كلية التربية للعلوم الصرفة

قسم علوم الحياة

تشريح النبات/ النظري

اعداد

م.م بان عبد العزيز عيدان

م.م ران عبد السلام العناز

المحاضرة الأولى

علم تشريح النبات Plant Anatomy: هو أحد فروع علو م الحياة Biology ويختص بدراسة التركيب الداخلي لجسم النبات عن طريق تشريح أعضائه المختلفة ودراسة مواقعها والأنسجة المكونة لها وتكيفها للقيام بوظائفها المختلفة. ويعتبر هذا العلم في واقع الأمر دراسة الشكل الداخلي للنبات Internal morphology.

يتكون الجسم النباتي في النباتات الراقية من أعضاء واضحة ومتميزة هي الجذر Root والساق Stem والأوراق Leaves والملحقات الأخرى كالأعضاء التكاثرية Reproductive organs ويبدأ ظهور الجسم النباتي بتكوين البيضة المخصبة Zygote التي تنقسم انقسامات متتالية فتنمو وتتكشف لتكوين الجنين Embryo والذي يمر بسلسلة من انقسامات الخلايا وما يصاحب ذلك من عمليات تخصص Specialization وتمييز Differentiation، وعند أنبات البذرة التي فيها الجنين يتكشف Development إلى بادرة Seedling ومن ثم نبات بالغ Adult plantيتألف الجنين من محور Axis مركزي الموقع ذي نهايتين تمثل أحدهما القمة النامية للساق Shoot Apex والأخرى القمة النامية للجذر Root Apex ، وفي الجنين زوائد جانبية ممثلة بفلقة واحدة أو أكثر ويدعى جزء المحور الواقع تحت الفلقة بالسويقة تحت الفلقية Hypocotyl ، أما الجزء فوق اتصال الفلق بالمحور فيدعى بالسويقة فوق الفلقية Epicotyl التي تنتهي بالرويشة plumule حيث تتحول إلى النظام الخضري .Shoot system.

هناك نوعان من النمو في النبات:

- النمو الابتدائي Primary growth وهو النمو الذي يحصل في الجسم النباتي أو في أي جزء منه منذ فترة نشوء الجنين ولغاية اكتمال استطالته ويحصل هذا النمو بفعل المرستيمات القمية بشكل رئيسي وقد تسهم المرستيمات البينية Intercalary meristems في هذا النمو كما في النجيليات والنمو الابتدائي موجود في الغالبية العظمى من نباتات ذوات الفلقة الواحدة والنباتات الحولية من ذوات الفلقتين وأغلب النباتات الوعائية الحولية البدائية .Vascular cryptogams .
- والنمو الثانوي Secondary growth وهذا يحصل في معظم نباتات ذوات الفلقتين وعارية البذور وبعضاً من ذوات الفلقة الواحدة التي تعاني تسمكاً في السيقان والجذور فيحصل النمو الثانوي بعد اكتمال النمو الابتدائي وعادة يكون هذا النمو أصلب وأقوى وأكثر مقاومة وتعقيداً كما في الأشجار والشجيرات

يتألف الجسم النباتي في النباتات الراقية من ملايين الخلايا تختلف عن بعضها البعض في أشكالها وتراكيبها ووظائفها ومواقعها. تتجمع هذه الخلايا لتكون الأنسجة Tissues، والنسيج هو مجموعة من الخلايا المقترنة تركيبياً ووظيفياً وذات موقع خاص. وقد تتجمع في مجاميع كبرى هذه الأنسجة لتكوين وحدات كبرى يجمعها ببعضها استمرار طوبوغرافي Topographic continuityأو تشابه وظيفي Physiologic similarity أو كلتا الصفتين معاً يطلق عليها أسم الأنظمة النسيجية Tissue systemsمثل النظام النسيجي الأساسي Fundamental والنظام النسيجي الوعائي Vascular tissue systemوالنظام النسيجي الضام Dermal tissue system.

صنف علماء التشريح أنواع الخلايا إلى مجاميع وأنسجة استناداً إلى عدة أسس هي :

- موقع النسيج في الجسم النباتي.
- تركيب الوحدات التي يتألف منها النسيج.
- وظيفة النسيج.
- أصل نشوء خلايا النسيج ومرحلة نمو هذه الخلايا.

فمثلاً قسمت الأنسجة النباتية استناداً إلى مرحلة نموها إلى الأنسجة المرستيمية أو المولدة والأنسجة البالغة أو المستديمة. كما قسمت مجاميع الخلايا المكونة للنسيج استناداً إلى مدى التباين بين خلاياها إلى انسجة بسيطة Simple وهي التي لا تظهر بين خلاياها فروق أساسية كالنسيج البرنكيمي وغيرها، وانسجة معقدة Complex وهي التي تتألف من نوعين أو أكثر من الخلايا كاللحاءPhloem والخشب Xylem.

أعضاء الجسم النباتي:

اولًا: الجذر Root

وظائف الجذر:

- تثبيت النبات في التربة Root anchorage
- امتصاص الماء والأملاح Water and mineral absorption
- خزن المواد الغذائية Storage of nutrients، وفي هذه الحالة يكون الجذر متضخماً

أنظمة الجذور:

- يضمحل الجذر الناشئ من الجذير Radical في معظم ذوات الفلقة الواحدة وتنشأ بدله من قاعدة الساق مجموعة من الجذور العرضية Adventitious roots وقد تتفرع وتكون هذه الجذور ما يدعى بالمجموع أو النظام الجذري الليفي Fibrous root system الذي هو من خواص ذوات الفلقة الواحدة ، ويمكن ملاحظة ذلك بوضوح في الرز Oryza sativa.
- أما في ذوات الفلقتين فيستمر نمو الجذير ويبقى هو الجذر الرئيسي الذي يمثل الجذر الابتدائي Primary root للنبات . وتتفرع من الجذر الابتدائي فروع جانبية لا تلبث أن تتفرع هي الأخرى مرة أثر مرة ويطلق عليها مجتمعة مصطلح الجذور الثانوية Secondary roots ويدعى هذا النظام للجذر بالنظام الجذري الوتدي Tap root system المميز لنباتات ذوات الفلقتين وعاريات البذور.

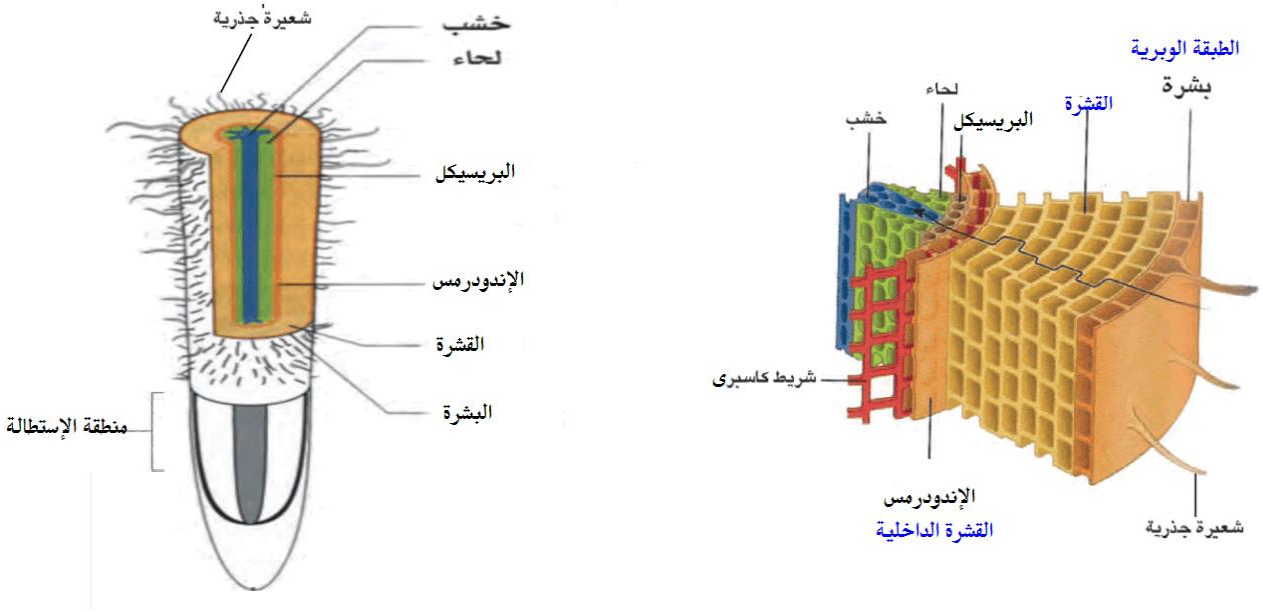
التركيب التشريحي للجذر من الخارج إلى الداخل:

- البشرة Epidermis: وهي الطبقة الخارجية للجذر وتتكون من طبقة واحدة من الخلايا المرصوفة وتكون خالية من الكيوتكل (لتسهيل عملية امتصاص الماء)
- القشرة Cortex : هذه الطبقة تلي طبقة البشرة وتتكون من خلايا برنكيمية ذات مسافات بينية واضحة ، وغالباً ما تتميز الطبقة الأخيرة من خلايا القشرة بشكل صف منفرد من الخلايا تدعى القشرة الداخلية Endodermis ، كما ان قشرة الجذر تخلو من الخلايا الكولنكيمية والكلورنكيمية (الحاوية على بلاستيدات خضراء).
- الأسطوانة المركزية: وهو ما تبقى من انسجة الجذر الواقعة الى الداخل من القشرة الداخلية وتشمل الدائرة المحيطية والاسطوانة الوعائية واللب (في حال تواجده). تلعب الدائرة المحيطية دورا مهما في نشوء الجذور الجانبية الثانوية، كما ينشأ منها جزء من الكامبيوم الوعائي إضافة الى الكامبيوم الفليني.

يظهر في النباتات التي يحصل فيها تسمك أو نمو ثانوي نسيج مرستيمي ثانوي بشكل أسطوانة متصلة في الغالب تحيط بالخشب يدعى الكمبيوم الوعائي Vascular cambium.

المرستيم القمي يكون مسؤولا عن النمو والأتساع الطولي Linear growth للأعضاء النباتية، بينما المرستيم او الكامبيوم الوعائي يكون مسؤولا عن النمو القطري Radial growth الذي يزيد في تسمك هذه الاعضاء عن طريق إضافة خشب ثانوي Secondary xylem إلى الداخل ولحاء

ثانوي الى الخارج Secondary phloemمما يسبب الزيادة القطرية في الجذور التي يحصل فيها نمو ثانوي، أو الأعضاء الأخرى التي يحصل فيها مثل هذا النمو.

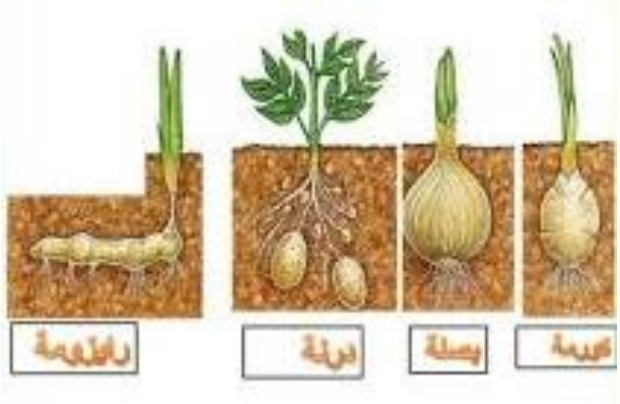


شكل (1) رسم توضيحي لمناطق الجذر

ثانياً: الساق Stem:

الساق جزء محوري من النبات، يتميز عن الجذر بوجود: العقد Nodes ، السلاميات Internodes و الملحقات: مثل الأوراق، البراعم، الحراشف. كما تختلف السيقان النباتية في اشكالها حسب البيئة والوظيفة وهي على عدة أنواع :

- سيقان غضة Herbaceous
- سيقان عصارية Succulent تخزن الماء (مثل الصبار).
- سيقان درنية Tubers: تخزن الغذاء (مثل البطاطا).
- سيقان رايزومية Rhizomes: تمتد أفقيًا تحت التربة.
- أبصال Bulbs: ساق قصيرة محاطة بأوراق لحمية.
- سيقان شوكية للحماية.



