علم تشريح النبات

أ.د. معزز عزيز حسن

PLANT ANATOMY

2025-2026

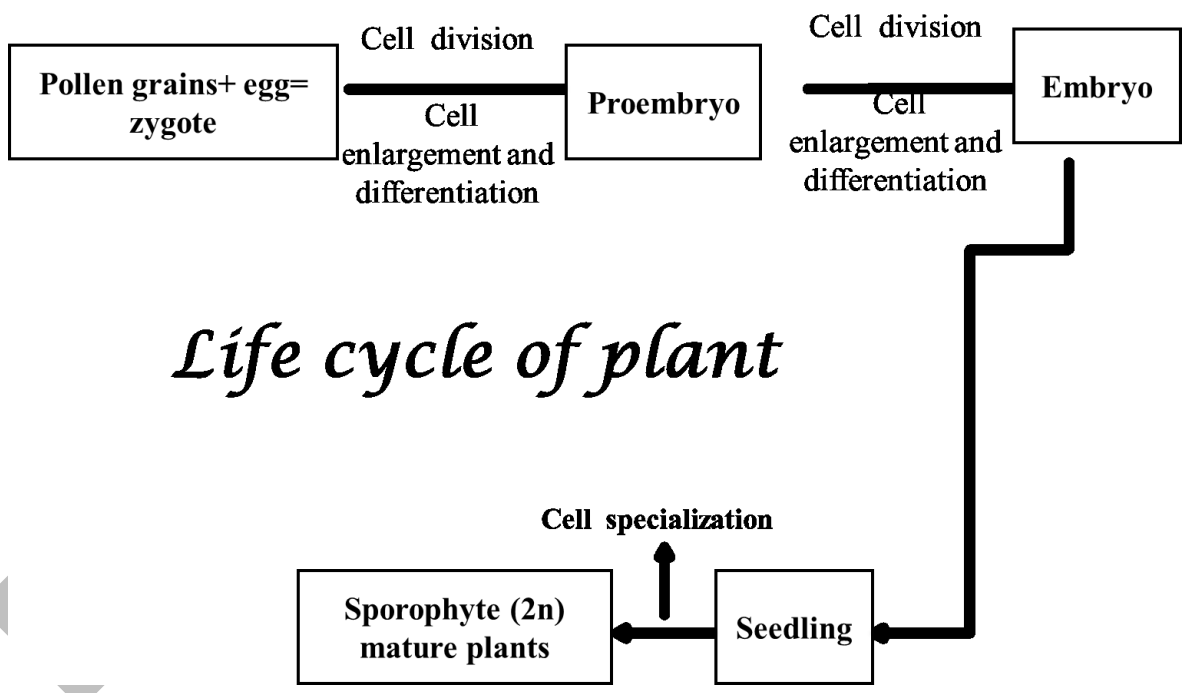
Plant Anatomy

علم تشريح النبات Plant Anatomy :- فرع من فروع علوم الحياة Biology الذي يتبنى دراسة التركيب الداخلي للنبات عن طريق تشريح اعضاءه المختلفة ودراسة مواقعها والانسجة المكونة لهذه الاعضاء وتكيفها للقيام بوظائفها المختلفة , وكثيرا ما يعتبره العلماء فرع من فروع الشكل Morphological Sciences فهو في واقع الامر دراسة الشكل الداخلي للنبات

الجسم النباتي Plant Body :- يبدأ ظهور جسم النبات في النباتات الراقية على هيئة خلية واحدة تمثل بالبيضة المخصبة Zygote هذه الخلية تتحول بالانقسام وحصول عمليات التميز البسيط الى جنين Embryo وهذا بدوره ينمو ليكون النبات الكامل والذي يمثل في هذه الحالة الطور البوغي Sporophyte وهو الطور الثنائي المجموعة الكروموسومية

ان عملية تحول الجنين الى نبات ناضج تتضمن عمليات مختلفة اهمها

1- Cell division انقسام
2- Cell enlargement توسع
3- Cell specialization تخصص
4- Cell differentiation تمايز



ان هذه العمليات تجعل من الممكن تحول الجنين ذي التركيب البسيط جدا الى النبات النامي المعقد الذي قد يتركب من ملايين الخلايا والذي يكون مؤلف من انواع مختلفة من الانسجة والاعضاء والاجهزة، حيث يتكون الجنين في بادئ الامر من خلايا مرستيمية تستمر بالانقسام لتكون البادرة Seedling وهذه بعد ذلك تتميز الى الرويشة Plumule التي تنمو لتعطي المجموع الخضري Shoot system والجذير Radicle الذي ينمو ليعطي المجموع الجذري Root system وفي اثناء النمو تتحول الخلايا المرستيمية الى خلايا دائمية لتتشكل وتتكيف تبعا للوظيفة التي ستقوم بها ويبقى من الخلايا المرستيمية مجموعة في طرف الساق و مجموعة أخرى في طرف الجذر وتسمى بالمرستيمات القمية Apical meristems وهذه تستمر في نشاطها لتكوين جسم النبات ، ويعبر عن جسم النبات في هذه الحالة بعد وصوله الى مرحلة النضج لجسم النبات الأبتدائي Primary plant body

في الغالبية العظمى من نباتات ذوات الفلقة الواحدة والحولية من ذوات الفلقتين وكذلك اغلب النباتات الوعائية الإبتدائية يكون الجسم النباتي ابتدائيا، أما معظم النباتات ذوات الفلقتين وعاريات البذور وبعضا من ذوات الفلقة الواحدة التي تعاني تسمكا في السيقان والجذور فيحصل بها نوع اخر من النمو يبدأ بعد إكتمال النمو الابتدائي للجسم النباتي ويسبب زيادة قطرية محسوسة في الاعضاء التي يحصل فيها ويدعى بالنمو الثانوي Secondary growth وتعرف الأنسجة المتكونة اثناء هذا النمو بالأنسجة الثانوية secondary tissues وينتج عن ذلك جسم النبات يعرف بالجسم النباتي الثانوي secondary plant body

الخلية النباتية The plant cell :- تعتبر الخلية هي الوحدة التركيبية والوظيفية الفسلجية في الكائن الحي وتدعى الكائنات التي تتكون من خلية واحدة Unicellular وتلك التي تتكون من عدد من الخلايا بـ Multicellular ما عدا حالات خاصة . ففي الطحالب حيث لا يتركب جسم النبات من خلايا وانما يتكون من قنوات متصلة على شكل مدمج خلوي Coenocytes تنتشر الأنوية داخله خلال السايتوبلازم دون وجود جدران او حواجز داخلية .

أول من أثبت دور الخلية كل من العالمان شلايدن Schleiden وشوان Shwann في القرن التاسع عشر حيث عمل شلايدن على الخلية النباتية وشوان على الخلية الحيوانية واستخلصوا نتيجة تجاربهم النظرية التي تنص (ان جميع الكائنات الحية تتألف من وحدات هي الخلية و إن الخلية تمثل وحدة التركيب والوظيفة في الكائن الحي وتدعى هذه النظرية بالنظرية الخلوية Cell theory)

اجزاء الخلية النباتية تتركب الخلية النباتية من جزأين رئيسين

1- جدار الخلية Cell wall
2- البروتوبلاست Protoplast

البروتوبلاست هو عبارة عن كل ما يحتويه الجدار الخلوي من مواد في داخله وعادة يصنف البروتوبلاست نفسه الى مجموعتين من المكونات

أ- المكونات الحية Living components . وتشمل

1- السايتوبلازم Cytoplasm
2- الاغشية Membranes
3- الانوية Nucleus
4- البلاستيدات Plastids
5- الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic Reticulum
6- اجسام كولجي Dictyosomes (Golgi body)
7- المايتوكوندريا Mitochondria
8- الرايبوسومات Ribosomes

ب- المكونات غير الحية Ergastic substancas or Non living components

1- الفجوات Vacuoles
2- البلورات Crystals
3- حبيبات النشأ Starch grains
4- حبيبات الاليرون Aleurone grains
5- حبيبات الزيت Oil droplets

جدار الخلية النباتية هو جدار صلب ميت عادة بعد النضج وحاوي على مادة السليلوز أو مادة قريبة الشبه منه . يحيط الجدار الخلوي عادة بجميع الخلايا النباتية ما عدا حلات نادرة وشاذة هي:

أ- السبورات المتحركة Motile spores في الطحالب والفطريات
ب- خلايا الامشاج Gametes في سائر النباتات
ت- المدمج الخلوي Coenocytes

Plant Anatomy

يوصف الجدار الخلوي في النبات بانه جدار حقيقي حيث يتميز بوجود مادة السليلوز التي تخلو منها الخلايا غير النباتية ويتكون جدار الخلية نتيجة لنشاط بروتوبلاست الخلية , ولكنه من اجزائها الميتة فهو طبقة غير حية تحيط بالخلية. اما تمدد الجدار واتساعه اثناء نمو الخلية فلا يعتبر باي حال من الاحوال دليلا على حيويته فهو في هذه المرحلة من عمر الخلية يكون رقيقا وقابلا للتمدد لذا فهو يتسع نتيجة لازدياد حجم ونمو بروتوبلاست الخلية . ويكون الجدار عند بدء تكوينه رقيقا للغاية ولكن تحدث بعد ذلك عدة تغيرات سواء في السمك او في تركيبه الكيمياوي .

خواص جدران الخلايا

تختلف جدران الخلايا فيما تظهره من خواص فيزياوية كالفعالية الضوئية Optical activity واللدانة Plasticity والمرونة Elasticity وقوة الشد Tensile strength

- **اللدانة Plasticity**

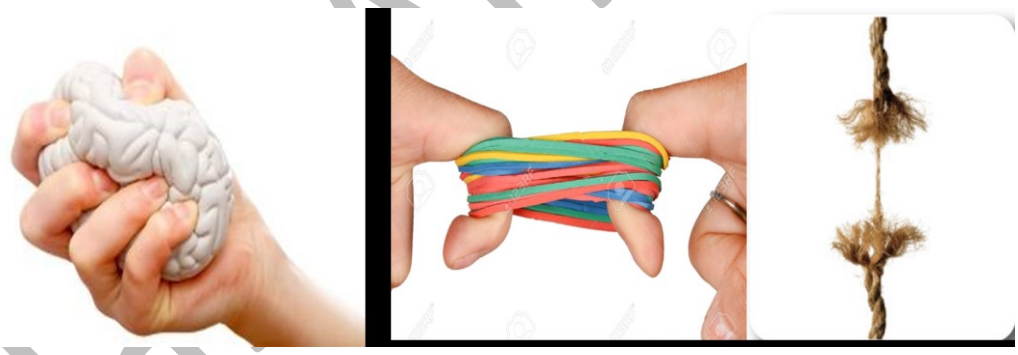
وهي خاصية الاحتفاظ بالشكل او الحجم عند التعرض لمؤثر يؤدي الى التغير . تظهر هذه الخاصية بوضوح في بعض مراحل النمو عندما تصل الخلايا حجما معينا وتأخذ شكلا تحتفظ به

- **المرونة Elasticity**

وهي القدرة على الرجوع الى الشكل او الحجم الاصلي بعد زوال المؤثر وهذه الخاصية تمتاز بها جدران الخلايا التي تتعرض الى تغير في ضغط الامتلاء

- **قوة الشد Tensile strength**

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



طبقات الجدار الخلوي :

الصفيحة الوسطى Middle lamella

يطلق عليها المادة البينية او المادة البين الخلوية Intercellular substance . تنشأ هذه الطبقة من الجدار عن الصفيحة الخلوية Cell plate بعد ان تضاف عليها مركبات بكتينية عديدة اهمها بكتات الكالسيوم والمغنيسيوم ، في حالة تلكن الصفيحة الوسطى والجدار الابتدائي على جانبيها يصعب التمييز مجهريا بينها لذلك يطلق مصطلح صفيحة وسطى مركبة Compound Middle Lamella تتكون من ثلاث طبقات . اما اذا كانت الصفيحة الوسطى متميزة عن الجدار الابتدائي نسميها Simple middle lamella . وفي حالة اشتراك طبقات من الجدار الثانوي يصبح التركيب خماسي الطبقة.

الجدار الابتدائي Primary Cell Wall

يعتبر الجدار الابتدائي اول طبقة جدار حقيقي تضاف من قبل البرتوبلاست على جانبي الصفيحة الوسطى اثناء نمو الخلية ومن اهم صفاته :

1. تنمو هذه الطبقة من الجدار نمو سطحيا Surface growth ونادرا ما ينمو في السمك Growth in thickness كما في الكولنكيما .
2. يدخل في تركيب الجدار الابتدائي المواد التالية (سيليلوز - هيميسيليلوز - مواد متعددة السكريات غير سيليلوزية - مواد بكتينية).
3. يحيط الجدار الابتدائي عادة بخلايا تبقى حية وفعالة بعد النضج.
4. يكون الجدار الابتدائي رقيق عادة كما في الخلايا المرستيمية وقد يكون سميكا كما في جدران بعض الخلايا الخازنة كالسويداء.
5. تتخللها الروابط البلازمية Plasmodesmata وهي عبارة عن روابط حية تربط الخلايا وتخترق الجدران .
6. قد توجد في الجدار الابتدائي تراكيب تشبه النقر تسمى حقول النقر الابتدائية Primary pit field.

الجدار الثانوي Secondary Cell Wall

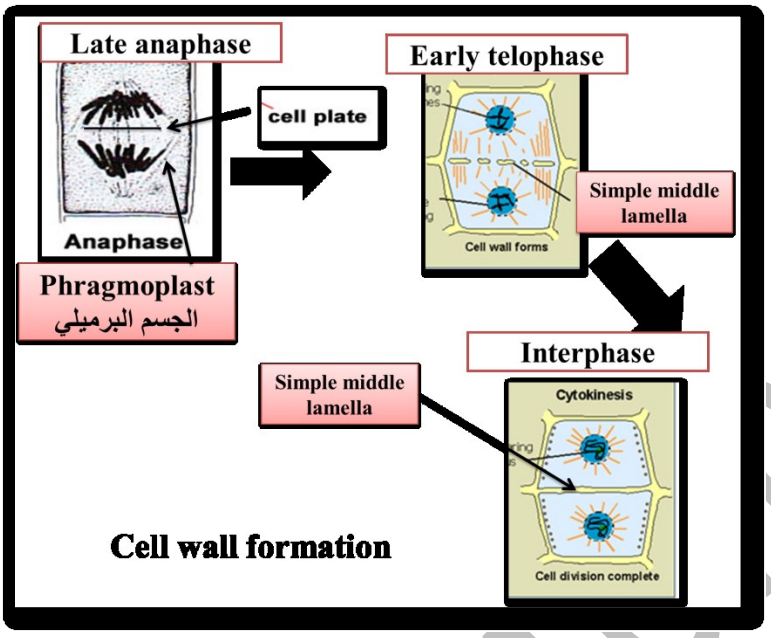
وهو الجدار الذي يضاف على الجدار الابتدائي في بعض نباتات ذوات الفلقتين عاريات البذور بعد توقف الخلية عن النمو .(اكتمال نمو الخلية ووصولها الى الحجم النهائي) ومن اهم مميزاته:

1. يكون نموه بالسمك ولا ينمو سطحيا
2. يتكون اساسا في المركبات التالية (سيليلوز - سكريات متعددة غير سيليلوزية - لكنين - سوبرين ويخلو من البكتين الحقيقي).
3. يكون الجدار الثانوي سميكا وغالبا ما يتميز الى طبقات متميزة كيميائيا وفيزيائيا ، يمكن تميز الطبقات بسبب اختلاف معاملات الانكسار لان نسبة السيليلوز المتبلورة والغير متبلورة تختلف من طبقة الى اخرى.
4. يقترن الجدار الثانوي عادة بخلايا تموت عند النضج اي تفقد محتوياتها الحية.
5. يتميز الجدار الثانوي بوجود مناطق رقيقة يطلق عليها النقر Pit.

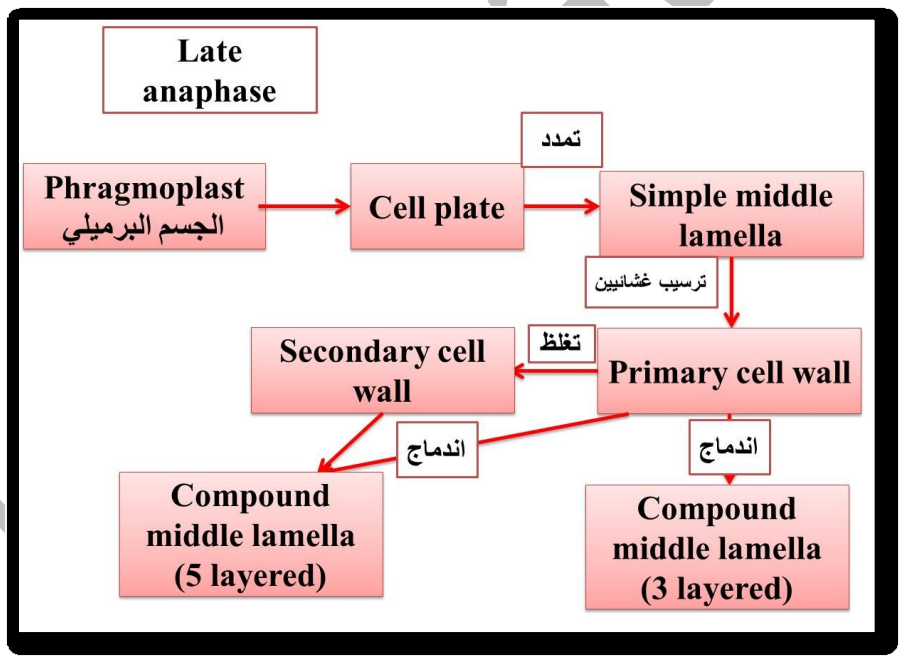
تكوين جدار الخلية :- Cell wall formation

يظهر الجدار الخلوي مباشرة بعد الانقسام في نهاية الطور الانفصالي Late Anaphase بشكل منطقة داكنة تتكون عند خط استواء المغزل Equator يطلق عليها اسم الفراكموبلاست او الجسم البرميلي Phragmoplast وخلال الفراكوبلاست يظهر الجدار بشكل صفيحة رقيقة تسمى الصفيحة الخلوية Cell Plate وتكون في البداية في وضع مركزي ثم تمتد تدريجيا نحو الخارج Centrifugal الى ان تصل الى جدار الخلية الام وتسمى حينئذ بالصفيحة الوسطى البسيطة Simple Middle Lamella وتتكون الصفيحة الوسطى البسيطة من بكتات الكالسيوم والمغنيسيوم . يقوم بعد ذلك البروتوبلاست بترسيب غشائين رقيقين على جهتي الصفيحة الوسطى يكونان ما يسمى بالجدار الابتدائي Primary Cell Wall وعندما تصل الخلية الى كامل نضجها يندمج الجدار الابتدائي بالصفيحة الوسطى فيطلق عليها الصفيحة الوسطى المركبة Compound middle lamella وتكون الصفيحة الوسطى في هذه الحالة ثلاثية الطبقة 3- Layered وفي حالات كثيرة يحدث تغلظ اخر يضاف الى الجدار وذلك بعد وصول الخلية الى كامل نضجها هذا التغلظ يكون جدار اخر فوق الجدار الابتدائي يعرف بالجدار الثانوي Secondary Cell Wall الذي يتكون في بعض الخلايا النباتية وقد يندمج الجدار الثانوي بالجدار الابتدائي احيانا ولايمكن تميزه عنه وعندئذ يمكن ان يطلق على الصفيحة الوسطى المركبة في هذه الحالة خماسية الطبقة 5-layered .

Plant Anatomy



تكوين جدار الخلية



تكوين الصفيحة الوسطى المركبة

التركيب الدقيق لجدار الخلية النباتية : Ultrastructure of cell wall

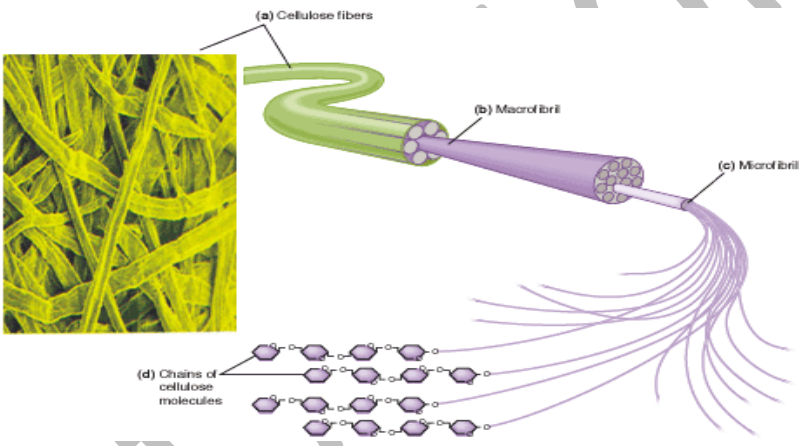
يعتمد هيكل الجدار على مادة السيليلوز وفي جدار الخلية يمكن ايجاد نظامين متداخلين ومتكاملين تحت المجهر الالكتروني هما :-

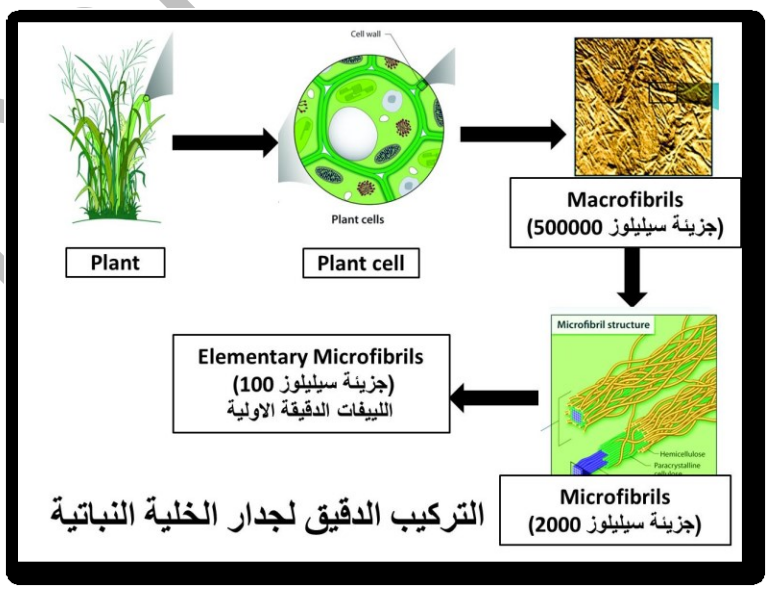
1. نظام هيكلي سيليلوزي Cellulose network:

اظهرت دراسات المجهر الالكتروني ان السيليلوز في الجدران يكون على هيئة حزم من لييفات تتجمع بدرجات مختلفة فالتي يمكن مشاهدتها تحت التكبيرات العالية للمجهر الضوئي تعرف باللييفات الكبيرة Macrofibrils والتي تتكون من 500000 جزيئة سيليلوز وعند فحص الاخيرة تحت المجهر الالكتروني تبدو مكونة من وحدات اصغر بشكل حزم تعرف باللييفات الدقيقة Microfibrils وهذه لاتزيد في سمكها عن 250 انكستروم وتحوي على 2000 جزيئة سيليلوز وعندما تزداد قدرة عدسة المجهر الالكتروني فتبدو هذه الاخيرة مؤلفة من وحدات ادق تدعى اللييفات السيليوزية الدقيقة الاولية Elementary microfibrils المؤلفة من 100 جزيئة من السيليلوز ولايزيد سمكها عن 100 انكستروم في السيليلوز المتبلور تكون اللييفات الدقيقة متوازية مع بعضها غير انها لا تكون كذلك في السيليلوز غير المتبلور

2. المادة البينية Matrix

ويتخلل الفراغات الشعيرية الدقيقة Microcapillary space الموجود بين الشبكة السليلوزية وفي هذا الوسط يضاف كل المواد الغير سيليلوزية كالماء والبكتين والسوبرين وغيرها .



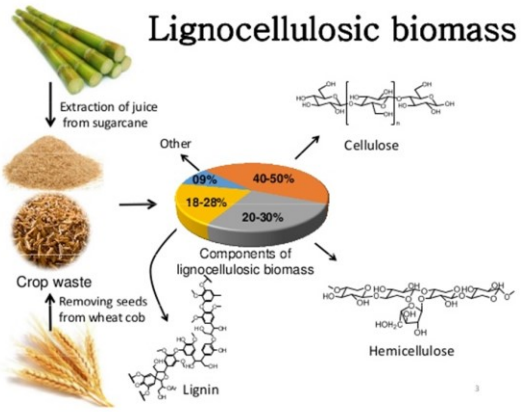


التراكيب الكيميائية لجدار الخلية Chemical composition of Cell Wall

يتكون جدار الخلية النباتية من هيكل سيليلوزي يوجد معه مركبات اخرى مختلفة ويتلخص التركيب الكيميائي لأهم مكونات الجدار الخلوي كالاتي

1. السيليلوز Cellulose يكون السيليلوز الهيكل الاساسي للجدار الخلوي وهو عبارة عن مركب كربوهيدراتي عديدة التسكر يتكون من سلسلة طويلة من وحدات سكر الكلوكوز ($(C_6H_{10}O_5)_n$) مترابطة معا . ويتراوح عدد جزيئات سكر الكلوكوز من جزيئ السيليلوز الواحد ما بين 3000 – 8000 جزيئي والسيليلوز مادة متبلورة محبة للماء نسبيا

2. الهيميسيليلوز Hemicellulose وهي اشباه السيليلوزات وتعتبر من السكريات المتعددة تلي السيليلوز في الاهمية من حيث وفرتها في الجدار الخلوي والهيميسيليلوز مجموعة غير متجانسة من المركبات تختلف فيما بينها في قابليتها في الذوبان في الماء ويعتقد انها تعمل على ربط السيليلوز بالمركبات الغير سيليلوزية وحداتها سكريات خماسية مثل Xylose و Arabinose او سكريات سداسية مثل Galactose وMannose



3. البكتين Pectin يدخل البكتين في تركيب الصفيحة الوسطى وكذلك الجدار الابتدائي ولكنها لا توجد في الجدار الثانوي يوجد البكتين بثلاث اشكال وهي Pectic Acid , Pectin , Protopectin , للبكتين خواص غروية فهي محبة للماء ووجودها في جدران الخلايا يكسبها اللدانة والمرونة نتيجة لاحتفاظها بنسب عالية من الماء Hydrophilic.

