مادة التشريح النظري / المرحلة الاولى

ا.م.د. رغد نواف جرجيس

م.د. غزوان قاسم

العام الدراسي 2021-2022

علم تشريح النبات plant Anatomy

وهو العلم الذي يهتم بدراسة التركيب الداخلي للجسم النبات عن طريق تشريح اعضاءه المختلفة ودراسة مواقعها والأنسجة المكونة لهذه الاعضاء وتكيفها للقيام بوظائفها المختلفة.

الخليه النباتيه The plant cell

تمثل الخليه النباتيه وحده البناء والوظيفه في اجسام النباتات حيث تتم معظم التفاعلات الكيميائيه المعقده الخاصه بحياه النبات فيها .

وتوجد انواع متعددة من الخلايا في اجسام النباتات الراقيه وتختلف هذه الخلايا في التركيب والوظيفة والحجم والترتيب

وتتكون الخلية النباتية من

أولا: جدار الخليه The cell wall

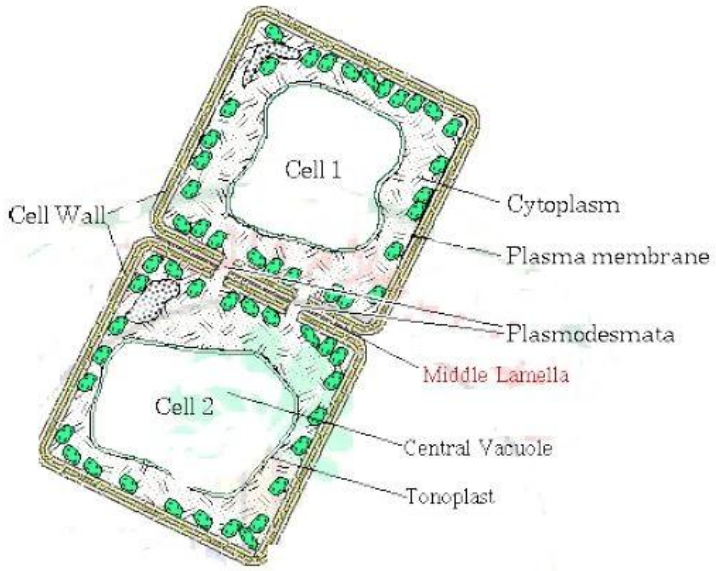
ثانيا: البروتوبلاست protoplast

جدار الخلية

يوصف الجدار في الخلية النباتية بكونه جدار حقيقي ميت يتميز بوجود ماده السليلوز التي تخلو منها الخلايا غير النباتية ويتكون جدار الخلية نتيجة لنشاط البروتوبلاست، ويعتبر طبقه غير حيه تحيط بالخلية.

اما تمدد الجدار واتساعه اثناء النمو فلا يعتبر دليلا على حيويته فهو في هذه المرحلة يكون رقيقا وقابل للتمدد ولذلك فهو يتسع نتيجته ازدياد نمو الخلية. ويكون الجدار عند بدء تكوينه رقيقا للغاية لكن تحديث له عده تغييرات سواء في السمك او في تركيبه الكيميائي.

ويظهر الجدار الخلوي مباشره بعد انقسام بشكل منطقه داكنة تتكون عند خط استواء المغزل يطلق عليها اسم فراكموبلاست وخلال فراكموبلاست. يظهر الجدار بشكل صفيحه رقيقه تسمى الصفيحة الخلوية تكون في البدايه في وضع مركزي ثم تتمدد تدريجيا نحو الخارج الى ان تصل الى جدار الخليه الام وتسمى حين اذن الصفيحه الوسطى. تتكون الصفيحه الوسطى اساسا من بكتات الكالسيوم والمغنيسيوم ويقوم بعد ذلك البروتوبلاست بترسيب غشائين رقيقين على جهه الصفيحة الوسطى مكونا ما يسمى بالجدار الابتدائي وعندما تصل الى كامل نضجها قد يتكون في الجدار الابتدائي الصفيحه الوسطى ويطلق عليه عندئذ الصفيحة الوسط المركبة.



شكل يوضح طبقات الجدار الخلوي

وفي حالات كثيره يحدث تتغلظ اخر يضاف الى الجدار وذلك بعد وصول الخليه الى كامل نضجها هذا التغظ يكون جدار اخر فوق الجدار الابتدائي يعرف بالجدار الثانوي الذي يتكون في بعض الخلايا النباتيه.

طبقات الجدار

يتميز جدار الخليه النباتيه في كثير من الاحيان الى طبقات يختلف بعضها عن بعض في عدد من الوجوه بما في ذلك التركيب الكيميائي وكذلك نسبه الماء وبعض الصفات الفيزيائية وعلى هذا الاساس يمكن تمييز الطبقات التالية في الجدار الخلوي الى مايلي:

اولا الصفيحة الوسط Middle Lamella

يطلق عليها ايضا المادة البينية Intercellular Substances

التي تقوم رابط الجدارين الابتدائيين المتصلين بها وتتركب الصفيحة الوسطى بشكل اساسي من بكتات الكالسيوم والمغنيسيوم.

2- الجدار الابتدائي Primary Wall

يمثل الجدار الابتدائي اول جزء من الجدار يضاف من قبل البروتوبلاست على الصفيحة الوسطى وتحصل اضافته في المراحل التي تكون فيها الخلايا لا زالت في حالة نموفي السطح وفي الحجم . يتكون الجدار الابتدائي من مواد بكتينية Pectic Substances سليلوز ومواد غير سليلوزية ومواد اخرى ، وتكون الياف السليلوز مرتبة بشكل منسق ، السليلوز في الجدار يكون على هيئة حزم من ليفات يطلق عليها الليفات الكبيرة Macrofibrils وتتكون الاخيرة بدورها من مجموعة وحدات اصغر يطلق على كل ليفة ليفة دقيقة Microfibrils .تتكون كل ليفة دقيقة من حزمة من الوحدات كل وحدة سلسلة من جزيئات السليلوز

ويوجد الجدار الابتدائي في سائر الخلايا النباتية وقد يبقى هو الجدار الوحيد كما في الخلايا المرستيمية Meristematic Cells ومعظم الخلايا البرنكيمية والكولنكيمية ومعظم خلايا البشرة.ويتميز الجدار الابتدائي كونه يحيط عادة بخلايا تبقى حية وفعالة بعد النضج وذلك عندما يبقى هو الجدار الوحيد بالخلية .كما انه يتميز بانه رقيق نسبيا الا في حالات خاصة .

الجدار الثانوي Secondary Wall

وهو الجدار الذي يضاف على الجدار الابتدائي في بعض انواع الخلايا وذلك باكتمال النمو السطحي والحجمي للخلية ، اي ان تكوين الجدار الثانوي يبدأ بعد وصولها الى حجمها النهائي ، كما انه يتميز بكونه يزيد من سمك الجدار بصورة مطردة دون حدوث زيادة في سطح الجدار.

المواد التي تدخل في تركيب الجدار الثانوي تتكون من السليلوزCellulose الذي يؤلف في الغالب الجزء الاكبر من الجدار والسكريات المتعددة غير السليلوزية هذا بالاضافة الى مواد اخرى مثل اللكنين Lignin والسوبرين Suberin ، ويتميز الجدار الثانوي بخلوه من المواد البكتينية الحقيقية .

وغالبا ما يكون الجدار الثانوي مقترنا بخلايا تموت بعد تمام نضجها خلافا لما عليه الحال في الجدار الابتدائي ، ويتم تكوين الجدار الثانوي والبرتوبلاست ما زال حيا ، اما اذا فقدت الخلية حيويتها فلا يمكن حدوث اية زيادة في سمك الجدار ولا في تركيبه الكيمياوي عادة ، وخلافا لما عليه الحال في الجدار الابتدائي فان الجدار الثانوي يقتصر وجوده في انسجة وخلايا معينة حيث يوجد في :-

1- العناصر الناقلة في الخشب Tracheary elements كالاوعية Vessels والقصيبات Tracheids

2- النسيج السكلرنكيمي Sclerenchema كالالياف Fibres والخلايا الحجرية Stone Cells

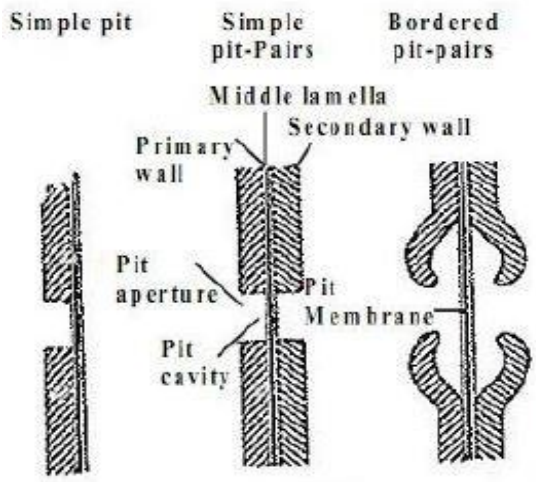
3- بعض الخلايا البرنكيمية كتلك التي في نسيج الخشب

4- النسيج الفليني Cork

5- في بعض طبقات البشرة كتلك التي في الصنوبريات والنباتات دائمة الخضرة.

النقر Pits

تنشأ النقر في بادئ الامر على هيئة ما يسمى بحقول النقر الابتدائية Primary Pit Field تظهر بالجدار الابتدائي وعند تمدده نتيجة نمو البروتوبلاست وزيادته في الحجم ويزداد ظهورها بازدياد الجدار الابتدائي في السمك ، حيث تمثل هذه الحقول مناطق رقيقة في الجدار الابتدائي ، وعندما يتكون الجدار الثانوي تظهر النقر بشكل واضح على هيئة تجاويف او انخفاضات ، وعادة هذه النقر متقابلة في الخلايا المتجاورة ويفصلها عن بعضها غشاء رقيق يتالف اساسا من الصفيحة الوسطى .



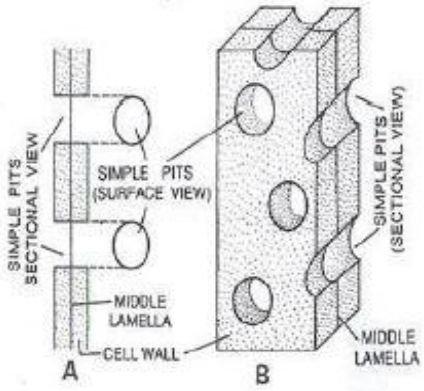
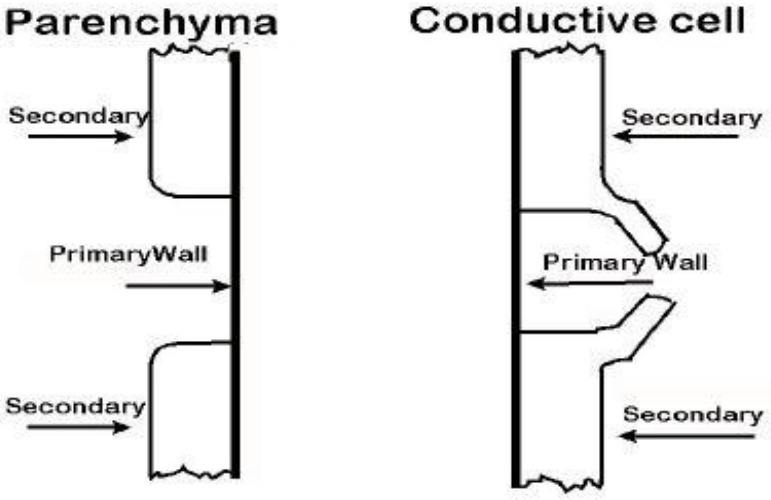


Fig. 34.12. Simple pits. A, cell-wall having two simple pits showing sectional and surface views; B, portion of a cell wall showing some simple pits—sectional view (right top) surface view (front).



يوضح تركيب النقرة البسيطة

يتميز في النقر التراكيب الاتيه :-

1- غشاء النقرة Pit Membrane المكون من الصفيحة الوسطى والجدار الابتدائي .

2- تجويف النقرة Pit Cavity يقع بين الغشاء وتجويف الخلية .

3- فتحة النقرة Pit Aperture وهي الفتحة الموجودة في نهاية تجويف النقرة عند التقائه مع تجويف الخلية .وهناك عدة انواع من النقر منها النقر البسيطة ، النقر المصفوفة والنقر المتشعبة .

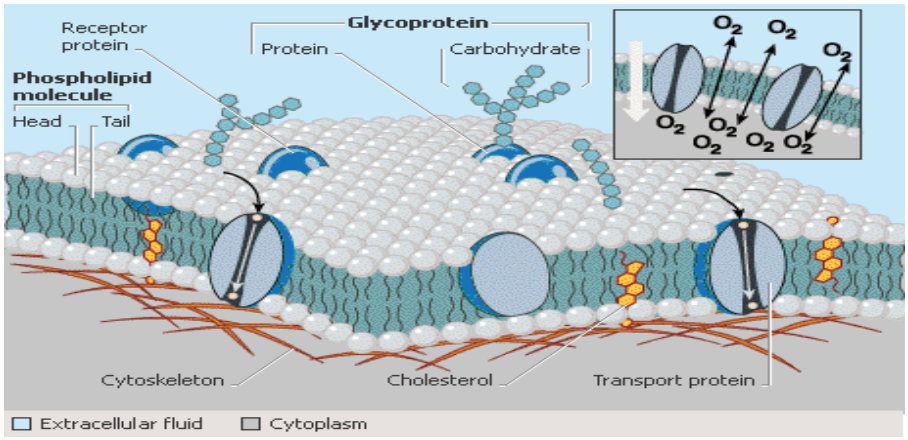
المحاضرة الثانية : تشريح نبات

د. رغد نواف الزيدي

ثانيا البرتوبلاست – ويتكون من

أولا المكونات الحية

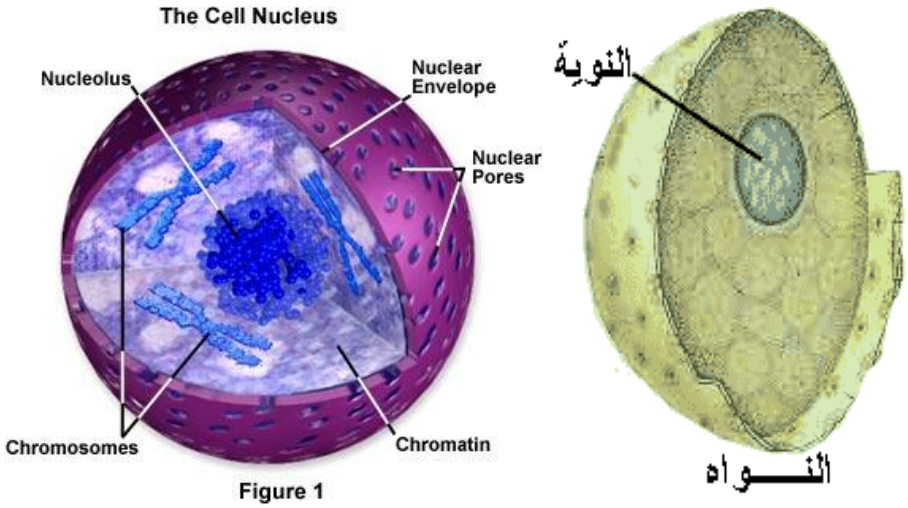
1- غشاء الخلية : Cell Membrane
ويقوم بفصل محتويات الخلية عن البيئة المحيطة، وغشاء الخلية يحتوى على فتحات صغيرة للغاية وهذه الفتحات تسمح بمرور الجزيئات الصغيرة جدا بجانب وظيفة الحماية.



شكل يوضح: تركيب التشريحي لغشاء الخلية

الأغشية البلازمية: هو عبارة عن طبقتين من بروتين يفصل بينهما طبقة دهنية. وهى أغشية إختيارية النفاذية أي لها لبقدرة على التحكم في دخول الذائبات والمذيبات.

2- **النواة : Nucleus** هي مركز التحكم الرئيسي في الخلية التي تتحكم في نشاط الخلية والنواة ضرورية لتكاثر الخلية وداخل النواة نرى الكروموسومات والجينات (وهما المسئولان عن تحديد الصفات الوراثية التى تتكون من ألـ DNA الذي هو موضح التعليمات لتكوين جزيئات البروتين). والنواة عبارة عن جسم كروي أو بيضاوي توجد وسط السيتوبلازم وتختلف حسب نوع الخلية ونوع النبات، وتتميز عن السيتوبلازم بأنها أكثر لزوجـــة من السيتوبلازم. وتحتوي النواة على نوعين من الأحماض النووية الأساسيـــة : هما RNA.DNA .



شكل يوضح: التركيب التشريحي للنواة في الخلية

التركيب التشريحي للنواة

الغلاف النووي: وهو غلاف رقيق يتكون من غشائيين يشبهان في تركيبها الأغشية البلازمية. يحمل على سطحه الخارجي ريبوسومات. يوجد بالغلاف النووي ثقوب تمتلئ بمادة لزجه تفصل بي السائل النووي و السيتوبلازم. يمكن اعتبار الغلاف النووي ضمن الشبكة الغشائية للخلية لإتصاله في أجزاء متعدد منه الشبكة الأندوبلازمية.

السائل النووي: هي مادة هلامية كثيفة غنية بالبروتينات الدهنية والحمض النووي RNA.

النوية: توجد وسط السائل النووي ونوية واحد أو أكثر. والنوية جسم كروي أو بيضاوي أكثر لزوجة من السائل النووي. النويه غنية بالحامض النووي الـ RNA والبروتينات وبها قليل من الـ DNA.

الشبكة الكروماتينية : وتتكون من الكروسومات و الهستونات وهما مرتبطان معاً حيث يعمل الهستون على حفظ جزئ الـ DNA من الضغوط الواقعة عليه من الخارج .

الكروسوم:- يتكون من وحدتين طويلتين تسمى كل وحدة بالكروماتيد. يلتحمان معاً في جزء ضيق يسمى بالسنترومير و يتكون كل كروماتيد من

الماتركس: وهو عبارة عن بروتين وأحماض نووية.

مـــادة DNA: هو تركيب منغمس في الماتركس ويكون ملفوف على هيئة سلسلتين حلزونتين من النيوكليوتيد. وظيفة DNA هو التحكم في الصفات الوراثية والتفاعلات الحيوية للنبات.

3- الميتوكندريا : Mitochondria

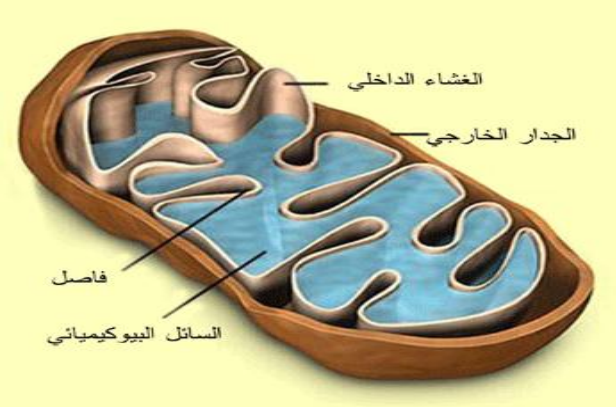
وهى المسئولة عن توفير الطاقة اللازمة لعمل الخلية عن طريق تكسير المواد الغذائية بواسطة الأكسجين وينتج من ذلك طاقة تختزن فى مركب ATP ولذلك تسمى الميتوكندريا (بيت طاقة) **الخلية**.

وتعرف الميتوكوندريا بأنها عبارة عن أجسام بروتوبلازمية حيه لها القدرة على النمو والأنقسام .

تركيب الميتوكوندريا وتتركب الماتوكوندريا من :

1- غلاف يتكون من غشائين يبنهما فراغ .

أ- الغشاء الداخلي: متعرج وذو نتوءات تمتد للداخل تسمى الرشراشات ويوجد الآف من جسيمات دقيقة (تتركب من رأس كروي وساق وقاعده) متصلة بالغشاء.

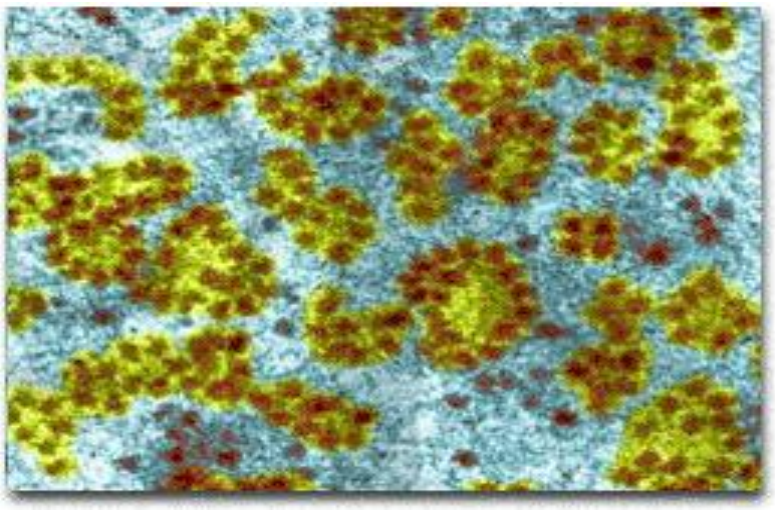


شكل يوضح تركيب الداخلي للميتوكندريا في الخلية.

ب- الغشاء الخارجي:

ت- - الحشوة وتتكون من DNA و ريبوسومات و حبيبات غامقة.

4- الريبوسومات : Ribosome's هى مكان جزيئات البروتين وكذلك تصنيع المواد الحيوية، وهى عبارة عن خطوط إنتاج حيث يحدث التصنيع الحقيقي للبروتين وهذا البروتين أساس للحياة والعلماء يعتقدون أنه إذا عرفنا بالتفصيل الدقيق ما يحدث فى الربيوسومات فأننا سوف نكون قد وصلنا إلى سر الحياة.وعموماً، **تعرف الريبوسومات** بأنها عبارة عن أجسام بروتوبلازمية صغيرة. توجد حرة في السيتوبلازم أو على الشبكة الأندوبلازمية الخشنة. أما الريبوسومات الموجودة في البلاستيدات الخضراء أوفي الميتوكندريا أصغر حجماً عن المعتاد وتتركب من وحدتين غير متساويتين، كرويه الشكل أوبيضاوية. وتتكون الوحدة من بروتين مختلط بالـ حمض النووي RNA. وتربط عادة في مجاميع بواسطة الحمض (RNA المرسول) وتعرف بعديد الريبوسومات.



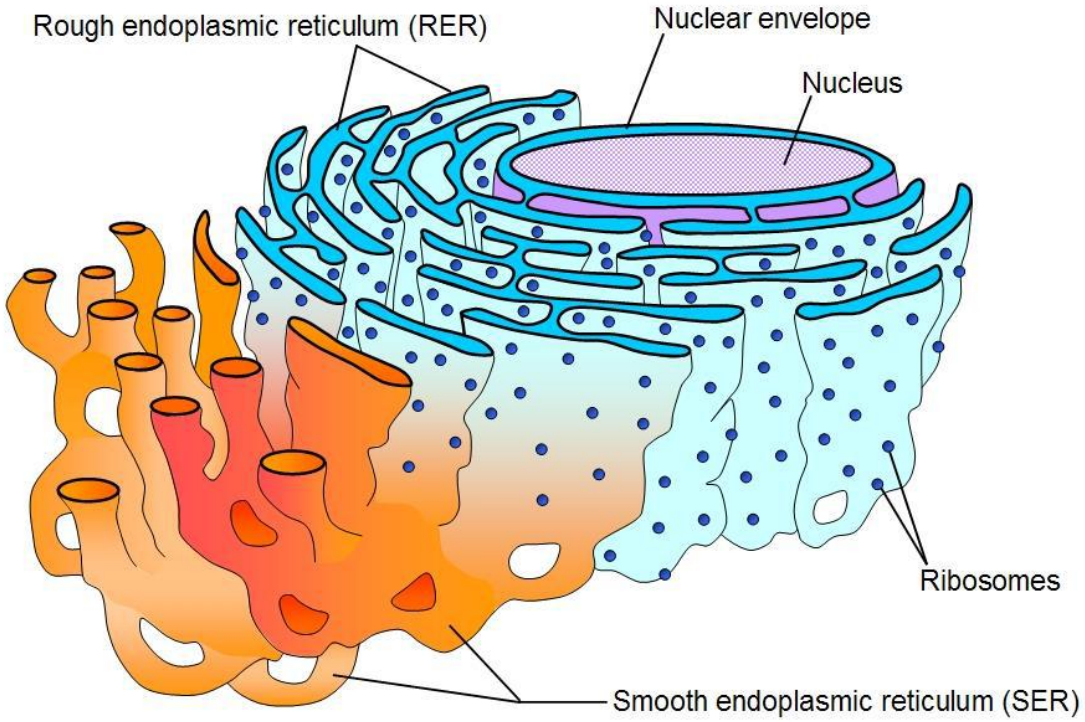
الشكل يوضح: مكان الريبوسومات في سيتوبلازم الخلية.

5- الشبكة الاندوبلازمية : Endoplasmic Reticulumهى قنوات أو أنابيب ملتوية في سيتوبلازم الخلية، وتعمل كأنها دورة دموية مصغرة داخل الخلية وذلك لأنها مزودة بشبكة من القنوات تنتقل خلالها المواد مثل البروتين من جزء إلى أخر.

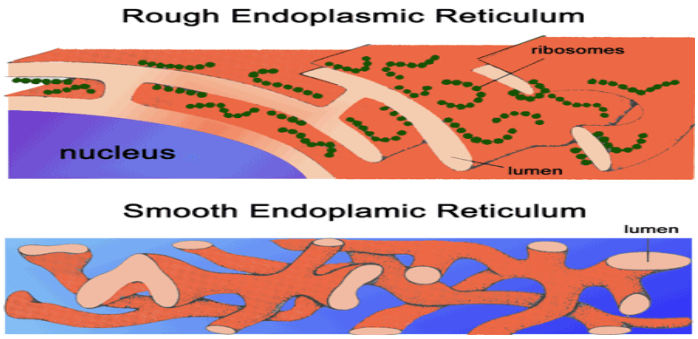
قد تكون الشبكة الاندوبلازمية خشنة المظهر بسب حملها لجسيمات الرايبوسومات وعندئذ تسمى Rouph Endoplasmic Reticulumوملساء عند غياب هذه الجسيمات Smooth Endoplasmic Reticulum,,وقد تتصل بالغشاء البلازمي الخارجي والغلاف النووي وكذلك قد تتصل بجهاز كولجي فتكون مايشبه النظام المتواصل ..... المرتب في الخلية

وظائفها

1- يعتقد انها تكون الغشاء النووي خلال عملية الانقسام غير المباشر
2- خزن المواد الحيوية داخل الخلية ومنها البروتينات
3- تكون الشبكة الاندوبلازمية متصلة بين الخلايا عبر القنوات السايتوبلازمية Plasmodesmataلهذا تسهل حركة المواد الحيوية والغذائية بين الخلايا

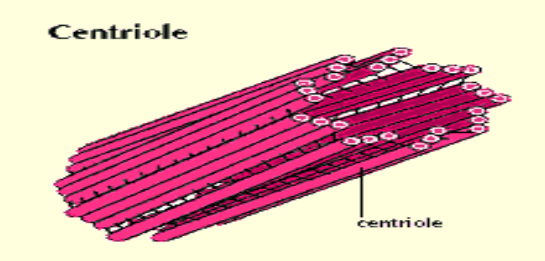


الشكل يوضح: التركيب التشريحى للشبكة الأندوبلازمية.



الشكل يوضح: التركيب التشريحى للشبكة الأندوبلازمية الخشنة والناعمة على التوالي

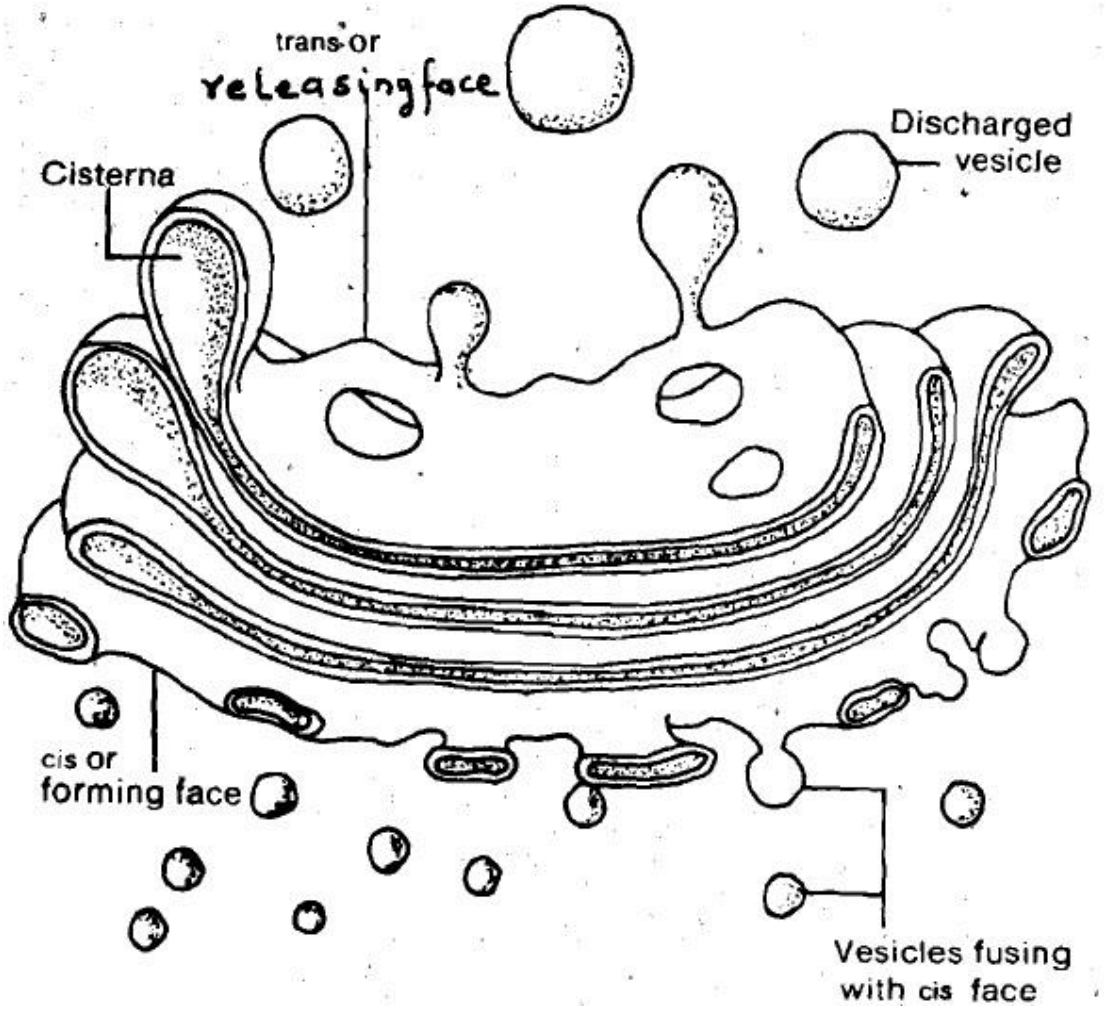
6- السنتريول (الجسم المركزى): Centrioles هي عبارة عن أجسام بروتوبلازمية صغيرة كروية الشكل توجد في الخلية النباتية. وهى المسئولة عن تكوين الجسم المركزى (السنتروسوم) وقد يوجد ملاصق للنواة أيضاً ويكون عبارة عن زوج يلعب دوراً هاماً في انقسام الخلية مما يساعد على نمو الجسم ، و يتكون من حشوه بروتينية تحاط بغشاء مفرد.



الشكل يوضح: التركيب التشريحي للسنتريول (الجسم المركزي) بالخلية النباتية.

7- أجســـام جولجي: Golgi Complex

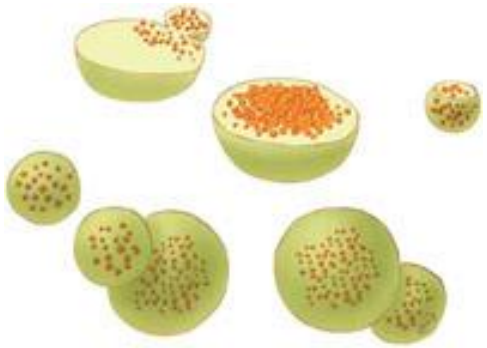
أغشيه مسطحه Flat membranes قد تكون بسيطه أو معقدة التراكيب ويحيط بها عدد من الحويصلات تنشأ عن طريق الأنفصال Pinching-off process وقد تتجمع لتكون فجوات بها مواد إفرازيه اذ تقوم بوظيفة الإفراز كما فى إنتاج الإنزيمات المخاطية الهاضمة بواسطة البنكرياس وتكثر أجسام جولجي في الخلايا الأفرازيه الحيوانيه والنباتيه حيث تدعى في الخلايا النباتيه الدكتوسوم Dictosomes، وتقوم بتغليف المواد المراد إفرازها للخارج ولها دور مهم في تكوين مختلف الأغشية الخلويه وخاصة الغشاء البلازمي والشبكة الأندوبلازميه والليسوسومات ومن وظائف أجسام جولجي إنها تلعب دورا هاما في التكامل الوظيفي للأغشيه المختلفة. والأغشية المرتبطة والمفلطحة والمنبسطة وعديد من الحويصلات الكروية الصغيرة تظهر كمجموعة حول هذه الأغشية ويطلق علي هذه الأوعية والحويصلات أجهزة جولجي. والحويصلة عبارة عن بروتين ودهون وتحتوي بداخلها بروتين وكربوهيدرات والمواد الإفرازية. ومن المعتقد انها ترتبط بتكوين الصفيحة الخلوية Cell Plate،



الشكل يوضح: التركيب التشريحي لجهازكولجي بالخلية.

