جامعة جنوب الوادي

كلية العلوم
قسم النبات والميكروبيولوجي

محاضرات في

مقرر نبات 1

مورفولوجيا وتشريح النبات

للفرقة الاولي بيولوجي

لائحة الساعات المعتمدة

اعداد

د / صبـاح أحمـد حمـاد

قسم النبات والميكروبيولوجي – كلية العلوم بقنا

2024-2023

جامعة جنوب الوادي

كلية العلوم
قسم النبات والميكروبيولوجي

محاضرات في

1. علم تشريح النبات

للفرقة الاولي بيولوجي

لائحة الساعات المعتمدة

اعداد

د / صبـاح أحـمـد حـمـاد

قسم النبات والميكروبيولوجي – كلية العلوم بقنا

2024-2023

الفهرس

العنوان	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 علي 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

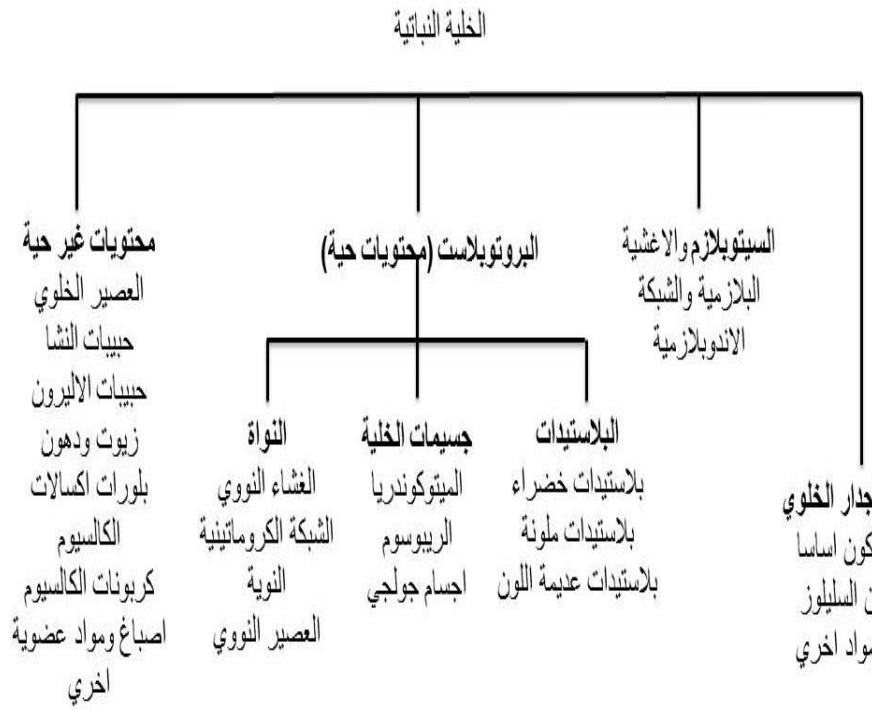
يتركب جسم النبات من وحدة أو أكثر من الوحدات الدقيقة تسمي الخلايا. ولدراسة الخلية أهمية خاصة، لأنها تمثل وحدة التركيب ومركز العمليات الفسيولوجية للكائن الحي والحاملة للصفات المتوارثة التي تنتقل من جيل لآخر. وقد اشتق الاسم الأجنبي (Cell) من المصدر اللاتيني Cellula ومعناه المسكن الصغير

وأول من تعرف علي 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 إلي محتويات الخلية حيث أنه اعتبر ما بداخل الخلية عبارة عن محلول مغذي.

وأول من أعلن النظرية الخلوية هما العالمان الألمان شليدن Schleiden وشوان Schwann في 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 protoplast وتسمي 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.

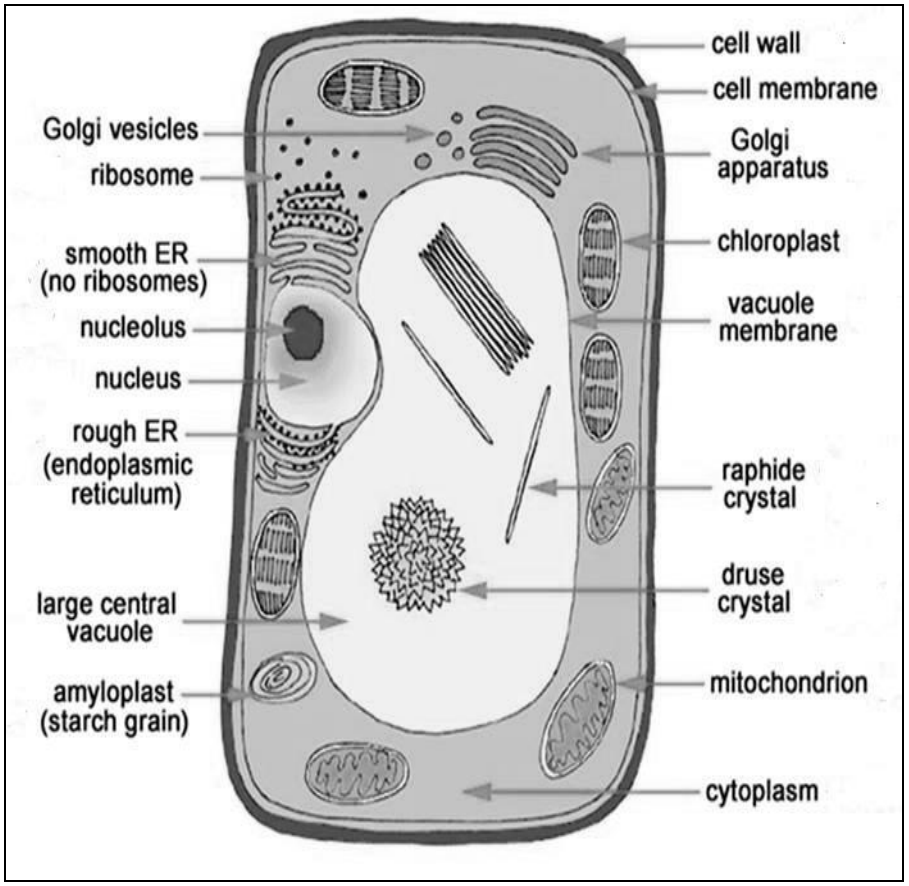
تركيب الخلية النباتية



البروتوبلاست Protoplast

سبق أن ذكرنا أن جسم الكائن الحي يتكون من مادة حية تسمي البروتوبلازم ويطلق علي 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 علي الماء وبعض الأملاح المعدنية. ويحتوي البروتوبلازم علي نسبة عالية من الماء تصل إلي 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 علي سائل شفاف محبب قليل اللزوجة يسمي السيتوبلازم وجسم كروي أكثر كثافة من السيتوبلازم يسمي النواة ويحتوي السيتوبلازم علي 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 علي جهاز معقد من الجسيمات الدقيقة والأغشية. ويطلق علي 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 علي 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 إلي 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 علي الانقسام. وتتميز عن السيتوبلازم بأنها أكثر كثافة. وتوجد في جميع الكائنات الحية ماعدا الطحالب الخضراء المزرقة والبكتيريا, التي تحتوي علي المادة النووية في حالة منتشرة في السيتوبلازم تسمي مكافئ النواة. وتوجد عادة نواة واحدة بالخلية, إلا أنه في بعض النباتات الدقيقة قد تحتوي الخلية علي نواتين أو اكثر.

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 إلي 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 و DNA لتكوين بروتينات نووية.

تحتوي كل نواة علي 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 إلي الظهور بعد انتهاء عملية الإنقسام.

البلاستيدات Plastids

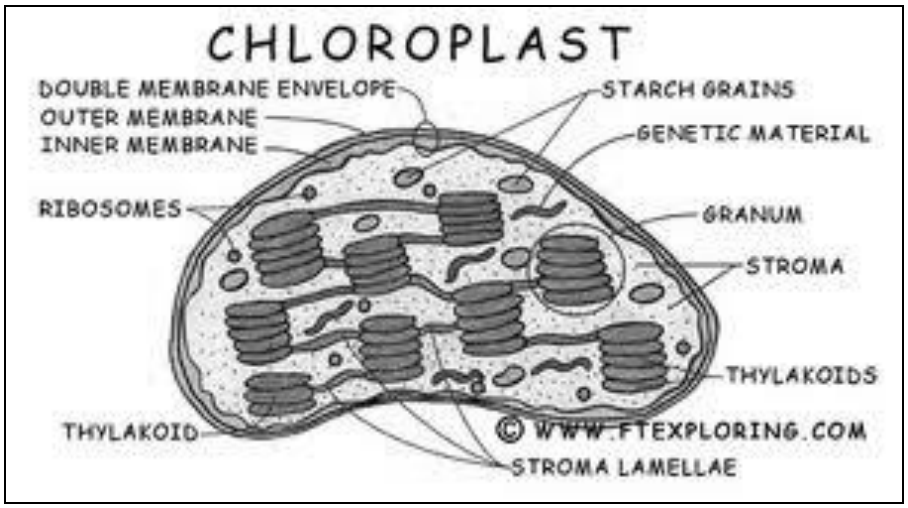
هي أجزاء بروتوبلازمية مميزة توجد منغمسة في السيتوبلازم, وتقوم بوظائف معينة, وتتباين في الشكل والحجم واللون. وتنشأ البلاستيدات في الخلية من أجسام صغيرة غير متميزة تتكون في الخلايا الانشائية وتعرف بمنشئات البلاستيدات proplastids. لها القدرة علي الانقسام. ويتم التقاطها من الخلية الأم إلي الخلايا البنوية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

تنقسم البلاستيدات إلي 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 إلي 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 إلي وجود مادة الكاروتين بها في صورة بلورية. وقد تتحول البلاستيدات الخضراء إلي 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 علي وجه التحديد. ولصبغ الكاروتين فائدة للحيوان حيث يتحول في جسمه إلي 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 علي حبيبات النشا وخصوصا في الخلايا الاختزانية الموجودة في الجذور الدرنية والكورمات والدرنات. ويبدأ تكوين حبيبات النشا داخل البلاستيدات عديمة اللون ثم تكبر هذه الحبيبات حتي تملأ البلاستيدة كلها.وقد يظل البلاستيدة محيطا بالحبيبة النشوية أو قد يختفي تماما.

قد تتحول البلاستيدات عديمة اللون إلي 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.

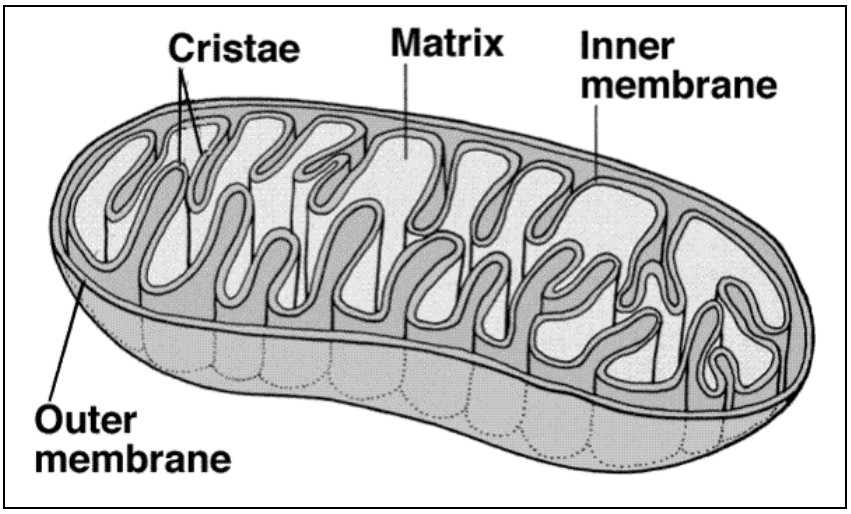
الميتوكوندريا Mitochondria

يحتوي سيتوبلازم جميع الخلايا علي 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 علي 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 إلي مكتشفها)، أو الديكتيوسومات Dictyosomes وهي توجد في السيتوبلازم وتتركب من بروتينات ليبيدية. وتوجد هذه الأجسام بكثرة في الخلايا الحيوانية. وهناك من الدلائل ما يشير إلي 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 علي 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 إلي وجود جدار خلوي. وتحتوي كل من الخلية النباتية والحيوانية علي 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 إلي أخري خلال فتحات في الجدار الخلوي وتعرف هذه الخيوط بالروابط البروتوبلازمية Protoplasmic Strands (Plasmodesmata). ووجود هذه الروابط يعمل علي تنظيم وتجانس الأنشطة الحية في الخلايا العديدة التي يتكون منها جسم النبات.

وينشأ الجدار الخلوي من افرازات البروتوبلازم أثناء عملية انقسام الخلية الميرستمية, 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 علي 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

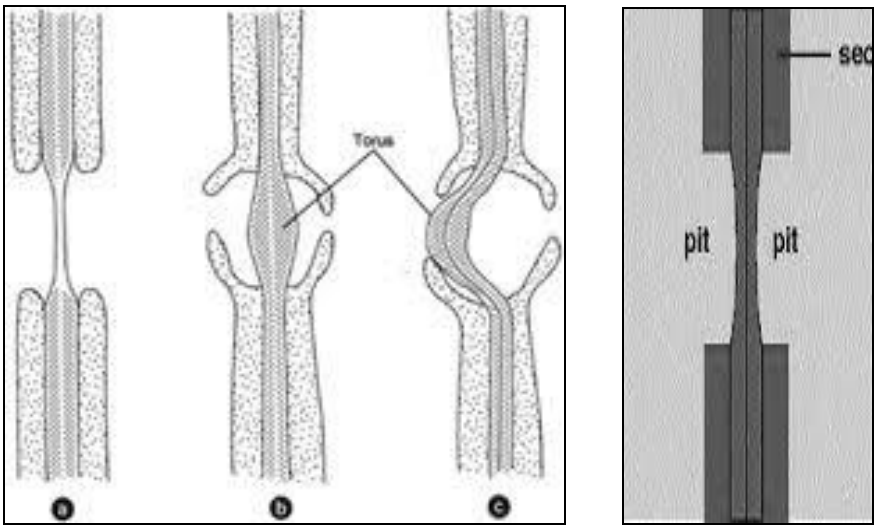
دون إضافة طبقات جديدة كما في الخلايا البرانشيمية ويتميز الجدار الابتدائي بقدرته علي زيادة مساحة سطحه. وفي كثير من أنواع الخلايا قد يترسب علي الجدار الابتدائي طبقات جديدة من السليلوز ومواد أخري ولهذا يظهر الجدار مغلظا بدرجة واضحة وتسمي الطبقات الجديدة المضافة بالجدار الثانوي.

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.

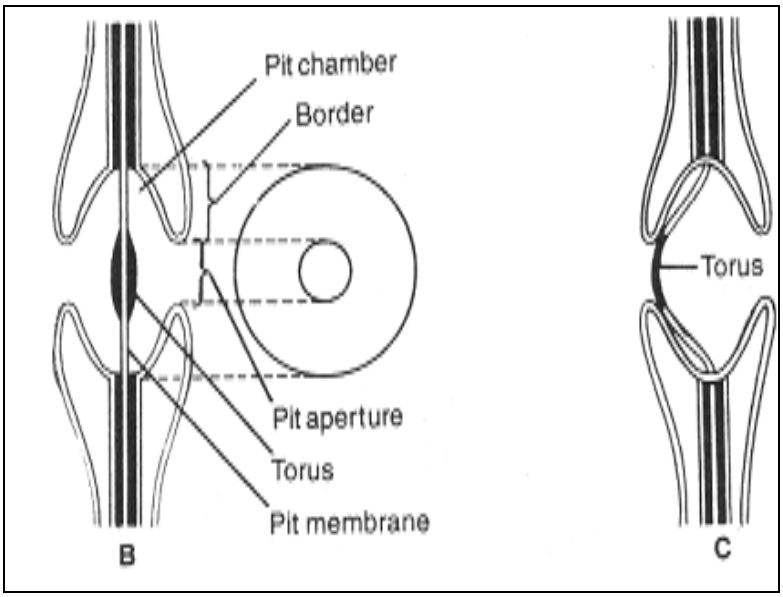
وتحدث الزيادة في مساحة الجدار وسمكه إما بترسيب طبقات جديدة علي السطح الداخلي للجدار المتكون ويعبر عن هذه العملية **بالتراكم** حيث يظهر الجدار مكونا من طبقات متعددة أو قد يحدث ترسيب المواد الجديدة بين المواد السابق تكوينها ويعبر عن هذه العملية **بالإدماج** وتحدث الزيادة في السمك عادة بالطريقة الأولي أما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

وأثناء عملية تكوين الجدار الثانوي قد يكون الترسيب علي الجدار الابتدائي منتظما أو قد تترك فراغات دون ترسيب تظهر علي شكل ثقوب في الجدار تسمي بالنقر Pits. وتظهر النقر في المنظر السطحي علي 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 إلي أخري. ويدل علي 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 يخشي 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



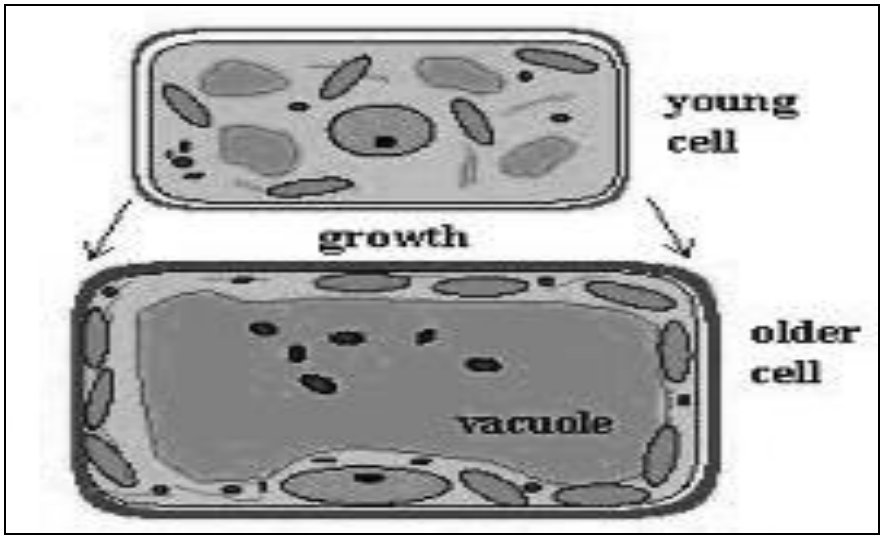
النقرة المصفوفة

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 علي 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 علي 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 علي 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 علي كمية من الماء قد تصل إلي 20 ضعف ما يوجد في الخلية الميرستيمية.

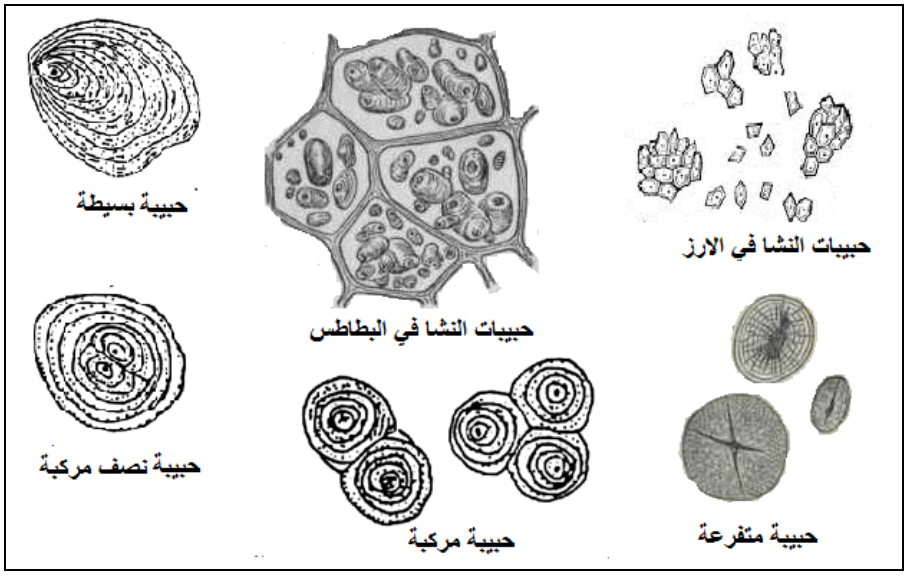
المواد الكربوهيدراتية Carbohydrates

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 علي 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.



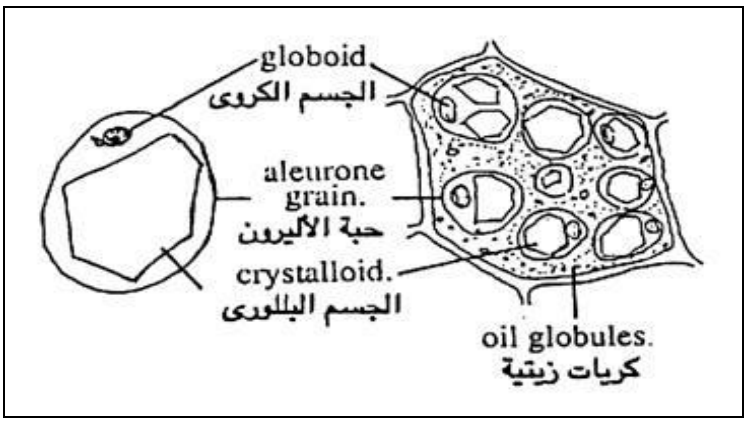
أنواع حبيبات النشا داخل الخلايا

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 علي 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 علي 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 علي 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 إلي 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.

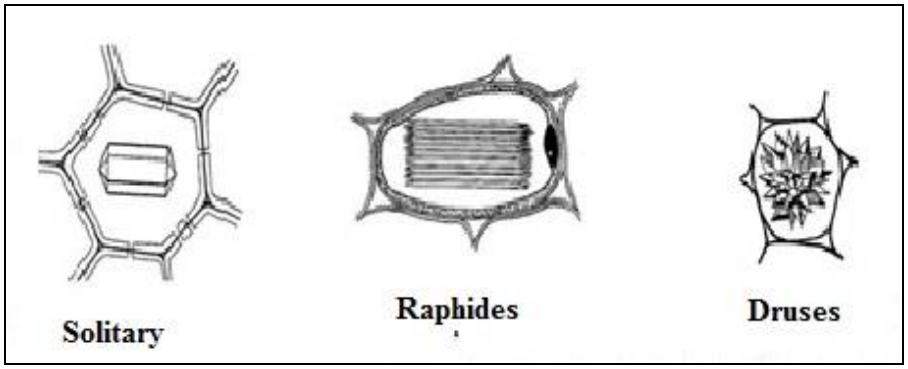
الجليكوسيدات Glycosides

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 لنوي 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 علي 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

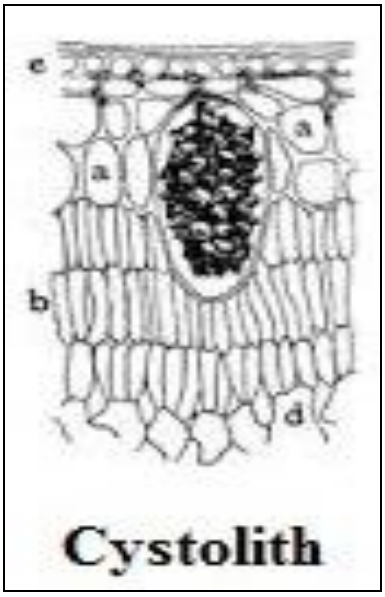
توجد بلورة مفردة solitary معينية الشكل أو مضلعة في الخلية كما في اللبخ أو توجد متجمعة في صورة نجمية druses الشكل كما في ساق التيليا أو في صورة إبرية raphides كالتي توجد في ساق الدراسينا حيث تتجمع البلورات الإبرية المتساوية في الطول في حزمة متوازية.



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 وأبوفروة علي نسبة عالية من التانينات قد تصل إلي 40% من الوزن الجاف.

القلويدات Alkaloids

هي مركبات حلقية معقدة تحتوي علي 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 أجزاءه 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 إلي نوعين رئيسيين

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

الأنسجة الانشائية Meristemtic Tissues

تتميز خلايا هذه الأنسجة بقدرتها علي 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 إلي نوعين:

أنسجة انشائية ابتدائية primary meristematic tissues

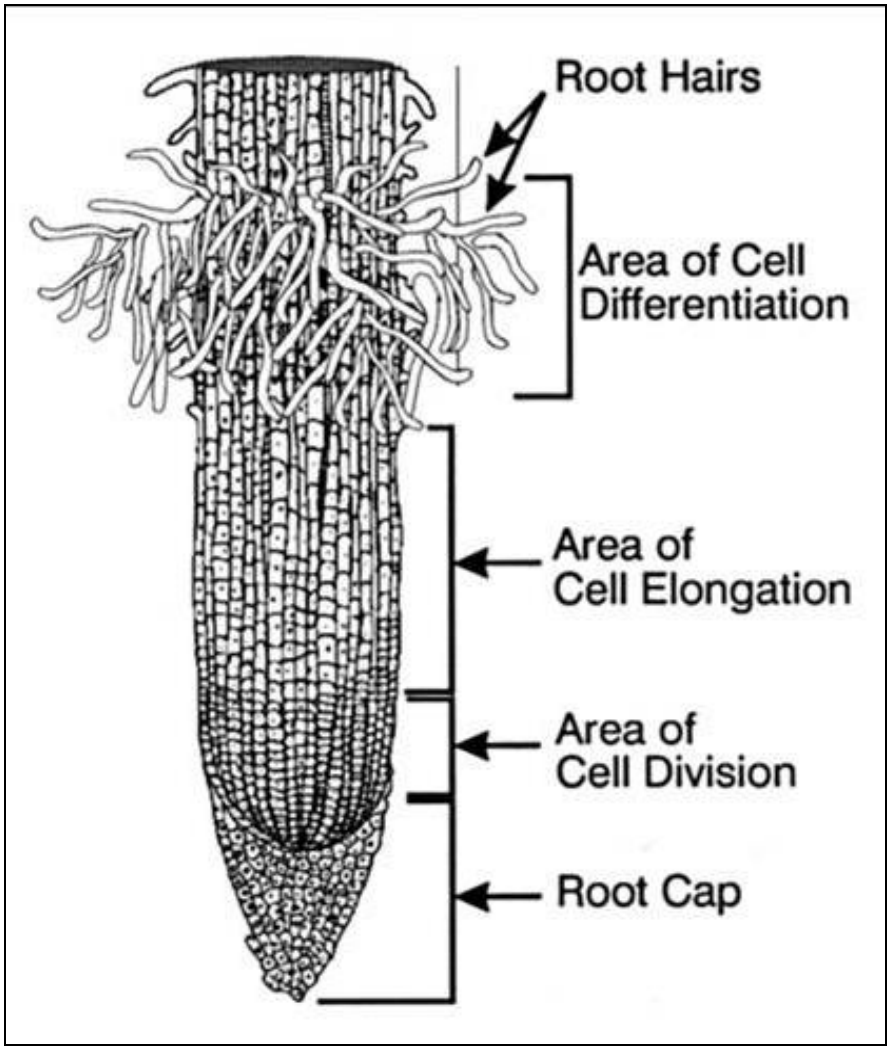
ويوجد هذا النوع من الأنسجة في القمم النامية للساق والجذر وتسمي في هذه الحالة أنسجة انشائية قمية apical meristems وتوجد كذلك في الجنين ومنشئات الأوراق وبدايات الأزهار. كما توجد أيضا عند قواعد السلاميات في بعض نباتات ذوات الفلقة الواحدة كما في النجيليات وتسمي أنسجة انشائية بينية intercalary meristems ومنها 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 إلي 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 علي 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

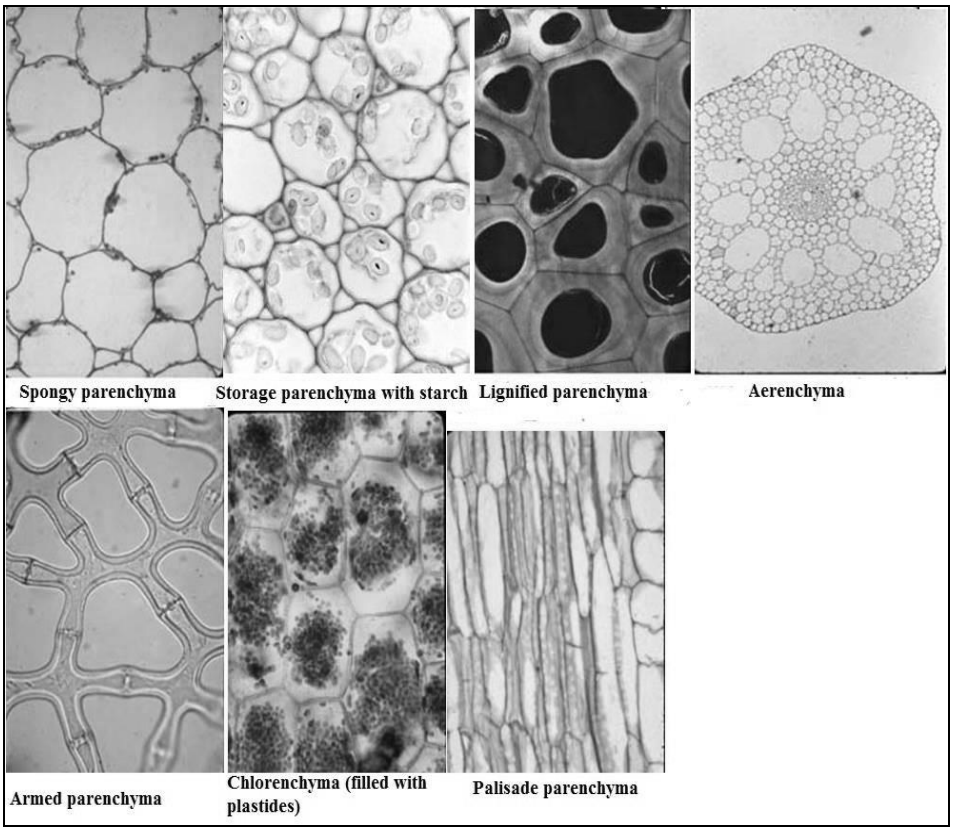
وهي مجموعة من الأنسجة التي فقدت خلاياها القدرة علي الانقسام، وأصبحت تؤدي وظائف معينة كالتخزين والتمثيل والتدعيم والتقوية وتوصيل الغذاء والإفراز. وقد تظل خلاياها حية تحتوي علي سيتوبلازم ونواة، أو قد تفقد الحياة ويختفي منها السيتوبلازم والنواة. وتتغلظ جدرها بدرجات متفاوتة علي حسب طبيعة الوظيفة التي تؤديها.

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 علي 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 علي 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 إلي 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

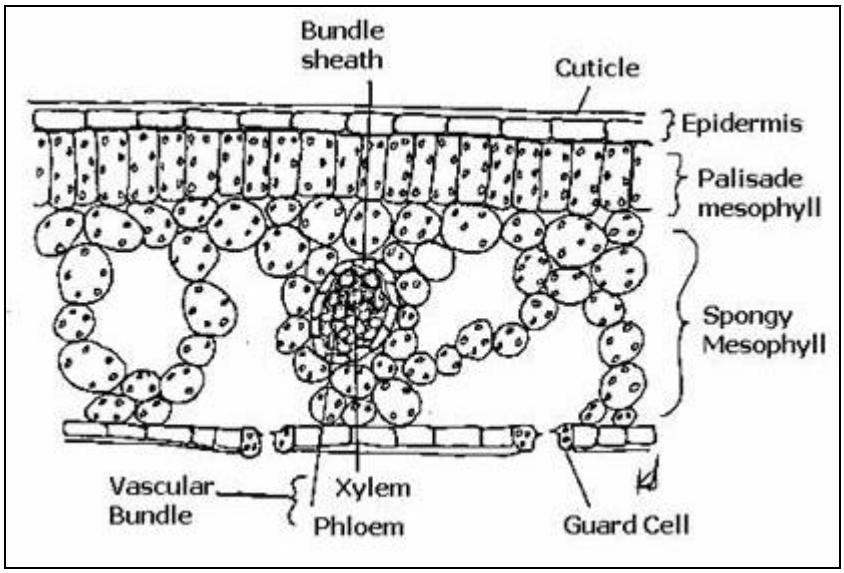
ويثور بعض الجدل حول اعتبار البارنشيما كنسيج مستقل فهي ذات وظائف متعددة كما أنها تنشأ عن أصول مرستيمية مختلفة. وعندما يقارن هذا النسيج بالأنسجة النباتية الأخري فإنه يمكن القول بأن البارنشيما هي نسيج بدائي لأنه لا يتميز بتخصص وظيفي دقيق كالأنسجة الأخري، كما أنه يعتبر من الناحية التطورية الأصل الذي انحدرت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



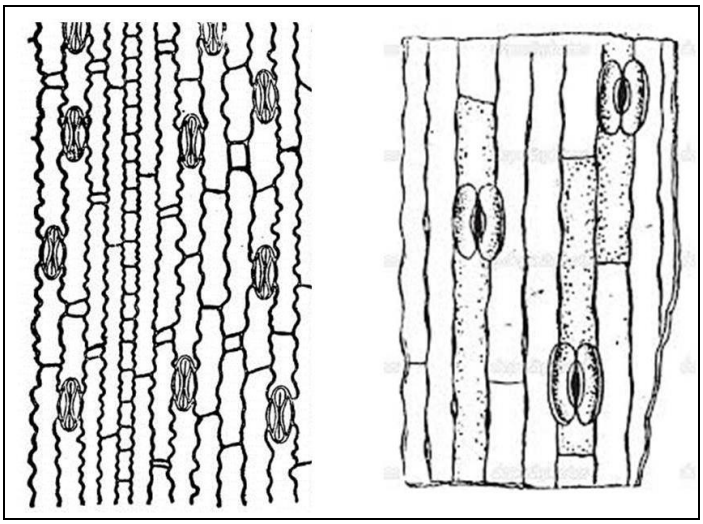
نسيج البشرة في ورقة ذوات الفلقتين

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 إلي 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 علي 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 علي أن تغير الخلية الحارسة من شكلها فهي تنكمش أو تنتفخ علي حسب محتواها المائي مما يؤدي في النهاية إلي غلق أو فتح الثغر



خلايا البشرة والخلايا الحارسة في ورقة ذوات الفلقتين وورقة فلقة واحدة

ميكانيكية غلق وفتح الثغر

تحتوي الخلايا الحارسة علي 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 إلي 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 إلي 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

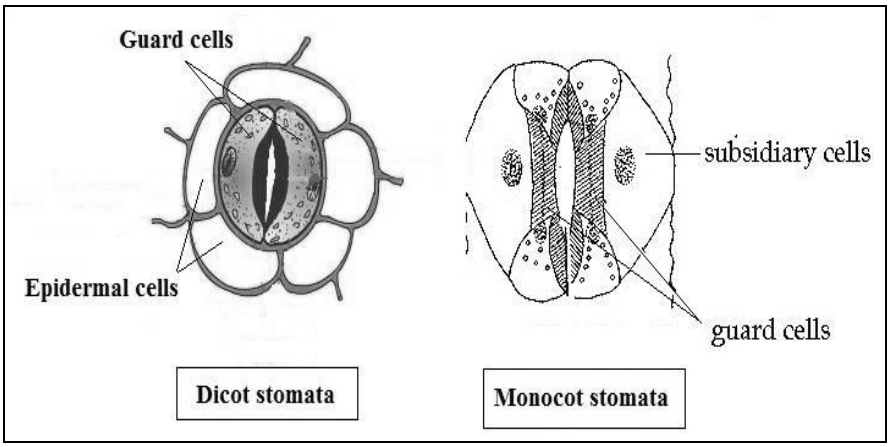
توجد الثغور علي كل الأجزاء الهوائية للنبات وخصوصا الأوراق، وهي لا توجد في الجذور أو في الأجزاء المغمورة بالماء. ويختلف عددها علي حسب نوع النبات وكذلك موضع الورقة واتجاهها بالنسبة للضوء, ففي الأوراق التي يتعرض سطحها العلوي للضوء توجد الثغور بوفرة علي السطح السفلي, بينما في الأوراق التي يتعرض سطحيها للشمس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

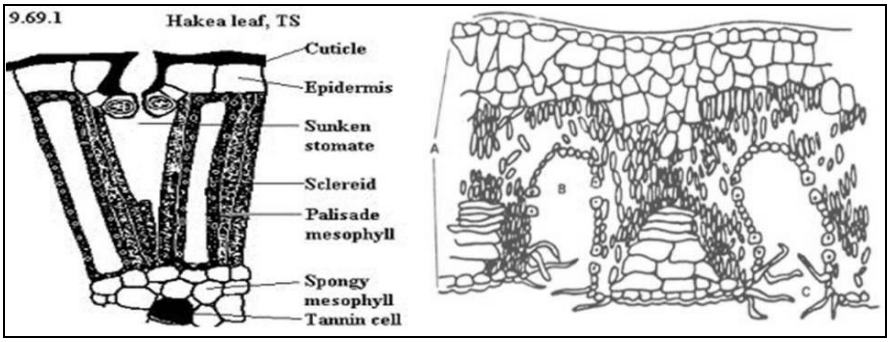
أنواع الثغور

تنقسم الثغور حسب شكل الخلية الحارسة إلي 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 علي 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 إلي تباعد الخليتين الحارستين.



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



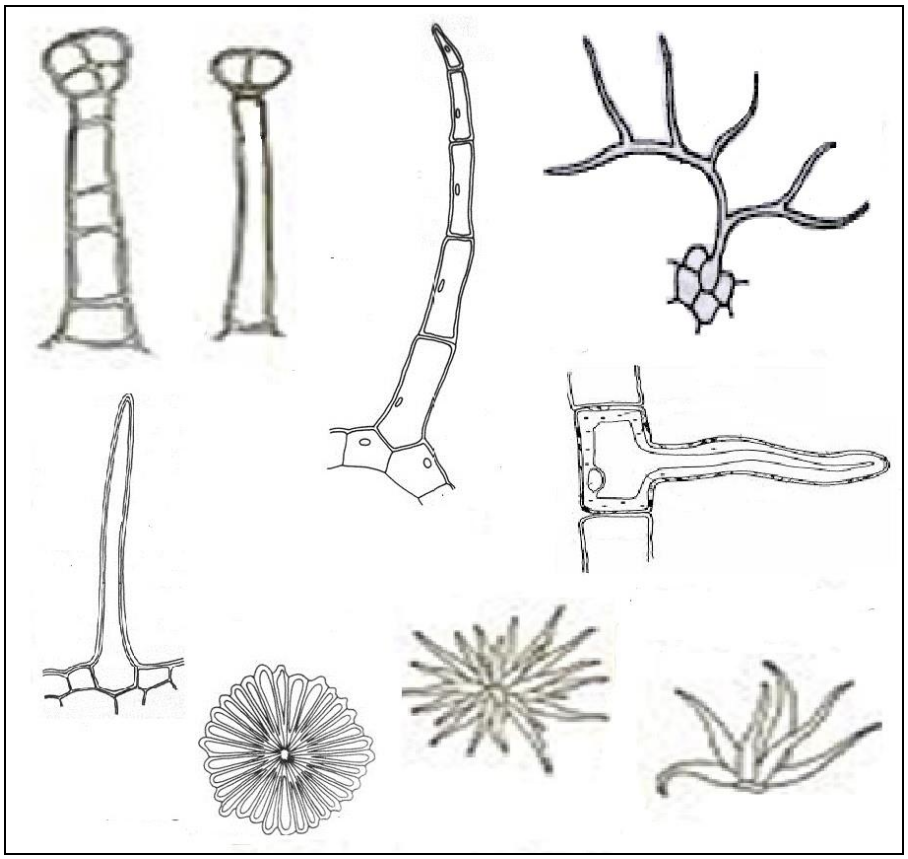
أشكال الثغر الغائر

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 علي البروتوبلازم بينما البعض الاخر يفقد الحياة والبروتوبلازم. وتظهر الزوائد اختلافات واسعة فهي قد تختلف من جنس إلي أخر في نباتات الفصيلة الواحدة وذلك مما يجعلها أساسا لتمييز بعض الفصائل النباتية وبعض الأنواع من النباتات.

وينقسم تركيب الشعيرات إلي 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

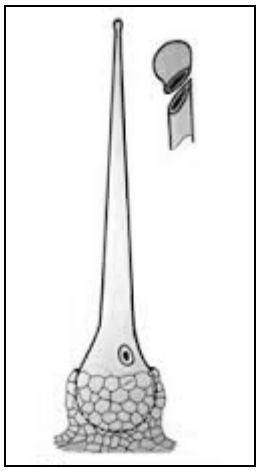
ليصل طولها إلي حوالي 0.5-2.5 بوصة حسب نوع القطن. وتتميز الليفة بأن جدارها الثانوي سميك ويتكون من سليلوز نقي.



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

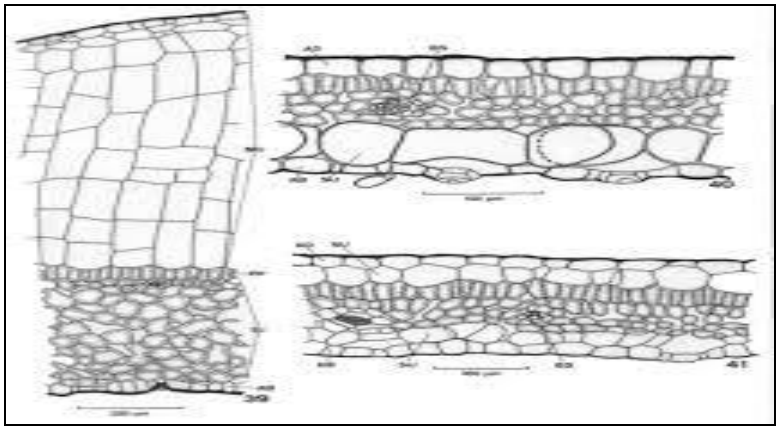
الشعيرات الجذرية Root hairs

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, يتغطي 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 اذا تتبعنا النشأة من البداية الأولي. ويصل عدد طبقات البشرة المركبة إلي 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 إلي الداخل ليصبح سمكها يساوي أو يزيد علي طبقات البشرة المركبة كلها.

نسيج الكولنشيما

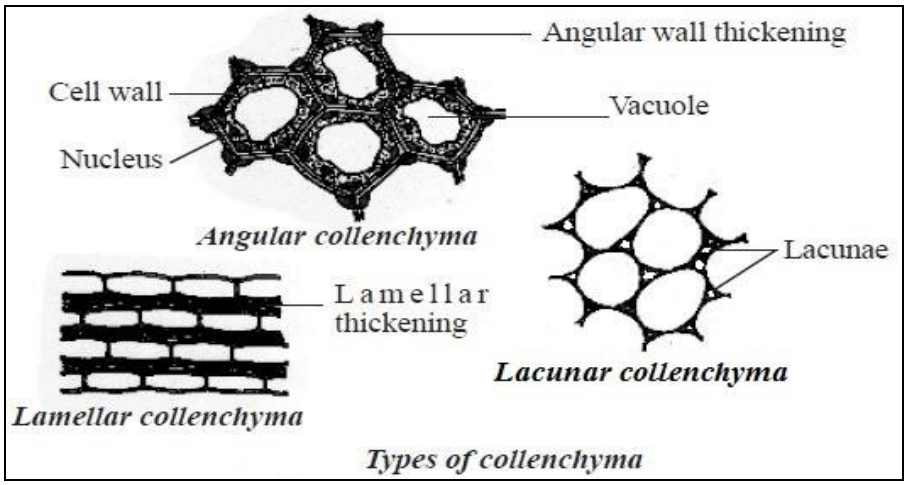
واسمها مأخوذ من كلمة colla ومعناها غراء، حيث يبدو الجدار غليظا لامعا كمادة الغراء. ونسيج الكولنشيما حي يتكون من خلايا مستطيلة ذات جدر سميكة تتغلظ تغليظا غير منتظم بمادة السليلوز. وهي أصلا خلايا دعامية تزيد من صلابة العضو النباتي. ونسيج الكولنشيما من النوع البسيط الذي يتكون من نوع واحد من الخلايا المتشابهة تركيبيا وفسيولوجيا. وهناك تشابه كبير بين البارنشيما والكونشيما مما دعا المشتغلين بعلم التشريح إلي 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 علي الجدر المماسية في حين تظل الجدر القطرية غير مغلظة وهذا النوع يسمي كولنشيما صفائحية lamellar collenchyma. وفي نوع ثالث يحدث التغليظ علي 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 إلي 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.

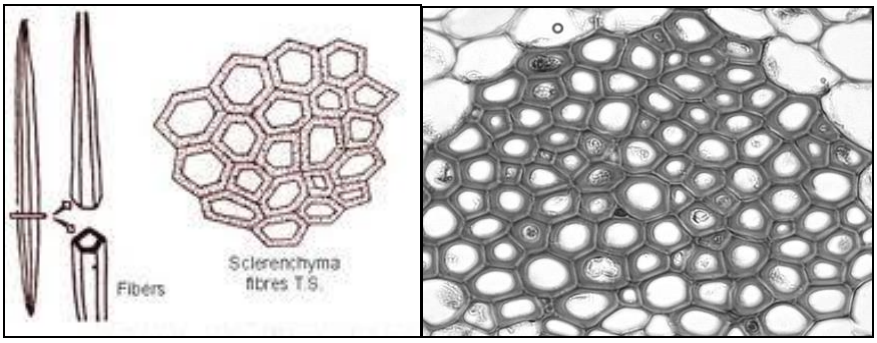
نسيج اسكلرنشيما Sclerenchyma

وهو نوع أخر من أنسجة التدعيم وخلايا هذا النسيج تمتاز بجدرها الصلبة الملجننة والتي تحتوي علي نسبة ضئيلة من الماء وعند تمام النضج تكون الخلايا غالبا خالية من البروتوبلاست (خلايا ميتة). وكلمة sclar تعني صلب أو متحجر للدلالة علي 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 إلي 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 علي 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 علي أن تتجمع وتتراص مع بعضها في حزم قوية متينة. وجدرها علي 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.