اشكال السيقان الترابية

تؤدي السيقان عدة وظائف منها حمل الأوراق وتوجيهها نحو الضوء، نقل الماء والأملاح من الجذر إلى الأجزاء العلوية، نقل الغذاء المصنع من الأوراق إلى باقي أجزاء النبات، التركيب الضوئي في السيقان الغضة، خزن الغذاء كما في الكلم والبطاطا، خزن الماء كما في الصبار والتين الشوكي.

تقع القمة النامية Apical Meristem في نهاية الساق وتنقسم خلاياها بشكل مستمر وتنمو باتجاه معاكس للجاذبية (نمو علوي). وتكون غير مغطاة بقلنسوة (عكس الجذر) وتحاط غالبًا بأوراق حرشفية لحمايتها.

التركيب التشريحي للساق

يمكن تمييز الانسجة التالية في السيقان من الخارج الى الداخل:

1. **البشرة Epidermis :** وهي الطبقة الخارجية التير تحيط بالساق وتكون مغطاة بطبقة شمعية تسمى بالأدمة(الكيوتكل) Cuticle والتي تكون غير منفذة للماء. ويمكن ان تحتوي على الثغور Stomata (في السيقان الغضة والفتية) لتبادل الغازات. وقد تتواجد عليها شعيرات أو زوائد بشرية.
   - ✓ في النباتات التي يحصل لها نمو ثانوي تتهشم البشرة ويعوض عنها بطبقة البشرة المحيطة Periderm وتتألف البشرة المحيطة من ثلاث طبقات وترتيبها من الخارج إلى الداخل الفلين Phellem الكامبيوم الفليني Phellogen و القشرة الثانوية Phelloderm ، و لكون طبقة الفلين غير منفذة للسوائل والغازات فإن البشرة الثانوية تمتلك العديسات Lenticels لتقوم مقام الثغور في عملية التبادل الغازي
2. **القشرة Cortex:** تقع تحت البشرة وتتكون من البرنكيميا Parenchyma يقوم بعملية الخزن كما يقوم بعملية التركيب الضوئي في حالة احتواءه على باستيدات خضراء ويدعى حينها بالنسيج الأخضر Chlorenchyma. اما النسيج الكولنكيمي Collenchyma والسكلرنكيمي Sclerenchyma

فيقومان بوظيفة الدعم بسبب تثخن جدران خلاياهما. ويجدر بالذكر بأن منطقة القشرة في الساق اضيق منها في الجذر وغالبًا تكون خالية من الأدمة الداخلية Endodermis.

3. **الأسطوانة الوعائية Stel:** تحتوي على الحزم الوعائية Vascular Bundles وتكون الحزم في ثنائيات الفلقة مرتبة في حلقة وتحتوي على كامبيوم الحزم، والحزم تكون مفتوحة. اما في أحاديات الفلقة: فتكون موزعة عشوائيًا. بدون كامبيوم الحزم، والحزم مغلقة.

ثالثاً: الورقة The leaf:

الورقة في النباتات الزهرية مهيأة تشريحياً ووظيفياً للقيام بعملية التركيب الضوئي Photosynthesis ، حيث تتم هذه العملية داخل البلاستيدات الخضراء Chloroplasts التي تحتوي على اليخضور Chlorophyll . ومن أبرز التكيفات التشريحية للورقة:

1. انبساط النصلBlade يزيد المساحة السطحية لامتصاص الضوء.
2. ترتيب الأوراق: يضمن تعرّضها الأمثل لأشعة الشمس.
3. وجود الثغور Stomata يسهل التبادل الغازي.

للورقة بشرتان عليا Upper epidermis وسفلى Lower epidermis تحيطان بنسيج برنكيمي متوسط Mesophyll تتخلله حزم وعائية بشكل عروق Veins ذات أنظمة خاصة في انتشارها وتفرعاتها في نصل الورقة . غالباًما يميز للورقة حامل Petiole له أشكال وأبعاد مختلفة باختلاف الأنواع . وقد يلحق الورقة أذينات Stipules تتصل بحامل الورقة ، أما إذا امتدت من قاعدة النصل الورقي زوائد جانبية تسمى هذه الزوائد بالأذينات النصلية Auricles وتكون بأشكال وأبعاد مختلفة كذلك . لبشرة الورقة معقدات ثغرية Stomatal Complexes مختلفة الأشكال والأنظمة والمواقع والأعداد في الأنواع النباتية المختلفة، وخلايا بشرة اعتيادية Ordinary epidermal cells.

وتتحكم الخلايا الحارسة في فتح وغلق الثغور مما يترتب عليه التحكم في عملية النتح وعمليات التبادل الغازي الأخرى. تنتشر الثغور Stomata على بقية الأعضاء والأجزاء النباتية الفتية المعرضة للضوء وبأنظمة وأعداد وأشكال متغايرة حسب الموقع . فهي توجد على السيقان الفتية وملحقاتها وعلى الأذينات وحوامل الأوراق والأزهار ومختلف الأعضاء الزهرية وملحقاتها أيضاً وعلى الأثمار الفتية كذلك.

يتألف النسيج المتوسط Mesophyll للورقة في ذوات الفلقتين من خلايا حشوية Parenchyma cells متطاولة متراصة عمودياً على خلايا البشرة وذات أعداد كبيرة من البلاستيدات الخضراء يطلق

عليها الخلايا العمادية Palisade cells أما بقية الخلايا البرنكيمية في النسيج المتوسط فهي خلايا ذات مسافات بينية واسعة وتكون غير منظمة الأشكال وذات بلاستيدات أقل كثافة عادة من الخلايا العمادية وتعرف بالخلايا الأسفنجية Spongy cells.

وقد توجد الخلايا العمادية تحت البشرة العليا فقط وهي الحالة الغالبة حيث تدعى الورقة Unifacial leaf أي ذات الوجه المنفرد ، أو أن توجد تحت البشرة العليا والسفلى وتدعى الورقة عندئذ ذات الوجهين Bifacial تقوى الورقة أحياناً ببعض الخلايا السميكة الجدران والمتخشبة كالخلايا المتصلبة Sclereids في النسيج المتوسط كما في الأوراق المتصلبة Sclerophylls.

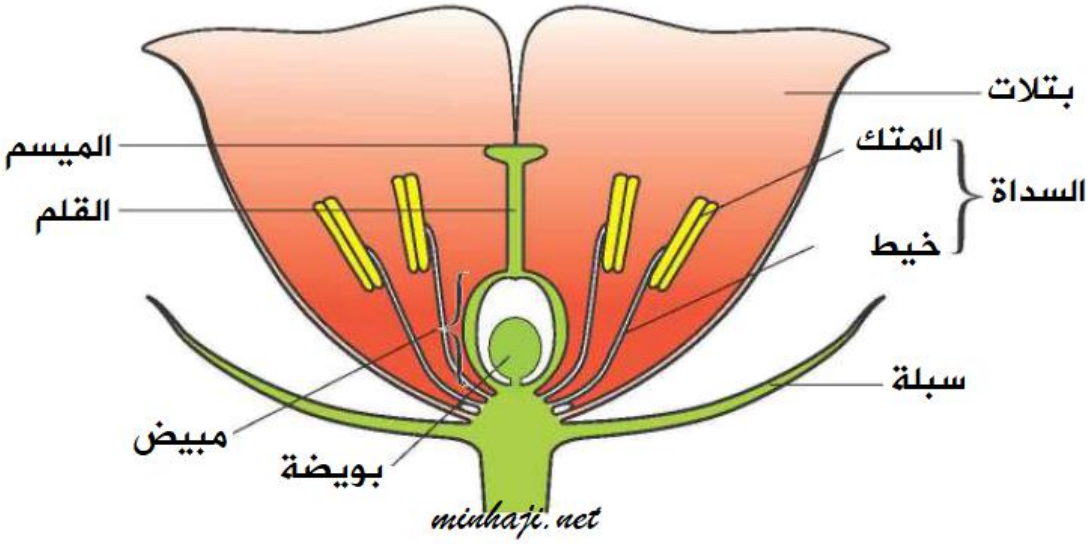
رابعاً: الزهرة The flower

- الزهرة هي غصن محور مخصص للتكاثر الجنسي في النباتات الزهرية Angiosperms، تنشأ الزهرة من برعم زهري أو من قمة ساقية خضرية Vegetative shoot apex بعد تعرضها لتغيرات وظروف معينة.
- وتتألف الزهرة من أوراق غلافية عقيمة تتمثل بحلقة أو أكثر تدعى بالغلاف الزهري Perianth ، الخارجية منها تدعى بالأوراق الكاسية Sepals التي يطلق عليها مجتمعة مصطلح الكاس Calyx وحلقة أو أكثر داخلية تدعى بالأوراق التويجية Petals التي تسمى مجتمعة التويج Coralla وتكون الأوراق الكاسية خضراء اللون عادة أما الأوراق التويجية فتكون ملونة وجذابة في الغالب. وقد تلحق بالأوراق الغلافية للزهرة ملحقات Appendages مختلفة الأشكال والألوان والمواقع.

- قد لا تتميز الأوراق الغلافية بعضها عن البعض الأخر أي أن الحلقة الخارجية والحلقة الداخلية للغلاف الزهري تكون ذات وحدات متشابهة كما في العديد من أزهار ذوات الفلقة الواحدة، ويطلق على مثل هذه الأوراق التي لا تتميز إلى أوراق كاسية ولا إلى أوراق تويجية مصطلح Tepals.
- الغلاف الزهري قد يفقد كلياً من الزهرة فتسمى الزهرة حينئذ عارية Naked flower ، أو جزئياً ، كفقدان الحلقة الخارجية أو الحلقة الداخلية ، فتسمى الزهرة بناقصة Incomplete flower ، هذا وقد تتضاعف حلقات الغلاف الزهري فتصبح أكثر من حلقتين كما في جنس Jasminum الذي تعرف بعض أنواعه ياسمين ورازقي.
- وللزهرة أوراق محورة أو تراكيب خصبة تمثل الأعضاء الزهرية التكاثرية تقع إلى الداخل من الغلاف الزهري الذي يحفظها ويحافظ عليها قبل تفتح الزهرة الخارجية منها تسمى الأسدية Stamens أو جهاز التذكير Androecium والداخلية التي تحتل مركز الزهرة تمثل الكربلات Carpels أو جهاز التأنيث أو المتاع Gynoecium
- توصف الزهرة التي تحتوي على الأعضاء التكاثرية الذكرية(الأسدية) والانثوية (الكربلات) بانها زهرة تامة Perfect flower ، وقد تغيب احد التراكيب التكاثرية الذكرية او الانثوية فتوصف الزهرة بكونها غير تامة Inperfect flower
- تقع الاسدية Stamen الى الداخل من حلقة التويج و تتألف السداة من الخويط Filament وهو ساق رفيعة تحمل المتك. والمتك Anther وهو تركيب كيسي الشكل يُنتج حبوب اللقاح Pollen
- تقع الكرابل او المتاع Carpel / Pistil في مركز الزهرة وتتألف من :

1. المبيض Ovary : قاعدة منتفخة تحتوي على البيوض Ovules، قد يكون له ردهة Locule واحدة أو أكثر.
2. القلم Style: أنبوب نحيف يمر عبره الأنبوب اللقاحي Pollen tube بعد التلقيح.
3. الميسم :Stigmaتركيب قمي يستقبل حبوب الطلع Pollen ويساعد على التصاقها ونموها عبر السائل الميسمي Sigmatic fluid

وتكون المدقة اما بسيطة Simple أي تتألف من كربلة واحدة، او مركبة Compound وتتألف من أكثر من كربلة وتكون متصلة او منفصلة.