Plant Anatomy

4. الاصماغ والمواد الهلامية Gums and Mucilage وهي من الكربوهيدرات التي توجد في جدران بعض الخلايا تظهر الاصماغ في النباتات كرد فعل نتيجة للاصابة بمرض معين او نتيجة خلل فسيولوجي مما يؤدي الى تحلل جدران بعض الخلايا ومحتوياتها وتحولها من الحالة الصلبة البلورية الى الحالة السائلة تعرف العملية بالتصميغ **Gummosis** او التحلل الصمغي **Gummous Degeneration** يبدأ التصمغ عادة في الجدار الابتدائي والصفيحة الوسطى وبعد ذلك يتحلل الجدار الثانوي ان وجد فتتكون نتيجة لتحلل جدران الخلايا ومحتوياتها فسحا بين الخلايا فتصبح في حالات التصمغ الشديد بشكل قنوات تملأ بالمادة الصمغية كما في بعض الفصائل النباتية في منطقة القلف كما في نباتات السنط السنغالي Acacia sanegal التي يستخرج منها الصمغ العربي اما المواد الهلامية **Mucilages** فتتكون من الطبقات الخارجية لجدران خلايا البشرة في النباتات المائية واغلفة البذور تتكون هذه المواد في خلايا فارزة خاصة Idioblast او في شعيرات غدية ملحقة بنسيج البشرة.

5. اللكنين Lignin وهو من اهم المواد التي يتحمل فيها الجدار الخلوي وهو يكسب الجدران الصلابة والقوة . يعتقد ان اللكنين يتكون من Polymer ووحدة التركيب فيها هو Phenyl Propanoid تعرف عملية تحمل الجدران بمادة اللكنين بعملية اللكننة Lignification في هذه العملية يرتبط اللكنين باواصر كيمياوية مع السكريات المتعددة الاخرى للجدار . وتشمل عملية اللكننة طبقات الجدار الثلاثة وفي حالة تلكننها يكون الجدار الابتدائي والصفيحة الوسطى اشد تلكننا عادة في الجدار الثانوي.

6. الدهون Fatty substances ويشمل السوبرين Suberine كيوتين Cutin , شموع Waxes وهذه تمثل بوليميرات لاحماض دهنية تختلف فيما بينها في درجات انصهارها بالحرارة وقابلية ذوبانها بالمذيبات العضوية فالشموع مثلا تنصهر بسهولة

بالحرارة ويسهل استخلاصها بالمذيبات العضوية كالكلوروفورم مثلا في حين لاينصهر السوبرين والكيوتين بالحرارة ولايستخلصان بسهولة بالمواد العضوية.
يوجد الكيوتن عادة مع السيليلوز في جدران خلايا نسيج البشرة (بشرة الاقسام الهوائية للنباتات) ويطلق على عملية تحمل الجدران الخلوية بمادة الكيوتين التكيتن Cutinization وتمثل هذه العملية الجدار الخارجي لجدران خلايا البشرة وجدران مابين الخلايا لهذا النسيج. تزداد نسبة الكيوتين في طبقات الجدار المختلفة باتجاه الخارج الى ان تصبح مكونة من كيوتين نقي وخالي من السيليلوز وتعرف بطبقة الادمة كيوتكل التي تكون باسماك مختلفة في النباتات المختلفة تبعا لبيئة النبات . اما السوبرين فيوجد مع السيليلوز في جدران خلايا الفلين ويطلق على عملية تحمل الجدار بعملية التسوبر Suberization اما الشموع فتضاف بطرز مختلفة فوق طبقة الكيوتكل (في جدران الخلايا الخارجية للبشرة) فتكسب بعض التراكيب النباتية كالثمار والاوراق المظهر الصقيل اللماع .
ونظرا لكون المواد الدهنية (السوبرين , الكيوتين , الشموع) في المواقع الخارجية لجسم النبات ولكونها غير منفذة للماء فهي تقوم بوظائف وقائية ضد الحشرات والطفيليات كما انها تحمي النباتات ضد الجفاف وفقدان الماء . وتوجد هذه المواد بدرجة اقل في المناطق الداخلية للنباتات فقد يتكون كيوتكل داخلي للبذور اما السوبرين فيوجد في جدران خلايا القشرة الداخلية المسماة Endodermis وكذلك في خلايا القشرة الخارجية Exodermis كما قد يوجد السوبرين مع الكيوتين في جدارن خلايا النسيج المتوسط للورقة في المناطق المقابلة للغرف الهوائية .

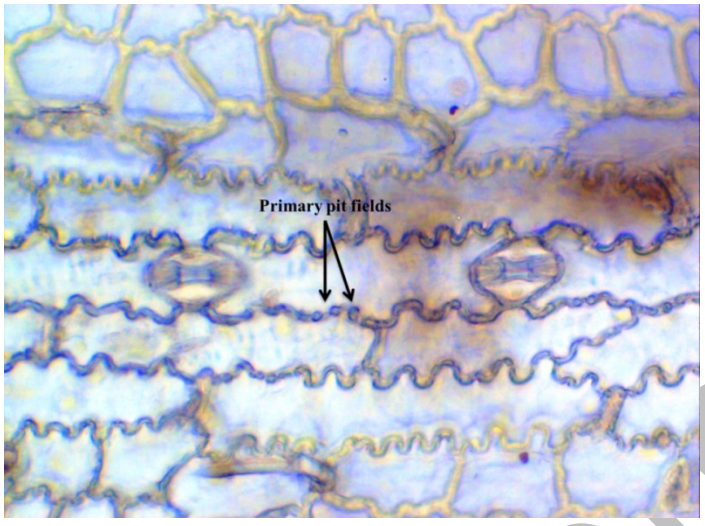
قد يتحمل جدران الخلايا بمواد معدنية كثيرة كالسيليكا وكاربونات الكالسيوم وتكثر مركبات السيليكون في جدران خلايا الحشائش كما قد تتحمل الجدران بمواد عضوية كثيرة كالراتنج والدباغ والحبيبات الصبغية والاحماض الدهنية ويمكن ملاحظة ذلك في جدران خلايا الخشب عند تحولها من خشب عصيري رخو الى خشب صلد صميمي.

بعض التراكيب الخاصة بالجدار الخلوي

1. حقول النقر الابتدائية Primary pit fields

وهذه تظهر بالجدار الابتدائي عند تمدده نتيجة نمو البروتوبلاست وزيادته في الحجم ويزداد ظهورها بازدياد سمك الجدار. وتبدو حقول النقر الابتدائية في المظهر الجانبي بما يشبه المسبحة حيث يتكون الجدار الابتدائي من مناطق رقيقة تمثل حقول النقر الابتدائية ومناطق سميكة على التوالي وهذه الحقول تظهر بشكل واضح في الخلايا الحية التي لم تتغلظ بعد بجدار ثانوي وتتميز هذه الحقول بوجود روابط بلازمية Plasmodesmata بلازميه

Plant my



2. النقر البسيطة Simple pits

يعتبر وجود النقر مميزا للجدران الثانوية . فأن كانت هذه النقر ذات قطر متجانس تقريبا اطلق عليها اسم النقر البسيطة وتشمل النقرة مساحة او فسحة خالية من الجدار الثانوي وهذا يعني ان الجدار لا يكون مستمرا بل متقطعا في مناطق خاصة يطلق عليها اسم النقر.

يتميز في النقرة البسيطة التراكيب التالية :-

1- غشاء النقرة Pit membrane المكون من الصفيحة الوسطى وقسم رقيق من الجدار 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 Cell lumen ، توجد النقرة البسيطة في بعض الخلايا البرنكيمية المحتوية على جدار ثانوي كما انها موجودة في العناصر الناقلة في الخشب بالاضافة الى وجودها في الالياف وفي انواع اخرى من الخلايا

3. النقرة المضفوفة Bordered pits

وهي النقرة التي ينفصل فيها الجدار الثانوي من غشاء النقرة ويمتد الى داخل الخلية متدرجا في الرقة ومكونا ما يعرف بالضفة Border ولاتلتقي حواف الضفة في الوسط بل تظل متباعدة لتكون فتحة مركزية وهي فتحة النقرة . كما ان تجويف النقرة يصبح غير متجانس لاتساع وتعرض مساحة كبيرة من الغشاء النقري لنقل المواد عبرها لذلك فأن هذا النوع من النقر المضفوفة أكفأ بكثير من النوع البسيط في عملية النقل . توجد النقر المضفوفة في العناصر الناقلة للخشب .

<u>أهم أجزاء النقرة المضفوفة</u>

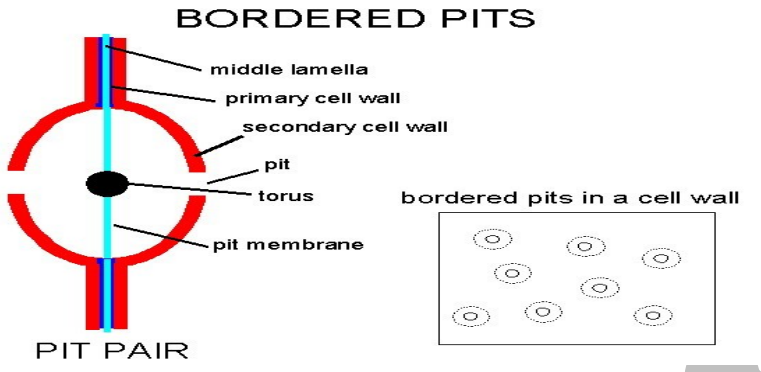
1. **فتحة النقرة Pit aperture**
2. **غشاء النقرة Pit membrane** ويتكون من الصفيحة الوسطى وجزء من الجدار الابتدائي وان غشاء النقرة قد لا يضل رقيقا بل يتغلظ من الوسط مكونا ما يسمى التخت Torus . يتكون التخت من مواد جدارية ابتدائية ويعتبر التخت صفة مميزة للنباتات التالية :-
   رتبة الصنوبريات Coniferals
   رتبة العلديات Gmetales
   رتبة الجنكولات Ginkoafes

مما تجدر الاشارة اليه ان وجود التخت يكون مقتصرا على النقر المضفوفة الوجهين Bordered pit pair ولاوجود له في النقر نصف المضفوفة

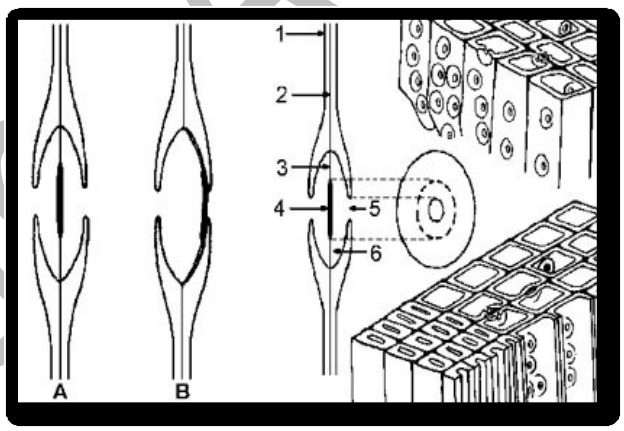
3. **الردهة Pit chamber** وهو الفراغ بين الضفة وغشاء النقرة

Plant Anatomy

4. الضفة Border

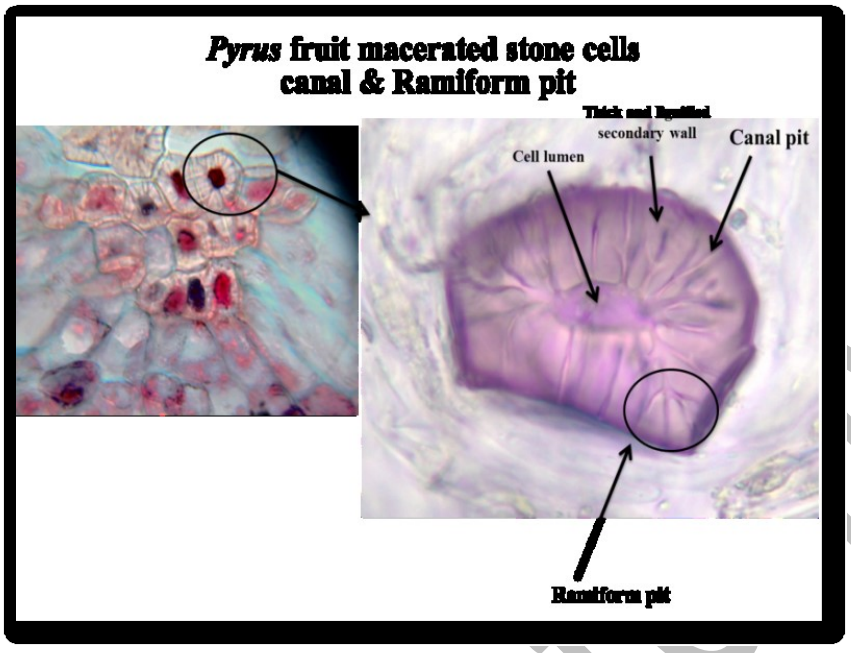


في ازواج النقر المضفوفة لبعض النباتات ومنها الصنوبريات كما ذكرنا سابقا يتثخن الغشاء النقري من منطقة مكونة تركيب قرصي الشكل يدعى التخت النقري Torus ويكون قطره عادة اوسع من فتحة اي من نقرتي الزوج النقري يعمل هذا التركيب عمل السداد بحيث يفتح او يغلق احدى نقرتي الزوج تبعا لسرعة جريان الماء وبذلك ينظم عملية النقل . ففي حالة الانسجة النشيطة ذات النقر المضفوفة والحاوية على التخت فأنه عندما يكون اندفاع الماء من خلية الى اخرى عن طريق النقرة شديد فأن غشاء النقرة يتحرك في اتجاه فتحة النقرة ويغلقها بواسطة التخت وعندها يتخذ التخت الوضع الجانبي ليسد فتحة احدى النقرتين تعرف تلك النقره حينئذ **النقرة المرتشفة Aspirated pit** وفي هذه الحالة يمنع مرور الماء من خلية الى اخرى مجاورة وعندما يتغير الضغط المائي فأن التخت يعود الى موضعه الطبيعي مرة اخرى فيسهل حركة الماء من الخلية الى الخلية المجاورة .اما في الانسجة غير النشيطة مثل انسجة الخشب الصميمي فأن التخت يتحرك جانبيا ويغلق فتحة النقرة وتبقى هكذا حيث ان التخت يفقد مرونته وقدرته على الحركة ولذلك فأن النقرة المضفوفة ذات التخت تعمل على تنظيم مرور الماء في الاوعية الخشبية والقصيبات وغيرها من الخلايا ولعله نوع من صمام الامان يعمل على مواجهة تغيرات الضغط المائي داخل الاوعية الخشبية والقصيبات.



<u>النقر المتشعبة او القنوية Ramiform or Branched pits</u>

تظهر هذه النقر عندما يزداد سمك الجدار الثانوي زيادة كبيرة فأن النقر تصبح عميقة وتتخذ شكل القنوات تصل ما بين تجويف الخلية وسطحها. وكثيرا ما تكون هذه القنوات متشعبة كما هو الحال في الخلايا الحجرية Stone cells **or** Brachysclereids الموجود في ثمار العرموط



Ramiform pit in *Pyrus* fruit

أقتران النقر Pit combinatoin

غالبا ما يقترن النقر الموجودة على جانب من الجدار بواحدة او اكثر من النقر المماثلة او المغايرة لها على الجانب الاخر ويطلق على النقرتين المقترنين معا مصطلح الزوج النقري Pit pair فيما يلي اهم التشكيلات الناتجة من اقتران النقرة

1- الزوج النقري البسيط Simple pit pair

وفيه يقترن نقرة بسيطة على جانب من الجدار بأخرى مماثلة على الجانب الاخر كتلك الموجودة في الخلايا البرنكيمية ذات الجدران الثانوية

2- الزوج النقري المضفوف Bordered pit pair

وفيه تقترن نقرة مضفوفة على جانب من الجدار بأخرى مماثلة على جانب الاخر ويلاحظ ذلك في جدران الفاصلة بين عنصرين ناقلين من عناصر الخشب

3- زوج نقري نصف مضفوف Half or semi Bordered pit pair

وفيه تقترن نقرة مضفوفة على جانب من الجدار بأخرى بسيطة على الجانب الاخر ويلاحظ ذلك في الجدران الفاصلة بين عنصر ناقل من عناصر الخشب (قصيبة او وعاء) وبين خلية برنكيمية حيث تكون النقرة المضفوفة على جانب القصيبة او الوعاء والنقرة البسيطة على جانب الخلية البرنكيمية

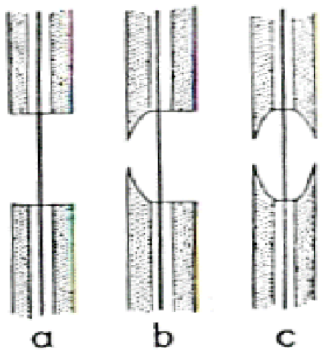
4- النقر مركب الجدار Unilaterally compound pitting

وفيه تقترن نقرة واحدة في جانب من الجدار بأكثر من نقرة في الجانب الاخر

5- النقرة العمياء Blind pit

وفيها تكون النقرة على جانب من الجدار غير مقترنة بأخرى في الجانب الاخر, كما في النقر التي تقابلها مسافة بينية او التي تتكون في الجدران الفاصلة بين القصيبات والالياف

Plant Anatomy



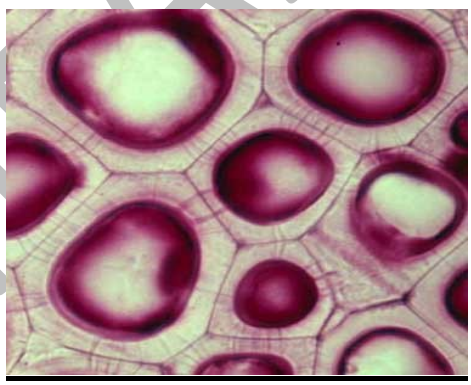
Simple pit pair half border pit pair borderd pit pair

الروابط البلازمية Plasmodesmata

اهم مايميز حقول النقر الابتدائية هو وجود تجمعات من خيوط سايتوبلازمية دقيقة تدعى الروابط البلازمية وظيفتها ربط المادة الحية بين الخلايا المتجاورة. وعندما يضاف الجدار الثانوي فوق الابتدائي تظهر التجمعات الرئيسية بهذه الروابط مارة عبر اغشية النقر .

وهي عبارة عن تراكيب سايتوبلازمية خيطية رفيعة جداً موجودة في جميع الخلايا النباتية وتقوم بربط سايتوبلازم الخلايا المتجاورة مع بعضها البعض وتحتل الروابط البلازمية مساحات شاسعة من الغشاء البلازمي ويبلغ قطر الروابط البلازمية النموذجية حوالي 60 نانوميتر وعددها حوالي 280 لكل مايكروميتر مربع من سطح الغشاء البلازمي وتشكل الخلايا النباتية المتصلة مع بعضها البعض عن طريق الروابط البلازمية نظاماً مستقلاً يسمى Symplast

عندما يكون الجدار الابتدائي سميك ومتجانس تشاهد الروابط البلازمية منتشرة على طول الجدار وغير مقتصرة على حقول النقر. وجدت هذه الروابط في النباتات الراقية كما وجدت في كثير من النباتات الواطئة بما في ذلك السرخسيات والحزازيات والطحالب الحمر كما ثبت وجود هذه الروابط في جميع الخلايا الحية فقد لوحظت في الخلايا المرستيمية وفي الانسجة الدائمية .



***Diospyros* endosperm**

هناك عدة ادلة على ان هذه التراكيب حقيقية حية ذات طبيعة بروتوبلازمية منها:-

1. وجودها في جدران الخلايا الحية فقط وعدم وجودها في الخلايا الميتة.
2. تتشابه هذه التراكيب مع بقية السايتوبلازم من حيث ميلها للاصطباغ بالصبغات الخاصة بالسايتوبلازم.
3. تعطي تفاعلات موجبة مع انزيمات اكسدة Oxidases كما يفعل السايتوبلازم.
4. عند تبلزم الخلية يبتعد السايتوبلازم عن الجدار الا في مناطق معينة من الجدار يبقى فيها السايتوبلازم مرتبطا به وتمثل هذه المناطق موضع مرور الروابط البلازمية ولو تركت الخلايا في محلول عالي الاسموزية حتى تتقطع هذه الخيوط تحصل بلزمة دائمة

Plant Anatomy

Permanent Plasmolysis ويتعذر عندها اعادة الخلية الى حالتها الطبيعية . اما لو بقيت هذه الخيوط سليمة فعندئذ يمكن ان تعود الخلية اذا وضعت في الماء النقي وفي هذه الحالة تكون البلزمة مؤقتة Temporary plasmolysis

المسافات البينية Intercellular spaces

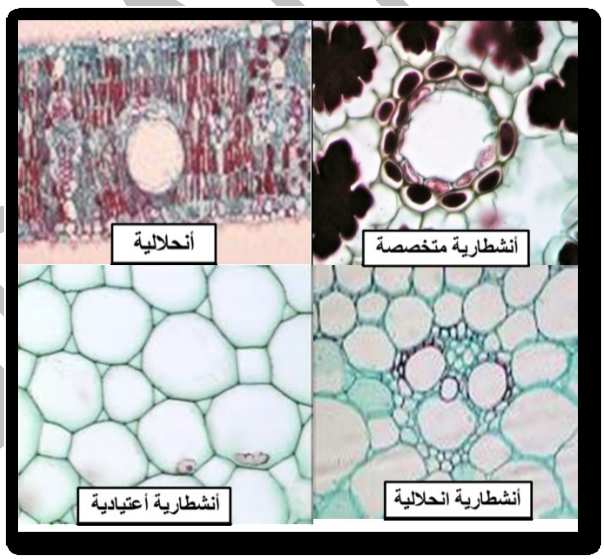
توجد عادة بين خلايا الانسجة الناضجة وقد توجد ايضا بشكل دقيق بين خلايا النسيج المرستيمي واعتمادا على طريقة التكوين يمكن تصنيفها الى مايلي :-

1. مسافات بينية انشطارية اعتيادية Ordinary Schizogenous intercellular space
يتكون هذا النوع بين الخلايا في المراحل الاخيرة من الانقسام الطور النهائي Telophase وقد سميت بالانشطارية لان الصفيحة الوسطى تبدو وكأنها انشطرت قسمين لتحصر بينها الفسحة .

2. المسافة البينية الانشطارية المتخصصة Specialized Schizogenous
قد تتسع المسافة البينية في حالة تكوينها مسافة مماثلة في خلية مجاورة واندماجها معها فتتسع الفسحة وبهذه الطريقة تتكون قنوات تمتد داخل اجسام بعض النباتات وفي حالة تخصص الخلايا المبطنة للقناة لافراز مادة معينة كالراتنج مثلا يطلق علىها المسافة البينية الانشطارية المتخصصة Specialized Schizogenous .

3. الانقراضية او الانحلالية Lysigenous Intercellular space
هذا النوع من المسافات يتكون بأندثار او انقراض بعض الخلايا وتترك فسحة مكانها وفي حالة كون الخلايا فارزة يتجمع الافراز في الفسحة كما هو الحال في تجمع الزيت في اوراق نبات اليوكاليتوس

4. الانشطارية الانقراضية Schizoge _ Lysigenous Intercellular Space
وقد تتكون المسافات البينية بطريقة الانشطار اولا ثم تتسع تلك الفسح بأندثار الخلايا المجاورة كما هو الحال في فجوة الخشب الاول التي تشاهد في الحزم الساقية لنبات الذرة.



Plant Anatomy

الانسجة Tissues

وهي عبارة عن مجموعة من الخلايا مقترنة مع بعضها لاداء وظيفة معينة او اكثر وقد تكون الكائنات وحيدة الخلية حيوانية او نباتية Unicellular حيث يتكون الكائن من خلية واحدة او متعددة الخلايا Multicellular ويكون جسم الكائن مؤلف من عدة خلايا قد يصل احيانا الى ملايين بل بلايين من الخلايا . تصنف الانسجة بأشكال عدة حيث يعتبر تصنيف Sach أقدم تصنيف للانسجة واعتمد على الصفات المظهرية والشكلية .

في الوقت الحاضر تصنف الانسجة تبعا لقابليتها على الانقسام حيث تقسم الى

1. الانسجة المرستيمية Meristematic tissues
2. الانسجة الدائمية Permanent tissues

المرستيمات وعملية التمايز Meristems and differentiation

المرستيمات عبارة عن خلايا لها القدرة على الانقسام بصورة فعالة حيث انها مازالت لم تتكشف او تتشكل بعد التقوم بوظيفة معينة . تتميز الخلايا المرستيمية بالصفات التالية :-

1. خلايا قابلة على الانقسام
2. خلايا صغيرة الحجم رقيقة الجدران
3. المحتويات الحية كثيفة والفجوات قليلة وصغيرة منتشرة في السايتوبلازم
4. ذات نواة كبيرة نسبيا
5. البلاستيدات بحالة بدائية Proplastids وعناصر الشبكة الاندوبلازمية قليلة
6. خلايا متراصة لاتوجد فيها مسافات بينية وان وجدت فتكون غاية في الضيق
7. تكون الخلايا متماثلة الابعاد Isodiametirc مربعة او مضلعة او مستديرة
8. المحتويات الايضية Ergastic substance من نشا وبلورات تكون معدومة

عندما تنقسم الخلية المرستيمية تعطي نوعان من الخلايا الاولى تسمى الخلية المولدة او الانشائية Initial cells تبقى بحالة مرستيمية بشكل دائمي والثانية سميت بالمشتقة Derivative cell وهي خلايا تمر بتغيرات تحولها الى عنصر ناضج تشمل هذه التغيرات النواحي الكيميائية والشكلية والمورفولوجية والوظيفية وتعرف العملية بعملية التمايز **Differentiation** وتعني عملية التمايز مجمل التغيرات الكيميائية والفيزيائية التي تحصل في الكائن الحي او في عضو من الاعضاء بحيث يتحول هذا التركيب من حالة اقل وضوحا الى حال اكثر وضوحا وتخصصا ، اي حالة اكتساب الصفات وتحدث عادة على مشتقات الخلايا المرستيمية فتجعلها تختلف عن الاصل المرستيمي الذي نشأت منه وعن خلايا تمايزت بشكل اخر .

