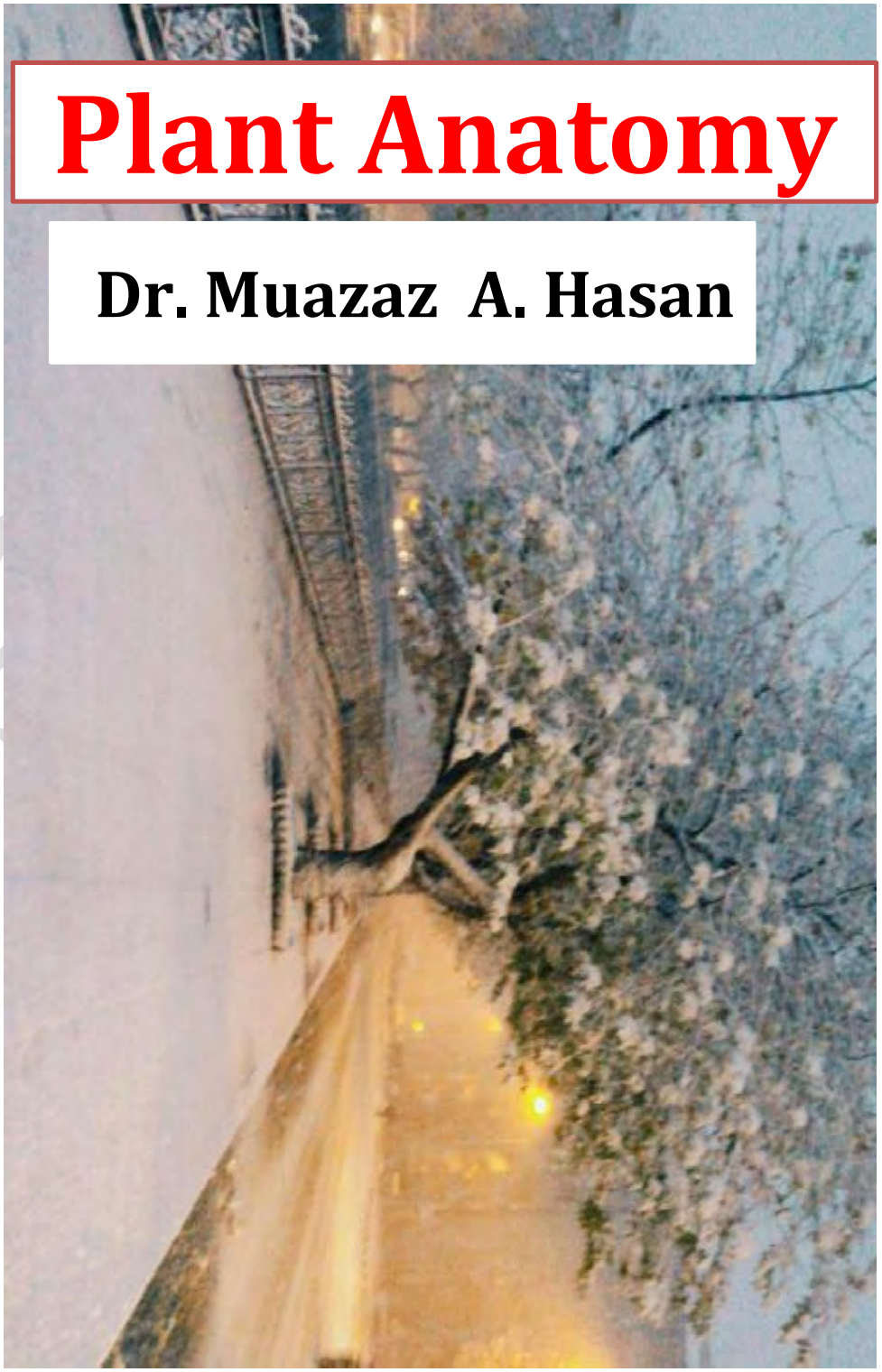
Plant Anatomy

Plant Anatomy

Dr. Muazaz A. Hasan



Plant anatomy

Plant anatomy: is the general term for the study of the internal structure of plants body. While originally it included plant morphology, which is the description of the physical form and external structure of plants, since the 20th century the investigations of plant anatomy are considered a separate distinct field and plant anatomy refers to just the internal plant structures. Plant anatomy is now frequently investigated at the cellular level, and often involves the sectioning of tissues and microscopy.

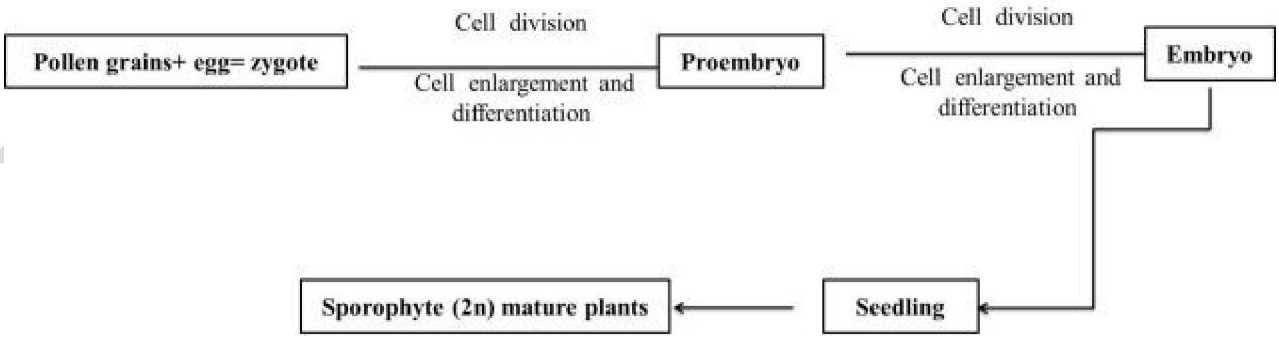
Plant body: the plant body consists of number of organs e.g. root, stem, leaf, flower and fruit.

Development of the plant body:

A vascular plant begins its existence as morphologically simple unicellular zygote (2n). The zygote develops into the embryo and then into the mature sporophyte.

*The development of the sporophyte to mature plant involves:

1- Cell division
2- Cell enlargement
3- Cell specialization
4- Cell differentiation



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 وما الى ذلك 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 دائمة لتتشكل وتتكيف تبعا للوظيفة التي ستقوم بها ويبقى من الخلايا المرستيمية مجموعة في طرف الساق ومجموعة أخرى في طرف الجذر تسمى 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

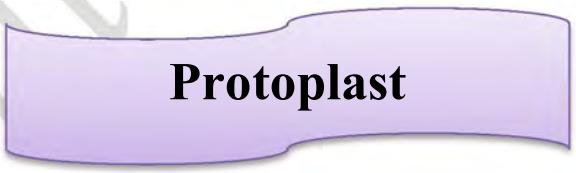
في الغالبية العظمى من نباتات ذوات الفلقة الواحدة والحولية من ذوات الفلقتين وكذلك اغلب النباتات الوعائية الإبتدائية يكون الجسم النباتي ابتدائيا. أما معظم النباتات ذوات الفلقتين وعاريات البذور وبعضا من ذوات الفلقة الواحدة التي تعاني تسمكا في السيقان والجذور فيحصل بها نوع اخر من النمو يبدأ بعد إكتمال النمو 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.

Plant cells: Cells represent the smallest structural and functional units of organism. Living organisms consist of single cells (unicellular) or complexes of cells (multicellular).

The concept that the cell is the basic unit of biological structure and function is based on the **cell theory**, which was formulated in the first half of the nineteenth century by Mathias Schleiden and Theodor Schwann, in 1838, Schleiden concluded that all plant tissues are composed of cells, a year later, Schwann (1839) extended Schleiden's observation to animal tissues and proposed a cellular basis for all organism.

The Plant cells composed from two main parts:

1. Cell wall
2. Protoplast.



Protoplast: It is all the contents of the material inside the cell wall, the protoplast includes:

A. Living components includes:

1. Cytoplasm
2. Cell Membranes
3. Nucleus
4. Plastids
5. Endoplasmic Reticulum
6. Dictyosomes (Golgi body)
7. Mitochondria

Plant Anatomy

8. Ribosomes

B. Non living components includes:

1. Vacuoles
2. Crystals
3. Starch grains
4. Aleurone grains
5. Oil droplets

A **cell wall** is a structural layer that surrounds of plant cells, it can be tough, flexible, and sometimes rigid and it provides cells with both structural support and protection also acts as a filtering mechanism.

Cell walls are present in all plants, fungi and prokaryotic cells except the Motile spores in fungi and algae, Gametes and Coenocytes (is a multinucleated cell which can result from multiple nuclear divisions without their accompanying cytokinesis).

Cytokinesis: is that part of the cell division process during which the cytoplasm of a single eukaryotic cell divides into two daughter cells.

Characters of cell wall:

1. **Plasticity**: It mean keep the form or size when exposed to an effective lead to change. These clearly show in the plant in some stages of growth when the cells reach a certain size and form.
2. **Elasticity**: It is the ability to back in the same shape or the original size after removal of the external stimulation in the cell walls that are exposed to fullness pressure.
3. **Tensile strength**: this refers to the mechanical elements walls of strong fiber that exist outside the xylem in monocots and dicot plant.

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 التكسر 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 Arabinose , Xylose , او سكريات سداسية مثل Mannose , Galactose
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
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. تبدأ عملية اللكننة في الجدار الابتدائي في الزوايا قرب تثخنات الصفيحة الوسطى ثم ينتشر اللكنين من هذه المناطق ليشمل جميع مناطق الجدار الابتدائي والصفيحة الوسطى بينما يتأخر تلكنن الجدار الثانوي الى مابعد اكتمال اضافة جميع السكريات المتعددة الاخرى عدا حالة شاذة وهي عناصر النقل ذات التثخنات الحلقية والحلزونية للخشب الاولي Protoxylem حيث يتلكنن الجدار الثانوي في هذه العناصر قبل الجدار الابتدائي
6. **الدهون Fatty substances** ويشمل السوبرين Suberine كيوتين Cutin ، شموع Waxes وهذه تمثل بوليميرات لاحماض دهنية تختلف فيما بينها في درجات انصهارها بالحرارة وقابلية

Plant Anatomy

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 .

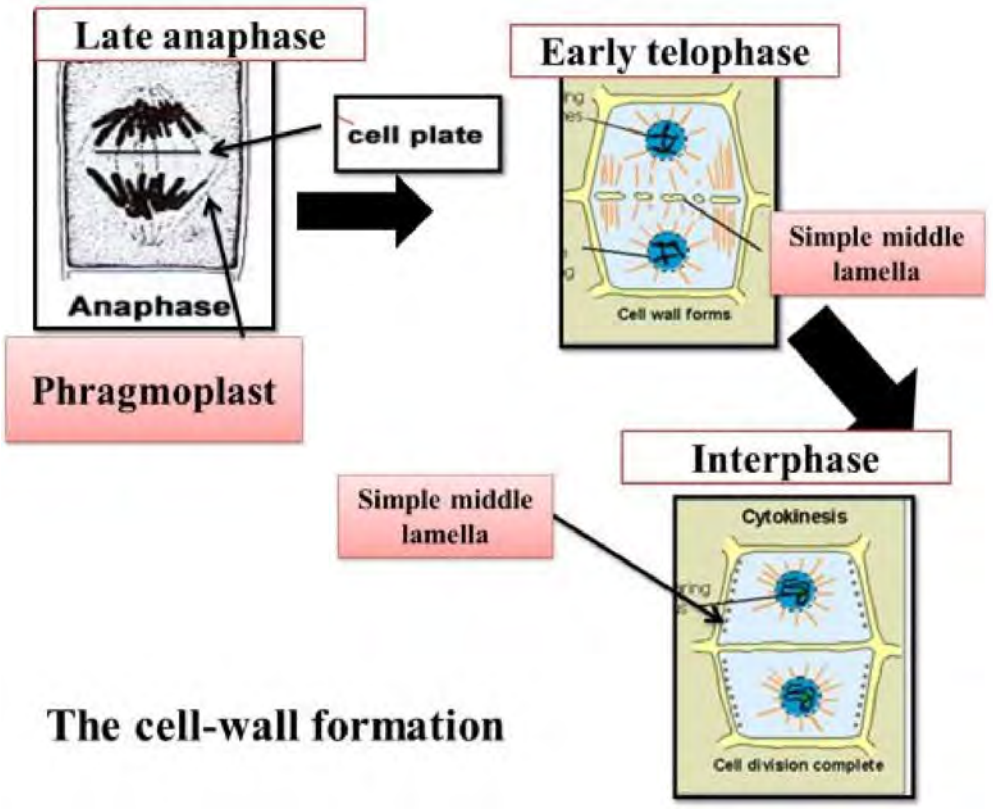
قد يتحمل جدران الخلايا بمواد معدنية كثيرة كالسيليكا وكاربونات الكالسيوم وتكثر مركبات السيليكون في جدران خلايا الحشائش كما قد تتحمل الجدران بمواد عضوية كثيرة كالراتنج والدباغ والحبيبات الصبغية والاحماض الدهنية ويمكن ملاحظة ذلك في جدران خلايا الخشب عند تحولها من خشب عصيري رخو الى خشب صلد صميمي .

تكوين جدار الخلية :- Cell wall formation

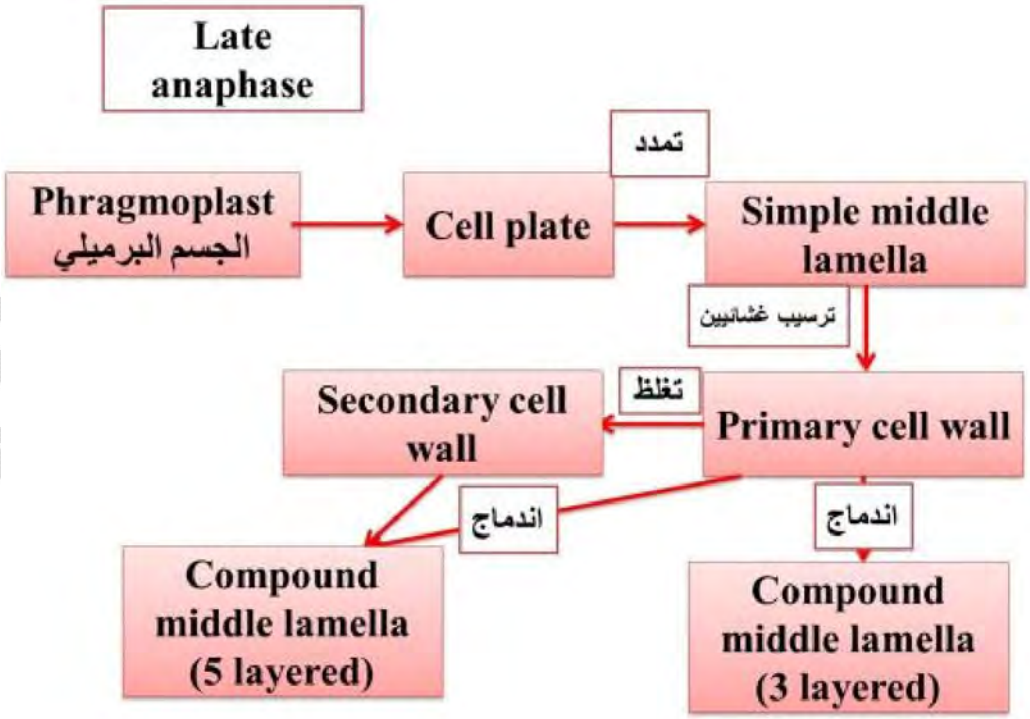
يظهر الجدار الخلوي مباشرة بعد الانقسام في نهاية الطور الانفصالي Late Anaphase بشكل منطقة داكنة تتكون عند خط استواء المغزل Equator يطلق عليها اسم الفراكموبلاست او الجسم البرميلي Phragmoplast وخلال الفراكوبلاست يظهر الجدار بشكل صفيحة رقيقة تسمى الصفيحة الخلوية Cell Plate وتكون في البداية في وضع مركزي ثم تمتد تدريجيا نحو الخارج Centrifugal الى ان تصل الى جدارالخلية الام وتسمى حينئذ بالصفيحة الوسطى Middle Lamella وتتكون الصفيحة الوسطى 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 وللتمييز بين الصفيحة الوسطى المتكونة اصلا وتلك التي اندمجت مع الجدار الابتدائي تسمى الاولى Simple Middle lamella والصفيحة الوسطى المركبة Compound middle lamella للثانية 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

تشير دراسات المجهر الالكتروني الى ان الصفيحة الخلوية تتكون من حويصلات خلوية مصدرها عضيات في السايتوبلازم وهي الدكتيوسومات او قد تكون مصدرها الشبكة الاندوبلازمية



The cell-wall formation



Compound middle lamella formation

طبقات الجدار Wall Layers:

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 وتعتبر مادة متجانسة التركيب Isotropic لذلك فأن هذه الطبقة من الجدار تكون عديمة الفعالية الضوئية Optically inactive تبعا لتأثيرها على الضوء المستقطب Polarized Light . في حالة تلكنن 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. يوصف الجدار الابتدائي تبعا لتأثيره على الضوء المستقطب بأنه فعال ضوئيا او بصريا Optically active وذلك لان المكون الاساسي للجدار الابتدائي هي مادة السيليلوز وهي مادة غير متجانسة التركيب Anisotropic وتكون فيها الياف السيليلوز مرتبة بشكل منسق مما يؤدي الى انحراف الضوء المستقطب عند مروره خلالها.
5. يكون الجدار الابتدائي رقيق عادة كما في الخلايا المرستيمية وقد يكون سميكا كما في جدران بعض الخلايا الخازنة كالسويداء.
6. توصف التغيرات في الجدار الابتدائي عادة بانها تغيرات عكسية Reversible Changes حيث يمكنه ان يتغير في السمك او في التركيب الكيمياوي ويمكن ملاحظة التغيرات العكسية هذه كما في حالة نسيج السويداء اثناء انبات البذور. وكذلك في جدران خلايا الكامبيوم الوعائي تبعا لنشاطها في فصول السنة المختلفة.
7. تتخللها الروابط البلازمية Plasmodesmata وهي عبارة عن روابط حية تربط الخلايا وتخترق الجدران .
8. 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:

Plant Anatomy

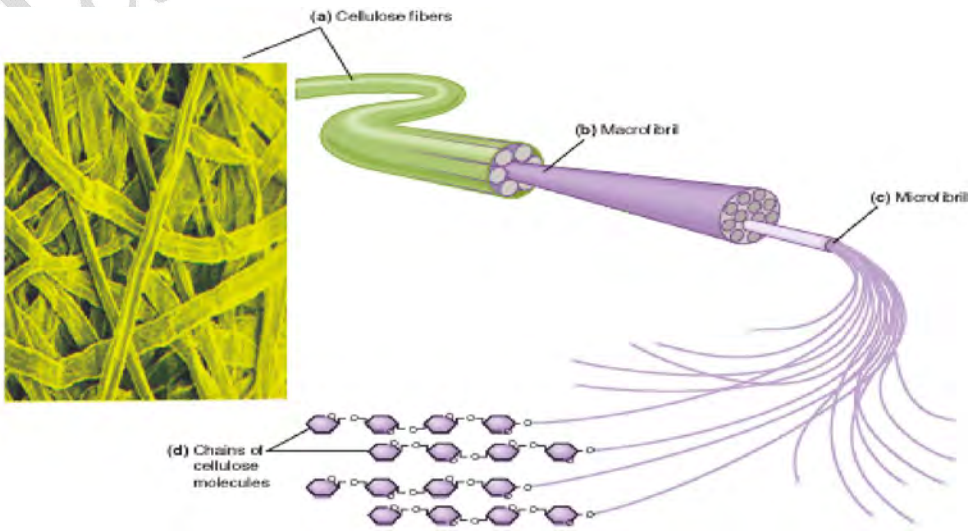
1. يكون نموه بالسمك ولا ينمو سطحيا
2. يتكون اساسا في المركبات التالية (سيليلوز - سكريات متعددة غير سيليلوزية - لكنين - سوبرين ويخلو من البكتين الحقيقي).
3. يكون الجدار الثانوي سميكا وغالبا ما يتميز الى طبقات متميزة كيميائيا وفيزيائيا ، يمكن تميز الطبقات بسبب اختلاف معاملات الانكسار لان نسبة السيليلوز المتبلورة والغير متبلورة تختلف من طبقة الى اخرى.
4. يقترن الجدار الثانوي عادة بخلايا تموت عند النضج اي تفقد محتوياتها الحية.
5. يوصف الجدار الثانوي بكونه فعال جدا من الناحية الضوئية Highly active ويرجع السبب لزيادة نسبة السيليلوز البلوري والتي قد تصل الى نسبة 90% من مجموع السيليلوز.
6. توصف التغيرات التي تحصل في الجدار الثانوي بكونها غير عكسية Irreversible Changes ومعنى هذا متى ما اكتمل تكوين الجدار فلا يتغير في السمك.
7. يتميز الجدار الثانوي بوجود مناطق رقيقة يطلق عليها النقر Pit.