تركيب الزهرة

الخلية النباتية

الخلية: هي وحدة البناء والوظيفة في الكائنات الحية، وتتركب بعض الكائنات من خلية واحدة تقوم بشتى الوظائف الحيوية من تكاثر وتغذية وحركة ..... الخ وتسمى هذه الكائنات وحيدة الخلية unicellular مثل البكتريا وبعض الطحالب. أما النباتات الراقية فتتركب من عدة خلايا وتسمى عديدة الخلايا multicellular ومن الخلايا المتشابهة تتكون الأنسجة ومن مجاميع الأنسجة تتكون الأعضاء ومن مجاميع الأعضاء يتركب جسم النباتات الراقية.

***وتتميز الأنسجة النباتية ببعض الصفات عن الأنسجة الحيوانية ومنها:**

1. احتواء الخلايا النباتية على الجدار الخلوي والذي يتكون من السليلوز.
2. تحتوي خلايا النبات على الصبغات النباتية ومن أهمها الكلوروفيل.
3. تستطيع النباتات أن تصنع غذائها بنفسها أي أنها ذاتية التغذية Autotrophic.
4. تكون الحركة في الأعضاء النباتية نسبية.

تختلف خلايا النبات عن بعضها البعض في الشكل والحجم والوظيفة ونوع الخلايا وذلك لاختلاف الوظائف الحيوية التي تقوم بها الخلايا المختلفة تبعا لنوع النسيج:

1) **الاختلاف من حيث الشكل:**

إذ يلاحظ أن بعض الخلايا النباتية تكون ذات أشكال منتظمة مثل بعض خلايا نسيج البشرة أو تكون ذات شكل بيضوي كما في الخلايا البرنكيمية أو تكون مضلعة كما في الأنسجة الكولنكيمية أو متطاولة كما في خلايا الألياف.

2) **الاختلاف من حيث الحجم:**

للخلايا أحجام مختلفة واغلب الخلايا مجهرية لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة ولا يتجاوز قطرها عدة مايكرونات غير أن بعض الخلايا يصل طولها الى عدة سنتمترات مثل شعيرات القطن السليلوزية أو ألياف الكتان التي يصل طولها الى أكثر من 5 - 10 سم.

3) **الاختلاف من حيث الوظيفة:**

قد تقوم الخلايا بوظيفة الخزن كما في الخلايا البرنكيمية(الحشوية)، أو دعامية كما في الخلايا الكولنكيمية والسكلرنكيمية , أو تقوم بالبناء الضوئي إذا احتوت على صبغة الكلوروفيل، وقد تقوم بوظيفة النقل كما في خلايا نسيج الخشب.
وقد يحصل تحورات في الخلية النباتية لكي تؤدي وظيفة معينة نتيجة للعوامل البيئية كما في النباتات الصحراوية أو النباتات المائية أو نباتات المناطق المالحة.

4) **نوع الخلايا:**

تكون الخلايا نوعين خلايا جسمية والتي تكون معظم جسم النبات وتقوم بأغلب وظائفه الحيوية وتكون شكله الظاهري وخلايا جنسية وهي المسؤولة عن التكاثر الجنسي والتي تنتقل عن طريقها الصفات

الوراثية من جيل الى آخر.

وتقسم الخلايا من حيث التطور الى نوعين:

أ- بدائية الانوية Prokaryotic cells :مثل البكتريا.

ب- خلايا حقيقية الانوية Eukaryotic cells :مثل النباتات والفطريات.

الفرق بين الخلايا بدائية الانوية وحقيقية الانوية:

ت	خلايا بدائية الانوية Prokaryotic cells	خلايا حقيقية الانوية Eukaryotic cells
1.	خلاياها صغيرة 1 - 10 ما يكرون	خلاياها كبيرة 10 - 100 مايكرون
2.	لا تحتوي على نواة او أي غشاء يحيط بعضيات الخلية.	تحتوي على النواة وتحاط كل عضيات الخلية بغشاء
3.	DNA حلقي ولا يحتوي على بروتينات وموقعة في السيتوبلازم.	DNA خيطي ويتحد مع البروتينات ليكون كروماتين وموقعه في النواة والبلاستيدات والمايتوكوندريا.
4.	الرايبوسومات صغيرة (70S).	الرايبوسومات كبيرة (80S).
5.	تتحرك بواسطة الحركة الدائرية للاسواط.	بعضها يتحرك بواسطة الأهداب المرنة والمتموجة.
6.	انقسام الخلية عن طريق الانشطار الثنائي.	انقسام الخلية اما يكون مباشر او غير مباشر.
7.	التكاثر دائما لاجنسي.	التكاثر إما يكون جنسيا أو لاجنسيا.

تركيب الخلية النباتية The structure of plant cell

تتركب الخلية النباتية من المكونات الآتية:

اولاً: الجدار الخلويCell wall :

ويتكون من الصفيحة الوسطى - والجدار الابتدائي - والجدار الثانوي

ثانياً: البروتوبلاست Protoplast :

وهو الجزء الحي من الخلية ويتكون من:

أ- مكونات بروتوبلازمية حية (البروتوبلازم):

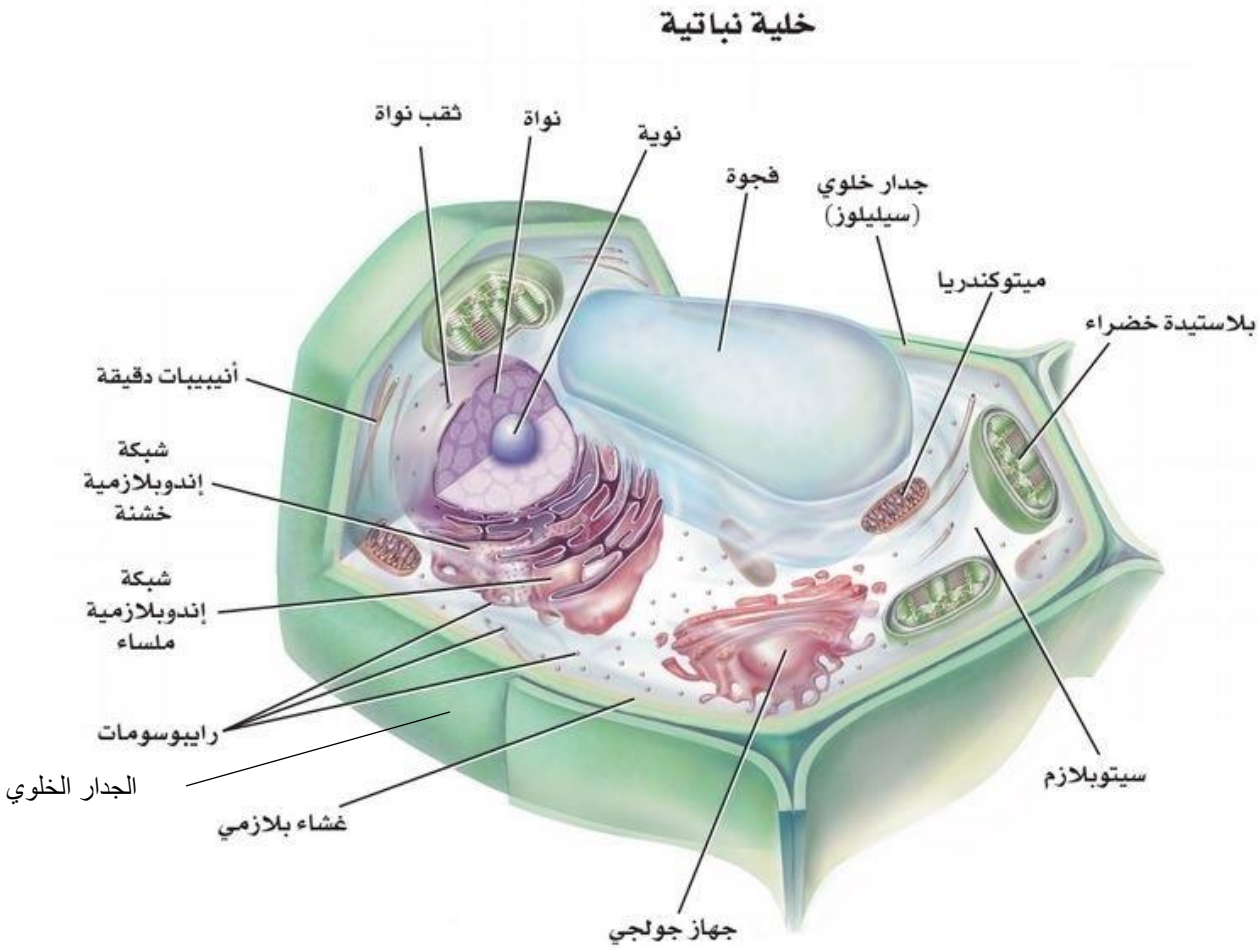
ويشمل السيتوبلازم الذي يتكون من (البلازما الأساس، الشبكة الاندوبلازمية، الاغشية البلازمية، الخيوط السايتوبلازمية).

والعضيات الخلوية أهمها: (النواة، البلاستيدات، الميتوكوندريا، جهاز كولجي، الرايبوسومات، الاجسام الكروية، الاجسام الدقيقة والانابيب الدقيقة).

ب- مكونات غير بروتوبلازمية غير حية:

(لاتدخل في تركيب البروتوبلازم بل توجد فية بشكل ذائب وغير ذائب)

وتشمل الفجوات والمواد غير الحية (النشاء، البروتين، دهن، بلورات، تانينات، اشباه القلويدات وصبغات نباتية).



اولاً: الجدار الخلوي Cell wall:

هو جدار سميك وقوي نصف مصلب غير حي يحيط برتوبلاست الخلية النباتية يغطي الغشاء البلازمي الذي يقع للداخل منه، ويمثل خصوصية للخلية النباتية أ(ي يوجد داخل الخلية النباتية فقط).

كيفية تكوين الجدار الخلوي:

يبدأ تكوين الجدار الخلوي بعد الطور النهائي Telophase للانقسام إذ تتكون صفيحة سايتوبلازمية بين النواتين في منتصف الخلية وتترسب فيها مواد بكتينية وتعرف عندئذ بالصفيحة الوسطى Middle lamella والتي تتكون من بكتات الكالسيوم والمغنيسيوم وتترسب على كلا جانبي الصفيحة الوسطى طبقة رقيقة من مادة السليلوز يفرزها سايتوبلازم الخليتين الناتجتين من الانقسام وتكون الجدار الأولي أو الابتدائي Primary cell wallومن ثم تترسب على طبقتي السليلوز الرقيقتين مواد أخرى مثل اللجنين Lignin والسوبرين Suberinويتكون بذلك الجدار الثانوي Secondary wall للخلية النباتية.

ويتركب الجدار الخلوي من ثلاث طبقات هي:

1. **الصفيحة الوسطى Middle lamella:**

وتتركب كيميائيا من بكتات الكالسيوم والمغنيسيوم وقد تحتوي على مواد اخرى مثل اللكنين كما في العناصر الناقلة في الخشب وتوصف الصفيحة الوسطى تبعا لتأثيرها على الضوء المستقطب بكونها غير فعالة ضوئيا او متجانسة (لان مادة البكتات ليس لها صفات بلورية).