من الملاحظ ان جسم النبات البالغ يشمل على مجاميع مختلفة من الخلايا والانسجة تختلف مظهريا ووظيفيا حسب الموقع لذلك فأن عملية التمايز لا تجري بشكل واحد على جميع الخلايا حيث تتمايز جزئيا وتبقى الخلية محتفظة بمحتوياتها الحية ولها قدرة كامنة على الانقسام بينما خلايا اخرى كعناصر الانابيب المنخلية في اللحاء تتمايز بشكل اعقد وتتحول كليا وتفقد علاقتها بالاصل الجنيني ومعها القدرة على الانقسام.

تستطيع الخلايا المتمايزة جزئيا ان تفقد الصفات التي اكتسبتها وتعود الى الحالة المرستيمية تحت ظروف معينة وتسمى هذه العملية **فقدان التمايز Dedifferentiation وهي عملية فقدان الصفات المكتسبة والرجوع الى الحالة المرستيمية** والامثلة كثيرة في جسم النبات على كحالة نشوء الكامبيوم الفليني والكامبيوم الوعائي ما بين الحزم ونشوء البراعم العرضية .

هناك بعض الحالات **التي تتحول فيها الخلايا المتخصصة الى اعقد مما كانت عليه وتدعى العملية Redifferentiation أي اعادة عملية التمايز مثال ذلك تحول بعض الخلايا الحشوية الى خلايا صلبة او تسمى ايضا سكلريدات بعملية التصلب Sclerification التي هي في الحقيقة عملية اعادة تمايز .**

تصنيف المرستيمات Classification of Meristemes

تقسم الانسجة المرستيمية بطرق مختلفة حسب اساس التقسيم وعلى ذلك فيمكن تقسيميها بالطرق الاتية :-

Plant Anatomy

أ. على اساس موقعها في جسم النبات Position in plant body
ب. حسب المنشأ Origin
ت. حسب الوظيفة Function

تقسيم الانسجة المرستيمية حسب موقعها في الجسم النباتي الى:

1. أنسجة مرستيمية قمية Apical meristems

وهي مرستيمات ابتدائية توجد في قمم السيقان والجذور واحيانا في قمم الاوراق ويطلق عليها القمم النامية Growing points ، تنقسم خلاياها بمستويات مختلفة وتتكون من عدد قليل من الخلايا الانشائية في النباتات الواطئة اما في النباتات الراقية فتتكون من عدد كبير من الخلايا الانشائية قد تنتظم في صف او اكثر، يؤدي نشاط هذه المرستيمات الى الزيادة الطولية في العضو النباتي.

2. مرستيمات جانبية Lateral Meristems

وهي مرستيمات توجد في مواقع جانبية في محور العضو النباتي الذي توجد فيه وهي مرستيمات ثانوية مثال ذلك الكامبيوم الوعائي Vascular cambium والكامبيوم الفليني Cork cambium وتنقسم خلاياه بصورة رئيسية بمستويات موازية للسطح القريب منها وينشأ عن نشاطها الزيادة القطرية والزيادة في سمك العضو النباتي.

3. المرستيمات البينية Intercalary Meristems

عبارة عن مرستيمات ابتدائية توجد بين انسجة بالغة مستديمة وبعيدا عن القمة النامية كتلك التي توجد في قواعد الاوراق او فوق العقد في سيقان نباتات ذوات الفلقة الواحدة او قواعد السلاميات كما في نباتات الحشائش ويعتبر عمل هذه المرستيمات متمم لعمل المرستيمات القمية حيث انها تساهم في اعطاء الطول النهائي للسلاميات وكذلك تعطي الحجم والشكل النهائي لكثير من التراكيب النباتية كالاوراق والازهار والثمار.

تقسيم الانسجة المرستيمية تبعا لمنشأها:

1. **مرستيم اولي او بدائي Promeristem or Primordial**
يمثل هذا المرستيم منطقة مرستيمية ضيقة جنينية الاصل تشمل مساحة صغيرة في اقصى القمة خلاياها في الاطوار الجنينية تنقسم باستمرار وتتمايز مشتقاتها الى مرستيمات ابتدائية، تتصف خلايا هذه المنطقة بالصفات العامة للانسجة المرستيمية.
2. **مرستيمات ابتدائية Primary meristems**
تمثل هذه المرستيمات المشتقات المباشرة لخلايا المرستيم الاول وتقع عادة تحتها، تقسم خلاياها وتتمايز مشتقاتها الى انسجة دائمية ابتدائية Primary permanent tissues التي تبني جسم النبات الابتدائي.
3. **مرستيمات ثانوية Secondary meristems**
ينشأ عن نشاطها انسجة دائمية ثانوية والتي تقوم ببناء الاجزاء الثانوية في جسم النبات وتنشأ المرستيمات الثانوية من خلايا مستديمة يعاودها النشاط والقدرة على الانقسام في عملية فقدان التمايز Dedifferentiation كالكامبيوم الفليني وكذلك الكامبيوم الوعائي مابين الحزم .

تقسيم الانسجة المرستيمية حسب الوظيفة التي تقوم بها الى:

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

1. **Protoderm:** give the epidermis tissue as permanent tissue.
2. **Ground meristem**: give the cortex, pith, and pith ray.
3. **Procambium**: give the primary xylem, primary phloem and vascular cambium.

Plant Anatomy

المرستيم القمي في الساق Shoot Apex

نشأت فكرة المرستيم القمي للساق لاول مرة عندما قدمها ولف Wolff عام 1759 ووصف هذه المنطقة بأنها عبارة عن منطقة غير متكشفة Undeveloped region واقعة في قمة الساق ينشأ منها فيما بعد جميع الانسجة والاعضاء النباتية المحولة على الساق . وهناك عدة نظريات متعلقة بالمرستيم القمي تتبنى توضيح ووصف القمم النامية للساق الا انه لا يمكن تطبيق اي من هذه النظريات على جميع النباتات وجميع المجاميع النباتية بل تطبق كل منها على مجاميع محدودة ونباتات معينة في المملكة النباتية دون نباتات اخرى .

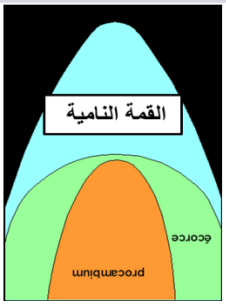
المرستيم القمي في الجذر Root Apex

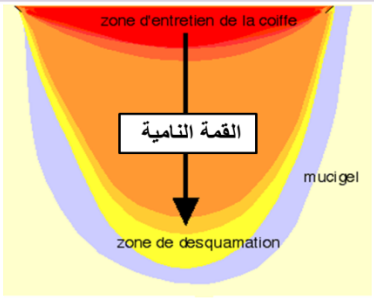
يشبه المرستيم القمي في الجذر المرستيم القمي في الساق في انه يظهر في طرز نمو مختلفة وليس هناك طراز معين ينطبق على القمة النامية لجميع النباتات.

يختلف المرستيم القمي في الجذر عنه في الساق في :-

الفرق بين المرستيم القمي في الساق والمرستيم القمي في الجذر:

المرستيم القمي في الساق	المرستيم القمي في الجذر
ينتج انسجة الى الداخل فقط	ينتج انسجة الى الداخل والى الخارج
موقع المرستيم القمي في الساق نهائي في اعلى قمة الساق	موقع المرستيم القمي تحت نهائي اي تحت القلنسوة
يكون اعضاء جانبية كالفروع والاوراق والتي تكون بدايتها عند القمة النامية في الساق	تفرعات الجذر تكون بعيدة عن منطقة النمو وتكون داخلية المنشأ حيث تنشأ من الدائرة المحيطة





المرستيمات الجانبية Lateral Meristem وتشمل

1- Vascular cambium الكامبيوم الوعائي
2- Cork cambium الكامبيوم الفليني

الكامبيوم الوعائي Vascular cambium

وهو مرستيم جانبي يقع بين نسيجي الخشب واللحاء ويؤدي نشاطه الى الزيادة القطرية في سيقان وجذور النباتات التي تتميز بحصول النمو الثانوي فيها وهي نباتات ذوات الفلقتين من مغطاة وعاريات البذور حيث يظهر هذا المرستيم على شكل اشرطة منفصلة او على هيئة اسطوانة جوفاء في العديد من النباتات العشبية من مغطاة البذور.

قد يكون الكامبيوم الوعائي اثريا او غير موجود في بعض النباتات من ذوات الفلقة الواحدة ولذلك تقوم الانسجة الوعائية الابتدائية بوظيفتها خلال فترة النمو الابتدائي وفي هذه النباتات تتميز جميع خلايا الكامبيوم الاولي Procambium الى انسجة مستديمة من الخشب واللحاء ولا يتبقى بينهما كامبيوم كما لا يحدث فيها تغلظ ثانوي وتعيش هذه النباتات لموسم واحد وهذا يحدث في ذوات الفلقة الواحدة حيث تمييز جميع خلايا الكامبيوم الاولي الى خلايا مستديمة Permanent tissues .

Plant.my

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

يكون الكامبيوم الوعائي بشكل نسيجين النسيج الاول يقع بين الخشب واللحاء يسمى الكامبيوم الحزمي Fascicular cambium والذي يقع داخل الحزمة الوعائية الاصلية وظيفته انتاج لحاء الى الخارج وخشب الى الداخل طيلة فترة حياة النبات ، النسيج الاخر هو ما تبقى من اشرطة الكامبيوم الوعائي Vascular cambium تكون منفصلة عن بعضها بواسطة برنكيما النسيج الاساس وتتكون بواسطة انقسام الخلايا البرنكيمية الواقعة بين الحزم الوعائية بطريقة فقدان التميز dedifferentiation وتتحول الى خلايا مرستيمية ويطلق على هذا الجزء من الكامبيوم مصطلح الكامبيوم ما بين الحزم Inter fascicular cambium وظيفته ربط حزمة وعائية مع حزمة وعائية اخرى.

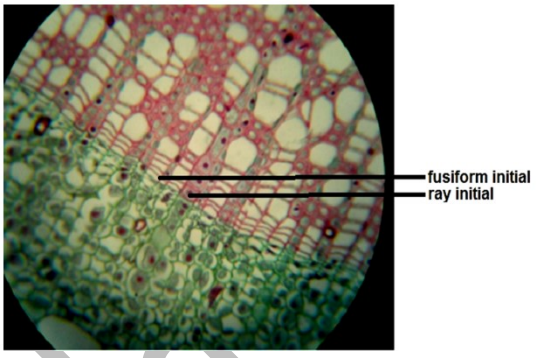
انواع خلايا الكمبيوم

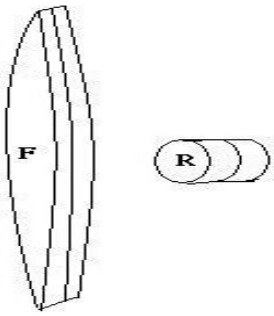
يتكون الكامبيوم عادة من نوعين من الخلايا :

1- خلايا كمبيومية ذات اصول مغزلية Fusiform Initials وهي خلايا مستطيلة ذات اطراف مدببة وقد تصل في طولها في بعض الجذوع المسنة الى 8 ملم وينشأ منها العناصر الطويلة رأسيا مثل الالياف والقصيبات والاوعية وبعض خلايا برنكيما الخشب واللحاء وهي الخلايا التي يطلق عليها مجتمعة النظام المحوري او العمودي Axial or Vertical system في الخشب واللحاء الثانويين.

2- خلايا كمبيومية ذات اصول شعاعية Ray Initials وهي خلايا صغيرة متساوية الابعاد تقريبا وينشأ عنها خلايا الاشعة البارنكيمية والتي تكون عادة ممتدة افقيا او عرضيا ويطلق عليها مصطلح النظام الشعاعي او الافقي Radial or Horizontal system في الخشب واللحاء الثانويين.

***Pinus* old stem T.S. , fusiform and ray initial**





صفات خلايا الكامبيوم:

1. ذات جدران ابتدائية.
2. تظهر فيها حقول النقر الابتدائية.
3. تخترقها الروابط البلازمية.
4. تكون جدرانها القطرية عادة اسمك من جدرانها المماسية وذلك لتوالي الانقسامات الموازية للسطح والتي تؤدي الى رقة الجدران المماسية .
5. الخلايا تكون وحيدة النواة ويكون حجم النواة في الاصول المغزلية اكبر منه في الاصول الشعاعية.
6. تحتوي على فجوة واحدة كبيرة تمتد خلالها خيوط بروتوبلازمية متشابكة اوعلى فجوات صغيرة مستقلة عن بعضها .

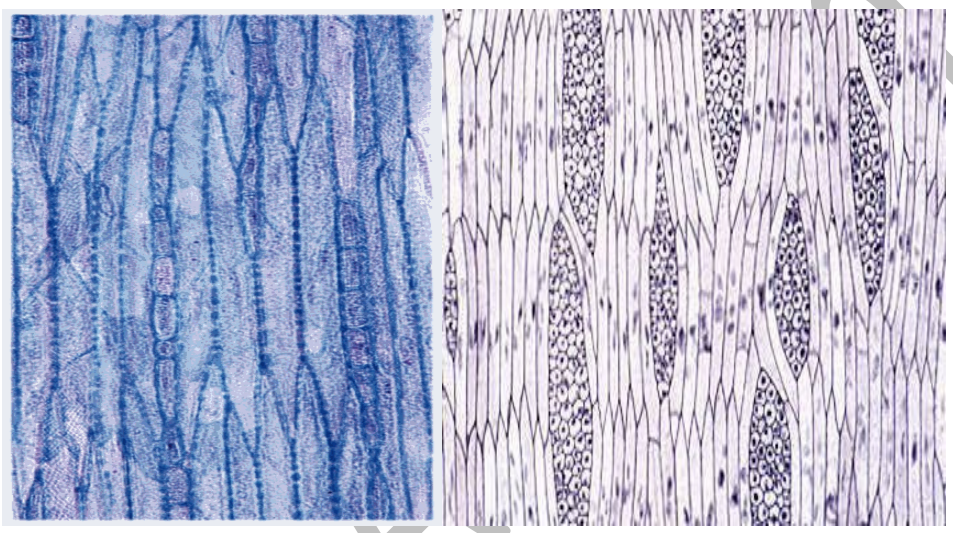
Plant anatomy

ترتيب الخلايا المغزلية في المقطع المماسي

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

1- كامبيوم منضد (مصفف) Storied or stratified cambium وفيه تنتظم خلايا الكمبيوم المغزلية في صفوف افقية بحيث تكاد تصبح اطرافها في مستوى واحد كما هي الحال في نبات العبل *Tamarix* وتكون الخلايا المغزلية في هذه الحالة من النوع القصير .

2- كامبيوم غير منضد (غير مصفف) Non storied or non-stratified وفي هذه الحالة تتراكب الخلايا المغزلية جزئيا ولا تنتظم في صفوف افقية وتكون الخلايا في الكامبيوم غير المنضد عادة اطول من خلايا الكامبيوم المنضد واكثرها شيوعا بين النباتات ومما تجدر الاشارة اليه ان الكامبيوم المنضد يعتبر ارقى تطوريا من النوع غير المنضد كما ان الاصول القصيرة للكامبيوم هي الاخرى ارقى تطوريا من الاصول الطويلة.



كمبيوم غير منضد **كمبيوم منضد**

النشاط الموسمي للكامبيوم :Seasonal activity

يستمر نشاط الكامبيوم في بعض النباتات طوال فترة حياة النبات اي ان خلايا الكمبيوم تظل تمارس انقسامها بصورة مستمرة وتتميز الخلايا الناتجة عن هذا الانقسام تدريجيا لتكوين عناصر الخشب واللحاء الثانويين وغيرها من الانسجة . يحدث هذا على سبيل المثال في بعض النباتات التي تعيش في المناطق المعتدلة الدافئة Warm temperate zone اما في المناطق التي يتميز مناخها بتعاقب موسمي واضح فيكون النشاط الكمبيومي على اشده في فصل الربيع ثم يتناقص تدريجيا خلال فصل الصيف بينما يتوقف تماما خلال فصلي الخريف والشتاء .

ينشط الكامبيوم في فصل الربيع مع تفتح البراعم ويكون ذلك في المنطقة الواقعة تحت اول برعم متفتح بسبب انتقال مواد ذات طبيعة هرمونية حيث تتكون في الاوراق الصغيرة للبراعم المتفتحة وتنتقل منها لتحفز خلايا الكامبيوم في المنطقة القريبة على الانقسام .

وقد وجد ان استمرار تعريض النباتات للضوء يؤدي الى استمرار نشاط الكامبيوم الوعائي في هذه النباتات بسبب الهرمونات المتكونة في الاوراق المعرضة للضوء ، كما وجد ايضا ان هرمونات الجروح التي تتكون في الخلايا المتضررة ميكانيكيا يتأثر به نشاط الكامبيوم في المناطق القريبة منها . لذلك يمكن القول بصورة عامة ان نشاط الكامبيوم الوعائي يرتبط بالدرجة الاساس بالهرمونات اضافة الى عوامل اخرى منها داخلية ومنها وراثية كعمر النبات مثلا فقد اظهرت الدراسات ان نشاط الكامبيوم الوعائي في شجرة نبات الصنوبر مقدرا بالاضافة الثانوية يكون شديدا في السنوات الاولى من عمر النبات بدليل تكوين طبقات سنوية واسعة ويتناقص هذا النشاط تدريجيا بتقدم النبتة بالعمر.

Plant Anatomy

الكامبيوم الفليني Cork cambium

يعتبر الكامبيوم الفليني مرستيما ثانويا Secondary meristem اذ انه يتكون نتيجة تحول خلايا مستديمة خلال عملية فقدان التمايز Dedifferentiation كما انه يمثل مرستيما جانبيا Lateral meristem لانه يقع موازيا لسطح الساق او الجذر كما يوصف الكامبيوم الفليني بكونه خارجي المنشأ Exogenous في الساق وداخلي المنشأ Endogenous في الجذر.

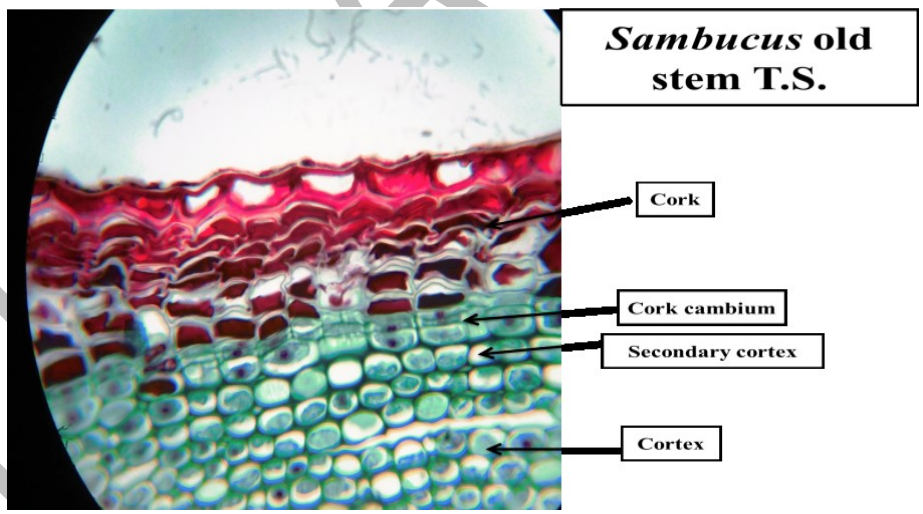
فقد ينشأ اول كامبيوم فليني في الساق من المناطق الخارجية من القشرة كما هو الحال في معظم النباتات او ان ينشأ من البشرة ذاتها وعلى الرغم من ان اول كمبيوم فليني يكون خارجي المنشأ في سيقان معظم النباتات المعمرة الا انه يتكون فيما بعد كمبيوم فليني بين فترة واخرى في مناطق اعمق فاعمق حتى يصل الى منطقة اللحاء الثانوي بل وحتى في منطقة الخشب لذا يعتبر طبقي التكوين . اما في الجذر فأن نشوء اول كمبيوم فليني يكون عادة داخليا حيث يتم نشوءه في جذور معظم النباتات المعمرة من البريسيكل او الدائرة المحيطة Pericycle .

وبانقسام خلايا الكمبيوم الفليني بجدران محيطية تتكون خلايا فلينية نحو الخارج وقشرة ثانوية نحو الداخل مكونا نسيجا وقائيا يعرف بالادمة المحيطية Periderm لتحل محل البشرة في الاعضاء التي تعاني تغلظا ثانويا كسيقان وجذور عاريات البذور Gymnosperm وذوات الفلقتين الخشبية Woody Dicotyledon .

ومما تجدر الاشارة اليه ان الانقسامات المؤدية الى تكوين الفلين عادة اكثر بكثير من تلك التي تؤدي الى تكوين القشرة الثانوية فقد تصل عدد طبقات القشرة الثانوية الى ثلاث طبقات في السنة وفي بعض النباتات لا تكون اطلاقا. وتكون طبقة الادمة المحيطية في الجذور رقيقة نظرا لظروف التربة التي تؤدي الى تفسخ وانسلاخ في الطبقات الخارجية من الفلين .

تتميزالبشرة المحيطية Periderm عادة الى ثلاث طبقات هي من الخارج الى الداخل

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



Plant Anatomy

الفلين Cork or Phellem

نسيج مستديم بسيطا مكون من خلايا متراصة خاليا من المسافات البينية وذات جدران ثانوية مسوبرة Suberized خالية من النقر عادة وتموت خلايا الفلين بعد النضج وتكمن الوظيفة الوقائية لطبقة البريدرم في وجود الفلين .

ترجع الوظيفة الوقائية للفلين الى :-

1- وجود مادة السوبرين الدهنية في جدرانها مما يجعلها غير منفذة للهواء والسوائل
2- جدران خلايا الفلين متراصة لا تحتوي مسافات بينية
3- احتواء خلايا الفلين على هواء تستطيع بواسطته ان تكون طبقة عازلة تقي النبات ولا سيما الانسجة الداخلية من الحرارة والبرودة الزائدة
4- تحتفظ خلايا الفلين بداخلها ببعض المواد الواقية كالمواد الدباغية والتي لها القدرة على مقاومة الطفيليات عند غرزها لأنسجة النبات

القشرة الثانوية Phelloderm or Secondary cortex

وهي خلايا برنكيمية حية تحتفظ بجميع محتوياتها البروتوبلازمية ومحاطة بجدار ابتدائي مؤلف من مادة السيليلوز لا تختلف طبقة الفلودرم من حيث تركيبها عن طبقة القشرة التي تليها من الداخل الا في انتظام خلاياها في صفوف قطرية ومستمرة في انتظامها بصفوف شعاعية مع خلايا الكمبيوم الفليني وخلايا الفلين الواقعة خارجه

القلف Rhytidome or Bark

عندما يتكون نسيج الفلين في الساق او الجذر المعمر تحرم الانسجة الخارجية من الماء والغذاء وتجف وتموت ومع استمرار زيادة الساق في السمك لا تستطيع هذه الانسجة الميتة مسايرة هذه الزيادة فتنفصل وتسقط وتسمى هذه الانسجة بالقلف Rhytidome or Bark والقلف بمعناه العلمي الدقيق جميع الانسجة الميتة الواقعة خارج الكامبيوم الفليني الفعال والتي تتكون من طبقات متبادلة من الفلين.

يكون القلف على نوعين حسب الطريقة التي يتكون بها

1- القلف الحلقي Ring Bark

يتبع شكل القلف المتساقط طريقة تكوين الكامبيوم الفليني فإذا كان تكوينها على هيئة طبقات اسطوانية تساقط القلف بشكل حلقات كاملة تعرف باسم القلف الحلقي مثال قلف شجرة الثامول *Betula* والعنب *Vitis*

2- القلف الحرشفي Scaly Bark

إذا كان تكوينها نتيجة صفائح كمبيومية متجاورة ومتراكبة فأن القلف في هذه الحالة وهي الاكثر شيوعا يتساقط على هيئة قشور او حراشف ويسمى القلف الحرشفي ومن امثلة قلف شجرة الصنوبر *Pinus* والبلوط *Quercus* والكامور *Eucalyptus*

الفلين التجاري Commercial cork

يعتبر البلوط الفليني المصدر الرئيسي للفلين التجاري وفي هذه الاشجار ينشأ اول كامبيوم فليني من البشرة وهذا الكامبيوم يستطيع ان يستمر في نشاطه مدى الحياة لكن الفلين الناتج لا يصلح استغلاله تجاريا ولذلك فأن الفلين المتكون حتى سن العشرين والذي يسمى الفلين البكر Virgin cork ينزع من الاشجار ولا يعتبر ذا قيمة تجارية وينشأ الكامبيوم الفليني بعد ذلك من القشرة وهذه الطبقة الجديدة تقوم بتكوين فلين جيد النوع ينزع على فترات تتراوح ما بين 8-12 عاما ويمكن استغلال الشجرة الواحدة لمدة 150 عاما او اكثر وتعزى قيمة الفلين التجارية الى عدم نفاذيته وخفته وقابليته للضغط والانثناء .