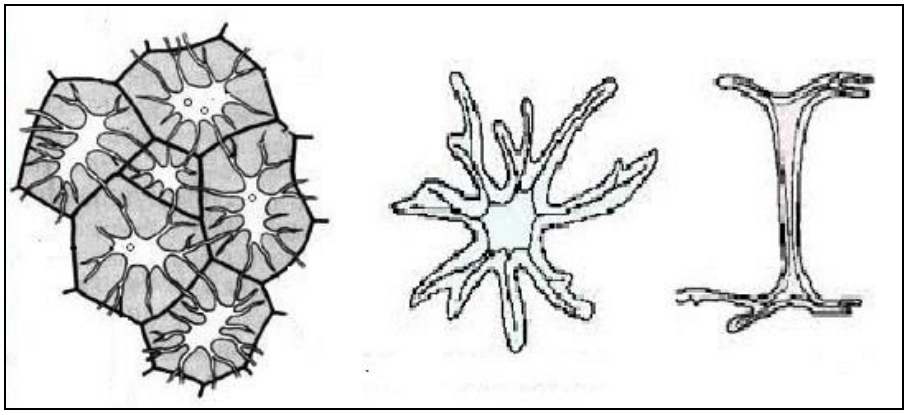
الألياف

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 إلي الساق والأوراق, وهو نسيج مركب مكون من عناصر تختلف في التركيب والوظيفة هي الأوعية أو القصيبات وألياف الخشب وبارنشيما الخشب.

1. الأوعية Vessels:

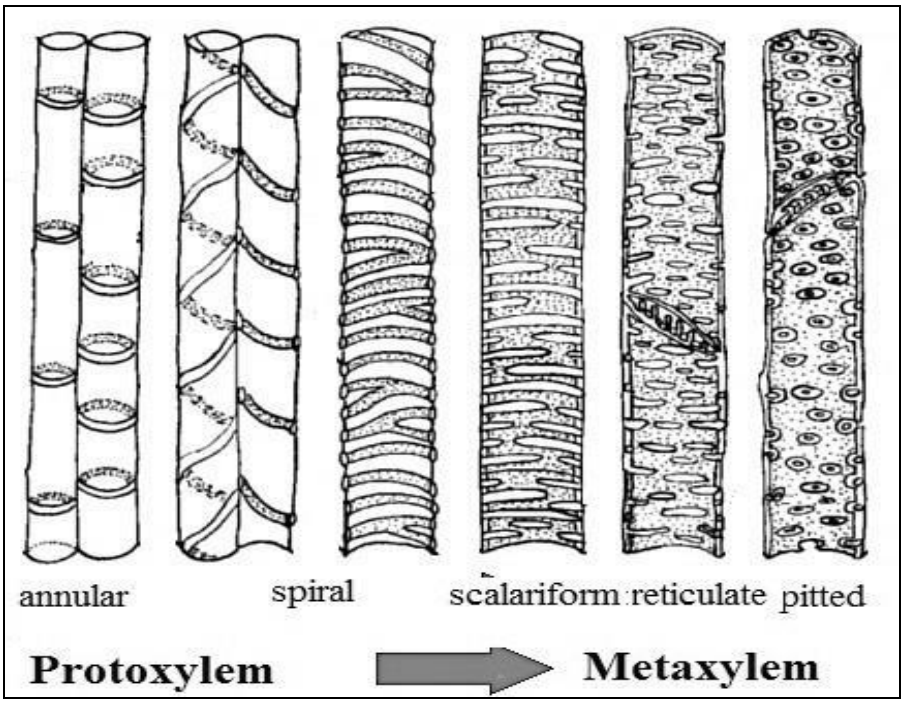
عبارة عن قنوات طويلة تنشأ من التحام طولي لعدد كبير من الخلايا الانشائية ذابت الجدر المستعرضة الفاصلة بينها. والأوعية وحدات تشريحية ميتة خالية من المحتويات الحية. وهي توجد في نباتات مغطاة البذور وغير موجودة – باستثناء حالات نادرة – في معراة البذور والنباتات التريدية. ولأن جدرها مغلظة تغليظا لجنينيا قويا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

وتتميز الأوعية إلي عدة أنواع تختلف فيما بينها باختلاف طريقة التغليظ فيها. فقد يترسب اللجنين علي شكل حلقات منفصلة علي 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 علي السطح الداخلي للجدار الأصلي. وأخيرا يظهر النوع المنقر وفي هذا النوع يترسب اللجنين علي 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 علي 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 إلي 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 علي 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 علي 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 سليلوزية تقسم تجويفها إلي 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 إلي جانب اشتراكها مع العناصر الخشبية الأخري في توصيل العصارة.

علاقة التركيب بالوظيفة

يتولي الخشب توصيل العصارة غير المجهزة من الجذر إلي الأوراق وهي تتكون من الماء مذابا فيه بعض الأملاح ذات الأهمية لحياة النبات. وحجم

هذه العصارة كبير جدا اذا ما قورن بالعصارة الناضجة التي تتكون في الأوراق. ولهذا فعناصر التوصيل في الخشب يجب أن تكون واسعة ذات أقطار كبيرة حتي يمكنها توصيل الحجم الكبير من الغذاء. واتجاه تيار التوصيل هنا مضاد لجاذبية الأرض. والتيار الصاعد يبذل ضغطا شديدا علي جدر عناصر التوصيل التي لابد أن تتزود بجدار مغلظ لكي تواجه الضغط الناشئ عليها.

نسيج اللحاء Phloem tissue

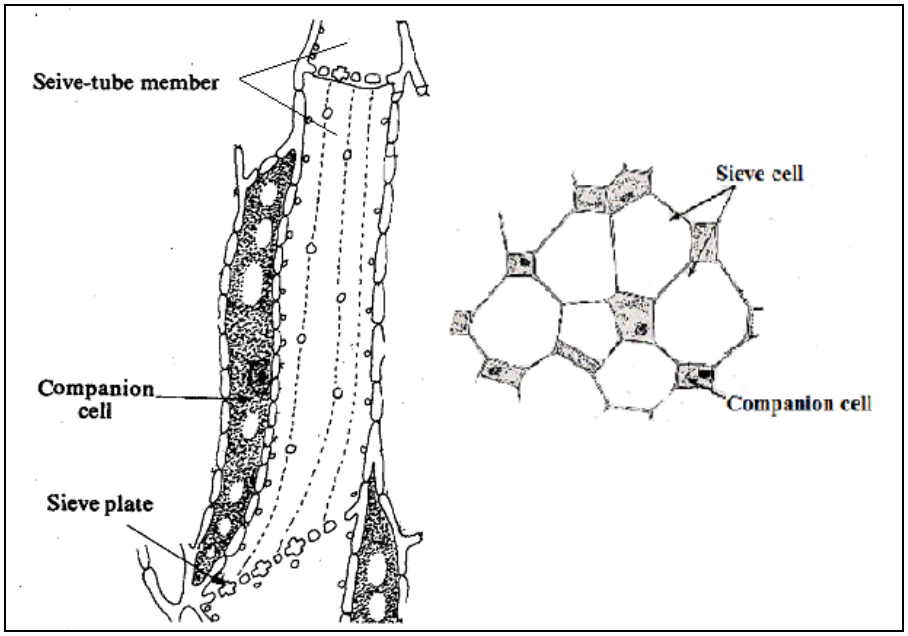
يقوم هذا النسيج بنقل العصارة المجهزة من الأوراق إلي بقية أجزاء النبات. ويتكون من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وبرانشيما لحاء وألياف لحاء وهو من هذا الجانب يعتبر نسيجا مركبا.

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 علي 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 علي 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 علي حبيبات دقيقة من النشا وقليل من البلاستيدات عديمة اللون. والسيتوبلازم متصل مع بعضه خلال ثقوب الغربال. وبالإضافة إلي السيتوبلازم تحتوي الأنبوبة الغربالية

علي 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 علي التوصيل. وقد يأتي فصل النشاط المقبل دون أن يختفي الكالس وهذا معناه أن الأنبوبة قد فقدت نشاطها التوصيلي إلي الأبد. وتصطبغ مادة الكالس باللون الأزرق الفاتح اذا عوملت بأزرق الأنيلين.



الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة في نسيج اللحاء

2. الخلايا المرافقة Companion cells:

وتسمي هكذا لأنها ترافق تماما الأنابيب الغربالية حيث أنهما 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 إلي قسمين غير متساويين. القسم الأكبر يكون خلية الأنبوبة الغربالية والقسم الأصغر يكون الخلية المرافقة. وقد تنقسم الخلية الأم إلي 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 إلي حد كبير برانشيما الخشب، فهي حية وجدارها سليلوزي توجد به نقر بسيطة وتقوم باختزان المواد الغذائية العضوية. وقد يضاف إلي 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 إلي 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 علي الجدار الذي يكون في هذه الحالة رقيقا سليلوزيا ثم أن وجود الحواجز الغربالية يساعد علي 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 إلي غدد خارجية تتكون علي سطح النبات وغدد داخلية تتكون داخله.

الغدد الخارجية External glands:

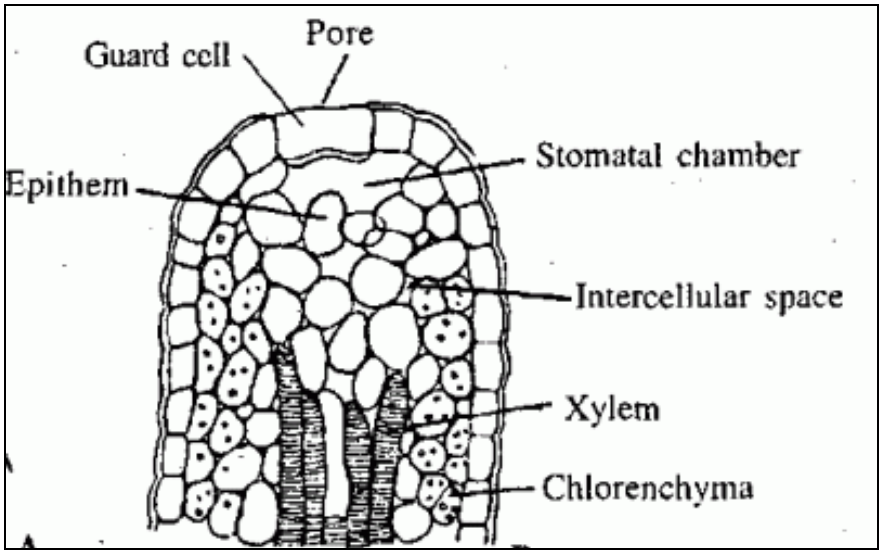
ومن أمثلتها:

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 علي 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 اذرع كثيرة علي 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 نبنش 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 علي سرعة امتصاص الماء ولكن الرطوبة العالية تحول دون التخلص من الماء الفائض بواسطة عملية النتح، ولهذا يصبح النبات متخما بالماء مما يدعو الحاجة إلي تكوين هذه الثغور المائية.

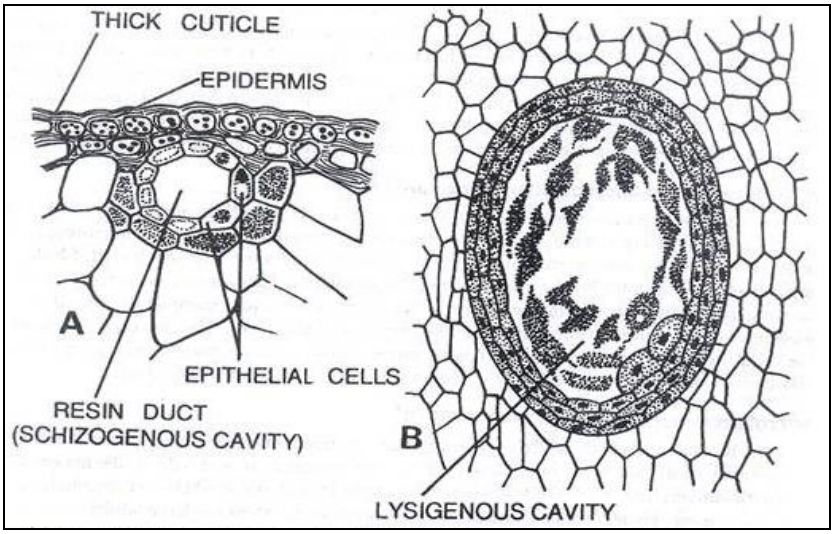


تركيب الثغر المائي

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 علي 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.



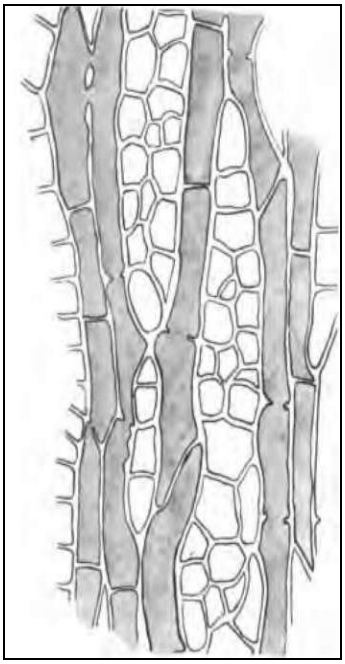
الغدة الانقراضية والانفصالية

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 علي 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 علي 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.



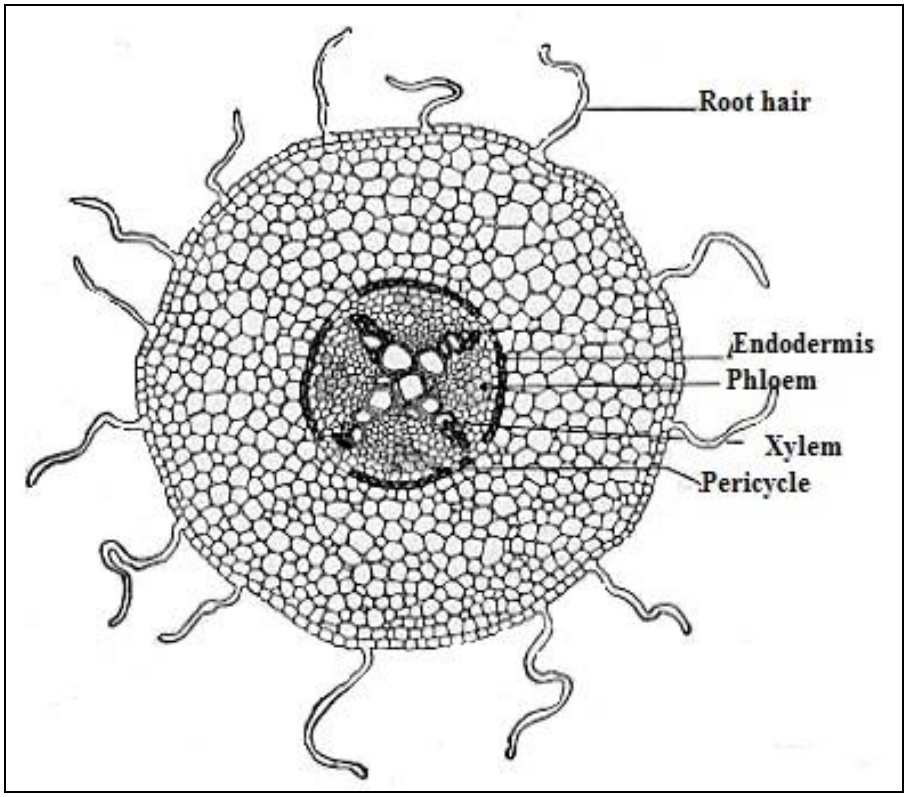
الاوعية اللبنية

التركيب التشريحي للاعضاء النباتية

التركيب التشريحي للجذر الحديث

Anatomy of young root

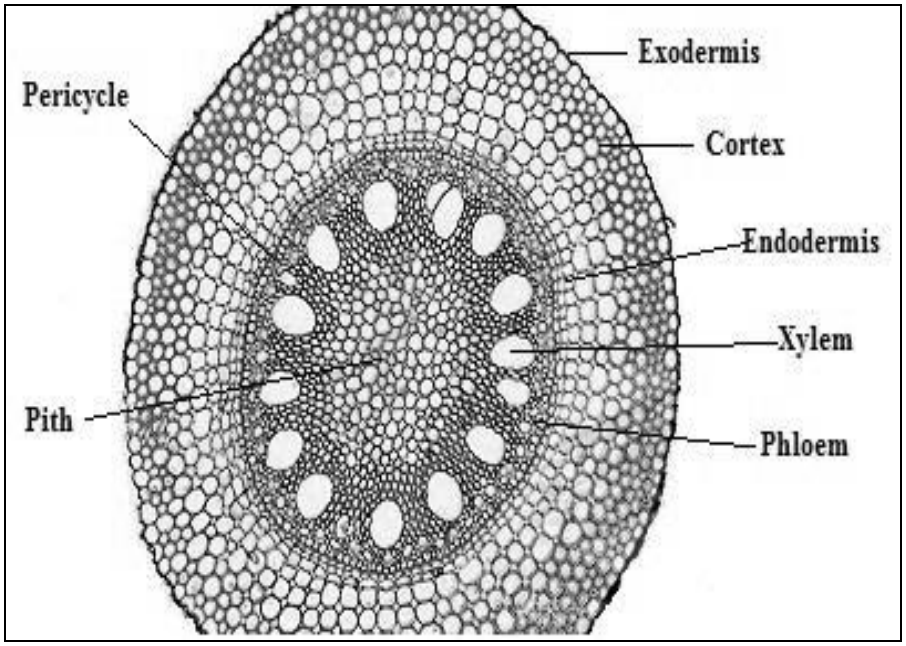
ويمكن دراسة التركيب التشريحي للجذر الحديث بعمل قطاع مستعرض حيث يمكن التعرف علي ثلاث مناطق مختلفة هي **الطبقة الوبرية والقشرة والاسطوانة الوعائية**.



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 علي 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 علي 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 إلي 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 إلي الأسطوانة الوعائية. وتتحكم بذلك خلايا الاندودرميس في مرور الماء من القشرة إلي 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.

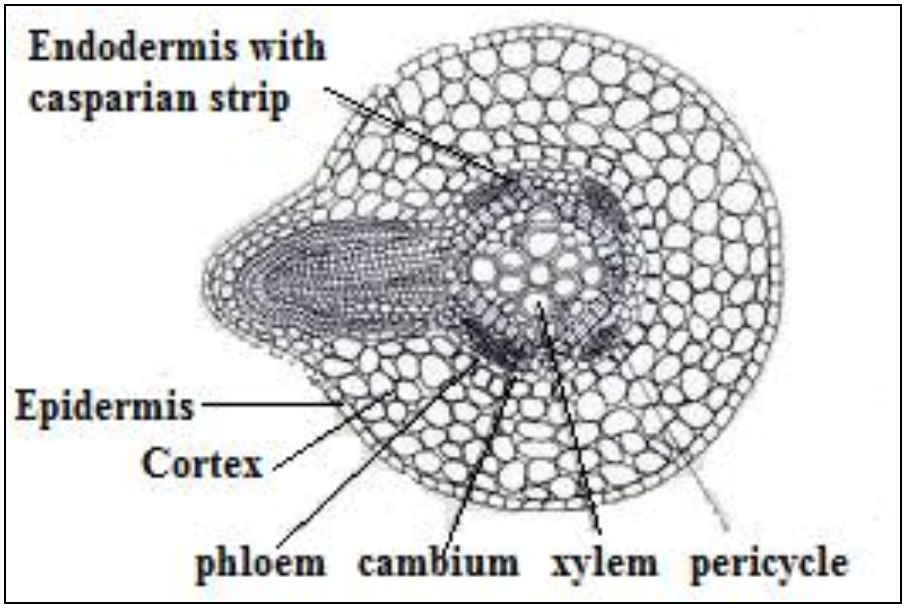
ويوجد الخشب الابتدائي واللحاء الابتدائي علي أنصاف أقطار متبادلة وتعرف الحزم في هذه الحالة بالحزم القطرية radial bundles. ويتراوح عدد الحزم الوعائية من 2-8 في نباتات ذوات الفلقتين، أما في ذوات الفلقة الواحدة فإن هذا العدد يزيد علي ذلك. ويتركب الخشب من البروتوزيلم protoxylem (الخشب الأول) إلي الخارج والميتازيلم 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 إلي 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 علي نسيج القشرة والبشرة التي سرعان ما تتمزق ويشق الجذر طريقه للخارج ميكانيكيا وقد تفرز قمة الجذر الجانبي إنزيمات تساعد علي تحلل أنسجة القشرة.



نشأة الجذر الثانوي من البريسيكل

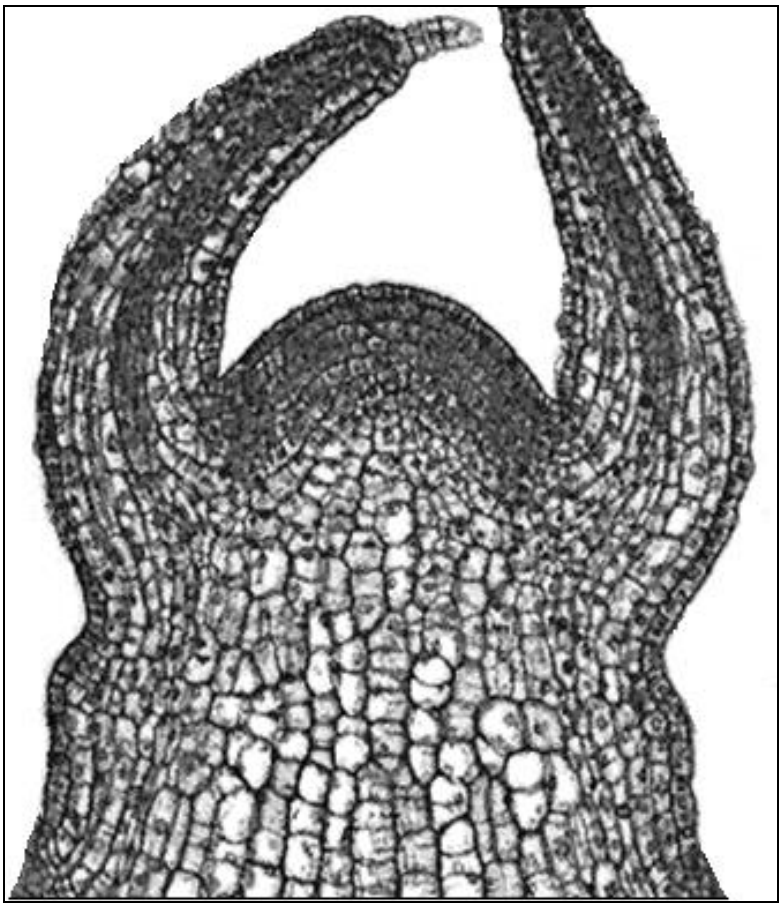
التركيب التشريحي للساق

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 علي بضعة ملليمترات وتتكون من مجموعة من الخلايا الانشائية الغير متميزة. 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 إلي منشئ البشرة ومنشئ النسيج الأساسي ومنشئ الأسطوانة الوعائية. وبزيادة البعد عن قمة الساق تتحول الأنسجة الانشائية إلي أنسجة بالغة يطلق عليها

الأنسجة الابتدائية، وفيها يزداد حجم الخلايا وتظهر بها الفجوات العصارية وبينها المسافات البينية. وتتغلظ جدرها بدرجات متفاوتة إلي 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 إلي 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 علي 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 إلي الداخل وتغلف الأسطوانة الوعائية. وغالبا ما تكون الطبقات الخارجية من القشرة مكونة من خلايا برانشيمية تحتوي علي بلاستيدات خضراء ويطلق عليها خلايا كلورنشيمية. أو قد تكون مغلظة الجدر عند الأركان وتسمي بالخلايا الكولنشيمية, وهذه تكون جزءا من النسيج الدعامي وتعمل علي 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 علي حبيبات نشوية وتسمي بالغلاف النشوي وهي تقابل طبقة الاندودرمس في الجذور.

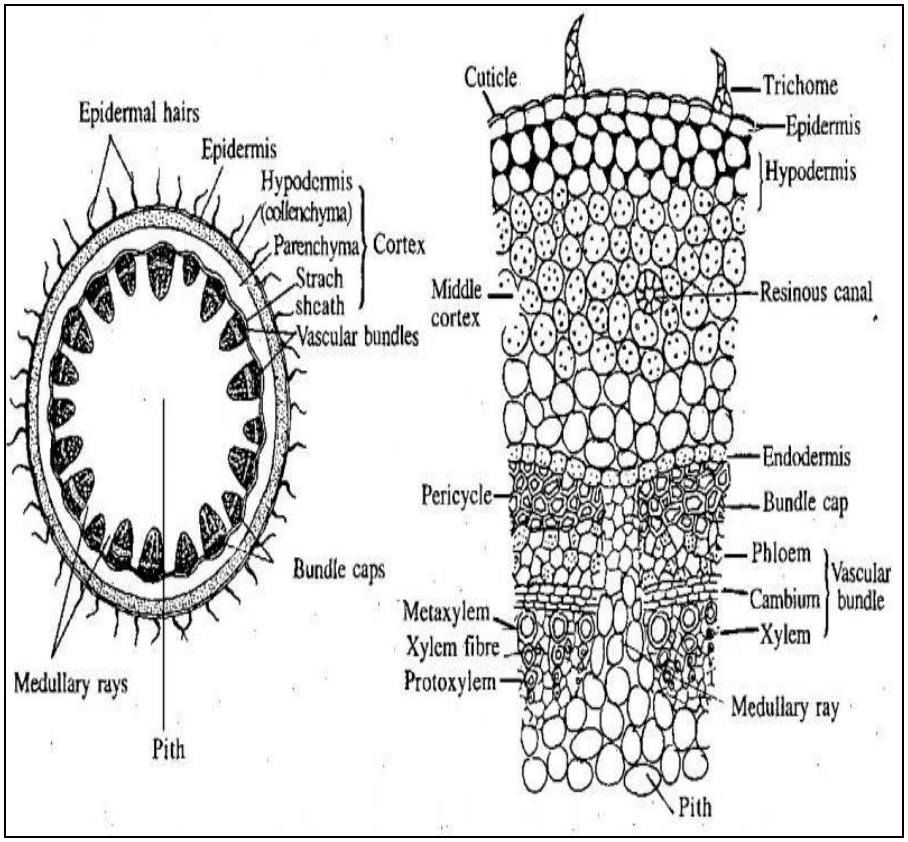
3. البريسيكل pericycle

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 إلي 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 إلي الخارج ويفصلهما طبقة الكمبيوم. وفي بعض النباتات مثل سيقان القرعيات يوجد لحاء اخر إلي الداخل يفصل النخاع عن الخشب، أي أنه يوجد لحاءان علي جانبي الخشب. وتسمي الحزمة في هذه الحالة بالحزمة ذات الجانبين bicollateral bundle في حين تسمي الحزمة التي تتكون من خشب ولحاء واحد فقط علي 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 علي 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

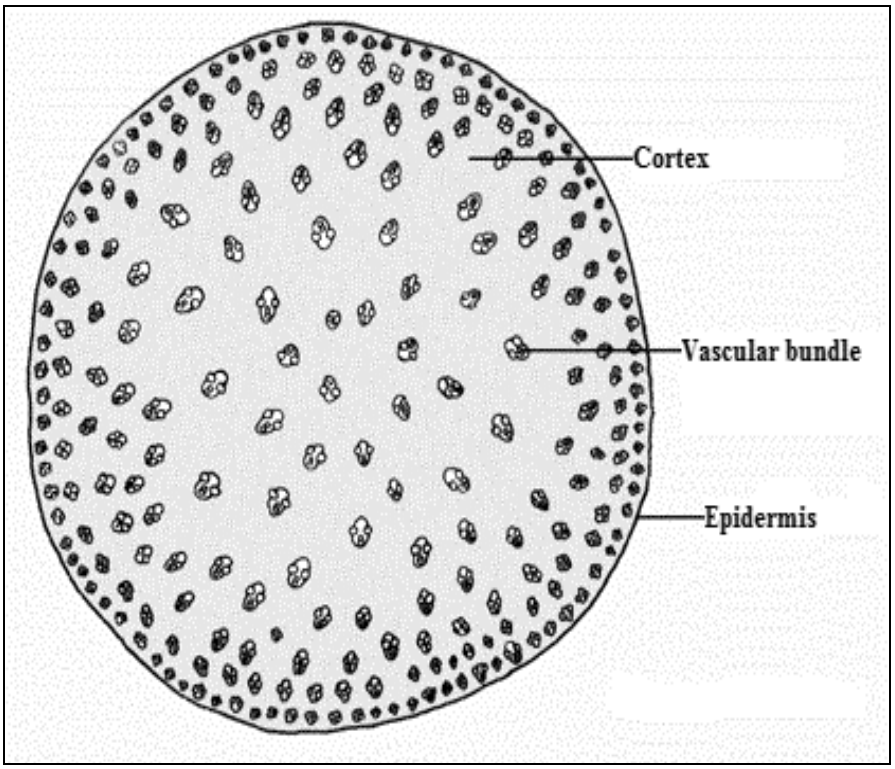
Anatomy of monocot stems

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 إلي 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 علي 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،

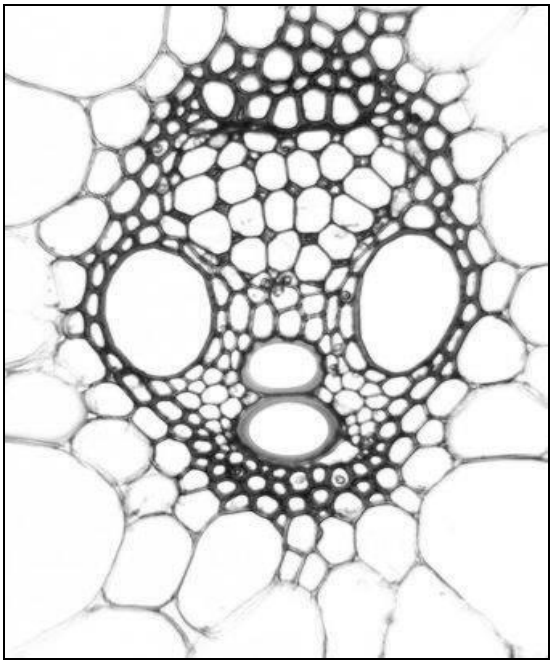
حيث يوجد اللحاء ناحية الخارج والخشب ناحية المركز مرتبين علي نصف قطر واحد كما في ذوات الفلقتين.



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 علي 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 إلي 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:

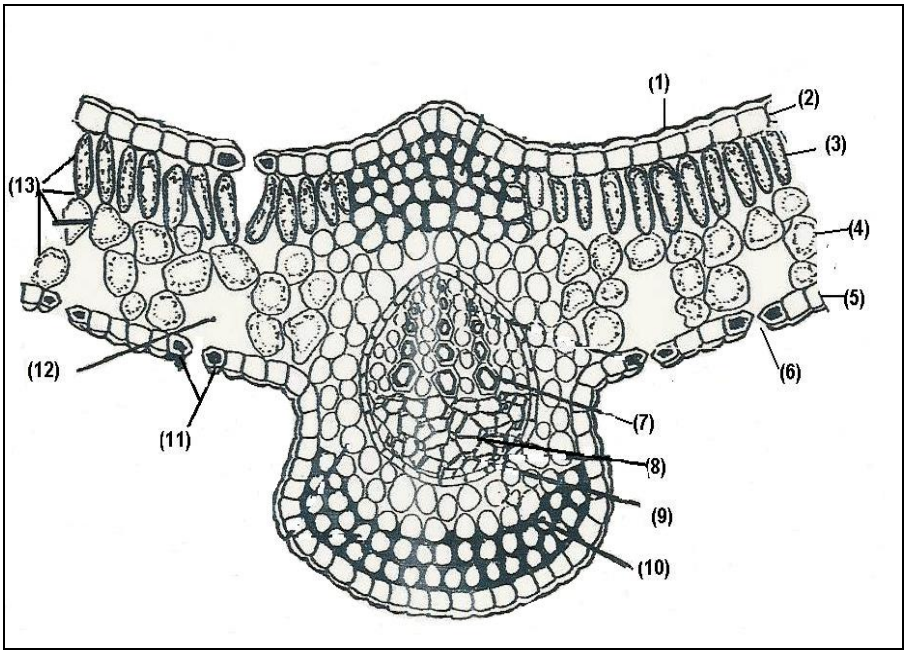
البشرة

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 إلي بشرة عليا وبشرة سفلي. وتغطي البشرة طبقة من الكيوتيكل (الأدمة) تعمل علي تقليل فقد الماء من خلايا البشرة. وفي أوراق بعض النباتات وخصوصا النباتات الصحراوية والأوراق المسنة يلاحظ وجود طبقات شمعية تحت الأدمة تعمل علي تقليل فقد الماء لدرجة كبيرة.

وعموما فطبقة الأدمة أكثر سمكا في نباتات البيئة الجافة عنها في نباتات البيئة الرطبة. كما أنها أغلظ علي 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 علي 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 إلي نسيجين. **النسيج العمادي** palisade tissue ويقع مباشرة

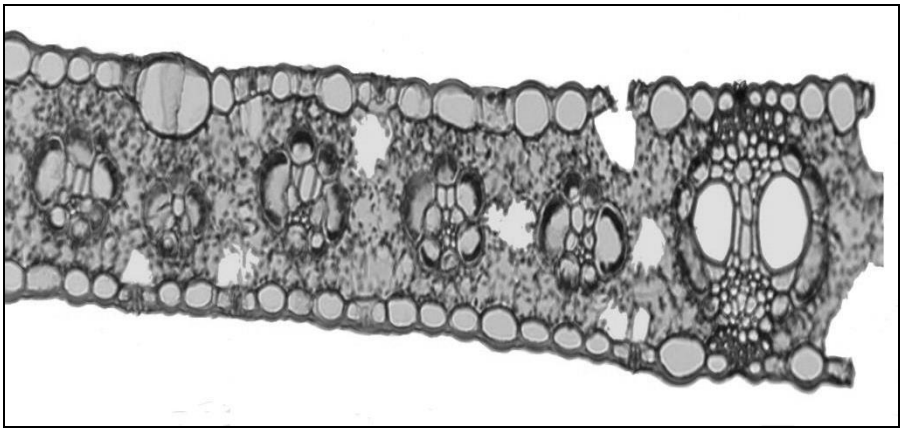


قطاع عرضي في ورقة ذوات الفلقتين: 1 الأدمة, 2 البشرة العليا، 3 النسيج العمادي, 4 النسيج الاسفنجي، 5 البشرة السفلي, 6 فتحة الثغر,7 نسيج الخشب، 8 نسيج اللحاء, 9 خلايا برانشيمية, 10 خلايا كولنشيمية, 11 الخلايا الحارسة, 12 غرفة تحت ثغرية, 13 النسيج الاساسي

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.

وفي أوراق نباتات ذوات الفلقة الواحدة لا يتميز النسيج الأساسي للورقة إلي نسيج عمادي ونسيج اسفنجي. وفي الغالب يتكون من خلايا برانشيمية تحتوي علي 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.

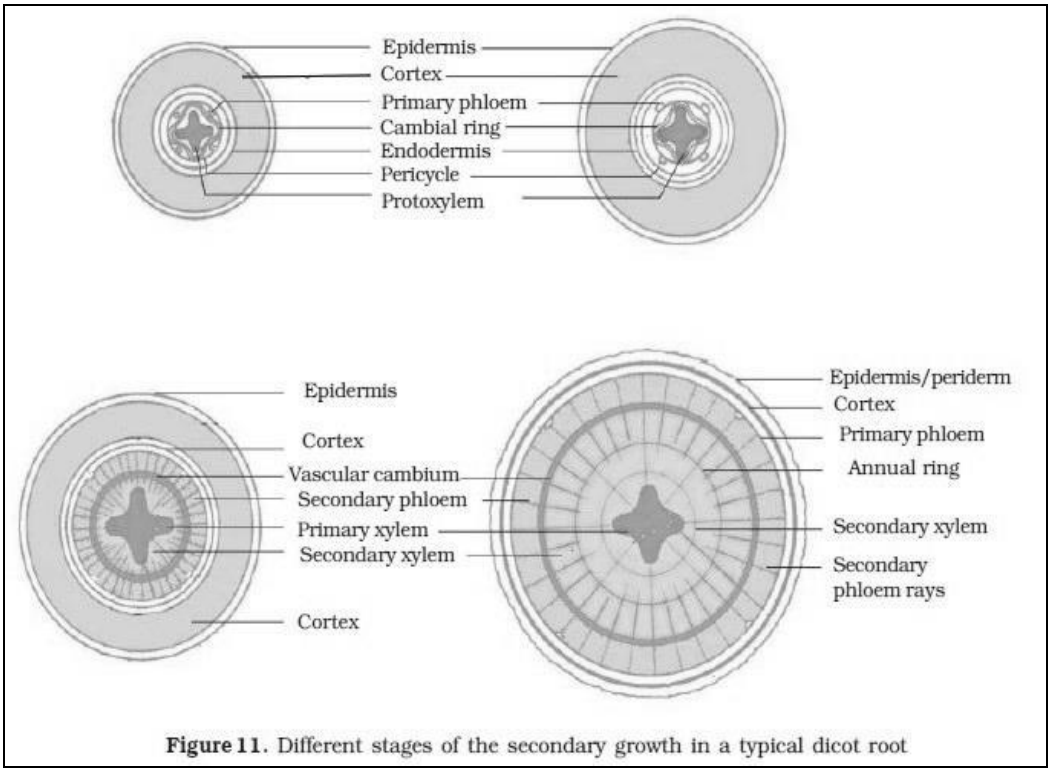


Figure 11. Different stages of the secondary growth in a typical dicot root

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

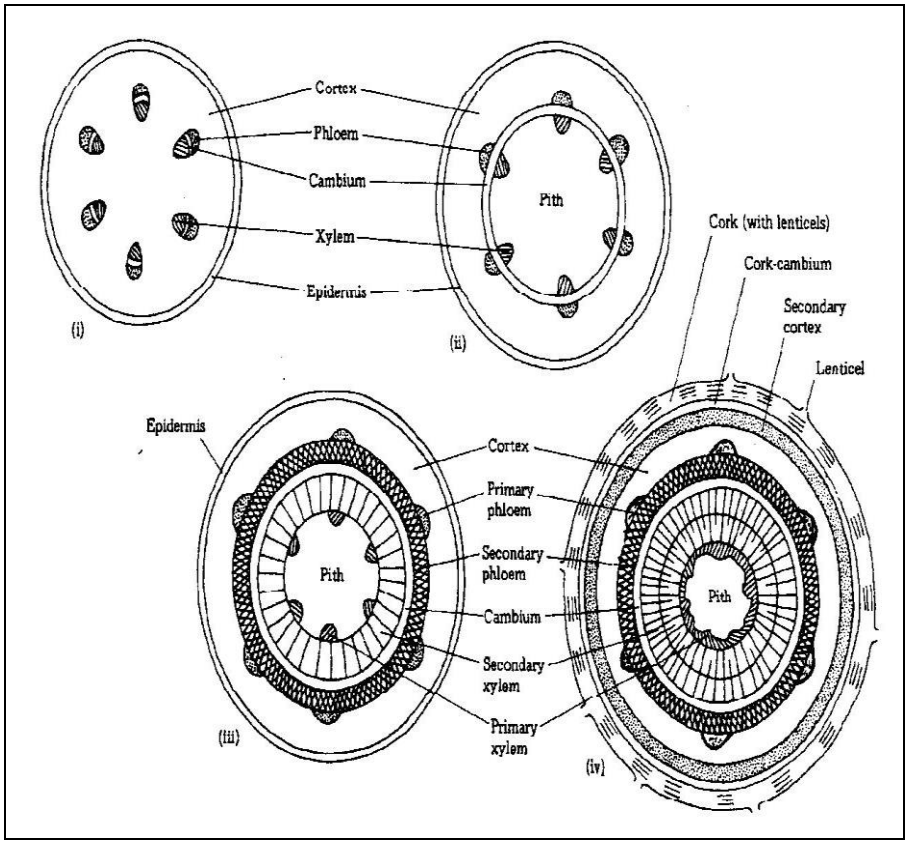
الفليني تتكون طبقات من خلايا الفلين، ويؤدي ذلك إلي تمزق قشرة الجذر بما في ذلك الاندودرمس ثم تموت خلايا هذه الأنسجة وتتحلل. وبزيادة عمر الجذر قد ينشأ الكامبيوم الفليني من أنسجة اللحاء الداخلية ويتعمق فيها تدريجيا مما يؤدي إلي موت وتمزق البريسيكل وكذلك أنسجة اللحاء المسنة. ولا تتراكم طبقات الأنسجة الميتة (القلف) علي 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 علي 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 علي الانقسام. وتنشط خلايا الكامبيوم وتنقسم. ويتوالي انقسامها وتكبر الخلايا الناتجة وتتشكل لتكون طبقات اضافية من الخشب تسمي الخشب الثانوي علي الجانب الداخلي للكمبيوم وطبقات جديدة من نسيج اللحاء يسمي اللحاء الثانوي علي 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 علي اسطوانة وعائية متصلة حلقة كاملة، أما في السيقان التي تحتوي علي حزم وعائية

منفصلة فإن الكمبيوم يتكون من شرائط منفصلة تتصل ببعضها عند بداية التغليظ الثانوي بتحول طبقة من الخلايا البرانشيمية الموجودة بين الحزم إلي خلايا مرستيمية وتعرف بالكمبيوم بين الحزمي. وفي بعض النباتات قد لايتكون كامبيوم بين حزمي ويقتصر النشاط الثانوي علي الكمبيوم الحزمي.



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

وبتتابع انقسام خلايا الكمبيوم يتكون الخشب الثانوي إلي الداخل واللحاء الثانوي إلي الخارج ويزداد قطر الساق نتيجة لتكوين هذه الأنسجة

الجديدة. كما تزداد طول الأشعة النخاعية نتيجة انقسام بعض خلايا الكمبيوم بين الحزمي إلي خلايا برانشيمية.

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

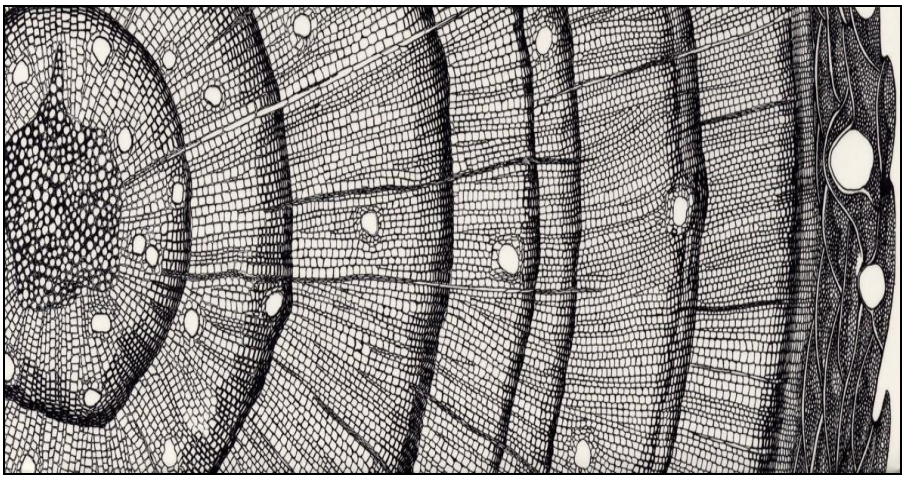
ونتيجة لاستمرار النمو الثانوي تتكون منطقة من الخشب الثانوي داخل طبقة الكمبيوم ومنطقة من اللحاء الثانوي خارجها ويؤدي كبر خلايا الخشب وكثرتها وعدم قابليتها للانضغاط إلي ازاحة الكمبيوم للخارج وكذلك جميع الأنسجة التي تقع خارجه وذلك بسبب زيادة في اتساع اسطوانة الكمبيوم. ويمكن القول بأن الانسجة الخشبية الثانوية 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 حتي تصبح مجاورة لها أو بالانقسام القطري لهذه الخلايا.

وفي بعض أجزاء الحلقة الكمبيومية تنقسم الخلايا لتعطي إلي 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 علي امتداد الأشعة النخاعية الأصلية.

الخشب الربيعي والخشب الصيفي

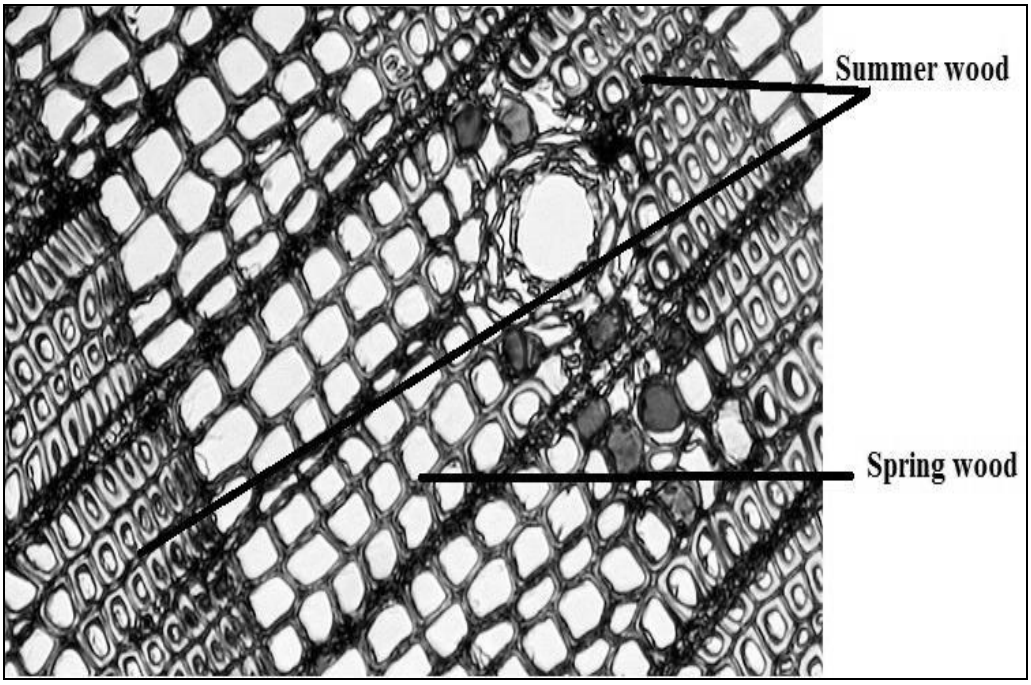
بتتابع إضافة الخشب الثانوي موسما بعد أخر حتي يصبح الخشب وهو الجزء الأكبر من الساق من النباتات الشجرية. وينتج عن ذلك تكوين طبقات نمو ظاهرة. وتمثل كل طبقة كمية النمو خلال موسم محدد. ولهذا يظهر الخشب في السيقان المسنة مكونا من مجموعة من الحلقات المتتابعة تعرف بالحلقات السنوية. وتتميز كل حلقة إلي منطقتين 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.