2. **الجدار الابتدائي Primary wall:**

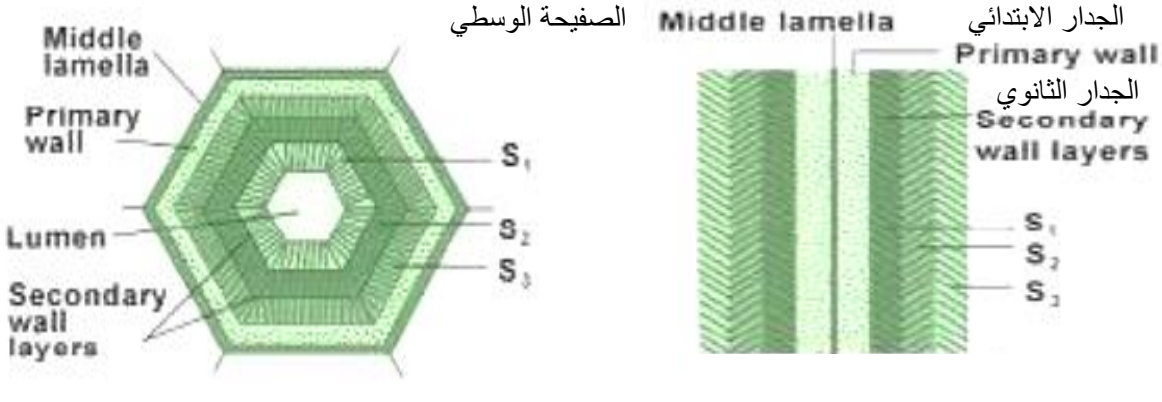
يفرزه السايتوبلازم على الصفيحة الوسطى ويتركب من السليلوز ويختلط معه مركبات البكتين والهيميسليلوز. ويوجد الجدار الابتدائي في سائر الخلايا النباتية وقد يبقى هو الجدار الوحيد في الخلية كما في حالة الخلايا المرستيمية ومعظم الخلايا البرنكيمية والخلايا الكولنكيمية ومعظم خلايا البشرة. ويتميز الجدار الابتدائي بكونه يحيط عادة بخلايا تبقى حية وفعالة بعد النضج وذلك عندما يبقى هو الجدار الوحيد بالخلية، ويتميز الجدار الابتدائي بانه رقيق نسبيا وعند وجود النقر في الجدار الابتدائي يطلق عليها حقول النقر الابتدائية Primary pit fields ويمتد خلالها تجمعات من روابط بلاومية Plasmodesata

3. **الجدار الثانوي Secondary wall :**

تترسب مواد هذا الجدار فوق الجدار الابتدائي من الداخل وبعد اكتمال النمو السطحي والحجمي للخلية أي ان تكوين الجدار الثانوي يبدأ بعد وصول الخلية الى حجمها النهائي ويتركب من السليلوز الذي يؤلف الجزء الاكبر من الجدار والسكريات المتعددة غير السليلوزية مختلطا معه اللجنين او السوبرين أو الشموع وغيرها من المواد. وغالبا ما يكون الجدار الثانوي مقترنا بخلايا تموت بعد تمام نضجها.

ويقتصر وجود الجدار الثانوي على انسجة وخلايا معينة حيث يوجد في:

1- العناصر الناقلة في الخشب كالأوعية والقصيبات.
2- النسيج السكلرنكيمي كالألياف والخلايا الصخرية.
3- النسيج الفليني.
4- بعض الخلايا البرنكيمية كتلك التي في نسيج الخشب.
5- في بعض طبقات البشرة كما في الصنوبريات والنباتات دائمة الخضرة والسحلبيات، والتي تمثل بشرة مركبة تحاط خلاياها بجدران ثانوية وهي موجودة في الجذور الهوائية لهذه النباتات.

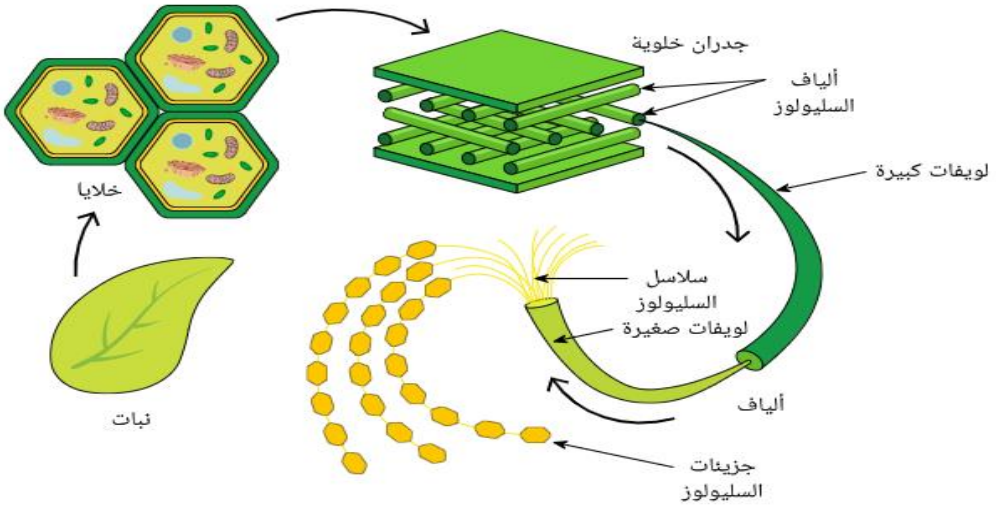


مقطع عرضي لجدار الخلية النباتية

مقطع طولي لجدران خلوية لخليتين متجاورتين

***التركيب الكميائي الدقيق للجدار الخلوي Fine structure of the cell wall**

يتكون الجدار الخلوي الدقيق من ارتباط مجموعة من السلاسل السليلوزية، هذه السلاسل مكونة من العديد من جزيئات سكر الكلوكوز (3000 - 8000 جزيئة سكر كلوكوز) والتي ترتبط مع بعضها مكونة السلاسل السليلوزية (والمكونة من التحام جزيئات سليلوزية متبلورة ومتوازية مع جزيئات سليلوزية غير متبلورة وغير متوازية) ثم يتحد 100 سلسلة منها مكونة لييفة أولية micelle ثم يتحد 20 لييفة أولية لتكون تركيب اكبر منها يسمى الليفات الصغيرة microfibril ثم يتحد مايقارب 250 من الليفات الصغيرة مكونة الليفات الكبيرة microfibril و المكونة للسلاسل السليلوزية واتحاد عدد كبير منها يكون الجدار الخلوي.



وظائف الجدار الخلوي:

1- المساندة الميكانيكية للخلية بإعطائها القوة والصلابة.
2- التوسط في تبادل الايونات ما بين الخلية والتربة.
3- حماية وحفظ مكونات الخلية من مؤثرات المحيط الخارجي.
4- المساعدة في نمو الخلية عن طريق مرونة جدار الخلية الاولي.

بعض التراكيب الخاصة بالجدار الخلوي

النقر Pit: هي انخفاض او مكان رقيق في جدار الخلية المتثخن ثانويا. تظهر هذه النقر متقابلة في الخلايا المتجاورة ويفصلها عن بعضها غشاء رقيق يسمى غشاء النقرة يتألف من الصفيحة الوسطى، تمر فيها الروابط البلازمية تربط سيتوبلازم الخليتين.

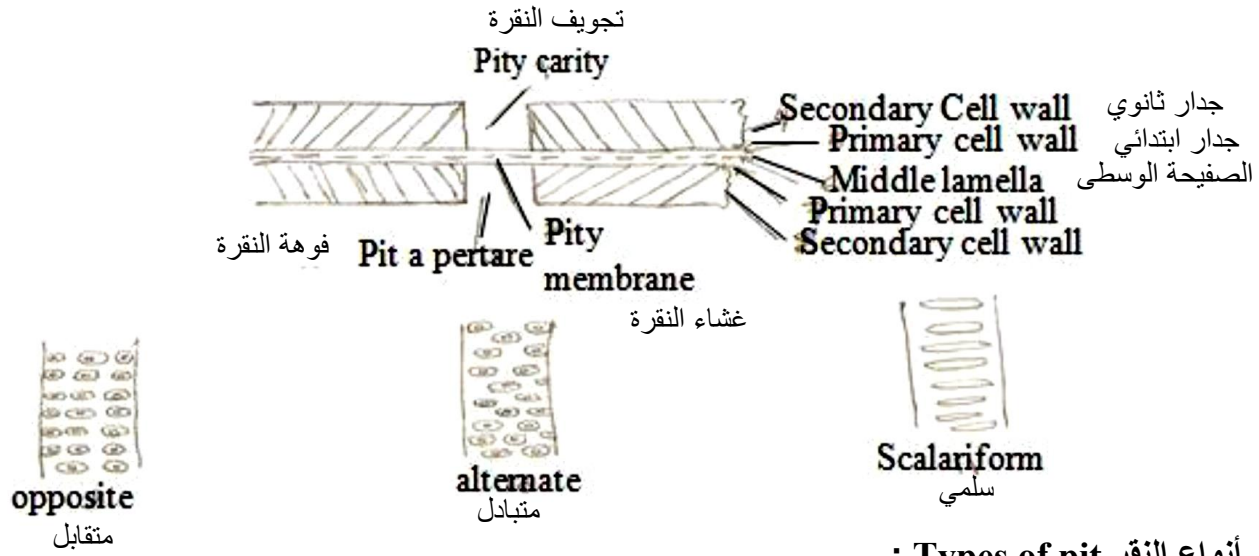
التنقرPitting: يعني ترتيب النقر في جدار الخلية مثال

التنقير السلمي Scalariform pittingوالمتبادل Alternate pitting والمتقابل Opposite pitting

تتركب النقرة من:

1- غشاء النقرة Pit membrane 2- تجويف النقرة pit cavity 3- فوهة او فتحة النقرة Pit aperture

في الجدران الابتدائية Pimary pit fields تنشأ النقر في البداية على هيئة حقول نقر ابتدائية وتتكون الحقول كنتيجة لتمدد الجدران وعندما يضاف الجدار الثانوي تتكون النقر وهذه اما ان تكون بسيطه او مضفوفة.



أنواع النقر Types of pit :

1- حقول النقر البسيطة Primary pits field :

تظهر هذه النقر في الجدار الابتدائي نتيجة تمدده عند نمو البروتوبلاست وتظهر بشكل واضح في الخلايا الحية التي لم تتغلظ بجدران ثانوية (كما في الخلايا البرنكيمية) وتظهر فيها الروابط البلازمية Plasmodismata التي تربط بين بين الخلايا مما يجعل الجدار الابتدائي بشكل مسبحي في المقطع العرضي او الطولي للخلية، مثال عليها غلاف ثمرة الفلفل الأخضر.

2- النقر البسيطة Simple pits :

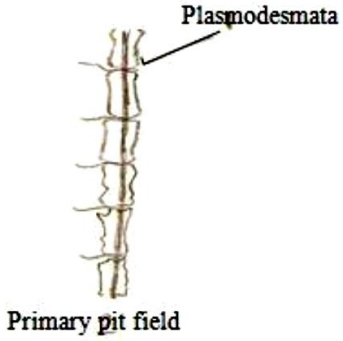
تتكون هذه النقر بعد إضافة الجدار الثانوي وتكون ذات قطر متجانس، حيث يكون تجويف النقرة متساوي مع فتحة النقرة، وتوجد في جدران الخلايا البرنكيمية مثال الألياف والاوعية والخشب الثانوي.

