مقدمة في علم تشريح النبات والجسم النباتي Introduction to plant anatomy and plant body

تشريح النبات :Anatomy Plant

هو فرع من فروع علوم الحياة Biology الذي يختص دراسة التركيب الداخلي لجسم النبات عن طريق تشريح اعضائه المختلفة ودراسة مواقعها والانسجة المكونة لهذه الاعضاء وتكيفها للقيام بوظائفها المختلفة، ويعتبر في واقع الامر دراسة الشكل الداخلي للنبات Internal morphology. ويعتبر أيضاً احد فروع علم الشكل Morphological Sciences.

ويعرف ايضاً ، دراسة التركيب الداخلي والاعضاء للنبات والعالقة الموجودة بين الخلايا والانسجة والنظم النسيجية المختلفة المكونة للجسم النباتي. ويتضمن هذا العلم تشريح أعضاء الجسم النباتي المختلفة ودراسة مواقعها والانسجة المكونة لهذه الاعضاء وتكيفها للقيام بوظائفها المختلفة وتختلف النباتات في أجسامها واعضائها النباتية في تعقيد تراكيب اجسامها واعضائها النباتية فهي اكثر تعقيدا في النباتات الوعائية التي تكون مغطاة Gymnosperm و عاريات البذور Angyosperm .

تراكيب اجسامها معقدة أكثر من النباتات البدائية التي يتكون جسمها من خلية واحدة او من نوع واحد من الخلايا ذات التركيب المتشابه. الجسم النباتي Body Plant بالرغم من الاختلافات الكبيرة بين النباتات الراقية المختلفة بالحجم والشكل النباتي والمظهر من اعشاب وشجيرات واشجار الا ان هناك صفة عامة مشتركة بين هذه النباتات. وهي ان النبات عادة يتكون من محور رئيسي ذو زوائد جانبية. ويظهر الجسم النباتي تطورا عاليا في صفات التخصص التركيبي والوظيفي خارجيا الى اعضاء وداخليا الى خاليا وانسجة ثم الى نظم نسيجية. وبالرغم من تداخل الاجزاء النباتية كالجذر والساق والاوراق وكذلك الزهرة وارتباطها ببعض خلال فترة نمو النبات ويمكن تقسم الجسم النباتي بصورة عامة الى المجموع الجذري System Rootوهو الجزء الذي ينمو عادة تحت سطح التربة. والمجموع الخضري System Shoot وهو الذي ينمو عادة فوق سطح التربة. وعلى هذا الاساس يمكن اعتبار الجسم النباتي مكون من جذر Root وساق Stem واوراق Leaves (أعضاء خضرية Vegetative Organs) والزهرة Flower والعضو التكاثري Reproductive Organ .

كيفية تكوين النبات المعقد من الجنين عند فحص جنين النباتات البذرية نلاحظ وجود منطقتين انشائيتين على طرفي محور الجنين هما النسيج الانشائي القمي للساق Meristem Apical Shoot او Apex Shoot والنسيج الانشائي القمي للجذر Meristem Apical Root او Apex Shootوبنشاط هاتين المنطقتين وما يرافقهما من تمايز Differentiation وتخصص Specialization الى خاليا وانسجة مختلفة ثم ترتيبها بنظام معين لتكون الاعضاء المختلفة للجسم النباتي وبذلك يتحول الجنين البسيط الى نبات نامي معقد.

الجسم النباتي الداخلي للاعضاء:Internal Organization of Plant Body

يتكون الجسم النباتي داخليا من وحدات متميزة في المظهر الخارجي هي الخلايا Cells وكل خلية تحاط بجدار. وتكون مجاميع الخلايا المتشابهة تركيبيا أو وظيفياً أو كلاهما معا مما يدعى بالأنسجة Tissue وتعتمد اختلافات تراكيب الانسجة على الاختلافات في محتويات الخلايا وتنوع ارتباطها مع البعض. فالانسجة التي تتكون من نوع واحد من الخلايا تدعى بالانسجة البسيطة Tissue Simple والانسجة التي تتكون من أكثر من نوع من الخلايا تعرف بالانسجة المعقدة Complex Tissue.

يتضمن هذا العلم دراسة التركيب الداخلي لجسم النبات عن طريق تشريح اعضائه لمختلفة ودراسة مواقعها والانسجة المكونة لهذه الاعضاء وتكيفها للقيام بوظائفها المختلفة:
*أن النمو الذي يحصل في الجسم النباتي أو في اي جزء منه منذ فترة نشوء الجنين Embro ولغاية اكتمال استطاله يطلق عليه (النمو الابتدائي primary growth) ويحصل هذا بفعل المرستيمات القميه بشكل رئيسي كما وتسهم المرستيمات البينية اضافة الى المرستيمات القمية في بعض النباتات كالنجيليات في (النمو الابتدائي (Primary growth ويحصل هذا بفعل المرستيمات القمية بشكل رئيسي كما وتسهم المرستيمات البينية اضافة الى المرستيمات القمية في بعض النباتات كالنجيليات في النمو الابتدائي ايضا ، ويطلق على الانسجة التي تتكون اثناء هذا النمو (الانسجة الابتدائية primary tissue) اما الجسم النباتي الي يتكون من انسجة ابتدائية خلال النمو الابتدائي فيدعى بالجسم النباتي الابتدائي primary plant في الغالبية العظمى من نباتات ذوات الفلقة الواحدة والحولية من ذوات الفلقتين وكذلك أغلب النباتات وعائية البدائية يكون الجسم النباتي ابتدائيا . أما معظم النباتات ذوات الفلقتين وعارية البذور وبعضا من ذوات الفلقة الواحدة التي تعاني تسمكا في السيقان والجذور فيحصل بها نوع اخر والنمو يبدأ بعد اكتمال النمو الابتدائي للجسم النباتي ويسبب زيادة قطرية محسوسة في الاعضاء التي يحصل فيها ويدى بالنمو الثانوي (sacondary growth) وتعرف الانسجة المتكونة اثناء هذا النمو للأنسجة الثانوية (sacondary tissues) وينتج عن ذلك جسم نباتي يعرف بالجسم النباتي الثانوي(sacondary plant) الذي يكون اصلب واقوى واكثر مقاومة وتعقيدا من الجسم النباتي الابتدئي كما هو واضح في الاشجار والشجيرات عند مقارنتها بالاعشاب. يحصل النمو الابتدائي نتيجة لنشاط المرستيمات الابتدائية primary meristem التي ينتج عن نشاطها تكوين انسجة ابتدائية.

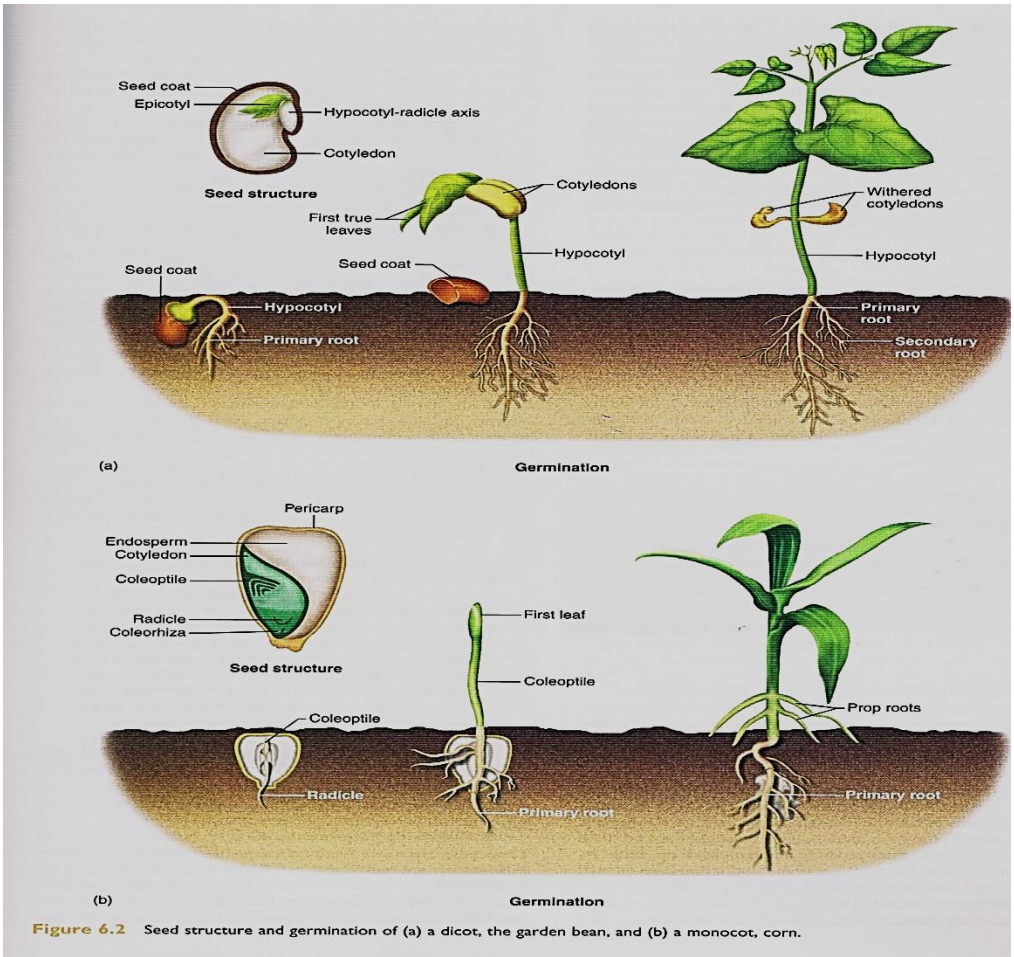


Figure 6.2 Seed structure and germination of (a) a dicot, the garden bean, and (b) a monocot, corn.

اما النمو الثانوي الذي يكون الانسجة الثانوية المكونة للجسم النباتي الثانوي فيتم بفعل مرستيمات اخرى تدعى بالمرستيمات الثانوية secondary meristemممثلة بالكامبيوم الوعائي vascular cambium والكامبيوم الفليني . cork cambium Or phellogen وتتحدد وظيفة الكامبيوم الوعائي بتكوين النسيج الوعائي الثانوي ممثلا بالخشب واللحاء الثانووين بينما ترتبط وظيفة الكامبيوم الفليني بتكوين البشرة المحيطة periderm التي تمثل النظام النسيجي الضام في الجسم النباتي الثانوي.

يعرف النسيج هو مجموعة من الخلايا المقترنة تركيبيا ووظيفيا . ذات موقع خاص ومنها تتجمع هذه المجموعات النسيجية ضمن الانظمة النسيجية ومثلها النظام النسيجي الاساسي والنظام النسيجي الوعائي والنظام النسيجي الضام.

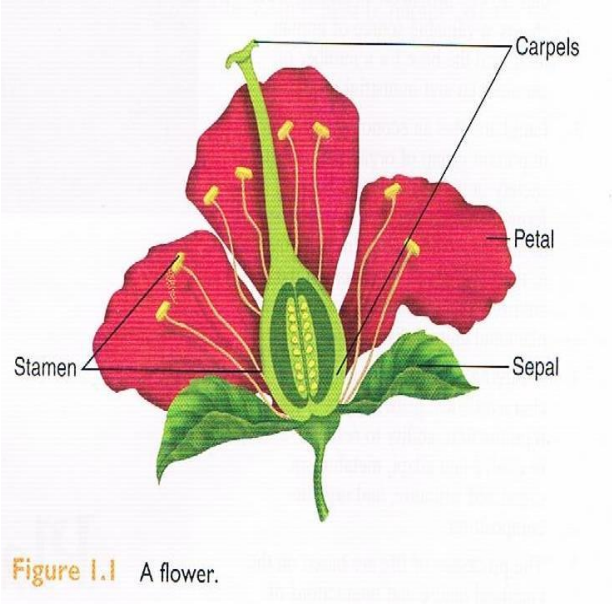
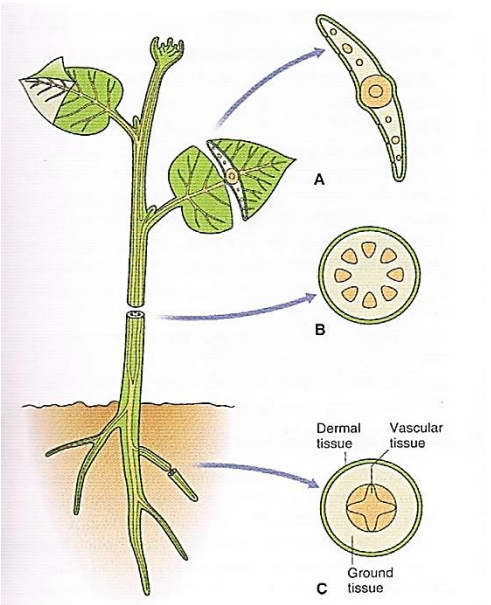


Figure 1.1 A flower.



شكل يوضح ترتيب الانظمة النسيجية في الجذر والساق والورقة

اما المكونات الغير حية فتشمل بالاضافة الى الجدار الخلوي الفجوات العصارية Vacuole وحبيبات النشاء starch grain والحبيبات البروتينية او الاليرونية Alerone grain والقطيرات الزيتية Oil droplets والبلورات Crystal .

•جدار الخلية The cell wall

يوصف الجدار في الخلية النباتية بأنه جدار حقيقي ميت يتميز بوجود ماد السليلوز التي تخلو منها الخلايا غير النباتية ويتكون ويتكون جدار الخلية نتيجة لنشاط بروتوبلاست لخلية , ولكنه من اجزائها الميتة فهو طبقة غير حية تحيط بالخلية . اما تمدد الجدار واتساعه اثناء نمو الخلية فلا يعتبر دليلا على حيويته فهو في هذه المرحلة من نمو الخلية يكون رقيقا وقابلا للتمدد لذا فهو يتسع نتيجة لازدياد حجم ونمو بروتوبلاست الخلية.

يقوم بعد ذلك البروتوبلاست بترسيب غشائين رقيقين على جهتي الصفيحة الوسطى يكونان ما يسمى الجدار الابتدائي primary cell wall Middle lamella

وعندما تصل الخلية الى كامل نضجها قد يندمج الجدار الابتدائي بالصفيحة الوسطى فيطلق عليه عندئذ اسم لصفيحة الوسطى المركبة Compound لتمييز بين الصفيحة الوسطى المتكونة اصلا والمتميزة عن الجدار الابتدائي تلك التي اندمجت مع الجدار الابتدائي فقد استعمل لفظ الصفيحة الوسطى البسيطة simpie middle للاولى والصفيحة الوسطى المركبة .Compound middle للثانية.

كما ويحدث تغلظ اخر يضاف الى الجدار وذلك بعد وصول الخلية الى كامل نضجها هذا التغلظ يكون جدرا اخر فوق الجدار الابتدائي يعرف الجدار الثانوي Secondary cell wall الذي يتكون في بعض الخلايا النباتية.

يبدو الجدر الثانوي متميزا بسهولة عن الجدار الابتدائي او عن الصفيحة الوسطى المركبة الا انه في بعض الحالات يندمج الجدار الثنوي بالجدار الابتدائي ولا يمكن تمييزه عنه وعندئذ يمكن ان يطلق اسم الصفيحة الوسطى المركبة للجداريين معا اضافة الى الصفيحة الوسطى.

وعلى هذه الاسس يمكن تمييز الطبقات التالية في الجدار الخلوي:.

1- الصفيحة الوسطى Middle lamella

ويطلق عليها ايضا المادة البينية Intercellular substance التي تقوم بربط الجداريين الابتدائيين المتصلين بها ... وتتركب الصفيحة الوسطى بشكل اساس من بكتات الكالسيوم والمغنيسيوم الا انها قد تحتوي على مواد خرى مثل اللكنين كما في العناصر الناقلة في الخشب.

2-الجدار الابتدائي primary cell wall

يمثل الجدار الابتدائي او جزء من الجدار يضاف من قبل البروتوبلاست على الصفيحة الوسطى وتحمل اضافته في المراحل التي تكون فيها الخلايا لا زالت في حالة نمو في السطح وفي الحجم يتكون الجدار الابتدائي من مواد بكتيه وسيليلوز ومواد غير سليلوزي متعددة السكريات ومواد اخرى.

3-الجدار الثانوي Secondar cell wall

وهو الجدار الذي يضاف على الجدار الابتدائي في بعض انواع من الخلايا ذلك بعد اكتمال النمو السطحي والحجمي للخلية اي ان تكوين الجدار الثانوي يبدأ بعد وصول الخلية الى حجمها النهائي .كما انه يتميز بكونه يزيد سمك الجدار بصورة مطردة دون ان يحدث زيادة في سطح الجدار.

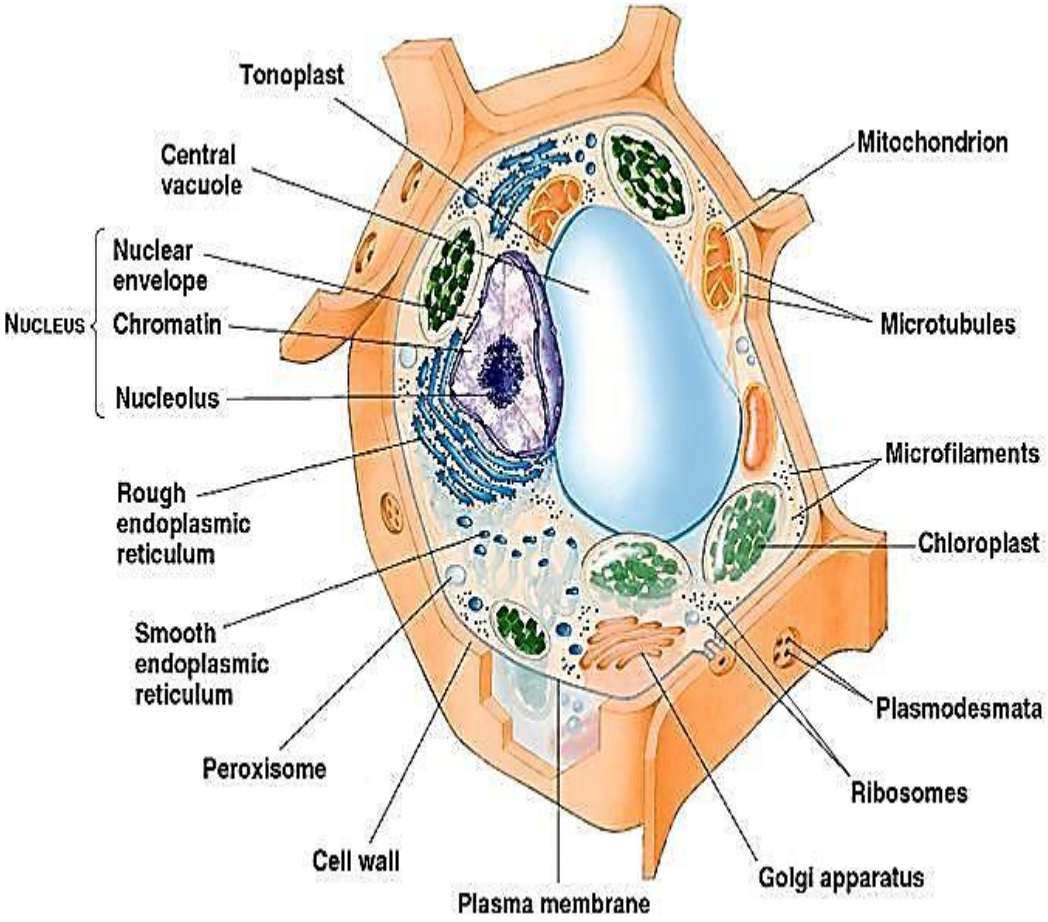
الخلية النباتية The cell plant

الخلية هي وحدة التركيب والوظيفة في جسم الكائن الحي ويدعى العلم الذي يهتم بدراسة الخلية ومكوناتها الحية وغير الحية وطرق انقسامها ب(علم الخلية Cytology) .

مكونات الخلية النباتية

1- الجدار الخلوي Cell wall

2- محتويات الخلية Cell contents

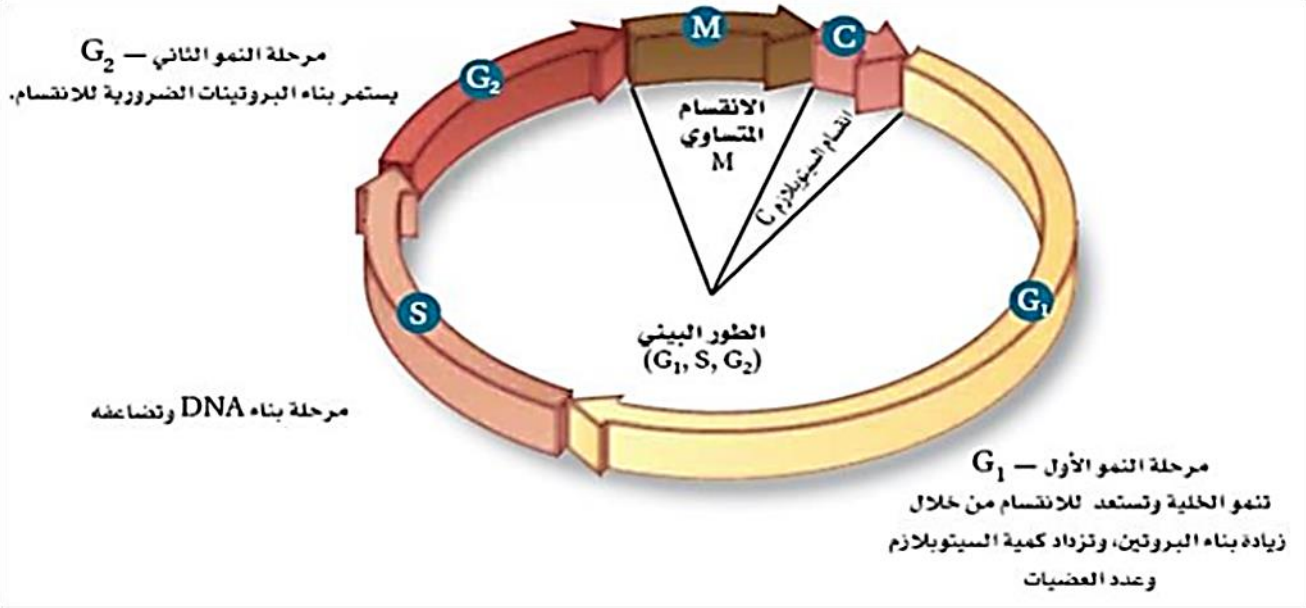


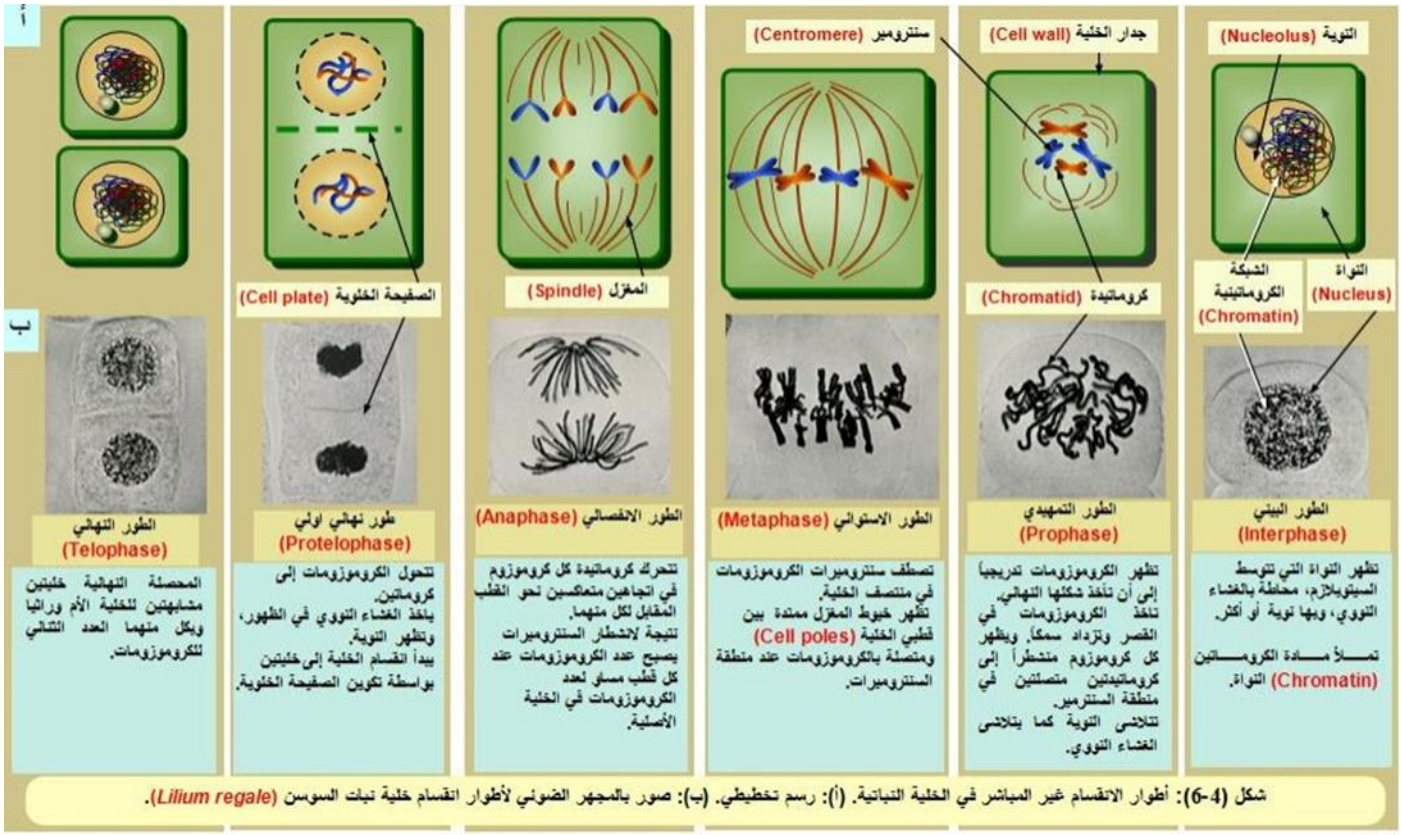
تقسم مكونات الخلية الى :

Non-living components (Crystals , Vacuole , Starch grain , Aleurone grain , Oil droplets

Living components (protoplasmic) (Cytoplasm , Nucleus , Mitochondria Ribosome's , Plastids , Golgi apparatus (Dictyosomes) , Endoplasmic reticulum .

The cell cycle in plant





شكل (4-6): أطوار الانقسام غير المباشر في الخلية النباتية. (أ): رسم تخطيطي. (ب): صور بالمجهر الضوئي لأطوار انقسام خلية نبات السوسن (*Lilium regale*).

التركيب الدقيق للجدار الخلوي Fine structure of the cell wall

هو طبقة غير حية (ميتة) يحيط بالخلية من الخارج وانه جدار حقيقي يتميز بوجود مادة السليلوز التي تخلو منها الخلايا غير النباتية ويتكون جدار الخلية نتيجةً لنشاط بروتوبلاست الخلية. فهو يحيط بجميع الخلايا النباتية ماعدا حالات نادرة وشاذة هي :

1- السبورات المتحركة Motor spores في الطحالب والفطريات.
2- خلايا الامشاج Gametes في سائر النباتات.
3- المدمج الخلوي Coenocytes في الطحالب.

تمدد الجدار واتساعه أثناء نمو الخلية فلا يعتبر بأي حال من الاحوال دليلاً على حيويته فهو في هذه المرحلة من عمر الخلية يكون رقيقاً وقابلاً للتمدد لذا فهو يتسع نتيجة لأزدياد حجم ونمو البروتوبلاست اثناء نمو الخلية ويكون الجدار عند بدأ تكوينهُ رقيقاً للغاية ولكن تحدث لهُ بعد ذلك عدة تغيرات سواءاً في السمك أو التركيب الكيميائي.

ويظهر الجدار الخلوي مباشرةً بعد الانقسام بشكل منطقة داكنة تتكون عند خط استواء المغزل Equator ويطلق عليها اسم فراكموبلاست phroagmoplast او الجسم البرميلي وخلال الفراكموبلاست يظهر

الجدار بشكل صفيحة رقيقة تسمى بالصفيحة الخلوية Cell plate تتكون في البداية بوضع مركزي ثم تمتد تدريجياً نحو الخارج centrifugal الى ان تصل الى جدار خلية الأم. وتسمى حينئذ بالصفيحة الوسطى Middle lamella بعدها يقوم البروتوبلاست بترسيب غشائين رقيقين على جهتي الصفيحة الوسطى يكونان مايسمى بالجدار الابتدائي Primary cell wall وعندما تصل الخلية الى كامل نضجها قد يندمج الجدار الابتدائي بالصفيحة الوسطى فيطلق عليه أسم الصفيحة الوسطى المركبة Compound middle lamella وبذلك تكون ثلاثية الطبقة 3-layered .

في حالات كثيرة يحدث تغلظ أخر يضاف الى الجدار وذلك بعد وصول الخلية الى كامل نضجها، هذا التغلظ يكون جداراً أخر فوق الجدار الابتدائي يعرف بالجدار الثانوي Secondary cell wall الذي يتكون في بعض الخلايا النباتية.

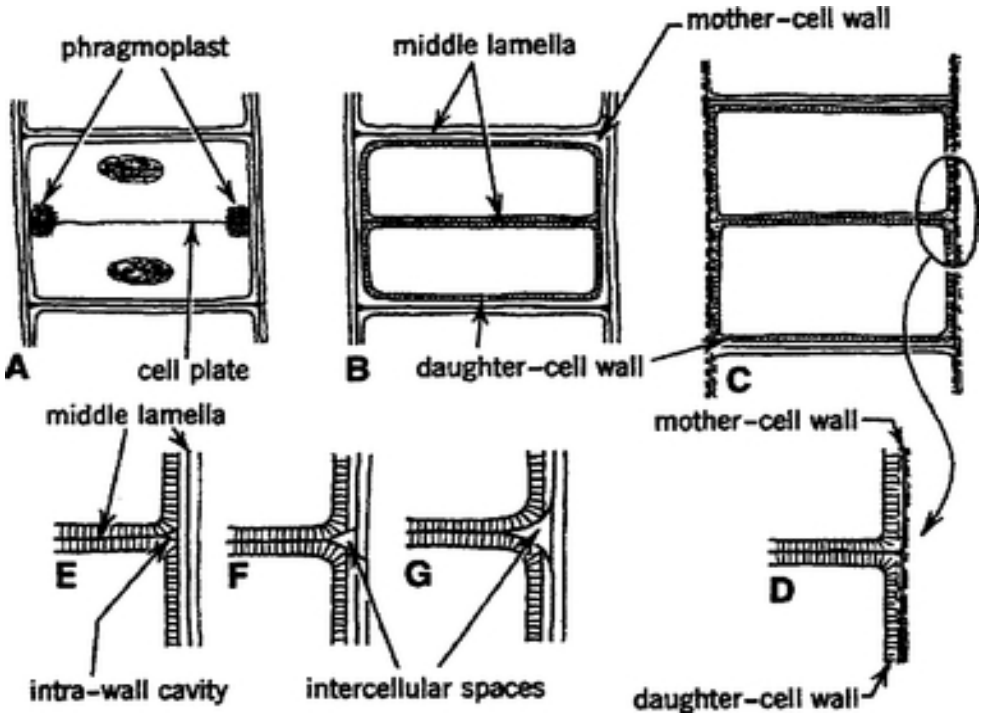
في بعض الاحيان يندمج الجدار الثانوي بالجدار الابتدائي ولا يمكن تمييزهُ عندئذ يمكن ان يطلق عليه أسم الصفيحة الوسطى المركبة وعلى الجداريين معاً أضافة الى الصفيحة الوسطى وتصبح الصفيحة الوسطى المركبة في هذه الحالة تصبح خماسية الطبقة 5-layere .

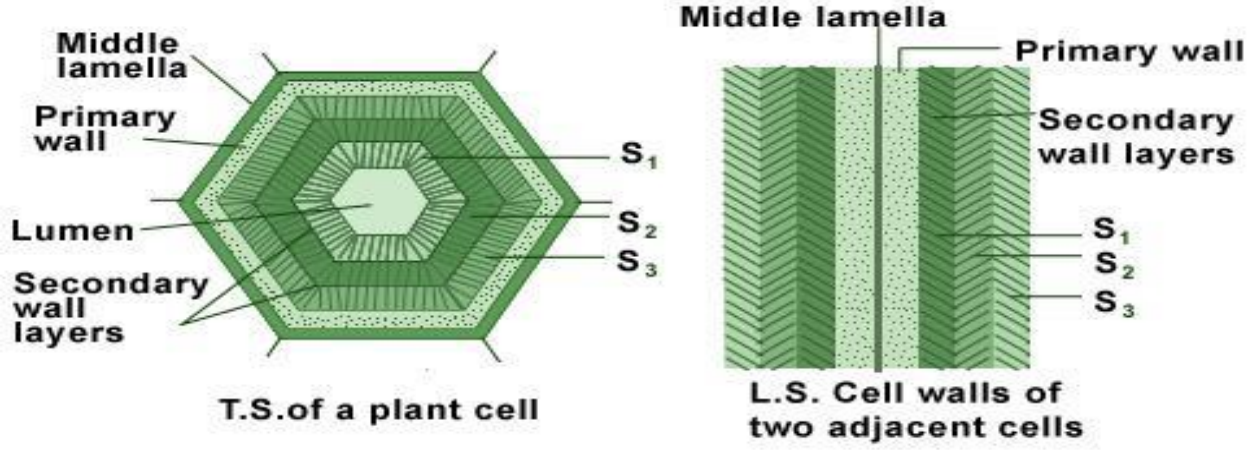
مراحل تكوين الجدار الخلوي:

1. **فراكموبلاست Phragmoplast: منطقة داكنة سوداء اللون تظهر عند خط استواء المغزل Equator بعد الانقسام مباشرة.**
2. **الصفيحة الخلوية Cell plate: يزداد سمك الفراكموبلاست ويبدو الجدار بشكل صفيحة رقيقة. تكون في البداية في وسط الخلية تتمدد الى جوانب الخلية.**
3. **الصفيحة الوسطى Middle lamella: عند وصول الصفيحة الخلوية الى جانبي الخلية وتتكون الصفيحة الوسطى اساسا من بكتات الكالسيوم والمغنسيوم.**
4. **الجدار الابتدائي Primary cell wall: يقوم البرتوبلاست بترسيب غشائيين رقيقين على جهتي الصفيحة الوسطى.**

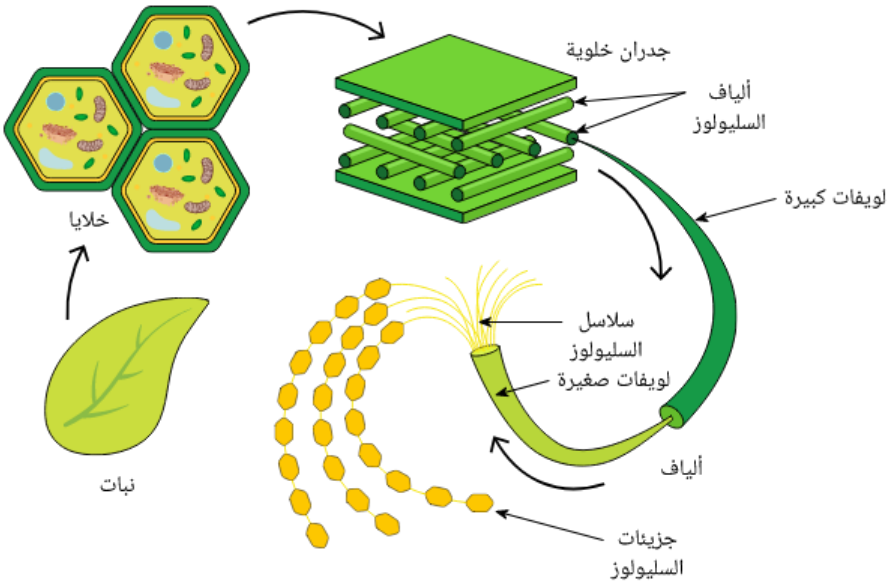
وعندما تصل الخلية الى تمام نضجها قد يندمج الجدار الابتدائي بالصفيحة الوسطى، فتسمى عندئذ الصفيحة الوسطى المركبة Compound middle lamella وللتميز بين الصفيح الوسطى البسيطة وتلك التي اندمجت مع الجدار الابتدائي فقد استعمل لفظ المركبة التي تكون ثلاثية الطبقات.

5- الجدار الثانوي Secondary cell wall : يحدث تغلظ أخر يضاف الى الجدار الابتدائي وذلك بعد وصول الخلية الى كامل نضجها ويعرف بالجدار الثانوي Secondary cell wall الذي يتكون في بعض الخلايا النباتية.



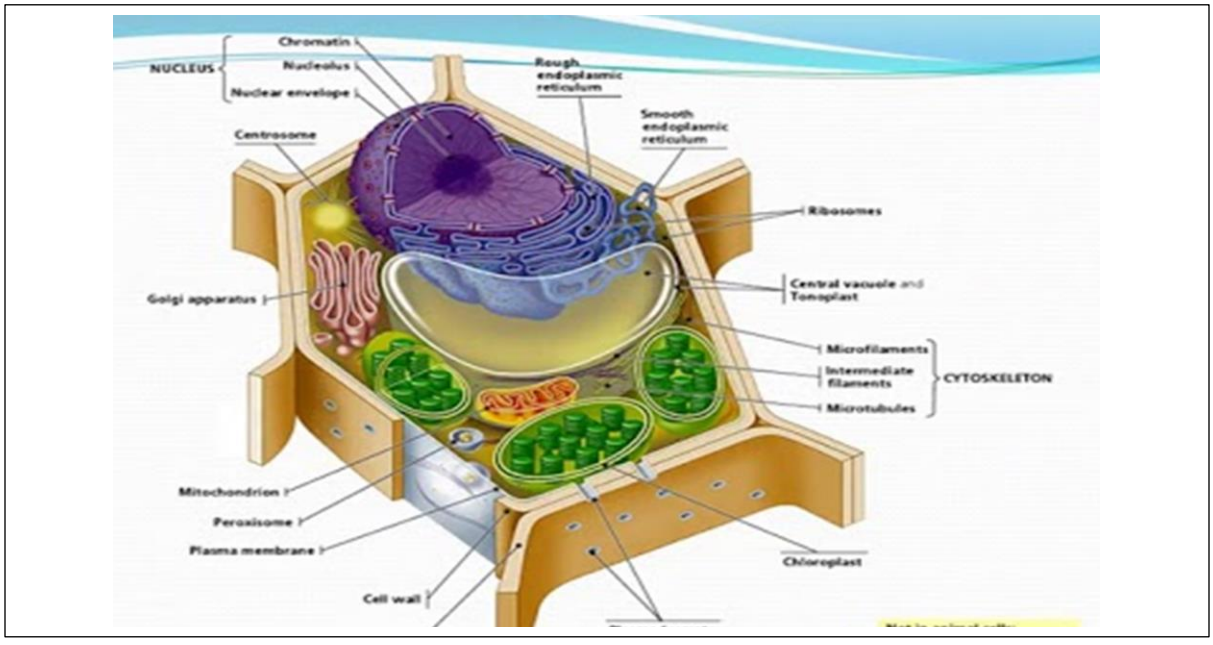


عندما يتم فحص الالياف Fibres او القصيبات tracheids تحت المجهر الضوئي يلاحظ بان الجدار مكون من طبقات سيليلوزية وهذه لطبقات مؤلفة من حزم من الليفات الكبيرة macrofibrile وهذه تتكون من ليفات دقيقة microfibrile وتكون الليفات الدقيقة من حزم من جزيئات السيليلوز cell ulose molecules وكل جزيئة سيليلوز مكونة من جزيئات كلوكوز متحدة مع بعضها البعض خلال ذرات الاوكسجين . تختلف الجزيئات المرتبة بهيئة سلاسل في طولها متحدة مع بعضها في حزم . وفي بعض اجزاء هذه الحزم هذه السلاسل مرتبة بانتظام في ثلاثة ابعاد على هيئة شبكات حيث تكون المسافات بين السلاسل منتظمة وكذلك بين سلاسل جزيئات الكلوكوز (هذه الحزم المرتبة تسمى micelles) ان هذا الترتيب هو الذي يعطي لخواص البلورية للسيليلوز . ان ترتيب الليفات الدقيقة يختلف باختلاف نوع الجدران والخلايا.



شكل 4: شكلٌ يوضّح كيفية تراكم ألياف السليولوز لتشكيل شبكة داخل الجدران الخلوية للنباتات، وهو ما يُزوّد الخلايا بدعامة تركيبية. يُحيط الجدار الخلوي بخلايا النبات.

طبقات الجدار الخلوي Wall layers:



1- الصفيحة الوسطى Middle lamella :

ويطلق عليها المادة البينية Intercellular substance التي تقوم بربط الجدارين الابتدائيين المتصلين بها، وتتركب الصفيحة الوسطى من بكتات الكالسيوم والمغنسيوم الا انها قد تحتوي على مواد اخرى مثل اللكنين كما في عناصر الناقلة في الخشب وتبعا لتاثير الضوء المستقطب فتوصف بانها غير فعالة ضوئيا Optically inactive أو متجانسة ضوئيا isotropic .

2- الجدار الابتدائي Primary cell wall:

وهو اول جزء من الجدار يضاف من نشاط البروتوبلاست على الصفيحة الوسطى والخلية لازالت حية وفي مرحلة نمو السطح والحجم.

مكونات الجدار الابتدائي: يتكون من 1- مواد بكتينية Pectic substances 2- سليلوز Cellulose 3- مواد غير سليلوزية متعددة السكريات Non-celulosic polysaccharide .

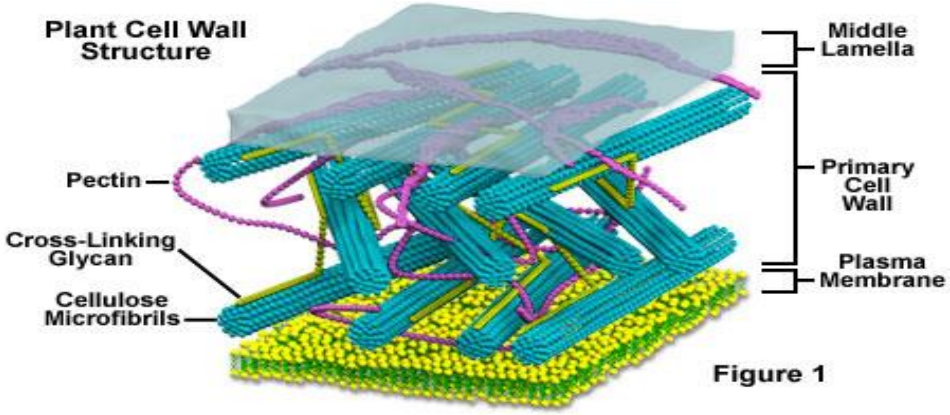


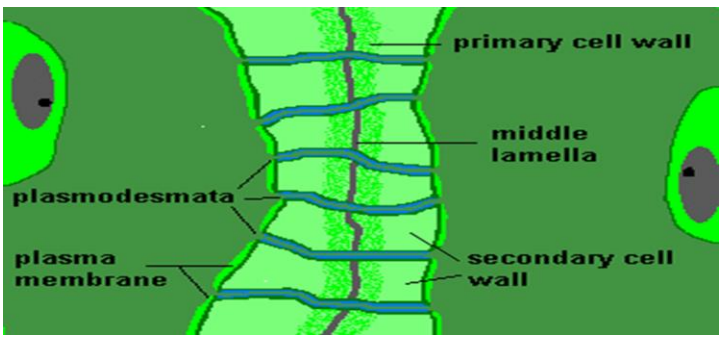
Figure 1

3- الجدار الثانوي Secondary cell wall :

وهو الجدار الذي يضاف على الجدار الابتدائي في بعض الانواع من الخلايا وذلك بعد اكتمال النمو السطحي والحجمي للخلية، أي ان تكوين الجدار الثانوي يبدأ بعد وصول الخلية الى حجمها النهائي، كما انه يتميز بزيادته المطردة دون حدوث زيادة في سطح الجدار.

المواد التي تدخل في تركيبه هي: السليلوز cellulose الذي يتألف في الجزء الاكبر من الجدار والسكريات المتعددة غير السليلوزية بالاضافة الى مواد اخرى مثل اللكنين lignin والسوبرين suberin ويتميز الجدار الثانوي بخلوه من البكتين الحقيقي.

يتميز الجدار الثانوي بكونه مر بتغيرات غير معكوسة Irreversible changes في السمك والتركيب الكيميائي خلافا لما يحدث في الجدار الابتدائي.



الانسجة التي يوجد فيها الجدار الثانوي

1. العناصر الناقلة في الخشب كالاوعية والقصيبات .
2. بعض الخلايا البرانكيمية كتلك التي في نسيج الخشب
3. النسيج السكلرنكيمي كالياف والخلايا الصخرية
4. النسيج الفليني
5. في بعض خلايا البشرة كتلك في الصنوبريات والنباتات دائمة الخضرة وخلايا الفيلامين الموجودة في الاوركيدات.

مقارنة بين الجدار الابتدائي والجدار الثانوي

Primary cell wall	Secondary cell wall
1- يتكون والخلية لا زالت في نمو سطحي وحجمي	**1- يتكون بعد اكتمال نمو الخلية**
2- يتكون من السيليلوز ومواد غير سيليلوزية متعدد السكريات ومواد بكتية	**2- يتكون من السيليلوز ومواد غير سيليلوزية ولكنين وسوبرين ويكون خالي من المواد البكتية .**
3- النسبة العالية من السيليلوز غير متبلور (حوالي 90%)	**النسبة العالية، السيليلوز متبلور (90%)**
4- ذو طبيعة مرنة لوجود نسبة عالية من السيليلوز غير المتبلور	**4- غير مرن لوجود نسبة عالية من السيليلوز المتبلور**
5- يحيط بخلايا حية كالخلايا المرستمية والبارنكيمية والكولنكيمية (عندما يبقى لوحده محيطا بالخلايا)	**5- يحيط بالخلايا الميتة عادة كالخلايا السكرلنكيمية والخشب مثل الالياف والاوعية والقصيبات والفلين**
6- يمر بتغيرات عكسية	**6- لا يمر بتغيرات عكسية**
7-تظهر فيه حقول نقريه ابتدائية كنتيجة لتمدده	**تظهر فيه نقر بسيطة او مصفوفة**

خواص جدران الخلايا

تختلف جدران الخلايا فيما تظهرهُ من خواص فيزياوية كالفعالية الضوئية Optical activity واللدانة Plasticity والمرونة Elacticity وقوة الشد Tensil strength .

- **اللدانة Plasticity**

وهي خاصية الاحتفاظ بالشكل والحجم عند التعرض لمؤثر يؤدي الى التغير، تظهر هذه الخاصية بوضوح في بعض مراحل النمو عندما تصل الخلايا حجماً معيناً وتأخذ شكلاً تحتفظ به.

- **المرونة Elacticity**

وهي القدرة على الرجوع الى الشكل أو الحجم الأصلي بعد زوال المؤثر وهذه الخاصية تمتاز بها جدران الخلايا التي تتعرض الى تغير في ضغط الأمتلاء.

- **قوة الشد Tensil strength**

ومعناها مقاومة المط وتتصف بها جدران العناصر الميكانيكية كالالياف خاصةً تلك التي توجد خارج نسيج الخشب في نباتات ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين.

وظائف جدار الخلية Cell wall functions

1- مساعدة الخلية النباتية ميكانيكياً باعطاءها الصلابة والمتانة.

2- مقاومة الضغط الانتفاخي الازموزي للخلية.

3- المساعدة في نمو الخلية عن طريق بعض البروتينات الموجودة في تركيب الجدار التي تعطي مرونة لجدار الخلية الأولي.

4- مسامية الجدار تسمح بمرور المواد الذائبة خلال جدار الخلية كما يتوسط في تبادل الايونات بين الخلية ومحيطها.

5- تحديد وادامة شكل الخلية .

6- الحماية ضد الممرضات والعوامل البيئية.

التركيب الكيمياوي لجدار الخلية Chemical composition of cell wall

1- **السليلوز Cellulose** يكون السليلوز الهيكل الأساسي للجدار الخلوي وهو عبارة عن مركب كربوهيدراتي، يتكون من سلسلة طويلة من وحدات سكر الكلوكوز $(C_6H_{10}O_5)_n$ مترابطة معاً ويتراوح عدد جزيئات سكر الكلوكوز من جزيئ السليلوز الواحد مابين 3000-8000 جزيئي والسليلوز مادة محبة للماء نسبياً.

2- **اشباه السليلوزات Hemicellulose** وتعتبر من السكريات المتعددة تلي السليلوز في الاهمية من حيث وفرتها في الجدار الخلوي، وتعتبر مجموعة غير متجانسة من المركبات تختلف فيما بينها في قابليتها

الذوبان في الماء ويعتقد انها تعمل على ربط السليلوز بالمركبات غير السليلوزية وحداتها سكريات خماسية مثل Xylose و Arabinose أو سكريات سداسية مثل Galactose و Mannose .

3- البكتين Pectin يدخل البكتين في تركيب الصفيحة الوسطى وكذلك الجدار الابتدائي ولكنها لا توجد في الجدار الثانوي، ويوجد البكتين على ثلاث اشكال وهي Pectic acid و Pectin و Protopectin ، واللبكتين خواص غروية فهي محبة للماء ووجودها في جدران الخلايا يكسبها اللدانة والمرونة نتيجة لأحتفاظها بنسب عالية من الماء Hydrophilic.

4- اللكنين Lignin وهو من اهم المواد التي يتحمل فيها الجدار الخلوي ويكسبه الصلابة والقوة . تعرف عملية تحمل الجدران بمادة اللكنين بعملية اللكننة Lignification في هذه العملية يرتبط اللكنين بأواصر كيمياوية مع السكريات المتعددة الاخرى للجدار، وتشمل طبقات الجدار الثلاثة وفي حالة تلكننها يكون الجدار الابتدائي والصفيحة الوسطى اشد تلكنناًعادةً من الجدار الثانوي.

5- الدهون Fatty substances ويشمل السوبرين Suberine والكيوتين Cutin والشموع Waxes وهذه تمثل بوليميرات الاحماض الدهنية والتي تختلف في درجات أنصهارها بالحرارة وقابلية ذوبانها بالمذيبات العضوية فالشموع مثلاً تنصهر بالحرارة بسهولة ويسهل استخلاصها بالمذيبات العضوية كالكلوروفورممثلاً في حين لا ينصهر السوبرين والكيوتين بالحرارة ولايستخلصان بسهولة بالمواد العضوية. ونظراً لكون المواد الدهنية (السوبرين،الكيوتين،الشموع) في المواقع الخارجية لجسم النبات ولكونها غير منفذة للماء فهي تقوم بوظائف وقائية ضد الحشرات والطفيليات كما انها تحمي النباتات من الجفاف وفقدان الماء.

6- الاصماغ والمواد الهلامية Gummous and Mucilage وهي من الكربوهيدرات التي توجد في جدران بعض الخلايا وتضظهر الأصماغ في النباتات كرد فعل نتيجة للاصابة بمرض معين أو نتيجة لخلل فسيولوجي مما يؤدي الى تحلل جدران بعض الخلايا ومحتوياتها وتحولها من الحالة الصلبة البلورية الى الحالة السائلة وتعرف العملية **بالتصميغ Gummosis** أو التحلل الصمغي، ويبدأ التصمغ عادةً في الجدار الأبتدائي والصفيحة الوسطى وبعد ذلك يتحلل الجدار الثانوي ان وجد، وتتكون نتيجة تحلل جدران الخلايا ومحتوياتها فسحاً بين الخلايا فتصبح في حالة التصمغ الشديد بشكل قنوات تُملأ بالمادة الصمغية كما في بعض العوائل النباتية في منطقة القلف كما في نبات السنط البنغالي Acacia sanegal التي يستخرج منها الصمغ العربي، أما المواد الهلامية Mucilages فتتكون من الطبقات الخارجية لجدران خلايا البشرة في النباتات المائيةواغلفة البذور والتي تتكون هذه المواد في خلايا فارزة خاصة أو في شعيرات غدية ملحقة بنسيج البشرة .

النقر Pits:

وهي عبارة عن تجاويف او انخفاضات تظهر النقر بشكل متقابل في الخلايا المتجاورة ويفصلهما عن بعضهما غشاء رقيق يتألف اساسا من الصفيحة الوسطى.

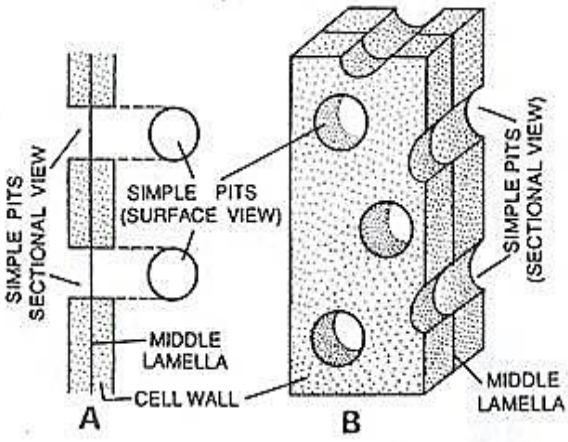
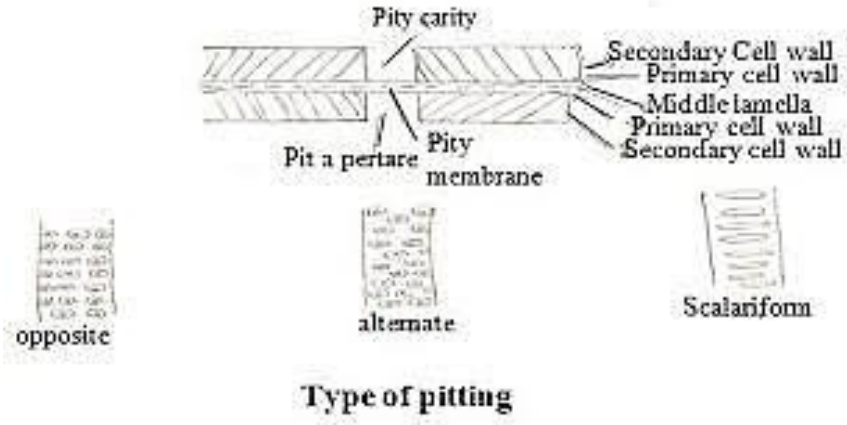


Fig. 34.12. Simple pits. A, cell-wall having two simple pits showing sectional and surface views; B, portion of a cell wall showing some simple pits—sectional view (right top) surface view (front).



Type of pitting

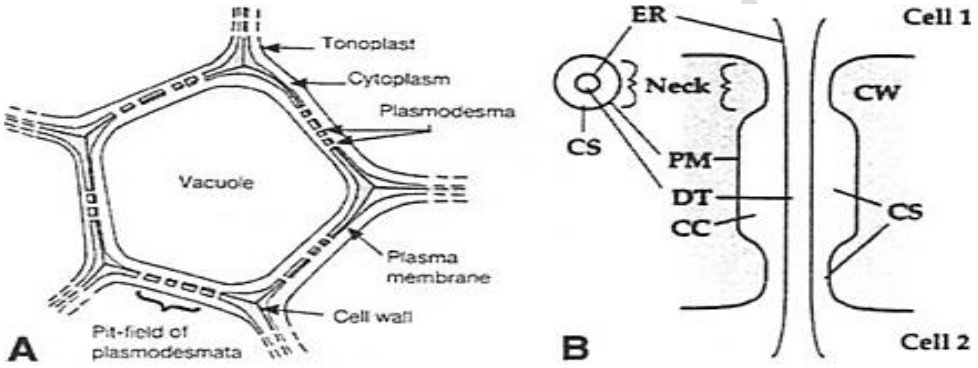
التنقر Pitting : ويعني ترتيب النقر في جدار الخلية مثال الترتيب السلمي scalarifom والتنقر المتبادل alternate pitting والمتقابل opposite pitting .

تنشأ النقر في البداية على هيئة حقول نقرية ابتدائية Primary pit fields في الجدران الابتدائية وتتكون الحقول كنتيجة لتمدد الجدران وعندما يضاف الجدار الثانوي تتكون النقر وهذه اما ان تكون بسيطة Simple او مضفوفة pit Border.

انواع النقر Types of pits

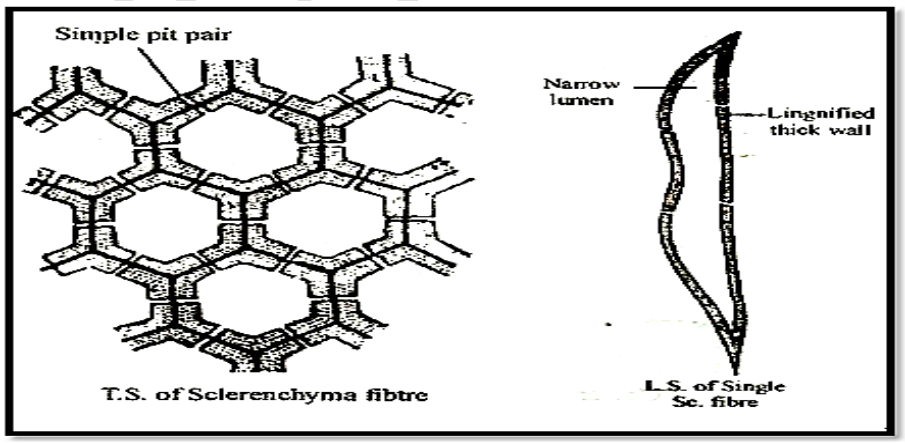
1. حقول النقر الابتدائية Primary fields pits :

وهذه تظهر في الجدران الابتدائية نتيجة نمو البروتوبلاست وزيادته في الحجم ويزداد ظهورها بزيادة سمك الجدار وتبدو النقر الابتدائية في المنظر الجانبي بما يشبه المسبحة حيث يتكون الجدار الابتدائي من مناطق رقيقة تمثل حقول النقر الابتدائية ومناطق سميكة على التوالي، وتظهر بشكل واضح في الخلايا الحية التي لم تتغلظ بعد بجدار ثانوي وتتميز هذه الحقول بوجود الروابط البروتوبلازمية.



