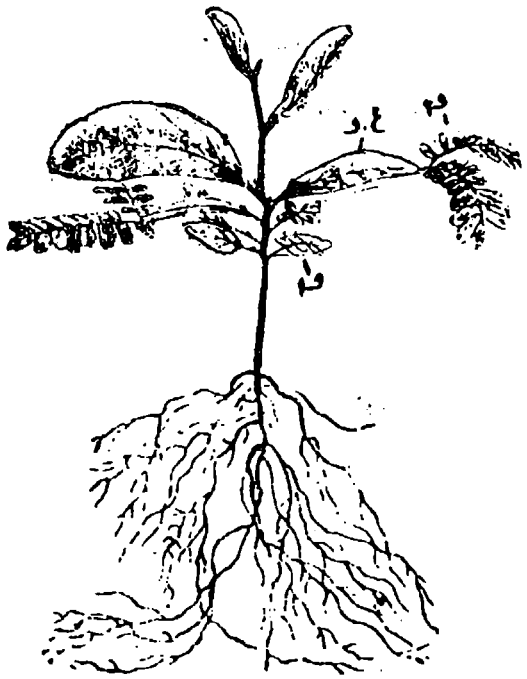
تتغطى أوراق هـذا النبـات بشعيرات فريدة فى نوعها ، يتركب الواحدة منها من عنق ينتهى برأس شـكل (٦٢) يفـرز مادة لـزجة تغطى سطحه ، وإذا هبطت حشرة على هذه الشعيرات التصقت بها ، وعندئذ يزداد إفراز المادة اللزجة كما تتنبه جميع أجزاء الورقة ، وينشأ عن ذلك انحناء الشعيرات الأخرى للداخل حتى تلامس جسم الفريسة. وبعد بضع دقائق تكون الحشرة محاطة إحاطة تامة بكثير من الشعيرات التى تغمرها بالسائل اللزج الذى تفرزه ، ويحتوى هذا السائل على إنزيم يهضم البروتينات ويحيلها إلى مواد يسهل امتصاصها. وقد تستغرق عملية الهضم عدة

أيام، وبعدها تعود الشعيرات ببطء إلى وضعها الأصلي، وبذلك تتأهب لاستقبال فريسة أخرى.

الديونيا (Dionaea) :

يتركب نصل الورقة من صمامين يتحركان على طول العرق الوسطى (شكل ٦٣). وينطبقان أحدهما على الآخر عندما تلمس الحشرة شعيرات خاصة توجد على السطح العلوى أو الداخلى للنصل، وتتم هذه الحركة بسرعة فائقة بحيث لا تستغرق

(شكل ٦٠)



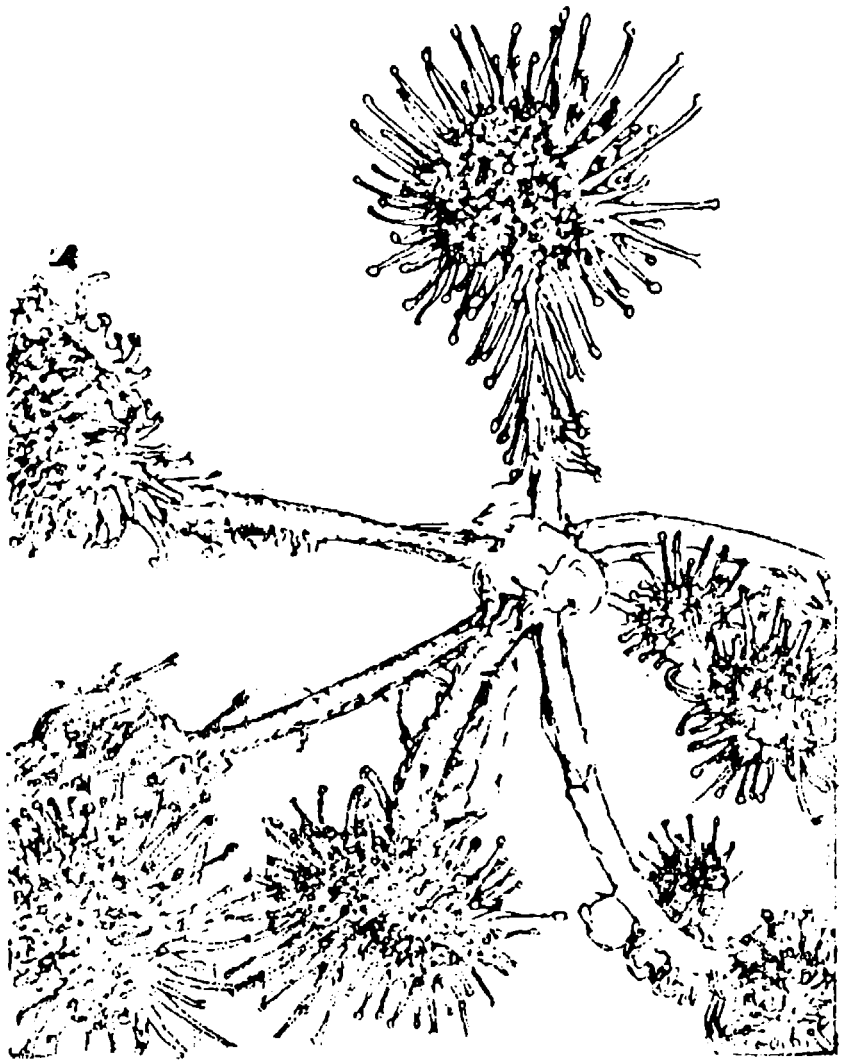
بادرة أحد انواع نبات السنط، أورالها الاولى (و ١) ريشية والتالية (و ٢) ريشية ثنائية، لكل منها عنق ورقى (ع. و) وورقتان.