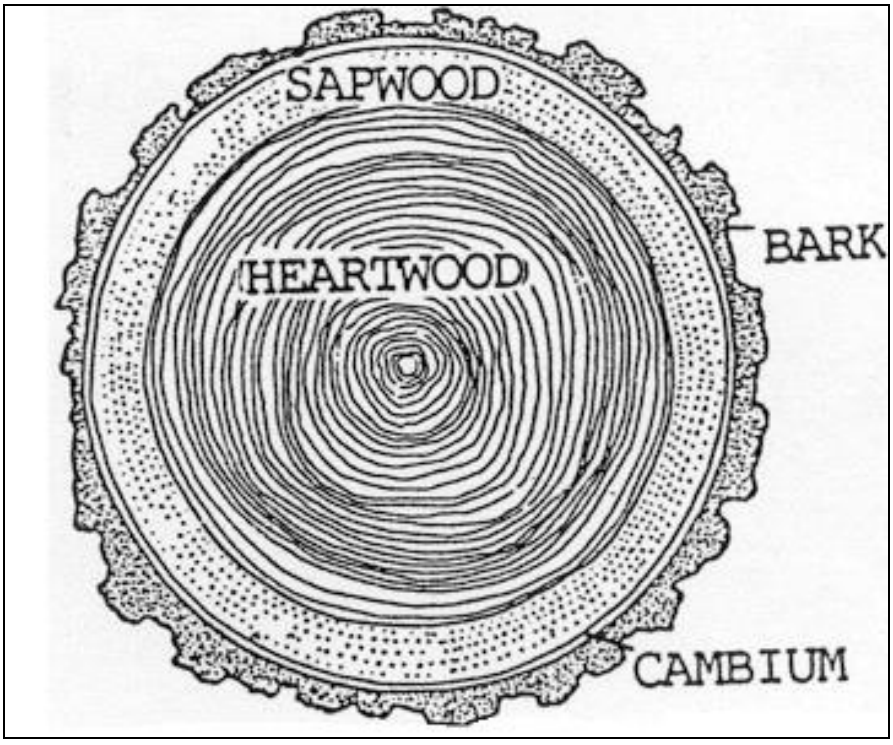
الخشب الربيعي ويتميز بأنسجة واسعة والخشب الصيفي ويتميز بأوعية ضيقة وألياف كثيرة

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 إلي الخارج وتعرف بالخشب الرخو وتحتوي علي 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 إلي كثير من الحلقات السنوية.

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

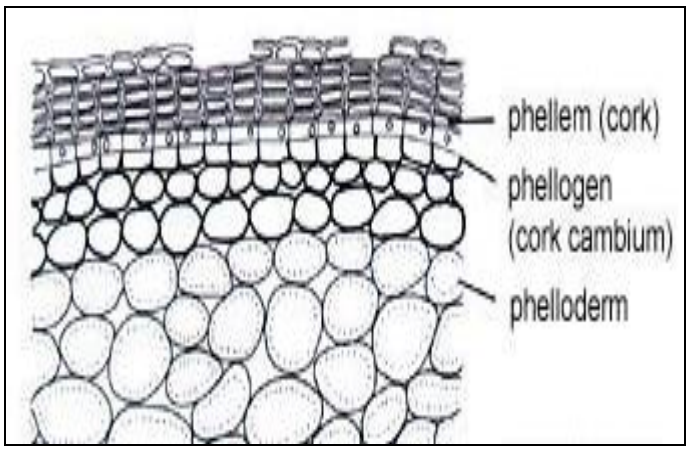


الخشب الصميمي والخشب الرخو

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 إلي انقطاع وصول الماء والغذاء إلي 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.

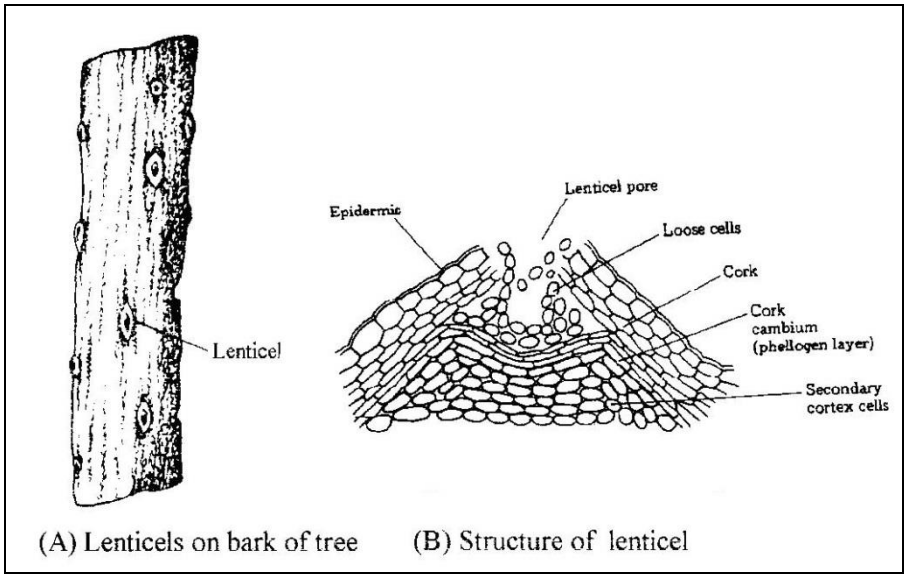
وفي بعض الأنواع يستمر نشاط الكمبيوم الفليني لفترة طويلة قد تستمر طول حياة النبات, وفي معظم الأنواع الخشبية يقف نشاط الكمبيوم الفليني بعد فترة قصيرة. وتحل محله كمبيومات فلينية أخري تنشأ من طبقات داخلية للقشرة أو البريسيكل أو اللحاء, وتشبه الكمبيوم الفليني في نشاطها. وبذلك يصبح الفلين مكونا من طبقات متعاقبة 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.



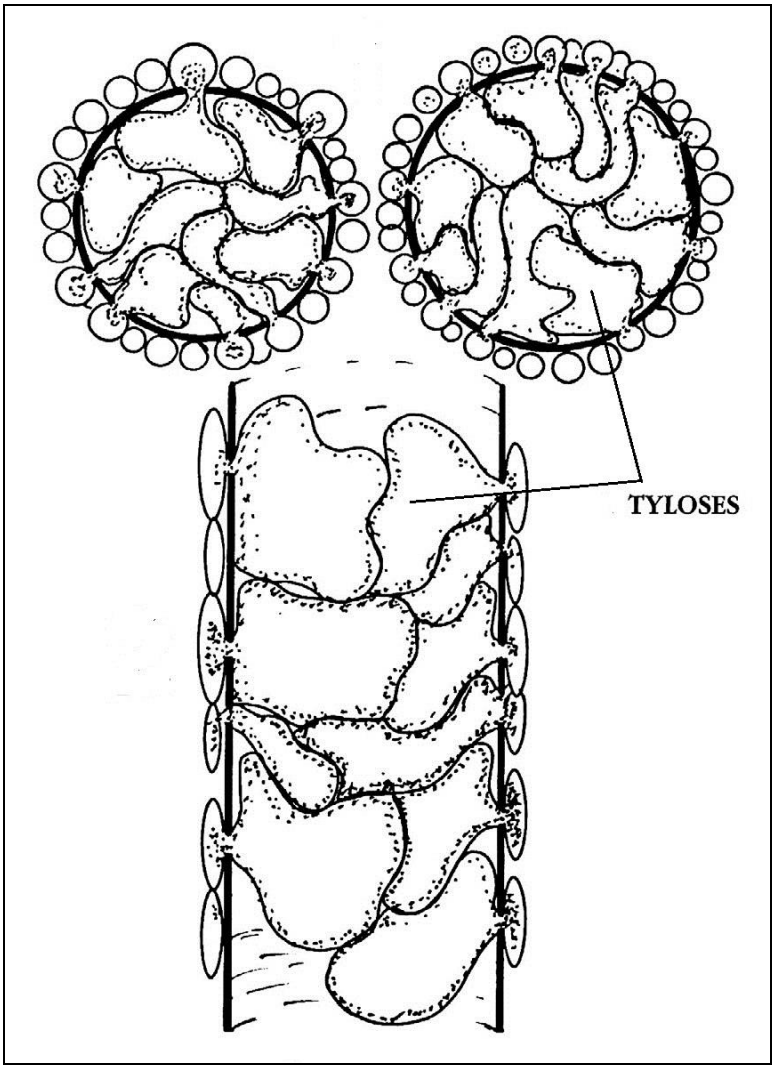
قطاع في عديسة يظهر الكمبيوم الفليني والنسيج المفكك

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

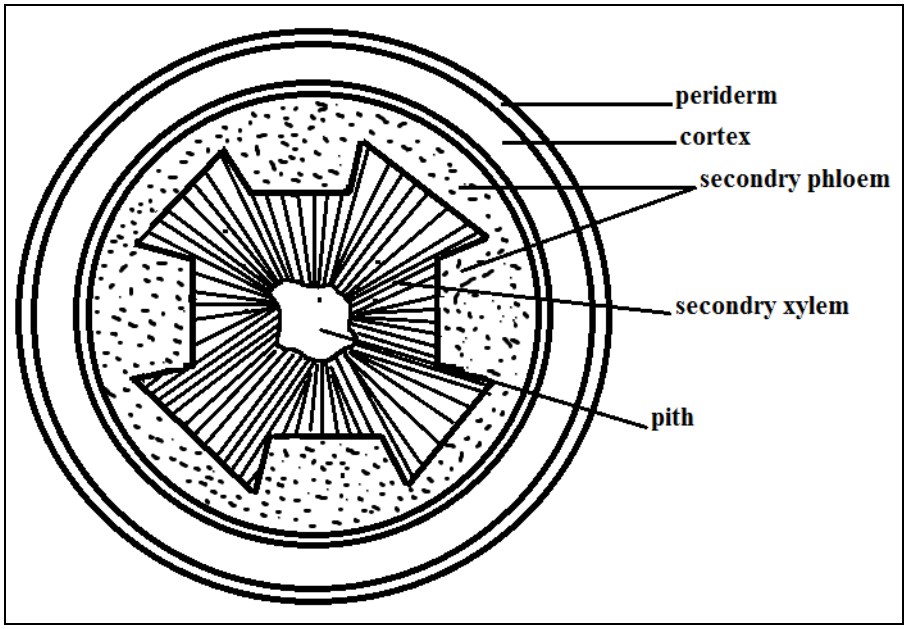
في الغالبية العظمي من النباتات ذوات الفلقتين يحدث التغلظ الثانوي بالطريقة السابق ذكرها وتعرف بالطريقة العادية. إلا أنه في أنواع أخري يتم التغلظ الثانوي في السمك بطريقة مغايرة لهذه وتعرف بالتغلظ الشاذ الذي يحدث بإحدي الطريقتين الاتيتين:

- 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 علي 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 إلي الداخل خلايا لحاء لفترة قصيرة بدلا من خلايا الخشب ثم تعود ثانية إلي نشاطها العادي وتعطي خلايا خشب إلي الداخل وبذلك ينطمر اللحاء المتكون بين الخشب وهكذا تظهر أشرطة اللحاء بين الخشبي في الساق المسن.

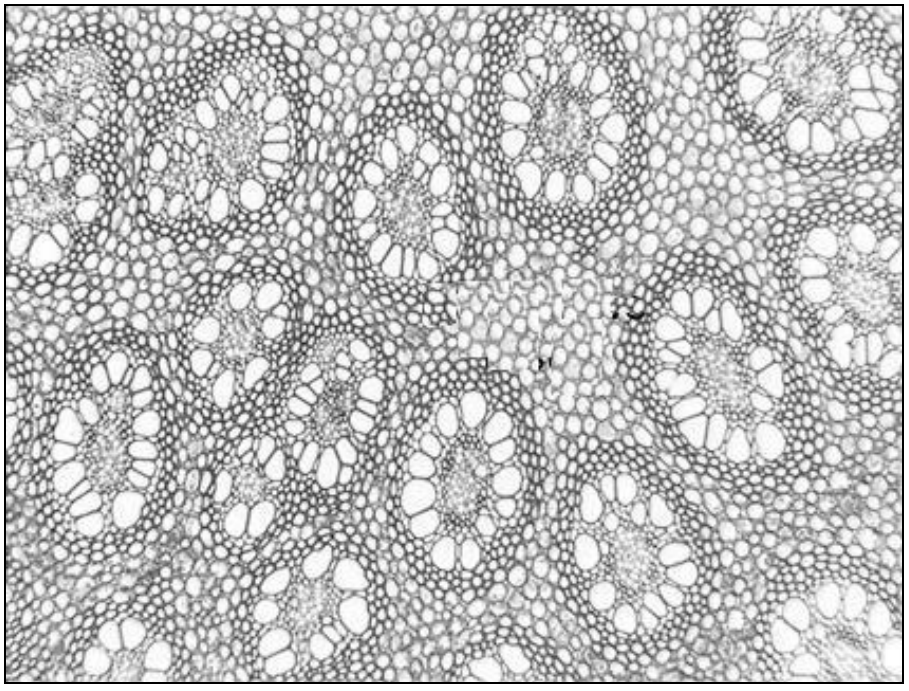
التغلظ الثانوي الشاذ في سيقان ذوات الفلقة الواحدة

سبق الإشارة إلي 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 إلي خلايا مرستيمية مكونة بذلك حلقة

كمبيومية منتظمة تبدأ في الانقسام لتعطي إلي 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 أنه 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 علي التركيب التشريحي للنبات

تنطبق الصفات التشريحية السابق ذكرها علي النباتات الوسطية mesophytes التي تعيش تحت ظروف معتدلة من الماء والحرارة والاضاءة والتهوية. أما النباتات التي تتعرض في بيئاتها الطبيعية إلي 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 علي مر الزمن من الصفات الثابتة لهذه النباتات. ويتضح ذلك من احتفاظ هذه النباتات بصفاتها التشريحية خاصة اذا زرعت تحت عوامل بيئية عادية.

والماء ودرجة الحرارة وشدة الاضاءة والتهوية من العوامل البيئية التي لها أثرها علي 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 إلي الأكسجين اللازم

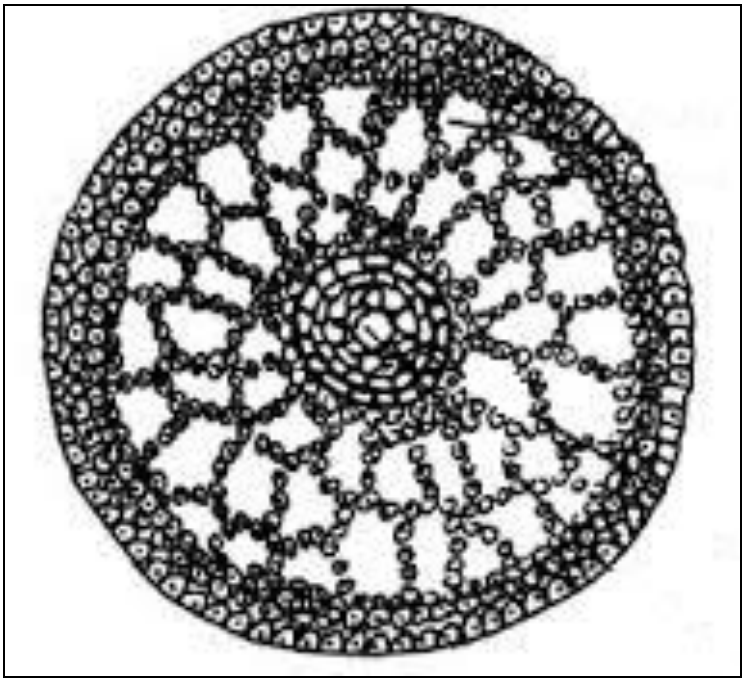
لحياة النبات، ولهذا يكون جسم النبات المائي غنيا بالفراغات الهوائية التي يختزن فيها الهواء كما يلاحظ اختزال حجم الأنسجة التوصيلية اذا ما قورنت بالنباتات الأرضية.

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 علي 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 إلي 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

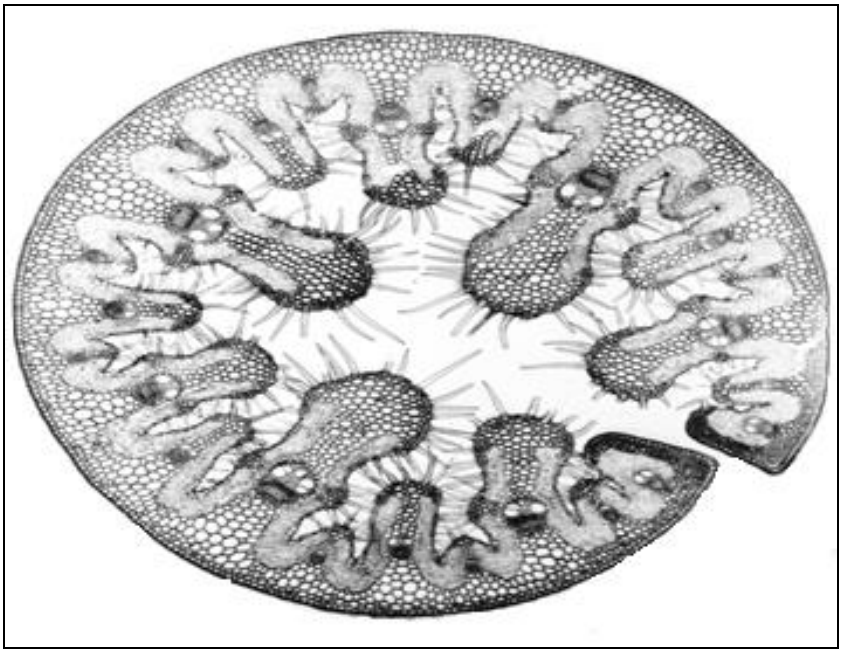
تختلف النباتات الجفاف عن النباتات الوسطية في كثير من الصفات التشريحية يمكن تلخيصها فيما يأتي:

1. تتغطي البشرة بطبقة سميكة من الكيوتين وقد تمتد إلي خلايا تحت البشرة لتمنع فقد الماء عن طريق النتح الكيوتيني. وقد يصاحب تكوين البشرة درجات مختلفة من التلجنن قد تمتد إلي 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 علي طبقة أو أكثر من خلايا تقع تحت البشرة مباشرة تسمي تحت البشرة تشبه خلايا البشرة في التركيب عادة وتعمل علي تقويتها.
3. في كثير من النباتات الجفافية تكون الثغور مخبأة في تجاويف تملؤها شعيرات ميتة مما يعمل علي انخفاض النتح ويساعد علي 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 علي هذه النباتات قواما خشبيا تتميز به السوق والأفرع مما يساعدها علي الصمود أمام الرياح. ونظرا لأن هذه الخلايا ميتة فإنها لا تحتاج إلي كمية كبيرة من الماء مثل الأنسجة الأخري هذا إلي جانب أنها تعمل كحاجز جزئي ضد الضوء الشديد.

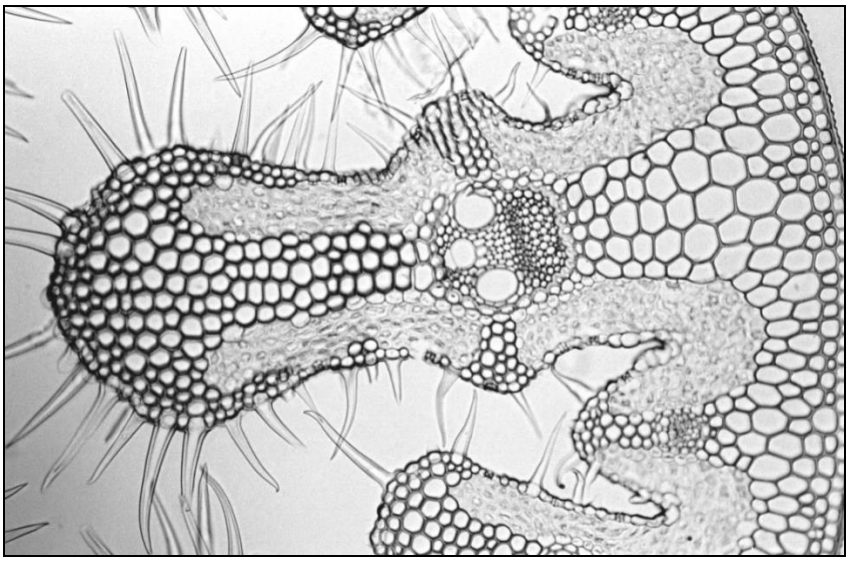
5. أوعية الخشب ضيقة نسبيا نظرا لقلة الماء الذي ينتقل خلالها وقد وجد أن الأوعية التي تكون تحت ظروف وفيرة من الماء تكون أكثر اتساعا من التي تكون تحت ظروف من ندرة الماء. ويحتوي الخشب علي كمية كبيرة من الألياف
6. نظرا لاختزال الأوراق في كثير من النباتات الجفافية وما ينتج عن ذلك من اختزال السطح القادر علي 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 علي 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 علي جوانب الأخاديد نسيج تمثيلي. ويوجد بكل بروز حزمة وعائية مغلقة يحيط به غمد من الألياف يتصل من فوقه وتحته بشريط من أنسجة ملجننة تصل إلي البشرتين.



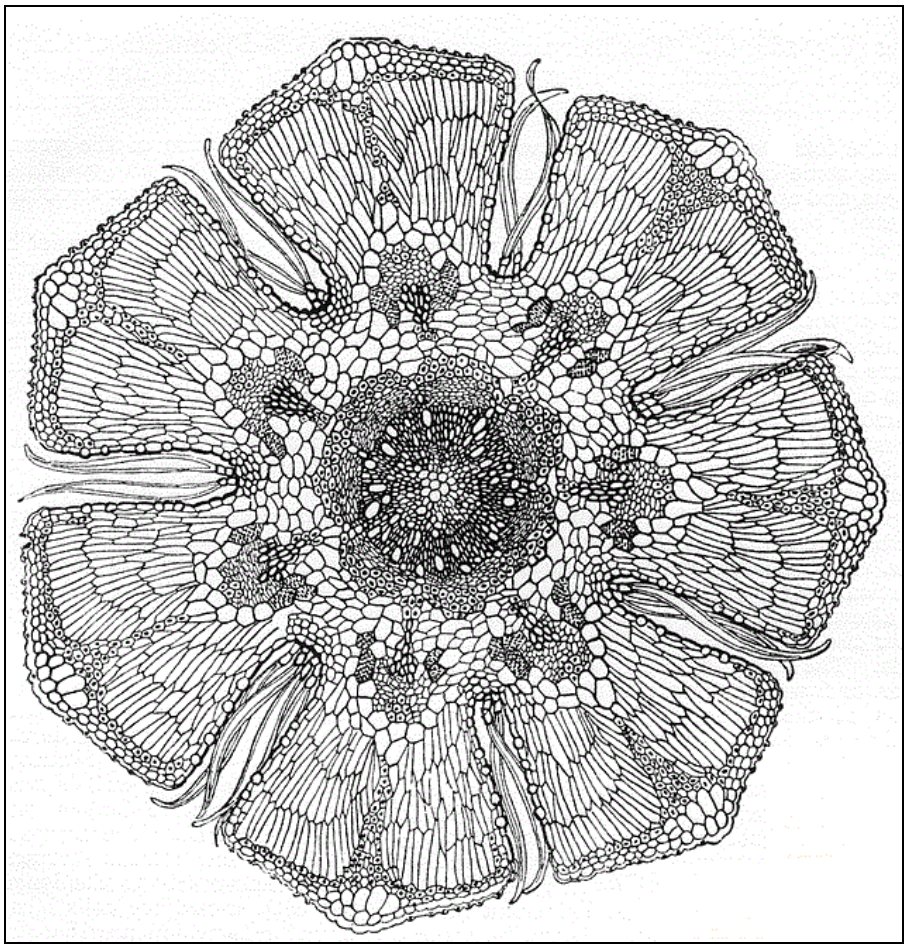
رسم تخطيطي لقطاع عرضي في ورقة قصب الرمال



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 علي سطحه. وتوجد الثغور في الأخاديد ويحميها شعيرات كثيفة ويوجد علي جوانب الأخاديد الأنسجة التمثيلية يليها إلي 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.

Plant Morphology

د. محمد كامل أحمد

الفهرس

المقدمة	2
علم الشكل الظاهرى وتشريح النبات	5
النباتات الزهرية	5
الصفات العامة للنباتات ذات الفلقتين	7
الصفات العامة للنباتات ذات الفلقة	8
البذور	10
التركيب العام للبذور	12
اغلفة البذرة	12
الجنين	13
الغذاء المدخر	14
تفاعلات تحول المواد النشوية داخل البذور	15
تفاعلات تحول المواد الدهنية داخل البذور	16
تفاعلات تحول المواد البروتينية داخل البذور	16
امثلة لتركيب البذرة فى بعض الفلقات	17
بذرة الفاصوليا	17
بذرة الخروع	17
حبة الذرة	19
انبات البذور	21
الماء	21
الاكسجين	22
درجة الحرارة المناسبة	22
الضوء	23
حيوية الجنين	23
كمون البذور	24
اسباب حدوث الكمون فى بذور النباتات المختلفة	25
امثلة لانبات بذور بعض النباتات	27
الجذر	37
التركيب المورفولوجى للجذر	38
انواع الجذور	42

الساق	54
انواع السيقان	59
تفرع الساق	65
السيقان المتحورة	70
الورقة	82
الصور المختلفة للاوراق	90
الاوراق المتحورة	98
التكاثر الخضرى	106
الأعضاء النباتية التى تستخدم فى التكاثر	108
التكاثر بالعقل	108
التكاثر بالترقيد	109
التطعيم	111
التكاثر بالدرنات – الكورمات – الريزومات ـ الأبصال	114
التكاثر بالأوراق	115
التكاثر بالجذور	115

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سَنُرِيهِمْ آيَاتِنَا فِي الْآفَاقِ وَفِي

أَنْفُسِهِمْ حَتَّى يَتَبَيَّنَ لَهُمْ أَنَّهُ

الْحَقُّ أَوَلَمْ يَكْفِ بِرَبِّكَ أَنَّهُ

عَلَى كُلِّ شَيْءٍ شَهِيدٌ"

صدق الله العظيم

مقدمة

Introduction

يعتبر النبات همزة الوصل بين الموت و الحياة فهو الكائن الوحيد الذى نعرفه وله القدرة على تحويل المكونات غير الحية إلى مكونات حية . فالنبات يحوّل ثانى أكسيد الكربون والماء وهما مكونات غير حية إلى مواد عضوية، تتعقد لتكون لنا المادة الوراثية التى تعتبر الأمين على صفات الكائن والمتحكم فى كل نشاطاته ووظائفه الحيوية، فى وجود الضوء ومادة الكلورفيل الخضراء التى توجد فى داخل النبات. كما أن النبات هو الكائن الوحيد الذى يعيش فى وسطين مختلفين طيلة حياته فتكون جذوره تحت الأرض أو الماء وبقية النبات فوق الأرض أو أحيانا مغمورا تحت الماء كله أو جزءً منه. كما وهب الله النبات القدرة على تنقية الجو من ثانى أكسيد الكربون الذى يعتبر المكون الرئيسي المسئول عن ظاهرة الإحتباس الحرارى على سطح الأرض والتى تهدد الحياة برمتها فى العصر الراهن.

لقد تعامل الإنسان منذ نزوله على الأرض مع النبات كغذاء رئيسي له وللحيوان وبدأ التعرف علية والتفريق بين النباتات المختلفة من خلال خصائصها المورفولوجية وفرق بينها وبين الحيوانات. فقد قسّم أرسطو الكائنات الحية كلها بين النباتات والحيوانات. و تعد مملكة النبات حاليا إحدى الممالك الخمس في النظام الحديث. ميز أرسطو النباتات بأنها عديمة الحركة. وقد سماها كارولوس لينيوس بمملكة النبات أو باللاتينية *Vegetabilia* **ثم تم تسميتها** *Plantae* **. ومع الوقت ظهر عدم تجانس مملكة النباتات واحتوائها على مجموعات غير مرتبطة بالنباتات**

الحقيقية، لذلك سرعان ما تم فصل الفطريات و الأشنات من مملكة النباتات لتوضع في مملكة مستقلة. بالرغم من ذلك ما تزال تعتبر الفطريات والأشنات ذات خواص نباتية عديدة. ومع تقسيم النباتات إلى نباتات زهرية وغير زهرية فقد أصبحت النباتات الخضراء محل إهتمام الكثير من العلماء فقد قام كارلوس لينيوس بتقسيم مملكة النبات إلى 25 رتبة تعددت فيها العائلات ورغم إعتماد لينيوس الرئيسي على الزهرة إلا أن الشكل الظاهرى يلعب دورا مهما فى تصنيف النبات.

المورفولوجيا (*Morphology*) **أو علم دراسة الشكل الظاهري يهتم بدراسة شكل وتعضي الكائنات الحية أو أحد أعضائها من ناحية المظهر الخارجي.**

يتناول هذا الكتاب استعراضا مناسبا للوصف المورفولوجى للنباتات مغطاة البذور من التركيب والشكل الظاهرى ، بالإضافة إلى العلاقه بين تركيب النبات الزهرى وعوامل البيئة التى يعيش فيها مع إيضاح التحورات التى تحدث فى الشكل الظاهرى والتركيب الداخلى مما يحقق التأقلم لهذه النباتات مع البيئة التى تعيش فيها. كما يتعرض بصورة مبسطة لأنواع التكاثر

دكتور

محمد كامل أحمد

علم الشكل الظاهرى وتشريح النبات

Plant Morphology and Anatomy

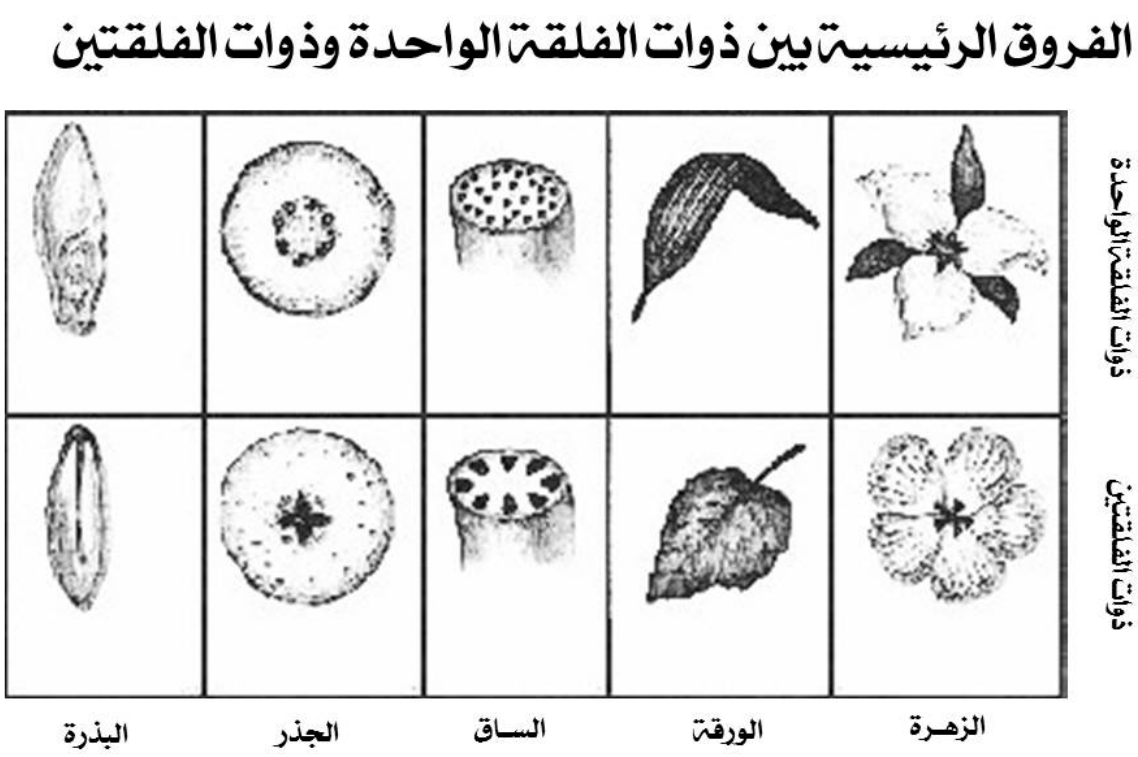
يمثل هذا العلم أحد الفروع الرئيسية لعلم النبات حيث يهتم بدراسة النبات خارجيا عن طريق الوصف الدقيق له ولأجزائه المختلفة إلى جانب دراسة تركيبه داخليا عن طريق اعداد قطاعات تشريحية ودراستها مجهريا ثم وصفها على المستوى التركيبى الخلوى، فشكل النبات ليس مجرد مظهر خارجى فقط وإنما هو إيضاح لوجود تنظيم وتوزيع العمل داخل جسم النبات. ولهذا الفرع من المعرفه علاقه وطيدة بفروع علم النبات الأخرى مثل علم الأجنة، علم البيئة النباتية، علم الخلية، علم الأنسجة، علم فسيولوجيا النبات .... الخ، كما أنه يرتبط بالعلوم الأخرى مثل علم الوراثة، علم أمراض النبات، علم الفطريات، علم الطحالب....الخ.

النباتات الزهرية *The flowering plants*

يتميز النبات الزهرى بتكوين أزهار التى يتكون عنها بذورا تكون محاطة بأغلفة ثمرية ولهذا فإنها تسمى بالنباتات مغطاة البذور *Angiosperms* .

تقسم النباتات الزهرية إلى مجموعتين هما ذوات الفلقة الواحدة *Monocotyledons* ومجموعة النباتات ذوات الفلقتين *Dicotyledons* وهما مصطلحان يصفان تركيب الأجنة.

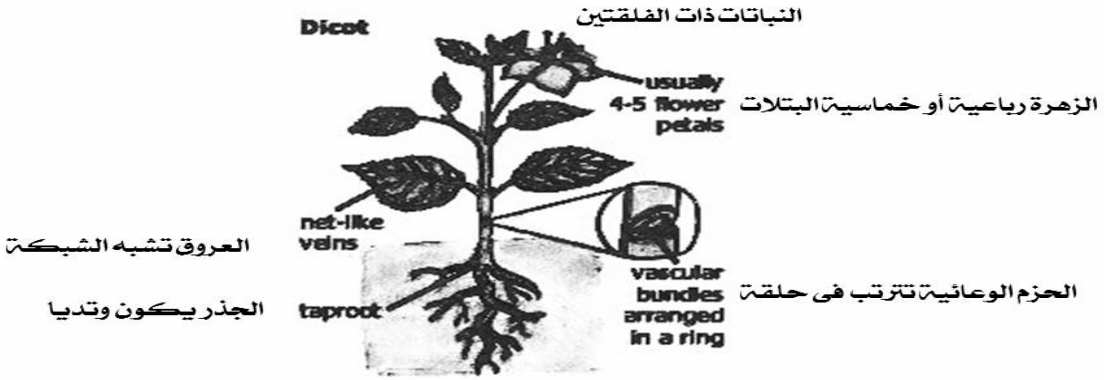
وكما هو موضح بالشكل رقم (1) الذى تظهر به أهم الفروق الجوهرية بين النباتات ذوات الفلقة الواحدة مثل الذرة والأرز والقمح والشعير والقصب، والنباتات من ذوات الفلقتين مثل الفول والفاصوليا والبازلاء والطماطم والفلفل.



الشكل رقم (1) يوضح الفروق الرئيسية بين النباتات ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين.

الصفات العامة لنباتات ذات الفلقتين

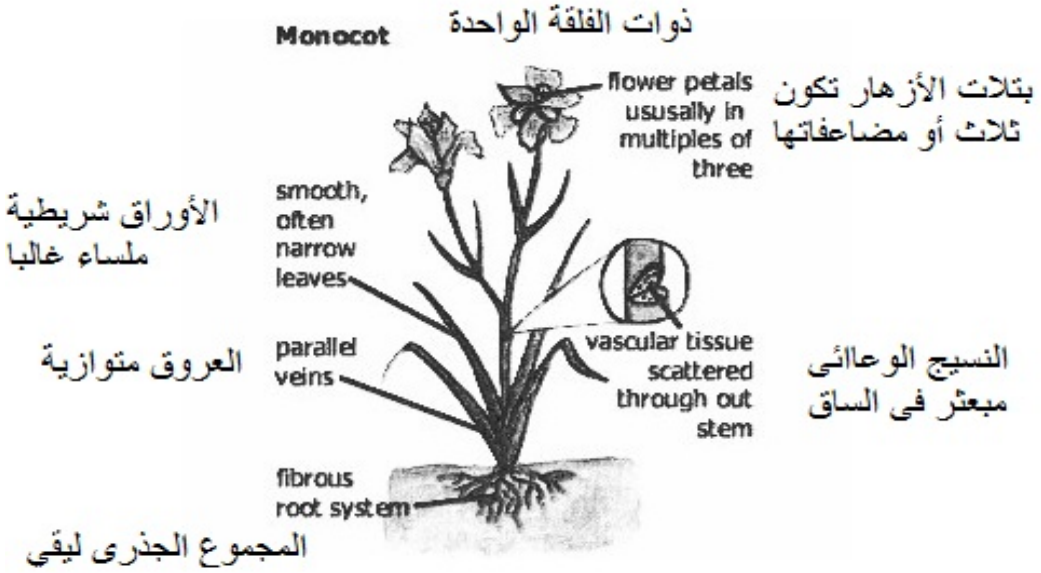
- البذور اندوسبرمية أو عديمة الاندوسبرم
- محور الجنين عليه فلقتين
- الإنبات هوائي في معظم البذور
- المجموع الجذري وتدي
- الأوراق بسيطة أو مركبة، التعريق شبكي أو ريشي
- الحزم الوعائية جانبية مفتوحة ويحدث بها نمو ثانوي
- الأزهار رباعية أو خماسية الأوراق الزهرية.



الشكل رقم (2) يوضح الخصائص الرئيسية فى النباتات ذوات الفلقتين.

الصفات العامة لنباتات ذات الفلقة

- البذور غالبا اندوسبرمية
- محور الجنين عليه فلقة محاطة بغمد الفلقة أو غمد الريشة أو الاثنين معا.
- الإنبات غالبا أرضى
- المجموع الجذري ليفي
- الأوراق بسيطة عادة
- التعريق متوازي طولي أو عرضي
- الحزم الوعائية جانبية مقفلة ونادرا ما يحدث النمو الثانوي
- الأزهار ثلاثية الأوراق الزهرية.



الشكل رقم (3) يوضح الخصائص الرئيسية فى النباتات ذوات الفلقة الواحدة.

البـــذرة

Seed

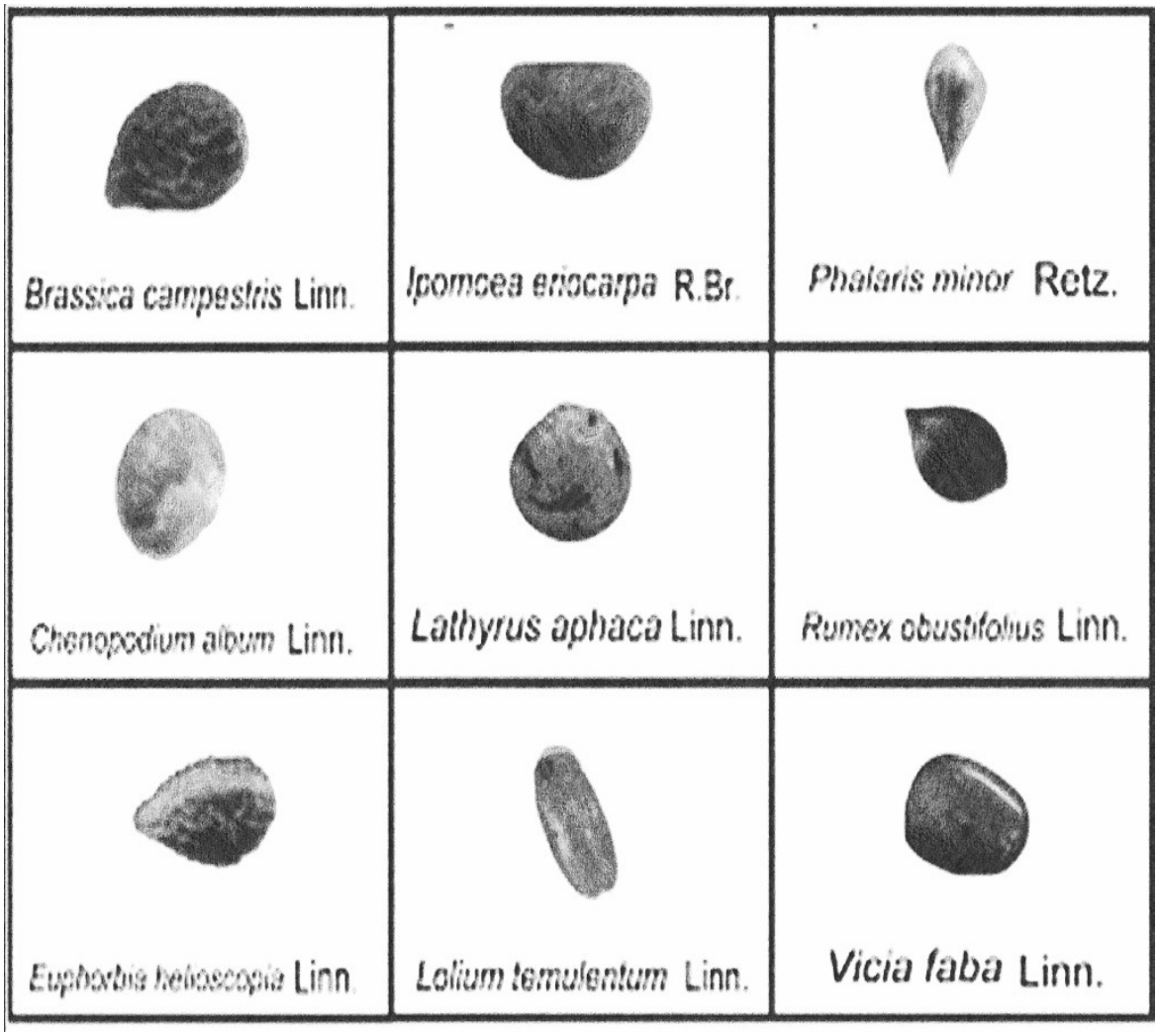
البـــذور

SEEDS

البذرة عبارة عن نبات جنينى فى حالة سكون يتزود بغذاء مختزن ، وتتكون البذور فى النباتات البذرية بواسطة عملية تكاثر جنسى حيث تندمج نواة (بيضة) توجد داخل الكيس الجنينى للبويضة مع نواة مذكرة من حبة اللقاح ليتكون الجنين الذى تحيط به مواد غذائية قد تختزن فى انسجة الجنين نفسه أو داخل نسيج خاص يعرف بالاندوسبرم *Endosperm* . ويظل الجنين فى حالة سكون داخل البذرة إلى أن تتوفر له الظروف الملائمة لإستعادة نشاطه فينمو على حساب المواد الغذائية المدخرة ليكون بادرة صغيرة ، سريعا ما تعتمد على نفسها فى تكوين غذائها وتستمر فى نموها لتكون نباتا بالغا.

وتختلف بذور النباتات المختلفة فى الشكل والحجم والملمس (شكل 4)، فمنها ما هو صغير للغاية يرى بصعوبة (بذور الهالوك) ومنها ما هو كبير نسبيا (جوز الهند) ، ومنها ما هو كروى أو صولجانى أو بيضى أو مستطيل أو مضلع أو غير منتظم الشكل ، ومنها ما قد يكون ناعم الملمس بغلاف جلدى أو غشائى أو خشن الملمس مزود بزوائد تساعد على الانتشار

وتشترك البذور جميعا فى ميزة واحدة وهى انها تتكون نتيجة عملية إخصاب كما أنها تتركب من أجزاء معينة متشابهة.



الشكل رقم (4) يوضح أشكال وأحجام وملمس بعض بذور النباتات.