2. النقر البسيطة Simple pits :

يعتبر وجود النقر مميزا للجدران الثانوية، فأن كانت هذه النقر ذات قطر متجانس تقريبا خلال الجدار اطلق عليه اسم النقر البسيطة ونلاحظ فيه التراكيب النقرة الاساسية يوجد في بعض انواع الخلايا البرانكيمية المحتوية على الجدار الثانوي كما انها موجودة في كثير من العناصر الناقلة في الخشب بالاضافة الى وجودها في الالياف.

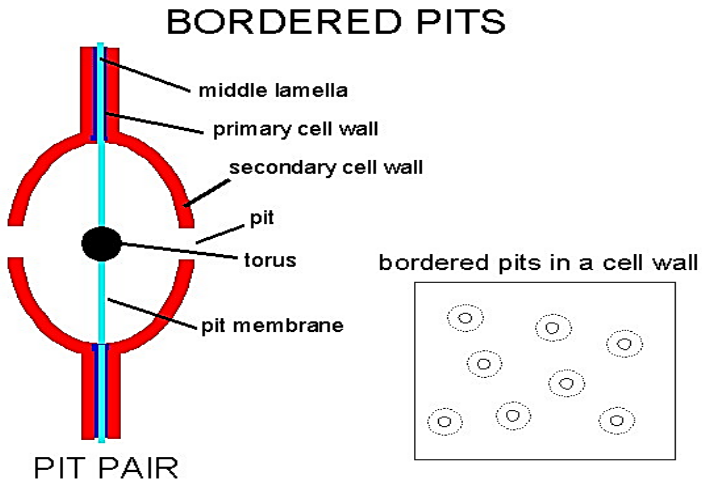


3. النقر المضفوفة Bordered pits :

وهي التي ينفصل بها الجدار الثانوي عن غشاء النقرة متدرجا في الرقة ومكونا مايعرف بالضفة Border ولا تلتقي حواف الضفة في الوسط بل تظل متباعدة لتكون فتحة مركزية هي فتحة النقرة كما ان غشاء النقرة قد لا يبقى رقيقا بل يتغلظ في الوسط مكونا ما يسمى بالتخت ويتخلف مابين الضفة وغشاء النقرة فراغ يدعى بغرفة النقرة او الردهة.

اهم أجزاء النقرة المضفوفة:

1- فتحة النقرة Pit aperture
2- غشاء النقرة Pit membrane ويتكون من الصفيحة الوسطى وجزء من الجدار الأبتدائي وان غشاء النقرة قد لايضل رقيقاً بل يتغلظ من الوسط مكوناً ما يسمى Torus . يتكون التخت من مواد جدارية ابتدائية ويعتبر التخت صفة مميزة للرتب (الصنوبريات Coniferals، العلديات Gmetales، الجنكولات Ginkoafes). مما تجدر الأشارة اليه أن وجود التخت يكون مقتصراً على النقر المضفوفة الوجهين Bordered pit pair ولا وجود لهُ في النقر نصف مضفوفة.
3- الردهة Pit chamber وهو الفراغ بين الضفة وغشاء النقرة.
4- الضفة Border



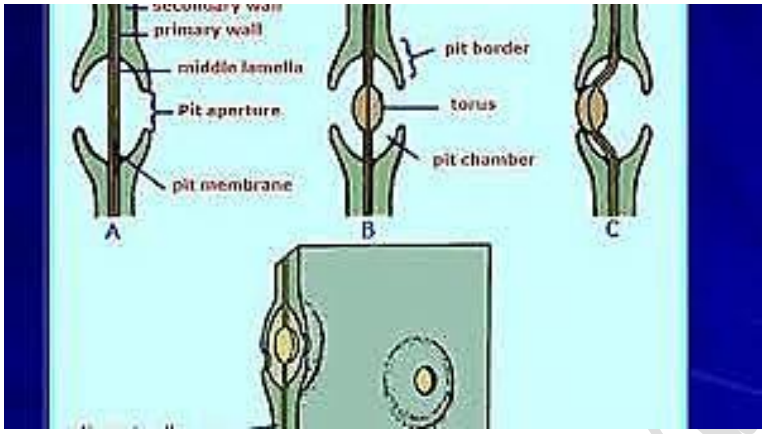
كيفية نقل الماء من خلية الى خلية أخرى مجاورة:

في ازواج النقر المضفوفة لبعض النباتات ومنها الصنوبريات اذ يتثخن الغشاء النقري من منطقة مكونة تركيب قرصي الشكل يدعى التخت النقري Torus ويكون قطرة عادةً اوسع من فتحة اي من نقرتي الزوج النقري يعمل هذا التركيب عمل السداد بحيث يفتح او يغلق احدى فتحتي الزوج النقري تبعاً لسرعة جريان الماء وبذلك ينظم عملية النقل.

في حالة الانسجة النشطة ذات النقر المضفوفة الحاوية على التخت فأنهُ عندما يكون اندفاع الماء من خلية الى اخرى عن طريق النقرة شديد فأن غشاء النقرة يتحرك باتجاه فتحة النقرة ويغلقها بواسطة التخت وعندها يتخذ التخت الوضع الجانبي ليسد فتحة احدى النقرتين تعرف حينئذ النقرة المرتشفة Pit aspirated وبهذه الحالة يمنع مرور الماء من خلية الى خلية اخرى مجاورة وعندما يتغير الضغط المائي فأن التخت يعود الى وضعه الطبيعي مرة اخرى فيسهل حركة الماء من خلية الى خلية مجاورة.

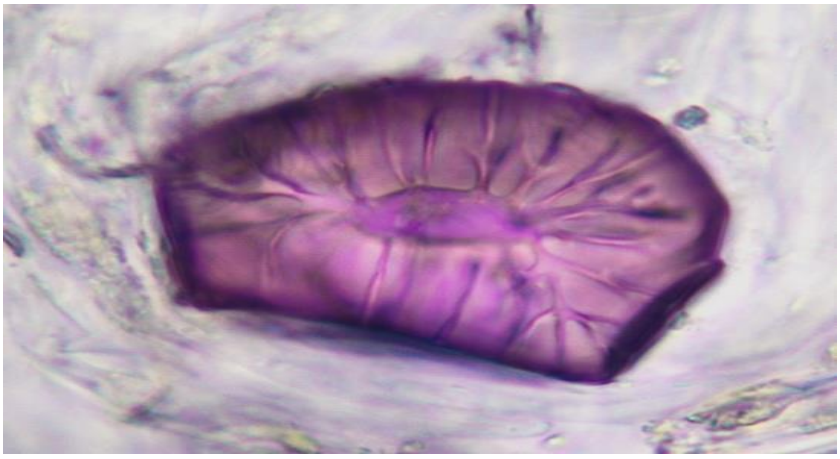
أما في الانسجة الغير نشطة مثل أنسجة الخشب الصميمي فأن التخت يتحرك جانباً ويغلق فتحة الثغرة وتبقى هكذا، حيث ان التخت يفقد مرونته وقدرته على الحركة ولذلك فأن النقرة المضفوفة ذات التخت

تعمل على تنظيم مرور الماء في الاوعية الخشبية والقصيبات وغيرها من الخلايا ولعلهُ نوع من صمام الأمان يعمل على مواجهة تغيرات الضغط المائي داخل الاوعية الخشبية والقصيبات.



4. النقر المتشعبة او القنوية Ramiform or Branched pits :

تظهر هذه النقر عندما يزداد سمك الجدار زيادة كبيرة فان النقر تصبح عميقة وتتخذ شكل قنوات تصل بين تجويف الخلية وسطحها وكثيرا ماتكون هذه القنوات المتشعبة كما في الحال الخلايا الحجرية في ثمار العرموط.



اقتران النقر Pit combination

الزوج النقري pit pair ويعني وجود نقر مقترنة على جانبي الجدار وتكون بانواع :-

1. **الزوج النقري البسيط simple pit pair وفيه تقترن نقرة بسيطة على جانب من الجدار بأخرى مماثلة على الجانب الاخر، كما في الخلايا البارنكيمية ذات الجدران الثانوية .**
2. **الزوج النقري المضفوف Bardered pit pair وفيه يتم اقتران نقرة مضفوفة باخرى مماثلة على الجانب الاخر من الجدار، ويلاحظ ذلك في الجدران الفاصلة بين عنصرين ناقلين من عناصر الخشب (قصيبة أو وعاء) .**
3. **الزوج النقري نصف المضفوف Half bardered pit pair or semi – bordered pit pair وفيه تقترن نقرة مضفوفة على جانب من الجدار بأخرى بسيطة على الجانب الاخر ويلاحظ ذلك بين عنصر ناقل من عناصر الخشب (قصيبة أو وعاء) والخلايا البارنكيمية المجاورة (اذ تكون النقر المضفوفة على جانب القصيبة او الوعاء والنقرة البسيطة على جانب الخلية البرنكيمية) .**
4. **التنقر مركب الجانب Unilaterally compound pitting اقتران نقرة واحدة في جانب من الجدار باكثر من نقرة في الجانب الاخر كما في الخلايا الصخرية stone cells .**
5. **النقرة العمياء Blind pit وفيها تكون النقرة على جانب من الجدار غي مقترنة بأخرى في الجانب الاخر، كما في النقر التي تقابلها مسافة بينية أو التي تتكون في الجدران الفاصلة بين القصيبات والالياف، نقرة مقترنة بمسافة بينية .**
6. **Aspirated pit النقر المرتشفة : وهي تلك النقر التي يتحرك فيها التخت في الوضع الجانبي لسد فتحة احدى النقرتين، والتي تحدث بتغيير الضغط المائي بين الخلايا المتجاورة.**

الروابط البلازمية Plasmodesmata

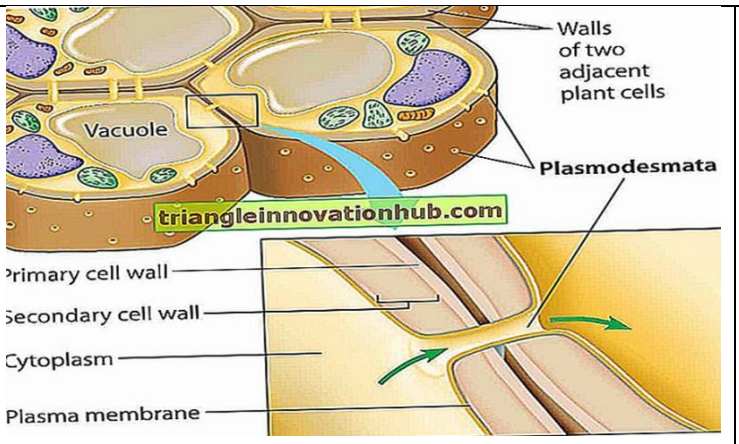
الروابط البلازمية Plasmoctesmara : وهي خيوط سايتوبلازمية رقيقة تمر خلال الفتحات الموجودة في جدار الخلية لتربط بين بروتوبلاست الخلايا المجاورة وهي تراكيب حية حقيقية ذات طبيعة بروتوبلازمية والادلة على ذلك هي :

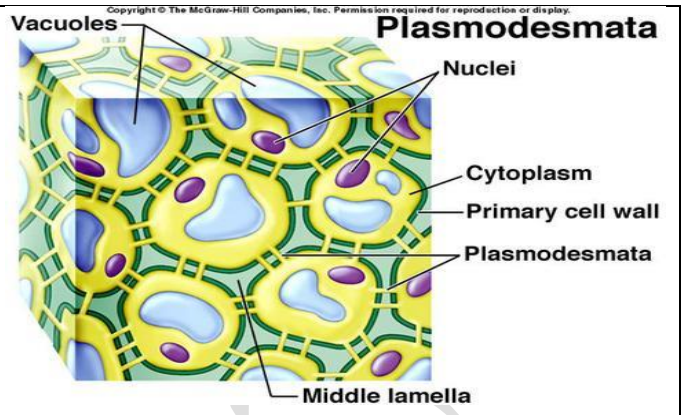
1- وجودها في الخلايا الحية ولا توجد في الخلايا الميتة.

2- تتشابه مع بقية تراكيب السايتوبلازم من حيث ميلها للاصطباغ بالصبغات الخاصة بالسايتوبلازم

3- تعطي تفاعلات موجبة مع انزيمات الاكسدة كما يفعل السايتوبلازم.

4- عند تبلزم الخلية يبتعد السايتوبلازم الا في مناطق مرور هذه التراكيب.





Margo : وهو جدار رقيق محيط بالتخت الموجود في النقرة .

توجد في جميع الخلايا الحية تقريبا في النباتات الراقية والسرخيسات pteridophyta والخزازيات Bryophyta والطحالب الحمراء Rhodophyta .

وظيفتها : تلعب دورا مهما في نقل الماء ولمواد الاخرى من بروتوبلاست خلية الى اخرى وكما يعتقد ان الفايروسات تنتقل من خلالها . ويمكن ملاحظة البلازمودزماتا من خلال تحضيرات جيدة مصبوغة او مشبعة بالعناصر الثقيلة heavy metals كالفضة او الزئبق . ويمكن ملاحظتها في اندوسبيرم التمر Phoenix .

2- البروتوبلاست The Protoplast (محتويات الخلية النباتية)

العضيات الحية في الخلية النباتية:

1.الغشاء الخلوي Membrane Cell

2.السايتوبلازم Cytoplasm

3.الشبكة االندوبلازمية Reticulum Endoplasmic

4.الرايبوسومات Ribosomes

5.المايتوكوندريا Mitochondria

6.أجسام كولجي Bodies Golgi

7.الاليسوسومات Lysosomes

8.المايكروسومات Microbodies

9.الجسم المركزي Centrosomes

10.النواة Neucleus

العضيات الغير حية في الخلية النباتية :

1- الفجوات Vacuoles

2- البلورات Crystals

3-حبيبات النشا Grains Starch

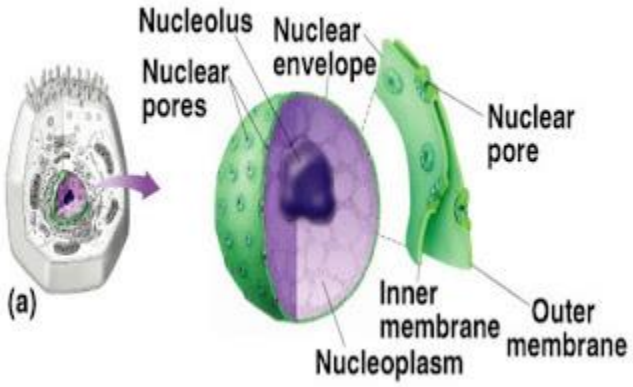
4- والشموع والزيوت الدهون Fats,Oil and Waxes

5- الحبيبات االليرونية Grains Aleurone

1- العضيات الحية في الخلية النباتية:

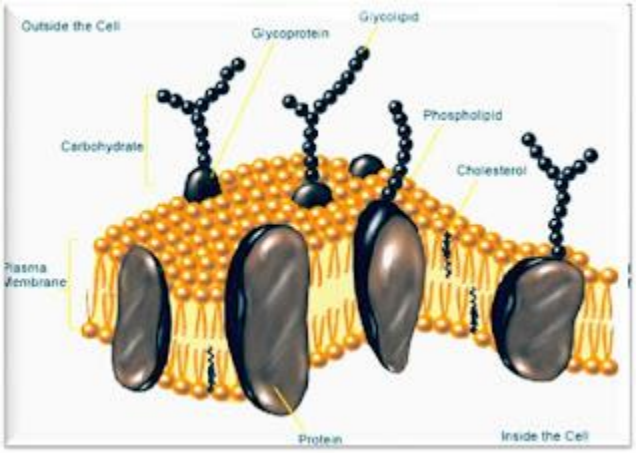
اولا:- النواةNucleus

النواة والغشاء البلازمي Nucleus and Plasma membrane



تعتبر النواة بمثابة العقل المدبر والمهيمن على جميع العمليات الحيوية و الفسيولوجية التي تتم بداخل الخلية وبدونها تموت الخلية فيمكن للخلية أن تحيا لبعض الوقت دون العضيات الاخري مثل البلاستيدات الخضراء أو الميتوكوندريا ولكنها لا تستطيع ذلك دون النواة ولذلك فتحتوى الخلية النباتية على نواة أو أكثر. وتختلف الأنوية من حيث الشكل والحجم تبعا لنوع النبات و نوع النسيج. ويحيط النواة غلاف يعرف بالغلاف النووي وهو غشاء مزدوج يشبه الغشاء البلازمى ويوجد بالغلاف النووي ثقوب يوجد بها بروتينات تفصل محتويات النواة عن السيتوبلازم ويتصل الغلاف النووي بالشبكة الإندوبلازمية، كما قد وجدت بعض الريبوسومات على الغشاء الخارجى لغلاف النواة ولذلك يعتبر بعض العلماء أن الغشاء الخارجى لغلاف النواة يمثل امتداداً لأغشية الشبكة الأندوبلازمية، وبالتالي يكون هناك اتصال وثيق بين الانوية المختلفة للخلايا المتجاورة في أنسجة النبات المختلفة، أما فى الكائنات الحية ذات النواة الأولية فلا تحاط النواة بغلاف نووى. ويحيط الغلاف النووي بالعصير النووي الذي يوجد به نوية أو أكثر و الحامض النووي الديؤكسى ريبوزى (د ن أ) والحامض النووي الريبوزى (ر ن أ) وبروتينات. ويرتبط الحامض النووي مع البروتينات ليكون ما يعرف بالنيكليوسوم ويُكون أكثر من نيكليوسوم ما يعرف بالكروماتين ويُكون كل زوج من الكروماتينات كروموسوم.

ثانيا:- الغشاء البلازمى Plasma membrane



يجاور الجدار الخلوي غشاء رقيق يعرف بالغشاء البلازمى Cytoplasmic membrane or plasmalemma ويغلف السيتوبلازم. أي يمثل الجزء الذي يبطن الجدار الخلوي من الداخل ويغلف السيتوبلازم من الخارج، ونظرا لتشابه تركيبه مع السيتوبلازم فإنه يصعب التمييز بينهما بواسطة الميكروسكوب الضوئي، إلا أنه من خلال استخدام الميكروسكوب الإلكتروني وباستخدام صبغات معينة يسهل تمييزه . كما يفصل السيتوبلازم عن مكونات الفجوة العصارية غشاء بلازمي آخر يعرف بـ Tonoplast. ويتركب الغشاء البلازمى طبقتين من البروتين يحصرا بينهما طبقة مزدوجة من الفسفوليبيدات، وكل طبقة من الدهن تتكون من Head عبارة عن فوسفات وهو طرف محب للماء Hydrophilic وذيل Tail يتكون من هيدروكربون Hydrocarbon ويمثل طرف كاره للماء Hydrophobic وقد وجد أن بروتينات الغشاء البلازمى حرة الحركة غير مثبته. كما يتميز البروتين المكون للغشاء البلازمى كذلك بطرف محب للماء يكون مجاوراً لمجاميع الفوسفات (الرأس) وأخر كاره للماء الهيدروكاربون (الذيل).

وظائف الغشاء البلازمي .

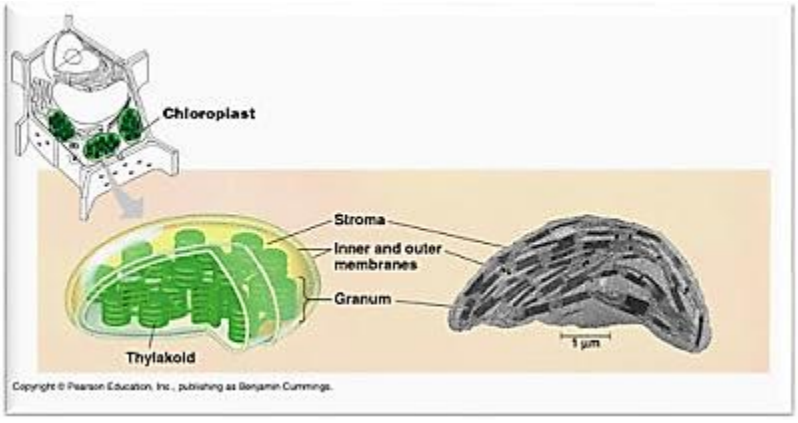
الشبكة الإندوبلازمية Endoplasmic reticulum

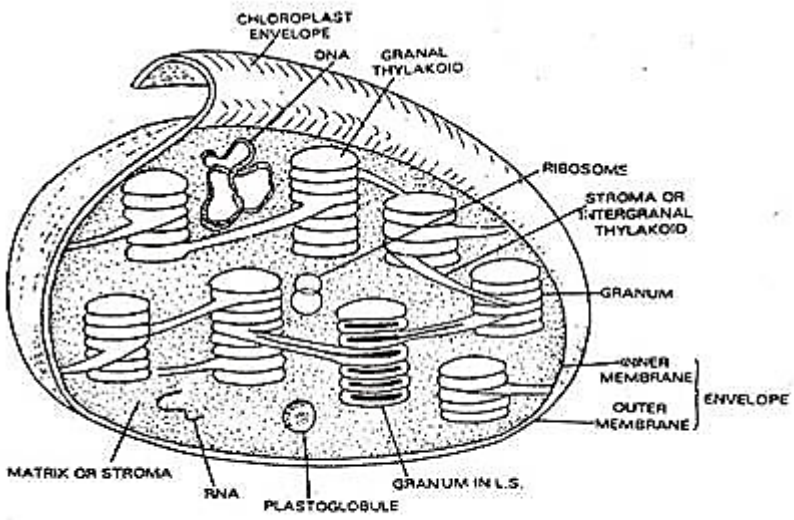
الشبكة الإندوبلازمية عبارة عن أنيبيبات متشابكة مع بعضها البعض تحتوي بداخلها علي سائل شفاف يعرف بـ hyaloplasm يتحرك حركة دائرية مستمرة داخلها تعرف بالحركة الدوارة cyclosis والتي تساعد على انتقال المواد المختلفة بداخلها وتقوم الشبكة الاندوبلازمية بالتوصيل ما بين الغشاء البلازمى للخلية والغلاف النووي للنواة وكما انها تقوم بتوصيل الخلايا النباتية المختلفة مع بعضها البعض من خلال خيوط البلازمودزماتا و Desmotubules اي تعتبر حلقة الوصل بين الانوية المختلفة للخلايا المتجاورة.

وتختلف

شبكة الإندوبلازمية في شكلها تبعاً للحالة الفسيولوجية للخلية، ففي حالة النشاط التمثيلي تظهر بعض مناطق الشبكة الإندوبلازمية خشنة ويرجع ذلك لارتباط الريبوسومات علي سطحها الخارجي في تلك المناطق ولذلك تعرف بالشبكة الإندوبلازمية الخشنة Rough endoplasmic reticulum حيث تساهم تلك الريبوسومات rRNA في عملية تمثيل البروتين. وبعد تخليق البروتين يتم نقله إلى حيث يستخدم أو يخزن في حويصلات او مثانات عبارة عن أجزاء من الشبكة الإندوبلازمية مفلطحة cisternae. بينما الاجزاء الاخري من الشبكة الإندوبلازمية والتي لا يوجد عليها اي ريبوسومات فتعرف بالشبكة الإندوبلازمية الملساء Smooth endoplasmic reticulum والتي تقوم بعملية تمثيل الدهون phospholipids والذي يستغل في بناء الاغشية الجديدة بالخلية. وتساهم المثانات Vesicles المنفصلة من الشبكة الاندوبلازمية فى تكوين الفجوات العصارية.

البلاستيدات Plastids





Schematic 3-dimensional structural diagram of a chloroplast.

البلاستيدات تعتبر من العضيات البروتوبلازمية الغشائية الحية السابحه في سيتوبلازم الخلية النباتية ولها القدرة على النمو والانقسام. وتنشأ البلاستيدات من مبادئ البلاستيدات Proplastids حيث تنتقل من جيل إلى آخر فى سيتوبلازم خلايا البويضات Ovule cells ويوجد اختلاف بين البلاستيدات وبعضها البعض سواء من حيث الشكل اوالحجم او محتواها من الصبغات.

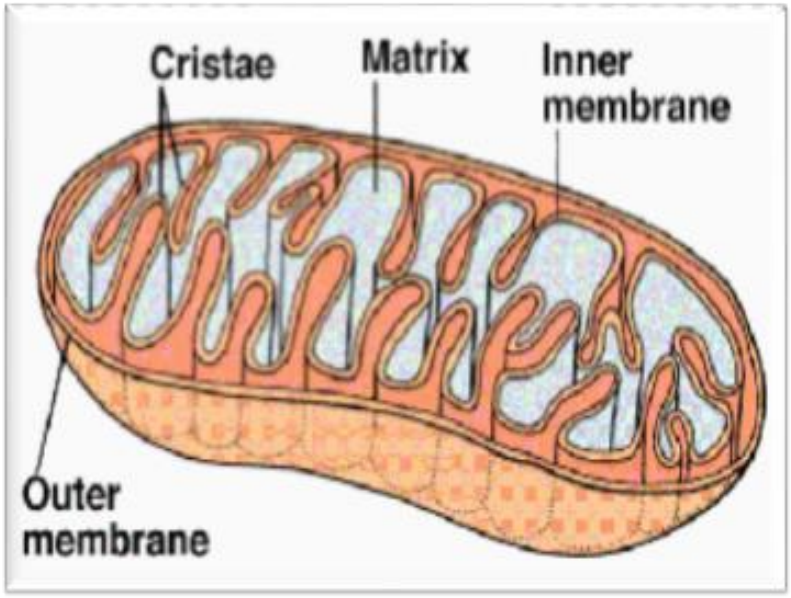
تقسم البلاستيدات إلى ثلاثة أنواع :

1- البلاستيدات الخضراء Chloroplasts.

2- البلاستيدات الملونة Chromoplasts.

3- البلاستيدات عديمة اللون Leucoplasts .

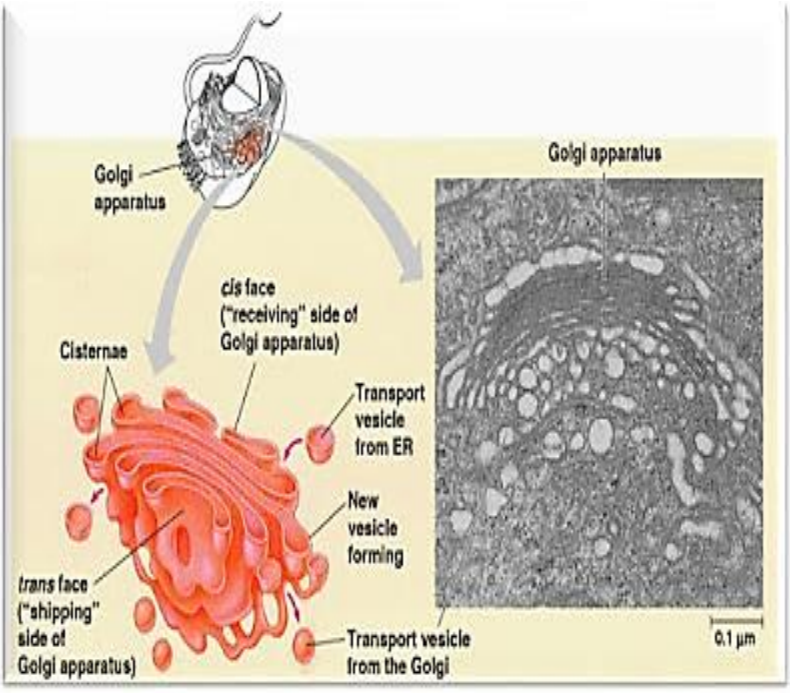
الميتوكوندريا Mitochonderia



تعتبر الميتوكوندريا احد العضيات البروتوبلازمية الغشائية الحية والسابحة بسيتوبلازم الخلية وتأخذ أشكال وأحجام مختلفة فهي كروية أو مستطيلة. وتتكون الميتوكوندريا من غلاف مزدوج مكون من غشائين كل منهما يشبه الغشاء البلازمي في تركيبه، ويمتد الغشاء الداخلي إلى داخل تجويف الميتوكوندريا في الحشوة matrix مكونة عدة زوائد أنبوبية تعرف بالرشراشات cristae. وتحتوى الحشوة الداخلية للميتوكوندريا على الأحماض النووية والإنزيمات اللازمة لاتمام عملية التنفس كما يحتوى الغشاء الداخلي ايضا على الإنزيمات اللازمة لتمثيل المركبات الغنية بالطاقة ATP-synthesis. كذلك تحتوى الحشوة على الحامض النووي DNA وبروتين ودهون وريبوسومات من النوع 70S بالاضافة الي حبيبات تتكون فى الغالب من فوسفات الكالسيوم Calcium Phosphate.

تقوم الميتوكوندريا بإمداد الخلية بمركب Adenosine triphosphate (ATP) الغنى بالطاقة اللازمة للنشاط الحيوي للخلية، وتتكاثر الميتوكوندريا بالانقسام البسيط مع انقسام الخلية كما وجد أن لديها القدرة على الانقسام بشكل مستقل عن الخلية الأم الموجوده داخلها. وقد وجدت علاقة بين شكل وتركيب الميتوكوندريا من جهة ومدى النشاط الحيوي بالخلية من جهة اخري.

أجهزة جولجى Golgi Apparatus

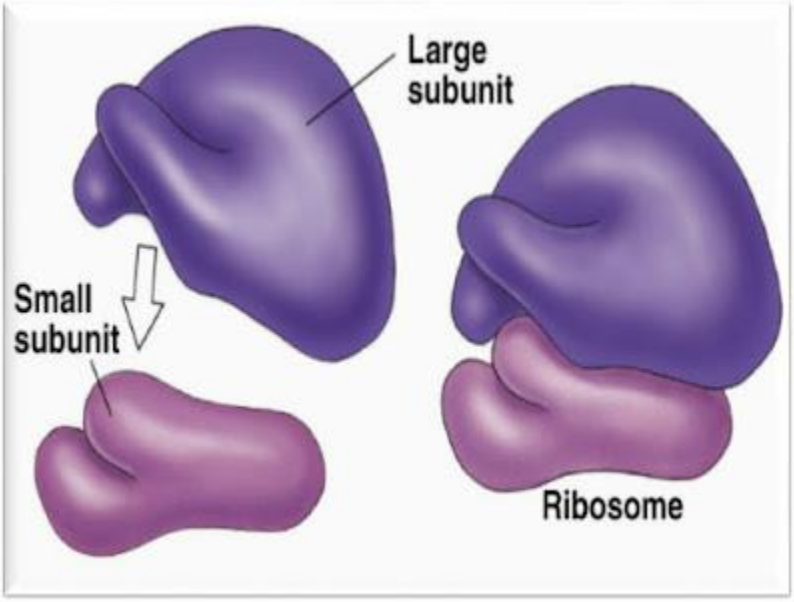


تتركب أجهزة جولجى أو الديكتوسومات من مجموعة من الأغشية الوعائية المفلطحة متوازية في شكل كومة مكدسة ويظهر حولها علي الاطراف مجموعة من المثانات الكروية الصغيرة وتتشابه أغشية أجهزة جولجى مع أغشية الشبكة الإندوبلازمية.

وتساهم أجهزة جولجى في بناء الجدر الخلوية، حيث تستقبل أجسام جولجى المواد المختلفة من الشبكة الأندوبلازمية مباشرة أو قد تتركز هذه المواد في مثانات والتي تنفصل من الشبكة الأندوبلازمية ومن ثم تصب محتوياتها بداخل أجسام جولجى ومن ثم يعيد تمثيلها مره اخري ويحدث تغير لهذه المواد داخلها فيرتبط مثلا السكر مع البروتين ليكون جليكوبروتين ليدخل في تركيب الجدار الخلوي، ثم تتحرك هذه المواد داخل أجسام جولجى إلى أطراف الديكتوسومات ويزداد تركيزها بها ثم تنفصل نهايات الديكتوسومات وما بداخلها من مواد في صورة مثانات تتحرك بداخل السيتوبلازم ناحية الغشاء البلازمى أو ناحية عضيات أخرى داخل الخلية.

لقد وجدت أجهزة جولجى بكثرة في خلايا منطقة القلنسوة بالجذوروخلايا الغدد الرحيقية في الأزهار والغدد الصمغية مما يدل على أن لأجهزة جولجى وظيفة إفرازية فقد تكون هذه الإفرازات عبارة عن سكر كما في الرحيق أو عديدات التسكر كما فى المواد التى تدخل فى تكوين الجدار الخلوى أو معقد عديدات التسكر والبروتين كما فى معظم الإفرازات الصمغية.

الريبوسومات Ribosomes

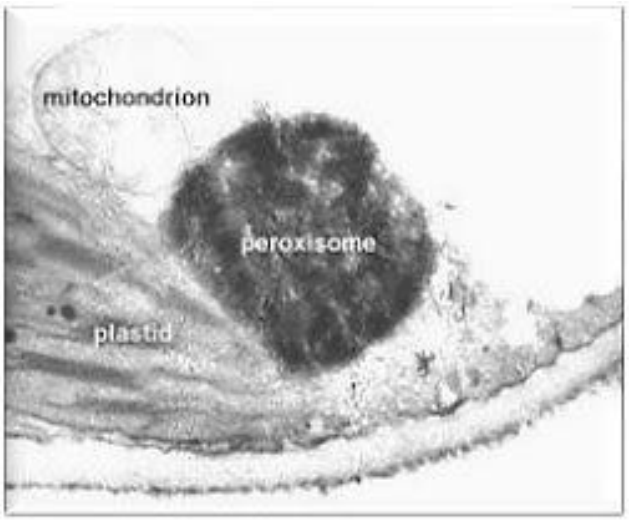


احد العضيات البروتوبلازمية الغير غشائية بالخلية النباتية وتقوم بتمثيل البروتينات بداخل الخلية. قد تتواجد الريبوسومات حرة سابحة في سيتوبلازم الخلية أو تكون مرتبطة بالسطح الخارجي للشبكة الإندوبلازمية وايضا الغشاء الخارجى للغلاف النووي. وتتكون الريبوسومات من الحامض النووي RNA و بروتين، ولذلك تسمى الريبوسومات ribosome RNA (rRNA) يتعرف rRNA على الحامض النووي الرسول mRNA وفي وجود الحامض النووي الناقل (tRNA) transfer RNA لتكون عديد الريبوسومات Polyribosomes or polysomes وتتم عملية تخليق البروتين في خلايا الكائنات الحية ذات النواة الحقيقية والتي تبدأ من نسخ الحامض النووي الرسول mRNA في نواة الخلية ومن ثم يخرج إلى السيتوبلازم حيث تتم عملية الترجمة فيرتبط mRNA مع الحامض النووي الريبوسومى rRNA والحامض النووي الناقل tRNA والتى ينتج عنها تكوين سلسة ببتيدية من الأحماض الأمينية، بينما في الكائنات الحية ذات النواة الأولية فتحدث عملية النسخ والترجمة في آن واحد.

يوجد نوعان من الريبوسومات فتوجد الريبوسومات من النوع 80S في سيتوبلازم خلايا الكائنات الحية ذوات النواة الحقيقية وتوجد الريبوسومات من النوع 70S في الميتوكوندريا والبلاستيدات في الخلايا ذات النواة الحقيقية وخلايا الكائنات الحية ذات النواة الأولية.

يتكون الريبوسوم من تحت وحدتين two subunits إحداهما تكون كبيرة الحجم و الأخرى صغيرة، فالريبوسومات من النوع 80S تتكون من تحت وحدتين هما 60S & 40S والريبوسومات من النوع 70S تتكون من تحت وحدتين 50S & 30S.

الأجسام الدقيقة Microbodies



جزيئات دقيقة تحاط بغشاء فردي، لا يري بها اي تراكيب غشائية وتحتوي علي بروتينات وإنزيمات مختلفة تبعا لنوع النسيج ونوع النبات .

يوجد منها عدة انواع :-

1- البيروكسيزومات Peroxisomes

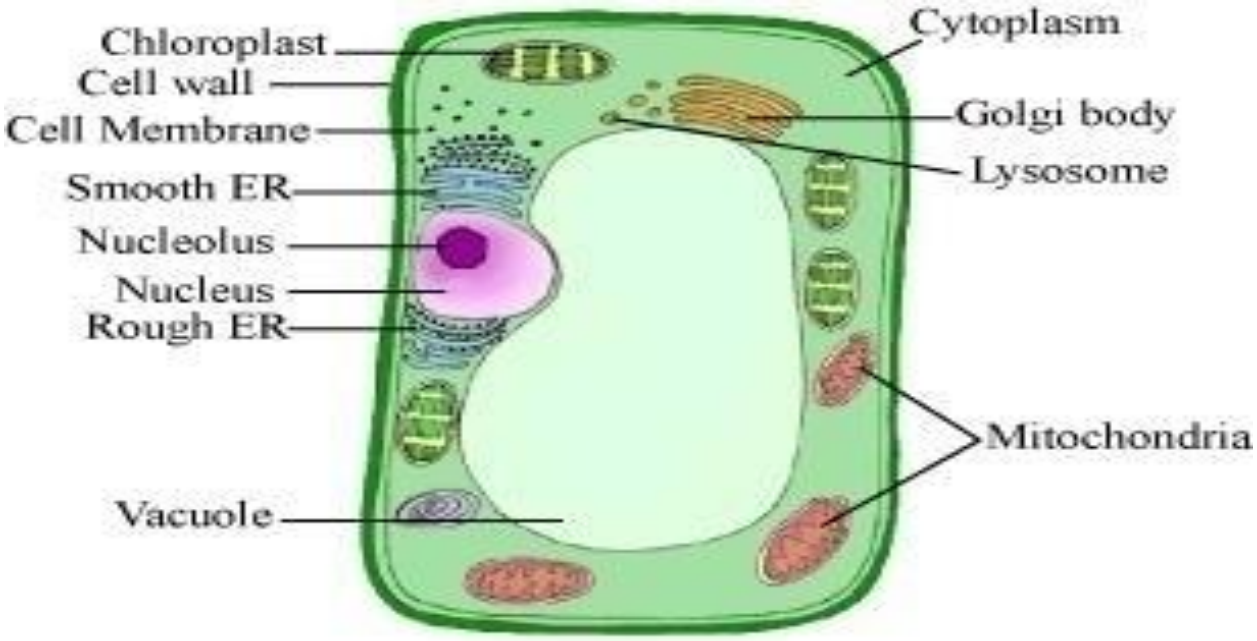
2- الجليوكسيزومات Glyoxysomes

3- الإسفيروزومات Spherosomes

2- العضيات الغير حية في الخلية النباتية :

الفجوات Vacuoles

وهي تراكيب موجودة في داخل الخلية النباتية من الاعضاء الميتة تحتوي على سائل يطلق عليه العصير الفجوي cell sap ويفصلها عن السايتوبلازم غشاء خاص يطلق عليه Vacuole membrane (Tonoplast)وقد يوجد في الفجوة محتويات اخرى كالبلورات وحبيبات نشأ وما يعتبر نواتج ايضية او مواد مختزنة وغشاء الفجوة ذو نفاذية تفاضلية .



Plant cell

اشتقت كلمة فجوة من الكلمة أللاتينية Vacuus والتي تعنى فارغ Empty. لا توجد بشكل اساسي في الخلايا المرستيمية حيث تمتلئ الخلايا بالسيتوبلازم الذي لا يظهر به فجوات عصارية وقد يوجد به بعض الفجوات الصغيرة والمبعثرة بداخله وعندما تصل الخلية لمرحلة النضج تتحد هذه الفجوات الصغيرة لتكون فجوة عصارية كبيرة تتوسط الخلية وقد تشغل معظم حيز الخلية وتدفع بالبروتوبلازم في شكل طبقة رقيقة بجوار الجدار الخلوي.

وجد أنه عندما تصاب أعضاء النبات ببعض الحشرات او تتعرض للتجريح Wounding فأن الخلايا المجاورة لتلك الخلايا التي حدث لها تهتك أو الخلايا الموجودة في منطقة الإصابة تحتوى على فجوات صغيرة الحجم وقد تستعيد هذه الخلايا قدرتها على الانقسام مره اخري.

تحاط الفجوة العصارية بواسطة غشاء بلازمي فردى يشبه الغشاء البلازمى الخارجي في التركيب والوظيفة ويعرف بالغشاء البلازمى الداخلي Tonoplast ويحيط هذا الغشاء بالعصير الخلوي cell sap والذي يتكون من العديد من المركبات العضوية و غير العضوية كما يوجد به مواد صلبة مثل حبيبات النشا و حبيبات الأليرون و بلورات.

طرق تكون الفجوات العصارية في الخلايا النباتية:-

1- قد تنتقل للخلايا البنوية daughter cells فجوة أو أكثر من الخلية الأم.

2- قد تتكون من تجمع بعض من قطرات الماء التي تحاط بغشاء tonoplast مكونة فجوة عصارية.

3- قد تنشأ الفجوات العصارية من بعض المثانات vesicles التي قد تنفصل من الشبكة الأندوبلازمية أو أجسام جولجى.

4- قد تتكون من تجزؤ الفجوات العصارية الكبيرة الحجم إلى عدة فجوات صغيرة الحجم.

أهم وظائف الفجوات العصارية :

1- تحافظ على ضغط الامتلاء Turgor pressure من خلال التحكم في محتوى الخلية من الماء والمواد الاخري الذائبة فيما يعرف بتنظيم الأسموزية Osmoregulation والذي له دور هام في تدعيم النبات والتحكم في حركة الماء.

2- تقوم بتخزين المواد اللازمة للنشاط الحيوي والفسيولوجى للخلية.

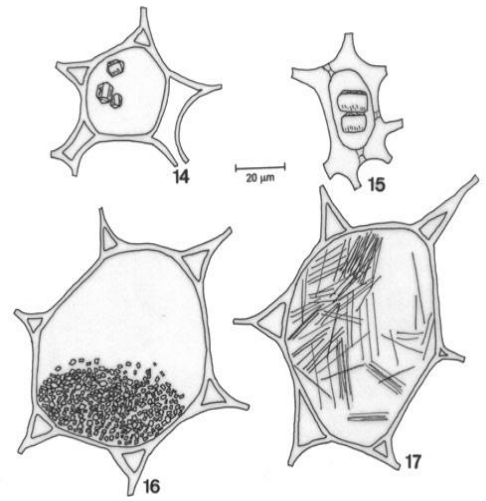
3- يتراكم بها المواد الأيضية الثانوية والمواد السامة وبالتالي تعتبر الفجوة العصارية بمثابة سلة المهملات في الخلية النباتية.

4- تحتوى الفجوات العصارية على الإنزيمات الهاضمة Digestive enzymes التي لها القدرة علي تكسير وتحليل المكونات السيتوبلازمية ونواتج التمثيل الغذائي.

5- تساهم فى عملية البناء الضوئي كما فى النباتات الجفافية المتشحمة.

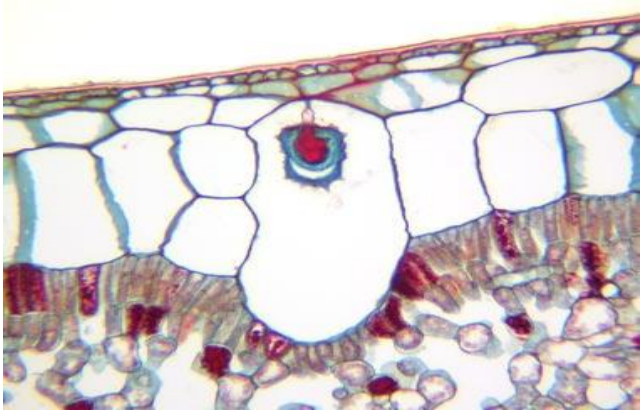
البلورات Crystals:

توجد البلورات في العديد من الخلايا النباتية وهذه المكونات غير الحية تكون متباينة في اشكالها وتركيبها الكيميائي وان كانت معظمها تتكون من اوكزالات الكالسيوم او كاربونات الكالسيوم والنوع الاول له اهميته لحياة البروتوبلازم حيث ان حامض الاوكزاليك يعتبر من الحوامض السامة لذلك يقوم النبات بتحويله الى مركبات غير ذائبة على هيئة بلورات تقلل الى حد كبير من تأثيره السام. من البلورات من تكون بمفردها Solitaryأي توجد البلورة منفردة كما في البلورات الموشورية Prismatic او تتجمع بشكل كتل بلورية Crystal masses وقد تكون بهيئة حزم من بلورات ابرية رفيعة تسمى رافيدات او بلورات ابرية Raphids or Needle crystals



البلورة المعلقة او الحويصلة الحجرية Cystolith

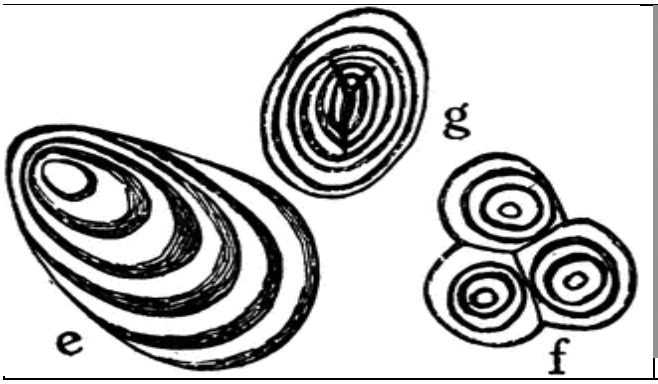
وفيها يكون جسم البلورة من Body مكونا من كاربونات الكالسيوم اما العنق Stalk فهو مركب من مادة السليلوز ويتدلى من الجدار المماسي لخلايا البشرة بالنسبة لبعض النباتات بينما يتصل طرفه الاخر بالبلورة ويطلق على الخلية الحاوية على البلورة اسم الخلية الحجرية Lithocyte او كيس الحويصلة الحجرية Lithocyst. كما يوجد نوع خاص من البلورات يدعى الكروية Sphaerocrystals وهذا يوجد في درنات نبات الداليا تتركب من مادة الانيولين Inulin وقد تكون بلورات اوكزالات الكالسيوم على شكل مسحوق يشبه الرمل يدعى البلورات الرملية Sand crystals كما في البطاطس.

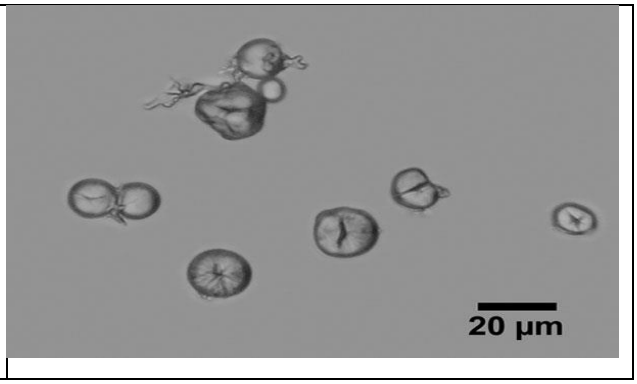


الحبيبات النشوية Starch grains

يعتبر النشا من اهم المواد المخزنة في الخلايا النباتية وهو مادة كاربوهيدراتية متعددة السكريات تمثل سلسلة طويلة من جزيئات سكر الكلوكوز يوجد النشأ على شكل حبيبات تدعى الحبيبات النشوية. يصنع النشأ في البلاستيدات الخضر ويختلف النشا في الصفات المظهرية باختلاف النباتات والسبب

1. موقع وشكل مركز تكوين الحبة والذي يسمى السرة Hilum
2. وجود او عدم وجدود طبقات
3. حجم وشكل الحبة النشوية
4. طبيعة هذه الحبيبات من حيث انها بسيطة او مركبة او شبه مركبة.

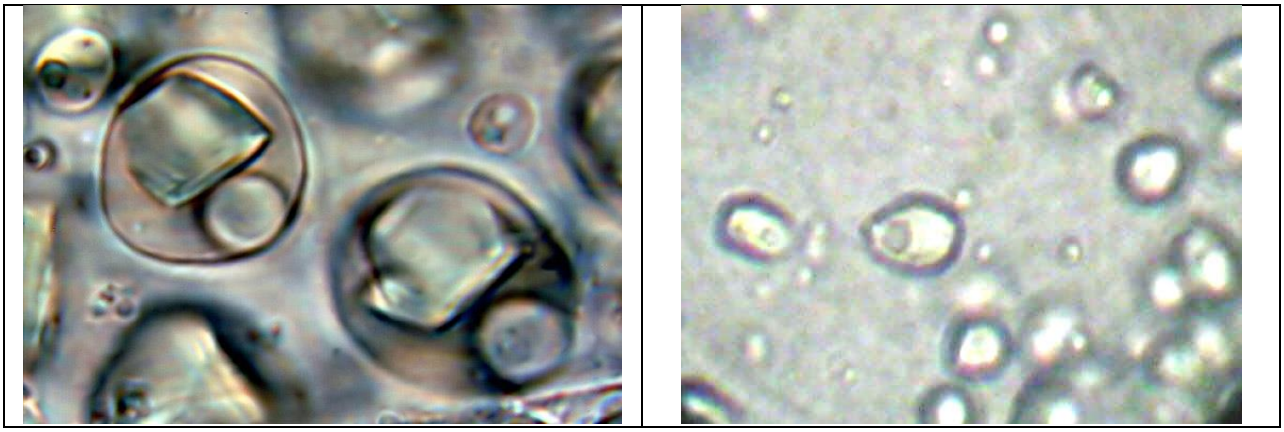




الحبيبات الاليرونية Aleurone grains

تعد المادة البروتينية من اهم المواد الغذائية اذ انها تكون الجزء الرئيسي والاساسي في تركيب المادة الحية كما انها تؤلف الانزيمات كذلك تدخل في تركيب الكروموسومات والنواة والسايتوبلازم وغيرها وغالبا ما تكون مقترنة فتسمى بالبروتينات المقترنة Conjugated proteins والبروتينات تكون مخزونة في الخلية النباتية على شكل حبيبات اليرونية التي يكثر وجودها في سائر الاجزاء النباتية خصوصا في سويداء البذور كما في الخروع والذرة والقمح.

وحبيبات الاليرون قد تكون مستديرة او بيضوية في شكلها وتتكون الحبيبة في اندوسبرم الخروع من جسم شبه بلوري يسمى Crystalloidويتكون من بروتين (البيومين albumin وجسم اخر كروي يسمى globoid وهو عبارة عن بروتين Globulin) متحد مع ملح مزدوج من فوسفات الكالسيوم والمغنسيوم ويحيط هذين الجسمين غلاف واحد هو غلاف الحبيبة.



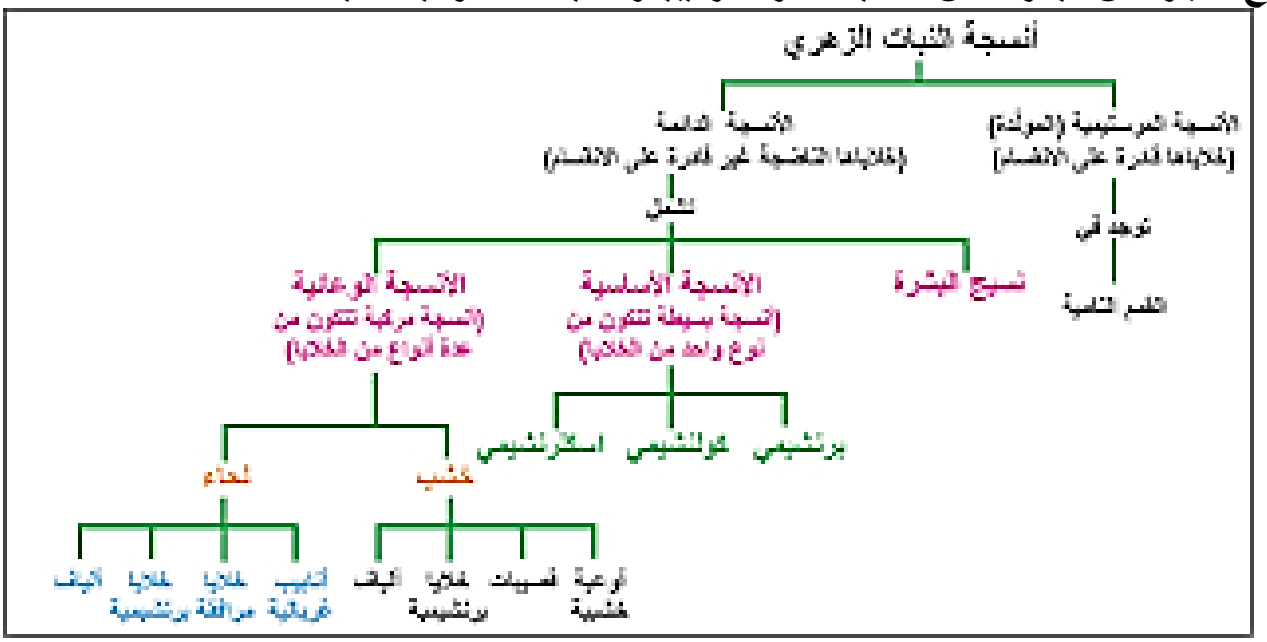
محتويات غير حية أخرى

تحتوي النباتات مركبات أخرى غير حية في خلاياها مثل الأحماض العضوية والأملاح والأصباغ والدهون والشموع والتانينات أو المواد الدباغية Tanins (وهي مجموعة من المشتقات الفينولية مهمتها الحفاظ على النباتات), وتتواجد في أماكن مختلفة مثل البشرة المحيطة أو تقترن مع النسيج الوعائي أو ضمن خلايا خاصة مفردة تسمى الخلايا المنعزلة idioblast إن هذه المكونات تعد نواتج ايضية وتوجد في الخلايا أما بشكل مخزون أو نواتج وسطية intermediate products أو على شكل فضلات waste materials .

الانسجه النباتية Plant Tissue:

يتألف جسم النبات في النباتات البدائية التي تتكون أجسامها من خلية واحدة تمتلك تلك الخلية القدرة على القيام بجميع الوظائف الحيوية المختلفة، أما **في معظم النباتات الراقية تتكون أجسامها عددا من الأعضاء المختلفة مثل (الجذر والساق والورقة والزهرة والثمرة) وتتألف هذه الاعضاء** organs **عددا من الأنسجة المختلفة وتتألف الانسجة** Tissues **من خلايا Cells مختلفة، قد تكون متشابهة أو غير متشابهة من حيث التركيب والوظيفة والمنشأ والشكل ينشا التركيب المعقد لجسم النبات خلال التكشف من خلية مفردة هي الزاي كوت zygote او البيضة المخصبة التي تعطي بانقسامها وانقسام مشتقاتها نبات صغير الحجم يعرف بالجنين embryo الذي تتكشف فيه فلقة واحدة او اكثر ومنطقتين للمرستيمات القمية احدهما للجذر واخرى للساق هذه المرستيمات القمية تعطي الأنسجة والأعضاء التي يتركب منها جسم النبات الابتدائي ثم يعقبه تكوين جسم النبات الثانوي الذي يضم انسجة مستديمة ثانوية ويحدث هذا النوع نتيجة تكوين مرستيمات تعرف بالمرستيمات الثانوية التي تتمثل بالكامبيوم الوعائي cambium vascular والكامبيوم الفليني cambium cork وتوصف بانها مرستيمات جانبية لكونها تقع بموازاة المحور الطولي للعضو النباتي.**

النسيج: عبارة عن مجموعة من الخلايا المقترنة تركيبياً والمكيفة لأداء وظيفة معينة.



تتميز الأنسجة الى نوعين رئيسين هما:

1- الأنسجة المرستيمية Meristematic Tissue:

هي الأنسجة التي لم تتكشف أو تتشكل بعد لتقوم بوظيفة معينة فهي قادرة على الأنقسام ثم النمو والتشكل وذلك حسب الوظيفة التي ستقوم بها.

2- الأنسجة المستديمة Permanent Tissue:

هي تلك الأنسجة المكونة من خلايا بالغة تامة النضج والتي تشكلت وتكيفت لأداء وظيفة معينة.

❖ الأنسجة المرستيمية Meristematic Tissue:

وهي أنسجة تتكون من خلايا ذات قدرة على الأنقسام والنمو، ولذلك فهي توجد في مناطق نمو النبات.
اما الخلية المرستيمية Meristematic cell فهي الخلايا التي تختص بصورة اساسية في تكوين او توليد خلايا جديدة او اعضاء جديدة في الجسم النباتي، وتؤلف ما يعرف بالمرستيم.
تتميز الخلايا المرستيمية بالصفات التالية:

1- **خلايا لها قدرة كبيرة على الأنقسام.**
2- **خلايا صغيرة الحجم رقية الجدران.**
3- **المحتويات الحية كثيفة وعديمة الفجوات وان وجدت قليلة وصغيرة ومنتشرة في السايتوبلازم. ويشذ عن ذلك بعض الخلايا المرستيمية كخلايا الكمبيوم التي تكون غنية بالفجوات.**
4- **ذات نواة كبيرة الحجم نسبياً.**
5- **البلاستيدات بدائية Proplastids وعناصر الشبكة الأندوبلازمية قليلة.**
6- **الخلايا متراصة ولا توجد بينها مسافات بينية وأن وجدت تكون غاية في الضيق.**
7- **تكون الخلايا متماثلة الأبعاد Isodiametirc مربعة أو مضلعة أو مستديرة.**
8- **خالية من المحتويات الايضية المتمثلة بالنشأ والبلورات.**

عندما تنقسم الخلية المرستيمية تعطي نوعان من الخلايا:

- **الخلية المولدة أو الأنشائية Initial cells تبقى بحالة مرستيمية بشكل دائمي.**
- **الخلية المشتقة Derivative cell وهي خلية تمر بتغيرات تحولها الى عنصر ناضج وتشمل هذه التغيرات (الكيميائية والشكلية والمورفولوجية والوظيفية) وتعرف هذه العملية بالتمايز Differentiation وتعني عملية التمايز وهي مجمل التغيرات الكيميائية والفيزيائية التي تحصل في الكائن الحي أو في عضو من الاعضاء بحيث يتحول هذا التركيب من حالة أقل وضوحاً الى حالة أكثر وضوحاً وتخصصاً، أي حالة أكتساب الصفات وتجعلها تختلف عن الأصل المرستيمي الذي نشأت منهُ.**

ولكن تستطيع الخلايا المتمايزة جزئياً ان تفقد الصفات التي أكتسبتها وتعود الى الحالة المرستيمية تحت ظروف معينة وتسمى هذه العملية فقدان التمايز Dedifferentiation وهي عملية فقدان الصفات المكتسبة والرجوع الى الحالة المرستيمية، كحالة نشوء الكامبيوم الفليني والكامبيوم الوعائي مابين الحزم ونشوء البراعم العرضية.