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:**

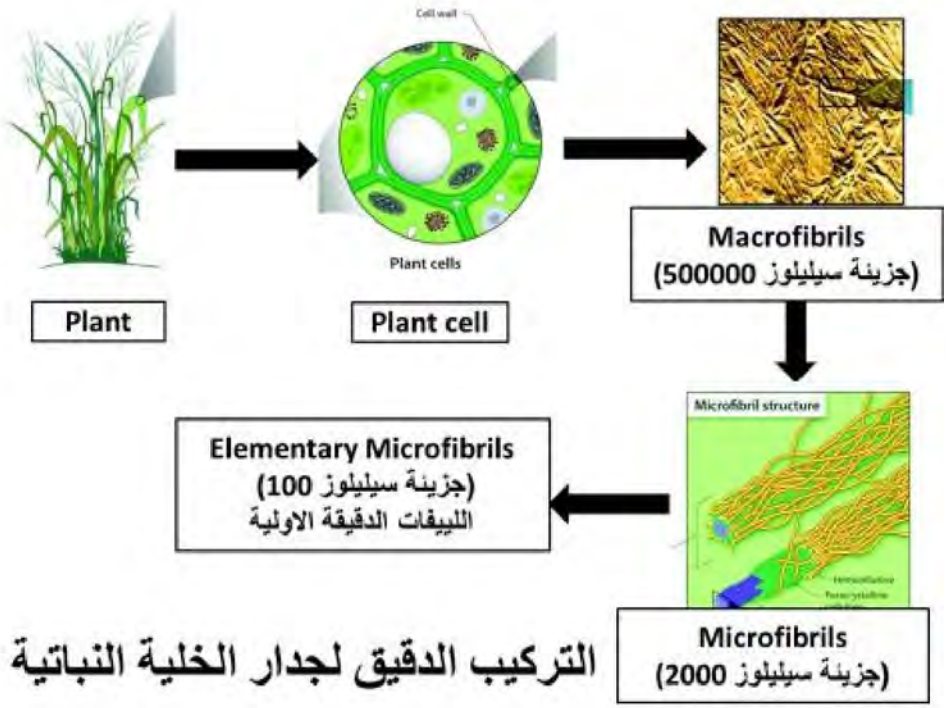
اظهرت دراسات المجهر الالكتروني ان السيليلوز في الجدران يكون على هيئة حزم من لييفات تتجمع بدرجات مختلفة فالتي يمكن مشاهدتها تحت التكبيرات العالية للمجهر الضوئي تعرف باللييفات الكبيرة Macrofibrils والتي تتكون من 500000 جزيئة سيليلوز وعند فحص الاخيرة تحت المجهر الالكتروني تبدو مكونة من وحدات اصغر بشكل حزم 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



Plant Anatomy

2. المادة البينية Matrix

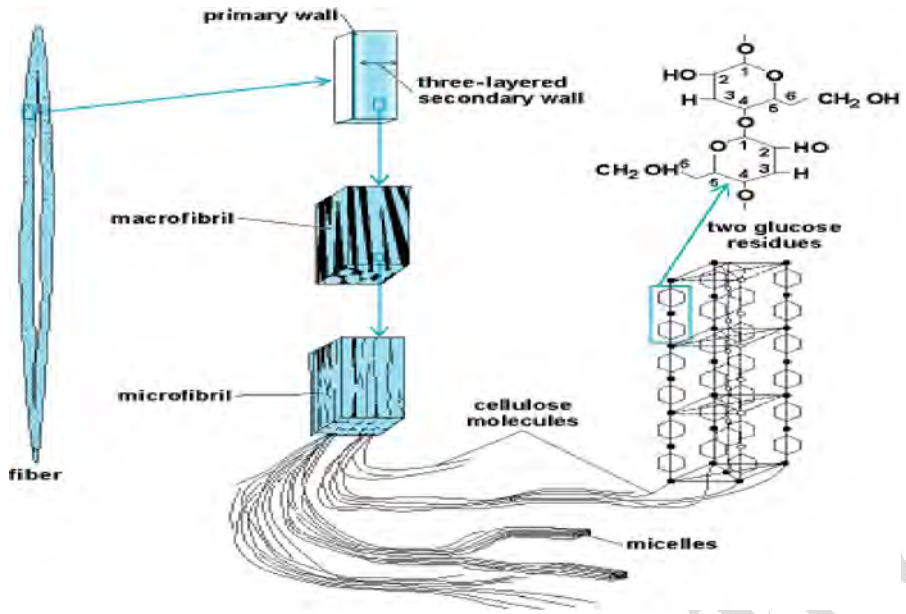
ويتخلل الفراغات الشعيرية الدقيقة Microcapillary space الموجود بين الشبكة السليلوزية وفي هذا الوسط يضاف كل المواد الغير سيليلوزية كالماء والبكتين والسوبرين وغيرها .



Ultrastructure of the cell wall

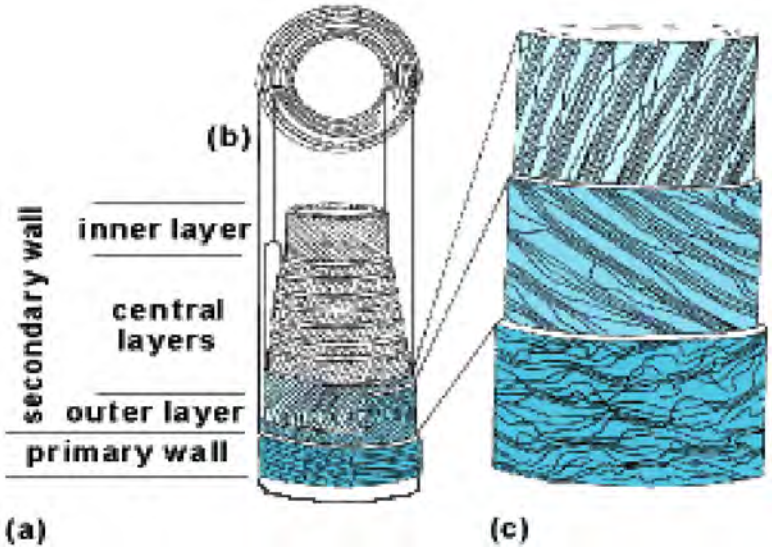
الخاصية البلورية السيليلوزية Crystallinity of cellulose

للسيليلوز خواص بلورية يعود سببها الى ترتيب جزيئات السيليلوز في مناطق معينة من الليفيفات بنظام معين تدعى هذه المناطق بالمايسلات Micelles حيث تكون هذه المناطق الجزء البلوري من السيليلوز او المناطق المتبلورة Crystalline اما المناطق ما بين المايسلات Intermicelles regions وحول المناطق البلورية فتتكون السلاسل فيها اقل نظاما مشكلة السيليلوزعديم الشكل Amorphous .ترتب السلاسل الطويلة لجزيئات السيليلوز في المايسلات بشكل يكون فيه جزيئات الكلوكوز على ابعاد منتظمة من بعضها البعض مكونة تركيب ثلاثي الابعاد يعرف بالشبكة الفراغ Space lattice ويمكن اظهار هذا التركيب ودراسته باستخدام اشعة **X** (اكس)



توضيع الليفات Orientation of macrofibrils

تأخذ الليفات في جدران الخلايا اوضاع مختلفة كما انها تختلف من منطقة الى اخرى في نفس الطبقة من الجدار وعلى العموم فهي اكثر انتظاما في الجدار الثانوي من الجدار الابتدائي. ففي الجدار الابتدائي التي ستصبح متطاولة نجد ان الليفات بوضع يكاد يكون مستعرضا ومتشابكا على المحور الطولي للخلية . وفي الخلايا التي ستصبح كروية فأن الليفات تكون شبكة متداخلة مما يقلل من فعاليتها في حرف الضوء المستقطب . اما في الجدار الثانوي تكون الليفات مائلة الى التوازي مع بعضها كما تكون مائلة على اتجاه المحور الطولي . وعند تكوين الجدار الثانوي في اكثر من طبقة فأن اتجاه الليفات تختلف من طبقة الى اخرى ويمكن تحديد الجدار الثانوي من الابتدائي بمعرفة اتجاه وضع الليفات بالنسبة للمحور الطولي للخلية عند فحصها بالمجهر الالكتروني.



Plant Anatomy

Some of compound in the cell wall:

***Primary pit field and pits:**

Primary pit field: this appear in the primary cell wall when enlarged as a result of growth of the protoplast and increase in size and increase in thickness of the wall, this structure look like a rosary in shape. These fields are characterized by Plasmodesmata.

Pits: are parts of secondary cell walls which allow the exchange of fluids.

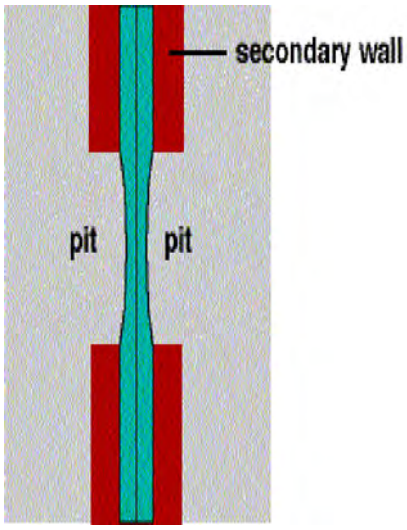
Types of Pits: There are following types of pits:

1. **Simple pits:**

   The diameter of the pit cavity remains uniform in a simple pit. Pit cavity trends in the lumen of the cell. Therefore, the pits of the two sides of the common wall form a simple pit.

   The simple pits include from:

   a. Pit membrane.
   b. Pit cavity.
   c. Pit aperture.



2. **Bordered pits:**

   In this case, secondary cell wall border over the cavity of the pits. Thus the pit opening become narrow than the pit diameter. Bordered pits of the opposite cells form bordered pit pair. The cavity in the thick secondary wall is called pit chamber. The bordered pit opens in the cell lumen by pit

aperture. The pit aperture is circular and much narrower than the diameter of pit chamber. In certain cases, the pit apertures are lenticular or linear. The pit membrane of bordered pit develops an oval thickening in the middle. It is called torus. Pit membrane is flexible.

The bordered pits include from:

a. Pit aperture**.**

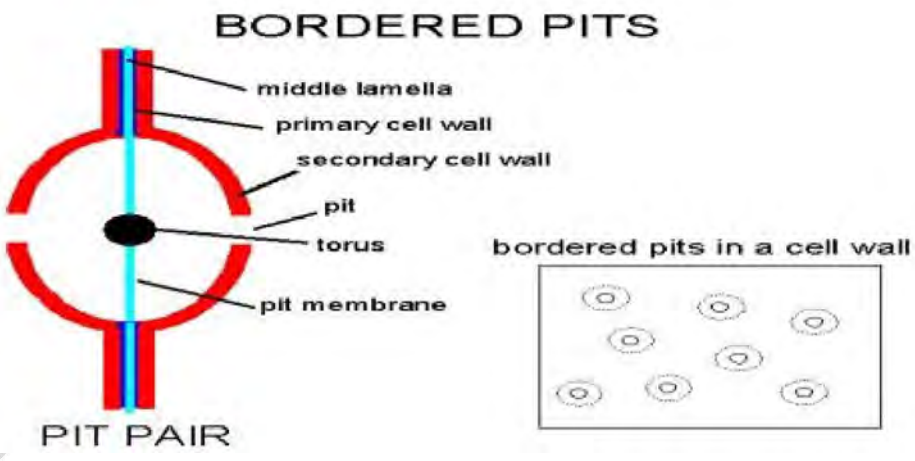
b. Pit membrane: It consists from middle lamella and part of the primary cell wall and the membrane may not remain thin, but thick in the middle to contain Torus. The Torus consists of primary walls materials and the Taurus is characteristic of the following plants: (Coniferals, Gmetales and Ginkgoales).

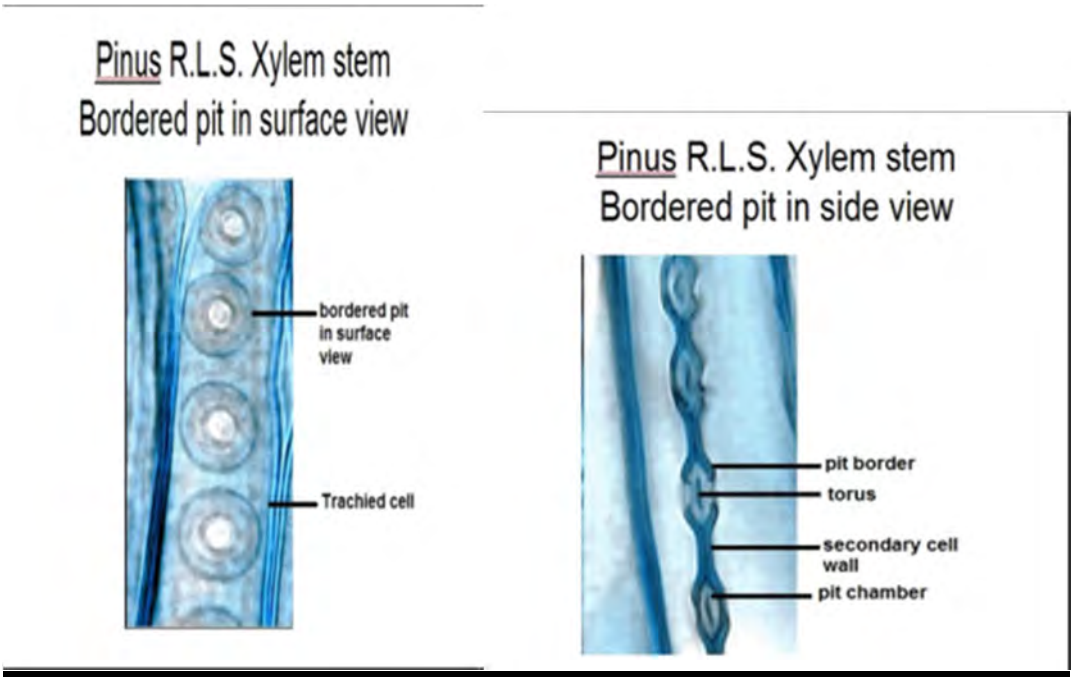
c. Pit chamber.

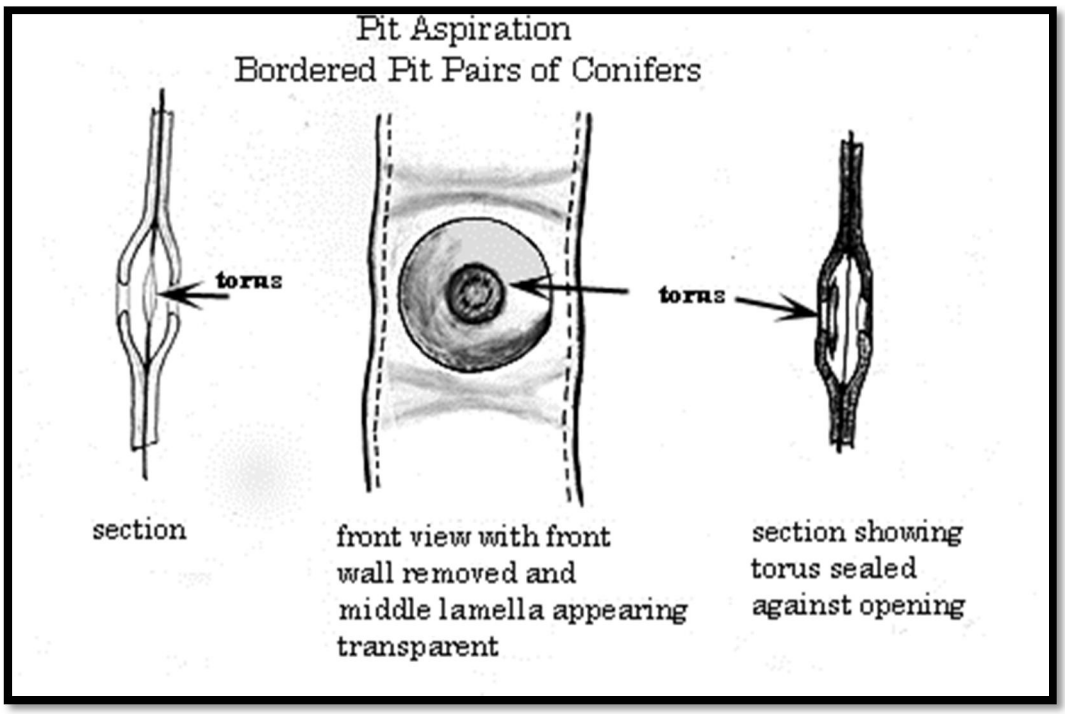
d. Border.

*When the liquid in cell put pressure on torus membrane, pit membrane pushes the torus, thus the torus closes the bordered pit, in this case the pit known as aspirated pits.

Bordered pits are more complex than simple pits. These are found in the vessels, tracheids and fibers of xylem.

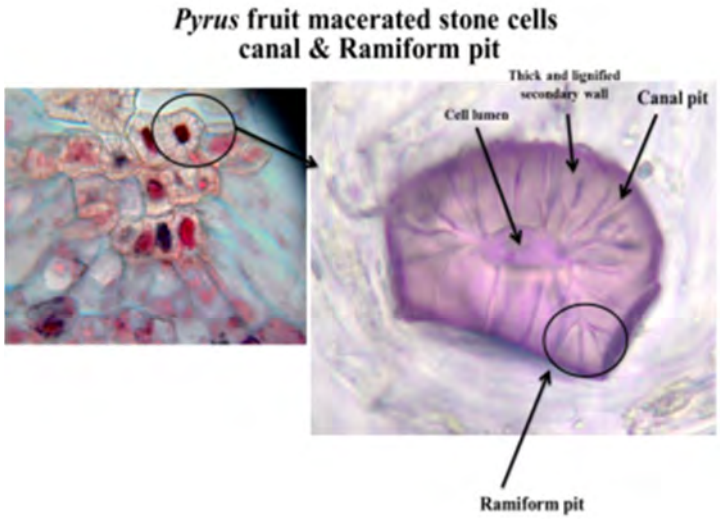






3. Ramiform or Branched pits:

This pits appears when the primary cell wall thickness and increases in this case the pits becomes deep and takes the shape of the channels connecting between the cell cavity and its surface. These channels are often as complex like as in the stone cells of the Brachysclereids or Stone cells in the *Pyrus* fruits.



Pits coupling:

1. **Simple pit pair:** coupling two simple pits together.
2. **Bordered pit pair:** coupling two bordered pits together.
3. **Half or semi Bordered pit pair:** In some cases, bordered pit has a coupling with simple pit.
4. **Blind pits:** Some pits do not coupling with any other pits, such pits are called blind pits.
5. **Compound pits:** Sometimes, there is one pit on side but there are two or more coupling pits on opposite side, such pits are called compound pits.

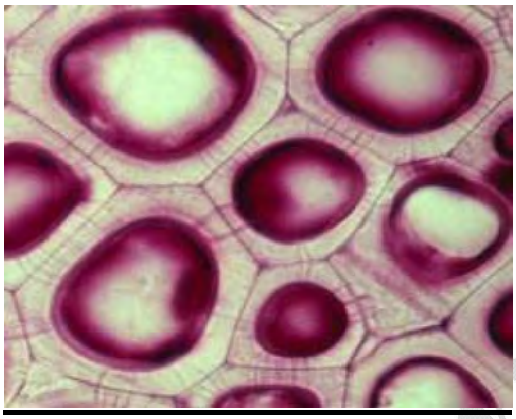
***الروابط البلازمية Plasmodesmata**

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 مايكرميتر مربع من سطح الغشاء البلازمي وتشكل الخلايا النباتية المتصلة مع بعضها البعض عن طريق الروابط البلازمية نظاماً مستقلاً يسمى Symplast

تكون الروابط البلازمية في مجال حدود الرؤيا تحت التكبيرات العالية للمجهر الضوئي تمثل بقايا الروابط او الصلات السايتوبلازمية التي كانت موجودة بين خليتين متجاورتين في المراحل الاولى من بناء الجدار بينهما على شكل صفيحة خلوية حيث يكون هذا الجدار شبكي وكثير الفتحات التي يمر عبرها السايتوبلازم ولكن بأضافة المواد الجدارية من المركبات البكتينية والسيليلوزية تطبق هذه الفتحات وتصبح مقتصرة على قنوات دقيقة هي قنوات الروابط البلازمية وتكون عادة مبطنة بغشاء بلازمي . 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 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 فعندما تتقدم الصفيحة الوسطى بأتجاه جدار الخلية الام من الجانبين يتكون في كل من نهايتها حويصلة صغيرة ويتهدم او يزول جدار الخلية الام التي امامها فتلتقي المادة البينية الجديدة مع المادة البينية القديمة وتحصر فسحة بينهما تسمى المسافة البينية الانشطارية وقد سميت بالانشطارية لان الصفيحة الوسطى تبدو وكأنها انشطرت قسمين لتحصر بينها الفسحة وقد تتسع المسافة البينية في حالة تكوينها مسافة مماثلة في خلية مجاورة واندماجها معها وقد يحدث ان تنقسم الخلايا المحيطة للمسافة البينية بشكل متعامد ومتكرر على محيط الفسحة فتتسع الفسحة وبهذه الطريقة تتكون قنوات تمتد داخل اجسام بعض النباتات وفي حالة

Plant Anatomy

تخصص الخلايا المبطنة للقناة لافراز مادة معينة كالراتنج مثلا يطلق على المسافة البينية الانشطارية المتخصصة Specialized Schizogenous .