(شكل ٦١)

الى اليسار نبات النبنش يتدلى منه عدد من القدور، والى اليمين هيكل يبين تركيب القدر (عن ستراسبرجر).

أكثر من ثانية ، وعنـــد حافة النصل تخرج أشواك على هيئة أسنان طويلة تتعشق مع بعضهـــا البعض عنـــدما ينطبق نصفا النصل فتمنع الفريسة من الهرب ، وبذلك تبقى الحشرة حتى تفرز الورقة الإنزيمات التى تهضمها ثم تمتص نواتج التحلل .

(شكل ٦٢)



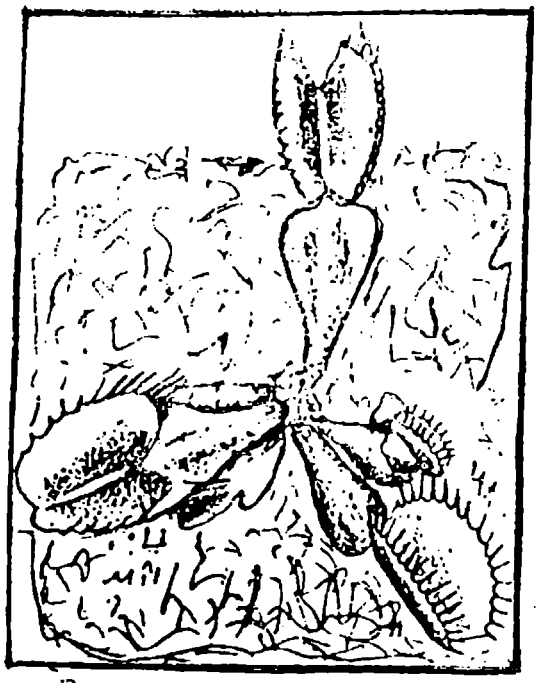
جزء من نبات الدروسيرا يبين بعض الأوراق قبل الاتناص الحشرة والبعض الآخر بعد اتناصها .

حامول الماء (Utricularia) :

توجد أجزاء هذا النبات مغمورة فى الماء ، ويحمل النبات تراكيب عديدة

تشبه الأكياس تعرف بالمثـــانات (Bladders) كما فى (شكل ٦٤ : أ) ، ولكل منها فتحة ضيقة ولها باب يفتح إلى الداخل فقط (شكل ٦٤ : ب) يساعد على اصطياد الحيوانات المائية الدقيقة ، تحاط الفتحة والباب بشعيرات ، وعنـــدما يلامس الحيوان المائى شعيرات خاصة تقع عند الفتحة يصبح الباب حراً فى حركته إلى الداخل ، ومن ثم يندفع الماء بما يحمل من كائنات داخـــل المثانة ، حيث تحجـــز حتى تتحلل ثم تمتص ، ويوجـــد على السطح الداخلى للمثانة عدد من الشعيرات المتشعبة .