3- النقر المضفوفة Bordered pits :

هذا النوع من النقر أكثر تعقيدا من النقر البسيطة وتتكون نتيجة للإضافات غير المتجانسة للجدار الثانوي حيث ينفصل الجدار عن غشاء النقرة ويمتد الى الداخل تدريجياً مكوناً ما يسمى بالضفة Border ولا تتصل حوافي الضفة مع بعضها في الوسط وانما تترك فتحة تسمى فتحة النقرة، وقد تظهر بعض النباتات مثال عاريات البذور تغلظاً في غشاء النقرة بالوسط مكونة ما يعرف بالتخت Torus . ويسمى الفراغ الذي يكون بين غشاء النقرة والضفة بالردهة Chamber او غرفة النقرة.

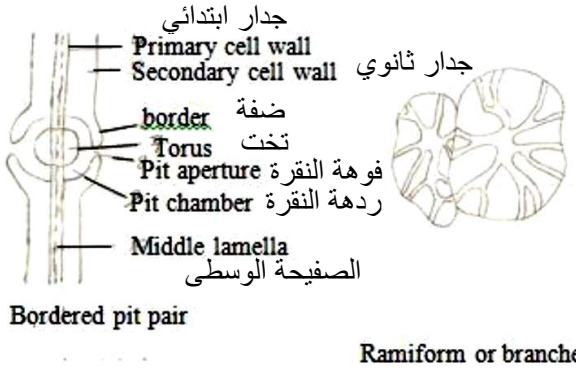
4- النقر المتشعبة او القنوية Ramiform or Branched pit :

تظهر هذه النقر عندما يزداد سمك الجدار زيادة كبيرة فإن النقر تصبح نحيفة وتتخذ شكل قنوات تصل ما بين تجويف الخلية وسطحها وكثيراً ما تكون هذه القنوات متشعبة، كما في الخلايا الحجرية.



حقول النقر الابتدائية

زوج نقري بسيط

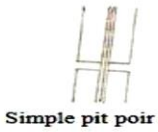


زوج نقري مضفوف النقرة المتشعبة

اقتران النقر Pit combination :

الزوج النقري pit pair يعني وجود نقرمقترنة على جانبي الجدار وتكون بانواع:

1. الزوج النقري البسيط simple pit pair :
نقر بسيطة مقترنة كما في الخلايا البارنكيمية ذات الجدران الثانوية.
2. الزوج النقري المضفوف Bordered pit pair :
اقتران نقرة مضفوفة بأخرى مماثلة على جانبي الجدار.
3. الزوج النقري نصف المضفوف Half borderd pit pair :
اقتران نقرة مضفوفة بأخرى بسيطة وتلاحظ بين العناصر القصبية والخلايا البرنكيمية المجاورة.
4. التنقر مراكب الجانب Unilaterally compound pitting:
اقتران نقرة واحدة بأكثر من نقرة كما في الخلايا الصخرية stone cells.
5. النقرة العمياء Blind pit :
نقرة مقترنة بمسافة بينية(اقتران نقرة بسيطة مع جدار).
6. النقرة المرتشفة Aspirated :
وهي تلك النقرة التي يتحرك فيها التخت ليدخل فتحة النقرة.



زوج نقري بسيط

زوج نقري مضفوف

زوج نقري نصف المضفوف

النقرة العمياء

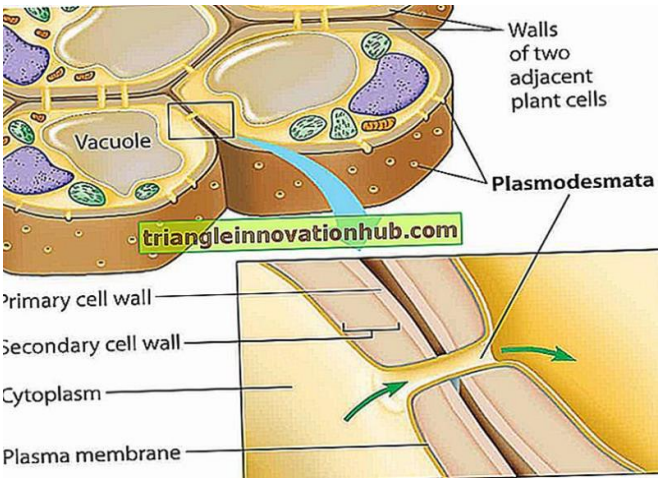
النقرة المرتشفة

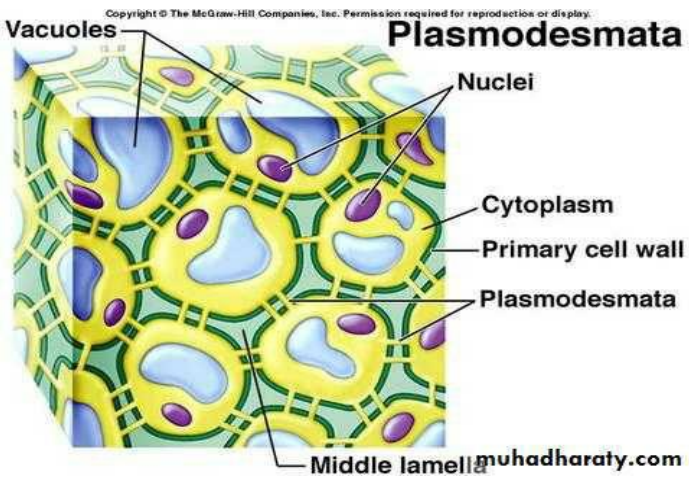
النقرة مركبة الجانب

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

1. وجودها في الخلايا الحية.
2. تصطبغ بنفس صبغات السايتوبلازم.
3. تفاعلاتها موجبة مع انزيمات الاكسدة ومشابه للسايتوبلازم في ذلك.
4. تتقطع في حالة البلزمة الدائمية . توجد في جميع الخلايا الحية تقريبا في النباتات الراقية والسرخيسات pteridophyta والخزازيات Bryophyta والطحالب الحمراء Rhodophyta .

وظيفتها: تلعب دورا مهما في نقل الماء ولمواد الأخرى من بروتوبلاست خلية إلى أخرى وكما يعتقد أن الفايروسات تنتقل من خلالها. ويمكن ملاحظة البلازمودزماتا من خلال تحضيرات جيدة مصبوغة او مشبعة بالعناصر الثقيلة كالفضة او الزئبق. ويمكن ملاحظتها في اندوسبيرم التمر.





المحاضرة الثالثة

المحتويات غير الحية non living contents of the cell

وهي أنواع مختلفة من المواد التي تتكون داخل الخلية النباتية نتيجة فعالياتها الحيوية وتسمى بالمواد الايضية وتكون بشكل فضلات او بشكل مواد غذائية مخزونة.

1. حبيبات النشأ Starch Grains:

توجد حبيبات النشا في جميع الانسجة البرنكيمية لاسيما في الاعضاء الخازنة مثل الدرنات والكورمات والرايزومات وسويداء البذور وفلقها وهي مادة كاربوهيدراتية متعددة السكريات تمثل سلسلة طويلة من جزيئات سكر الكلوكوزويوجد على شكل حبيبات يطلق عليها الحبيبات النشوية وتتكون في البلاستيدات الخضر والبلاستيدات عديمة اللون وتختلف الصفات المظهرية لحبيبات النشا باختلاف النباتات ويرجع ذلك:

- موقع وشكل مركز تكوين الحبة والذي يسمى بالسرة Hilum
- وجود أو عدم وجود طبقات.
- حجم وشكل الحبيبات النشوية.
- طبيعة هذه الحبيبات من حيث أنها بسيطة أو مركبة أو شبه مركبة.

ويختلف شكل السرة فقد يكون دائرياً أو تأخذ أشكال أخرى فقد تكون متصدعة Cracked، كما في البقوليات. أما بالنسبة للطبقات فقد تكون واضحة كما في البطاطا ولكنها قد لا تكون مميزة في نباتات أخرى.

اما موضع السرة فقد يكون مركزياً Concentric، كما في البزاليا والذرة أو غير مركزي Excentic كما في الموز. وقد تكون حبيبية النشا بسيطة Simple أذا تترتب جميع الطبقات حول سرة واحدة أو شبه مركبة Semi–compound إذا كانت لها سرتان أو أكثر وتترتب الطبقات حول كل منها ثم تترتب بعد ذلك حولها معاً. أما الحبيبة المركبة Compound تحتوي على أكثر من سرة ولكن يوجد حاجز بين كل سرتين متجاورتين وتترتب الطبقات حول كل منهما بصورة مستقلة ولا تندمج مع بعضها. يمكن ملاحظة الأنواع الثلاثة في درنات البطاطا.

البطاطس

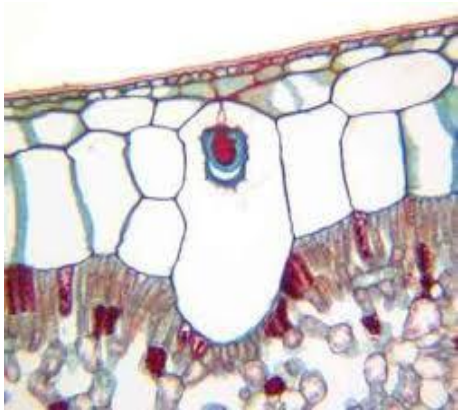
الذرة

2. البلورات Crystals:

البلورات من المكونات غير الحية للخلية تكون متباينة في أشكالها وتركيبها الكيميائي وأن كان معظم البلورات تتكون من أوكزالات الكالسيوم أو كاربونات الكالسيوم والنوع الأول من البلورات (أوكزالات الكالسيوم) لها أهميتها بالنسبة لحياة البروتوبلازم وحيويته حيث أن حامض الأوكزاليك من الحوامض السامة لذلك تحوله الخلايا إلى مركبات غير ذائبة على هيئة بلورات تقلل إلى أكبر حد ممكن من تأثيره السام. توجد البلورات في الخلايا الحشوية للب والقشرة واللحاء وقد تتجمع داخل خلايا متخصصة كما في خلية البلورة المعلقة في ورقة نبات التين المطاط.

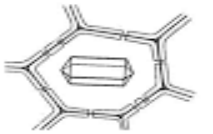
اشكال البلورات:

- البلورة المعلقة cystolith: يكون فيها جسم البلورة مكوناً من كاربونات الكالسيوم، أما العنق Stalk فهو يتركب أساساً من مادة السليلوز
- البلورات المشورية prismatic crystals: وتكون بشكل موشور او هرم وتوجد في الأوراق الحرشفية لنبات البصل.
- البلورات النجمية druses crystals: وهي تجمعات شبه كروية للبلورات الموشورية وتوجد في أوراق نبات الدفلة.
- البلورات الابرية raphid crystals: وهي بلورات رفيعة ذات نهايات مدببة وتتجمع بشكل حزم وتوجد في نبات العنب ونبات اليهودي التائه.
- البلورات الوردية rosette crystals: توجد في بذور نباتات العائلة الخيمية.
- البلورات الرملية sand crystals: توجد في نبات العائلة الباذنجانية.