العديسات lenticels

تتكون العديسات عادة مع تكوين البشرة المحيطية Periderm لكي تحل محل الثغور وتقوم بوظائفها إذ أن وجود طبقة الفلين المحيطة بالساق والجذور تمنع تبادل الغازات بين الهواء الجوي والانسجة الداخلية ولما كان هذا التبادل اساسا بالنسبة للكثير من الوظائف

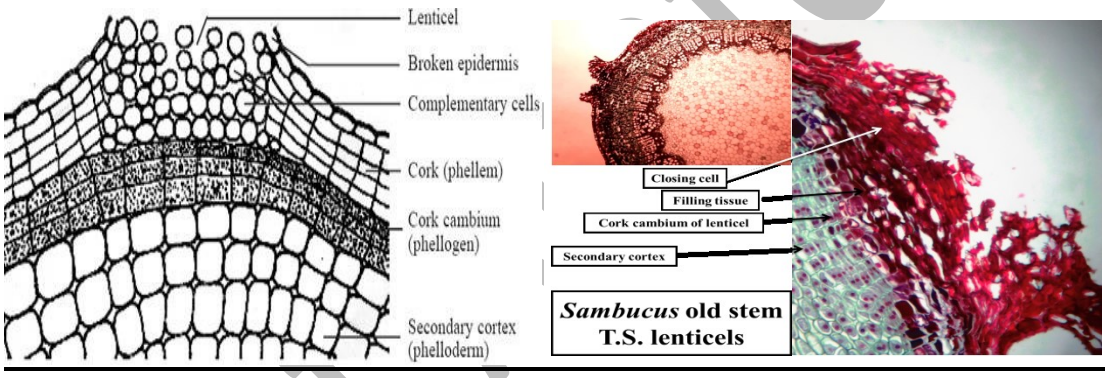
Plant Anatomy

الحيوية لذلك كان لابد من وجود منافذ كالعديسات تخترق طبقة الفلين وتسمح بالتبادل الغازي . يختلف حجم العديسة بين تلك التي لا ترى بالعين المجردة والكبيرة التي قد تصل الى 1 سم او اكثر في الطول.

تبدأ العديسات في الظهور تحت الثغور غالبا وذلك قبل تكوين البشرة المحيطية مباشرة إذ تنشط الخلايا التي تحت الثغر وتتحول الى خلايا مرستيمية تنقسم في جميع الاتجاهات لتكون كتلة من الخلايا يظهر في الجزء الداخلي منها شريط من الكامبيوم الفليني Phellogen تنقسم خلاياه انقسامات محيطية لتعطي للخارج نسيجا مفككا يسمى Complementary tissue وتكون خلاياه حية رقيقة الجدران غير مسوبرة وغيرمتماسكة كما انها تحصر بينهما مسافات بينية واسعة لتسمح بتبادل الغازات بين الهواء الخارجي والانسجة الداخلية وباستمرار تكوين النسيج المفكك يحدث ضغط على طبقة البشرة في منطقة الثغر غالبا فيسبب تمزقها .

عند بدأ فصل الخمول يقوم الكامبيوم الفليني في العديسة بتكوين نسيج أخر الى جهة الخارج مكون من طبقة واحدة او طبقتين من خلايا مسوبرة متماسكة يغلق بها العديسة ويسمى النسيج المتكون النسيج الغالق Closing tissue وهذا النسيج يقوم بحفظ انسجة النبات الداخلية في فترة الخمول من النتح الشديد او تأثير العوامل الخارجية وعند بدء فصل الربيع أي فصل النشاط تقوم انسجة الكامبيوم الفليني ثانية بتكوين نسيج مفكك من عدة طبقات وتكوين خلايا متراصة مع خلايا الكامبيوم الفليني في صفوف قطرية وبتوالي تكوينها تضغط على خلايا النسيج الغالق فتمزقه وتنفتح العديسة لتستأنف وظيفتها في السماح بتبادل الغازات .

بتعاقب فصول الخمول والنشاط تصبح العديسة مكونة من طبقات متعاقبة من نسيج مفكك ونسيج غالق متمزق وقد يصبح من الممكن بواسطة عد هذه الطبقات تكوين فكرة تقريبية عن عمر النبات . يلاحظ ان الكامبيوم الفليني الذي يكون العديسة ينشأ في بادئ الامر تحت الثغر اما بعد ان تتكون طبقة الادمة المحيطية وتتمزق البشرة فأن العديسة تظهر بعد ذلك في اي مكان اخر .



الانسجة الدائمية Permanent tissues

وهي انسجة مكونة من خلايا توقف فيها الانقسام الفعال واصبحت متميزة وتكيفت لأداء وظائف معينة اخرى غير الانقسام مثل البرنكميا للخزن والخشب للنقل وكذلك اللحاء .

تختلف درجة تمايز الانسجة المستديمة كما يلي

1- قد يبقى النسيج حيا بعد النضج فتحتفظ خلاياه بمعظم مكوناتها البروتوبلازمية بما في ذلك النواة والسايتوبلازم وفي هذه الانسجة تبقى الخلايا قريبة من الخلايا المرستيمية وغالبا ماتبقى محتفظة بقدرتها على الانقسام بصورة كامنة كما في خلايا النسيج البرنكيمي والكولنكيمي وخلايا القشرة. كما يعاني هذا النوع من الانسجة من ظاهرة فقدان التمايز Dedifferentiation فتتحول الى خلايا مرستيمية مرة اخرى كما يحدث في تكوين الكامبيوم بين الحزم والكامبيوم الفليني.
2- قد تنحل النواة خلال عملية التمايز بينما يبقى السايتوبلازم كما في وحدات الانابيب المنخلية لمغطاة البذور والخلايا المنخلية في هذه الحالة تفقد الخلايا قابليتها على الانقسام بصورة طبيعية.
3- قد تموت الخلايا بعد النضج وتصبح خالية من النواة والسايتوبلازم في هذه الحالة تبقى الخلية مكونة من جدار يحيط بتجويف Lumen خالي من البروتوبلاست كما في خلايا الالياف والفلين والقصيبات ويفقد هذا النوع من الخلايا قابليته على الانقسام.

الاسس المتبعة في تصنيف الانسجة الدائمية

1- التصنيف المعتمد على درجة التعقيد Classification based on complexity

A- Simple مثل Collenchyma و Parenchyma .

B- Complex مثل Phloem وXylem

2- التصنيف المعتمد على المنشأ Classification based on origin

A- Primary tissues وهي الانسجة التي تنشأ من مرستيمات ابتدائية كتلك التي تنشأ من البشرة الاولية والمرستيم الاساسي والكامبيوم الاولي.

B- Secondary tissues وهي الانسجة المستديمة التي تنشأ من المرستيمات الثانوية كالخشب الثانوي واللحاء الثانوي اللذان ينشأن من الكامبيوم الوعائي.

3- التصنيف المعتمد على الاستمرارية الطوبوغرافية

Classification based on topographic continuity

وهو التقسيم الذي عمل به Sachs عام 1975 حيث صنف الانسجة النباتية الى 3 أنظمة هي:

A- Dermal tissue system ويشمل جميع الانسجة التي تحيط بجسم النبات كالبشرة بالنسبة للأعضاء ذات النمو الابتدائي والبشرة المحيطة Periderm بالنسبة لمعظم الاعضاء التي تعاني تغلظا ثانويا كالسيقان والجذور المعمرة

B- Vascular tissue system ويشمل جميع انسجة الخشب واللحاء الموجود في جسم النبات سواء كان ذلك ابتدائيا ام ثانويا

C- Fundamental or Ground tissue system ويضم الانسجة المتبقية الواقعة بين النظامين النسيجيين السابقين وهو يشمل القشرة والنخاع والاشعة النخاعية في السيقان والجذور والنسيج الاساسي في سيقان ذوات الفلقة الواحدة والنسيج المتوسط في الاوراق ويمثل النسيج البرنكيمي اهم مكونات هذا النظام وكذلك الكولنكيمي والسكلرنكيمي.

4- التصنيف المعتمد على التشابه الفسيولوجي Classification based on physiologic similarity ويشمل :-

A- Dermal (or protective) tissue system ويضم نسيج البشرة خلال مرحلة النمو الابتدائي والبشرة المحيطية Periderm في الاعضاء المسنة.

B- Supporting (or mechanical) tissue system ويضم جميع الانسجة ذات الوظيفة الميكانيكية التي تكسب النبات متانة وقوة ويشمل النسيج السكلرنكيمي والكولنكيمي وبموجب هذا النوع من التقسيم فأن النسيج الكولنكيمي والسكرنكيمي قد عوملا كنسيج واحد اطلق عليه مصطلح Stereome وذلك بناء على التشابه الفسلجي بينهما على الرغم من الاختلافات الكبيرة الموجودة بين النسيجين.

C- Conducting (or vascular) tissues system ويضم جميع أنسجة الخشب واللحاء الموجودة في جسم النبات سواء في مرحلة النمو الابتدائي او الثانوي.

D- Photosynthetic tissue system ويضم جميع الانسجة التي تمارس عملية التركيب الضوئي ويشمل الانسجة الحاوية على مادة الكلوروفيل الموجودة في الاجزاء النباتية المعرضة للضوء.

E- Secretory and Excretory tissue system ويضم جميع الانسجة والخلايا والتراكيب التي تلعب دورا في عملية الافراز او الاخراج في النباتات او في نقل مثل هذه المواد ضمن الجسم النباتي او خارجه.

مما تقدم يتبين ان تصنيف الانسجة يختلف تبعا للأسس المعتمدة كأساس في عملية التصنيف وسنعتمد في دراستنا النظام الثالث نظام Sach اي حسب الطبيعة الطوبوغرافية.

الانسجة الضامة Dermal tissue

البشرة Epidermis وهي الطبقة الخارجية التي تغلف جسم النباتات الابتدائي بما في ذلك الجذر والساق والاوراق والثمار . ونظرا لوجود بعض الفوارق التركيبية والفسيولوجية والنشوئية بين بشرة الجذر من جهة وبشرة الساق فقد استعمل مصطلح Rhizodermis أو Epiblem للدلالة على بشرة الجذر.

خلايا البشرة حية واضحة النواة وذات سايتوبلازم رقيق وفجوات واسعة مملؤة بالعصير الخلوي. يحيط بخلايا البشرة جدران ابتدائية تحتوي حقول النقر الابتدائية Primary pit field وتكون خالية من المسافات البينية مما يعيق مرور بخار الماء والغازات من خلالها الا عن طريق الثغور .

Plant Anatomy

أهم وظائف نسيج البشرة

1- الوقاية Protection

وتشمل الوقاية من الاضرار الميكانيكية التي يتعرض لها النباتات في محيطه الخارجي بفعل الرياح والامطار او الرمال او غيرها . والوقاية ضد الحشرات والآفات الاخرى . اضافة الى حفظ الانسجة الداخلية للنباتات من فقد الماء المفرط، وتقوم بعض الزوائد الناشئة من البشرة بدور هام في مهمة الوقاية كما ان الافرازات التي تكونها بعض خلايا البشرة في نباتات معينة تقوم هي الاخرى بدور الوقاية نظرا لتراكيب موادها المفرزة او راحتها التي تخافها الحيوانات

2- تنظيم عملية تبادل الغازات Exchange of Gases
تقوم الثغور الموجودة في البشرة بتنظيم تبادل الغازات بين الانسجة الداخلية للنبات والمحيط الخارجي في عملية التنفس والتركيب الضوئي . هذا بالإضافة الى تنظيم خروج الماء من النبات على هيئة بخار في عملية النتح Transpiration .
3- تقوم البشرة في الجذور بوظيفة الامتصاص Absorption
حيث يتم عن طريق خلايا البشرة امتصاص الماء والاملاح المذابة في التربة او المحيط المائي الذي تتواجد فيه الجذور وتلعب الشعيرات الجذرية دورا اساسيا في هذا الصدد .
4- تقوم بعملية **البناء الضوئي photosynthesis** لاحتوائها على البلاستيدات الخضراء.
5- تعاني خلايا البشرة **عملية فقدان التمايز Dedifferentiation** وتتحول الى خلايا مرستيمية هي الكامبيوم الفليني .

منشأ نسيج البشرة

يختلف نشوء البشرة باختلاف المجاميع النباتية ففي **النباتات الوعائية الواطئة** حيث توجد في القمة النامية خلية انشائية مفردة او بضع خلايا انشائية منتظمة في طبقة واحدة لا يوجد هناك منشأ مستقل للبشرة بل تقوم خلية واحدة او بضع خلايا بتكوين جميع انسجة الجسم تسمى single apical cell.

في **عاريات البذور وبعض مغطاة البذور** فأن البشرة هناك يكون لها منشأ مستقل ويطلق عليه مصطلح البشرة الاولية Protoderm والتي ستكون البشرة فيما بعد .

انواع خلايا البشرة Epidermal cell Type

1- الخلايا الاعتيادية للبشرة Ordinary epidermal cells
تمثل الارضية التي توجد فيها بقية الانواع الاخرى من خلايا البشرة كما انها تعتبر اقل تخصصا من الانواع الاخرى تختلف اشكالها وحجومها وعلى العموم فأنها غالبا ما تميل الى الشكل متساوي الابعاد Isodiametric أو مستطيلة او متموجة . خلايا البشرة الاعتيادية تكون خالية من البلاستيدات الخضراء ماعدا في نباتات الظل وفي النباتات المائية والتريدية . وتكون خالية من المسافات البينية وتكون جدرانها الخارجية مغطاة بالأدمة في الاجزاء الهوائية .

2- الخلايا الحارسة Guard cell
وتوجد على هيئة زوجين عادة توجد ضمن المعقد الثغري والذي يتكون عادة من زوج من الخلايا الحارسة وكل زوج من هذه الخلايا يحيط بفتحة الثغر وخلايا البشرة الاعتيادية ويطلق حينئذ على الفتحة والخليتين الحارستين اسم الثغر Stomata ، والخلايا الحارسة تعتبر خلايا متخصصة غالبا ما تبدو في المظهر السطحي كلوية الشكل Kidney shaped تقريبا وتتميز باحتوائها على بلاستيدات خضراء وهي خلايا حية ذات سايتوبلازم ونواة وبروتوبلاست وتكون الجدران الجانبية رقيقة اما الجدران الخارجية والداخلية فسميكة وهذا الاختلاف في سمك الجدران يلعب دورا هاما في قيام الخلايا الحارسة بمهمتها الرئيسية وهي فتح وغلق الثغور اضافة الى الضغط الازموزي للخلايا الحارسة حيث عندما تكون الخلايا الحارسة ممتلئة Turgid تنفتح الثغور اما اذا كانت في حالة انكماش Shrinkage نظرا لفقدها الماء فأن الجدران الجانبية الرقيقة تصبح في حالة ارتخاء فتلتقي عند الفتحة وينغلق الثغر، هناك عدة عوامل تفسر آليه فتح وغلق الثغور في بينها التغير في الضغط الازموزي نتيجة لعمليات تحول السكر الى نشاء وبالعكس ,الرقم الهيدروجيني PH والضوء وغيرها من العوامل.

Plant Anatomy

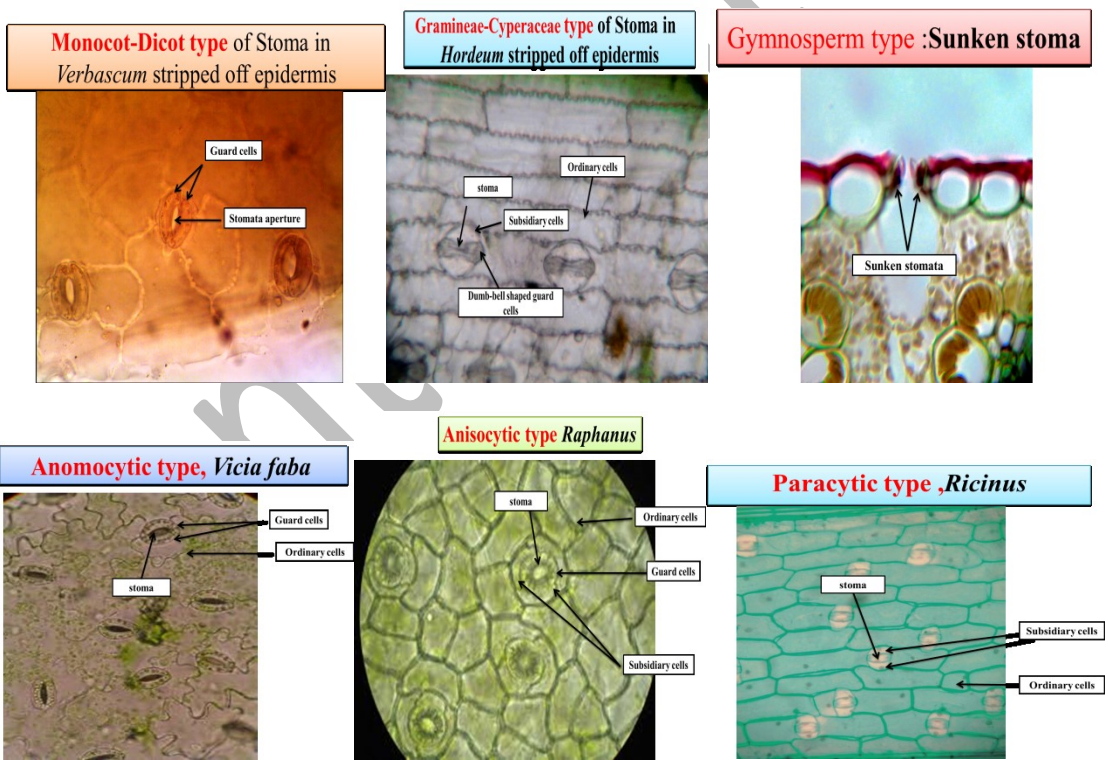
3- الثغور Stomata

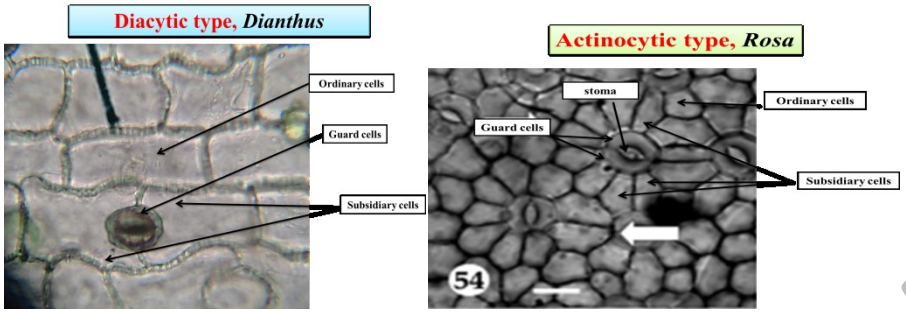
من حيث التركيب يمكن تميز ثلاثة انواع للمعقد الثغري

1- Monocot Dicot type ويكون شكل الخلايا الحارسة كلوية الشكل في المنظر السطحي
2- Gramineae Cyperaceae type شكل الخلايا الحارسة صولجانية dumb bell shaped
3- Gymnosperm type شكلها غائر Sunken type

وحسب طريقة اتصال الخلايا المساعدة بالخلايا الحارسة يمكن تميز الانواع التالية:-

1- الشاذ Anomocytic : تكون خالية من الخلايا المساعدة كما في نبات الباقلاء *Vicia faba*
2- متباين الخلايا Anisocytic type : تكون محاطة بثلاث خلايا مساعدة واحدة صغيرة والاثنان الاخريات كبيرة الحجم كما في نبات الفجل *Raphanus*
3- متوازي الخلايا Paracytic type : تتكون من خليتين مساعدتين تكون موازية للمحور الطولي للثغر كما في نبات الخروع *Ricinus communis*
4- المتعامد Diacytic type : تتكون من خليتين مساعدتين تكون متعامدة على المحور الطولي للثغر كما في نبات القرنفل *Dianthus*
5- الشعاعي Actinocytic type : تتكون من اكثر من خلية مساعدة وتحيط بالثغر من كل الجوانب كما في نبات الورد الجوري *Rosa* .

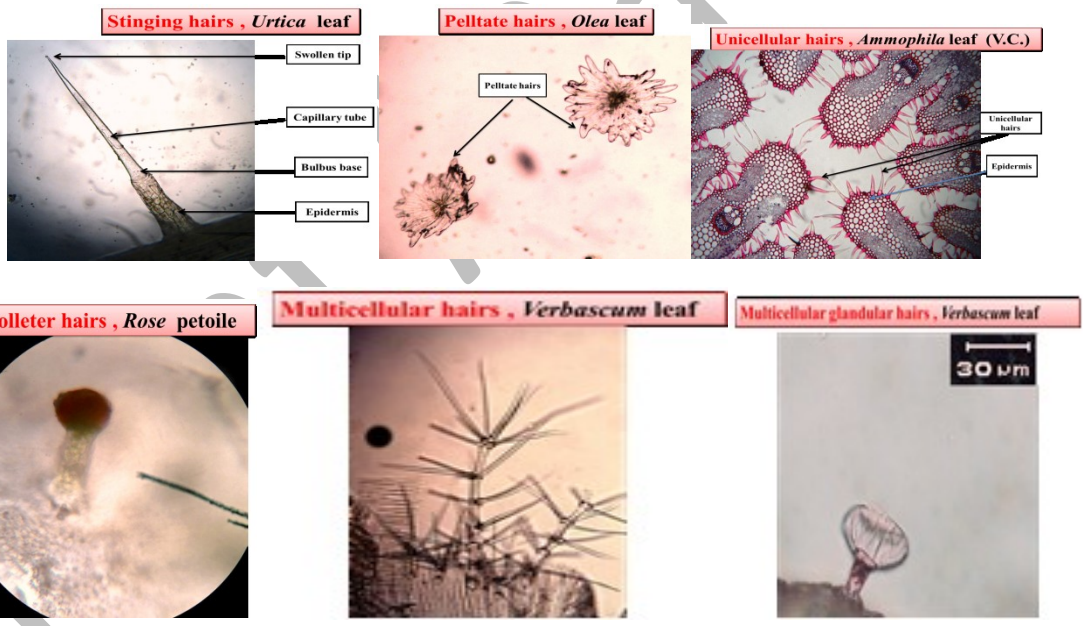




4- شعيرات البشرة او الزوائد Epidermal hair or Trichomes

تحتوي البشرة على زوائد سطحية او شعيرات مشتقة من خلاياها وتختلف اختلاف كبير من حيث الشكل والتركيب والوظيفة

1- وحيدة الخلية Unicellular كما في نبات كيس الراعي Capsella والشعيرات الجذرية بوجه عام .
2- متعددة الخلايا وحيدة الصف Multicellular Uniseriate كما في شعيرات القرع Cucurbita
3- متعددة الخلايا متعددة الصفوف Multicellular Multiseriate كما في نبات البيجونيا Begonia
4- الغدية Glandular hairs كما في نبات الشمعدان
5- القرصية Peltate hairs كما في نبات الزيتون Olea
6- اللاسعة Stinging hairs كما في نبات Urtica
7- متفرعة Branched كما في نبات اذان الدب Verbascum



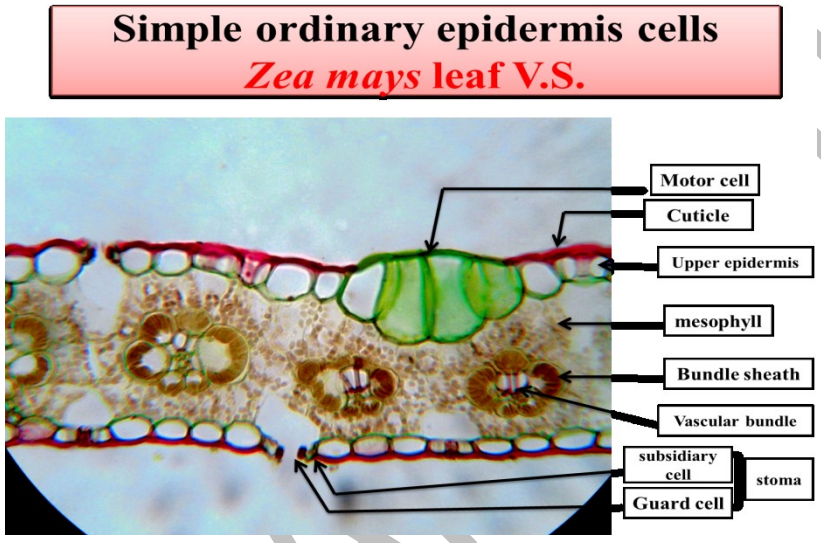
5- الخلايا المساعدة Subsidiary

كثيراما يشارك في المعقد الثغري خليتان او اكثر من خلايا متميزة مورفولوجيا عن باقي خلايا البشرة تتصل مباشرة بالخليتين الحارستين من جهة وبباقي خلايا البشرة الاعتيادية من جهة اخرى تسمى بالخلايا المساعدة، غالبا ما يكون منشأها من خلايا البشرة الاولية Protoderm .

الخلايا المحركة (Motor cells) Bulliform cell

خلايا واسعة الحجم رقيقة الجدران موجودة في العائلة النجيلية Gramineae وعدد من نباتات ذوات الفلقة الواحدة. تتميز جدرانها الابتدائية الرقيقة بكثرة السيليلوز والمواد البكتينية فيها كما انها حاوية على مادة الكيوتين كما تتميز الخلايا بكونها حية واسعة الفجوات خالية من البلاستيدات غالبا ما تكون على هيئة اشرطة متوازية في المناطق الواقعة بين العروق لبشرة السطح العلوي للورقة . ان احتواء الخلايا المحركة على كميات كبيرة من الماء تجعلها تفقد الكثير من مائها عند الجفاف , فيصغر حجمها وبالتالي تعمل على طي الورقة والتفافها . مما يعمل على التقليل من سرعة النتح Transpiration ، أما في حالة الجو الرطب فتكون ممتلئة Turgid مما يعمل على انبساط الاوراق وعودة عملية النتح في حالتها الطبيعية .