(شكل ٦٣)



(ابات الديونيا)

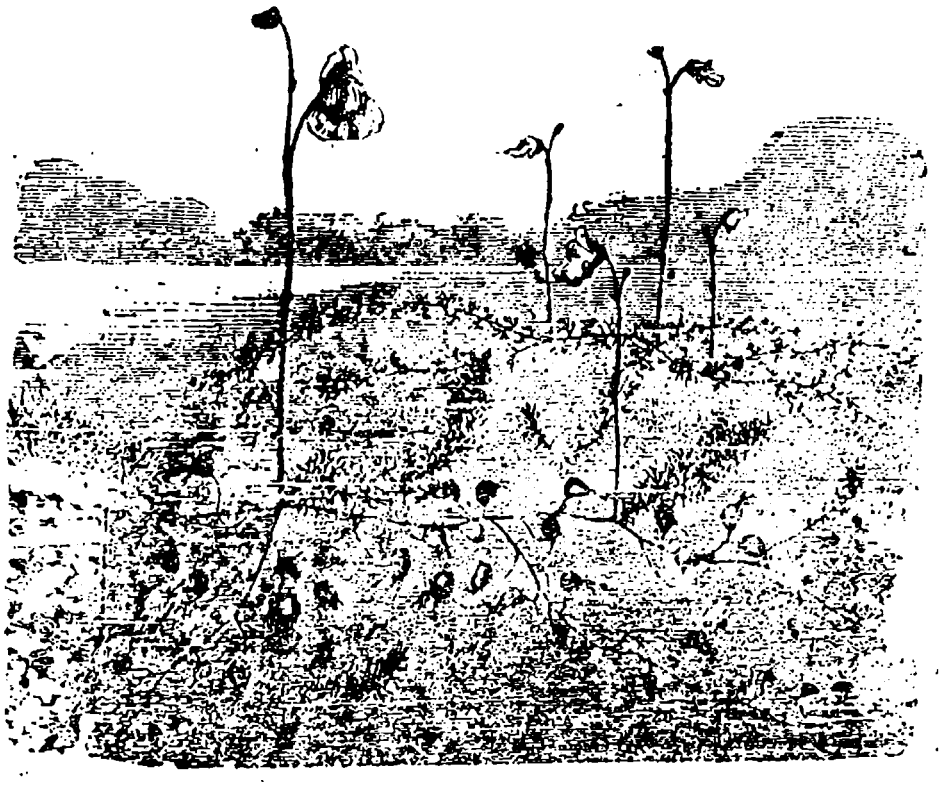
(صور الأوراق)

للأوراق النباتية صور عديدة . نلخصها فيما يأتى :

١ ــ **الفلقات** (Cotyledons) .

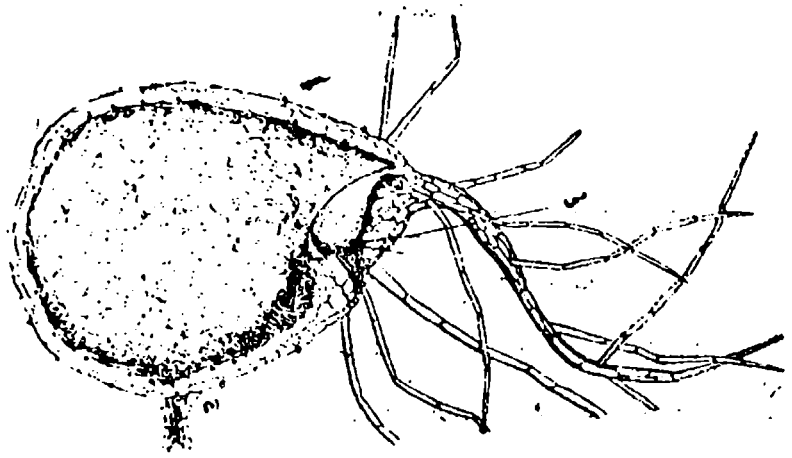
٢ ــ **الأوراق الأولية** (Prophylls) : وهى ــ كما أوضحنا فى الباب الثالث ــ أولى الأوراق التى يكونها المجموع الخضرى فى حالات الإنبات الأرضى كإنبات بذور الفول ، وعددها اثنتان متبادلتان ، وتختلفان اختلافاً جوهرياً عن الأوراق التى يعطيها النبات البالغ . فى الفول تكون الأوراق الأولية بسيطة غير مؤذنة ولا معنقة ، صغيرة الحجم عريضة القاعدة ، بينما الأوراق التى يكونها النبات بعد ذلك تكون كبيرة الحجم مركبة ، كما أنها تكون مؤذنة معنقة .