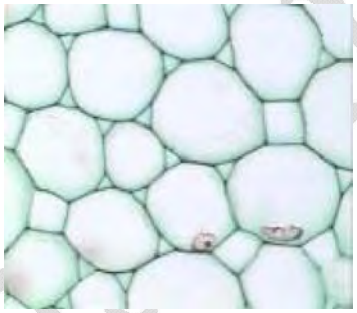
2. **الانقراضية او الانحلالية Lysigenous Intercellular space**

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

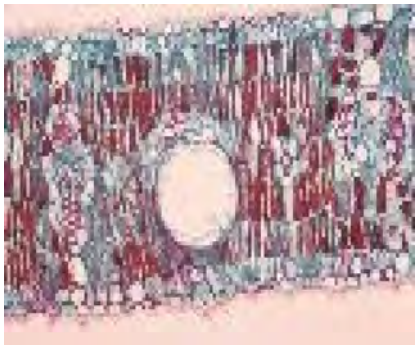
3. **الانشطارية الانقراضية Schizoge _ Lysigenous Intercellular Space**

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.

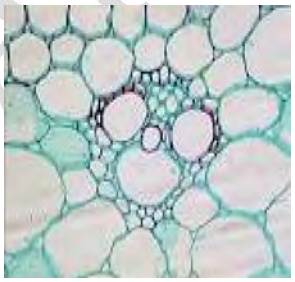
أنشطارية متخصصة



أنشطارية أعتيادية



أنحلالية



أنشطارية انحلالية

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

بالرغم من اتصاف الخلايا المرستيمية بهذه الصفات الا ان بعض الخلايا المرستيمية قد تختلف بصفة او بأخرى مثال ذلك قد لاتكون الخلايا المرستيمية متماثلة الابعاد فقد تكون مغزلية كخلايا الكامبيوم الوعائي وقد تكون عدسية او هرمية كالخلايا الانشائية في النباتات الواطئة كما ان جدارها الابتدائي قد يكون سميك وقد تظهر فيها بعض المحتويات الايضية او بلاستيدات نامية بشكل جيد.

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 . تحدث عملية التمايز (اكتساب الصفات) بشكل تدريجي وتحدث معه فقدان تدريجي للخواص الجنينية لذلك عند فحص المرستيمات النشيطة يصعب التمييز بين الخلايا الانشائية ومشتقاتها لان النوعين من الخلايا تمارس الانقسام وعندما تكتسب المشتقات مايكفي من الصفات المميزة لنسيج معين ويصبح لها القدرة الوظيفية للقيام بوظائف ذلك النسيج فتتوقف عن الانقسام وتعرف عند ذاك بالخلايا الناضجة Mature cells .

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 (خلايا النسيج الحشوي) فتتمايز جزئيا حيث تبقى 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

Plant Anatomy

الى الحالة المرستيمية تحت ظروف معينة وتسمى هذه العملية فقدان التمايز Dedifferentiation والامثلة كثيرة في جسم النبات على عملية فقدان الصفات المكتسبة والرجوع الى الحالة المرستيمية 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 :-

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**

Plant Anatomy

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.

القمة النامية 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 .

وفيما يلي شرح مختصر لاهم هذه النظريات :-

1. **نظرية الخلية القمية Apical cell theory**

قدم هذه النظرية لاول مرة العالم نجيلي Nageli عام 1878 وتفرض ان قمة الساق تحوي على خلية واحدة تمثل الخلية الانشائية الرئيسية والتي ينشأ عن انقسامها وانقسام الخلايا الناتجة عنها جميع انسجة واعضاء النباتات الموجودة بالساق . لقد استنبطت هذه النظرية من دراسات اجريت على بعض النباتات غير المتقدمة Lower plants كبعض التريديات Pteridophyta او الطحالب Algae والحزازيات Bryophyta .

وقد تكون الخلية القمية اما:-

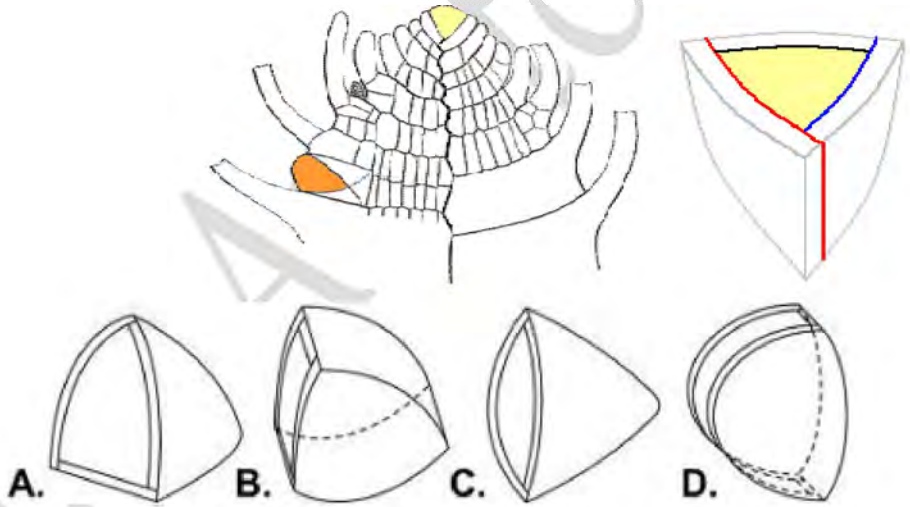
أ. **عدسية الشكل Lenticular** ذات جانبين كما في الطحالب مثل دكتيوتا *Dictyota* او بعض الحزازيات *Bryophyta* مثل *Metzgeria* وبعض التريديات مثل *pteridium* وفي هذه

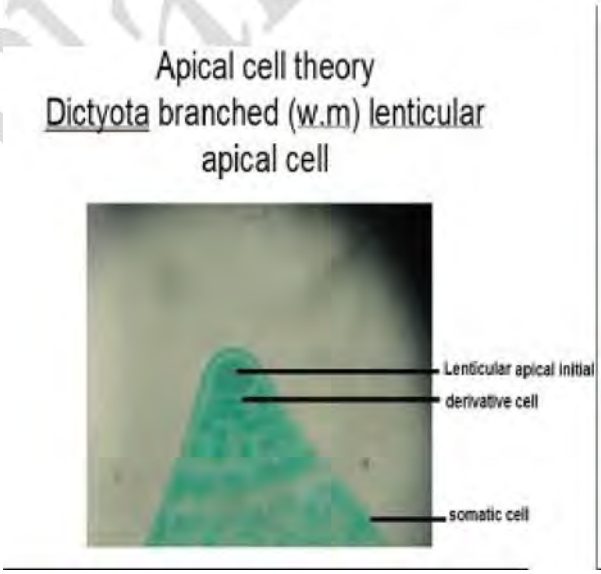
الحالة تنقسم الخلية في اتجاه واحد ويتوالى الانقسام بعد ذلك لتكوين طبقة واحدة او طبقتين او بعض طبقات.

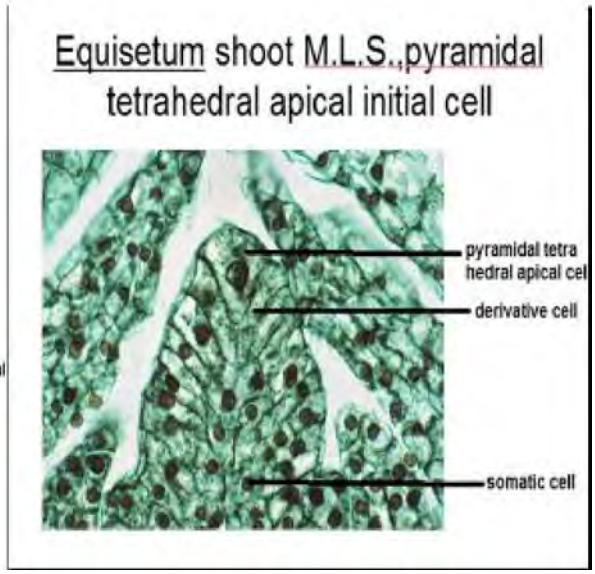
ب. **هرمية الشكل Pyramidal** كما في نباتات ذنب الحصان *Equisetum* حيث تكون الخلية ذات اربعة اوجه Tetrahedral يمثل ثلاث اوجه منها جوانب الهرم ويمثل الوجه الرابع قاعدته ويكون متجه الى الخارج اما الاوجه الثلاثة متجهة الى الداخل ويحدث الانقسام على التوالي في جوانب الثلاث الداخلية للخلية الهرمية بجدر موازية لهذه الجوانب . وبهذه الطريقة يزداد العضو في الحجم والمساحة معا بينما لا يحصل انقسام يوازي السطح الخارجي مما يحافظ على بقاء الخلية القمية في موقعها عند قمة الساق .

تتميز الخلية الانشائية المفردة عادة بكبر حجمها ونواتها المميزة وغزارة فجواتها وموقعها في اقصى القمة دائما.

امكن تطبيق هذه النظرية على النباتات البسيطة التركيب كالطحالب والحزازيات وبعض النباتات الوعائية الواطئة مثل التريديات ولم يمكن تطبيقها على القمم النامية المعقدة الموجودة في النباتات البذرية سواء كانت عارية البذور او مغطاة البذور







Plant Anatomy

2. **نظرية نشوء الانسجة Histogen theory**

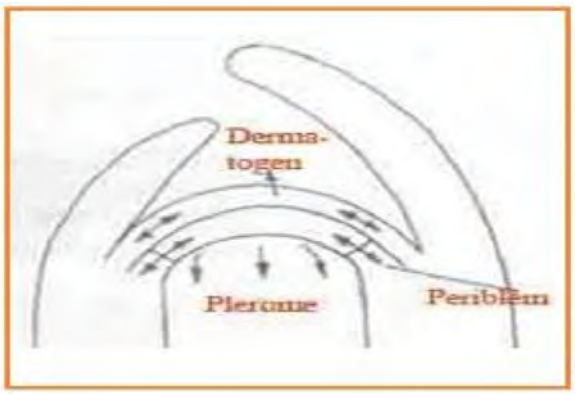
بمقتضى هذه النظرية التي قدمها هنشتاين Hanstein عام 1868-1870 يمكن تمييز القمة المرستيمية النامية للساق الى مناطق معينة تكشفت لتقوم بتكوين طبقات او مناطق انشائية محددة وتسمى هذه المناطق الانشائية المميزة بمنشأت الانسجة Histogens وهي كما يلي :-

أ. منشئ البشرة Dermatogen ويقوم بتكوين صف واحد من الخلايا وهي طبقة البشرة

ب. منشئ القشرة Periblem وتقوم بتكوين القشرة

ت. منشئ الاسطوانة الوعائية Plerome وتقوم بتكوين الحزم الوعائية والنخاع (اللب) Pith ان وجد

ث. ويوجد بالاضافة الى ذلك في الجذر منشأ اخر هو منشئ القلنسوة Calyptrogen والذي يكون قلنسوة الجذر Rootcap .



تطبق هذه النظرية على بعض نباتات مغطاة البذور كما انها تفسر النمو في القمة النامية للساق والجذر كذلك ولكن في عدد محدود من النباتات وقد انتقدت هذه النظرية للاعتبارات التالية.

1. عدم امكان تمييز هذه الطبقات الانشائية في بعض النباتات وخاصة في السيقان حيث لايوجد حد فاصل واضح وبخاصة بين منشئ القشرة ومنشئ الاسطوانة الوعائية.
2. وقد تنشأ اكثر من طبقة من منشئ واحد فقد يحدث في بعض الجذور ان تشأ البشرة (الطبقة الوبرية) والقشرة من منشأ واحد او البشرة والقلنسوة وهكذا.
3. قد لايقوم كل منشأ بالوظيفة المخصصة له تبعا للنظرية فقد يكون منشأ الاسطوانة الوعائية والنخاع فقط او قد يكون منشأ الاسطوانة الوعائية بأكملها مضافا اليه جزء من القشرة كما ان منشأ القشرة قد يقوم بتكوين جزء القشرة فقط او بتكوين القشرة كلها وجزء من الاسطوانة الوعائية.
4. ان الدراسات المبنية على استخدام التشكيلات النسيجية الكايميرات Chimeras اظهرت صحة هذه النظرية فيما يتعلق بمنشأ البشرة Dermatogen في احيان كثيرة لكنها دحضت في الغالب مضمون هذه النظرية المتعلقة بمنشأ القشرة Periblem ومنشأ الاسطوانة الوعائية Plerome وما تضيفه كل من هاتين المنطقتين الانشائيتين من مناطق حسب ما تضمنته هذه النظرية.

3. **نظرية المرستيم الاول Promeristem theory**

تفترض هذه النظرية وجود منطقة في قمة الجذر والساق على درجة واطئة جدا من التميز يطلق عليها المرستيم الاول Promeristem سرعان ما تتميز الى ثلاث مرستيمات ابتدائية بعد مسافة بسيطة من القمة وهي:

- **البشرة الاولية Protoderm**

وهذه تقوم بواسطة الانقسام المتعامد على السطح Anticlinal division بتكوين البشرة في

الساق او في الطبقة الوبرية في الجذر كما انها قد تنقسم انقساما موازيا للسطح Periclinal division لتكوين بشرة عديدة الطبقات.

- **الكامبيوم الاولي Procambium**

وهذا يظهر بشكل اشرطة طويلة كثيرة ومبعثرة في سيقان ذوات الفلقة الواحدة او اشرطة مرتبة في اسطوانة مجوفة في سيقان ذوات الفلقتين، اما في الجذر فتكون على شكل عمود مركزي واحد، ويتوالى انقسام خلايا الكامبيوم الاولي حيث يتميز الجزء الخارجي منها الى عناصر اللحاء الابتدائي Primary phloem والداخلي منها الى عناصر الخشب الابتدائية Primary xylem وفي سوق ذوات الفلقتين لاتتحول خلايا شريط الكامبيوم الاولي كلها الى خلايا مستديمة بل تبقى منها خلايا مرستيمية تكون طبقة بين الخشب واللحاء وهذه تكون الكامبيوم الحزمي Fascicular cambium ، اما في سوق ذوات الفلقة الواحدة والجذر فتتحول الاشرطة كلها الى خلايا مستديمة.

- **المرستيم الاساسي او مرستيم النسيج الاساسي Ground Meristem**

ويقوم هذا المرستيم الابتدائي بالانقسام في جميع الجهات وتتميز الخلايا بعد ذلك الى خلايا النسيج الاساسي في الساق او الجذر من قشرة ونخاع واشعة نخاعية وسواها .

4. **نظرية الغلاف والبدن Tunica corpus theory**

تبعا لهذه النظرية التي قدمها العالم شمت Schmidt عام 1924 يمكن تمييز منطقتين مختلفتين في المظهر والتركيب في القمة النامية للساق هما :-

- **البدن Corpus**

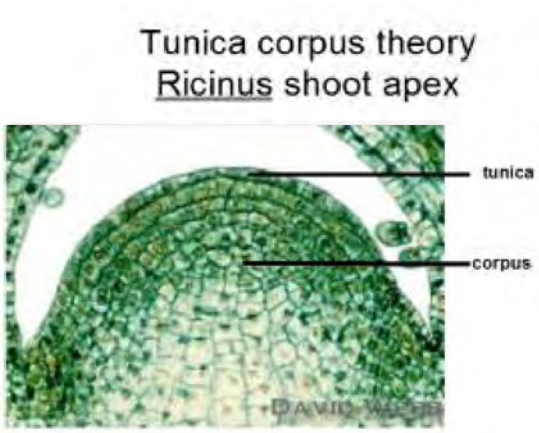
وهي منطقة تقع وسط المرستيم القمي وتمتاز بكبر حجم خلاياها كما انها تنقسم في عدة اتجاهات وبذلك تزداد قمة الساق في الحجم اذ تنقسم خلاياها انقسامات عامودية على السطح Anticlinal او موازية للسطح Periclinal او انقسامات مائلة Oplique وبتوالى انقسام خلايا هذه المنطقة تتكون الاسطوانة الوعائية او تتكون الاسطوانة الوعائية والقشرة معا ، ومما يجدر ذكره انه توجد للبدن منطقة انشائية واحدة Single initial zone تنتظم فيها الخلايا المرستيمية وينتج عن نشاط هذه المنطقة نمو حجمي يضاف الى الانسجة الداخلية للساق.

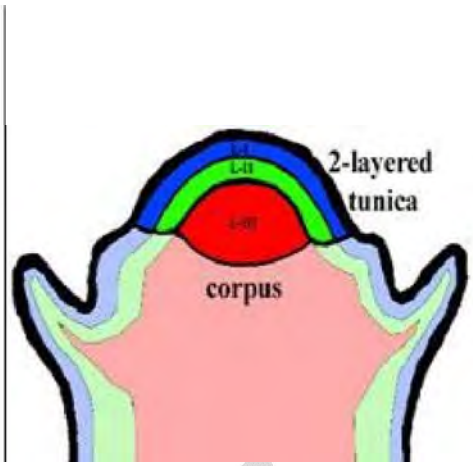
- **الغلاف Tunica**

وهي طبقة تغلف البدن وخلاياها اصغر من خلايا البدن كما انها تنقسم باتجاهات عمودية على السطح Anticlinal بحيث ينتج عنها زيادة في السطح او المساحة، كما انها تتكون من طبقة واحدة او اكثر فاذا كانت مكونة من طبقة واحدة فانها قد تنتج البشرة فقط اوالبشرة وبعض الطبقات الاخرى بداخلها واذا كانت مكونة من عدة طبقات فتنتج البشرة والقشرة معا .

يتراوح عدد طبقات الغلاف من 1-3 في ذوات الفلقة الواحدة ومن 2-5 في ذوات الفلقتين الا انه في حلات نادرة قد تقتصر على طبقة واحدة كما في نباتات الخروع *Ricinus* وقد يكون لكل طبقة من الطبقات منطقتها الانشائية الخاصة بها وقد تتكون كل طبقة من الطبقات المستقلة من اكثر من خلية انشائية واحدة وقد تبين ان النظرية الغلاف والبدن تنطبق على القمة النامية للساق فقط دون ان يكون لها علاقة بالجذر كما انها تنطبق على كثير من القمم النامية للساق في الغالبية العظمى في النباتات مغطاة البذور Angiosperms بما في ذلك ذوات الفلقة الواحدة Monocotyledons وذوات الفلقتين Dicotyledons

Plant Anatomy





5. نظرية نمو المناطق Growth of zones or cytohistologi zonation

كان العالم فوستر اول من وصف عملية نمو المناطق بصورة مفصلة عام 1938، اذ وجد ان عدد من نباتات عاريات البذور Gymnosperms تتميز بطراز خاص من النمو في قمة الساق تظهر به عدة مناطق تختلف عن بعضها البعض في طريقة انقسام الخلايا وحجمها وغزارة محتواها السايتوبلازمي وتأثيرها بالصبغات وما الى ذلك ومن اهم هذه المناطق:

- **المناطق الانشائية القمية Apical initial zone**

مجموعة خلايا مرستيمية واقعة عند النهاية القصوى من قمة الساق تحصل فيها انقسامات عامودية Anticlinal تضاف مشتقاتها الى الطبقة السطحية واخرى موازية للسطح Periclinal تضاف مشتقاتها الى منطقة خلايا الام المركزية التي تقع تحتها مباشرة.

- **منطقة الخلايا الام المركزية Central mother cells**

وتقع تحت المنطقة الاولى وتنقسم خلاياها بأتجاهات مختلفة فتغذي بذلك المناطق الجانبية والمنطقة السفلى بالخلايا المرستيمية وتتميز المناطق الخارجية من هذه المنطقة بسرعة انقسام خلاياها مقارنة مع المنطقة المركزية كما ان خلاياها تتميز بشدة اصطباغها وصغر حجمها.