وهناك رأي يرجع الى الخلايا المحركة وظيفة خزن الماء . والرأي الاخير يؤكد اهميتها في انبساط الاوراق خلال فترة تكشف الاوراق عند تكونها في القمم النامية للساق تعمل هذه الخلايا على لف الاوراق اثناء الجفاف وبسطها عند توفر الرطوبة.



6- خلايا البلورات المعلقة Lithocytes

خلايا متخصصة من خلايا البشرة تتميز بسعة حجمها واحتوائها على نوع من البلورات يطلق عليه البلورة المعلقة Cystolith .

7- خلايا السليكا والفلين Cork cells and Silica cells

في اوراق العديد من نباتات العائلة النجيلية كثيرا ما تكون البشرة غير متجانسة الحجم فهي تحتوي على خلايا طويلة هي خلايا البشرة الاعتيادية وخلايا قصيرة وتتميز بدورها الى خلايا السليكا Silica cells والتي تتميز بكونها غنية بمادة السليكا التي تكون موجودة في داخل الخلايا على هيئة حبيبات متجانسة ضوئيا . كذلك خلايا الفلين Cork cells التي تتميز بكونها جدرانها مشبعة بمادة السوبرين المميز للخلايا الفلينية كما ان خلايا الفلين تتميز بكون العديد منها يكون حاويا على اجسام عضوية صلبة . ان الخلايا القصيرة قد تحتوي ايضا على حليمات او هلب او اشواك اوشعيرات .

8- الياف البشرة Epidermal fiber مثل الياف نبات القطن (*Gossypium* spp.) cotton **و خلايا المايروسين Myrosin cells التي تتراكم في فجواتها المواد السامة والفعالة التي ينتجها النبات**

الانسجة الاساسية Fundamental or Ground Tissues وتشمل :-

1- النسيج البرنكيمي Parenchyma tissue
2- النسيج الكولنكيمي Cellenchyma tissue
3- النسيج السكلرنكيمي Sclerenchyma tissue

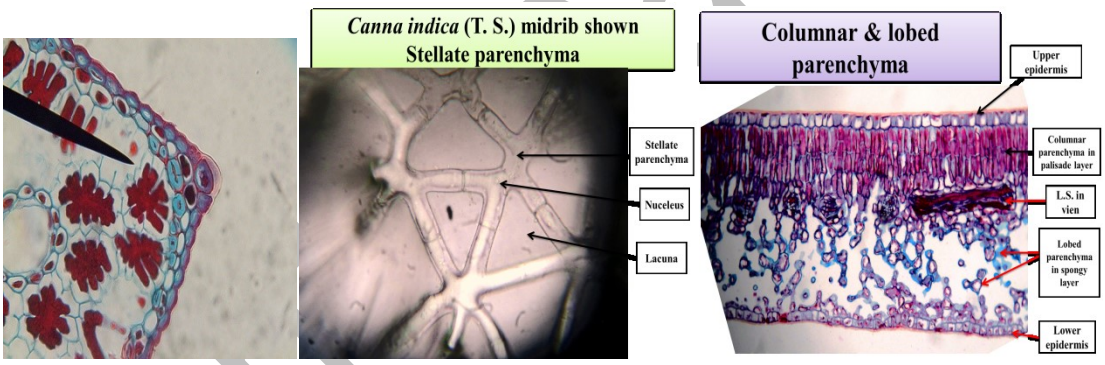
- **النسيج البرنكيمي Parenchyma tissue**

مميزاته :-

1-خلاياه حية بعد النضج يحتفظ بالنواة والسايتوبلازم لفترة طويلة بعد النضج
2-النواة مركزية او جانبية والسايتوبلازم يؤلف طبقة رقيقة تبطن الجدار في الخلايا الناضجة نظرا لوجود فجوة عصارية كبيرة
3-تحصر الخلايا البرنكيمية مسافات بينية واسعة
4-الجدار الابتدائي رقيق يحوي حقول النقر والروابط البلازمية وفي حالات نادرة قد يضاف جدار ثانوي على الجدار الابتدائي كما يحصل في الخلايا البرنكيمية في نسيج الخشب الثانوي وكذلك خلايا اللب لبعض النباتات
5-شكل الخلايا متماثلة الابعاد Isodiametric ذات اربع اوجه
6-تعاني ظاهرة فقدان التمايز Dedifferentiation فتشارك في تكوين الكامبيوم بين الحزم والفلين
7-توجد الخلايا البرنكيمية في جميع الاعضاء النباتية الهوائية والترابية (ساق وجذر , ورقة , ثمار , بذور)

اشكال الخلايا البرنكيمية :-

1. متماثلة الابعاد Isodiametric متعددة الاوجه Polyhedral حيث يسود فيها الشكل ذو الاربعة عشر وجها
2. Columnar كما في النسيج العمودي للورقة palisade tissue
3. Lobed مفصصة كما في النسيج الاسفنجي للورقة Spongy tissue
4. Stellate نجمية كما في ثمار الموز الفحل *Canna indica*
5. Folded مطواة في الصنوبر *Pinus*
6. Prosenchyma مستدقة النهاية



منشأ النسيج البرنكيمي

قد تكون الخلايا البرنكيمية ابتدائية من حيث المنشأ Primary كتلك التي تتكون من اي من المرستيمات الابتدائية كالمرستيم الاساسي Ground meristem او الكامبيوم الاولي Procambium ذلك خلال فترة النمو الابتدائي او ان تكون ثانوية المنشأ Secondary عندما تنشأ من المرستيمات الثانوية كالكامبيوم الوعائي خلال مرحلة النمو الثانوي

يمكن تقسيم الانسجة البرنكيمية تبعا للوظيفة التي تؤديها الى مايأتي :-

1- النسيج البرنكيمي العادي Ordinary Parenchyma
ويتكون هذا النسيج من خلايا برنكيمية عادية لم تتخصص بوظيفة معينة وتنطبق عليها الصفات العامة للخلايا البرنكيمية من حيث الشكل العام للخلية ورقة جدرانها وامتلائها بالعصير الخلوي واحتوائها على مسافات بينية . ينتشر هذا النوع في القشرة Cortex والنخاع Pith في سيقان وجذور ذوات الفلقتين وفي جذور ذوات الفلقة الواحدة وفي النسيج الاساسي لسيقان ذوات الفلقتين.

Plant Anatomy

2- النسيج الكلورنكيمي او المتوسط Chlorenchyma and mesophyll tissue

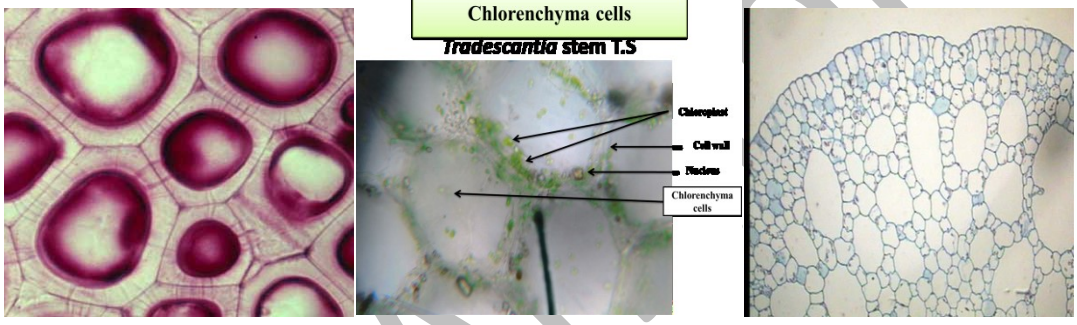
وهو النسيج الخاص بالبناء الضوئي ويوجد في الاعضاء النباتية الخضراء المعرضة للضوء . وتمتاز الخلية باحتوائها على كمية وافرة من البلاستيدات الخضراء ويوجد النسيج الكلورنكيمي في السيقان العشبية والاطراف الغضة من السيقان الخشبية في الجزء الخارجي من منطقة القشرة Cortex والنسيج المتوسط Mesophyll يوجد في الاوراق يعتبر نوعا خاصا من الانسجة الكلورنكيمية تحور من حيث الشكل ليصبح اكثر ملائمة للبناء الضوئي.

3- النسيج البرنكيمي المختزن Storage parenchyma

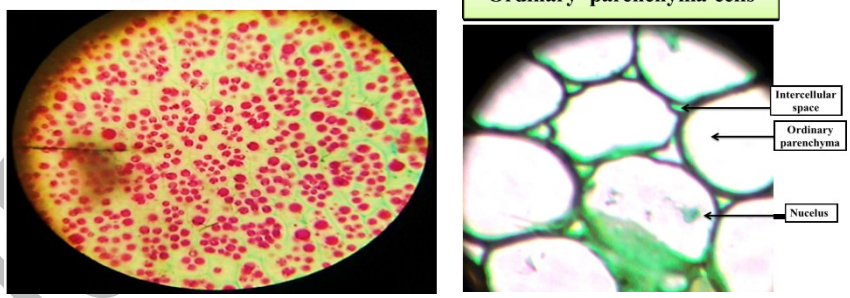
يخزن النبات جزء من غذائه المتبقي على هيئة مواد كاربوهيدراتية او بروتينية او دهنية في اعضاء خاصة تسمى اعضاء الاختزان Storage organs وفي جميع الحالات يحدث الاختزان فى انسجة برنكيمية خاصة تمتلئ بتلك المواد كما ان هنالك بعض النباتات وخاصة نباتات الجفاف Xerophytes تختزن الماء في خلايا برنكيمية كبيرة الحجم رقيقة الجدران قليلة السايتوبلازم .

4- النسيج البرنكيمي الخاص بالتهوية Aerenchyma

تتميز خلايا هذا النسيج بصغر حجمها ورقة جدرانها وبوجود فراغات هوائية واسعة بينها وتتصل هذه الفراغات ببعضها لتكون جهازا للتهوية او لاختزان الهواء ولذلك يشيع بين النباتات المائية التي يتعذر عليها الاتصال بالهواء الجوي . وتختزن هذه الفراغات الاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون لاستعمالها في عملية التنفس والتركيب الضوئي على التوالي . ومن النباتات التي يوجد فيها هذا النسيج نبات الوديا Elodea ونخيل التمر .



Storage parenchyma Aerenchyma



- **النسيج الكولنكيمي Collenchyma tissue**

مميزاته :-

1. خلاياه حية بعد النضج يحتفظ بالنواة والسايتوبلازم لفترة طويلة بعد النضج .
2. تحاط الخلايا بجدران ابتدائية تتميز بتسمكها بصورة غير منتظمة واحتوائها على نسبة عالية من المواد البكتينية مما يترتب عليه وجود نسبة عالية من الماء في جدرانها كما تتميز جدرانها بالمرونة Plasticity مما يجعلها نسيجا ملائما جدا كنسيج ميكانيكي للأعضاء الفتية .
3. عدم وجود مسافات بينية وان وجدت فتكون صغيرة جدا

4. تكون اكثر طولا ونحافة من الخلايا البرنكيمية
5. وظيفتها دعامية واسنادية
6. توجد في الاجزاء الهوائية فقط
7. تمارس ظاهرة فقدان التمايز لذا فأنها تشارك في تكوين المرستيمات الثانوية .

وتبعا لطريقة التسمك الحاصل في الجدران الابتدائية يمكن تقسيم النسيج الكولنكيمي الى ثلاثة انواع :-

- **الكولنكيمي الزاوية Angular collenchyma**

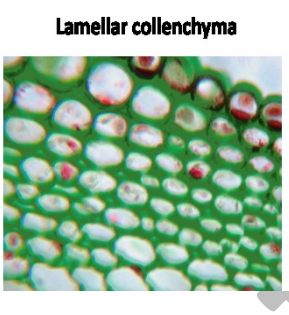
وفيها يحصل التسمك في الجدران الابتدائية من الاركان اي في المناطق المناظرة لمناطق المسافات البينية في الخلايا البرنكيمية الاعتيادية . ونتيجة لذلك فأن الخلايا الكولنكيمية الزاوية تكون جدرانها متسمكة الزاوية كما في ساق نبات القرع *Cucurbita*

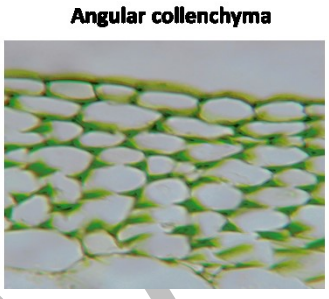
- **الكولنكيما الصفائحية Lamellar collenchyma**

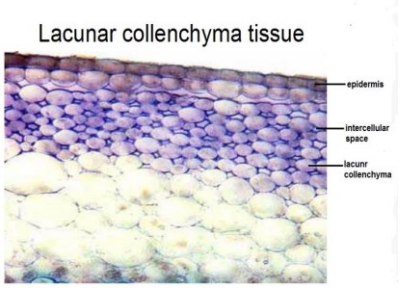
وفيها يقتصر تسمك الجدار الابتدائي على الجدران المماسية Tangential walls الداخلية والخارجية بينما تبقى الجدران القطرية Radial walls رقيقة وتحصل هذه التسمكات على هيئة طبقات او صفائح منضدة فوق بعضها البعض كما في سيقان البيلسان *Sambucas* (elder) وعباد الشمس *Helianthus annuus*

- **الكولنكيما الفراغية او الانبوبية Lacunar or tubular collenchyma**

وتتميز بوجود فراغات بينية بين الخلايا ويتركز التسمك على اجزاء الجدار المواجهة لهذه الفراغات وهذا النوع من الانسجة الكولنكيمية اقل الانواع شيوعا ويمكن ملاحظته في بعض النباتات كالخس *Lactuca*







توزيع الخلايا الكولنكيمية في الاجزاء النباتية المختلفة

1- بشكل طبقة مستمرة ومتصلة على هيئة اسطوانة في السيقان الدائرية تحت البشرة مباشرة او يفصلها طبقة او طبقتين من البرنكيما
2- على شكل اشرطة تمتد طوليا بمحاذات المحور الطولي
3- في الاركان في السيقان المضلعة كما في نبات القرع
4- مقترن مع النسيج الوعائي في اعناق الاوراق ونصولها

- **النسيج السكلرنكيمي Sclerenchyma tissue**

صفاته:-

1- نسيج مستديم تموت خلاياه عند النضج عادة حيث تصبح الخلية مكونة من جدار خلوي يحيط بتجويف الخلية Cell lumen خالي من البروتوبلاست لذا تفقد خاصية فقدان التمايز dedifferentiation
2- تتميز خلاياه بوجود جدران ثانوية مشبعة بمادة اللكنين
3- وظيفتها دعامية واسنادية
4- يوجد في الاجزاء الهوائية والترابية
5- تتغلظ جدرانها بصورة منتظمة نوعا ما وتتميز الجدران بصفة المطاطية Elasticity

Plant Anatomy

منشأ النسيج السكلرنكيمي :-

1- منشأ ابتدائي كالكامبيوم الاولي Procambium في حالة وجوده ضمن الانسجة الوعائية كالألياف في الخشب واللحاء
2- تحول خلايا بالغة كالخلايا البرنكيمية متمايزة تمايزا جزئيا الى خلايا اكثر تخصصا كالخلايا السكلرنكيمية عن طريق تلكنن جدران الخلايا البرنكيمية وتغلظ جدرانها ثم تموت الخلية وتدعى هذه العملية Redifferentiation كالسكلريدات .

تصنف الانسجة السكلرنكيمية تبعا لأشكالها الى :-

1- الالياف Fibers
2- السكلريدات Sclereids

الالياف Fibers :-

خلايا طويلة ونحيفة ذات نهايات مستدقة غير متفرعة تتداخل نهاياتها المستدقة مع بعضها فتكسب الاجزاء التي توجد فيها قوة ومتانة كما تتصف جدرانها بخاصية المطاطية او القابلية على التمدد elasticity مما يجعلها قادرة على استرجاع شكلها بعد مطها فهي عناصر ميكانيكية ملائمة للأعضاء المسنة . في المقطع المستعرض تبدو الالياف على شكل مضلع خماسي او سداسي في الغالب . غير ان شكلها يميل الى الاستدارة عندما تكون جدرانها سميكة جدا . تحتوي الالياف على نقر من النوع البسيط .

تقسم الالياف حسب مناطق وجودها الى

1- الياف الخشبية Xylem Fibers وتشمل
a- الالياف القصيبية Tracheid Fiber
b- الالياف عالية التخصص Libriform Fiber
c- الالياف الجيلاتينية Gelatinous Fiber
2- الياف خارج الخشب Extraxylary Fiber وتشمل
a- الياف اللحاء Phloem Fiber
b- الياف الدائرة المحيطية Pericycle Fiber
c- الياف القشرة Cortical Fiber
d- الياف تحت البشرة Hypodermal Fiber
e- الياف حول وعائية Perivascular Fiber
f- الياف قبعة الحزمة Bundle cup Fiber
g- الياف غمد الحزمة Bundle sheath Fiber

وتعتبر الالياف المقترنة باللحاء المصدر الرئيسي للألياف التجارية وتعزل عما يجاورها من انسجة اخرى بطريقة التعطين retting

من المواصفات الجيدة للألياف الصناعية هي

1- زيادة طول الليفة
2- امتلاكها لقوة شد عالية
3- انتظام سمكها
4- نحافتها ومرونتها

تصنف الالياف الصناعية الى :-

1- الالياف السطحية او القصيرة Surface or short Fiber: كألياف القطن وهي عبارة عن شعيرات البشرة لبذور القطن
2- الالياف الناعمة Soft Fiber : وتشمل الياف اللحاء Phloem Fiber والياف الدائرة المحيطية Pericycle Fiber والياف القشرة Cortex Fiber وتعتبر اهم الالياف المستعملة في الصناعة كما في الياف نبات الكتان , القنب والجوت .
3- الالياف الخشنة hard Fiber : وتشمل الياف غير نقية مع انسجة اخرى وتستعمل في صناعة الانسجة الخشنة كالحبال .

Plant Anatomy

السكلريدات Sclereides

انواع من خلايا متباينة الشكل وتتميز بوجود جدران ثانوية سميكة ملكننة وحاوية على نقر بسيطة وتحيط بفراغ يدعى تجويف الخلية Cell lumen . توجد السكلريدات في معظم الاعضاء النباتية كالسيقان والاوراق والجذور والثمار.

وتقسم السكلريدات حسب اشكالها الى الانواع التالية :-

1. **الخلايا القنوية او الحجرية Stone cell or Brachy Sclereids** :

وهي شبيهة الى حد كبير بالخلايا البرنكيمية غير انها تختلف عنها بجدرانها الثانوية السميكة الملكننة. وتتميز بأنها تميل الى الشكل المتساوي الابعاد وبوجود النقر المتشعبةRamiform pit تنشأ الخلايا الصخرية عن طريق تصلب Sclerification جدران الخلايا البرنكيمية وتكون جدران ثانوية ملكننة . توجد الخلايا الحجرية في نبات الكمثرى *Pyrus communis*

2. **السكلريدات العصوية او الكبيرة Macrosclereids** :

تتميز بشكلها الاسطواني الشبيه بالخلايا العمادية كما في الخلايا التي تشكل غلاف بذور نبات الفاصولياء *Phaseolus Vulgaris* والبازليا *Pisum sativum*

3. **السكريدات العظمية Bone shaped or Osteosclereids**

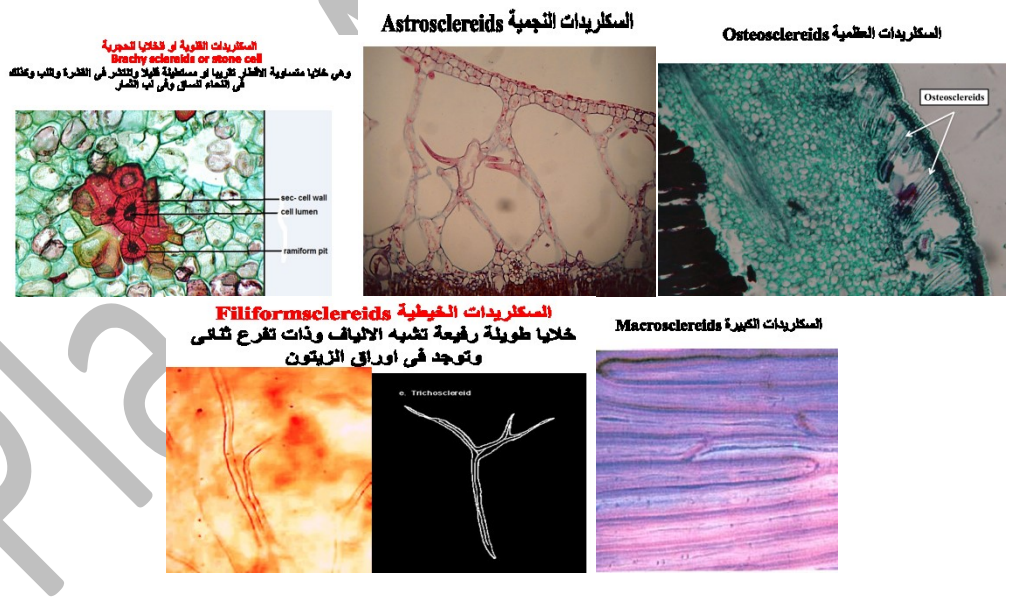
وهي تشبه السكلريدات العصوية غير انها تتميز باتساع نهاياتها مما يكسبها شكلا شبيها بالعظام . ومن الامثلة عليها تلك التي توجد في الطبقة الواقعة تحت البشرة في بذور نبات الفاصولياء والبزاليا وفول الصويا وفي ثمار نخيل التمر .

4. **السكلريدات الخيطية Trichosclereids or Filiforms**

وهي خلايا نحيفة وقد تكون متفرعة على شكل Y او L كتلك الموجودة في النسيج المتوسط لأوراق نبات الزيتون *Olea europeae*

5. **السكلريدات النجمية Astrosclereids or star shaped**

تتميز بكونها كثيرة التشعب وتوجد في اعناق واتصال الاوراق نبات زنبق الماء *Nymphaeae*



Plant anatomy

الانسجة الناقلة (Conducting (Vascular وتشمل

Xylem -a
Phloem -b

يعتبر نسيجي الخشب واللحاء انسجة معقدة توجد معا في الحزم الوعائية، تصنف النباتات على اساس وجود الحزم الوعائية الى نباتات وعائية Vascular plant ونباتات لا وعائية Non Vascular plant.

الخشب Xylem

نسيج معقد وظيفته الرئيسية نقل الماء والاملاح المعدنية الممتصة من التربة إضافة الى وظيفه التدعيم حيث لا يبقى الخشب ناقلا طوال الحياة في النبات فبمرور الوقت يفقد وظيفة النقل ويتحول الى عنصر تدعيم إضافة الى وجود عناصر ميكانيكية كالالياف ضمن خلاياه. يتركب نسيج الخشب في معظم مغطاة البذور من قصيبات Tracheid واوعية Vessels وتدعى العناصر الناقلة Conducting elements ويتركب كذلك من الالياف Fibers وخلايا برنكيمية Parenchyma tissue اما في عاريات البذور فيتركب من قصيبات وتعتبر العناصر الناقلة الوحيدة إضافة الى الالياف البرنكيمية.

1. القصيبات Tracheid

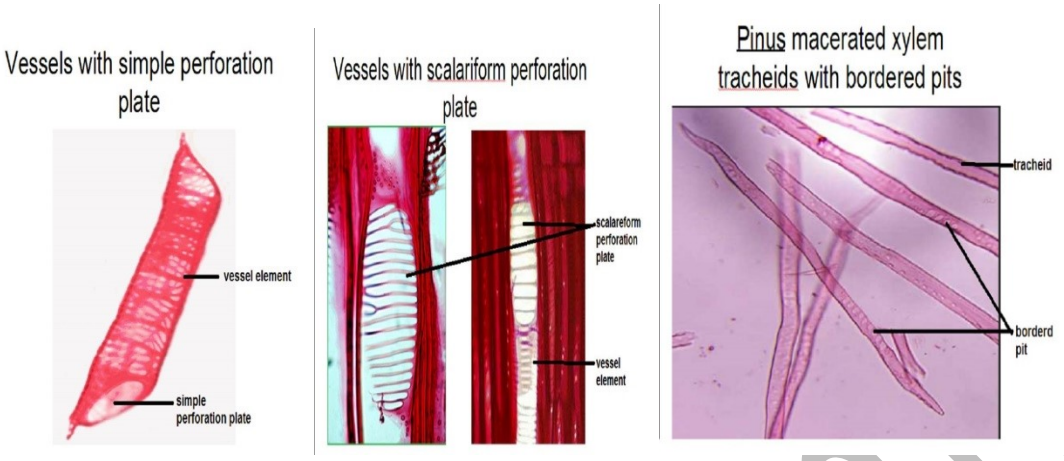
وهي خلايا ذات جدار ثانوي حاوي على النقر Pits وهي عنصر طويل مسدود النهاية ضيقة وليست مستدقة يتم انتقال الماء والمواد المذابة فيها من قصيبة الى اخرى عن طريق النقر الموجودة في الجدران الفاصلة بينها، تتغلظ جدران القصيبات بصورة مختلفة كالتغلظ الحلقي Annular والحلزوني Spiral والشبكي Reticular والسلمي Scalariform وكذلك النقري Pitted وتعتبر القصيبات العنصر الناقل الوحيد في نباتات عاريات البذور وبعض النباتات الواطئة.

2. **أوعية الخشب Vessels**

يمثل الوعاء تركيبا انبوبيا متعدد الخلايا يتكون من سلسلة من الخلايا متصلة مع بعضها البعض عند نهايتها كل خلية يطلق عليها وحدة الوعاء Vessel element وترتبط وحدات الوعاء مع بعضها عن طريق الجدران النهائية والتي تكون مثقبة Perforated او ذائبة بصورة كلية وتدعى هذه النهايات بالصفائح المثقبة Perforation Plates، تمر العصارة ضمن الوعاء الواحد من خلال هذه الثقوب بحرية بينما تنتقل من وعاء الى اخر عن طريق النقر الموجود في الجدران.