8- الأجسام المحللة (الليسوزومـــات): Lysosomes

هي حويصلات خلوية متفاوتة الحجم حجمها حوالي 5. ميكرومتر. وهي كالأكياس الصغيرة المحاطة بغشاء رقيق. وتتميز بإحتوائها على أنزيمات تحلل مائي.



الشكل يوضح: التركيب الليسوسومات (الأجسام المحللة) بالخلية النباتية.

9- الأجسام الدقيقــة: تراكيب حويصيلة غشائية تشبه لحد كبير الأجسام المحللة. كروية قطرها 1.5 ميكرومتر قد تحتوي على تراكيب بلورية. و تنشأ من الشبكة الأندوبلازمية عن طريق التبرعم. تصنف إلى نوعين:

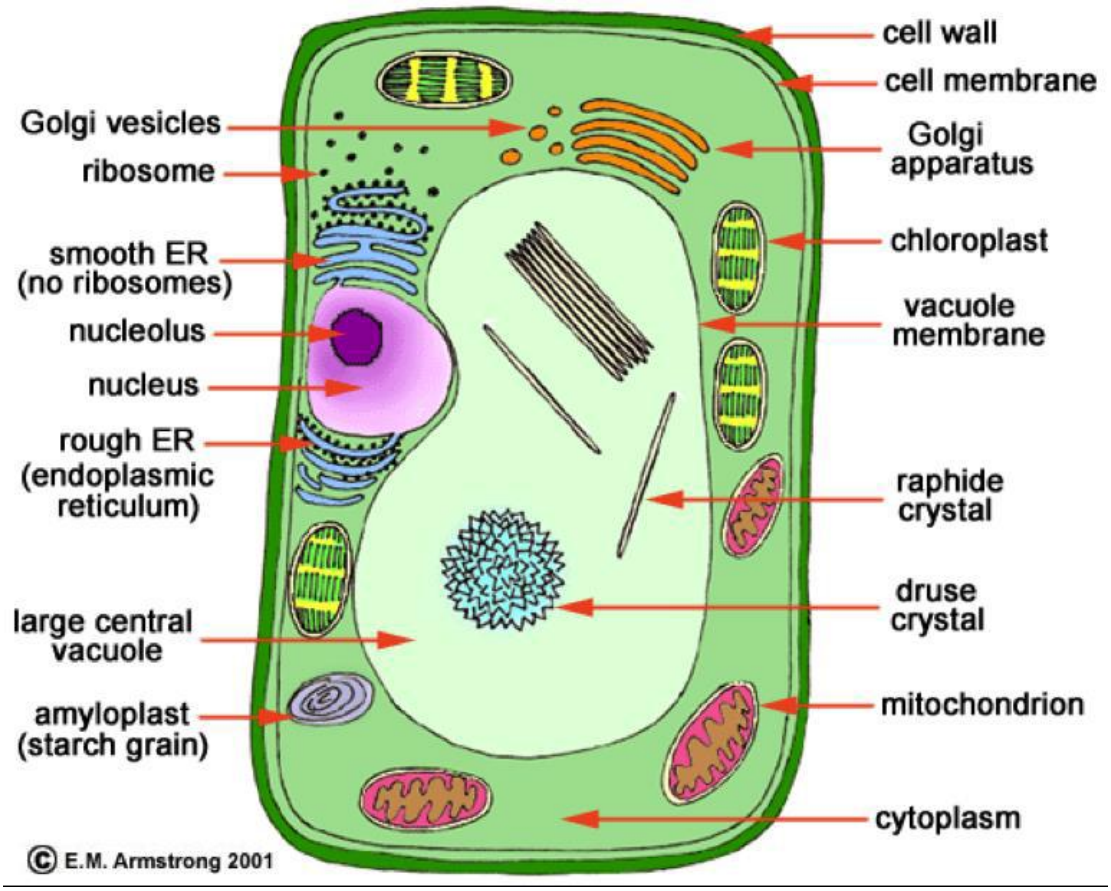
1- الأجسام البيروكسية: هي تتكون من بيروكسيد الهيدروجين وهي مرحلة وسطية لأنبيرواكسيد الهيدروجين سام لتحلله مبــاشرة ل مأء وأكسجين بواسطة أنزيم الكتاليز.
2- الأجسام الجلايوكسية: توجد في الخلايا النباتية لبعض البذور في مرحلة الإنبات فقط .

10- الأنابيب الدقيقة : عبارة عن أغشية بروتينية عصوية الشكل جوفاء صلبة، تمثل الهيكل الأساسي للسيتوبلازم وتساعد على الحركة الانسيابية للسيتوبلازم، كما تحدد مكان الانقسام للنواة .

المحاضرة الثالثة /تشريح نبات

د.رغد نواف الزيدي

11- السايتوبلازم Cytoplasm سائل هلامي لزج عبارة عن محلول غروي ويطلق عليه أيضاً بالسيتوسول. وهى مادة حية تملأ الخلية، ويكون الماء في كثير من الاحيان 85-90% من الوزن الطري .يوجد خارج النواة وداخل غشاء الخلية والسيتوبلازم هو موضع أغلب أنشطة الخلية وهو عبارة عن محلول غروي متجانس نسبياً ويحتوي على (الريبوسومات – أجسام كروية - النواة - البلاستيدات – الميتوكوندريا).



شكل يوضح الخلية النباتية

ويتميز السايتوبلازم **بما يلي**

- الحركة الإنسيابية يتحرك السيتوبلازم في أتجاهات عديده أو من خلية إلى أخرى خلال القنوات السيتوبلازمية المعروفة بالــروابط البلازمية
- قدرة السايتوبلازم للإستجابة للمؤثرات الخارجيـة في الأسراع أو الأقلال من الحركة .
- التحول الغذائي ويشمل عمليتي الهدم والبناء .
- ظاهرة التكاثر.
- ظاهرة النمو

12- البلاستيدات

هي أجسام برتوبلازمية قابلة للانقسام موجودة في السايتوبلازم وتفصله عنه اغشية خاصة وتعتبر البلاستيدات صفة مميزة للخلايا النباتية حيث انها غير موجودة في الخلايا الحيوانية ويعدم وجود البلاستيدات في بعض الخلايا النباتية مثل الطحالب الخضر المزرقة – Bue green algae والبكتريا ، في الأنسجة المرستيمية تكون البلاستيدات في حالة بدائية فيطلق عليها بدائية البلاستيدات proplasttids والتي لا تكون مميزه في هذه المرحلة وإنما تتميز عندما تتميز الخلايا حيث تتحول البلاستيدات الأولية إلى نوع أخر من أنواع البلاستيدات ، يختلف عدد البلاستيدات باختلاف الخلايا والنباتات وهي إن وجدت قد يصل عددها إلى مئات في الخلايا التي تقوم بالتمثيل الضوئي وعموما تكون البلاستيدات قليلة العدد كبيرة الحجم في النباتات الواطئة بينما تكون صغيرة الحجم كثيرة العدد في النباتات الراقية وعلى الرغم من اختلاف البلاستيدات في الشكل واللون الا إن بعضها قادر على التحول من نوع إلى أخر كما هو الحال في مراحل نضج ثمار الطماطم اذ تتحول من عديمة اللون إلى خضراء ثم تصبح ملونه ،

وتقسم البلاستيدات إلى ثلاثة أقسام

1- البلاستيدات الخضراء chloroplasts

في معظم انواع النباتات الراقية توجد في البلاستيدات الخضراء اربعة انواع من الصبغات هي كلوروفيل A، كلوروفيلB، كلوروفيلC، كلوروفيلD

ويدخل في تركيب البلاستيدات الخضراء اللبيدات والبروتينات كما لوحظت الرايبوسومات اضافة الى وجود سلاسل قصيرة من الحامض النووي DNAويلاحظ في البلاستيدات المعرضة للضوء بعض حبيبات النشا التي لاتلبث ان تتحول الى سكر ذائب ينتقل الى خارج البلاستيدة .

2- البلاستيدات الملونة chromoplast

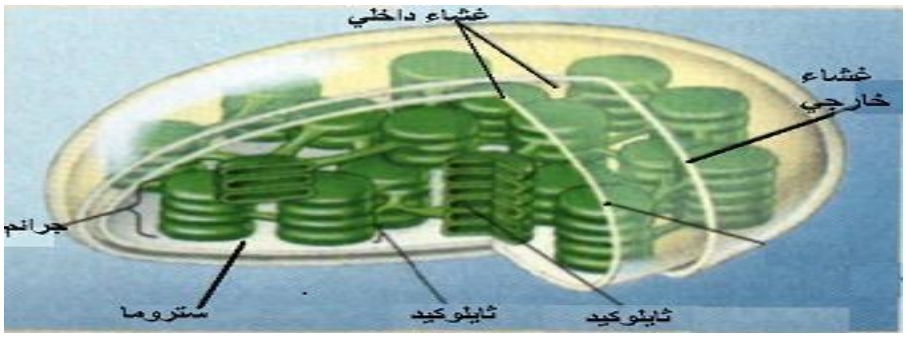
تختلف في الوانها فمنها الاحمر والاصفر والبرتقالي .....وهذا الاختلاف يعود الى اختلاف لون الصبغة فازدياد اللون الاحمر يشير الى زيادة صبغة الكاروتين وازدياد نسبة الزانثوفيل يجلب اللون الاصفر .....وهكذا

وفائدة البلاستيدات الملونة تكمن في جذبها للحشرات وبالتالي تساعد في عملية التلقيح

3- البلاستيدات عديمة اللونLeucoplast

توجدفي الخلايا النباتية غير المعرضة للضوء . لذلك فهي توجد في الجذور والبذور والدرنات والاعضاء الاخرى التي تكون النشا ، واذا تعرضت البلاستيدات عديمة اللون الى الضوء فانها تتحول الى بلاستيدة خضراء كما في ثمار الطماطة غير الناضجة وفي درنات البطاطا

وظيفتها تكوين النشا Amyloplasts، وهناك نوع اخر يقوم بتخزين الدهون Elaioplast وتكثر هذه البلاستيدات في المحاصيل الزيتية



.. التركيب التشريحي للبلاستيدة الخضراء ..

ثانيا المحتويات غير الحية في الخلية النباتية Non living components of plant cell

1- **<u>الفجوات Vacuoles</u>** تتميز معظم الخلايا النباتية الحية بوجود فجوات تحتوي بداخلها على سائل يطلق علية بالعصير الخلوي Cell sap ويفصل الفجوة عن السايتوبلازم غشاء يسمى غشاء الفجوة tonoplast وبالإضافة إلى ذلك توجد بالفجوة محتويات أخرى كالبلورات وحبيبات النشا علما إن غشاء الفجوة ذو نفاذية اختاريه (تفاضلية) أي إن يسمح لبعض المواد بالمرور ولا يسمح لغيرها ويختلف عدد الفجوات باختلاف نوع الخلية وعمرها والمنطقة التي توجد بها والعضو الذي توجد به هذه المنطقة ، عموما تكون الفجوات صغيرة جدا ومتعددة في المراحل المبكرة للنمو بينما يكبر حجمها ويقل عددها في الخلية بمرور الزمن والفجوة اما إن تكون عديمة اللون أو تتخذ ألوان متعددة

مكونات العصير الخلوي Constituent of Cell sap

يعتبر الماء هو المكون الرئيسي للعصير الخلوي وهنالك مكونات أخرى مثل الاملاح والسكريات والاحماض العضوية والاحماض الامينية ومركبات بروتينية ودهنية حيث يكون الماء مع هذه المكونات محاليل غروية أو حقيقية وقد توجد مواد دباغيه و صبغات وهذه المواد كلها مواد غير حية وهي **<u>أما إن</u>** تكون مواد مخزونه يمكن استعملها في الوقت المناسب في عمليات البناء **<u>أو</u>** إنها تمثل نواتج عرضية لبعض عمليات التحول الغذائي **<u>أو</u>** فضلات

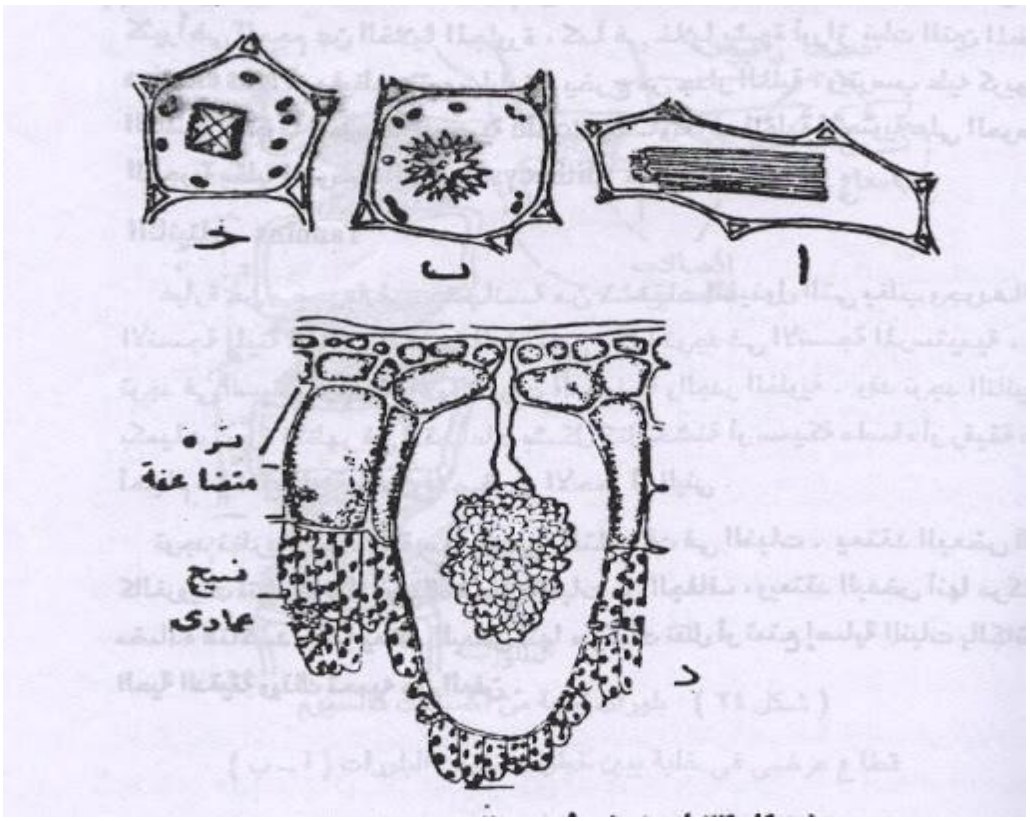
مواصفات العصير الخلوي- العصير الخلوي لزج القوام إلا انه اقل لزوجة من السايتوبلازم كما انه يكون قاعدي في بعض الخلايا و حامضيا في الأخرى ويختلف تركيز العصير الخلوي باختلاف الخلايا ويقد يزداد التركيز إلى حد معين بحيث تترسب المواد الذائبة على شكل بلورات كما في الخلايا الفاقدة للماء في البذور الجافة .

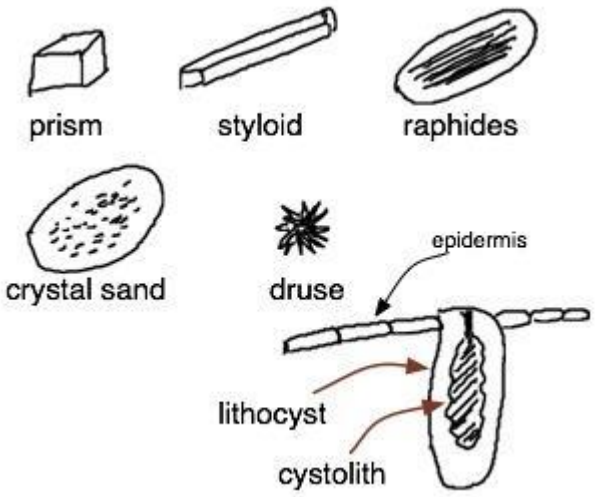
فوائد الفجوات ـ تلعب الفجوات دور هام في كثير من العمليات الحيوية خاصة فيما يتعلق بالعلاقة المائية بين النبات والمحيط الخارجي وكذلك في تعزيز آلية انتقال المواد المختلفة من منطقة إلى أخرى خلال جسم النبات ، وكذلك من المعروف إن الخلية النباتية لكي تقوم بأنشطتها الحيوية على الوجه الأكمل لابد إن تكون في حالة امتلاء وهذا يعتمد على الفجوة العصارية .

2- **البلورات Crystals** توجد البلورات في كثير من أنواع الخلايا النباتية وهذه البلورات تكون مختلفة الاشكال والتركيب الكيمياوي وان كان معظم البلورات تتكون من اوكسالات الكالسيوم أو كاربونات الكالسيوم علما إن النوع الأول من البلورات (اوكسالات الكالسيوم) لها أهمية بالنسبة لحياة البرتوبلازم وحيويته ، حيث إن حامض الاوكساليك يعتبر من الحوامض السامة ولذلك تحولة الخلايا إلى مركبات غير ذائبة على هيئة بلورات تقلل إلى اكبر حد ممكن من تأثيره السام .

أنواع وإشكال وأسماء البلورات Types , forms and names of Crystals

توجد البلورات بصورة مفردة كما هو الحال في البلورات المنشورية أو تتجمع بشكل كتل بلورية تسمى البلورات النجمية أو تكون بشكل حزم من البلورات تسمى بلورات أبرية وهنالك نوع أخر تسمى البلورات المعلقة أو الحويصلة الحجريةCystolith ويوجد هذا النوع في نباتات العائلة القرعية والتوتية وكذلك يوجد نوع خاص من البلورات يسمى البلورات الكروية Sphaero crystalsويوجد في درنات بعض النباتات مثل الداليا **والرملية** Sand crystals.





الشكل يوضح اشكال البلورات

3- الحبيبات النشوية Starch Grains

يعتبر النشا من أهم المواد المختزنه في الخلايا النباتية وهو عبارة عن مادة كاربوهيدراتية متعددة السكريات تمثل سلسلة طويلة من جزيئات سكر الكلوكوز . ويوجد النشا على شكل حبيبات يطلق عليها الحبيبات النشوية وتتكون الحبيبات النشوية في البلاستيدات الخضر وكذلك في البلاستيدات عديمة اللون وتختلف الصفات المظهرية لحبيبات النشا باختلاف النباتات ويرجع سبب ذلك إلى .

- موقع وشكل مركز تكوين الحبة والذي يسمى السرة Hilum
- وجود أو عدم وجود طبقات
- حجم وشكل الحبيبات النشوية
- طبيعة هذه الحبات من إنها بسيطة أو مركبة

يعتمد تكوين الحبيبات النشوية على الظروف الفسيولوجية المرتبطة بالبلاستيدات الخضر والبيض وكذلك على كمية سكر الكلوكوز ودرجات الحموضة وكثير من العوامل الأخرى كالضوء والحرارة وتوفر الإنزيمات اللازمة

4- **الحبيبات الاليرونية Aleurone Grains** توجد البروتينات في الخلايا النباتية بشكل مختزن وغالبا ما تكون على شكل حبيبات تسمى الحبيبات الاليرونية التي يكثر وجودها في سائر الأجزاء النباتية وخاصة سويداء البذور كما في الخروع والحنطة والذرة وغيرها ، الحبيبات الاليرونية قد تكون مستديرة أو بيضية الشكل

ملاحظة مهمة جدا بالإضافة إلى المكونات الغير حية السابقة الذكر توجد مكونات أخرى مثل الاحماض العضوية والأملاح والأصباغ وهذه المحتويات غير الحية للخلية توجد اما بشكل مواد مخزنه في الخلية أو مركبات وسطية أو على شكل فضلات وكل يمكن إن تتحول في أي لحظة فتصبح جزء من المادة الحية

الروابط البلازمية Plasmadesmata هي خيوط بروتوبلازمية تربط بين برتوبلاست مع بروتوبلاست الخلية المجاورة وهنالك كثير من الأدلة تؤكد أنها ترا كيب حقيقية حية ذات طبيعة برتوبلازمية منها

- وجودها في جدران الخلايا الحية فقط وعدم وجودها في جدران الخلايا الميتة .
- تعطي تفاعلات موجبة مع أنزيمات الأكسدة كما يفعل السايتوبلازم .
- تتشابه هذه التراكيب مع بقية السايتوبلازم من حيث الاصطباغ بالصبغات الخاصة بالسايتوبلازم

توجد الروابط البلازمية في خلايا النباتات الراقية وكثير من النباتات الواطئة مثل السرخسيات والطحالب ، تقوم الروابط البلازمية بنقل الماء والمواد الأخرى من خلية إلى أخرى

تشريح نبات Plant anatomy

المحاضرة الاولى / الانسجة المرستيمية او الانشائية Meristematic tissues

تتميز خلايا هذه الانسجة بعدة صفات تميزها عن خلايا الانسجة المستديمة Permanent tissue، فهي صغيرة الحجم، رقيقة الجدران، ذات قدرة كبيرة على الانقسام، وغيرة السايتوبلازم، ذات نواة كبيرة نسبياً، كما انها عديمة الفجوات العصارية وان وجدت فتكون صغيرة الحجم. وقد تحتوي بعض الخلايا المرستيمية على بلاستيدات لا لون لها او بلاستيدات اولية Proplastids. كذلك تتميز هذه الخلايا بعدم وجود مسافات بينية فيما بينها وان وجدت فتكون ضيقة.

* يمكن تقسيم الانسجة المرستيمية بطرق عدة وكما يلي :-

اولاً: حسب موقعها في جسم النبات Postion in plant body

ثانياً: حسب منشئها Origin

ثالثاً: حسب نوع الخلايا الناتجة من الانقسام او حسب الوظيفة Function

اولاً: تقسيم الانسجة المرستيمية تبعاً لموقعها في جسم النبات.

تقسم الانسجة المرستيمية في هذه الحال الى :-

١- انسجة مرستيمية قمية Apical meristems

وهذه توجد في قمم السيقان والجذور واحياناً الاوراق ويطلق عليها احياناً اسم القمم النامية Growing points.

٢- انسجة مرستيمية بينية Intercalary meristems

وتوجد بين الانسجة المستديمة وبعيداً عن القمم النامية كالتي توجد في قواعد الاوراق او فوق العقد في سيقان نباتات ذوات الفلقة الواحدة. ويعزى النمو السريع والزيادة في الطول في سيقان النجيليات وغيرها من نباتات ذوات الفلقة الواحدة الى نشاط هذا النوع من الانسجة اضافة الى الانسجة القمية.

٣- الأنسجة مرستيمية جانبية Lateral meristems
وهذه توجد موازية للبشرة وتنقسم لتنتج خلايا جديدة تضيف الى سمك الساق او الجذر. مثال ذلك الكامبيوم الوعائي Vascular cambium الذي ينتج الخشب واللحاء الثانويين، والكامبيوم الفلني Cork Cambium or Phellogen الذي ينتج الفلين في السيقان والجذور التي تعاني تغلظاً ثانوياً.

ثانياً: تقسيم الأنسجة المرستيمية تبعاً للمنشأ.
تقسم الأنسجة المرستيمية تبعاً لمنشئها الى:

١- انسجة مرستيمية ابتدائية Primary meristems
وهي الأنسجة التي تقوم ببناء الأجزاء الابتدائية من جسم النبات وتنشأ مباشرة من النسيج الاولي Promeristem وتشمل القمم النامية للساق والجذور والخلايا المنشئة للأوراق.

٢- انسجة مرستيمية ثانوية Secondary meristems
وهي الأنسجة التي تقوم ببناء الأجزاء الثانوية من جسم النبات، حيث تنشأ من خلايا مستديمة ثم تعاود نشاطها وقدرتها على الانقسام وخير مثال على ذلك الكامبيوم الفلني فهو ينشأ من خلايا برنكيمية مستديمة في القشرة Cortex او الدائرة المحيطة Pericycle وتمثل الخلايا البرنكيمية او اللحاء الرقيقة الجدران النسيج النشائي الذي يستطيع ان يستعيد قدرته على الانقسام لتكوين الخلايا المرستيمية، كما يمكن ان ينشأ الكامبيوم الفلني ايضاً من خلايا حية اخرى كخلايا الكولنشيما او خلايا البشرة Epidermis.

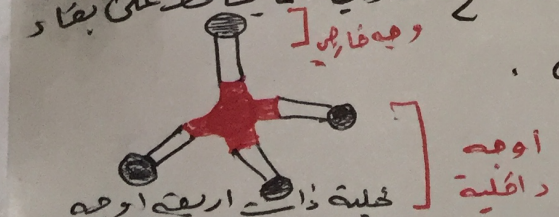
ثالثاً: تقسيم الأنسجة المرستيمية تبعاً للوظيفة اي الأنسجة التي تنتجها.
حيث اساس التقسيم هنا باختلاف نوع النبات، حيث وجدان جميع النباتات تحتوي على نسيج مرستيمي يطلق عليه المرستيم الاولي Primordial meristems او Promeristem وهذا النسيج يوجد في القمم النامية للجذور والسيقان والبراعم وينشأ من الخلايا المرستيمية الموجودة في الجنين ومنها تتميز باقي الأنسجة الموجودة في النبات.

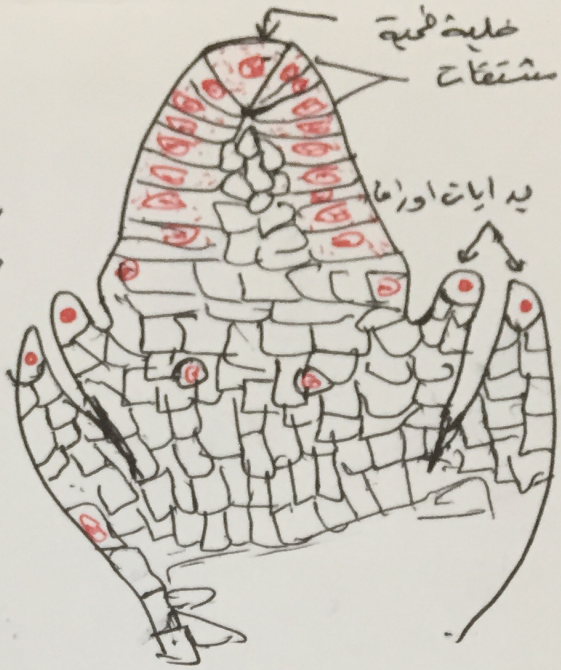
القمة النامية في الساق Shoot Apex

بالنسبة للقمم النامية في الساق تختلف الخلايا المرستيمية التي بها في عددها وترتيبها وطريقة انقسامها. هناك عدة نظريات متعلقة بالمرستيم القمي توضح وتوصف القمم النامية في الساق، ولكن لا يمكن تطبيق كل منها على جميع النباتات بل تنطبق كل منها على مجاميع محددة ونباتات معينة، واناه شرح مختصر لاهم هذه النظريات.

1- نظرية الخلية القمية Apical cell theory

تفترض هذه النظرية ان قمة الساق تحتوي على خلية واحدة تمثل الخلية الانشائية الرئيسية والتي يتشأ من انقسامها وانقسام الخلايا الناتجة عنها جميع انسجة واعضاء النبات الموجودة في الساق. وقد استنبطت هذه النظرية من دراسات اجريت على بعض النباتات غير المتقدمة او الوعائية Lower plants كبعض الثريديات Pteridophyta او الطحالب Algae والحزازيات Bryophyta. وفي هذه النباتات امكن بسهولة تتبع الخلية القمية ومشتقاتها. قد تكون الخلية القمية عدسية الشكل Lenticular (Lens-shaped) او ذات جانبين كما في بعض الطحالب مثل دكتيوتا Dictyota او بعض الحزازيات مثل Metzgeria وبعض الثريديات مثل Pteridium وفي هذه الحالة تنقسم الخلية في اتجاه واحد ويتوالى الانقسام بعد ذلك لتكون طبقة او طبقتين او بضع طبقات من الخلايا، وقد تكون الخلية القمية هرمية الشكل Pyramidal كما في نبات ذنب الحصان، حيث تكون الخلية ذات اربعة اوجه Tetrahedral، بمثل ثلاثة اوجه منها الهرم ويمثل الوجه الرابع قاعدته ويكون متجها الى الخارج، والاوجه الثلاثة متجهة الى الداخل ويحدث الانقسام على التوالي من الجوانب الثلاثة الداخلية للخلية الهرمية بجدران موازية لهذه الجوانب، وبهذه الطريقة يزداد العضو النباتي في الحجم والمساحة معا، بينما لا يحصل انقسام يوازي السطح الخارجي مما يحافظ على بقاء الخلية القمية في موقعها عند قمة الساق.





شكل يبين مقطع طولي مورد في قمة ساق نبات ذنب الحصان Equisetum وهو من النباتات الوعائية الواطئة (خلية قمية مفردة)

٢- نظرية نشوء الانسجة Histogen theory

بناءاً على النظرية التي قدمها هانشتاين Hanstein عام ١٨٧٠ يمكن تمييز القمة المرستيمية النامية للساق الى مناطق معينة تأكشفت لتقوم بتكوين طبقات او مناطق محددة، تسمى هذه المناطق المميزة بمنشأ الانسجة Histogens وكما يلي:

١) منشئ البشرة Dermatogen ويقوم بتكوين صف واحد من الخلايا هي طبقة البشرة.

٢) منشئ القشرة Periblem ويقوم بتكوين الحزم الوعائية والنخاع (اللب).

٣) منشئ القلنسوة Calyhptrogen يوجد في الجذر وهو مسؤول عن تكوين قلنسوة الجذر Root Cap (Calyptra).

كما تنص هذه النظرية على ان كلاً من هذه المناطق ينشأ من خلية او مجموعة خلايا اساسية خاصة منفصلة عن الخلايا الانشائية للمناطق الاخرى. وهذه النظرية تنطبق على بعض نباتات مغطاة البذور كما انها تفسر النمو في القمة النامية للساق والجذر كذلك. ولكن في عدد محدود من النباتات.

٣- نظرية المرستيم الاول Promeristem theory

وفيها تتميز منطقة المرستيم الاولي الى المناطق الثلاثة الاتية.

١) البشرة الاولية Protoderm

وهذه تقوم بتكوين البشرة في الساق او الطبقة الوبرية Peliferous layer في

الجذر بطريقة الانقسام المتعامد على السطح Anticlinal division، كما انها قد تنقسم انقساماً موازياً للسطح Periclinal division لتكون بشرة عديدة الطبقات Multi seriate epidermis او بشرة Epiderms وتحت بشرة Hypodermis

٢- الكامبيوم الاولي ProCambium or ProCambial strands
وهذا يظهر بشكل اشرطة طويلة كثيرة ومبعثرة في سيقان ذوات الفلقة الواحدة او اشرطة مرتبة في اسطوانة مجوفة في سيقان نباتات ذوات الفلقتين اما في الجذور فتكون على شكل عمود مركزي واحد.

٣- المرستيم الاساسي او مرستيم النسيج الاساسي
Ground meristem or Ground tissue meristem
يقوم هذا المرستيم بالانقسام في جميع الجهات وتتميز الخلايا بعد ذلك الى خلايا النسيج الاساسي في الساق او الجذر من نشوة و نخاع واشعة نخاعية وغيرها.

٤- نظرية القلاف والبدن Tunica-Corpus theory
بناءً على هذه النظرية التي قدم اسسها الاولى العالم شمت Schmidt يمكن تمييز منطقتين مختلفتين في المظهر والتركيب في القمة النامية للساق هما:

١- البدن Corpus : وهي منطقة تقع وسط المرستيم القمي وتمتاز بكبر حجم خلاياها كما انها تنقسم في عدة اتجاهات وبذلك تزداد تحت الساق في الحجم، اذ تنقسم خلاياها انقسامات عمودية على السطح او موازية للسطح او ان تعاني انقسامات مائلة وينتج عن هذه الانقسامات تكون الاسطوانة الوعائية او تتكون الاسطوانة الوعائية والقشرة معاً. وتوجد لمنطقة البدن منطقة انشائية واحدة Single initial zone تنتظم بها الخلايا المرستيمية.

٢- القلاف Tunica
وهي طبقة تغلف البدن وخلاياها اصغر من خلايا البدن كما انها تنقسم في اتجاهات عمودية على السطح بحيث ينتج عنها زيادة السطح او المساحة وقد تتكون من طبقة واحدة او عدة طبقات قليلة، فاذا كانت من طبقة واحدة فانها قد تنتج البشرة فقط او البشرة وبعض الطبقات الاخرى بداخلها، واذا كانت من عدة طبقات فتنتج البشرة والقشرة معا اما بصورة كلية او جزئية او قد

تكون اجزاء اعمق من القشرة وذلك تبعاً للعضو النباتي، ويتراوح عدد طبقات الغلاف من ١-٣ في ذوات الفلقة، ومن ٢-٥ في ذوات الفلقتين ويكون لكل طبقة من الطبقات منطقتها الانشائية الخاصة بها Independent Initial Zone. (راجع صـ٢٥ من الكتاب المنهجي للتعرف على انواع القمم المرستيمية مع نظرية الغلاف والبدن).

مما سبق يتبين ان نظرية الغلاف والبدن تنطبق على القمة النامية للساق فقط دون ان تكون لها علاقة بالجذر، كما انها تنطبق على كثير من القمم النامية للساق في القالبية العظمى من النباتات مغطاة البذور Angiosperms وذوات الفلقة Mono Cotyledons بما في ذلك ذوات الفلقتين Dicotyledons، كما ان دراسة القمة النامية في النباتات الوعائية اظهرت انا نميز القمة النامية في الساق تتبع نظاماً معيناً يميز المجموعات الكبيرة من هذه النباتات. ويكون النظام معقداً في النباتات الراقية وبسيطاً في النباتات الاقل رقياً، ففي النباتات الوعائية تكون الخلايا المنشئة صفاً واحداً دون تمييز الى بدن وغلاف في حين يلاحظ في النباتات الراقية تميز طبقات الخلايا المنشئة بكل وضوح الى بدن وغلاف.