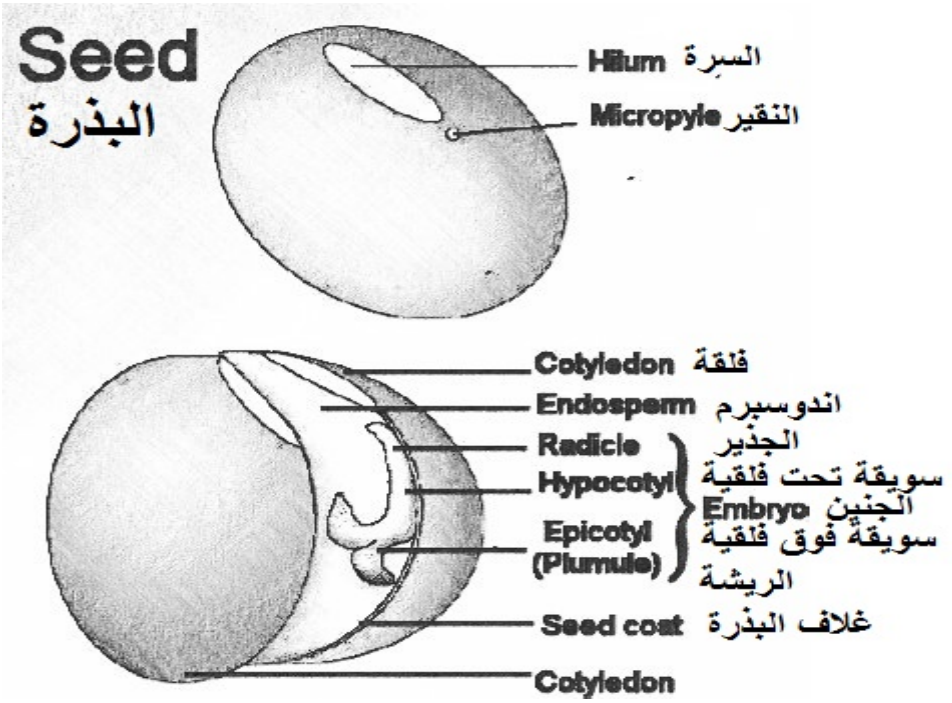
التركيب العام للبذور

تتركب البذور عموما من ثلاث أجزاء رئيسية هى (شكل 4) الجنين ، أغلفة البذرة و المواد الغذائية المدخرة التى يستغلها الجنين أثناء نموه وإستعادة نشاطه.

أغلفة البذرة *Seed coats*

تنشأ أغلفة البذرة من أغلفة البويضة بعد عملية الإخصاب ، وغالبا ما يوجد غلافان يمثلان غلافي البويضة ، وفى البويضات التى يوجد لها غلاف واحد فتكون البذرة ذات غلاف واحد ، وفى هذه الحالة يكون الغلاف عادة صلبا وخشنا ، أما إذا وجد غلافإن بذريان فإن الداخلى منها يكون رقيقا ويطلق على الغلاف الخارجى للبذرة اسم القصرة *Testa* وكثيرا ما يوجد على غلاف البذرة أدلة تركيبية واضحة تدل على أصله ، فتوجد عليها ندبة واضحة تمثل موضع اتصال البذرة بالحبل السرى تسمى بالسرة *Hilum* ، كما يوجد ثقب صغير يعرف بالنقير *Micropyle* وهو يمثل الموضع الذى تمر خلاله انبوبة اللقاح مخترقة اغلفة البويضة لتصل إلى الكيس الجنينى وكثيرا ما يستمر وجود النقير فى البذرة الناضجة كثقب دقيق يساعد على دخول الماء إلى داخل البذرة أثناء عملية الإنبات . ووظيفة اغلفة البذرة هى حماية الجنين من المؤثرات الخارجية وفى الحبوب تتحد قصرة البذرة الوحيدة بغلاف الثمرة لتكون ما يعرف

بغلاف الحبة كما فى القمح والذرة ، وقد تكون القصرة جلدية كما فى الفول والفاصوليا والبسلة أو غشائية كما فى الفول السودانى (الغشاء البنى اللون) أو صلبة كما فى الخردل.



الشكل رقم (4) يوضح الشكل والتركيب لبذرة من ذوات الفلقتين.

الجنين *Embryo*

تختلف الأجنة فى بذور النباتات المختلفة فى الحجم والشكل ولكنها عموما تتشابه فى التركيب ، ويتركب الجنين من محور صغير يحمل فلقة *Cotyledon* أو أكثر تمثل الأوراق الجنينية أو البذرية وهى أوراق متحورة تختلف فى الشكل عن الأوراق الخضرية لنفس النبات وهى التى تخرج أولا . ويعرف الطرف السفلى للمحور بالجذير *Radicale* أو الجذر الجنينى ، أما

الطرف العلوى للمحور فهو عبارة عن منطقة نمو انشائية تغلفها أوراق خضرية برعمية وتعرف باسم الريشة *Plumule* وتسمى المنطقة ما بين الجذير وموضع اتصال الفلقات بالمحور باسم السويقة تحت الفلقية *Hypocotyle* اما المنطقة التى تقع بين الريشة وموضع اتصال الفلقات بالمحور فتسمى بالسويقة فوق الفلقية *Epicotyle* ، ويختلف عدد الفلقات فى بذور النباتات وتستخدم هذه الصفة فى تقسيم النباتات مغطاة البذور . فالبذور التى تحتوى اجنتها على فلقة واحدة تتبع نباتات ذوات الفلقة الواحدة *Monocotyledonous* اما البذور التى تحتوى اجنتها على فلقتين فتتبع نباتات ذوات الفلقتين *Dicotyledonous* واما النباتات معراة البذور فتحتوى اجنتها على عدد من الفلقات يصل إلى اكثر من عشرة.

الغذاء المدخر *Stored food*

قد يختزن الغذاء فى بذور بعض النباتات فى الجنين وخاصة فى انسجة الفلقات ولهذا فتكون الفلقات متضخمة ومتشحمة وتعرف البذرة فى هذه الحاله بانها غير اندوسبريمية *Exendospermic* كما فى بذور البقوليات ، أو قد يختزن الغذاء خارج الجنين فى نسيج خاص يعرف بالاندوسبيرم *Endosperm* وتعرف البذرة فى هذه الحاله بانها اندوسبريمية

Endospermic وفى هذه الحالة تظل الفلقات رقيقة وغشائية كما فى الخروع والذرة .

والغذاء المختزن فى البذور يتكون اساسا من مواد كربوهيدراتية ودهنية وبروتينية ، وتوجد المواد الكربوهيدراتية على شكل نشا أو سكريات اخرى ، ويمثل النشا الصورة الغالبة للمواد الكربوهيدراتية المختزنة كما فى الحبوب ، وتوجد اشباه السيليلوز فى جدر خلايا الاندوسبيرم فى بذور البلح والبن والبصل ولهذا تظهر بذور هذه الأنواع النباتية صلبة. ولكى يستفيد الجنين النامى من هذه المواد الغذائية فلابد ان تتحول إلى صورة ذائبة حتى تستطيع ان تنتشر خلال جدر الخلايا ، ويحدث هذا التحول الكيميائى بواسطة مجموعة من الانزيمات يفرزها الجنين اثناء الإنبات وتقوم بتحويل هذه المواد من صورتها المعقدة الغير ذائبة إلى صورة بسيطة ذائبة.

تفاعلات تحول المواد النشوية داخل البذور:

النشا يتحول بواسطة انزيم الدياستيز إلى جلوكوز كما يتحول السليلوز بواسطة انزيم سليوليز إلى سلوبيوز (سكر ثنائى) والذى يتحول بدوره بواسطة انزيم السلوبييز إلى جلوكوز .

تفاعلات تحول المواد الدهنية داخل البذور:

تختزن الدهون والزيوت فى بذور بعض النباتات ، وغالبا ما تكون فى شكل قطرات زيتية فى الجنين أو فى الفلقات وتوجد هذه المواد بوفرة فى بذور الفول السودانى وفول الصويا والقطن والخروع وعباد الشمس والكتان . وتتحول الدهون اثناء فترة الإنبات بواسطة انزيم الليبيز إلى أحماض دهنية و جلسرين لتكون سهلة الامتصاص بواسطة الجنين.

تفاعلات تحول المواد البروتينية داخل البذور:

تختزن البروتينات فى جميع أنواع البذور حيث انها مواد ضرورية لنمو الجنين وتكوين البروتوبلازم. وقد تختزن بعض البذور هذه المواد بوفرة كما فى بذور البقوليات وفى القمح تختزن المواد البروتينية فى طبقه خاصه بالاندوسبيرم تحت القصرة تعرف بالطبقه الاليرونية *Aleurone layer* . تتحول البروتينات من الصورة المعقدة غير الذائبة بواسطة انزيم البروتييز إلى صورة بسيطة ذائبة يسهل امتصاصها على الجنين وهى أحماض أمينية وببتيدات.

أمثلة لتركيب البذرة فى بعض النباتات

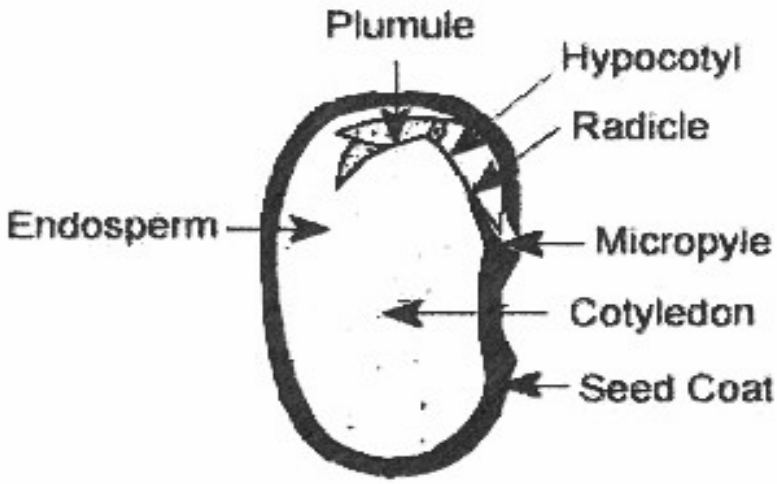
بذرة الفاصوليا *Phaseolus vulgaris*

تمثل بذرة الفاصوليا (شكل رقم 5) بذرة غير إندوسبيرمية من ذوات الفلقتين ، والبذرة كلوية الشكل قصرتها جلدية بيضاء ، ويوجد انتفاخ مثلث الشكل عند أحد طرفى السرة يوضح موضع الجذير . والسرة ندبة صغيرة تمثل موضع اتصال البذرة بالحبل السرى ، ويتركب الجنين من فلقتين متشحمتين تختزن بهما المواد الغذائية وهى مواد بروتينية ونشوية ، والريشة وهى صغيرة وتوجد بين الفلقتين، أما الجذير فهو رفيع مدبب ويتجه ناحية النقير ، وتحمل الريشة ورقتين برعميتين تحيطان بمنطقه النمو الانشائية وتصبح هاتان الورقتان أول أوراق خضرية حقيقية يحملها النبات فى المراحل المبكرة للانبات.

بذرة الخروع *Riccinus communis*

بذرة مستطيلة اندوسبرمية من ذوات الفلقتين (شكل رقم 5) وقصرتها صلبة بنية اللون مبرقشة . ويوجد عند أحد طرفي البذرة إنتفاخ إسفنجى أبيض يسمى بالبسباسة *Caruncle* يوجد تحته السرة والنقير ،

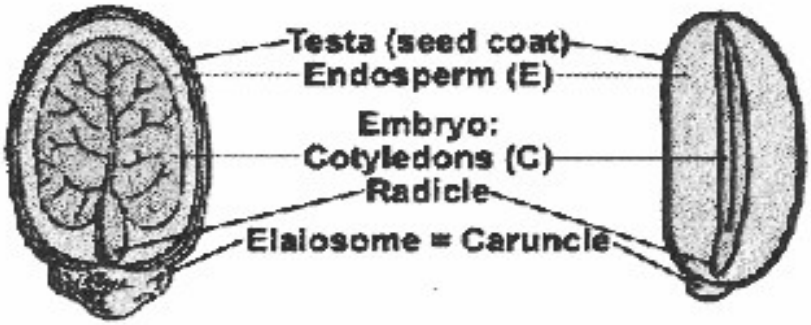
وتمثل البسباسة تضخما فى قاعدة الحبل السرى الذى يصل البذرة بجدار الثمرة . وتتشرب البسباسة الماء بسهولة ، ولهذا فهى تساعد على وصول الماء



Phaseolus vulgaris
(green been)

بذرة نبات الفاصوليا

***Ricinus communis* - castor bean (Euphorbiaceae)**



بذرة نبات الخروع

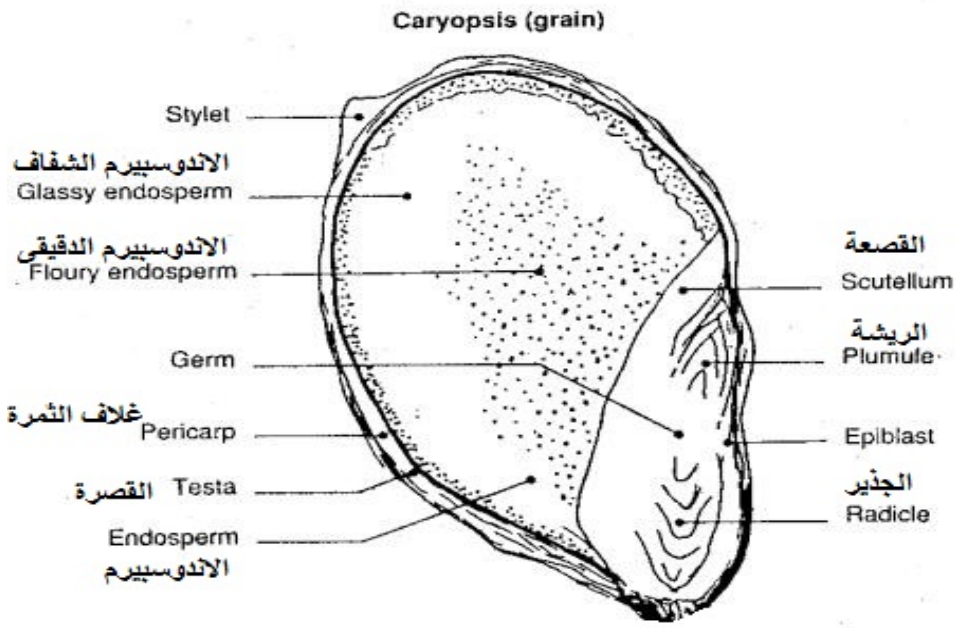
الشكل رقم (5) يوضح الشكل والتركيب لبذرتي الفاصوليا والخروع.

بكمية كافية أثناء الإنبات . وعند نزع القصرة يلاحظ وجود غشاء أبيض رقيق تحت القصرة مباشرة يعرف بالشغاف *Tegmen* وبعمل قطاع عرضى فى البذرة يمكن رؤية الفلقتين الغشائيتين يحيط بهما الاندوسبيرم ، وبعمل قطاع طولى منصف للبذرة يمكن تمييز إحدى الفلقتين ويوجد بهما تعرق واضح وتحتها يوجد الاندوسبيرم المتشحم الذى يمتلئ بالمواد الدهنية . ويلاحظ اتصال الفلقتين عند الطرف القريب من البسباسة بالريشة والجذير . ويحتوى الاندوسبيرم على حوالى 40 – 50 ٪ مواد دهنية و 15 – 20 ٪ مواد بروتينية على شكل حبيبات الاليرون البروتينية . ويستخرج زيت الخروع من هذه البذور.

حبة الذرة *Zea mays*

حبة الذرة عبارة عن ثمرة كاملة (الشكل رقم 6)، التحم فيها غلاف البذرة بغلاف الثمرة التحاما كاملا ، وحبة الذرة إندوسبيرمية من ذوات الفلقة الواحدة والحبة عريضة ومفلطحة ذات طرف عريض وأخر مدبب وتتصل بالقولحة من طرفها المدبب ، ويوجد على الطرف الأخر العريض ندبة تمثل بقايا القلم ، ويوجد على أحد سطحي الحبة جزء مقعر يعرف بالمنخفض البيضى وهو يحدد موضع الجنين ، ويمكن التعرف على أجزاء البذرة المختلفة بعمل قطاع طولى عمودى على السطح العريض يمر بموضع الجنين ، ويلاحظ ان الجنين ينغمس داخل الاندوسبيرم ويمكن تمييز نوعين

من الاندوسبيرم . الاندوسبيرم النشوى (وهو ابيض نشوى ويوجد بجوار الجنين) والاندوسبيرم القرنى (وهو عديم اللون شديد الصلابه ويوجد ناحية الخارج ويحتوى على مواد نشوية وبعض المواد البروتينية) ويتكون الجنين من فلقة واحدة تعرف بالقصعة *Scutellum* والجذير والريشة ، والقصعة عريضة منبسطة تلاصق الاندوسبيرم مباشرة وتعمل على امتصاص المواد الغذائية من الاندوسبيرم وتوصيلها إلى الجنين . ويوجد الجذير ناحية الطرف المدبب للحبة ويغلفه غمد يعرف بغمد الجذير ، اما الريشة فتوجد ناحية الطرف العريض للحبة وهى تتكون من منطقة نمو إنشائية يغلفها غمد الريشة.



الشكل رقم (6) يوضح تركيب بذرة نبات الذرة.

إنبات البذور *Seed Germination*

عملية الإنبات هى استعادة الجنين الساكن لنشاطه ونموه ، ويبدأ ذلك بتمزق اغلفة البذرة وخروج النبات الصغير منها . وتنبت بذور النباتات عندما تتهيأ لها الظروف الملائمة ، وقد يحدث أن تنبت البذرة وهى مازالت فى الثمرة ، أو بمجرد نضجها وهناك بعض أنواع البذور التى لا تنبت إلا بعد فترة من الزمن تتروح بين أيام أو شهور أو قد تصل إلى عدة سنوات . وعموما فإن إنبات البذور جميعا يتطلب توافر ظروف بيئية ملائمة قبل البدء فى عملية الإنبات ومن هذه العوامل:

المـــــاء

تمتاز البذور لمعظم الأنواع النباتية بان محتواها من الماء قليل جدا حوالى (15 ٪) وهذا هو السبب الرئيسى الذى يجعل البذور الجافة غير قادرة على الإنبات . ولا يحدث الإنبات إلا إذا امتص الجنين كمية كافية من الماء ، وفى هذه الحالة تنتفخ البذرة وينتج عن ذلك ضغط داخلى ينتج عنه تمزق القصرة . ولا يشترط ان يكون المحتوى المائى للتربة عاليا جدا حتى يحدث الإنبات ، وقد يكفى لذلك وجود كمية من الرطوبه فى البيئة المحيطة بالبذرة . وحيث أن العمليات الفسيولوجية فى الخلايا الحية تتم أساسا فى وسط مائى فإن امتصاص الماء يعتبر شرطا أساسيا للانبات .

الاكسجين

تختلف البذور فى حاجتها إلى الاكسجين ، ولكن فى معظم الاحوال لابد من وفرة الاكسجين لعملية الإنبات، وتتأثر كمية الاكسجين الموجودة بالتربة بالمحتوى المائى للتربة حيث توجد بينهما علاقة عكسية فكلما زاد المحتوى المائى بالتربة قل المحتوى من الاكسجين بها ، وقد لا تنبت البذور فى تربة مشبعة بالماء وذلك لعدم وفرة الاكسجين ووجود كمية عالية من ثانى اكسيد الكربون . والاكسجين لازم لتنفس الجنين اثناء عملية الإنبات .

درجة الحرارة المناسبة

تتباين البذور كثيرا من ناحية درجة الحرارة الملائمة للإنبات ، وإذا لم توجد عوامل محددة أخرى فإن بذور أى نوع نباتى تنبت فى مجال معين من درجات الحرارة ولكنها لا تنبت فى درجات حرارة أعلى أو أقل من هذا المجال . وعموما فإن بذور نباتات المناطق المعتدلة تنبت فى مجال حرارى أقل من المجال الذى تنبت فية بذور نباتات المناطق الاستوائية.

فبذور القمح مثلا تنبت فى درجات من الحرارة تتراوح بين (0 – 35 م) أما بذور نبات الذرة (وهو من نباتات المناطق شبه الاستوائية) فهى تنبت بين 10 – 45 م ، وتقع درجة الحرارة المثلى (وهى أحسن درجه ملائمة للإنبات) فى منتصف المجال الحرارى تقريبا، ومن الصعب تحديد درجة حرارة معينة

على أنها درجة الحرارة المثلى لان هذه الدرجة تختلف بإختلاف الظروف البيئية الأخرى السائدة.

الضـــــوء

من البذور ما لايستطيع الإنبات فى وجود الضوء مثل بذور البصل وبعض افراد العائله الزنبقية ، وهناك بعض البذور الاخرى التى لا تنبت الا فى وجود الضوء مثل بعض أنواع الفيكس ، وفى معظم الأنواع النباتية فإن الضوء لا يؤثر كثيرا على الإنبات .

حيوية الجنين

يجب أن يكون الجنين حيا لكى تنبت البذرة ، فالبذور المتعفنة أو التى ثقبتها الحشرات وأكلت أجنتها أو التى تعرضت لمواد كيميائية سامة فى تركيزات عالية ، أو التى قتلت أجنتها بالتعرض لدرجات عالية أو التأكسد البطئ نتيجه طول إختزانها فهذه البذور لاتنبت حتى إذا توفرت لها جميع الظروف الأخرى.

وتؤثر ظروف التخزين على حيوية البذرة . وقد ثبت أن تخزين البذرة فى درجات حرارة منخفضة يطيل من عمرها لانه يقلل من النشاط الحيوى للجنين ويبطئ من العمليات الفيسيولوجية التى تؤدى إلى استهلاك المواد

الغذائية المختزنة . وعلى العموم فإن البذور ذات القصرة السميكة تكون أطول عمرا من البذور ذات القصرة الرقيقه.

ولعل أطول عمر سجل فى البذور هو لاحد أنواع نبات اللوتس ، فقد عثر على بذور حية لهذا النبات فى منشوريا مطمورة تحت سطح الأرض فى منطقة قدّر عمرها بما يزيد على الالف عام . وفى اليابان عثر على بذور هذا النبات أيضا حية مطمورة فى منطقه قدّر عمرها بحوالى 3000عام . وبذور النباتات البقولية تتميز أيضا بعمر طويل ، فبذور نبات كاسيا التى خزنت فى إحدى التجارب لمدة 158عاما امكن استنباتها بنجاح.

كمون البذور

تفشل أنواع كثيرة من البذور فى الإنبات حتى لو توفرت لها جميع الظروف البيئية المناسبة . ويرجع ذلك غالبا إلى ظروف داخل البذرة نفسها . ويطلق على ظاهرة تأخر نمو البذور نتيجة أسباب داخلية وليس بسبب ظروف بيئية غير ملائمة للإنبات اسم (الكمون) ، وفى هذه الحالة فلابد للبذرة من تمضية فترة قبل أن تكون قادرة على الإنبات يطلق علية فترة الكمون.

ويعزى الكمون فى البذور لواحد أو اكثر من الأسباب الآتية:

أسباب حدوث الكمون فى بذور النباتات المختلفه:

عدم نفاذية القصرة للماء

فى هذه الحالة تكون أغلفة البذرة غير منفذة للماء ، وهذه الحالة شائعة فى كثير من البذور مثل البرسيم الحجازى ، ويتأخر الإنبات حتى تتشرب القصرة بالماء. وفى كثير من هذه البذور تزداد نفاذية القصرة للماء إذا حفظت لفترة فى جو جاف أو تعرضت لتقلبات من الحرارة والرطوبة ، كذلك يزيد فعل البكتريا والفطريات الموجوده فى التربة من نفاذية اغلفة البذرة للماء.

صــلابة القصرة

وفى هذه الحالة تكون القصرة صلبة جدا لدرجة يصعب على الجنين النامى كسرها وإختراقها كما فى بذور حب الرشاد ، ولذلك فإنه لابد للبذور من تمضية فترة من الوقت حتى تتحلل القصرة أو تقل مقاومتها ويحدث ذلك غالبا بفعل الرطوبة أو بعض التغيرات الكيميائية فى أغلفة البذرة. ويمكن إختزال فترة الكمون فى هذه الحاله بكسر القصرة ميكانيكيا.

عدم نفاذية القصرة للاكسجين

قد تكون القصرة غير منفذه للاكسجين كما فى بذور الشبيط (زانثيم *Xanthim*) وتنبت هذه البذور بحفظها فى مكان جاف لفترة من الوقت حتى تتفكك القصرة قليلا وتزداد نفاذيتها للاكسجين.

عدم اكتمال نضج الجنين

لا تحتوى بعض أنواع البذور الناضجة على أجنة مكتملة النمو ، وفى هذه الحالة فإنها لا تقوى على الإنبات ولا بد لها من تمضية فترة كافية حتى يكتمل نمو الجنين وتصبح قادرة على الإنبات كما فى كثير من الأراشيد.

كمون الجنين

يفشل الإنبات فى بعض أنواع البذور بالرغم من اكتمال نمو أجنتها ووجودها تحت ظروف ملائمة للإنبات . مثل بذور الخوخ والتفاح والصنوبر ، ويرجع ذلك إلى حالة الجنين الفسيولوجية ، ولابد لحدوث الإنبات من تمضية فترة كمون تحدث خلالها بعض التغيرات الفسيولوجية فى الجنين ، وفى بعض البذور قد يكون كمون الجنين ناتجا من وجود بعض المواد التى تمنع الإنبات تعرف (بالمثبطات) كما فى بذور الطماطم حيث ان عصير الطماطم يعطل عملية الإنبات .

أمثلة لإنبات بذور بعض النباتات

تبدأ عملية الإنبات بتشرب البذرة للماء مما يؤدى إلى ليونة القصرة وزيادة حجم الجنين الذى يضغط على القصرة فيمزقها ويبرز إلى خارج البذرة. وينمو النبات معتمدا على الغذاء المدخر فى البذرة حتى يكون الأوراق الخضراء ، وتنمو جذوره فى التربة لدرجة كافية ويصبح قادرا على الاعتماد على نفسه فى تكوين غذائه وتعرف هذه المرحله من حياة النبات بالبادرة *Seedling*. ويبدأ نمو البادرة بظهور الجذير الذى ينمو إلى أسفل بتأثير الجاذبية الأرضية مكونا الجذر الابتدائى الذى تظهر عليه الجذور الثانوية فيما بعد . وفى بذور بعض النباتات قد لا تستطيل السويقة تحت فلقية ، وبذلك تظل الفلقة أو الفلقات داخل البذرة تحت سطح التربة ، ثم تنمو الريشة إلى أعلى مكونة المجموع الخضرى للبادرة ويطلق على هذا النوع من الإنبات الإنبات الأرضى *Hypogeal germination* وهو مميز لكثير من بذور ذوات الفلقتين مثل الفول والبازلاء ، وبذور ذوات الفلقة الواحدة مثل القمح والذرة والبلح . وفى أنواع أخرى من البذور تستطيل السويقة تحت فلقية بسرعة وتنمو إلى أعلى وتكون منحنية إلى أسفل فى بادئ الأمر ثم لا تلبث أن تستقيم حاملة معها الفلقات فوق سطح التربة ، ويعرف ذلك بالإنبات الهوائى *Epigeal germination* حيث أن الفلقات تظهر فوق سطح التربة ، وهذا النوع من الإنبات شائع فى كثير من بذور ذوات

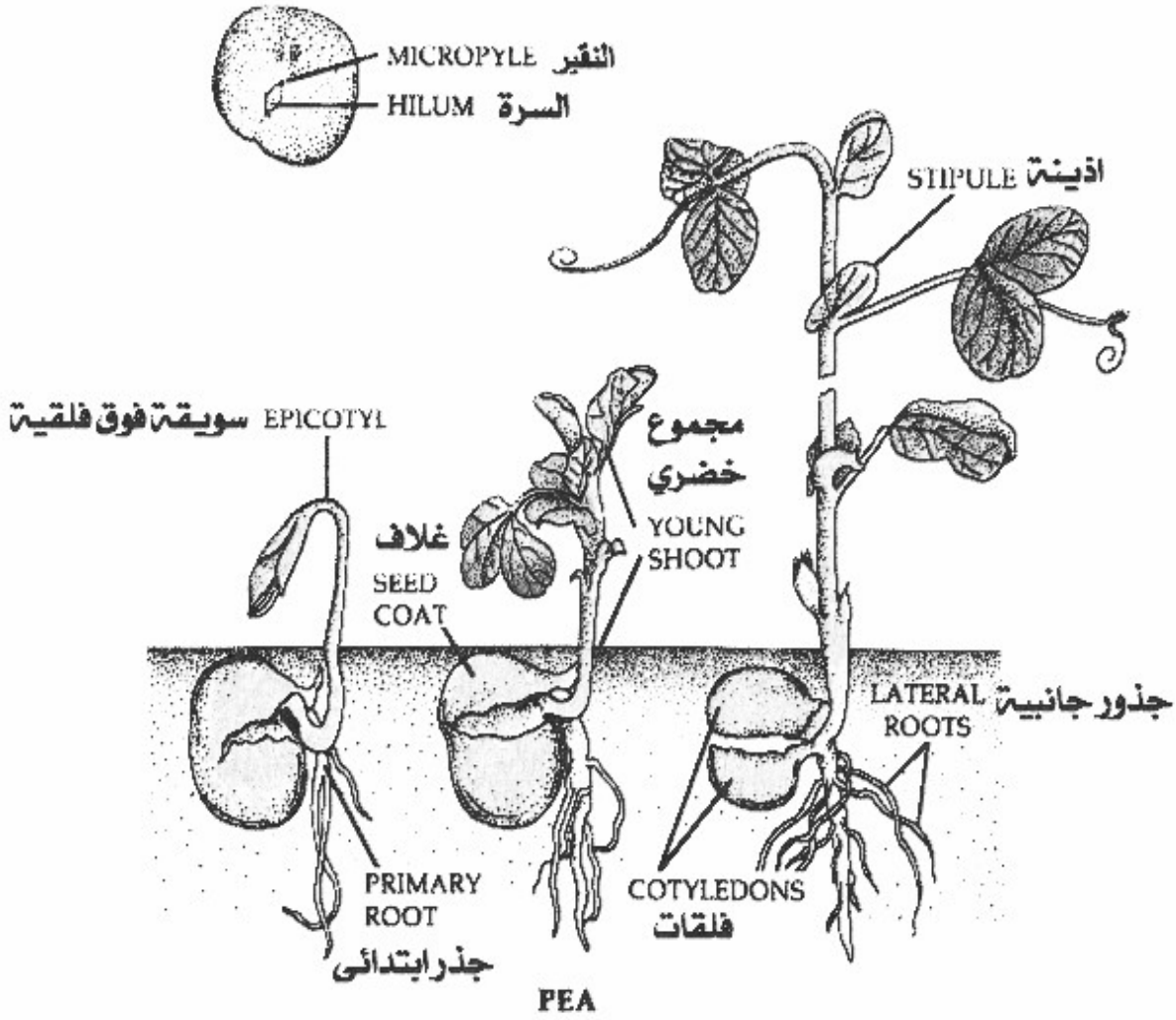
الفلقتين مثل الفاصوليا والخروع والقطن وبعض بذور ذوات الفلقة الواحدة مثل البصل ، وسوف نشرح مراحل الإنبات فى بعض هذه البذور.

أولا : بذور ذات إنبات أرضى

من ذوات الفلقتين

بذرة البازلاء *Pisum sativum*

يبدأ الإنبات بتشرب البذرة وانتفاخها وتمزق القصرة وبروز الجذير الذى ينمو إلى أسفل مكونا الجذر الابتدائى والجذور الجانبية وفى نفس الوقت تنمو الريشه إلى أعلى باستطاله السويقة فوق الفلقية بسرعة (الشكل رقم 7)، وتنمو الريشة وتعطى الساق الذى يقع بين الفلقتين أولى الأوراق الحقيقية . وتبقى الفلقتان تحت سطح الأرض حيث يستنفذ الغذاء المختزن بهما تدريجيا فى تغذية النبات الصغير وينتهى بهما الأمر إلى الضمور.



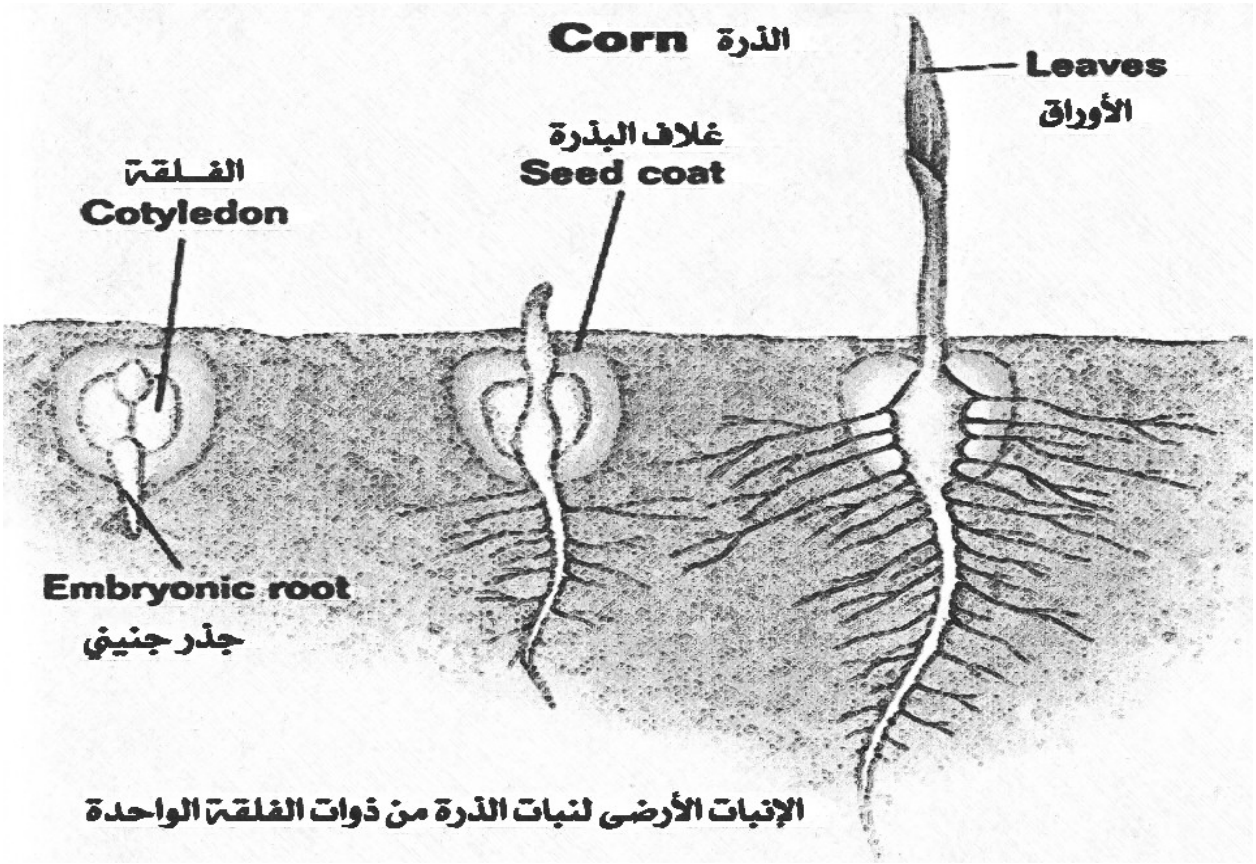
الشكل رقم (7) الإنبات الأرضى فى نبات البازلاء من ذوات الفلقتين.

من ذوات الفلقة الواحدة

الذرة *Zea mays*

عند وضع الحبة فى بيئة رطبة (الشكل رقم 8) يبرز الجذير خارج البذرة ممزقا غمده وأغلفة الحبة ، ثم ينمو ليكون الجذر الإبتدائى وبعد ظهور الجذر الإبتدائى مباشرة تنمو الريشة متجهة إلى أعلى وتكون داخل غمدها الذى يحميها من التمزق أثناء إحتكاكها بحبيبات التربة ، ثم لا يلبث أن يتمزق الغمد وتظهر الورقة الخضرية الأولى .

ويتكون المجموع الجذرى للبادرة من الجذر الإبتدائى والجذور الثانوية والجذور العرضية التى تنشأ من الجنين عند موضع إتصال الريشة بالجذير . وباستمرار نمو البادرة يضمر الجذر الابتدائى ولا يبقى فى النبات البالغ غير الجذور العرضية . وتبقى الفلقة داخل البذرة تحت سطح التربة حيث تعمل على امتصاص الغذاء من الاندوسبيرم وتوصله إلى النبات الصغير حتى يصبح قادرا على الإعتماد على نفسه.



الشكل رقم (8) الإنبات الأرضى فى نبات الذرة من ذوات الفلقة الواحدة.

ثانيا : البذور ذات الإنبات الهوائى

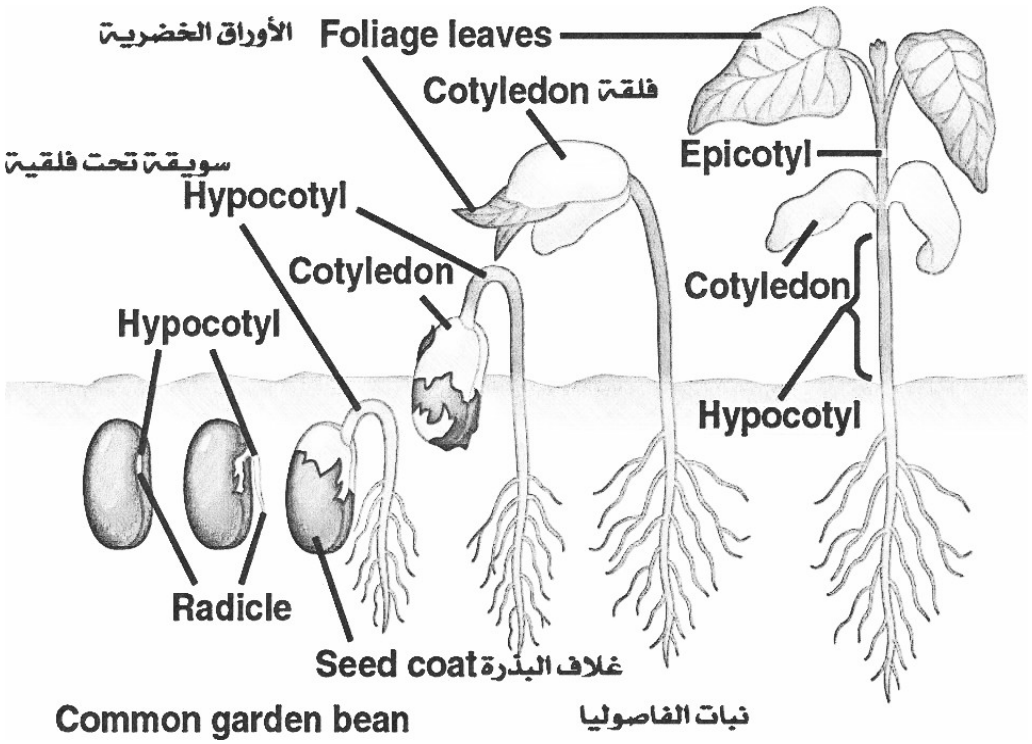
من ذوات الفلقتين

الفاصوليا

يبدأ الإنبات بانتفاخ البذرة وتمزق القصرة وبروز الجذير متجها إلى أسفل ثم تنمو السويقة تحت الفلقية سريعا إلى أعلى وتكون مقوسة فى بادئ الأمر ثم تستقيم حاملة معها الفلقات والريشة فوق سطح التربة ، ثم

تنفرج الفلقتان وتظهر الريشة التى تنمو إلى أعلى مكونة الساق والأوراق الخضراء

ويستهلك الغذاء المختزن فى الفلقتين فى نمو البادرة وتضمر الفلقتان تدريجيا وتسقطان فى النهاية . ويمثل الجزء من الساق الواقع بين موضع إتصال الفلقتين وأولى الأوراق الحقيقية السويقة فوق الفلقية ، أما الجزء الواقع بين الفلقتين وبداية الجذر الابتدائى فيمثل السويقة تحت الفلقية.



الشكل رقم (9) الإنبات الهوائى فى نبات الفاصوليا من ذوات الفلقتين.

بذرة الخروع *Ricinus communis*

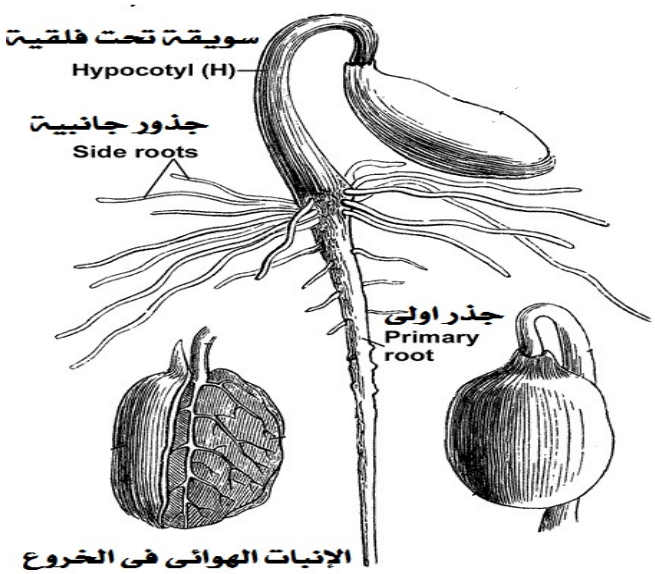
تشبه مراحل الإنبات فى بذرة الخروع مثيلاتها فى بذرة الفاصوليا فبعد ظهور الجذير خارج البذرة تنمو السويقة تحت الفلقية سريعا وتتقوس ثم تستقيم إلى أعلى حاملة معها الفلقتين وبقايا الاندوسبيرم والقصرة الممزقة . ويُستهلك الاندوسبيرم فى نمو الجنين ثم لا يلبث أن يجف ويسقط وتسقط معه بقايا القصرة، ثم تنفرج الفلقتان وتكبران فى الحجم وتخضران وتقومان بعملية التمثيل الضوئى وتعرف بالأوراق الفلقية *Cotyledonary leaves* وهى تختلف فى الشكل عن الأوراق الحقيقية للنبات . وتنمو الريشة مؤخرا لتكون الساق والأوراق الخضراء للبادرة. والفلقات فى بذرة الخروع تختلف عن بذرة الفاصوليا فهى رقيقه غشائية وتقوم فى أول الأمر بامتصاص الغذاء وتوصيله إلى الجنين النامى . ثم تعمل بعد ذلك كأوراق خضراء حيث تقوم بعملية التمثيل الضوئى لفترة طويلة.

من ذوات الفلقة الواحدة

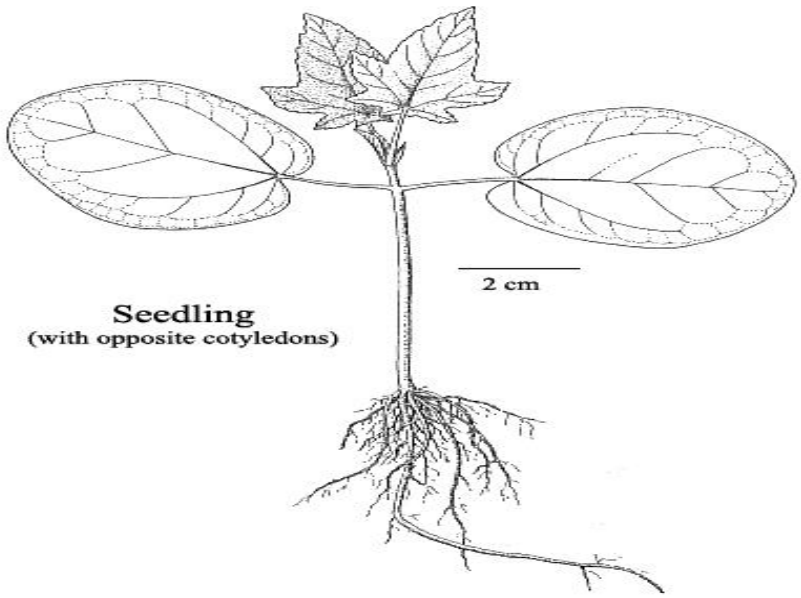
بذرة البصل

بذرة البصل بذرة اندوسبيرمية من ذوات الفلقة الواحدة ، وبالبذرة صغيرة ذات قصرة سوداء تحيط بالجنين والاندوسبيرم ، والجنين ملتو صغير يتكون من الجذير الذى يتصل بفلقة واحدة انبوبية تحتوى بداخلها على

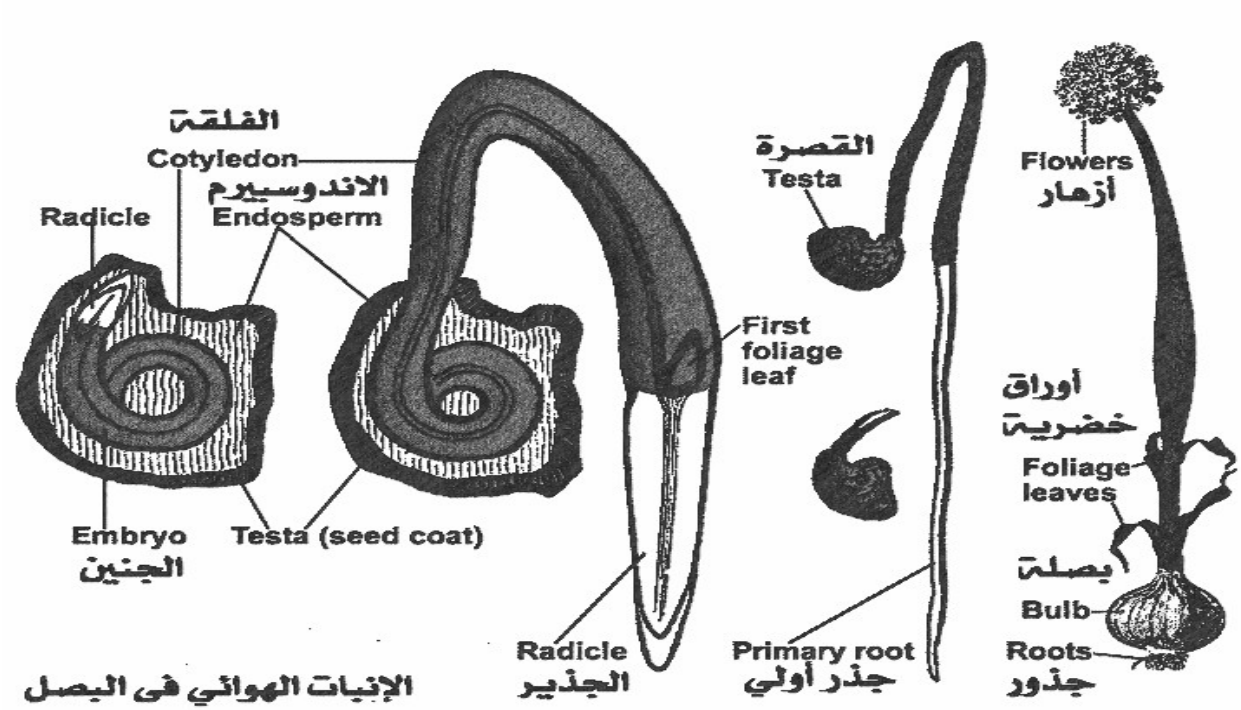
الريشة عند موضع اتصال الجذير بالفلقة . وعند وضع البذرة فى تربة رطبة تبدأ عملية الإنبات بانتفاخ البذرة وخروج الجذير إلى أسفل ، ثم تليه الفلقة وبداخلها الريشه . وتنمو الفلقة بسرعة وتتقوس وتظهر فوق سطح التربة ثم لا تلبث أن تستقيم وتخضر حاملة فى طرفها بقايا للاندوسبيرم والقصرة، وتقوم الفلقة بعملية التمثيل الضوئى. وباستمرار النمو يستهلك الاندوسبيرم وتظهر الريشة التى تخرج من مكانها فى الفلقة الانبوبية عند مكان اتصال الفلقة بالجذير ، وتكون الورقة الخضراء الأولى للبادرة. وتعمل الفلقة على امتصاص الغذاء من الاندوسبيرم وتوصيله إلى الجنين النامى كما أنها تقوم بعملية التمثيل الضوئى وتكوين الغذاء للبادرة الصغيرة وتساهم كذلك فى حماية الريشة فى الأطوار الأولى للإنبات .