توصف الصفائح المثقبة بكونها بسيطة Simple perforation plate عندما تكون حاوية على ثقب واحد ومركبة Compound عندما يوجد بها اكثر من ثقب واحد وتبعا لأشكال الثقوب وطريقة تركيبها فأنها تصنف الى سلمية Scalariform أو شبكية Reticulate أو دائرية Foraminate . تتكون الثقوب خلال فترة نشوء الوعاء بفعل انزيمات يفرزها البروتوبلاست مما يؤدي الى اذابة الجدار الابتدائي والصفيحة الوسطى في المواقع من الجدار التي لم يضف عليها جدار ثانوي، يعتبر الوعاء صفة مميزة لنباتات مغطاة البذور اما عاريات البذور والنباتات الواطئة فلا وجود للاوعية في خشبها ويشذ عن ذلك بعض المجاميع الراقية من عاريات البذور كما في رتبة النيتلات Gnetales أو في نبات تريديوم *Pteridium*

Plant Anatomy



مقارنة بين القصيبات والاوعية

Tracheid	Vesseles
تمثل كل قصيبة خلية مستقلة ذات نهاية مسدودة	تمثل تركيب أنبوبي متعدد الخلايا يطلق على كل خلية وحدة وعائية
لا تحتوي على الصفائح المثقبة	تكون الجدران النهائية المستعرضة لوحدات الوعاء مثقبة او ذائبة بصورة كلية
يتم انتقال المواد من قصيبة الى اخرى عن طريق	يتم انتقال المواد عبر الصفائح المثقبة في النقر الموجودة في الجدران الفاصلة بينها الوعاء الواحد او من خلال النقر بين وعاء وآخر
تمثل القصيبة العنصر الناقل الوحيد في خشب عاريات البذور والنباتات الواطئة ولا يوجد في عاريات البذور	يمثل عناصر النقل في مغطاة البذور
تعتبر اقل رقيا من الاوعية	تعتبر اكثر رقيا من القصيبات

برنكيما الخشب Xylem parenchyma

خلايا برنكيمية مقترنة بنسيج الخشب وظيفتها الرئيسية هي الخزن وتقوم بعضها ايضا بالنقل لمسافات قصيرة خاصة بالاتجاه الشعاعي وتختلف طبيعة المواد المخزونة في الخلايا البرنكيمية للخشب فبلإضافة الى الماء قد تختزن الخلايا البرنكيمية النشا او الزيوت او غير ذلك من المواد الايضية كما ان المواد الدباغية tanniferous compound والبلورات تعتبر من المحتويات المألوفة في برنكيما الخشب.

يكون وجود الخلايا البرنكيمية بنسبة اوفر في الخشب الابتدائي منها في الخشب الثانوي كما انها تكون في الخشب الثانوي متواجدة بجموعات منسقة في نظامين هما:

- **المحوري (العمودي) Axial or vertical system**
- **النظام الشعاعي (الافقي) Radial or horizontal system**

Plant Anatomy

الخشب الثانوي Secondary xylem:

يتكون اساسا من نظامين هما:

1. المحوري (العمودي) Axial or vertical system : وتمتد عناصره بمحاذات المحور الرئيسي للعضو النباتي وتتكون عناصره من عناصر وعائية هي قصيبات واوعية بالإضافة الى الالياف والخلايا البرنكيمية الموازية لها. وتنتج البرنكيما المحورية عن اصول كمبيومية مغزلية
2. النظام الشعاعي (الافقي) Radial or horizontal system : وتمتد عناصره متعامدة مع عناصر النظام المحوري وتتكون عناصره من اشعة الخشب Xylem Ray والتي تتكون أساسا من خلايا برنكيمية وقد تشترك في هذا النظام عناصر ناقلة كما في الصنوبريات Conifers حيث توجد القصيبات الشعاعية فيها Ray tracheid تنتج البرنكيما الشعاعية عن الاصول الشعاعية التي تكون عادة قصيرة نسبيا

تقوم برنكيما الخشب بصفة عامة بخزن بعض المواد كالنشا والدهون والمواد الدباغية والبلورات وغير ذلك .

يتكون الخشب الابتدائي من نوعين هما الخشب الاولي والخشب التالي:

الخشب الاولى Protoxylem	الخشب التالى Metaxylem
يتم تميزه من الكامبيوم الاولي في الفترة التي لايزال فيها العضو النباتي في حالة تمدد	يتم تميزه من الكامبيوم الاولي في وقت متأخر ولا يتم نضجه الا بعد اكتمال تمدد العضو النباتي
لا يحتوي على الالياف	قد يحتوي على الالياف
ان عناصره الناقلة يسود فيها التغلظ الحلقي والحلزوني التي لا تقاوم كثيرا قوة الشد	تظهر عناصره الناقلة التغلظ من النوع الحلزوني والسلمي والشبكي ثم النقري
بعض عناصره تفشل في مواكبة التمدد	يبقى عادة محتفظا بكيانه التركيبي ومؤديا لوظيفته النقل لفترة اطول

مقارنة بين الخشب الابتدائي والثانوي

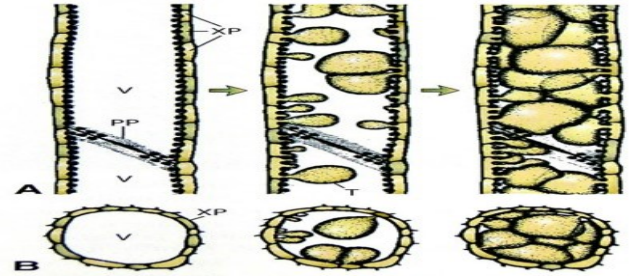
Primary Xylem الخشب الابتدائي	Secondary Xylem الخشب الثانوي
ينشأ من الكامبيوم الاولي Procambium خلال فترة النمو الابتدائي	ينشأ من الكامبيوم الوعائي خلال فترة النمو الثانوي
لا تنتظم الخلايا البرنكيمية في الخشب الابتدائي وفي حالة وجودها في هذا الشكل يطلق عليها الاشعة الكاذبة False Rays	تنتظم الخلايا البرنكيمية في الخشب الثانوي على هيئة اشعة منتظمة ويطلق عليها الاشعة الحقيقية Xylem Ray
تتميز الى خشب اول Protoxylem وخشب تالي Metaxylem	لا يمكن تميزه الى خشب اولي وتالي
قد يخلو من الألياف و ان تواجدت فتوجد في نظام واحد باتجاه المحور الطولي	الألياف تعتبر من المكونات الرئيسية و توجد في نظامين طولي ومستعرض Axial and Radial

<u>التايلوسات Tyloses</u>

عبارة عن اجسام مثانية الشكل تظهر في داخل الاوعية والقصيبات في الخشب الابتدائي والثانوي الا انها اكثر شيوعا في الخشب الثانوي لاسيما في مغطاة البذور . تتكون التيلوزات من انتفاخ جدران خلايا برنكيما الخشب او برنكيما شعاعية مجاورة لوعاء او لقصيبة من خلال النقرة الى فراغ ذلك الوعاء او تلك القصيبة . ويحدث بصورة طبيعية عندما يصبح الخشب خاملا او عند اصابته

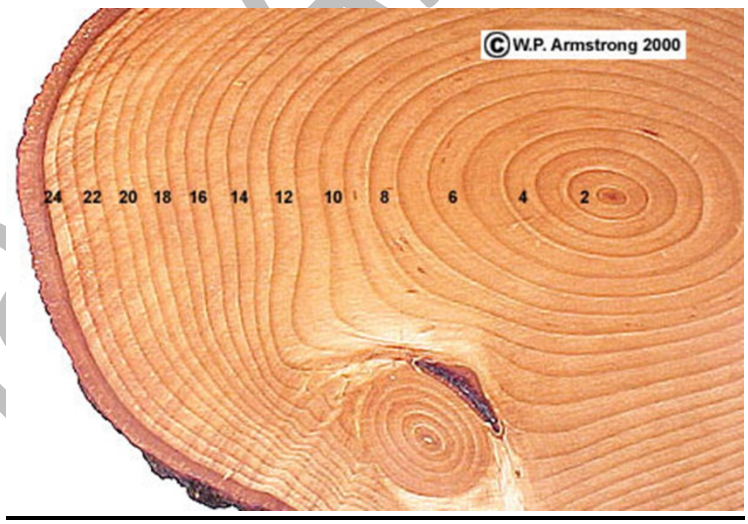
Plant Anatomy

بضرر وقد يدخل الى التيلوزة جزء من بروتوبلاست ونواة الخلية البرنكيمية . وقد تكون التيلوزة كبيرة تسد القصيبة او صغيرة . قد تتضخم الخلايا الطلائية المحيطة بالقنواة الراتنجية Resin duct الشائعة في المخروطيات بشكل تشبه التيلوزات Tylosoids كما يطلق هذا الاسم ايضا على امتداد الخلايا البرنكيمية داخل قصيبات او اوعية الخشب الأول خلال الأجزاء الضعيفة أو المتمزقة



الحلقات السنوية في الخشب Annual Ring in Xylem

في النباتات الخشبية المعمرة يقوم الكامبيوم بنشاطه طول حياة النبات ولا يكون نشاطه منتظما على مدار السنة حيث يكون نشاطه موسميا تبعا للتغيرات المناخية فتتكون نتيجة لذلك حلقات متوالية من الخشب يطلق عليها الحلقات السنوية Annual Rings بحيث يمكن تقدير عمر النبات ولو تقديرا تقريبيا بواسطتها تكون عناصر الخشب المتكون في فصل الربيع ومستهل الصيف Spring wood (early wood) واسعة رقيقة الجدران نسبيا و معظمها على هيئة اوعية اما عناصر الخشب المتكون في أواخر موسم الصيف Summer wood (Late wood) فتكون معظمها بصورة الياف اما الاوعية فتكون قليلة ضيقة سميكة الجدران . يعزى الاختلاف في تكوين هذه العناصر الى اختلاف حاجة النبات مع تغير الموسم اذ تزداد الحاجة في الربيع الى عناصر خشبية واسعة تزيد من كفاءة النبات لنقل الماء و الأملاح و تساعد في تكوين الأوراق و الفروع الجديدة اما في الصيف فتزداد الحاجة الى عناصر خشبية تساعد على تدعيم النبات الا انه قد يحدث احيانا ان تتكون حلقات سنوية كاذبة False annual ring ينتج عنها ان تفوق عدد الحلقات السنوية العمر الحقيقي يحدث ذلك مثلا عند اضطراب النمو الموسمي في حالة تعرض النبات لظروف مناخية سيئة او اصابته بمرض معين.

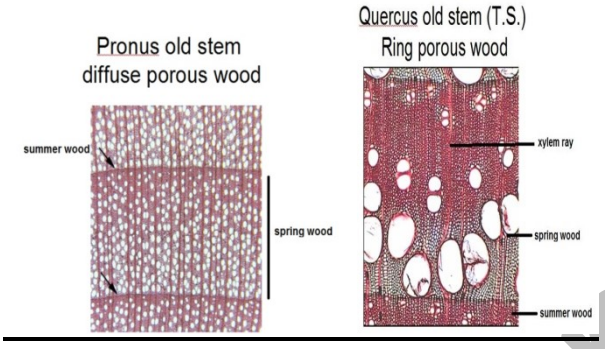


الخشب المنتشر المسام و الحلقي المسام Diffuse and ring porous wood

تنتظم الأوعية خلال الخشب الثانوي في ذوات الفلقتين بطريقة خاصة يتميز بها النوع فقد يكون متساوي الأقطار تقريبا و موزعة توزيعا منتظما تسمى حينئذ خشب منتشر المسام Diffuse porous wood من امثلة هذا النوع من الخشب ما يلاحظ في نبات الزيتون و اليوكالبتوس اما اذا احتوى الخشب على اوعية متباينة الأقطار بحيث تظهر الأوعية المتكونة في مستهل الموسم اكبر بصورة واضحة عن تلك المتكونة في الخشب المتأخر فحينئذ يقال للخشب انه حلقي المسام Ring porous wood ومن امثلة ذلك

Plant Anatomy

نبات البلوط . يعتبر الخشب الحلقي المسام اكثر تقدما من الناحية التطورية عن الخشب المنتشر المسام . ومن الجدير بالذكر ان خشب عاريات البذور يوصف بكونه لا مسامي Non porous wood لغياب الأوعية فيه في حين ان خشب مغطاة البذور يوصف بكونه مساميا porous wood .



الياف الخشب Xylem Fibers

وهي الياف مقترنة بنسيج الخشب وظيفتها ميكانيكية جدرانها ملكننة و اكثر سمكا من جدران القصيبات . هناك ثلاث انواع رئيسية من الألياف في الخشب هي:

1. الالياف عالية التخصص Libriform fibers
2. الالياق القصيبية Tracheid fiber
3. الالياف الجيلاتينية Gelatinous Fibers

تتميز الالياف عالية التخصص بانها طويلة وذات جدران سميكة وتحتوي على نقر صغيرة بينما الالياف القصيبية تتميز بأنها اقل طولا وارق جدرانا مقارنة بالالياف عالية التخصص كما انها ذات نقر مضفوفة من نوع خاص على هيئة شق متقاطع.
قد تنقسم الخلية الام للالياف القصيبية و الالياف عالية التخصص بجدران مستعرضة فتتكون سلسلة من الخلايا ضمن جدار الخلية الام وتكون كل خلية حاوية على نواة وسايتوبلازم ومفصولة عن التي تليها بجدران مستعرضة رقيقة تمثل جدارابتدائيا خاليا من التغلضات الثانوية وخالية من اللكنين يطلق على هذا النوع من الالياف مصطلح الالياف المقسمة او المحجزة Septet fibers وبالنظر للطبيعة الحية للالياف المقسمة فأنها تقوم بوظيفة الخزن اضافة الى وظيفتها الاصلية وهي التدعيم .
اما الالياف الجلاتينية Gelatinous fibers تتميز بجدرانها الثانوية التي ينعدم فيها اللكنين او الحاوية على كميات قليلة من هذه المادة بينما تزداد في جدرانها نسبة السيليلوز وسميت هذه الالياف بهذا الاسم لكونها ذات مظهر جيلاتيني وهي موجودة في الخشب الفعال لبعض نباتات ذوات الفلقتين .

الخشب الصميمي و الخشب الرخو Heart and sap wood

بمرور الزمن يتوالى تكوين الخشب الثانوي ويفقد الخشب الواقع بالمركز المتكون منذ فترة بعيدة اهميته بالتدريج ويقوم بوظيفته الخشب الثانوي حديث التكوين ، يرجع ذلك الى تغيرات كثيرة تحدث للخشب كلما مر به الزمن لاسيما الخشب الموجود بالمركز والذي يصبح ذا قيمة ميكانيكية دعامية فقط بينما يفقد وظيفته في التوصيل ويسمى الخشب المركزي الخشب الصميمي Heart wood في حين الخشب الحديث الذي مايزال يحتفظ بجميع وظائفه ومايزال يؤدي وظيفته الخشب الرخو Sap wood وهذا النوع يحتفظ بجميع وظائفه سواء كانت التوصيلية او الدعامية او التخزينية .

من اهم التغيرات التي تطرأ على الخشب الصميمي هي:

1- فقدان العناصر الحية لحيويتها.
2- تزداد جدران العناصر بالسمك نتيجة ترسب مادة اللكنين.
3- تتشبع الخلايا بمواد مختلفة بداخلها كالزيوت والأصماغ والمواد الراتنجية وبعض المواد الصبغية والتي ترفع من قيمة الخشب من الناحية الاقتصادية فهي تزيده قوة ومتانة ومقاومة للتأثر بالحشرات والفطريات ويجعله اكثر قابلية للصبغ والصقل ومن بين الاخشاب المعروفة ذو القيمة الاقتصادية خشب الابنوس *Diospyrus* وخشب الصاج *Tectona grandis* .

Plant Anatomy

اما الخشب الرخو فيتميز

1- بلون فاتح
2- عناصره الحية (البرنكيما) تحتفظ بحيويته
3- وظيفته توصيلية وميكانيكية

الخشب في عاريات البذور

يتميز بكونه ابسط تركيبا واكثر تجانسا من ذلك الموجود في مغطاة البذور. الفرق الاساسي بينهما هو:

1- عدم وجود اوعية في عاريات البذور باستثناء رتبة النيتلات Gnetales.
2- تمثل القصيبات العناصر الناقلة الوحيدة في النظام المحوري وفي الخشب المتأخر فقد تكون قصيبات سميكة الجدران ذات نقر ضيقة الردهات طويلة القناة تسمى حينئذ بالقصيبات الليفية Fiber tracheid وتتراكب القصيبات في خشب عاريات البذور ويحدث الاتصال بينهما عن طريق النقر المضفوفة ويتراوح عددها في القصيبة الواحدة بين 50 – 300 نقرة وتوجد النقر على الجدران القطرية Radial wall وقد توجد في بعض عاريات البذور تغلظات جدارية مستعرضة هلالية الشكل اعلى واسفل النقرة وذلك في الصفيحة الوسطى والجدار الابتدائي يطلق عليها اسم التراكيب الهلالية Crassulae .
3- تكون الاشعة مقتصرة على خلايا برنكيمية وتسمى بهذه الحالة اشعة متجانسة الخلايا Homocellular اوتتكون من خلايا برنكيمية وقصيبات حينئذ تسمى اشعة متباينة الخلايا Heterocellular Rays وتتميز القصيبة الشعاعية Ray tracheid عن الخلية البرنكيمية Ray paranchyma بوجود النقر المضفوفة في القصيبة وكذلك خلوها من البروتوبلاست وجدرانها ثانوية ملكننة اما البرنكيما الشعاعية في الخشب الرخو فتكون حاوية على بروتوبلاست.
4- عدم وجود الالياف من نوع Libriform – fibers في عاريات البذور.
5- وجود القنوات الراتنجية Resin duct في خشب عاريات البذور وتتكون بالطريقة الانفصالية Schizogenously بين الخلايا البرنكيمية في النظامين المحوري والشعاعي .

Plant Anatomy

الفرق بين الخشب في مغطاة البذور وعاريات البذور

مغطاة البذور	عاريات البذور
الخشب يتكون من الاوعية والقصيبات	الخشب يتكون من القصيبات فقط
النظام المحوري يتكون من الاوعية والقصيبات وبرنكيما الخشب	النظام المحوري يتكون من القصيبات فقط
في الخشب الثانوي تكون القصيبات ذات جدار ثانوي حاوي على النقر المضفوفة وهي عنصر طويل مسدود النهاية ضيقة وليست مستدقة .. تتغلظ جدران القصيبات بصورة مختلفة كالتغلظ الحلقي Annular والحلزوني Spiral والشبكي Reticular والسلمي Scalariform وكذلك النقري Pitted	في الخشب المتأخر او الثانوي تكون القصيبات سميكة الجدران ذات نقر مضفوفة ضيقة الردهات طويلة القناة وتسمى بالقصيبات الليفية Fiber tracheids وقد توجد في بعض عاريات البذور تغلظات جدارية مستعرضة هلالية الشكل اعلى واسفل النقرة وذلك في الصفيحة الوسطى والجدار الابتدائي يطلق عليها اسم التراكيب الهلالية Crassulae
النظام افقي او قطري او الشعاعي ى وتتكون عناصره من اشعة الخشب والتي تتكون أساسا من خلايا برنكيمية.	النظام الشعاعي تكون فيه الاشعة اما مقتصرة على خلايا برنكيمية وتسمى بهذه الحالة اشعة متجانسة الخلايا اوتتكون من خلايا برنكيمية وقصيبات تسمى اشعة متباينة الخلايا
وجود الالياف الخاصة Libriform – fibers	عدم وجود الالياف من نوع Libriform – fibers في عاريات البذور
لاتوجد	وجود القنوات الراتنجية Resin duct في خشب عاريات البذور . وتتكون بالطريقة الانفصالية Schizogenously بين الخلايا البرنكيمية في النظامين المحوري والشعاعي .

الفرق بين القصيبة الشعاعية Ray tracheid و الخلية البرنكيمية Ray parenchyma

القصيبة الشعاعية	الخلية البرنكيمية
بوجود النقر المضفوفة	عدم وجودها
خلوها من البروتوبلاست	تحتوي على البروتوبلاست
جدرانها ثانوية	جدرانها ابتدائية

اللحاء Phloem

نسيج معقد وظيفته الاساسية نقل المواد الغذائية في النباتات الوعائية بشكل ذائب ويتكون اللحاء في مغطاة البذور من انابيب منخلية Sieve tube وخلايا مرافقة Companion cells وخلايا برنكيمية Phloem parenchyma والياف Phloem fibers اما في عاريات البذور فيفتقر اللحاء للانابيب المنخلية وتوجد بدلا عنه خلايا منخلية Sieve cell تمثل كل منها خلية مفردة كما ان الخلايا المرافقة تكون معدومة .

يصنف نسيج اللحاء من حيث المنشأ الى لحاء ابتدائي ينشأ من الكامبيوم الاولي ولحاء ثانوي ينشأ من الكامبيوم الوعائي كما في الخشب الابتدائي فأن اللحاء الابتدائي يتكون من لحاء اول Proto Phloem ولحاء ثاني Meta phloem .

Proto phloem	Meta phloem
جزء اللحاء الابتدائي الذي يتميز في مرحلة مبكرة قبل اكتمال استطالة العضو	**جزء اللحاء الابتدائي الذي يتميز في مرحلة متأخرة بعد اكتمال استطالة العضو**
تحتل موقعا خارجيا من الحزمة	**يحتل موقعا داخليا من الحزمة**
العناصر المنخلية اكثر نحافة واقل وضوحا ووحدات الانابيب المنخلية موجودة بهيئة مجاميع او مفردة ضمن الخلايا البرنكيمية	**وحدات الانابيب المنخلية واسعة مقترنة بالخلايا المرافقة بصورة عادية اما الالياف فتكون معدومة وبعض الخلايا البرنكيمية تتصلب الى سكلريدات**
يتهشم اللحاء الاول بعد فترة قصيرة	**يبقى عاملا مؤديا وظيفته لفترة اطول**

عناصر اللحاء هي:

1.الانابيب المنخلية Sieve tube

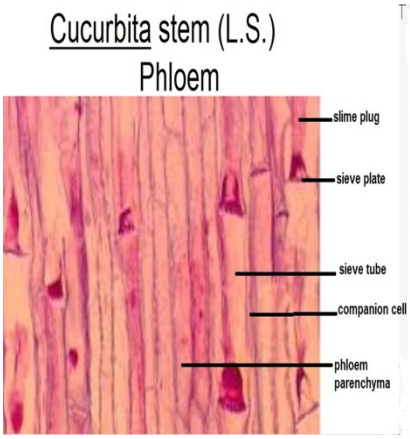
يتكون الانبوب المنخلي من سلسلة من الخلايا تنتظم في صف متصل على هيئة انبوب وتلتقي الخلايا المكونة للانبوب مع بعضها عند نهايتها في منطقة تدعى الصفيحة منخلية Sieve plat ، يطلق على كل خلية وحدات الانبوب المنخلي Sieve tube element ، تحاط وحدات الانبوب المنخلي بجدار ابتدائي رقيق عادة مكون اساسا من مادة السيليلوز ويخلو من اللكنين وفي بداية تكوينه يحتوي على نواة وسايتوبلازم وبعد النضج تنحل النواة ويبقى السايتوبلازم فقط، وتتكون في السايتوبلازم اجسام صغيرة يطلق عليها الاجسام الهلامية Slime bodies .

تبدو المادة الهلامية في المستحضرات المستديمة متجمعة عند الصفائح المنخلية مكون ما يسمى السداد الهلامي Slime plug ، وتتميز الصفائح المنخلية بوجود ثقوب فيها تخترقها خيوط بروتوبلازمية سميكة تشبه الروابط البلازمية Plasmodesmata الا انها اكثر سمكا ومحاطة بمادة الكالوس Calose في المنطقة التي تخترق فيها هذه الخيوط الصفيحة المنخلية وتدعى هذه الخيوط الرابطة Connecting strands لكونها تربط بين سايتوبلازم الوحدتين المتتاليتين .

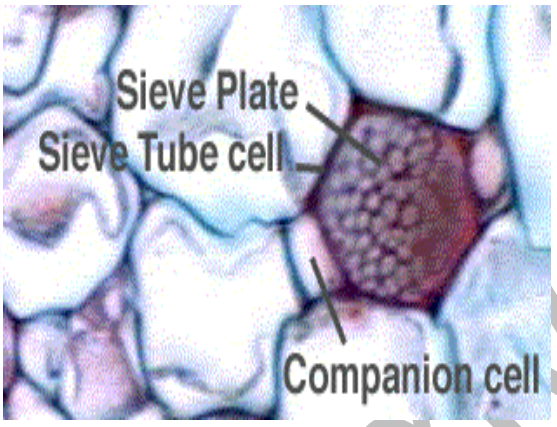
انواع الصفائح المنخلية :-

1- البسيطة Simple sieve plates عندما تكون الثقوب منتشرة دونما تميز.
2- المعقدة Compound sieve plates وفيها تتجمع الثقوب في مناطق منفصلة تدعى هذه المناطق بالمساحات المنخلية Sieve area.

Plant Anatomy



مقطع طولى فى اللحاء



مقطع مستعرض فى اللحاء

الخلايا المنخلية Sieve cells

وتوجد في عاريات البذور ماعدا مجموعة النيتلات Gnetales وهي خلايا مفردة لا تتحد لتكون انبوب بل تبقى مستقلة ويقتصر اتصالها مع بعضها بواسطة الخيوط البلازمية الموجودة في المساحات المنخلية Sieve area وبالنظر للتشابه الوظيفي بين الانابيب المنخلية والخلايا المنخلية تدعى معاً بالعناصر المنخلية.