٥- نظرية نمو المناطق Growth zone or Cytohistologic Zonation

لقد اتضح انه من غير الممكن تطبيق معظم النظريات السابقة على القالبية العظمى من النباتات عارية البذور Gymnosperms اذ وجد ان عدداً كبيراً من نباتات هذه المجموعة تتميز بطرز خاص من النمو في قمة الساق تظهر به عدة مناطق تختلف عن بعضها في طريقة انقسام الخلايا وحجمها وغزارة محتواها السايتوبلازمي وتأثرها بالصبغات وما الى ذلك واهم هذه المناطق:

١- المنطقة الانشائية القمية Apical initial zone
مجموعة خلايا مرستيمية واقعة عند النهاية القصوى من قمة الساق، تنقسم انقساماتها محورية واخرى موازية للسطح.

٢- منطقة الخلايا الامية المركزية Central mother cells
وتقع تحت المنطقة الاولى، وتنقسم خلاياها باتجاهات مختلفة فتزود المناطق الجانبية والمناطق السفلى بالخلايا المرستيمية.

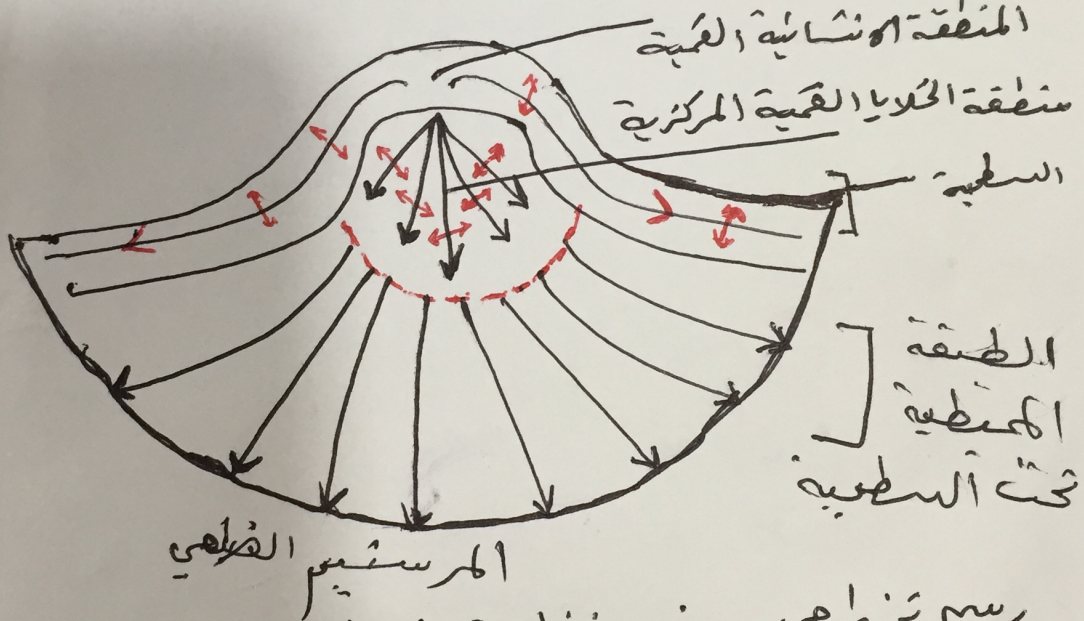
٣- الطبقة المحيطية Peripheral layer

وهي المنطقة الخارجية التي تلعب دورًا مهمًا في نشوء الأوراق، والبثرة كما أنها تكون القشرة والنسيج الوعائي، وقد يصل نشاطها ليشمل الجزء الخارجي من اللب أيضًا. وخلايا هذه المنطقة غنية بالسايتوبلازم.

٤- المرستيم ~~الخلط~~ الضلعي Rib-meristem

ويتكون مجموعة من الخلايا المرستيمية واقعة تحت منطقة الخلايا الأمية المركزية، وينتج عن نشاط هذا المرستيم تكوين اللب Pith حيث تسهم هذه المنطقة بتكوين الجزء الأكبر من هذه المنطقة.

لعل أبرز الأمثلة على النباتات التي تظهر هذه الطرز من النمو نبات جنكو Ginkgo ~~Gink~~ الذي تظهر فيه هذه المناطق بشكل متميز وواضح.



رسم تخطيطي يوضح نظرية نمو المناطق في القمة المرستيمية لساق نبات جنكو وهو من حاريات البذور، توضح الأسهم اتجاه الانقسامات.

المحاضرة الثانية

د. غزوان الحسن

القمة النامية في الجذر Root apex

* يشبه المرستيم القمي في الجذور المرستيم القمي في الساق في انه يظهر في طرز نمو مختلفة وليست هناك اية علاقة ثابتة بين المنطقة المنشئة والانسجة الابتدائية الناتجة عنها.

* يختلف المرستيم القمي في الجذور عنه في الساق في انه لا ينتج انسجة الى الداخل فقط وانما للخارج ايضاً... ونظراً لوجود القلنسوة في الجذر فأن المرستيم القمي للجذر يكون قمة نهائية Subterminal اي تحت القلنسوة. كما انه يختلف ايضاً في انه لا يكون اعضاء جانبية كالفروع والاوراق التي تتكون بدايات قمته القمة في حالة الساق، اما تفرعات الجذر التي تظهر عادة بعيداً عن منطقة النمو فهي داخلية المنشأ او الاصل Endogenous حيث تنشأ من الدائرة المحيطة، ويطلق لفظ المرستيم الاولي Promeristem على المرستيم القمي في الجذر كما هي الحال في الساق.

يتميز الجذر بعد المنطقة المرستيمية الى منطقتين هما الاسطوانة المركزية والقشرة وهما تمثلان منطقة الكامبيوم الاولي Procambium في المركز يحيطه المرستيم الاساسي Ground meristem.

يشمل لفظ البشرة الاولية Protoderm للطبقة السطحية في الجذر الفتي.

يمكن استعمال نفس الاسماء السابقة لنظرية المرستيم الاولي اي البشرة الاولية والكامبيوم الاولي Procambium والمرستيم الاساسي كأنسجة مرستيمية منشئة للبشرة والاسطوانة الوعائية والقشرة على التوالي.

لقد تم تقسيم القمم النامية في الجذور الى نماذج اعتماداً على العلاقة بين المناطق المنشئة والانسجة الابتدائية المتكونة منها وكما يلي

- في النباتات الوعائية تنتج الانسجة المختلفة من خلية قمية واحدة Single apical cell، او من مجموعة من الخلايا مرتبة في صف واحد وفي هذه الحالة تسلك سلوك القمة النامية في الساق بالتمام.

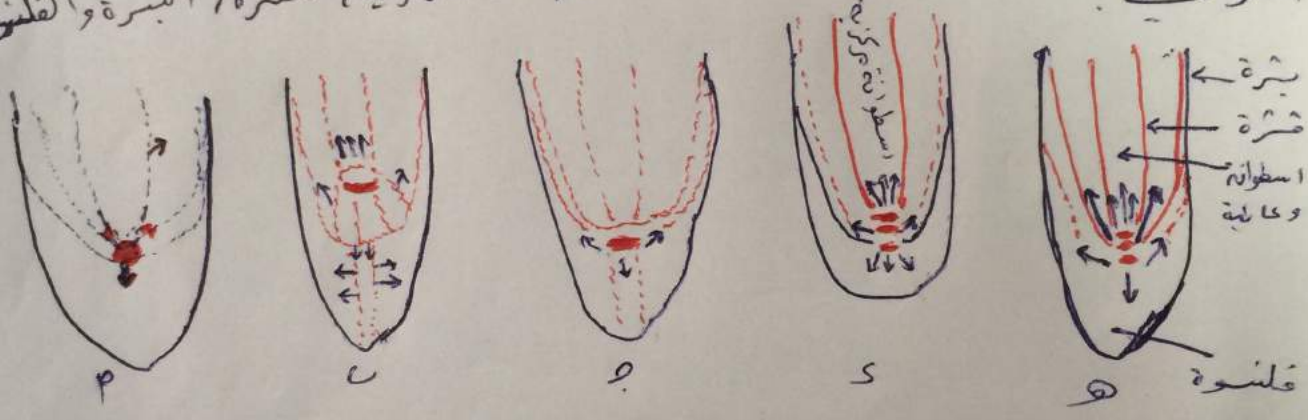
- في مقفاة البذور فأن الانسجة الابتدائية تخرج اما من طبقة مرستيمية واحدة Single inital zone غير واضحة التمييز او ان بعض هذه الانسجة يمكن تنشأ من خلايا انشائية مستقلة. وفي هذه الحالة الاخيرة قد تنتظم الخلايا الانشائية في مجموعتين او ثلاثة او اكثر وكما يلي:-

١- في بعض عاريات البذور وبعض ذوات الفلقتين تنتظم الخلايا الانشائية في مجموعتين Two initial zone احداهما تكون الاسطوانة المركزية والاخرى تكون القشرة والقلنسوة وتتكون البشرة بعد ذلك من الطبقة الخارجية للقشرة.

٢- في ذوات الفلقتين تنتظم الخلايا الانشائية في مجموعتين احداهما تكون الاسطوانة المركزية والجزء الداخلي من القشرة والاخرى تكون بقية القشرة والقلنسوة. وتتكون البشرة ايضاً من الطبقة الخارجية من القشرة.

٣- في بعض ذوات الفلقتين تظهر ايضاً الخلايا الانشائية في مجموعتين احداهما تغطي جميع اجزاء الجذر الواقعة بداخل البشرة والاخرى تغطي البشرة والقلنسوة. وفي هذه الحالة تتميز البشرة عن القشرة من حيث المنشأ.

٤- في بعض ذوات الفلقتين تظهر الخلايا الانشائية مميزة الى ثلاثة مجموعات Three initial zones تعتبر اصل الاسطوانة المركزية، القشرة، البشرة والقلنسوة على التوالي.



الشكل يبين نماذج مختلفة من طرز النمو في قمة الجذر

أ- خلية عمية مفردة في النباتات الوعائية الواطئة (كزبرة البئر).

ب- نمو المناطق في بعض عاريات البذور (بسود وتوكا)

جـ- منطقة انشائية واحدة (البصل)

د- ثلاث مناطق انشائية، تنشأ القشرة والبشرة من المنطقة الثانية (الذرة).

هـ- ثلاث مناطق انشائية، تنشأ البشرة والقلنسوة معاً من المنطقة الانشائية الثالثة (البنجر).

اما في ذوات الفلقة الواحدة فيمكن تمييز اربعة نماذج تركيبية هي:-

١- للاسطوانة المركزية منشأت اولية مستقلة عن القشرة والقلنسوة وتخرج البشرة

كجزء من القلنسوة وهي قريبة من عاريات البذور وبعض ذوات الفلقتين.

٢- تستقل الاسطوانة المركزية والقشرة والقلنسوة كل عن الأخرى من حيث المنشأ وتكون البشرة الطبقة الخارجية من القشرة، وفي هذه الحالة توجد ثلاث مناطق انشائية في قمة الجذر، كما في الذرة Zea mays

٣- لكل من الاسطوانة المركزية والقشرة والبشرة والقلنسوة خلايا انشائية منفصلة، أي ان هنالك اربعة مناطق انشائية مستقلة، هذا الطراز يتماشى مع نظرية نشوء الانسجة Histogen theory. هذه الحالة قريبة او تنطبق على بعض نباتات مغطاة البذور.

٤- تخرج جميع اجزاء الجذر من منشأ واحد وهذا الطراز يشبه بعض ذوات الفلقتين كما في جذر نبات البصل.

في حالة نشوء القلنسوة من منشأ مستقل عن البشرة فيسمى هذا المنشأ بمنشئ القلنسوة Calyptrogen، اما اذا انشأت البشرة والقلنسوة من نفس المنشأ فيمكن ان يسمى منشئ البشرة والقلنسوة Calyptro-dermatogen

الانسجة المستديمة Permanent tissues

وهي انسجة مكونة من خلايا توقف فيها الانقسام الفعال واصبحت متميزة بطريقة تلاؤم والتخصص الوظيفي الخاص بها.

يمكن تقسيم الانسجة المستديمة بطرق مختلفة تبعاً للاسس المعتمدة كأساس في التصنيف وكما يلي:-

اولاً: تقسيم الانسجة تبعاً لدرجة تعقدها Complexity.

اذا كان النسيج مكون من نوع واحد من الخلايا فيسمى نسيجاً بسيطاً Simple tissue كالنسيج البرنكيمي، النسيج الكولنكيمي والنسيج السكلرنكيمي والفلين. اما اذا كان النسيج مكون من اكثر من نوع واحد من الخلايا مختلفة عن بعضها البعض فيسمى النسيج المعقد Complex tissue كما هو الحال في نسيجي الخشب واللحاء.

ثانياً: تقسيم الانسجة تبعاً للمنشأ Origin.

يطلق على الانسجة التي تنشأ من المرستيمات الابتدائية مصطلح الانسجة الابتدائية Primary tissues كتلك التي تنشأ من البشرة الاولية او المرستيم الاساسي او الكامبيوم الاولي. اما الانسجة المستديمة التي تنشأ من المرستيمات الثانوية فتسمى الانسجة الثانوية Secondary tissues كالخشب

الثانوي واللحاء الثانوي اللذين ينشأن من الكامبيوم الوعائي.

* ان الكامبيوم الحزمي Fascicular cambium هو نسيج ابتدائي من حيث المنشأ لانه بقية من الكامبيوم الاولي Procambium ولكن مع ذلك فان الخشب واللحاء اللذين يكونهما يعتبران نسيجين ثانويين.

ثالثاً: تقسيم الانسجة تبعاً للاستمرار الطوبوغرافي
Topographic continuity

على هذا الاساس قسم ساكس Sachs الانسجة المتدينة الى ثلاثة انواع من الانظمة النسيجية وهي.

١- النظام النسيجي الضام Dermal tissue System

ويشمل جميع الانسجة التي تحيط بجسم النبات، وتتمثل بالبشرة Epidermis بالنسبة للاعضاء ذات النمو الابتدائي والبريدرم Periderm بالنسبة لمعظم الاعضاء التي عانت تغلظاً ثانوياً كالسيقان والجذور المعمرة.

٢- النظام النسيجي الوعائي Vascular tissue.S.

ويشمل جميع انسجة الخشب واللحاء الموجودة في جسم النبات سواء كان ذلك ابتدائياً ام ثانوياً.

٣- النظام النسيجي الاساسي Fundamentar or Ground T.S.

ويضم بقية الانسجة الواقعة بين النظامين النسيجيين السابقين. وهو يشمل القشرة Cortex والنخاع Pith والاشعة النخاعية Medullary rays في السيقان والجذور، والنسيج الاساسي في سيقان ذوات الفلقة الواحدة والنسيج الوسطي في الاوراق. ويمثل النسيج البرنكيمي اهم مكونات هذا النظام، وكذلك النسيج الكولنكيمي والسكلرنكيمي.

رابعاً: تقسيم الانسجة تبعاً للتشابه الوظيفي او الفسلجي
Physiologic Similarity

هذا التقسيم يعتمد الوظيفة كأساس لتصنيف الانسجة، عليه فان انسجة النبات تقسم الى عدد من الانظمة او الاجهزة الوظيفية يرتبط كل منها بوظيفة معينة وكما يلي:

١- الجهاز النسيجي الضام (الوقائي) Dermal or Protective T.S.

ويشمل الانسجة التي تغطي جسم النبات بجميع اعضائه سواء كانت في مرحلة النمو الابتدائي او الثانوي. ويضم هذا النسيج البشرة في مرحلة النمو الابتدائي والبيدرم في الاعضاء المسنة.

٢- الجهاز النسيجي الدعامي (الميكانيكي) Supporting or mechanical T.S.

ويضم جميع الانسجة ذات الوظيفة الميكانيكية التي تكسب النبات متانة وقوة. يشمل هذا النظام النسيجي النسيج السكلرنكيمي والنسيج الكولنكيمي بصفة رئيسية كما يضم انسجة وخلايا اخرى كالقصيبات Trachieds. يمكن اطلاق مصطلح سترِيوم Stereome على كل من النسيج الكولنكيمي والنسيج السكلرنكيمي وذلك بناءاً على التشابه الفسلجي بينهما رغم الاختلافات الكبيرة الموجودة بين النسيجين، مثيفة اليدوثيلاست والجدار في كل منهما.

٣- الجهاز النسيجي الناقل (الوعائي) Conducting or vascular T.S.

ويضم جميع انسجة الخشب واللحاء الموجودة في جسم النبات سواءاً في مرحلة النمو الابتدائي او الثانوي.

٤- الجهاز النسيجي التمثيلي Photosynthetic T.S.

ويضم جميع الانسجة التي تمارس عملية التركيب الضوئي ويشمل الانسجة الحاوية على مادة الكلوروفيل الموجودة عادة في الاعضاء النباتية المعرضة للضوء. ويمثل النسيج المتوسط او الوسطي للورقة اهم مكونات هذا الجهاز.

٥- الجهاز النسيجي الافرازي والاخراجي Secretory and Excretory T.S.

ويضم جميع الانسجة والخلايا والتراكيب التي تلعب دوراً في عمليات الافراز او الاخراج في النباتات او هي تقل مثل هذه المواد ضمن الجسم النباتي او الى خارجه.

الأنسجة الضامة Dermal Tissue

طبقة واقية تحيط بجسم النبات من الخارج وتحميه من الأضرار الميكانيكية وفقدان الماء الزائد والآفات الخارجية والانسجة الضامة تشمل جميع الأنسجة التي تحيط بجسم النبات بكل اعضائه سوآءا في مرحلة النمو الابتدائي او الثانوي.

تشمل هذه الأنسجة Epidermis (في النمو الابتدائي) Periderm (في مرحلة النمو الثانوي)

البشرة Epidermis: -

تمثل الطبقة الخارجية التي تغلف جسم النبات الابتدائي (الجذر والساق والأوراق والبذور والثمار) والتميز بين بشرة الأجزاء الهوائية وبشرة الجذر تسمى بشرة الجذر Epiblem او Rhizodern اما الاجزاء الهوائية فيطلق عليها Epidermis كما تطلق نفس التسمية على بشرة اعضاء النبات كافة في مرحلة النمو الابتدائي.

صفات خلايا البشرة: -

1- خلايا حية

2- لها سايتوبلازم رقيق

3 - فيها فجوات واسعة مملوءة بالعصير الخلوي4– لها جدران ابتدائية فيها حقول النقر الابتدائية feilds Primary pit

5– خالية من المسافات البينية لذا فهي تعيق مرور بخار الماء والغازات الا عن طريق الثغور . الاعضاء الهوائية تكون بشرتها مشبعة بمادة الكيوتين التي بشكل طبقة خارجية مستمرة هي الأدمة Cuticle اما بشرة الجذور فتخلو تماما من الكيوتكل الادمة في النباتات الصحراوية Xerophyte أكثر سمكا من النباتات الوسطية Mesophyte بينما الأدمة رقيقة او معدومة في النباتات المائية Hydrophyte. قد تبقى البشرة محتفظة بوظيفتها طيلة حياة النبات في النباتات التي لا تعاني من نمو ثانوي عدا بعض نباتات ذوات الفلقة الواحدة التي تتساقط فيها البشرة مع سقوط القلف على الرغم من عدم حصول نمو ثانوي.

في الوقت نفسه هناك نباتات تبقى فيها البشرة سليمة عدة سنوات على الرغم من النمو الثانوي مثل نبات الاسفندان **Acer** الذي تبقى بشرته سليمة على الرغم من النمو الثانوي. حيث تنقسم خلايا البشرة بصورة مماسية لتتماشى مع سمك الساق.

* البشرة البسيطة والمتضاعفة

البشرة البسيطة تتألف من صف واحد من الخلايا فيطلق عليها Uniseriate اما عندما تكون مؤلفة من صفين تسمى متضاعفة او متعددة الطبقات Multiseriate كما في العائلة التوتية Moraceae خاصة نبات التين *Ficus* والعائلة الخبازية Mavaceae والعائلة الفلفلية Piperaceae والنخيلية Palmae والسحلبية Orchidaceae حيث يتراوح عدد الطبقات ما بين (2 و 16) اذ تنقسم البشرة بصورة موازية للسطح مما يزيد عدد طبقائها

وظائف البشرة

1- الوقاية Protevtive :– من الأضرار الميكانيكية التي يتعرض لها الرياح والأمطار والرمال ومن الحشرات والآفات اضافة الى حفظ الأنسجة الداخلية من الجفاف . كما ان الافرازات التي تكونها خلايا البشرة تقوم بدور الحماية ايضا" حيث تقفز منها الحيوانات .

2- تنظيم عملية التبادل الغازي exchange of gases حيث تنظم الثغور عملية التبادل الغازي بين الأنسجة الداخلية والمحيط الخارجي في عملية التنفس والتركيب الضوئي، اضافة الى تنظيم خروج الماء من النبات على هيئة بخار في عملية النتح Transpiration

3- تقوم البشرة في الجذور بامتصاص Absorption الماء والأملاح من التربة .

4– تقوم بالبناء الضوئي Photosynthesis إذا احتوت بلاستيدات خضراء.

5- تحتفظ بعض خلايا البشرة بخاصيتها المرستيمية الكامنة Potentially meristematics حيث تساهم في تكوين المرستيمات الثانوية كما في الدفلة *Nerium oleander* والصفصاف *Salix* والعائلة الوردية *Rosaceae* والتفاح *pyrus malus* حيث تفقد التميز وتتحول الى خلايا مرستيمية هي الكمبيوم الفليني Cork cambium) Phellogen).

انواع خلايا البشرة Epidermal cell types

1-الخلايا الاعتيادية للبشرة Ordinary Epidermal cell

خلايا البشرة خالية من البلاستيدات عدا نباتات الظل Shade plant والنباتات المائية تحوي بشرتها على بلاستيدات خاصة البشرة على الأعضاء الهوائية. يتميز الجدار الخارجي من البشرة الى طبقات في النباتات الصحراوية حيث تكون غنية بالكيوتين وخالية من السليلوز وقد يترسب الشمع wax على سطح الكيوتكل كما في العنب وقصب السكر.

2- الخلايا الحارسة Guard cells

وهي خلايا تتواجد على هيئة ازواج ضمن خلايا البشرة الأخرى وكل زوج يحيط بفتحة ويطلق على الخليتين والفتحة اسم الثغر Stoma او الجهاز الثغري Stomatal apparatus وزوج الخلايا يطلق عليه الخلايا الحارسة هذه الخلايا كلوية الشكل Kidney shaped وتحوي بلاستيدات خضراء وسايتوبلازم ونواة وبروتوبلازم أكثر كثافة من خلايا البشرة الأخرى وتكون الجداران الخارجي

والداخلي سميكان بينما الجدران الجانبية رقيقة وهذا الاختلاف في السمك له دور في قيام الخلايا الحارسة بمهمتها الرئيسية وهي فتح وغلق الثغور فعندما تكون الخلايا ممتلئة turgid تنفتح الثغور اما اذا كانت في حالة انكماش Shrinkage نظرا" لفقدان الماء فان الجدران الجانبية الرقيقة تكون في حالة ارتخاء قتلتقي عند الفتحة وتغلق الثغر يقتصر وجود الثغور على بشرة الأجزاء الهوائية كالأوراق والسيقان وتنعدم في بشرة الجذور ولكنها موجودة في السيقان الرايزومية Rhizomes كما تتواجد في بعض النباتات المائية وفي الأجزاء الزهرية الملونة الا انها بدون وظيفة . غالبا" تتواجد عند مستوى البشرة الا انها قد تكون غائرة Sunken كما في الصنوبر وقد تكون عن مستوى سطح البشرة كما في النباتات المائية والفلفل والمطاطة او تكون داخل تجويف Crypt or deression كما في الدفلة

<u>* يمكن تمييز ثلاثة أنواع من الثغور :-</u>

1- النوع العادي يطلق عليه ذوات الفلقة الواحدة والفلقتين Dicot type - Monocot

في جميع نباتات ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين عدا فصيلتين هما Gramineae و Cyperaceae حيث تكون الخلايا الحارسة في هذا النوع كلوية الشكل في المنظر السطحي وفي المقطع الراسي تبدو الخلية الحارسة مزودة بجزء قرني الشكل horn like في الجهة الخارجية

2- النوع الثاني يتواجد في الفصيلتين النجيلية Gramineae والسعدية Cyperaceae حيث تكون الخلايا الحارسة صولجانية او دمبلية bell shaped - dumb حيث تبدو الخلية ضيقة من الوسط ومتسعة ومنتفخة من الطرفين. تكون الجدران الوسطية سميكة الجدار في الخلايا الحارسة بأنواعها والجدران الخارجية المنتفخة رقيقة ويعتمد انتفاخ وانغلاق الثغور على شكل الخلية والتغلظ في الجدران فعند امتلاء الخلية تنتفخ الاطراف رقيقة الجدران دون الجزء الوسطي فينفتح الثغر اما في حالة قلة الضغط الأسموزي فيقل انتفاخ الأجزاء الطرفية وتتقارب الاجزاء الوسطية فينغلق الثغر.

3. النوع الموجود في النباتات المخروطية Coniferales مثل الصنوبر *Pinus* يسمى هذا النوع Gymnosperm type حيث تكون الثغور غائرة ومزودة بخلايا مساعدة Subsidiary cells حيث الخلايا الحارسة في المقطع الراسي في وضع مائل والجدران مغلظة. قد تكون الخلايا الحارسة متصلة بخلايا البشرة الاعتيادية مباشرة او متصلة بخلايا متميزة عن بقية خلايا البشرة تسمى الخلايا المساعدة Subsidary cell واستنادا لوجود الخلايا المساعدة او عدم وجودها وطريقة اتصالها بالخلايا الحارسة وعددها قسمت الثغور الى الطرز التالية:

1- Anomocytic type او Ranunculaceous لا توجد في هذا الطراز خلايا مساعدة كما في ثبات الباقلاء *Vicia faba*.

2- الطراز متباين الخلايا Anisocytic type او بسمى Cruciferous تتميز بوجود ثلاثة خلايا مساعدة متدرجة بالحجم كما في الفجل *Rhaphanous*

3-الطراز متوازي الخلايا Paracytic type او تسمى Rubiaceous type هناك خليتان مساعدتان نوازي الخلايا الحارسة وفتحة الثغر كما في الخروع *Ricinus communi* والعائلة Convovulaceae

4- الطراز متعامد الخلايا Diacytic type أو Caryophyllaceous هناك خليتان مساعدتان تتعامد على الخلايا الحارسة Dianthus

5- الطراز نجمي الخلايا Actinocytic type يحاط الثغر بعدد من الخلايا المساعدة المنتظمة بشكل نجمي او شعاعي.

<u>البريديرم Periderm</u>

ان حصول النمو الثانوي في عاريات البذور وذوات الفلقتين بسبب الزيادة في سمك العضو النباتي مما يسلط ضغطا" على البشرة والأجزاء الخارجية من القشرة مما يؤدي الى تمزقها وربما تمزق القشرة ايضا" مما يؤدي الى تمزقها وربما تمزق القشرة ايضا" مما يؤدي إلى فقدان وظيفة البشرة كنسيج وقائي لذا من الضروري تعويض البشرة بنسيج اخر يحمي اجزاء النبات الداخلية هذا النسيج هو البريديرم فهو نسيج وقائي ثانوي المنشأ يحل محل البشرة في الأعضاء التي تعاني تغلظا" ثانويا" ويحدث التغلظ احيانا" في النباتات العشبية لذوات الفلقتين وكذلك بعض ذوات الفلقة الواحدة . ويمكن أن ينشا البريديرم في مناطق انفصال الأعضاء النباتية وأسفل الجروح والأنسجة الميتة والفلين غير منفذ للماء والغازات لذا فان الطبقات الواقعة إلى الخارج منه تسقط على شكل قلف بين فترة واخرى قد تتكون البريديرم مرة واحدة وتبقي سطحية مؤدية لوظيفتها الوقائية

طيلة حياة النبات مثل النبات Fagus او يحتفظ الساق بقلفه لمدة 20-30 سنة. اما في الكمثرى والتفاح Pyrus فان البريديرم يبدا بتكوين الطبقة الثانية منه بين السنتين (6 و8) من عمر الساق بينما في نبات الاسفندان *Acer* تبقى البشرة مؤدية لوظيفتها الوقائية دون البريديرم حتى عمر 20 سنة يتميز البريديرم الى ثلاث طبقات.

1- الفلين Phellem or Cork (الطبقة الخارجية)

2- Phyllogen or Cork cambium (الوسطي)

3- Phelloderm or Secondary cortex (الداخلية)

الثغور Stomata

هي فتحة دقيقة جداً على السطح الخارجي لورقة النبات تسمح بتبادل الغازات (ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء) بين النبات والجو. توجد معظم الثغور على الجهة السفلية للأوراق لتجنب أشعة الشمس المباشرة وبذلك يتم تقليل التبخر من الأوراق.

تفتح الثغور بشكل عام خلال النهار لتسمح بدخول ثاني أكسيد الكربون وهو المادة الضرورية لعملية التمثيل الضوئي وتفقد الماء خلال تلك العملية التي تسمى بالنتح.

<u>ويتكون الثغر من:</u>

1-خلايا حارسة: يحيط بالثغر خليتان حارستان تحتويان على بلاستيدات كما أن جدارهما الموجهة لفتحة الثغر مغلظ سميك.

2- فتحة الثغر: وتوجد بين الخلايا الحارسة في طبقة البشرة.

3- غرفة تحت الثغرية: فراغ بيني كبير يتصل بالفراغات البينية الموجودة في الأنسجة البرانكيمية. وقد تحيط الخلايا الحارسة بخلايا خاصة تسمى بالخلايا المساعدة حيث يؤدي دوراً مسا عداً في عملية فتح الثغور وغلقها. ويختلف توزيع الثغور فقد يكون منتظماً في الأوراق متوازية التعرق مثل نباتات ذات الفلقة الواحدة ولكنها تكون مبعثرة في الأوراق شبكية التعرق كما في نبات ذوات الفلقتين.

<u>أنواع الثغور</u>

1- النوع العادي يطلق عليه ذوات الفلقة الواحدة والفلقتين Monocot – Dicot type

في جميع نباتات ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين عدا فصيلتين هما Gramineae و Cyperaceae حيث تكون الخلايا الحارسة في هذا النوع كلوية الشكل في المنظر السطحي وفي المقطع الراسي تبدو الخلية الحارسة مزودة بجزء قرني الشكل horn like في الجهة الخارجية

2- النوع الثاني يتواجد في الفصيلتين النجيلية Gramineae والسعدية Cyperaceae حيث تكون الخلايا الحارسة صولجانية او دمبلية bell shaped – dumb حيث تبدو الخلية ضيقة من الوسط ومتسعة ومنتفخة من الطرفين. تكون الجدران الوسطية سميكة الجدار في الخلايا الحارسة بأنواعها والجدران الخارجية المنتفخة رقيقة ويعتمد انتفاخ وانغلاق الثغور على شكل الخلية والتغلظ في الجدران فعند امتلاء الخلية تنتفخ الاطراف رقيقة الجدران دون الجزء الوسطي فينفتح الثغر اما في حالة قلة الضغط الأسموزي فيقل انتفاخ الأجزاء الطرفية وتتقارب الاجزاء الوسطية فينغلق الثغر.

3. النوع الموجود في النباتات المخروطية Coniferales مثل الصنوبر *Pinus* يسمى هذا النوع Gymnosperm type حيث تكون الثغور غائرة ومزودة بخلايا مساعدة Subsidiary cells حيث الخلايا الحارسة في المقطع الراسي في وضع مائل والجدران مغلظة. قد تكون الخلايا الحارسة متصلة بخلايا البشرة الاعتيادية مباشرة او متصلة بخلايا متميزة عن بقية خلايا البشرة تسمى الخلايا المساعدة Subsidary cell واستنادا لوجود الخلايا المساعدة او عدم وجودها وطريقة اتصالها بالخلايا الحارسة وعددها قسمت الثغور الى الطرز التالية:

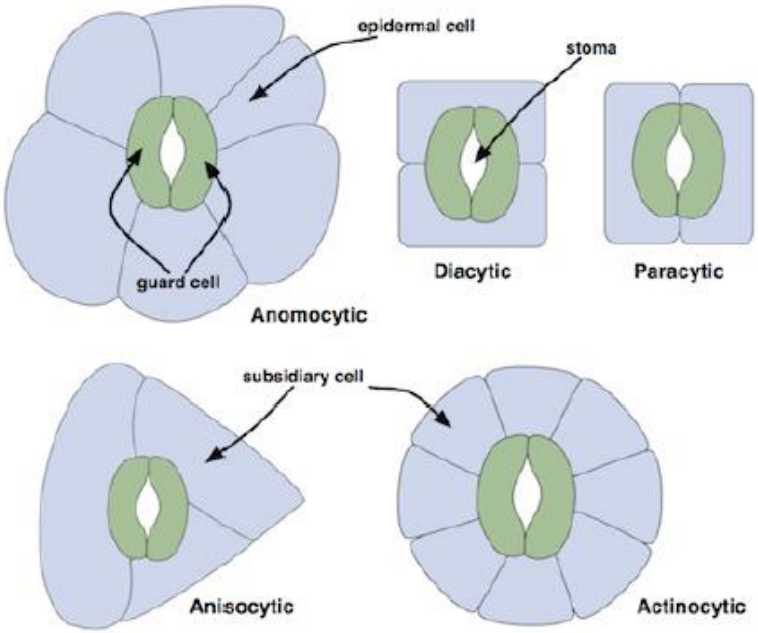
1- Anomocytic type او Ranunculaceous لا توجد في هذا الطراز خلايا مساعدة كما في ثبات الباقلاء *Vicia faba*.