(شكل ٦٤)



(أ)

نبات حامول الماء يحمل عدة مثانات مغمورة تحت سطح الماء .



(ب)

تركيب المثانة في حامول الماء : (ش) شعيرة متشعبة توجد على السطح الداخلي للمثانة ، (س) شعيرة خاصة على الباب المصيدي .

٣ — **الأوراق الحرشفية** (Scaly leaves) : وهى أوراق غير خضراء ، خالية من الكلوروفيل ، ولذلك لا تؤدى وظيفة البناء الضوئى ، وقدتكون بيضاء غشائية فى بعض النباتات ، أو تكون ملونة باللون البنى أو الأسمر أو بلون باهت . وأهم وظائفها الوقاية ، فهى تغلف البراعم الشتوية لحمايتها أثناء فصل الركود ، ومن وظائفها أيضاً اختزان المواد الغذائية ، كما فى الأبصال . وتكثر الأوراق الحرشفية بنوع خاص على السيقان الأرضية ، لاحتجابها عن الضوء ، كما أنها توجد أيضاً على السيقان الهوائية فى بعض النباتات ، كالسفندر والمهلنبكيا ، حيث تخرج من آباطها السوق المتحورة .

٤ — **الأوراق الخوصية** (Foliage leaves) : وهى الأوراق الخضراء العادية التى يحملها النبات الأخضر فى أجزائه الهوائية المعرضة للضوء ، وتعتبر الأعضاء الأساسية فى عملية البناء الضوئى .

٥ — **الأوراق الزهرية** (Floral leaves) : وهى الأوراق المكونة للمحيطات الزهرية ، وكذلك الأوراق المساعدة التى تؤدى وظائف إضافية فى الأجزاء الزهرية للنباتخارج الزهرة نفسها ، أما الأوراق الزهرية الأصلية فهى السبلات والبتلات والأسدية والكرابل ، وسنتحدث عنها بالتفصيل فى مكان آخر . وأما الأوراق الزهرية الإضافية فتتميز إلى الصور الآتية :

(ا) **القنابة** (Bract) : وهى ورقة توجد الزهرة فى إبطها ، وتكون خضراء كورقة خوصية عادية فى بعض النباتات ، كحنك السبع (Antirrhinum) مثلا ، أو ملونة زاهية اللون كما فى الجهنمية (Bougainvillea) .

(ب) **القنيبة** (Bracteole) : وهى ورقة زهرية إضافية ، أصغر من القنابة . وتوجد على عنق الزهرة ، وقد تكون خضراء أو ملونة ، ويحمل العنق عادة قنيبتين فى وضع جانبى .

(ج) **القلافة** (Involucre) : وهى مجموعة من القنابات تنتظم فى محيط أو أكثر حول النورة ، وتوجد بنوع خاص فى الفصيلتين المركبة والخيمية ،

فنورة الفصيلة المركبة — كعباد الشمس مثلا — هامة تحيط بها قلافةمن قنابات خضراء أو ملونة ، أو حراشيف غشائية جافة ، أو غير ذلك . وتقع القلافة خارج الأزهار الشعاعية . وفى بعض النباتات توجد زهرة من هذه الأزهار فى إبط كل قنابة من قنابات القلافة ، على أن الغالب ألا تتفق قنابات القلافة مع الأزهار لا فى العدد ولا فى الموضع .

(د) **القنبعة** (Glume) : القنابع أوراق زهرية مساعدة ، خاصة بالنباتات النجيلية — كالقمح والشعير — وهى توجد على السنابل فى الناحيتين الظهرية والبطنية للسنيبلات ، كما تحيط أيضاً بالأزهار .