وهنالك بعض الحالات التي تتحول فيها الخلايا المتخصصة الى أعقد مما كانت عليه وتدعى العملية أعادة عملية التمايز Redifferentiation أي عملية التمايز (مثال ذلك تحول بعض الخلايا الحشوية الى خلايا صلبة تسمى بالسكلريدات بعملية التصلب Sclerification التي هي في الحقيقة أعادة تمايز.

أنواع الانقسام في الخلايا المرستيمية:

1- **الانقسام المتعامد anticlinal division** تنقسم الخلية بشكل زاوية قائمة مع سطح المرستيم وهذا النوع من الانقسام يزيد المساحة السطحية للعضو او المنطقة. في الاعضاء الاسطوانية الشكل كالجذور والسيقان.
2- **الانقسام المحيطي periclinal division** تنقسم الخلية بمستوى موازي لأقرب سطح من العضو الذي

تقع فيه تلك الخلية اي تكون موازية للمحيط وفي هذه الحالة تستبدل كلمة periclinal بمماسي Tangential وينتج عن هذا الانقسام خليتان متجاورتان على نفس الخط احداهما وراء الاخرى.

3- **الانقسام المستعرض Transverse division** في هذه الحالة مستوى الانقسام بشكل زاوية قائمة مع المحور الطولي للعضو الاسطواني وينتج عنه خليتان تقع احداهما فوق الاخرى.

تصنيف الانسجة المرستيمية: Classification of meristems

هناك ثلاث اسس يمكن تصنيف الانسجة النباتية بالاستناد اليها:

A- المنشأ أو النمو origin and development.

B- الموقع position

C- الوظيفة function

أولاً: نشأة الأنسجة المرستيمية:

1- **مرستيمات أبتدائية Primary meristems** وهى الأنسجة المرستيمية التي تنشأ من خلايا الجنين مباشرة أو أشتقت منها وهى المسئولة عن تكوين الأنسجة الابتدائية مثل نسيج البشرة ونسيج القشرة و الأنسجة الوعائية الابتدائية primary vascular tissues . وهي التي تقوم ببناء الأجزاء الأبتدائية في جسم النبات.

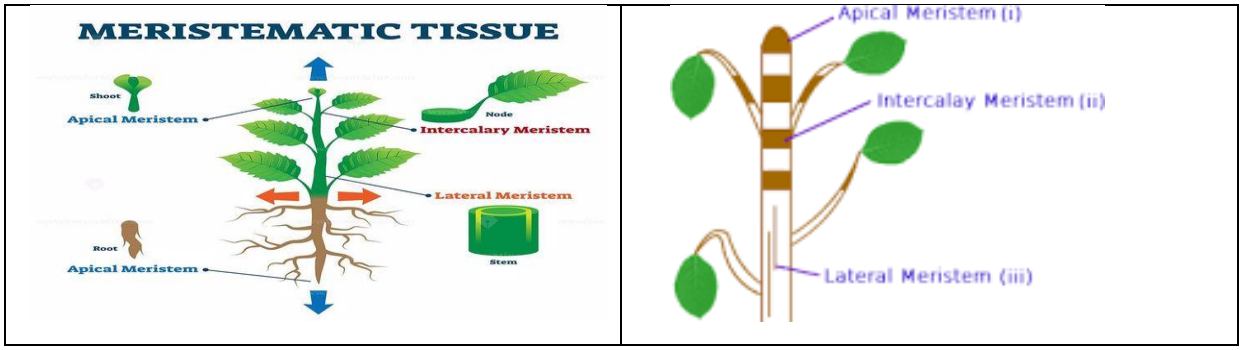
2- **مرستيمات ثانوية Secondary meristems** وهى أنسجة مرستيمية تنشأ من خلايا بالغة استعادت قدرتها على الانقسام، وتعطى بنشاطها الأنسجة الثانوية والأشعة النخاعية مثل الكامبيوم الحزمى Vascular cambium والكامبيوم بين الحزمى Intervascular cambium. كما يعتبر الكامبيوم الفلينى Cork cambium مرستيم ثانوى أيضاً، حيث ينشأ من خلايا بالغة استعادت قدرتها على الانقسام.

ثانياً: موقع الأنسجة المرستيمية فى النبات:

1- **مرستيمات قمية Apical meristems** توجد في قمة الجذور والسيقان والبراعم, ينتج عنها زيادة العضو النباتى في الطول والأنسجة الناتجة عن نشاط المرستيم القمى هي أنسجة ابتدائية مثل نسيج البشرة والقشرة في الجذور والسيقان.

2- **مرستيمات بينية Intercalary meristems** توجد بين مجموعات من الأنسجة المستديمة كالتى يوجد عند قواعد السلاميات وقواعد الأوراق في النباتات النجيلية، وينتج عن نشاطها زيادة في طول النبات لذلك فهى أنسجة ابتدائية. يعتبر المرستيم البينى جزء من المرستيم القمى إنفصل عنه بتكشف الأنسجة المستديمة، ويستمر المرستيم البينى في النشاط بمعدل يقل كلما زاد عمر السلاميات وكلما زاد تكشف الأنسجة المستديمة بها وفى نفس الوقت يقل حجمه حتى يتوقف تماماً عن الانقسام و تحول كل الخلايا الناتجة عن نشاطه إلى أنسجة مستديمة.

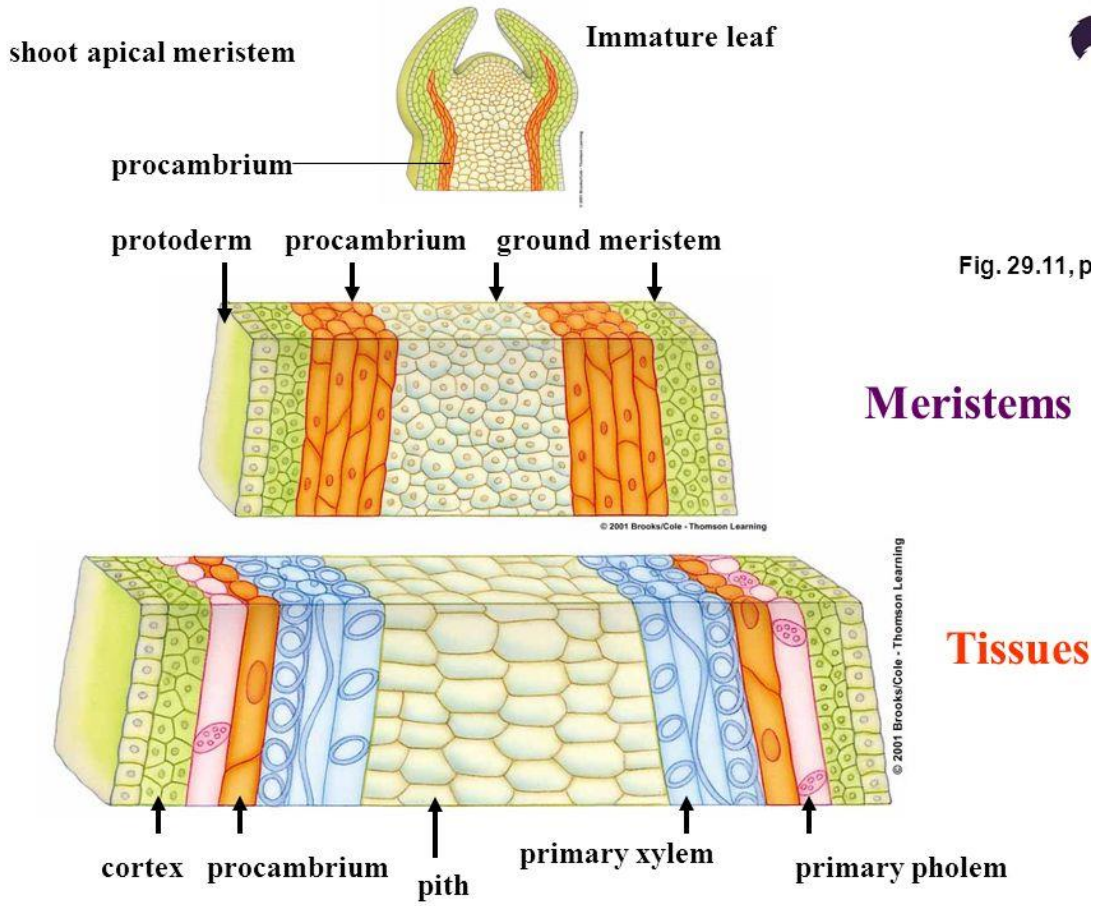
3- **مرستيمات جانبية lateral meristems** يوجد المرستيم الجانبي موازياً للعضو النباتى الذي يوجد به مثل الكامبيوم الوعائي vascular cambium والكامبيوم الفليني cork cambium ، وينتج عن نشاط المرستيم الجانبي تكوين الأنسجة الثانوية (خشب ثانوي secondary xylem ولحاء ثانوي secondary phloem) و زيادة سمك النبات، وان المرستيمات الجانبية تنقسم كما ذكرنا مماسيا مما يؤدي الى تكوين خلايا جديدة تتخصص الى الخارج في حالة الكامبيوم الوعائي او فلين cork (phellem) للخارج وقشرة ثانوية للداخل phelloderm ، لذلك يعتبر المرستيم الجانبي من الأنسجة المرستسيمية الثانوية.



ثالثاً: وظيفة الأنسجة المرستيمية

يختلف منهج التقسيم حسب نوع النبات وقد وجد ان جميع النباتات تحوي على نسيج مرستيمي يطلق عليه المرستيم الاول Promeristem سرعان مايتميز الى ثلاث مرستيمات ابتدائية:

1- **Protoderm** ينشأ عنهُ epidermis
2- **Procambium** ينشأ عنهُ vascular cambium, primary phloem , primary xylem
3- **Ground meristem** ينشأ عنهُ primary cortex , pith , pith ray



❖ القمة النامية في الساق Shoot apex

نشأت فكرة المرستيم القمي للساق لأول مرة من قبل Wolff عام (1759) ووصف هذه المنطقة بأنها عبارة عن منطقة غير متميزة أو غير متكشفة Undeveloped region واقعة في منطقة قمة الساق ينشأ منها فيما بعد جميع الأنسجة والأعضاء النباتية المحمولة على الساق.
لتوضيح وتفسير ما ينتج عن القمة النامية الساقية فقد وضعت نظريات عدة وفيما يلي خلاصات لهذه النظريات:

1- نظرية الخلية القمية Apical cell theory

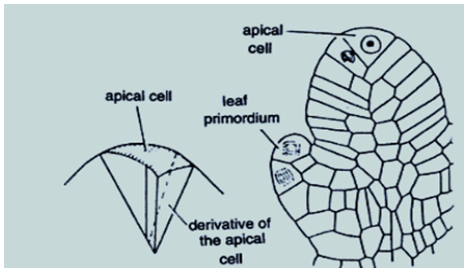
وضعت هذه النظرية من قبل Hofmeister عام 1857 وأسندت من قبل Nageli عام 1878 وتقترح هذه النظرية وجود خلية قمية واحدة Single apical cell في قمة الساق تقوم بتكوين جميع الأنسجة والأجزاء النباتية بانقساماتها المتكررة.

لوحظ وجود مثل هذه الخلية في الطحالب والحزازيات والسرخسيات وتكون الخلية هذه بأشكال مختلفة تكون الخلية القمية أما.

عدسية الشكل Lenticular ذات جانبين كما في الطحالب مثل ***Dictyota*** أو بعض الحزازيات ***Bryophyta*** مثل ***Metzgeria*** وبعض التريديات مثل ***pteridium*** وفي هذه الحالة تنقسم الخلية في اتجاه واحد ويتوالى الأنقسام بعد ذلك لتكوين طبقة واحدة أو طبقتين أو أكثر.

أو **هرمية pyramidal** كما نبات ذنب الحصان ***Equisetum*** حيث تكون الخلية ذو اربعة أوجه Tetrahedral يمثل ثلاث منها جوانب الهرم ويمثل الوجه الرابع قاعدته ويكون متجه الى الخارج أما الأوجه الثلاثة متجه نحو الداخل ويحدث الانقسام على التوالي في جوانب الثلاثة الداخلية للخلية الهرمية بجدر موازية لهذه الجوانب. وبهذه الطريقة يزداد العضو في الحجم والمساحة معاً، بينما لايحصل أنقسام يوازي السطح الخارجي مما يحافظ على الخلية القمية في موقعها عند قمة الساق.

من مساوئ هذه النظرية، انه لا يمكن تطبيقها على النبات البذرية الراقية (عارية أو مغطاة البذور) وإنما يمكن تطبيقها على النباتات الواطئة.



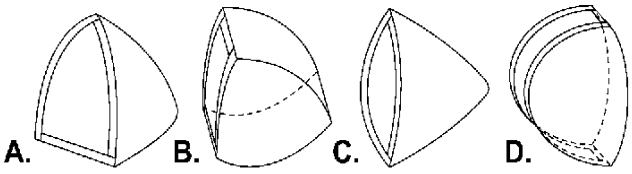


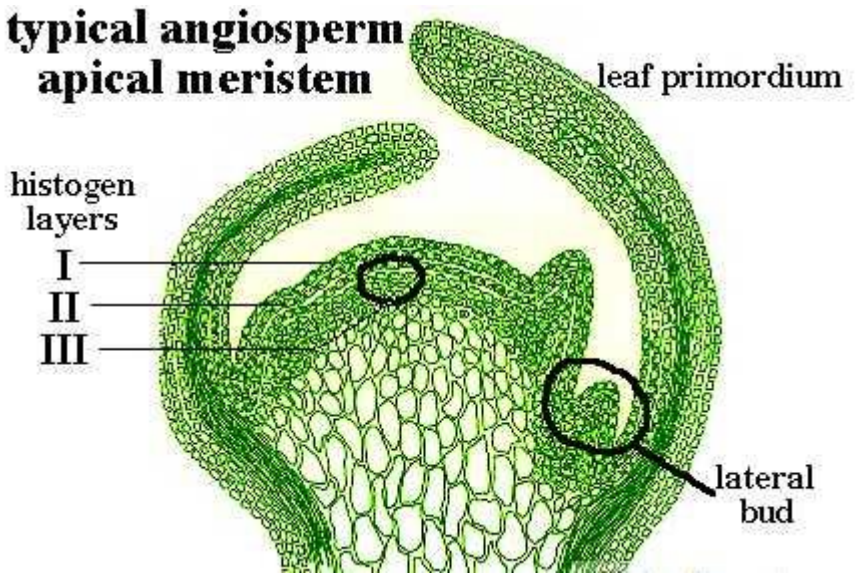
Fig. 10. Diagrammatic representation of apical cell shapes in liverworts as oriented in plants growing horizontally. The shoot tip is directed toward the left. **A.** Tetrahedral cell with three cutting faces. **B.** Wedge-shaped or

2- نظرية نشوء الأنسجة Histogen theory

وضع هذه النظرية من قبل Hanstein عام 1868-1870 استناداً إلى هذه النظرية فإن المرستيم القمي apical meristem للنباتات البذرية seed plants يوجد فيه ثلاث مناطق متميزة distinct zones كل منها يتكون من عدد من الطبقات المختلفة تسمى هذه المناطق الانشائية المميزة بمنشأت الانسجة (tissue bulders) Histogens أي منشأت الأنسجة، إن هذه المنشأت تنشأ من مجاميع منفصلة من الخلايا الإنشائية لذا فإنها تمتلك طرق نمو مختلفة، إن هذه المنشأت هي :

1- **منشأ البشرة Dermatogen** ويتكون من صف واحد يقع إلى الخارج تنقسم خلاياه عمودياً anticlinally مكونة طبقة واحدة هي البشرة epidermis.
2- **منشئ القشرة periblem** وهي المنطقة الوسطية وتكون القشرة.
3- **منشئ الاسطوانة الوعائية plerome** وهو الجزء المركزي ويقوم بتكوين الحزم الوعائية والنخاع والأشعة اللبية والدائرة المحيطة pericycle.

4- **منشئ القلنسوة Calyptrogen** وفي حالة الجذر يوجد منشئ أخر هو منشئ القلنسوة Calyptrogen حيث يكون قلنسوة الجذر calyptra (root cap) .



إن هذه النظرية تنطبق تماماً على القمة الجذرية ولكنها لا تنطبق على القمة الساقية للأسباب التالية:

1- عدم وجود حد فاصل بين منشئ البشرة والقشرة أو منشئ القشرة والاسطوانة الوعائية.

2- قد يكون كل منشئ أكثر من طبق فقد تنشأ البشرة والقشرة من منشئ واحد.

3- قد لا تتكون الأنسجة من منشأها الأصلي.

4- الدراسات النسيجية المعتمدة على التشكيلات النسيجية (الكاميرات) chimeras اثبت صحة هذه النظرية فيما يتعلق بمنشئ البشرة في معظم الأحيان ولم تثبت صحة مضمونة النظرية فيما يتعلق بمنشئ القشرة أو الاسطوانة الوعائية.

3- نظرية المرستيم الأول Promeristem theory

وتعد من أهم النظريات والتي سوف تعتمد في الدراسة، وضعت هذه من قبل C. Haber landt عام (1914) وهي شبيهة بالنظرية السابقة ومضمونها يشير إلى وجود خلايا على درجة واطئة جداً من التمايز يطلق عليها المرستيم الاول Promeristem في قمة الجذر والساق وتتميز إلى ثلاثة مرستيمات ابتدائية هي :

Protoderm البشرة الأولية : وهي مسئولة عن تكون البشرة في الساق أو الطبقة الوبرية في الجذر.

Procambium الكمبيوم الاولي : وهذا يظهر بشكل أشرطة طويلة كثيرة ومبعثرة في سيقان ذوات الفلقة الواحدة أو أشرطة مرتبة في اسطوانة مجوفة في سيقان ذوات الفلقتين، أما في الجذر فتكون بشكل عمود

مركزي واحد، ويتوالى أنقسام خلايا الكمبيوم الاولي، اذ يتميز الجزء الخارجي منها الى عناصر اللحاء الابتدائي Primary phloem والداخلي منها الى عناصر الخشب الابتدائية Primary xylem وفي ساق ذوات الفلقتين لا تتحول خلايا شريط الكامبيوم الاولي كلها الى خلايا مستديمة بل تبقى منها خلايا مرستيمية تكون طبقة بين الخشب واللحاء وهذه تكون الكامبيوم الحزمي Vascular cambium ، أما في ساق ذوات الفلقة الواحدة والجذر فتتحول الاشرطة كلها الى خلايا مستديمة .

ما الفرق بين الحزم الوعائية في كل من ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين.

ground meristem المرستيم الاساسي: ينقسم هذا المرستيم في جميع الجهات لتتميز خلاياها في الساق والجذر الى القشرة والنخاع والأشعة النخاعية.

4- نظرية الغلاف والبدن Tunica - corpus theory

قدمت هذه النظرية من قبل العالم Schmidt عام 1924 مستنداً على الدراسات لقمم السيقان في مغطاة البذور وطبقاً لهذه النظرية فهناك منطقتين هما :

أ- **منطقة الغلاف Tunica:** وهي عبارة عن طبقة أو أكثر من الخلايا المحيطة صغيرة الحجم تغلف البدن وتنقسم بأتجاهات عمودية على السطح بحيث ينتج عنها زيادة في السطح أو المساحة ، كما إن عدد الطبقات في ذوات الفلقة الواحدة يتراوح بين 1-3 وفي ذوات الفلقتين يتراوح 2-5.

ب- **البدن Corpus :** وهي منطقة تقع وسط المرستيم القمي وتمتاز بكبر حجم خلاياها، وهي مجموعة خلايا محاطة بالغلاف أي إنها تشكل الجزء المركزي من الساق وتنقسم انقسامات غير منتظمة (عمودية أو متعامدة، محيطة، مائلة) وتكون اكبر من خلايا الغلاف وتنشأ عن هذه المنطقة الاسطوانة الوعائية أو الاسطوانة الوعائية والقشرة معاً.

مساوئ النظرية

1- قد يتعذر تميز الغلاف عن البدن أو قد يكون التمييز بسيطاً وخاصة في النباتات الأقل رقياً من مغطاة البذور Angiosperms.

2- تنطبق هذه النظرية على قمة الساق دون الجذر.

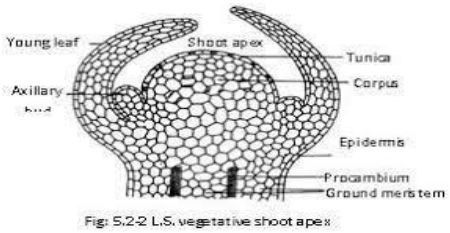
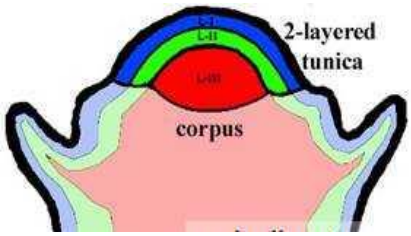


Fig: 5.2-2 L.S. vegetative shoot apex



5- نظرية نمو المناطق Growth of Zones (Cytohistological Zonation)

وجد إن النظريات السابقة لا تنطبق على معظم عاريات البذور ولذلك فقد درست هذه المجموعة من النباتات وتبين إن المنطقة المرستيمية فيها متخصصة إلى مناطق ذات صفات مميزة تفسر العلاقة بينها وبين ما ينشأ عنها من أنسجة متكيفة، وقد لاحظ العالم Foster سنة 1938 ذلك في نبات الجنكو ***Ginkgo*** من رتبة الجنكوالات وبين وجود عدة مناطق تختلف عن بعضها البعض في طريقة الانقسام وحجم الخلايا وغزارة السايتوبلازم وقابلية الاصطباغ، وهذه المناطق هي:

1- **المنطقة الإنشائية القمية Apical initial zone**

وهي مجموعة من الخلايا تقع في قمة الساق تنقسم عمودياً لتعطي على الجانبين منطقتين هما surface layers وتنقسم مماسياً وأحيانا عمودياً لتكون منطقة تدعى خلايا الأم المركزية central mother cells.

2- منطقة خلايا الأم المركزية Central mother cells

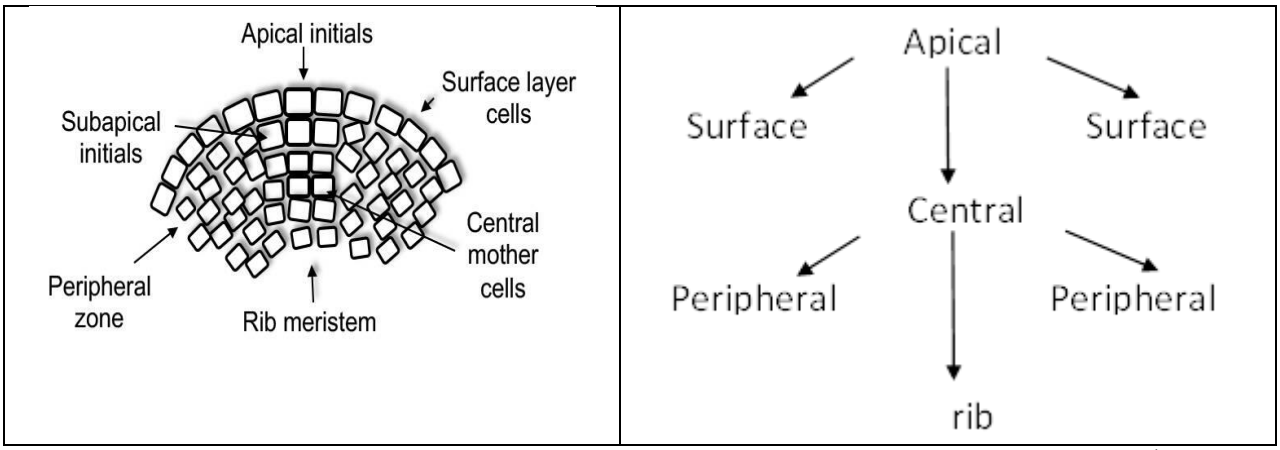
إن هذه المنطقة تقع تحت الأولى وتكون صغيرة وشديدة الاصطباغ، وتنقسم خلاياها المحيطة بسرعة نشطة لتكون الطبقة المحيطة إما الخلايا المركزية فتنقسم بدرجة اخف وأبطأ لتكون المرستيم الضلعي rib meristem.

3- الطبقة المحيطية Peripheral layer

وتمتاز خلايا هذه المنطقة بصغر الحجم وقلة التخصص وشدة اصطباغ للسايتوبلازم وتنشأ منها الأصول الورقية Leaf primordia كما إنها تسهم في تكوين أنسجة داخلية في الساق كالقشرة والنسيج الوعائي وأحيانا جزء من اللب.

4- المرستيم الضلعي Rib meristem: وهي مجموعة من الخلايا المرستيمية تقع تحت منطقة الخلايا الأم المركزية ويكون الجزء الأكبر من اللب.

ملاحظة: إن هذه النظرية تتضح في نبات الجنكو، إما في السيكادات Cycads فإنها اقل وضوحاً وهي واضحة في معظم المخروطيات، إما في رتبة النتيلات Gnetales والتي تضم الأجناس ***Gnetum*** ، ***Ephedra*** فإنها تظهر نمطاً شبيهاً بنظرية الغلاف والبدن وفيما يلي مخطط يوضح النظرية .



5- نظرية المرستيم الخامل Theory of the waiting meristem

وهي من النظريات الحديثة وقد قدمها Buvai عام 1952 وهو من العلماء الفرنسيين، تفترض هذه النظرية وجود منطقة خاملة تقع تحت الطبقة السطحية للقمة الخضرية للساق تدعى المرستيم الخامل waiting meristem ، تبقى هذه المنطقة خاملة طالما كانت القمة الساقية في الحالة الخضرية، إلا إن المرستيم يبدأ نشاطه بالتحول من الحالة الخضرية إلى التكاثرية فان نشاط المرستيم يبدأ بالظهور وتصبح هذه المنطقة معنية بتكوين الازهار أو النورات، غير إن الأبحاث اثبت عدم صحة هذه النظرية وخصوصاً التشكيلات النسيجية (الكايميرات).

❖ المرستيم القمي في الجذر Root apex

المرستيم القمي في الجذر يشبه المرستيم القمي في الساق ولكن يظهر في طرز نمو مختلفة وليس هناك طراز معين ينطبق على القمة النامية لجميع النباتات.

٢- القمة النامية في الجذر Apex Root :

يختلف المرستيم القمي في الجذر عنه في الساق في أنه لا ينتج أنسجة إلى الداخل فقط وانما للخارج أيضاً وتبعاً لوجود القلنسوة فإن موقع المرستيم القمي بل تحت نهائي (شبه طرفي) Subterminal أي فوق القلنسوة . كما أنه لا يكون أعضاء جانبية كالفروع والأوراق .

يطلق على المرستيم القمي في الجذر بالمرستيم الأولي Promeristem كما في الساق . وبعد المنطقة المرستيمية في الجذر يبدو الأخير واضح التمييز إلى منطقتين هما الأسطوانة المركزية والقشرة وهما تمثلان منطقة الكمبيوم الأولي في المركز يحيطه المرستيم الأساس Ground meristem ويستعمل لفظ الكمبيوم الأولي في هذه الحالة على الأسطوانة المركزية بأكملها إذا كانت هذه الأسطوانة في النهاية تكون عمودا دون وجود نخاع . ويستعمل لفظ البشرة الأولية ً وعائياً مركزياً Protoderm على الطبقة السطحية في الجذر الحديث وعادة تتميز البشرة الأولية على بعد من قمة الجذر وذلك لاندماجها من حيث الأصل أما مع القشرة أو مع القلنسوة .

وقسمت القمم النامية في الجذور إلى نماذج على أساس العلاقة بلين المنطقة المنشئة والأنسجة

الابتدائية المكونة منها . ففي النباتات الواطئة تنتج الأنسجة المختلفة من خلية قمية واحدة أو من مجموعة من الخلايا مرتبة في صف واحد وهنا تنهج القمة النامية للجذر نفس المنهج كما في السا ق أما عارية البذور أو في مغطاة البذور فإن الأنسجة الابتدائية تخرج أما من طبقة مرستيمية واحدة zone initial Single غير واضحة التمييز أو أن بعض هذه الأنسجة يمكن تتبع نشأتها من خلايا إنشائية مستقلة وفي هذه الحالة الأخيرة قد تنتظم الخلايا الإنشائية في مجموعتين أو أكثر كما يلي :

١. في بعض عاريات البذور وبعض ذوات الفلقتين تنتظم الخلايا الإنشائية في مجموعتين أحدهما تكون الأسطوانة المركزية والأخرى تكون القشرة والقلنسوة وتتكون البشرة بعد ذلك من الطبقة الخارجية للقشرة .

٢. في بعض ذوات الفلقتين تنتظم الخلايا الإنشائية في مجموعتين أحدهما تكون الأسطوانة المركزية والجزء الداخلي من القشرة والأخرى تكون بقية القشرة والقلنسوة وتتكون البشرة من الطبقة الخارجية من القشرة .

٣. في بعض ذوات الفلقتين تظهر أيضاً الخلايا الإنشائية في مجموعتين أحدهما تعطي جميع أجزاء الجذر الواقعة بداخل البشرة والأخرى تعطي البشرة والقلنسوة وفي هذه الحالة تتميز البشرة عن القشرة من حيث المنشأ .

٤. في بعض ذوات الفلقتين تظهر الخلايا الإنشائية مميزة إلى ثلاثة مناطق initial Three Zones تعتبر أصل الأسطوانة المركزية ، القشرة والقلنسوة على التوالي .

أما في ذوات الفلقة الواحدة فيمكن تمييز أربعة نماذج تركيبية هي :

١- للأسطوانة المركزية أوليات مستقلة وللقشرة والقلنسوة أوليات مستقلة وتخرج البشرة كجزء من القلنسوة وهي قريبة من عاريات البذور وبعض ذوات الفلقتين .

٢- تستقل الأسطوانة المركزية والقشرة والقلنسوة كل عن الأخرى من حيث المنشأ وتكون البشرة الطبقة الخارجية من القشرة. وفي هذا الطراز توجد ثلاث مناطق إنشائية في قمة الجذر . كما في الذرة mays Zea .

٣- لكل من الأسطوانة المركزية والقشرة والبشرة والقلنسوة خلايا إنشائية منفصلة . أي أن هنالك أربع مناطق إنشائية مستقلة . يتماشى هذا الطراز مع نظرية نشوء الأنسجة theory Histogen .

٤- تخرج جميع أجزاء الجذر من منشأ واحد وهذا الطراز يشبه بعض ذوات الفلقتين وقد وجد في جذر البصل .

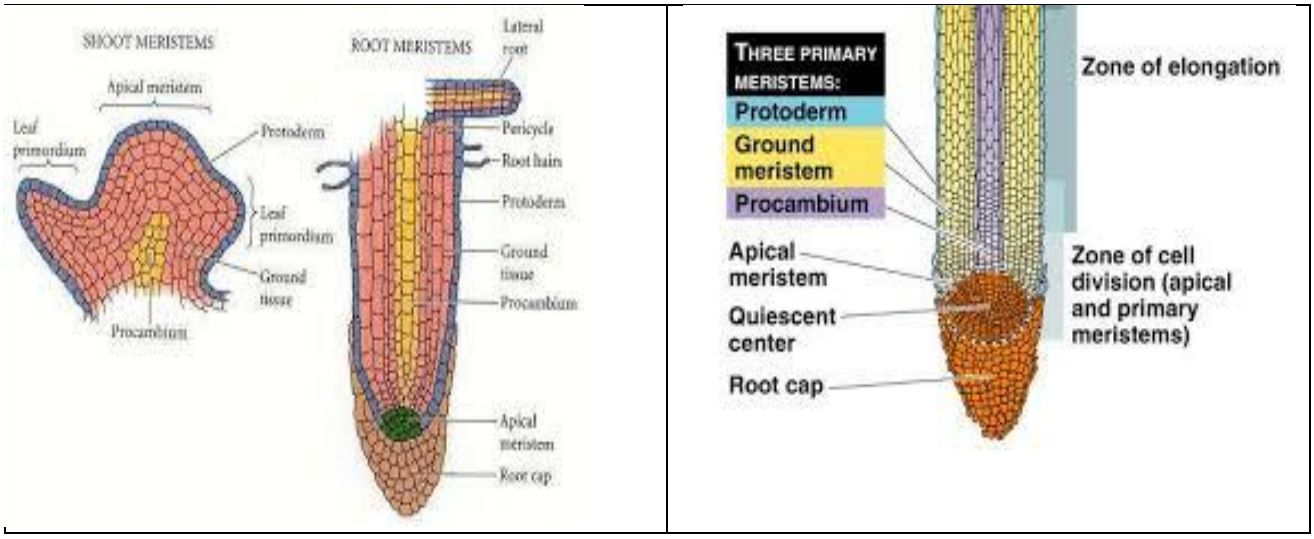
وبذلك يتضح أن طرازين من ذوات الفلقة الواحدة يتميزان بنشأة القلنسوة من منشأ مستقل وهذا المنشأ يسمى منشئ القلنسوة Calyptrogens أما إذا نشأت البشرة والقلنسوة من نفس المنشأ فيمكن أن يطلق عليه مصطلح منشئ البشرة والقلنسوة dermatogen-Calyptro.

الفرق بين المرستيم القمي في الساق والمرستيم القمي في الجذر

المرستيم القمي في الساق	المرستيم القمي في الجذر
ينتج أنسجة للداخل فقط	ينتج أنسجة للداخل والخارج
موقعهُ نهائي في قمة الساق	موقعهُ تحت نهائي
يكون أعضاء جانبية كالفروع والأوراق والتي تكون بدايتها عند القمة النامية في الساق	تفرعات الجذر تكون بعيدة عن منطقة النمو وتكون داخلية المنشأ، أذ تنشأ من الدائرة المحيطية

المرستيم القمي للجذر يكون اقل تعقيدا من حيث مستوى التركيب من المرستيم القمي للمساق؟

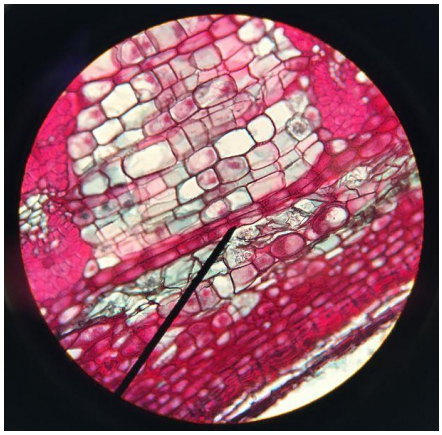
وذلك لأن المرستيم القمي للجذرغير مسؤول عن تكوين الجذور الجانبية او الجذور الثانوية (الفروع الجذرية).



المرستيمات الجانبية Lateral Meristem: وتشمل

❖ **الكامبيوم الوعائي Vascular cambium**

❖ **الكامبيوم الفليني Cork cambium**



الكامبيوم الوعائي Vascular cambium :

وهو مرستيم جانبي يقع بين نسيجي الخشب واللحاء ويؤدي نشاطهُ الى الزيادة القطرية في سيقان وجذور النباتات التي تتميز بحصول النمو الثانوي فيها وهي نباتات ذوات الفلقتين من مغطاة وعاريات البذور، اذ يظهر هذا المرستيم على شكل اشرطة منفصلة أو على هيئة أسطوانة جوفاء في العديد من النباتات العشبية من مغطاة البذور. قد يكون الكامبيوم الوعائي أثرياً أو غير موجود في بعض النباتات من ذوات الفلقة الواحدة ولذلك تقوم الانسجة الوعائية الابتدائية بوظيفتها خلال فترة النمو الابتدائي وفي هذه النباتات تتميز جميع خلايا الكامبيوم الاولي Procambium الى أنسجة مستديمة من الخشب واللحاء ولا يتبقى بينهما كامبيوم كما لايحدث فيها تغلظ ثانوي وتعيش هذه النباتات لموسم واحد وهذا يحدث في ذوات الفلقة الواحدة حيث تتميز جميع خلايا الكامبيوم الاولي الى خلايا مستديمة Permanent tissues.

لكن في سيقان وجذور ذوات الفلقتين وكذلك في عاريات البذور يتميز القسم الاكبر من الكامبيوم الاولي الى لحاء وخشب أبتدائيين ويتبقى قسم غير متميزيين الانسجة الدائمية من الخشب واللحاء حتى بعد تمام نضجها يقوم حينئذ بمهمة تكوين الانسجة الثانوية للحاء والخشب وهو ما يعرف **بالكامبيوم الوعائي Vascular cambium**.

يكون الكامبيوم الوعائي بشكل نسيجين النسيج الاول يقع بين الخشب واللحاء يسمى **الكامبيوم الحزمي fascicular cambium** والذي يقع داخل الحزمة الوعائية الاصلية وظيفتهُ أنتاج اللحاء الى الخارج والخشب الى الداخل طيلة فترة حياة النبات،

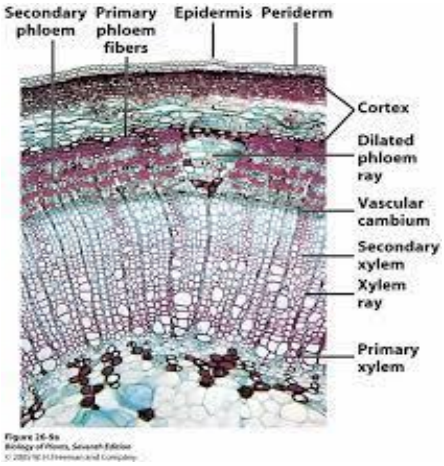
النسيج الاخر هو ما تبقى من أشرطة الكامبيوم الوعائي vascular cambium تكون منفصلة عن بعظها بواسطة برنكيما النسيج الاساسي وتتكون بواسطة أنقسام الخلايا البرنكيمية الواقعة بين الحزم الوعائية بطريقة فقدان التميز Dedifferentiation وتتحول الى خلايا مرستيمية ويطلق على هذا الجزء من الكامبيوم مصطلح **الكامبيم بين الحزم Inter fascicular cambium** وظيفتهُ ربط حزمة وعائية مع حزمة وعائية أخرى.

أنواع خلايا الكامبيوم:

يتكون الكامبيوم عادةً نوعين من الخلايا:

1- **خلايا ذات أصول مغزلية Fusiform Initials :** وهي خلايا مستطيلة ذات أطراف مدببة وقد تصل في طولها في بعض الجذوع المسنة الى 8 ملم وينشأ منها العناصر الطويلة رأسياً مثل الالياف والقصيبات والاوعية وبعض خلايا برنكيما الخشب واللحاء وهي الخلايا التي يطلق عليها مجتمعة بالنظام المحوري أو العمودي Axial or Vertical System في الخشب واللحاء الثانويين.

2- خلايا ذات أصول شعاعية Ray Initials : وهي خلايا صغيرة متساوية الابعاد ةتقريباً وينشأ منها خلايا الأشعة البارنكيمية والتي تكون عادةً ممتدة أفقياً أو عرضياً ويطلق عليها مصطلح النظام الشعاعي أو الافقي Radial or Horizontal System في الخشب واللحاء الثانويين.



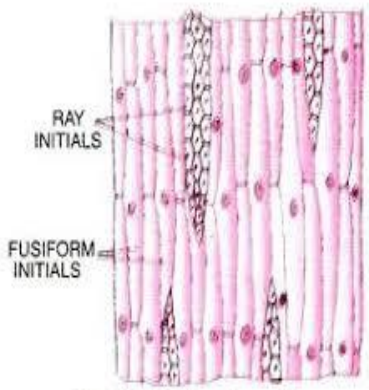


Fig. 6.29. L.S. Vascular cambium showing fusiform and ray initials.

صفات أو مميزات خلايا الكامبيوم-

1- ذات جدران أبتدائية.
2- تظهر فيها حقول النقر الابتدائية.
3- تخترقها الروابط البلازمية.
4- تكون جدرانها القطرية أسمك من جدرانها المماسية وذلك لتوالي الانقسام الموازي للسطح والتي تؤدي الى رقة الجدران المماسية.
5- خلاياها وحيدة النواة ولكن حجم النواة في الاصول المغزلية أكبر مما هو عليه في الاصول الشعاعية.
6- تحوي على فجوة واحدة كبيرة الحجم تمتد خلالها خيوط بروتوبلازمية متشابكة أو تحوي على فجوات صغيرة مستقلة عن بعضها.

يمكن تمييز نوعين من الكامبيوم على أساس ترتيب وانتظام الخلايا المغزلية في المقطع المماسي Tangential section .

A- كامبيوم منضد (مصفف) Storied or stratified cambium

وفيه تنتظم خلايا الكامبيوم المغزلية في صفوف أفقية بحيث تكاد تصبح أطرافها في مستوى واحد، وتكون الخلايا المغزلية في هذه الحالة من النوع القصير.

B- كامبيوم غير منضد (غير مصفف) Non Storied or non-stratified cambium

في هذه الحالة تتراكب الخلايا المغزلية جزئياً ولا تنتظم في صفوف أفقية وتكون الخلايا في الكامبيوم غير المنضد عادةً أطول من خلايا الكامبيوم المنضد وأكثرها شيوعاً بين النباتات، ومما تجدر الاشارة أليه أن الكامبيوم المنضد يعتبر أرقى تطورياً من النوع غير المنضد كما أن الاصول القصيرة للكامبيوم هي الاخرى ارقى تطورياً من الأصول الطويلة.

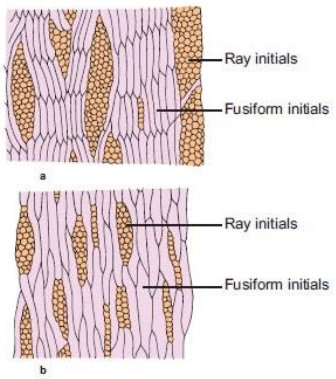


Figure 10.2: Tangential longitudinal section (TLS) of cambium (a) Storied cambium (b) Non-storied cambium

الانقسام الخلوي في الكامبيوم :

تقسم هذه الخلايا لمدة غير محدوده مولدة خلايا انشائية في الكامبيوم نفسه بزيادة تتناسب مع زيادة محيط العضو الذي يقع فيه ويتم الانقسام بطريقتين:

1. الطريقة المماسية : Periclinal or Tangential division

وتتكون نتيجة الانقسام خلايا الخشب واللحاء ، حيث تنتج خليتان صغيرتان من انقسام خلية كمبيومية، واحده تكون الخلية الام للخشب xylem mother cell او تمسى xylem initial والخلية الام للحاء phloem initial or phloem mother cell ذلك بحسب موقعها والثانية خلية الكامبيوم الدائمية Persistent cambium cell هذا وان كل خلية ناتجة من الانقسام تتوسع حتى تبلغ حجماً معيناً كحجم الكمبيوم الاصلية ، اما الخلايا الانشائية للخشب او اللحاء (المشتقات derivative) فقد تنقسم مرة واحدة الى عدة مرات قبل ان تتخصص او قد تتخصص مباشرة بعد الانقسام من الخلية الام (ان انقسام خلايا الكامبيوم) واضافة الخلايا لحائية او خشبية بالتبادل اي مره الى اللحاء ومره الى الخشب ليس بالامر الضروري ان يحدث هذا دائماً فقد تضاف خلايا مشتقة الى جهة ما اكثر من الثانية) ان

تكوين العناصر الخشبية واللحائية لا ينتج عن الخلايا الانشائية للكامبيوم نفسها فقط يعتمد في بعض الحلات على الخلايا الانشائية او الخلايا الامية للخشب واللحاء ايضاً وينتج عن هذا الانقسام الاشعة الخشبية واللحائية.

2. الطريقة القطرية Anticlinal or Radial division

تهدف هذه الطريقة من الانقسام الى زيادة عدد الخلايا الانشائية للكامبيوم زيادة تتناسب ومحيط العضو الذي توجد فيه وذلك لتكون كتله كثيفة من الخشب الثانوي داخلياً والذي يسبب دفع اسطوانة الكامبيوم الوعائي الى الخارج مما يستلزم زيادة عدد الخلايا الانشائية للكامبيوم زياد تتفق وزيادة قطر العضو الذي توجد فيه.

الاصول الانشائية تتقسم بصورة قطرية الى خليتين وبجدار قطري وتتوسع الخلايا الناتجة عن الانقسام حتى تبلغ حجم الخلية الانشائية المغزلية الاصلية ، اما الاصول الشعاعية فهي في الغالب تتنشا نتيجة لانقسام خلايا الاصول المغزلية كليا او جزيئاً اي فقدان للاصول المغزلية وتحل محلها اصول شعاعية.

والخلاصة ان الانقسام في الكامبيوم يحصل بطريقيتن .

1. **مماسي ينتج عنه العناصر الخشبية واللحائية بالاضافة الى شعاعيتها.**
2. **قطري ينتج عنه خلايا انشائية للكامبيوم نفسه بالاضافة الى الاشعة او اصول شعاعية جديدة.**

ملاحظه:

ان تساع اسطوانة الكمبيوم يتبعه تكون اصول شعاعية جديدة Ray initials وذلك من خلال فقدان اصول مغزلية لتحل محلها الاصول الشعاعية الجديدة وتكون باحدى الطرق الاربعة التالية :

1. **اقتطاع خلية شعاعية من طرف خلية مغزلية.**
2. **انقسام خلية مغزلية لتعطي على احد جانبيها خلية شعاعية جديدة.**
3. **انقسام خلية مغزلية عرضياً لتعطي صف من الخلايا الشعاعية.**
4. **تحول خلية مغزلية متضائلة تدريجياً الى خلية شعاعية.**

النشاط الكمبيومي Combium activity

تعتمد سعة منطقة الكمبيوم على النمو القطري ومعدل تميز خلايا الكامبيوم نفسه وهناك حالتين هما:

1. **زيادة معدل انقسام خلايا الكامبيوم على معدل تميزها يؤدي ذلك الى اتساع منطقة الكمبيوم.**
2. **تساوي معدل الانقسام مع معدل التميز يؤدي الى بقاء المنطقة الكمبيومية ضيقة وواضحة الحدود.**

هناك عوامل تؤثر على نشاط الكمبيوم

1. **طول الفترة الضوئية التي يتعرض لها النبات .**
2. **تعرض النبات الى تحفيز معين كالجروح وربما بعود ذلك الى الهورمونات المتكونه بواسطة الجروح.**
3. **درجات الحرارة .**

النشاط الموسمي للكامبيوم Cambium seasonal activity

يعتمد النشاط الموسمي للكامبيوم على البيئة التي ينمو فيها النبات ففي حالة النباتات الاستوائية Tropical plants يستمر طيلة فترة حياة النبات حيث يضيف خشب ولحاء ثانويين وهذا يحدث في نباتات ايضاً تعيش في المناطق المعتدلة الدافئة warm temperature zone.

في حالة النباتات التي تعيش في مناطق مناخها يتميز بالتعاقب الموسمي غالباً ما يكون موسم النشاط في الربيع Spring ويتوقف في الصيف والشتاء (المناطق المعتدلة) نشاط الكامبيوم يمر بمرحلتين.

1. استطالة خلايا الكمبيوم قطرياً مما يؤدي الى رقة الجدران وضعف قوة احتمالها والامر الذي يسبب انفصال القلف bark .
2. عملية الانقسام الاعتيادية ونتيجة لذلك تتكون عدة طبقات من خلايا الخشب الحديثة ولكون الجدر الابتدائية رقيقة فتؤدي الى انفصال قلف من الخشب.

ينشط الكامبيوم في فصل الربيع مع تفتح البراعم ويكون ذلك في المنطقة الواقعة تحت أول برعم متفتح بسبب أنتقال مواد ذات طبيعة هرمونية المتكونة في الاوراق الصغيرة للبراعم المتفتحة وتنتقل منها لتحفز خلايا الكامبيوم للمنطقة القريبة من الانقسام.

لوحظ أستمرار تعرض النبات للضوء يؤدي الى أستمرار نشاط الكامبيوم الوعائي في هذه النباتات بسبب الهرمونات المتكونة في الاوراق المعرضة للضوء، كما ان هرمونات الجروح التي تتكون فيها الخلايا المتضررة ميكانيكياً يتأثر بها نشاط الكامبيوم.

يمكن القول أن نشاط الكامبيوم يرتبط بالدرجة الاساس **بالهرمونات** أضافة الى عوامل أخرى منها داخلية **كالوراثية والعمر للنبات**.

دوام الكمبيوم Duration of the cambium

1. في النباتات الحولية والاوراق والنورات يتحول الكامبيوم الى خلايا متميزة باكمله غير ان في بعض النباتات العشبية من ذوات الفلقتين فيكون الكامبيوم بعض الانسجة الثانوية.
2. في النباتات المعمرة Perennial يبقى طيلة فترة حياة النبات.

تتميز البشرة المحيطية Periderm عادةً الى ثلاث طبقات من الخارج الى الداخل هي:

1- **الفلين Cork or Phellem**
2- **الكامبيوم الفليني Cork cambium**
3- **القشرة الثانوية Phelloderm or Secondary cortex**

الكامبيوم الفليني Cork cambium:

وهو مرستيماً ثانوياً Secondary meristem أذ أنهُ يتكون نتيجة تحول خلايا مستديمة خلال عملية فقدان التمايز Dedifferentiation كما أنهُ يمثل مرستيماً جانبياً Lateral meristem لأنهُ يقع موازياً لسطح الساق أو الجذر، كما يوصف بأنهُ **خارجي المنشأ Exogenous** في الساق **وداخلي المنشأ Endogenous** في الجذر.

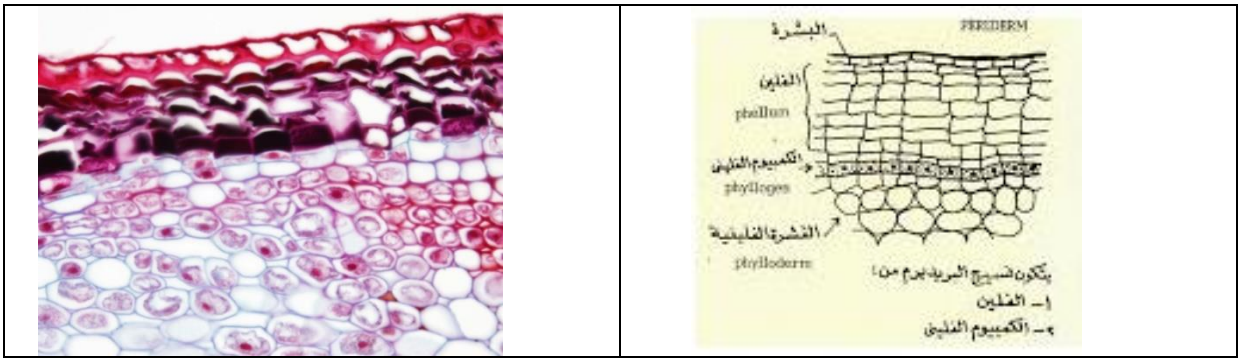
هو نسيج موجود في العديد من النباتات الوعائية كجزء من البشرة. الكامبيوم الفليني يكون جانب النسيج الإنشائي وهو المسؤول عن النمو الثانوي الذي يحل محل البشرة في الجذور و السيقان. يوجد في العديد من ثنائيات الفلقة العشبية وعاريات البذور وبعض أحاديات الفلقة. وتكون سلسلة من الأنسجة التي تتكون من خلايا القرص الجنيني (متباينة بشكل غير كامل) التي ينمو النبات منها. وتعتبر واحدة من طبقات اللحاء، **تتمثل وظيفة الكامبيوم الفليني في إنتاج الفلين**، وهو مادة واقية صلبة. يعتبر الطبقة المولدة للفلين والأدمة الفلينية.

الأهمية الاقتصادية

الفلين التجاري مشتق من لحاء السنديان الفليني *(Quercus suber).* ويستخدم في العديد من الاستخدامات بما في ذلك سدادات زجاجات المشروبات، ولوحات الإعلانات، والوقايات، والأرضيات، ومقابض قضبان الصيد ومضارب التنس، إلخ. وهي أيضاً مادة عالية القدرة من حيث القوة إلى الوزن.
بأنقسام خلايا الكامبيوم الفليني بجدران محيطية تتكون خلايا فلينية نحو الخارج وقشرة ثانوية نحو الداخل مكوناً نسيجاً وقائياً يعرف بالأدمة المحيطية **Periderm** لتحل محل البشرة في الاعضاء التي تعاني تغلظاً ثانوياً كسيقان وجذور عاريات البذور Gymnosperm وذات الفلقتين الخشبية Wood Dicotyledon، وتتكون أيضاً نتيجة لحدوث الجروح اوسقوط الاوراق.

❖ **الفرق بين البشرة Epidermis والبشرة المحيطية Periderm.**

Epidermis	Periderm
تنشاء من مرستيم ابتدائي هو الـ prododerm.	**تنشأ من مرستيم جانبي هو الكامبيوم الفليني.**
تتكون من انواع مختلفة من الخلايا كالاعتيادية والخلايا الحارسة والمساعدة والمحركة وغيرها من الخلايا	**تتكون من خلايا متباينة هي الخلايا الفلينية والكمبيوم وخلايا القشرة الثانوية.**
تمثل نظام نسيجي ضام ابتدائي	**تمثل نظام نسيجي ضام ثانوي.**
تتكون البشرة من خلايا حية عادة وذات جدران ابتدائية	**تتكون من خلايا حية عدا خلايا الفلليين تكون ميته**
قد تحتوي البشرة على زوائد كالشعيرات وغيرها	**لا توجد مثل هذه الزوائد**
غالبا ماتوجد طبقة كيوتكل	**لا يوجد كيوتكل ، بل يوجد فلين مكون من خلايا محوره**
لا يتكون	**كنتيجة لتكون البريدرم يتكون القلف bark**



الفلين Cork or Phelem

وهو نسيج مستديم بسيطاً مكون من خلايا متراصة خالياً من المسافات البينية وذات جدران ثانوية مسوبرة Suberized خالية من النقر عادةً وتموت خلايا الفلين بعد النضج وتكمن الوظيفة الوقائية لطبقة البريدرم في وجود الفلين.

ترجع الوظيفة الوقائية للفلين الى:

a- وجود مادة السوبرين الدهنية في جدرانها مما يجعلها غير منفذة للهواء والسوائل.
b- جدرانها متراصة لا تحوي على مسافات بينية.
c- أحتواء خلاياها على هواء تستطيع بواسطته أن تكون طبقة عازلة تقي النبات ولا سيما الانسجة الداخلية من الحرارة والبرودة الزائدة.

d- تحتفظ خلاياها بداخلها بعض المواد الوقائية كالمواد الدباغية والتي لها القدرة على مقاومة الطفيليات عند غرزها لأنسجة النبات.

مما تجدر الاشارة اليه هنالك فرق بين مصطلحين هما:

- **Polyderm:** وهو نوع من أنواع البريدرم Periderm الذي يحصل في الجذور والسيقان الترابية ويتألف من طبقات محيطية مسوبرة وطبقات أخرى غير مسوبرة وقد تصل الى 20 طبقة، وهو مألوف في بعض العوائل النباتية منها العائلة الوردية Rosaceae والعائلة الياس Myrtaceae.
- **Rhytidome ريتدوم:** يطلق على الطبقات الميتة المتراكمة نتيجة تكوين البريدرم مرة بعد الأخرى في الجذور وسيقان النباتات المعمرة الشجرية وبقاء تلك الطبقات على العضو النباتي.

أما في الشجيرات غالباً ما تتساقط الطبقات الميتة من البريدرم بصورة مبكرة ولا تتراكم، فلا تتكون في هذه الحالة طبقة الريتيدوم.

القشرة الثانوية Phelloderm or Secondary cortex

هي خلايا برنكيمية حية تحتفظ بكافة محتوياتها البروتوبلازمية ومحاطة بجدار ابتدائي مؤلف من مادة السليلوز لاتختلف طبقة الفلودرم من حيث التركيب عن طبقة القشرة التي تليها من الداخل ألا في انتظام خلاياها في صفوف قطرية ومستمرة في أنتظامها بصفوف شعاعية مع خلايا الكامبيوم الفليني وخلايا الفلين الواقعة خارجه. وعادةً هي قليلة الطبقات وقد تكون صف واحد وقد تحوي على بلاستيدات خضراء لتوم بعملية البناء الضوئي، كما أنها تؤدي وظيفة الخزن.

القلف Bark or Rhytidome :

وهو مصطلح يطلق على كل الانسجة التي تقع خارج الكامبيوم الوعائي او الخشب وفي الاشجار المعمرة القديمة ربما يقسم الى قلف خارجي ميت وقلف داخلي حي:

وقد يطلق القلف Bark على جميع الانسة الميتة الواقعة خارج الكامبيوم الفليني الفعال والتي تتكون من طبقات متبادلة من الفلين وخلايا القشرة واللحاء الميتة ، كما يطلق الاصطلاح Rhytidome على القلف الخارجي.

القلف الحلقي Ring bark: وهو القلف المتكون على شكل اسطوانة نتيجة لتكون الكمبيوم الفليني ويتساقط على هيئة اسطوانه أو حلقة كاملة تعرف بهذا الأسم كما في التامول *Betula* والعنب *Vitis*.