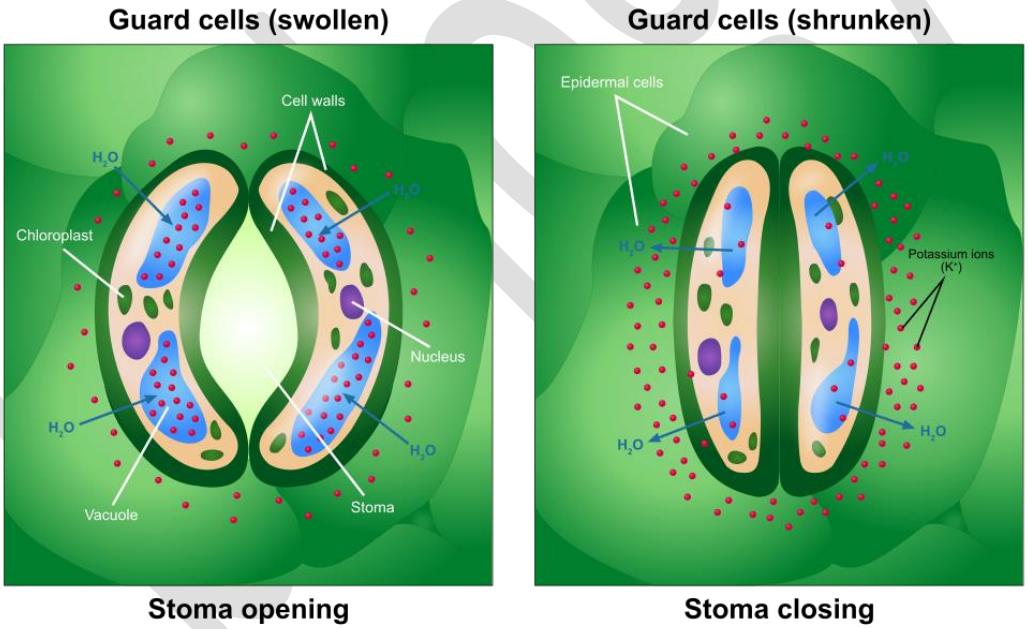
2- الطراز متباين الخلايا Anisocytic type او بسمى Cruciferous تتميز بوجود ثلاثة خلايا مساعدة متدرجة بالحجم كما في الفجل *Rhaphanous*

3-الطراز متوازي الخلايا Paracytic type او تسمى Rubiaceous type هناك خليتان مساعدتان نوازي الخلايا الحارسة وفتحة الثغر كما في الخروع *Ricinus communi* والعائلة Convovulaceae

4- الطراز متعامد الخلايا Diacytic type أو Caryophyllaceous هناك خليتان مساعدتان تتعامد على الخلايا الحارسة Dianthus

5- الطراز نجمي الخلايا Actinocytic type يحاط الثغر بعدد من الخلايا المساعدة المنتظمة بشكل نجمي او شعاعي.





فتح وإغلاق الثغور

مجموع الأنسجة الأساسية Ground Tissue Systems

تشمل أهم أنواع الأنسجة الأساسية:

1- الأنسجة البرنكيميةParenchyma tissues

2- الأنسجة الكولنكيمية Collenchyma tissues

3- الأنسجة السكلرنكيمية Sclerenchyma tissues

الأنسجة البرنكيميةParenchyma tissues

تمثل الأنسجة البرانكيمية نسبة كبيرة من مجموع أنسجة النبات تصل إلى 70% ويتكون النسيج البرانكيمى من خلايا حية تحتوي كل منها بداخلها على سيتوبلازم ونواة. تختلف الخلايا البرنكيمية في شكلها وتركيبها على حسب الوظيفة التي تؤديها.

تعتبر الخلايا البرانكيمية هي مكان الأنشطة الحيوية في النبات والتي تتم فيها الكثير من العمليات الحيوية مثل البناء الضوئي والايض والتنفس والتخزين والإفراز

خصائص الخلايا البرنكيمية:

- خلايا حية تحتوي على سيتوبلازم وانويه كما تحتوي على فجوة عصارية.
- ذات جدار سليلوزى رقيق في اغلب الحالات وقد يتغلظ باللجنين في بعض الأحيان.
- تحتوي جدرها على نقر من نوع النقر البسيطة.
- توجد بين الخلايا البرنكيمية مسافات بينية.
- تحوى مواد غذائية مدخرة.
- يمكن للخلايا البرنكيمية أن تستعيد مقدرتها على الانقسام لتكون أنسجة مريستيمية ثانوية.

أشكال الخلايا البرنكيمية:

تتعدد أشكال الخلايا البرنكيمية بتعدد الوظائف التي تؤديها وبحسب مكانها في جسم النبات وتوصف عادة بأنها متعددة الأضلاع ذات أطوال مختلفة وبعضها يأخذ شكلا عماديا أو تكون مفصصة أو منثنية أو مزرعة وقد تزداد الفراغات البينية الموجودة بين الخلايا البرنكيمية فتظهر منها الأنواع الهوائية والأسفنجية.

وظائف الخلايا البرنكيمية:

ليست للخلايا البرنكيمية وظيفة محددة ولكن تتعدد وظائفها ومن أهم هذه الوظائف

1- تقوم بعض الخلايا البرانكيمية بتخزين المواد الغذائية أو تخزين الغذاء

2- الخلايا البرنكيمية التي تحتوى على بلاستيدات خضراء (يطلق عليها اسم كلورنكيما) وتوجد غالبا في الأوراق تقوم بالبناء الضوئي.

3- الخلايا البرنكيمية الهوائية تقوم بتخزين الهواء مما يساعد النباتات المائية على الطفو.

4- كما ذكرنا سابقا فان بعض الخلايا البرنكيمية يمكن أن تستعيد قدرتها على الانقسام وتكون مريستيمات ثانوية.

النسيج الكولنيكمي Collenchyma tissue

يؤلف هذا النسيج مع النسيج السكلرنكيمي النسيج الدعامي او الميكانيكي لاعضاء النبات المختلفة. والنسيج الكولنكيمي يقدم الدعامة للأعضاء الفتية الهوائية وتقوية هذه الاعضاء ضد عوامل الضغط والشد والانحناء لأن جدران الخلايا الكولنكيمية تمتاز بمرونتها كما أن استطالة الاعضاء الفتية تحتاج لمرونة النسيج الكولنكيمي.

مميزات النسيج الكولنكيمى

1-خلايا هذا النسيج حية ذات جدران مثخنة بمواد بكتينية بصورة غير منتظمة.

3- عديمة المسافات البينية.

4- تتواجد في الأجزاء الهوائية فقط تتعدم في الأجزاء الأرضية .

5- خلايا طويلة ونحيفة.

5- تتواجد تحت البشرة مباشرة أو بعدد 1-2 صف من الخلايا البرنكيمية وقد تكون مقترنة بالنسيج الوعائي في اعناق الأوراق.

يقسم النسيج الكولنكيمى الى ثلاثة أنواع تبعا" لطريقة التسمك:ـ

1- النسيج الكولنكيمي الزاوي Angullak collenchymal التمسك يحصل في الجدران الابتدائية عند الأركان مقابل المسافات البينية مثل القرع *Cucurbita* والعنب *Vitis* والتين *Ficus*

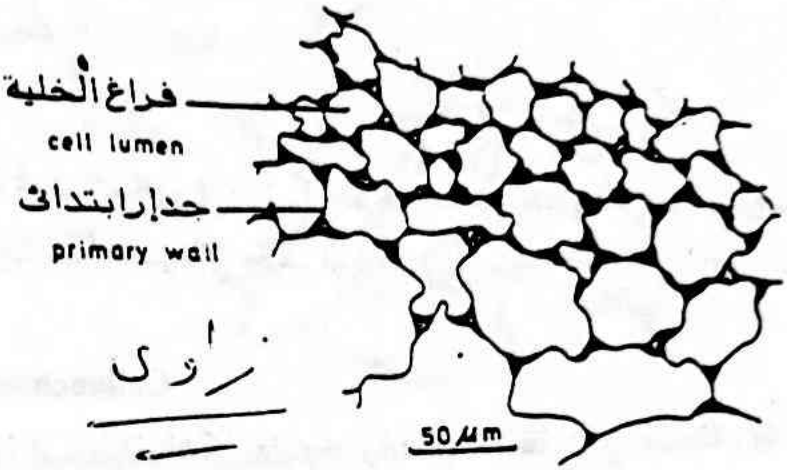
2- النسيج الكولنكيمي الصفائحي .Lamellar colle

يقتصر التسمك على الجدران المماسية الداخلية والخارجية وتبقى الجدران القطرية رقيقة وتكون الشحنات بهيئة صفائح متراكبة كما في البيلسان *Sambucus*

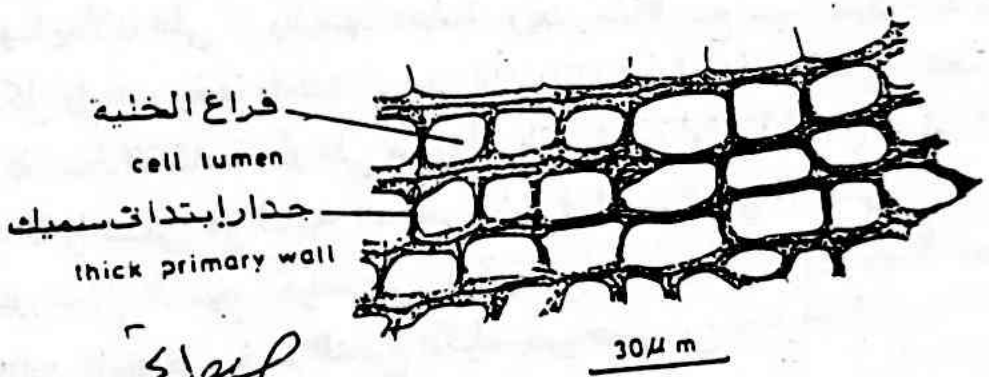
3. النسيج الكولنكيمي الفراغي او الانبوبي. Lacunae or Tubular colle

يكون التثخن عند الزوايا الا ان التثخنات لا تكون كاملة تترك مسافات بينية ضمن التثخنات مكونة ما يشبه الانبوب مثل الخس *Lactuca* و *Salvia* .

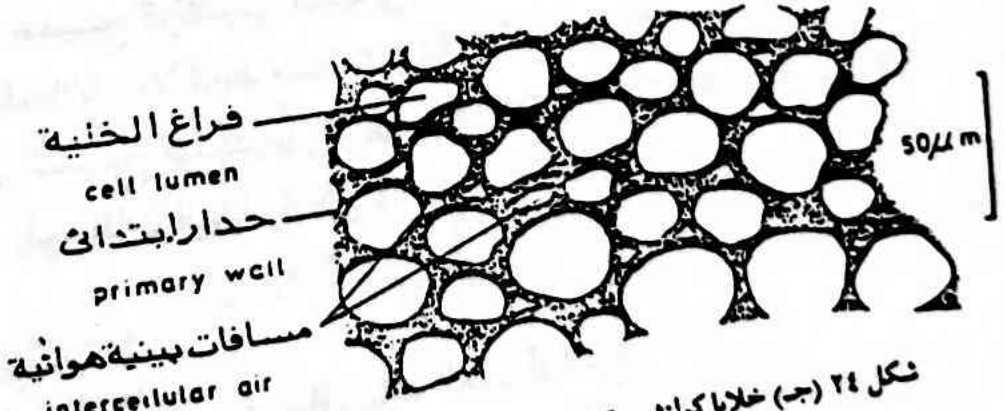
شكل (٢٤) أنواع الخلايا الكولنشيمية.



شكل ٢٤ (ا) خلايا كولنشيمية زاوية في قطاع عرضي لعنق ورقة نبات البيجونيا.
(محتويات الخلايا غير موضحة على الرسم).



شكل ٢٤ (ب) خلايا كولنشيمية صفيحية في قطاع عرضي لساق نبات اليلسان.
(محتويات الخلايا غير موضحة على الرسم).



شكل ٢٤ (جـ) خلايا كولنشيمية فراغية في قطاع عرضي لساق نبات الرمرام.
(محتويات الخلايا غير موضحة على الرسم).

الانسجة السكلرنكيمية Sclerenchyma tissue

هو نسيج مستديم تموت خلاياه بعد النضج حيث تصبح الخلايا مكونة من جدار خلوي يحيط بتجويف الخلية الخالي من Protoplast وتتميز خلايا النسيج السكلرنكيمي بوجود جدار ثانوي مثخن مشبع بمادة اللكنين Liginun وظيفتها الاساسية للنسيج هو الدعم والاسناد Supportحيث يكسب الاجزاء النباتية الدعامة الميكانيكية .تنشأ خلايا النسيج بصورة مباشرة من الانسجة المرستمية كالكمبيوم الاولي Procambium والكامبيوم الوعائي vascular cambiumاو تنشأعن طريق تلكنن Liginification الخلايا البرنكيمية وتغلظ جدرانها وتتحول وتموت الى خلايا سكلرنكيمية ، ويطلق على هذه الخلايا التي تتحول فيها الخلايا المستديمة الى نوع اخر اكثر تمايزاً باعادة التمايز Redifferation ويوجد هذه النسيج في جميع اجزاء النبات سواء كانت ترابية او هوائية ولهذا فهو يوجد في الجذور والسيقان والاوراق والثمار والبذور .وتصنف الخلايا السكلرنكيمية تبعاً الى اشكالها الى:-

اولاً:- الالياف Fibers :- وهي خلايا طويلة نحيفة slender ذات نهايات مستدقة غير متفرعة تتصف جدرانها بخاصية المرونة elasticity والتي تجعل الخلايا قادرة غلى استرجاع شكلها وطولها الاصلي بعد مطها او شدها مما يجعلها عناصر ميكانيكية ملائمة للاعضاء المسنة وتوجد بين عناصر الخشب واللحاء

انواع الالياف :-

أ – الياف خارج الخشب Extraxylary fibers وتشمل

1- الياف تحت البشرة Hypodermal fiber:- ويلاحظ هذا النوع من الالياف في مقطع مستعرض لساق Zea mays في المنطقة الخارجية من النسيج الاساسي تحت البشرة مباشرة.

2- الياف اللحاء Phloem fiber :- وتشاهد هذا النوع في مقطع مستعرض لساق Tilia stem .

3- الياف قبعة الحزمة Bundle cup fiber :- وتشاهد في مقطع مستعرض لساق Helianthus stem اعلى الحزمة الوعائية.

4- الياف الصلبة Hard fibers :- حيث تكون بين البشرة والحزمة الوعائية ويمكن مشاهدتها في مقطع مستعرض لورقة نبات Zea mays

5- الياف البشرة والقشرة .Epidermal and cortical fiber and fibrous Sheath :- يمكن مشاهدتها في المقطع المستعرض لساق Triticum stem او Cucurbita stem

ب – الياف داخل الخشب Xylary fibers

وهي الالياف التي تقع داخل نسيج الخشب وهي على انواع :-

1- الالياف القصبية Fiber-tracheids والالياف المستدقة Libriform fibers يمكن التمييز بين النوعين من الالياف استناداً الى سمك الجدار ونوع النقر.فالنوع الاول يشبه الالياف اللحاء وهي اطول من القصيبات والالياف المستدقة، اما جدرانها فاقل سمكاً من الالياف المستدقة واكثر سمكاً من القصيبات. والنقر فيها مضفوفة غير ان تجويف النقرة اصغر مما في القصيبات.

2- الالياف الجيلاتينية Gelatinous or Mucilage fibers :- تمتاز هذه الالياف بان الطبقة الداخلية من الجدار الثانوي غير حاوية او تحتوي على كمية قليلة من اللكنين وكمية كبيرة من α –cellulose هذه المنطقة تمتص الماء وتنتفخ لتملأ تجويف الخلية وتنكمش عند الجفاف ، وتسمى هذه الطبقة بـG-layer

ثانياً:- السكلريدات Selereids :- وتمثل انواع مختلفة من الخلايا السكلرنكيمية التي تتباين في اشكالها والتي تميل الى الاستطالة او تظهر على شكل خيوط رفيعة ومتفرعة وتتميز بوجود جدار ثانوي سميك يحتوي على مادة اللكنين بصورة اساسية وتوجد هذة الخلايا في السيقان والجذور والاوراق والثمار .

انواع السكلريدات:-

1- السكلريدات الكبيرة Macrosclereids ويمكن مشاهدتها في الاوراق الحرشفية لنبات الثوم Allium sativum .

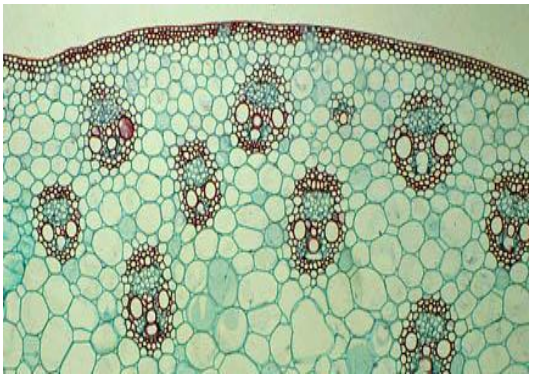
2- السكلريدات المتفرعة Branchy sclereids (stone cell) :- وتشاهد في لب ثمرة العرموط Pyrus fruit .

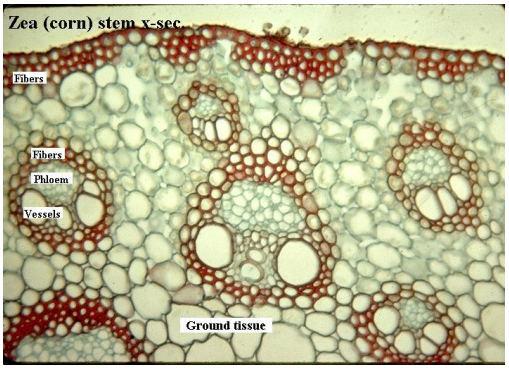
3- السكلريدات العظمية Osteosclereids :- ويمكن مشاهدته في مقطع العرضي لورقة نبات Hakea Leaf في منطقة الميزوفيل .

4- السكلريدات النجمية Astorsclereids :- وتشاهد عند دراسة مقطع عرضي لورقة Nymphaea Leaf.

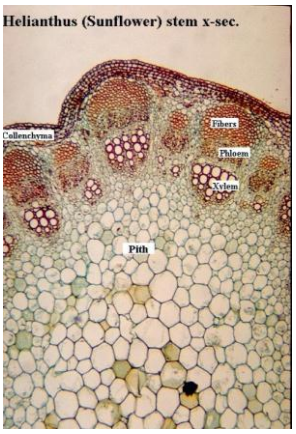
5- السكلريدات الخيطية Trichosclereids :- وتشاهد عند دراسة مقطع مستعرض لورقة نبات الزيتون Olive Leaf .

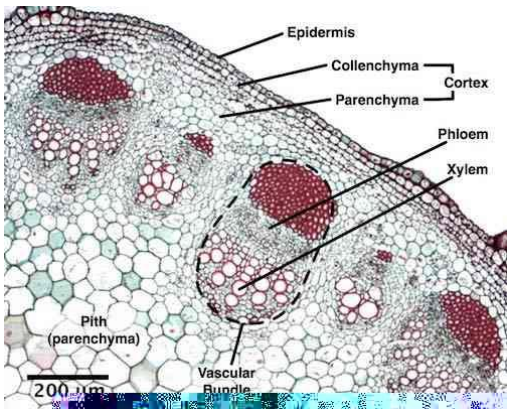
الشكل (1)شريحة جاهزة لمقطع مستعرض من ساق نبات Zea mays في المنطقة الخارجية من النسيج الاساسي تحت البشرة مباشرة لمشاهدة الياف تحت البشرة Hypodermal fiber





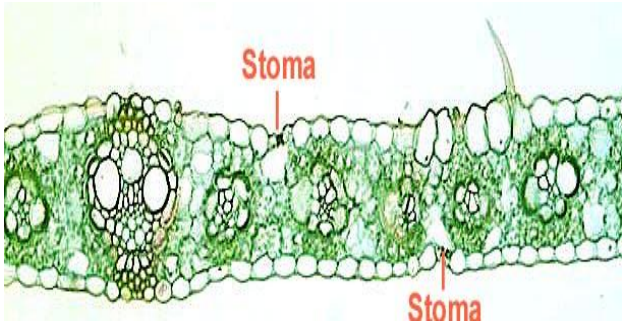
الشكل (2)شريحة جاهزة لمقطع مستعرض لساق Helianthus stem لمشاهدة الياف قبعة الحزمة Bundle cup fiber الموجودة اعلى الحزمة الوعائية.

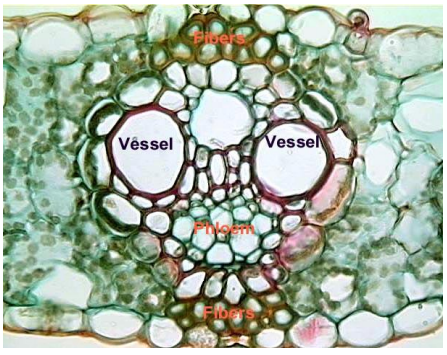




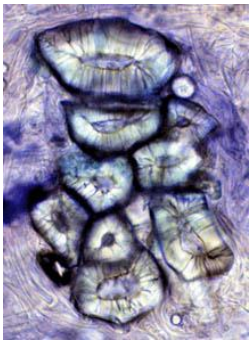
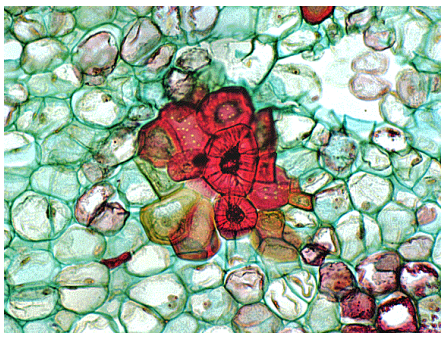
3

الشكل (3)شريحة جاهزة لمقطع مستعرض من ورقة نبات Zea mays لمشاهدة الياف الصلبة Hard fibers حيث تكون موجودة بين البشرة والحزمة الوعائية

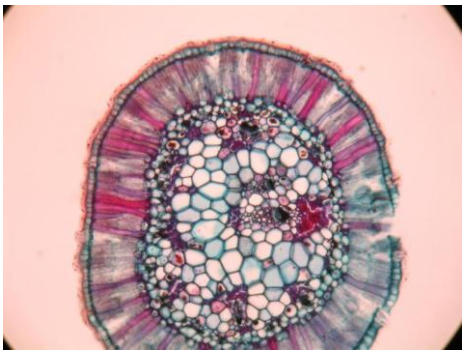
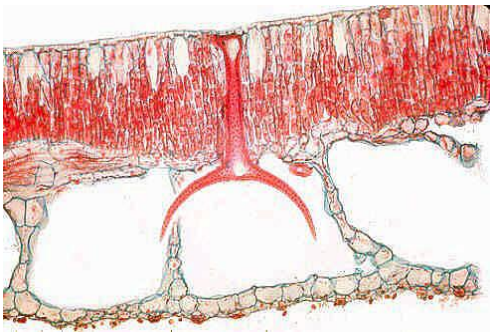




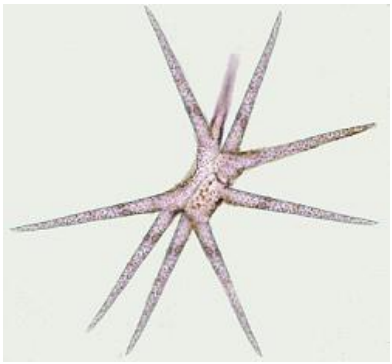
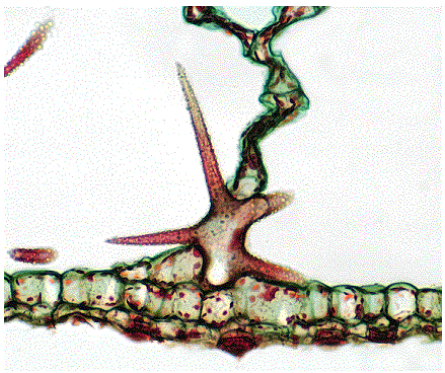
الشكل (4) شريحة من لب ثمرة العرموط Pyrus fruit وشاهد السكلريدات المتفرعة Branchy sclereids (stone cell).

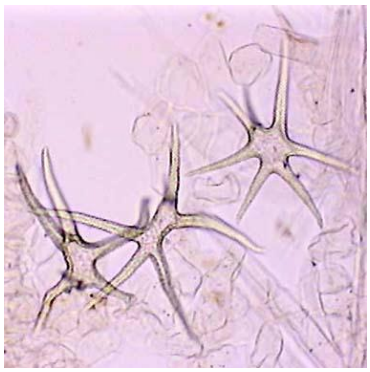



الشكل (5) شريحة جاهزة لمقطع مستعرض لورقة نبات Hakea Leaf وشاهد السكلريدات العظمية Osteosclereids في منطقة الميزوفيل .

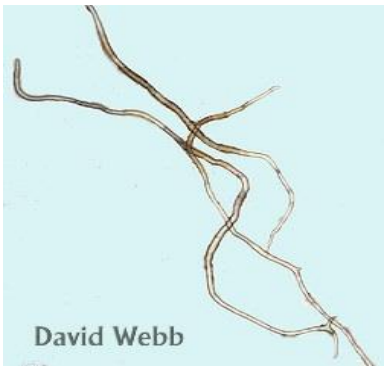



الشكل (6) افحص شريحة جاهزة لمقطع مستعرض لورقة نبات زنبق الماء Nymphaea Leafوشاهد السكلريدات النجمية Astorsclereids .



الشكل (7) شريحة جاهزة لمقطع مستعرض لورقة نبات الزيتون Olive Leaf وشاهد السكلريدات الخيطية Trichosclereids



الخشب xylem

نسيج مستديم معقد يقوم بوظيفة امتصاص الماء والاملاح من التربة يكون مع اللحاء النظام النسيجي الوعائي Vascular tissue system وعلى اساس وجود هذه الانسجة سميت النباتات الوعائية Vascular plant او (Non - Vascular plant) عندما لا يتواجد هذه الأنسجة المتطورة، يؤدي وظيفة الاسناد و الدعامة علاوة على الوظيفة الأساسية كعناصر النقل . يبقى هذا النسيج فترة طويلة من عمر النبات تصل عشرات السنين. يتكون الخشب من العناصر التالية:

1- Tracheids

2- Vessels

3- Xylem fiber

Xylem parenchyma -4

1- القصيبات Tracheids

كل قصيبة تمثل خلية مستقلة ذات جدار ثانوي خالي من الثقوب ولكنه حاوي على نقر pits. القصيبات خلايا مستطيلة تموت عند النضج وظيفتها الرئيسية هي نقل الماء والأملاح المعدنية الذائبة كما انها تقوم بوظيفة التدعيم. تتميز القصيبة بنهايات مدببة نوعا ما. لكنها ليست مستدقة، تكون الجدران النهائية للقصيبات مائلة عادة وحاوية على نقر تبدو القصيبات مضلعة في المقطع العرضي غير انها تميل الى الاستدارة تكون النقر المضفوفة بغزارة في الجدران النهائية والقطرية بينما تنعدم في الجدران المماسية. يتم نقل الماء والمواد المذابة من قصيبة الى اخرى عن طريق النقر الموجودة في الجدران الفاصلة يتم مرور الماء عبر الجزء الرقيق من غشاء النقرة الذي يقع خارج التخت في بعض النقر المضفوفة يكون غشاء النقرة مثقبا" كما في بعض الصنوبريات Larix. تتغلظ الجدران للقصيبات بصورة مختلفة كالتغلظ الحلقي annular والحلزوني spiral والشبكي Reticulate والسلمي Scaliform اضافة الى النوع النقري Pitted الذي ينشا من وجود النقر المضفوفة *أن خشب عاريات البذور Gymnosperm يتمثل بالقصيبات اذ انها العناصر الناقلة الوحيدة في الخشب وكذلك في بعض النباتات الوعائية الواطئة.

5- اوعية الخشب Vesseles

يمثل الوعاء تركيبيا" انبوبيا" متعدد الخلايا ينشا من سلسلة من الخلايا تتصل مع بعضها البعض عند نهاياتها يطلق على كل خلية منها وحدة الوعاء vessels elements او vessels member، وضمن الوعاء الواحد تكون الجدران النهائية المستعرضة لوحدات الأوعية منقبة perfrated او ذائبة بصورة كلية. تموت وحدات الوعاء عند النضج وتكون حاوية على العصارة Sap و العصارة هي ماء واملاح معدنية ذائبة كما أن جدرانها الثانوية الملكننة قد تكون هي الأخرى منقرة pitted او حاوية على تغلضات مختلفة كالحلقي او الحلزوني والشبكي والسلمي، وبالنظر لوجود الثقوب في الجدران النهائية لوحدات الاوعية فان العصارة تمر خلالها لجريه خلال الوعاء الواحد .

بينما يقتصر مرور العصارة خلال الجدران الفاصلة بين وعاء واخر على النقر الموجودة في تلك الجدران يطلق على الجدران النهائية أو المستعرضة الحاوية على ثقوب مصطلح الصفائح المثقبة perforation plates توصف هذه الصفائح بانها بسيطة simple perforation plates عندما تكون حاوية على ثقب واحد ومركبة compound perforation plates عندما يوجد بها أكثر من ثقب واحد. وسبقا" لأشكال

الثقوب وطريقة ترتيبها في الصفائح المثقبة فأنها تصنف الى سلمية scalarifom او شبكية Reticulate او دائرية Forminated

تتكون الثقوب خلال فترة نشوء اوعية الخشب بفعل انزيمات يفرزها البرتوبلاست مما يؤدي الى اذابة الجدار الابتدائي والصفيحة الوسطى في المواقع من الجدار التي لم يضيف عليها جدار ثانوي ومن ثم يموت البرتوبلاست وتتحل مكوناته. أن الوحدات الوعائية الصغيرة الواسعة تمثل حالة أكثر رقيا" من الناحية التطورية من الوحدات الطويلة الضيقة كما ان الصفائح المثقبة البسيطة حالة أكثر رقيا" من الصفائح المثقبة المركبة. نظرا" للتشابه الوظيفي للقصيبات والاوعية فانه يطلق على التركيبين مصطلح العناصر القصبية Tracheary elements ويعتبر وجود الاوعية في الخشب صفة مميزة لمغطاة البذور اما غالبة عاريات البذور والنباتات الواطئة فان العناصر الناقلة مفتقرة على القصيبات. من الجدير بالذكر أن الأوعية أكثر تطور من القصيبات كما أن التمسك في الجدران يتسلسل من الحلقي فالحلزوني فالسلمي فالشبكي ثم النقري الذي يعتبر أكثر تطورا" من البقية.

6- الياف الخشب Xylem fiber

وهي الياف مقترنة بنسيج الخشب وظيفتها ميكانيكية جدرانها ملكننة وأكثر سمكا من القصيبات. هناك ثلاثة انواع رئيسية من الألياف تتواجد في الخشب.

1- الالياف العادية أو المستدقة Eibriform fibers

2- القصيبات الليفية Fiber tracheids

3- الألياف الجيلاتينية Gelatious fibers

تتميز القصيبات الليفية بكونها اقل طولا" وأرق جدرانا" مقارنة بالألياف العادية لنفس الخشب كما انها ذات نقر مضفوفة من نوع خاص. حيث ان الاضافات الثانوية تستمر فوق ضفاف النقرة فتكون بذلك قناة ذات فتحتين.

تتميز القصيبات الليفية عن القصيبات الاعتيادية بكون الأولى أكثر طولا" واسمك جدرانا" كما ان ردهات النقر المضفوفة فيها تكون مختزلة نسبيا مقارنة مع نظيراتها في القصيبات وفي بعض القصيبات الليفية قد تبقى البرتوبلاست حية لفترة من الزمن بعد نضج الجدار الثانوي قد تصل سنوات كما في العنب.

أما الألياف الجلاتينية Gelatinous fibers تتميز بجدران ثانوية يتقدم فيها الكثين بينما يزداد فيها السليلوز سميت بهذا الاسم كونها ذات مظهر جيلاتيني وهو موجود في الخشب الفعال لبعض نباتات الفلقتين.

أما الألياف العادية للخشب Libriform fibers حاوية على ثغر تتميز بأنها بسيطة خالية الرجهة Chamber وتبدو في المظهر الشكلي شقية Slit-like

اكتمال تمدد العضو النباتي وغالبا ما يتمزق الخشب الأول في السيقان بينما لا يتمزق في الجذور لأنه لا ينضج بسرعة الا بعد انتهاء تمدد الجذور. اما الخشب التالي فيبقى محتفظة بكل مكوناته ويؤدي وظيفة النقل لفترة اطول في معظم اعضاء النبات وفي النبات الذي لا يعاني تغلظ ثانوي يبقى الخشب التالي هو الجزء الوحيد الذي يقوم بوظيفة النقل. كما يخلو الخشب الأول من الألياف بينما يحتوي الخشب التالي

4- برنكيما الخشب xylem parenchyma

الخلايا برنكيمية مقترنة بنسيج الخشب وظيفتها الرئيسية الخزن تقوم بالنقل المسافات قصيرة بالاتجاه الشعاعي تقوم هذه الخلايا بخزن الماء والنشا والزيوت كما أن المواد الدباغية tenniferous. comp والبلورات تعتبر من المحتويات المألوفة في برنكيما الخشب.