- **الطبقة المحيطة Peripheral layer**

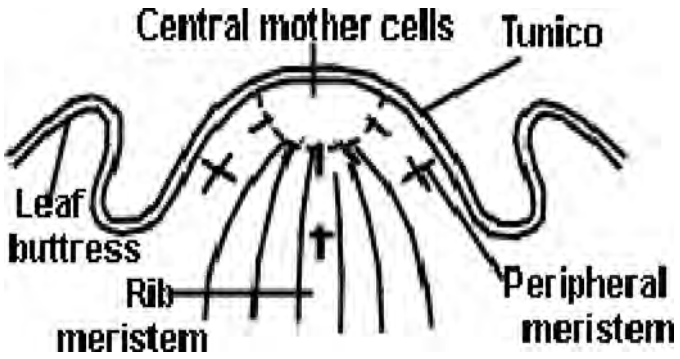
وهي المنطقة الخارجية التي تلعب دورا مهما في نشوء الاوراق والبشرة كما انها تكون القشرة والنسيج الوعائي وقد يصل نشاطها ليشمل الجزء الخارجي من اللب ايضا وخلايا هذه المنطقة غنية بالسايتوبلازم.

- **المرستيم الضلعي Ribmeristem**

ويتضمن مجموعة من الخلايا المرستيمية واقعة تحت منطقة الخلايا الامية المركزية وينتج عن نشاط هذا المرستيم تكوين اللب Pith حيث تسهم هذه المنطقة بتكوين الجزء الاكبر من هذه المنطقة.

ولعل من ابرز الامثلة على النباتات التي تظهر هذا الطراز من النمو نبات جنكو *Ginkgo* والذي تظهر فيه هذه المنطقة بشكل مميز وواضح.

Plant Anatomy



6. نظرية المرستيم الخامل Theory of the waiting meristem

وهي من النظريات الحديثة نسبيا لم تلق استجابة وقبول من قبل معظم علماء التشريح ويعتبر العالم الفرنسي Puvat من اشهر المنادين بهذه النظرية والتي قدمها عام 1952 وتبعا لهذه النظرية يفترض وجود منطقة خاملة عند القمة النامية تقع تحت المنطقة السطحية للقمة الخضرية للساق تدعى Waiting meristem وتبعا لهذه النظرية فأن خلايا هذه المنطقة تبقى خاملة مادامت القمة النامية للساق في الحالة الخضرية ، وبعبارة اخرى فأن قمة الساق مادامت معنية بتكوين الاوراق والاجزاء الخضرية الاخرى في الساق فأن نشاط المرستيم الخامل يبقى معدوما وتبقى الانقسامات الخلوية فيها متوقفة ولكن بمجرد بدأ القمة النامية بالتحول من الحالة الخضرية Vegetative الى الحالة التكاثرية Reproductive فأن نشاط المرستيم الخامل يبدأ بالظهور وتصبح خلايا هذه المنطقة معنية بتكوين الازهار والاوراق بأجزائها المختلفة

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 :-

1. لاينتج انسجة الى الداخل فقط وانما الى الخارج ايضا

2.تبعا الى وجود القلنسوة فأن موقع المرستيم القمي للجذر لايكون نهائيا بل تحت نهائي Subterminal .

3. لايكون اعضاء جانبية كالفروع والاوراق التي تكون بداياتها عند القمة النامية في حالة الساق ، اما تفرعات الجذر التي تظهر عادة بعيدة عن منطقة النمو فهي داخلية المنشأ او داخلية الاصل Endogenous حيث تنشأ من الدائرة المحيطة.

Plant Anatomy

قسمت القمم النامية في الجذور الى نماذج على اساس العلاقة بين المناطق المنشئة والانسجة الابتدائية المتكون منها .

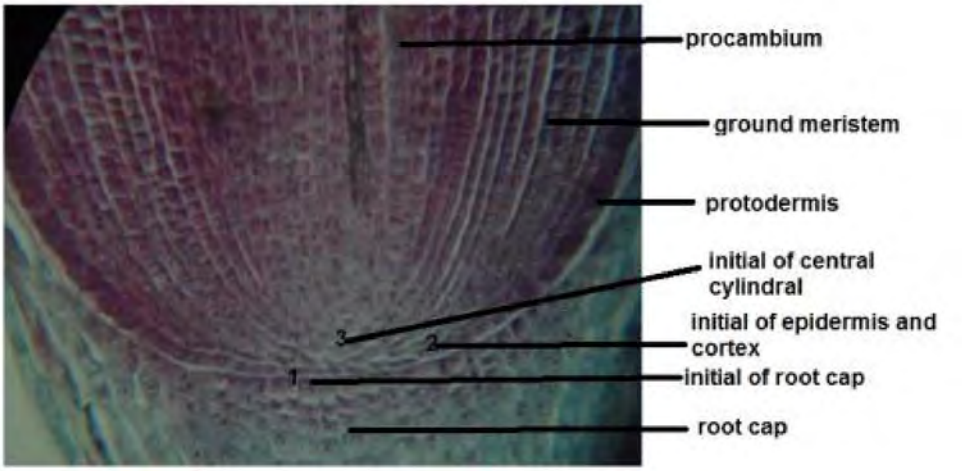
- ففي النباتات الواطئة تنتج الانسجة المختلفة من خلية قمية واحدة Single apical cell او من مجموعة من الخلايا مرتبة في صف واحد وفي هذه الحالات تنهج القمة النامية في الجذر نفس النهج الذي تنهجه القمة النامية في الساق.
- اما في عاريات البذور او في مغطاة البذور فأن الانسجة الابتدائية تخرج اما من طبقة مرستيمية واحدة Single initial zone غير واضحة التمييز او ان بعض هذه الانسجة يمكن تتبع نشأتها من خلايا انشائية مستقلة وفي الحالة الاخيرة قد تنتظم الخلايا الانشائية في مجموعتين او ثلاثة او اكثر كما يلي:-
- في بعض عاريات البذور وبعض ذوات الفلقتين تنتظم الخلايا الانشائية في مجموعتين احداهما تكون الاسطوانة المركزية والاخرى تكون القشرة والقلنسوة وتتكون البشرة بعد ذلك من الطبقة الخارجية للقشرة.
- في بعض ذوات الفلقتين تنتظم الخلايا الانشائية في مجموعتين احداها تكون الاسطوانة المركزية والجزء الداخلي من القشرة والاخرى تكون بقية القشرة والقلنسوة وتتكون البشرة كذلك من الطبقة الخارجية من القشرة.
- في بعض ذوات الفلقتين تظهر ايضا الخلايا الانشائية في مجموعتين احداهما تعطي جميع اجزاء الجذر الواقعة بداخل البشرة والاخرى تعطي البشرة والقلنسوة وفي هذه الحالة تتميز البشرة عن القلنسوة من حيث المنشأ.
- في بعض ذوات الفلقتين تظهر الخلايا الانشائية متميزة الى ثلاث تعتبر اصل الاسطوانة المركزية والقشرة والبشرة والقلنسوة على التوالي .

<u>اما في ذوات الفلقة الواحدة فيمكن تميز اربعة نماذج تركيبية هي :</u>

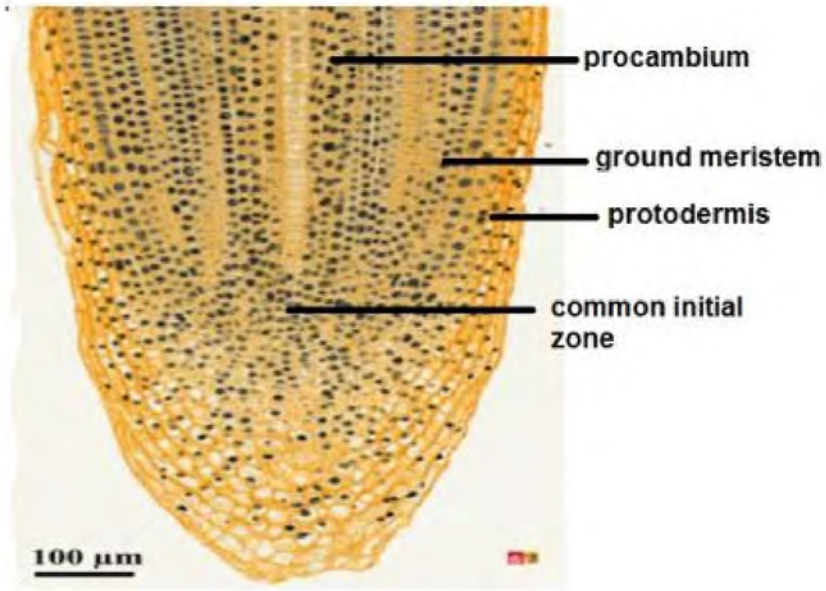
- للاسطوانة المركزية منشأ مستقل وللقشرة والقلنسوة منشأ مستقل وتخرج البشرة كجزء من القلنسوة وهي قريبة من عاريات البذور وبعض ذوات الفلقتين.
- تستقل الاسطوانة المركزية والقشرة والقلنسوة كل عن الاخرى من حيث المنشأ وتكون البشرة الطبقة الخارجية من القشرة وفي هذا الطراز توجد ثلاث مناطق انشائية في قمة الجذر كما في الذرة *Zea mays*
- لكل من الاسطوانة المركزية والقشرة والبشرة والقلنسوة خلايا انشائية منفصلة، اي ان هناك اربع مناطق انشائية مستقلة ويتماشى هذا الطراز مع نظرية نشوء الانسجة Histogen theory
- تخرج جميع اجزاء الجذر من منشأ واحد Common initial zones وهذا الطراز يشبه بعض ذوات الفلقتين وقد وجد في جذر البصل. وبذلك يتضح ان طرازين من ذوات الفلقة الواحدة يتميزبان نشأة القلنسوة يكون من منشأ مستقل وهذا المنشأ يسمى منشئ القلنسوة Calyptrogen اما اذا نشأت البشرة والقلنسوة من نفس المنشأ فيمكن ان يطلق عليه مصطلح calyptrodermatogen.

Plant Anatomy

Zea mays (corn) root tip L.S (M.L.S.)



Allium cepa root tip L.S



المرستيمات الجانبية Lateral Meristem وتشمل

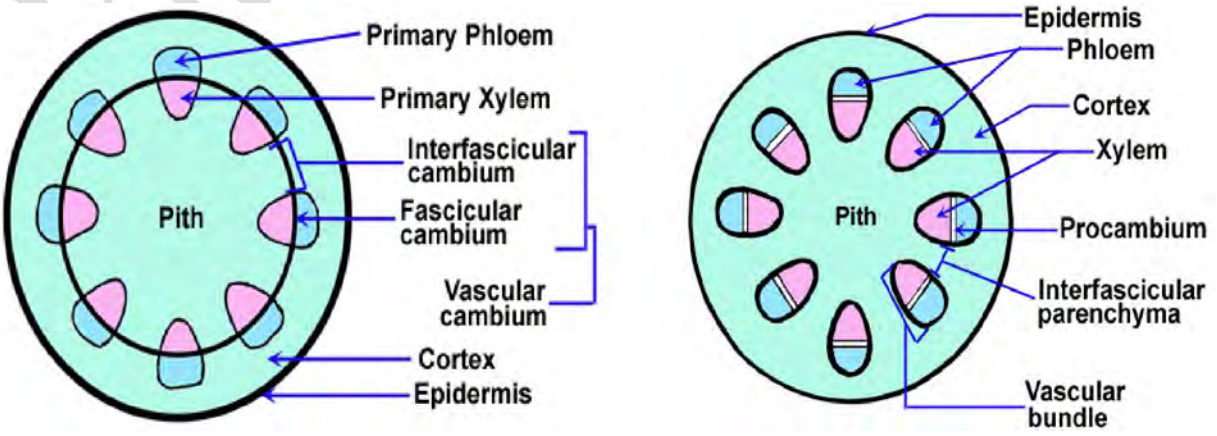
1- Vascular cambium
2- Cork cambium

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 . يظهر هذا المرستيم على شكل اشرطة منفصلة او على هيئة اسطوانة جوفاء في العديد من النباتات العشبية من مغطاة البذور .

قد يكون الكمبيوم 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 الكمبيوم الاولي Procambium الى انسجة مستديمة من الخشب واللحاء ولا يتبقى بينهما كمبيوم كما لا يحدث فيها تغلظ ثانوي وتعيش هذه النباتات لموسم واحد وهذا يحدث في ذوات الفلقة الواحدة حيث تمييز جميع خلايا الكمبيوم الاولي الى خلايا مستديمة Permanent tissues .

لكن في سيقان معظم ذوات الفلقتين وكذلك في عاريات البذور يتميز القسم الاكبر من الكمبيوم الاولي الى لحاء وخشب ابتدائيين ويتبقى قسم غير متميز بين الانسجة الدائمية من الخشب واللحاء حتى بعد تمام نضجها ويصبح بعد ذلك كامبيوم الجسم الثانوي للنبات ويقوم حينئذ بمهمة تكوين الانسجة الثانوية، ويطلق اسم الكامبيوم الحزمي Fascicular cambium على ذلك الجزء من الكمبيوم الوعائي والذي يقع داخل الحزمة الوعائية الاصلية وقد تبقى اشرطة الكمبيوم الحزمي منفصلة عن بعضها بواسطة برنكيميا النسيج الاساس كما هي الحال في بعض النباتات العشبية لجنس الشقيق *Ranunculus* الا انها في اغلب الحالات تتصل عن طريق اشرطة كمبيومية اخرى تتكون بواسطة انقسام الخلايا البرنكيمية الواقعة بين الحزم الوعائية وهي خلايا الاشعة النخامية بطريقة فقدان التميز dedifferentiation وتحولها الى خلايا مرستيمية ويطلق على هذا الجزء من الكمبيوم مصطلح الكمبيوم ما بين الحزم Inter fascicular cambium لتكون اسطوانة كمبيومية كاملة .



Plant Anatomy

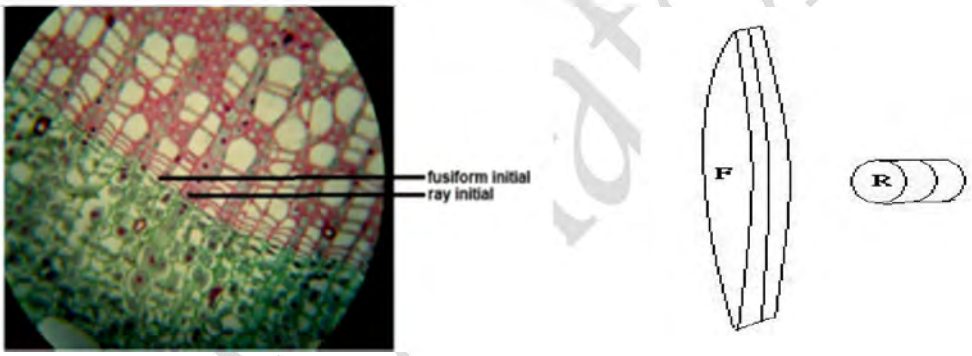
2- <u>انواع خلايا الكمبيوم</u>

يتكون الكمبيوم 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 برنكيميا 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 الحقول النقرية 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.

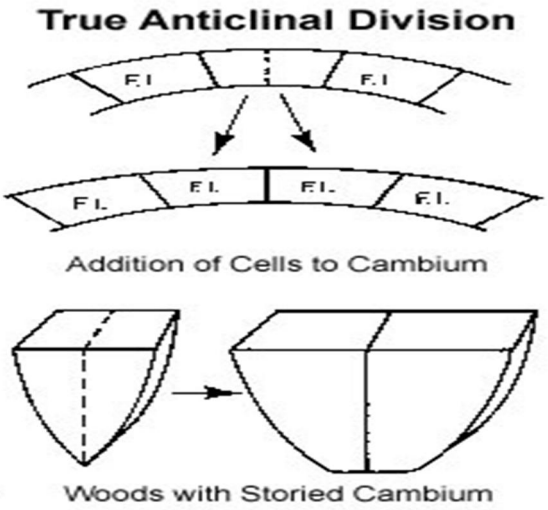
6. تحتوي على فجوة واحدة كبيرة تمتد خلالها خيوط بروتوبلازمية متشابكة اوعلى فجوات صغيرة مستقلة عن بعضها .

Plant Anatomy

انقسام خلايا الكمبيوم :

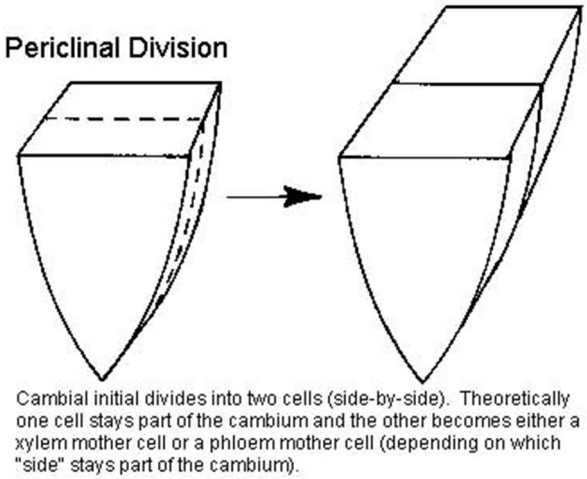
1. **الانقسام المتعامد او القطري Anticlinal or radial division:**

تنقسم الخلية بجدار بشكل زاوية قائمة مع سطح المرستيم، وهذا النوع من الانقسام يزيد المساحة السطحية للعضو أو المنطقة وفي الأعضاء الاسطوانية الشكل كالجذور والسيقان وينتج عن الانقسام خليتان متجاورتان على أنصاف أقطار متجاورة.



2. **الانقسام المحيطي او المماسي Periclinal or tangential division:**

تنقسم الخلية بمستوى موازي لأقرب سطح من العضو الذي فيه تلك الخلية أي يكون موازي للمحيط وينتج عن هذا الانقسام خليتان متجاورتان على نفس الخط أحداهما وراء الأخرى.



Plant Anatomy

منطقة الكامبيوم Cambial zone

فى موسم نشاط الكامبيوم تشاهد الخلايا الانشائية ومشتقاتها مكونة من منطقة متشابهة الخلايا مرتبة في صفوف قطرية يطلق عليها المنطقة الكمبيومية Cambial zone بحيث يصعب في هذا الوقت تمييز الخلايا الانشائية عن المشتقات بالنظر الى التشابه الكبير بينهما في الشكل والترتيب وطريقة الانقسام .

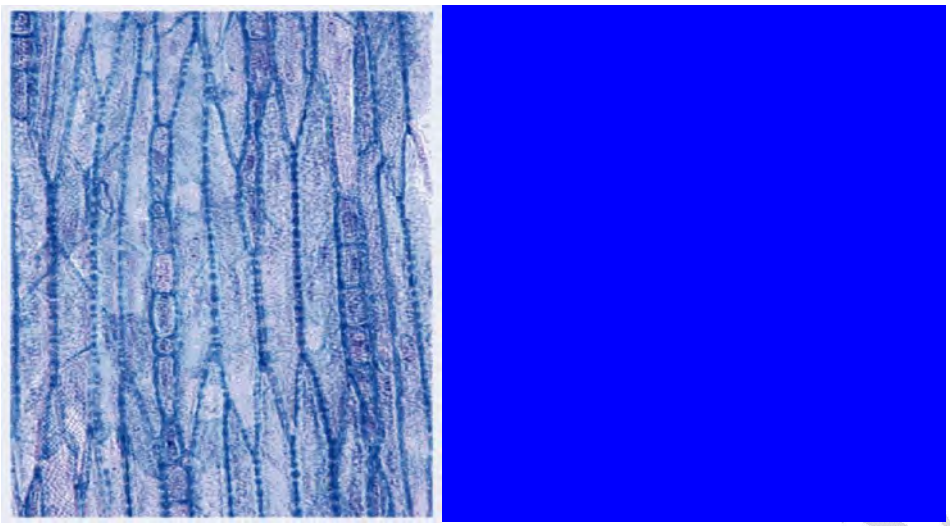
ان الاعتقاد السائد بأن الكامبيوم يقصد به شريط الخلايا الكمبيومية الاصلية التي تمثل استمرارا للكمبيوم الاولي Procambium اي عندما تصل الخلايا الناتجة عن الانقسامات المماسية المتوالية الى مرحلة النضج تصبح الخلايا المحتفظة بنشاطها المرستيمي مرتبة في صف مماسي محدد هو الكامبيوم الحقيقي الا انه خلال مرحلة الانقسام المستمر لخلايا الكمبيوم فانه يتعذر التميز بينهما وبين الخلايا المشتقة منها والمنتظمة في صفوف قطرية وحينئذ يستعمل عادة لفظ الكمبيوم يعني منطقة الكامبيوم كلها .