الانابيب المنخلية	الخلايا المنخلية
توجد في مغطاة البذور	توجد في عاريات البذور عدا رتبة النتيلات
مجموعة من الخلايا ترتبط مع بعضها لتكون انبوب	خلايا مفردة لاتتحد لتكون انبوب
تتصل الخلايا مع بعضها بواسطة الخيوط الرابطة Connecting strands التي تمر عبر الصفائح المنخلية المثقبة	تتصل مع بعضها بواسطة الخيوط البلازمية الموجودة في المساحات المنخلية Sieve area
تتميز الانابيب المنخلية بوجود صفائح منخلية Sieve plats في جدرانها المستعرضة	لا توجد فيها هذه الصفائح

Plant Anatomy

2. الخلايا المرافقة Companion cells

تعتبر الخلايا المرافقة من الصفات المميزة للحاء مغطاة البذور حيث انها تكون معدومة في عاريات البذور والنباتات الوعائية الواطئة .

وهي خلايا برنكيمية متخصصة ذات بروتوبلاست فعال تحتوي على سايتوبلازم ونواة وغيرها من المحتويات وترتبط الخلايا المرافقة مع وحدات الانابيب المنخلية ارتباطا وثيقا في الموقع والمنشأ والوظيفة حيث تقترن بكل وحدة انبوب منخلي خلية مرافقة او اكثر . اما من حيث المنشأ فتنشأ من نفس الخلية المرستيمية التي تنشأ منها وحدة الانبوب المنخلي فتحصل انقسامات محيطية Periclinal في الخلية الامية لتعطي خليتين الاولى كبيرة وهي وحدات الانبوب المنخلي والثانية صغيرة هي الخلية المرافقة . وقد تعاني الخلية الصغيرة انقسامات مماسية اخرى وتعطي خليتين مرافقتين لنفس وحدة الانبوب المنخلي. اما من ناحية الوظيفة فان موت الخلية المرافقة يؤدي الى فقدان الخلية المنخلية لوظيفتها.

اما في بعض عاريات البذور (المخروطيات مثلا) توجد خلايا شبيهة بالخلايا المرافقة تدعى خلايا الالبومين الزلالية Albuminous cells تختلف عن الخلية المرافقة بالنقاط التالية :-

الخلايا المرافقة	خلايا الالبومين
توجد في مغطاة البذور	توجد في عاريات البذور
الخلية المرافقة ووحدات الانبوب المنخلي تنشأ من نفس المنشأ	تختلف بمنشأها عن الخلايا المنخلية
تقع ضمن النظام المحوري Axial system	خلايا الالبومين تقع ضمن النظام الشعاعي ray system
لاتحتوي	خلايا الالبومين تحوي نسبة عالية من الزلال

3. برنكيما اللحاء Phloem parenchyma

توجد البرنكيما في اللحاء الابتدائي والثانوي ففي اللحاء الابتدائي فتوجد بشكل مفرد او مجاميع اما في اللحاء الثانوي فتوجد في نظامين محوري Axial وشعاعي Radial . وظيفة الخلايا البرنكيمية في اللحاء هي الخزن فتخزن النشا والدهون والمواد الدباغية او الراتنجية والبلورات وعند موت اللحاء اما ان تبقى الخلايا البرنكيمية بجدران ابتدائية او تتحول الى جدران ثانوية فتتحول الى سكلريدات .

4. الياف اللحاء Phloem fiber

وتوجد في اللحاء الابتدائي والثانوي لمغطاة البذور ويكون مفقود في لحاء عاريات البذور وتوجد الالياف في اللحاء الابتدائي خارج نسيج اللحاء بصورة مجتمعة اما في اللحاء الثانوي فتوجد موزعة بطرق مختلفة داخل نسيج اللحاء.

اللحاء الثانويSecondary phloem

وتنتظم عناصره في نظامين:

1- النظام المحوري او العمودي Axial or vertical system وتنشأ من اصول مغزلية:
2- النظام الشعاعي او الافقي Radial or horizontal system وتنشأ عن اصول شعاعية.

ويظم الترتيب المحوري العناصر المنخلية وبرنكيميا اللحاء والالياف اما النظام الشعاعي فيظم برنكيما اشعة اللحاء.

تختلف خلايا اللحاء الثانوي المتكونة في اول موسم النشاط عن تلك المتكونة في نهاية الموسم فالاولى تكون رقيقة الجدران وخلاياها واسعة عكس الثانية والتي تبدو متغلظة الجدران لذلك يمكن ان يكون هذا الاختلاف في شكل الخلايا حلقات نمو واضحة في نسيج اللحاء ولكنها اقل وضوحا مما عليه في الخشب الثانوي و بعد مرور بضعة سنوات يتضائل وضوح هذه الحلقات بأندثار هذه العناصر المنخلية تدريجيا ولا يمكن اعتماد الحلقات السنوية في اللحاء دليلا على عمر النبات للسبب المذكور اضافة الى عدم انتظام تجمعات اللالياف من حيث العدد مع تعاقب المواسم المختلفة وبسبب التغيرات التي تطرأ على العناصر كنظام الخلايا البرنكيمية.

اللحاء الثانوي في عاريات البذور

ويكون بسيط التركيب حيث يتكون النظام العمودي من خلايا منخلية Sieve cells وخلايا برنكيمية بما في ذلك الخلايا الزلالية Albuminous cells اما اشعة اللحاء فتتكون من خلايا برنكيمية فقط وقد تظم احيانا خلايا زلالية ايضا.

اللحاء الثانوي في مغطاة البذور

يكون معقد التركيب عكس عاريات البذور ويحتوي على عدد كبير من العناصر اللحائية والنظام المحوري يظم وحدات الانابيب المنخلية Sieve tube والخلايا المرافقة Companion cells وبعض الخلايا البرنكيمية المحورية Axial parenchyma والياف اللحاء Phloem fibers . ويتكون النظام الافقي او القطري من اشعة مختلفة الاحجام ما بين وحيدة الصف الى عديدة الصفوف الا انها تحتوي خلايا برنكيمية فقط . بالاضافة الى ذلك فقد يظم النظامان خلايا متصلبة التراكيب افرازية او انقراضية او تراكيب حليبية .

تنتظم الياف اللحاء الثانوي في النباتات المختلفة بطرق مختلفة ففي بعض النباتات تؤلف الالياف الجزء الاكبر من اللحاء وتنتشر بقية عناصره بين هذه الالياف في نباتات اخرى كالعنب توجد الالياف على هيئة اشرطة مماسية تتبادل مع مجموعات من العناصرالاخرى وفى التبغ يوجد القليل من الالياف منتشرة بين عناصر اللحاء الا ان هنالك نباتات لا يحوى لحائها على الالياف .

اللحاء الثانوي في عاريات البذور	اللحاء الثانوي في مغطاة البذور
يكون بسيط التراكيب	يكون معقد التراكيب
النظام العمودي او المحوري يتكون من خلايا منخلية Sieve cells وخلايا برنكيمية بما في ذلك الخلايا الزلالية Albuminous cells	والنظام المحوري يظم وحدات الانابيب المنخلية Sieve tube والخلايا المرافقة Companion cells وبعض الخلايا البرنكيمية المحورية Axial parenchyma والياف اللحاء Phloem fibers
النظام الشعاعي او الافقي فيتكون من خلايا برنكيمية فقط وقد تنظم احيانا خلايا زلالية ايضا	ويتكون النظام الافقي او القطري من اشعة مختلفة الاحجام ما بين وحيدة الصف الى عديدة الصفوف الا انها يحتوي خلايا برنكيمية فقط
لايحتوي	يظم النظامان خلايا متصلبة التراكيب افرازية او انقراضية او تراكيب حليبية

Plant Anatomy

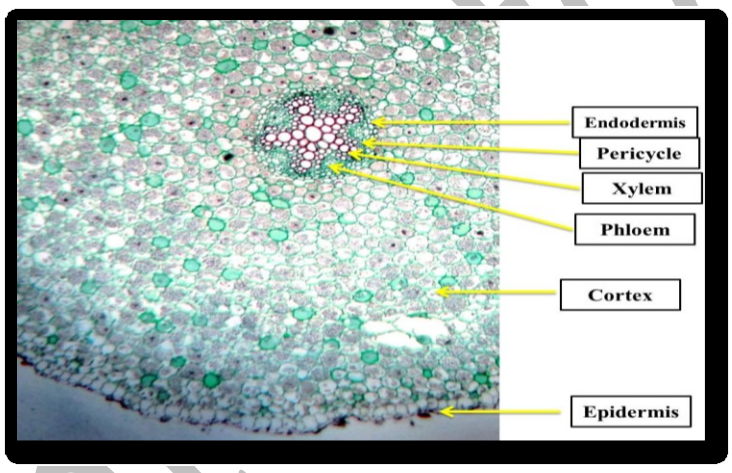
الحزم الوعائية (Vascular Bundles)

عند اقتران الخشب واللحاء في نطاق معين، يطلق على هذا الاقتران (الحزم الوعائية). وتختلف الحزم الوعائية باختلاف أعضاء النبات ، وحسب وجود الخشب واللحاء. وعلى هذا الأساس تقسم الحزم الوعائية الى ثلاثة أنـــــواع هي :-

1- الحزم الوعائية القطرية (Radial Vascular Bundles).
2- الحزم الوعائية الجانبية (Collateral Vascular Bundles).
3- الحزم الوعائية المركزية (Concentric Vascular Bundles).

الحزم الوعائية القطرية (Radial Vascular Bundles)

في هذا النوع من الحزم يُلاحَظ وجود الخشب على نصف قطر واللحاء على نصف قطر آخر، أي يقعان على أنصاف أقطار متبادلة . ويوجد هذا النوع من الحزم في الجذر الابتدائي، حيث ينتظم الخشب واللحاء في الجذر الابتدائي على أنصاف أقـطار متبادلة وتكون فيها عناصر الخشب الأولي (proto xylem) تتجه نحو الخارج أما الخشب التالي (meta xylem) فيتجه نحو الداخل، أي أن الخشب حينئذٍ يكون خارج الخشب الأول (exarch).



***Ranucuculus* root T.S in root, Radial vascular bundle**

الحزم الوعائية الجانبية (Collateral Vascular Bundles)

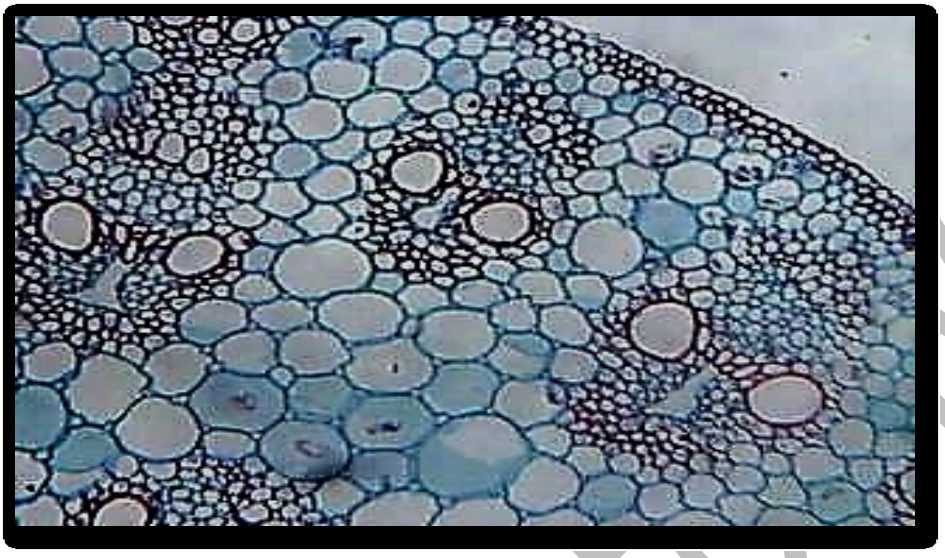
في هذا النوع من الحزم يوجد الخشب واللحاء على نفس نصف القطر، حيث يُلاحَظ في الساق وجود الخشب نحو الداخل واللحاء نحو الخارج . أما في الأوراق فيوجد الخشب نحو الخارج واللحاء نحو الداخل.

والحزم الجانبية في الساق تُقسَم الى نوعين نسبةً الى وجود أو عدم وجود الكامبيوم :-

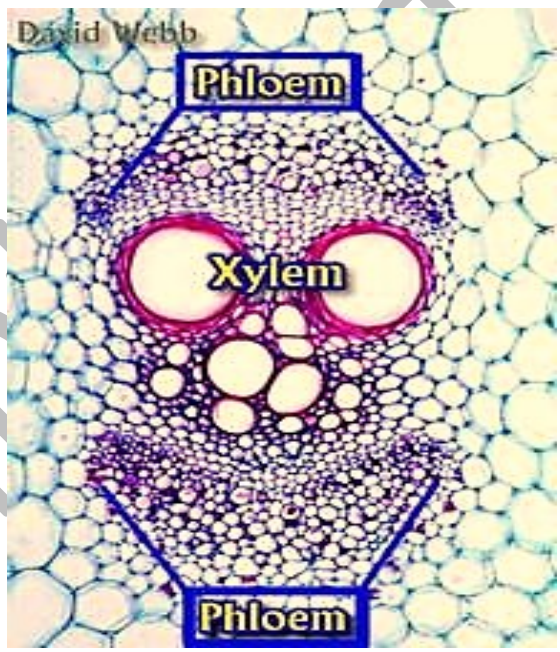
1- **حزمة وعائية جانبية مغلقة (Closed Collateral Vascular Bundles):** وتمتاز بعدم وجود الكامبيوم. وهذا النوع من الحزم يوجد في سيقان نباتات ذوات الفلقة الواحدة يكون فيها الخشب مرتب على شكل حرف (V) أو (Y).
2- **حزمة وعائية جانبية مفتوحة (Open Collateral Vascular Bundles):** ويمتاز هذا النوع من الحزم بوجود الكامبيوم الحزمي بين الخشب واللحاء وفي هذا النوع من الحزم يترتب الخشب على شكل صفوف .

ويقسم هذا النوع من الحزم حسب وجود اللحاء الى :-
أ- حزمة وعائية جانبية ذات لحاءٍ واحد (Collateral Vascular Bundle).
ب- حزمة وعائية جانبية ذات لحائيين (Bi-Collateral Vascular Bundles).

Plant Anatomy

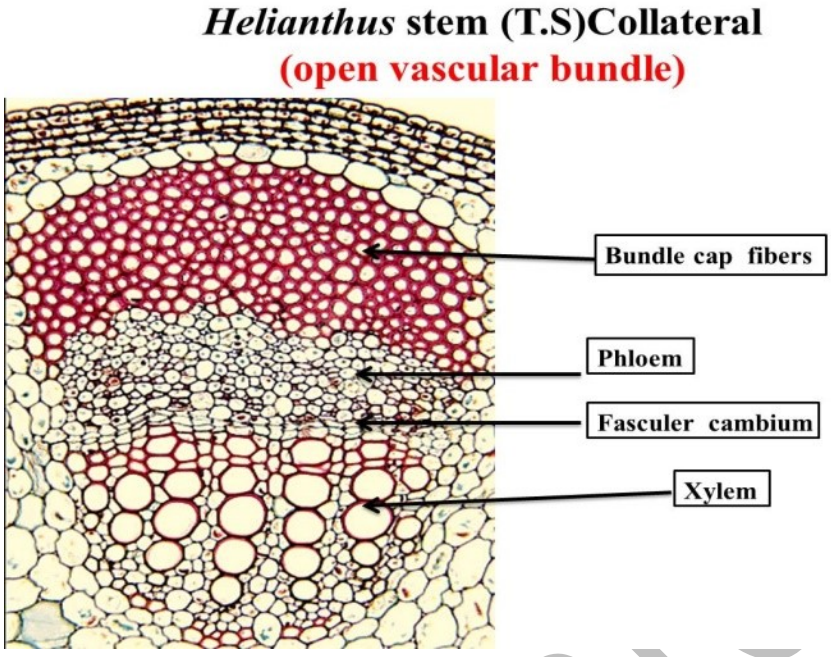


***Zea mays* stem (T.S)** Collateral Vascular Bundle
(closed vascular bundle)



Bi-Collateral Vascular Bundles

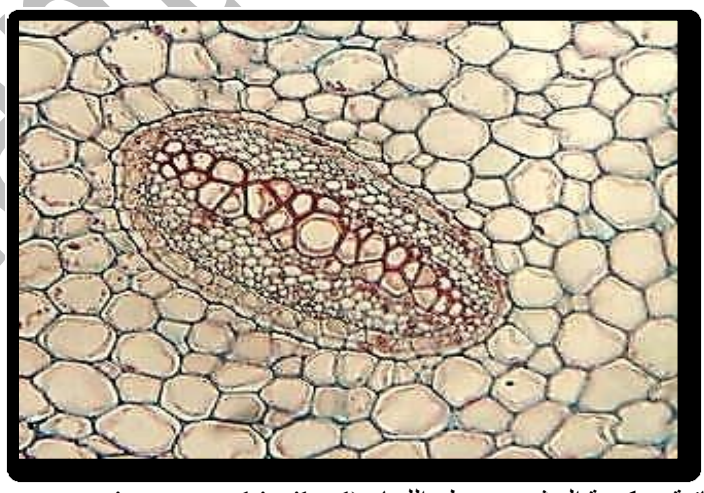
Plant atomy



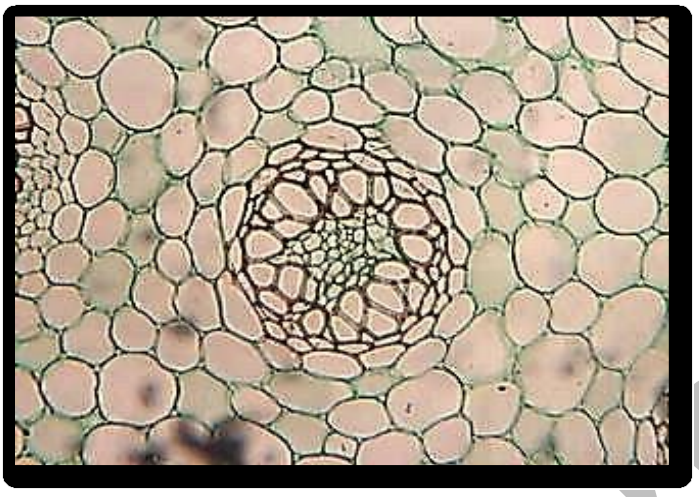
الحزم الوعائية المركزية (Concentric Vascular Bundles)

في هذا النوع من الحزم تنظم الأنسجة الوعائية بشكل مركزي ، حيث اما أن يكون الخشب بالمركز ويحيط به اللحاء أو بالعكس (اللحاء في المركز ويحيط به الخشب) ، وعلى هذا الأساس تنقسم هذه الحزم الى:-

1. حزم وعائية مركزية الخشب محيطه اللحاء (xlem concentric or amphicribral)، حيث يحيط اللحاء بالخشب وحينئذٍ يكون الخشب في المركز كما في سيقان السرخسيات وبعض النباتات المائية .
2. حزمة وعائية مركزية اللحاء محيطه الخشب . وفي هذا النوع يحيط الخشب باللحاء فيسمى (Amphivasal)، محيطية الخشب أو مركزية اللحاء (phloem concentric) كما في سيقان بعض النباتات ذوات الفلقة الواحدة مثل نبات السعد (*Cyperus*) وساق الدراسينا (*Dracaena*) .



حزم وعائية مركزية الخشب محيطه اللحاء (xlem concentric or amphicribral)



حزمة وعائية مركزية اللحاء محيطيه الخشب(Amphivasal)

التشريح الداخلي للنبات

1 – البنية التشريحية للجذر

عند عمل قطاعات مستعرضة في منطقة الشعيرات الجذرية بالجذر يلاحظ أن الجذر يتكون من أنسجة عديدة تظهر من المحيط إلى المركز كالتالي :

- **البشرة Epidermis:**

هي الطبقة الخارجية من الجذر وتتكون من صف واحد من الخلايا المتراصة الدقيقة الجدر الخالية من الكيوتين غالباً . وفي منطقة الشعيرات تستطيل بعض الخلايا مكونة الشعيرات الجذرية ولهذا تعرف طبقة البشرة في هذه المنطقة بالطبقة الوبرية Rhizoderms، وتقوم الشعيرات الجذرية بامتصاص الماء والأملاح من التربة .

- **القشرة Cortex:**

وهي منطقة واسعة من خلايا برنكيمية ذات جدر رقيقة ومسافات بينية واسعة وتقوم هذه المنطقة بثلاث وظائف هي تهوية الأنسجة الجذرية وتوصيل الماء والأملاح إلى أنسجة الخشب وتخزين المواد الغذائية وعند جفاف وسقوط طبقة الشعيرات الجذرية تتعرض أول طبقات القشرة للخارج وتسمى الإكسوديرم **Exodermis** وجدران هذه الخلايا مغلظة بالسوبرين ويتراوح سمك الأكسوديرم من طبقة إلى عدة طبقات.

وأخر طبقات القشرة للداخل تعرف بالأندوديرم **Endodermis** ويميز خلايا هذه الطبقة وجود ترسيب لمادة السوبرين يوزع على الخلية بشكل شريط يحيط بالجدر الشعاعية للخلية ويسمى بشريط كاسبار **Casparian strip** الذي يعمل كمادة لاصقة لخلايا الأندوديرم ويمنع مرور الماء خلاله . ولذا فإن مرور الماء من القشرة إلى الإسطوانة الوعائية يتم خلال خلايا خاصة في طبقة الإندوديرم تعرف بخلايا المرور passage cells وهي خلايا رقيقة الجدر تخلو من مادة السوبرين وتكون هذه الخلايا مقابلة للخشب الأول . الإسطوانة الوعائية **vascular cylinder** تتكون من نسيج الدائرة المحيطية **Pericycle** ونسيج الخشب **Xylem tissue** ونسيج اللحاء **Phloem tissue** ونسيج النخاع (اللب) **Pith**.

Plant Anatomy

- **الدائرة المحيطية Pericycle:**

يتكون عادة من صف واحد من خلايا برنكيمية رقيقة الجدران قد تستعيد قدرتها على الإنقسام ومن هذه الطبقة تنشأ الجذور الجانبية .

- **الحزم الوعائية Vascular bundles:**

تتكون الحزم الوعائية من أذرع من الخشب الإبتدائي **Primary xylem** تتبادل مع كتل من نسيج اللحاء الإبتدائي **Primary phloem** على أنصاف أقطار متبادلة (حزم قطرية) ويفصل بين الخشب واللحاء مجموعة من خلايا مرستيمية غير متشكلة تقوم بوظيفة الكامبيوم الوعائي في جذور النباتات التي تتغلظ ثانوياً (غالباً نباتات ذوات الفلقتين) وتصبح خلايا برنكيمية بالغة أو سكلرنكيمية في الجذور التي لا تتغلظ ثانوياً (نبات ذوات فلقة واحدة) ويتكون ذراع الخشب من خشب أول للخارج وخشب تالي للداخل وأوعية الخشب الأول ضيقة ذات تغلظ حلقي أو حلزوني وأحياناً سلمي ، أما الخشب التالي فأوعية واسعة وتغليظها يكون شبكياً أو منقرا وعدد أذرع الخشب يتراوح عادة بين 2 – 8 في جذور ذوات الفلقتين بينما يزيد على ذلك في جذور نباتات ذوات الفلقة الواحدة حيث تصل 8-25 ذراع.

ويتكون اللحاء الإبتدائي أيضاً من لحاء أول للخارج ولحاء تالي للداخل وتكون الأنابيب الغربالية للحاء الأول أضيق من الأنابيب الغربالية للحاء التالي .

- **النخاع (اللب) Pith:**

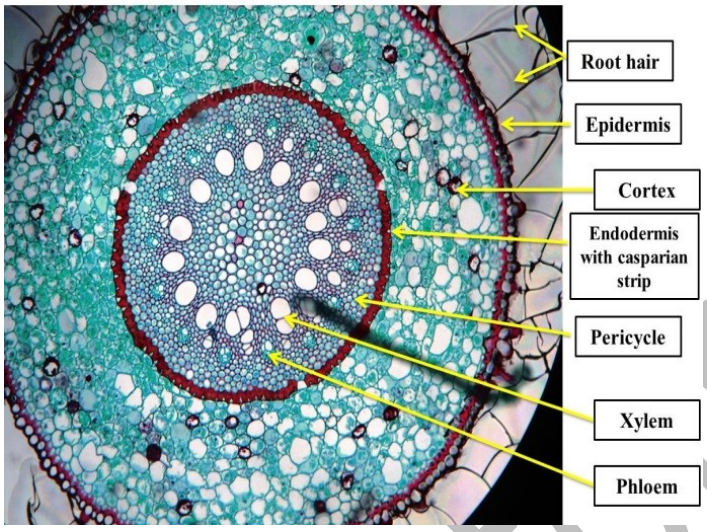
يتكون النخاع من خلايا برنكيمية تشغل مركز القطاع تظهر عادة في جذور نباتات الفلقة الواحدة لتباعد أذرع الخشب ، بينما يلتقي الخشب التالي لجميع الحزم ويلتحم في مركز الجذر فلا يترك مكانا للنخاع في جذور ذات الفلقتين .

مقارنة بين جذر فلقتين وجذر فلقة واحدة

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

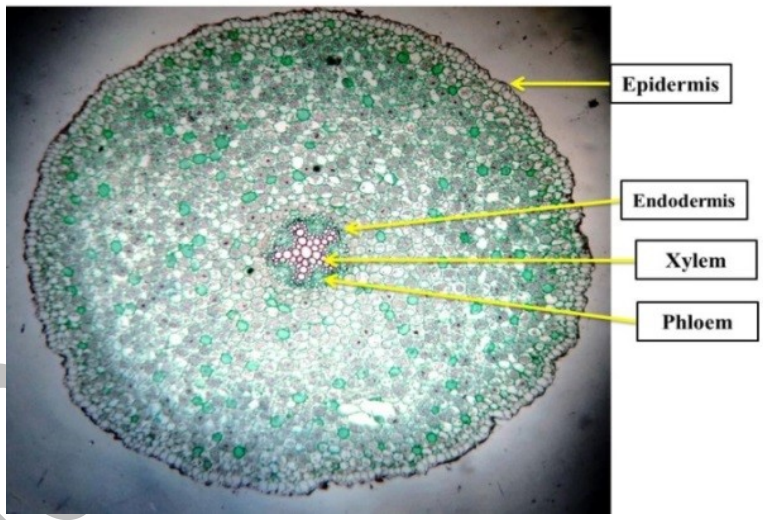
Plant Anatomy

Zea mays root (T.S)



جذر ذوات الفلقة الواحدة

Ranucuculus root T.S



جذر ذوات الفلقتين

البنية التشريحية للساق :

أولاً : ساق نبات ذوات الفلقتين :

لدى فحص قطاع مستعرض في ساق حديث من نباتات ذوات الفلقتين نجد أنه يتكون من الأنسجة التالية من المحيط إلى المركز :

- **البشرة Epidermis:**

تتكون من طبقة واحدة من الخلايا المتراصة تغطى بالكيوتين وتوجد بين خلايا البشرة ثغور أقل عدداً مما هو عليه في الأوراق ، قد تمتد من خلايا البشرة زوائد وحيدة الخلية أو عديدة الخلايا .