قد تتغلظ جدران الخلايا البرنكيمية بجدران ثانوية ملكننة خاصة في الخشب الثانوي وعندها تكون حاوية على نقر بسيطة أو مصفوفة أو شبه مصفوفة تتواجد الخلايا البرنكيمية بنسية أوقر في الخشب الابتدائي منها في الخشب الثانوي. تتواجد الخلايا البرنكيمية في نظامين هما المحوري Axial system والنظام الشعاعي radial system.

الخشب الابتدائي والثانوي Primary and Secondary Xylem

يتميز الخشب تبعا انشوئه الى نوعين رئيسين هما : الخشب الابتدائي والخشب الثانوي حيث ينشا الخشب الابتدائي من الكمبيوم الاولي Procambium وذلك خلال فترة النمو الابتدائي للاعضاء النباتية . بينما الخشب الثانوي ينشا من الكمبيوم الوعائي Vascular Cambium. ويتميز الخشب الابتدائي الى خشب اول Protoxylem يتم تكوينه في الفترة التي يكون فيها العضو النباتي لا يزال في حالة تمدد، وخشب تالي Metaxylem ويتم تمييزه من الكمبيوم الاولي في وقت متاخر ولا يتم نضج عناصره بصورة كاملة الا بعد تمدد العضو النباتي . وفي النباتات التي لا تعاني تغلظا ثانويات يبقى الخشب التالي هو الجزء الوحيد الذي يؤدي وظيفة النقل طيلة حياة النبات . ويخلو الخشب الاول عادة من الالياف بينما يحتوي الخشب التالي على بعض الالياف.

نسيج اللحاء Phloem

نسيج معقد وظيفته نقل المواد الغذائية في النباتات الوعائية بشكل ذائب ويقترن نسيج الخشب مع اللحاء مكونة النسيج الوعائي Vascular Tissue أو النظام النسيج الوعائي Vascular .T.S ، يتألف اللحاء في مغطاة البذور من أنابيب منخلية Seive tube وخلايا مرافقةcells Companion

وخلايا برنكيمية Parenchyma cells وألياف Fibers . أما في عاريات البذور فيفتقر اللحاء للأنابيب المنخلية وتوجد بدلا منها خلايا منخلية Seive cells وتتعدم الخلايا المرافقة بينما يقتصر لحاء النباتات الوعائية الواطئة على الخلايا المنخلية والخلايا البرنكيمية

تستمر الأشعة اللحائية خلال الاصول الشعاعية للكمبيوم مكونة سلسلة شعاعية من الخلايا يطلق عليها الأشعة الوعائية vascular rays وهي صفة للخشب واللحاء الثانويين .

ونظرا للطبيعة غير المتصلبة للعناصر التي تدخل تركيب اللحاء عدا الألياف ولكون هذا النسيج لا يستديم على النبات نظرا لتساقطه بين حين وأخر لذا فإن نسيج اللحاء يكون أقل وضوحا من الناحية الشكلية مقارنة بالخشب. ولا يعتمد عليه في تقدير عمر النبات وفي دراسة المتحجرات خلافا لنسيج الخشب الذي يحتفظ بخصائصه الشكلية ويستديم في النبات عبر السنين.

واللحاء الابتدائي يصنف إلى لحاء أول Proto phloem ينشأ من الكمبيوم الأولي ويتكون قبل استطالة العضو النباتي وإن عناصره كثيرا ما تتمزق وتفقد وظيفتها بعد فترة. أما اللحاء التالي Meta phloem فيتكون

في مرحلة متأخرة وينشأ من الكمبيوم الأولي بعد اكتمال العضو نسبيا وهو يمثل اللحاء الفعال في النباتات التي لا تعاني نمو ثانوي ويؤدي وظيفته لفترة أطول . بينما النباتات التي تعاني نمو ثانوي فإن اللحاء الثانوي يبقى فعال طول حياة النبات.

الأنابيب المنخلية Seive tube

عبارة عن سلسلة من الخلايا تنتظم طولية على هيئة أنبوب وتلتقي الخلايا المكونة للأنبوب مع بعضها عند نهاياتها ويطلق عليها وحدات الأنبوب المنخليةSeive - tube element

تحاط وحدات الأنبوب بجدار ابتدائي رقيق مكون من مادة السليلوز إن وجود الأنابيب المنخلية صفة لمغطاة البذور أما عاريات البذور والنباتات الواطئة فلا تحتوي أنابيب بل خلايا منخلية ولا تتحد الخلايا المنخلية لتكون أنبوب بل كل خلية مستقلة بذاتها.

تعد الأنابيب أكثر رقية من الخلايا ونظرة للتشابه الوظيفي للأنابيب والخلايا المنخلية يطلق مصطلح العناصر المنخلية Seive element لكلا العنصرين.

إن فقدان النواة في الوحدات المنخلية قد يجعل عمرها الوظيفي قصيرة تنتهي عند نهاية موسم النمو أو الموسمين. أما في عاريات البذور فتبقى لعدة سنين.

الخلايا المرافقة Compound cells

خلايا برنكيمية متخصصة ذات بروتوبلاست فعال تحتوي سايتوبلازم كثيف ونواة. ترتبط الخلايا المرافقة مع وحدات الأنبوب المنخلية ارتباطا وثيقا في الموقع والمنشأ والوظيفة إذ تقترن بكل وحدة من وحدات الأنبوب المنخلية خلية مرافقة واحدة أو أكثر تمتد بمحاذاتها وتنشأ من نفس الخلية المرستيمية التي نشأت منها وحدة الأنبوب المنخلية. إن الارتباط الوثيق بين الخلية المرافقة الحاوية على نواة وبين وحدة الأنبوب الخالية من النواة يشير إلى ارتباط وظيفي بينهما ويعزز ذلك أن موت الخلايا المرافقة في اللحاء يؤدي إلى فقدان الأخيرة لوظيفته. الخلايا المرافقة ذات جدران ابتدائية رقيقة حاوية على حقول النقر الابتدائية النواة ويبقى السايتوبلازم.

ويتكون من أجسام صغيرة يطلق عليها الأجسام الهلامية Slime bodies التي لا تلبث أن تنتقل إلى العصير الخلوي عندما تمتزج محتويات السايتوبلازم والعصير الخلوي لوحدات الأنابيب المنخلية مع بعضها بعد زوال غشاء الفجوة.

وعند تحضير شرائح نسيج اللحاء تبدو المادة الهلامية متجمعة عند الصفائح المنخلية مكونة السدادة الهلامية Slime plung. وتتميز الأنابيب المنخلية بوجود صفائح منخلية Seive plate في جدرانها النهائية

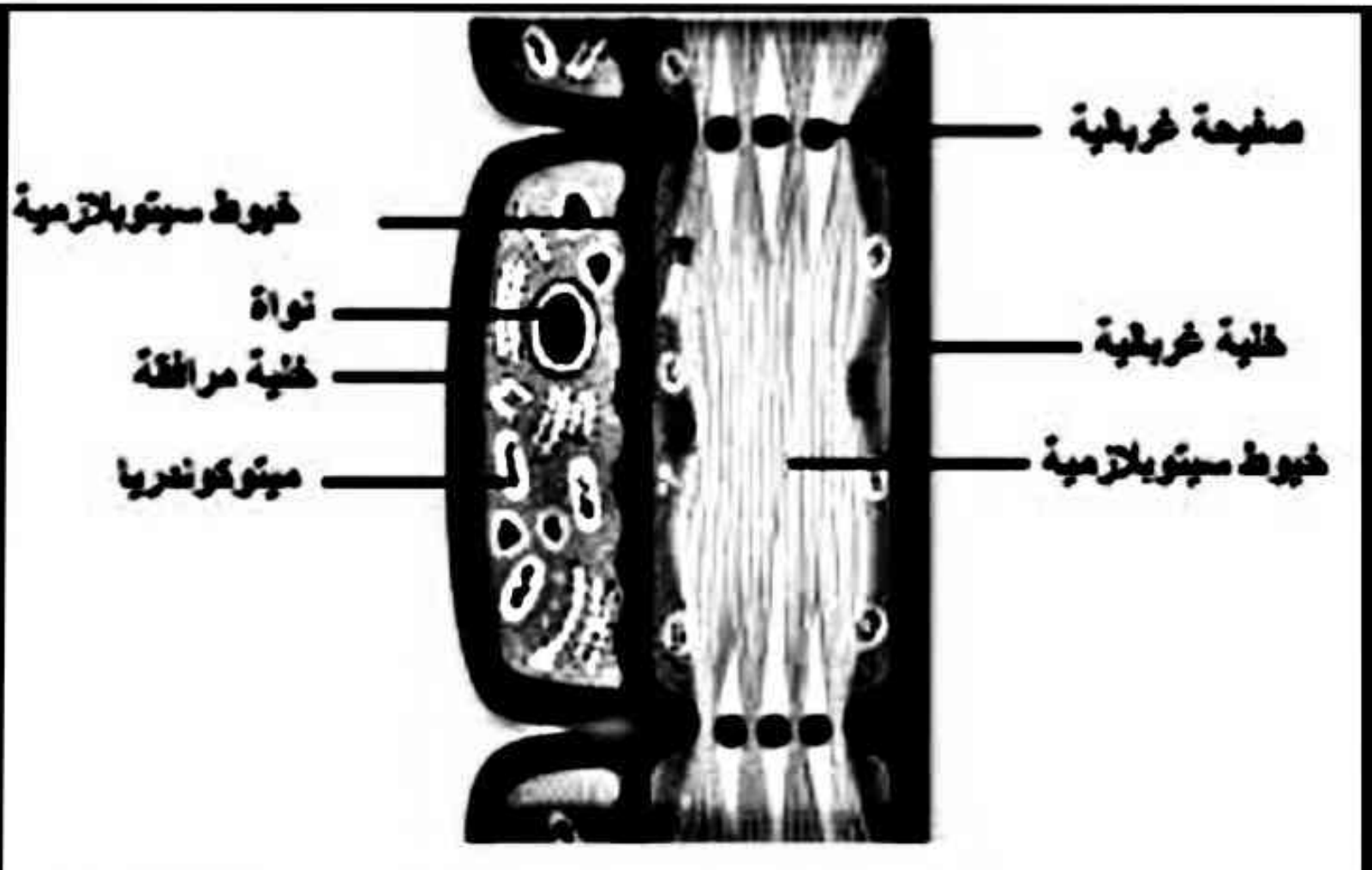
المستعرضة. وتكون الصفائح بوضع أفقي متعامد مع المحور الطولي للأنبوبة وأحيانا بوضع مائل. والنوع المائل أكثر رقية من النوع الأول.

تتميز الصفائح المنخلية بوجود ثقوب Pores فيها تخترقها خطوط بروتوبلازمية سميكة تشبه البلازمودزمات ألا أنها تتميز بزيادة سمك قطرها وإحاطتها بمادة الكالس Callus في المنطقة التي تخترق فيها خيوط الصفيحة المنخلية ، ويطلق على هذه الخيوط البروتوبلازمية (الخيوط الرابطة) Connecting strand لكونها تربط بين سيتوبلازم الوحدتين التاليتين للأنبوب .

أما الكالس فهو يتألف من مادة كربوهيدراتية متعددة السكريات تسمى callus وهي عبارة عن

جزيئات سكر العنب Glucose. وبمرور الزمن يزداد سمك اسطوانة الكالوز المحيطة بالخيوط مما يؤدي إلى أن تصبح الأخيرة أكثر نحافة حتى تتلاشى الخيوط وتفقد الأنبوبة المنخلية.

وعند موت وحدات الأنبوب المنخلية تختفي مادة الكالوز تماما وتصبح الصفائح ذات ثقوب ظاهرة لأنها خالية من الخيوط الرابطة. قد تستعيد بعض الأنابيب نشاطها عند تحليل مادة الكالوس في فصل الربيع التالي تتكون الخيوط الرابطة مرة أخرى.



ان الطبيعة الحية لوحدات الأنابيب المنخلية مع قابليتها على تكوين الكالوز وقدرتها على إذابته وكذلك قدرتها على تكوين خيوط الرابطة يعزز الطبيعة الحية لها على الرغم من انحلال النواة عند النضج .

الصفائح المنخلية إما بسيطة Simple sieve plate أي الثقوب منتشرة في الصفيحة من تمييز أو مركبة. Campound S . P تتجمع الثقوب في مناطق منفصلة يطلق على كل منها المساحة المنخلية Sieve area.

وقد توجد المساحات المنخلية في الجدران الجانبية لوحدات الأنبوب المنخلية ألا أنها ذات ثقوب ضيقة جدا مقارنة مع الصفائح المنخلية الاعتيادية.

تتواجد الصفائح المنخلية البسيطة في فصيلة البليلة **Capirfoliaceae** بينما المركبة في الأعشاب والكروم.

تنشأ الخلية المرافقة من نفس الخلية المرستيمية التي تنشأ منها وحدة الأنبوب المنخلية المقترنة. وذلك عند حصول انقسامات خماسية في الخلية الأمية المكونة لها ويكون هذا الانقسام غير متكافئ. إحدى الخليتين كبيرة وهي وحدة الأنبوب والثانية صغيرة وهي الخلية المرافقة.

إن وجود الخلايا المرافقة صفة للحاء مغطاة البذور بينما معدومة في عاريات البذور. ألا أن بعض نباتات عاريات البذور كالمخروطيات *Coniferales* تحوي خلايا شبيهة بالمرافقة تسمى خلايا الألبومين Albuminous cells ألا أنها تختلف عن المرافقة.

الألبومين	المرافقة
1.لا تنشأ من نفس الخلية المرستيمية تنشأ منها خلية الأنبوب المنخلي. 2. تقع ضمن النظام الشعاعي للحاء. 3. تحوي نسبة عالية من الزلال	تنشأ من نفس الخلية المرستيمية. تقع ضمن النظام المحوري للحاء لا تحوي

3- برنكيما اللحاء

الخلايا البرنكيمية موجودة في اللحاء بصورة مفردة أو على هيئة مجاميع. أما في اللحاء الثانوي اللطم بصورة منسقة في نظام شعاعي ومحوري. الخلايا البرنكيمية تميل للاستطالة وبعضها قد يكون مقسما بحواجز مستعرضة. إن وظيفة الخلايا البرنكيمية هي الخزن إذ تخزن الماء وبعض | المواد الغذائية كالنشا والدهون والمواد الدباغية ولراتنجية وأحيانا قد تمتلئ بالزيت و النشا فقط .

وبعد موت اللحاء إما أن تبقى الخلايا البرنكيمية على جدرانها الرقيقة أو أنها تتغلظ وتصلب الاضافة الجدران الثانوية عليها وبذلك تتحول إلى سكالريدات ذات جدران مثخنة.

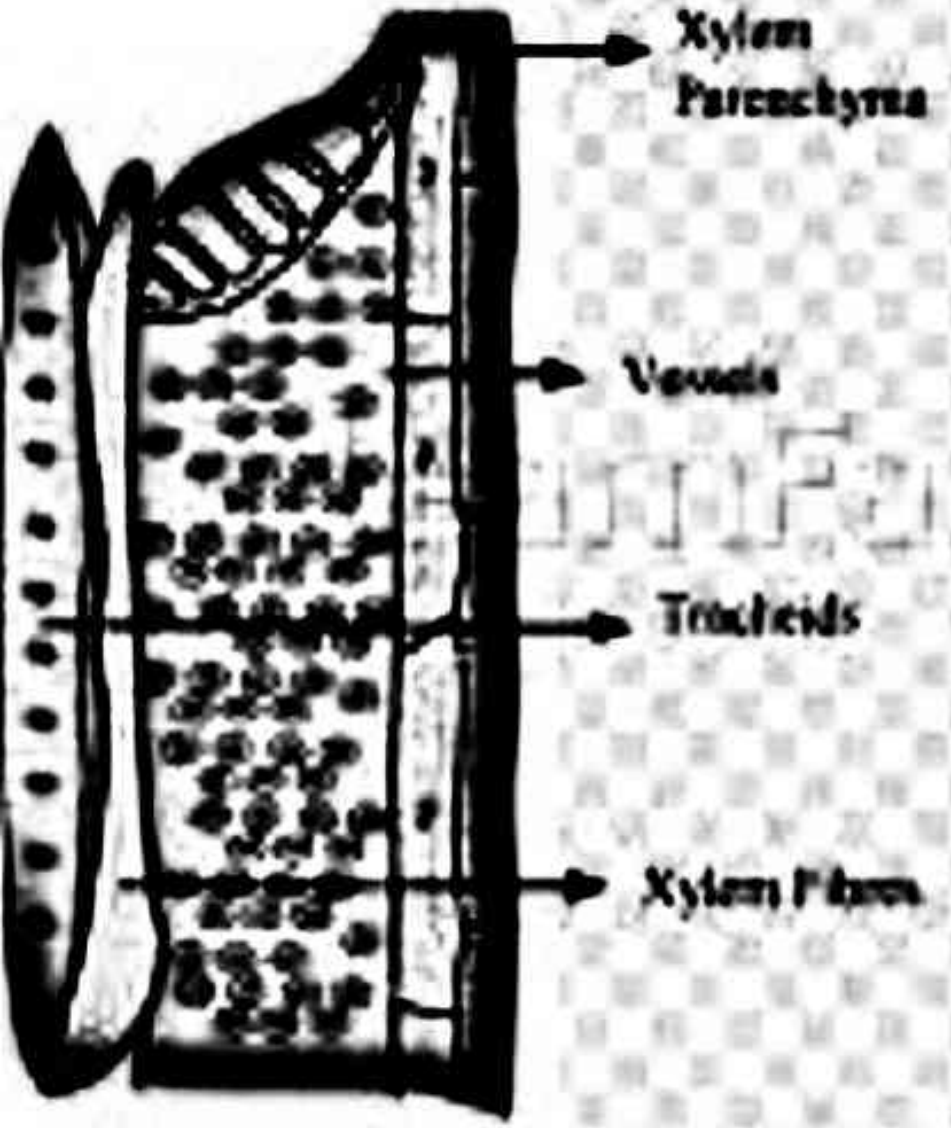
4-ألياف اللحاء Phloem fiber

هي إحدى مكونات اللحاء في مغطاة البذور بينما معدومة في عاريات البذور. في اللحاء الابتدائي تكون الألياف إلى الخارج من النسيج بينما تكون الألياف في اللحاء الثانوي موزعة بطرق مختلفة ضمن عناصر اللحاء الأولي. تكون ألياف اللحاء مختلفة عن ألياف الخشب بكونها ذات نقر بسيطة. وفوهة النقرة صغيرة تميل إلى الاستدارة أو تستطيل قليلا. ألياف اللحاء تكون ملكننة عادة وتتداخل نهاياتها المستدقة مع بعضها في المراحل المبكرة من تكوينها مكونة أشرطة من الألياف تكسب الأعضاء متانة وقوة

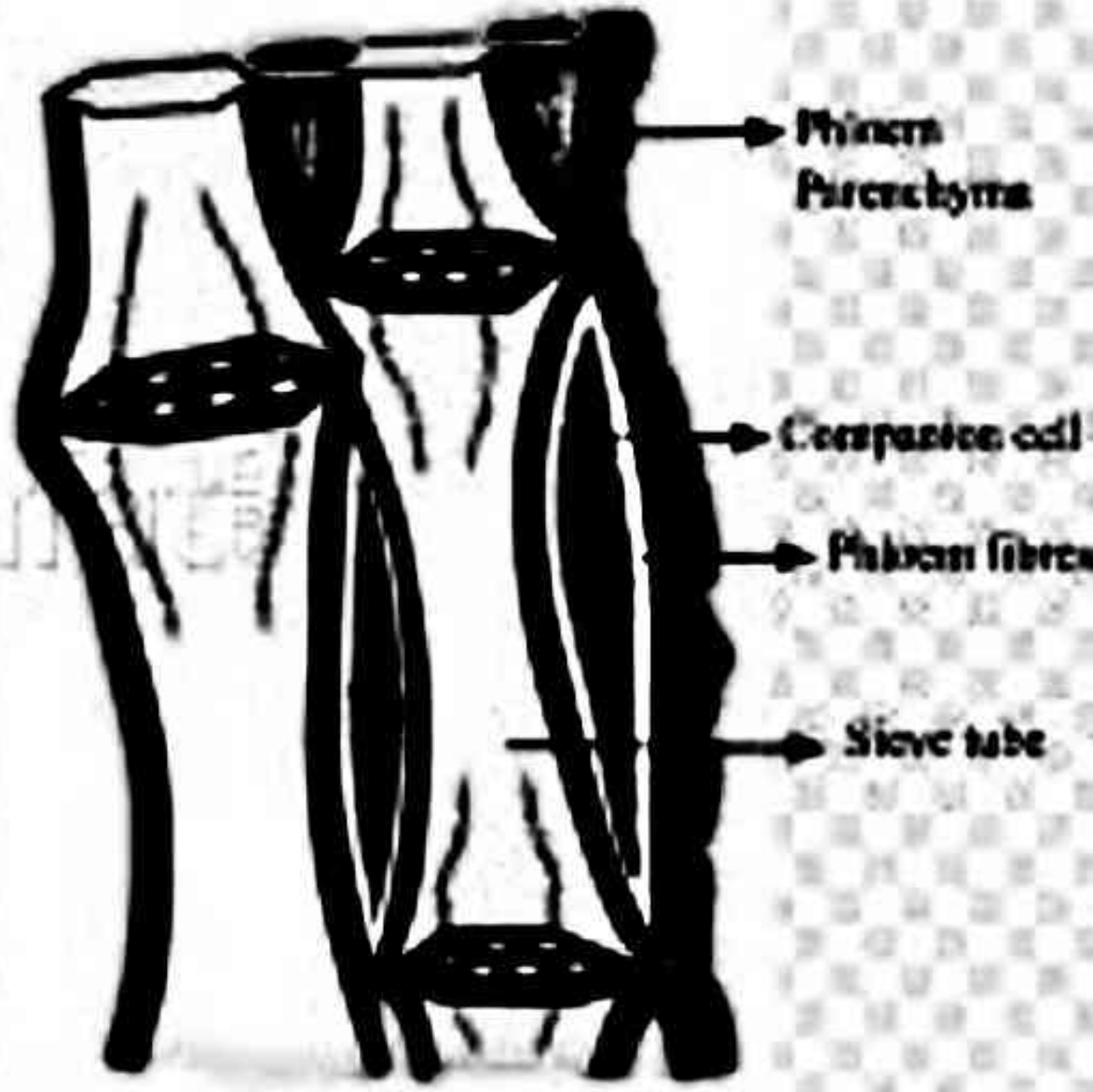
ألياف اللحاء في ذوات الفلقتين تعتبر المصدر الرئيسي للألياف في التجارة والصناعة . وتتكون السكاريدات في لحاء بعض النباتات نتيجة لحصول التصلب Sclerification في بعض الخلايا البرنكيمية الموجودة في هذا النسيج. ويحصل هذا في المناطق القديمة من اللحاء.

اللحاء الأول	اللحاء التالي
1-ينشأ من الكمبيوم الأول في مرحلة مبكرة قبل استطالة العضو النباتي 2- يحتل موقعة خارجية من الحزمة الوعائي 3-العناصر المنخلية في اللحاء الأول أكثر نحافة واقل وضوحه. 4-قد تكون الخلايا الم ا رفقة معدومة اوموجودة 5-.العناصر المنخلية تحتوي خلايا طويلة تتميز فيما بعد إلى الياف بعد تهشم وحدات الانابيب المنخلية لوظيفتها 6- يهشم بعد فترة من تكونه	1-ينشأ من الكمبيوم الأولي بعد فترة متأخرة 2- موقع محدد في الحزمة الوعائية وبعد استطالة العضو النباتي 3-وحدات الأنبوب واسعة 4-وحدات الانبوب مقترنة مع الخلايا المرافقة 5-لها الياف واضحة متميزة حتى قبل فقدان الانابيب المنخلية لوظيفتها

Complex Permanent Tissue



Xylem



Phloem

التغلظ الثانوي

تعرف **الزيادة في** سمك النبات والتى تحدث بعيدا عن القمم النامية نتيجة تكوين **انسجة** ثانوية بالتغلظ الثانوي • وتمثل هـــذه الانسجة في مجموعها الجسم الثانوي للنبات Secondary plant body • ومع تقدم التغلظ الثانوي يصبح المحور الرئيسى للنبات المسن بما في ذلك الســاق والجذر وفروعهما مكونا من انسجة ثانويـــة • بينمـــا تصبح الانسجة الابتدائية المتكونة أصلا خلال فترة النمو الابتدائي مقتصرة على جـــزء مقتضب يحتل مركز العضو النباتي •

وهذا التغلظ النباتي يحـــدث بصورة اعتيادية ومميزة في نباتات عاريات البذور وفي معظم ذوات الفلقتين • وقد يحدث في بعـض ذوات الفلقة الواحدة نتيجة نشاط كميومي ناشىء عن مرستيم ثانوي الا ان هذا الكمبيوم يختلف في طبيعته اختلافا كبيرا عن كمبيـــوم ذوات الفلقتين • وقد تعانى بعض نباتات ذوات الفلقة الواحدة مثل النخيل زيادة كبيرة في الحجم الا ان هذه الزيادة تعزى اساسا الى نشـــاط مرستيمات ابتدائية ، ولذا فهى غالبا ما تصل في سمكها الى ماهو مشاهد بين الاشجار المسنة من ذوات الفلقتين • أما في السرخسيات فلقد كان التغلظ الثانوي سائدا بين أنواعها التى اندثرت منذ زمن بعيد الا انه قد يحدث في بعض السرخسيات الحية ايزوتيس Isoetes وبوتريكيوم Botrychium ، ولكن بصورة استثنائية •

والانسجة الثانوية التى تكون جسم النبات الثانوي ـ والتى يعزى اليها التغلظ الثانوي ـ تتكون نتيجة نشاط نوعين من الانسجة المرستيمية هما الكمبيوم الوعائـــي Vascular cambium الذى يكون الانســـــجة الوعائية الثانوية والكمبيوم الفليني Phellogen or cork cambium الذى يكون انسجة البريدرم •

ويتكون الكامبيوم كادة من نوعين من الخلايا هما :-

١- الخلايا المغزلية (الاصول) Fusiform Initials

وهذه خلايا مستطيلة ذات اطراف مدببة ويصل طولها الى ٨ ملم

٢- الخلايا الشعاعية (الاصول) Ray Initials وهذه خلايا صغيرة متساوية الابعاد.

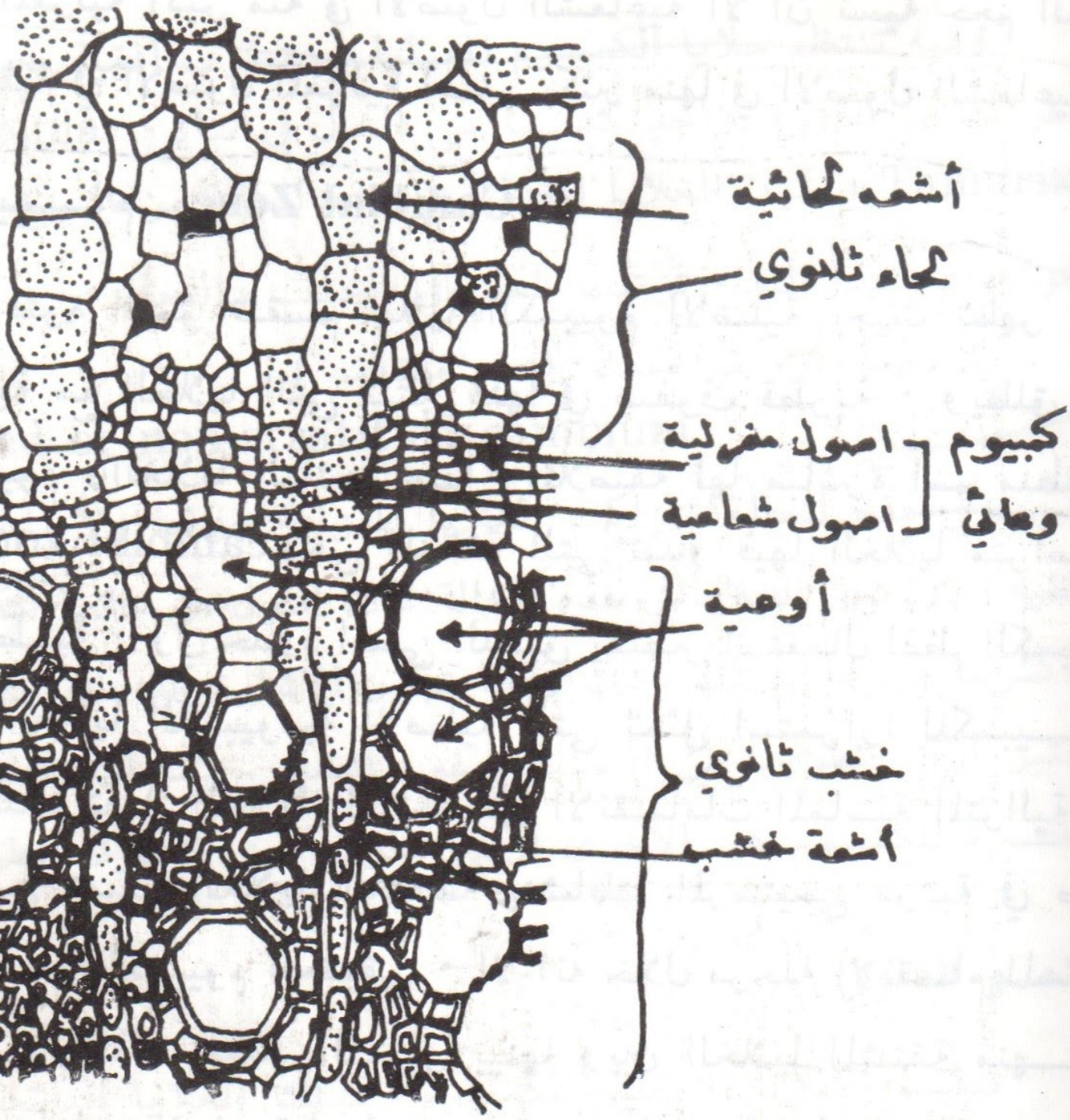
وينشأ من الاصول المغزلية العناصر الطويلة مثل الالياف والقصيبات والاوعية وبارنكيما الخشب. حيث من تكون الخلايا البارنكيمية من الاصول الشعاعية.

التركيب الخلوي لخلايا الكامبيوم :-

١- خلايا الكامبيوم تتميز بقرارة الجدران واغشيتها كل عقول النقر الابتدائية التي عبر من خلالها الروابط البلازمية. الخلايا وحيدة النواة ونويتها واحدة

٢- محتوي كل سايتوبلازم كثيف

٣- لها القدرة على الانقسام وتكوين خلايا جديدة.



شكل (٩- ٢) جزء من مقطع مستعرض في ساق المشمش يوضح منطقة الكمبيوم ومشتقات الأصول المغزلية والشعاعية التي تضاف الى الخشب واللحاء الثانويين .

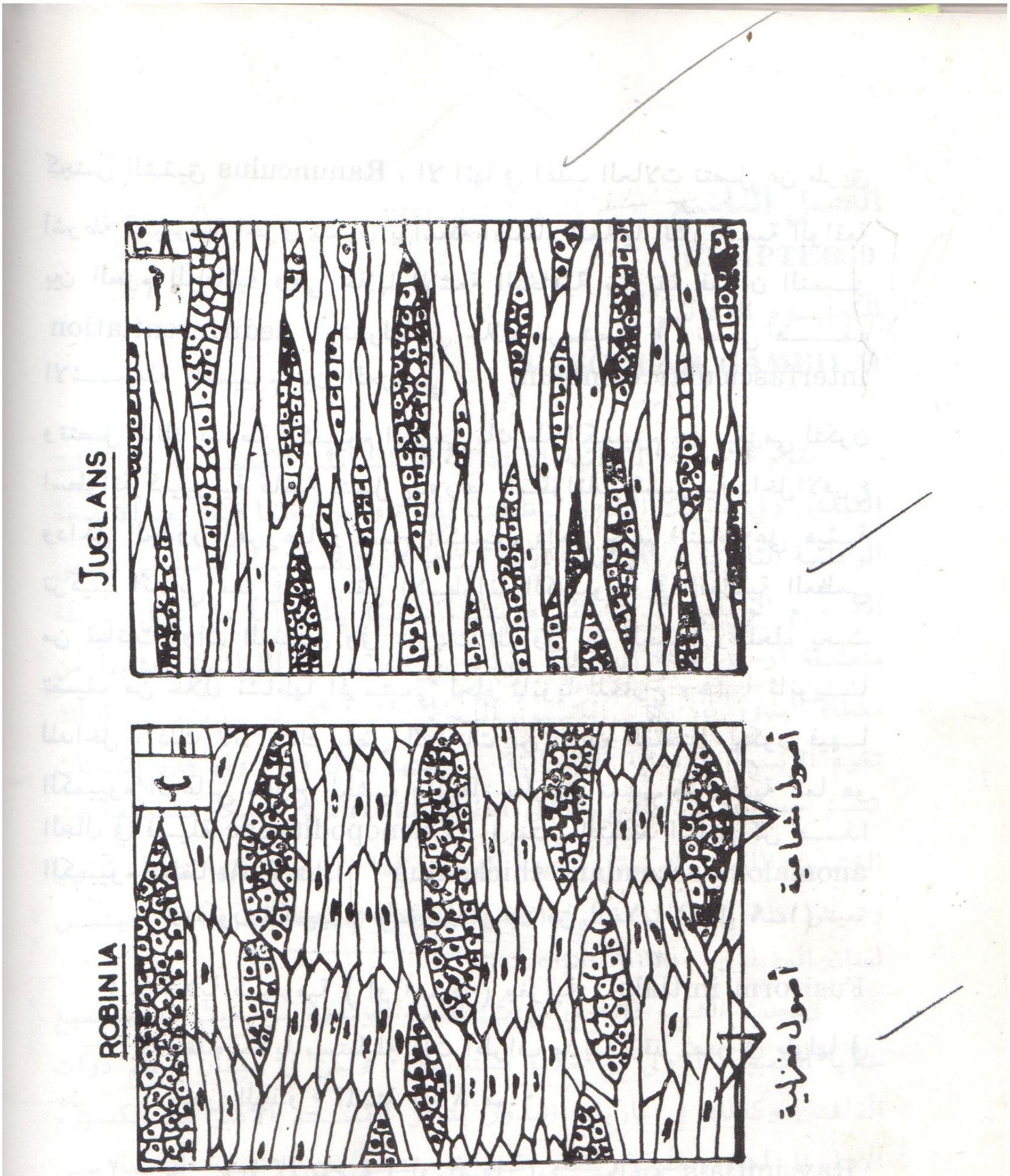
انواع خلايا الكامبيوم حسب ترتيب وانتظام
الخلايا المفرلية في القطع المماثل :-

١- كمبيوم منضد (مصفف)
Storeid or stratified Cambium
وفيه تنتظم خلايا الكمبيوم المفرلية بصفوف
أفقية. بحيث تصبح اطرافها في مستوى واحد
كما في نبات الرويبيا.