القلف الحرشفي Scaly bark : وهو القلف الناتج عن كمبيوم فليني مكون من صفائح كمبيومية متجاورة ومتراكبة ، ويتساقط على هيئة قشور أو حراشف، وهو اكثر شيوعاً من القلف الحلقي كما في شجرة الصنوبر *Pinus* والبلوط *Quercus*.

الفلين التجاري commercial cork : وهو الذي ينشا من كامبيوم فليني ناشيء من القشرة ومصدره اشجار البلوط الفلين *Quercus suber* .

يعتبر البلوط الفليني المصدر الئيس للفلين التجاري وفي هذه الاشجار ينشأ اول كامبيوم فليني من البشرة وهذا الكامبيوم يستطيع ان يستمر في نشاطهُ مدى الحياة، لكن الفلين الناتج لا يصلح استغلالهُ تجارياً ولذلك فأن الفلين المتكون حتى سن العشرين من عمر النبات والذي يسمى الفلين البكر Virgin cork ينزع من الاشجار ولا يعتبر ذات قيمة تجارية وينشأ بعد ذلك من القشرة وهذه الطبقة الجديدة تقوم بتكوين فلين جديد النوع ينزع على فترات تتراوح بين 8-12 عاماً، ويمكن استغلال الشجرة الواحدة لمدة 150 عاماً أو اكثر، وتعزى قيمة الفلين التجاري الى عدم نفاذيتهُ وخفتهُ وقابليتهُ للضغط والأنثناء.

الفلين المبكر : وهو الفلين المتكون من كامبيوم فليني ناشئ من البشرة ويتكون في السنتين الاولى من عمر النبات.

العديسات Lenticels

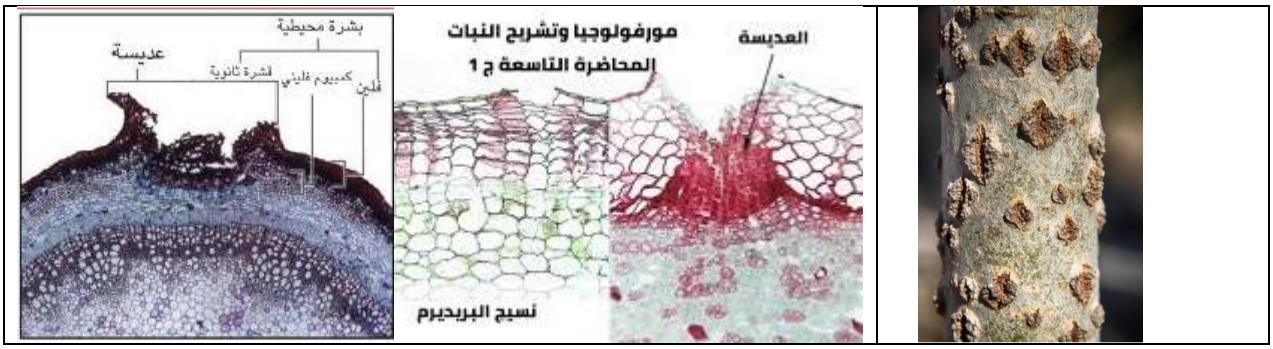
وهي تكوينات (فتحات) خاصة موجودة في البشرة المحيطة Periderm وتتميز عن الفلين بوجود المسافات البينية بين خلاياها، وتسمح بعملية التبادل الغازي والتي تحل محل الثغوراذ ان وجود طبقة الفلين المحيطة بالساق والجذور تمنع تبادل الغازات بين الهواء الجوي والانسجة الداخلية ولكي تقوم الانسجة بالوظائف الحيوية لذلك كان لابد من وجود منافذ كالعديسات تخترق طبقة الفلين وتسمح بالتبادل الغازي، وتختلف بأشكالها وحجومها.

تكون العديسه: تتكون تحت الثغور اصلاً وتتكون نتيجة لنشاط الكمبيوم الفليني والذي يكون داخل في منطقة العديسه ويكون هذا الكامبيوم نسيج مفكك يسمى complementary tissue الى الخارج اما الى الداخل فيكون قشرة ثانوية . ان تكوين النسيج المفكك يؤدي الى تمزق البيريدرم وفي الخريف يتكون نسيج غالق closing tissue مكون من طبقة او طبقتين يقوم بعزل محيط العديسة عن المحيط الخارجي. وفي الربيع يكون الكمبيوم الفليني خلايا متراصة تضغط على النسيج الغالق فتمزقة وتنفتح العديسه لتقوم بوظيفتها. وبتقدم عمر النبات تنشأ العديسة في اي مكان وليس تحت الثغر.

فلين الجروح: wound periderm = wound cork

وهي طبقة القشرة المحيطة المتكون نتيجة لاصابة النبات بجرح ولا تختلف البشرة المحيطة المتكونة بهذه الطريقة عن البريديرم العادي، غير ان الفلين المتكون هنا يقتصر على المناطق المجروحه. تتكون البريدرم تحت طبقة الخلايا الميتة والتي تعرضت الى الجرح.

ان تكون البريدرم في النباتات الخشبية اسهل من العشبية من ذوات الفلقتين و اسهل من ذوات الفلقة. كما ان انخفاض درجة الحرارة يعوق تكوين الفلين.



❖ الانسجة المستديمة Permanent tissues

وهي أنسجة مكونة من خلايا قد فقدت قدرتها على الأنقسام إما بشكل مطلق أو بشكل مؤقت بحيث انها قد تستعيد قدرتها مره اخرى علي الانقسام في بعض الظروف وتقوم هذه الخلايا بجميع الوظائف الحيوية الأخرى مثل البناء الضوئى والتنفس وتخزين المواد الغذائية ونقل العصارة وتتميز تلك الخلايا بكبر حجمها وكبر فجواتها العصارية واحتوائها على قدر بسيط من البروتوبلازم مقارنة بالخلايا المرستيمية، كما يعاني هذا النوع من الانسجة ظاهرة فقدان التمايز Dedifferentiation فتتحول الى خلايا مرستيمية مرة اخرى كما يحدث في تكوين الكامبيوم بين الحزم والكامبيوم الفليني وفي أالتئام الجروح. فقد تكون خلايا الأنسجة المستديمة حية مثل الأنسجة البرانكيمية والكولنكيمية وخلايا البشرة، وقد تكون ميتة بعد النضج وتصبح خالية من النواة والسايتوبلازم مثل خلايا الألياف Fibers والفلين Cork والقصيبات Tracheids. ويختلف تركيب وشكل وتوزيع الخلايا فى الأنسجة المستديمة باختلاف الوظيفة. ويمكن تقسيم الأنسجة المستديمة فى النبات كما يلى:

أولاً: تصنيف الأنسجة المستديمة تبعا للتركيب أو التعقيد:

1- أنسجة مستديمة بسيطة Simple permanent tissues: وهى عبارة عن أنسجة تتكون من نوع واحد من الخلايا مثل الأنسجة البرانكيمية Parenchyma والأنسجة الكولنكيمية Collenchyma .

2- أنسجة مستديمة مركبة Compound permanent tissues: وهى تتكون من أكثر من نوع من الخلايا المختلفة من حيث الشكل والتركيب والوظيفة مثل أنسجة الخشب Xylem واللحاء Phlome والبشرة المحيطة Periderm.

ثانياً: تقسيم الأنسجة المستديمة تبعا للمنشأ Origin:

1- أنسجة مستديمة ابتدائية Primary permanent tissues: وتنشأ من الأنسجة الابتدائيةPrimary tissues كتلك التي تنشأ من البشرة الاولية protoderm أو المرستيم الأساسي ground meristem أو الكامبيوم الاولي procambium وتكون التركيب الابتدائي للعضو النباتى مثل أنسجة البشرة والقشرة والنخاع ونسيجي الخشب واللحاء الابتدائيين وذلك فى المراحل الأولى من حياة النبات كالجذور والسيقان والأفرع الحديثة حيث يترتب عليه زيادة العضو فى الطول.

2- أنسجة مستديمة ثانوية Secondary permanent tissues: وتنشأ من الأنسجة المرستيمية الثانوية مثل البريدرم ونسيجي الخشب الثانوي Secondary xylem واللحاء الثانوي Secondary phloem واللذان ينشأن من الكامبيوم الوعائي الذي يمثل بصورة جزئية - مرستيماً ثانوياً، ان مما تجدر الاشارة اليه أن الكامبيوم الحزمي Fascicular cambium هو نسيج مرستيمي أبتدائي من حيث المنشأ لأنهُ يعتبر بقية من الكامبيوم الاولي Procambium ولكن على الرغم من ذلك فان الخشب واللحاء اللذين يكونهما يعتبران نسيجين ثانويين، ويمكن تعريفها على أنها الأنسجة التى تتكون بعد استكمال النبات لنموه الابتدائي حيث يزداد العضو النباتي فى السمك.

ثالثاً: تقسيم الأنسجة المستديمة تبعا للتشابه الوظيفي:

1- أنسجة ضامة أو وقائية Dermal (or Protective) tissues وهى أنسجة تحيط بجميع أنسجة النبات الداخلية مثل نسيج البشرة خلال مرحلة النمو الابتدائي والبريديرم في مرحلة النمو الثانوي وتعمل على حماية أنسجة النبات الداخلية من التأثير الضار للعوامل البيئية كذلك الإصابة بالآفات المرضية والحشرية.

2- أنسجة وعائية أو توصيل Vascular or conductive tissues : هي أنسجة تقوم بعملية توصيل الماء والعناصر الغذائية الممتصة عن طريق المجموع الجذري إلى جميع أجزاء النبات الأخرى عن طريق نسيج الخشب وتوصيل المواد الغذائية المجهزة فى الأوراق إلى جميع أجزاء النبات الأخرى عن طريق نسيج اللحاء.

3- أنسجة ميكانيكية أو دعامي Mechanical (or Supporting) tissues وهى أنسجة تقوم بتقوية وتدعيم الساق لينمو قائما أو زاحفا وتقوية الجذر على تثبيت النبات فى التربة وتوجد هذه الأنسجة فى أماكن مختلفة من النبات مثل الألياف وعناصر الخشب والخلايا الكولنكيمية والسكلرنكيمية بصفة رئيسة قد عوملا كنسيج واحد أطلق عليه مصطلح ستريوم Stereome وذلك بناءاً على التشابه الفسلجي بينهما على الرغم الاختلاف بينهم في الصفات الاخرى.

1- أنسجة إفرازية وإخراجية Secretory and excretory tissues وهى أنسجة تقوم بعملية الإفراز سواء كانت داخل وتسمي إفراز Secretory أو لخارج النبات وتسمى بالإخراج Excretory.

2- أنسجة التمثيل الضوئي Photosynthetic tissues يضم جميع الانسجة التي تمارس عملية البناء أو التركيب الضوئي التي تحوي على مادة الكلوروفيل الموجودة في الاعضاء النباتية المعرضة للضوء.

رابعا: تصنيف الأنسجة المستديمة على حسب مدى حيوتها:

1- أنسجة حية Living tissues وهى الخلايا التى تحتفظ بالبروتوبلازم بداخلها مثل الخلايا البرانكيمية والكولنكيمية والأنابيب الغربالية.

2- أنسجة ميتة Dead tissues وهى خلايا تحلل بروتوبلازمها مثل الأوعية الناقلة فى نسيج الخشب والأنسجة السكلرنكيمية.

خامساً: تصنيف الانسجة المستديمة على الاستمرارية الطوبوغرافية Topographic continuity

1- الأنسجة الأساسية Ground tissues وهو يشمل القشرة Cortex والنخاع Pith والأشعة النخاعية Medullary rays في السيقان والجذور والنسيج الاساسي Ground tissue في سيقان ذوات الفلقة الواحدة والنسيج الوسطي Mesophyll في الاوراق، ويمثل النسيج البرنكيمي Parenchyma اهم مكونات هذه الانسجة وكذلك النسيج الكولنكيمي Collenchyma والنسيج السكلرنكيمي Sclerenchyma.

2 – الأنسجة الضامة Dermal tissues وهى الأنسجة التى تشغل معظم جسم النبات مثل البشرة بالنسبة للاعضاء ذات النمو الأبتدائي والبشرة المحيطة Periderm بالنسبة للاعضاء التي عانت تغلضاً ثانوياً كالسيقان والجذور المعمرة .

1- الأنسجة الوعائية أو أنسجة التوصيل Vascular or conductive tissues

أنسجة مركبة وظيفتها الأساسية القيام بعملية توصيل الماء والعناصر الغذائية الممتصة بواسطة المجموع الجذرى إلى جميع أجزاء النبات الأخري كما أنها تقوم بتوصيل الغذاء المجهز بالأوراق إلى جميع أجزاء النبات الأخرى.

تركيب الحزم الوعائية:

a- نسيج الخشب Xylem tissue

b- نسيج اللحاء Phloem tissue

الحزم الوعائية Vascular bundles:

تتكون الحزمة الوعائية من كل من نسيج الخشب Xylem tissue ونسيج اللحاء Phloem tissue وقد يوجد نسيج الكمبيوم يفصل بينهما كما في النباتات ذوات الفلقتين او لا يوجد كما في ذوات الفلقة الواحده، ويوجد عدة انواع من الحزم الوعائية كما يلي:-

انواع الحزم الوعائية:-

1- حزم جانبية Collateral bundles: وتوجد في سيقان واوراق النباتات ذوات الفلقة وذوات الفلقتين وتنقسم الي نوعين:-

أ- حزم جانبية مفتوحة Open C.B :- وتوجد في سيقان النباتات ذوات الفلقتين.

ب- حزم جانبية مغلقة Closed C. B :- وتوجد في سيقان النباتات ذوات الفلقة الواحدة واوراق ذوات الفلقة وذوات الفلقتين.

2- حزم ذات جانبين Bicollateral bundles: وتوجد في ثلاث عائلات نباتية وهي العائلة العلاقية والعائلة القرعية والعائلة الباذنجانية.

3- حزم مركزية Concentric bundles: يوجد احد الانسجة في مركز الحزمة والنسيج الاخر يوجد محيط به ولذا قد تكون مركزية الخشب كما في النباتات السرخسية وقد تكون مركزية اللحاء كما في نبات الدراسينا.

4- حزم قطرية Radical bundles : يوجد كل من الخشب واللحاء علي انصاف اقطار متبادلة وتوجد في الجذور سواء ذوات الفلقة او ذوات الفلقتين

الأنسجة الضامة Dermal Tissues

يطلق هذا المصطلح على مجمل الانسجة المحيطة بالجسم النباتي من الخارج شاملاً جميع أعضائهُ سواء كانت في مرحلة النمو الأبتدائي أو مرحلة النمو الثانوي. والأنسجة الضامة تتمثل بالبشرة Epidermis خلال فترة النمو الأبتدائي والبريدرم Periderm في الأعضاء التي عانت تغلضاً ثانوياً. ونظراً لوجود بعض الفوارق التركيبية والفسيولوجية والنشوئية بين بشرة الجذر من جهة وبشرة الساق من جهة أخرى فقد أستعمل مصطلح **Rhizodermis** أو **Epiblem** للدلالة على بشرة الجذر.

اولاً: البشرة EPIDERMIS:

يعرف النسيج الضام الذي يغطي جميع الاجزاء النباتية خلال النمو الابتدائي بالبشرة وهي في تماس مباشر مع البيئة وعرضة للتحورات التركيبية بعوامل بيئية مختلفة . تنشا بشرة الساق والاوراق والاجزاء الزهرية من الطبقة السطحية للمرستيم القمي للساق اما بشرة الجذر فانها تنشا من طبقة خلايا في المرستيم القمي للجذر. تتالف البشرة من طبقة واحدة من الخلايا فتسمى بالبشرة البسيطة وفي انواع نباتية تتكون من طبقتين من الخلايا فتسمى بالبشرة المضاعفة double epidermis او تتكون من طبقات عدة وتعرف بالبشرة المتضاعفة

multiple epidermis. يطلق على البشرة المتضاعفة للجذور الهوائية في بعض الانواع النباتية مصطلح البرقع او الفيلامين الذي يمنع فقدان الماء . تظهر بشرة الساق والاوراق وجود الثغورstomata ومفردها ثغرة stoma .

تقوم البشرة في النبات بوظائف عدة تشمل امتصاص الماء وافراز الكيوتكل والحماية من اكلات الاعشاب والسيطرة على التبادل الغازي والنتح transpiration فضلا عن الوظائف المختلفة لشعيرات البشرة الترايكومات trichomes .

قد تستديم البشرة طيلة حياة النبات او تتحطم وتسقط كما في بعض الانواع النباتية التي يحصل بها نمو ثانوي وذلك نتيجة تكوين البشرة المحيطة التي تحل محل البشرة المتساقطة.

صفات خلايا البشرة:-

1- خلايا حية.
2- لها سايتويلازم رقيق.
3- تحوي على فجوات واسعة مملوءة بالعصير الخلوي.
4- لها جدران أبتدائية فيها حقول النقر الابتدائية.
5- خالية من المسافات البينية لذا فهي تعيق مرور بخار الماء والغازات الا عن طريق الثغور.

هنالك نوعين من للبشرة من حيث الصفوف:

A- البشرة البسيطة Uniseriate مكونة من صف واحد من الخلايا.
B- البشرة المضاعفة Multiseriate مكونة من صفين أو أكثر من الخلايا، كما في العائلة التوتية Moraceae خاصة نبات التين *Ficus* وكذلك عوائل أخرى منها (الخبازية Mavaceae-النخيلية Palmae).

وظائف البشرة:

1- الوقاية Protection وتشمل الوقاية من الاضرار الميكانيكية التي يتعرض لها النبات في محيطة الخارجي بفعل الرياح والامطار او الرمال او غيرها. والوقاية من الحشرات والآفات الاخرى, إذ تقوم بعض الزوائد الناشئة من البشرة بدور هام في مهمة الوقاية كما ان الافرازات التي تكونها بعض خلايا البشرة في نباتات معينة تقوم هي الاخرى بدور الوقاية نظراً لسمية تراكيب موادها المفرزة او رائحتها التي تخافها الحيوانات.

2- تنظيم عملية تبادل الغازات والماء Exchange of Gases and water تقوم الثغور الموجودة في البشرة بتنظيم تبادل الغازات بين الانسجة الداخلي للنبات والمحيط الخارجي في عملية التنفس والتركيب الضوئي. هذا بالإضافة الى تنظيم خروج الماء من النبات على هيئة بخار في عملية النتح Transpiration , فضلا عن حفظ الانسجة الداخلية للنبات من فقد الماء المفرط.

3- تقوم البشرة في الجذور بوظيفة الامتصاصAbsorption حيث يتم عن طريق خلايا البشرة امتصاص الماء والاملاح المذابة في التربة او المحيط المائي الذي تتواجد فيه الجذور وتلعب الشعيرات الجذرية في المنطقة الوبرية دوراً اساسياً في عملية الامتصاص.

4- القيام بعملية التركيب الضوئي Photosynthesis تحتوي بعض النباتات المائية ونباتات الظل والنباتات التريدية فضلا عن الخلايا الحارسة على بلاستيدات خضراء تمكنها من القيام بعملية البناء الضوئي.

5- القدرة على العودة الى الحالة المرستيمية تكون خلايا البشرة حية وحاوية على نواة فأنها غالباً ما تحتفظ بخاصيتها المرستيمية بصورة كامنة Potentially meristematic لذا فأنها في حالات كثيرة تساهم في تكوين المرستيمات الثانوية كما في نبات الدفلة وغيرها.

❖ انواع خلايا البشرة :

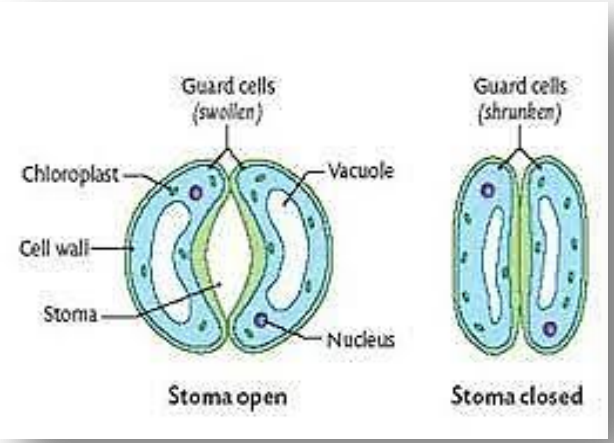
1- الخلايا الاعتيادية للبشرة ordinary epidermis cells :

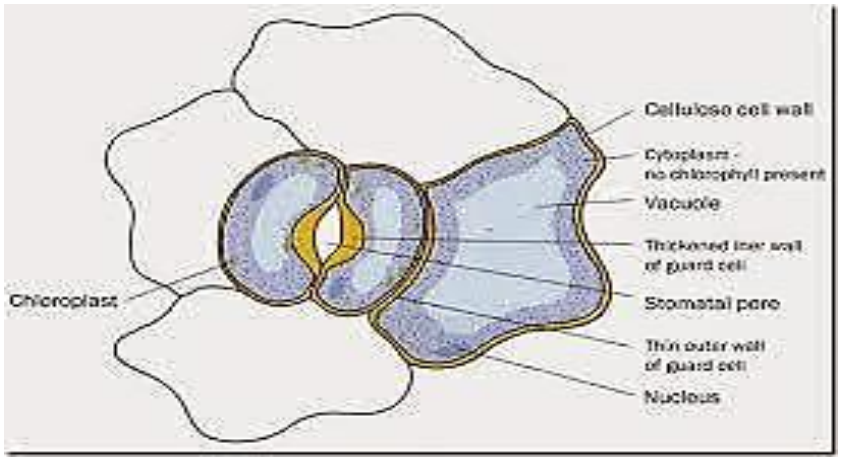
وهي خلايا غير متخصصة نسبيا تمثل ارضية نسيج البشرة والتي تتوزع بينها بقية انواع خلايا البشرة وتظهر تغايرات في شكلها . وتحتفظ الخلايا الاعتيادية للبشرة بالبروتوبلاست عند النضج وقد تخزن نواتج ايضية ، كما تحتوي هذه الخلايا على بلاستيدات ضعيفة التكشف.

2 - الخلايا الحارسة guard cells :

هي خلايا حية عالية التخصص كلوية الشكل (في ذوات الفلقتين) او صولجانية الشكل (في ذوات الفلقة الواحدة) وذات جدران ابتدائية غير منتظمة السمك وتصطف بازواج تحصر بينها فتحة او ثقب ، يطلق مصطلح ثغرة stoma على الخليتين الحارستين والفتحة بينهما ومن صفات الخلايا الحارسة ايضا انها تحتوي على بلاستيدات خضراء ونواة ومايتوكوندريا ودكتيوسومات ورايبوسومات وشبكة اندوبلامية خشنة.

يعتقد ان حركة الثغور غلقها وفتحها هي بسبب التغيرات في ضغط الانتفاخ بين الخلايا الحارسة والخلايا المجاورة لها وكذلك احتواء الخلايا الحارسة على تراكيز عالية من البوتاسيوم مقارنة بالخلايا المجاورة وقد يعمل هذا العنصر ازموزيا مما ينتج عنه فتح الثغور وكذلك اختلاف سمك الجدران في الخلايا الحارسة لو دور في فتح وغلق الثغور. تختلف اعداد الثغور وتوزيعها في النباتات باختلاف البيئة اذ تكثر اعداد الثغور على السطح السفلي من اوراق النباتات الوسطية اما في النباتات المائية فينعدم وجود الثغور او ينحصر وجودها في احدى البشرتين للاوراق الطافية اما في النباتات الصحراوية فتظهر ثغورا غائرة اي منخفضة تحت مستوى سطح البشرة في اخاديد او تجاويف. تحاط الخلايا الحارسة بالخلايا المساعدة او بخلايا البشرة الاعتيادية ، يطلق مصطلح المعقد الثغري على الثغرة والخلايا المساعدة معا.





تقسم الثغور على اساس العلاقة بالخلايا المجاورة الى عدة انواع هي :

1 - النوع الشاذ Anomocytic type: يسمى ايضا بالنوع غير المنتظم وينعدم في هذا النوع وجود الخلايا المساعدة وتحاط الثغرة بعدد من الخلايا الاعتيادية للبشرة كما في نبات الباقلاء.

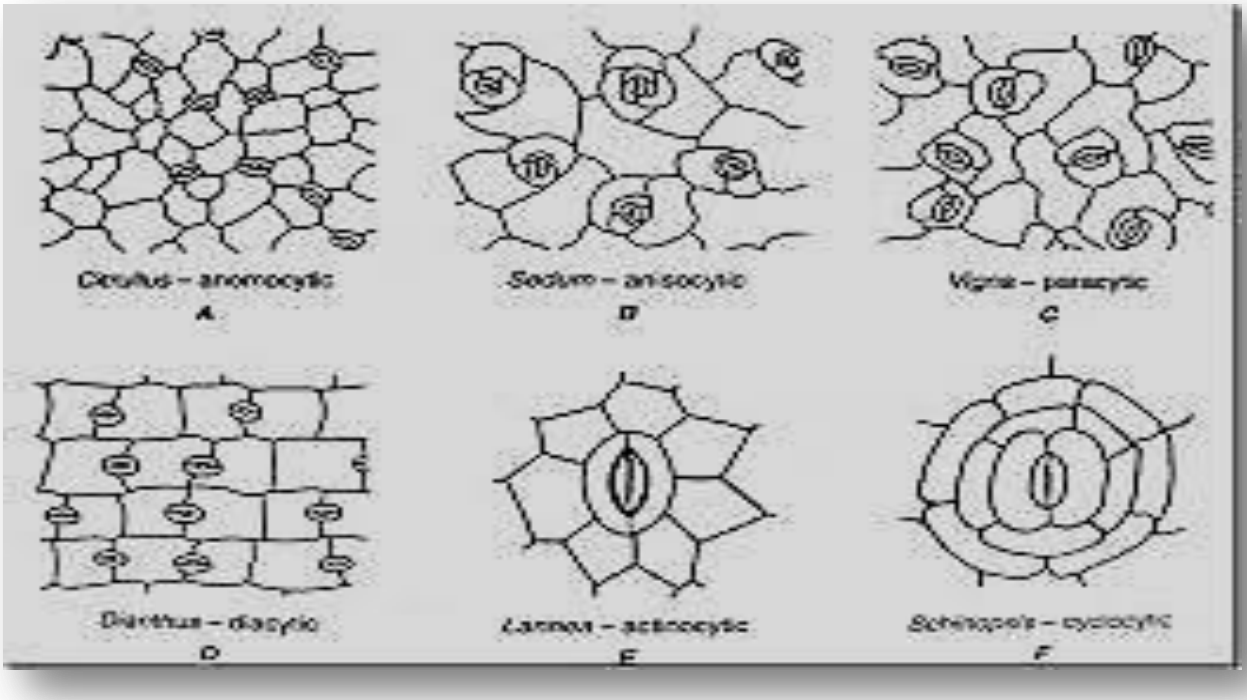
2 – النوع المتوازي paracytic type : وفيه تحاط الثغرة بخليتين مساعدتين موازيتين للمحور الطولي للثغرة.

3 - النوع المتعامدdiacytic type :وفيه تحاط الثغرة بخليتين مساعدتين متعامدتين على المحور الطولي للثغرة.

4 - النوع المتباين Anisocytic type : وفيه تحاط الثغرة بثلاثة خلايا مساعدة متدرجة بالحجم.

5 - النوع الرباعي tetracytic type : تحاط الثغرة في هذا النوع باربعة خلايا مساعدة اثنان قطبيتان واثنان جانبيتان كما في ذوات الفلقة الواحدة.

6 – النوع الدائري cyclocytic type :في هذا النوع تحاط الثغرة باربعة خلايا مساعدة او اكثر تنتظم بشكل حلقة ضيقة حول الثغرة.



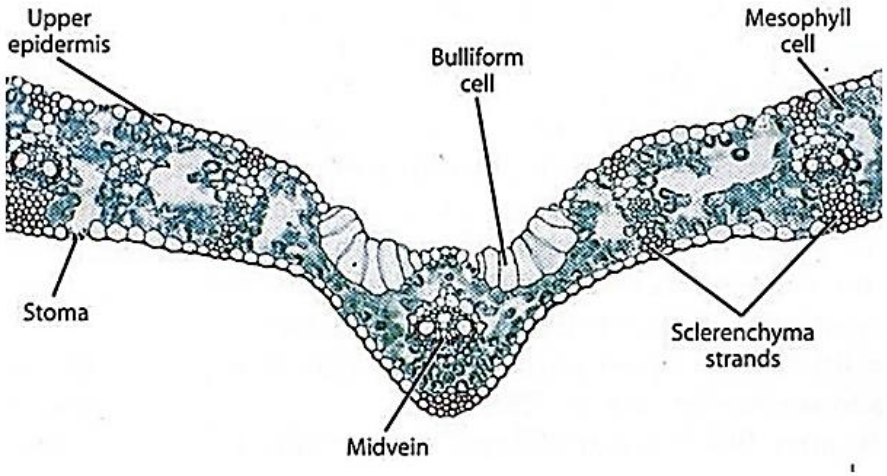
3- الخلايا المساعدة subsidiary cell:

وهي خلايا تصاحب الخلايا الحارسة (او الثغور) وقد تشترك او لا تشترك مع الخلايا الحارسة في الاصل، وتختلف الخلايا المساعدة بشكلها او ترتيبها عن الخلايا الاعتيادية للبشرة وتعمل على تحريك الثغور اي جعلها غائرة او مرتفعة عن مستوى بقية خلايا البشرة وهي بذلك تعمل عمل رافعة السيارة كما تعمل الخلايا المساعدة كخازن يجيز الخلايا الحارسة بالماء والايونات مما له علاقة بفتح وغمق الثغور.

4-الخلايا المحركة Buliform (motor) cells:

وهي خلايا كبيرة الحجم توجد بشكل صفوف طولية من خلايا متشابهة موجودة في اوراق الحشائش ويعتقد ان لها دور في التفاف الاوراق وانبساطها فهي تحت ظرف ارتفاع درجة الحرارة والجفاف تفقد الماء بسرعة من فجواتها وتنكمش مما يؤدي الى التفاف الاوراق بشكل اسطوانة مما يقلل من المساحة السطحية المعرضة للبيئة مما يساعد الاوراق على الاحتفاظ بالماء.

Figure 1: Internal structure of Monocot leaf.



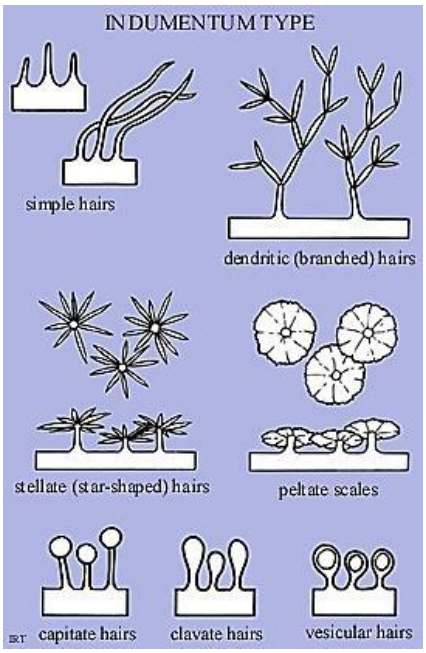
5- شعيرات البشرة او الترايكومات Epidermal hairs or Trichomes :

وهي زوائد او نموات خارجية لخلايا البشرة والتي قد تسقط مبكرا او تستديم لطيلة حياة النبات، والمستديمة منها قد تبقى حية او تفقد حيويتها وتصبح جافة، وتتكون شعيرات البشرة على جميع الاجزاء النباتية بما في ذلك الاسدية والبذور وقد تكون الشعيرات احادية الخلية او متعددة الخلايا. تقسم شعيرات البشرة على اساس المظهر الى :

- أ- شعيرات وحيدة الخلية unicellular او متعددة الخلايا multicellular غدية Glandular او لا غدية.
- ب- حراشف Scales شعيرات درعية .
- ت- القرصية Peltate كما في نبات الزيتون.
- ث- اللاسعة Stinging كما في نبات الحريك Urtica.

ج- المتفرعة Branched كما في نبات اذان الدب.

ح- شعيرات جذرية root hairs



وتقسم شعيرات البشرة عادة الى مجموعتين هما:

أ – شعيرات غدية Glandular hairs: ولها وظيفة افرازية كما في نبات الشمعدان

ب- شعيرات لاغدية Non-Glandular hairs : وهي شعيرات لاغدية أو التغطية اي لها وظائف اخرى غير افرازية.

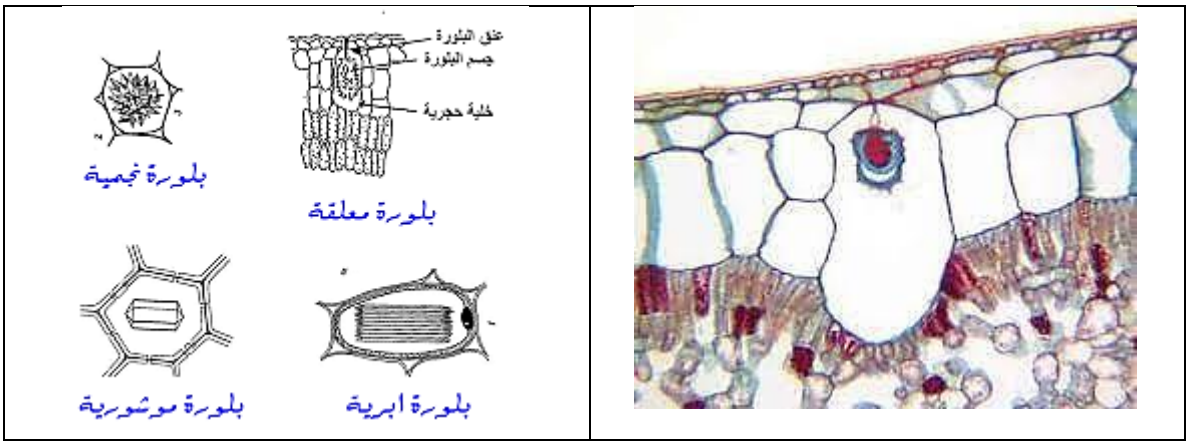
وعلى الرغم من التغايرات الكثيرة التي تظهرها شعيرات البشرة في عالم النبات الا انها تكون مميزة في شكلها على مستوى النوع النباتي مما يكسبها اهمية تصنيفية، فالشعيرات الدرعية على البشرة السفلى لاوارق الزيتون تكاد تكون صفة رئيسة لتشخيص نبات الزيتون، والشعيرات الحاوية على البلورات المعلقة cystolithic هي من الصفات التشخيصية للمارجوانا. زيت متطاير تحتوي شعيرات البشرة على مواد مختلفة بعضها استخدمها الانسان في مجالات مختلفة فالمنثول menthol يجمع من شعيرات نبات النعناع، وتنتج شعيرات المارجوانا cannabis sativa المركبTHC المسمى tetrahydrocannabinol المسؤول عن الفعل المخدر للمارجوانا ويعد الصمغ resin المستخرج من شعيرات هذا النبات والمعروف بالحشيشة من المخدرات القوية، بالاضافة الى الاهمية الاقتصادية لبعض انواع الشعيرات مثل الشعيرات احادية الخلية لغلاف بذرة القطن والمعروفة تجاريا بالياف القطن (تسمية خاطئة) تعد من اهم شعيرات البشرة في المجال التجاري لاسيما في الصناعات النسيجية تحتوي على السليلوز بنسبة 95% وتخلو من اللكنين وهو مايجعلها مرنة وناعمة.

توجد شعيرات التغطية بشكل خصل tufts او بشكل تراكيب متفرعة معقدة ، وفي الاوارق التويجية توجد بروزات شبه شعرية تعرف بالحليمات .

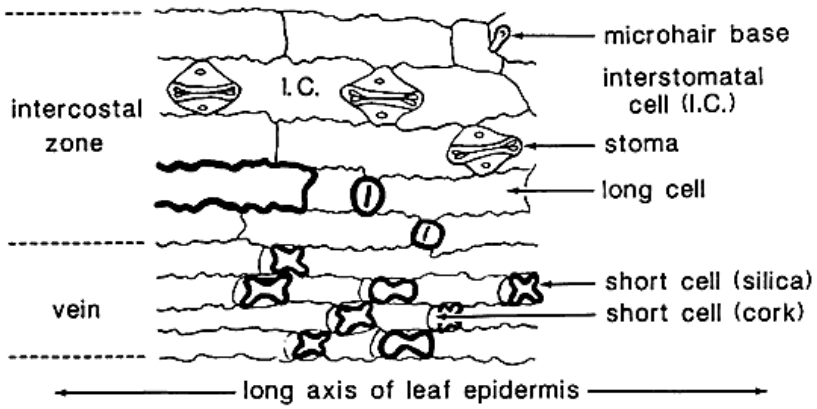
من وظائف شعيرات البشرة في النبات ما ياتي :

أ- تسهم في تغذية النباتات اللاحمة carnivorous plants مثل Drosera اذ تقوم شعيرات البشرة في هذا النبات بافراز انزيمات هاضمة لتحميل صيدها ثم امتصاص نواتج الهضم.
ب- تقوم الشعيرات الجذرية بامتصاص الماء والاملاح من التربة وتكثر بالقرب من طرف الجذر وتعمل على زيادة المساحة السطحية للجذر مما يزيد من فعالية الجذور بامتصاص الماء والاملاح الذائبة فيه.
ت- توفر الحماية من الحيوانات والانسان فمقاومة نباتي القطن وفول الصويا للحشرات النطاطة تتناسب طرديا مع كثافة شعيرات البشرة على الاوراق، ونتيجة لحركة حشرات المن على الجزء النباتي تتكسر رؤوس الشعيرات الغدية مما يؤدي الى خروج مواد لزجة تحتجز بها هذه الحشرات مما يمنع تغذيتها على النبات وبالتالي موتها. اما الشعيرات اللاسعة في اوراق نبات الحكيك فانها تحمي النبات من الحيوانات والانسان اذ تكسر هذه الشعيرات بمجرد الملامسة والضغط عليها مما ينجم عنه اختراق الجلد بنهايتها الحادة ومن ثم افراغ مادتها السامة في الجلد مسببة الحكة (منها جاءت التسمية المحلية للنبات - نبات الحكيك).
ث- تقليل النتح في نباتات البيئة الصحراوية او الجافة اذ توفر شعيرات التغطية فوق الثغور جوا عالي الرطوبة يمنع حركة الماء من داخل النبات الى خارجه.

6- خلايا البلورات المعلقة Lithocytes : وهي خلايا متخصصة من خلايا البشرة تتميز بسعة حجمها واحتوائها على نوع من البلورات التي يطلق عليها البلورات المعلقة Cystolith.



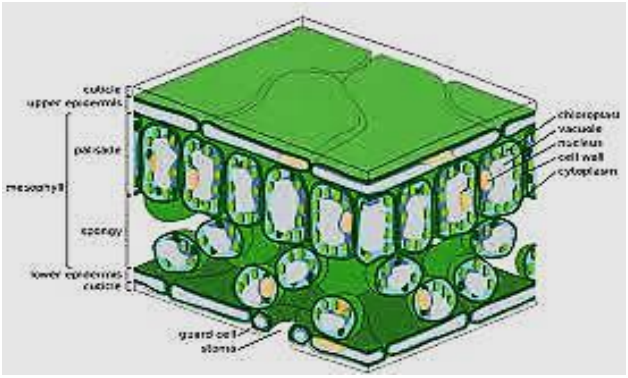
7- خلايا السليكا والفلين Cork and Silica cell: في أوراق العديد من العائلة النجيلية كثيراً ماتكون البشرة غير متجانسة الحجم فهي تحوي على خلايا طويلة وهي خلايا البشرة الاعتيادية وخلايا قصيرة تتميز الى خلايا السليكا والتي تكون بداخلها على هيئة حبيبات، تعمل كحافة حادة تسبب الجروح عند ملامستها بسحب الاوراق، فضلا عن أحتوائها على خلايا فلينية.

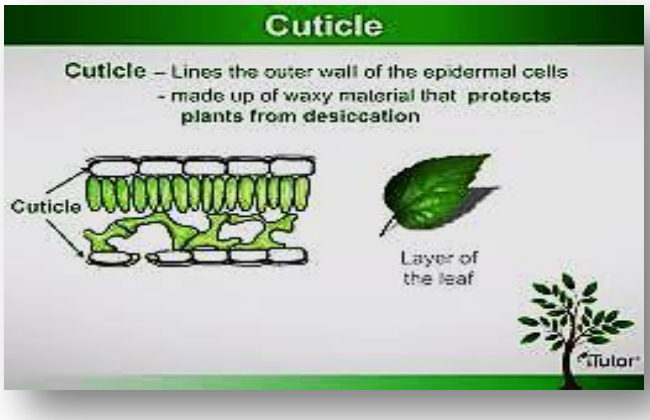


الكيوتكل Cuticle :

(مادة دهنية) تعرف بالكيوتكل او cutinتغطى الجدران المماسية الخارجية لخلايا البشرة بطبقة من الكيوتين الادمة التي هي غير منفذة للماء وتحمي النبات من الجفاف عن طريق محافظتها على بيئة مائية داخل النبات، وتؤثر البيئة في سمك الكيوتكل وبالتالي قابلية النبات على الاحتفاظ بالماء فالنباتات النامية في بيئات جافة تمتاز بوجود كيوتكل سميك في حين تظهر النباتات النامية في بيئات رطبة كيوتكل رقيق.

على سطح الكيوتكل وهو مايكسب اللون الابيض لثمار او اوراق بعض waxتظهر نباتات عدة وجود الشمع النباتات، وقد لوحظ انه اذا مسح الشمع من سطح الورقة فانه سيعاد تكوينه في غضون 24ساعة ويعمل الشمع على حماية النبات من الترطيب باستخدام المرشات، لذا فان درجة حساسية النبات لمبيدات الاعشاب او فعالية المبيدات الفطرية قد تعتمد على مدى تكشف السطح الشمعي. ويستخدم الشمع لاغراض تجارية اذ يستعمل الشمع المستخرج من اوراق نخيل الشمع في صناعة الشموع واقلام الشفاه ومواد التلميع. ويعتقد ان قنوات او روابط بلازمية تعرف بالروابط البلازمية الخارجية هي المسؤولة عن ايصال الكيوتين والشمع الى سطح الورقة، ان الكيوتكل وجدار الخلية الذي تحته يوفران الحماية للنبات من الاجهادات مثل الرياح والجفاف واكلات الاعشاب والاحياء المجهرية الممرضة لمنبات.





ثانياً:البريديرم (او البشرة المحيطة) PERIDERM :

ينتج عن التوسع القطري الناجم عن النمو الثانوي تمزق البشرة في السيقان والجذور. ويحل محل البشرة الممزقة نسيج وقائي آخر يعرف بالبريديرم ويتألف البريديرم من ثلاثة انسجة هي الكامبيوم الفليني (او) (الفلوجين cork cambium or phellogen ، والفلين cork or phellem والقشرة الثانوية secondary cortex (phelloderm) . وينتج عن انقسام الكامبيوم الفليني تكون خلايا الى الخارج تتميز الى فلين واخرى باتجاه مركز العضو النباتي وتتميز الى قشرة ثانوية.

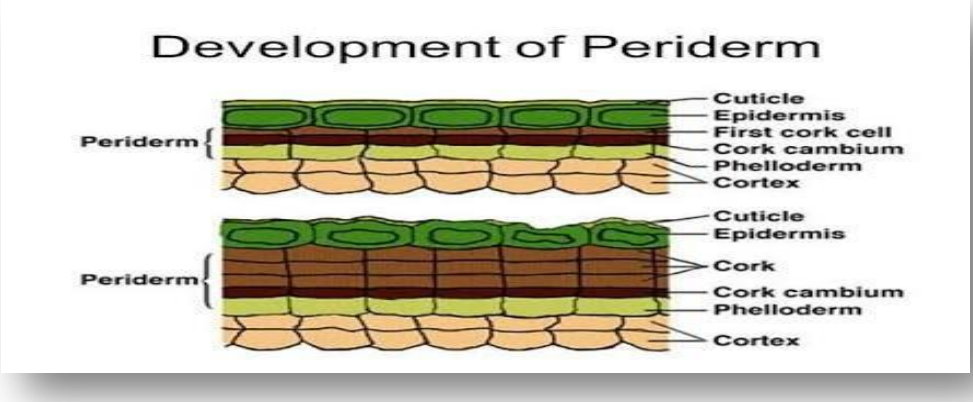
توصف خلايا الفلين بانها خلايا ميتة عند النضج وذات جدران مسوبرة وان السوبرين suberin هو مادة دهنية غير منفذة للمواد وهو ما يكسب خلايا الفلين وظيفتها في الوقاية او الحماية. اما خلايا القشرة الثانوية فهي خلايا حية منضدة على بعضها . ويعطي الكامبيوم الفليني كما في الكامبيوم الوعائي كميات غير متساوية من الخلايا الى الخارج والداخل خلال موسم النمو ولكن الحالة معكوسة في حالة الكامبيوم الفليني الذي يعطي خلايا فلين الى الخارج أكثر مما يعطي للداخل وقد يصل عدد صفوف الفلين الى 40 صف في الموسم الواحد.

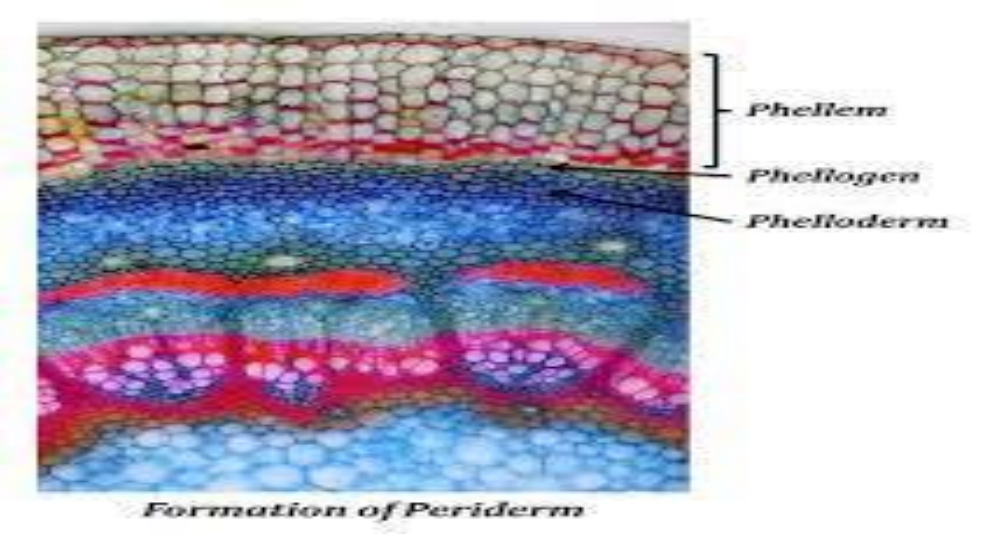
يحدث التبادل الغازي Gas exchange عبر الفلين عن طريق العديسات lenticels التي هي مواقع محددة في البريديرم تضم نسيجا مفككا من خلايا غير مسوبرة يكونه الكامبيوم الفليني الى الخارج ويعرف بالنسيج المتمم

. Complementary tissue

وتوصف خلايا القشرة الثانوية او الفلوديرم بانها خلايا برنكيمية حية غير مسوبرة الجدران وقد تقوم بعملية البناء الضوئي وتظهر بينها المسافات البينية التي تسمح بالتبادل الغازي.

ينشأ الكامبيوم الفليني (الفلوجين) من انواع عدة من الخلايا الحيه فقد تتمثل هذه الخلايا بخلايا بشرة او خلايا تحت بشرة او خلايا برنكيمية من الدائرة المحيطة أو من اللحاء، وتوصف هذه الخلايا التي تتحول الى فلوجين بأنها مرستيمية كامنة.





Formation of Periderm

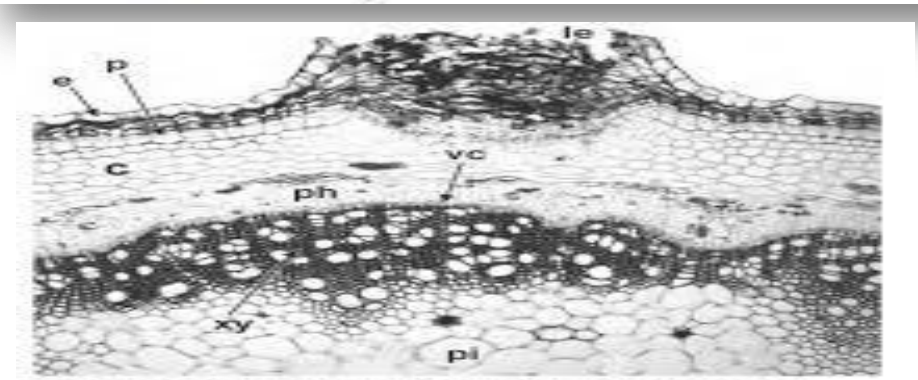


Figure 2.15 Sambucus nigra (Caprifoliaceae). Transverse section of stem surface, showing periderm forming in outer cortical layers. c = cortex, e = epidermis, le = lenticel, p = periderm, ph = secondary phloem, pi = pith, vc = vascular cambium, xy = secondary xylem. Scale = 100 μm.

الانسجة المستديمة permanent tissue
أو الأنسجة الأساسية Fundamental or Ground Tissue:

النسيج البرنكيمي Parenchyma tissue

تمثل البرنكيما او النسيج الحشوي النسيج الاكثر شيوعا في الاعضاء النباتية او في عموم النبات، وخلايا هذا النسيج تبقى حية بعد النضج **(أي تحتفظ خلاياها بالنواة والسايتوبلازم لفترة طويلة بعد نظجها)**، وتوصف الخلايا البرنكيمية انها ضعيفة في تكشفها او تميزها او تخصصها او انها غير متخصصة نسبيا ولها القدرة على فقدان التميز Dedifferentiation والتخصص والتحول الى خلايا مرستيمية كما يحصل في عملية تكوين **(الكمبيوم بين الحزم والكمبيوم الفليني وعملية التئام الجروح)** لتوصف تبعا لذلك بأنها مرستيمية كامنة وهو مايجعلها قريبة من النسيج المرستيمي ولهذا تعتبر بدائية من الناحية التكشفية.

توجد البرنكيما في جميع النباتات والاعضاء النباتية وفي وجودها في اكثر من موقع داخل العضو النباتي الواحد (في القشرة واللب والخشب واللحاء في الجذور والسيقان) وكذلك تمتاز بانجازها لوظائف مختلفة (البناء الضوئي والتنفس والخزن وصنع البروتين والافراز والنقل لمسافات قصيرة ومعالجة الجروح). تحاط الخلية البرنكيمية بجدار ابتدائي رقيق لكنه قد يكون سميكا جدا (كما في سويداء بذور معينة) ويمتاز الجدار الابتدائي بانه يحوي على حقول نقر ابتدائية تخترقها الروابط البلازمية.

تظهر الخلايا البرنكيمية اختلافا في محتواها من المواد، وتوجد الخلايا البرنكيمية في ميزوفيل الاوارق وفي الجزء اللحمي للثمار وفي النسيج الخازن في الجذور والبذور وفي نسيجي الخشب واللحاء.

وقد تحوي الخلايا البرنكيمية على البلاستيدات الخضراء فيطلق على النسيج حينئذ **النسيج الكلورنكيمي Chlorenchyma.**

مميزات النسيج البرنكيمي:-

1- خلاياه حية بعد النضج ويحتفظ بالنواة والسايتوبلازم لفترة طويلة بعد النضج.
2- النواة مركزية أو جانبية.
3- السايتوبلازم يؤلف طبقة رقيقة تبطن الجدار في الخلايا الناضجة نظراً لوجود فجوات عصارية كبيرة.
4- الجدار الابتدائي رقيق يحوي حقول النقر والروابط البلازمية وفي حالات نادرة قد يضاف جدار ثانوي على الجدار الابتدائي كما يحصل في الخلايا البرنكيمية في نسيج الخشب الثانوي وكذلك خلايا اللب في بعض النباتات.
5- يكون شكل الخلايا متماثل الابعاد Isodiametric ذات أربع أوجه.
6- تعاني ظاهرة التمايز Dedifferentiation فتشارك في تكوين الكامبيوم بين الحزم والفلين.
7- توجد الخلايا البرنكيمية في جميع الاعضاء النباتية الهوائية والترابية منها (الساق والجذر والورقة والثمرة والبذرة).

أشكال الخلايا البرنكيمية:-

أ- متماثلة الأبعاد Isodiametric متعددة الأوجه Polyhydral، اذ يسود فيها الشكل ذو أربعة عشر وجهاً.

ب- Columnarالعمادية، كما في النسيج العمادي للورقة Palisade tissue.

ت- Lobed المفصصة، كما في النسيج الأسفنجي للورقة Spongy tissue.

ث- Folded المطواة، كما في الصنوبر *Pinus*.

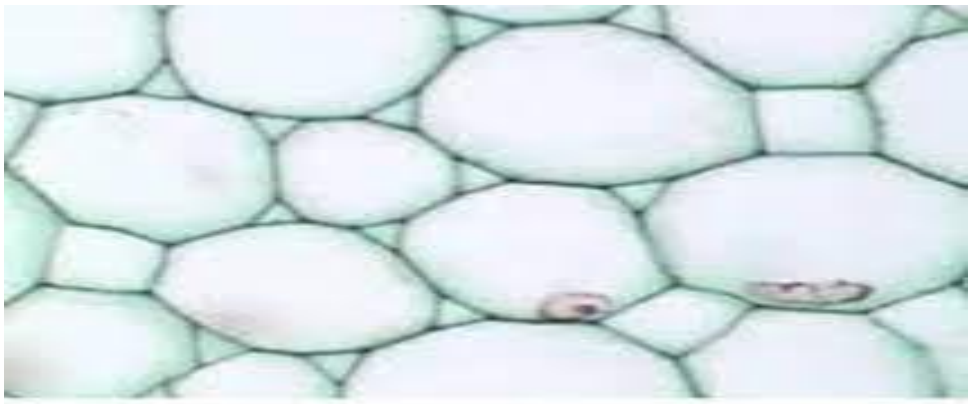
ج- Stellate النجمية، كما في ثمار موز الفحل Canna indica.

ح- Prosenchyma مستدقة النهاية.

تقسم البرنكيما او النسيج البرنكيمي الى عدة انواع كالاتي :

النسيج البرنكيمي العادي ordinary parenchy matissue :

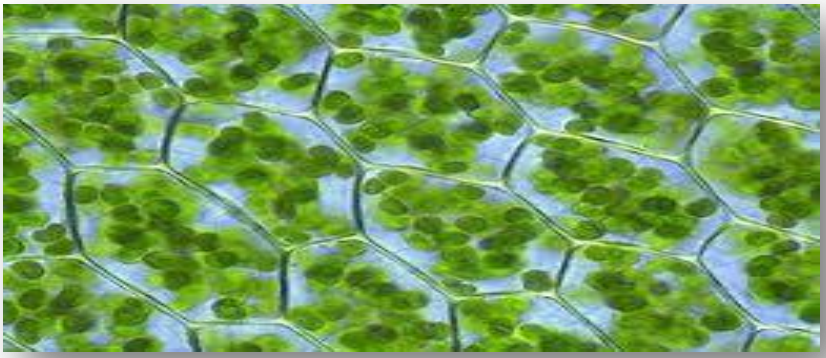
هو اكثر انواع البرنكيما سيادة في النبات وتكثر بين خلاياه المسافات البينية وتمتاز خلاياه كذلك بفجواتها الكبيرة.



Parenchyma

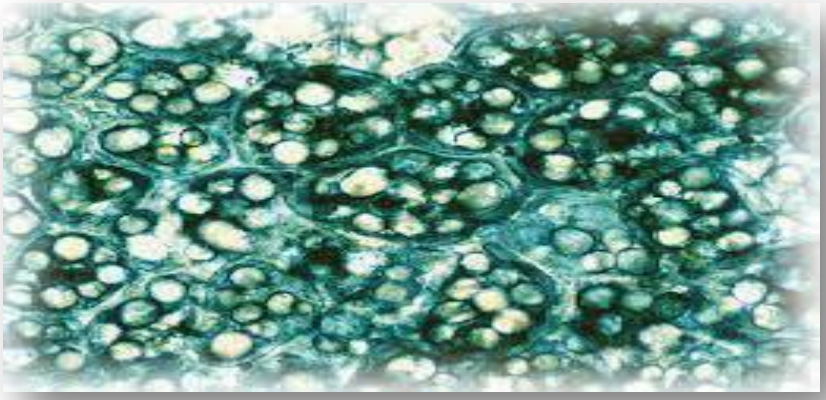
النسيج الكلورنكيمي أو المتوسط Chlorenchyma and Mesophyll tissue:

هو نسيج خاص بالبناء الضوئي ويوجد في الاعضاء النباتية الخضراء المعرضة للضوء، البرنكيما الحاوية على كمية كبيرة من بلاستيدات خضراء وتقوم بعملية البناء الضوئي وموجود هذا النوع في ميزوفيل الاوارق لكن يمكن ملاحظته تحت بشرة الساق.



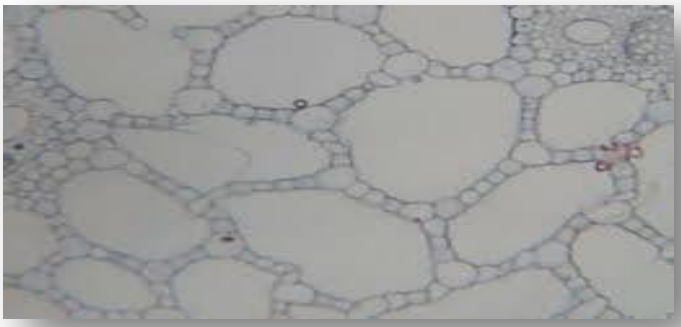
نسيج البرنكيما الخازنة Storage parenchyma tissue :

وهي نوع من البرنكيما تخزن الغذاء بصورة نشا كما في درنات البطاطا وسويداء البذور او تخزن دهون كما في بذور زهرة الشمس والكتان والخروع، وبعضها تخزن الماء في خلايا برنكيمية كبيرة الحجم رقيقة الجدران قليلة السايتوبلازم.