الشكل رقم (10) الإنبات الهوائى فى نبات الخروع من ذوات الفلقتين.



الشكل رقم (9) يوضح الأوراق الفلقية فى نبات الخروع.



الشكل رقم (9) الإنبات الهوائى فى نبات البصل من ذوات الفلقة الواحدة.

الجـذر

Root

الجـــــذر

ROOT

المجموع الجذرى *Root system*

هو الجزء من النبات الذى يمتد تحت سطح التربة حيث يعمل على تثبيته ، وكذلك يقوم بامتصاص الماء والاملاح والمواد المغذية وتوصيلها من مناطق الامتصاص إلى قاعدة الساق . وغالبا ما يكون الجذر أسطوانى الشكل طويل نسبيا كثير التفرع ، وفى بعض الاحيان قد يتضخم نتيجه اختزانه للغذاء.

ويعتبر شكل وتركيب المجموع الجذرى للنوع النباتى من الصفات المميزه له ، مثله فى ذلك كمثل الأجزاء الهوائية . ويتغير شكل الجذر وطريقة تفرعه وتعمقه فى التربة بتغير الأحوال البيئية المحيطه به . فهو يمتد إلى أعماق بعيدة نسبيا ، ويكثر تفرعه فى التربة جيدة التهوية وقليلة المحتوى المائى ، ويكون سطحيا قليل التفرع إذا نما فى تربة مشبعة بالماء.

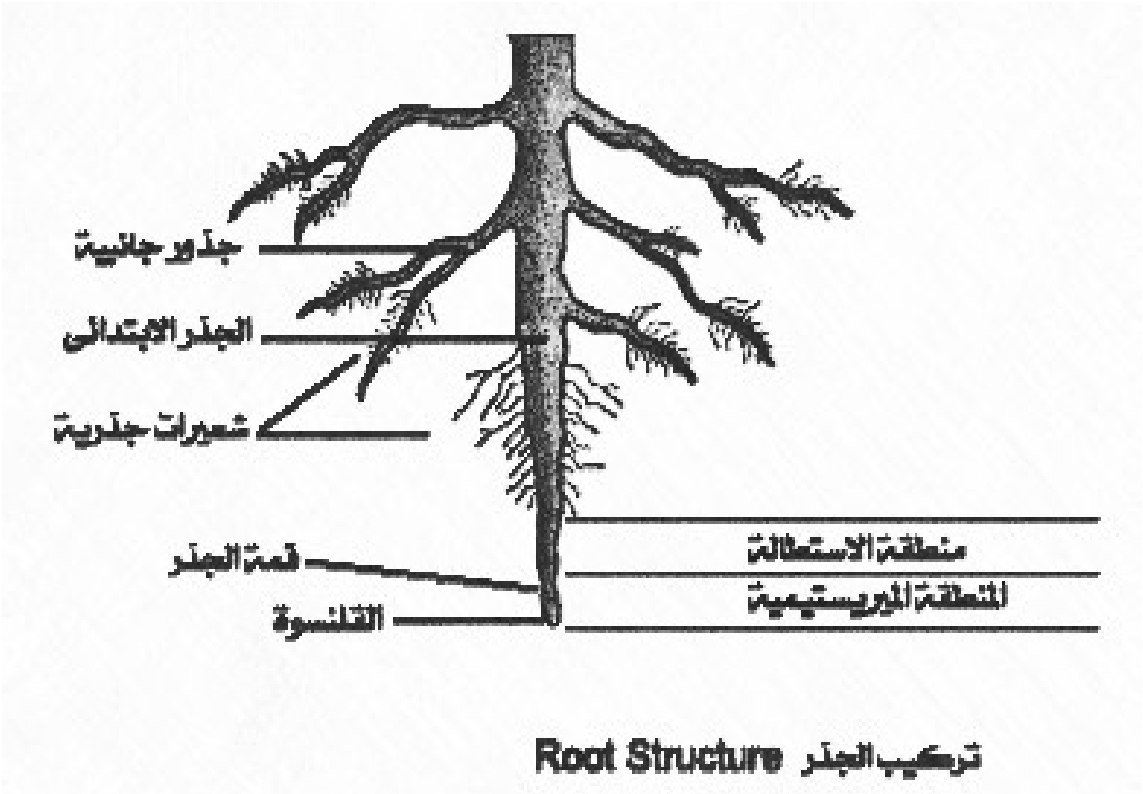
ويختلف المجموع الجذرى من الناحية المورفولوجية عن الساق حيث أن الجذر يكون عادة غير منتظم التفرع ولا تتميز فيه عقد أو سلاميات ، كما أن قمته النامية تغطى بغطاء واق يسمى القلنسوة ، بينما الساق تغطى قمته النامية بمنشئات الأوراق . ويتميز الجذر أيضا ً بأنه مجموع متجانس ففروعه

تشبهه تماما ً إلا فى العمر والحجم ، بينما يحمل الساق أجزاء غير متجانسة معه مثل الأوراق والأزهار والثمار . وخلايا الجذر خالية تماما من صبغ الكلوروفيل بينما تحتوى خلايا الساق الحديث على هذا الصبغ الاخضر.

ويطلق على أول ما يظهر من الجذر عند إنبات البذرة أسم الجذير ، وينشأ الجذر الابتدائى من الجذير ويستطيل تدريجيا ً ويزداد فى السمك ويكون الفروع الجانبية ويطلق على فروع الجذر الابتدائى اسم الجذور الثانوية.

التركيب المورفولوجى للجذر

مناطق الجذر: عند فحص الشكل الظاهرى (شكل رقم 10) لقمة الجذر يمكن بسهولة التعرف على أربعة مناطق مميزة ولكنها متداخلة ، ويمكن تمييزها أحيانا ً بالعين المجردة أو قد تحتاج إلى عدسة مكبرة. فعند قمة الجذر توجد منطقة قصيرة جدا ً لونها أبيض يطلق عليها القلنسوة *Calyptra* وهى تغلف منطقة النمو الموجودة فى نهاية قمة الجذر ، وتسهل القلنسوة عملية إختراق الجذر لحبيبات التربة ، وذلك لأن تمزق خلاياها ينتج عنه وجود مادة لزجة فى قمة الجذر تسهل من تغلغله بين حبيبات التربة كما أنها تحمى منطقة النمو من الاحتكاك مع حبيبات التربة .



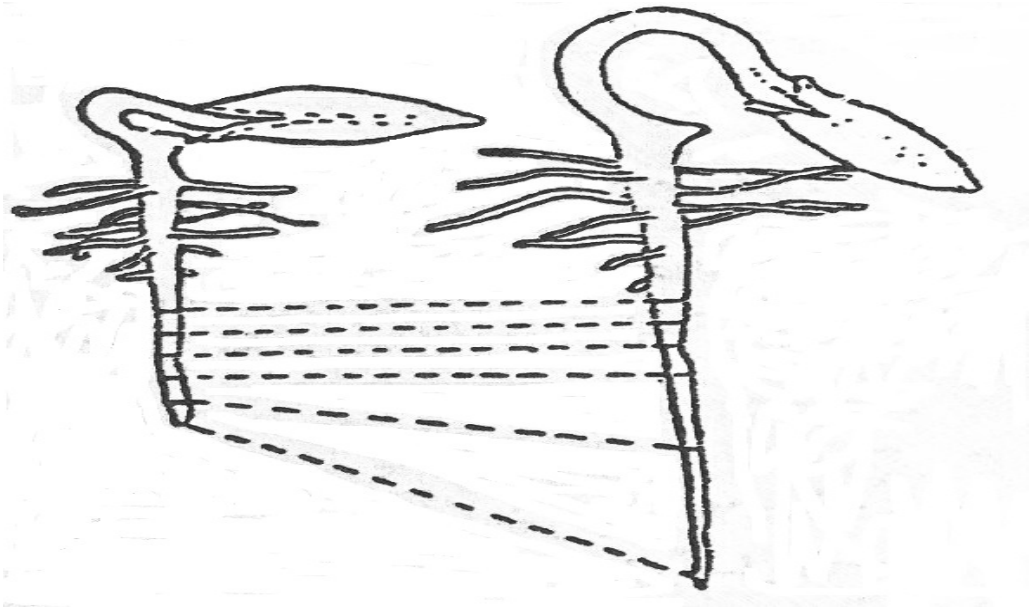
الشكل رقم (10) يوضح الشكل تركيب الجذر ومناطقه المختلفة.

ومنطقة النمو *Meristematic zone* **عبارة عن جزء صغير فى قمة الجذر تغلفها القلنسوة وتتكون من مجموعة متشابهة من الخلايا الإنشائية التى تتميز برقة جدرها وإمتلائها بالسيتوبلازم وخلوها من الفجوات العصارية. ولا تزيد فى الطول فى معظم الأحوال عن المليمتر. وفيها يتم الجزء الأكبر من عملية الإنقسام الخلوى وتكوين الأنسجة الجديدة.**

ويلى منطقة النموإلى أعلى منطقة الاستطاله *Elongation zone* **هى فى العادة لا تزيد على بضعة ملليمترات فى الطول ، وفى هذه المنطقة يتم**

الجانب الأكبر من الزيادة فى طول الجذر نتيجة استطالة الخلايا الحديثة المتكونة من عملية إنقسام الخلايا الإنشائية فى منطقة النمو.

ويمكن التعرف على منطقة الاستطاله بالتجربة (الشكل رقم 11) التى إجراها العالم الألمانى ساكس Sachs (سنة 1882) وذلك برسم خطوط أفقية متوازية بالحبر الشينى على المنطقه الموجوده خلف منطقه النمو مباشرة لمسافه بين كل خط والاخر ملليمتر واحد ، ثم يوضع الجذر فى منطقه رطبه لمدة يومين يمكن بعدها مشاهدة ان معظم الاستطاله قد حدثت على بعد ملليمترات من القمه النامية بينما تقل درجة الاستطاله كلما بعدنا عن قمة الجذر . وتمثل المنطقه التى حدثت فيها معظم الاستطالة منطقة الاستطالة.



الشكل رقم (11) يوضح تجربة ساكس لتحديد منطقة الاستطالة فى قمة الجذر.

وتوجد فوق منطقة الاستطالة منطقة تتميز بوجود عدد هائل من شعيرات دقيقة تسمى بالشعيرات الجذرية *Root hairs* ، وتمثل إمتدادات أنبوبية لخلايا البشرة الجذرية فى هذه المنطقة من الجذر . ويطلق عليها منطقة الشعيرات الجذرية ، أو منطقة الإمتصاص *Root hairs-zone* ويختلف طولها بإختلاف الأنواع النباتية والظروف والبيئية التى يحيا فيها الجذر أثناء تكوينه . وتتولى هذه الشعيرات إمتصاص الماء والمواد المعدنية من التربة.

وعمر الشعيرات الجذرية عادة قصيرة فكلما تغلغل الجذر فى التربة تتكون شعيرات جديدة فى الجزء الحديث من منطقة الامتصاص وتسقط الشعيرات القديمة ولهذا فإن منطقة الشعيرات تظل ثابتة الطول والوضع بالنسبة لقمة الجذر.

ووجود العدد الكبير من الشعيرات الجذرية فى منطقة الإمتصاص يعطى فكرة عن القدرة الكبيرة التى يستطيع بها النبات الحصول على حاجته من الماء . فمثلا فى نبات الشعير يحمل المجموع الجذرى أكثر من 13 بليون شعيرة تبلغ مساحة سطحها أكثر من 4000 قدم مربع تتغلغل فى منطقة لا يزيد حجمها عن قدمين مكعبين . ومن هذا يتضح أن الشعيرات الجذرية تزيد مساحة السطح الماص للجذر زيادة كبيرة.

ويلى منطقة الشعيرات منطقة جرداء تمثل المناطق التى تساقطت منها الشعيرات وهى التى يخرج منها فيما بعد الجذور الثانوية *Secondary roots* وتنشأ الجذور الثانوية من الانسجة الداخلية للجذر ، وتتفرع هذه الجذور بدورها لتعطى جذورا اصغر ، لا توجد الجذور الثانوية فى منطقة الامتصاص . وتشبه فى تركيبها التشريحى الجذر الاصلى تماما.

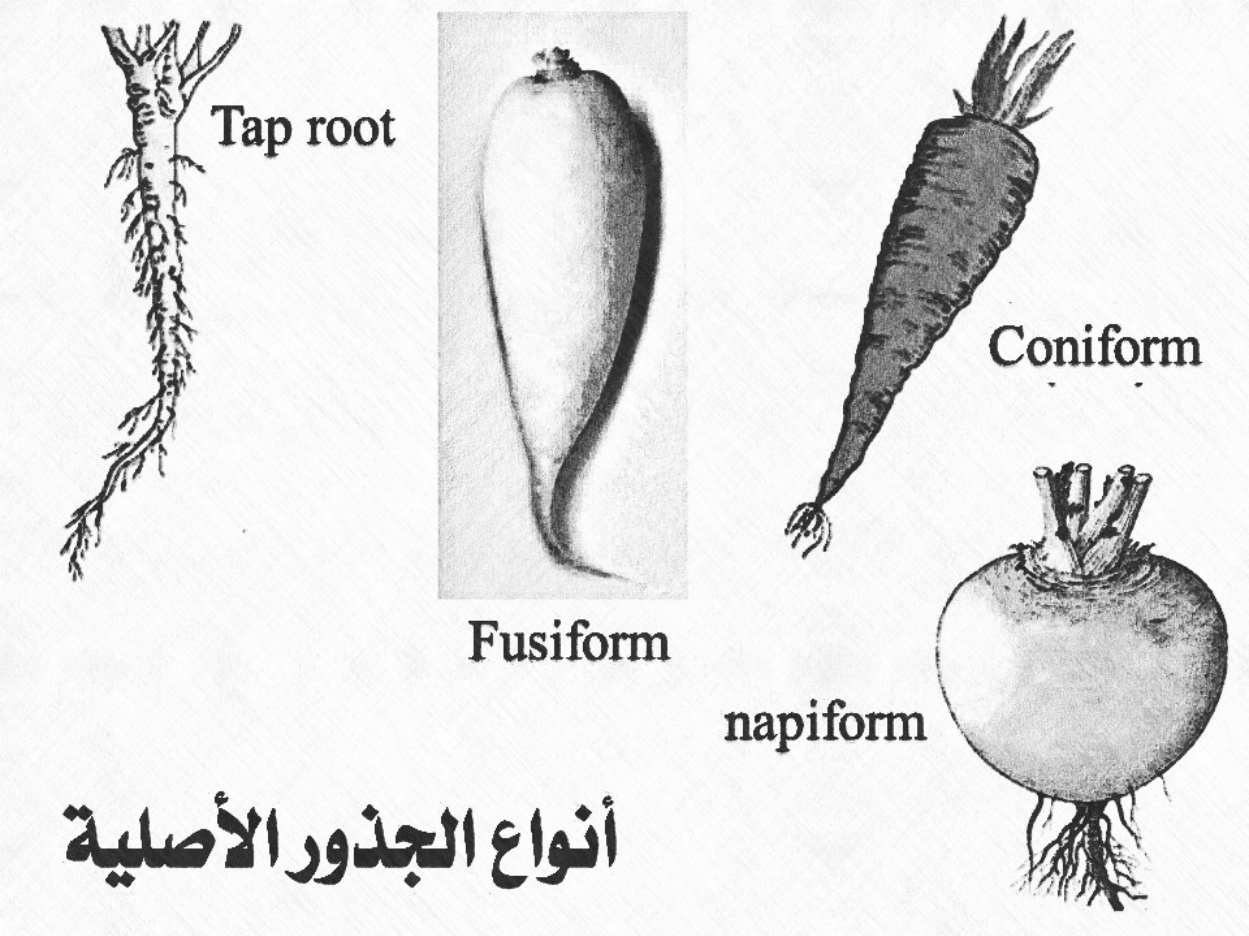
أنواع الجذور *Types of roots*

يوجد عادة نوعان أساسيان من الجذور . هما الجذور الوتدية وتنشأ من الجذير ، وأما الجذور العرضية فهى لا تنشأ من الجذير أى ليس لها أصل فى الجنين.

أولا : الجذور الوتدية *Tap roots*

هى مجموعة الجذور المتكونة من نمو الجذر الإبتدائى . وقد يكون المجموع الجذرى الوتدى أسطوانيا طويلا متفرعا يتكون من جذر أصلى ومجموعة من الجذور الثانوية المتفرعة بدورها إلى جذور ثلاثية وهكذا كما فى جذور القطن والملوخية وكثير من النباتات العشبية كالبرسيم وكثير من الأشجار مثل الصنوبريات . وقد يختزن الجذر الوتدى الغذاء

ويتضخم ليسمى جذر وتدى درنى تخزينى. ويختلف شكل الجذر الوتدى الدرنى ، فإما أن يكون مغزليا *Fusiform* **كما فى الفجل** *Raphinus sativus* **أو مخروطيا** Coniform **كما فى الجزر** *Daucus* sp. **أو متكورا (لفتي)** *Napiform* **كما فى اللفت** *Brassica rapa* **.**



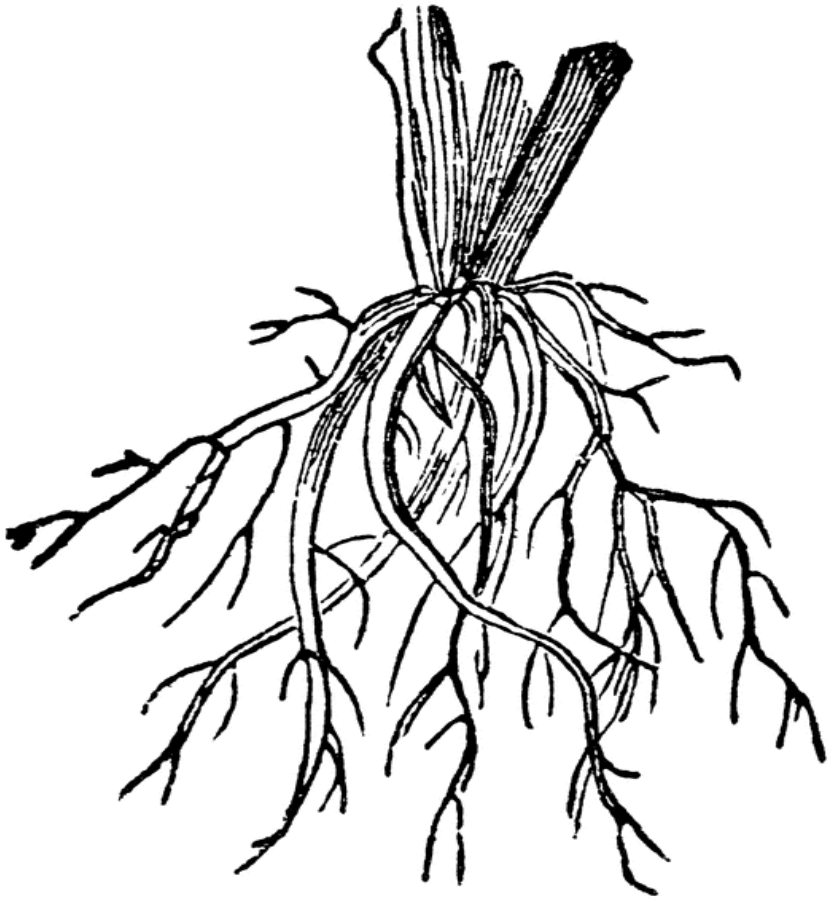
الشكل رقم (12) يوضح الشكل أنواع الجذور الوتدية الأصلية.

ثانيا : الجذور العرضية *Adventitious roots*

هى مجموعه الجذور التى لا تنشأ عن الجذير ، وفى العادة ليس لها أصل فى الجنين كما فى حبة الذرة حيث تنشأ عند موضع إتصال الريشة بالجذير . وتتكون الجذور العرضية على أعضاء بالغة كالسيقان الأرضية فى الأبصال والدرنات والكورمات والريزومات والعقل ، وقد تنشأ على أوراق بعض النباتات مثل البيجونيا *Begonia* والبريوفيلم *Bryophyllum* أو تخرج من العقد الأرضية لكثير من النباتات التى لها سوق قائمة كالقمح ، أو قد تخرج من العقد التى توجد فوق سطح التربة مباشرة كما فى الذرة. وهناك عدة أنواع من الجذور العرضية هى:

جذور ليفية *Fibrous roots*

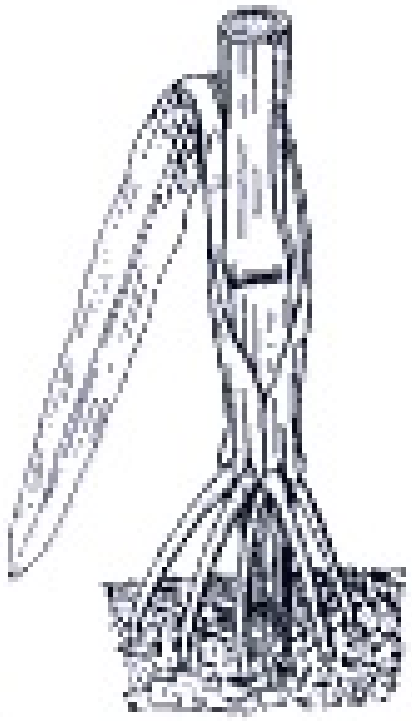
وهى جذور ليفية رقيقة (الشكل رقم 13) تخرج من العقد الأرضية الموجودة فى قاعدة الساق كما فى نباتات ذوات الفلقة الواحدة كالقمح ، وغالبا ما تحل هذه الجذور محل الجذر الأصلى الذى يتوقف عن النمو فى أطواره المبكرة. وتخرج كذلك من عقد بعض السيقان الأرضية كالأبصال والريزومات أو السيقان الهوائية كالنعناع والشليك.



الشكل رقم (13) جذور عرضية ليفية.

جذور دعامية *Prop roots*

وتخرج هذه الجذور (الشكل رقم 14) من العقد التى توجد فوق سطح الأرض مباشرة ، وتوجد فى بعض نباتات الفلقة الواحدة مثل الذرة، وهى جذور قوية تعمل كدعامات تساعد على تثبيت النبات فى التربة.

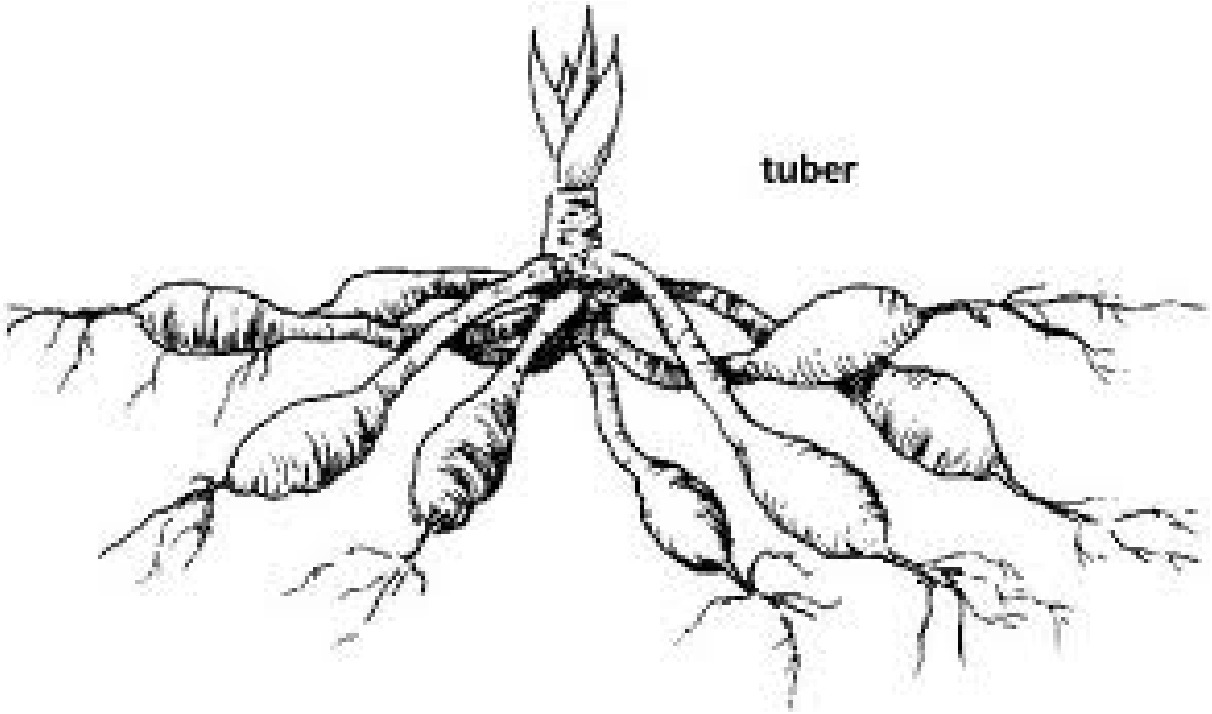


Prop roots of *Zea mays*

الشكل رقم (14) الجذور الدعامية فى نبات الذرة.

جذور درنية *Tuberous roots*

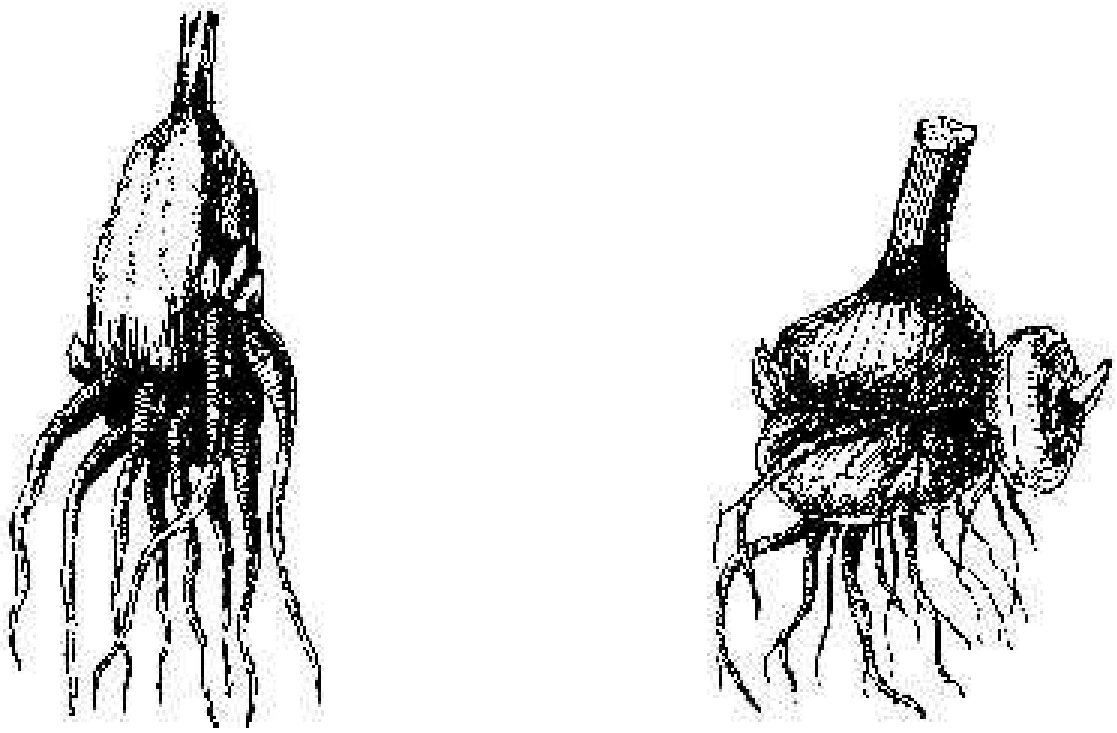
جذور متضخمة عرضية (الشكل رقم 15) تختزن فيها المواد الغذائية وتنشأ من جذور عرضية ليفية تتضخم نتيجه لإختزانها الغذاء كما فى البطاطا والداليا وكشك الماظ.



الشكل رقم (15) يوضح الشكل الجذور العرضية الدرنية.

الجذور الشادة *Contractile roots*

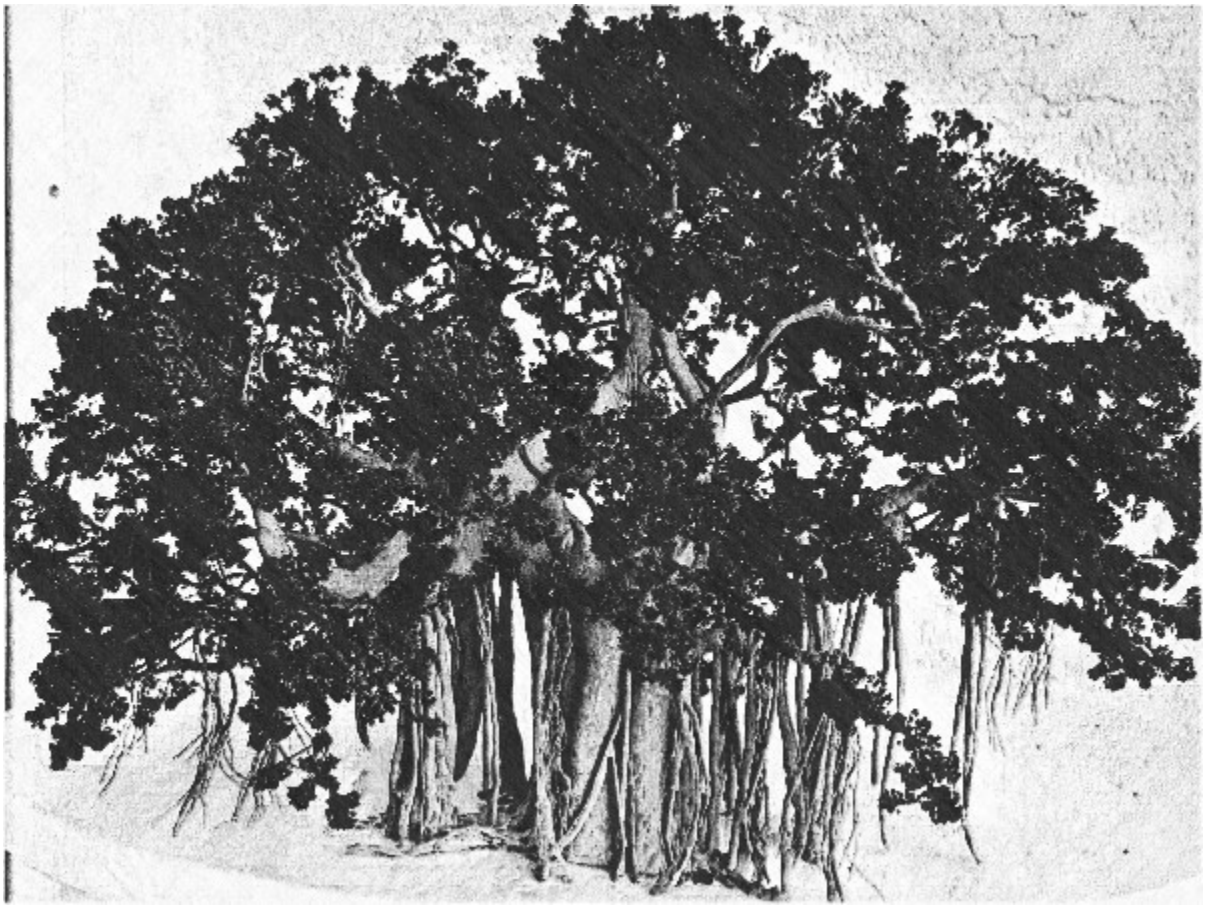
وهى مجموعه من الجذور توجد على بعض أنواع الابصال مثل ابصال البنكريشيام *Pancratium* وهى لولبية متقلصه (الشكل رقم 16) تعمل بتقلصاتها على جذب البصلة إلى أسفل وتثبيتها فى مكان عميق مناسب لها فى التربة .



الشكل رقم (16) يوضح الشكل الجذور العرضية الشادة كما فى البنكريشيوم.

الجذور الهوائية *Aerial roots*

تخرج هذه الجذور من السيقان الهوائية (الشكل رقم 17) متجهة إلى أسفل وتمتد فى الهواء حتى تصل إلى سطح الأرض كما فى نبات التين البنغالى *Ficus bengalensis* **وتعمل هذه الجذور كدعامات تعمل على تثبيت النبات وحمل الفروع الهوائية ، وزيادة قدرته على امتصاص الماء والغذاء المعدنى . وقد توجد على هذه الجذور أنسجه ايجروسكوبية** *Hygrosopic* **تعمل على امتصاص بخار الماء من الجو المحيط كما فى جذور بعض الاراشيد** *Orchids*.



الشكل رقم (17) الجذور العرضية الهوائية كما فى نبات التين البنغالى.

الجذور التنفسية *Respiratory roots*

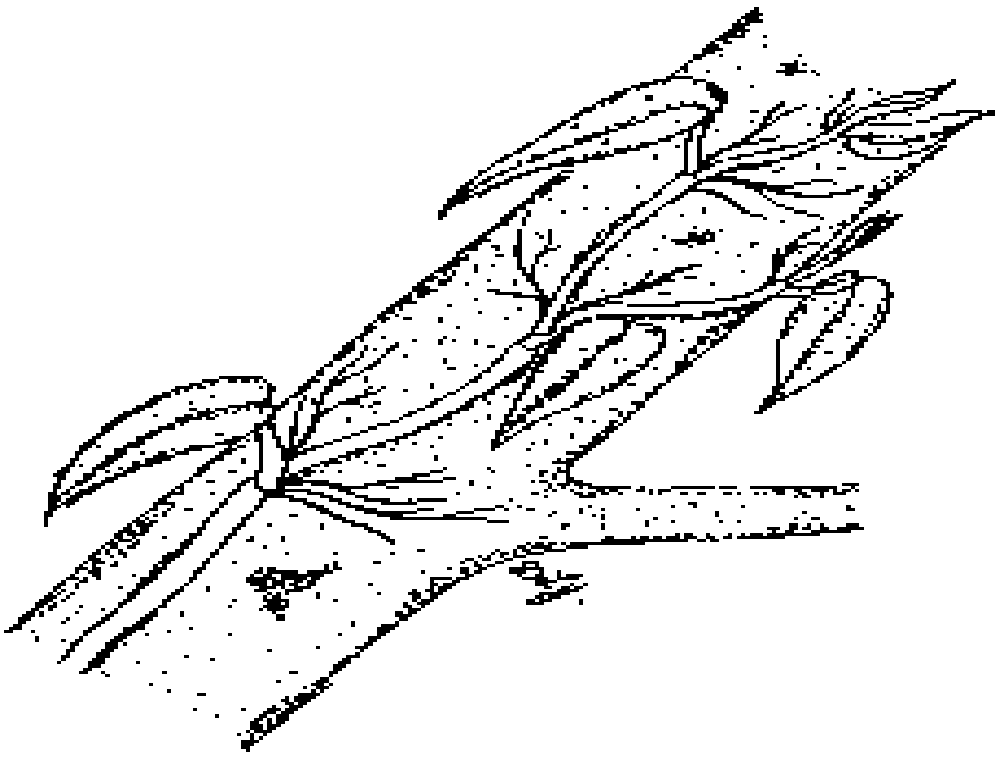
تخرج الجذور التنفسية (الشكل رقم 18) من أجزاء النبات المغمورة فى تربة رديئة التهوية نتيجة لتشبعها بالماء ، وتخرج هذه الجذور من الجذور العرضية الأفقية الممتدة فى التربة وتتجه للأعلى لتبرز فوق سطح التربة ، وتحتوى أنسجتها الداخلية على فراغات هوائية واسعة ، وتنتشر على سطحها

عديسات وظيفتها تبادل الغازات بين الهواء الجوى والفراغات التى تتخلل أنسجة الجذور الداخلية كما فى نبات الشورة *Avicennia*.

الشكل رقم (18) **الجذور العرضية التنفسية كما فى نبات الشورة.**

الجذور المتسلقة *Climbing roots*

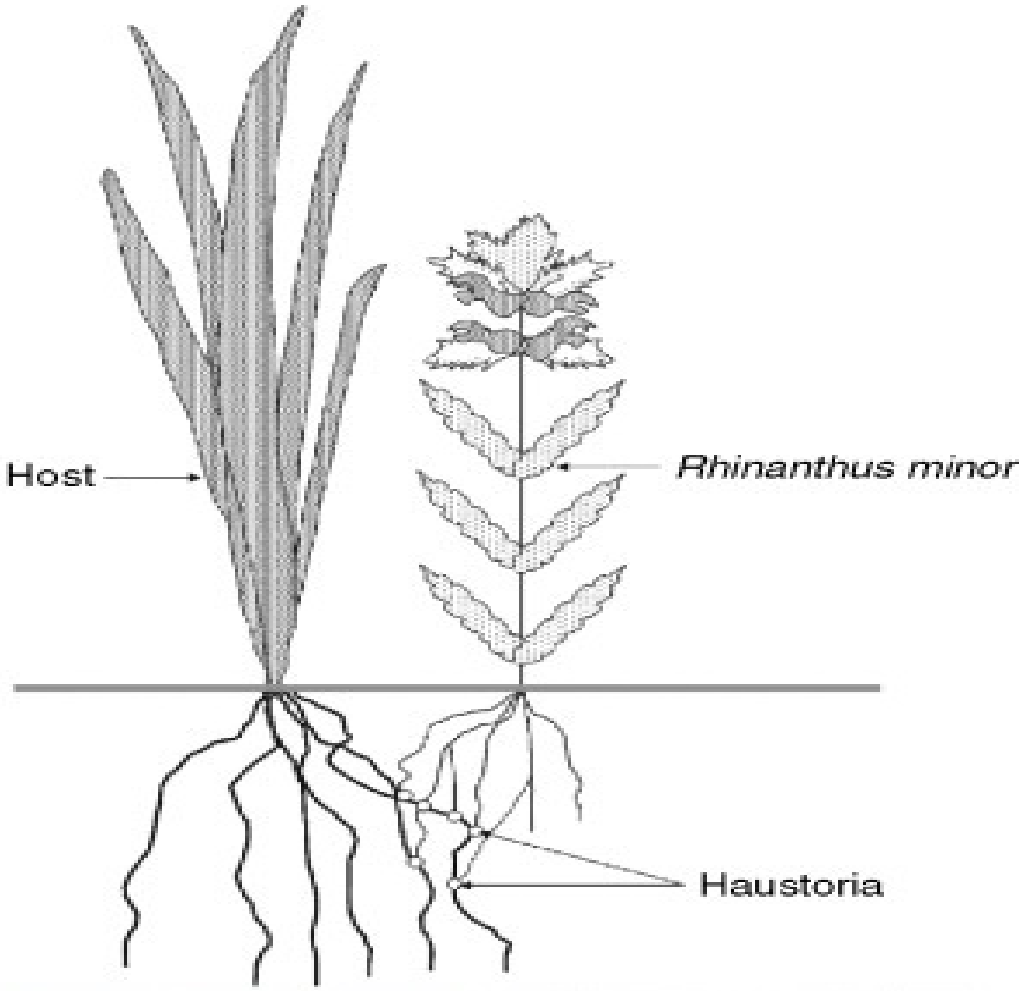
تخرج هذه الجذور (الشكل رقم 19) من سيقان بعض النباتات المتسلقة فتساعد على تثبيتها إلى الدعامات التى تتسلق عليها . وهى جذور قصيرة سالبة الإنتحاء الأرضى (أى أنها لا تتأثر بالجاذبية الأرضية وتتجه عكس عمل الجاذبية) كما فى نبات الشمع *Cereus* **وحبل المساكين** *Hedera helix*.



الشكل رقم (19) جذور عرضية متسلقة كما فى نبات حبل المساكين.

الجذور الماصه الطفيلية *Haustorial roots*

وهى جذور عرضية (الشكل رقم 20) تخرج من سيقان بعض النباتات البذرية المتطفلة وتخترق انسجة العائل حيث تحصل منه على الغذاء المجهز اللازم كما فى الهالوك *Orobanche* الذى يتطفل على الفول ، والحامول *Cuscuta* الذى يتطفل على البرسيم.



الشكل رقم (20) الجذور العرضية الماصة فى نبات رينانساس مينور.

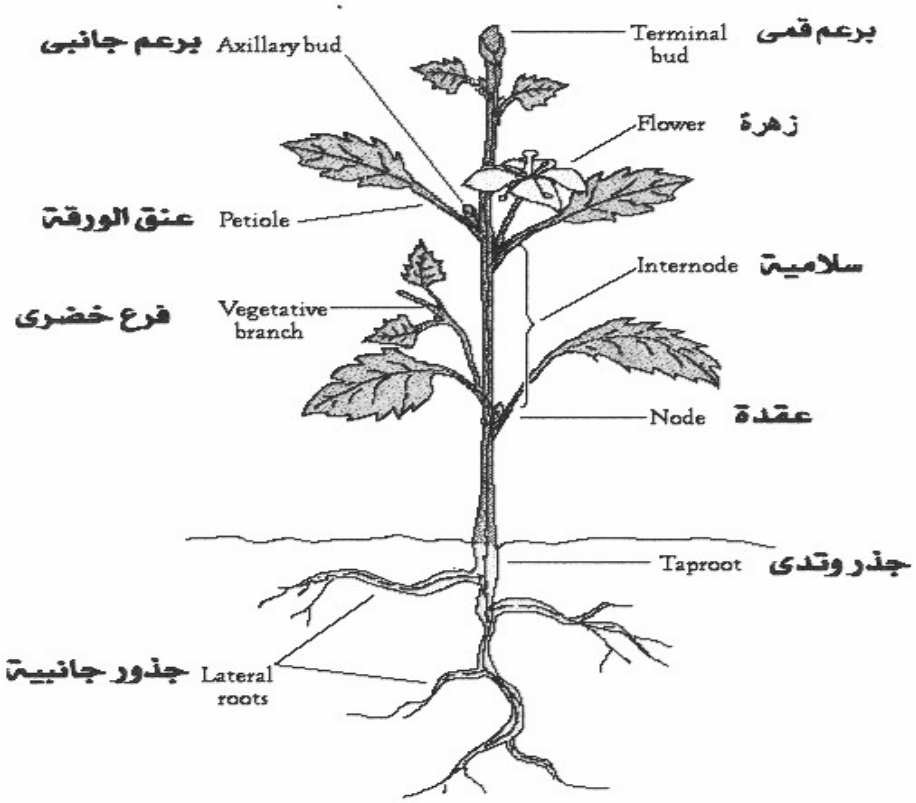
الساق

Stem

الســـاق

STEM

يكون الساق المحور الرئيسى للمجموع الخضرى (الشكل رقم 21) ويمتد على استقامة الجذر الابتدائى فى اتجاه الضوء وعكس الجاذبية الأرضية ، ووظيفته حمل الأوراق الخضراء وتعريضها للضوء كما أنه يعمل



الشكل رقم (21) : يوضح شكل النبات وعليه الساق ومكوناته.

على توصيل الماء والاملاح المعدنية من الجذر إلى الأوراق ، والغذاء المجهز من الأوراق إلى بقية أجزاء النبات . وينشأ الساق والفروع الجانبية نتيجة نمو البراعم ويطلق على البرعم الجنينى الموجود فى البذرة والذى يؤدى إلى تكوين المجموع الخضرى فى البادرة اسم الريشة *Plumule* . وتتفرع سيقان معظم النباتات حتى تستطيع أن تشغل حجما كافيا من الهواء الجوى يمكنها من تعريض الأوراق للضوء والأزهار للتلقيح والثمار والبذور للإنتشار ، ويتفرع الساق نتيجة نمو البراعم الجانبية التى يحملها مكونة بذلك فروعا جانبية ، ونادرا ما تنمو السيقان دون تفرع كما فى النخيل وقصب السكر والذرة.

والبرعم عبارة عن ساق جنينى تحميه وتغلفه مجموعة من الأوراق البرعمية. ويحمل الساق البراعم إما فى قمته أو فى آباط أوراقه. ويمكن تقسيم البراعم بالنسبه لموضعها على الساق إلى الأنواع الآتية:

البرعم الطرفى *Terminal bud*

وهو الذى يوجد فى قمة الساق (الشكل رقم 21) ويؤدى نشاطه إلى زيادة فى طول الساق . وغالبا ما يكون البرعم الطرفى هو أنشط البراعم التى يحملها الساق.