٢- كمبيوم غير منضد (غير مصفف).
Non storeid or Non stratified Cambium
وفيه تتراكب الخلايا المفرلية جزئياً ولا تنتظم
في صفوف أفقية.

الكامبيوم المنضد أكثر تطوراً من الكامبيوم الغير
المنضد

دوام الكامبيوم : يختلف دوام الكامبيوم في
نبات الى نبات آخر ومن جزء الى جزء آخر
فقد يبقى الكامبيوم حياً ويقوم بنشاطه خلال فترة
حياة النبات ويبقى لسنوات عديدة. أما الاوراق
والثمار فيدوم الكامبيوم فترة قصيرة تقل الى بضعة
أيام وتحول الكامبيوم الى انسجة دائمة.



شكل (٩-١) مقطع ماسي في الكمبيوم الوعائي يوضح طريقة انتظام الأصول المغزلية والأصول الشعاعية.
أ- كمبيوم غير منضّد في الجوز.
ب- كمبيوم منضّد في روبينيا.

تركيب الخشب الثانوي :-

4

يتركب الخشب الثانوي من نظامين :-

١- نظام عمودي Vertical system

٢- ونظام افقي أو شعاعي Radial system

عناصر النظام العمودي هي :-

الاوعية ، القصيبات ، الالياف ، كلورنشيمية

عناصر النظام الافقي هي :-

الخلايا البارنكيمية فقط .

وتختلف النباتات فيما بينها في كمية وحجم وترتيب العناصر بحيث تقدم هذه الاختلافات في التمييز بين النباتات من حيث اجناسها وانواعها .

التايلوزات Tyloses

تراكيب هامشية تظهر في الاوعية الخشبية والقصيبات في الخشب الابتدائي والثانوي ولكنها أكثر شيوعاً في الخشب الثانوي لمقطاة البذور وتتكون التايلوزات نتيجة :-

5

١- انتفاخ أجدار الابتدائي لخلية برنكيمية داخل الخشب أو بارنكيما شعاعية.

٢- تنتقل الخلية البارنكيمية المنتفخة الى داخل الوعاء الخشبي أو القصيبة الخشبية عبر النقر في الجدار.

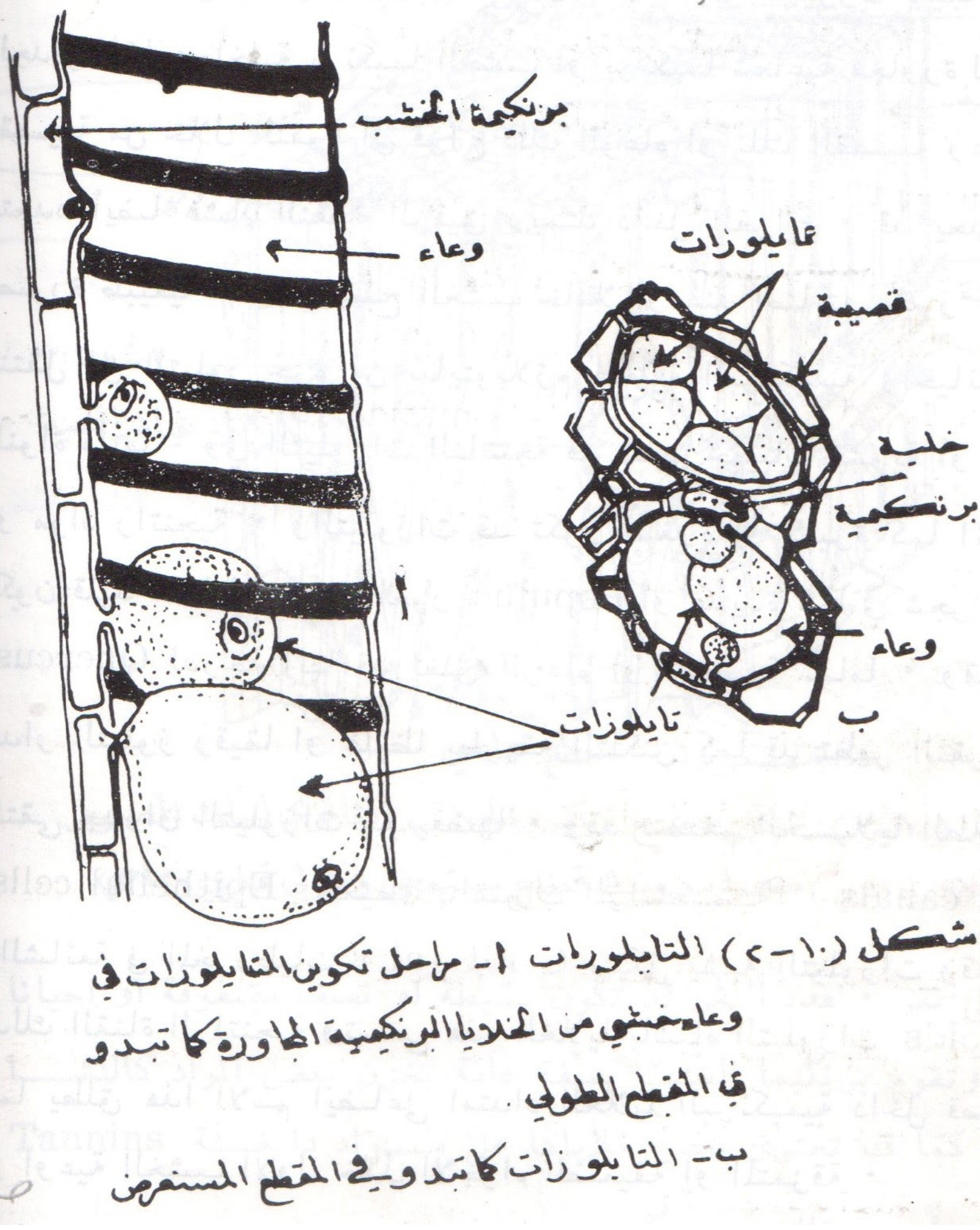
٣- ينتقل جزء من بروتوبلازم الخلية البرنكيمية وأمياتا النواة الى التايلوز.

٤- يوجد في التايلوزات الناضجة حبيبات نشوية أو بلورات أو مواد راتنجية.

٥- تكون التايلوزات صغيرة أو كبيرة أو قليلة العدد في بعض النباتات مثل نبات الكور، أو عديدة كما في أشجار البلوط Quercus.

٦- تغلق الوعاء الخشبي أو القصيبة الخشبية لكبر حجم محاكل الخشب ظاهرة لا يؤدي وظيفتها في نقل الماء.

٧- توجد في جدران البذور تراكيب شبيهة تشبه التايلوزات Tylosoids.



شكل (١٠-٢) التايلورات أ- مراحل تكوين التايلوزات في وعاء خشبي من الخلايا البرنكيمية المجاورة كما تبدو في المقطع الطولي.

ب- التايلوزات كما تبدو في المقطع المستعرض

الحلقات السنوية Annual Rings

وهي الحلقات التي تتكون نتيجة لنشاط الكامبيوم الوعائي والفليني في النباتات الخشبية حيث تتكون حلقات متوالية في الخشب الثانوي يمكن ملاحظتها بالعين المجردة. وتطلق على حلقات النمو أو الحلقات السنوية الحلقات المتكونة في موسم الربيع تكون الأوعية واسعة رقيقة الجدران والعناصر الخشبية عموماً أوعية لتسمح بنقل الكربوهيدرات الماء وتسمى حلقات الربيع Spring wood أما الحلقات المتكونة في أواخر فصل الصيف تكون عموماً ألياف والأوعية قليلة سميكة الجدران وتسمى Summar wood وأحياناً تسمى حلقة الربيع بالخشب المبكر أو early wood وحلقة الصيف بالخشب المتأخر Late wood أو وتكون الحلقتين مع بعضها Annual ring حلقة سنوية واحدة

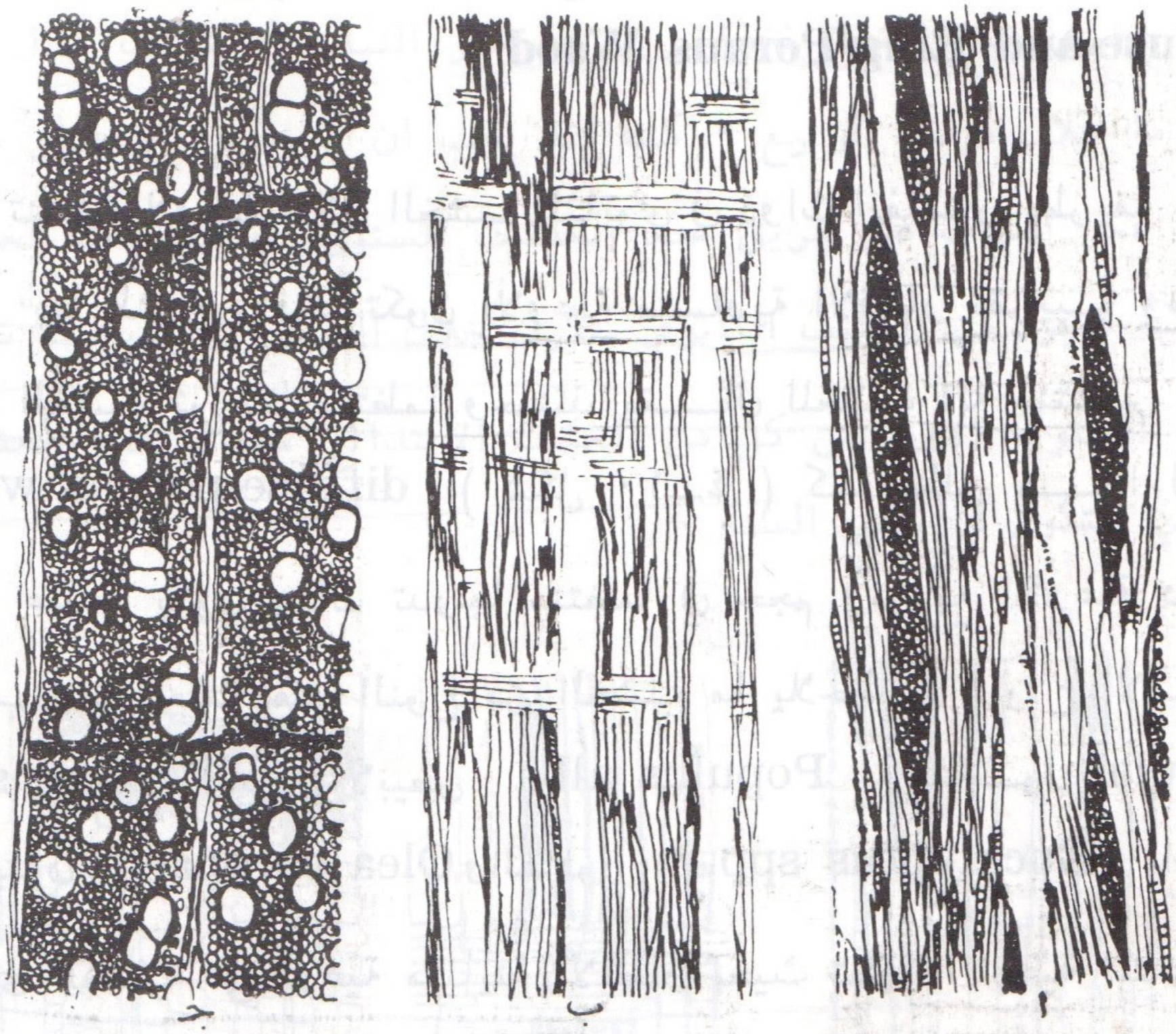
باستثناء الاختلاف في عناصر الخشب في الحلقتين

هناك نوع آخر من الحلقات السنوية
تسمى بالحلقات السنوية الكاذبة
False Annual ring حيث يزيد عدد الحلقات
عن عمر النبات وذلك يحدث خلل
هرموني أو فسيولوجي أو بيئي للنبات

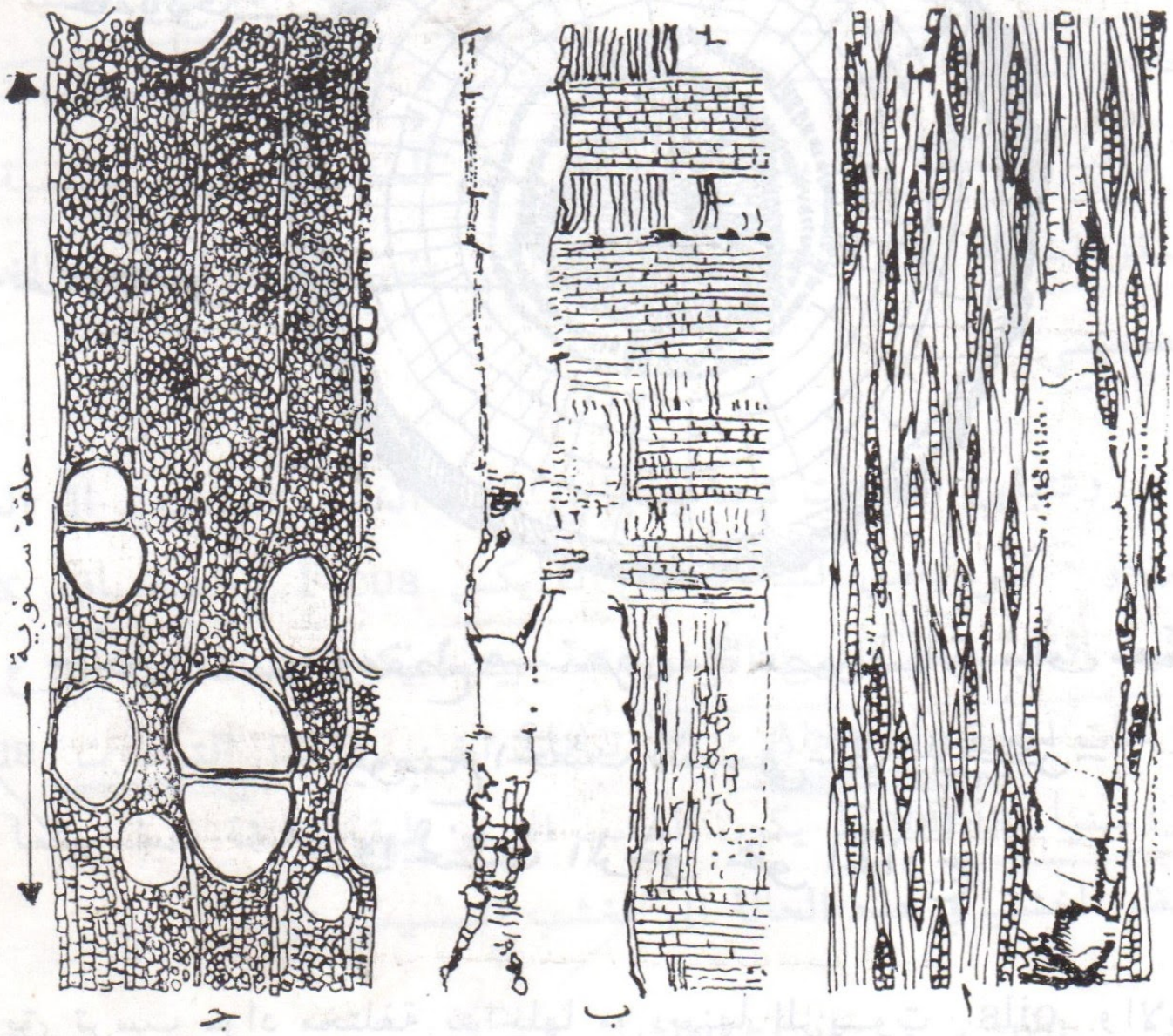
الخشب المنتشر المسام والخشب الحلقي المسام
Diffuse- and ring porous wood

الخشب المنتشر المسام: هو الخشب الذي تنتظم
فيه الأوعية الخشبية للخشب الثانوي في
صفوف منتظمة وتكون أقطارها متساوية
مثل خشب الاستدان، الكور الأبيض
والزيتون، والكافور أو اليوكالبتوس.

الخشب الحلقي المسام ring porous wood
هو الخشب الذي تتوزع فيه أوعية الخشب
الثانوي بدون انتظام وتكون أقطارها
غير متساوية كما في خشب البلوط
والروبينيا ولسان الطير.



شكل (١٠-٤) الخشب منتشر المسام في سيقانه نبات الأسفندان Acer
كما تبدو في المقطع (أ) المماسي (ب) القطري (جـ) المستعرض



شكل (١٠-٥) الخشب الثانوي حلقي المسام من ساق نبات لسان الطير Fraxinus كما يبدو في المقطع (أ) المماسي (ب) القطري (جـ) مستعرض

البريديرم Periderm

ان حصول النمو الثانوي في عاريات البذور وذوات الفلقتين بسبب الزيادة في سمك العضو النباتي مما يسلط ضغطا" على البشرة والأجزاء الخارجية من القشرة مما يؤدي الى تمزقها وربما تمزق القشرة ايضا" مما يؤدي الى تمزقها وربما تمزق القشرة ايضا" مما يؤدي إلى فقدان وظيفة البشرة كنسيج وقائي لذا من الضروري تعويض البشرة بنسيج اخر يحمي اجزاء النبات الداخلية هذا النسيج هو البريديرم فهو نسيج وقائي ثانوي المنشأ يحل محل البشرة في الأعضاء التي تعاني تغلظا" ثانويا" ويحدث التغلظ احيانا" في النباتات العشبية لذوات الفلقتين وكذلك بعض ذوات الفلقة الواحدة . ويمكن أن ينشا البريديرم في مناطق انفصال الأعضاء النباتية وأسفل الجروح والأنسجة الميتة والفلين غير منفذ للماء والغازات لذا فان الطبقات الواقعة إلى الخارج منه تسقط على شكل قلف بين فترة واخرى قد تتكون البريديرم مرة واحدة وتبقي سطحية مؤدية لوظيفتها الوقائية

طيلة حياة النبات مثل النبات Fagus او يحتفظ الساق بقلفه لمدة 20–30 سنة. اما في الكمثرى والتفاح Pyrus فان البريديرم يبدا بتكوين الطبقة الثانية منه بين السنتين (6 و 8) من عمر الساق بينما في نبات الاسفندان *Acer* تبقى البشرة مؤدية لوظيفتها الوقائية دون البريديرم حتى عمر 20 سنة يتميز البريديرم الى ثلاث طبقات.

1– الفلين Phellem or Cork (الطبقة الخارجية)

2– Phyllogen or Cork cambium (الوسطي)

3– Phelloderm or Secondary cortex (الداخلية)

1– الكامبيوم الفليني Phellogen or Cork cambium

وهو مرستيم ثانوي يتكون نتيجة تحول خلايا مستديمة خلال عملية فقدان التميز dedifferentiation كما يعتبر مرستيما" جانبيا" lateral meristem ال انه يوازي البشرة في موقعه وينقسم باتجاه مماسي مما يؤدي الى زيادة سمك الساق كما يفصل الكمبيوم الوعائي يعطي الكمبيوم الفليني عند انقسامه الفلين للخارج والقشرة الفلينية او ما يسمى Phylloderm للداخل يعتبر الكمبيوم الفليني خارجي المنشأ exogenous في الساق وداخلي المنشأ endogenous في الجذر.

يسمى الكمبيوم الفليني خارجي المنشأ في الساق لأنه ينشا من المناطق الخارجية من القشرة او من البشرة احيانا" كما في الدفلة Nerium والصفصاف Salix والبلوط الفليني Quercus suber والتفاح Pyrus malus وبمرور الزمن يتكون كامبيوم فليني فترة بعد فترة حتى يصل مناطق اعمق تصل الى منطقة اللحاء الثانوي بل وحتى الخشب احيانا" وفي هذه الحالة يسمى كامبيوم فليني بين خشبي Intraxylary phellogen كما في بعض عوائل ذوات الفلقتين وقد ينشا هذا الكمبيوم من الطبقة تحت البشرة Hypodermis كما في ساق *Geranium* وساق الحور *Populus* اما في الجذور فان سبب النشوء الداخلي الكمبيوم لكونه ينشا من الدائرة المحيطية pericycle كما في التين الشوكي *Opuntia* وقد ينشا من الطبقات الداخلية للقشرة كما في جذور القطن Gossypium الخلايا الحية التي في طريقها إلى التحول

الى الكمبيوم الفليني تعاني انقسامين متتالين عن طريق جدارين محيطين Periclinal walls ، ينتج عن الانقسام الاول تكوين خليتين ، الخلية الداخلية تتحول إلى

Phelloderm بينما الخلية الخارجية تبقي مرستيمية حيث تنقسم مرة اخرى بجدار محيطي ايضا" مكونا" خليتين ، الداخلية تبقى احدى خلايا الكامبيوم الفليني بينما تتحول الخارجية منها الى خلية فلينية cork بينما

تبقى الخلية الوسطية مرستيمية (خلية الكمبيوم الفليني) فان كلتا الخليتين الداخلية والخارجية يفقدان قابليتهما المرستيمية ويسيران نحو التميز وتكوين خليتين مستديمتين. وبانقسام خلايا الكمبيوم الفليني بجدران محيطية، تتكون خلايا فلينية نحو الخارج بصورة مستمرة وتنتظم خلايا الفلين هذه في صفوف قطرية وغالبا ما تكون طبقات الفلين أكثر من طبقات الفلوديرم. الكمبيوم الفليني ابسط من حيث التركيب من الكمبيوم الوعائي لأنه يتكون من خلايا متشابهة من حيث الشكل بينما الكمبيوم الوعائي له اصول شعاعية واصول مغزلية تكون خلية الكمبيوم الفليني مضلعة وغزيرة الفجوات.

2- الفلوديرم Phelloderm

خلايا برنكمية حية تحتفظ بمحتوياتها السايتوبلازمية والجدار الابتدائي. لا تختلف عن خلايا القشرة اللي تليها الا في انتظام خلاياها في صفوف قطرية مستمرة في انتظامها، وعادة هي قليلة الطبقات وقد تكون صف واحد وقد تحتوي بلاستيدات خضراء لتقوم بالبناء الضوئي ، كما انها تقوم بوظيفة الخزن.

3- الفلين Cork or phellem

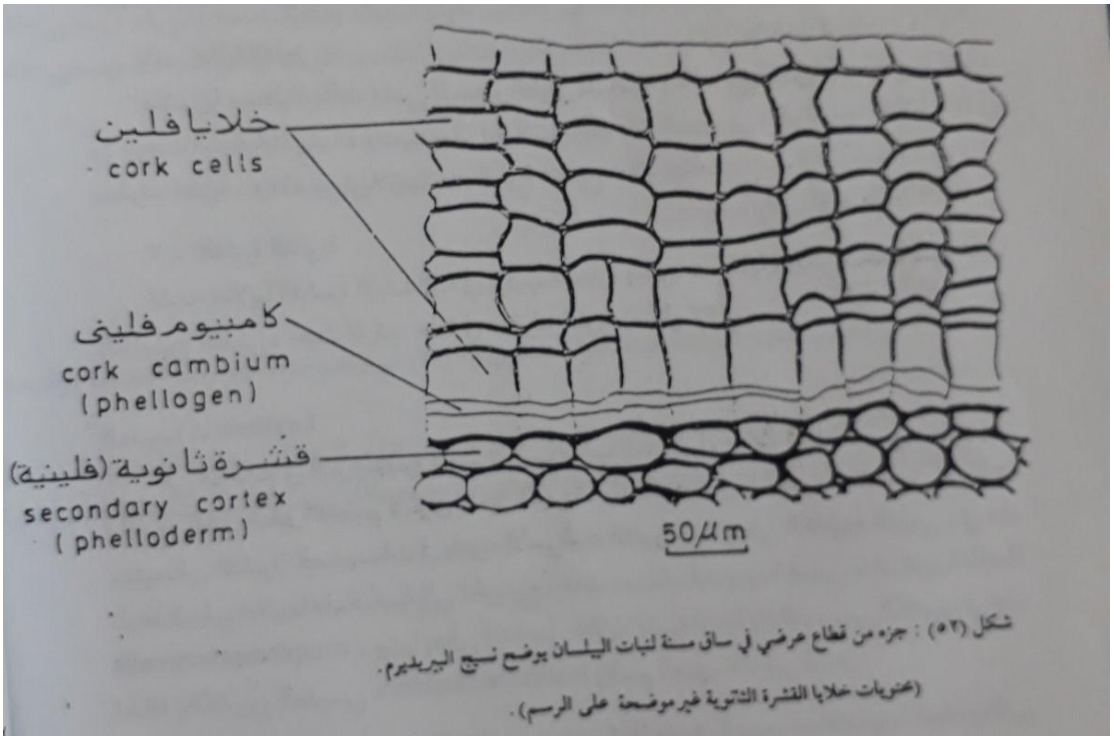
السيج بسيط ذو خلايا متراصة خالية من المسافات البينية ولها جدران ثانوية مسوبرة Suberized خالية من النقر والخلايا موشورية الشكل تموت عند النضج بعد اكتمال تكوين الجدران الثانوية بذلك تصبح مؤلفة من

جدار خلوي يحيط بتجويف الخلية Cell lumen الخالي من البروتوبلاست يقوم الفلين بالوظيفة الوقائية لان وجود مادة السوبرين Suberin الدهنية يجعلها غير منفذة للهواء والوسائل الاخرى. يتكون السوبرين من الحوامض الدهنية بنسبة 35% بينما اللكنين يشكل 20-30% اضافة الى وجود السليلوز Cellulose والتربينات والمواد الباغية Tannis.

Phelloids :- هي خلايا شبه فلينية تبقى دون تسوبر اي لا تتكون على جدرانها مادة التسوبر . ان سبب القابلية على الكفاءة العالية للحماية والوقاية للنسيج الفليني هو :-

1. تسوبر الخلايا بشكل متميز.

2- شدة تماسك الخلايا مع بعضها وانعدام المسافات بينها.



شكل (٥٢) : جزء من قطاع عرضي في ساق سنة لنبات اليلسان يوضح نسيج البريديرم.
(عضويات خلايا القشرة الثانوية غير موضحة على الرسم).

وظائف الفلين :

1- منع النباتات من فقدان كمية كبيرة من الماء عن طريق النتح بعد تحطم البشرة وتعرض الخلايا الداخلية المؤثرات الخارجية.

2- جدر خلايا الفلين المسوبرة تكون بمثابة غلاف واق" حول النبات.

3- بعض خلايا الفلين تحوي هواء تكون بواسطته طبقة عازلة تقي النبات خاصة الأنسجة الداخلية من الحرارة والبرودة الزائدة.

4- قدرة بعض الخلايا على مقاومة الطفيليات لاحتوائها على المواد الدباغية tannis.

Rhytidom :- هي طبقة ميتة متراكمة نتيجة لتكوين البريديرم مرة بعد اخرى في جذور وسيقان النباتات الشجيرية وبقاءها على العضو النباتي . العوامل المؤثرة على تكوين البريديرم

1- العمر (عمر النبات)

2- طبيعة النمو

3- تعرض الساق الى الضوء يعمل من تكوين البريديرم ويحفز الانسجة على تكوين كمبيوم فليني.

تركيب الخشب الثانوي

يتركب الخشب الثانوي من نظامين:

1. نظام عمودي vertical system
2. نظام افقي أو قطري radial system

عناصر النظام العمودي:

الاوعية، القصبات، الالياف، الخلايا البارنكيمية

عناصر النظام الافقي هي:

- **الخلايا البارنكيمية فقط:**

وتختلف النباتات فيما بينها في كمية وحجم وترتيب العناصر بحيث تستخدم هذه الاختلافات في التمييز بين النباتات من حيث اجناسها وانواعها.

- **التايلوزات Tyloses**

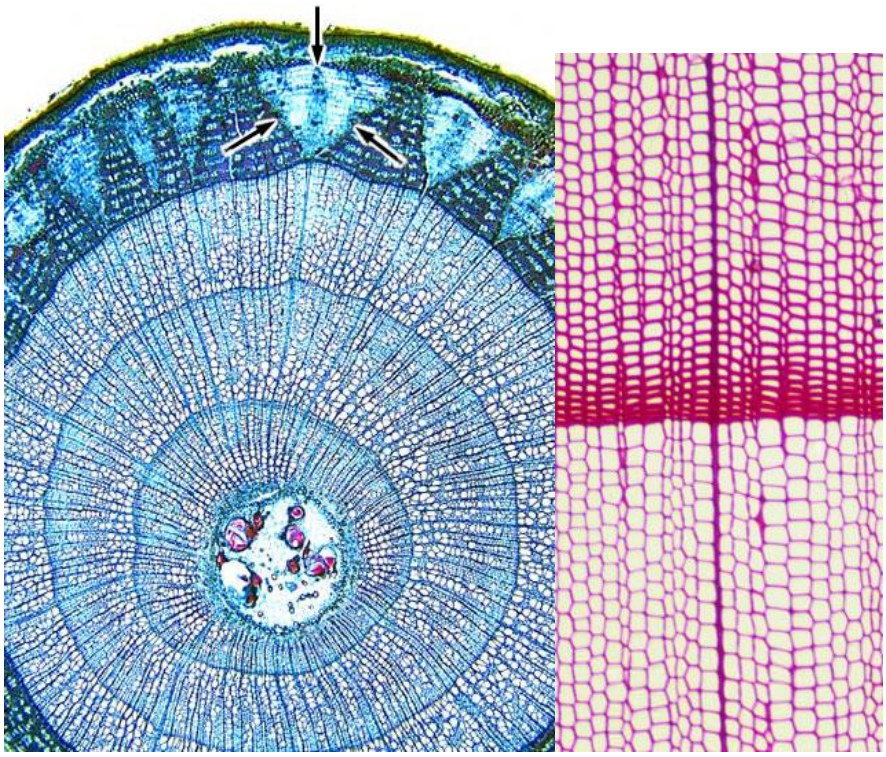
تراكيب مثانية تظهر في الاوعية الخشبية والقصيبات في الخشب الابتدائي والثانوي ولكنها أكثر شيوعا في الخشب الثانوي لمغطاة البذور وتتكون التايلوزات نتيجة:

1. انتفاخ الجدار الابتدائي لخلية بارنكيمية داخل الخشب أو بارنكيما شعاعية.
2. تنتقل الخلية البارنكيمية المنتفخة الى داخل الوعاء الخشبي أو القصيبة الخشبية عبر النقر في الجدار.
3. ينتقل جزء من سايتوبلازم الخلية البارنكيمية واحيانا النواة الى الثايلوز.
4. يوجد في التايلوزات الناضجة حبيبات تشويه او بلورات او مواد راتنجية.
5. تكون التايلوزات صغير أوكبيرة او قليلة العدد في بعض النباتات مثل نبات الحور او عديدة كما في أشجار البلوط *Quercus*.
6. تغلق الوعاء الخشبي او القصبة الخشبية لكبر حجمها مما يجعل الخشب خاملا لا يؤدي وظيفته في نقل الماء.
7. توجد في عاريات البذور تراكيب مثانية تسمى اشباه التايلوزات Tylosoids.