نسيج البرنكيما الهوائية Aerenchyma tissue :

تمتاز هذه البرنكيما بوجود المسافات البينية الكبيرة (غرف هوائية) الخازنة للهواء لاسيما O2 و CO2 وهي من صفات النباتات المائية، وتعد البرنكيما الاسفنجية في النسيج الميزوفيلي من البرنكيما الهوائية التي تسمح بالتبادل الغازي المطلوب لعملية البناء الضوئي.



خلايا النقل القصير Transfer cells :

هي خلايا برنكيمية متخصصة لنقل المذاب على مسافات قصيرة كما في الاشعة الوعائية، وتمتاز هذه الخلايا بوجود النموات الداخلية للجدار الابتدائي وتشعبها مما يزيد من المساحة السطحية للجدار وكذلك لغشاء الخلية الذي يستمر بمحاذاة النموات الجدارية . ويمكن ملاحظة هذا النوع من الخلايا البرنكيمية في مناطق النقل العالي للمذابات مثل الغدد الافرازية والانسجة الفارزة للرحيق في الازهار وكذلك في نسيجي الخشب واللحاء.

النسيج الكولنكيمي Collenchyma tissue :

توصف الكولنكيما انها من الانسجة الدعامية في النبات التي ينحصر وجودها في اجزاء النبات فوق التربة، وهو النسيج الذي يعمل على حماية النبات وتقويتهُ ضد عوامل الضغط أو الشد أو الأنثناء ولا سيما في الاعضاء الحديثة التي لا يستطيع فيها عناصر الخشب وحدها القيام بالوظيفة الدعامية.
تتركب من خلايا محاطة بجدارن ابتدائية تحتفظ بالبروتوبلاست عند النضج وتحتوي على بلاستيدات خضر ولها القدرة على معاودة الانقسام بعد فقد التميز والتخصص وهي بذلك تشبه البرنكيما وبسبب هذا التشابه توصف احيانا بانها برنكيما محورة، لكن تختلف عن البرنكيما في كونها تتركب من خلايا اكبر في الطول وذات جدران اكثر سمكا وغير منتظمة التثخن . وتكون معدومة في الاعضاء الارضية عادةً كالجذور والاجزاء الترابية الاخرى، وقد يتواجد في حالات نادرة كالرايزومات Rhizomes وكذلك في حالة الجذور الهوائية Aeral roots. ويمكن ملاحظة توزيع الخلايا الكولنكيمية في الأجزاء النباتية المختلفة منها.

1- بشكل طبقة مستمرة ومتصلة على هيئة أسطوانة في السيقان الدائرية الشكل وتكون تحت البشرة مباشرةً او يفصلها بطبقة او طبقتين من البرنكيما.
2- توجد في أركان السيقان المضلعة.
3- توجد مقترنة مع النسيج الوعائي في أعناق الاوراق ونصولها.

أهم مميزات النسيج الكولنكيمي:

1- خلاياه حية بعد النضج أي يحتفظ بالنواة والسايتوبلازم لفترة طويلة بعد النضج.
2- تحاط الخلايا بجدران أبتدائية تتميز بتسمكها بصورة غير منتظمة واحتوائها على نسبة عالية من المواد البكتينية مما يترتب عليه وجود نسبة عالية من الماء في جدرانها كما تتميز جدرانها بالمرونة Plasticity مما يجعلها نسيجاً ميكانيكياً للاعضاء الفتية.
3- عدم وجود مسافات بينية وان وجدت فتكون صغيرة جداً.
4- خلاياها أكثر طولاً ونحافة من الخلايا البرنكيمية.
5- وظيفتهُ دعامية واسناد.
6- يوجد في الاجزاء الهوائية فقط.
7- خلاياه تمارس ظاهرة فقدان التمايز ولذلك فأنها تشارك في ظاهرة فقدان التمايز.

يمكن تقسيم الكولنكيما تبعاً لنمط التسمك او التثخن في جدرانها الى :

1- الكولنكيما الزاوية Angular collenchyma :

وفيها يحصل التسمك في الجدران الابتدائية في الاركان أي في المناطق المناظرة لمناطق المسافات البينية في الخلايا البرنكيمية الاعتيادية. وتتصف بتركز التسمكات الجدارية في زوايا الخلايا فقط ويمكن ملاحظتها في اعناق نبات الكرفس *Apium graveolens* وفي العنب *Vitis* والتين *Ficus* . ويمثل هذا النوع من النسيج أكثر الانواع شيوعاً.

2- الكولنكيما الصفائحية lamellar collenchyma:

وفيها يقتصر تسمك الجدار الابتدائي على الجدران المماسية Tangential walls الداخلية والخارجية، بينما تبقى الجدران القطرية Radial walls رقيقة. وتحصل هذه التسمكات على هيئة طبقات أو صفائح متراكبة منضدة فوق بعضها البعض كما في ساق نبات البيلسان (elder) *Sambucus* ودوار الشمس (Sunflower) *Helianthus*

annuus. وتعتبر الانسجة الصفائحية اقل شيوعاً من النوع الزاوي، وفي كلا النوعين السابقين تتلاشى المسافات البينية تماماً.

3- الكولنكيما الفراغية أو الأنبوبية Lacunar or Tubular collenchyma :

وتتميز بوجود فراغات بينية بين الخلايا ويتركز التسمك على اجزاء الجدر المواجهة لهذه الفراغات، وهذا النوع من الانسجة الكولنكيمية أقل الانواع شيوعاً، ويمكن ملاحظتهُ في بعض النباتات كالخس *Lactuce* و ورد المرجان *Salvia*.

على الرغم من أن النسيج الكولنكيمي وظيفتهُ هي الدعامية ولكن يمكن القيام بعملية التركيب الضوئي لاحتواء خلاياه على البلاستيدات الخضر وخاصةً في الاعضاء الهوائية الفتية.

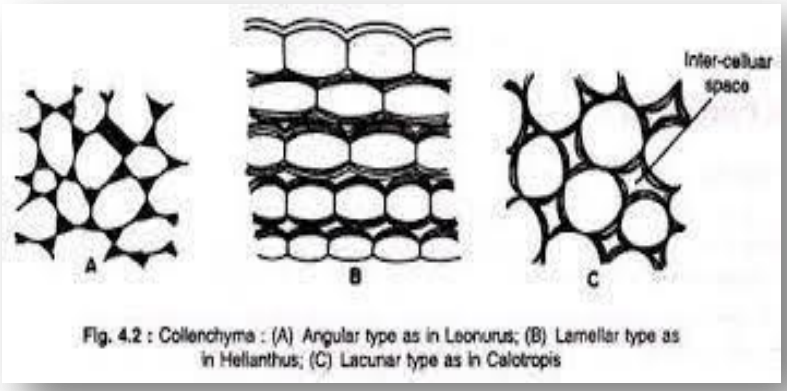


Fig. 4.2 : Collenchyma : (A) Angular type as in Leonurus; (B) Lamellar type as in Hellanthus; (C) Lacunar type as in Calotropis

النسيج السكلرنكيمي Sclerenchyma tissue :

نسيج مستديم تموت خلاياه عند النضج عادةً، اذ تكون الخلية مكونة من مجرد جدار خلوي يحيط بتجويف الخلية Cell lumen الخالي من البروتوبلاست.

توصف السكلرنكيما بانها نسيج دعامي او ميكانيكي مؤلف من خلايا تفقد البروتوبلاست عند النضج وذات جدران ثانوية ملكننة Lignin صلبة وسميكة وغير مرنة وتوجد السكلرنكيما في جميع الاجزاء النباتية الناضجة سواء كانت اوراق او جذور او سيقان او ثمار. ويعتبر النسيج السكلرنكيمي نسيجاً بسيط Simple tissue وذلك لعدم وجود أختلافات أساسية بين خلايا النسيج، وبالنظر للتشابه الوظيفي بين النسيج السكلرنكيمي والكولنكيمي فقد أستعمل البعض مصطلح ستريوم Stereome للدلالة على النسيجين معاً. وفيما يتعلق بطريقة نشوء خلايا النسيج السكلرنكيمي فقد تنشأ بصورة مباشرة من الانسجة المرستيمية كالكامبيوم الأولي Procambium والكامبيوم الوعائي Vascular cambium أو ينشأ من تحول خلايا بالغة اخرى كالخلايا البرنكيمية الى خلايا سكلرنكيمية عن طريق تلكنن Lignification جدران الخلايا البرنكيمية وتغلظ جدرانها ومن ثم يموت البروتوبلاست وتتحول الى خلايا سكلرنكيمية ويطلق على هذه الحالة **مصطلح أعادة التميز Redifferentiation.**

أهم مميزات النسيج السكلرنكيمي:

1- خلاياه ميتة بعد النضج أي خلو الخلايا من النواة والسايتوبلازم أي البروتو بلاست.
2- تحاط الخلايا بجدران ثانوية ملكننة عادةً وتتميز بتغلظ جدرانها بصورة منتظمة نوعاً ما وبصفة مطاطية Elasticity.
3- وظيفتهُ دعامية واسناد.
4- وجودها في الاجزاء الهوائية والارضية تميزها عن النسيج الكولنكيمي.

تقسم الخلايا السكلرنكيمية الى نوعين هما الالياف fibers والسكلريدات sclereides. توصف بانها خلايا طويلة ونحيفة وغير متفرعة ومستدقة النهايات وتوجد مفردة لكنها توجد عادة بشكل حزم ، اما السكلريدات فهي خلايا قصيرة نسبيا ومتغايرة في الشكل وتوجد عادة منفردة او بمجموعات صغيرة.

الالياف Fibers :

خلايا طويلة ونحيفة Slender ذات نهايات مستدقة وجدران مطاطية لها القدرة على استرجاع شكلها وطولها الأصلي بعد الشد حيث تتداخل النهايات المستدقة للألياف مع بعضها فتكسب الأجزاء قوة ومتانة. لها شكل مضلع في المقطع المستعرض وجدران سميكة مع تجويف ضيق وشكلها يميل للاستدارة عندما تكون جدرانها سميكة جداً، النقر قليلة أو معدومة وهي من النوع البسيط وتتواجد النقر المضفوفة في الالياف القصبية Fiber tracheid اما النقر البسيطة تتواجد في الالياف العادية Libriform fiber.

وتوجد في الاوراق والسيقان والجذور والثمار مصاحبة لعدد من الانسجة المتميزة فهي قد تلاحظ في نسيجي الخشب واللحاء او تكون غلافا ليفيا يحيط بالحزمة الوعائية او بشكل قبعة حزمة مصاحبة لحزمة الوعائية ، كما قد تلاحظ في النسيج البرنكيمي للب او القشرة. **تقسم الالياف على اساس الموقع في النبات** الى : الياف الخشب xylem or wood fiber وهي الموجودة في نسيج الخشب فقط ، والياف خارج الخشب وتشمل جميع الالياف الموجودة في انسجة اخرى من غير نسيج الخشب مثل الياف اللحاء phloem fibers والياف القشرة Cortical fibers والياف الدائرة المحيطة pericyclic fibers والالياف المحيطة بالحزم الوعائية أو حول وعائية perivascular fibers وألياف قبعة الحزمة Bundle cup fibers وألياف غمد الحزمة Bundle sheath fibers.

تعتبر الالياف المقترنة باللحاء هي المصدر الرئيس للالياف التجارية وتعزل عما يجاورها من انسجة اخرى بعملية التعطين Retting نظراً لتعريضها لتأثير البكتريا. من المواصفات الجيدة للالياف الصناعية هي:

1- زيادة في طول الليفة. 2- أمتلاكها قوة شد عالي. 3- أنتظام سمكها. 4- نحافتها ومرونتها.

تصنف الالياف الصناعية الى:-

1- **الالياف السطحية أو القصيرة Surface or short fiber:** كألياف القطن وهي شعيرات البشرة لبذور لبقطن.
2- **الألياف الناعمة Soft fibers:** وتشمل الياف اللحاء phloem fiber خالية من اللكنين او تحتوي على كمية قليلة منه مما يجعلها ناعمة ومرنة وتستخرج هذه الالياف من نباتات ذوات الفلقتين، كألياف الدائرة المحيطية pericyclic fibers والياف القشرة Cortex fiber وتعتبر اهم الالياف المستعملة في الصناعة كما في الياف الكتان ***Linum usitatissium*** والقنب ***Cannabis sativa*** والجوت ***Corchours capsulairs***.
3- **الألياف الخشنة او الصلبة Hard fiber:** وتشمل الياف غير النقية مع انسجة اخرى وتشمل الالياف الصلبة كل من الياف الخشب والالياف المستخرجة من اوراق نباتات ذوات الفلقة الواحدة وتمتاز هذه الالياف بجدارنها السميكة الملكننة وبقساوتها وصلابتها وتستعمل في صناعة الانسجة الخشنة كالحبال.

السكلريدات Sclereids:

وهي نوع من أنواع الخلايا السكلرنكيمية وتضم آنواعاً مختلفة من الخلايا التي تتباين في اشكالها بين متساوية الابعاد Isodiametric الى الاشكال التي تميل للاستطالة أو تظهر على شكل خيوط رفيعة ومتفرعة. وتتميز بوجود جدار ثانوي سميك وملكنن ويحوي على نقر بسيطة عادةً،

وتوجد في أعضاء نباتية مختلفة في الجذور والسيقان والاوراق والثمار والبذور وذلك في البشرة والنسيج الاساس والحزم الوعائية أي تكون مقترنة بالنسيج الوعائي. فهي توجد في نسيجي الخشب واللحاء لكنها تسود في مناطق الانسجة البرنكيمية مثل اللب والقشرة للسيقان واعناق الاوراق والجذور وميزوفيل الورقة وجدار الثمرة كما في العرموط وفي

غلاف البذرة كما في الفاصوليا. ويتميز النمو في أنواع الخلايا السكلريدية التي تميل للاستطالة أو التي تظهر تفرعاً ملحوظاً بحصول ما يسمى بالنمو الأقتحامي أو الأنحشاري Gntrusive growth اذ تنمو النهايات او الفروع قمياً سالكة طريقها بين الخلايا المجاورة أو المسافات البينية.

تقسم السكلريدات على اساس الشكل الى :

السكلريدات المتشعبة (الخلايا الصخرية) stone cells or brachysclereids :

وهي تشبه الخلايا البرنكيمية في الشكل غير انها تختلف عنها بجدرانها الثانوية السميكة الملكننة، وتتميز بأنها تميل الى الشكل متساوي الأبعاد وبوجود النقر المتشعبة Ramiform pit وتنشأ عن طريق تصلب جدران الخلايا البرنكيمية وتكون جدران ثانوية ملكننة وتوجد في جدار ثمرة العرموط ، وتظهر السكلريدات في ثمار العرموط نوعا من النقر تعرف بالنقر المتفرعة او المتشعبة.

السكلريدات العصوية أو الكبيرة Macrosclereids :

وهي تتميز بشكلها الاسطواني الشبيه بالخلايا العمادية المتطاولة كما في غلاف بذرة الفاصوليا *Phaseolus vulgaris* والبزاليا *Pisum sativum*.

السكلريدات العظمية Osteosclereids or bone – shaped sclereids :

تشبه السكلريدات العصوية وتكون عمودية الشكل ومتضخمة النهايات او متسعة النهايات مما يكسبها شكلاً شبيهاً بالعضام، كما توجد في الطبقة الواقعة تحت البشرة في بذور نبات الفاصولياء والبزاليا وفول الصويا وثمار نخيل التمر.

السكلريدات النجمية Astrosclereids or star shaped :

وتكون متفرعة بشكل نجمي ويمكن ملاحظتها في الاوراق واعناقها لنبات الشاي وزنبق الماء *Nympheae*.

السكلريدات الخيطية Trichosclereids or Filiform sclereids :

وهي سكلريدات متطاولة جدا ونحيفة وشعرية الشكل واحيانا تكون متفرعة وتوجد في النسيج المتوسط لأوراق نبات الزيتون *Olea europeae* .

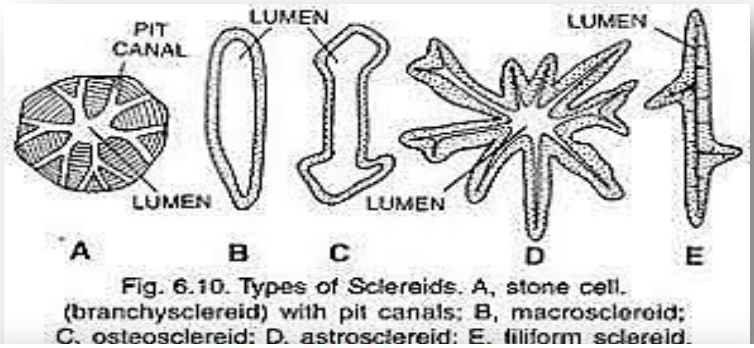
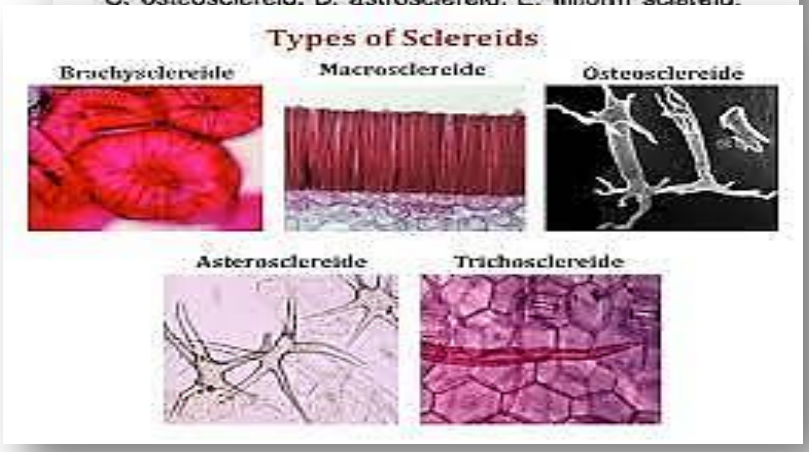


Fig. 6.10. Types of Sclereids. A, stone cell. (branchysclereid) with pit canals; B, macrosclereid; C, osteosclereid; D, astrosclereid; E, filiform sclereid.



الانسجة الوعائية او الناقلة Vascular or conducting tissues:

هي تلك الانسجة المعقدة المتخصصة لنقل الماء والمذابات (العضوية ولاعضوية) على مسافات طويلة داخل النبات وتشمل نسيجي الخشب xylem (الناقل للماء والاملاح) واللحاء phloem (النسيج الناقل للغذاء) اللذان يشكلان نظاما وعائيا مستمرا في جميع اجزاء النبات ويعرف بالنظام النسيجي الوعائي vascular tissue system. تقسم الانسجة الوعائية على اساس تكشفي الى.

1- **انسجة وعائية ابتدائية Primary vascular tissues:** ويقصد بالانسجة الوعائية الابتدائية هي تلك الانسجة التي تتميز خلال تكوين جسم النبات الابتدائي (جسم اصله من الجنين) واصلها من مرستيم جنيني يعرف بالكامبيوم الاولي procambium.
2- **انسجة وعائية ثانوية Secondary vascular tissues:** تتكون خلال مرحلة النمو الثانوي اي خلال تكوين جسم النبات الثانوي واصلها من مرستيم ثانوي هو الكامبيوم الوعائي Vascular cambium. تعرف النباتات الحاوية على الانسجة الوعائية بالنباتات الوعائية Vascular plants التي تعد نباتات راقية قياسا بالنباتات الخالية من الانسجة الوعائية والتي توصف بانها بدائية.

نسيج الخشب Xylem :

هو النسيج الناقل للماء والمغذيات الذائبة فيه من الجذور الى بقية اجزاء النبات، على ان الماء المنقول بهذا النسيج يعوض الماء المفقود بالتبخر عن طريق الثغور اضافة الى وظيفة التدعيم، اذ لا يبقى الخشب ناقلاً طوال الحياة في النبات وبمرور الوقت من عمر النبات يفقد وظيفة النقل ويتحول الى عنصر تدعيم اضافة الى وجود عناصر ميكانيكية كالالياف ضمن خلاياه. يوجد نوعان من نسيج الخشب هما الخشب الابتدائي Primary xylem والخشب الثانوي Secondary xylem وينشا الخشب الابتدائي من الكامبيوم الاولي خلال مرحلة النمو الابتدائي ويطلق مصطلح خشب اول Protoxylem على اول خشب ابتدائي يكونه هذا المرستيم ، اما الخشب الابتدائي الذي يعقب ويحل محل الخشب الاول فيعرف بالخشب التالي metaxylem . اما الخشب الثانوي (يسمى عادة بالخشب wood) فينشا من الكامبيوم الوعائي.

وتحصل هذه الظاهرة بصورة خاصة في السيقان الفتية أما في الجذور فلا يتمزق الخشب الأول **Protoxylem** في الغالب لكونه لا ينضج بصورة كاملة الّا بعد انتهاء مرحلة التمدد السريع في الجذر، أما الخشب التالي **Metaxylem** فيبقى عادة محتفظا بكيانه التركيبي ومؤديًا لوظيفة النقل لفترة أطول في معظم الأعضاء النباتية، وفي النباتات التي لا تعاني تغلظًا ثانويًا يبقى الخشب التالي هو الجزء الوحيد الذي يؤدي وظيفة نقل الماء والاملاح المعدنية طيلة حياة النبات، ويخلو الخشب الأول عادة من الألياف بينما قد يحتوى الخشب التالي على بعض الالياف. يتالف نسيج الخشب من عناصر ناقلة تدعى العناصر الناقلة Conducting elements متمثلة **بالاوعية Vessels والقصيبات Tracheid والياف Fibers وخلايا برانكيمية Parenchyma tissue.**

Protoxylem	Metaxylem
1- يتكون في الفترة التي لا زال النبات في حالة تمدد ونمو طولي	1- يتكون ويتم تمييزه بعد اكتمال استطالة العضو النباتي
2- قد تتمزق بعض عناصر الخشب الاول لفشلها في مواكبة النمو الطولي للنبات	2- لا يحدث ذلك
3- لا يتمزق في الجذور لكونه لا ينضج الا بعد اكتمال النمو الطولي	3- كذلك
4- يخلو الخشب الاول من الالياف عادة	4- الالياف موجودة
5- يسود التغلظ الحلقي والحلزوني في عناصره الناقلة والتي لا تستطيع مقاومة الشد الناتج عن التمدد السريع للعضو النباتي	5- التغلظ حلزوني وسلمي وشبكي ومنقر وهذا يمثل التسلسل التطوري لهذه التغلظات
6- العناصر القصبية ضيقة نسبيا وقليلة العدد	6- العناصر القصبية واسعة وكثيرة

العناصر الناقلة في الخشب الثانوي (الاوعية والقصيبات):

تشمل العناصر الناقلة في نسيج الخشب كل من القصيبات والاوعية ويطلق عليها مصطلح (عناصر قصيبية) التي توصف بانها عناصر عالية التخصص ومعنية بنقل الماء والاملاح الذائبة به وانها عناصر طويلة ميتة عند النضج وذات جدران ثانوية ملكننة تظهر انواعا مختلفة من النقر. وتختلف القصيبات عن الاوعية بان القصيبات خلايا غير مثقبة في حين تتركب الاوعية من وحدات تعرف كل منها بوحدة الوعاء vessel member. متراكبة الواحدة فوق الاخرى اي متصلة عند جدرانها النهائية بشكل انبوب وتظهر وحدة الوعاء ثقبا واحدا او اكثر عند كل نهاية فضلا عن ان وحدات الاوعية قد تظهر احيانا وجود الثقوب على جدرانها الجانبية، وتبعا لهذا الوصف فان نقل الماء من قصيبة الى اخرى يتم من خلال النقر في حين يتم النقل بالاوعية من خلال الثقوب.

يطلق على الجزء المثقب من جدران وحدة الوعاء مصطلح الصفيحة المثقبة perforation plate التي قد تكون بسيطة (اي بثقب واحد) او مركبة (اي متعددة الثقوب) اي تظم اكثر من ثقب واحد. تظهر جدران القصيبات والاوعية كل من النقر البسيطة والنقر المضفوفة .

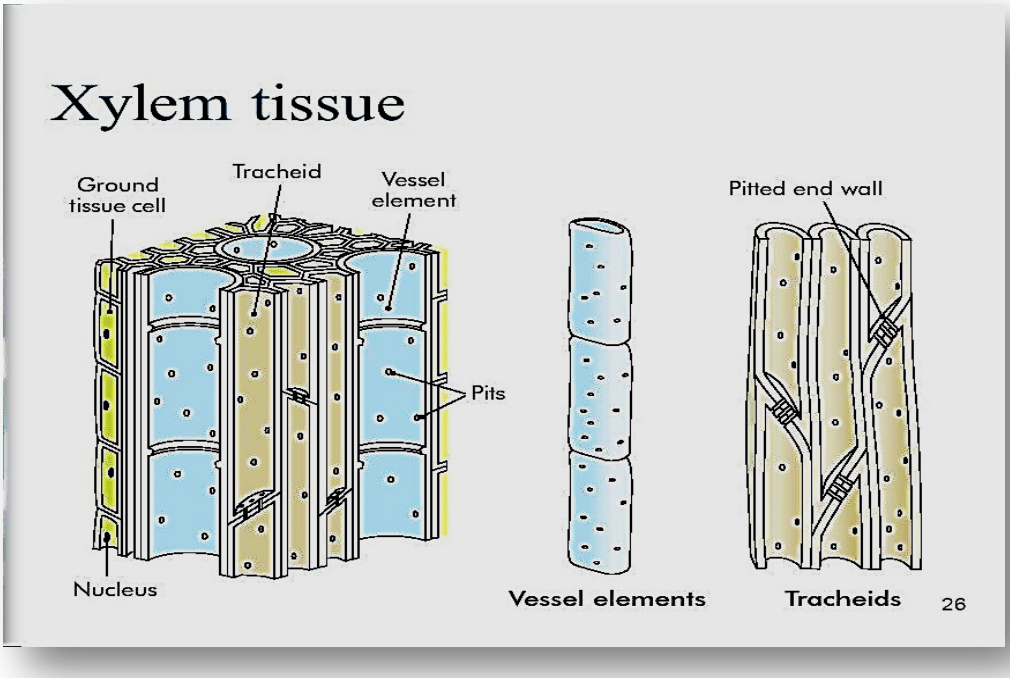
وتبع ذلك توصف النباتات الخالية من الاوعية (اي حاوية على قصيبات فقط) مثل نباتات عارية البذور بانها اقل رقيا من الناحية التطورية من تلك الحاوية على الاوعية مثل (نباتات مغطاة البذور)، ان الغالبية العظمى من عاريات البذور والنباتات الوعائية الواطئة فأن العناصر الناقلة في الخشب فيها مقتصرة على القصيبات عادةً ولا وجود للأوعية في خشبها، ولكن يشذ عن ذلك بعض المجاميع الراقية جداً من عاريات البذور كما في رتبة النيتلات Gnetales اذ توجد في خشبها الأوعية. وتعزى سيادة النباتات الزهرية (او مغطاة البذور) الى كفاءتها العالية في نقل الماء عبر ثقوب الاوعية، ويعتبر وجود الاوعية في الخشب صفة مميزة للنباتات مغطات البذور، ولكن هنالك

حالات نادرة جداً في النباتات الوعائية الواطئة كما في نبات تريديوم Pteridium وهو من النباتات السرخسية الذي يحوي الخشب فيها على الاوعية.

توصف القصيبات ايضا بانها خلايا طويلة ونحيفة (تجويفها ضيق) وذات نهايات مستدقة ومتداخلة بين القصيبات المتجاورة وتتم حركة الماء من قصيبة الى اخرى عبر النقر المضفوفة.

اما وحدات الاوعية فتوصف الواحدة منها في كثير من النباتات بانها برميلية الشكل واقصر واعرض من القصيبات وتتصل الواحدة بالاخرى عند الجدران النهائية التي قد تكون ذائبة كليا (كما في الصفيحة المثقبة البسيطة) او جزئيا (كما في الصفيحة المثقبة المركبة) وبذلك يتشكل تركيب انبوبي طويل يتحرك فيه الماء نحو الاعلى بصورة اسرع مما في القصيبات.

وبالنظر للتشابه الوظيفي للقصيبات والاوعية فأنهُ يطلق على التركيبين معاً مصطلح العناصر القصيبية أو (العناصر الناقلة للخشب) Tracheary elements.



اهم الفروقات بين القصيبات والاوعية:

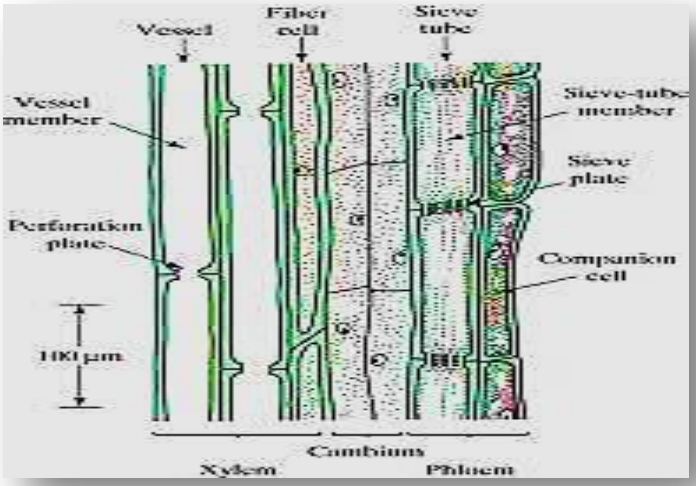
القصيبات tracheids	الاوعية vessels
1) تمثل كل قصيبة خلية مستقلة ذات نهاية مسدودة	1) تمثل تركيب انبوبي متعدد الخلايا يطلق على كل خلية وحدة وعائية
2) لا تحتوي على الصفائح المثقبة	2) تكون الجدران النهائية المستعرضة لوحدات الوعاء مثقبة او ذائبة بصورة كمية

3) يتم انتقال المواد من قصيبة الى اخرى عن طريق النقر الموجودة في الجدران الفاصلة بينهما	3) يتم انتقال المواد عبر الصفائح المثقبة في الوعاء الواحد او من خلال النقر بين وعاء واخر
4) تمثل العنصر الناقل الوحيد في خشب عاريات البذور والنباتات الواطئة	4) يمثل عناصر النقل في مغطاة البذور والنباتات الراقية
5) تعتبر اقل رقيا من الاوعية	5) تعتبر اقل رقيا من القصيبات

الالياف في الخشب الثانوي: Xylem fibers

توصف الياف الخشب بانها خلايا طويلة ذات جدران ثانوية ملكننة، ان جدران الالياف اكثر سمكا من جدران القصيبات في الخشب نفسة، هنالك ثلاث أنواع من الياف الخشب هي:

- **الالياف القصيبية Fiber tracheid:** تتميز بكونها اقل طولاً وأرق جدراناً مقارنة بالألياف العادية لنفس الخشب كما انها ذات نقر مضفوفة من نوع خاص. حيث ان الاضافات الثانوية تستمر فوق ضفاف النقر فتكون بذلك قناة ذات فتحتين.
تتميز القصيبات الليفية عن القيبات الأعتيادية بكون الاولى أكثر طولاً واسمك جدراناً كما ان ردهات النقر المضفوفة فيها تكون مختزلة نسبياً مقارنةً مع نظيراتها في القصيبات وفي بعض القصيبات الليفية قد تبقى البروتوبلاست حية لفترة من الزمن بعد نضج الجدار الثانوي وقد تصل سنوات كما في العنب. توجد هذه الالياف في كثير من النباتات وخاصةً نباتات ذوات الفلقتين.
- **الالياف العادية (المستدقة) Common fibers:** قد تنقسم بجدران مستعرضة فتتكون سلسلة من الخلايا ضمن جدار خلية الام (للقصيبات الليفية) ويطلق على هذا النوع من الألياف مصطلح الألياف المقسمة أو (المحجزة) Septate fibers. وبالنظر للطبيعة الحية للألياف المقسمة فأنها تقوم بوظيفة الخزن اضافة الى وظيفتها الرئيسة هي التدعيم.
- **الألياف الجيلاتينية Gelatinous fibers:** تتميز بجدرانها الثانوية التي ينعدم فيها اللكنين أو الحاوية على كميات قليلة من هذه المادة، بينما تزداد في جدرانها نسبة السليلوز. وسميت هذه الألياف بهذا الاسم لكونها ذات مظهر جيلاتيني، وهي موجودة في الخشب الفعال لبعض نباتات ذوات الفلقتين.

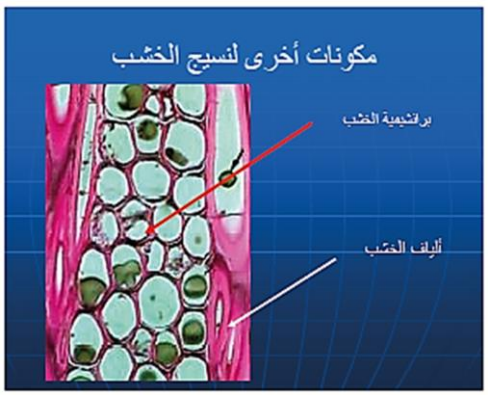


القصيبات Tracheids	الالياف Fibres
1- الجدران اقل تلكننا مما في الالياف	1- الجدران اكثر تلكننا مما في القصيبات
2- النقر المضفوفة موجودة	2- النقر المضفوفة مفقودة
3- فراغ الخلية واسع	3- فراغ الخلية صغير
4- النقر واسعة	4- النقر مختزلة الحجم
القصيبات الليفية Fibre tracheids	القصيبات tracheids
1- اكثر طولا	1- اقل طولا
2- اسمك جدراناً	2- ارق جدرانا
3- ردهات النقر المضفوفة مختزلة	3- ردهات النقر واسعة
4- قد يبقى البروتوبلاست حيا بعد نضج الجدار الثانوي	4- يموت

برنكيما الخشب الثانوي Xylem Parenchyma:

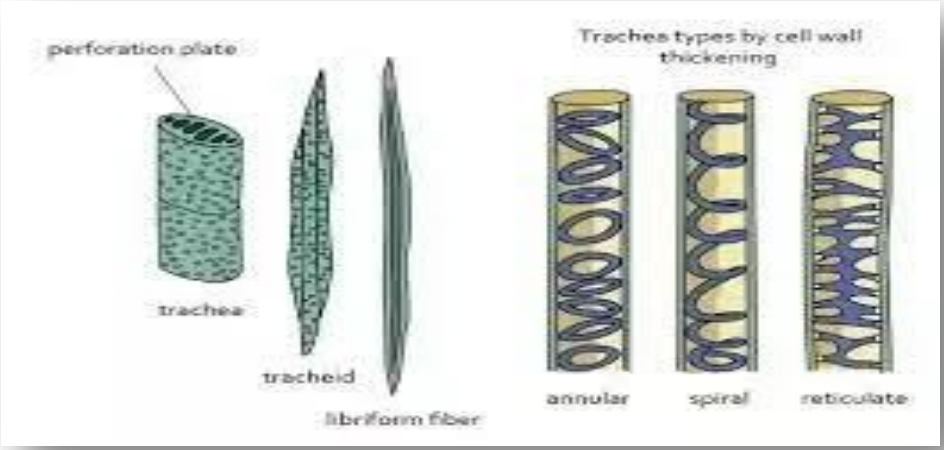
الخلايا البرنكيمية مقترنة بنسيج الخشب وظيفتها الرئيسة الخزن (خزن الماء والنشأ والزيوت) كما ان المواد الدباغية والبلورات تعتبر من المحتويات المألوفة في برنكيما الخشب، وتقوم بوظيفة النقل لمسافات قصيرة بالأتجاه الشعاعي.

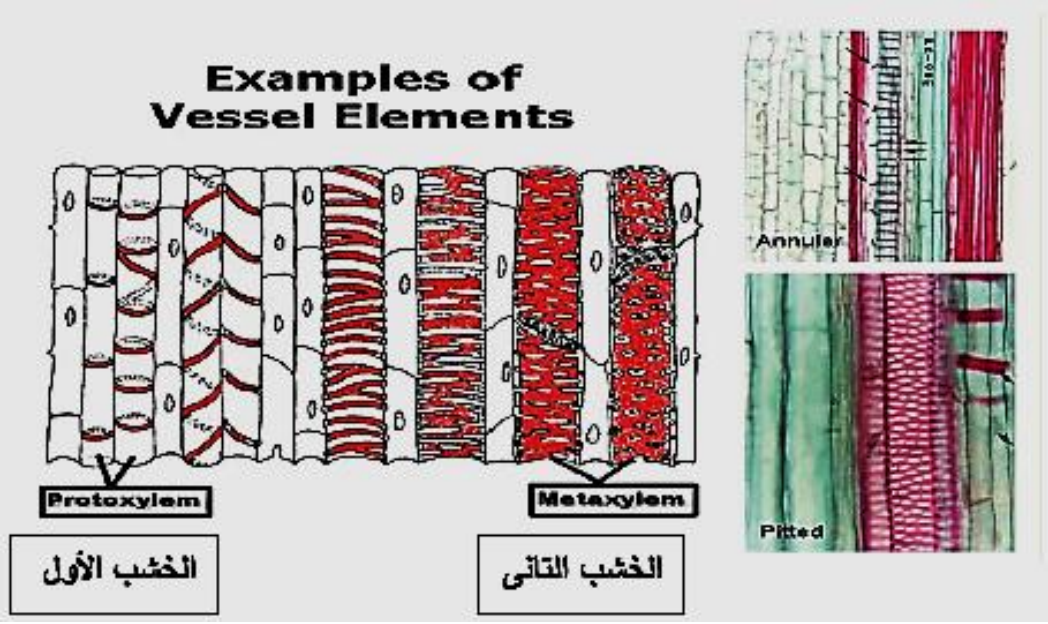
تتوزع البرنكيما في الخشب الثانوي على نظامين المحوري (تعرف بالبرنكيما المحورية) والشعاعي (تعر ف بالبرنكيما الشعاعية)، وقد تتصلب جدارن بعض الخلايا البرنكيمية لتتحول الاخيرة الى سكلريدات (مثال على مفهوم اعادة التميز Redifferentiation) . تنشا البرنكيما المحورية من الاصول المغزلية للكامبيوم اما البرنكيما الشعاعية فتنشا من الاصول الشعاعية للكامبيوم.



التثخنات الثانوية للجدران في الخشب الابتدائي:

تظهر تثخنات الجدار الثانوي بشكل سلسلة نشوئية تطورية متعاقبة تشير الى الزيادة في مساحة الجدار الابتدائي المغطاة بالجدار الثانوي، اذ تكون اضافات مواد الجدار الثانوي على الجدار الابتدائي بشكل حلقات في حال العناصر القصيبية المبكرة وتعرف هذه الاضافات بالتثخنات الحلقية annular التي تكون غير متصلة ببعضها، اما العناصر القصيبية المتكونة لاحقا فتظهر التثخنات الحلزونية spiral والتي تليها العناصر ذات التثخنات السلمية scalariform. ثم العناصر ذات التثخنات الشبكية reticulate واخيرا العناصر المنقرة pitted .





التغلظ الثانوي غير العادي في سيقان ذوات الفلقتين.
. Anomalous secondary growth in dicot stems
عندما يكون التغلظ الثانوي غير اعتيادي يسمى بالتغلظ الشاذ anomalous secondary thickening ويعود سبب ذلك الى:

1. **يكون الكامبيوم الاصلى غير عادي او يتوقف لتحل محله طبقة كامبيومية ثانوية اخرى غير عادية في توزيعها وترتيبها.**

بعض حالات النمو الشاذ : (عدم انتظام نشاط الكامبيوم).

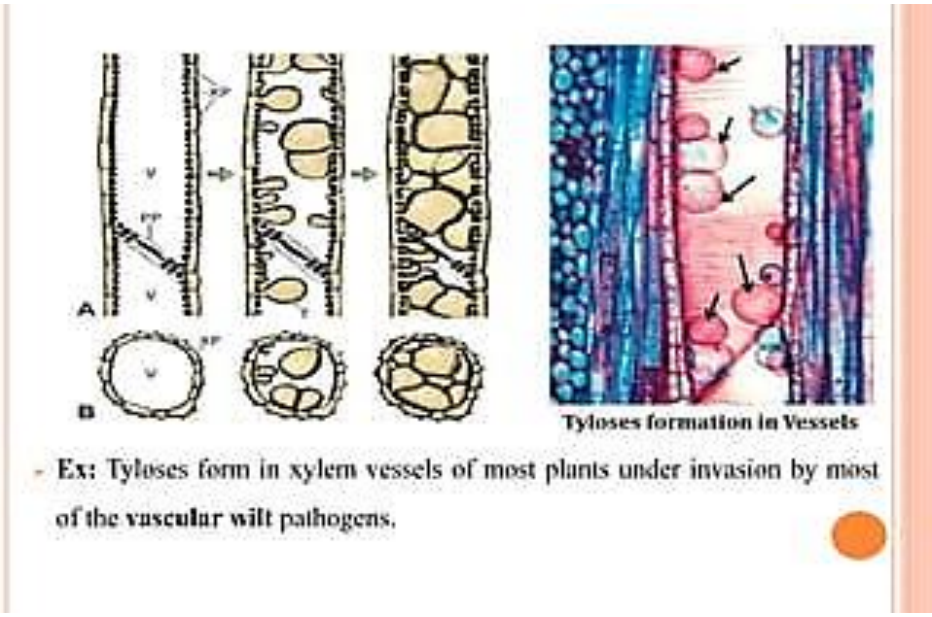
2. ***تنقسم خلايا الكمبيوم انقسامات غير متجانسه اي منطقة تكون خشب اكثر ومنطقة تكون لحاء اكثر كما في Bignonia.***
3. **في نبات خف الجمل تلاحظ ان الكمبيوم ينشط في اماكن معينة ويقل في مناطق اخرى.**
4. **نبات الزراوند بعض اجزاء الكمبيوم تكون برنكيما شعاعية وعند ماتزداد دائرة الكامبيوم تتكون مناطق جديدة تعطي خلايا بارنكيمية مما يؤدي الى تكون اسطوانة وعائية ملتوية ومتعرجه.**

التغلظ غير العادي في الجذور
مثال الشوندر حيث تتكون اشرطة كمبيومية في منطقة الدائرة المحيطية تضيف خشب للداخل ولحاء للخارج وخلايا برنكيمية على الجانبين ثم بعد ذلك تتوقف وتتكون اخرى وهكذا.

التايلوزات Tyloses :

عبارة عن اجسام مثانية الشكل تظهر في داخل الاوعية والقصيبات في الخشب الابتدائي والثانوي الا انها اكثر شيوعاً في الخشب الثانوي لاسيما في مغطاة البذور.

تتكون من انتفاخ جدران أو نموات خارجية من خلايا برنكيما الخشب او برنكيما شعاعية مجاورة لوعاء أو القصيبة من خلال النقرة الى فراغ ذلك الوعاء او تلك القصيبة تسمى بالتايلوزات tyloses (مفردها tylose او tylosis) ، ويحصل بصورة طبيعية عندما يصبح الخشب خاملاً او عند اصابتهُ بضرر وقد يدخل الى التايلوزة جزء من بروتوبلاست ونواة الخلية البارنكيمية، وقد تكون التايلوزة كبيرة لتسد القصيبة أو صغيرة. وتنمو التايلوزات عبر الازواج النقرية التي تربط الخلايا البارنكيمية مع العناصر القصبية وقد تكون كثيرة فتسد الانبوب تماما. وقد تتضخم الخلايا الطلائية المحيطة بالقنوات الراتنجية وتسمى هذه اشباه التيلوزات Tylosoids.



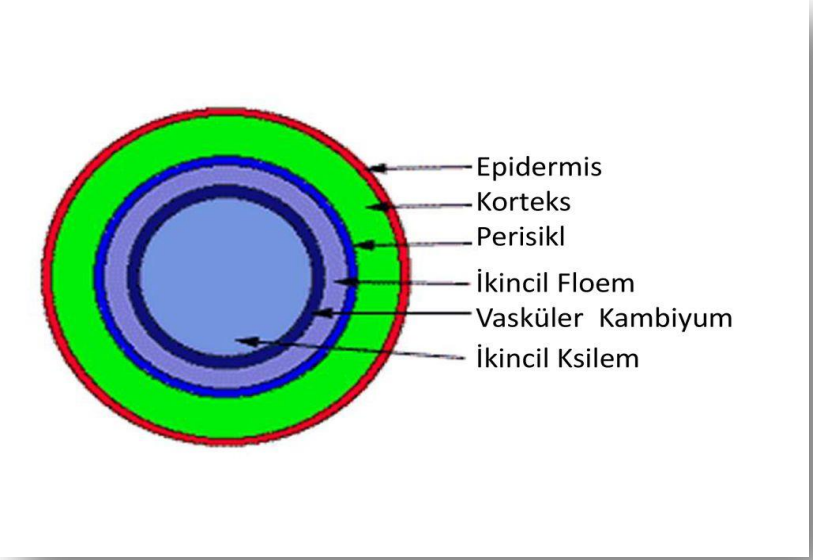
الكامبيوم الوعائي Vascular cambium :

عبر الزمن التطوري طورت النباتات لنفسها نظاما دعاميا ووقائيا يزيد من فرصها في استلام الضوء عن طريق تمكينها من بلوغ ارتفاعات اعلى من النباتات المجاورة ويتضمن هذا النظام تكوين اثنين من المرستيمات الجانبية هما الكامبيوم الوعائي والكامبيوم الفليني اللذان ينتج عن نشاطيها زيادة في سمك العضو النباتي وذلك بعملية تعرف **بالنمو الثانوي**.

يتالف الكامبيوم الوعائي من نوعين من الخلايا هما الاصول الشعاعية ray initial والاصول المغزلية fusiform initials . وتتصف الاصول الشعاعية بانها خلايا صغيرة متساوية الابعاد وتنتظم بصورة عمودية على محور الساق وينتج عن نشاطها تكوين خلايا سكلرنكيمية او اشعة برنكيمية وظيفتها تنقل الماء والمذابات قطريا.

اما الاصول المغزلية فهي خلايا موشورية الشكل وبنهايات مستدقة وتنتظم بصورة موازية لمحور الساق وينتج عن نشاطها تكوين الخشب واللحاء الثانويين وتقوم العناصر الناقلة في هذين النسيجين بنقل الماء والمذابات طوليا.

ينتج الكامبيوم الوعائي كمية من نسيج الخشب تفوق بمرات عدة (4 – 10 مرة) من كمية اللحاء. وفيما يخص نشاط (الكامبيوم الوعائي فقد لوحظ ان الكامبيوم الوعائي يكون غير فعال في فصلي الخريف والشتاء وتكون جدران خلاياه بجدارنها السميكة، اما في فصل الربيع فان الكامبيوم الوعائي سيعاود فعاليته بتخفيف سمك جدران خلاياه وتحفزها على الانقسام.



حلقات النمو او الحلقات السنوية Growth ring or annual ring :

يتكون الخشب الثانوي في النباتات الخشبية من الكامبيوم الوعائي خلال الايام الرطبة من بداية فصل الربيع (موسم النمو) ويعرف هذا الخشب بخشب الربيع spring wood

او الخشب المبكر early wood الذي يمتاز بعناصره الكبيرة رقيقة الجدران. ويتكون في الايام الجافة من نهاية الموسم (فصل الصيف) نوع اخر من الخشب يعرف بخشب الصيف summer wood او الخشب المتاخر late wood الذي يمتاز بعناصره الصغيرة ذات الجدران السميكة.

ويطلق مصطلح حلقة نمو او حلقة سنوية على طبقتي خشب الربيع وخشب الصيف معا. وبتكوين كل حلقة من هذه الحلقات يزداد قطر الشجرة.

تنتج نباتات المناطق المعتدلة (التي تمتاز بوجود الفصول الاربعة) حلقة نمو واحدة كل سنة ومن هنا جاءت تسمية الحلقات السنوية annual rings اما في المناطق الاستوائية (التي لا تظهر الفصول الاربعة) فان النباتات لا تظهر حلقات النمو، في حين تظهر نباتات المناطق الجرداء وشبه الجرداء اكثر من حلقة نمو واحدة في السنة بسبب استمرار الامطار.

تظهر حلقات النمو في المقطع المستعرض بشكل دوائر مشتركة المركز يتراوح عرضها بين 1 – 10 ملم وبسبب المناخ الذي يؤثر وبقوة في تكوين حلقات النمو فان المقطع المستعرض للخشب يمثل مفكرة للتاريخ المناخي للمنطقة المعينة وبواسطته يمكن التعرف على سنوات الجفاف التي مرت بها منطقة ما.

توجد انواع عدة من الخشب، ويمكن تقسيم الخشب على اساس نوع النبات الذي ينتجه الى خشب طري soft wood وخشب صلب hard wood ، كما يمكن تقسيم الخشب على اساس الموقع والوظيفة الى خشب رخو sap wood. وخشب صميمي heart wood .

يوصف الخشب الرخو انه خشب النباتات البذرية اللازهرية (مثل الصنوبر) الذي يمتاز بتجانسه النسبي اذ يخلو من الاوعية vessels ويتالف في معظمه (90%) من القصيبات.

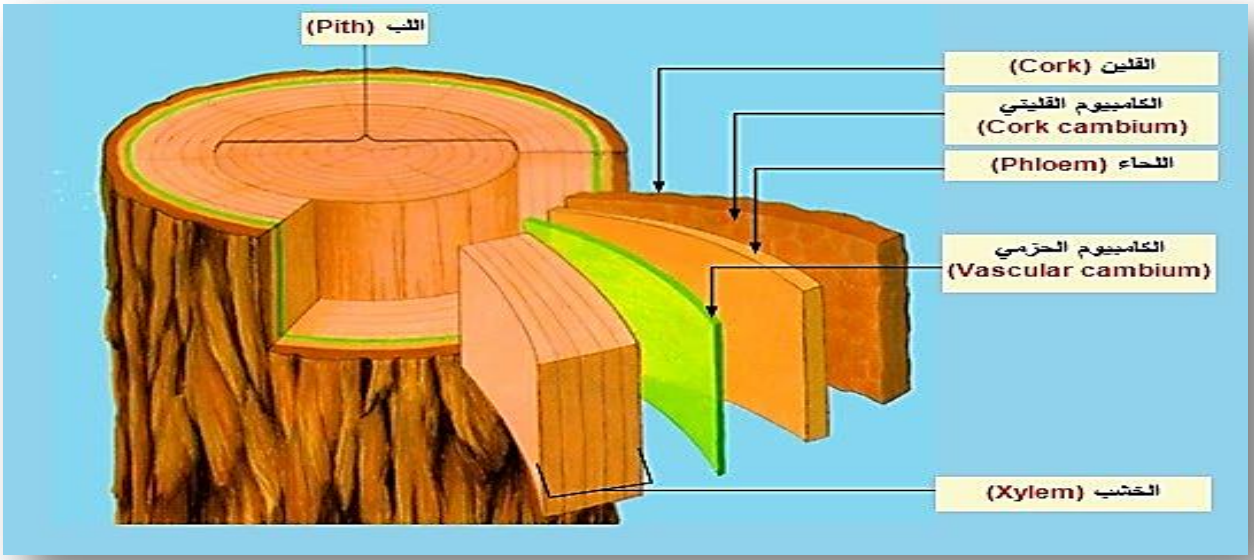
اما الخشب الصلب فيه خشب ذوات الفلقتين النامية في المناطق المعتدلة والاستوائية وهو يختلف عن الخشب الطري(مؤلف من قصيبات وبرنكيما شعاعية) باحتوائه على اوعية وقصيبات والياف وهو اقوى واصلب من الخشب الطري بسبب وجود الالياف.

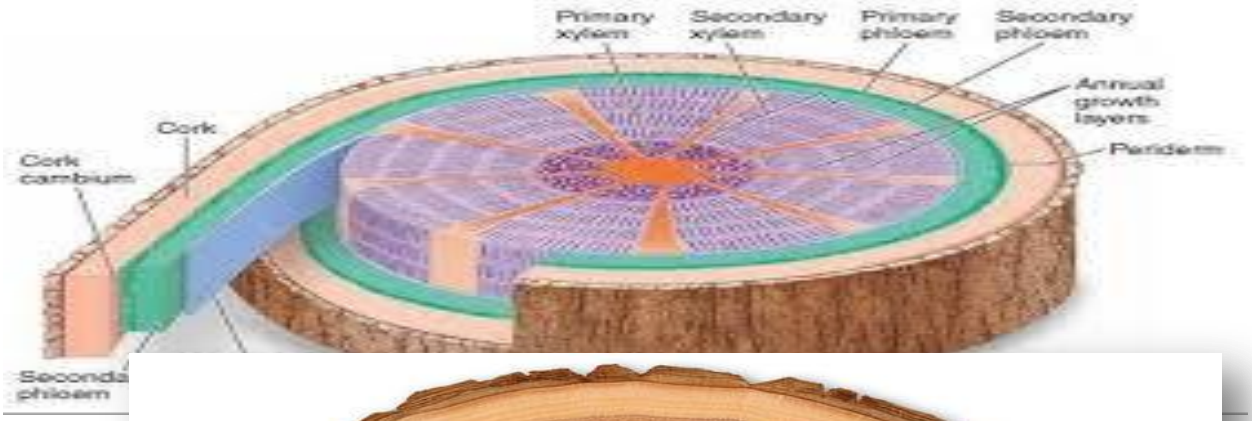
تتمثل العناصر الناقلة في الخشب الصلب بالاوعية والقصيبات ويمكن ملاحظة الاوعية في العين المجردة ويسميها المشتغلون بالأخشاب ثقوب pores يطلق مصطلح خشب حلقي المسام ring porous wood ، عندما يضم الخشب المبكر اوعية واسعة كبيرة في حين يضم الخشب المتاخر اوعية ضيقة وبذلك تسيل عملية التمييز بين حلقات النمو.

اما في معظم نباتات الاشجار فان الخشب الصلب لا يظهر تمايزا واضحا في احجام الثقوب اي تتوزع الاوعية بصورة منتظمة (متساوية الاقطار تقريبا) في حلقة النمو (اي في الخشب المبكر والخشب المتاخر) وفي هذه الحالة يوصف الخشب بانه منتشر المسام diffuse porous wood

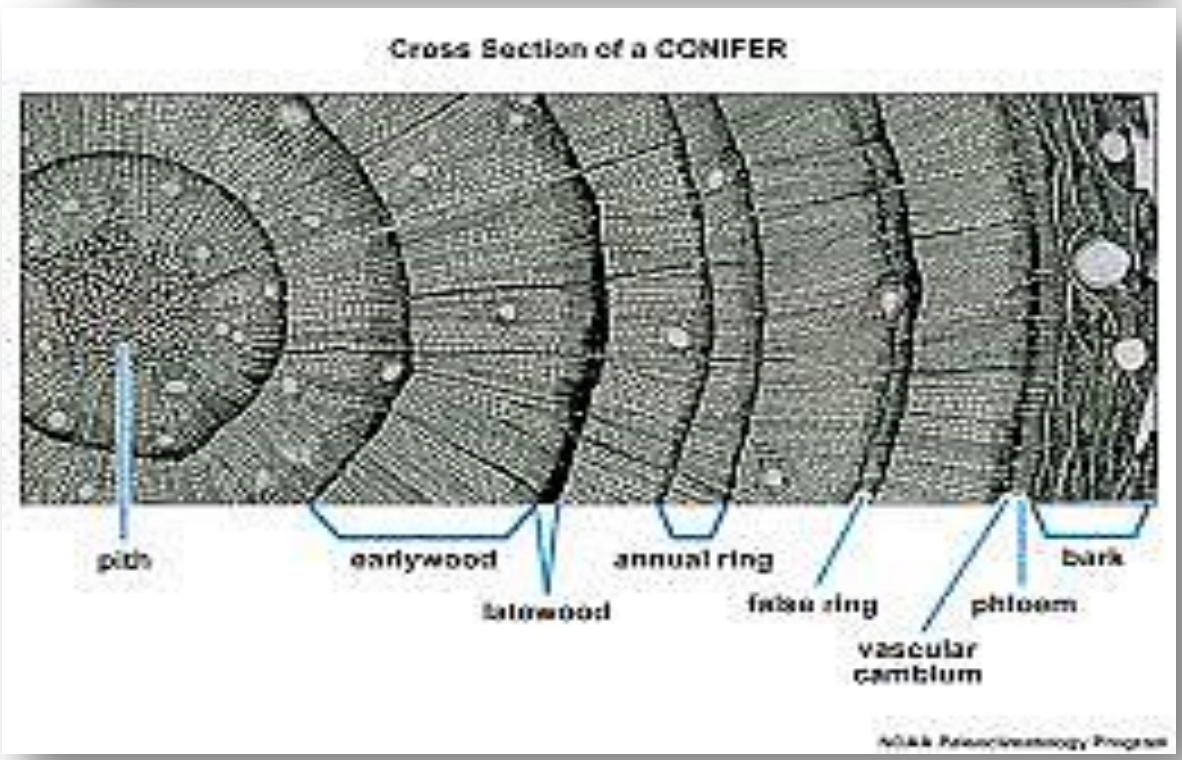
وتجدر الاشارة الى ان خشب عاريات البذور هو خشب غير مسامي non porous wood لخلوه من الاوعية.