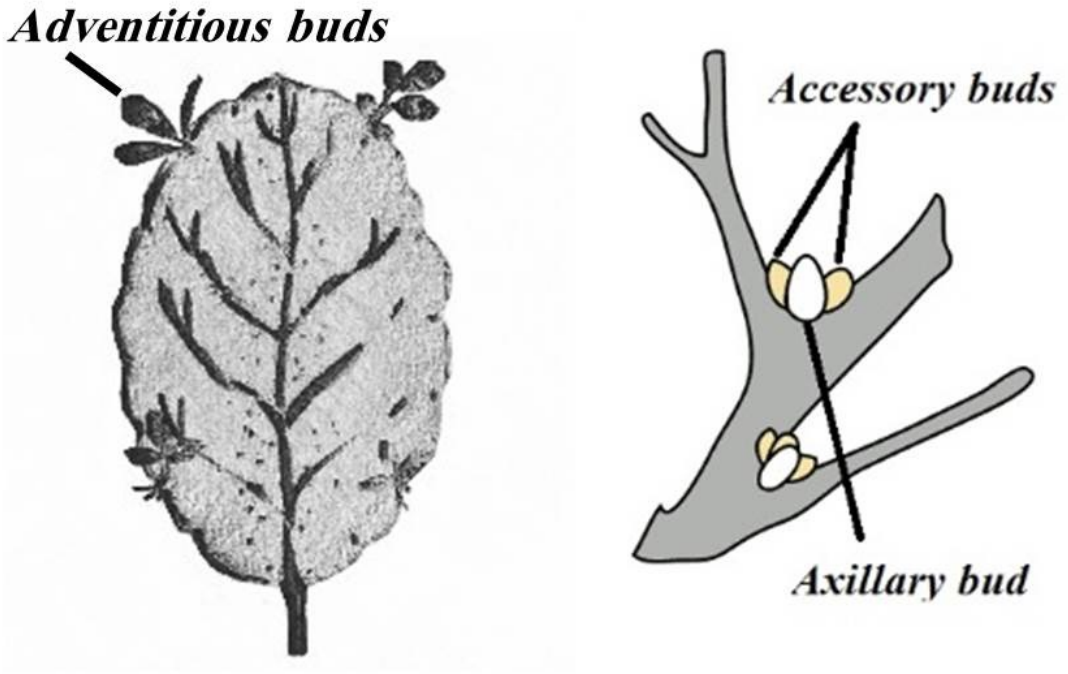
البرعم الأبطى *Axillary bud*

وهو الذى يوجد فى أبط الورقة (الشكل رقم 21) ويؤدى نشاطه إلى تكوين فروع جانبية قد تكون فروعا خضرية أو أزهارا أو نورات.

وفى معظم النباتات العشبية وكثير من النباتات الخشبية فإنه بالرغم من وجود برعم أبطى فى أبط كل ورقة فإن الفروع الجانبية لا تنمو عادة من هذه البراعم طالما كان البرعم الطرفى محتفظا بقدرته على النمو . وإذا تلف البرعم الطرفى أو أزيل صناعيا فإن البراعم الأبطية تنمو مباشرة لتعطى فروعا جانبية وتعرف هذه الظاهرة بالسيادة القمية *Apical dominance* .

البراعم المساعدة *Accessory bud*

هى براعم توجد عند العقد فى أباط الأوراق (الشكل رقم 22) وغالبا ما توجد فوق البرعم الأبطى أو على أحد جانبيه وتستطيع هذه البراعم النمو فى حالة عجز البرعم الأبطى عن النمو أو فى حالة تحوره إلى شوكة أو محلاق . وفى حالة وجود عدد من البراعم فى أبط الورقة فيطلق على أكبر برعم إسم البرعم الأساسى وعلى بقية البراعم اسم البراعم المساعدة.



الشكل رقم (22) : يوضح البراعم المساعدة التى تكون مع البرعم الجانبى.

البراعم العرضية *Adventitious buds*

هى براعم تنشأ فى غير موضعها العادى على الساق ، فقد تنشأ على الأوراق كما فى البيجونيا و البريوفيللم أو على الجذور كما فى درنات البطاطا .

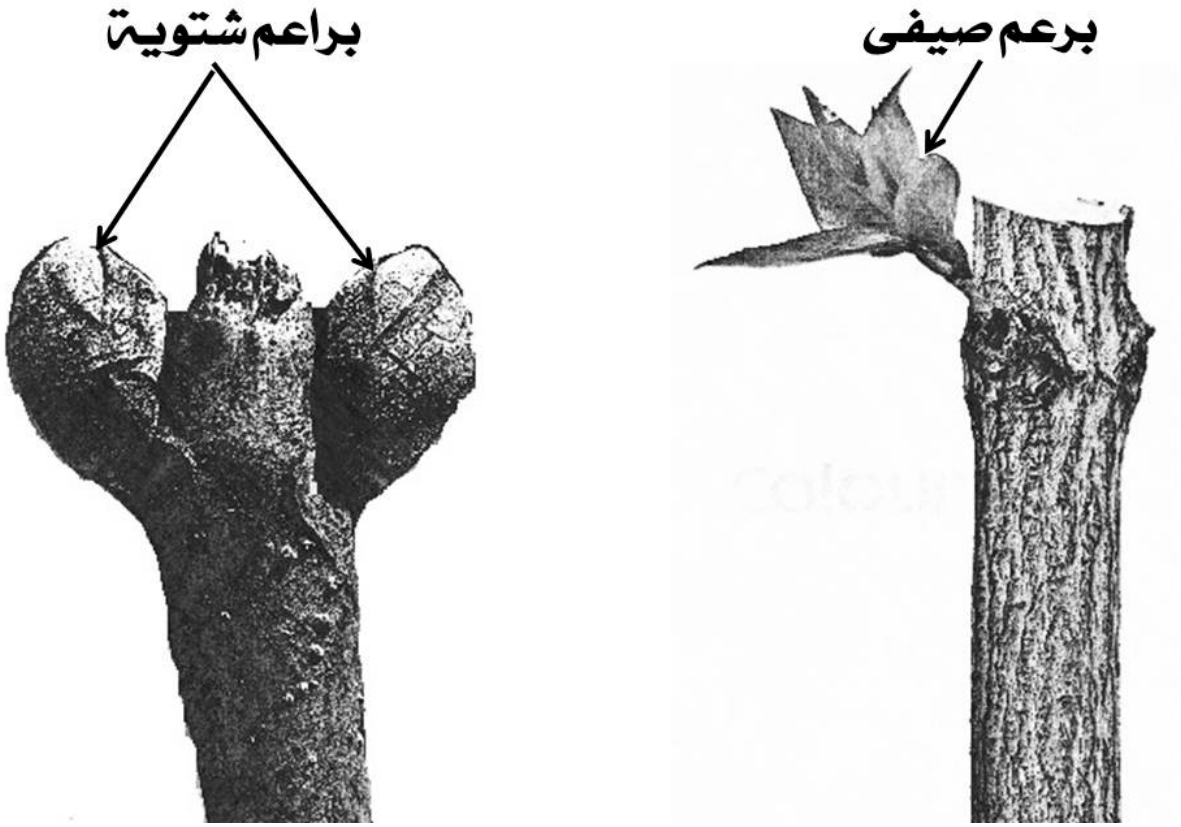
وتنقسم البراعم من الناحية التركيبية إلى نوعين:

البراعم الصيفية *Summer buds*

هى البراعم التى تكون أوراقها البرعمية جميعا خضراء (الشكل رقم 23) ويكون التفافها حول بعضها بطريقة غير محكمة وبهذا فهى غير معزولة تماما عن المؤثرات الخارجية كما فى براعم النباتات دائمة الخضرة مثل الدورانتا.

البراعم الشتوية *Winter buds*

وتوجد فى نباتات المناطق الباردة والنباتات متساقطة الأوراق حيث تحيط بالبرعم أوراق حرشفية (الشكل رقم 23) سميكة تغطى الأوراق البرعمية الرقيقة ، وبذلك تزيد من حمايتها ضد العوامل البيئية كبرودة الجو فى فصل الشتاء وأحيانا تتكون مواد صمغية فوق هذه الأوراق الحرشفية لتزيد من إحكام إلتفافها حول الأوراق البرعمية الرقيقة ، ويسمى هذا البرعم كذلك بالبرعم الحرشفى *Scale bud* . وتظل هذه البراعم كامنة فى فترة الخريف والشتاء وعند حلول فصل الربيع تسقط الأوراق الحرشفية وينمو البرعم ، ومن أمثلتها براعم نبات الحور والتوت.



الشكل رقم (23) : يوضح البراعم الصيفية والبراعم الشتوية.

أنواع السيقان *Types of stems*

تختلف السيقان فى الحجم والشكل والتركيب الداخلى وطريقة النمو فى الأنواع النباتية المختلفة . فيتراوح طولها من بضعة سنتيمترات كما فى بعض الأعشاب إلى عشرات الأمتار كما فى الأشجار الباسقة ، كما

تختلف السيقان فى سمكها من بضعة ملليمترات إلى بضعة أمتار. وقد تكون الساق صلبة كما فى الأشجار والشجيرات أو غضة رقيقة كما فى الحشائش والأعشاب الصغيرة. وتختلف السيقان فى طريقة نموها ، فمنها ما ينمو قائما راسيا إلى أعلى ومنها ما لا يستطيع حمل نفسه رأسيا فى الهواء ، فينمو زاحفا على سطح الأرض أو متسلقا أو ملتفا حول دعامات . وتنقسم السيقان تبعا لهذه الصفات إلى عدة أنواع مختلفة ، فتنقسم من حيث صلابتها إلى :

السيقان الخشبية *Woody stems*

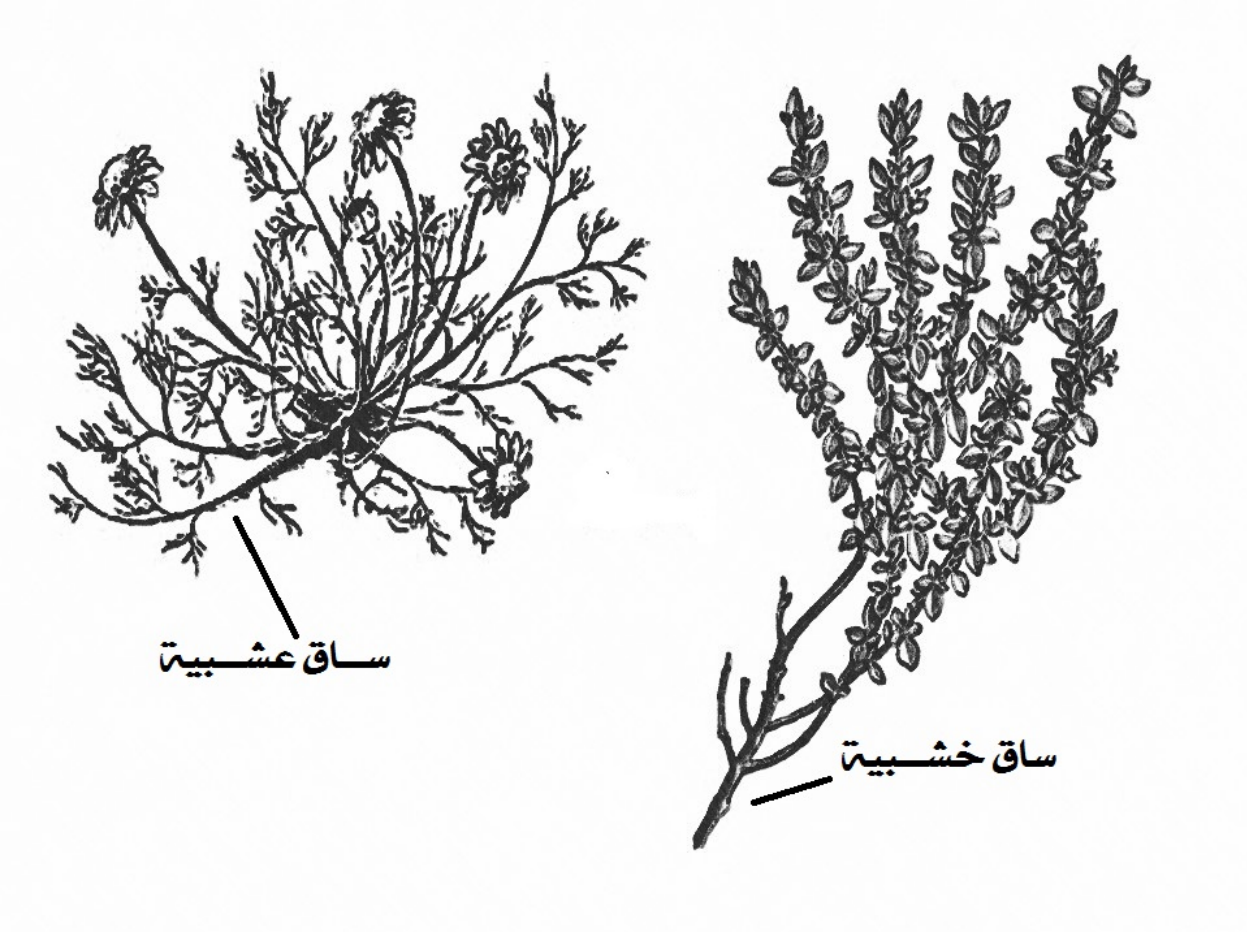
وتحتوى على كمية كبيرة من الأنسجة ولهذا فهى شديدة الصلابة مثل ساق الكافور وما شابهها من الاشجار الاخرى (الشكل رقم 24) .

السيقان العشبية *Herbaceous stems*

وتحتوى على كمية قليلة من الأنسجة الخشبية ولهذا فهى قليلة الصلابة مثل سيقان الاعشاب (الشكل رقم 24) والنجيليات كالقمح والارز وغيرها. وتنقسم من ناحية طريقة نموها إلى :

السيقان القائمة *Erect stems*

وهى التى تنمو رأسيا إلى أعلى فى الهواء ، ويمثل هذا النوع سيقان معظم النباتات.



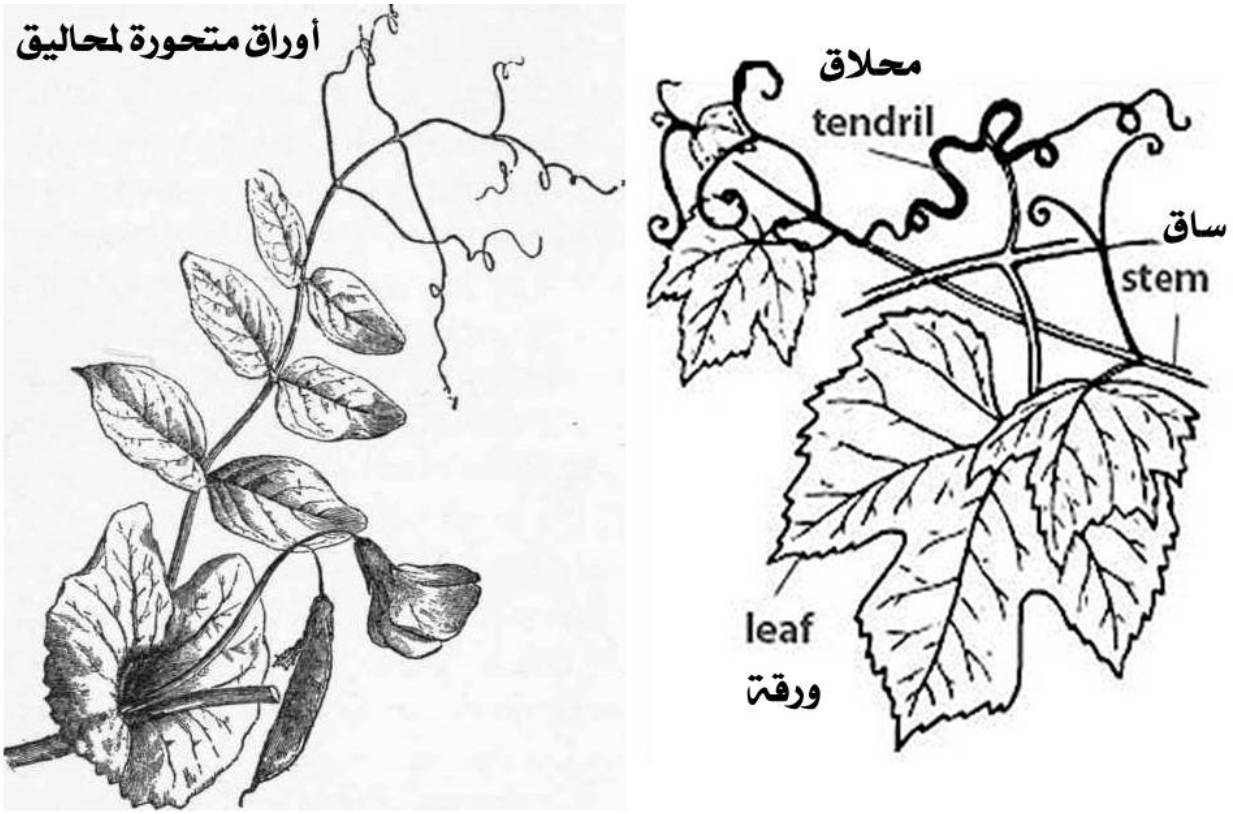
الشكل رقم (24) : يوضح نبات له ساق خشبية ونبات آخر ساقه عشبية.

السيقان الضعيفة *Weak stems*

وهى لا تقوى على حمل نفسها فى الهواء ، ولهذا تنمو زاحفة على سطح الأرض أو متسلقة أو ملتفة حول دعامات وتشمل الأنواع الاتية:

السيقان المتسلقة Climbing stems

وهى سيقان ضعيفة تنمو متسلقة على دعامات وتستعين على ذلك بواسطة أعضاء خاصة تسمى بالمحاليق *Tendrils* كما فى ساق العنب (الشكل رقم 25) ، وقد تكون المحاليق عبارة عن أنواع أو أوراق أو وريقات متحورة كما فى نبات بسلة الزهور . وقد يستعين النبات على التسلق بواسطة أعضاء اخرى كالاشواك كما فى الورد أو الجذور المتسلقة كما فى حبل المساكين أو بأعناق الأوراق كما فى ابو خنجر.



الشكل رقم (25) : يوضح السيقان المتسلقة بالمحاليق العنب (يمين) وبسلة الزهور (يسار).

السيقان الزاحفة *Prostrate stems*

وهى سيقان غير قائمة تنمو منبطحة على سطح الأرض (الشكل رقم 25) ، ولا يكون الساق جذورا عرضية فى الأجزاء التى تلامس سطح الأرض كما فى القرع والخيار والبطيخ.

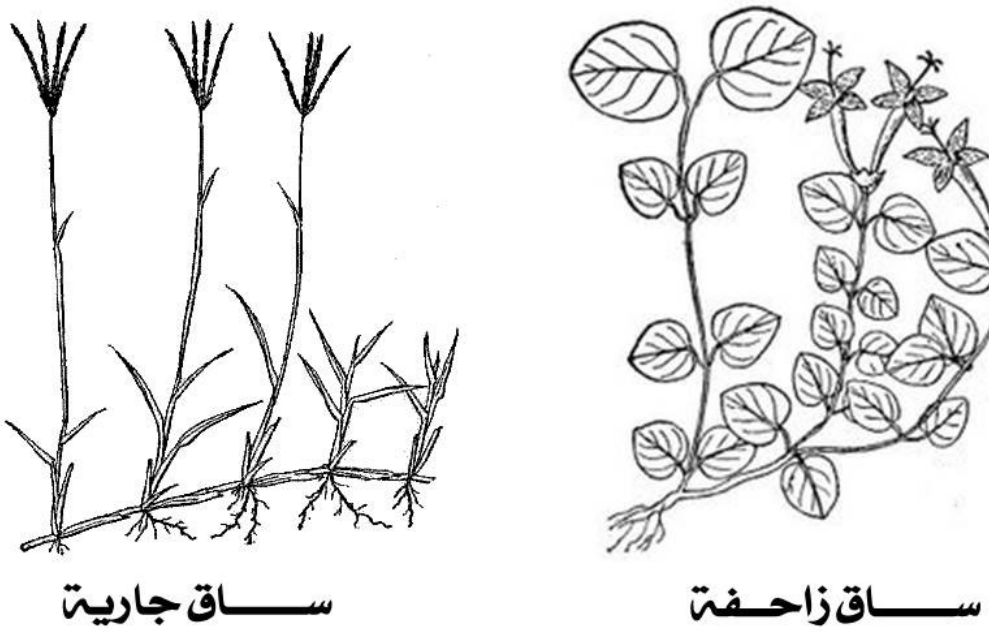
السيقان الجارية *Runners*

وهى سيقان ضعيفة تنمو منبطحة على سطح الأرض (الشكل رقم 25) ولكنها تختلف عن السيقان الزاحفة فى أنها تكون جذورا عرضية إلى أسفل فى الأجزاء التى تلامس سطح الأرض وفروعا هوائية إلى أعلى . وفى هذه الحالة قد يستمر البرعم الطرفى فى النمو وتسمى بالساق الجارية غير المحدودة كما فى اللوبيا أو يتحول البرعم الطرفى إلى فرع هوائى ، وينمو أحد البراعم الأبطية ليكمل نمو الساق كما فى الشليك.

وتنقسم السيقان من ناحية طولها إلى :

السيقان الطويلة *Long stems*

وهى مقسمة إلى عقد وسلاميات واضحة ، وهو النوع الشائع فى معظم النباتات.



الشكل رقم (26) : يوضح السيقان الضعيفة الزاحفة والجارية

السيقان القزمية *Dwarf stems*

وفيها يكون الساق قصيرا جدا (الشكل رقم 27) والمسافة بين العقد غير واضحة ، وتبدو الأوراق لذلك وكأنها خارجة من مستوى واحد كما فى الفجل والجزر . وقد يحمل النبات الواحد النوعين من السيقان الطويلة والقزمية كما فى الصنوبر حيث توجد سيقان طويلة تمثل المحور الرئيسى للنبات والفروع الجانبية وسيقان قزمية وهذه تنشأ فى أباط أوراق حرشفية ووظيفتها حمل الأوراق الإبرية الخضراء.

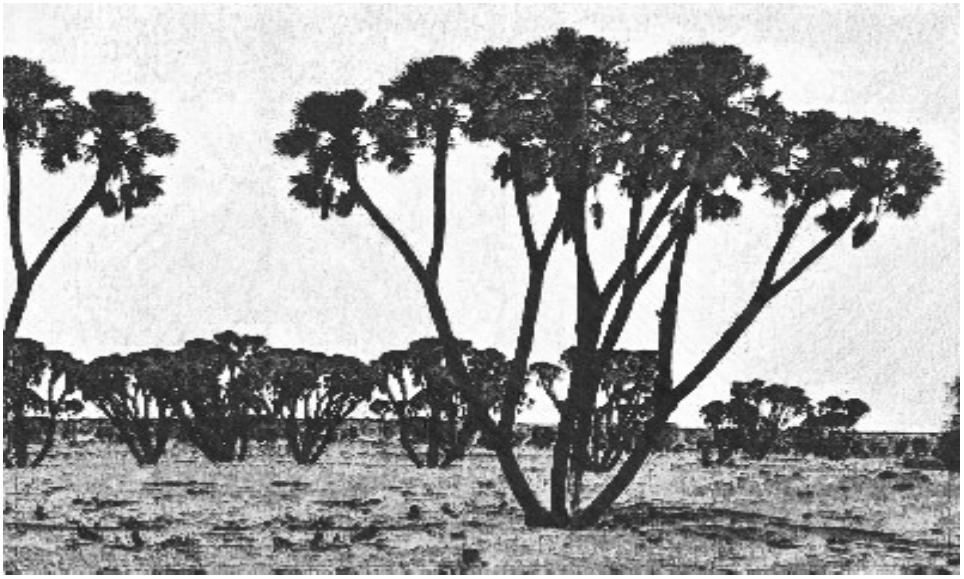
الشكل رقم (27) : يوضح نبات مزهر له ساق قزمية تخرج منها الأوراق من أماكن متقاربة.

تفرع الساق Branching of stem

تحدد الطريقة التى يتفرع بها الساق الشكل العام للنبات ، وبالرغم من أن معظم النباتات تتفرع نتيجة نمو البراعم الجانبية ، فإن هناك بعض النباتات تنمو دون تفرع ويكون البرعم الطرفى هو المسؤول عن الزيادة فى طول النبات ، و هناك نوعان أساسيان من التفرع:

التفرع القمى *Apical branching*

ويحدث نتيجة إنقسام القمة النامية إلى قسمين يكونا فرعين متساويين (الشكل رقم 28) وتتكرر العملية ، ويعرف بالتفرع ثنائى الشعبة *Dichotomous branching* كما يحدث فى بعض أنواع الطحالب مثل طحلب الفيوكس وهذا النوع نادر الحدوث فى النباتات الراقية ومثالها شجرة الدوم.



الشكل رقم (28) : يوضح التفرع الثنائى فى شجرة الدوم.

التفرع الجانبى *Lateral branching*

ويحدث نتيجة نمو ونشاط البراعم الموجودة على الساق وهو شائع الحدوث فى النباتات ويمكن تمييز نوعين أساسيين من هذا التفرع:

التفرع غير المحدود (صادق المحور) *Monopodial branching*

يستمر البرعم الطرفى فى النمو ليكون المحور الرئيسى للنبات ، ويظل نمو هذا البرعم غير محدود بحيث تكون أجزاء المحور الرئيسى ناتجة عن نشاطه ، وتخرج الفروع الجانبية من آباط الأوراق المحمولة على هذا المحور بحيث يكون أصغرها إلى أعلى وأكبرها إلى أسفل أى أنها متعاقبة قميا على الساق كما فى الكازورينا.

الشكل رقم (29) : يوضح التفرع الغير محدود (صادق المحور) فى المخروطيات.

التفرع المحدود (كاذب المحور) *Sympodial branching*

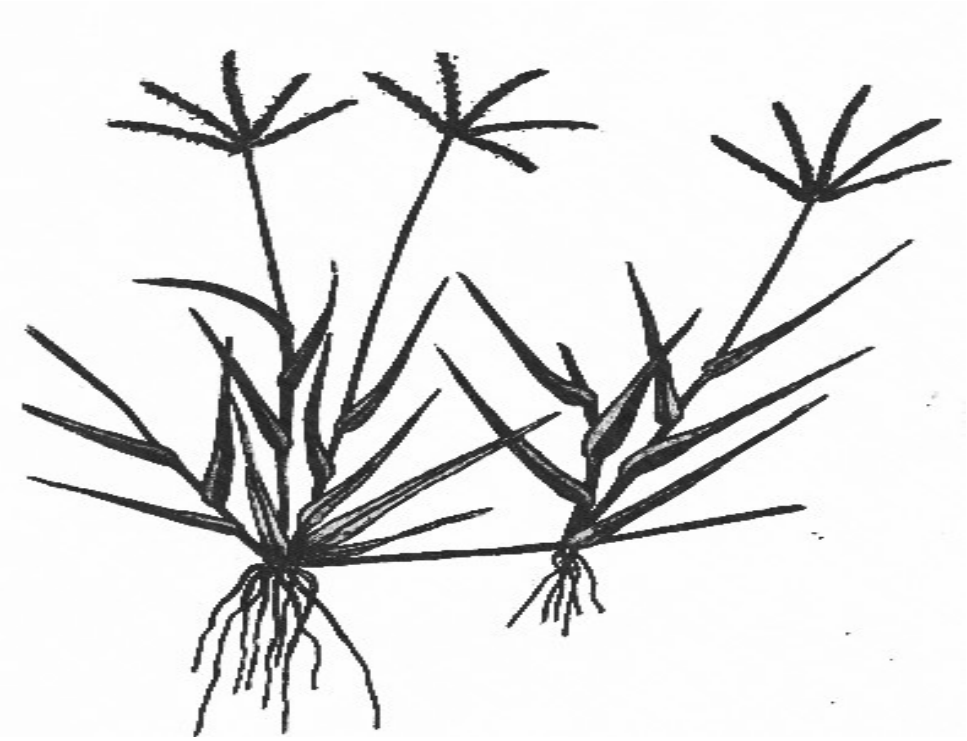
وفيه يقف البرعم الطرفى عن النمو لتحوره إلى محلاق أو تكوينه زهرة، ويواصل النبات نموه بواسطة برعم واحد أو أكثر من البراعم الأبطية ، وأنواع التفرع المحدود هى:

التفرع المحدود كاذب الشعبة *Monochasium branching*

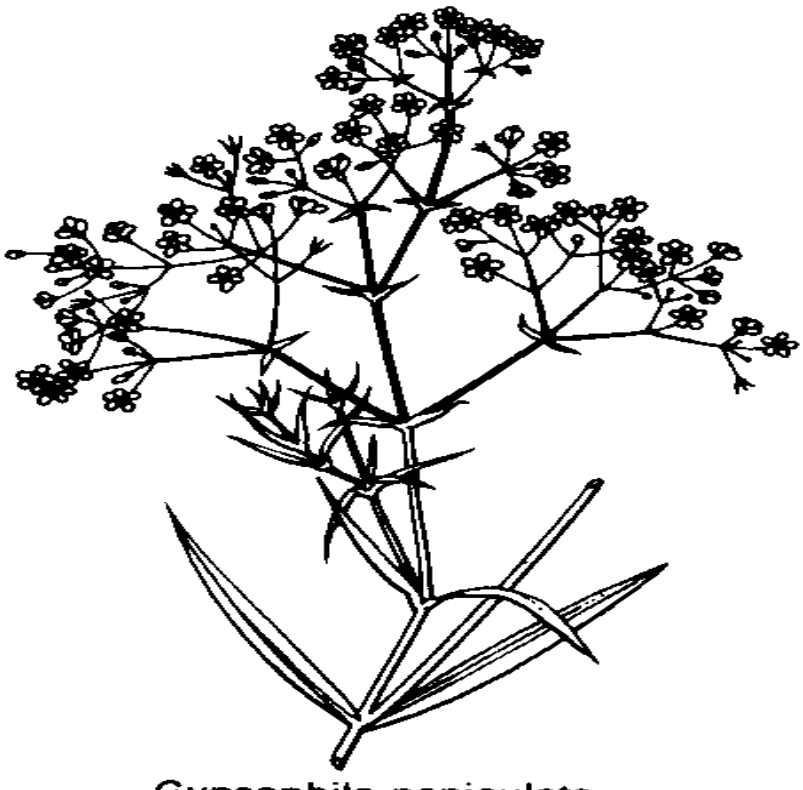
ونلاحظ فى هذا النوع من التفرع أن البرعم الطرفى قد توقف عن النمو بتكوين عضو مستديم ثم نشط البرعم الموجود فى أبط الورقة التى تلى هذا العضو مباشرة وأعطى فرعا خضريا يواصل النمو، وبعد مدة يقف هذا الفرع عن النمو ويكون عضوا مستديما ، ثم ينمو البرعم الموجود فى أبط الورقة التى تليه من أسفل وهكذا ، وقد يكون هذا العضو المستديم محلاقا كما فى العنب ، أو زهرة كما فى نبات أم جريسة ، أو فرعا هوائيا كما فى ريزومة النجيل (الشكل رقم 30).

التفرع المحدود كاذب الشعبتين *Dichasium branching*

وفيه يتوقف البرعم الطرفى عن النمو بتكوينه زهرة مثلا ، ثم ينمو من أسفل برعمان من أبطى ورقتين متقابلتين ليواصلا النمو ، وبعد مدة يتوقف نمو كل منهما بتكوين زهرة ومن أسفل كل منهما ينمو برعمين أبطيين وهكذا كما فى نبات جيبسوفيلا (الشكل رقم 31).



الشكل رقم (30) : **يوضح التفرع المحدود** (**كاذب الشعبة**) **فى نبات النجيل.**



Gypsophila paniculata

الشكل رقم (31) : **يوضح التفرع المحدود** (**كاذب الشعبتين**) **فى نبات جيبسوفيلا.**

السيقان المتحورة *Metamorphosed stems*

تتحور سيقان بعض الأنواع النباتية لتأدية وظائف معينة كالتمثيل الضوئى أو اختزان الماء فى النباتات الصحراوية ، أو للوقاية من حيوانات الرعى وتقليل النتح وفقد الماء فيتحور إلى اشواك ، أو قد يختزن الغذاء للتعمير والتكاثر الخضرى ويظل نموه تحت سطح الأرض مرسلا فروعا هوائية فى الظروف الملائمة ، أو للتسلق حيث يتحور إلى عضو لين حساس يلتف حول الدعامات يسمى بالمحلاق ، و سنتحدث عن بعض هذه التحورات التى تحدث للأغراض التالية :

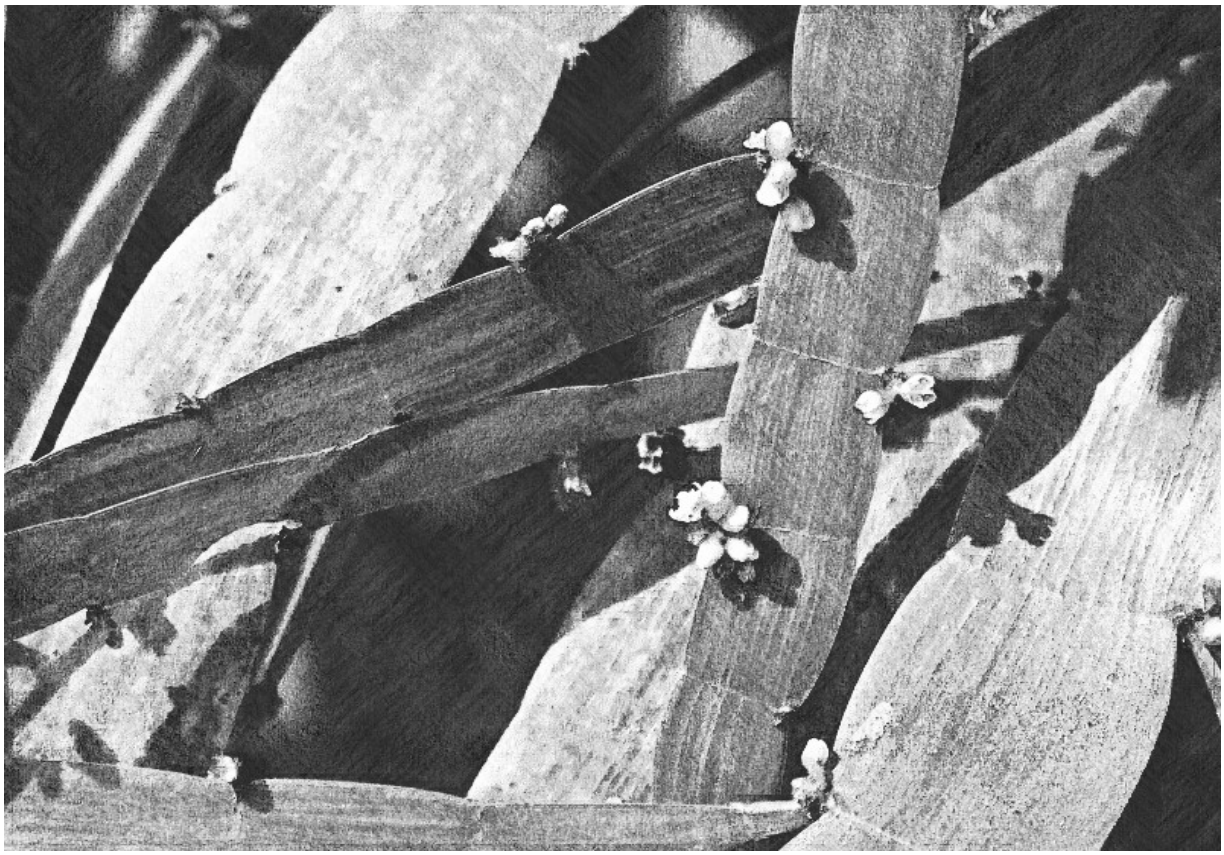
التمثيل الضوئى *Photosynthesis*

الأوراق هى الأعضاء الرئيسية فى النبات المسئولة عن القيام بعملية التمثيل الضوئى ، ويحدث فى بعض الأنواع النباتية أن تكون الأوراق مختزلة صغيرة الحجم غير خضراء تسمى بالأوراق الحرشفية ، أو أن تكون على شكل أشواك ، ولهذا فهى لا تساهم فى عملية التمثيل الضوئى ، لذلك تتولى بعض السيقان القيام بهذه العملية وتتحور إلى أشكال ورقية *Leafy stems* فتصبح رقيقة خضراء تشبه الأوراق الخضراء تماما كما فى نبات السفندر

Ruscus (الشكل رقم 32) حيث يأخذ الساق شكلا ورقيا توجد عليه أوراق حرشفية تحمل فى آباطها براعم تنمو لتعطى ازهارا ، وفى نبات

الشكل رقم (32) : ساق نبات السفندر وقد تحولت إلى الشكل الورقى للقيام بعملية التمثيل الضوئى وتظهر عليها الأزهار.

كشك الماظ *Asparagus* **تتحور السيقان إلى اشكال ورقية صغيرةخضراء وحيده السلامية** *Cladode* **وفى نبات المهلنبيكيا** *Muehlenbeckia* **تكون الساق خضراء ورقية مفلطحه مقسمه إلى عقد وسلاميات (الشكل رقم 33) وتحمل عند العقد أوراقا حرشفية تحمل فى آباطها براعم تنمو لتكون فروعا جانبية ورقية وتسمى بالساق الورقية عديدة السلاميات** *Phylloclade*.



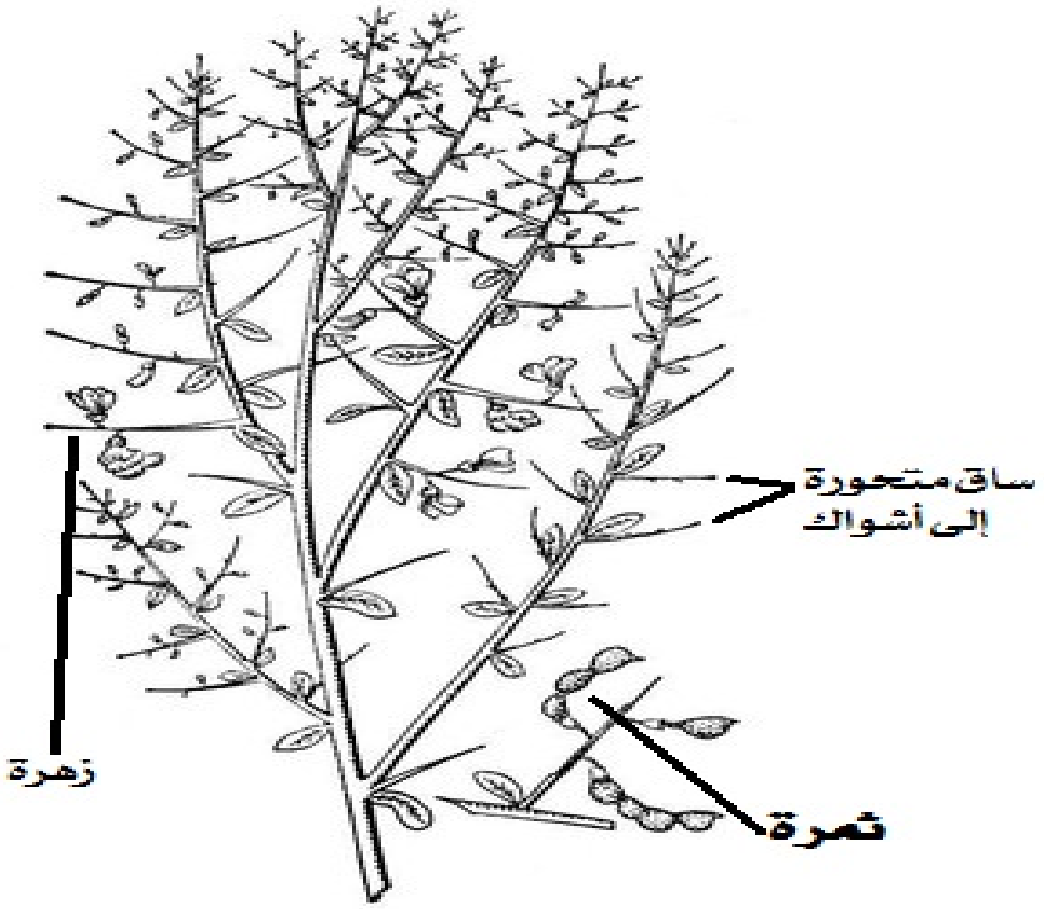
الشكل رقم (33) : ساق نبات المهلنبيكيا وقد تحولت إلى الشكل الورقى للقيام بعملية التمثيل الضوئى وتظهر البراعم عند السلاميات على الساق.

التسلق *Climbing*

قد يتحور الساق إلى اعضاء تساعد النبات على التسلق تسمى بالمحاليق وقد تخرج المحاليق من آباط الأوراق نتيجة نمو البراعم الأبطية ، ولهذا فهى عبارة عن فروع جانبية كما فى الأنتيجونن *Antigonon* أو يتكون المحلاق نتيجة نمو البرعم الطرفى كما فى العنب ، ويلاحظ أن المحلاق ينقسم إلى سلاميات يدل عليها ندب الأوراق الحرشفية المتساقطة ، وللمحاليق حساسية خاصة للتسلق فهى تتشبث بالدعامات وتشد نفسها وتلتف حولها عند ملامستها.

الحماية وتقليل النتح

قد تتحور السيقان فى بعض النباتات وخصوصا الصحراوية إلى اشواك حادة لتأدية هذه الوظائف . وتخرج هذه الأشواك من آباط الأوراق الخضراء نتيجة لنمو البراعم الأبطية ، وغالبا ما تحمل أوراقا صغيرة فى أبطها براعم زهرية كما فى نبات العاقول *Alhagi* (الشكل رقم 34) وحيث ان سطح الأشواك أقل فقدا للماء من الأوراق الخضراء فإن وجودها يعمل على تقليل النتح . وتختلف السيقان المتحورة إلى أشواك عن الزوائد الشوكية التى توجد على سطح بعض السيقان كالورد حيث أن الأخيرة (أشواك الورد) تنشأ سطحيا على سطح الساق بينما الأولى تنشأ نتيجة نمو البراعم.

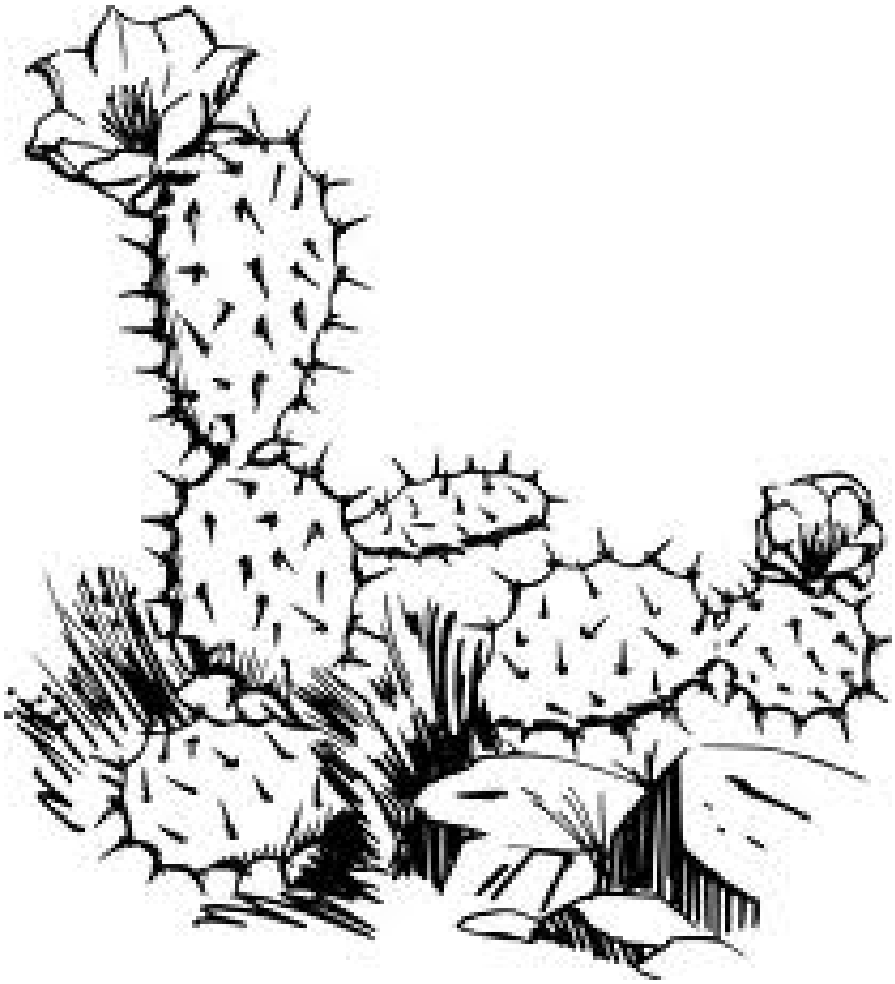


الشكل رقم (34) : ساق العاقول وقد تحولت إلى أشواك للحماية وتقليل النتح.

اختزان الماء

قد يتضخم الساق ويصبح عصيريا ومختزنا للماء (الشكل رقم 35) الذى يعتمد عليه النبات اثناء فصل الجفاف . وغالبا ما تكون الساق خضراء اللون وتقوم بعملية التمثيل الضوئى كما فى نبات التين الشوكى وسيقان هذا النبات عصيرية خضراء عريضة تنشأ فى آباط أوراق حرشفية ، وتحمل هذه السيقان أوراقا خضراء تسقط مبكرا تاركة مكانها ندبا تدل على

موضعها . وتنشأ فى آباط هذه الأوراق سيقان قزمية قصيرةوظيفتها حمل اشواك صغيرةعبارةعن أوراق متحورة.