الحلقات السنوية Annual Rings

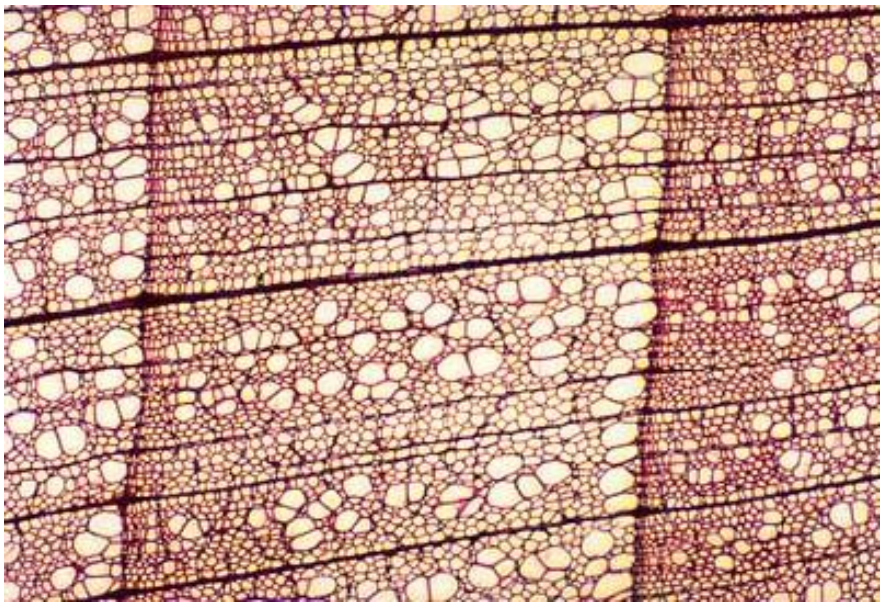
وهي الحلقات التي تتكون نتيجة لنشاط الكامبيوم الوعائي والفليني في النباتات الخشبية حيث تتكون حلقات متوالية من الخشب الثانوي يمكن ملاحظتها بالعين المجردة، ويطلق عليها بحلقات النمو او الحلقات السنوية، الحلقات المتكونة في موسم الربيع تكون الاوعية واسعة رقيقة الجدران والعناصر الخشبية معظمها أوعية لتسمح بنقل اكبر كمية من الماء وتسمى حلقات الربيع spring wood، أما الحلقات المتكونة في أواخر فصل الصيف تكون معظمها ألياف والاوعية قليلة سميكة الجدران وتسمى summer wood واحيانا تسمى حلقة الربيع بالخشب المبكر او early wood وحلقة الصيف بالخشب المتأخر late wood وتكون الحلقتين مع بعضمها حلقة سنوية واحدة annual ring ما سبب الاختلاف في عناصر الخشب في الحلقتين.

هناك نوع اخر من الحلقات السنوية تسمى بالحلقات السنوية الكاذبة false annual ring هنا يزيد عدد الحلقات عن عمر النبات وذلك لحدوث خلل هرموني أو فسلجي او بيئي للنبات.



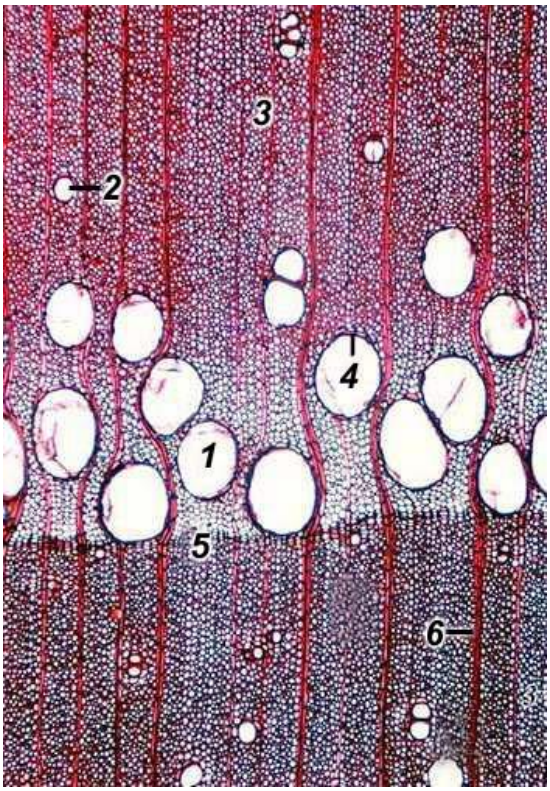
الخشب المنتشر المسام والحلقي المسام Diffuse and ring porous wood

الخشب المنتشر المسام diffuse wood: هو الخشب الذي تنظم فيه الاوعية الخشبية للخشب الثانوي في صفوف منتظمة وتكون اقطارها متساوية مثل خشب الاسفندان، الحور الأبيض، الزيتون والكافور أو اليوكالبتوس.



الخشب الحلقي المسام ring porous wood:

هو الخشب الذي تتوزع فيه اوعية الخشب الثانوي بدون انتظام وتكون اقطارها غير متساوية كما في خشب البلوط، والروبينيا ولسان الطير.



*الخشب الثانوي في عاريات البذور يوصف بانه غير مسامي لعدم وجود الاوعية

الخشب الصميمي والخشب الرخو Heart wood and sap wood

الخشب الصميمي: هو الخشب الثانوي الذي يحتل مركز الساق ويفقد وضيفته بمرور الزمن، ويسمى هذا الخشب بالخشب الصميمي Heart wood.

التغيرات التي تطرأ على الخشب الصميمي:

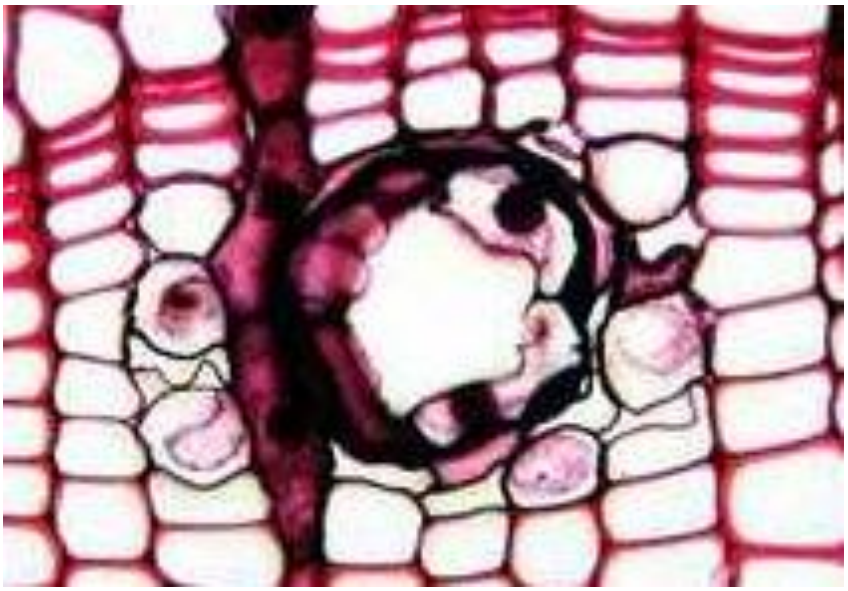
1. فقدان العناصر الحية لحيوتها.
2. عناصره تزداد في السمك لترسب مادة اللكنيني.
3. تقل نسبة الماء فيه بدرجة كبيرة.
4. تتشبع الخلايا بمواد مختلفة مثل الزيت والاحماض والمواد الراتنجية والمواد الدباغية والاصباغ التي تعطيه اللون الداكن.

ان ترسيب هذه المواد تعد من العوامل التي ترفع قيمته الاقتصادية ومنها:

1. تزداد متانته وقوة احتماله ومقاومته للتأثر بالحشرات والفطريات.
2. يتميز خشب عاريات البذور بوجود زوائد جدارية تمتد بين الجدران المماسية في بعض القيبات عبر الفراغ الخلوي trabeculae.

Cross field: تسمى منطقة التقاء القصيبة المحورية بالخلية البارنكيمية الشعاعية بالحقل المستعرض أو cross field، ويعتبر عدد ونوع وتوزيع النقر في هذا الحقل من المميزات الهامة في تشخيص عاريات البذور.

القنوات الراتنجية: تنشأ من انفصال الخلايا البارنكيمية ويتكون فراغ مركزي يحاط من الداخل بخلايا رقيقة الجدار تسمى الخلايا الطلائية او الافرازية التي تقوم بافراز مادة الراتنج في الصنوبريات اما القناة او الفراغ يحاط من الخارج بخلايا سميكة الجدار تسمى الخلايا الغمدية وقد تتفتح الخلايا الطلائية نتيجة لحالات مرضية وتكون اشباه التايلوزات Tylosoids.



البريدرم periderm: هي بشرة محيطة تتكون في مرحلة النمو الثانوي للنبات وتحل محل البشرة في مرحلة النمو الابتدائي وتتكون من الفلين – الكامبيوم الفليني – القشرة الثانوية.

الخشب الرخو

1. الخشب الرخو يتكون مؤخرا
2. لونه فاتح ويقع الى الخارج في الصميمي.
3. عناصره حية تحتفظ بحيوتها.
4. يقوم بوظيفته في النقل.
5. يقوم بوظيفة ميكانيكية.

الخشب الثانوي في عاريات البذور

1. ابسط تركيب واكثر تجانسا من الخشب الثانوي لمغطاة البذور لعدم وجود الاوعية الخشبية.
2. تقل نسبة الخلايا البارنكيمية فيه.
3. القصيبات تكون سميكة الجدار والنقر ذات ردهات ضيقة.
4. توجد تغلظات جدارية هلالية الشكل في اعلى واسفل النقرة تسمى كراسيولا Grassula.

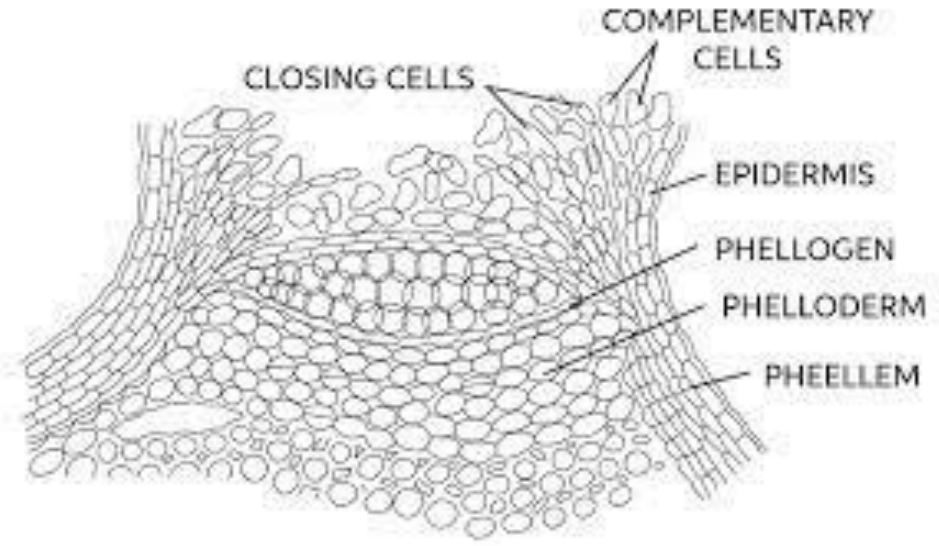
القلف الحلقي Ring Bark

هو القلف الذي يتساقط من الأشجار بهيئة حلقات اسطوانية كاملة مثل قلف شجر العنب الثامول .

القلف الحرشفي Scaly Bark

هو القلف الذي يتساقط على هيئة قشور او قطع صغيرة او حراشف مثل شجر البلوط واليوكالبتوس والصنوبر.

العديسات Lenticels



تتكون العديسات مع تكون البيريدرم في مرحلة النمو الثانوي وتحل محل الثغور وتقوم بوظائفها، تنشأ العديسات من انقسام خلايا الكامبيوم الفليني وتعطي للخارج نسيج مفكك يسمى Complemantary tissne وتكون خلاياه رقيقة الجدار غير مسوبرة وذات مسافات بينية واسعة تسمح بالتبادل الغازي بين النبات والمحيط الخارجي ويتكون في فصل الربيع وعندما يأتي فصل الخمول يقوم الكامبيوم بتكوين نسيج غالق closing tissue يقوم بحفظ الانسجة من النتح الشديد او تأثير العوامل الخارجية وتكون خلاياه مسوبرة متماسكة.

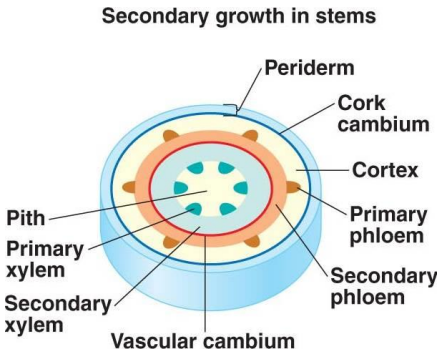
التركيب الداخلي للنبات Internal structure of plant

٢- التركيب الداخلي للساق Internal structure of stem

يعتبر التركيب الداخلي للسيقان بصورة عامة اكثر تعقيداً من التركيب الداخلي للجذور نظراً لان السيقان تحمل الاوراق والفروع بالاضافة الى الاعضاء التكاثرية، وهي تحتوي على العقد والسلاميات المعدومة في الجذور.

يختلف توزيع الانسجة الرئيسية الثلاثة وهي الضام والاساسي والوعائي في كل من الجذر والساق،بصورة عامة يوجد الخشب واللحاء الابتدائيان على انصاف اقطار واحدة، ويكون الخشب الابتدائي داخلي الخشب الاول Endarch على العكس مما في الجذور حيث يكون الخشب الابتدائي خارجي الخشب Exarch

★ يختلف التركيب الداخلي للسيقان الحديثة او الفتية بين المجموعات النباتية المختلفة على اساس توزيع الانسجة الاساسية والانسجة الوعائية. ففي الصنوبريات وذوات الفلقتين تكون الانسجة الوعائية عادة بشكل اسطوانة يحدها من الخارج منطقة القشرة ومن الداخل منطقة النخاع، كما تبدو الاسطوانة الوعائية مجزأة الى حزم متقاربة ومرتبة في حلقة تفصلها عن بعضها الاشعة الوعائية pith rays وهو نسيج بارنكيمي ينتمي الى النسيج الاساسي.



اما في معظم ذوات الفلقة الواحدة وفي كثير من السراخس وفي بعض النباتات العشبية من ذوات الفلقتين فلا تبدو الحزم الوعائية في المقطع العرضي منتظمة في حلقة واحدة وانما في عدة حلقات او ان تكون مبعثرة دون انتظام خلال النسيج الاساسي.

مناطق ومكونات الساق

١- البشرة Epidermis : تتكون البشرة عادة من طبقة واحدة مستمرة من الخلايا لا تخترقها سوى فتحات الثغور Stomata التي تقوم بوظيفة تبادل الغازات بين الانسجة الداخلية للنبات والوسط الخارجي. وتقوم البشرة بوظيفة حماية النبات من الفقدان الزائد للماء وحمايته من المؤثرات الخارجية تتغلظ الجدر الخارجية لخلايا البشرة بطبقة الكيوتكل او الادمة فتصبح اقدر على القيام بوظيفتها.

٢- القشرة Cortex: تكون القشرة في السيقان ضيقة عادة اذا ما قورنت بقشرة الجذور وتتميز في السيقان الخضر باحتوائها على نسيج كلورنكيمي قد يمتد كمنطقة مستمرة تحت البشرة مباشرة او يتواجد في مناطق محددة يتبادل فيها مع مجموعات من الانسجة الكولنكيمية كما في ساق الينسون وغيرها من نباتات الفصيلة الخيمية، او السكلرنكيمية كما في ساق الذرة وغيرها من النجيليات والنسيج الكلورنكيمي كما في ساق السفندر. تحتوي سيقان بعض النباتات مثل سيقان نبات كازورنيا Casuarina وستاتيس Statice على خلايا عمادية تقوم بعملية البناء

الضوئي بصورة رئيسة نتيجة لعدم وجود الاوراق في تلك النباتات. يتخذ النسيج الكولنكيمي في القشرة شكل طبقة مستمرة كما في ساق زهرة الشمس والزينيا Zinnia.

ولكن غالباً ما يتركز في الاركان وذلك في السيقان المضلعة مثل ساق الباقلاء واللوف والقرع وغيرها . يقوم النسيج الكولنكيمي بوظيفة دعامية في كثير من السيقان الحديثة ولا سيما العشبية منها ، فبضل هذا النسيج ذي القدرة على مقاومة الانثناء يستطيع الساق ان يستعيد وضعه القائم مباشرة بعد زوال المؤثر الخارجي.في النجيليات يقوم النسيج السكلرنكيمي بالوظيفة الدعامية ويقع هذا النسيج في المنطقة الخارجية من قشرة الساق.

في السيقان لا توجد طبقة القشرة الداخلية او الاندودرمس بصورة متميزة، لذلك من الصعب تحديد الطبقة الداخلية من القشرة، خلافاً للجذور التي تتميز بوجود اندودرمس نموذجية حاوية على اشرطة كاسبر.

بعض سيقان النباتات العشبية مثل نبات العليق تكون طبقة القشرة متميزة وحاوية على حبيبات نشوية ، يطلق على هذه الطبقة مصطلح الغمد النشوي Starch sheath

وتكون الخلايا عندئذ رقيقة الجدر. في بعض سيقان ذوات الفلقتين كما في سيقان زهرة الشمس وساق اللاتيني او ابو خنجر توجد طبقة اندودرمس حقيقية تظهر بها اشرطة كاسبارية واضحة. وتوجد طبقة الاندودرمس الحقيقية بين النباتات الوعائية الواطئة مثل سرخس بوليبوديوم وذيل الحصان.

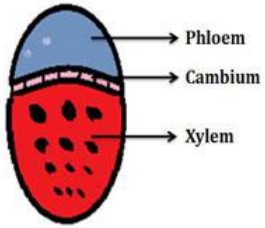
٣- الاسطوانة الوعائية Vascular cylinder: يحد الاسطوانة الوعائية من الخارج طبقة الدائرة المحيطة Pericycle وتكون هذه الطبقة واضحة اذا كانت طبقة القشرة محددة من الداخل بطبقة الاندودرمس واضحة وعدا ذلك يصعب تحديد طبقة البريسيكل اذ تمتزج مع القشرة كما هو الحال في كثير من عاريات البذور ومغطاة البذور .

تظهر الانسجة الوعائية Vascular tissues في ذوات الفلقتين على شكل اسطوانة وعائية بين القشرة والنخاع ، وقد تكون هذه الاسطوانة مستمرة في المقطع المستعرض الا انها في معظم الاحيان تبدو متقطعة عن طريق الاشعة الاشعة النخاعية الى وحدات تسمى الحزم الوعائية Vascular bundles. توجد الحزم الوعائية بشكل عام بصورة مبعثرة داخل الاسطوانة او خلال النسيج الاساسي للساق كلها.

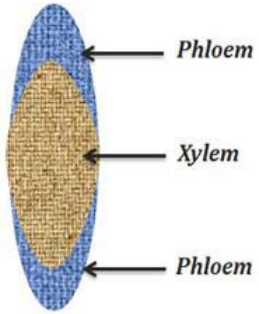
. على العكس مما هو موجود في الجذور يوجد الخشب واللحاء في الساق عادة على انصاف اقطار واحدة مع وجود الخشب للداخل واللحاء للخارج. ويسمى هذا الترتيب للانسجة الوعائية باسم حزم وعائية جانبية Collateral vascular bundles وفي هذه الحزم يكون الخشب دائماً داخلي الخشب الاول Endarch في بعض انواع الفصيلة الباذنجانية والقرعية يوجد بالاضافة الى اللحاء الخارجي لحاء اخر داخلي الى الداخل من الخشب وحينئذ يطلق على الحزمة اسم حزمة وعائية ذات جانبين Bicollateral vascular bundle

في الحزم الوعائية الجانبية تنتظم اوعية الخشب في سيقان ذوات الفلقتين على شكل صفوف، في حين تترتب على شكل حرف**Y** او حرف **V** في معظم ذوات الفلقة الواحدة ولا سيما النجيليات ، حيث يحتل وعاءا الخشب التالي موضع ذراعي الحرف**Y** اما الخشب الاول فيمثل ساق الحرف وغالبا ما ينحل تاركا قناة تسمى قناة الخشب الاول Protoxylem lacuna

وقد تنتظم الانسجة الوعائية في حزم وعائية من النوع المركزي Concentric حيث يحيط اللحاء بالخشب وتسمى حينئذ مركزية الخشب Amphicribral كما في سيقان السرخسيات وبعض النباتات المائية او يحيط الخشب باللحاء وتسمى حينئذ مركزية اللحاء Amphivasal كما في ريزومات بعض ذوات الفلقة الواحدة مثل نبات السعد وساق دراسينا

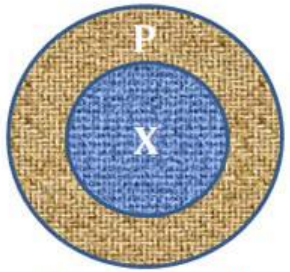


Collateral VB



Bi-collateral VB

Concentric Vascular Bundles



Amphicribral

Amphivasal

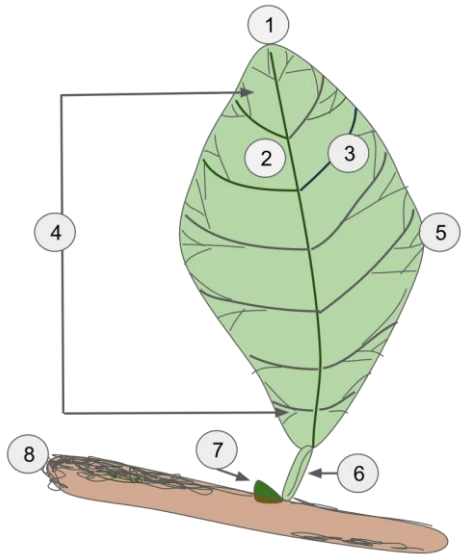
٣- التركيب الداخلي للاوراق Internal structure of leaf

الورقة هي جزء منبسط من جسم النبات ينشأ عند العقدة ويحمل في ابطه برعماً ومتكيف شكلاً وتركيباً للقيام بوظيفتي التمثيل الضوئي والنتح. في النباتات الواطئة مثل الطحالب والحاوية على الكلوروفيل يقوم الجزء الاكبر من جسم الطحلب بعملية التمثيل الضوئي نظراً لعدم وجود اعضاء متخصصة لذلك. في بعض النباتات الراقية كالنباتات العشبية، تزود الساق ايضا بانسجة خضراء لتشارك الاوراق بعملية التمثيل الضوئي. في النباتات المعمرة تتخصص الاوراق لعملية البناء الضوئي والنتح.

تحتوي الورقة على الاجهزة الرئيسية وهي الضام والوعائي والدعامي. تختلف الورقة عن الساق من حيث التوزيع النسبي لهذه الانسجة، ويرجع هذا الاختلاف الى طبيعة وظيفة كل منهما. فالوضع الرأسي للانسجة الوعائية ووفرة الانسجة الدعامية في الساق هما من متطلبات وظيفتي التوصيل والتدعيم للساق، في حين تتميز الورقة بوفرة النسيج الاخضر واتساع السطح وامتداد انسجة التهوية داخلها هي من متطلبات عمليتي التمثيل الضوئي والتبادل الغازي.

★ **نشأة الورقة:** تنشأ الورقة من المرستيم القمي للساق كنتوء صغير ينمو ويزداد في الحجم تدريجيا نتيجة استمرار انقسام الخلايا وتكشفها، ويطلق على هذا النتوء اسم منشئ الورقة Leaf primordium. يكون الانقسام في البداية قمياً ولكن لاحقاً يستمر قمياً وحافياً الى ان تصل الورقة الى كامل حجمها. في معظم النباتات تنمو الاوراق من البراعم الى ما بعد القمة النامية وتغطيها وتقوم بحمايتها.

تتميز منشئ الورقة الى منطقتين: الجزء القاعدي قد يصبح سميكاً ولحمياً ليكون ما يسمى Pulvinus ، او قد يكون غمداً ورقياً leaf sheath كما في النجيليات او قد يكون اذينات stipules وذلك بالنسبة للاوراق المؤذنة stipulate leaves ، في حين ينمو الجزء القمي الى تركيب منبسط تمتد خلاله العروق ويتحول الى نصل الورقة lamina او leaf blade وفي الاوراق المعنقة يتكون العنق petiole ما بين النصل والقاعدة



مخطط لورقة بسيطة يبين

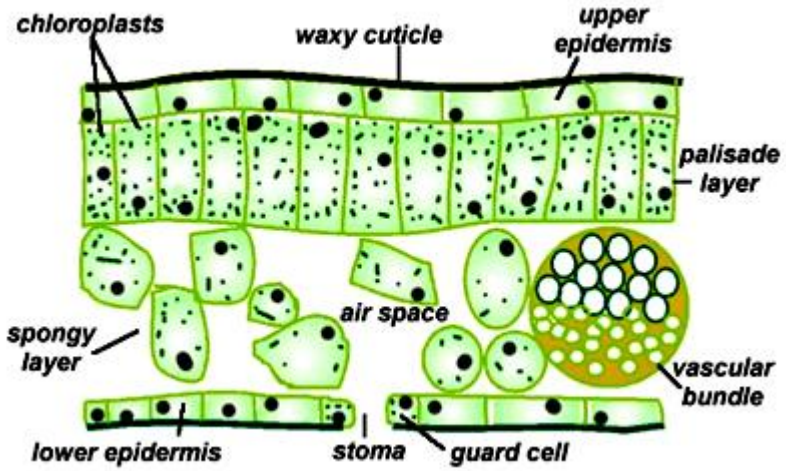
١- قمة الورقة ٢- عروق اولية ٣- عروق ثانوية ٤- نصل الورقة ٥- حافة الورقة ٦- العنق ٧- البرعم ٨- الساق

المناطق والمكونات الداخلية للورقة

١- البشرة Epidermis : تحتوي البشرة في الورقة على اكثر من نوع واحد من الخلايا ، فهي تحتوي على خلايا البشرة الاعتيادية، الخلايا الحارسة guard cells ، الخلايا المساعدة subsidiary cells والتي عادة تصاحب الخلايا الحارسة في العديد من النباتات، والشعيرات البشرية epidermal hairs تحتوي النجيليات (الحشائش) بالإضافة الى الخلايا والتراكيب اعلاه خلايا اخرى مثل الخلايا الفلينية cork cells والخلايا السليكية silica cells وفي بعض ذوات الفلقة الواحدة توجد ايضآ خلايا خاصة تسمى الخلايا الحركية motor cells تساعد على انطواء وانبساط الورقة وحسب تغير درجة الحرارة والرطوبة في الجو المحيط بالنبات.

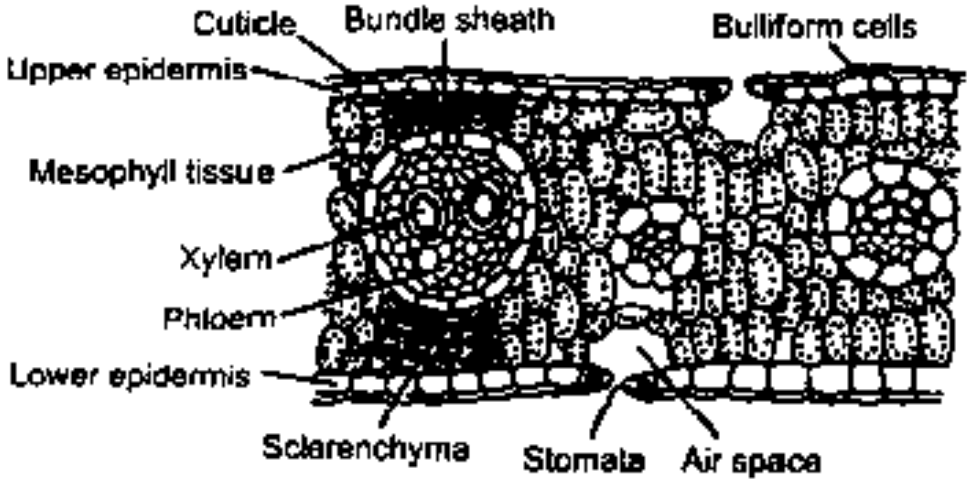
تتميز الورقة بوجود الثغور على اما السطح السفلي فقط او على السطحين السفلي والعلوي معآ وحينئذ تكون اكثر انتشارآ على السطح السفلي .تحتوي خلايا البشرة في النباتاتات المائية وفي بعض النباتات الوعائية الواطئة مثل كزبرة البئر وبوليبوديوم وكذلك في نباتات الظل على **كلوروفيل** بدرجة اكثر من الانسجة التي تحتها.

٢- النسيج المتوسط Mesophyll tissue يطلق مصطلح النسيج المتوسط في الورقة على النسيج الاساسي الواقع بين بشرتي الورقة العليا والورقة السفلى والذي يقوم بعد تكشفه بوظيفة التمثيل الضوئي. يتكون هذا النشيج بصورة عامة من نسيج برنكيمي رقيق الجدران غزير البلاستيدات الخضر ويضم بين خلاياه مسافات بينية واسعة، وفي كثير من النباتات وخاصة نباتات البيئة المتوسطة من ذوات الفلقتين يتميز النسيج المتوسط الى نوعين من الخلايا البرنكيمية : برنكيمية عمادية palisade parenchyma وبرنكيمية اسفنجية spongy parenchyma ، وقد اطلق لفظ النسيج العمادي على النوع الاول من الخلايا لكونها مستطيلة الشكل ومتراصة بصورة متوازية بجدر بعضها عمودياً على سطح الورقة. اما الخلايا الاخرى فسميت بالنسيج الاسفنجي لكونها غير منتظمة الشكل وتضم فيما بينها مسافات بينية بوفرة. يوجد النسيج العمادي عادة في الجهة العليا من الورقة.



★ اما في ذوات الفلقة الواحدة وخاصة في النجيليات فلا يتميز النسيج المتوسط بشكل واضح الى نسيج عمادي ونسيج اسفنجي بل يكون هناك نوع واحد من الخلايا البرنكيمية غزيرة البلاستيدات وذات مسافات بينية واسعة.

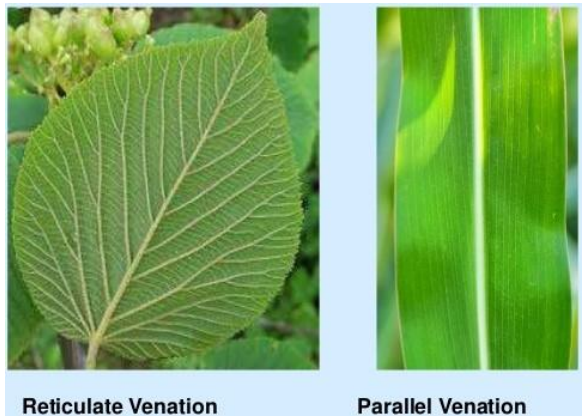
اما النسيج الاسفنجي فتتخذ خلاياه اشكالا مختلفة فقد تكون متساوية الاقطار او مستطيلة ولكنها عادة غير منتظمة ذات اذرع ممتدة ومتصلة بحيث تكون شبكة من النسيج الاخضر الغني بالمسافات البينية ، يتعرض الجزء الاكبر من سطحه للغازات الموجودة بهذه المسافات البينية.



مقطع عرضي لورقة ذوات الفلقة الواحدة مثال ذلك ورقة الذرة (الشامية)

الانسجة الوعائية للورقة Vascular tissues of the leaf

تتوزع الانسجة الوعائية في الورقة بطريقة معينة يعبر عنها بالتعرق Venation ، والعرق في الورقة قد يتكون من حزمة وعائية واحدة او مجموعة من الحزم الوعائية. في مغطاة البذور يوجد نوعان من التعرق: تعرق شبكي reticulate Venation وهو شائع في ذوات الفلقتين وتعرق متوازي parallel Venation شائع بين ذوات الفلقة الواحدة



في التعرق الشبكي تتفرع وتتشابك العروق الرئيسية الى ان تصل الى تلك العروق الدقيقة المسماة بنهايات الحزم bundle ends

اما في التعرق المتوازي فتنتظم العروق الرئيسية بطريقة متوازية وتتصل ببعضها عن طريق العروق الصغيرة.

ويمكن تمييز التعرق الشبكي الى نوعين هما تعرق شبكي ريشي pinnately reticulate وتعرق شبكي راحي palmately reticulate

توجد العروق الصغيرة او الحزم الوعائية المنفردة بصورة عامة داخل النسيج الاسفنجي، اما العروق الكبيرة فتحتل حيزا كبيرآ من نصل الورقة وقد تمتد مابين البشرة العليا والبشرة السفلى.

يتكون الخشب في العروق الكبيرة من اوعية وقصيبات والياف وبرنكيما الخشب، وكلما صغرت العروق تقل كمية العناصر الخشبية تدريجيا حتى تصبح في النهاية مكونة من قصيبة واحدة شبكية او حلزونية، وذلك فيما يسمى بنهايات الحزم. وكذلك يتكون اللحاء في العروق الكبيرة من انابيب منخلية وخلايا مرافقة وبرنكيميا اللحاء، اما العروق الصغيرة فيقل حجم نسيج اللحاء تدريجياً الى ان تصل الى مجموعة صغيرة من الخلايا البرنكيمية مكونة مع القصيبة الوحيدة نهاية الحزمة.

ورقة النجيليات Grass leaf

تنفرد اوراق النجيليات بتركيب خاص يميزها عن ذوات الفلقتين وحتى عن بقية ذوات الفلقة الواحدة وذلك من حيث تكون انسجة الورقة المختلفة من بشرة ونسيج متوسط وانسجة وعائية ، فخلايا البشرة تمتد على طول الورقة بشكل صفوف منتظمة وهي مستطيلة في المنظر السطحي ومربعة الشكل في المقطع المستعرض. وتعترض الخلايا الاعتيادية من البشرة خلايا خاصة تسمى بالخلايا الحركية motor cells تتميز بكبر حجمها ورقة جدرانها تعتبر هذه الخلايا مسؤولة عن انطواء وانبساط الورقة مع تغير نسبة الرطوبة في الجو المحيط بالورقة. وتتميز اوراق النجيليات بصفة خاصة بنوع الثغور الموجودة بها والذي يسمى بالطراز النجيلي من الثغور Gramineae Cyperaceae type

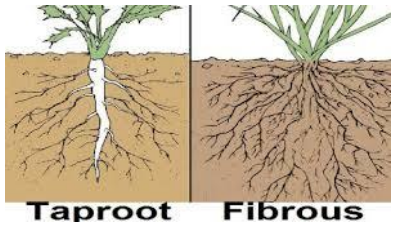
اما النسيج المتوسط فهو عادة غير متميز الى عمادي واسفنجي كما هي الحال في اوراق ذوات الفلقتين. اما الحزم الوعائية فتمتد طولياً بشكل متوازي خلال الورقة يفصلها عن بعضها النسيج المتوسط . توجد عادة حزمة وعائية مركزية كبيرة تصاحب العرق الوسطي، اما الحزم الاخرى فتنتظم في صفين او ثلاثة مرتبة داخل نصل الورقة وتتكون من كمية اقل من الانسجة الوعائية ومن الانسجة الدعامية كذلك. ويصاحب الحزم الوعائية عادة نسيج سكلرنكيمي بهيئة اشرطة ليفية على الجوانب العليا والسفلى للحزمة.