أنواع الكامبيوم فى المقطع المماسي

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

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

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 الجذركما يوصف الكامبيوم الفليني بكونه خارجي المنشأ Exogenous في الساق وداخلي المنشأ Endogenous في الجذر.

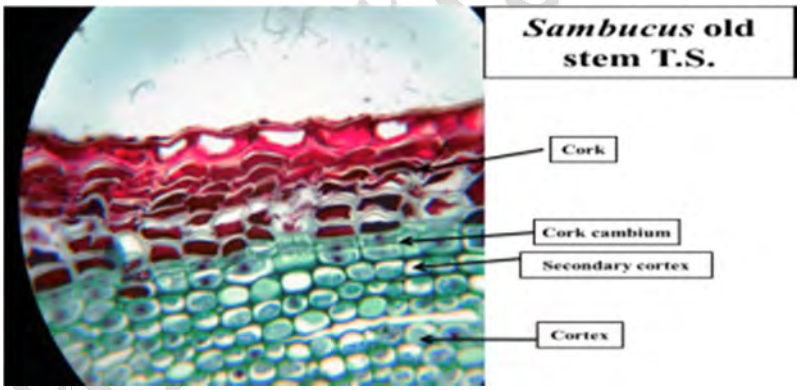
Plant Anatomy

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 .

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



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 .

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 .

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

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 وخلايا القشرة واللحاء الميتة واحيانا تستعمل كلمة قلف استعمالا غير علمي حيث تطلق في الصناعة على كل الانسجة التي تسقط عند تقشير الشجرة عند ذلك يتضمن القلف جميع الانسجة التي تنتزع بهذه الطريقة والتي تضم كل ما يقع خارج الكامبيوم الوعائي.

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

Plant Anatomy

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 الحيوية لذلك كان لابد من وجود منافذ كالعديسات تخترق طبقة الفلين وتسمح بالتبادل الغازي .

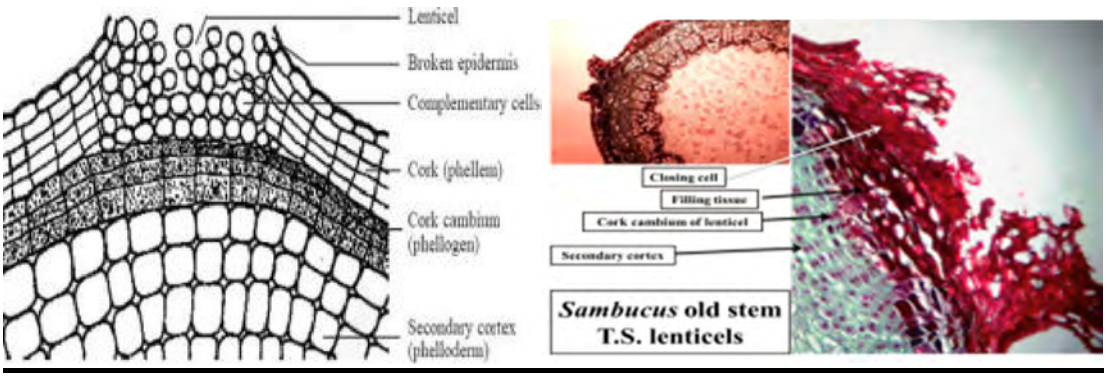
يختلف حجم العديسة بين تلك التي لا ترى بالعين المجردة والكبيرة التي قد تصل الى 1 سم او اكثر في الطول .

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 تستدير تدريجيا بحيث 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 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 .

Plant Anatomy



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

Plant Anatomy

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.

Plant Anatomy

Dermal tissue

1. **Epidermis**

The term **epidermis** refer to the external layer of cells on the primary plant body, including roots, stems, leaves, flowers, fruits and seeds.
An epidermis is considered to be absent on the root cap and not differentiated on the apical meristems.
To distinguish between the epidermis of stem and root can say rhizodermis, or epiblem on the root epidermis

Most important functions of epidermis:

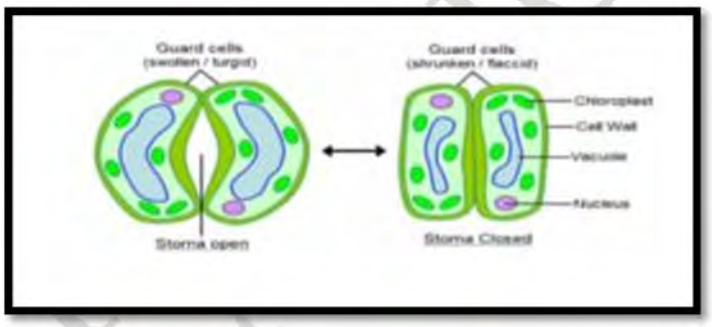
1. **Protection:** It includes the prevention of mechanical damage suffered by the plants in the external environment by wind and rain or sand or others and protection against insects, in addition to keeping the internal tissues of plants from losing excessive water.
2. **Exchange of gases** between the internal tissues and external environment of the plant by photosynthesis process in addition organized of the water out to steam by transpiration process.
3. **Absorption**: Where they are through the epidermis and the water absorption of dissolved salts in the soil or water surrounding the cells in which it resides roots and root hairs play a key role in this regard.
4. **Aquatic plants**, shade plants and pteridophyta contain the chloroplast enable them to do the photosynthesis process.
5. **Epidermis cells** are contain nucleus they keep it as potentially meristematic therefore in many cases, contribute to the formation of secondary meristem as in the ***Nerium oleander*** plant and others also epidermis cells suffer the loss of differentiation process and turn into meristem cells like as cork cambium.

Epidermal cell Type:

1. **Ordinary epidermal cells** are variable in shape, but typically they are tabular to isodiametric, having little depth such as the palisade cell and epidermal cells of many seeds, are much deeper than they are wide. In elongated plant parts, such as stems, petioles, vein ribs of leaves and leaves of most monocots, the epidermal cells are elongated parallel with the long axis of the plant part. In many leaves, petals, ovaries, and ovules, the epidermal cells have wavy vertical (anticlinal) walls so it absent the chloroplast except the aquatic plants, shade plants and pteridophyta and absent the intercellular space and the outer walls covered by the cuticle.

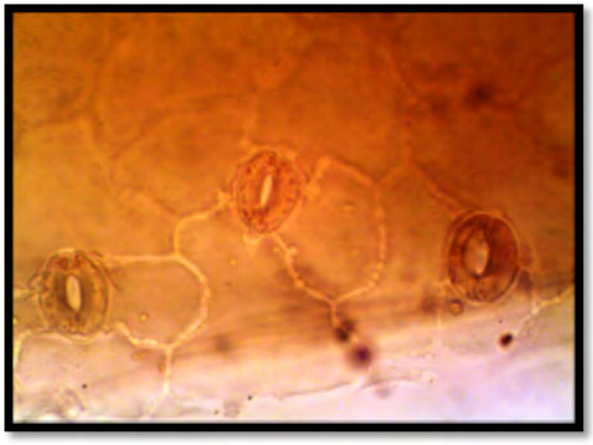
Plant Anatomy

2. **Guard Cells:** The guard cells of dicots are generally crescent-shaped with blunt ends (kidney-shaped) in surface view and have ledges of wall material on the outer or both the outer and inner sides. Stomata with two guard cells and contain between it stomata aperture. Each guard cell has a prominent nucleus, numerous mitochondria, and poorly developed chloroplasts.

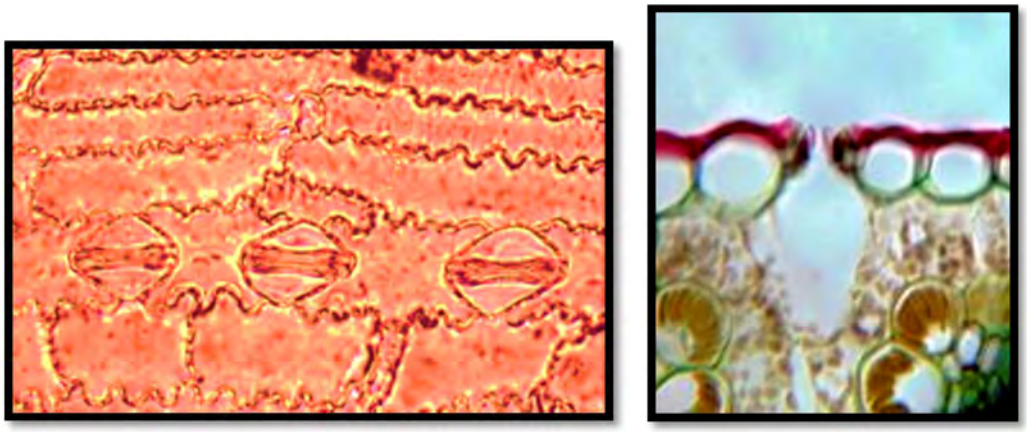


In terms of structure it can distinguish three types of stomata complex:

a. **Monocot Dicot type:** the shape of guard cells was kidney shaped in surface view.
b. **Gramineae Cyperaceae type**: the shape of guard cells was dumb bell shaped.
c. **Gymnosperm type**: the shape of guard cells was Sunken type.

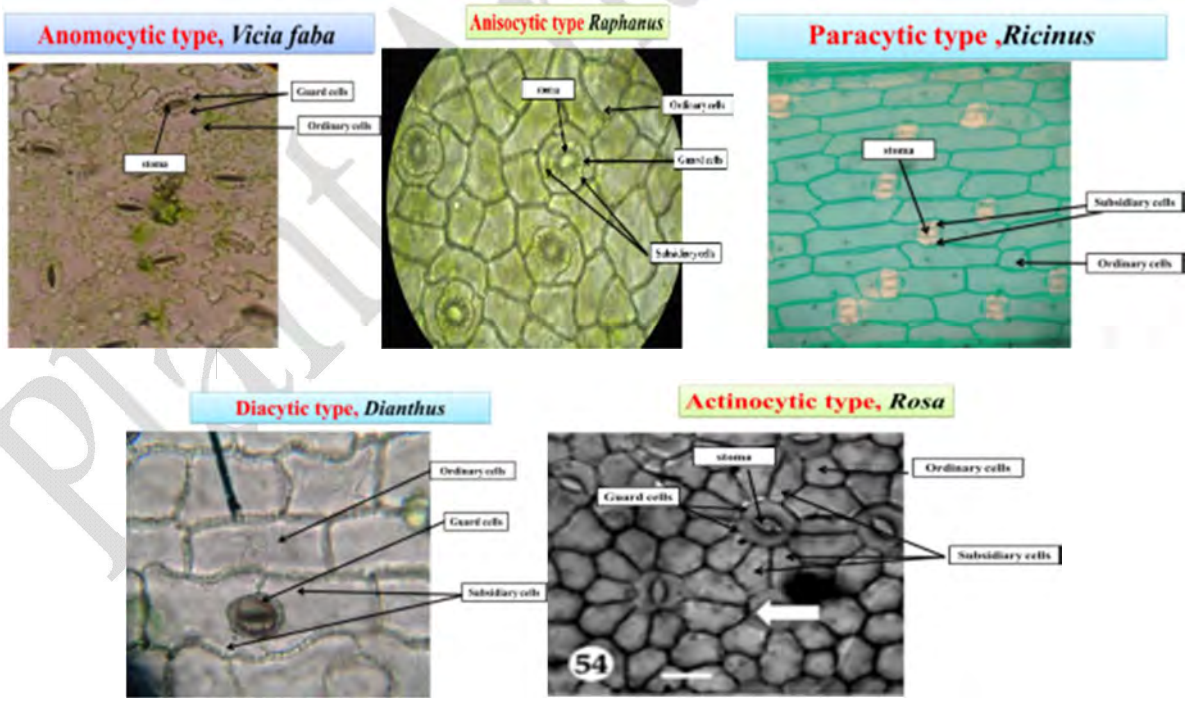


Plant Anatomy



Also on the contact the guard cell with the subsidiary cell can distinguish five types of stomata complex:

a. **Anomocytic type** as *Vicia faba.*
b. **Anisocytic type** as *Raphanus.*
c. **Paracytic type** as *Ricinus communis.*
d. **Diacytic type** as *Dianthus.*
e. **Actinocytic type** as *Rosa.*

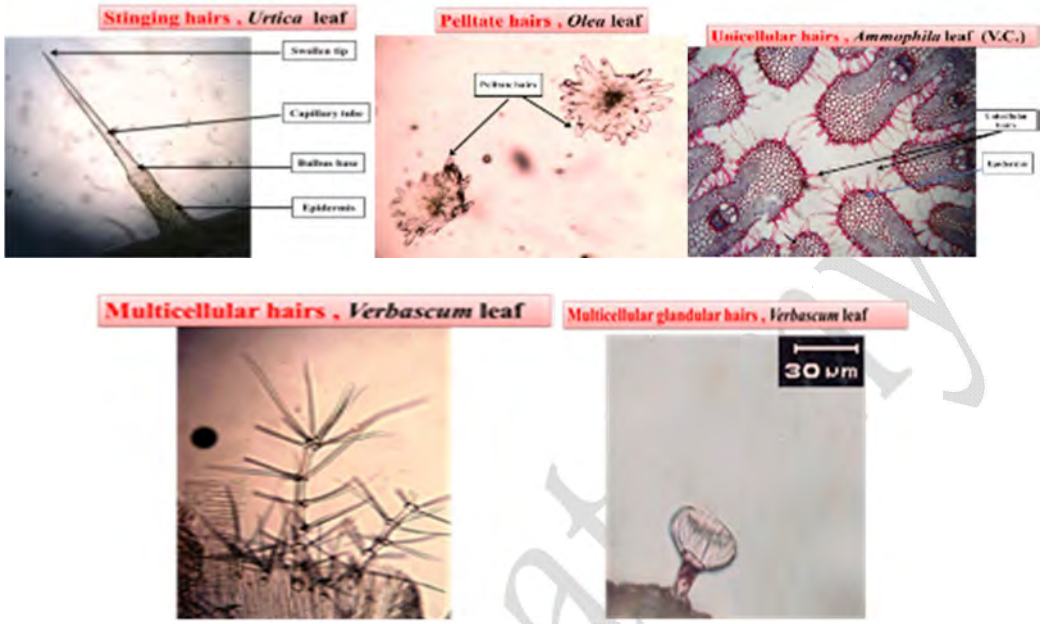


3. Epidermal hair or Trichomes:

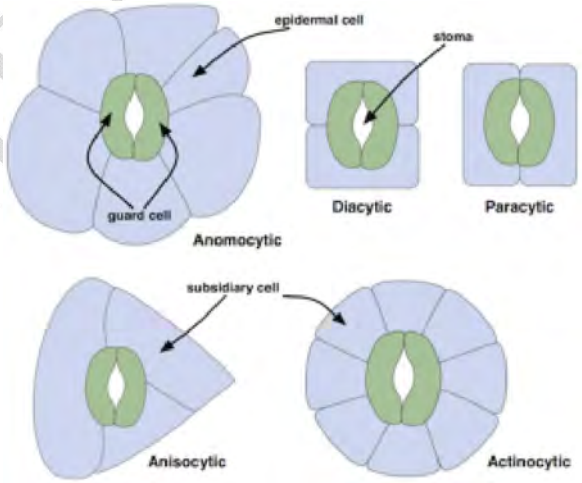
a. Unicellular as *Capsella.*
b. Multicellular Uniseriate as *Cucurbita.*
c. Multicellular Multiseriate as *Begonia.*

Plant Anatomy

d. Glandular hairs as *Verbascum.*
e. Peltate hairs as *Olea.*
f. Stinging hairs as *Urtica.*
g. Branched as *Verbascum*



4. Subsidiary cell: These cells surrounded by the stomata complex and differ in numbers from type to type. These cells plays an important role during opening and closing of stomata

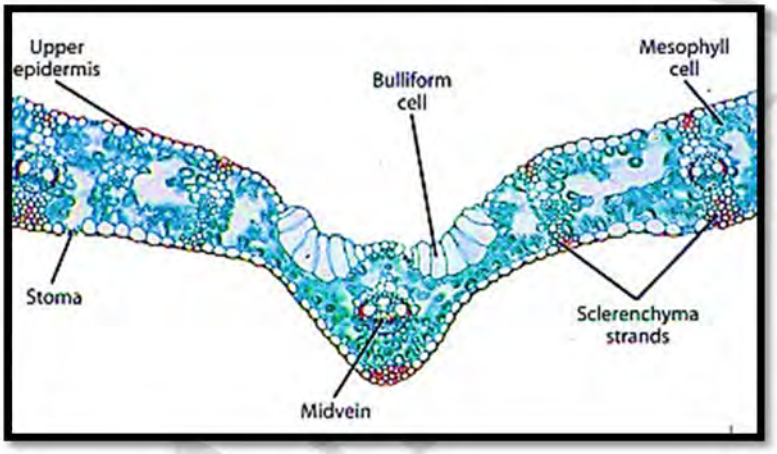


5. Bulliform cell (Motor cells):

Are large, bubble-shaped epidermal cells that occur in groups on the upper surface of the leaves of many monocots. These cells are present on the adaxial or the upper surface of the leaf. They are generally present near the mid vein. These cells are large, empty and colorless. The mechanism of working of bulliform cells can be explained as:

Plant Anatomy

a. When the water supply is sufficient to the plant, the bulliform cells absorb water and they become turgid, when they are turgid, the leaf straightening and permit the loss of the water.
b. Whereas on the other hand, at the time of insufficient water supply, these cells lose water and become flaccid due to the loss of water, when they are flaccid during the water stress, they make the leaf wrap inwards to exposed less water loss. Hence, the bulliform cells minimize the water loss during the unfavorable or stress conditions.
c. They are thought to play a role in the unfolding of developing leaves and in the rolling and unrolling of mature leaves in response to alternating wet and dry periods.



6. Lithocytes: specialized cells of the epidermis cells are characterized by its size and capacity to contain the type of crystals called crystal outstanding Cystolith cells.

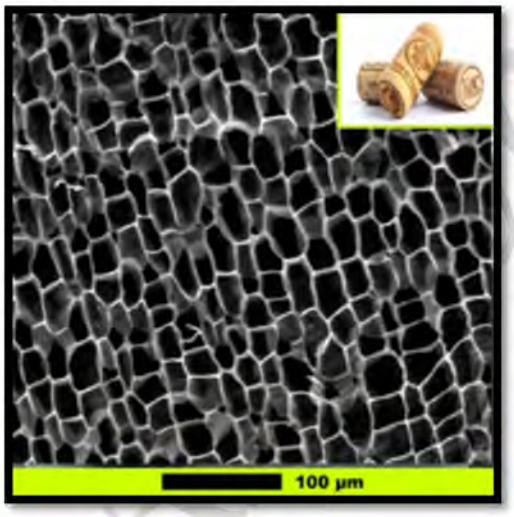
Plant Anatomy

7. Cork cells and Silica cells:

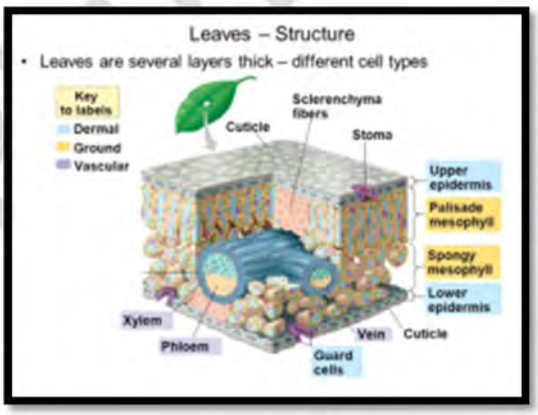
Silica ($SiO_2 \cdot nH_2O$) is deposited in large quantities in the shoot system of grasses, and called **silica cells** because, when they are fully developed, their Lumina are filled with isotropic bodies of silica.

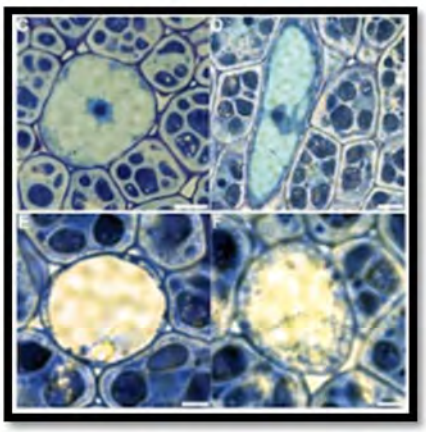
The **cork cells** have suberized walls and often contain solid organic material.