وتظهر نباتات ذوات الفلقتين ما يسمى بالتايلوزاتُ tyloses وتظهر عندما تقع الخلايا البرنكيمية بجوار الاوعية وبشكل ذلك امتدادات خارجية ترسلها الخلايا البرنكيمية الى داخل تجاويف الاوعية غير الفعالة عبر النقر وغالبا ما تهاجر النواة وجزء من السايتوبلازم من الخلية البرنكيمية الى هذه الامتدادات . وتخزن التايلوازت مواد غير حية وقد تكون جدران ثانوية فضلا عن كونها قد تتحول الى سكلريدات . ان تكوين التايلوازت يؤدي الى غلق تجاويف الاوعية وهو ما يقلل من نضوحية الخشب الواقع تحت الجروح كما قد تتكون التايلوازت نتيجة الاصابة ببعض الممرضات.




Primary xylem
Secondary xylem
Primary phloem
Secondary phloem
Annual growth layers
Periderm
Cork
Cork cambium

الخشب الصميمي
اللحاء
الخشب المحيطي


Cross Section of a CONIFER
pith
earlywood
latewood
annual ring
false ring
vascular cambium
phloem
bark

تشريح نسيج الخشب الابتدائي والثانوي

ويُشتق نسيج الخشب الأساسي من النسيج الإنشائي الأساسي أي البروكامبيوم، كما إنّه من نوعين وهما البروتوكسيلم والميتاكسيليم، ويتطور البروتوكسيلم أولاً ثم الميتاكسيليم، ويُشتق نسيج الخشب الثانوي من النسيج الإنشائي الجانبي أي الكامبيوم الوعائي أثناء النمو الثانوي على سبيل المثال في جذع الثنائي الفلقة أثناء النمو الثانوي.

1- أنواع نسيج الخشب وفقًا لنشأته

يتميز الخشب تبعًا لنشوئه الى نوعين رئيسين هما:

1- الخشب الابتدائي.

2 -الخشب الثانوي.

يتميز الخشب الابتدائي بنشوئه من الكامبيوم الاولي وذلك خلال فترة النمو الابتدائي للأعضاء النباتية، بينما ينشأ الخشب الثانوي خلال فترة النمو الثانوي حيث تنشأ عناصره المختلفة من الكامبيوم الوعائي، ويتألف الخشب الابتدائي في سائر مغطاة البذور من نفس العناصر العامة للخشب وهي الأوعية والقصيبات والبرنكيميا والألياف، غير أنّ الألياف قد تكون معدومة وتكون العناصر المختلفة للخشب بما في ذلك البرنكيميا غير منسقة في كثير من الأحيان، خلافًا لما هي عليه الحال في الخشب الثانوي الذي تكون مكوناته أكثر تنسيقا.

وغالبًا ما لا تنتظم الخلايا البرنكيمية في الخشب الابتدائي يكون فيها العضو النباتي لا يزال في حالة تمدد أو نمو طولي، وخشب تال (Metaxylem) يتم تميزه من الكامبيوم الأولي في وقت متأخر، ولا يتم نضج عناصره بصورة كاملة الّا بعد اكتمال استطالة العضو النباتي، ويترتب على ذلك أنّ بعض عناصر الخشب الأول (وخاصة الملكننة منها) تفشل في مواكبة التعدد الحاصل في الانسجة المجاورة مما يؤدي في كثير من الأحيان إلى تمزقها.

وتحصل هذه الظاهرة بصورة خاصة في السيقان الفتية أما في الجذور فلا يتمزق الخشب الأول في الغالب لكونه لا ينضج بصورة كاملة الّا بعد انتهاء مرحلة التمدد السريع في الجذر، أما الخشب التالي فيبقى عادة محتفظا بكيانه التركيبي ومؤديًا لوظيفة النقل لفترة أطول في معظم الأعضاء النباتية، وفي النباتات التي لا تعاني تغلظًا ثانويًا يبقى الخشب التالي هو الجزء الوحيد الذي يؤدي وظيفة نقل الماء والاملاح المعدنية طيلة حياة النبات، ويخلو الخشب الأول عادة من الألياف بينما قد يحتوى الخشب التالي على بعض الالياف.

من المميزات التي يختلف فيها الخشب الأول عن التالي طبيعة التغلظ الحاصل في عناصره الناقلة، حيث تسود في الأول العناصر ذات التغلظ الحلقي والحلزوني التي لا تقاوم كثيرًا قوة الشد الناتجة عن التعدد السريع للعضو النباتي، بينما تظهر العناصر الناقلة في الخشب التالي تغلظات من النوع

الحلزوني والسلمي والشبكي والمنقر، على التوالي وقد توجد هذه الأنواع المختلفة من العناصر الناقلة للخشب بأية نسبة كما قد يوجد نوع واحد منها أو أكثر.

مما تجدر الإشارة إليه أنّ أكثر من نوع واحد من التغلظ يمكن أن يلاحظ في نفس الوعاء أو القصيبة، كما أنّ تسلسل ظهور العناصر الناقلة في الخشب من الحلقي فالحلزوني فالسلمي فالشبكي ثم المنقر الذي يلاحظ في الفترات المتعاقبة من نمو الأعضاء النباتية، يمثل نفس التسلسل التطوري الذي عانته تلك العناصر خلال الأحقاب السالفة من نشوء النباتات الوعائية، وبعبارة أخرى التغلظ الحلقي يعتبر أبسط أنواع التغلظ وأكثرها بدائية بينما يمثل التغلظ المنقر أكثرها رقيًا من الناحية التطورية.

نسيج اللحاء phloem :

نسيج معقد وظيفته الرئيسية نقل المواد الغذائية في النباتات الوعائية بشكل ذائب . ويقترن نسيج اللحاء عادة مع نسيج الخشب في سائر الاعضاء النباتية فيكونان معا النسيج الوعائي او النظام النسيجي الوعائي Vascular tissue system. يتألف اللحاء في مغطاة البذور من:

1- انابيب منخلية Sieves tube .
2- خلايا مرافقة Companion cells .
3- خلايا برنكيمية Parenchyma cells .
4- الياف Fibers .

النباتات الوعائية الواطئة Lower vascular plant	معراة البذور Gymnosperms	مغطاة البذور Angiosperms
1- Sieve cells	1- Sieve cells الخلايا المنخلية تكون اقل تطورا من الانابيب المنخلية ولكنها اطول عمرا	1- Sieve tube الانابيب المنخلية وتكون اكثر تطورا من الخلايا المنخلية
2- لاتوجد خلايا مرافقة	2- لا توجد خلايا مرافقة	2- Companion cell
3- Parenchyma cells	3- Parenchyma cells	3- Parenchyma cells
4- لاتوجد	4- Fibres Gnetales يشذ عن ذلك الرتبة	4- Fibres

اما في عاريات البذور Gymnosperms **فيفتقر اللحاء للانابيب المنخلية** وتوجد بدلا عنها **خلايا منخلية Sieve cells تمثل كل منها خلية مفردة، كما ان الخلايا المرافقة تكون معدومة**، بينما يقتصر لحاء النباتات الوعائية الواطئة على الخلايا المنخلية والخلايا البرنكيمية.

وكالحال في نسيج الخشب فان نسيج اللحاء يصنف هو الآخر من حيث نشوئه الى لحاء ابتدائي primary phloem ينشا من الكامبيوم الاولي procambium ولحاء ثانوي secondary phloem ينشا من الكامبيوم الوعائي vascular cambium . ان اللحاء الثانوي يكون منسقاً في نظام محوري او عمودي Axial or Vertical system ونظام افقي او شعاعي Horizontal or Radial system على نحو ما هو ملاحظ في الخشب الثانوي. هنالك سلسلة شعاعية من الخلايا يطلق عليها مصطلح الأشعة النخاعية Vascular rays، التي تعتبر من الصفات المميزة للخشب واللحاء الثانويين.

بالنظر للطبيعة غير المتصلبة للعناصر التي تدخل في تركيب اللحاء(فيما عدا الألياف والسكلريدات) ولكون هذا النسيج لا يستديم على النبات نظرا لتساقطه بين حين واخر لذا فان نسيج اللحاء يكون اقل وضوحا من الناحية الشكلية مقارنة بالخشب كما انه لا يركن عليه كثيرا في تقدير عمر النبات او في دراسة المتحجرات النباتية خلافا لما هو عليه الحال في نسيج الخشب الذي يحتفظ بخصائصه الشكلية ويستديم في النبات ويحتفظ بكيانه التركيبي في المتحجرات النباتية يفوق بكثير عما هو عليه في نسيج اللحاء نظراً لكثرة العناصر المتصلبة فيه والمشبعة جدرانها بمادة اللكنين.

اللحاء الابتدائي يصنف الى لحاء اول protophloem تتميز عناصره بعد نشأتها من الكامبيوم الأولي في مرحلة مبكرة وذلك قبل اكتمال استطالة العضو النباتي، ولحاء تالي metaphloem الذي تتميز عناصره في مرحلة متاخرة وذلك بعد اكتمال تمدد العضو النباتي الذي يتكون فيه. في النباتات المعمرة التي يحصل فيها تغلظ ثانوي يحل اللحاء الثانوي محل اللحاء الابتدائي، اذ ينشا اللحاء الثانوي من الكامبيوم الوعائي Vascular cambium .

عناصر اللحاء في مغطاة البذور :

1- الانابيب المنخلية sieve tube :

تتكون الانبوبة المنخلية سلسلة من الخلايا تنتظم في صف متصل على هيئة انبوب وتلتقي الخلايا المكونة للانبوبة المنخلية مع بعضها عند نهاياتها ويطلق عليها وحدات الانبوبة المنخلية Sieve tube elements وفي بداية تكوين وحدة الانبوبة المنخلية تكون حاوية على نواة وسايتوبلازم ومحتويات اخرى كالبروتينات والبلاستيدات وعند النضج تنحل النواة ويبقى السايتوبلازم حيا. تفقد النواة في الخلايا والانسجة النباتية التي تموت عند النضج، اذ ان الطبيعة الحية لوحدات الأنابيب المنخلية تسندها قابليتها على تكوين الكالوز وقدرتها على اذابتهُ أحياناً وكذلك قدرتها على تكوين خيوط رابطة في بعض الأحيان مما يعزز الطبيعة الحية لها بالرغم من أنحلال النواة فيها عند النضج. وبتقدم عمر الانبوب تزداد مادة الكالوس مما يؤدي الى نحافة الخيوط الرابطة وبالتالي تتلاشى وعند موت الانبوب تتلاشى مادة الكالوس، وفي بعض الحالات تستطيع الوحدات المنخلية من اعادة نشاطها بعد تكوين الخيوط الرابطة وتكوين مادة الكالوس مما يؤيد على كون الوحدات المنخلية حية على الرغم من انحلال النواة

تتكون في السايتوبلازم اجسام صغيرة يطلق عليها الاجسام الهلامية slime bodies وتبدو المادة الهلامية متجمعة عند الصفائح المنخلية مكونة مايسمى السداد المخاطي slime plug . تتميز الانابيب المنخلية بوجود صفائح منخلية sieve plate في جدرانها النهائية المستعرضة للوحدات المكونة لها. تتميز الصفائح المنخلية بوجود ثقوب فيها تخترقها خيوط بروتوبلازمية سميكة تشبه البلاموذمات الا انها تتميز عنها بزيادة سمك قطرها وباحاطتها بمادة الكالوس Callose في المنطقة التي تخترق فيها هذه الخيوط للصفيحة المنخلية، ويطلق على هذه الخيوط البروتوبلازمية الاشرطة الرابطة connecting strands لكونها تربط بين سايتوبلازم الوحدتين المتتاليتين في الانبوبة المنخلية.

اما الكالوس فهو تركيب يتألف من مواد كاربوهيدراتية متعددة السكريات يطلق عليها الكالوز Callose وبمرور الزمن يزداد سمك اسطوانة الكالوز المحيطة بالخيوط الرابطة على حساب هذه الخيوط نفسها مما يؤدي الى ان تصبح الاخيرة أكثر نحافة حتى تتلاشى تماما وعندها تفقد الانبوبة المنخلية وظيفتها الناقلة.

وتكون الصفائح المنخلية اما بسيطة Simple sieve plates عندما تكون الثقوب منتشرة في الصفيحة دون ان تتميز أو مركبة Compound sieve plates عندما تتجمع الثقوب في مناطق منفصلة يطلق على كل منها مصطلح المساحة المنخلية Sieve area اي ان الصفيحة المركبة تكون حاوية على اكثر من مساحة منخلية

واحدة . ان وجود الانابيب المنخلية يعتبر صفة مميزة للحاء نباتات مغطاة البذور اما في عاريات البذور والنباتات الوعائية الواطئة فتوجد بدلا من الانابيب المنخلية خلايا منخلية Sieve cells

بروتين اللحاء : phloem protein او p – protein :

تظهر العناصر المنخلية الفتية مواد بروتينية خاصة بها وتعرف هذه البروتينات في السابق بالاجسام الهلامية slime bodies وتظهر مصاحبة للصفائح المنخلية ويعرف بالسداد الهلامي slim plug وهو صفة مميزة للانابيب المنخلية. اما في الوقت الحاضر فقد اصطلح على تسميته ببروتين اللحاء phloem protein او p- protein . ان ثقوب الصفيحة المنخلية كثيرا ماتغلق ببروتين اللحاء، اذ لوحظ ان هذا البروتين يدخل في غلق الثقوب بعد الجروح.

2- الخلايا المرافقة Companion cells :

هي خلايا برنكيمية متخصصة ذات بروتوبلاست فعال يحتوي على سايتوبلازم كثيف ونواة وغير ذلك من المحتويات ترتبط الخلايا المرافقة مع وحدات الانبوبة المنخلية ارتباطا وثيقا في الموقع والمنشأ والوظيفة، اذ تقترن بكل وحدة من وحدات الانبوبة المنخلية خلية مرافقة واحدة او اكثر تمتد بمحاذاتها وتنشا من نفس الخلية المرستيمية التي نشأت منها وحدة الانبوبة المنخلية تلك . ان الارتباط الوثيق بين الخلية المرافقة الحاوية على نواة وبين وحدة الانبوبة المنخلية الخالية من النواة التي تقترن بها يشير الى وجود ارتباط وظيفي بينهما، ويعزز ذلك ان موت الخلايا المرافقة في اللحاء يؤدي الى فقدان الاخير لوظيفته. وتنشا الخلية المرافقة من نفس الخلية المرستيمية التي تنشأ منها وحدة الانبوبة المنخلية المقترنة بها نتيجة حدوث انقسام للخلية الامية ويكون هذا الانقسام غير متكافيء حيث تكون احدى الخليتين اكبر من الاخرى فتتميز الكبيرة منهما الى وحدة انبوبة منخلية بينما تتحول الصغيرة الى خلية مرافقة.

ان وجود الخلايا المرافقة يعتبر من الصفات المميزة للحاء مغطاة البذور حيث انها معدومة في عاريات البذور وفي النباتات الوعائية الواطئة.

فقد النواة في الوحداتا المنخلية يجعل عمرها الوظيفي قصير ينتهي غالباً في موسم واحد أو موسمين غير ان الخلايا المنخلية في عاريات البذور قد تبقى فعالة لفترة اطول تصل احياناً الى عدة سنوات.

3- برنكيما اللحاء phloem parenchyma :

توجد الخلايا البرنكيمية كاحد مكونات نسيج اللحاء سواء كان ابتدائيا او ثانويا، في اللحاء الابتدائي تكون الخلايا البرنكيمية موجودة في اللحاء بصورة مفردة او على هيئة مجموعات اما في اللحاء الثانوي فتنتظم بصورة منسقة في نظام شعاعي Radial system ونظام محوري Axial system ان وظيفة الخلايا البرنكيمية في اللحاء هي الخزن حيث تخزن الماء وبعض المواد الغذائية كالنشا والدهون والمواد الدباغية والمواد الراتنجية وفي فترات الركود تمتلىء الخلايا البرنكيمية بالنشا او الزيت. وتمتاز الخلايا البارنكيمية اللحائية بكونها :

a. تميل الى الاستطالة.

b. قد تحتوي في جدرانها على مادة اللكنين.

c. قد تكون مقسمة بحواجز الى ردهات وقد تحتوي كل ردهة على بلورة.
d. وظيفتها الخزن (ماء– نشأ – الدهون – مواد دباغية – ومواد راتنجية).
e. بعد موت اللحاء اما ان تبقى الخلايا رقيقة الجدران او ان تتغلظ وتتحول الى سكلريدات .

4- الياف اللحاء phloem fibers :

توجد الالياف اللحاء في كل من اللحاء الابتدائي والثانوي Primary & Secondary phloem في مغطاة البذور – وقد تكون معدومة في بعض معراة البذور ، النباتات الوعائية الواطئة هي الاخرى خالية من الخلايا السكلرنكيمية وقد توجد السكلريدات جنبا الى جنب مع الالياف . الياف اللحاء الابتدائي تتكون في اعضاء لا زالت في حالة نمو طولي. في اللحاء الابتدائي تكون متجمعه خارج النسيج واما في اللحاء الثانوي تنتظم الالياف وبطرق مختلفة فقد تؤلف الجزء الاكبر من اللحاء او توجد بهيئة اشرطة مماسية تتبادل مع العناصر اللحائية الاخرى او تكون منتشرة بين بقية عناصر اللحاء او احيانا لا توجد كما في الزراوند *Aristolochia* .

مميزات الياف اللحاء (مقارنة بالياف الخشب) :

1– جدرانها ذات نقر بسيطة دائما ، وربما تكون مضفوفة بسيطة Slighthy bordered .
2– فوهة النقرة تميل الى الاستدارة .
3– الجدران ملكننة وتتكون الجدران الثانوية بعد او خلال النمو الطولي.
4– وظيفتها ميكانيكية .
5– الالياف المقسمة والجلاتينية موجودة في اللحاء .
6– بعض الالياف تكون حية وذات جدران ابتدائية وبروتوبلاست فعال .

اللحاء الاول واللحاء التالي Protophloem or Metaphloem :

مقارنة بالخشب يكون اللحاء الابتدائي غير متميز بوضوح الى لحاء اول ولحاء تالي .

مميزات اللحاء الاول : –

1– يمثل جزء اللحاء الابتدائي الذي يتميز من الكومبيوم الاولى في مرحلة مبكرة قبل اكتمال النمو الطولي.
2– يحتل موقع خارجي من الحزمة الوعائية .
3– العناصر المنخلية اكثر نحافة واقل وضوحا مما في اللحاء التالي ، غير ان النوى فيها تنحل ايضا عند النضج .
4– تكون الوحدات المنخلية مقترنة مع خلايا مرافقة او تكون الخلايا المرافقة معدومة .
5– وحدات الانابيب المنخلية قد تكون متجمعة او تكون مفردة ضمن الخلايا البارنكيمية .

6- في العديد من ذوات الفلقتين تتواجد العناصر المنخلية ضمن خلايا طويلة حية تمثل بداءات الالياف Fiber primordia والتي تتميز فيما بعد الى الياف بعد تهشم وحدات الانابيب المنخلية وفقدان وظيفة اللحاء الاول .

في معراة البذور هناك شك يتعلق بالطبيعة المورفولوجية لعناصر اللحاء الاول طالما لم تتميز فيه المساحات المنخلية لهذا تسمى بخلايا اللحاء التمهيدية Percursory phloem cells .

مميزات اللحاء التالي :

1- العناصر المنخلية والعناصر الاخرى تنشأ في فترة متأخرة من النمو .

2- العناصر المنخلية تكون اوسع مما في اللحاء الاول .

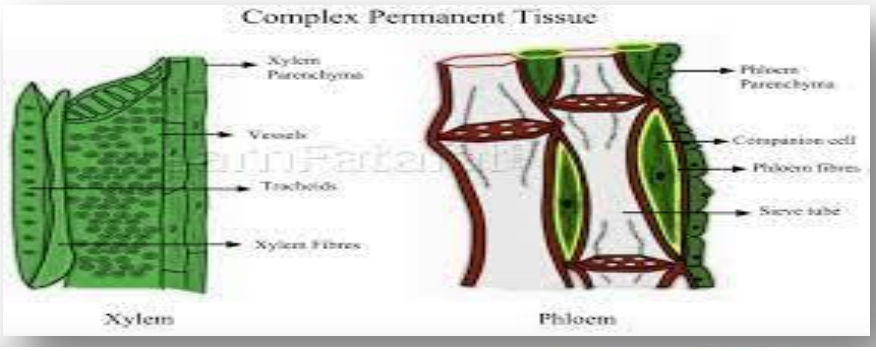
3- الخلايا المرافقة موجودة في مغطاة البذور .

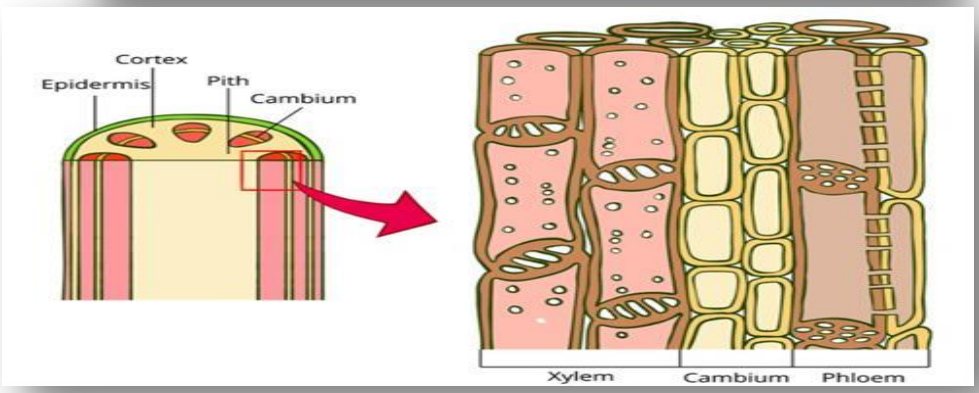
4- الالياف تكون معدومة عادة .

الخلايا البارنكيمية تتحول الى سكلريدات بعد فقدان اللحاء وظيفته .

Proto phloem	Meta phloem
جزء للحاء الابتدائي يتميز في مرحلة مبكرة قبل استطالة العضو	**جزء للحاء الابتدائي يتميز في مرحلة متأخرة بعد استطالة العضو**
يحتل موقعاً خارجياً من الحزمة	**يحتل موقعاً داخلياً من الحزمة**
العناصر المنخلية اكثر نحافة واقل وضوحاً ووحدات الانابيب المنخلية موجودة بهيئة مجاميع مفردة ضد الخلايا البارنكيمية	**وحدات الانابيب المنخلية واسعة مقترنة بالخلايا المرافقة بصورة عادية اما الألياف واسعة مقترنة بالخلايا المرافقة بصورة عادية اما الالياف فتكون معدومة وبعض الخلايا البارنكيمية تتصلب الى سكلريدات**
يتهشم اللحاء الأول بعد فترة قصيرة	**يبقى عاملاً مؤدياً وظيفتهُ بعد فترة طويلة**

ت	اللحاء الثانوي في عاريات البذور	اللحاء الثانوي في مغطاة البذور
1	يكون التركيب بسيط	يكون معقد التركيب
2	النظام العمودي أو المحوري يتكون من خلايا منخلية وخلايا برانكيمية بما في ذلك الخلايا الزلالية Albuminous cell	النظام المحوري يضم وحدات الأنابيب المنخلية والخلايا المرافقة وبعض الخلايا البرانكيمية المحورية وألياف اللحاء
3	النظام الشعاعي أو الافقي يتكون من خلايا برانكيمية واحياناً تنظم خلايا زلالية أيضاً	يتكون النظام الأفقي أو القطري من أشعة مختلفة الأحجام مابين أحادية الصف الى عديدة الصفوف الا أنها تحوي خلايا برانكيمية فقط
4	لا يحوي	يظم النظامان خلايا متصلبة التراكيب (أفرازية أو أنقراضية تراكيب حليبية)

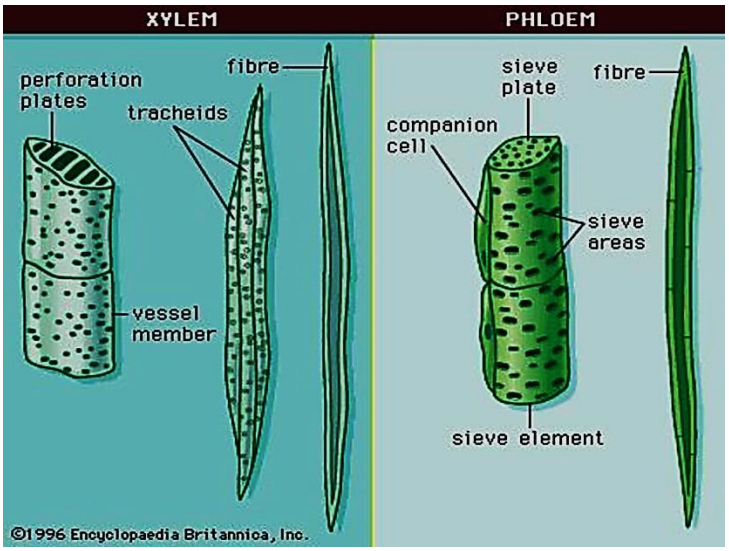




مقارنة بين نسيجي الخشب واللحاء في النباتات الزهرية.

ت	نسيج الخشب	نسيج اللحاء
1	نسيج معقد يتألف من الاوعية والقصيبات وبرنكيما والياف	نسيج معقد يضم الانابيب المنخلية والخلايا المرافقة وبرنكيما اللحاء والياف اللحاء
2	ينشا من الكامبيوم الأولي والكامبيوم الوعائي	كذلك
3	وظيفته نقل الماء والاملاح الذائبة به والدعامة	وظيفته نقل الغذاء ولا يقوم بالدعامة
4	معظمه عناصر ميتة (اوعية قصيبات الياف) وذات جدران سميكة ملكننة	معظم عناصره حية (برنكيما اللحاء والخلايا المرافقة ووحدات الانبوب المنخلي) وذات جدران غير ملكننة
5	تمتاز غالبية عناصره بوجود النقر وغياب	تمتاز غالبية عناصره بوجود حقول النقر والروابط

	الروابط البلازمية	البلازمية
6	بسبب صلابته ومتانة الجدار وتلكننه يحفظ بالمتحجرات النباتية	بسبب رقة الجدار وعدم احتوائه على اللكنين لا تحفظه المتحجرات
7	يظهره جسم النبات الابتدائي والثانوي	كذلك
8	يكونه الكامبيوم بكميات أكبر من اللحاء	كمياته اقل من كميات الخشب
9	يمكن اعتماده في تقدير عمر النبات	لا يعتمد في تقدير عمر النبات
10	قد تتحول البرنكيما فيه الى خلايا النقل القصير	كذلك
11	الية النقل فيه تتم على اساس قوة التماسك والتلاصق والخاصية الشعرية	اليه النقل فيه لازالت غير مفهومة
12	النقل فيه نحو الاعلى	النقل فيه باتجاهات مختلفة
13	عناصره الناقلة قد تظهر التايلوزات	عناصره الناقلة لاتظهر التايلوزات



التراكيب الافرازية secretory structure :

وقد يفرق بين عمليتي الاخراج والافراز كالاتي:

الاخراج Excretion : يحدث عندما تطرد المادة الناتجة الى المسافات البينية او الى الخارج، قد تكون هذه المواد مهمة فسلجيا مثل الهرمونات والانزيمات. وتتميز الخلية الاخراجية بغزارة السايتوبلازم وكبر حجم النواة ومنها الشعيرات الغدية والقنوات الراتنجية والقنوات الزيتية والقنوات الحلبية.

الافراز Secretion : يحدث عندما تبقى المادة المنتجة داخل الخلية التي انتجتها، تتميز الخلية الافرازية بكبر حجم الخلايا وكبر حجم فراغها الذي يكون عادة ممتلئ بالمادة المفرزة، وتتمثل الخلايا الافرازية تلك التي تفرز الزيوت الطيارة والمواد الهلامية والمواد الدباغية وغير ذلك. والمتفق عليه استخدام لفظ الافراز ليشمل الاخراج والافراز معا.

منشأ الخلايا الافرازية: Origin of secretory

Protodermالبشرة الاولية: تنتمي الى البشرة مثال ذلك الشعيرات الغدية والغدد الرحيقية Ground.

meristemالمرستيم الاساسي: توجد في هذه الحالة في القشرة والدائرة المحيطية والاشعة النخاعية والنخاع كما هو الحال في الخلايا الدباغية Tannis cells.Procambium الكمبيوم الاولي Vascular cambium:الكمبيوم الوعائي: وعندئذ تظهر خلال الخشب واللحاء بين الخلايا البرانكيمية مثال ذلك القنوات الراتنجية resin ducts في الصنوبريات.

انواع التراكيب الافرازية:

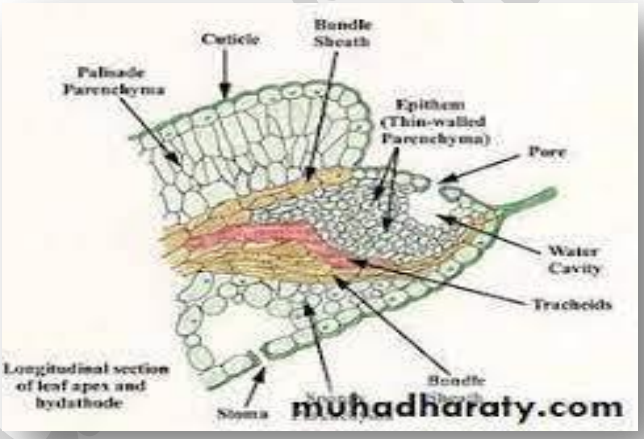
اولا: التراكيب الافرازية الخارجية:

1- **التراكيب الرحيقية Nectaries :** وتوجد مصاحبة للتراكيب الزهرية ولكنها قد توجد ايضا في اجزاء خضرية كالسيقان والاوراق، وتقوم التراكيب الرحيقية بافراز الرحيق Nectar الذي هو عبارة عن سائل سكري جاذب للحشرات او الطيور او حيوانات اخرى ويحتوي رحيق الازهار على سكريات مثل السكروز والكلوكوز والفركتوز فضلا عن احماض امينية اخرى و يوظف الرحيق الزهري في جذب الحشرات لغرض التلقيح الخلطي ، اما التراكيب الرحيقية المصاحبة للاجزاء الخضرية فهي تفرز مواد تجذب الحيوانات المدافعة عن النبات، اذ تجذب بعض النباتات حيوانات معينة (مثل النمل) تتغذى على الرحيق وتدافع في الوقت نفسه عن النبات بمهاجمتها ليرقات الحشرات المتغذية على الأوراق تتكشف التراكيب الرحيقية بشكل سطح غدي او بشكل تراكيب متخصصة ويطلق على الشكلين مصطلح تراكيب رحيقية او غدد رحيقية nectary glands توجد التراكيب او الغدد الرحيقية على الاوراق الكاسية او التويجية او الاسدية او المبايض او على تخت الزهرة. اما التراكيب الرحيقية خارج الزهرة فقد توجد على السيقان والاوراق والاذينات وعلى الحوامل الزهرية.

يتحرر الرحيق الى الخارج بالانتشار عبر جدران الخلية او بتمزق الكيوتكل او عن طريق الثغور الموجودة في البشرة.

2- **الثغور المائية Hydathodes :** توجد الثغور المائية على الاوراق لاسيما على الاسنان الحافية للاوراق او على قممها وتقوم الثغور المائية بافراز الماء الى خارج الورقة بشكل سائل بعملية تدعى **الادماع Gutation**

وتتركب الثغور المائية من نسيج برنكيمي مفكك غني بالمسافات البينية ويختلف عن ميزوفيل الورقة بخلوه من البلاستيدات الخضراء ويقع عند نهايات العروق الممثلة بعناصر قصيبية وقد يظم الثغر المائي فتحة واحدة أو أكثر، وتتم حركة الماء نتيجة الضغط الجذري من العناصر القصيبية الى المسافات البينية ثم الى الخارج عبر فتحات الثغور المحورة الموجودة في بشرة الورقة. يحدث أفراز الماء تحت ظروف انخفاض معدل النتح رغم توفر نسبة عالية من الرطوبة في التربة، ويحدث ذلك عادةً في الليالي الباردة والرطبة عندما يقل النتح بالرغم من أستمرار امتصاص الماء بمعدل عالي، ويعتقد ان اهمية الثغور المائية تكمن في دورها بتخفيف الضغط الناجم عن الزيادة المفرطة بامتصاص الماء ليلاً بواسطة الجذور، وتلاحظ هذه الحالة في نباتات العائلة الخيمية Umbelliferae وكذلك في العائلة المركبة Compositae.



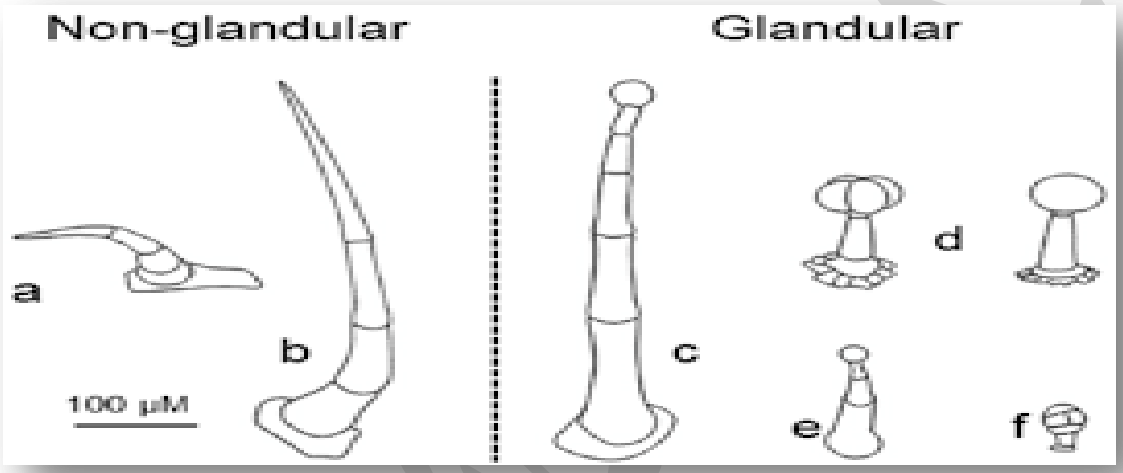
3- الترايكومات الغدية او الشعيرات الغدية : Glandular trichomes

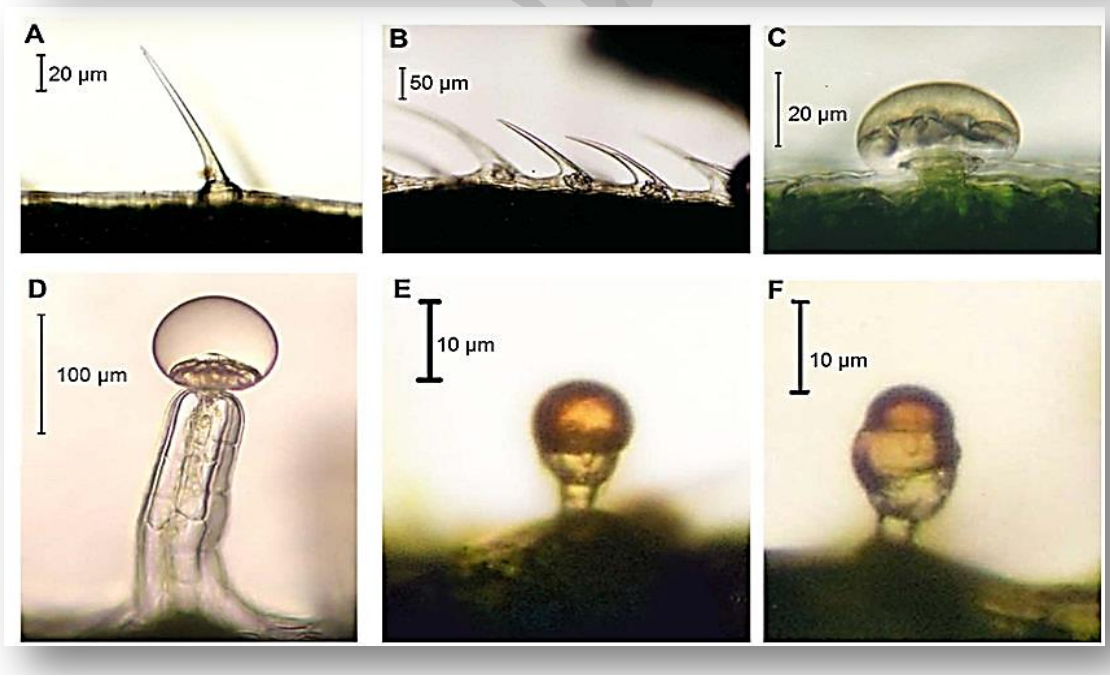
وتتألف من راس وحيد او متعدد الخلايا متخصص بالافراز وعنق غير غدي مكون من خلية واحدة او متعدد الخلايا التي تنتظم بصف واحد او اكثر . تبدأ عملية تكوين الشعيرة الغدية بتمدد جدار خلية البشرة الأولية الى الخارج وبالتوزيع غير المتساوي للسايتوبلازم بعدها يحصل انقسام غير متساوٍ لهذه الخلية ينتج عنه تكوين خليتين احداهما كثيفة السايتوبلازم تمثل خلية الراس والثانية فجوية ثم يحصل انقسام لاحق لخلية الراس لتتحول الى راس غدي متعدد الخلايا ويحاط خلايا الراس بالكيوتكل الذي يتجمع تحته الافراز ، يفرز هذا النوع من الترايكومات او شعيرات البشرة مواد مختلفة مثل الزيوت الطيارة والراتنجات وقد تظهر الترايكومات في نبات النعناع مكونة من راس غدي مكون من ثمانية خلايا تفرز الترايكومات بالغدية في حالات كثيرة مواد طاردة للحشرات التي لبعضها مستقبلات كيمياوية في ارجلها وبواسطة هذه المستقبلات تستشعر الحشرة المادة الطاردة قبل ان تتغذى على النبات، وفي حالات اخرى مثل حشرة المن يتحطم راس الترايكوم الغدي بفعل الحشرة التي تصبح محجوزة بالمادة اللزجة المتحررة من الراس الغدي وهو مايمكن ملاحظته في نبات الطماطة.

وهناك نوعان من الترايكومات هما الترايكومات الجالسة Sessile trichomes والترايكومات المعنقة Stalked ، ويتالف الترايكوم المعنق من خلية قاعدية وراس مكون من خلايا عدة وتوجد فوق الراس قطرة من افراز لزج يتم

بواسطته اصطياد الحشرة . اما الترايكوم الجالس فيتالف من خلية قاعدية وخلية حاملة للراس وراس مكون من 2 – 8 خلية . وتقوم الترايكومات الجالسة بافراز الانزيمات الهاضمة لجسم الحشرة بعد اصطيادها بالترايكومات المعنقة.

ومن انواع الترايكومات المثيرة للاهتمام تلك الموجودة في نبات *Drosera* (قانص الحشرات) اذ تظهر اوراق هذه النبات مجسات التي يمكن اعتبارها غدد معنقة كبيرة اصلها جزئيا من البشرة وتتألف هذه التراكيب من عنق متعدد الخلايا ويحمل راسا مكونا من ثلاثة او اربعة طبقات من خلايا مغطاة بكيوتكل له ثقوب عدة. وتشير الدراسات الى ان الترايكومات الغدية بافرازها للانزيمات الحالة للبروتين تقوم بمساعدة النبات في الحصول على النتروجين من بروتين الحشرة وبذلك يتجاوز النبات ظرف نقص النتروجين في التربة.





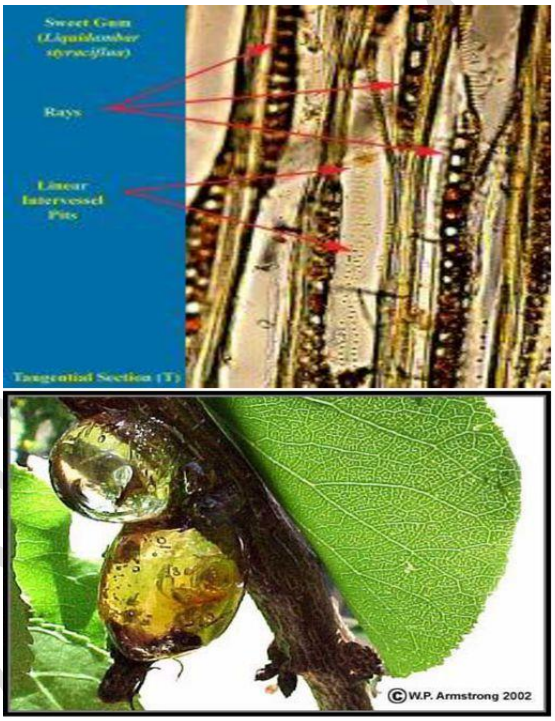
Hemp trichome types. (A) Unicellular non-glandular trichome; (B) cystolythic trichomes; (C) capitate sessile trichome; (D) capitate-stalked trichome; (E) simple bulbous trichome; (F) complex bulbous trichome. Images kindly provided by Dr. David J. Potter.

الغدد الملحية والغدد الطباشيرية : تظهر بعض نباتات البيئة المالحة تراكيب افرازية تعرف بالغدد الملحية التي تفرز الاملاح وتظهر هذه الاملاح بشكل قشور تغطي اوراق النباتات وتمثل الغدد الملحية مواقع لتجمع الاملاح الزائدة الممتصة . مع الماء من التربة وبذلك تسهم هذه الغدد في تكيف النبات للبيئة المالحة.
كما تتميز بعض النباتات بوجود غدد تفرز كاربونات الكالسيوم والمغنيسيوم وتعرف بالغدد الطباشيرية.

ثانيا : التراكيب الافرازية الداخلية:

1) **الخلايا الافرازية Secretory cells :** وهي خلايا كبيرة تحتوي على مواد مختلفة مثل الزيوت والتانينات والراتنجات والبلورات وتوجد هذه الخلايا المتخصصة منتشرة بين خلايا اخرى اقل تخصصا ولهذا توصف بانها خلايا منعزلة idioblasts بعض الخلايا الافرازية تكون ذات محتوى زيتي او ذات محتوى راتنجي او مخاطي او ذات محتوى من التانينات اما الخلايا الافرازية الحاوية على البلورات فيمكن ملاحظتها من خلال احتوائها على بلورات ابرية .

2) **القنوات الصمغية Gum canal or ducts:**



2. القنوات الصمغية Gum canals or ducts

تنتج ظاهرة التصمغ Cummosis اساسا من تحور في مواد جدران الخلايا من وجودها على هيئة جدران الى مواد غير متبلورة تتخذ شكل الصمغ. قد يؤدي التصمغ الى تكوين تجاويف او قنوات صمغية ذات منشأ انقراضي في انسجة معينة او في الانسجة العادية. ففي تحت العويلة الاجاحية Prunoideae يكون الكمبيوم مجموعات خاصة من خلايا برانكيمية بدلا من عناصر الخشب العادية ويبدأ التصمغ مباشرة في هذه المجموعات من المركز وينتشر الى الخارج تدريجيا كما يبدأ التحلل الجداري من الجدار الابتدائي حتى يصل الى اخر طبقة من الطبقات الداخلية للجدار الثانوي المحاذية لتجويف الخلية، وينتج عن ذلك فراغ في الوسط يمتلئ بالمواد الصمغية، وقد تمتلئ الاوعية بالصمغ الا انه يتكون نتيجة تحلل صفائح الجدار الثانوي. ومن الامور الشائعة حدوث التصمغ في القلف اذ يتكون الصمغ العربي Cum Arabic المعروف الذي يفرز بوفرة في اشجار السنط السنغالي *Acacia Senegal* وانواع اخرى من السنط وقد يحدث التصمغ نتيجة حالة مرضية كما هو في اشجار الموالح اونتيجة الحشرات او التضرر من مؤثرات ميكانيكية او من اضطرابات فسيولوجية.

3-الغدد والقنوات Glands and ducts : هي عبارة عن فسح او تجاويف محاطة بخلايا افرازية رقيقة الجدار كثيفة السايتوبلازم وتحرر هذه الخلايا افرازها الى هذه التجاويف الداخلية التي قد تكون متساوية الأبعاد وتعرف بالغدد Glands او متطاولة في احد ابعادها وتعرف بالقنوات ducts وتنشأ هذه التجاويف نتيجة انفصال الخلايا عن بعضها عند الصفائح الوسطى وتعرف في هذه الحالة بالتجاويف الانفصالية أو نتيجة تحلل بعض الخلايا وتعرف بالتجاويف الانحلالية. يعتبر الراتنج احيانا الية للدفاع الكيمياوي ولاسيما في غلق الجروح وطرد الحيوانات.

4- **التراكيب الحليبية laticifers** : يعد الحليب النباتي Latex اهم مادة تفرزها النباتات، وهو سائل تفرزه خلايا مفردة او مجموعة خلايا متخصصة تعرف جميعها بالتراكيب الحليبية، ويوصف بانه سائل حليبي اي ابيض اللون لكنه قد يكون شفافا اي عديم اللون او بلون اصفر - برتقالي او بلون بني في نباتات اخرى ويحتوي على مواد مختلفة مثل الكاربوهيدرات والاحماض العضوية والقلويدات والتربينات والتانينات والزيوت والراتنجات والانزيمات والمطاط.

في نبات *Carica papaya* يحتوي الحليب النباتي على انزيم هاضم للبروتين يعرف بالبابيين papain اما الحليب النباتي لنبات الخشخاش فيحتوي على القلويد opium المهم طبيا ويعد نبات التين المطاط ونبات المطاط البرازيلي من المصادر الرئيسة للمطاط الطبيعي. تقسم التراكيب الحليبية الى نوعين هما التراكيب الحليبية المفصلية (المركبة) والتي تنشا من سلسلة خلايا التي قد تتحد مع بعضها عن طريق ذوبان الجدران الفاصلة بينها والنوع الآخر التراكيب الحليبية غير المفصلية والتي تنشا من خلايا مفردة.

-انواع القنوات الحليبية:

القنوات الحليبية غير المفصلية او الخلايا

Non-articulated laticifers or cell: تنشأ هذه القنوات من خلية واحدة تتمدد بدرجة كبيرة مع نمو النبات ولهذا تسمى بالخلايا الحليبية قد تكونبسيطة كما في نبات عين البزون Vinca والحريق Urtica متشعبة كما في السوسب والدفلة والتين. ورغم تشعب الخلايا الحليبية فلا يحدث أي تشابك على الاطلاق وقد تتشابك مرة واحدة داخل الجنين ثم تمتد بعد ذلك في جسم النبات. وفي حالات اخرى تنشأ الخلايا الحليبية مرارا الا انها تبقى محصورة داخل السلامية او في الورقة والفرع المتصل بها كما في نبات الونكا.

القنـــــــوات الحليبيـــــــة المفصـــــــلية laticifers Articulated:

تتكون من عدد من الخلايا تتصل بنهاياتها بطريقة تشبه الاوعية الخشبية وقد تبقى الجدران الطرفية كاملة او مثقبة او قد تتلاشى تماما. ولذلك تسمى هذه القنوات بالاوعية الخشبية، وتميز هذه القنوات بعض انواع تنتمي الى العائلة المركبة والعليقية والخشخاشية وغيرها.قد تكون بسيطة غير متفرعة كما في الموز والبصل والعليق او تتفرع مع استمرار مرورها داخل انسجة النبات مكونة نظاما معقدا قد تتشابك فيه الفروع باتصالات مستعرضة كما هو الحال في نبات الخشخاش.

التواجد: توجد في اللحاء او الدائرة المحيطية في الساق او الجذر كما توجد في النسيج المتوسط بالاوراق، وفي نبات الخشخاش يمتد التركيب الحليبي خلال النبات الا انه اكثر غزاره في المبيض وبذلك يكون شبكة تمر فروعها الرئيسية موازية للحزم الوعائية وتتصل فيما بينها عن طريق التشابك.اما في نبات المطاط البرازيلي Hevea brasileinsisفان التراكيب الحليبية تظهر اساس في القلف او قد توجد في النخاع والاوراق، وتعتبر التي تظهر في القلف الداخلي المصدر الرئيس للمطاط. وهذه تنشأ من الكمبيوم وتنتظم في حلقات متوازية تتصل ببعضها داخل الحلقة الواحدة بتشابكات.Anastomses اما في الموز فتقترن الاوعية الحليبية غير المتفرعة بالانسجة الوعائية على خلاف ماهو مشاهد في البصل حيث ترتبط القنوات بالانسجة الوعائية باي شكل من الاشكال انما توجد في النسيج المتوسط للحراشيف.

3. التراكيب او القنوات الحليبية Laticifers or Laticiferous canals

هي تراكيب افرازية تقوم بافراز مادة خاصة تسمى الحليب النباتي Latex وهو معلق لزج يحتوي على العديد من الدقائق الصغيرة يوجد في مغطاة البذور تضمها عشرون عائلة معظمها ينتمي الى ذوات الفلقتين ومن امثلتها التوتية والسوسبية والدفلية والخشخاشية والقليل منها ينتمي الى ذات الفلقة الواحدة مثل الفصيلة الموزية وتنتمي هذه العوائل النباتية الى مجموعات تصنيفية متباينة.

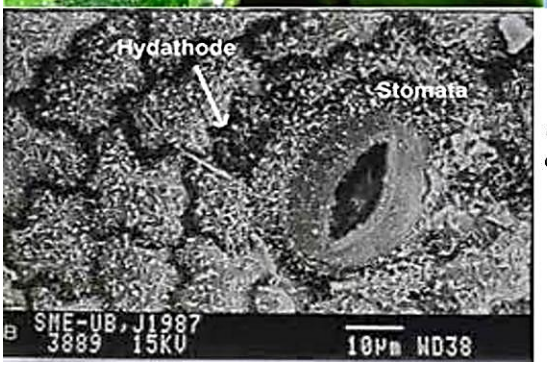
الاهمية الاقتصادية للافرازات النباتية

تكتسب افرازات نباتات كثيرة في المجال التجاري الا انها لاتصل الى اهمية الحليب النباتي المؤلف من محتويات مختلفة منها المطاط الذي يختلف حاصله باختلاف النبات، وقد تمكن الخبراء من زيادة انتاج المطاط في النبات عن طريق الهرمونات النباتية.

فقد يستعمل الحليب النباتي لانواع جنس *Palaquium* في صناعة الاوعية والاواني وكرات الكولف ولتغليف الكيبلات تحت الارض وتحت الماء، اما الحليب النباتي لنبات *Achras* فهو المصدر الاصلي للمادة التي تصنع منها العلكة، بالاضافة الى مادة ال opium ومشتقاته في المجال الطبي والافرازات الزيتية مثل زيت الزيتون وزيت العصفر في المجالات الصناعية.

مقارنة بين الثغور الحقيقية والثغور المائية.

ت	الثغور الحقيقية	الثغور المائية
1	تتالف من خلايا حارسة كلوية او صولجانية الشكل	تتألف من خلايا حارسة كلوية الشكل
2	جدران الخلايا الحارسة غير منتظمة السمك	جدران الخلايا الحارسة منتظمة السمك
3	تحتوي الخلايا الحارسة على بلاستيدات خضر وتقوم بعملية البناء الضوئي	الخلايا الحارسة لاتحتوي على بلاستيدات خضر ولا تقوم بعملية البناء الضوئي
4	تمارس الية فتح وغلق الثغور	الثغور مفتوحة دائما
5	تقوم بعملية النتح (اي خروج الماء الزائد من النبات بشكل بخار)	تقوم بعملية الادماع (خروج الماء الزائد من النبات بشكل سائل)
6	تتوزع على اجزاء مختلفة من الورقة	ينحصر وجودها بحافات الاوراق
7	توجد بمواقع مختلفة نسبة للبشرة ، غائرة مرتفعة، بمستوى سطح البشرة)	تكون مرتفعة عن بقية خلايا البشرة
8	خروج الماء والغازات بطريقة الانتشار البسيط	خروج الماء منها نتيجة الضغط الجذري
9	توجد في اجزاء نباتية مختلفة من المجموع الخضري	توجد في الاوراق حصرا
10	كثيرا ما تصاحبها خلايا مساعدة قد تشترك معها في الاصل	لا تصاحبها خلايا مساعدة
11	تقوم بالتبادل الغازي	ليست ممرا لتبادل الغازات
12	وظيفتها مستندة الى تركيب معين اصله من مرستيم واحد البشرة الأولية)	(تركيبها معقد تسهم في بنائه مرستيمات مختلفة بشرة اولية وكامبيوم وعائي ومرستيم اساس)



مميزات الثغور المائية عن الثغور الحقيقية:

1. **تبقى مفتوحة بصورة دائميه، وذلك لانتظام سمك جدران الخلايا المحيطة بالثغر المائي.**
2. **الخلايا الحارسة فيه تكون اكبر من الخلايا الحارسة في الثغور الحقيقية.**
3. **تبدو القمة التي تحتوي على الثغر المائي منتفخة وتقع عند نهاية حزمة وعائية مكونة من بضع قصيبات او من قصيبة نهائية مفردة فقط.**
4. **خلايا الثغر المائي صغيرة الحجم ذات انوية ظاهرة وسايتوبلازم غزير وتسمى في مجموعها باسم النسيج الطلائي.**
5. **تحتوي على المسافات البينية الواسعة يمر من خلالها الماء تحت الضغط المائي من القصيبات حتى الفراغ الواقع تحت فتحة الثغر مباشرة .**
6. **وقد يحتوي الثغر المائي على فتحة مائية واحدة او اكثر من فتحة كما في افراد العائلة الخيمية والمركبة.**

التركيب الداخلي للنبات Internal structure of plant

أن مكونات الأنظمة النسيجية المختلفة تنتظم في الجسم النباتي بطريقة تتلائم مع الوظيفة بكل عضو من الأعضاء النباتية . وتختلف الأعضاء النباتية بعضها عن البعض الآخر بالنسبة لطريقة توزيع النظام النسيجي الوعائي Vascular tissue system ضمن النظام النسيجي الأساسي Ground tissue system ، بينما يحيط النظام الوقائي أو الضام Dermal tissue system بالأعضاء النباتية من الخارج ، ممثلاً بالبشرة Epidermis خلال مرحلة النمو الابتدائي ، وبالبريدرم Periderm بعد مرحلة التغلظ الثانوي في الأعضاء التي تعاني مثل هذا التغلظ .

أن الطريقة الخاصة التي تنتظم بها الأنظمة النسيجية وعلاقتها مع بعضها تمكن الباحث من تشخيص العضو النباتي عند دراسة مقاطع فيه ، وتلقى ضوء كذلك على المجموعة النباتية ، والتكيفات الموجودة في العضو أو النبات تحت الدراسة .

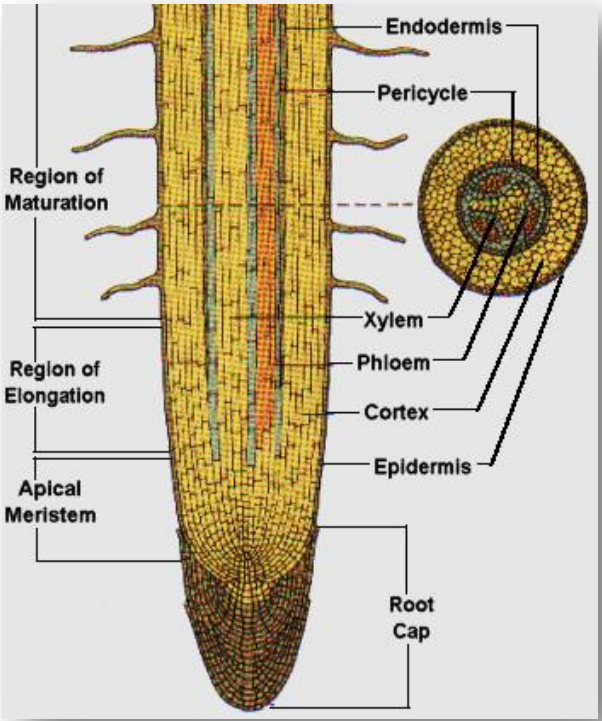
التركيب الداخلي للجذر Internal structure of Root :

يمكن تمييز الجذور في النباتات البذرية إلى نوعين رئيسيين هما الجذور الوتدية Tap roots المألوفة في نباتات ذوات الفلقتين وعاريات البذور والجذور الليفية Fibrous roots والتي تسود بين ذوات الفلقة الواحدة . وتتميز الجذور الوتدية بوجود جذر رئيسي يتعمق في التربة في حين يتلاشى الجذر الرئيسي في الجذور الليفية لتحل محله جذور عرضية Adventitious roots تنتشر في التربة على مستوى أفقي ويقوم النوعان من الجذور بالوظائف الرئيسية وهي التثبيت والامتصاص والنقل . إلا أن هناك بعض الجذور تتخصص لأداء وظائف معينة أخرى كالتخزين كما في حالة الجذور الدرنية Tuberous roots للبطاطا الحلوة Ipomoea batatus أو التدعيم كما في الجذور المساعدة Prop roots للذرة . وتتباين الجذور من حيث تركيبها الداخلي تبايناً محدوداً . إلا أنها تتفق في المميزات الرئيسية التي تميز الجذور عن السيقان ويعتبر التركيب الداخلي للجذور أبسط إلى حد كبير من التركيب الداخلي للساق وذلك يرجع أساساً إلى بساطة التركيب الخارجي في الجذر إذ لا يحمل أوراقاً أو زوائد كالتي توجد في السيقان كما أن الجذر لا ينقسم إلى عقد وسلاميات مما يجعل انتظام الأنسجة خاصة الناقلة منها وترتيبها داخل الجذور يكاد يكون ثابتاً في المستويات المختلفة خلافاً لما هو ملاحظ في الساق . وعلاوة على ما تقدم فإن الجذر يتميز بوجود تركيب خاص يغطي القمة ويدعى القلنسوة (Calyptra or root cap . وتوجد القلنسوة في جميع الجذور تقريباً عدا حالات قليلة منها جذور النباتات المتطفلة وجذور النباتات ذات التراكيب الجذر فطرية Mycorrhiza . وفي الجذور الهوائية Aerial roots تنعدم القلنسوة أيضاً غير أنها سرعان ما تتكون بمجرد دخول مثل هذه الجذور التربة وتحولها إلى جذور دعامية Pillar roots كما في التين البنغالي *Ficus benghalensis* والتين الهندي *F. indica* . كما أنها توجد بحالة أثرية في بعض النباتات المائية . والقلنسوة بوجه عام تقوم أساساً بمهمة وقائية للجذر أثناء تقدمه وتعمقه داخل التربة . وتتكون القلنسوة من خلايا برنكيمية متجانسة لكنها تتجدد باستمرار كلما أستهلك جزء منها نتيجة احتكاكها بحبيبات التربة وذلك أما عن طريق نشاط مرستيم مستقل هو منشئ القلنسوة Calyptrogen أو من مرستيم مشترك ينتج عن

نشاطه تكوين القلنسوة والبشرة معاً . ويجعل وجود القلنسوة موقع المرستيم القمي للجذر تحت نهائي Subterminal مما يميزه عن الساق الذي يكون موقع المرستيم القمي فيها نهائياً Terminal بسبب عدم وجود القلنسوة .