(هـ) **القينوة** (Spathe) : وهى ورقة زهرية كبيرة الحجم ، تغلف النورة من جميع نواحيها عدا ناحية واحدة ، وتعرف النورة فى تلك الحالة بالنورة الإغريضية أو القينوية (spadix) ، وتتكون من شمراخ لحمى غليظ يحمل أزهاراً وحيدة الجنس . وسنتحدث عن هذه النورة بشىء من التفصيل فى باب لاحق .

* * *

تصنيف النباتات البذرية

١ النباتات المعرّاة البذور (اللازهرية)

المخاريط بديل للازهار

٢ النباتات المغطاة البذور (الزهرية)

تتكاثر بالازهار

عدد بتلات الزهرة في ذوات الفلقة من مضاعفات العدد ثلاثة. أما في ذوات الفلقتين فيكون عددها من مضاعفات الأربعة أو الخمسة.

تكون أوراق ذوات الفلقة عادة رفيعة وطويلة. وتكون الحزم الوعائية فيها ذات عروق متوازية. أما في ذوات الفلقتين فتكون الحزم الوعائية ذات عروق متشابكة

تكون الحزم الوعائية في ذوات الفلقة موزعة في الساق بصورة عشوائية، أما في ذوات الفلقتين فتترتب في صورة حلقية. وهي الحلقة السنوية في السيقان الخشبية.

تتكون البذرة في ذوات الفلقة من فلقة واحدة. أما بذرة ذوات الفلقتين فتتكون من فلقتين.

خصائص النباتات ذوات الفلقة الواحدة Monocotyledoneae

أغلب نباتات ذوات الفلقة الواحدة اعشاب معمرة، تعمر بواسطة الأبصال او الكورمات او الدرنات او الريزومات، وهناك بعض النباتات نجيلية الشكل والبعض الآخر شجيري، اما الشجري فقليل بين ذوات الفلقة الواحدة كما النخيل.

تتميز سيقان ذوات الفلقة الواحدة بوجود الحزم الوعائية المقفلة مبعثرة وليست مرتبة في اسطوانه وعائية، كما في ذوات الفلقتين . معظم أوراق ذوات الفلقة الواحدة تعرقها متوازي مقفل. تدل البحوث التطوريه على أن بذور الفلقة الواحدة نشأت من بذور ذوات الفلقتين نتيجة عدم نمو الفلقة الثانية .أما أزهار ذوات الفلقة الواحدة فتتميز بوجود ثلاث محيطات زهرية، ويتركب كل محيط من ثلاث أوراق زهرية او مضاعفاتها. للزهرة في ذوات الفلقة الواحدة قنية واحدة، بينما يوجد قنيبتان في ذوات الفلقتين .تتفق نظم التقسيم الحديثه على اعتبار ذوات الفلقة الواحدة أحدث مجموعات نباتات كاسيات البذور، او بمعنى اخر اكثرها رقيا .وهناك عدة آراء حول اصل ذوات الفلقة الواحدة، ولكن الرأي السائد اليوم، انها نشأت من بعض ذوات الفلقتين المخلفة من عهد قديم، ويؤيد هذا الرأي أن هناك بعض أزهار من ذوات الفلقة الواحدة لها متاع يتركب من كرابل عديدة منفصلة يشبه تماما متاع نباتات ذوات الفلقتين .

أمثلة الرتب والفصائل الهامة لكاسيات البذور من ذوات الفلقة الواحدة :

1) رتبة الديسيات Pandanalesالفصيلة الديسية Typhaceae
2) رتبة النباتات المائيةHelobiae فصيلة لسان البحر Potamogetonacae رتبة قنبعيات الأزهار Glumiflorae الفصيلة النجيليةGramineae ، الفصيلة السعدية Cyperaceae
3) رتبة النخليات Principes الفصيلة النخلية Palmae
4) رتبة اغريضيات النوراتSpathiflorae الفصيلة القلقاسية Araceae
5) رتبة الدقيقياتFarinosae فصيلة ياسنت الماءPontederiaceae ، فصيلة الأناناس Bromeliaceae
6) رتبة الزنبقياتLiliflorae الفصيلة السماريةJuncaceae ، الفصيلة الزنبقيةLilicaceae ، الفصيلة النرجسيةAmaryllidaceae ، الفصيلة السوسنية Iridaceae
7) رتبة الموزياتScitaminae الفصيلة الموزيةMusaceae ، فصيلة الزنجبيلZingiberaceae ، الفصيلة السنبليةCannacea