Apart from the frequency and distribution of the short cells, the shapes, or forms, of the **silica bodies** in the silica cells are very important for diagnostic and taxonomic purposes.



8. Epidermal fiber and Myrosin cells.

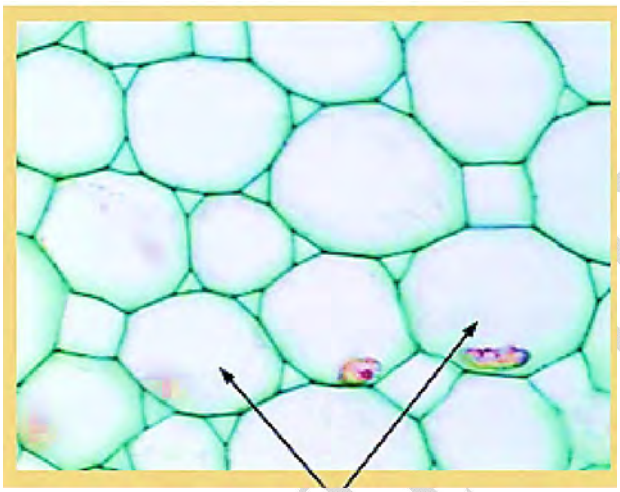




Fundamental or Ground Tissues: this tissue includes

1. **Parenchyma tissue:**

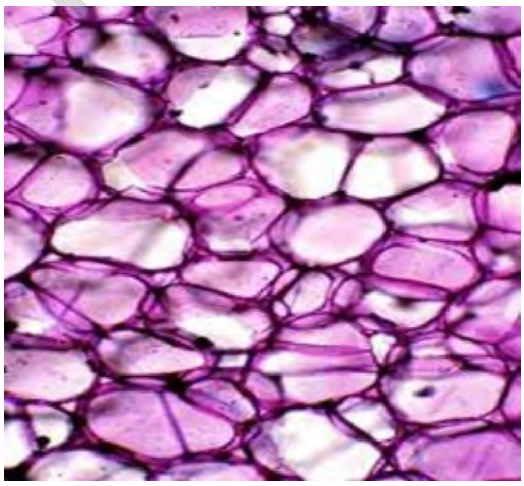
The term **parenchyma** refers to a tissue composed of living cells variable in their morphology and physiology, but generally having thin walls and a polyhedral shape.

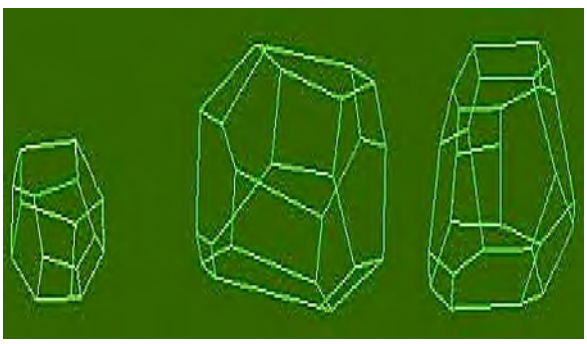


Parenchyma Cells Vary Greatly in Shape and Arrangement

Parenchyma cells are commonly described as having

1. **Polyhedral shape and isodiametric:** that is, as having many (sides14-sided figure is a polyhedron with 8 hexagonal and 6 quadrilateral) or they vary in shape even in the same plant. Typically the ground tissue parenchyma consists of cells that are not much longer than wide and may be nearly, this type found in the pith.
2. **Columnar shape:** this type are elongated like as the palisade tissue
3. **Lobed shape**: like as spongy tissue.
4. **Stellate shape:** like as *Canna indica* **plant**
5. **Folded shape**: like as *Pinus*
6. **Prosenchyma shape**: like as stems of Bougainvillea (Nyctaginaceae).

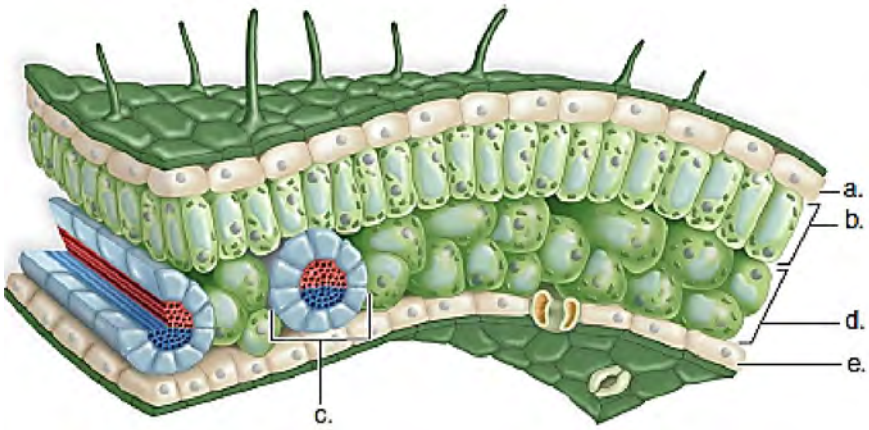




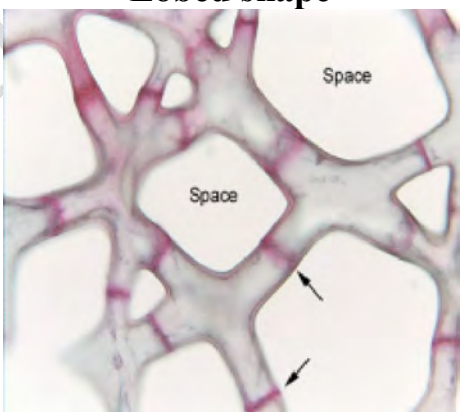
Plant Anatomy

Polyhedral shape and isodiametric

Columnar shape

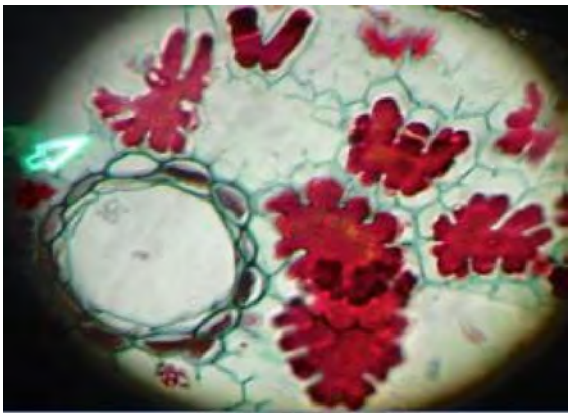


Lobed shape

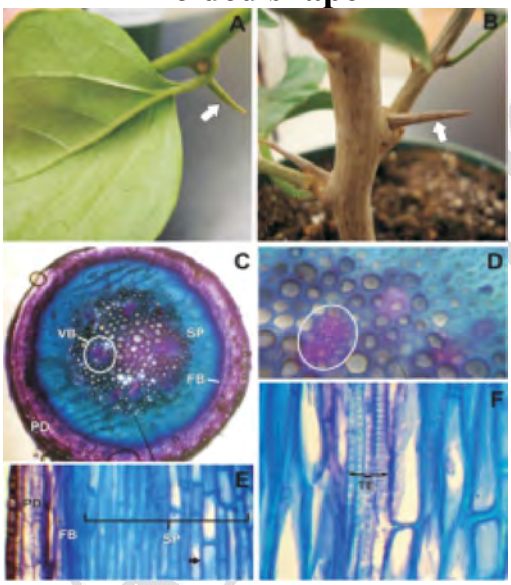


Stellate shape

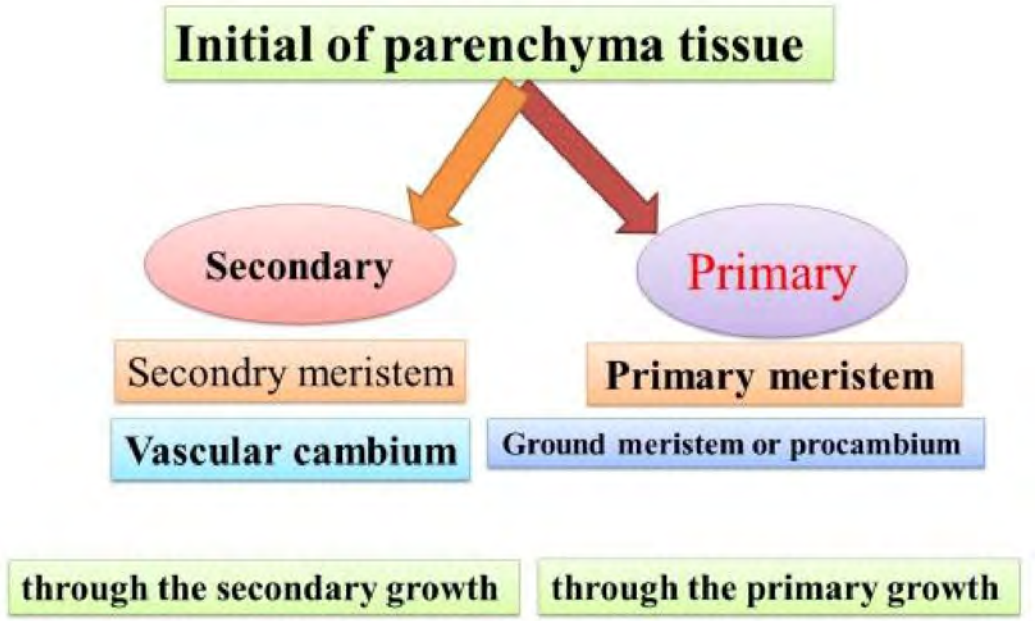
Plant Anatomy



Folded shape

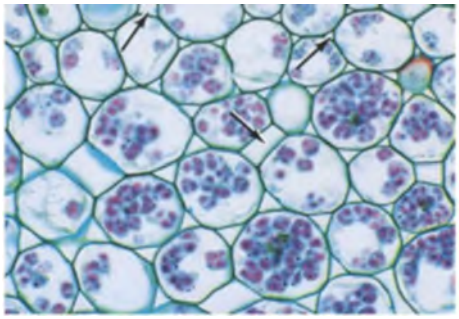


Prosenchyma shape

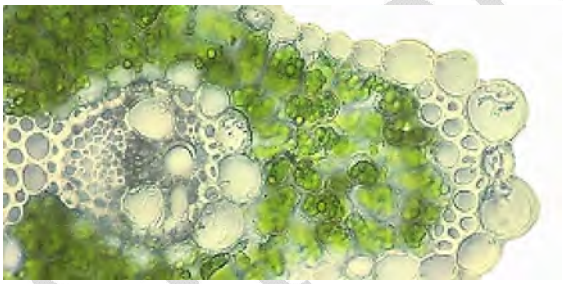


Parenchyma tissue can be divided depending on the shape of the cells and the function performed by:

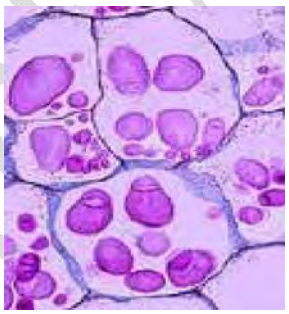
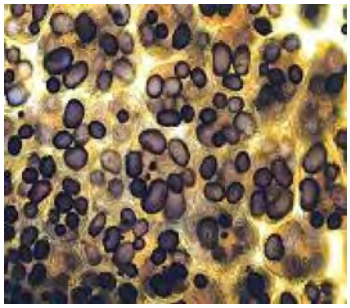
1. **Ordinary Parenchyma**



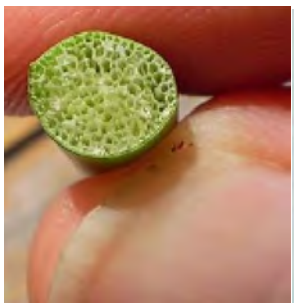
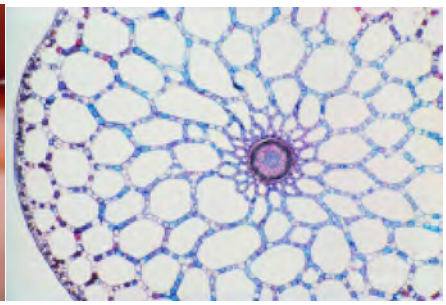
2. **Chlorenchyma and mesophyll tissue**



3. **Storage parenchyma**

4. **Aerenchyma**

Plant Anatomy

Collenchyma tissue: Collenchyma is a living tissue composed of more or less elongated cells with thickened primary walls. It is a simple tissue, for it consists of a single cell type.

Origin:
The derivatives of apical meristems are differentiated into protoderm, procambium and ground meristem.
Cortical collenchyma and procambium originate from a common meristem.

Function:

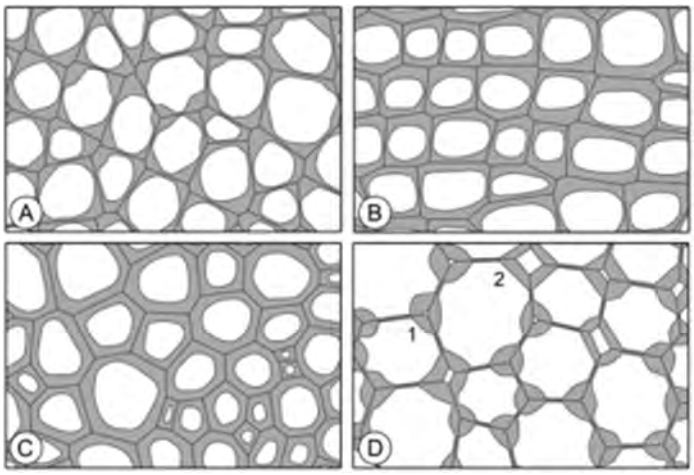
1. Gives support to the growing organs.
2. Gives tensile strength to the growing organs during their development.
3. Protects the vascular bundles of leaves by forming cap or bundle sheath like structures.
4. If chloroplasts are present then it may perform little photosynthetic function also.

Structure:

1. **Cell shape:** the cell is considerably elongated with oblique, slightly rounded or tapering ends.
   The short collenchyma cells are prismatic like many parenchyma cells, they are usually polygonal in cross section.
2. **Cell wall:** the most distinctive feature of collenchyma cells is the nature of cell walls which are unevenly thickened.
   They are four type of collenchyma have been recognized on the basis of manner or deposition of primary cell wall materials i.e. cellulose impregnated with pectin.

- **Angular collenchyma** (thickened at intercellular contact points) e.g. *Cucurbita* stem.
- **Lamellar collenchyma** (cells arranged into ordered rows and thickened at the tangential face of the cell wall) e.g. *Helianthus annuus* and (elder) *Sambucas* stem
- **Annular collenchyma** (uniformly thickened cell walls) e.g. *Peperomia* sp.
- **Lacunar collenchyma** (collenchyma with intercellular spaces) e.g. *Lactuca*

Plant Anatomy

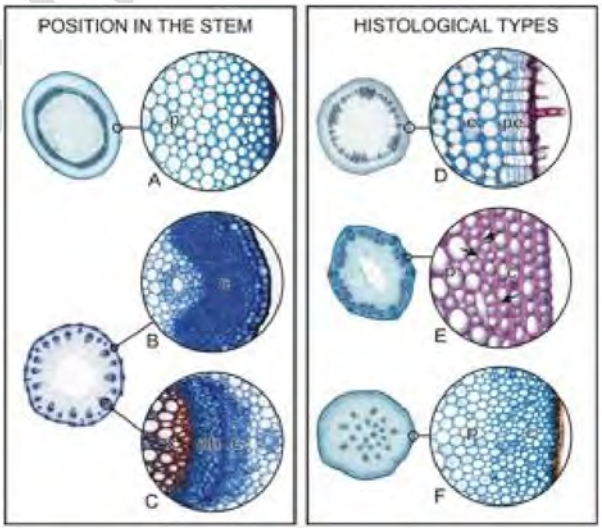


Schematic drawings of the most common types of collenchyma. A. Angular collenchyma. B. Tangential collenchyma. C. Annular collenchyma. D. Lacunar collenchyma. This type often occurs as an intermediate type with angular and lamellar collenchyma, in which the size of the intercellular spaces can vary from minute spaces (1) to large cavities surrounded by collenchymatous walls (2).

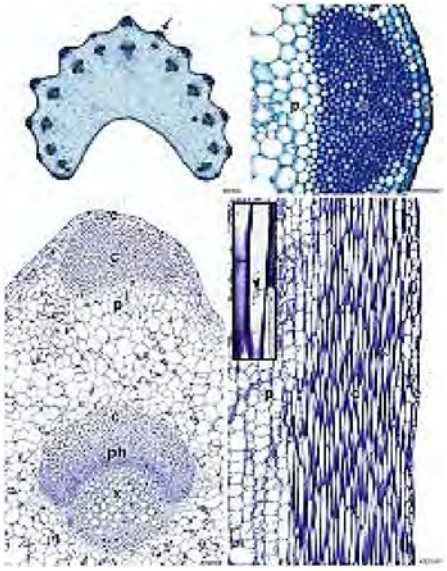
Location:

Collenchyma is found chiefly in the cortex of stems and in leaves. For many herbaceous plants it is the chief supporting tissue, especially during early stages of development.

In plants in which secondary growth occurs, the collenchyma tissue is only temporarily functional and becomes crushed as woody tissue develops. Collenchyma is located along the periphery of stems beneath the epidermal tissue.



It may form a complete cylinder or occur as discrete strands that constitute the ridges



It may form in angles of stems and other supporting structures of the plant.

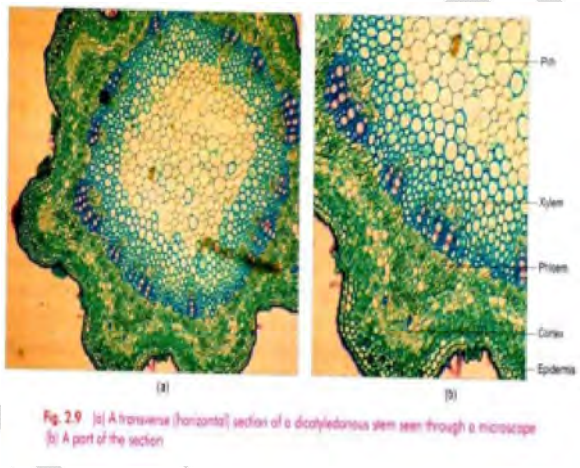
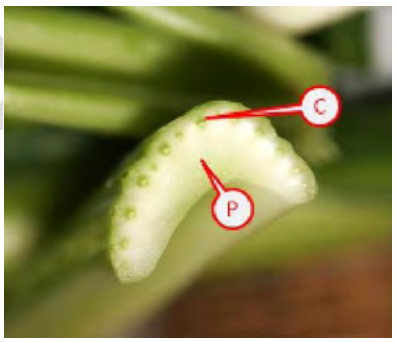
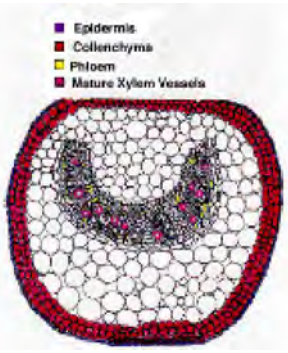


Fig. 2.9 (a) A transverse (horizontal) section of a dicotyledonous stem seen through a microscope (b) A part of the section

It is associated with vascular tissue in the petioles of the leaves and blade





Characters:

1. A live cell after maturity kept the nucleus and the cytoplasm after maturity.

2. Surrounded by the walls of irregularly thickness and contain a high percentage of pectin.
3. Lack of intercellular space and if found shall be very small
4. Be more taller and thinner than paranchyma cells
5. There are in all aerial parts
6. Exercise phenomenon of dedifferentiation so they participate in the formation of secondary meristem.

Sclerenchyma tissue: The term **sclerenchyma** refers to a tissue composed of cells with secondary walls, often lignified, whose principal function is mechanical or support.

Origin:

3. Primary origin as Procambium if it is within the vascular tissues like as fibers in the xylem and phloem.
4. Transform adult cells as undifferentiated parenchyma cells partially differentiated into more specialized cells like as sclerenchyma cells by add lignin into the walls of parenchyma cells and thickening the walls and then the cell dies. This process is called Redifferentiation like as Sclereids.

Characters:

1. Permanently tissue the cells dying when maturity then which is the cell composed from cell wall surrounded by a cell lumen and free of protoplast therefore loss of dedifferentiation property.
2. Cells are characterized by existence the secondary wall with lignin.
3. The function is supporting the cells.
4. There is in the aerobic parts and parts under the soil.
5. The walls are thickness and elasticity.

Sclerenchyma cells are usually divided into two categories:

1. Fibers.
2. Sclereids.

Fibers: they are mechanical elements of the older members, its described as long cells not branched earns some parts strength and durability also its walls characterized by elasticity and plasticity making it able to recover its shape.