بلورة معلقة

بلورة ابرية



بلورة موشورية

بلورة نجمية

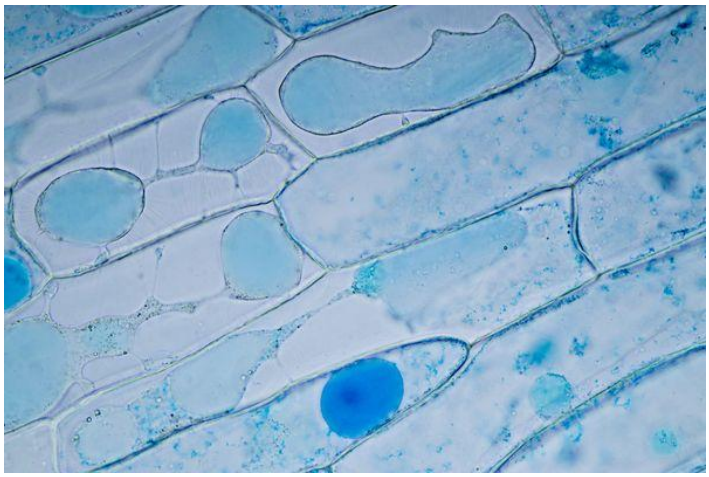
بلورة معلقة

3. الفجوات Vacuoles

تتميز معظم الخلايا الحية في النبات بوجود فجوات تحتوي بداخلها على سائل يطلق عليه العصير الخلوي Cell sap ويفصلها عن السايتوبلازم غشاء يطلق عليه غشاء الفجوة Vacuoles membrane وهو غشاء اختياري النفوذية Differentially permeable حيث يسمح لبعض المواد بالمرور و لا يسمح لغيرها ، ويختلف عدد الفجوات باختلاف نوع الخلية وعمرها والمنطقة التي توجد بها والعضو الذي توجد به . وعلى العموم تكون الفجوات صغيرة جداً ومتعددة في المراحل المبكرة للنمو بينما يكبر حجمها ويقل عددها في الخلية الواحدة بمرور الزمن والفجوة أما أن تكون عديمة اللون أو تتخذ ألواناً معينة. ويعتبر الماء المكون الرئيسي للعصير الخلوي وكذلك الأملاح والسكريات والأحماض العضوية والأحماض الأمينية والأميدات ومركبات بروتينية ودهنية وقد توجد مواد دباغية Tannins وصبغات كالأنثوسيانين Anthocanine.

ومن وظائف الفجوات:

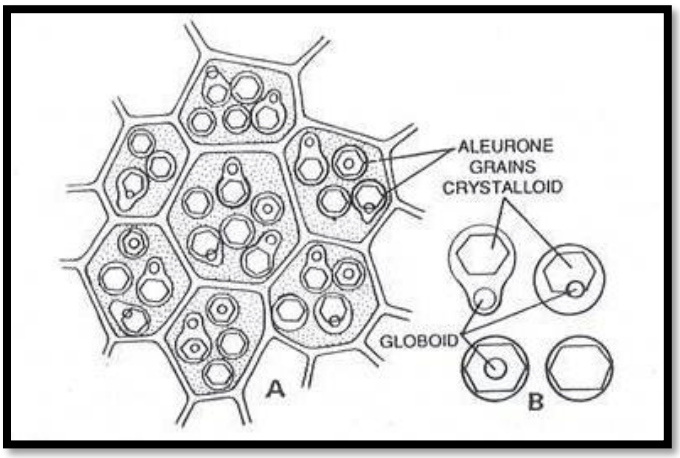
- تلعب دوراً هاماً في كثير من العمليات الحيوية خاصة فيما يتعلق بالعلاقة المائية بين النبات والمحيط الخارجي.
- تعزيز آلية نقل المواد المختلفة من منطقة إلى أخرى خلال جسم النبات.
- لكي تقوم الخلية النباتية بأنشطتها الحيوية لا بد أن تكون في حالة امتلاء Tirgidity وذلك يعتمد على الفجوة العصارية اذ يؤدي محتواها العالي من المذابات الى دخول جزيئات الماء من خارج الخلية الى داخلها.
- الخلايا الممتلئة تقوم بدورهام في تقوية النبات من الناحية الميكانيكية ولاسيما في الأجزاء الفتية.
- تحتوي الفجوات على الانزيمات القادرة على هدم نواتج الايض النباتي وبدون هذا الدور تصبح النباتات غير قادرة على التخلص من النواتج الايضية الفائضة عن حاجتها.
- كما تعمل الفجوات على تدوير العناصر او المواد في الانسجة المسنة فضلا عن عملها كمواقع لخزن المواد مثل خزن البروتينات او الصبغات كما في الاوراق التويجية للازهار.



الفجوات في الخلايا النباتية

4. حبيبات الاليرون Aleurone Grains

توجد البروتينات في الخلايا النباتية بشكل مختزن، غالباً ما يكون على شكل حبيبات تسمى الحبيبات الأليرونية Aleurone Grains التي يكثر وجودها في سائر الأجزاء النباتية خاصة سويداء البذور، كما في الخروع والحنطة والذرة. وحبيبة الأليرون قد تكون مستديرة أو بيضية في شكلها وتتكون الحبيبة في أندوديرم الخروع من جسم شبه بلوري يسمى Crystalloid يتكون من بروتين (ألبومين) Albumin وجسم كروي يسمى Globoid عبارة عن بروتين Globulin متحد مع ملح مزدوج من فوسفات الكالسيوم والمغنيسيوم ويحيط هذين الجسمين غلاف واحد هو غلاف الحبيبة، أما في البقوليات تكون الحبيبات الأليرونية صغيرة غير متبلورة وغير متميز بها الجسم البلوري أو الجسم الكروي وتكون الحبيبات الأليرونية ممتزجة مع حبيبات النشا في نفس الخلايا. أما في حبة القمح فتوجد طبقة خاصة تقع تحت أغلفة
الحبة مباشرة تسمى بالطبقة الأليرونية Aleurone layer تحتوي خلاياها على حبيبات أليرونية دقيقة تليها إلى الداخل الطبقات النشوية Starchy layer



حبيبات الاليرون

5. المواد الدباغية Tannins

وهي مركبات عضوية معقدة مذابة في العصير الخلوي ويعتقد انها مصدر لمركبات اروماتية وتوجد في اجزاء نباتية مختلفة مثل جدار ثمرة الرمان والسيقان والجذور الفتية لنبات العنب، تلون المادة الدباغية بلون اسود عند معاملتها باحد املاح الحديد.

6. الدهون او الزيوت fats and oils

وهي من المواد الغذائية المخزونة بشكل مواد صلبة (الدهون) او بشكل قطيرات سائلة موزعة في السايتوبلازم (الزيوت) وتصنع هذه المواد في الايلايوبلاست او في عضيات كروية صغيرة (سفيروسومات) spherosomes. وتكثر الدهون او الزيوت في سويداء البذور الا ان الزيوت الأساسية او الزيوت الطيارة تخزن في مناطق خاصة كما في طبقة تحت البشرة في بذور الهيل.

المحتويات الحية في الخلية النباتية

ثانياً: بروتوبلاست الخلية النباتية Protoplast :

يقصد به المادة الحية للخلايا، وهو مادة هلامية غير متجانسة ويظهر بالفحص الميكروسكوبي الدقيق انه يتكون من محلول غروي متجانس تقريبا يعرف بالسيتوبلازم ويحوي مكونات اخرى أكثر كثافة وهي النواة والبلاستيدات والمايتوكوندريا والرايبوسومات والأجسام الكروية والبروتوبلازم يتكون من بروتينات وأحماض نووية ودهون وماء، **يمتاز البروتوبلازم بعدة خواص أهمها:**

1- الحركة: أهمها الحركة الانسيابية وفيها يتحرك السايتوبلازم في اتجاهات عديدة داخل الخلية.
2- الحساسية: يستجيب البروتوبلازم للمؤثرات الخارجية عند تعرض الخلايا لمؤثر ميكانيكي أوكهربائي أو طبيعي فتزداد حركته أو تقل.
3- التحول الغذائي: ويشمل عمليات الهدم والبناء نتيجة لنشاط البروتوبلازم الأنزيمي.

يتكون بروتوبلاست الخلية من مكونات بروتوبلازمية متخصصة وأخرى غير بروتوبلازمية.

المكونات العضوية للبروتوبلازم تشمل:

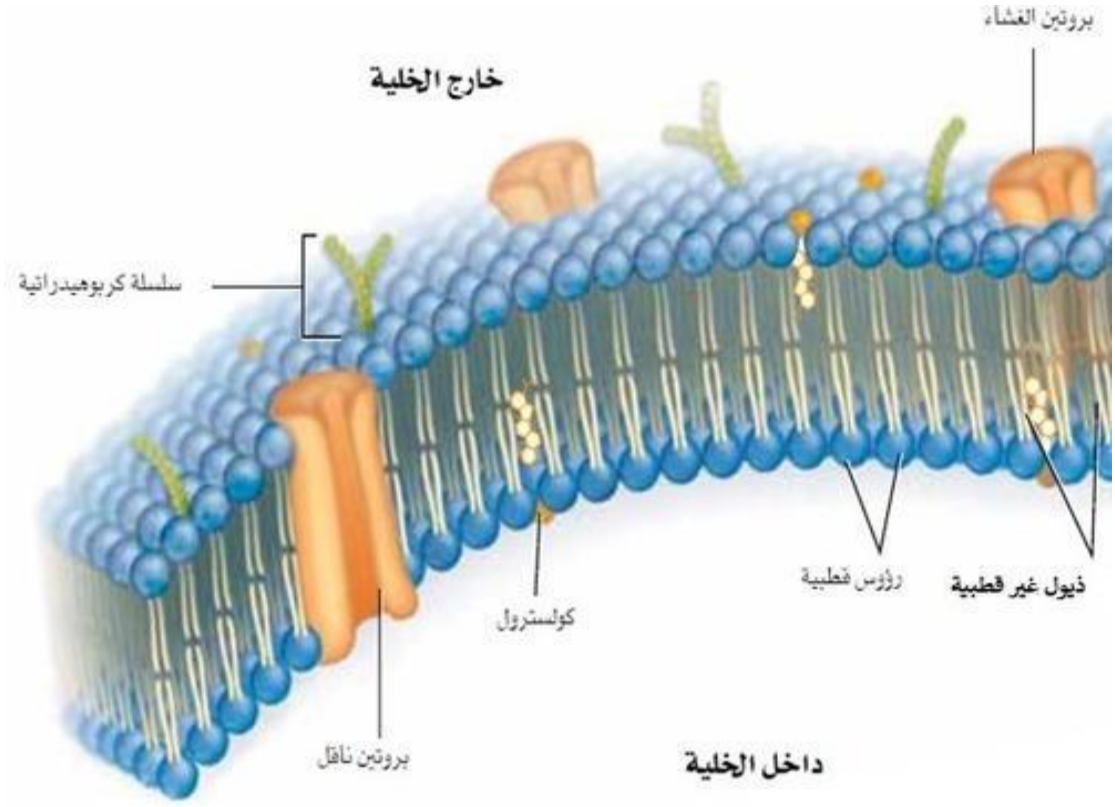
1) السيتوبلازم Cytoplasm:

هو السائل الذي يملا معظم فراغ الخلية ويكون هلامي القوام معقد التركيب الكيميائي ويملأ السيتوبلازم تجويف الخلايا الإنشائية النباتية تماما بينما يمثل طبقة رقيقة مبطنة لجدران الخلايا البالغة، يحتوي السيتوبلازم على نسبة عالية من الماء 80 - 90 % في الخلايا النشطة و10 % في خلايا البذور مذابا فيه مواد كاربوهيدراتية وبروتينات وأحماض امينية وليبيدات(دهون) ومواد معدنية عديدة، ويظهر فحص السيتوبلازم وجود أجسام سابحة فيه تسمى العضيات Organelles ذات أحجام وأشكال مختلفة وتؤدي وظائف حيوية للخلية إضافة للمحتويات غير الحية.
يمتاز السيتوبلازم **بأغشيته البلازمية Plasma membrane** ومنها يوجد تحت جدار الخلية النباتية وتعرف بالأغشية البلازمية الخارجية إذ يحيط بالسيتوبلازم غشاء رقيق يفصله عن الجدار الخلوي وهو جزء من السيتوبلازم يسمى **الغشاء السيتوبلازمي Plasma lemma** كما يوجد غشاء آخر داخلي يحيط بالفجوة العصارية يعرف **بالغشاء الفجوي Tonoplast** كما أن كل عضيه حية تحاط بغشاء يفصلها عن السيتوبلازم وتعرف هذه الأغشية بالأغشية الخلوية، وهي أغشية حية اختيارية النفاذية أي لها القدرة على التحكم في دخول الذائبات والمذيبات.