خصائص النباتات ذوات الفلقتين Dicotyledoneae :

تتفق نظم التقسيم الحديثة على اعتبار ذوات الفلقتين أكثر مجاميع النباتات الزهرية قدماً، لأنها تشمل النباتات البدائية الصفات، والتي وجدت حفرياتها بين صخور العصور الجيولوجية المتوسطة .نباتات ذوات الفلقتين أعشاب أو شجيرات وأشجار وتتميز بالمميزات الأتية :

الأوراق غالباً شكبية التعرق. الحزم الوعائية في الساق مرتبة في اسطوانه وعائية، والحزمة مفتوحة . الأزهار رباعية او خماسية الأوراق الزهرية، وفي النادر تكون ثلاثية كما في ذوات الفلقة الواحدة .ينمو جذير الجنين مكونا المجموع الجذري، ولا يضمحل كما في ذوات الفلقة الواحدة، توجد فلقتان في جنين البذرة، وقد تكون الفلقتان غير متساويتين وفي بعض النباتات تضمر واحدة وتبقى الأخرى. يختلف عدد الرتب والفصائل للنباتات ذوات الفلقتين من تصنيف للآخر، ويبلغ عدد الفصائل في نظام انجلر 258فصيلة موزعة بين 44 رتبة، بينما يبلغ عددها في نظام هتشنسون 264 فصيلة موزعة بين 76 رتبة، اما بسي فقسم ذوات الفلقتين إلى 255 فصيلة، 22 رتبة.

أمثلة الرتب والفصائل الهامة لكاسيات البذور من ذوات الفلقتين:

اسم الرتبة	الفصيلة التابعة لها
رتبة الكازوارينيات	الفصيلة الكازوارينية
رتبة الفلفليات	الفصيلة الفلفلية
رتبة الصفصافيات	الفصيلة الصفصافية
رتبة الحريقيات	الفصيلة الحريقية، الفصيلة التوتية
رتبة السنتروسبرميات أو ذوات المشيمات المركزية	الفصائل: الجهنمية- الرمرامية- عرف الديك- القرنفلية
رتبة الشقيقيات	تشمل الرتبة عدد كبير من الفصائل يمكن تقسيمها الى مجموعتين: 1 .نباتاتها خشبية وانسجتها تحتوي على خلايا زيتية مثل: المانولية Magnoliaceae ، الغاريةLauraceae والقشطيةAnnonaceae 2 .نباتاتها عشبيه لا تحتوي على خلايا زيتية مثل: الفصيلة الشقيقية Ranvnculaceae ، البشنينيةNymphaeaceae والبربريدية Berberidaceae وفصيلة نخشوش الحوت Ceratophyllaceae.

وفيما يلى نستعرض مقارنة بين الصفات العامة للنباتات ذوات الفلقة و ذوات الفلقتين:

نباتات ذات الفلقة الواحدة	نباتات ذات الفلقتين
1) الجنين يحتوي (فلقة واحدة).	1) الجنين يحتوي (فلقتين).
2) سيقانها غير متفرعة ما عدا نبات الدوم Hyphoena *thebaica*.	2) سيقانها كثيرة التفرع.
3) الحزم الوعائيه بسيقانها مبعثرة، ولا تحوي كامبيوم (ولذلك لا تزداد سيقان النباتات ذوات الفلقة في السمك).	3) الحزم الوعائية بسيقانها منتظمة فى الترتيب وتحتوي كامبيوم.
4) أوراقها ذات تعرق متوازي.	4) الأوراق تعرقها شبكي.
5) الأوراق الزهرية غالباً ثلاثة أو مضاعفاتها.	5) الأوراق الزهرية أربعة أو خمسة أو مضاعفاتها.
6) جذورها غالباً ليفية (عرضية).	6) جذورها وتدية غالباً.
7) من أمثلتها: النخيل - النجيليات كالقمح والشعير -السوسن – الزنابق.	7) من أمثلتها: البقوليات - القرع - البرتقال – التفاح - البرسيم - القطن - الكتان- الورد.

.