أما بالنسبة لتوزيع الأنسجة فمن أبرز ما يميز الجذر عن الساق وجود الطبقة الوبرية في بعض مناطقه وأتساع منطقة القشرة وتمركز الأنسجة الدعامية بما في ذلك عناصر الخشب . ويتميز الجذر علاوة على ذلك في النباتات الوعائية الراقية باتجاه نسيج الخشب بحيث يكون الخشب الأول للخارج Exarch بعكس الساق حيث الخشب الأول إلى الداخل Endarch والخشب التالي إلى الخارج . كذلك تترتب الأنسجة الوعائية في الجذر ترتيباً قطرياً أي أن الخشب واللحاء يقعان على أنصاف أقطار مختلفة في حين ينتظم الخشب واللحاء في السوق في حزم جانبية أو مركزية أي على أنصاف أقطار واحدة .

ويمكن تتبع المناطق والأنسجة المختلفة التي يتكون منها الجذر بدراسة قطاع مستعرض لجذر حديث وسوف يتضح ارتباط هذه الأنسجة بالأجهزة النسيجية الرئيسية الثلاثة وهي الضامة والأساسية والوعائية وذلك في منطقة الشعيرات الجذرية كما يلي :



1 - البشرة Epidermis :

تتميز البشرة في الجذور عادة بعدم وجود طبقة الأدمة Cuticle التي توجد ببشرة السيقان والأوراق كما أن جدر الخلايا لا تكون مكيتنة وذلك لقيام الجذر في جزء منه بمهمة امتصاص الماء والأملاح من التربة عن

طريق الشعيرات الجذرية وهذه الشعيرات تظهر في منطقة تدعى الشعيرات الجذرية. وتقع هذه المنطقة خلف منطقة الاستطالة مباشرة. وتقوم معظم خلايا البشرة في هذه المنطقة بتكوين شعيرات دقيقة يكتمل نضجها حيث يكتمل نضج الخشب ورغم أن مهمة الامتصاص يقع عبؤها على الشعيرات الجذرية – ذلك لان السطح الممتص يزداد كثيراً مع تكوين الشعيرات - إلا أنه قد ثبت أن خلايا البشرة ذاتها قد تقوم أيضاً بالامتصاص. وتسمى طبقة البشرة نظراً لوجود هذه الشعيرات باسم الطبقة الوبرية Piliferous layer أو طبقة الشعيرات الجذرية. ومما يجدر ذكره أن الشعيرات الجذرية موجودة في جذور معظم النباتات الأرضية، بينما الغالبية العظمى من النباتات المائية تكون خالية من الشعيرات الجذرية. غير أنه لو تركت جذور نبات بري - كالذرة - لتنمو في بيئة مائية فإن الجذور المتكونة عندئذ تكون خالية من الشعيرات الجذرية. وعلى العكس من ذلك فإنه لو نقل نبات مائي مثل إيلوديا Elodea Canadensis وترك لينمو في بيئة طينية فإن ذلك يؤدي إلى تحفيز الجذور على تكوين الشعيرات في هذا النبات المائي الذي تخلو جذوره من الشعيرات عند نموه في البيئة المائية .

وتنشأ الشعيرات الجذرية عن طريق تمدد الجدار الخارجي لخلية البشرة مكوناً أنبوباً ضيقاً ذا جدار خلوي رقيق جداً يمتد إليه البروتوبلازم ليبطن الجدار بطبقة رقيقة أيضاً كما تتجه النواة إلى وسط الأنبوب أو طرفه . ويتألف جدار الجزء الأنبوبي من المواد البكتية Pectic substances ومادة الكالوس Callose مادة كاربوهيدراتية متعددة السكر Polysaccharides إضافة إلى السليلوز Cellulose ويصبح للشعيرة فجوة كبيرة نسبياً . وتقوم الشعيرة الجذرية بوظيفتها لوقت قصير عادة بعده تتمزق ثم تسقط أو تتحلل ليحل محلها شعيرات أخرى حديثة في مقدمة الجذر بجوار منطقة الاستطالة وذلك أثناء استمرار الجذر في النمو وبذلك تتدرج الشعيرات من حيث العمر بحيث تكون الشعيرات الحديثة أقرب إلى قمة الجذر . وتبعاً لذلك تواجه منطقة الشعيرات تربة جديدة باستمرار . أما المنطقة التي تذوى بها الشعيرات فقد تتسوبر فيها خلايا البشرة وفي حالات كهذه تستطيع طبقة البشرة أن تصمد لفترة طويلة متحولة هي ذاتها إلى طبقة القشرة الخارجية Exodermis كما هي الحال في جذور بعض النباتات التي لا تمارس التغلظ الثانوي . ولكن ما يحدث في معظم الأحيان هو أن تتمزق خلايا البشرة وتتسوبر خلايا الطبقة التي تحتها لتكون طبقة القشرة الخارجية.

وفي بعض السحلبيات الاستوائية Tropical Orchids التي تعيش فوق أشجار Epiphytes والتي لها جذور هوائية تحتوي تلك الجذور على منطقة خارجية تقع خارج طبقة القشرة الخارجية مباشرة تسمى البرقع velamen وتمثل بشرة عديدة الطبقات Multiseriate or multiple epidermis إذ أنها تنشأ من البشرة الأولية عن طريق انقسامات محيطية periclinal divisions متتالية ، وبذلك يمكن اعتبار هذه المنطقة من حيث نشوئها مماثلة لطبقة البشرة في الجذور العادية . ونسيج الفيلامين يتكون من طبقة واحدة إلى عدة طبقات من الخلايا ، وتحدها من الداخل طبقة القشرة الخارجية . والخلايا محكمة التركيب غير حية ذات جدر ثانوية مغلظة من الداخل بتغلظ حلزوني أو شبكي وخلايا الطبقة الخارجية منها تحتوي جدرها الخارجية على نقر دقيقة . وتمتلئ هذه الخلايا بالهواء في وقت الجفاف أما مع وجود الرطوبة سواء عن طريق المطر أو الندى فإن خلايا البرقع تمتلئ بالماء ولذلك كان يعتقد أن البرقع وظيفة امتصاصية كتلك التي لطبقة الشعيرات الجذرية في الجذور العادية إلا أن البحوث الحديثة أثبتت بأن خلايا البرقع بالإضافة

إلى خلايا الاكسودرمس تكاد تكون غير منفذة للماء وبعض الأملاح مما يحمل على الاعتقاد بأن لطبقة البرقع وظيفة وقائية فهي بتغلظ جدرها وتسوبرها تصبح قادرة على حماية الجدار الهوائي من فقدان مائه خلال أنسجة القشرة ولاسيما مع وجود طبقة القشرة الخارجية ذات الجدر المسوبرة أيضاً.

2- القشرة Cortex :

تتسم القشرة في الجذور عادة بأتساعها إذا ما قورنت بقشرة السيقان ويرجع هذا أساساً إلى تمركز الأنسجة الدعامية بما في ذلك أنسجة الخشب في وسط الجذر ليصبح الجذر قادراً على مقاومة عوامل الشد التي يتعرض لها . ولذلك تتميز السيقان الأرضية كالرايزومات وغفيرها بسعة القشرة لتعرضها لنفس المؤثرات الميكانيكية التي تتعرض لها الجذور . كما أن الجذور التي تتعرض لعوامل الضغط كتلك التي تتعرض لها السيقان بصفة عادية تتميز بتواجد الأنسجة الدعامية للخارج هو الحال في السيقان. وحينئذ تكون ذات نخاع واسع مثل الجذور الدعامية في التين البنغالي. ونظراً لأتساع القشرة في الجذور بشكل عام فإنها قد تقوم بوظيفة الادخار ويختزن بها بعض المواد كالنشا. هذا فضلاً عن تلك الجذور التي تقوم بعملية التخزين كمهمة أساسية حيث تكون القشرة فيها لحمية ، ويبلغ سمكها عدة أمثال سمك العمود الوعائي.

وفي الجذر الحديث تبدو القشرة كمنطقة واسعة ذات خلايا كبيرة ومستديرة أو متساوية الأبعاد بحيث تضم فيما بينها مسافات بينية واسعة ذات أهمية خاصة بالنسبة لعملية التنفس . وفي النباتات المائية تتسع المسافات البينية في الجزء الداخلي من القشرة بحيث يتكون في ذلك الجزء نسيج كامل للتهوية وعند وجود الشعيرات الجذرية تتكون القشرة كلية من خلايا برنكيمية أما بعد ذبول طبقة الشعيرات فتتسوبر عادة خلايا الطبقة الخارجية من القشرة لتكون طبقة القشرة الخارجية .وقد تتسوبر بالإضافة إلى الطبقة الخارجية عدة طبقات أخرى بحيث تصبح الاكسودرمس عديدة الطبقات قادرة على القيام بحماية الجذر . وتتميز خلايا القشرة الخارجية المسوبرة عن خلايا الفلين باحتواء جدرانها على نقر غير موجودة بجدران خلايا الفلين . وتخلو القشرة في الجذور من الخلايا الكولنكيمية إلا أنها قد تحتوي على الألياف كنسيج دعامي . وفي كثير من الأحيان يلي الاكسودرمس من الداخل منطقة مستمرة أو مجموعات من الخلايا السكلرنكيمية Sclerenchyma . والقشرة تدوم لفترة طويلة في جذور الفلقة الواحدة والتريديات والنباتات العشبية من ذوات الفلقتين أما في ذوات الفلقتين الخشبية وعاريات البذور حيث يحدث تغلظ ثانوي فالقشرة سرعان ما تتمزق نتيجة هذا التغلظ وتقوم طبقة البريدرم بعد ذلك بمهمة وقاية الجذر .

وتعتبر طبقة القشرة الخارجية التي تتكون نتيجة سوبرة الطبقة تحت البشرة بعد تهتك الشعيرات الجذرية الطبقة الأولى للقشرة وهي تشبه طبقة القشرة الداخلية Endodermis إلى حد كبير من حيث التركيب ومن حيث الوظيفة .

فقد تتغلظ جدرها القطرية فقط أو قد تتغلظ الجدر القطرية والجدر المماسية أيضاً وحينئذ يمكن تمييز نوعين من الخلايا : خلايا مستطيلة نوعاً ما مسوبرة الجدر. وخلايا قصيرة قليلة العدد غير مسوبرة الجدر تعتبر أحياناً خلايا مرور Passage cells ، وينتشر وجود طبقة الاكسودرمس في عاريات البذور ومغطاة البذور

ولكنها تكاد لا توجد في النباتات الوعائية الواطئة كما أنها تكاد تكون موجودة بصفة مستمرة في ذوات الفلقة الواحدة .

ويحد القشرة من الداخل طبقة القشرة الداخلية Endodermis التي تعتبر آخر طبقة للقشرة من الداخل تليها الدائرة المحيطية مباشرة . والقشرة الداخلية واضحة عادة بالجذور خلافاً لما عليه الحال بالساق ، وتكاد تختفي تماماً بحصول التغلظ الثانوي . وتبدو أهمية هذه الطبقة في الجذر الابتدائي في منطقة الامتصاص حيث يحتوي الجدار الثانوي على مادة يعتقد أنها سوبرين أو كيوتين أو ما شابه ذلك بشكل شريط يمتد حول الخلية داخل الجدر القطرية Radial wall والمستعرضة ويطلق على هذا الشريط مصطلح شريط كاسبر Casparian strip وهو جزء من الجدار الابتدائي وليس مجرد تغلظ للجدار إذ أن السوبرين Saberin يتخلل الصفيحة الوسطى ذاتها . ويكون البروتوبلاست ملتصقاً بشريط كاسبر بحيث لا يصبح المرور خلال القشرة الداخلية ممكناً إلا عن طريق السايتوبلازم فقط. وهناك نوعان من القشرة الداخلية : نوع رقيق الجدار تمتد فيه الأشرطة الكاسبرية حول الجدر القطرية والمستعرضة أو الطرفية ويسمى هذا النوع الابتدائي وهو الأكثر شيوعاً بين التريديات وبعض ذوات الفلقتين. أما النوع الآخر من القشرة الداخلية فسميك الجدار حيث تتغلظ فيه الجدر المماسية الداخلية Inner Tangential Walls بالإضافة إلى الجدر القطرية وفي هذه الحالة يترسب السوبرين على الجدار الابتدائي بما في ذلك الأشرطة الكاسبرية وهذا النوع يسمى القشرة الداخلية الثانوية Secondary endodermis . وفي بعض الأحيان تتغلظ جميع جدر الخلية. وقد يصل التغلظ في بعض الحالات إلى درجة بحيث يضيق الفراغ الخلوي إلى حد كبير. وفي وجود القشرة الداخلية الثانوية كثيراً ما تبقى بعض الخلايا المنفردة رقيقة الجدر ويطلق عليها في هذه الحالة مصطلح خلايا المرور Passage cells ، وهذه الخلايا تقع عادة مقابل عناصر الخشب الأول ، ويظهر بها التنقر بصورة غزيرة على جدرها القطرية والمماسية ويشيع وجود القشرة الداخلية الثانوية في جذور ذوات الفلقة الواحدة .

3- الاسطوانة الوعائية Vascular cylinder :

يحد الأسطوانة الوعائية من الخارج الدائرة المحيطية Pericycle التي تعتبر الطبقة الخارجية من الأسطوانة الوعائية تليها مباشرة إلى الداخل الأنسجة الوعائية .

وتتميز الدائرة المحيطية في الجذر بأنها أضيق نسبياً تتكون عادة من طبقة واحدة أو طبقتين من الخلايا البرنكيمية ويندر أن تكون من عدة طبقات كما في جذر نبات الصبير Opuntia . الدائرة المحيطية تكون عادة مستمرة إلا أنها قد تصبح غير متصلة عندما تتاخم الأذرع الخشبية مباشرة طبقة الاندودرمس . وكثيراً ما تتعرض بعض خلايا هذه الطبقة إلى فقدان التميز إذ سرعان ما تستعيد قدرتها على الانقسام وتصبح منشئة لتراكيب جديدة نتيجة تكوينها لمرستيمات ثانوية . فمنها تنشأ الجذور الجانبية ومنها يتكون الكمبيوم الفليني Phellogen or Cork cambium الذي تنتج عنه بعد ذلك طبقة البريدرم ، كما أن جزء من الكمبيوم الوعائي ينشأ منها .

وخلايا الدائرة المحيطية البرنكيمية قد تقوم بوظيفة الخزن كسائر الخلايا البرنكيمية كما أنها قد تدخر بخلايا أو قنوات إفرازية كما في جذور نباتات العائلة الخيمية Umbelliferae . وفي الجذور المسننة قد تتغلظ خلايا البريسيكل بمادة اللكنين أو السوبرين كما هي الحال في جذور نبات السمار Juncus

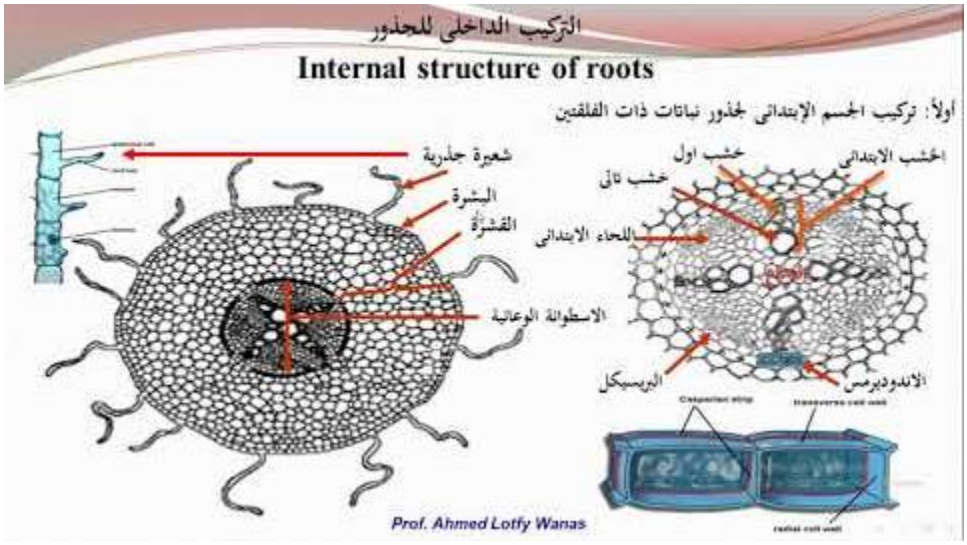
4- الأنسجة الوعائية Vascular tissue :

ينتظم الخشب واللحاء في الجذر الابتدائي انتظاماً قطرياً بمعنى أن الخشب واللحاء يقعان على أنصاف أقطار متبادلة وذلك بالإضافة إلى أن عناصر الخشب الأول تتجه للخارج أما الخشب التالي فيتجه للداخل أي أن الخشب بكون حينئذ خارجي الخشب الأول Exarch . وفي جذور ذوات الفلقتين يحتل نسيج الخشب في أغلب الأحوال مركز الجذر أو قد يفسح المجال لنخاع ضيق وتتخذ عناصر الخشب عندئذ هيئة عمود مركزي يتجه بحواف بارزة نحو الدائرة المحيطة تحتضن فيما بينها مجموعات اللحاء في حين يفصل بين اللحاء والخشب نسيج برنكيمي . أما في جذور ذوات الفلقة الواحدة فيوجد عادة نخاع واسع نسبياً ولاسيما في النباتات العشبية منها .

ويختلف عدد الأنواع الخشبية اختلافاً كبيراً في المجموعات المختلفة من النباتات . ففي جذور ذوات الفلقتين يكون العدد صغيراً إذ يتراوح ما بين ذراعين وثمانية أذرع . ويندر أن يصل العدد إلى 11 أو ١٢ ذراعاً كما هي الحال في الجذور الهوائية لنبات التين البنغالي . أما في جذور ذوات الفلقة الواحدة فقد يصل عدد الأذرع الخشبية إلى ١٥ أو ٢٠ مع وجود بعض الحالات التي يظهر بها عدد محدود من الأذرع الخشبية كجذر نخلة التمر Date plam . ولقد تبين أن عدد الأذرع الخشبية بالجذر قد يكون ثابتاً في بعض الأنواع وقد يتغير في أنواع أخرى . كما أن هذا التغيير قد يكون محدوداً بمعنى أن تظهر الجذور ثنائية الأذرع Diarch أو رباعية الأذرع Tetrarch في بعض الأنواع ، وثلاثية Triarch أو سداسية Hexarch في أنواع أخرى . ولذلك يوصف الجذر بأنه ثنائي الأذرع مثل جذر البنجر Beta vulgaris وجذر الفجل Raphanus أو ثلاثي الأذرع مثل جذر البزاليا Pisum أو رباعي الأذرع مثل جذر الباقلاء Vicia faba وجذر الشقيق Ranunculus وجذر القطن . أو خماسي الأذرع مثل جذر العنب Vitis أو عديد الأذرع Polyarch مثل جذر التين البنغالي . كما تبين أنه نتيجة لقلة الأذرع الخشبية بذوات الفلقتين فإن عدد العناصر الخشبية في الذراع الواحدة يكون كبيراً إذا ما قورن بعددها في الأذرع الخشبية بجذور ذوات الفلقة الواحدة . وفي عاريات البذور والتريديات تحتوي الجذور على عدد قليل من الأذرع الخشبية .

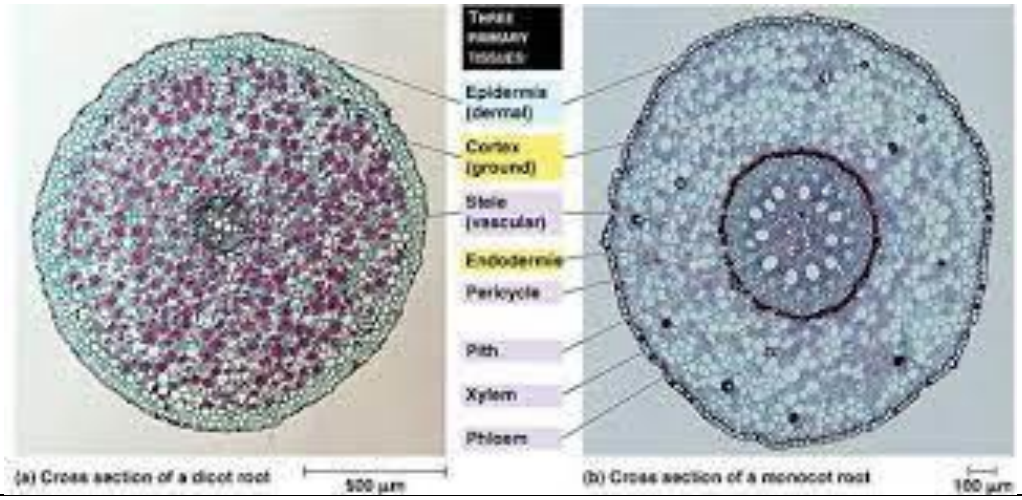
وفي الذراع الخشبي الواحد توجد العناصر الوعائية الضيقة للخارج هي تمثل الخشب الأول Protoxylum الذي تنضج عناصره بصورة مبكرة أما الداخلية فتكون الخشب التالي Metaxylem الذي تنضج عناصره بصورة لاحقة . ويتكون الخشب الأول من عناصر حلزونية Spiral أو حلقية Annular أو سلمية Scalariform قادرة على التمدد والاستطالة أثناء نمو الجذر في حين يتكون الخشب التالي من عناصر شبكية أو منقرة أقل قابلية على التمدد وتزداد أتساعاً باقترابها من المركز وقد تحتوي جدرها الثانوية على نقر مضفوفة . وينضج اللحاء بنفس طريقة الخشب بحيث تتواجد عناصر اللحاء الأول Protophloem للخارج وعناصر اللحاء التالي Metaphloem للداخل أما الخلايا الواقعة بين الخشب واللحاء والتي تكون

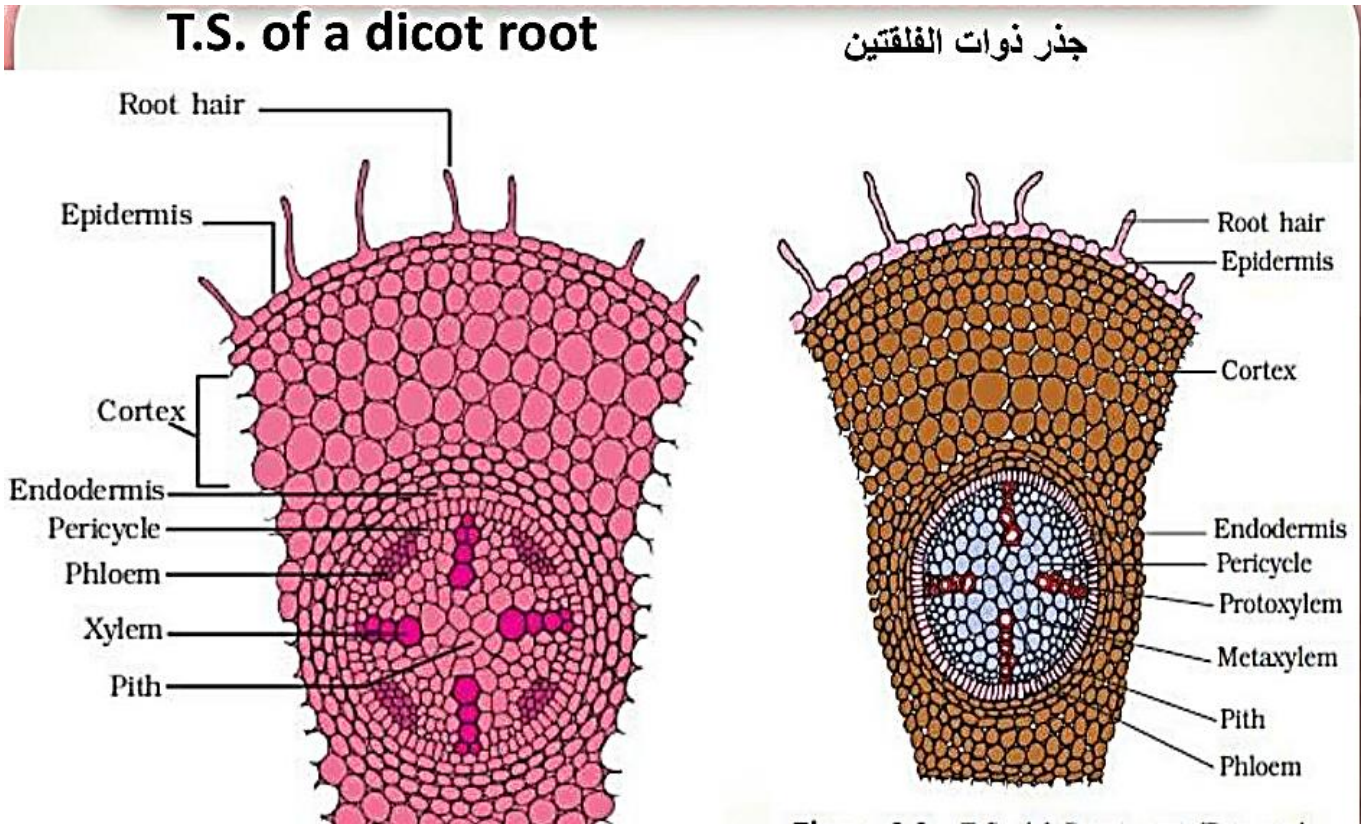
عادة ذات طبيعة برنكيمية فتقوم – في الجذور التي يحدث بها تغلظ ثانوي - باستعادة قدرتها على الانقسام وتكوين كمبيوم وعائي ينتج عن نشاطه ظهور الأنسجة الثانوية Secondary tissues . أما في الجذور التي لا يحدث بها مثل هذا التغلظ فإن هذه الخلايا قد تبقى برنكيمية دائمة أو تتحول إلى خلايا سكلرنكيمية Sclerenchyma .

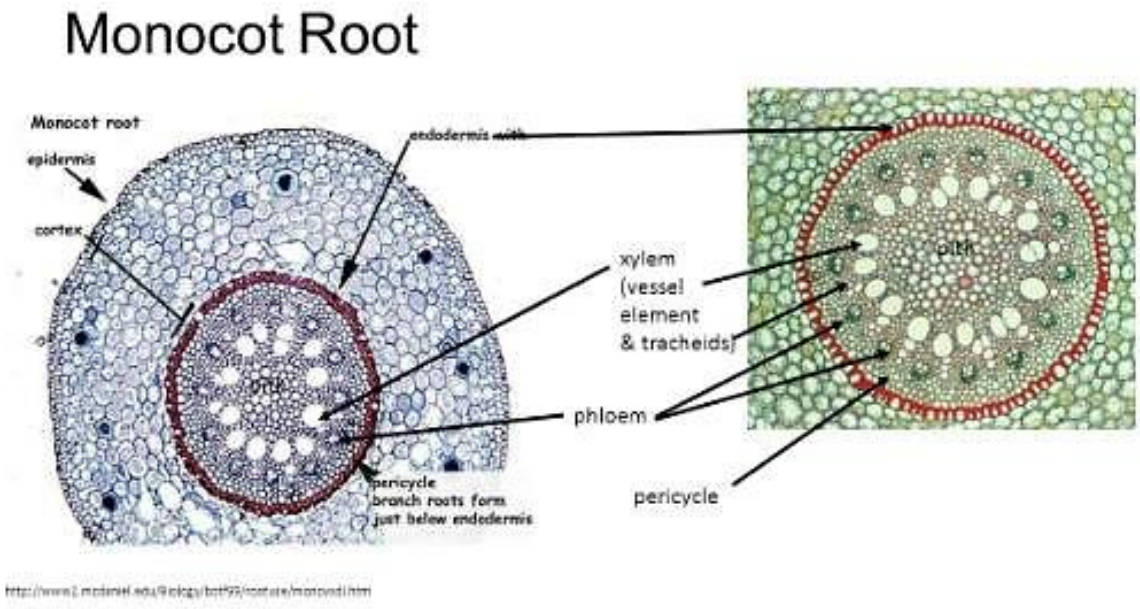


مقارنة بين جذر فلقتين وجذر فلقة واحدة

جذر فلقة واحدة	جذر فلقتين
1 - القشرة ضيقة	1 - القشرة عريضة
2 - الحزم الوعائية عديدة (أكثر من 8)	2 - الحزم الوعائية محدودة العدد من (2 – 8)
3 - عدد الأوعية الخشبية في الحزم الوعائية قليل	3 - عدد الأوعية الخشبية فى الحزمة الوعائية كبير
4 - النخاع متسع	4 - النخاع ضيق وقد يكون غير موجود
5 - انعدام الكامبيوم الوعائي	5 - وجود الكامبيوم الوعائي




T.S. of a dicot root
جذر ذوات الفلقتين
Root hair
Epidermis
Cortex
Endodermis
Pericycle
Phloem
Xylem
Pith
Root hair
Epidermis
Cortex
Endodermis
Pericycle
Protoxylem
Metaxylem
Pith
Phloem


Monocot Root
Monocot root
epidermis
cortex
endodermis with
xylem
(vessel
element
& tracheids)
phloem
pericycle
branch roots form
just below endodermis
pith
pericycle

التركيب الداخلي للساق Internal structure of stem :

يعتبر التركيب الداخلي للسيقان بوجه عام معقداً إلى حد ما إذا ما قورن بالتركيب الداخلي للجذور نظراً لان الساق تحمل الأوراق والفروع بالإضافة إلى الأعضاء التكاثرية . وهي لذلك تنقسم إلى عقد وسلاميات وإن لم يكن ذلك بشكل واضح في بعض الأحيان . ورغم ذلك يمكن اعتبار التركيب العام متشابهاً في الحالتين نظراً لوجود الأنظمة النسيجية الرئيسية الثلاثة وهي الضام والأساسي والوعائي في كل من الجذر والساق على السواء . على أن توزيع هذه الأنظمة النسيجية يختلف بصورة رئيسية في الجذور عنه في الساق ولاسيما بالنسبة للأنسجة الوعائية . ففي السيقان بوجه عام يوجد الخشب واللحاء الابتدائيان على أنصاف أقطار واحدة ، ويكون الخشب الابتدائي داخلي الخشب الأول Endarch على العكس مما هو شائع بالجذور حيث يكون الخشب الابتدائي خارجياً والخشب الأول Exarch ، ويمكن مقارنة التركيب الداخلي للسيقان الحديثة بين المجموعات المختلفة من النباتات على أساس توزيع الأنسجة الأساسية والأنسجة الوعائية . ففي الصنوبريات وذوات الفلقتين تبدو الأنسجة الوعائية عادة بشكل أسطوانة يحدها من الخارج منطقة القشرة ومن الداخل منطقة النخاع ، كما تبدو الاسطوانة الوعائية مجزأة إلى حزم متقاربة ومرتبة في حلقة تفصلها عن بعضها الأشعة النخاعية Pith rays وهي نسيج برنكيمي ينتمي إلى النسيج الأساسي . أما في معظم ذوات الفلقة الواحدة Monocolylecons وفي كثير من السراخس ferns وفي بعض النباتات العشبية من ذوات الفلقتين Some herbaceous Dicots فلا تبدو الحزم الوعائية في المقطع العرضي منتظمة في حلقة واحدة وإنما في عدة حلقات أو أن تكون مبعثرة دون انتظام خلال النسيج الأساسي Ground tissue بشكل واضح إلى قشرة Cortex ونخاع Pith وأشعة نخاعية Pith rays .

ويمكن تتبع الأنسجة المختلفة التي تتكون منها ساق حديثة من الخارج إلى الداخل كما يلي :

1 - البشرة Epidermis

تتكون البشرة عادة من طبقة واحدة مستمرة من الخلايا لا تخترقها سوى فتحات الثغور stomata التي تقوم بوظيفة تبادل الغازات بين الأنسجة الداخلية للنبات والوسط الخارجي . وهي تقوم أساساً بمهمة حماية النبات ضد الفقدان الزائد للماء وضد التضرر من المؤثرات الخارجية . وتتغلظ الجدر الخارجية لخلايا البشرة بطبقة الكيوتكل Cuticle أو الأدمة فتصبح أقدر على القيام بوظيفتها ، كما أنها قد تحمل أنواعاً مختلفة من الزوائد أو الشعيرات نتيجة لامتداد خلاياها على هذه الصورة . وخلايا البشرة خلايا حية قادرة على استعادة قدرتها على الانقسام لتساير زيادة الساق في الطول أو في السمك وذلك عن طريق الانقسامات القطرية . يبدو هذا أكثر وضوحاً وأهمية في تلك السيقان التي يحدث بها تكوين البشرة المحيطة (البريدرم) من البشرة في وقت متأخر .

2- القشرة Cortex :

تكون القشرة في السيقان ضيقة عادة إذا ما قورنت بقشرة الجذور في السيقان الخضر باحتوائها على نسيج كلورنكيمي قد يمتد كمنطقة مستمرة تحت البشرة مباشرة أو يتواجد في مناطق محددة يتبادل فيها مع مجموعات من الخلايا الكولنكيمية كما في ساق الينسون *Pimpinella anisum* وغيره من نباتات الفصيلة الخيمية Umbelliferae أو السكلرنكيمية كما في ساق الذرة وغيرها من النجيليات Grasses . والنسيج الكلورنكيمي قد يكون من خلايا برنكيمية عادية من حيث الشكل كما في ساق السفندر *Ruscus sp.* إلا أن بعض السيقان تحتوي على خلايا عمادية حقيقية وذلك عندما تقوم هذه السيقان بعملية التمثيل الضوئي Photosynthesis .

بصورة رئيسية نتيجة لضمور الأوراق أو لعدم وجودها في سيقان كازورينا Casuarina وستاتيس *Statice sp.* . أما النسيج الكولنكيمي في القشرة فقد يتخذ شكل طبقة مستمرة كما في ساق عباد الشمس *Helianthus annuns* والزينيا Zinnia وغيرها . ولكنه غالباً ما يتركز في الأركان أو الزوايا أو ذلك في السيقان المضلعة مثل ساق الباقلاء *Vicia faba* والليف *Luffa sp.* والقرع *Cucurbita sp.* وغيرها .

ويعتبر النسيج الكولنكيمي النسيج الدعامي الأساسي والملائم في كثير من السيقان الحديثة ولاسيما العشبية منها حيث تتعرض هذه السيقان لعوامل الدفع فبفضل هذا النسيج الدعامي ذي القدرة على مقاومة الانثناء تستطيع الساق أن تستعيد وضعها القائم مباشرة بمجرد زوال هذه العوامل . إلا أنه في حالات كثيرة ولاسيما في النجيليات يقوم بالوظيفة الدعامية نسيج سكلرنكيمي يقع في المنطقة الخارجية من قشرة الساق.

ونظراً لعدم وجود طبقة القشرة الداخلية endodermis بصورة متميزة في سيقان معظم النباتات الراقية ، فإنه من الصعب في أكثر الأحيان تحديد الطبقة الداخلية للقشرة ، خلافاً لما هو ملاحظ في الجذر حيث توجد القشرة الداخلية نموذجية حاوية على أشرطة كاسبر Casparian strips . وفي بعض النباتات العشبية تكون الطبقة الداخلية للقشرة متميزة عما يجاورها وذلك باحتوائها على حبيبات نشوية، وفي حالات كهذه يطلق على مثل هذه الطبقة مصطلح الغمد النشوي Starch sheath كما في ساق نبات منقار الطير *Delphinium sp* وتكون الخلايا عندئذ رقيقة الجدر وفي بعض سيقان ذوات الفلقتين توجد طبقة قشرة داخلية حقيقية تظهر بها أشرطة كاسبرية واضحة يمكن مشاهدتها على سبيل المثال في ساق عباد الشمس وساق اللايتني (أبو خنجر) *Tropaeolum sp.* . وقد يعثر أيضاً على طبقة قشرة داخلية حقيقية بين النباتات الوعائية الواطئة مثل سرخس بوليبوديوم *Polypodium* وذيل الحصان ... *Equisetum* . وكذلك في بعض النباتات المائية حيث يحدث الامتصاص خلال السيقان والجذور معاً . وقد أصبح من المفضل عدم استعمال مصطلح القشرة الداخلية إلا في الحالات التي تتميز فيها الطبقة الداخلية من القشرة بتغلظات جدارية خاصة ممثلة بأشرطة كاسبر Casparian strips .

3- الأسطوانة الوعائية Vascular Cylinder :

يحد الاسطوانة الوعائية من الخارج طبقة الدائرة المحيطية أو البريسيكل Pericycle وتكون هذه الطبقة واضحة ومحددة إذا كانت منطقة القشرة محددة من الداخل بطبقة أندودرمس واضحة وفيما عدا ذلك يتعذر تحديد طبقة البريسيكل إذ تمتزج مع القشرة كما هي الحال في كثير من عاريات البذور Gymnosperms ومغطاة البذور Angiosperms . وتتكون طبقة البريسيكل عادة وذلك في حالة تميزها من عدة طبقات من خلايا برنكيمية أو سكلرنكيمية أو كلتيهما وذلك على هيئة حلقات مستمرة أو على شكل مجموعات تنتظم مع الحزم الوعائية . وفي بعض الحالات مثل بعض النباتات المائية والنباتات الوعائية الواطئة يتكون البريسيكل من طبقة واحدة أو طبقتين فقط . كما أن عناصر اللحاء قد تمتد إلى الاندودرمس وحينئذ تصبح طبقة البريسيكل متقطعة . وقد تقوم طبقة البريسيكل البرنكيمية بوظيفة اختزانية كسائر الأنسجة البرنكيمية العادية كما أنها قد تضم خلايا أو قنوات إفرازية .

أما الأنسجة الوعائية Vascular tissues فتظهر في ذوات الفلقتين عادة على شكل أسطوانة بين القشرة والنخاع وقد تكون هذه الاسطوانة مستمرة في المقطع المستعرض إلا أنها في معظم الأحيان تبدو متقطعة عن طريق الأشعة النخاعية إلى وحدات تسمى عادة الحزم الوعائية Vascular bundles . وقد تبين أن الأسطوانات المستمرة أنما هي في حقيقة الأمر مكونة من حزم وعائية متقاربة . وفي بعض النباتات مثل البرسيم *Trifolium sp.* توجد الأنسجة الوعائية في الجزء السفلي من الساق على هيئة أسطوانة مستمرة في حين توجد في الجزء العلوي على هيئة حزم منفصلة . أما في ذوات الفلقة الواحدة فقد تترتب الحزم الوعائية في حلقة غير منتظمة . غير أن الحالة الأكثر شيوعاً هي وجودها مبعثرة داخل الأسطوانة أو خلال النسيج الأساسي للساق بصورة شاملة . كما أن الكثير من ذوات الفلقة الواحدة تتحدد في سيقانها منطقة قشرية واضحة محددة من الداخل بغمد نشوي مؤلف من طبقة واحدة . أما الحزم الوعائية فتنتشر بلا نظام في الجزء الداخلي والذي يمثل الاسطوانة الوعائية . وفي بعض النباتات الأخرى من ذوات الفلقة الواحدة كالنجيليات لا تتميز في سيقانها قشرة وأسطوانة وعائية بل توجد الحزم الوعائية مبعثرة خلال الجزء الأكبر من الساق.

وبخلاف ما هو شائع بين الجذور يوجد الخشب واللحاء في الساق عادة على أنصاف أقطار واحدة مع وجود الخشب للداخل واللحاء للخارج . ويسمى هذا الترتيب للأنسجة الوعائية باسم حزم وعائية جانبية Collateral vascular bundles. وفي هذه الحزم يكون الخشب دائماً داخلي الخشب الأول Endarch . وفي بعض أنواع عوائل معينة كالباذنجانية Solanaceae والقرعية Cucurbitaceae يوجد بالإضافة إلى اللحاء الخارجي لحاء أخر داخلي إلى الداخل من الخشب وحينئذ يطلق على الحزمة أسم حزمة وعائية ذات جانبين Bicollateral vascular bundle . وفي الحزم الوعائية الجانبية بوجه عام يمكن ملاحظة انتظام أوعية الخشب في سيقان ذوات الفلقتين على شكل صفوف في حين تترتب على شكل حرف Y أو حرف V في معظم ذوات الفلقة الواحدة ولاسيما سيقان النجيليات حيث يحتل وعاء الخشب التالي الواسعان موضع ذراعي الحرف أما الخشب الأول Protoxylem فيمثل ساق الحرف Y وغالباً ما ينحل تاركاً قناة أو تجويفاً

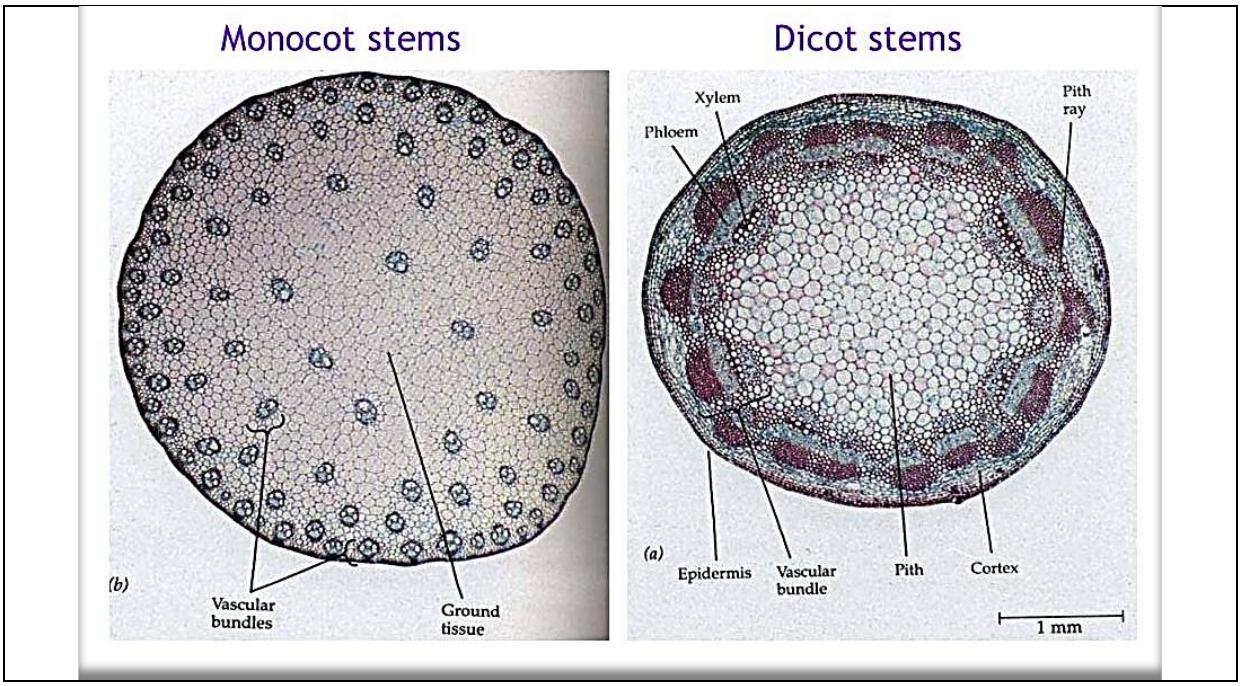
يدعى تجويف قناة الخشب الأول Protoxylem lacuna . كما توجد بالإضافة إلى ذلك قبعة من الألياف تحيط بلحاء الحزمة من الخارج وقد تمتد لتحيط بالحزمة كلها مكونة غمداً يطلق عليه غمد الحزمة Bundle sheath كما هي الحال في معظم ذوات الفلقة الواحدة Monocotyledons .

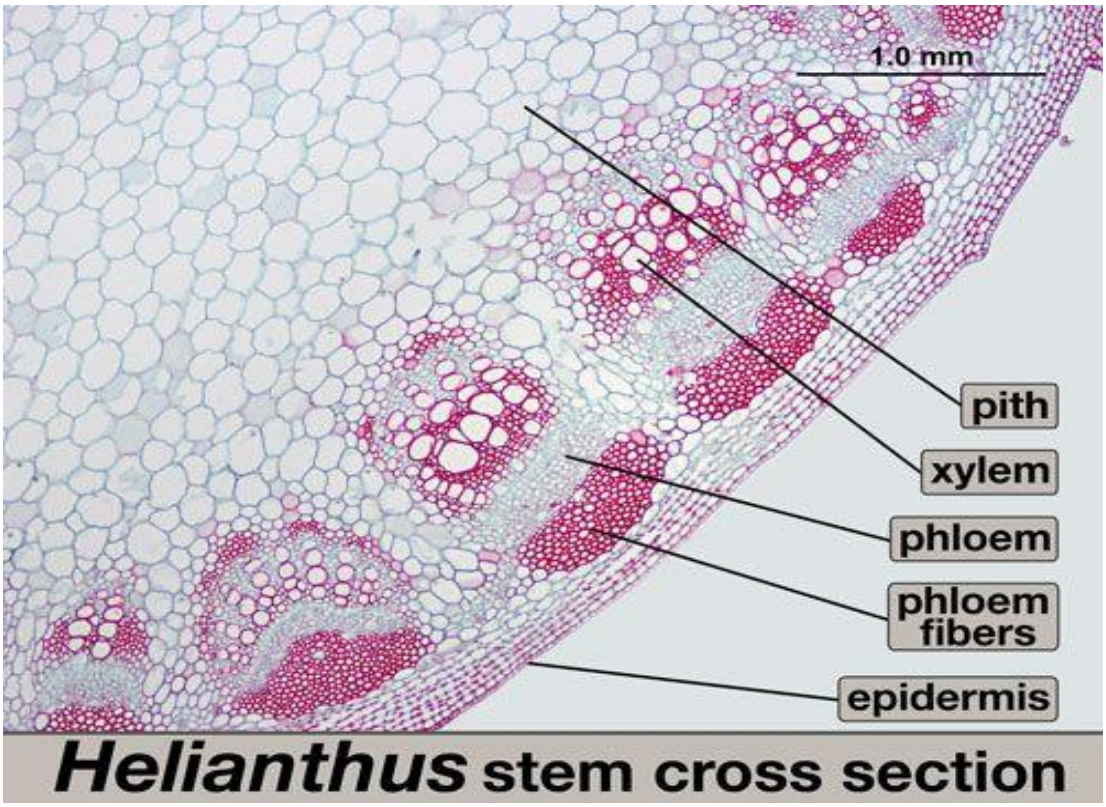
وقد تنتظم الأنسجة الوعائية في حزم وعائية من النوع المركزي Concentric حيث يحيط اللحاء بالخشب وتسمى حينئذ مركزية الخشب Amphicribral كما في سيقان السرخسيات Pteridophyta وبعض النباتات المائية Hydrophytes (Water Plants أو يحيط الخشب باللحاء وتسمى حينئذ مركزية اللحاء Amphivasal كما في رايزومات بعض ذوات الفلقة مثل نبات السعد Cyperus وساق دراسينا Dracaens .

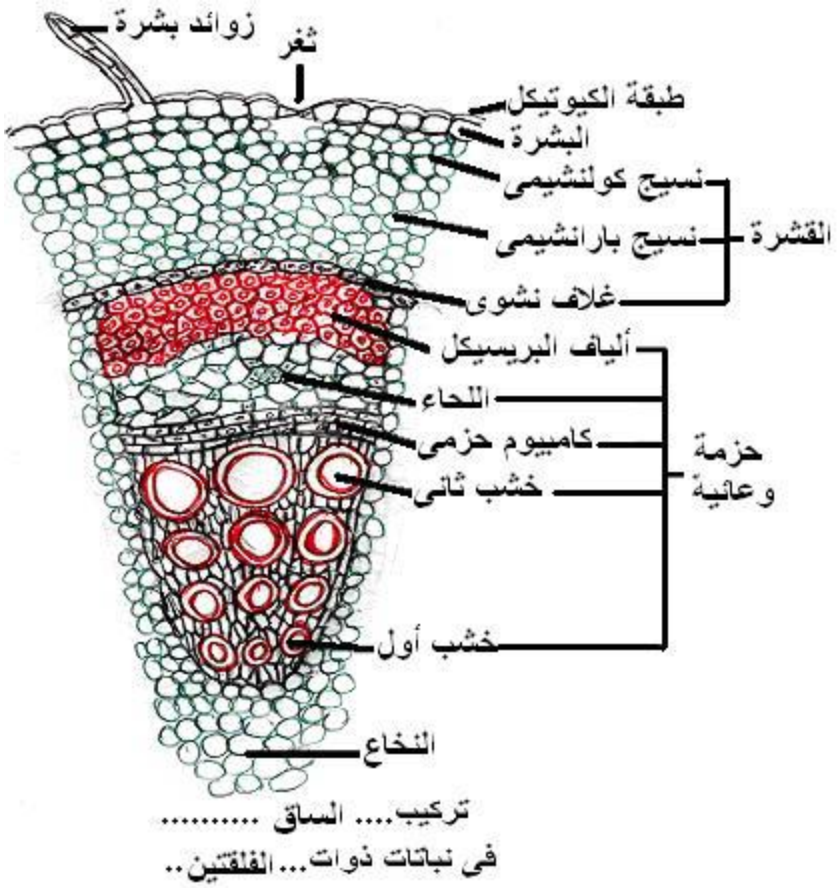
والى الداخل من الأنسجة الوعائية يوجد بقية النسيج الأساسي على شكل نخاع برنكيمي يبدو أحياناً التغلظ باللكنين والتنقر في بعض خلاياه . ونظراً لتبعثر الحزم الوعائية بلا نظام في كثير من سيقان ذوات الفلقة الواحدة لذلك يصعب التمييز بين القشرة والنخاع والأشعة النخاعية ويطلق على الجميع لفظ النسيج الأساسي Ground tissue .

مقارنة بين ساق نبات ذوات الفلقتين و ساق نبات ذوات الفلقة واحدة

ساق نبات ذوات الفلقتين Dicot stem	ساق نبات ذوات الفلقة واحدة Monocot stem
1 - النسيج الأساسي يتميز إلى قشرة و نخاع و أشعة نخاعية	1 - النسيج الأساسي لا يتميز إلى قشرة و نخاع وأشعة نخاعية
2 - الحزم الوعائية مرتبة في دائرة أو دائرتين	2 - الحزم مبعثرة في النسيج الأساسي
3 - الحزم الوعائية جانبية مفتوحة	3 - الحزم الوعائية جانبية مغلقة
4 - يوجد غلاف نشوي	4 - لا يوجد غلاف نشوى
5 - اللحاء يحتوي على برنكيمة لحاء	5 - اللحاء لا يحتوي على برنكيمة لحاء أو يحتوي على قليل منها
6 - أوعية الخشب في صفوف قطرية مستقيمة	6 - أوعية الخشب على شكل حرف أ و Y
7 - يحتوي على الكامبيوم الوعائي	7-لا يحتوي على الكامبيوم الوعائي
8- وجود النسيج الكولنكيمى تحت البشرة	8- وجود النسيج السكلر نكيمى تحت البشرة


Monocot stems
Dicot stems
(b)
Vascular bundles
Ground tissue
(a)
Xylem
Phloem
Pith ray
Epidermis
Vascular bundle
Pith
Cortex
1 mm


1.0 mm
pith
xylem
phloem
phloem fibers
epidermis
Helianthus stem cross section



الفرق بين تشريح الساق والجذر

تشريح الساق	تشريح الجذر
التفرعات الثانوية خارجية المنشأ	التفرعات الثانوية داخلية المنشأ
القمة النامية طرفية الموقع لانعدام القلنسوة	القمة النامية تحت طرفية لوجود القلنسوة
وجود الادمة في منطقة البشرة	انعدام طبقة الادمة
وجود النسيج الكولنكيمي	وجود النسيج السكلرنكيمي وانعدام الكولنكيمي
الحزم الوعائية جانبية او مركزية Collateral or concentric	الحزم الوعائية من النوع القطري Radial vascular bundle
موقع الخشب التالي للخارج والخشب الأول للداخل Endoarch	موقع الخشب التالي للداخل والخشب الأول للخارج Exarch
عدم تميز النسيج الأساس في ذوات الفلقة الواحدة الى قشرة ولب	جذور ذوات الفلقة والفلقتين يتميز فيها النسيج الاساس الى قشرة ولب
ينشأ الكامبيوم الفليني في ساق ذوات من الفلقتين من منشأ خارجي من الطبقات الخارجية للقشرة	ينشأ الكامبيوم الفليني من جذور ذوات الفلقتين من منشأ داخلي اي من Pericycle
لا تتميز القشرة الداخلية عادة في الساق وانما يوجد بدلا منها الغلاف النشوي في بعض النباتات	تنتهي القشرة في الجذر بطبقة القشرة الداخلية Endodermis

منطقة الانتقال بين الجذر والساق:

يكون الجذر والساق تركيبا متصلا في محو النبات على الرغم من الاختلاف في تركيبهما، فبينما أشرطة الخشب واللحاء مرتبة قطريا في الجذر نجدها متجاورة في الساق على نصف قطر واحد، وبينما يتجه الخشب الأول للخارج في الجذر نجده يتجه إلى الداخل في الساق، لذلك كان المن الضروري أن تكون هناك منطقة يحدث فيها التحول من التركيب الخاص بالجذر إلى التركيب الخاص بالساق، وتسمى هذه المنطقة بمنطقة التحول . zone Transition وتكون منطقة الاتصال قصيرة من ٣-٢ مليمتر

يحدث في منطقة الانتقال زيادة ملموسة في قطر الاسطوانة الوعائية واتساع منطقة النخاع، ويصحب ذلك تضاعف الأنسجة الوعائية وتشعبها مع التفاف أشرطتها واتحادها وتغيير اتجاهها، ويكون نتيجة لذلك تغيير وضع الخشب واللحاء، فبعد أن كانا متجاورين على أنصاف أقطار متبادلة يصبحان متقابلين على نصف قطر واحد، ويتغيير موضع الخشب فيصبح الخشب الأول داخليا في الساق بعد أن كان خارجيا في الجذر، كما يحدث تغيير في عدد الحزم في كل من الساق والجذر ويتبع ذلك نظم خاصة نذكر منها:

أنماط الانتقال بين الجذر والساق:

الأول: لعدد أشرطة يكون عدد الحزم في الساق مساوٍ اللحاء في الجذر، تنشق الأشرطة الخشبية قطريا كل إلى شعبتين وتنحني كل شعبة كلما اتجهنا للأعلى.

الثاني: يكون عدد الحزم في الساق ضعف عدد أشرطة اللحاء في الجذر وتنشق أشرطة اللحاء كأشرطة الخشب.

الثالث: يكون عدد الحزم في الساق مساٍو لعدد أشرطة بل تستمر من الجذر إلى الساق اللحاء في الجذر، ولا تنشق في هذا النمط الأشرطة الخشبية

الرابع: يكون عدد الحزم في الساق مساٍو لنصف عدد الخشبية فقط.