- **القشرة Cortex:**

مجموعة من الطبقات تلي البشرة إلى الداخل وتغلف الإسطوانة الوعائية ، وهي تتكون من خلايا برنكيمية يوجد بها بلاستيدات خضراء ، كما يوجد خلايا كولنكيمية والطبقة الأخيرة من القشرة تسمى بالغلاف النشوي لاحتواء خلاياها على نشا مدخر يظهر بلون أزرق عند صبغ القطاع بصبغة الايودين وفي كثير من الأحيان نلاحظ وجود أنسجة إفرازية داخلية كالقنوات الراتنجية واللبنية متخلله نسيج القشرة .

- **الاسطوانة المحيطية Pericycle :**

وهي مجموعة من الخلايا السكلرنكيمية فوق الحزمة الوعائية وتحديدا فوق منطقة اللحاء متمثلة بالياف قبعة الحزمة.

- **الحزم الوعائية Vascular bundle:**

الحزم من النوع الجانبي المفتوح فهي جانبية لأن الخشب واللحاء على نصف قطر واحد ، وهي مفتوحة لأن الكامبيوم الوعائي الحزمي يوجد بين الخشب واللحاء ويتكون اللحاء دائماً للخارج والخشب للداخل . والخشب التالي ذو الأوعية الواسعة للخارج جهة الكامبيوم والخشب الأول ذو الأوعية الضيقة للداخل الجهة النخاع . ويتكون الكامبيوم الوعائي من صف من الخلايا المرستيمية تنقسم معطيه خشب للداخل ولحاء نحو المحيط .

- **النخاع والأشعة النخاعية (اللب والاشعة اللبية) Pith & Pith ray**

يكون النخاع الجزء المركزي من الساق ، كما تتصل القشرة بالنخاع بواسطة أشعة نخاعية. وهي تتكون من خلايا برنكيمية . وفي بعض سيقان النباتات العشبية مثل الفول والبرسيم يوجد تجويف وسطي في موضع النخاع نتيجة تمزق وتحلل النخاع أثناء النمو .

ثانياً: ساق نبات ذو فلقة واحدة :

لدى فحص قطاع مستعرض من ساق حديث لنبات من ذوات الفلقة الواحدة نجد أنه يتكون من الأنسجة التالية:

- **البشرة Epidermis:**

و تتكون من صف واحد من الخلايا المتراصة التي يعلوها طبقة من الكيوتين و تتخللها الثغور ، و قد تحتوي على زوائد بشرة .

- **النسيج الأساسي Ground tissue:**

يلي البشرة و يملأ القطاع و يتكون من خلايا برنكيمية وتتبعثر فيه الحزم الوعائية و قد تكون الطبقات الخارجية من النسيج الأساسي خلايا سكلرنكيمية كما في كثير من النباتات النجيلية .

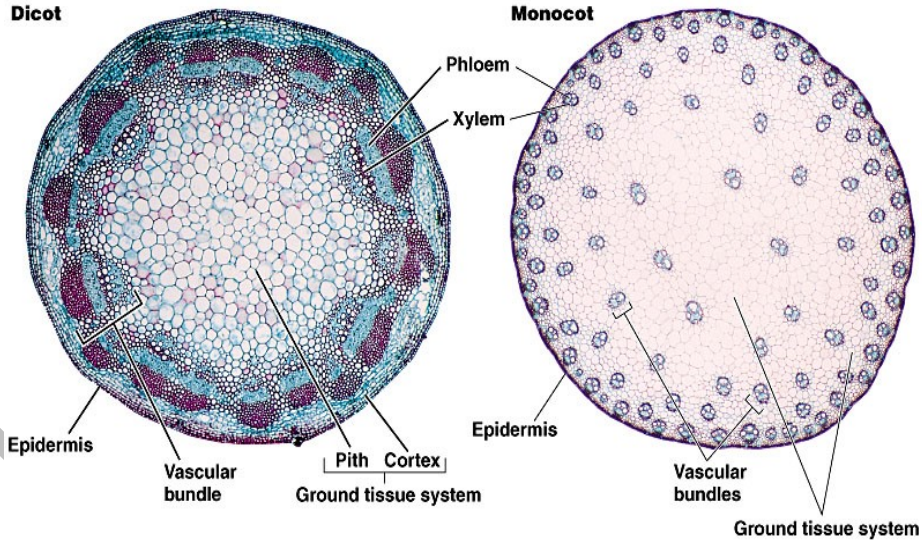
Plant Anatomy

- **الحزم الوعائية Vascular bundles:**

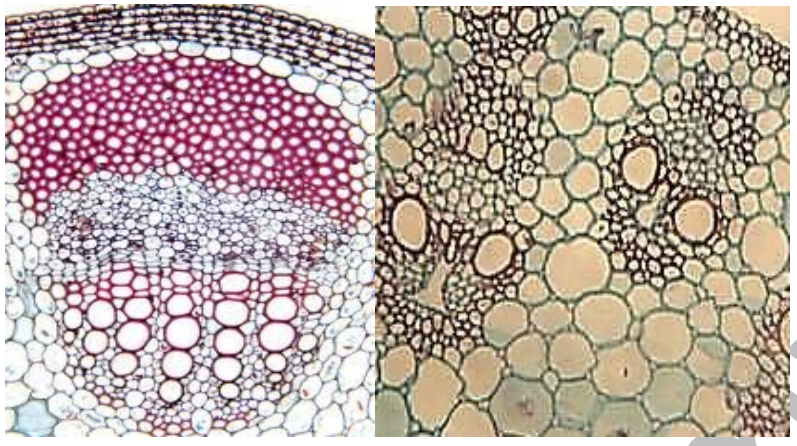
وهي عديدة مبعثرة في النسيج الأساسي وهي عادة حزم جانبية مغلقة أي أن اللحاء والخشب على نصف قطر واحد ولا تحتوي على نسيج كامبيوم وعائي بين الخشب و اللحاء . ويتكون الخشب من عدد محدود من أوعية الخشب مرتبة على شكل حرف Y أو حرف V والخشب التالي للخارج والأول للداخل . و قد تتمزق بعض أوعية الخشب الأول مكونة فجوة تعرف بتجويف الخشب الاول. وعادة تغلف الحزم بطبقة أو أكثر من الألياف تعرف بغمد الحزمة **Bundle sheath**.

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

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



Plant Anatomy



الفرق بين تشريح الساق والجذر			
	تشريح الساق		تشريح الجذر
1	التفرعات الثانوية خارجية المنشأ	1	التفرعات الثانوية داخلية المنشأ
2	القمة النامية طرفية الموقع لانعدام القلنسوة	2	القمة النامية تحت طرفية لوجود القلنسوة
3	وجود الادمة في منطقة البشرة	3	انعدام طبقة الادمة
4	وجود النسيج الكولنكيمي	4	وجود النسيج السكلرنكيمي وانعدام الكولنكيمي
5	الحزم الوعائية جانبية او مركزية Collateral or concentric	5	الحزم الوعائية من النوع القطري Radial vascular bundle
6	موقع الخشب التالي للخارج والخشب الاول للداخل Endoarch	6	موقع الخشب التالي للداخل والخشب الاول للخارج Exarch
7	عدم تميز النسيج الاساس في ذوات الفلقة الواحدة الى قشرة ولب	7	جذور ذوات الفلقة والفلقتين يتميز فيها النسيج الاساس الى قشرة ولب
8	ينشأ الكامبيوم الفليني في ساق ذوات الفلقتين من منشأ خارجي من الطبقات الخارجية للقشرة	8	ينشأ الكامبيوم الفليني من جذور ذوات الفلقتين من منشأ داخلي اي من Pericycle
9	لاتتميز القشرة الداخلية عادة في الساق وانما يوجد بدلا منها الغلاف النشوي في بعض النباتات	9	تنتهي القشرة في الجذر بطبقة القشرة الداخلية Endodermis .

البنية التشريحية للورقة

أولا : ورقة نبات ذوات الفلقتين :

بالفحص التشريحي لنصل ورقة نبات ذو فلقتين يلاحظ أنها تتركب من النسج التالية وذلك من الأعلى إلى الأسفل :

- البشرة العليا upper epidermis :

صف واحد من الخلايا المتراصة خالية من الكلوروفيل فيما عدا الخلايا الحارسة المحيطة بفتحات الثغور التي تحتوي على الكلوروفيل و تغطي الجدر الخارجية لخلايا البشرة طبقة الكيوتين .

Plant Anatomy

- النسيج الوسطى Mesophyll:

و هو من الأنسجة الموجودة بين البشرة العليا و السفلى باستثناء الحزم الوعائية و يمثل النسيج الوسطى للورقة و يتميز إلى :

1. نسيج عمادي Palisade layer: و يوجد تحت البشرة العليا مباشرة و يتكون من صف أو أكثر من خلايا برنكيمية أسطوانية متعامدة على خلايا البشرة وغنية بالبلاستيدات الخضراء .

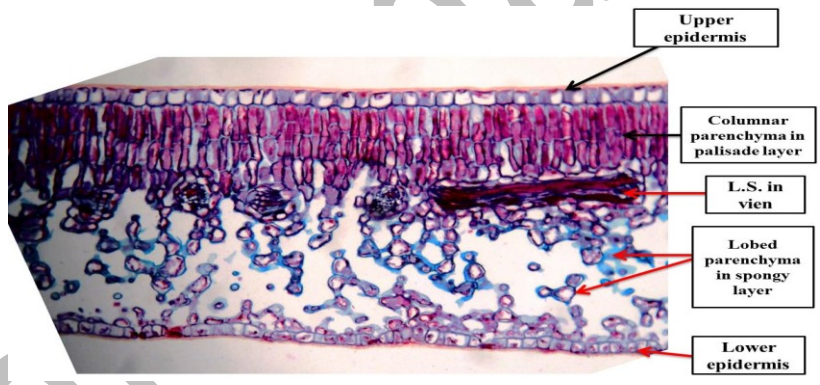
2. نسيج إسفنجي spongy layers: يوجد أسفل النسيج العمادي جهة البشرة السفلى و تكون من عدة طبقات و خلاياه غير منتظمة الشكل تفصلها مسافات بينية واسعة و تحتوي على بلاستيدات خضراء و لكن بنسبة أقل منها في خلايا النسيج العمادي .

- الحزم الوعائية vascular bundles:

توجد الأنسجة الوعائية في نصل الورقة في نظام متشابك مكونه عروق الورقة (تعرق شبكي Reticulate venation) وتقع الحزم الوعائية الرئيسية في العروق الوسطى و تتكون من خشب و لحاء و لاتوجد كامبيوم عادة ويوجد الخشب جهة البشرة العليا ويتكون من أوعية خشبية مرتبة في صفوف وقصيبات وألياف وبرنكيمية خشب ويكون الخشب الأول إلى الأعلى و الخشب التالي إلى الأسفل و يوجد اللحاء جهة البشرة السفلى و يتكون من أنابيب غربالية و خلايا مرافقة و برنكيمية لحاء والحزم الوعائية الفرعية أبسط تركيبا من الحزمة الرئيسية و تحاط الحزم عادة بطبقة أو أكثر من خلايا برنكيمية أو كلورنكيمية متراصة بجانب بعضها مكونة غلاف الحزمة . كما يلاحظ وجود خلايا كولنكيمية أعلى و أسفل العرق الوسطى تعمل كنسيج وعائي في الورقة .

- البشرة السفلى lower epidermis:

تشبه خلايا البشرة العليا إلا أن جدر خلايا البشرة السفلى أقل سماكة و تحتوي عادة على ثغور بعدد أكبر من عددها في البشرة العليا .



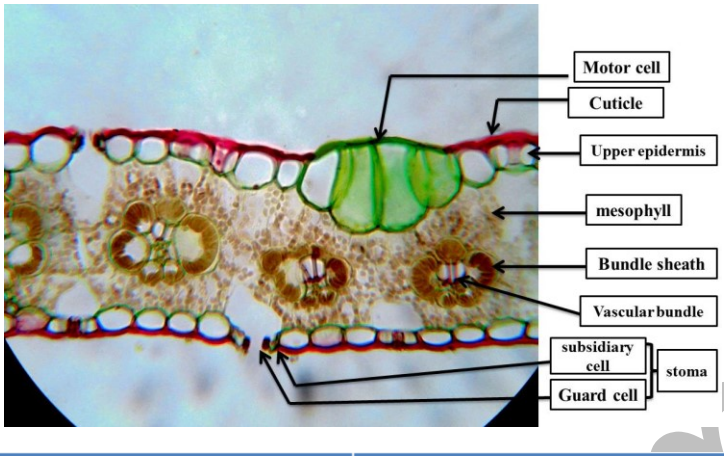
ثانيا: ورقة نبات من ذوات الفلقة واحدة :

بالفحص المجهري لنصل ورقة نبات ذو فلقة واحدة نجد انها تتكون من ما يلي :

- البشرة العليا Upper epidermis: تتكون من طبقة من الخلايا المتراصة تتغطى بالكيوتين و يوجد فيها ثغور وكثيرا ما يتميز بالبشرة مجموعة من الخلايا المتراصة والكبيرة الحجم ورقيقة الجدر تنثني عندها الورقة و تعرف بالخلايا الحركية أو اللافة .
- النسيج الأساسي Mesophyll: و يتكون من خلايا كلورانكيمية تقوم بعملية التمثيل الضوئي و لا يتميز هذا النسيج في معظم نباتات ذات الفلقة الواحدة إلى نسيج عمادي و آخر اسفنجي .
- الحزم الوعائية Vascular bundles: توجد الأنسجة الوعائية في نظام متوازي عادة لأن تعرق الأوراق متوازي parallel venation في ذوات الفلقة الواحدة .

تظهر في القطاع المستعرض الحزم الكبيرة في الوسط والصغيرة عند الحافة . و الحزم جانبية مغلقة يوجد الخشب بها من جهة البشرة العليا مكونا حرف Y أ و V و يوجد اللحاء من جهة البشرة السفلى و يلاحظ وجود خلايا سكلرنكيمية تحت البشرة مباشرة خاصة حول الحزم الرئيسية تعمل كنسيج دعامي للورقة .

- البشرة السفلى lower epidermis: تشبه البشرة العليا .



ورقة ذوات الفلقة	ورقة ذوات الفلقتين
1. تحتوي على الخلايا المحركة motor cell	1. لا تحتوي
2. يكون من خلايا برنكيمية لا يتميز الى نسيج عمادي واسفنجي	2. يتكون من خلايا برنكيمية عمادية واخرى اسفنجية
3. العروق متوازية	3. العروق شبكية
4. توجد الانسجة الوعائية في نظام متوازي لان تعرق الاوراق متوازي	4. توجد الانسجة الوعائية في نظام متشابك مكون من عروق الورقة. تقع الحزمة الوعائية الرئيسية في العرق الوسطي
5.اوعية الخشب على شكل حرف V أو Y	5. اوعية الخشب على شكل صفوف قطرية مستقيمة
6. مثال نبات الحنطة	6. مثال نبات العنب

Plant Library

التركيب الداخلي للنباتات وعلاقته بالبيئة

يختلف التركيب الداخلي للنبات اختلافاً كبيراً مع تغير البيئة، وقد يصحب هذا التغير (الاختلاف) تغير في الشكل االخارجي للنبات. كذلك يطلق على النباتات التي تعيش في بيئة معتدلة من حيث توفر الماء ودرجة الحرارة **نباتات البيئة المتوسطة** (Mesophytes) أما النباتات التي تعيش في البيئة الصحراوية القاحلة والتي تتعرض الى ندرة المياه فتسمى **نباتات البيئة الجافة** أو نباتات الجفاف (Xerophytes). أما النباتات التي تعيش في البيئة المائية والتي يطلق عليها **النباتات المائية** (Hydrophytes). ويطلق على النباتات القادرة على العيش في بيئات ملحية مصطلح **النباتات الملحية** (Halophytes) .

نباتات الجفاف (Xerophytes)

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

1. تقــوية البشرة:

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

2. تكوين كميات وفيرة من النسيج السكلرنكيمي :

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

3. وفرة الشعيرات:

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

4. انطواء الأوراق:

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

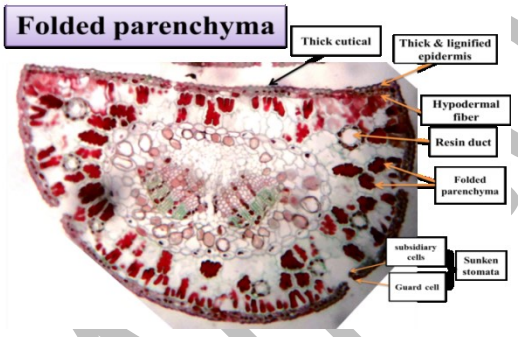
Plant Anatomy

5. الثغور من حيث تركيبها وموضعها :

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

6. اختزال سطح (نصل) الورقة :

تلجأ بعض النباتات الصحراوية (نباتات الجفاف) الى تخفيض معدل النتح عن طريق تقليل السطح الناتح، وذلك بحملها لأوراق صغيرة وتسمى هذه النباتات نباتات الجفاف صغيرة الأوراق (microphyllous Xerophytes) مثل أذناب الخيل والصنوبروكشك الماء او الهليون (*Asparagus*)



التشريح الداخلي لمقطع مستعرض في ورقة لنبات البيئة الجافة Xerophytes

نباتات الجفاف اللحمية (Fleshy Xerophytes)

ان التغلب على ندرة الماء لا تُتَخذ عن طريق اعاقة النتح فحسب وانما قد تلجأ بعض النباتات الى الاحتفاظ بكميات كبيرة من الماء داخل جسمها مما يؤدي الى ظهورها بمظهرلحمي في بعض الأحيان ولذلك تسمى نباتات الجفاف اللحمية (Fleshy Xerophytes). وهذه النباتات لها أوراق أو سيقان لحمية تحتوي بداخلها على نسيج برنكيمي خازن للماء ،كما تحتوي بالاضافة الى ذلك على مواد هلامية. ويمكن الاحتفاظ بهذا الماء حتى فترة الجفاف حين يحتاج النبات الى استخدامه . ويتركب النسيج الخازن للماء من خلايا برنكيمية حية كبيرة الحجم وتحتوي على سايتوبلازم خارجي رقيق وفجوة مركزية واسعة مملوءة بالماء أو سائل هلامي. وهذا النسيج الخازن قد يؤدي مهمة سد حاجة النبات الى الماء أثناء الجفاف ، كما أنه يحفظ الأنسجة الداخلية من أشعة الشمس الحارة الساقطة على سطح النبات. والنسيج الخازن للماء يكون موقعه خارجياً أو داخلياً.

النباتات المائية (Hydrophytes)

تتحورالنباتات المائية أيضاً لكيما تتلائم مع بيئتها الا أن التحورات التركيبية الخاصة بالبيئة المائية قليلة اذا ما قورنت بتلك التحورات الخاصة بالبيئة الجافة، فالعوامل التي تؤثر على النباتات المائية تتضمن أساساً درجة الحرارة والتهوية الكافية والتركيز الأزموزي والسمية وغيرها. ويتوقف العاملان الأخيران على ما يحتويه الماء من مواد مذابة فيه. وتحدث التحورات التركيبية في النباتات المائية عن طريق اختزال الأنسجة الواقية والدعامية والموصلة بالاضافة الى زيادة المسافات البينية خلال الأنسجة الداخلية.
ويمكن تلخيص مميزات النباتات المائية فيما يلي :

Plant Academy

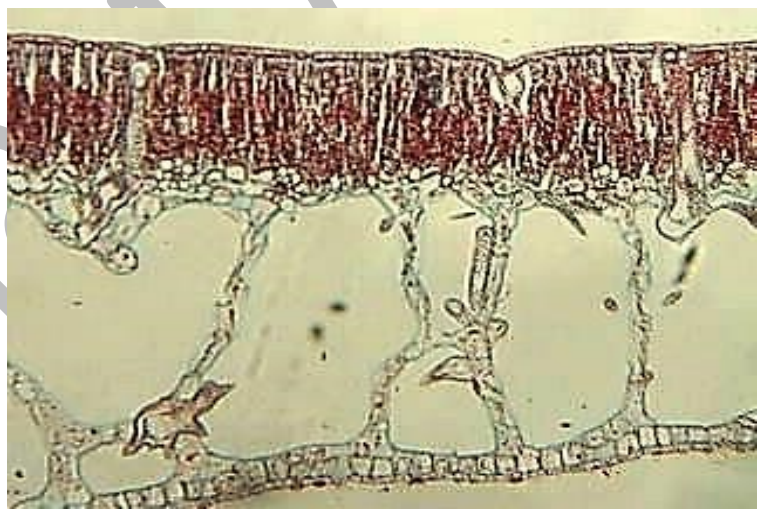
1- البشرة :
تفقد البشرة في النباتات المائية وظيفتها الوقائية ولكنها تقوم عوضاً عن ذلك بامتصاص الماء والغازات والأملاح مباشرةً من المياه المحيطة. وفي النباتات المائية النموذجية يغطي البشرة طبقة رقيقة من الأدمة (cuticle) اضافة الى احتوائها على كلوروفيل بغزارة. أما الثغور فهي بسيطة التركيب وتوجد بوفرة في الأجزاء الطافية وتختفي في الأجزاء المغمورة.

2- الشكل العام للورقة:
يمكن التمييز بين االنباتات المائية بصورة عامة من حيث أنها أما مغمورة تماماً أو طافية وعلى هذا الأساس فالنباتات المغمورة تكون أوراقها جميعاً مغمورة أما النباتات الطافية فهذه تكون لها أوراق طافية وربما أخرى هوائية بجانب الأوراق المغمورة. فالأوراق المغمورة تكون عادةً أما رفيعة للغاية أو مجزأة كما في نبات الحزنبل (*Myriophyllum*) حيث أن الأوراق المجزأة تمتاز بسطح أكبر لامتصاص الماء والغازات . بالاضافة الى أنها أقدر على المقاومة من الناحية الميكانيكية ، اذ تستطيع التيارات المائية أن تنساب بين أجزائها. وفي بعض النباتات المائية توجد ظاهرة التباين الورقي (Heterophylly) ، أي وجود نوعين من الأوراق أو أكثر كما في نبات الشقيق المائي (*Ranunculus agvatillis*) اذ يحمل النبات أوراقاً مغمورة ريشية كثيرة التجزؤ وأوراقاً طافية بسيطة التفصص .

3- العروق الهوائية:
تحتوي النباتات المائية من خلال أنسجتها على مسافات بينية هوائية واسعة ممتلئة بالغازات تقوم بمهمة خزن هذه الغازات. وهذه المسافات أو الغرف الهوائية الواسعة تحيطها من جميع الاتجاهات خلايا برنكيمية رقيقة الجدران صغيرة الحجم وتسمى هذه الخلايا بالـ (**Aerenchyma**).

4- اختفاء النسيج السكلرنكيمي:
يختفي النسيج السكلرنكيمي في النباتات المائية واذا وجد فيكون ضعيف التكوين ويعتمد النبات على الماء ذاته كدعامة له.

5- اختزال الأنسجة الوعائية والماصة :
يحدث امتصاص الماء والأملاح في النباتات المائية على المياه المحيطة خلال السطح المغمور للنبات . ولذلك فالنظام الجذري يكون مختزلاً وتختفي الشعيرات الجذرية تماماً. وكذلك فان عناصر الخشب تختزل هي الأخرى أو قد تختفي تماماً في بعض الحالات ويبقى الخشب عندئذٍ ممثلاً بقناة خشبية (Xylem canal) تتكون بالطريقة الانفصالية (Schizogenously) وتحاط قناة الخشب بخلايا برنكيمية يليها الى الخارج اللحاء.



لتشريح الداخلي لمقطع طولي في ورقة النبات المائي

Plant Anatomy

مناشئ الانسجة

المنطقة او النسيج	المنشأ
البشرة وملحقات البشرة	protodermis
اشعة اللب و النسيج الكولنكيمي والبرنكيمي والالياف تحت البشرة والياف قبعة الحزمة والياف غمد الحزمة.	Ground meristem
الخشب الابتدائي ، اللحاء الابتدائي، الكامبيوم الحزمي وجميع عناصر الخشب واللحاء	Procambium
الخشب الثانوي واللحاء الثانوي وجميع العناصر الخاصة بهم	Vascular cambium
اشعة الخشب واشعة اللحاء	الاصول شعاعية
الفلين، والقشرة الثانوية	الكامبيوم الفليني
الكامبيوم الفليني في الساق	ينشأ من ظاهرة فقدان التمايز لخلايا برنكيمية التي تقع تحت البشرة في الساق .
السكلريدات	من اعادة التمايز لبعض خلايا القشرة والبشرة.
الكامبيوم الفليني للعديسة	ينشأ من فقدان التمايز لخلايا البشرة التي تقع تحت الثغر
الكامبيوم الحزمي	الكامبيوم الاولي procambium
الكامبيوم البين الحزم	من فقدان التمايز لخلايا برنكيمية التي تقع على امتداد الكامبيوم الحزمي
الكامبيوم الفليني في الجذر	ينشأ من فقدان التمايز لخلايا الدائرة المحيطية (منشأ داخلي).

Plant Anatomy