- **التركيب الدقيق للغشاء البلازمي:**

يظهر الغشاء البلازمي تحت المجهر الالكتروني على هيئة غشاء مزدوج مكون من ثلاث طبقات، طبقتين كثيفتين تفصلهما طبقة اقل كثافة، سمكه يصل إلى 75 - 100 انجستروم ويختلف هذا السمك تبعا لنوع الغشاء.
ويتركب الغشاء البلازمي كيميائيا من البروتينات والفوسفوليبيدات، وتتميز الليبيدات (الدهون) بان للجزيء طرفين أحدهما محب للماء Hydrophillic والآخر كاره للماء Hydrophobic وتترتب هذه المركبات بنظام خاص، إذ كان يظن في المراحل الاولى من دراسة تركيب الغشاء، ان الغشاء عبارة عن طبقتين من جزيئات البروتين من الخارج يحصران طبقتين من الليبيدات من الداخل، إلا ان

النموذج المقبول حاليا هو نموذج الفسيفساء السائلي Fluid Mosaic Model ويتكون هذا النموذج من طبقتين من الفوسفوليبيدات بحيث تتجه الأطراف المحبة للماء من الجزيئات تجاه السطح الخارجي والأطراف الكارهة للماء تجاه وسط الغشاء، أما البروتين فينتشر بصورتين الأول هو الذي يتغلغل داخل الغشاء ويمكن ان يظهر على سطحي الغشاء وهو البروتين الضمني والصورة الثانية هو البروتين السطحي الذي يوجد على أي من سطحي الغشاء.



الغشاء البلازمي

2) الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticulum :

عبارة عن أغشية تتكون من بروتينات ودهون كما في الأغشية البلازمية الخارجية وتكون بشكل أنابيب متفرعة داخل السيتوبلازم أو حويصلات دقيقة، تتصل الشبكة الاندوبلازمية في بعض الأحيان بالغشاء البلازمي الخارجي وبالغشاء النووي الذي يغلف النواة، ولأيمكن رؤيتها إلا بالمجهر الالكتروني، وقد تتصل الشبكة الاندوبلازمية بجهاز كولجي، ويوجد نوعان من الشبكة الاندوبلازمية:

1- الشبكة الاندوبلازمية الخشنة Rough Endoplasmic Reticulum :

وترجع خشونتها لوجود الرايبوسومات المنتشرة على الأسطح المواجهة للسيتوبلازم، وتعتبر الرايبوسومات مركز لتكوين البروتينات.

2- الشبكة الاندوبلازمية الملساء Smooth Endoplasmic Reticulum :

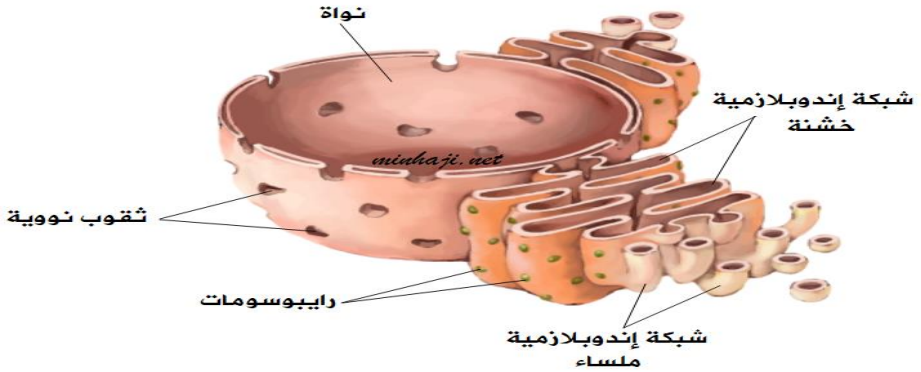
وتكون خالية من الرايبوسومات لذلك تظهر أغشيتها ملساء.

ويوجد النوعان في نفس الخلية أو يحدث تحول من نوع الى الآخر تبعا لحالة الخلية.

- **وظيفة الشبكة الاندوبلازمية:**

1) تعمل كجهاز لنقل المواد والأنزيمات خلال أنابيبها من مكان الى آخر بالخلية وفي بعض الاحيان تختزن وتتراكم هذه المواد بداخلها أو تتحرك الى أجزاء أخرى عن طريق تكوين حويصلات تنفصل من الشبكة الاندوبلازمية.

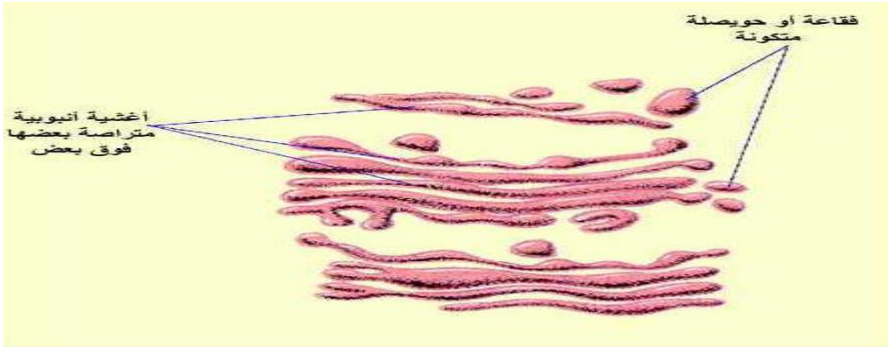
2) الشبكة الاندوبلازمية الخشنة لها علاقة بعملية تخليق البروتينات وذلك لوجود الرايبوسومات على أسطحها الخارجية.



الشبكة الاندوبلازمية

3) جهاز كولجي Golgi apparatus :

يتكون من مجموعة أجسام تسمى دكتيوسومات Dictyosomes وكل دكتيوسوم يتكون من مجموعة أقراص جوفاء، ويتركب كل قرص من غشائين أملسين ملتحمين من حوافيهما بداخلها مركباتعديدة مثل البروتينات والكاربوهيدرات وتنتهي أطرافها بحويصلات كروية تسمى Vesicles وترتبط بالشبكة الاندوبلازمية الملساء.



جهاز كولجي

- **وظيفة جهاز كولجي:**

1- الإفراز: يفرز جهاز كولجي المواد البكتينية والتي تكون الصفيحة الوسطى في نهاية انقسام الخلية، وكذلك المواد المخاطية الكاربوهيدراتية في القمم النامية للجذور والتي تساعد على التغلغل بين حبيبات التربة.

2- له دور في تجميع ونقل البروتين من الرايبوسومات والمواد الدهنية والأنزيمات الى أماكن أخرى في الخلية، عن طريق تكوين الحويصلات.

4) الرايبوسومات Ribosomes :

تظهر بالمجهر الالكتروني على هيئة جسيمات دقيقة مستديرة على سطح الشبكة الاندوبلازمية أو سابحة في السيتوبلازم وثبت وجودها ايضا في المايتوكوندريا والبلاستيدات.

- **وظيفتها الأساسية:** هي مراكز بناء البروتين في الخلية.

5) النواة Nucleus :

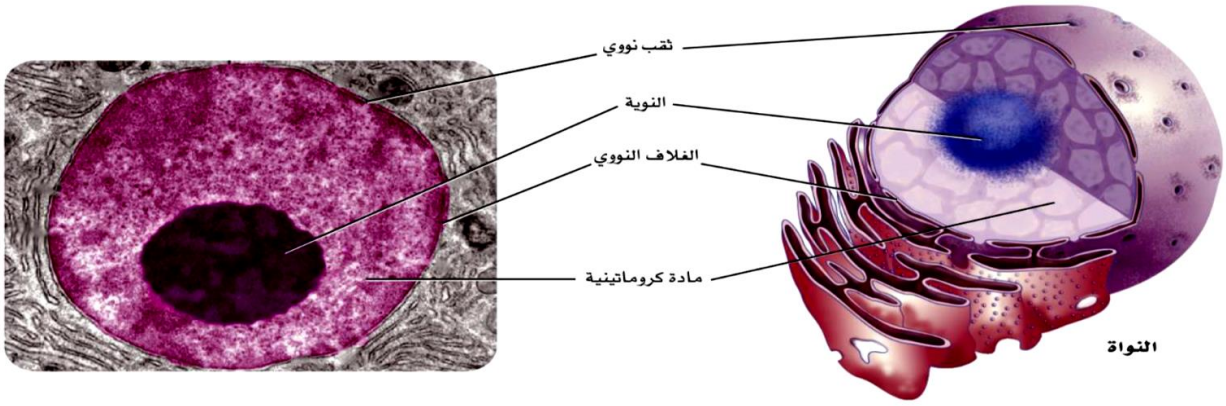
تعتبر أهم مكونات الخلية، وهي جسم كروي أو بيضوي يوجد سابح في السيتوبلازم الشفاف وتمثل مركز السيطرة على جميع الفعاليات الحيوية التي تحدث داخل الخلية وذاك لأنها تسيطر على عملية بناء الأنزيمات التي تنشط معظم او ربما كل التفاعلات الحيوية في الخلية **وتتكون من:**

أ- البروتوبلاوم النووي Nucleo plasm او مايسمى بالعصير النووي Nuclear sap :
هو عبارة عن مادة هلامية كثيفة غنية بالبروتينات والبروتينات الدهنية وRNA.

ب- الغشاء النووي Nuclear envelope:
هو غشاء مزدوج يحيط بالعصير النووي او ما يسمى بمحتويات النواة ويحتوي على ثقوب يتم من خلاله تبادل المواد بين النواة والسيتوبلازم.

ت- النوية Nucleolus:
هي عبارة عن جسم كروي سابح في العصير النووي وتتكون من ال RNA والبروتينات وقليل من ال DNA وهي تمثل مواقع لصنع RNA والبروتينات.

ث- الشبكة الكروماتينية Chromatic reticulum:
هي عبارة عن نظام شبكي ذو خيوط دقيقة جداً متداخلة مع بعضها تقوم بتكوين الكروموسومات التي تحمل الجينات (أي العوامل الوراثية).



- **وظائف النواة:**

1- تنقل المعلومات الوراثية من جيل الى اخر.
2- تتحكم في جميع العمليات الحيوية التي تحدث في الخلايا وذالك لاحتوائها على الحمض النووي الرايبوزي منقوص الاوكسيجين DNA حيث يتم نسخ شفرته الىmRNA الذي يوجه بناء البروتينات (بما فيها انزيمات تضاعف وإصلاح ال DNA.