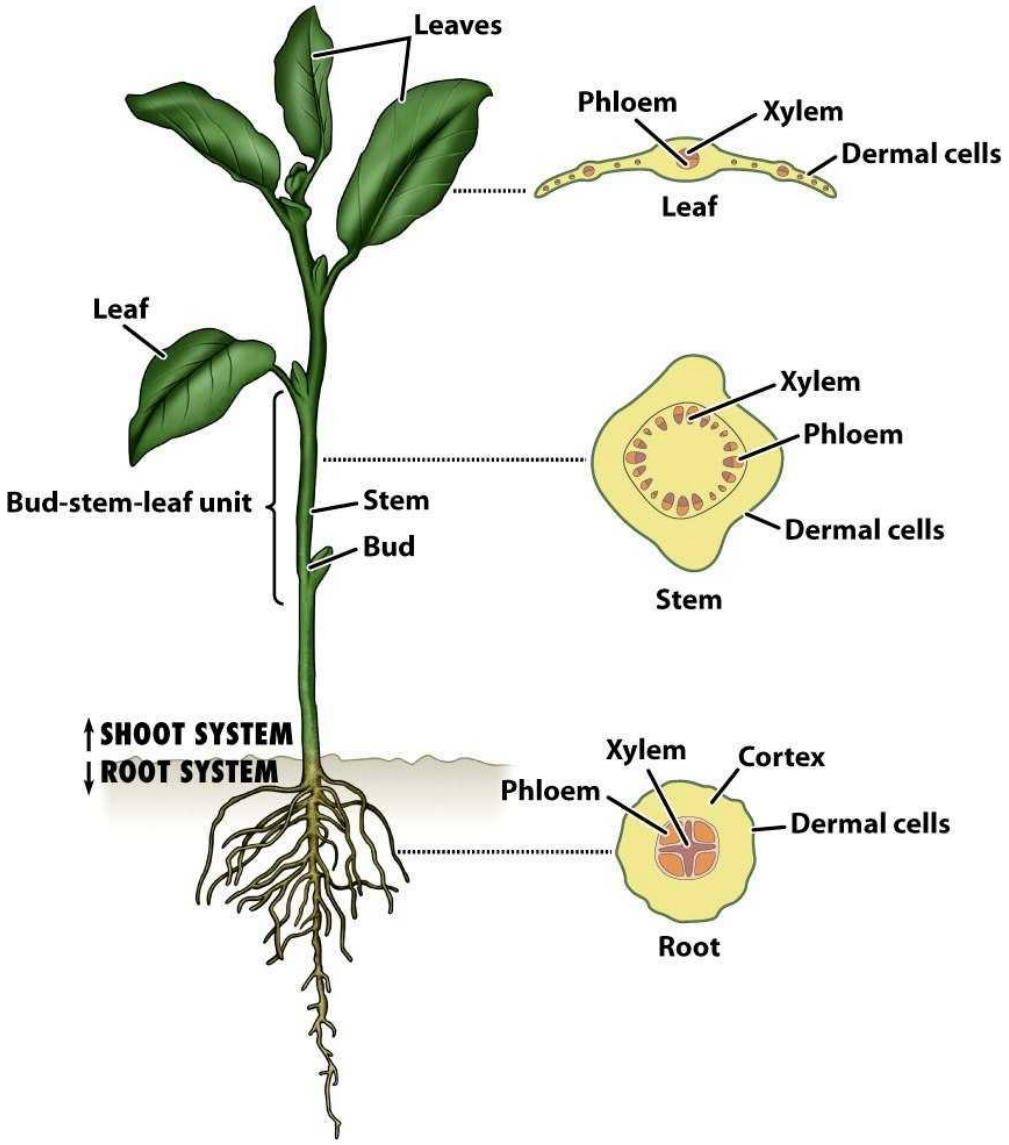
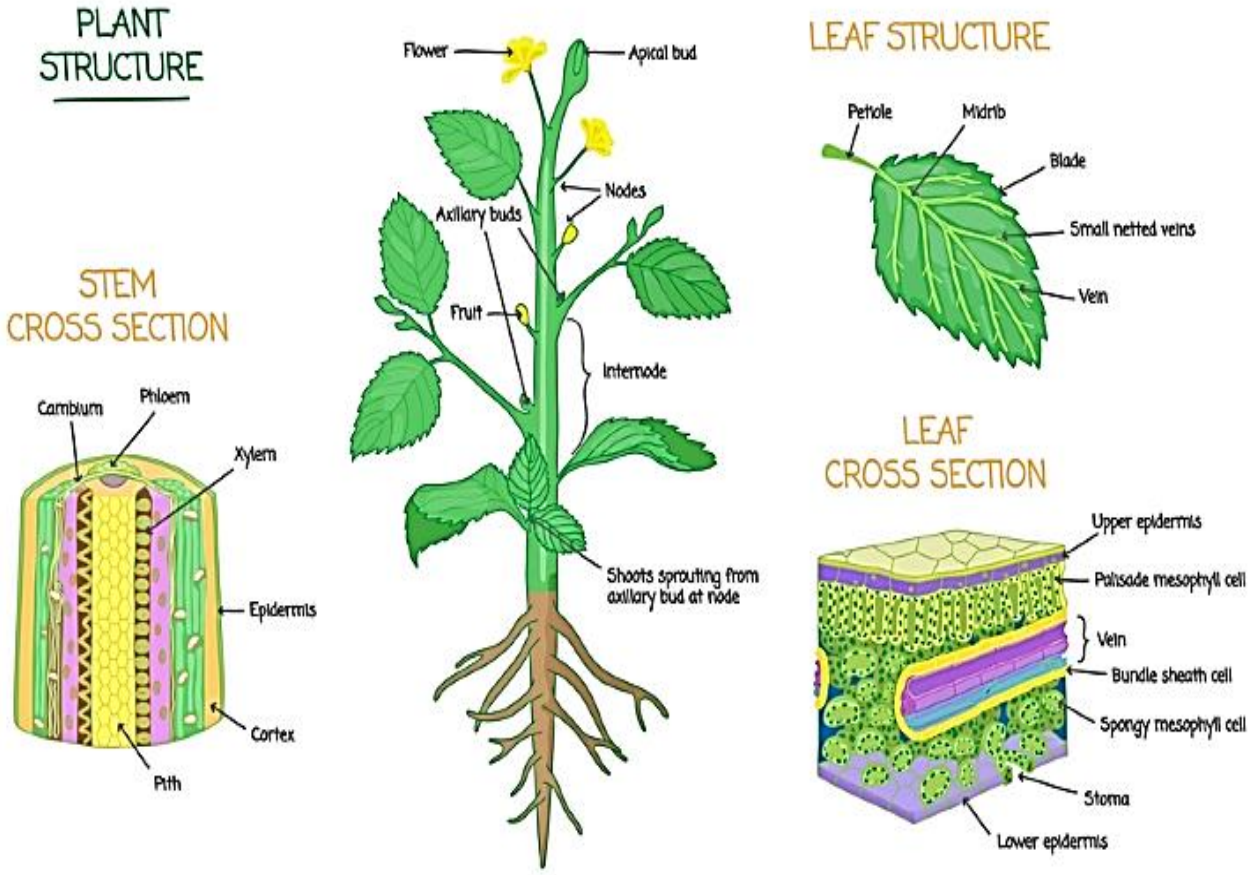


Figure 31-2 Discover Biology 3/e
© 2006 W. W. Norton & Company, Inc.

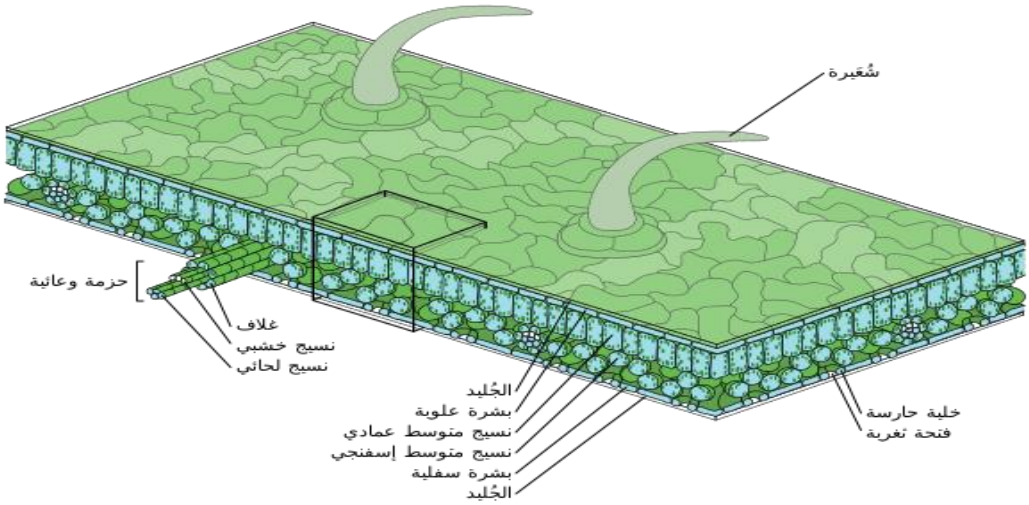
muhadharaty.com


PLANT STRUCTURE
STEM CROSS SECTION
Cambium
Phloem
Xylem
Epidermis
Cortex
Pith
Flower
Apical bud
Nodes
Axillary buds
Fruit
Internode
Shoots sprouting from axillary bud at node
LEAF STRUCTURE
Petiole
Midrib
Blade
Small netted veins
Vein
LEAF CROSS SECTION
Upper epidermis
Palisade mesophyll cell
Vein
Bundle sheath cell
Spongy mesophyll cell
Stoma
Lower epidermis

التركيب الداخلي للورقة Internal structure of leaf :

الورقة في أبسط تعريف لها هي جزء منبسط من جسم النبات ينشأ عند العقدة ويحمل في أبطه برعماً ومتكيف في الحالات النموذجية شكلاً وتركيباً للقيام بوظيفتي التمثيل الضوئي والنتح . وتعتبر الورقة في النباتات الراقية العضو المتخصص لهاتين العمليتين . ففي بعض النباتات الواطئة الحاوية على الكلوروفيل كالطحالب يقوم الجزء الأكبر من جسم النبات بعملية التمثيل الضوئي نظراً لعدم وجود أعضاء متخصصة لذلك . وفي بعض النباتات الخضر الراقية - كالنباتات العشبية - تزود الساق أيضاً بأنسجة خضراء ، وبذلك تشترك مع الأوراق في عملية التمثيل الضوئي . كما أن هناك نباتات راقية تعيش في بيئات خاصة تضمر أوراقها وتتحور سيقانها لتقوم هي ذاتها بهذه العملية كما في السفندر *Ruscus* . أما في النباتات المعمرة فتتخصص الأوراق لعملية التمثيل الضوئي بالإضافة إلى عملية النتح . وفي هذه الحالة تكون الورقة مكيفة تركيبياً للقيام بهاتين الوظيفتين .

ورغم أن الورقة تشترك مع الساق في احتوائها إلى حد كبير على نفس الأجهزة النسيجية الرئيسية وهي الضام Dermal tissue system والوعائي Vascular tissue system والأساسي Ground tissue system إلا أنهما تختلفان من حيث التوزيع النسبي لهذه الأنسجة ، ويرجع هذا الاختلاف إلى طبيعة وظيفة كل منهما . فالوضع الرأسي للأنسجة الوعائية ووفرة الأنسجة الدعامية في الساق هما من مستلزمات وظيفتي التوصيل والتدعيم المناطة بهما ، في حين تتميز الورقة بوفرة النسيج الأخضر وأتساع السطح وامتداد أنسجة التهوية داخلها كمستلزمات لعمليات التمثيل والتبادل الغازي.



نشأة الورقة Leaf development :

تنشأ الورقة من المرستيم القمي للساق Shoot apex كنتوء صغير يطلق عليه مصطلح المسند الورقي ينمو ويزداد في الحجم تدريجياً نتيجة استمرار انقسام الخلايا وتكشفها leaf buttress

فيتحول إلى الورقة الأولية أو البداية الورقية Leaf primordium وتتميز أول معالم نشوء الورقة في النباتات الراقية بحصول انقسامات محيطية Periclinal dividions في الطبقة المغلفة تحت السطحية غالباً وينتج عن ذلك تكوين المسند الورقي Leaf buttress يتحول تدريجياً إلى البداية الورقية Leaf primordium ، ويكون الانقسام في بادئ الأمر قمياً Apical ولكنه سرعان ما يستمر قمياً وحافياً Harginal إلى أن تصل الورقة إلى كامل حجمها . وفي عاريات البذور ومغطاة البذور تصل الورقة إلى كامل نضجها بعد فترة قصيرة ، إلا أنها في السرخسيات قد تستمر في نموها القمي بعض الوقت رغم وصول قاعدتها إلى تمام نضجها وفي معظم النباتات تنمو الأوراق من البراعم إلى ما بعد القمة النامية وتغطيها وتقوم بحمايتها . وفي حالة البراعم الشتوية Winter buds تتحور الأوراق الخارجية إلى حراشيف برعمية Bud scales تحتفظ البرعم حتى الربيع التالي . وحينئذ تتفتح البراعم وتنمو الأوراق إلى كامل حجمها . وخلال تكشف البدايات الورقية تتميز منطقتان : منطقة تمثل جزءاً قاعدياً ومنطقة تمثل مبدأ النصل الورقي .

والجزء القاعدي قد يصبح سميكاً ولحمياً ليكون ما يسمى الوسادة Pulvinus ، أو قد يكون عمداً ورقياً Leaf sheath كما في النجيليات ، أو قد يكون أذينات Stipules وذلك بالنسبة للأوراق المؤذنة Stipualte leaves في حين ينمو الجزء القمي إلى تركيب منبسط تمتد خلاله العروق ويتحول إلى نصل الورقة Leaf blade or Lamina وفي الأوراق المعنقة يتكون العنق Petiole ما بين النصل والقاعدة .

ويصاحب التميز الخارجي للورقة أثناء نشوئها تميز داخلي في أنسجتها فالطبقات السطحية على جهتي الورقة تتكشف نتيجة للانقسام المستمر إلى البشرة العليا Upper epidermis والبشرة السفلى Lower epidermis ، في حين تتكشف الأنسجة إلى الداخل من البشرة إلى النسيج المتوسط Mesophyll . وهذا النسيج قد يكون متجانساً ومكونا من نوع واحد من الخلايا كما هي الحال في أوراق النجيليات Gramineae أو قد يتميز إلى نسيج عمادي Palisade tissue ونسيج أسفنجي Spongy tissue كما هي الحال في نباتات البيئة المتوسطة mesophytes . ويتكشف الجزء المركزي من الورقة إلى الأنسجة الوعائية . وبذلك تتميز الورقة عند تمام نضجها داخلياً إلى البشرتين : البشرة العليا Upper epidermis والسفلى Lower epidermis والنسيج المتوسط Mesophyll والأنسجة الوعائية Vascular tissue ويمكن تتبع هذه الأنسجة بالتفصيل كما يلي :

١ - البشرة Epidermis :

تحتوي البشرة في الورقة عادة على أكثر من نوع واحد من الخلايا . فقد تضم بالإضافة إلى الخلايا الاعتيادية للبشرة الخلايا الحارسة Guard cells ، والخلايا المساعدة Subsidiary cells والتي كثيراً ما تصاحب الخلايا الحارسة في العديد من النباتات والشعيرات البشرية Epidermal hairs . كما أن النجيليات (الحشائش) قد تحتوي علاوة على هذه الخلايا والتراكيب خلايا أخرى مثل الخلايا الفلينية Cork cells والخلايا السليكية Sillica cells . وفي بعض ذوات الفلقة الواحدة توجد أيضاً خلايا خاصة تسمى الخلايا الحركية Motor cells تؤثر على انطواء الورقة وانبساطها تبعاً لتغير درجة الرطوبة في الجو

المحيط بالنبات . كما ويوجد في بشرة بعض النباتات مثل التين المطاط *Ficus elastica* خلايا خاصة يطلق عليها خلايا البلورات المعلقة Lithocytes تتميز بوجود بلورات من نوع خاص تسمى البلورات المعلقة Cystolith . وتتميز الورقة بوجود الثغور بها على السطح السفلي فقط أو على السطح العلوي فقط أو السطحين السفلي والعلوي معاً حينئذ تكون أكثر انتشاراً عادة على السطح السفلي . إلا أن توزيعها قد يكون في بعض الحالات متساوياً على السطحين كما في الأوراق العمودية التي توجد في كثير من ذوات الفلقة الواحدة . وفي النباتات الأرضية Terrestrial plants تكون خلايا البشرة الاعتيادية خالية من الكلوروفيل عادة . أما في النباتات المائية Hydrophytes وفي بعض النباتات الوعائية الواطئة مثل كزبرة البئر Adiantum وبوليبوديوم Polypodium وكذلك في نباتات الظل Shade plants فتحتوي خلايا البشرة على كلوروفيل بدرجة ربما أكثر مما تحتها من أنسجة . أما بالنسبة للوظيفة.

فالبشرة تكون طبقة واقية مستمرة فيما عدا فتحات الثغور وتقوم بصفة خاصة بصيانة الورقة ضد الفقدان المفرط للماء كما أنها تقوم أيضاً بمهمتها الدعامية كنسيج ضام له أهميته من هذه الناحية.

٢- النسيج المتوسط Mesophyll tissue :

يطلق لفظ النسيج المتوسط في الورقة على النسيج الأساسي الواقع بين بشرتي الورقة العليا والسفلى والذي يقوم بعد تكشفه بوظيفة معينة هي التمثيل الضوئي . يتكون هذا النسيج بصورة نموذجية من نسيج برنكيمي رقيق الجدران غزير البلاستيدات الخضر ويضم فيما بين خلاياه مسافات بينية واسعة. وفي كثير من النباتات وبوجه خاص نباتات البيئة المتوسطة Mesophytes من ذوات الفلقتين - **يتميز النسيج المتوسط عادة إلى نوعين من الخلايا البرنكيمية:**

a- **برنكيما عمادية Palisade parenchyma: وقد أطلق لفظ النسيج العمادي على النوع الأول من الخلايا نتيجة لكونها مستطيلة الشكل ومتراصة بصورة متوازية بجدر بعضها عموديا على سطح الورقة .**

b- **وبرنكيما أسفنجية Spongy parenchyma: هي الخلايا التي سميت بالنسيج الأسفنجي نتيجة لكونها غير منتظمة الشكل وتضم فيما بينها مسافات بينية بوفرة .**

ويوجد النسيج العمادي عادة في الجهة العليا من الورقة فقط إلا أنه قد يوجد في الجهتين العليا والسفلى كما في ورقة تين المطاط *Ficus elastica* والكسوب *Centaurea* مع وجود قدر قليل من النسيج الأسفنجي بينما وتوصف الورقة في هذه الحالة بأنها ذات وجهين Bifacial أما في حالة وجود الخلايا العمادية تحت سطح واحد فقط فتسمى أحادية الوجه Monofacial وبهذه الخاصية قيمة تصنيفية . وقد تنتظم الخلايا العمادية في صنف واحد أو أكثر . وفي الحالة الأخيرة قد تكون الخلايا متساوية في الطول في الصفوف المختلفة أو تصغر كلما اتجهت إلى الداخل . كما أن هناك بعض الحالات القليلة مثل ورقة *Thymelaea hirsuta* يوجد النسيج العمادي في الجهة السفلية فقط وفي بعض ذوات الفلقتين مثل نبات الكافور *Eucalyptus* والعبل أو الرغل *Atriplex* يتكون النسيج المتوسط من نسيج عمادي فقط كما أن بعض الأوراق الأسطوانية مثل ورقة نبات هاكيا *Hakea* تحتوي أيضاً على نسيج عمادي فقط يحيط بالورقة كلها

ويقع تحت البشرة . أما في ذوات الفلقة الواحدة – وعلى الأخص في النجيليات - فلا يتميز النسيج المتوسط بشكل واضح إلى نسيج عمادي ونسيج أسفنجي بل يكون هناك نوع واحد من الخلايا البرنكيمية غزيرة البلاستيدات وذات مسافات بينية واسعة . وخلايا النسيج العمادي بصورة عامة أسطوانية الشكل أو مستطيلة محكمة الانتظام بجوار بعضها بشكل يجعلها أكثر كفاءة للقيام بوظيفة التمثيل الضوئي إذ تنتظم البلاستيدات بفعل تأثير الضوء تحت الجدار مباشرة بصورة تجعلها تستفيد من الضوء الساقط على الورقة أقصى استفادة ممكنة . وقد تترتب الخلايا العمادية في طبقة أو طبقتين تتواجد مباشرة داخل البشرة أو طبقة تحت البشرة Hypodermis وتتخذ وضعها بحيث يكون محور الخلايا متعامداً. مع سطح الورقة . وفي بعض الحالات قد تكون الخلايا موازية للمحور الرئيسي للورقة كما في ورقة نبات الوديا *Elodea* . كما أنها في أحيان أخرى قد تكون الخلايا موازية لسطح الورقة ومتعامدة في نفس الوقت على المحور الرئيسي للورقة كما في نبات الكولونية *Freezia* والسوسن *Iris* وكلاديولس *Gladiolus* وقد تكون خلايا النسيج العمادي قمعية الشكل ومرتبة باتجاه فتحة القمع إلى السطح العلوي كما في أوراق الزنبق *Lily* . وفي أوراق الصنوبر *Pinus* وبعض المخروطيات لا يتميز النسيج المتوسط إلى عمادي وأسفنجي أنما تتخذ خلاياه شكلاً خاصاً إذ تنثني جدر الخلايا إلى الداخل على صورة بروزات تتراص عندها البلاستيدات وتصبح أيسر اتصالا بالهواء الموجود في المسافات البينية ويطلق على هذا النوع من النسيج العمادي أسم النسيج العمادي ذي الأذرع Armed palisade tissue . ويستحوذ النسيج العمادي على القسط الأكبر من الكلوروفيل ولذلك يبدو السطح العلوي عادة أكثر اخضراراً من السطح السفلي .

أما النسيج الأسفنجي فتتخذ خلاياه أشكالا مختلفة فقد تكون متساوية الأقطار Isodiametric أو مستطيلة Elongated ولكنها عادة غير منتظمة Irregular ذات أذرع ممتدة ومتصلة بحيث تكون شبكة من النسيج الأخضر الغني بالمسافات البينية يتعرض الجزء الأكبر من سطحه للغازات الموجودة بهذه المسافات البينية .

وفي حالات كثيرة كما في ورقة المطاط *Ficus elastica* والدفلة *Nerium* توجد مجموعات من الخلايا العمادية تلتقي أطرافها بخلية واحدة من النسيج الأسفنجي متصلة مباشرة بنسيج اللحاء وتسمي هذه الخلايا بالخلايا المجتمعة Collecting cells ويعتقد أنها تقوم بجمع الغذاء المتكون في النسيج العمادي ونقله إلى نسيج اللحاء .

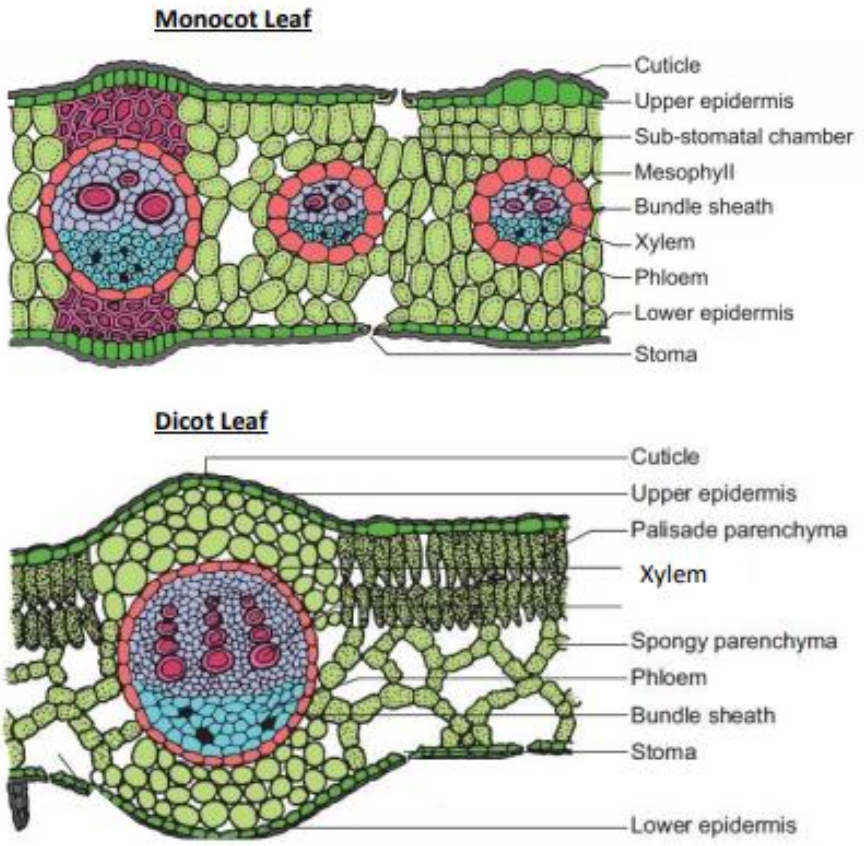
٣- الأنسجة الوعائية بالورقة Vascular tissue of the leaf :

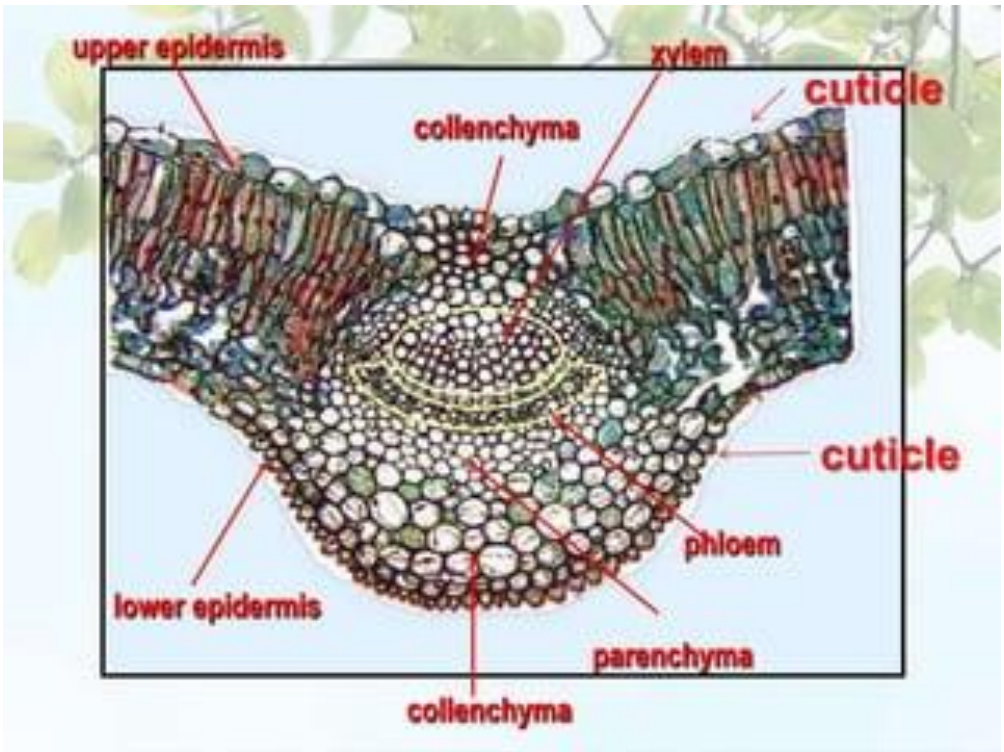
تتوزع الأنسجة الوعائية بالورقة بطريقة يعبر عنها بالتعرق Venation المشتقة . من كلمة عرق vein . والعرق في الورقة قد يتكون من حزمة وعائية واحدة أو مجموعة من الحزم الوعائية . وقد تحتوي الورقة على عرق واحد فقط كما في الصنوبريات ، أما في مغطاة البذور فيوجد نوعان من التعرق : تعرق شبكي Reticulate venation وهو شائع بين ذوات الفلقتين وتعرق متوازي Parallel venation شائع بين ذوات الفلقة الواحدة . وفي التعرق الشبكي تتفرع وتتشابك العروق الرئيسية إلى أن تصل إلى تلك العروق

الدقيقة المسماة بنهايات الحزم Bundle ends ، أما في التعرق المتوازي فتنتظم العروق الرئيسية بطريقة متوازية وتتصل ببعضها عن طريق العروق الصغيرة . ويمكن تمييز التعرق الشبكي في أوراق ذوات الفلقتين إلى نوعين هما تعرق شبكي ريشي Pinnately reticulate وتعرق شبكي راحي Palmetely reticulate ففي التعرق الشبكي الريشي يوجد عرق رئيسي كبير في الوسط يكون ما يسمى بالعرق الوسطي Midrib وتتفرع العروق الصغيرة من العرق الوسطي . أما في التعرق الشبكي الراحي فتوجد عدة عروق رئيسية تنشأ مباشرة من نهاية عنق الورقة ، وهي في حقيقة الأمر استمرار لمسار الأجهزة الوعائية Leaf traces الذي يمتد من الجذر إلى الساق وينتهي أخيراً بالورقة . وتوجد العروق الصغيرة أو الحزم الوعائية المنفردة بوجه عام داخل النسيج الأسفنجي أما العروق الكبيرة فتحتل حيزاً كبيراً من نصل الورقة وقد تمتد ما بين البشرة العليا والبشرة السفلى . وحيث أن الشريط الوعائي يمتد من الساق إلى عنق الورقة ثم إلى نصلها فإن الأنسجة الوعائية تحتفظ بوضعها فيبقى الخشب - في حالة الحزم الوعائية الجانبية على سبيل المثال – متجها نحو السطح العلوي للورقة واللحاء نحو السطح السفلي ، كما أن الأنسجة الوعائية الموجودة بالورقة لا تختلف في طبيعتها عن تلك الموجودة في بقية أجزاء النبات . فيتكون الخشب في العروق الكبيرة من أوعية Vessels وقصيبات Trachids وألياف Fibers وبرنكيما خشب ، وكلما صغرت العروق تقل كمية العناصر تدريجياً حتى تصبح في النهاية مكونة من قصيبة واحدة شبكية أو حلزونية ، وذلك فيما يسمى بنهايات الحزم Bundle ends. ويتكون اللحاء في العروق الكبيرة من أنابيب منخلية Sieve tubes وخلايا مرافقة Companion cells بالإضافة إلى برنكيما اللحاء في أوراق ذوات الفلقتين ، أما في العروق الصغيرة فإن نسيج اللحاء يقل تدريجياً حتى يصل إلى مجرد مجموعة صغيرة من الخلايا البرنكيمية مكونة مع القصيبة الوحيدة نهاية الحزمة .

والحزم الوعائية الكبيرة تحاط عادة بغلاف برنكيمي تحتوي خلاياه على القليل من الكلوروفيل ويعرف في بعض الأحيان باسم غلاف الحزمة bundle sheath . والخلايا المكونة لغلاف الحزمة تكون عادة رقيقة الجدر وممتدة طولياً موازية لمحور العرق . ونظراً لندرة الكلوروفيل بها فهي سهلة التمييز عن بقية خلايا النسيج المتوسط المحيط بها . وفي بعض الحالات القليلة كما في بعض نباتات العائلة الوردية Rosaceae تحتوي خلايا غلاف الحزمة على أشرطة كاسبرية Casparian strips وحينئذ تماثل طبقة القشرة الداخلية النموذجية ، وقد تحتوي في حالات أخرى على حبيبات نشوية وحينئذ تعتبر غلافاً نشوياً . كما أن هناك ما يثبت أن لهذه الخلايا أهمية خاصة بالنسبة للتوصيل وبالنسبة لاختزان المواد الغذائية .

ورقة ذوات الفلقة	ورقة ذوات الفلقتين
تحتوي على الخلايا المحركةmotor cell	لا تحتوي
يكون من خلايا برنكيمية لا يتميز الى نسيج عمادي واسفنجي	يتكون من خلايا برنكيمية عمادية واخرى اسفنجية
العروق متوازية	العروق شبكية
توجد الانسجة الوعائية في نظام متوازي لان تعرق الاوراق متوازي	توجد الانسجة الوعائية في نظام متشابك مكون من عروق الورقة. تقع الحزمة الوعائية الرئيسية في العرق الوسطي
اوعية الخشب على شكل حرف V أو Y	اوعية الخشب على شكل صفوف قطرية مستقيمة

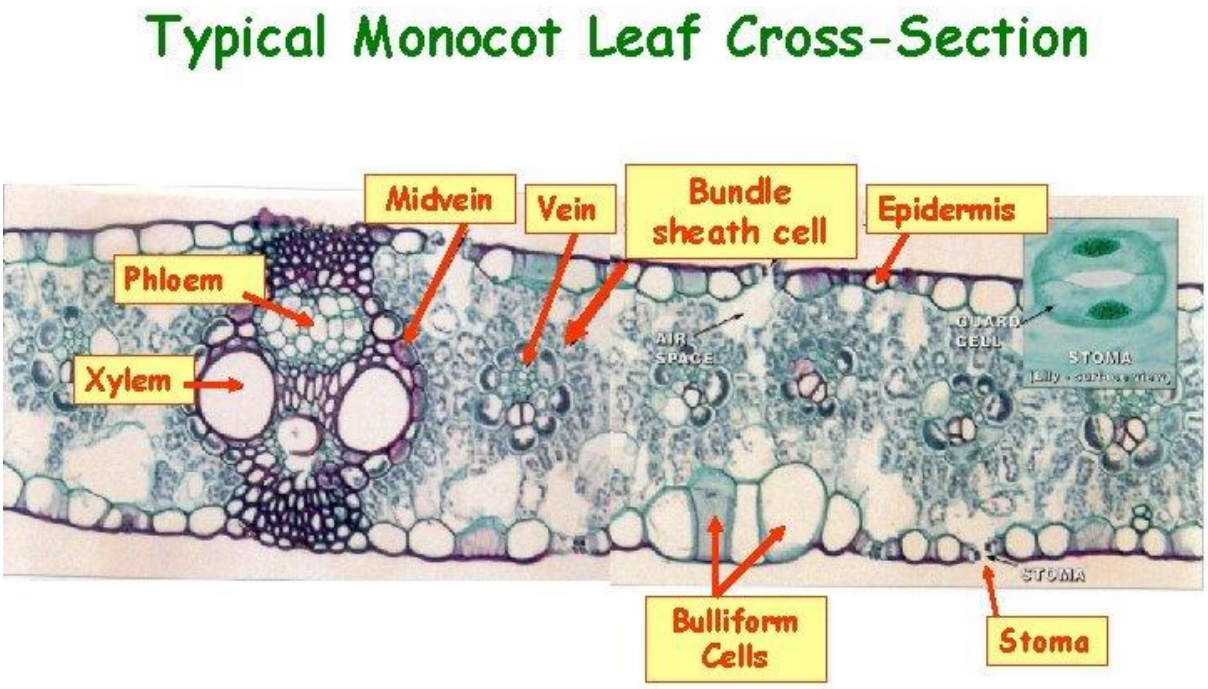

Monocot Leaf
Cuticle
Upper epidermis
Sub-stomatal chamber
Mesophyll
Bundle sheath
Xylem
Phloem
Lower epidermis
Stoma
Dicot Leaf
Cuticle
Upper epidermis
Palisade parenchyma
Xylem
Spongy parenchyma
Phloem
Bundle sheath
Stoma
Lower epidermis


upper epidermis
xylem
cuticle
collenchyma
cuticle
phloem
lower epidermis
parenchyma
collenchyma

ورقة النجيليات Grass Leaf :

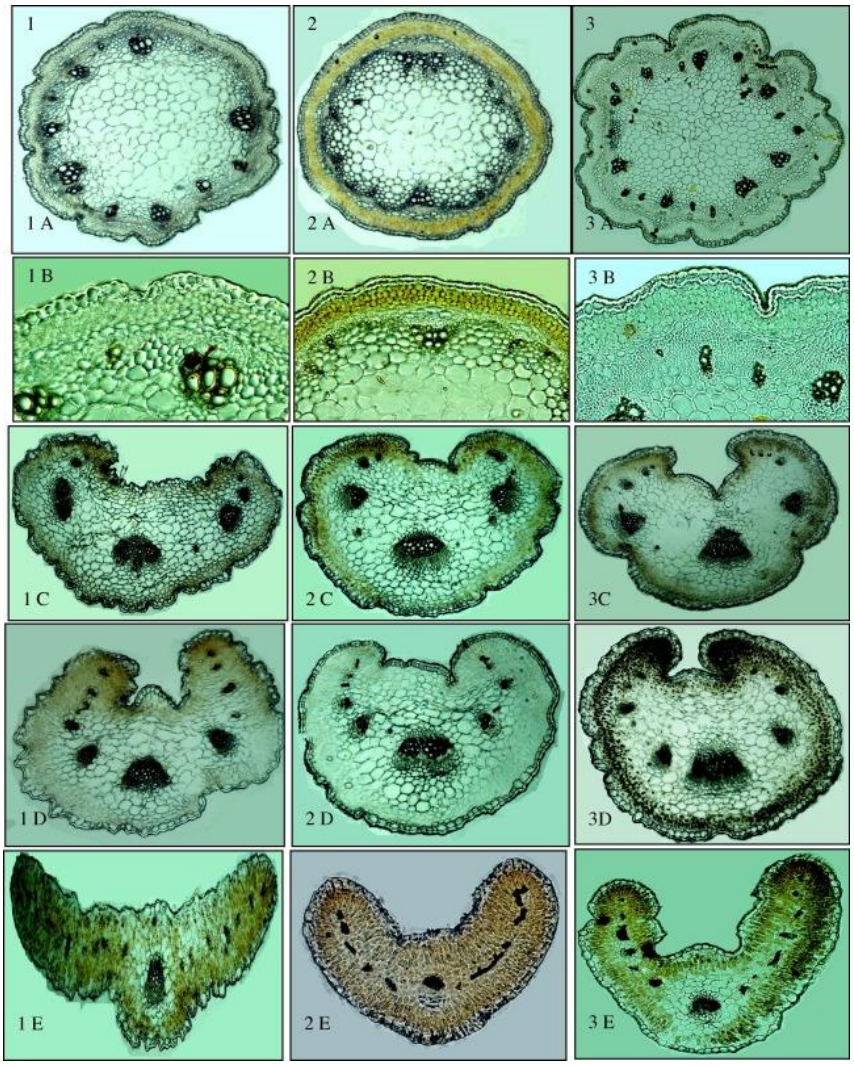
ينطبق ما سبقت دراسته في واقع الأمر على أوراق ذوات الفلقتين وبعض ذوات الفلقة الواحدة إلا أوراق النجيليات Gramineae تنفرد بتركيب خاص يميزها عن ذوات الفلقتين وحتى عن بقية ذوات الفلقة الواحدة وذلك من حيث تكوين أنسجة الورقة المختلفة من بشرة ونسيج متوسط وأنسجة وعائية، فخلايا البشرة تمتد على طول الورقة بشكل صفوف منتظمة وهي مستطيلة في المنظر السطحي إلا أنها مربعة في المقطع المستعرض ، وتكون مغلظة الجدار صغيرة الحجم فوق الحزم الوعائية ، وتعترض الخلايا الاعتيادية من البشرة على أبعاد منتظمة خلايا خاصة تسمى بالخلايا الحركية Bulliform cells or Motor cells تتميز بكبر حجم ورقة جدرانها وتعتبر هذه الخلايا مسؤولة عن انطواء وانبساط الورقة لدى تغير نسبة الرطوبة في الجو المحيط بالورقة . وتتميز أوراق النجيليات بصفة خاصة وذلك بالإضافة إلى ما سبق بنوع الثغور الموجودة بها والذي يسمى بالطراز النجيلي السعدي من الثغور Gramineae – Cyberaceae type .

أما في النسيج المتوسط Palisade tissue فهو عادة غير متميز إلى عمادي وأسفنجي كما هي الحال في أوراق ذوات الفلقتين . وأحياناً قد تتميز طبقة من الجهتين تحت البشرة مباشرة وذلك عن طريق أحكام ترتيب خلاياها في حين يوجد بقية النسيج المتوسط على هيئة خلايا غير منتظمة الشكل . وفي حالات قليلة كما في أوراق السعد *Cyperus* تتواجد الأنسجة الخضراء حول الحزم بشكل أغلفة حزمية Bundle heaths تتميز بغزارة الكلوروفيل بها عن بقية النسيج المتوسط . أما الحزم الوعائية فتمتد طولياً بشكل متواز خلال الورقة يفصلها عن بعضها النسيج المتوسط كما وتكاد تحتفظ الحزمة بحجمها خلال مسارها بالورقة . وتوجد عادة حزمة وعائية مركزية كبيرة تصاحب العرق الوسطي . وهذه الحزمة تشبه إلى حد كبير نظيراتها بالساق أما الحزم الأخرى فتنتظم في صفين أو ثلاثة مرتبة داخل نصل الورقة وتتكون من كمية أصغر من الأنسجة الوعائية ومن الأنسجة الدعامية كذلك . ويصاحب الحزم الوعائية عادة في أوراق النجيليات نسيج سكلرنكيمي ويوجد بشكل عام على هيئة أشرطة ليفية Fibrous strands على الجوانب العليا والسفلى للحزمة ويطلق عليه أحياناً أسم امتداد الغلاف الحزمي Bundle sheath extension . وقد تمتد هذه الأشرطة مع الحزم الوعائية فيما بين البشرة العليا والسفلى وبذلك تساهم بشكل فعال في تقوية الورقة. وفي نجيليات البيئة الجافة يكون النسيج السكلرنكيمي جزءاً كبيراً من نسيج الورقة كما يتضح ذلك في ورقة نبات *Ammophila arenaria* على سبيل المثال . وتحاط الحزمة الوعائية عادة بغمد حزمي من طبقتين من الخلايا : الداخلية منها غليظة الجدران محاكية بذلك طبقة القشرة الداخلية أو مغلظة بصورة عادية ذات طبيعة ميكانيكية، أما الخارجية فتكون من خلايا برنكيمية عادية رقيقة الجدران تفتقر عادة إلى الكلوروفيل ولذلك فهي سهلة التمييز عما يحيطها من نسيج متوسط وقد تحتوي على كلوروفيل ولكن بكمية أقل مما تحتويه الخلايا المجاورة .



التركيب الداخلي لعنق الورقة Internal Structure of Petrole :

قد يتخذ عنق الورقة في بعض الأحيان في المقطع المستعرض شكلاً دائرياً كاملاً ولكن الحالة الأكثر شيوعاً هي أن يكون المقطع على هيئة دائرة غير كاملة ، منبسطاً أو مقعراً من الجهة العليا مع وجود حافتين بارزتين بدرجات متفاوتة تختلف باختلاف النباتات . أما الأشرطة الوعائية والمسارات الورقية فتختلف في طريقة انتظامها وتركيبها تبعاً لذلك . ففي الأعناق المستديرة تتخذ الأشرطة الوعائية نفس الوضع والتركيب الموجودين في الساق التي امتدت منها هذه الأشرطة كما هي الحال في عنق ورقة نبات أكاليفا *Acalypha* أو تكون أسطوانة جوفاء كما في عنق ورقة نبات الخروع *Ricinus communis* . أما في الأعناق ذات السطح العلوي المنبسط أو المقعر فقد تتخذ الحزم الوعائية شكل حذوة الحصان كما في عنق ورقة نبات بوذية *Buddleia* وفي حالات أخرى قد تنحرف الأشرطة الوعائية عن مسارها بالإضافة إلى أنها أيضاً تتجزأ بحيث تصبح مرتبة في أكثر من حلقة واحدة كما في عنق ورقة نبات خف الجمل *Bauhinia* . أما النسيج الأساسي فيكون الخارجي منه مكوناً عادة من خلايا مغلظة الجدران وتكون هذه الخلايا على هيئة نسيج كولنكيمي Collenchyma في أعناق أوراق ذوات الفلقتين وعلى هيئة نسيج سكلرنكيمي Sclerenchyma في ذوات الفلقة الواحدة ، أما بقية النسيج فيتكون من خلايا برنكيمية رقيقة الجدران تتسع تدريجياً كلما أتجت نحو المركز .


1
1 A
2
2 A
3
3 A
1 B
2 B
3 B
1 C
2 C
3C
1 D
2 D
3D
1 E
2 E
3 E

❖ التركيب الداخلي للنباتات وعلاقته بالبيئة

يختلف التركيب الداخلي للنبات اختلافاً كبيراً مع تغير البيئة، وقد يصحب هذا التغير (الاختلاف) تغير في للنبات.

1- **نباتات البيئة المتوسطة (Mesophytes)**: يطلق على النباتات التي تعيش في بيئة معتدلة من حيث توفر الماء ودرجة الحرارة.
2- **نباتات البيئة الجافة أو نباتات الجفاف (Xerophytes)**: النباتات التي تعيش في البيئة الصحراوية القاحلة والتي تتعرض الى ندرة المياه.
3- **النباتات المائية (Hydrophytes)**: النباتات التي تعيش في البيئة المائية.
4- **النباتات الملحية (Halophytes)**: على النباتات القادرة على العيش في بيئات ملحية.

نباتات الجفاف (XEROPHYTES)

ان ندرة الماء في البيئة الصحراوية ادت الى ظهور تحورات على جسم النبات سواء كانت هذه التحورات خارجية أو داخلية ويطلق مصطلح نباتات الجفاف (Xerophytes) فقط على تلك النباتات التي تستطيع العيش تحت ظروف الجفاف وتتحملها عن طريق تحورات خلقية في تركيبها الداخلي والخارجي. ومما يجدر الاشارة اليه وأخذه بنظر الاعتبار أنه بجانب المناطق البيئية ذات الجفاف الحقيقي توجد أنواع من البيئة التي تولد ظروف جفافية من الناحية الفسيولوجية كالمستنقعات المالحة (swamps) التربة شديدة القلوية، حيث يتعذر على النبات الحصول على حاجته الكاملة من الماء. وفي بيئات أخرى قد يتعذر على النباتات امتصاص الماء في فترة معينة من السنة وذلك للانخفاض الشديد في درجة الحرارة في هذه الفترة. تحت هذه الظروف يتعذر على النباتات امتصاص الماء فيتطلب ذلك داخلياً وخارجياً وجود تلك التحورات التي تظهر في نباتات الجفاف الحقيقية. وفي بعض الحالات لا تتحور النباتات بدرجة كبيرة من أجل أن تتلائم وظروف الجفاف انما تكتفي بمجرد تكوين جذور كبيرة وعميقة أو جذور غزيرة التفرع لكي تحسن قدرتها على امتصاص الماء. ولكن لمعظم نباتات الجفاف تحورات تركيبية Modification. ويمكن تلخيص هذه التحورات فيما يأتي :-

1. تقوية البشرة:

في معظم نباتات الجفاف تتغلف البشرة بطبقة سميكة من الأدمة (thick Cuticle) وذلك بجانب تغلظ جدرانها بمادة الكيوتين (cutin) وبالاضافة الى عملية الكيتنة هذه قد تتغلظ الجدران كذلك بمادة اللكنين أو بطبقات شمعية سميكة أحياناً وذلك للاقلال من فقدان الماء الى أقل قدر ممكن.

2- تكوين كميات وفيرة من النسيج السكلرنكيمي :

تتميز نباتات الجفاف بوجود نسب كبيرة من الخلايا السكلرنكيمية ولاسيما في الأوراق مقارنةً بما يوجد في أوراق النباتات الوسطية، وتوجد هذه الخلايا بشكل طبقة أو طبقتين تقع تحت البشرة والنسيج المتوسط . وتقوم الصفائح أو الأشرطة السكلرنكيمية بمنع فقدان الماء من ناحية ، وكدعامة ميكانيكية عند تعرض النبات للجفاف من ناحية أخرى. وتسمى نباتات الجفاف التي تتكيف عن طريق توفير الأنسجة السكلرنكيمية في أوراقها نباتات الجفاف متصلبة الأوراق (Hard Leaves Xerophytes)

3- وفرة الشعيرات

تكون الكثير من نباتات الجفاف شعيرات كثيرة على السطوح السفلية للأوراق أو على الثغور، فتتكون بذلك عن طريق الشعيرات شبكة متماسكة تستطيع أن تحتفظ بالهواء المحيط بالثغور بدرجة عالية من الرطوبة وبهذه الطريقة تقل حركة الهواء المتاخم لسطح الورقة وبالتالي ينعدم التبخر السريع للماء من الثغور، ويدعى هذا النوع من نباتات الجفاف بنباتات الجفاف شعرية الأوراق (mrichophyllous Xerophytes) ومن أمثلتها ورقة نبات الدفله .

4. انطواء الأوراق

في بعض أنواع الأوراق لا سيما النجيليات تقوم بعملية الانطواء عندما يشتد الجفاف فتعزل الثغور عن الجو الخارجي الجاف وعن التيارات الهوائية كما في ورقة قصب الرمال . وتقوم بهذه العملية مجموعة من الخلايا يطلق عليها اسم (Motor Cell) أو (Bulliform cells).

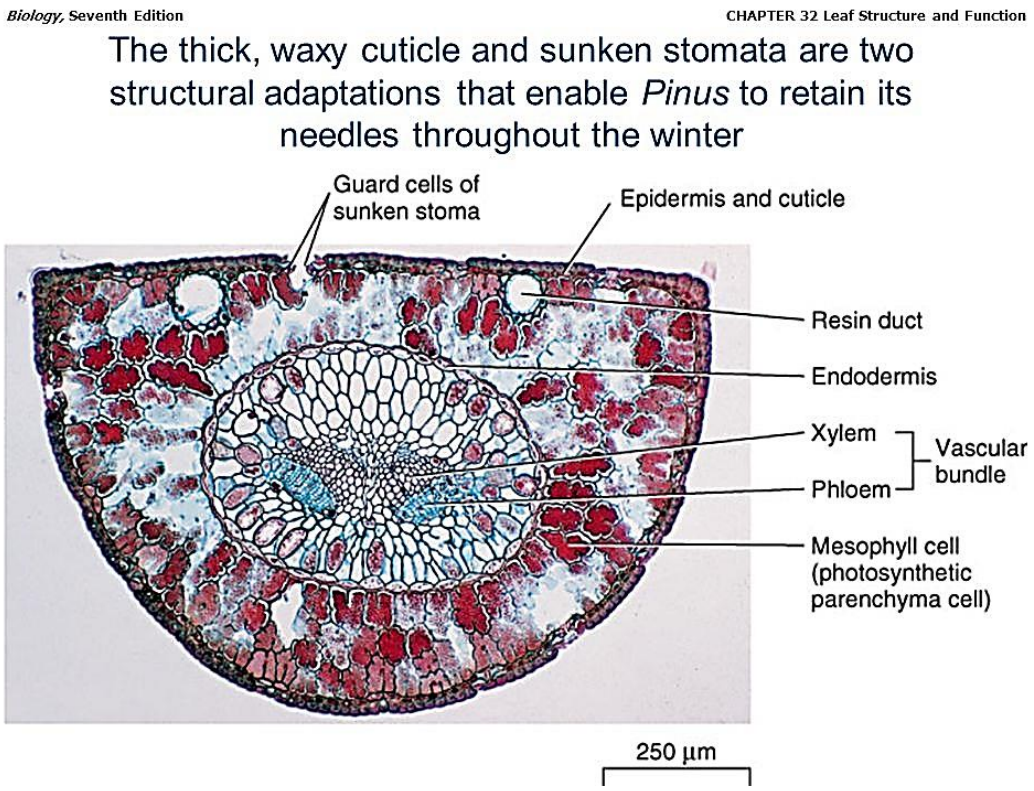
5 -الثغور من حيث تركيبها وموضعها :

تعتبر الثغور الممر الرئيسي لخروج الماء من داخل جسم النبات، ولذلك فان وجود عدد كبير منها يؤدي الى فقدان زائد للمحتوى المائي خلال عملية النتح وعكس ذلك يبقى النبات محتفظ بكميات كبيرة الماء لذلك فان الثغور في بعض نباتات الجفاف تقع على مستوى منخفض أي غائر (sunken) تحت تجويف خاص يسمى بالغرف الهوائية الخارجية ، وفي مثل هذه التجاويف يظل الهواء الجوي فيها محتفظاً بدرجة عالية من الرطوبة مما يعمل على خفض معدل النتح في الثغور كما في ورقة نبات هاكيا، وفي حالات أخرى تنتظم الثغور في قاع تجاويف مشتركة تنتشر على سطح الورقة كما في ورقة نبات الدفلة *Nerium*. أو قد تكون الثغور على جانبي شقوق خاصة تحتفظ بهواء عالي الرطوبة.

6 -اختزال سطح (نصل) الورقة :

تلجأ بعض النباتات الصحراوية (نباتات الجفاف) الى تخفيض معدل النتح عن طريق تقليل السطح الناتح، وذلك بحملها لأوراق صغيرة وتسمى هذه النباتات نباتات الجفاف صغيرة الأوراق (microphyllous Xerophytes) مثل أذناب الخيل والصنوبر وكشك الماز (Asparagus)

Folded parenchyma



نباتات الجفاف اللحمية FLESHY XEROPHYTA

هذه النباتات تمتاز باوراقها وسيقانها اللحمية حيث تحتوي على نسيج خازن للماء بالاضافة الى المواد الهلامية ، وهذا الماء يفيد في فترة الجفاف والخلايا الخازنة هي خلايا بارنكيمية حية تمتاز بكر حجمها والسايتوبلازم يكون محيطها وذات فجوة كبيرة واسعة مملوئة بالماء او السائل الهلامي، وهذا النسيج الحازن قد يؤدي مهمة سد حاجة النبات الى الماء أثناء الجفاف، كما أنهُ يحفظ الأنسجة الداخلية من أشعة الشمس الحارة الساقطة على سطح النبات، والنسيج الخازن للماء يكون موقعهُ **(خارجياً أو داخلياً)** كما في تين المطاط والبجونيا في الحالة الاولى والصبار وحي العلم في الحالة الثانية.

اما الاوراق المتشحمة السميكة تكون الحزم الوعائية بشكل عمود وعائي ويكون النسيج المتوسط عادي متماسك.

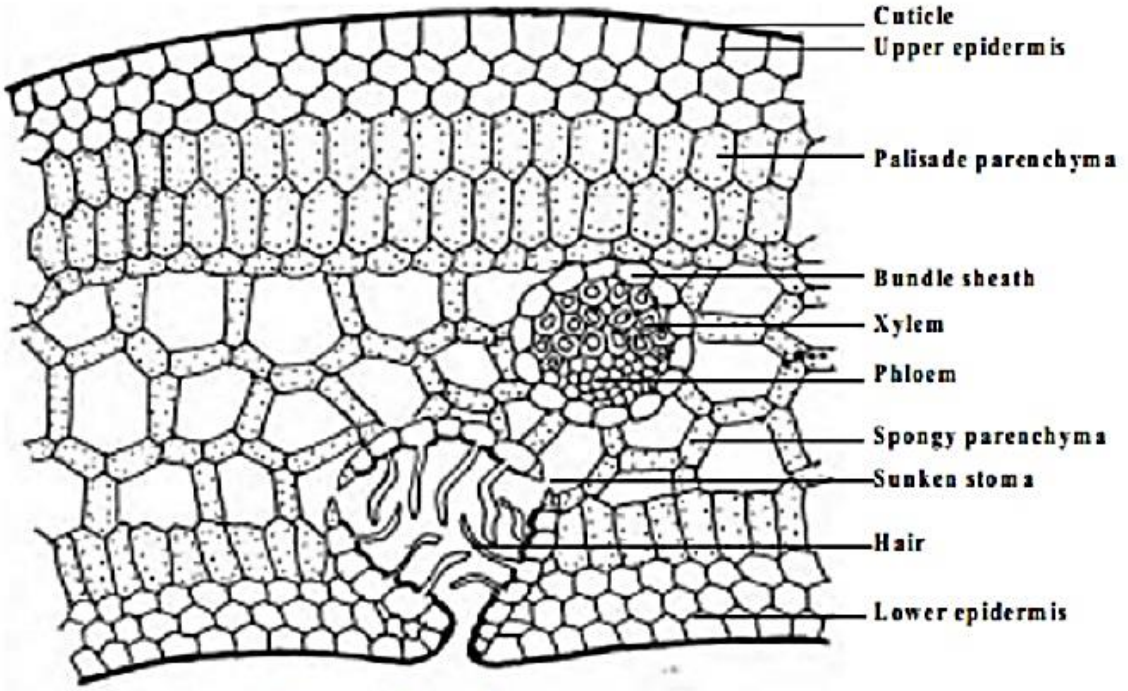


Fig : T.S> of Nerium leaf

النباتات المائية HYDROPHYTES:

تتحور النباتات المائية أيضًا لكميات تتلائم مع بيئتها الا ان التحورات التركيبية الخاصة بالبيئة المائية قليلة أذا ما قورنت بتلك التحورات الخاصة بالبيئة الجافة، فالعوامل التي تؤثر على النباتات المائية تتضمن أساساً درجة الحرارة والتهوية الكافية والتركيز الأزموزي والسمية وغيرها . ويتوقف العاملان الأخيران على ما يحتويه الماء من مواد مذابة فيه، وتحدث التحورات التركيبية في النباتات المائية عن طريق أختزال الأنسجة الواقية والدعامية والموصلة بالاضافة الى زيادة المسافات البيئية خلال الأنسجة الداخلية.

التحورات التي توجد في النباتات المائية تتضمن درجة الحرارة والتهوية والتركيز الازموزي وتحدث التحورات عن طريق اختزال الانسجة الواقية والدعامية والموصلة بالاضافة الى زيادة المسافات البينية . ويمكن ايجاز التحورات كالاتي.

1. البشرة :
   أ. تفقد وظيفتها الوقائية
   ب. تقوم بامتصاص الماء والغازات والاملاح .

ج. رقة طبقة الكيوتكل .
د. تحتوي على الكلوروفيل .
هـ. الثغور توجد في الاجزاء الطافية وتختفي في الاجزاء المغموره.
و. الثغور خالية من الفراغ الامامي والفراغ الخلفي Front & back cavities حية ان افتتاح الثغور يحدث كنتيجة لتباعد وتقارب بروزات الثغرات المتأدمة عوضاً عند جدرانها المبطنة.

2. الشكل العام للاوراق:

الاوراق المغموره تكون مشرشرة عادة وذلك لزيادة سطح الامتصاص ومقاومة التيار المائي. وبعض النباتات تمتاز بكونها ذات اوارق متباينة Heterophylly : ان الاوراق المتكونه تحت الماء تكون بشكل والخارج الماء تكون بشكل آخر كما في بعض انواع الـ *Rannunculus* . واحياناً توجد ثلاثة انواع كما في ساجيتاريا *Sagittaria* . التي تعيش في الماء الضحل تمتلك ثلاث انواع من الاوراق، المغموره شريطة Linear والطافية رمحية والهوائية سهمية اما التي تعيش في المياه العميقة تكون اوراقها شريطية. الاوراق الطافية كاملة الحافه والنسيج التمثيلي يحيط بالورقة لان الضوء لايصل الى النصل المغمور من جميع النواحي.

3. الغرف الهوائية :

تمتاز اوارق النباتات المائية بأحتوائها على مسافات بينة واسعة تستخدم لخزن الهواء للاستفادة منه في التنفس والتمثيل الضوئي ، ويكون النسيج البارنكيمي من النوع Aerenchyma رقيقة الجدران صغيرة الحجم.

4. أختفاء النسيج السكلرنكيمي:

يختفي النسيج السكلرنكيمي في النباتات المائية وان وجد فيكون ضعيف التكوين ويعتمد النبات على الماء ذاته كدعامة لهُ.

5. اختزال الانسجة الوعائية والماصة:

يحدث امتصاص الماء والاملاح في النباتات المائية على المياه المحيطة خلال السطح المغمور للنبات، ولذلك فالنظام الجذري يكون مختزلاً وتختفي الشعيرات الجذرية تماماً، وكذلك فأن عناصر الخشب Xylem canal تتكون بالطريقة الأنفصالية Schizogenously وتحاط قناة الخشب بخلايا برنكيمية ويليها من الخارج باللحاء.

(صورة لنبات الإيلوديا)

صورة لأحد النباتات الطافية

قطاع عرضي في ورقة نبات طافي