Plant Anatomy

Characters:

1. Long cells and not branched.
2. In the cross section the fibers appear polygonal pentagonal or hexagonal in the form.
3. The shape tends to rotate when the walls are very thick.
4. Have simple pits.

Fibers are divided about presence in the regions to:

1. **Xylem Fibers: includes:**
   - Fiber tracheid.
   - libriform Fiber.
   - Gelatinous Fiber.

2. **Extraxylary Fiber: includes:**
   - Phloem Fiber.
   - Pericycle Fiber.
   - Cortical Fiber.
   - Hypodermal Fiber.
   - Perivascular Fiber.
   - Bundle cup Fiber.
   - Bundle sheath Fiber.

- The bark fibers are conceder the main source of commercial fiber and isolate what the surrounding tissue by **retting way**.

Good specifications Industrial Fibers is:

1. Increase the length of the fiber.
2. Possess the strength of high tension.
3. Irregular thickness.
4. Thinnest and flexible.

Classified the industrial fiber to:

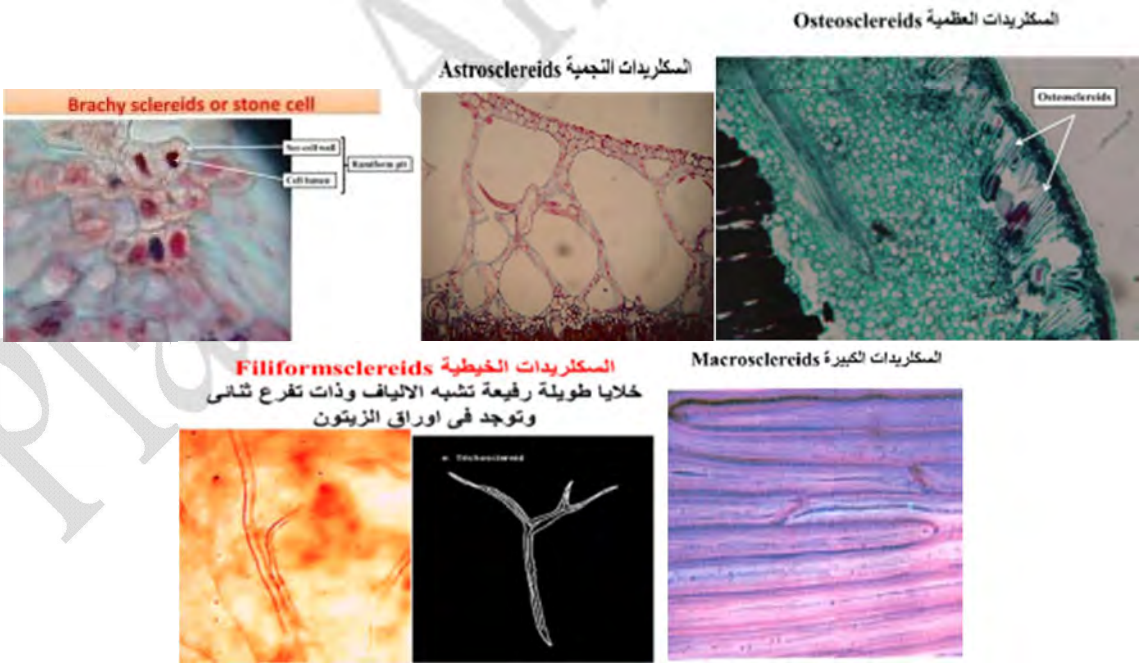
1. Surface or short Fiber: e.g. cotton fibers (its epidermis hairs on the seed of cotton).
2. Soft Fiber: includes Phloem Fiber, Pericycle Fiber and Cortex Fiber ((this fibers conceder very important industrial fibers e.g. Flax (*Linum*), hemp (*Cannabis sativa*) and jute (*Corchorus*).
3. Hard Fiber: e.g. manila hemp this fibers mixed between fibers and some other tissues and this type of fibers used in the industry of rough ropes.

Plant Anatomy

Sclereids: are forms of sclerenchyma cells with highly thickened, lignified secondary cell walls and have simple pits, presence in seed of apples and in the gritty texture of pears.

They can be grouped into:

1. **Stone cell or Brachy Sclereids:** (called stone cells because of their hardness) of pears (*Pyrus communis*) and quinces (*Cydonia oblonga*), it is similar to parenchyma cell but different from it on the thick lignification secondary walls also its equal-dimensional in shape and existence Ramiform pit.
2. **Macrosclereids or Bacillary sclereids:** its cylinder in shape e.g. the cells information the seed coat in *Phaseolus Vulgaris and Pisum sativum.*
3. **Bone shaped or Osteosclereids:** it's like as bacillary sclereids but the ends very wide look like the bone shape e.g. the sclereids in the layer under the epidermis in the seed of *Phaseolus* and *Pisum* and in the fruit of date.
4. **Trichosclereids or Filiforms:** thin cell and branched look like the Y or L in form e.g. mesophyll of *Olea europeae* leaves.
5. **Astrosclereids or star shaped:** branched cell e.g. cell in the leaves petioles and leaves of *Nympheae.*



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

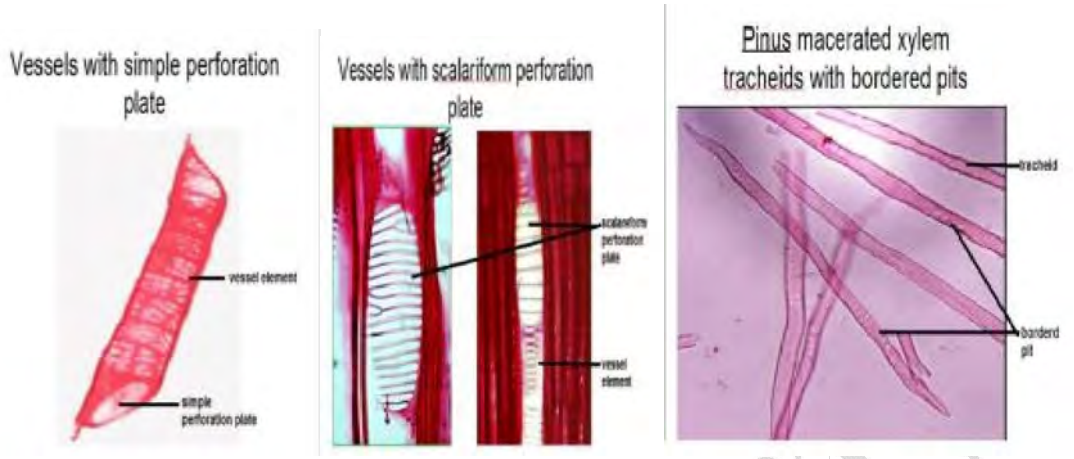
وهي خلايا ذات جدار ثانوي حاوي على النقر Pits وهي عنصر طويل مسدود النهاية ضيقة وليست مستدقة يتم انتقال الماء والمواد المذابة فيها من قصيبة الى اخرى عن طريق النقر الموجودة في الجدران الفاصلة بينها، تتغلظ جدران القصيبات بصورة مختلفة كالتغلظ الحلقي Annular والحلزوني Spiral والشبكي Reticular والسلمي Scalariform 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

PlantAnatomy

خشبها ويشذ عن ذلك بعض المجاميع الراقية من عاريات البذور كما في رتبة النيتلات Gnetales أو في نبات تريديوم *Pteridium*



صفات الرقي في الوعاء:

1- الوعاء القصير الواسع يمثل حالة اكثر رقيا من الناحية التطورية من وحدات الوعاء الطويلة الضيقة.
2- الصفائح المثقبة البسيطة تمثل حالة اكثر رقيا من الصفيحة المثقبة المركبة.
3- النوع البسيط من اشكال الثقوب اكثر الانواع شيوعا ثم يليه النوع السلمي فالشبكي والدائري.
4- يعتبر التغلظ النقري أرقى انواع التسلسل في تسمك جدران العناصر الناقلة في الخشب ثم يليه الحلقي و الحلزوني.

مقارنة بين القصيبات والاوعية

Tracheid	Vesseles
1- تمثل كل قصيبة خلية مستقلة ذات نهاية مسدودة	1- تمثل تركيب أنبوبي متعدد الخلايا يطلق على كل خلية وحدة وعائية
2- لا تحتوي على الصفائح المثقبة	2- تكون الجدران النهائية المستعرضة لوحدات الوعاء مثقبة او ذائبة بصورة كلية
3- يتم انتقال المواد من قصيبة الى اخرى عن طريق النقر الموجودة في الجدران الفاصلة بينها	3- يتم انتقال المواد عبر الصفائح المثقبة في الوعاء الواحد او من خلال النقر بين وعاء وآخر
4- تمثل القصيبة العنصر الناقل الوحيد في خشب عاريات البذور والنباتات الواطئة	4- يمثل عناصر النقل في مغطاة البذور ولا يوجد في عاريات البذور
5- تعتبر اقل رقيا من الاوعية	5- تعتبر اكثر رقيا من القصيبات

Plant Anatomy

3. 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:

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

الخشب الثانوي Secondary xylem

يتركب أساسا من نظامين من العناصر:

1. نظام عمودي او محوري Vertical or Axial system
وتمتد عناصره بمحاذات المحور الرئيسي للعضو النباتي وتتكون عناصره من عناصر وعائية هي قصيبات واوعية بالإضافة الى الالياف والخلايا البرنكيمية الموازية لها.
2. نظام افقي او قطري Horizontal or Radial 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 .

برنكيما الخشب الثانوي

تتضمن برنكيما الخشب الثانوي نوعين متميزين من الانسجة هما البرنكيما المحورية Axial parenchyma والبرنكيما الشعاعية Ray parenchyma. وتنتج البرنكيما المحورية عن اصول كمبيومية مغزلية في حين تنتج البرنكيما الشعاعية عن الاصول الشعاعية التي تكون عادة قصيرة نسبيا . والبرنكيما المحورية قد تكون طويلة كالاصول التي استمدت منها . تقوم برنكيما الخشب بصفة عامة بخزن بعض المواد كالنشا والدهون والمواد الدباغية والبلورات وغير ذلك .

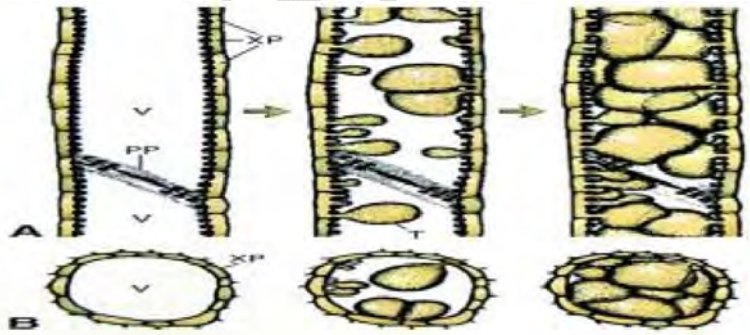
الخشب الاولىProtoxylem	الخشب التالىMetaxylem
يتم تميزه من الكامبيوم الاولي في الفترة التي لايزال فيها العضو النباتي في حالة تمدد	يتم تميزه من الكامبيوم الاولي في وقت متأخر ولا يتم نضجه الا بعد اكتمال تمدد العضو النباتي
لا يحتوي على الالياف	قد يحتوي على الالياف
ان عناصره الناقلة يسود فيها التغلظ الحلقي 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

Plant Anatomy

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

التايلوسات Tyloses

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 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

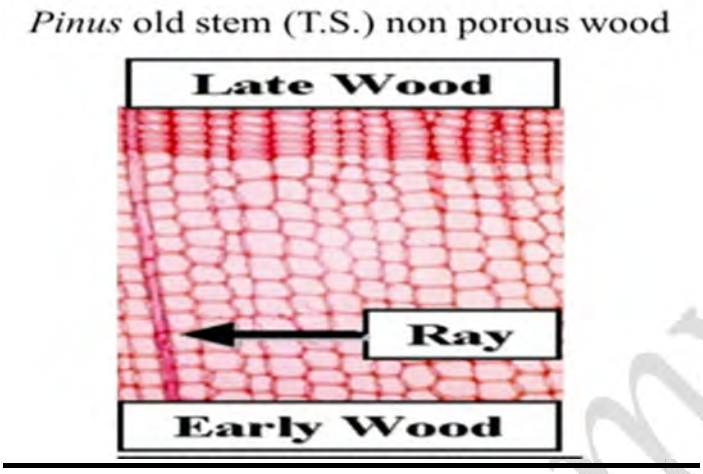


الحلقات السنوية في الخشب Annual Ring in Xylem

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

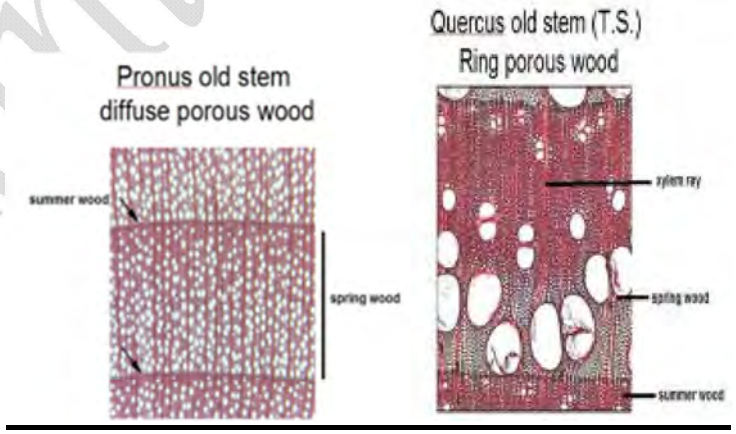
Plant Anatomy

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 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 .

- Common fiber العادية

Plant Anatomy

- Fiber tracheid الالياف القصيبية

- Gelatinous Fibers الجيلاتينية

وقد يوجد اكثر من نوع واحد من هذه الالياف في نفس الخشب كما توجد الالياف عالية التخصص Libriform fibers .

تتميز الالياف القصيبية بأنها اقل طولا وارق جدرانا مقارنة بالالياف العادية كما انها ذات نقر مضفوفة من نوع خاص على هيئة شق متقاطع، قد تنقسم الخلية الام للالياف القصيبية او الالياف العادية 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 جدار ابتدائيا خاليا من التغلضات الثانوية وخالية من اللكنين يطلق على هذا النوع من الالياف مصطلح الالياف المقسمة او المحجزة Septate 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 . اما الالياف عالية التخصص للخشب Libriform fibers فتكون هي الاخرى حاوية على نقر تتميز بها القناة وتبدو في المظهر السطحي شقيه Slit – like او متقاطعة .

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* .

اما الخشب الرخو فيتميز

1- بلون فاتح

2- عناصره الحية (البرنكيما) تحتفظ بحيويته

3- وظيفته توصيلية وميكانيكية

Plant Anatomy

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 الوعائية 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 .

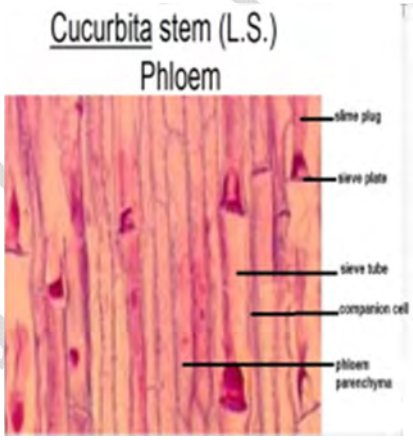
1. الانابيب المنخلية Sieve tube

يتكون الانبوب المنخلي من سلسلة من الخلايا تنتظم في صف متصل على هيئة انبوب وتلتقي الخلايا المكونة للانبوب مع بعضها عند نهايتها يطلق عليها وحدات الانبوب المنخلي Sieve tube element تحاط وحدات الانبوب المنخلية بجدار ابتدائي رقيق عادة مكون اساسا من مادة السيليلوز ويخلو من اللكنين وتتكون في السايتوبلازم اجسام صغيرة يطلق عليها الاجسام الهلامية Slime bodies وفي بداية تكوينه يحتوي على نواة وسايتوبلازم .

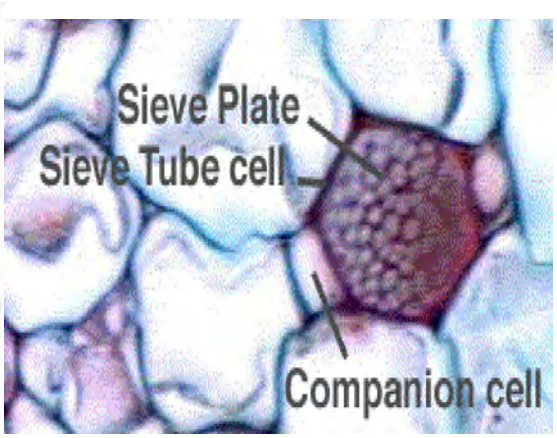
تبدو المادة الهلامية في المستحضرات المستديمة متجمعة عند الصفائح المنخلية مكون ما يسمى السداد الهلامي Slime plug ، كما تتميز الانابيب المنخلية بوجود صفائح منخلية Sieve plats في جدرانها المستعرضة وتتميز الصفائح المنخلية بوجود ثقوب فيها تخترقها خيوط بروتوبلازمية سميكة تشبه الروابط البلازمية Plasmodesmata 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- Compound sieve plates معقدة وفيها تتجمع الثقوب في مناطق منفصلة تدعى هذه المناطق بالمساحات المنخلية Sieve area.
3- تعتبر الصفيحة المنخلية البسيطة اكثر رقيا من الناحية التطورية من المركبة



مقطع طولى فى اللحاء



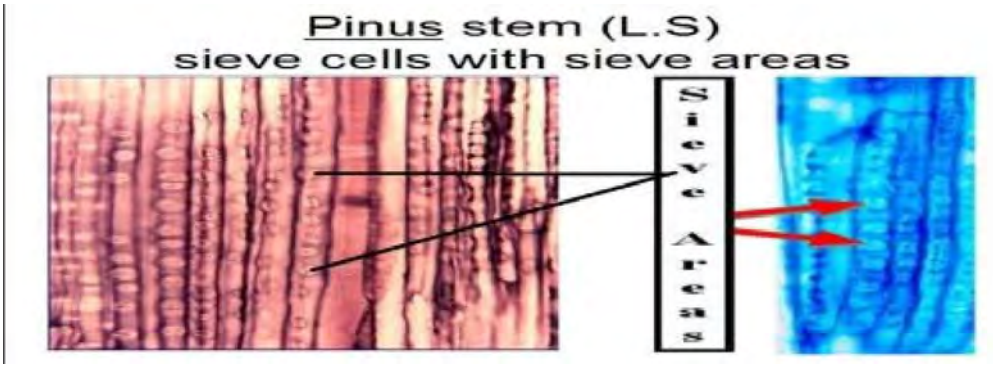
مقطع مستعرض فى اللحاء

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.

Plant Anatomy

Element Sieve



2. الخلايا الرافقة Companion cells

خلايا برنكيمية متخصصة ذات بروتوبلاست فعال تحتوي على سايتوبلازم ونواة وغيرها من المحتويات وهي صفة مميزة لنباتات مغطاة البذور وترتبط الخلايا المرافقة مع وحدات الانابيب المنخلية ارتباطا وثيقا في الموقع والمنشأ والوظيفة حيث تقترن بكل وحدة انبوبة منخلية خلية مرافقة او اكثر . اما من حيث المنشأ فتنشأ من نفس الخلية المرستيمية التي تنشأ منها وحدة الانبوبة المنخلية فتحصل انقسامات محيطية Periclinal في الخلية الامية لتعطي خليتين الاولى كبيرة وهي وحدات الانبوبة المنخلية والثانية صغيرة هي الخلية المرافقة . وقد تعاني الخلية الصغيرة انقسامات مماسية اخرى وتعطي خليتين مرافقتين لنفس وحدة الانبوب .

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

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

1- الخلية المرافقة والمنخلية تنشأ من نفس المنشأ اما خلايا الالبومين تختلف بمنشأها عن الخلايا المنخلية.
2- خلايا الالبومين تقع ضمن النظام الشعاعي بينما الخلايا المرافقة فتقع ضمن النظام المحوري Axial system.
3- 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 .

Plant Anatomy

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.

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

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 .

Plant Anatomy

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 .

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

الخلية المرافقة	خلايا الالبومين
الخلية المرافقة والمنخلية 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

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

Vascular Bundles:

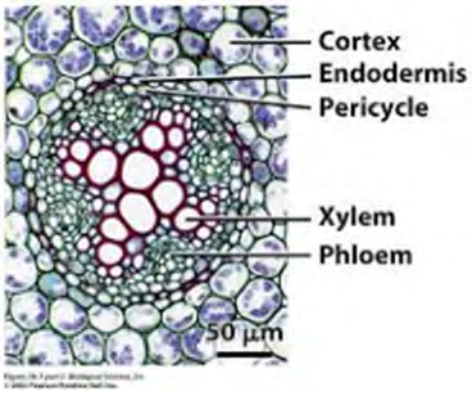
A **vascular bundle**: is a part of the transport system in vascular plants which exists in two forms xylem and phloem.