التركيب الداخلي لعنق الورقة Internal structure of petiole

قد يتخذ عنق الورقة في بعض الاحيان في المقطع المستعرض شكلا دائريا كاملا ولكن على الاغلب يكون بشكل دائرة غير كاملة، منبسطا او مقعرا من الجهة العليا مع وجود حافتين بارزتين بدرجات متفاوتة باختلاف الانواع. في الاعناق المستديرة تتخذ الاشرطة الوعائية نفس الوضع والتركيب الموجودين في الساق التي امتدت منها هذه الاشرطة كما هو الحال في عنق نبات اكاليفالا او تكون اسطوانة جوفاء كما في عنق ورقة نبات الخروع . اما في الاعناق ذات السطح العلوي المنبسط او المقعر فقد تتخذ الحزم الوعائية شكل حذوة الحصان كما في عنق نبات بضليا ، وفي بعض الاحيان كما في عنق نبات خف الجمل تنحرف الاشرطة الوعائية عن مسارها وتتجزأ بحيث تصبح مرتبة في اكثر من حلقة واحدة. اما النسيج الاساسي فيكون الجزء الخارجي منه مكون من خلايا مغلظة الجدران على هيئة نسيج كولنكيمي في اعناق اوراق ذوات الفلقتين وعلى هيئة نسيج سكلرنكيمي في ذوات الفلقة الواحدة. ام بقية النسيج فيتكون من خلايا برنكيمية رقيقة الجدران تتسع كلما اتجهت نحو المركز.

التركيب الداخلي للنبات Internal structure of plant

١- التركيب الداخلي للجذر Internal structure of root



هناك نوعان من الجذور في النباتات البذرية هما الجذور الوتدية **Tap roots** موجودة في نباتات ذوات الفلقتين وعاريات البذور والجذور الليفية **Fibrous roots** التي تتواجد في نباتات الفلقة الواحدة

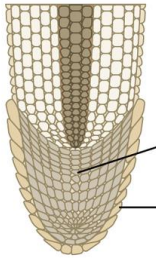
تتميز الجذور الوتدية بوجود جذر رئيسي يتعمق في التربة في حين يتلاشى الجذر الرئيسي في الجذور الليفية لتحل محله جذور عرضية **Adventitious roots** تنتشر في التربة على مستوى افقي.

Tuberous roots

Prop roots

★ يقوم الجذر بالوظائف الرئيسية وهي التثبيت والامتصاص والنقل. الا ان هناك وظائف اخرى للجذور كالتخزين كما في حالة الجذور الدرنية **Tuberous roots** للبطاطا الحلوة، او التدعيم كما في الجذور المساعدة **Prop roots** للذرة.

★ يعتبر التركيب الداخلي للجذور ابسط من التركيب الداخلي للساق وذلك يرجع بسبب بساطة التركيب الخارجي في الجذر كونه لا يحمل اوراقا او زوائد كالموجودة في السيقان، كما ان الجذر لا ينقسم الى عقد وسلاميات مما يجعل انتظام الانسجة وخاصة الناقلة منها وترتيبها داخل الجذور يكاد يكون ثابتآ في مراحل النمو المختلفة خلافا لما هو موجود في الساق.



Apical meristem

Root cap

★ يتميز الجذر بوجود تركيب خاص يغطي القمة يدعى القلنسوة **Calyptra** او **Root cap**، بسبب وجود القلنسوة يكون موقع المرستيم القمي للجذر تحت نهائي **Subterminal** مما يميزه عن الساق الذي يكون فيه موقع المرستيم القمي فيه نهائيآ **Terminal** بسبب عدم وجود القلنسوة .

★ ابرز ما يميز الجذر عن الساق وجود الطبقة الوبرية في بعض مناطقة واتساع منطقة القشرة وتمركز الانسجة الدعامية بما في ذلك عناصر الخشب . يتميز الجذر ايضا في النباتات الوعائية الراقية باتجاه نسيج الخشب بحيث يكون الخشب الاول للخارج بعكس الساق حيث الخشب الاول الى الداخل. كذلك تترتب الانسجة الوعائية في الجذر ترتيبا قطريا اي ان الخشب واللحاء يقعان على انصاف اقطار مختلفة، في حين ينتظم الخشب واللحاء في الساق في حزم جانبية او مركزية اي على انصاف اقطار واحدة

مناطق ومكونات الجذر

١- البشرة **Epidermis** : تتميز البشرة في الجذور بعدم وجود طبقة الادمة **Cuticle** الموجودة في بشرة السيقان والاوراق ، كما ان جدر الخلايا لا تكون مكيتنة وذلك لقيام الجذر في جزء منه بوظيفة امتصاص الماء والاملاح من التربة عن طريق الشعيرات الجذرية في منطقة الشعيرات الجذرية التي تقع خلف منطقة الاستطالة مباشرة . رغم ان مهمة الامتصاص تقع على عاتق الشعيرات الجذرية، الا انه قد تقوم خلايا البشرة بهذه الوظيفة وفي هذه الحالة تكون خلايا البشرة حاوية على شعيرات تسمى بالطبقة الوبرية **Piliferous layer** او طبقة الشعيرات الجذرية **Root-hair-zone**

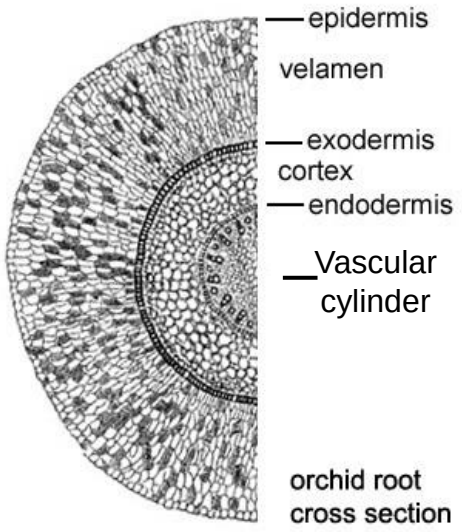
تنشأ الشعيرات الجذرية عن طريق تمدد الجدار الخارجي لخلية البشرة مكونا انبوبا ضيقا ذا جدار خلوي رقيق جدا يمتد اليه البروتوبلازم ليبطن الجدار بطبقة رقيقة ايضا يحوي هذا الانبوب على نواة في وسطه او طرفه. يتكون الجدار الانبوبي من المواد البكتية **Pectic substances** ومادة الكالوس **Callose** وهي مادة كاربوهيدراتية

متعددة السكريات اضافة الى احتواءه مادة السليلوز.تقوم الشعيرات الجذرية بوظيفتها لفترة قصيرة بعدها تتمزق وتسقط او تتحلل ليحل محلها وباستمرار شعيرات اخرى وحديثة في مقدمة الجذر بجوار منطقة الاستطالة.

طبقة الاكسودرمس **Exodermis** وهي طبقة الشعيرات الجذرية التي تحتوي فيها خلايا البشرة على مادة السوبرين تمكن طبقة البشرة من الصمود لفترة طويلة اثناء التوغل في التربة كما هو الحال في جذور بعض النباتات التي لا تمارس التغلظ الثانوي كما في معظم نباتات ذوات الفلقة الواحدة.في الواقع ان ما يحدث في معظم الاحيان هو تمزق خلايا البشرة وتتسوبر خلايا الطبقة التي تحتها لتكون طبقة الاكسودرمس.

في بعض الاوركيدات الاستوائية التي تعيش فوق اشجار **Epiphytes** والتي تمتلك جذور هوائية تحتوي تلك الجذور على منطقة خارجية تقع خارج طبقة الاكسودرمس مباشرة تسمى **Velamen** وتمثل بشرة عديدة الطبقات **Multiseriate** or **Multiple epidermis** اذ انها تنشأ من البروتوديرم او البشرة الاولية عن طريق انقسامات محيطية متتالية وبالتالي يمكن اعتبار هذه المنطقة مماثلة من حيث المنشأ لطبقة البشرة في الجذور العادية.خلايا الفيلامين تحتوي على جدران ثانوية مغلظة من الداخل بتغلظ حلزوني او شبكي وتحتوي جدرانها على مادة السوبرين، لذلك يعتقد ان خلايا الفيلامين وكذلك طبقة الاكسودرمس غير منفذة للماء والاملاح وبذلك فهي تقوم بوظيفة وقائية تمنع فقدان الماء من جدرانها الى انسجة القشرة الاسفل منها .

٢- القشرة **Cortex**: تتميز قشرة الجذور باتساعها اذا ما قورنت بقشرة السيقان وذلك بسبب تمركز الانسجة الدعامية بما فيها انسجة الخشب في وسط الجذر وبذلك يتمكن الجذر من مقاومة عوامل الشد التي يتعرض لها. لذلك تتميز السيقان الارضية كالريزومات وغيرها بتوسع القشرة لتعرضها لنفس المؤثرات الميكانيكية التي تتعرض لها الجذور.وايضا نتيجة لاتساع القشرة فانها قد تقوم بوظيفة الخزن مثل خزن بعض المواد كالنشأ. قد تتسوبر الطبقة الخارجية من القشرة لتكون طبقة او اكثر من طبقة الاكسودرمس. تتميز خلايا الاكسودرمس المسوبرة عن خلايا الفلين باحتواء جدرانها على نقر غير موجودة بجدران خلايا الفلين.وتخلو القشرة في الجذور من الخلايا الكولنكيمية الا انها قد تحتوي على الالياف كنسيج دعامي . تحل طبقة البريدرم محل القشرة للقيام بمهمة وقاية الجذر في النباتات التي يحدث فيها تغلظ ثانوي كما في نباتات ذوات الفلقتين الخشبية وعاريات البذور



قد تتغلظ الجدران القطرية فقط او الجدر القطرية والمماسية ايضآ لطبقة الاكسودرمس وحينئذ يمكن تمييز نوعين من الخلايا: خلايا مستطيلة نوعا ما مسوبرة الجدران، وخلايا قصيرة قليلة العدد غير مسوبرة الجدران تسمى بخلايا المرور **Passage cells**.

ينتشر وجود طبقة الاكسودرمس في عاريات البذور ومغطاة البذور ولكنها تكاد تكون غير موجودة في النباتات الوعائية الواطئة، كما انها توجد بصورة مستمرة في ذوات الفلقة الواحدة.

يحد القشرة من الداخل طبقة الاندودرمس **Endodermis** وهي اخر طبقة للقشرة من الداخل يليها البريسيكل او الدائرة المحيطة مباشرة

تأتي اهمية هذه الطبقة في الجذر الابتدائي في منطقة الامتصاص حيث يحتوي الجدار الخلوي على مادة يعتقد انها سوبرين او كيوتين بشكل شريط يمتد حول الخلية داخل الجدر القطرية والمستعرضة يسمى شريط كاسبر **Casparian strip** والذي يعتبر جزءا من الجدار الابتدائي

وليس تغلظ للجدار اذ ان السوبرين يخلل الصفيحة الوسطى ذاتها ويكون البروتوبلاست ملتصقآ بالشريط الكسباري بحيث لا يصبح المرور خلال الاندودرمس ممكننا الا عن طريق السايتوبلازم فقط. هناك نوعان من الاندودرمس نوع رقيق الجدار تمتد فيه الاشرطة الكسبارية حول الجدر القطرية والمستعرضة او الطرفية يسمى هذا النوع بالاندودرمس الابتدائي Primary endodermis وهذا النوع هو الاكثر شيوعا ويوجد في التريديات (النباتات اللابذرية) وبعض ذوات الفلقتين. ونوع سميك الجدار تتغلظ فيه الجدر المماسية الداخلية بالاضافة الى الجدر القطرية وفي هذه الحالة يترسب السوبرين على الجدار الابتدائي بما في ذلك الاشرطة الكسبارية وهذا النوع يسمى بالاندودرم الثانوي **Secondary endodermis**.

خلايا المرور او خلايا التوصيل **Passage cells**: وهي خلايا متبقية بعد تغلظ جدران الاندودرمس الثانوي وعبارة عن خلايا منفردة رقيقة الجدران تقع عادة مقابل عناصر الخشب الاول، ويظهر بها النقر بصورة غزيرة على جدرانها القطرية والمماسية وينتشر الاندودرمس الثانوي بين ذوات الفلقة الواحدة.

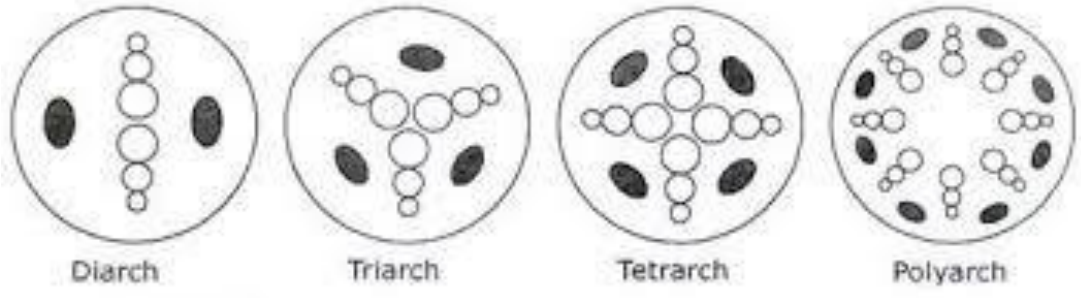
٣- الاسطوانة الوعائية **Vascular cylinder**: يحد الاسطوانة الوعائية من الخارج الطبقة المحيطة **Pericycle** والتي تعتبر الطبقة الخارجية من الاسطوانة الوعائية تليها مباشرة الى الداخل الانسجة الوعائية.ويتميز البريسيكل في الجذر بانه ضيق نسبيا يتكون من طبقة واحدة او اثنتين من الخلايا البرنكيمية وتكون هذه الطبقة عادة مستمرة . غالبآ ما تفقد هذه الخلايا التمييز وتصبح قادرة على الانقسام ومنشئة لتراكيب جديدة نتيجة تكوينها لمرستيمات ثانوية ،فمنها تنشأ الجذور الجانبية وفيها يتكون الفلوجين او الكمبيوم الفليني الذي تنتج عنه بعد ذلك طبقة البريدرم ، كما ان جزء من الكمبيوم الوعائي ينشأ منها. وخلايا البريسيكل البرنكيمية تقوم بوظيفة الخزن.

الانسجة الوعائية: ينتظم الخشب واللحاء في الجذر الابتدائي انتظاما قطريا بمعنى ان الخشب واللحاء يقعان على انصاف اقطار متبادلة وايضا ان عناصر الخشب الاول تتجه للخارج اما الخشب التالي فيتجه للداخل اي ان الخشب يكون خارجي الخشب الاول Exarch . في جذور ذوات الفلقتين يحتل نسيج الخشب مركز الجذر او قد يفسح المجال لنخاع ضيق وتتخذ

عناصر الخشب عندئذ صورة عمود مركزي يتجه بحواف بارزة نحو البريسيكل تحتضن فيما بينها مجموعات اللحاء ويفصل بين اللحاء والخشب نسيج بارنكيمي. اما في جذور ذوات الفلقة الواحدة فيوجد عادة نخاع واسع نسبيا وبالذات في النباتات العشبية مثل الحنطة والشعير.

يختلف عدد الاذرع الخشبية باختلاف المجموعات النباتية، ففي جذور ذوات الفلقتين يصل العدد ال ١١ او ١٢ ذراعا كما في الجذور الهوائية لنبات التين البنغالي . اما في جذور ذوات الفلقة الواحد فقد يصل عدد الاذرع الخشبية الى ١٥ او ٢٠ ذراعا.

قد يكون عدد الاذرع ثابتا في بعض الانواع وقد يتغير في انواع اخرى. كما ان هذا التغير قد يكون محدودا اي بمعنى ان تكون الجذور ثنائية الاذرع **Diarch** كما في جذر البنجر **Beta vulgaris** وجذر الفجل **Raphanus** او ثلاثية الاذرع **Triarch** كما في جذر البزاليا **Pisum** او رباعي الاذرع **Tetraich** مثل جذر الباقلاء **Vicia faba** وجذر الشقيق **Ranunculus** وجذر القطن او خماسي الاذرع مثل جذر العنب **Vitis** او عديد الاذرع **Polyarch** مثل التين البنغالي.



في الذراع الخشبي الواحد توجد العناصر الوعائية الضيقة للخارج وهذه تكون الخشب الاول **Protoxylem** وتنضج مبكرا عن العناصر الداخلية والتي تكون الخشب التالي **Metaxylem**

ينضج اللحاء بنفس طريقة الخشب الى لحاء اولي **Protophloem** تتجه عناصره الى الخارج ولحاء تالي **Metaphloem** تتجه عناصره نحو الداخل، اما الخلايا البارنكيمية الواقعة بين نسيجي الخشب واللحاء فتقوم في الجذور التي يحدث فيها تغلظ ثانوي باستعادة قدرتها على الانقسام وتكوين الكمبيوم الوعائي ينتج عن نشاطه ظهور الانسجة الثانوية. اما في الجذور التي لا يحدث فيها نمو ثانوي تبقى هذه الخلايا بصورة خلايا بارنكيمية او تتحول الى خلايا سكلرنكيمية.

التركيب الداخلي للنبات وعلاقته بالبيئة

يختلف التركيب الداخلي للنبات اختلافا كبيرا مع تغير البيئة وقد يصحب هذا الاختلاف تغير في الشكل الخارجي للنبات ايضا. ومن العوامل البيئية المؤثرة في هذا المجال كمية الماء المتوفرة والضوء والحرارة وغيرها، الان ان الماء هو اكثر هذه العوامل تأثيرا على الاطلاق.

- يطلق على النباتات التي تعيش في بيئة معتدلة من حيث توفر الماء ودرجة الحرارة، نباتات البيئة المتوسطة او النباتات الوسطية **Mesophytes**
- اما النباتات التي تعيش في البيئة الصحراوية او القاحلة والتي تكون كمية الماء قليلة جدا، فتسمى نباتات البيئة الجافة او نباتات الجفاف **Xerophytes**
- بينما النباتات التي لا تعيش في بيئة صحراوية ولكنها تحمل ملامحها وتحوراتها نظرا لوجودها في بيئة يصعب فيها الحصول على الماء كالبيئة المالحة فتسمى نباتات جفافية الشكل **Xeromorphic**
- اما النباتات التي تعيش في الماء او في وفرة من الماء سواء كان عميقا او ضحلا، مالحا او عذبا فتسمى بالنباتات المائية **Hydrophytes**

نباتات الجفاف Xerophytes

هناك عوامل عديدة تؤدي في النهاية الى ظهور تحورات الجفاف على جسم النبات سواءا كانت هذه التحورات خارجية ام داخلية. واكثر هذه التحورات تحدث في المناطق الصحراوية او الاماكن التي يندر فيها وجود الماء. لمعظم نباتات الجفاف تحورات تركيبية مميزة قد تكون معقدة في بعض الحالات بحيث تشمل معظم انسجة النبات. يمكن تلخيص هذه التحورات بما يلي:-

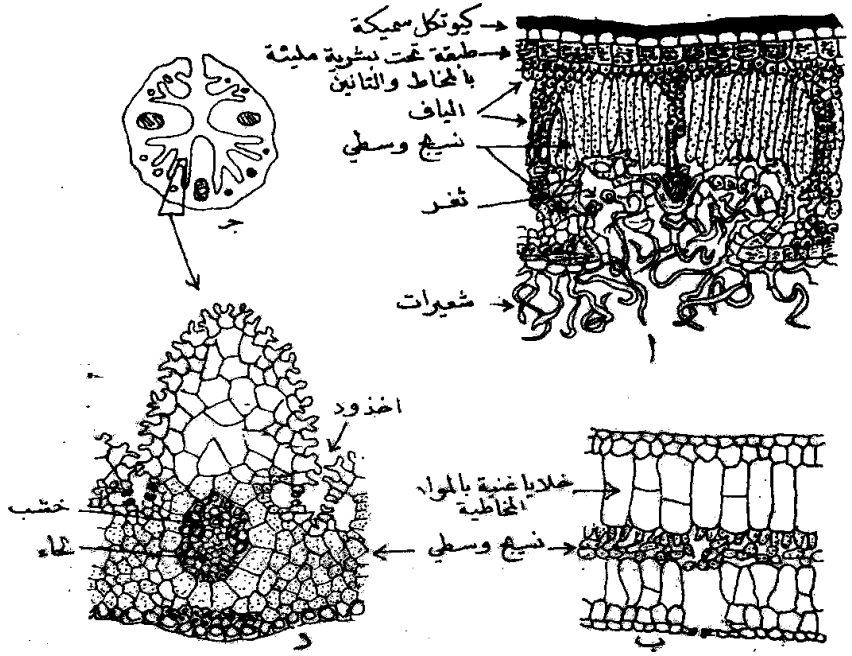
- **اولا- تقوية البشرة**

في معظم نباتات الجفاف تتغلف البشرة بطبقة سميكة من الكيوتكل وذلك بجانب تغلظ جدران خلاياها واحيانا خلايا الطبقة التي تليها بمادة الكيوتين من اجل تقليل فقدان الماء الى اقل قدر ممكن.

- **ثانيا – تكوين كميات وفيرة من النسيج السكلرنكيمي**

تتميز نباتات الجفاف بوجود نسب كبيرة من الخلايا السكلرنكيمية ولا سيما في الاوراق مقارنة بما يوجد عادة اوراق النباتات الوسطية ، وتوجد هذه الخلايا عادة بشكل طبقة او طبقتين تقع بين البشرة والنسيج المتوسط. ففي ورقة نبات بانكسيا Banksia على سبيل المثال توجد صفيحة مستمرة من الخلايا السكلرنكيمية بين طبقة تحت البشرة والطبقة العمادية.

وفي حالات اخرى تتواجد الخلايا السكلرنكيمية على شكل اشرطة او صفائح سميكة تمتد طوليا تحت البشرة في حين يمتد النسيج التمثيلي ما بين هذه الاشرطة متصلا بالخارج عن طريق الثغور . وبذلك تقوم الصفائح السكلرنكيمية بمنع فقدان الماء من ناحية وكدعامة ميكانيكية عند تعرض النبات للجفاف من ناحية اخرى. تسمى نباتات الجفاف المتكيفة بسبب توفر الانسجة السكلرنكيمية في اوراقها بنباتات الجفاف متلبة الاوراق.



الشكل يوضح مقاطع مستعرضة في اوراق بعض نباتات الجفاف. أ. جنس بانكسيا ب. جنس بيكونيا Begonia ذات الاوراق العصيرية ج. ورقة في حالة التفاف جنس سبارتينا Spartina د. جزء مكبر من ورقة سبارتينا لاحظ الثغور الموجودة في اخاديد.

★ ثالثا – وفرة الشعيرات

تكون كثير من نباتات الجفاف شعيرات كثيرة على السطوح السفلية للأوراق او على الثغور فتتكون بذلك عن طريق الشعيرات شبكة متماسكة تستطيع ان تحتفظ بالهواء المحيط بالثغور بدرجة عالية من الرطوبة وبهذه الطريقة تقل حركة الهواء المتاخم لسطح الورقة وبالتالي ينعدم التبخر السريع للماء من الثغور. وتسمى النباتات التي تستخدم الشعيرات في مقاومة ظروف الجفاف بنباتات الجفاف شعيرية الاوراق Trichophyllous Xerphytesومن امثلتها ورقة نبات الدفلة وورقة نبات قصب الرمال Calamafrostis وورقة نبات البانكسيا.

★ رابعا – انطواء الاوراق

في بعض نباتات الجفاف ولا سيما النجيليات منها تستطيع الاوراق ان تقوم بعملية الانطواء المحكم وذلك عندما يشتد الجفاف. وفي هذه الحالة توجد الثغور على السطح العلوي فقط وعندما

تنطوي الورقة تنعزل الثغور عن الجو الخارجي الجاف وعن التيارات الهوائية كما في ورقة قصب الرمال وورقة سبارتينا. وتعود قدرة الاوراق على الانطواء والانبساط في الظروف العادية او الرطوبة الى وجود الخلايا الحركية Motor cells او المفصلية Hinge cells او Bulliform cells.

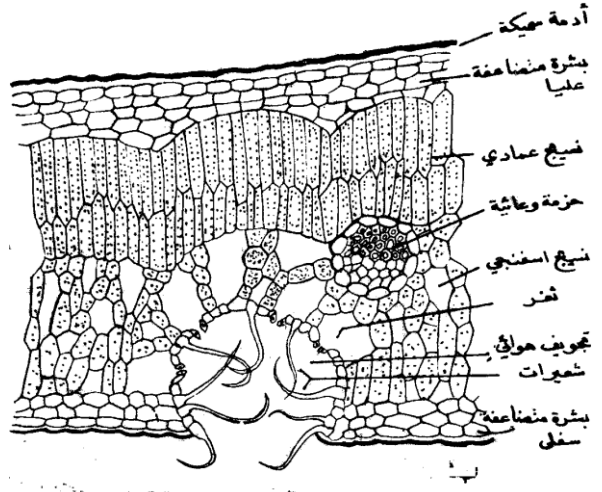
★ خامسا – الثغور من حيث تركيبها وموضعها

تعتبر الثغور الممر الرئيسي لخروج الماء من داخل جسم النبات ولذلك فان وجود عدد كبير منها يؤدي بلا شك الى فقدان زائد للمحتوى المائي خلال عملية النتح والعكس صحيح. توجد هذه الثغور في نباتات البيئة المتوسطة على مستوى خلايا البشرة في حين توجد الثغور في بعض نباتات الجفاف على مستوى منخفض اي غائرة تحت تجويف خاص يسمى بالغرفة الهوائية الخارجية External air chamber

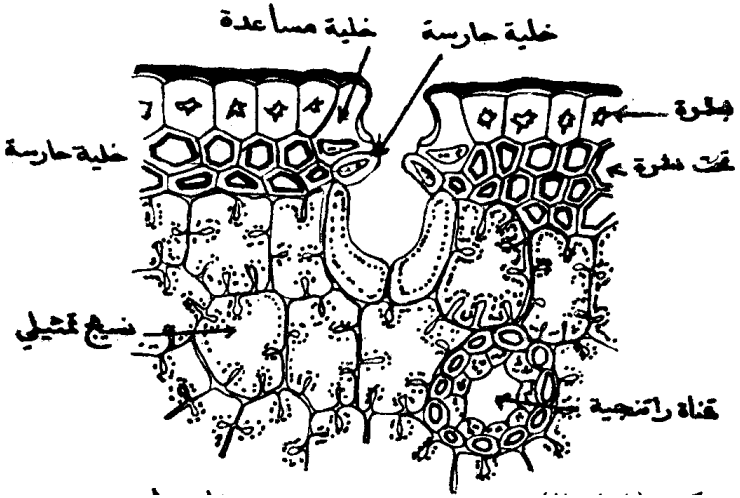
هذه التجاويف او المنخفضات يظل الهواء الجوي فيها محتفظا بدرجة عالية من الرطوبة تؤدي الى خفض معدل النتح من الثغور كما في ورقة هاكيا Hakea او كما في اوراق نباتات المناطق الحارة التي تتعرض لعملية نتح مفرطة مثل نبات التين المطاط.

★ سادسا – اختزال سطح الورقة

تلجأ بعض نباتات الجفاف الى تخفيض معدل النتح بها عن طريق تقليل السطح الناتج وذلك بحملها لاوراق صغيرة وتسمى هذه النباتات نباتات الجفاف صغيرة الاوراق Microphyllous xerophytes ومن امثلتها نباتات ذنب الخيل والصنوبر وكازوارينا وكشك الماز وغيرها



قطاع مستعرض في ورقة نبات الدفلة يبين بعض الخصائص الجفافية



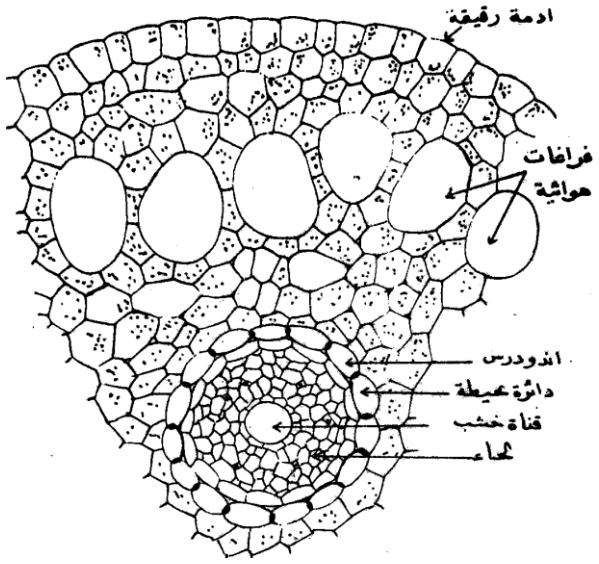
قطاع مستعرض لورقة نبات الصنوبر. يبين الثغر الغائر والادمة السميكة والبشرة وتحت البشرة ذات تغلظ لكنيني ونسيج تمثيلي مطوي الجدر

النباتات المائية Hydrophytes

تتحور النباتات المائية ايضا لتتلائم مع بيئتها. الا ان التحورات التركيبية الخاصة بالبيئة المائية قليلة اذا ما قورنت بتلك التحورات في البيئة الجافة، وتحدث التحورات التركيبية في النباتات المائية عن طريق اختزال الانسجة الواقية والدعامية والموصلة بالإضافة الى زيادة في المسافات البينية خلال الانسجة الداخلية. ويمكن تلخيص مميزات النباتات المائية فيما يلي:-

اولا – البشرة

تفقد البشرة في النباتات المائية وظيفتها الوقائية ولكنها تقوم عوضا عن ذلك بامتصاص الماء والغازات والاملاح مباشرة من المياه المحيطة، وفي النباتات المائية النموذجية يغطي البشرة طبقة رقيقة جدا من الادمة. كذلك تحتوي خلايا البشرة في البيئة المائية على مادة الكلوروفيل بغزارة مما يساعدها للقيام بعملية البناء الضوئي.



قطاع مستعرض في ساق نبات عش البط (ايلوديا) يبين بعض خصائص النباتات المائية

ثانيا – الشكل العام للورقة

يمكن التمييز بين النباتات المائية بصورة عامة من حيث انها اما مغمورة تماما او طافية وعلى هذا الاساس فالنباتات المغمورة تكون اوراقها جميعا مغمورة . اما النباتات الطافية فهذه تكون لها اوراق طافية وربما اخرى هوائية بجانب الاوراق الاوراق المغمورة. والاوراق المغمورة تكون عادة اما رفيعة للغاية او مجزأة كما في نبات الحزنبل وحامول الماء ونخشوش الحوت. ويعود ذلك الى ان الاوراق المجزأة تمتاز بسطح اكبر لامتصاص الغازات بالاضافة الى انها اقدر على المقاومة من الناحية الميكانيكية اذ تستطيع التيارات المائية ان تنساب بين اجزائها. اما الاوراق الطافية بشكل عام تكون عادة كاملة الحافة يتصل عنقها بمركز النصل حتى يكون الشد مركزيا ويبقى النصل طافيا كما في نبات الشقيق المائي *Ranunculus agvatilis*

ثالثا – الغرف الهوائية

تحتوي النباتات المائية خلال انسجتها على مسافات هوائية واسعة ممتلئة بالغازات وتقوم بمهمة خزن هذه الغازات. وهذه المسافات تكون اما مسافات بينية واسعة تحيطها من جميع الجوانب خلايا برنكيمية رقيقة الجدران او غرف هوائية حقيقية واسعة ومنتظمة. يخزن في هذه الغرف الاوكسجين الناتج من التمثيل الضوئي وثاني اوكسيد الكاربون الناتج من عملية التنفس لكي يستفاد منها النبات في عمليتي التنفس والتمثيل الضوئي على التوالي. من الامثلة على ذلك نبات الالوديا ولسان البحر.

رابعا – اختفاء النسيج السكلرنكيمي

يختفي عادة النسيج السكلرنكيمي من النباتات المائية واذا وجد فيكون ضعيف التكوين. ويعتمد النبات على الماء كدعامة له.

خامسا – اختزال الانسجة الوعائية والماصة

يحدث امتصاص الماء والاملاح في النباتات المائية من المياه المحيطة خلال السطح المغمور للنبات ولذلك فالنظام الجذري يكون مختزلا الى حد كبير وتبقى له عند ذلك الوظيفة الميكانيكية بصورة اساسية وتختفي لذلك الشعيرات الجذرية تماما. وكذلك تختزل عناصر الخشب وقد تختفي تماما في بعض الحالات ويكون الخشب عندئذ على هيئة قناة خشبية، تحاط القناة الخشبية بخلايا برنكيمية يليها اللحاء للخارج. هذه الظاهرة الواضحة في النباتات المائية اي وجود الخشب بصورة مختزلة رغم وجود لحاء جيد التكوين تعود اساسا الى ان الامتصاص يحدث عن طريق سطح النبات كله في حين يقوم اللحاء بكامل وظيفته كما يقوم في النباتات الارضية كما في ساق نبات الالوديا ولسان البحر .