الشكل رقم (35) : ساق التين الشوكى وقد تضخمت من أجل تخزين الماء.

التعمير واختزان الغذاء والتكاثر الخضرى

تنمو السيقان فى هذه الحالة تحت سطح الأرض مما يساعد النبات على تحمل الظروف غير الملائمة ، وهى تحمل أوراقا حرشفية توجد فى اباطها براعم تنمو فى الظروف الملائمة لتكون فروعا هوائية خضرية تظهر فوق

سطح الأرض . وتختزن هذه السيقان كمية كافية من المواد الغذائية تتغذى عليها البراعم اثناء نموها فى فصل النمو التالى . وهكذا تتضح ملاءمة هذه السيقان لتأدية وظائف التعمير واختزان الغذاء والتكاثر الخضرى ، وأنواع هذه السيقان هى:

الدرنات *Tubers*

من أمثلتها درنة البطاطس (الشكل رقم 36) وهى ساق ارضية درنية تتكون نتيجة تضخم نهايات الافرع الأرضية . ويمكن رؤية البرعم الطرفى لهذا الساق عند الطرف البعيد عن اتصال الدرنة بالفرع ، يوجد على درنة البطاطس مجموعة من العيون الغائرة توجد بداخلها براعم تنشأ فى آباط أوراق حرشفية تسقط مبكرا تاركة ندبا مكانها . وتتكاثر الدرنات خضريا بتقطيع الدرنة قطعا صغيرة يحمل كل منها برعما أو اكثر وجزء من النسيج الغذائى ثم توضع فى تربة ملائمة فتنمو البراعم وتكون فروعا هوائية.

الكورمات *Corms*

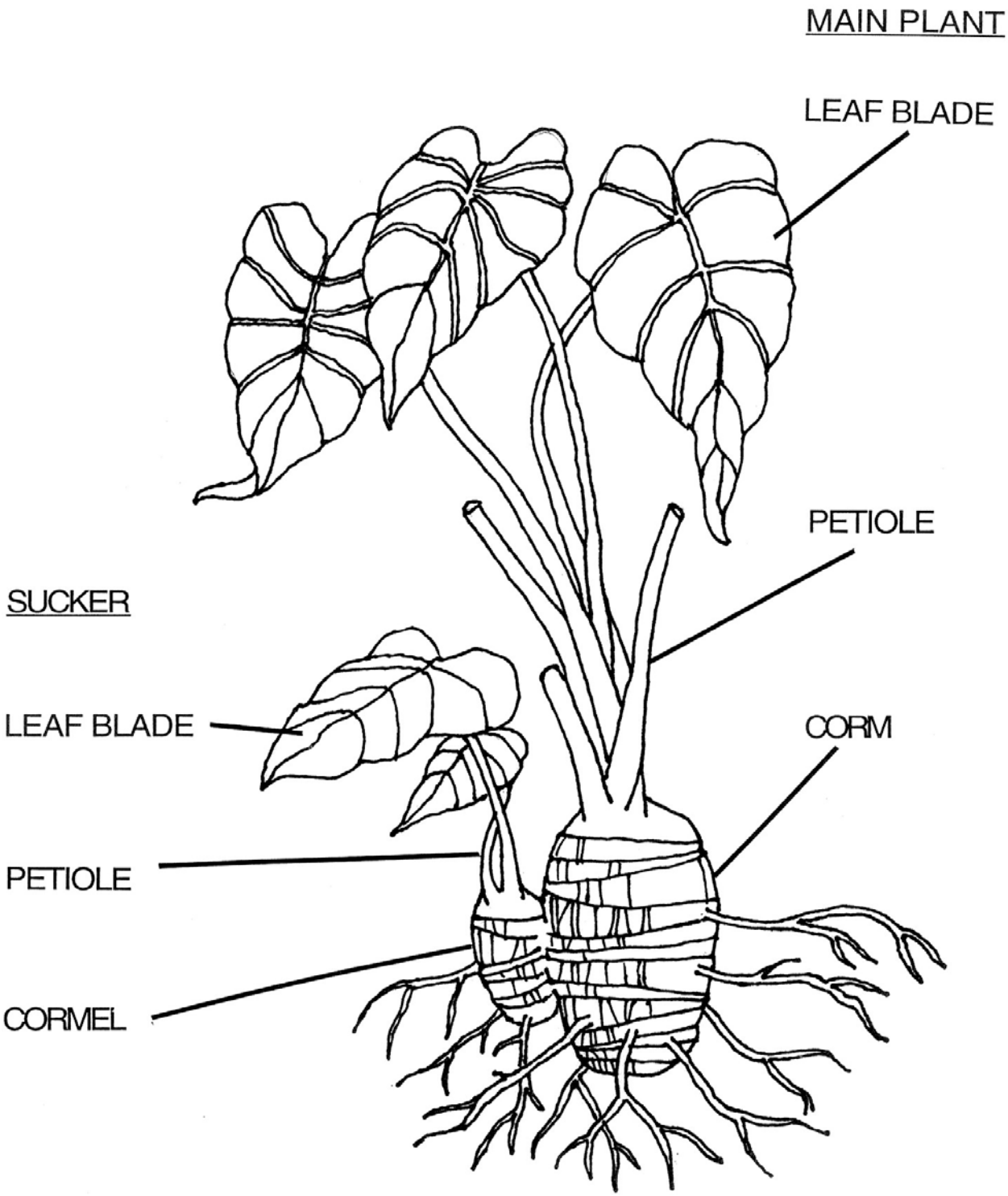
ومن أمثلتها كورمة القلقاس (الشكل رقم 36) وهى عبارة عن القاعده الأرضية المتضخمه لساق هوائية تنمو عموديا على سطح الأرض ، ويوجد عليها عقد وسلاميات واضحة وتحمل أوراقا حرشفية عند العقد ، وتوجد فى آباط الأوراق براعم ابطية . ويوجد أسفل الكورمه جزء متحلل يمثل

كورمة السنة الماضية بينما يمثل الجزء المتشحم كورمة السنة الحالية ، ويوجد البرعم الطرفى فى قمة الكورمة تحيط به الأوراق البرعمية وهى بيضاء محمرة اللون، اما البراعم الابطية فهى كبيرة الحجم قد تنمو لتكون كورمات صغيرة وهى كورمات السنه القادمه

الشكل رقم (35) : ساق البطاطس وقد تضخمت من أجل تخزين الغذاء و التعمير.

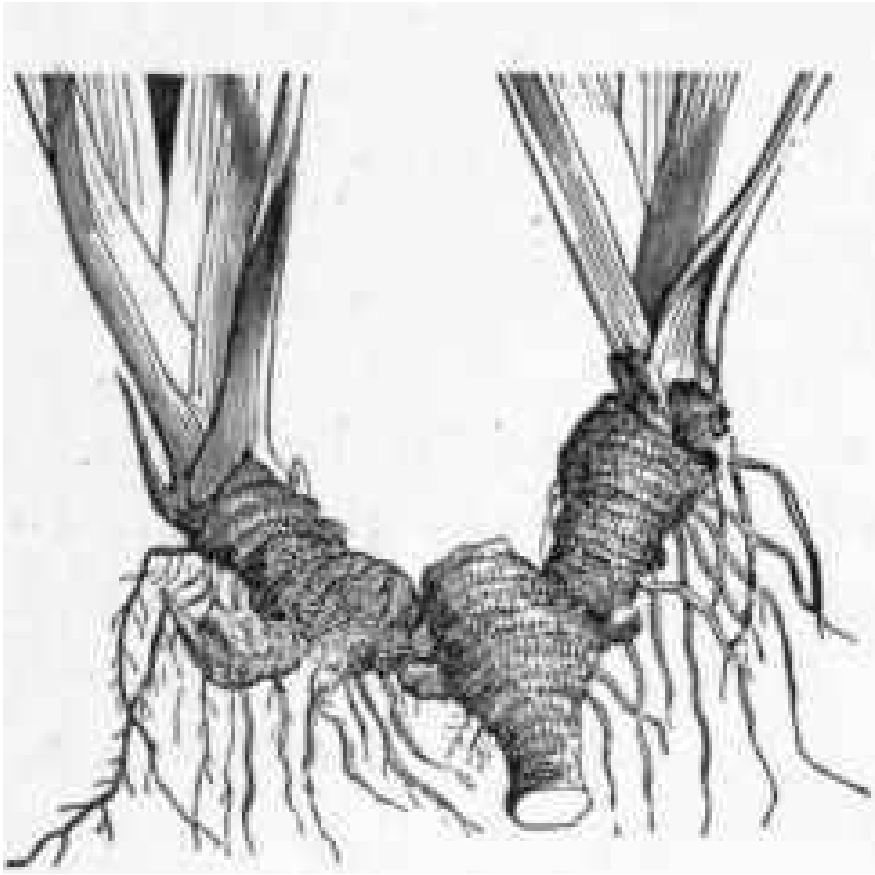
الريزومات rhizomes

ومن أمثلتها ريزومة النجيل والغاب (الشكل رقم 37) وهى ساق ارضية تنمو افقيا تحت سطح التربة ومقسمة إلى عقد وسلاميات واضحة ، وتخرج عند العقد جذور عرضية تتجه إلى أسفل كما انها تحمل أوراقا حرشفية



الشكل رقم (36) : **كورمة القلقاس وهى ساق تضخمت من أجل تخزين الغذاء و التعمير.**

رقيقة فى اباطها براعم . وتتفرع الريزومة تفرعا كاذب المحور حيث ان البرعم الطرفى يقف عن النمو الافقى ليعطى فرعا هوائيا ثم ينمو البرعم الابطى الذى يليه ليكمل نمو الريزومة.

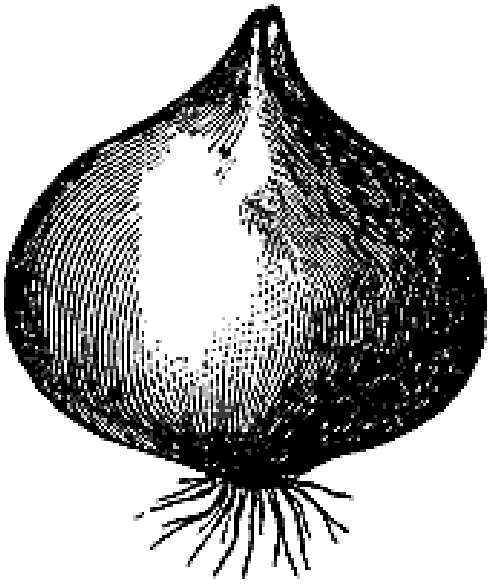


الشكل رقم (37) : **ساق متحورة إلى ريزومة من أجل تخزين الغذاء و التعمير.**

الأبصال *Bulbs*

توجد الأبصال فى أفراد العائلة الزنبقية كالبصل (الشكل رقم 38**). والبصلة عبارة عن ساق أرضية قصيرة قرصية تحمل حراشيف بيضاء سميكة عصيرية تمثل قواعد الأوراق الخضراء وتغطيها أوراق حرشفية**

جافة ، وتخرج من قاعدة الساق القرصية جذور عرضية ليفية ، وفى مركز الساق القرصية يوجد براعم أبطية فى آباط الأوراق الحرشفية وينمو البرعم الطرفى فى الظروف الملائمة للنمو ليعطى أوراقا خضراء ثم تتبعه البراعم الابطية ، ويعتمد النمو على الغذاء المدخر فى قواعد الأوراق المتشحمة . وفى الثوم تتجمع عدة بصيلات فى مجموعة واحدة تغلفها من الخارج أوراق حرشفية مشتركة ، وتمثل كل منها برعما ابطيا يختزن كمية من الغذاء فى أوراقه.



الشكل رقم (38) : البصلة ساق قرصية تضخمت قواعد الأرواق من أجل تخزين الغذاء و التعمير.

الورقة

Leaf

الورقة

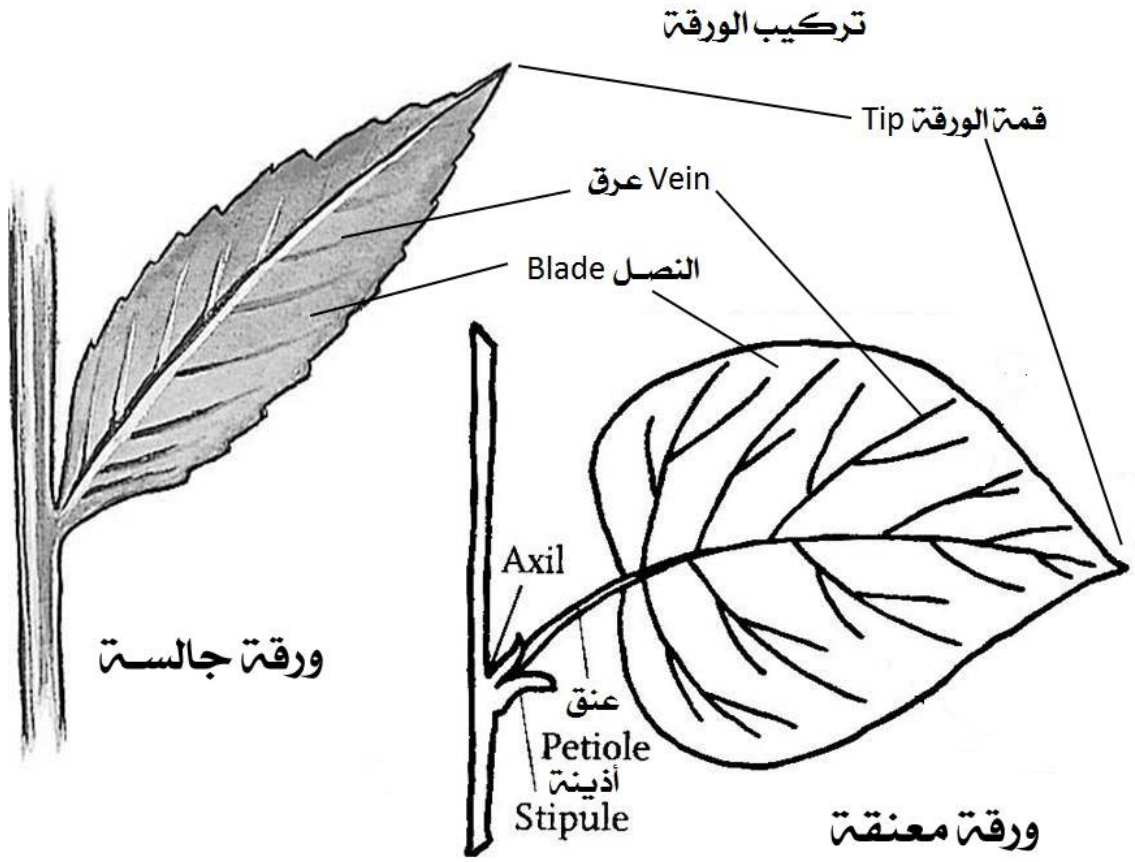
LEAF

الورقة (الشكل رقم 39) عبارة عن عضو منبسط رقيق أخضر (عادة) يتولى أساسا عملية البناء الضوئى و تكوين المواد الغذائية . وتحمل الأوراق على الساق عند العقد حيث تخرج ورقة أو اكثر عند كل عقدة حسب نوع النبات.

وتختلف الورقة عن الساق فى صفة رئيسية هى ان الساق له خاصية النمو غير المحدود بينما الورقة محدودة النمو حيث يتوقف نموها حينما تصل إلى حجم معين ، وتستمر فى أداء وظيفتها لموسم أو اكثر ثم تذوى وتسقط . وتنشأ الأوراق من منشئات الأوراق *Leaf primordial* وهى بروزات تظهر حول القمه الميرستيمية للساق.

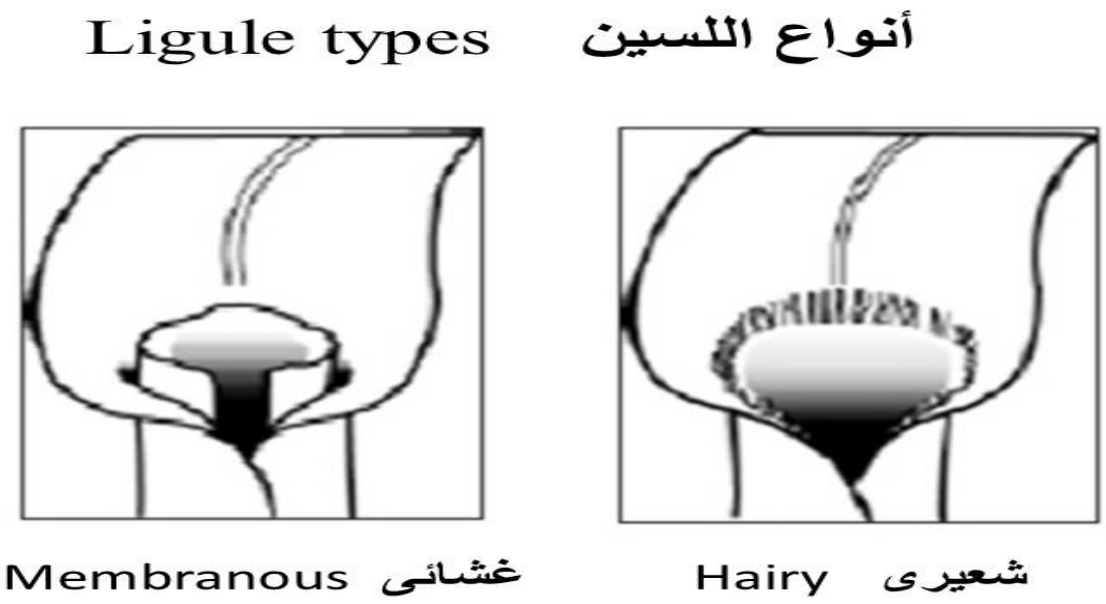
و تتكون الورقة من جزء رقيق منبسط يسمى بالنصل *Blade* يحمله بعيدا عن الساق جزء إسطوانى يسمى العنق *Petiole* ، و الذى قد يكون عنق عادى كما فى الكافور أو عنق طويل كما فى أوراق القلقاس أو عنق متسلق كما فى ابو خنجر ، و فى بعض الأوراق قد لا يوجد العنق وتسمى الورقة (جالسة) كما فى الكتان.

ويتصل العنق بالساق بواسطة جزء منتفخ عريض نوعا ما يعرف بالقاعدة *Base* وهى تعمل على حماية البراعم الابطية من المؤثرات



الشكل رقم (39) : يوضح الشكل تركيب ورقتي النبات المعنقة و الجالسة.

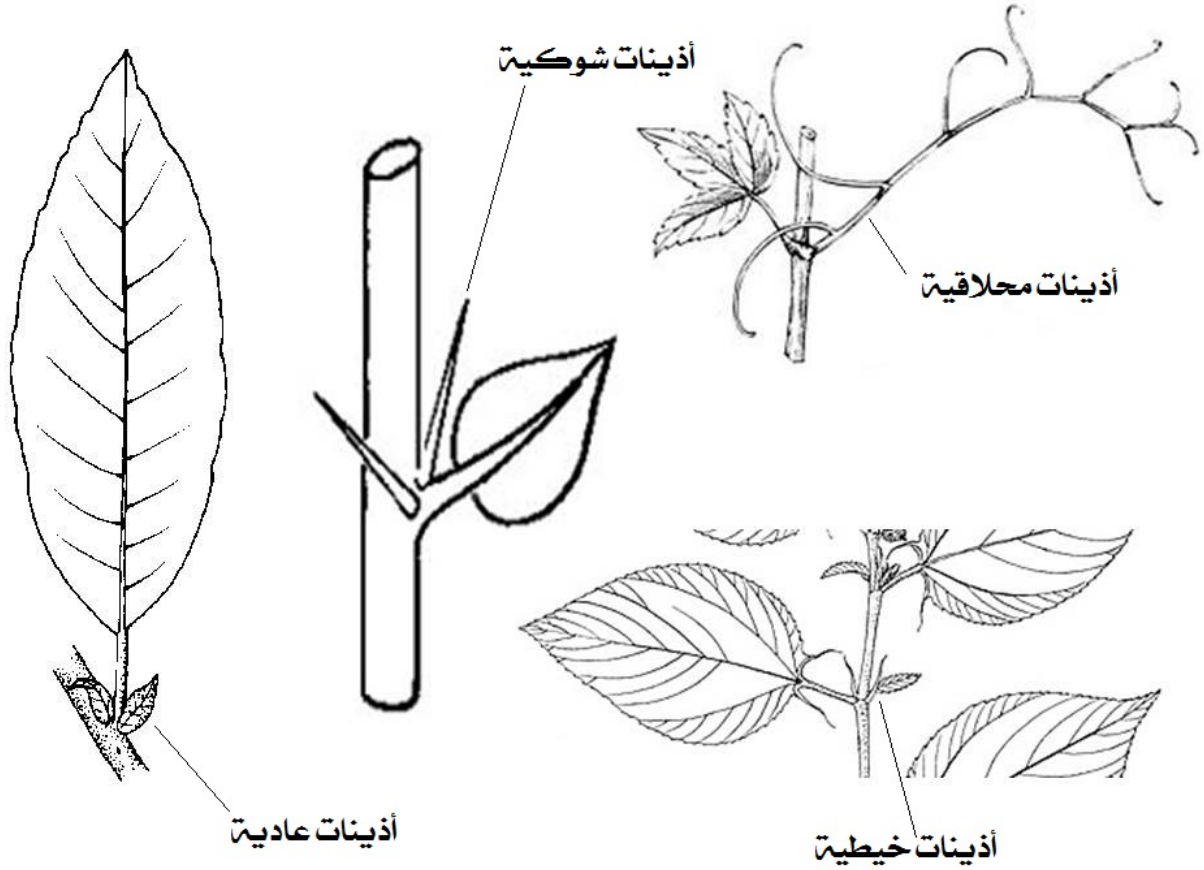
الخارجية . وفى الأوراق الجالسة قد يمتد العنق ليكون غمدا يحيط بالساق إحاطة تامة و فى هذا النوع من الأوراق يلاحظ وجود غشاء رقيق أو شعيرات بين النصل والقاعدة الغمدية تسمى باللسين *Ligule* (الشكل رقم 40) يساعد على منع تراكم المواد الغريبة بين النصل والغمد . وفى بعض الأوراق قد يوجد على جانبى القاعدة زوائد تساعد على حماية البراعم الابطية



الشكل رقم (40) : يوضح الشكل أنواع اللسين المختلفة والشائعة فى النجيليات.

تسمى بالأذينات *Stipules* (الشكل رقم 41) و قد لا توجد كما فى الكافور . وهناك عدة صور مختلفة للاذينات ، فقد تكون ورقية كما فى بسلة الزهور أو اشواكا كما فى السنط و النبق أو محاليق كما فى سميلاكس أو خيطية (شعيرية) كما فى الملوخية أو قد تكون عادية كما فى الورد.

ويحتوى النصل على مجموعه من العروق تساعد على تقويته وتزيد من صلابته ، وذلك لإحتوائها على أنسجة ملجننه قوية . وتمثل العروق إمتدادات الحزم الوعائية الموجودة بالساق وتنقل خلالها المواد الغذائية من الورقة للساق وبالعكس . ويختلف نظام التعرق فى الأنواع المختلفة من الأوراق . وهناك نوعان أساسيان من التعرق:



الشكل رقم (41) : يوضح الشكل أنواع الأذينات المختلفة.

التعرق المتوازى *Parallel venation*

وفيه تكون العروق الجانبية موازية طوليا للعروق الوسطى كما فى أوراق النجيليات ، ويسمى بالتعرق المتوازى الطولى . أو قد تكون العروق الجانبية متوازية ولكنها عمودية على العرق الوسطي كما فى أوراق الموز ، ويسمى بالتعرق المتوازي العرضى . وعموما فالتعرق المتوازي من مميزات أوراق نباتات ذوات الفلقة الواحدة (الشكل رقم 42).

التعرق المتوازى العرضى فى الموز

التعرق المتوازى الطولى فى الذرة

الشكل رقم (42) : يوضح الشكل أنواع التعرق المتوازى العرضى فى الموز والطولى فى الذرة .

التعرق الشبكى *Reticulate venation*

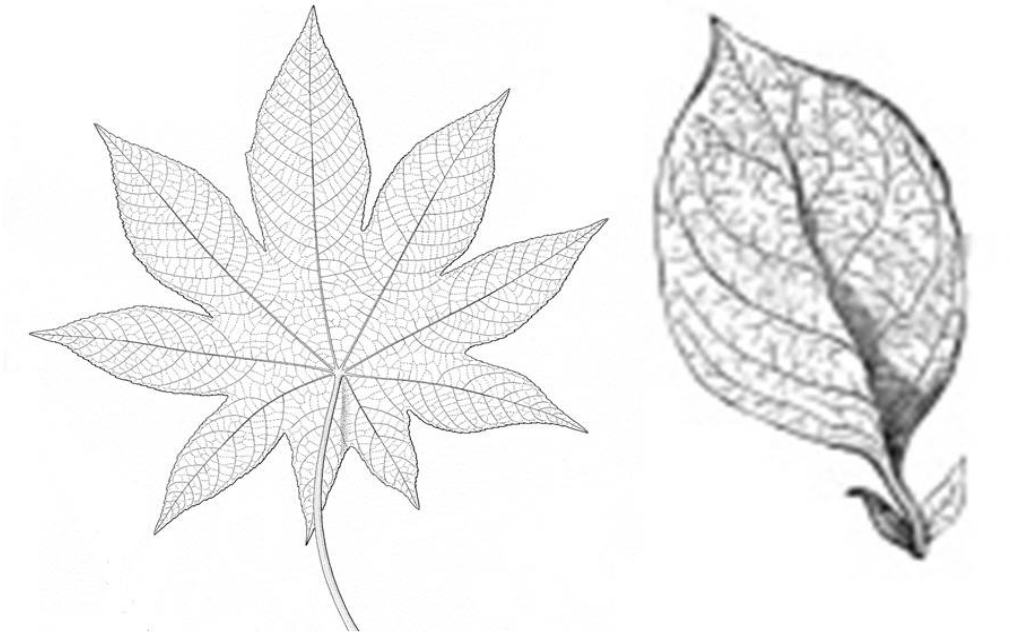
وفيه تخرج العروق الجانبية (الشكل رقم 43) من العروق الوسطى ، وتتفرع إلى عروق ثانوية تتفرع بدورها إلى عروق ثلاثية وهكذا ، وتتشابك العروق لتاخذ شكلا شبكيا . وتتميز نباتات ذوات الفلقتين بهذا النوع من التعرق . وهناك نوعان من التعرق الشبكى :

التعرق الشبكى الريشى *Reticulate pinnate venation*

ويتميز هذا النوع بوجود عرق وسطى رئيسى تخرج منه العروق الجانبية على الناحيتين كما فى أوراق الدورانتا.

التعرق الشبكى الراحى *Reticulate palmate venation*

وفيه يوجد بالورقة اكثر من عرق رئيسى واحد ، وتلتقى هذه العروق فى نقطه واحده عند قاعدة النصل كما فى أوراق الخروع.

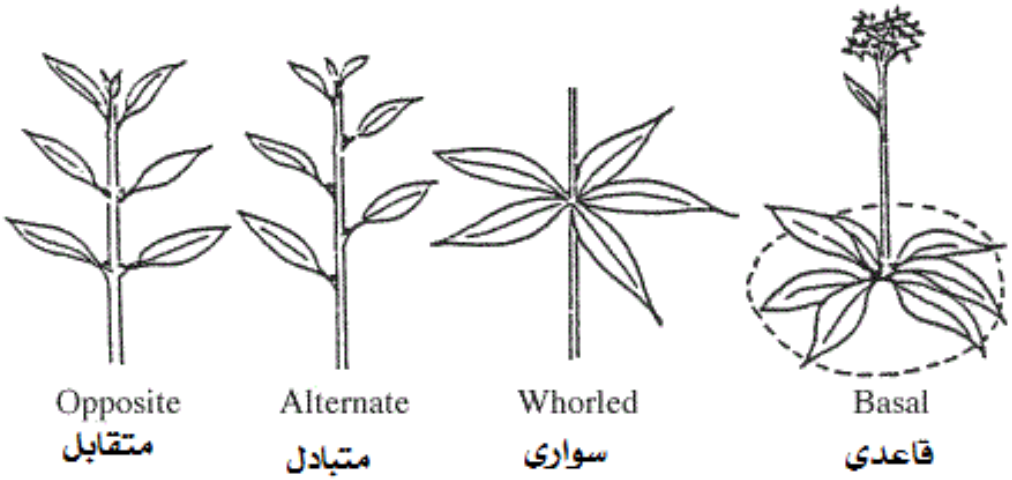


التعرق الشبكى الراحى التعرق الشبكى الريشى

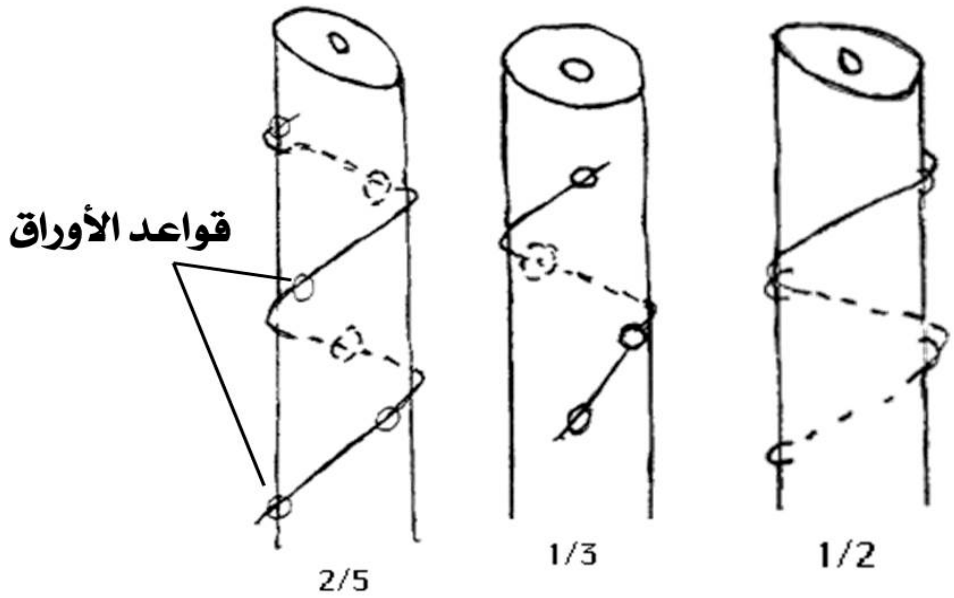
الشكل رقم (43) : **يوضح الشكل أنواع التعرق الشبكى الريشى والراحى .**

ويختلف نظام توزيع الأوراق على الساق (الشكل رقم 44) فى النباتات المختلفة ويسمى التوزيع متبادلا *Alternate* **إذا خرجت ورقة واحدة على الساق عند كل عقدة وتبادلت الأوراق المتعاقبة الوضع على الساق . أو قد يكون التوزيع متقابلا** *Opposite* **إذا خرجت ورقتان متقابلتان عند كل عقدة ، وقد تتعامد الأوراق المتقابلة المتعاقبة ، ويسمى التوزيع متقابلا متعامدا** *Opposite decussate* **وهناك بعض النباتات تتميز بوجود أكثر من ورقتين عند كل عقدة ويسمى التوزيع فى هذه الحالة سواريا** *Verticillate* **ويستعمل إصطلاح الإفتراق الزاوي** *Phyllotaxy* **للدلالة على نظام توزيع الأوراق على الساق بطريقة حسابية (الشكل رقم 45)، وذلك بإمرار خيط حول قواعد الأوراق بين ورقتين تقعان فوق بعضهما مباشرة على الساق وعد السلاميات التى تفصل هاتين الورقتين ، وبحساب نسبة عدد اللفات الكاملة للخيط إلى عدد السلاميات تحصل على الإفتراق الزاوى ، و فى النوع الواحد تكون هذه النسبه ثابتة فهى فى معظم نباتات ذوات الفلقتين ثلاثة اخماس (5/3) أو ثلاثة اثمان (8/3) ونادرا ما تكون نصف (2/1) أو ثلث (3/1).**

تنقسم الأوراق من ناحية شكل النصل إلى ثلاثة أقسام رئيسية . فقد يكون النصل عبارة عن جزء واحد ، وتسمى الورقة ة *Simple leaf* **أو قد يتجزأ إلى أجزاء غير منفصلة وتسمى مفصصة** *Lobed* **، أو قد تنفصل إلى عدة أجزاء وتسمى الورقة مركبة** *Compound leaf* **، ويسمى كل جـزء**

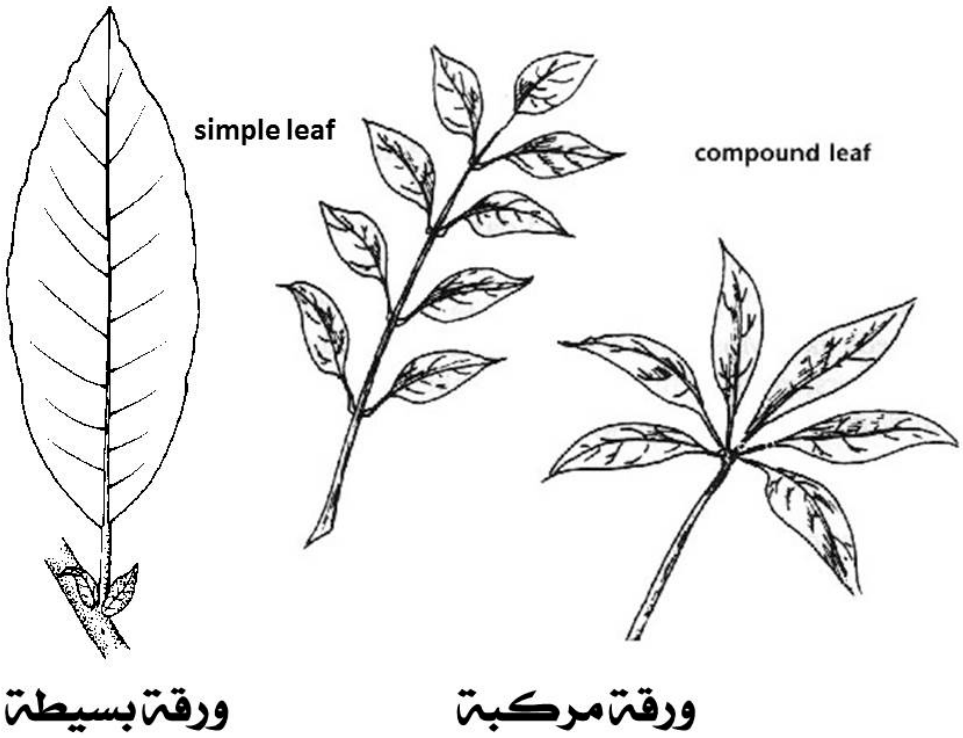


الشكل رقم (44) : **يوضح الشكل توزيع الأوراق على الساق .**



الشكل رقم (45) : **يوضح الشكل طريق تعيين الإفتراق الزاوي .**

من أجزائها وريقة *Leaflet* ويشمل كل قسم من هذه الأقسام عدة صور مختلفة (الشكل رقم 46).

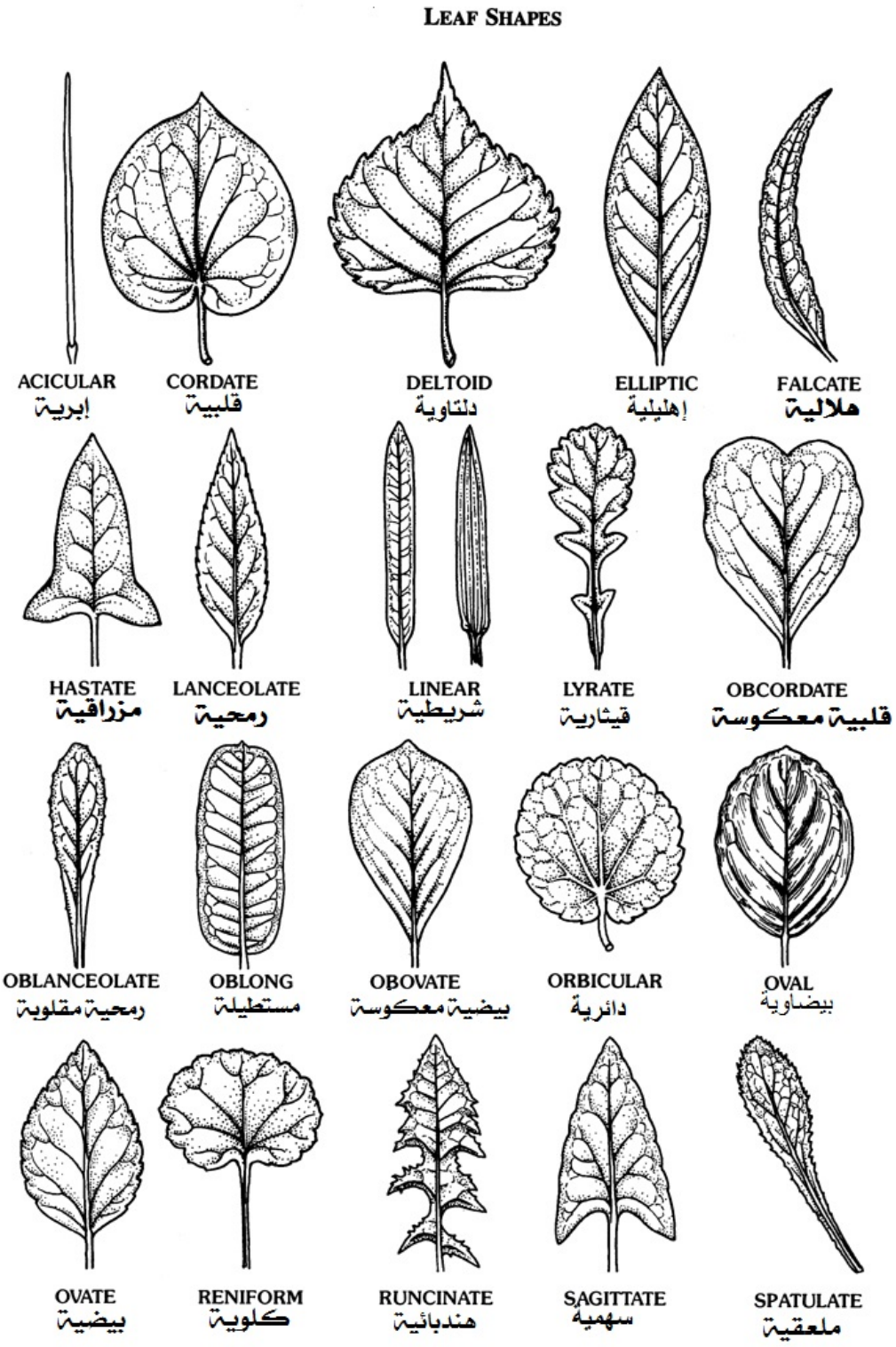


الشكل رقم (46) : يوضح الأنواع المختلفة للأوراق.

الصور المختلفة للأوراق

صور الأوراق البسيطة:

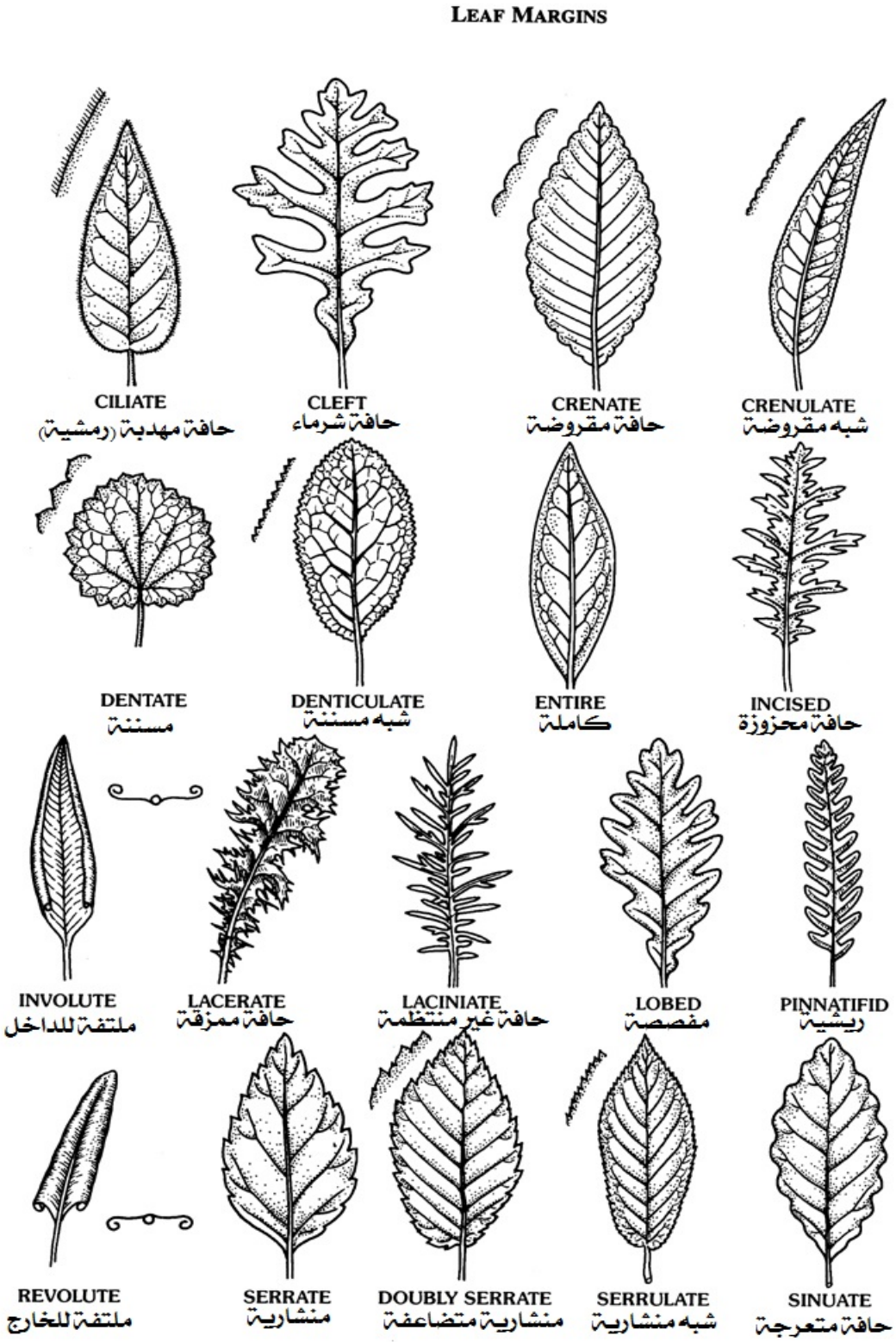
منها الورقة الابرية *Acicular* (الشكل رقم 47) كالأوراق الخضرية للصنوبر ، الورقة الشريطية *Linear* كأوراق القمح والذرة، الورقة



الشكل رقم (47) : يوضح الأشكال المختلفة للأوراق .

الأنبوبية *Tubular* **كأوراق البصل ، الورقة البيضية** *Ovate* **كأوراق الدورانتا ، الورقة الملعقية** *Spatulate* **كأوراق الرجله ، الورقة القلبية** *Cordate***كأوراق المشمش ، الورقة الكلوية** *Reniform* **كالأوراق الفلقية للقطن ، الورقة القرصية** *Peltate* **كأوراق ابو خنجر، الورقة الرمحية** *Lanceolate* **كأوراق الكافور، الورقة السهمية** *Sagittate* **كأوراق القطبه ، الورقة المزراقية** *Hastate* **كأوراق العليق و الورقة الاهليلية** *Elliptical* **كوريقات البوانسيانا.**

ويختلف شكل حافة النصل (الشكل رقم 48) فى الورقة البسيطة فقد تكون الحافة منتظمة وتسمى كاملة *Entir* **، وقد توجد بالحافة نتوءات حادة منتظمة قمتها متجهة للأمام وتسمى منشارية** *Serrate* **، أما إذا اتجهت قمة البروزات جانبيا متعامدة على الحافة فتسمى مسننة** *Dentate* **وقد تكون النتوءات صغيرة مستديرة القمة وتسمى مقروضة** *Crenat* **، أو قد تكون البروزات غير منتظمة بعضها كبير والأخر صغير وتسمى متعرجة** *Sinuate* **، و قد تكون التعاريج عميقة بعض الشئ وبذلك يقسم النصل إلى عدة إنقسامات ولكنها لا تصل إلى العرق الوسطي وتسمى الورقة فى هذه الحالة مفصصة.**



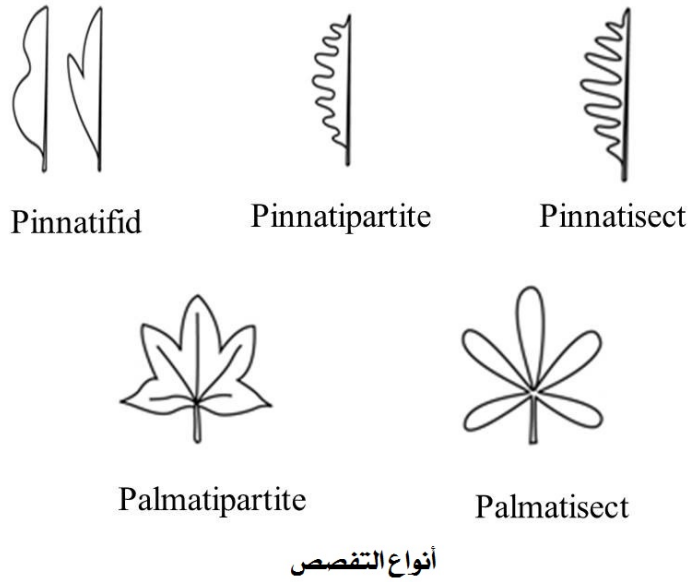
الشكل رقم (48) : **يوضح الأشكال المختلفة لحواف الأوراق .**

صور الأوراق المفصصة:

حينما يكون تفصص النصل غير غائر (الشكل رقم 49) ولا يزيد على منتصف المسافة بين حافه الورقة وعرقها الوسطي تسمى الورقة ضحلة التفصص الريشى *Pinnatifid* أو غائر ولا يزيد عن منتصف المسافة بين الحافة وقاعدة النصل وتسمى ضحلة التفصص الراحى *Palmatifid* أو قد يكون الإنقسام أكثر عمقا ويصل إلى مسافة أكثر من ثلاثة أرباع النصل وهذه تسمى عميقة التفصص الريشى *Pinnatipartite* أو عميقة التفصص الراحى *Palmatipartite* ، وفى بعض الأوراق قد يكون التفصص أكثر عمقا حتى يصل إلى العرق الوسطى تقريبا أوإلى قاعدة النصل ، وتسمى الورقة مشرحة التفصص الريشى *Pinnatisect* ومشرحه التفصص الراحى *Palmatisect*على التوالى.