Vascular bundles vary according to the members of the plant:

1. Radial Vascular Bundles.
2. Collateral Vascular Bundles.
3. Concentric Vascular Bundles.

Radial Vascular Bundles:

Xylem and phloem are seen as patches and they alternate each other and occupy the different radii on the axis separated by non-conductive tissue e.g. dicot and monocot roots.

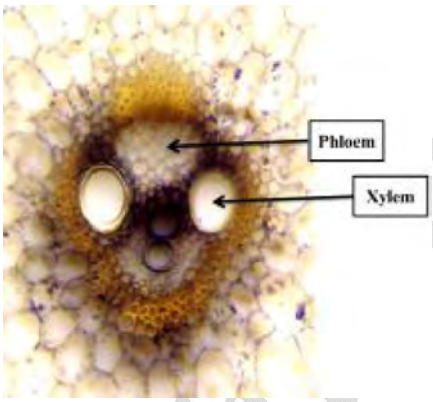


Collateral Vascular Bundles:

Plant Anatomy

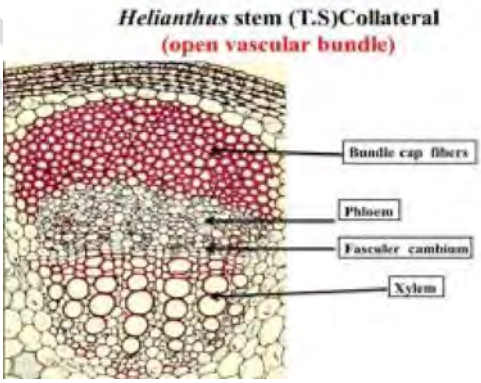
In this type xylem and phloem are arranged side by side on the same radius, usually xylem is seen towards the inner side and phloem towards outer side. This may be either open or closed:

1. **Closed Collateral Vascular Bundles:** xylem towards the inner side and phloem towards the outer side, in between this there is no cambium, look like V or Y , e.g. monocot stem.



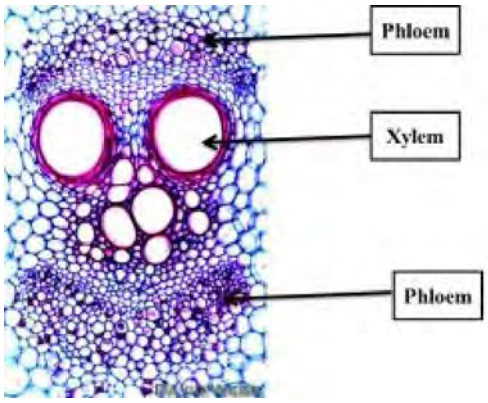
2. **Open Collateral Vascular Bundles:** xylem towards the inner side and phloem towards the outer side, in between xylem and phloem, cambium is present and the xylem, e.g. dicot stem, this type can see into two shape:

   a. **Collateral Vascular Bundle with one phloem.**



   b. **Bicollateral Vascular Bundle:** here two part of phloem and one of xylem at the middle. This type found of the species in the family Cucurbitaceae, Solanaceae and Convolvulaceae.

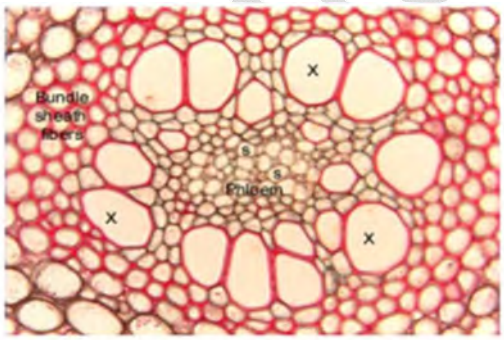
Plant Anatomy



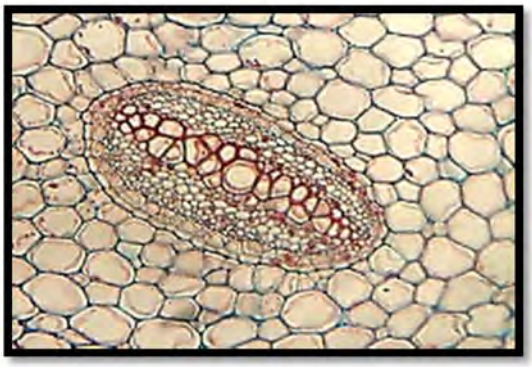
Concentric Vascular Bundles:

One vascular element surrounds the other on all sides, it is of two types:

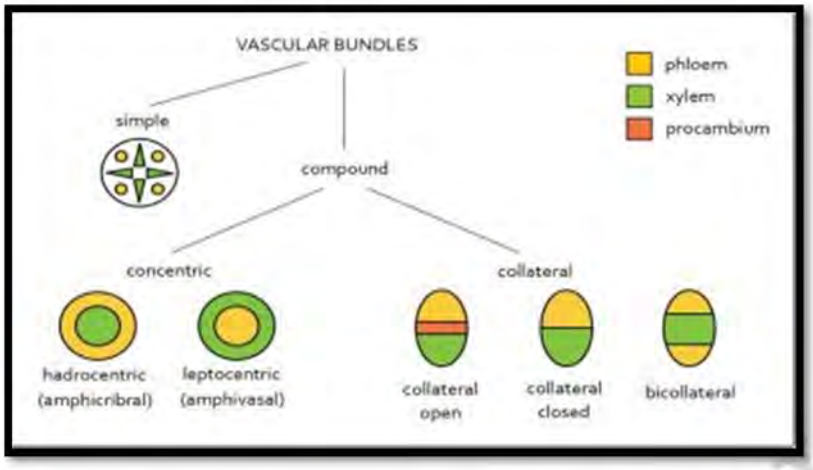
1. Amphivasal or leptocentric: in this xylem is seen towards outer side that surrounded the phloem e.g. *Dracena* and *Yucca*.



2. Amphicribral or hydrocentric: here phloem is seen towards the outer side and xylem towards the inner side. This condition is called amphicribal e.g. *Hydrilla*, *Selaginella* and *Pteris*.



Plant Anatomy



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** وجدر 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 تتكون من نسيج البريسايكل **Pericycle** ونسيج الخشب **Xylem tissue** ونسيج اللحاء **Phloem tissue** ونسيج النخاع **Pith**.

Plant Anatomy

- **البريسايكل 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 Pith:**

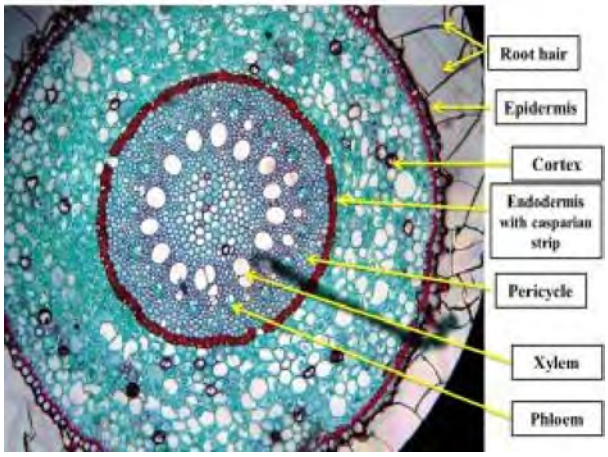
يتكون النخاع من خلايا برنكيمية تشغل مركز القطاع تظهر عادة في جذور نباتات الفلقة الواحدة لتباعد أذرع الخشب ، بينما يلتقي الخشب التالي لجميع الحزم ويلتحم في مركز الجذر فلا يترك مكانا للنخاع في جذور ذات الفلقتين .

مقارنة بين جذر فلقتين وجذر فلقة واحدة:

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

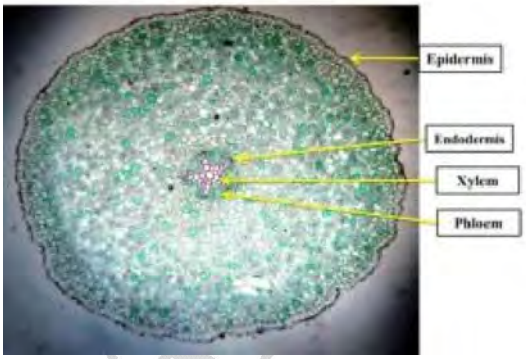
Plant Anatomy

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 .

Plant Army

- **البريسيكل Pericycle :**

وهي تكون أما منطقة متصلة من الخلايا السكلرنكيمية فوق الإسطوانة الوعائية أو توجد في مجموعات فوق الحزم مباشرة وتغلف اللحاء .

- **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 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 .

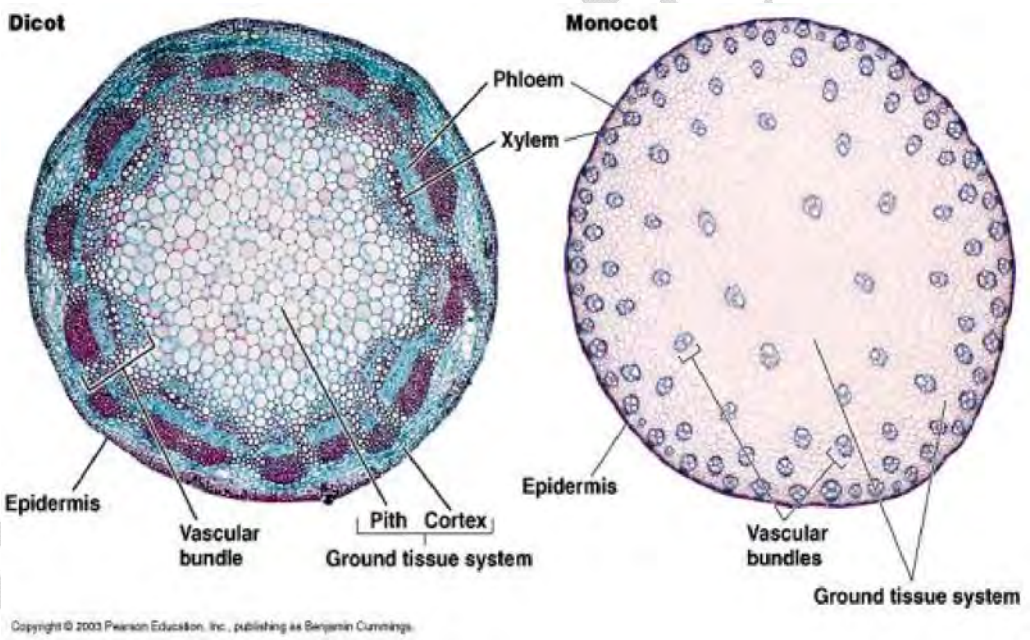
- **الحزم الوعائية Vascular bundles:**

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**.

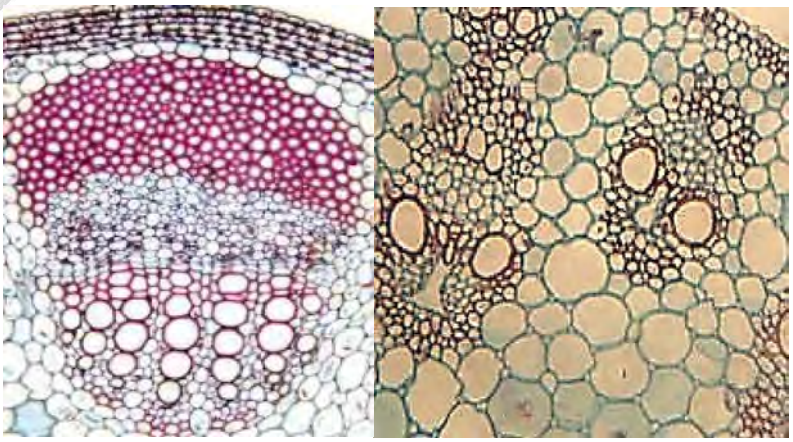
Plant Anatomy

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



Copyright © 2003 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



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 :

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 .

- النسيج الوسطى :

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

1. نسيج عمادي : 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 : 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 :

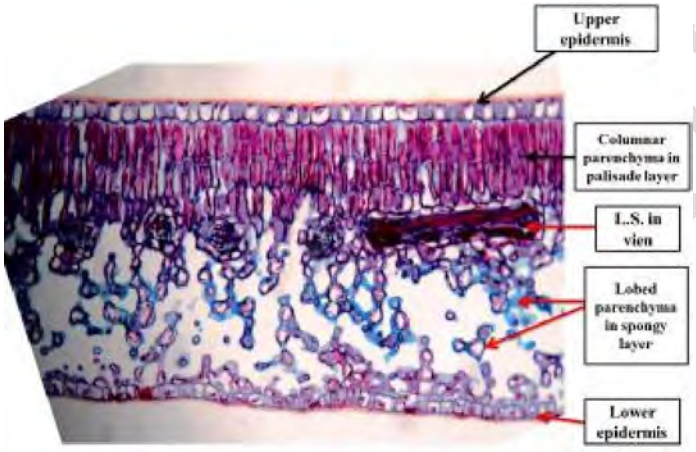
توجد الأنسجة الوعائية في نصل الورقة في نظام متشابك مكونة عروق الورقة وتقع الحزم الوعائية الرئيسية في العروق الوسطى و تتكون من خشب و لحاء و لاتوجد كامبيوم عادة ويوجد الخشب جهة

Plant Anatomy

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 :

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

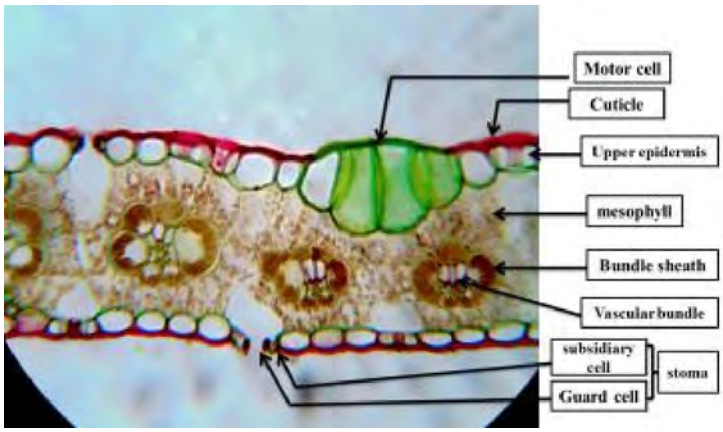


ثانيا: ورقة نبات من ذوات الفلقة واحدة :

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

- البشرة العليا : 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 : 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 : توجد الأنسجة الوعائية في نظام متوازي عادة لأن تعرق الأوراق متوازي parallel venation في ذوات الفلقة الواحدة . و بذلك تظهر في القطاع العرضي الحزم الكبيرة في الوسط و الصغيرة 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 اسكلرنشيمية تحت البشرة مباشرة خاصة حول الحزم الرئيسية تعمل كنسيج دعامي للورقة .
- البشرة السفلى : تشبه البشرة العليا .

Plant Anatomy

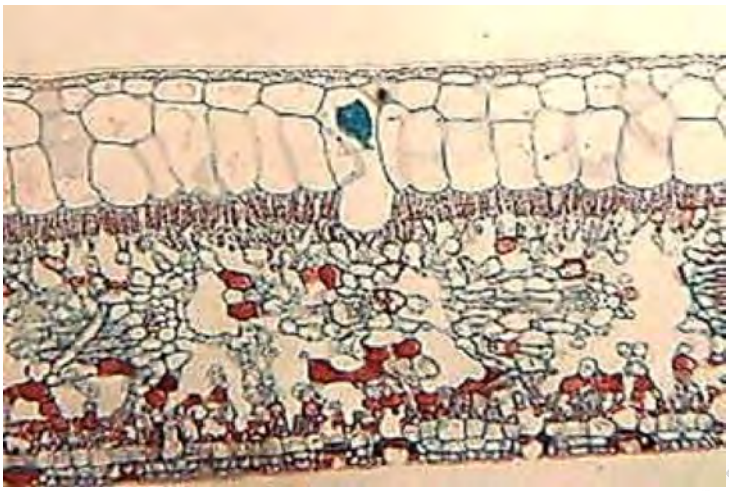


1- تحتوي على الخلايا المحركة motor cell **2-** يكون من خلايا برنكيمية لا يتميز الى نسيج عمادي واسفنجي **3-** العروق متوازية **4-** توجد الانسجة الوعائية في نظام متوازي لان تعرق الاوراق متوازي **5-** اوعية الخشب على شكل حرف V أو Y	**1-** لا تحتوي **2-** يتكون من خلايا برنكيمية عمادية واخرى اسفنجية **3-**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

Plant Anatomy

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) .



التشريح الداخلي لمقطع مستعرض في ورقة لنبات البيئة المتوسطة Mesophytes

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 الكيوتين (cutin) وبالاضافة الى عملية الكيتنة هذه قد تتغلظ الجدران كذلك بمادة اللكنين أو بطبقات شمعية سميكة أحياناً وذلك للاقلال من فقدان الماء الى أقل قدر ممكن.

2. تكوين كميات وفيرة من النسيج السكلرنكيمي :

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

3. وفرة الشعيرات:

Plant Anatomy

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 (mrichophyllous Xerophytes) ومن أمثلتها ورقة نبات الدفله .

4. انطواء الأوراق:

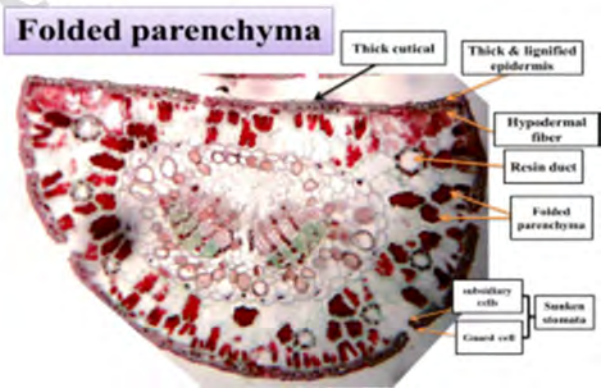
في بعض أنواع الأوراق لا سيما النجيليات تقوم بعملية الانطواء عندما يشتد الجفاف فتعزل الثغور عن الجو الخارجي الجاف وعن التيارات الهوائية كمـــا في ورقة قصب الرمال . وتقوم بهذه العملية مجموعة من الخلايا يطلق عليها اسم (Motor Cell) أو (Bulliform cells).

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 الماز(*Asparagus*)



التشريح الداخلي لمقطع مستعرض في ورقة لنبات البيئة الجافة Xerophytes

Plant Anatomy

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 :

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 .

Plant Anatomy

3- العروق الهوائية:

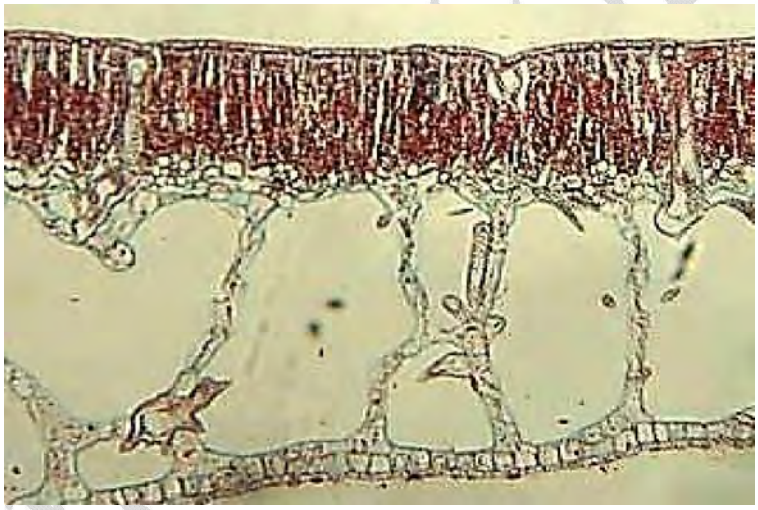
تحتوي النباتات المائية من خلال أنسجتها على مسافات بينية هوائية واسعة ممتلئة بالغازات تقوم بمهمة خزن هذه الغازات. وهذه المسافات أو الغرف الهوائية الواسعة تحيطها من جميع الاتجاهات خلايا برنكيمية رقيقة الجدران صغيرة الحجم وتسمى هذه الخلايا بالـ (Aeronchyma).

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 عرضي في ورقة لنبات مائي

Plant Anatomy