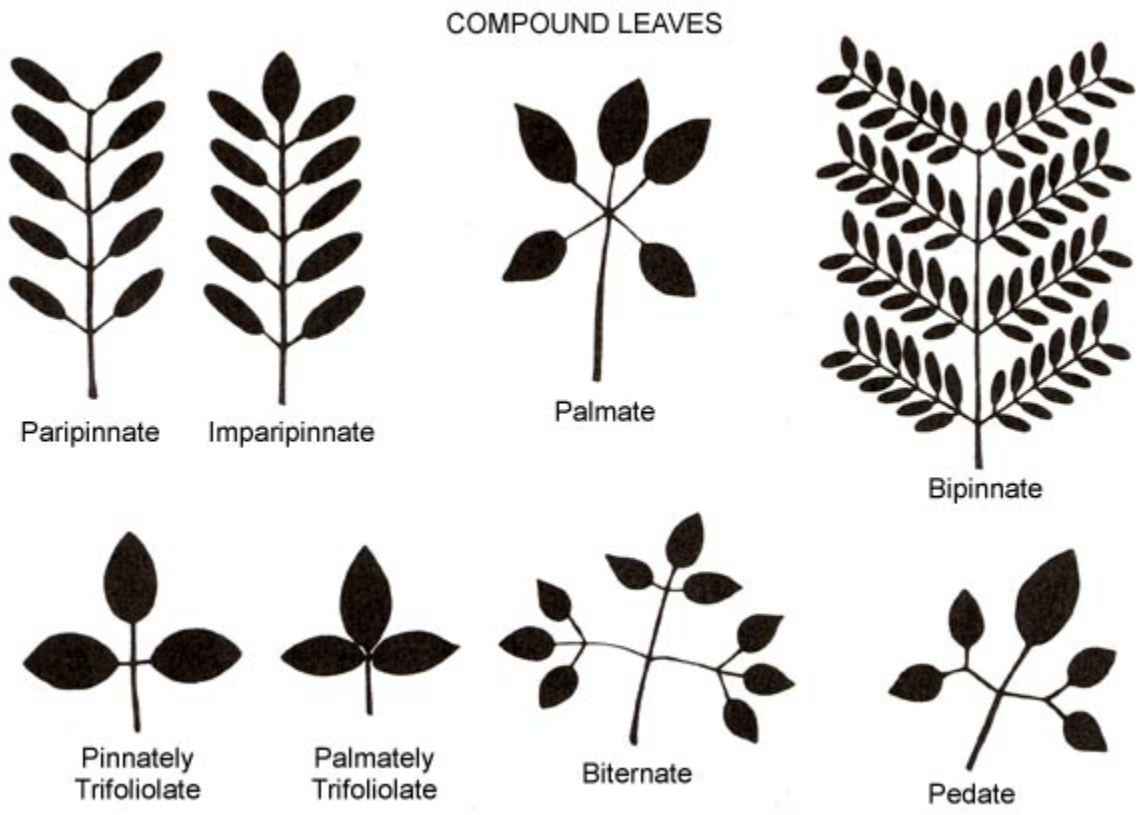
صور الأوراق المركبة:

وهى الورقة التى يتكون نصلها من عدة وريقات (الشكل رقم 49)، قد تترتب على جانبى المحور الرئيسى للورقة وتسمى الورقة مركبة ريشية *Compound pinnate*، أو قد تتصل الوريقات بعنق الورقة مباشرة وتبدو الوريقات وكأنها خرجت من موضع واحد وتسمى مركبة راحية *Compound*



الشكل رقم (48) : أنواع التفصص الريشى والراحى فى أوراق النبات.

palmate وفى النوع الأول قد ينتهى طرف محور الورقة المركبة بوريقة واحدة ، و تعرف بالورقة المركبة الريشية الفردية Imparipinnate ، أو بوريقتين وتعرف بالورقة المركبة الريشية الزوجية *Paripinnate* وقد تتجزأ الوريقة نفسها إلى أجزاء منفصلة تترتب على أفرع المحور الرئيسى للوريقة تعرف بالرويشات *Pinnules* وتعرف الوريقات نفسها بالريشات *Pinnae* وتسمى الورقة المركبة فى هذه الحالة بالريشية المتضاعفة Bipinnate.

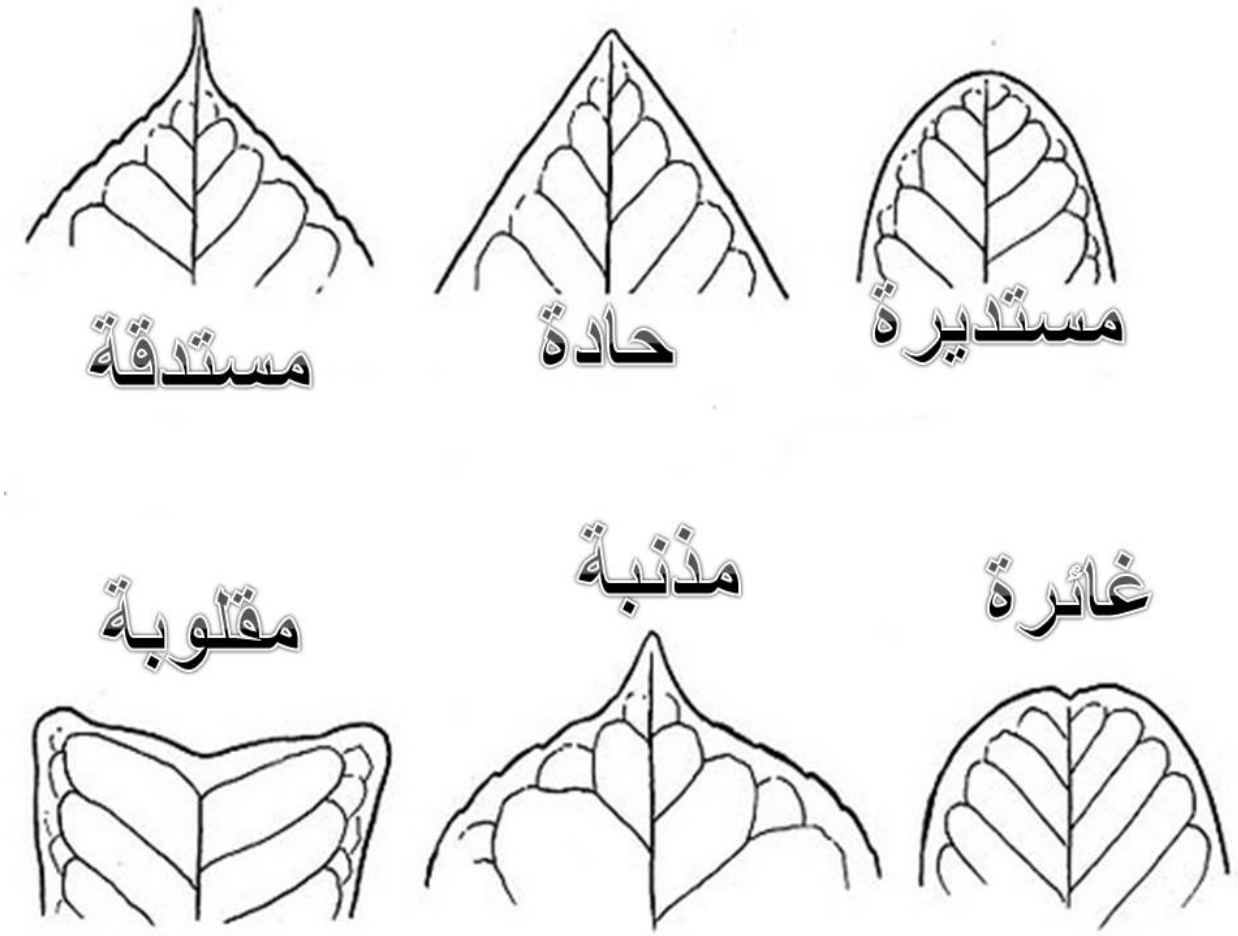


الشكل رقم (49) : **يوضح الأشكال الأنواع المختلفة للأوراق المركبة.**

قمة النصل:

تختلف أشكال قمة النصل (**الشكل رقم** 50) **فى أوراق النباتات المختلفة ، فقد تكون القمة مدببة حادة** *Acute* **كما فى أوراق الدورانتا ، أو قد تكون مدببة مستطيلة قليلة وتسمى مستدقة** *Acuminate* **كما فى وريقات السرسوع ، أو قد يكون الجزء المدبب طويلا وتسمى مستدقة مذنبة** *Caudate* **كما فى أوراق الفيكس ريليجيوزا** *Ficus religiosa*، **أو**

قد تكون مستديرة *Obluse* **كما فى وريقات اللبخ ، أو قد تنخفض قمة الورقة قليلا عن مستوى الحافة فى أعلى الورقة ، وتسمى غائرة أو مقلوبة** *Emarginated* **كما فى أوراق خف الجمل .**



الشكل رقم (49) : **الأنواع المختلفة لقمة بعض أوراق النبات.**

الأوراق المتحورة *Modified leaves*

من الصفات الأساسية للأوراق أنها تنشأ على الساق عند العقد كما توجد فى آباطها براعم ، وغالبا ما تكون الأوراق مفلطحة لتؤدى وظيفتها الأساسية وهى التمثيل الضوئى وتكوين الغذاء ، وفى بعض النباتات قد تتحور الأوراق أو أجزاء منها لتؤدى وظائف معينة منها:

إختزان الماء والغذاء

قد يختزن الغذاء فى قواعد الأوراق ، كما فى بعض نباتات ذوات الفلقة الواحدة مثل البصل ، ويستعمل الغذاء المدخر فى عملية النمو عند أستئنافه فى فصل النمو التالى ، ولذلك تضمر هذه القواعد ويصغر حجم البصلة كثيرا نتيجة تكوين فروع هوائية ، وتنشيط الأوراق الخضراء فى تكوين الغذاء الذى يدخر فى قواعدها الموجودة تحت سطح الأرض فى أواخر فصل النمو ، ولذلك تنتفخ هذه القواعد وتكبر مكونة أبصالا جديدة.

وتعتبر الأوراق الجنينية أو الفلقات الموجوده فى البذور غير الاندوسبيرمية أوراقا متحورة إختزنت الغذاء الذى يستعمل فى الأطوار الأولى لعملية الإنبات .

وفى بعض النباتات الصحرأوية مثل الرطريط والغاسول يختزن الماء بكثرة فى الأوراق المتشحمة حيث يستغله النبات فى أوقات الجفاف . فى

نبات الرطريط *Zygophyllum coccineum* يحمل الساق أوراقا مركبة خضراء مؤذنة ذات ورقتين ، والوريقات والعنق متشحمة اسطوانية تختزن الماء.

الشكل رقم (50): وفيه تظهر أوراق نبات *Zygophyllum coccineum* المتضخمة نتيجة لتخزينها الماء.

الحماية:

قد تتحور الأوراق فى بعض النباتات وتصبح رقيقة وجافة خالية من الكلوروفيل وتقتصر وظيفتها على حماية البراعم التى توجد فى آباطها كالأوراق الحرشفية التى توجد على الريزومات والكورمات والدرنات ، وهذه الأوراق لا تقوم بعملية التمثيل الضوئى وقد سبق الاشارة إلى وجود

أوراق حرشفية حول البراعم الشتوية تعمل على حماية الأجزاء الداخلية الرقيقة للبرعم ، وفى هذه الحالة قد تغطيها مواد صمغية وراتنجية تعمل على إحكام تغليف البرعم.

تقليل النتح:

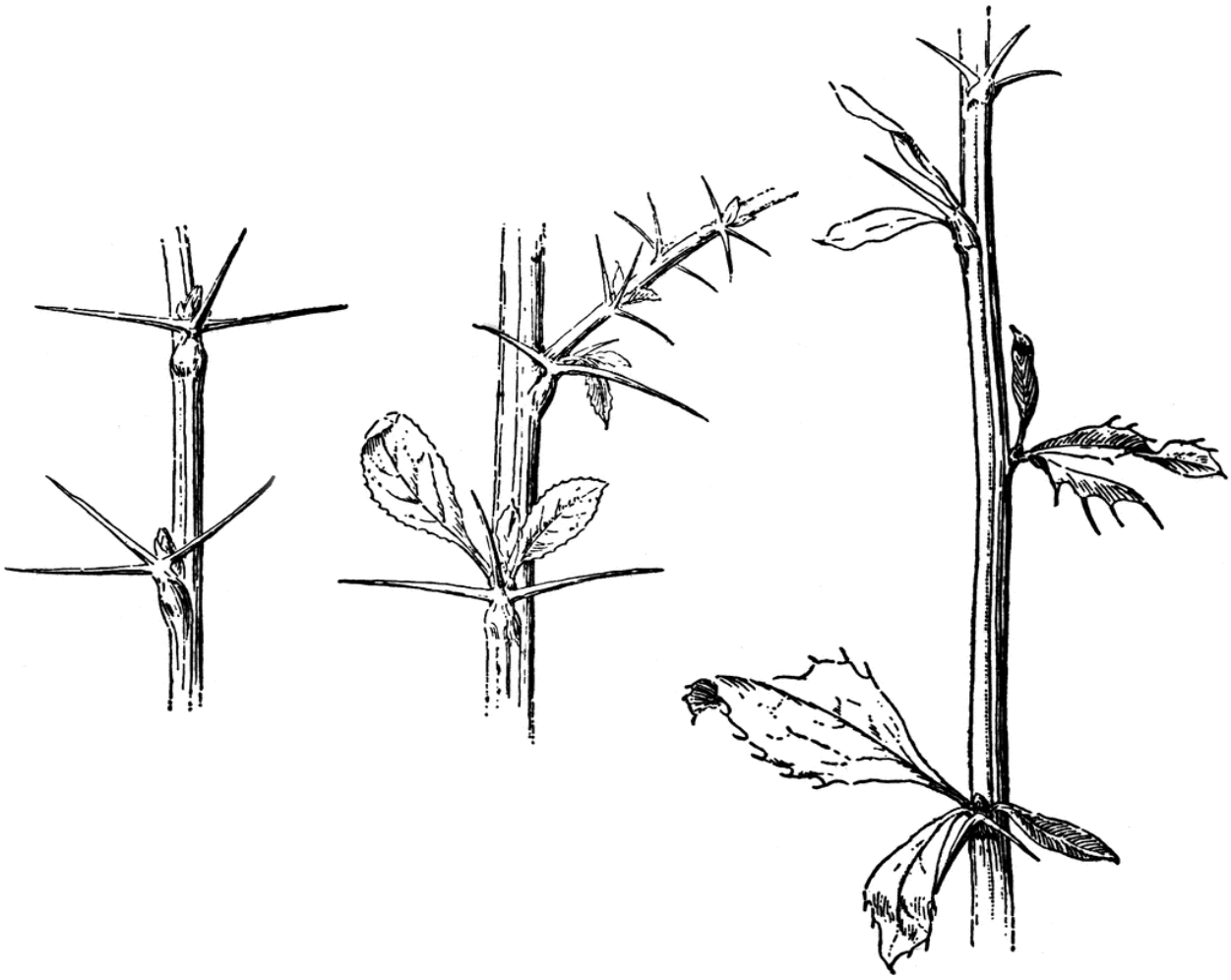
تتكون الأشواك فى النباتات عموما إستجابه لجفاف البيئة التى يعيش فيها النبات حيث أن الأشواك أقل فقدا للماء من الأوراق الخضراء المفلطحة وذلك نتيجة لإختزال مساحة سطحها وتغطيتها بمواد شمعية.

وقد تتحور الورقة كلها إلى شوكة كما فى نبات البربيرس حيث تأخذ الورقة شكل شوكة ذات ثلاث شعب (الشكل رقم 51) توجد على سيقان طويله ، وتوجد فى آباطها براعم تنمو لتعطى سيقانا قزمية تحمل أوراقا خضراء ذات حافة شوكية. أو قد تتحور الاذينات إلى أشواك كما فى النبق والسنط ، وفى الباركنسونيا يحمل النبات أوراقا مركبة ذات أذينات شوكية ويتحور محور الورقة المركبة فى جزئه الطرفى إلى شوكة.

التسلق:

تتحور الأوراق فى بعض النباتات إلى محاليق لتؤدى وظيفة التسلق كما فى نبات حمام البرج *Lathyrus aphaca* حيث تتحور الورقة كلها إلى محلاق وتكبر الأذينات وتتفلطح وتصبح ورقية لتقوم بعملية التمثيل الضوئى.

وقد يتحور جزء من الورقة إلى محلاق كما فى بسلة الزهور حيث تتحور بعض الوريقات الطرفية للورقة المركبة إلى محاليق ، وتكون الأذينات ورقية كبيرة، وتوجد عند قاعدة الورقة المركبة . وفى نبات سميلاكس *Smilax* تتحور الأذينات إلى محاليق . أما فى نبات كليماتس فإن عنق الورقة هو الذى يتحور إلى محلاق.



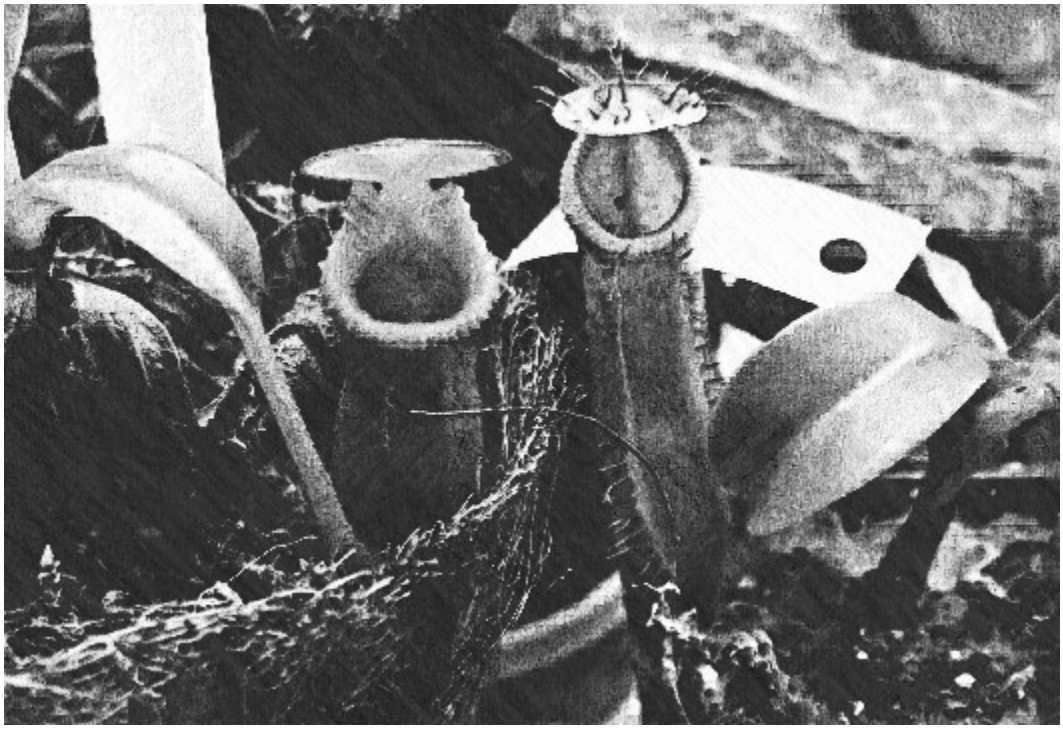
الشكل رقم (51): يوضح اشكل ورقة البربيرس وقد تحورت إلى شوكة ذات ثلاث شعب.

اصطياد الحشرات:

تمثل النباتات آكلة الحشرات مجموعة فريدة من النباتات الراقية التى تتغذى بطريقة شاذة على الحشرات ، فتتحور أوراقها إلى أعضاء خاصة تعمل على اصطياد الحشرات ، كما أنها تفرز إنزيمات معينة تعمل على هضمها وتحويلها إلى مواد بسيطة يسهل إمتصاصها بواسطة أجزاء الورقة . وتجدر الاشارة إلى أن هذه النباتات تحمل أوراقا خضراء تقوم بعملية التمثيل الضوئى وتكوين الغذاء العضوى ، ومن ثم فإنها لا تعتمد كلية على الحشرات فى غذائها . ومن أمثلة هذه النباتات نبات النبنش *Nepenthes* وفيه يتورق الجزء القاعدى من النصل ويكون الجزء الوسطى منه محلاقا أما الجزء العلوى من النصل فيتحور إلى ما يشبه القدر المزود بغطاء . وتغطى السطح السفلى لغطاء القدر مادة عسلية ، أما السطح الداخلى للقدر فيغطى بمادة شمعية وشعيرات متجهة إلى أسفل (الشكل رقم 52) . وعندما تدخل الحشرة القدر باحثة عن الرحيق الذى يفرزه غطاء القدر فإنها تنزلق للقاع نتيجة لوجود الماده الشمعية على جدار القدر فتغرق فى الماء المختزن فى القاع ، ثم تتحلل الحشرة بواسطة الإفرازات التى يفرزها النبات فى الماء.

وفى نبات الديونيا *Dionaea* (الشكل رقم 53) يتورق عنق الورقة ويأخذ شكل الجناحين ، والنصل متحور بشكل مصراعين على حافتها توجد زوائد حادة الأطراف والمصراعان يتحركان حركة مفصلية حول

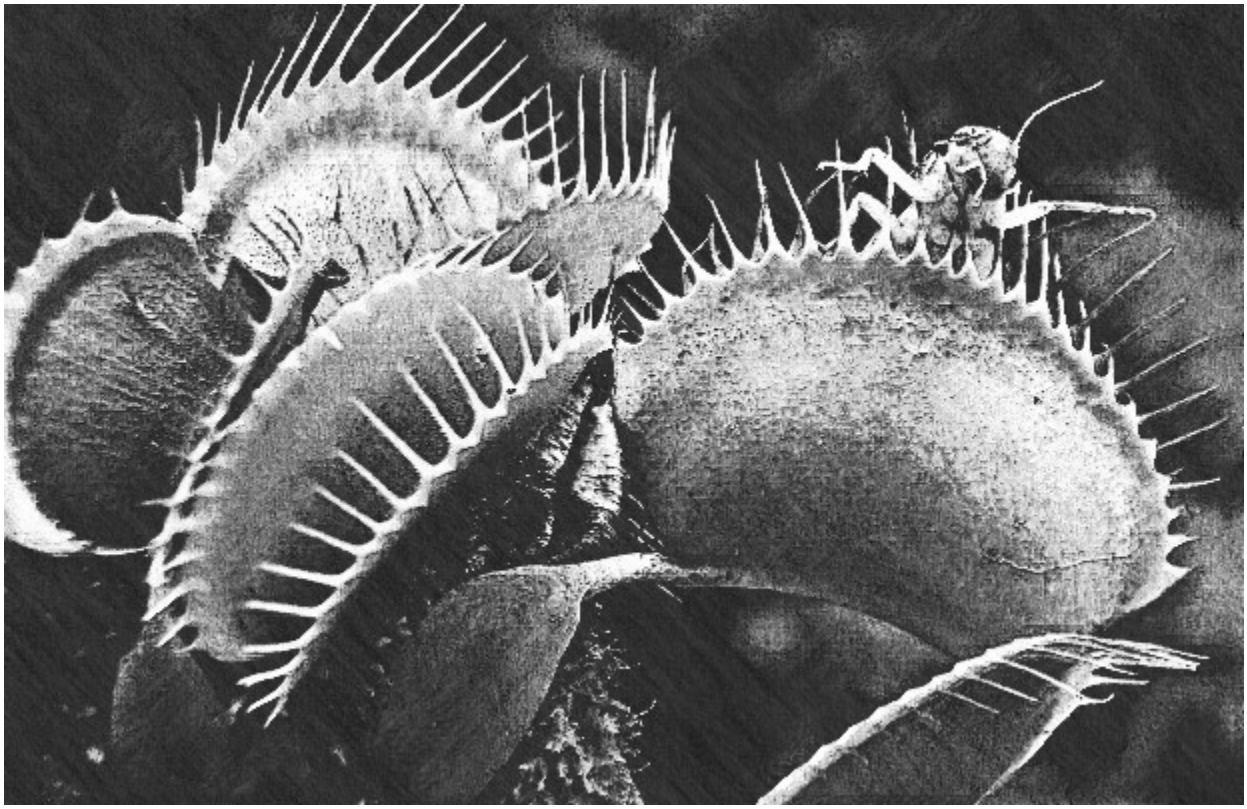
العرق الوسطى ، ويوجد فى وسط كل مصراع ثلاث أشواك حساسة مدببة الأطراف كما



الشكل رقم (53): يوضح نبات النبنش وقد تحورات الورقة إلى ما يشبه القدر وذلك لإصطياد الحشرات.

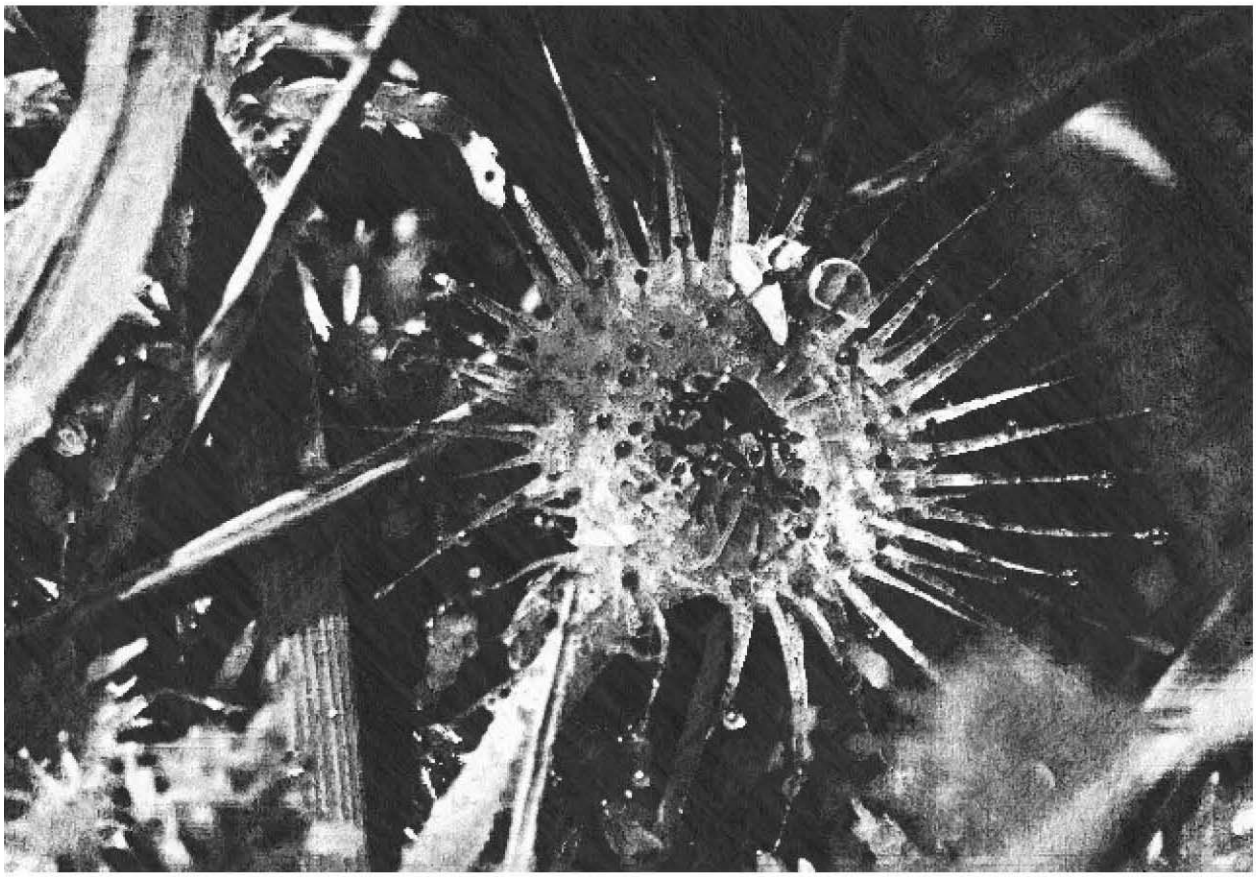
تنتشر على سطحه غدد إفرازية . وعند تلامس حشرة ما نصل الورقة والأشواك الحساسة ينطبق المصرعان بسرعة على الفريست ويتم هضمها بواسطة الغدد ثم إمتصاصها.

وفى نبات الدروسيرا *Drosera* تتغطى أوراق هذا النبات بشعيرات كثيرة يتركب كل منها من عنق ينتهى برأس صغيرة تفرز مادة لزجة تغطى سطحها وعندما تلمس الحشرة سطح هذه الشعيرات فإنها تلتصق بها



الشكل رقم (54): يوضح نبات الديونيا وقد تحورات الورقة إلى ما يشبه المصراعين وذلك لإصطياد الحشرات.

وتنثنى الشعيرات للداخل حتى تلامس جسم الفريسة وبعد فترة بسيطة تكون الحشرة قد أحيطت إحاطة تامة بالشعيرات التى يغمرها السائل اللزج الذى تفرزه ، ويحتوى هذا السائل على الإنزيمات اللازمة لهضم الحشرة كى يسهل إمتصاصها .



الشكل رقم (55): **يوضح نبات الدروسيرا.**

التكاثر الخضري

Vegetative reproduction

التكـــاثر الخضـــــرى

Vegetative Reproduction

تتميز دورة حياة النباتات البذرية بتعاقب طورين فى تاريخ حياتها ، طور خضرى ويمثله نمو الجذور والسيقان والأوراق ، وطور جنسى ويمثله إتحاد نواة مذكرة مع نواة مؤنثة تتكون داخل مبيض الزهرة ، ينشأ عنه تكوين الجنين داخل البذرة ، وعندما تنبت البذرة ينشط الجنين وينمو ليكون نباتا جديدا وهكذا . وتتكاثر معظم النباتات البذريه بواسطة البذور . وهناك بعض الأنواع النباتية تتكاثر خضريا بمعنى أن أجزاءا خضرية معينة من النبات تستطيع النمو لتكون نباتا جديدا إذا توفرت لها الظروف الملائمة.

وللتكاثر الخضرى بعض الأهميات الإقتصادية منها:

- إن بعض النباتات يمكن إستكثارها فى فترة وجيزة بطريقة التكاثر الخضرى عنها بطريقة البذور ، فمثلا يستغرق نمو الأبصال عدة سنوات إذا أستنبتت بطريقة البذور بينما لا يستغرق ذلك أكثر من سنة إذا أستكثرت خضريا.
- إن بعض النباتات لا تتكاثر جنسيا ولا تكون بذورا ، ولهذا فالطريقة الوحيدة لتكاثرها هى طريقة التكاثر الخضرى كما فى الموز والاناناس وبعض انواع الموالح.

- انه يمكن المحافظه التامه على الصفات الوراثيه للنبات اذا استكثر خضريا.

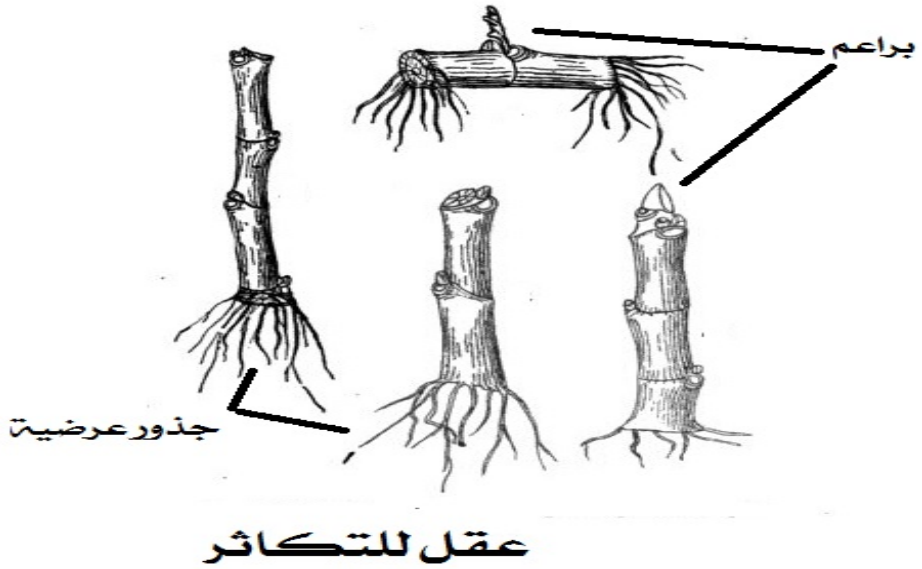
الأعضاء النباتية التى تستخدم فى التكاثر الخضرى

السيقان الهوائيه:

تستعمل السيقان الهوائية فى تكاثر بعض النباتات خضريا ، ويستخدم لذلك عدة طرق مختلفة منها:

أ- التكاثر بالعقل *Cuttings*

وتتلخص هذه الطريقة بأن تقطع أجزاء من سيقان النبات يختلف طولها من حوالى 3- 12 بوصة (الشكل رقم 56) تحمل بعض البراعم الجانبية وتسمى هذه بالعقل. ثم توضع رأسيا فى تربة ملائمة. فتنمو جذور عرضية من الجزء الأسفل للعقلة وتنمو البراعم الجانبية لتكون سيقانا هوائية . وتستعمل هذه الطريقة فى إكثار بعض النباتات الإقتصادية كالعنب وقصب السكر.



الشكل رقم (56) يوضح التكاثر بالعقل.

وقد ثبت أن معاملة العقل ببعض الهرمونات النباتية يساهم فى سرعة تكوين الجذور على العقل ، وقد أستخدمت هذه الظاهرة فى إمكانية إستخدام العقل فى التكاثر الخضرى فى بعض النباتات التى يستغرق تكوين الجذور العرضية فيها وقتا طويلا ، وفى هذه الطريقة يغمر الطرف السفلى للعقل فى محلول مخفف من الهرمون لمدة تصل إلى 24 ساعة قبل غرسها ، ومن الهرمونات النباتية المستعملة حمض الإندول خليك ، و الإندول بيروفيك ، و الألفانفثالين خليك.

ب- الترقيد *Layering*

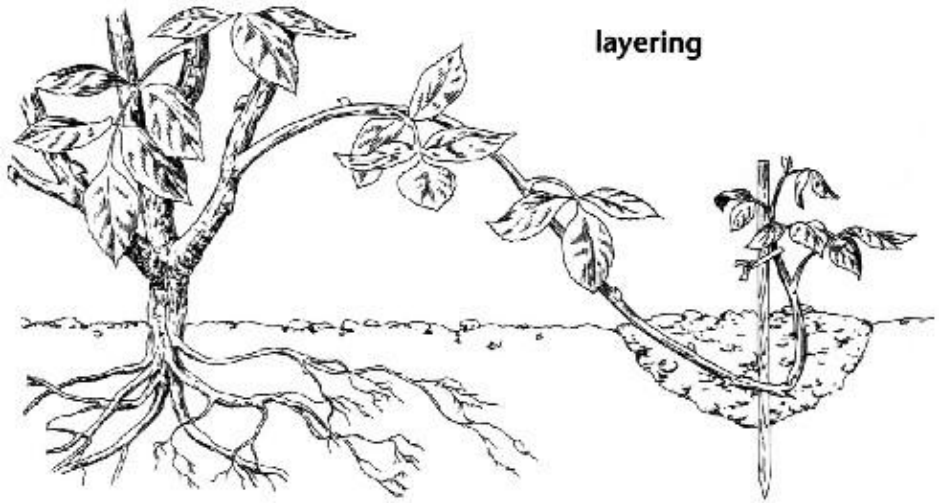
وتعتمد هذه الطريقة (الشكل رقم 57) على الظاهرة التى نشاهدها فى بعض النباتات ذوات السيقان الجارية كالشليك والتى تكون سيقانها جذورا عرضيه إذا لامست سطح التربة ، وتنمو البراعم لتكون فروعا هوائية. وقد أستعملت هذه الظاهرة صناعيا فى إكثار بعض النباتات التى لا تكون سيقانا جارية مثل العنب والتين والرمان والزيتون والليمون وتتلخص

الطريقة فى دفن فرع بأكمله أو جزء منه تحت سطح التربة مع إتصاله بشجيرته وموالاته بالرى حتى يتم خروج الجذور من هذا الفرع ، ثم يفصل الفرع من الشجرة الام حيث يكون نباتا جديدا.

وللترقيد نوعان:

I. **أرضى** : و هو الذى يتم إتباعه فى النباتات التى لها أفرع أو سيقان قريبة من سطح التربة . وقد يتكرر ذلك الترقيد أكثر من مرة على طول الفرع الواحد إذا كان طويلا ونريد الإستفادة منه بإخراج أكثر من نبات واحد جديد.

II. **هوائى** : و هو الذى يتبع عندما تكون النباتات أفرعها مرتفعة وبعيدة عن سطح التربة كما فى الأشجار الباسقة الإرتفاع . فيتم فى تلك العملية رفع التربة إلى الأغصان وذلك عن طريق عمل شرخ فى الغصن فى المكان المراد إخراج الجذور منه ثم إحاطته بتربة مناسبة رطبة وإحكام لف ذلك المكان داخل كيس بلاستيكى حتى تتركز الرطوبة وتخرج الجذور وبعد فترة يتم الفحص فنلاحظ خروج بدايات الجذور الجديدة على مكان القطع.



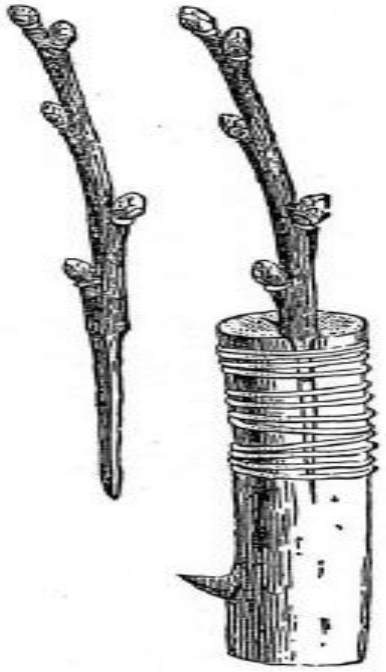
الشكل رقم (57): يوضح التكاثر بالترقيد.

التطعيم *Grafting*

وهو عبارة عن تركيب قطعة أو برعم من الفرع المراد إكثاره يعرف بالطعم *Scion* على ساق نبات أخر يعرف بالأصل *Stock* أو على فرع ما من فروعه لينمو الطعم ويكون القمة الخضرية للنبات . ويتصل النباتان معا ليكونا نباتا واحدا يستفيد فيه الطعم من المجموع الجذرى للأصل . كما يستفيد الأصل من المجموع الخضرى للطعم . ولا بد من أن يكون التطعيم بين نباتين من نفس الجنس مثل تطعيم التفاح على الكمثرى والنارنج على البرتقال والمشمش على الخوخ . وتجرى عملية التطعيم بعدة طرق مختلفة منها:

التطعيم بالقلم

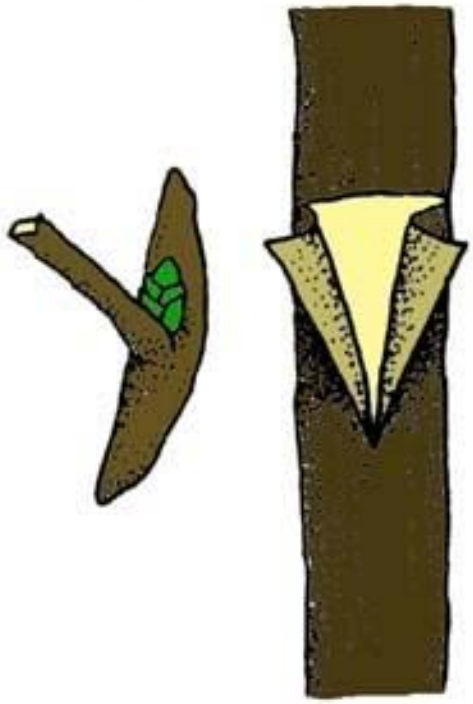
تركب قطعة من فرع الطعم على شكل قلم (الشكل رقم 58) له سن مدبب ويحتوى على عدد من البراعم ، فى شق طولى يقطع عموديا فى ساق الأصل بعد قطعه أفقيا على مقربة من سطح الأرض ، و لابد من أن تنطبق أنسجة الكامبيوم فى الطعم والأصل . ثم يدهن الجرح بطلاء التطعيم لحمايته من الأفات و الهواء . ويلف برباط محكم للوقاية من أشعة الشمس . وتستعمل هذه الطريقة فى حالة الاشجار كبيرة السن أو ذات الأفرع الغليظة وفى الأشجار متساقطة الأوراق.



الشكل رقم (58): يوضح طريقة التطعيم بالقلم.

التطعيم بالعين

هو عبارة عن فصل برعم واحد يسمى بالعين من فرع النبات المطلوب إكثاره وتركيبه على ساق نبات الأصل ليلتحم به وينمو عليه مكونا المجموع الخضرى. ويركب البرعم فى الأصل بعمل شق على شكل حرف T فى الأصل . و يوضع فيه البرعم ثم يربط برباط محكم ، وبعد نمو البرعم ووصوله الى درجة معينة من النمو تقطع أجزاء الأصل التى توجد أعلى مكان التطعيم.



الشكل رقم (59): طريقة التطعيم بالعين.

التطعيم باللصق

وفيه يلصق فرع من الطعم وفرع من الأصل ، بعد أن ينزع القلف فى كلاهما لمسافة محددة ويربط الفرعان بإحكام ، ويدهن الرباط بطلاء التطعيم . وبعد أن يتم الإلتحام يقطع فرع الطعم أسفل مكان الإلتحام وفرع الأصل أعلى مكان الإلتحام.

السيقان الأرضية

وهى أكثر الأعضاء النباتية استعمالا فى عملية التكاثر الخضرى التى تشتمل فى هذه الحالة على الأنواع التالية:

التكاثر بالدرنات

التكاثر بالدرنات

كما فى درنة البطاطس حيث يستكثر النبات بتقطيع الدرنة الى أجزاء يحتوى كل منها على عين أو أكثر. وتحتوى كل عين على عدد من البراعم وجزء من النسيج الغذائى . ثم توضع هذه الأجزاء فى تربة ملائمة فتنمو البراعم لتكون سيقانا هوائي تحمل أوراقا خضراء تخرج منها فروع أخرى تمتد أفقيا تحت سطح الأرض وهذه تتضخم نهايتها لتكون درنات جديدة.

التكاثر بالكورمات

تستكثر بعض النباتات كالقلقاس بتقطيع الكورمه إلى أجزاء يحتوى كل منها على برعم أو أكثر وجزء من النسيج الغذائى ، فتنبت أحد البراعم ليكون ساقا هوائية تحمل أوراقا خضراء ، ويختزن الغذاء الفائض فى الجزء الأرضى من الساق مكونا كورمة جديدة . وتذبل الأوراق الخضراء فى نهاية فصل النمو وتظل البراعم التى تحملها الكورمة الجديدة كامنة حتى فصل النمو التالى.

التكاثر بالريزومات

كما فى النجيل حيث تقطع الريزومة إلى قطع ، يحمل كل منها مجموعة من البراعم ، ثم تزرع فى تربة ملائمة فتخرج منها جذور عرضية وتنمو البراعم لتكون فروعا هوائية.

التكاثر بالأبصال

إذا وضعت البصلة فى تربة ملائمة فإن البرعم الطرفى ينمو ليكون فرعا هوائيا ، وكذلك تنمو البراعم الأبطية معتمدة على الغذاء المدخر فى القواعد المتشحمة للأوراق وفى أواخر فصل النمو تختزن الأوراق الخضراء

الجديدة الغذاء فى قواعدها التى تنتفخ لتكون أبصالا جديدة ، وتذبل بعد ذلك الفروع الهوائية.

الأوراق

تحمل أوراق بعض النباتات مثل البريوفيلم براعم عرضية على الأوراق . ويمكن إستكثار هذه النباتات بوضع قطع من الأوراق فى تربة ملائمة فتنمو البراعم العرضية مكونة فروعا هوائية و تخرج من السطح السفلى للورقه جذور عرضية.

الجذور

يمكن إستكثار بعض النباتات خضريا بواسطة الجذور كما فى الداليا والبطاطا ، ودرنة البطاطا عبارة عن جذر عرضى متشحم تتكون عليه براعم عرضية إذا زرعت فى تربة ملائمة ، وتنمو البراعم مكونة سيقانا هوائية تحمل فى أسفلها جذورا عرضيته . ويمكن فصل هذه السيقان وزراعتها لتنمو مكونة نباتات جديدة.

الشكل رقم (60): ويظهر فيه جذور البطاطا الدرنية وقد نمت البراعم العرضية ليتكاثر النابت خضريا.

تم بحمد الله