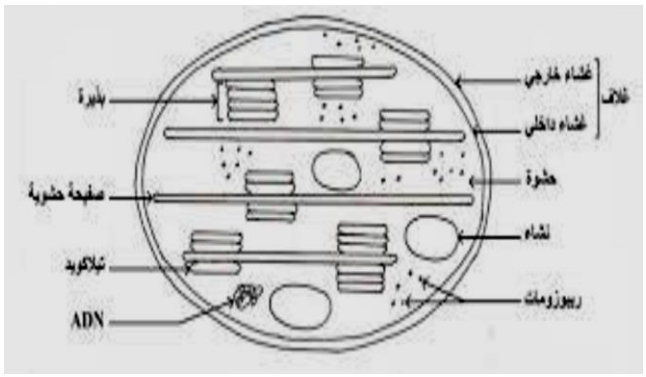
DNA	RNA
يوجد داخل النواة والمايتوكوندريا والبلاستيدات.	يوجد في السيتوبلازم وداخل النواة.
تكون كميته ثابتة في الخلية ما عدا في الامشاج.	تختلف كميته من خلية الى أخرى.
يوجد بشكل دائم في الخلية.	يوجد لفترة معينة.
التركيب الكيميائي ثابت.	التركيب الكيميائي متغير.
السكر الخماسي رايبوزي منقوص الاوكسجين.	السكر الخماسي رايبوز
القواعد النيتروجينية T=A C=G	القواعد النيتروجينية U=A C=G

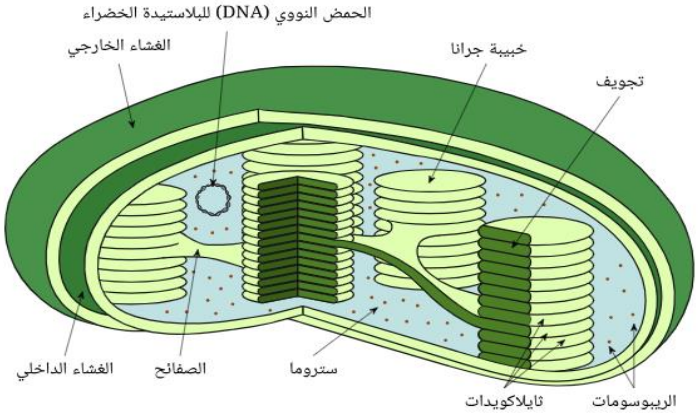
6) البلاستيدات Plastids :

وهي أجسام بروتوبلازمية حية لها القدرة على النمو والانقسام سواء كانت في خلايا مرستيمية أو بالغة، وتنشأ البلاستيدات من مبادئ البلاستيدات Proplastids الموجودة في خلايا الأنسجة المرستيمية وتحتوي خلايا النباتات الراقية الواحدة منها على عدد كبير من البلاستيدات تتراوح بين75 -125تقسم البلاستيدات الى: البلاستيدات الخضراء والبلاستيدات الملونة واخرى عديمة اللون، ويمكن للبلاستيدات ان تتحول من صورة الى اخرى فتتحول البلاستيدات الخضراء الى ملونة في الثمار والأزهار، كما يمكن للبلاستيدات العديمة اللون ان تتحول الى بلاستيدات خضراء عند تعرضها للضوء كما في درنات البطاطا.

1- **البلاستيدات الخضراء Chloroplasts :**

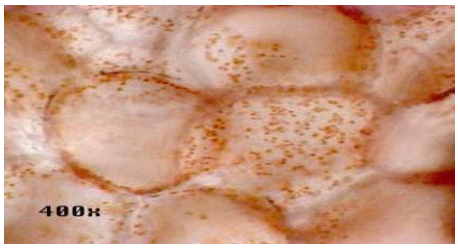
وهي بلاستيدات ذات لون اخضر لاحتوائها على صبغات الكلوروفيل (كلوروفيل A وكلوروفيل B وأصباغ الكاروتين والزانثوفيل)، وتحتوي على RNA وقد تحتوي علىDNA ، وغالبا ما تكون قرصية أو كروية أو بيضوية. تتكون البلاستيدة الخضراء من كتلة كثيفة من مادة عديمة اللون تعرف بالحشوة stromaوتحاط بغشائين يشبهان باقي الأغشية البلازمية ويتكون من طبقتين. ويوجد في داخل الحشوة أقراص مجوفة متراصة فوق بعضها تسمى كرانا grana وتتكون كل كرانا grana من أقراص مجوفة متراصة فوق بعضها، تتركب الأغشية من بروتينات ودهون وصبغات الكلوروفيل والكاروتينات.
وتتصل كل كرانا مع كرانا اخرى بواسطة أغشية تعرف باسم صفائح الحشوةlamellae stroma ، وتحتوي كل بلاستيدة على 40 - 60 كرانا وكل كرانا بها 5 - 50 قرص غشائي.
وظيفتها: تحويل الطاقة الضوئية التي تستمدها من الشمس الى طاقة كيميائية مخزنة في الغذاء المصنع والذي يكون بصورة سكريات ونشويات. ويخزن السكر الزائد في البلاستيدات على هيئة نشا (نشا انتقالي) وتتم هذه الخطوة في الحشوة.





البلاستيدات الخضراء

2- البلاستيدات الملونة chromo plasts :



وتكون عديدة الأشكال منها كروي أو الشريطي أو القرصي والحلزوني أو عديد الأضلع والبلوري وذات ألوان مختلفة منها الأحمر والبرتقالي والأصفر ويعزى اللون فيها الى صبغة الكاروتين والزانثوفيل وتوجد في ثمار الطماطم وجذور الجزر وبتلات الأزهار.

3- البلاستيدات عديمة اللون Leucoplast :

وتكون خالية من الصبغات وتوجد في الأجزاء الغير معرضة للضوء مثل خلايا الدرنات والكورمات والاندوسبرم وفلقات البذور، وظيفتها خزن المواد الغذائية فمنها ما يخزن النشا وتسمى بلاستيدات نشوية Amyloplasts كما في القمح ودرنات البطاطا ، ومنها ما يخزن الدهون وتسمى بلاستيدات دهنية Elaioplasts مثل بذور السمسم والقطن وعباد الشمس.

وتقوم بلاستيدات النشا بتحويل السكر الى نشا ثم تخزنه داخلها ويسمى النشا الاختزاني.

النشا الانتقالي	النشا الاختزاني
يوجد في البلاستيدات الخضراء حبيباته صغيرة ويوجد بأعداد كبيرة ويختفي في الظلام لتحوله الى سكريات.	يوجد في البلاستيدات عديمة اللون حبيباته كبيرة الحجم وتوجد بأعداد قليلة ومستديمة.

7) المايتوكوندريا Mitochondria :

وهي جسيمات بروتوبلازمية حيرة لهرا القدرة على النمو والانقسام وتشاهد مغمورة في السيتوبلازم، توجد في جميع الخلايا النباتية وتأخذ أشكال مختلفة منها الكروي والعصوي والخيطي والسائد هو الشكل العصوي، قطرها حوالي 1 مايكرون ، وتظهر الميتوكوندريا تحت المجهر الالكتروني أنها مكونة من غشاء مزدوج الخارجي يكون أملس والداخلي يكون متعرج ذو نتوءات تمتد الى الداخل تعرف ب الأعراف

Cristae تعمل على زيادة السطح الداخلي للخلية، ويمتلئ الفراغ الداخلي للميتوكوندريا بسائل يعرف بالحشوة Matrix مكون من بروتينات ذائبة.

وظيفتها: تعتبر من أهم المواقع لإنتاج الطاقة إذ تحتوي على الأنزيمات اللازمة لتحويل مركب أدينوسين ثنائي الفوسفات الى مركب أدينوسين ثلاثي الفوسفات، كذلك تحتوي الميتوكوندريا على الأنزيمات اللازمة لدورة كربس وكذلك أنزيمات السيتوكروم، وتظهر أهمية الميتوكوندريا فري أنهرا تقوم بتفاعلات التنفس لإعطاء الطاقة لمختلف أنشطة الخلية.

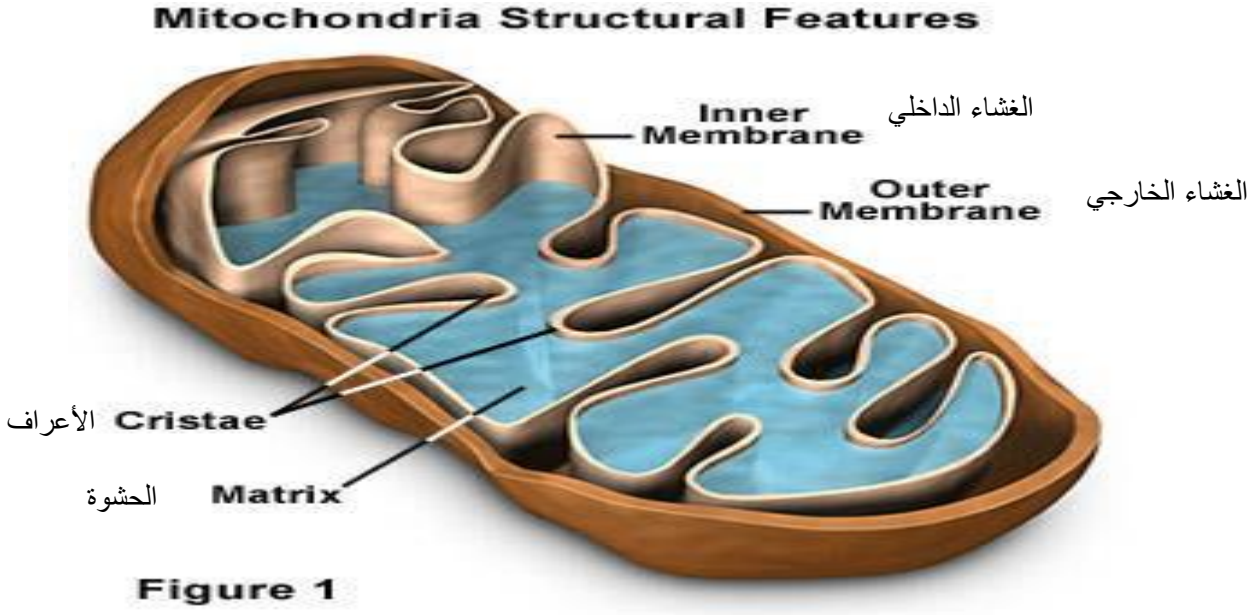


Figure 1

8) الأجسام الكروية Spherosome :

وهي أجسام بروتوبلازمية صغيرة كروية، ويتكون من حشوة كثيفة تحاط بغشاء مفرد وتحتوي على أنزيمات محللة للمواد الداخلة في تركيب البروتوبلازم، وعند تمزق جدران هذه الأجسام فان الأنزيمات تنطلق لتساعد في هدم محتويات الخلية كما في الأوعية الخشبية والقصيبات والألياف.

9) الأجسام الدقيقة Microbodies :

وهي جسيمات كروية أو حويصلات صغيرة حية تتكون من حشوة بها مواد بروتينية كثيفة متجانسة ومحاطة بغشاء مفرد وتضم هذه الجسيمات كل مرن البيروكسيسرومات Peroxisomes والذي له دور في عملية التنفس الضوئي Photorispiration ،والجلايوكسيسوم Glyoxsomes الذي ينشط الأنزيم الذي يحول الليبيدات الى كاربوهيدرات عند إنبات البذور ليجهز الطاقة للنمو.

10) الأنابيب الدقيقة Microtubules :

أجسام بروتوبلازمية محاطة بغشاء بلازمي مفرد، وظيفتها الفسلجية:

1- لها دور في بناء الجدار الابتدائي.
2- دعم الحركة السيتوبلازمية.
3- تلعب دور في حركة الحويصلات خلال السيتوبلازم.

ما الفرق بين الجدار الخلوي والغشاء البلازمي

ت	الغشاء البلازمي	الجدار الخلوي
1	رقيق جداً لا يرى الا تحت المجهر الالكتروني.	أكثر سمكاً ويمكن ان يشاهد تحت المجهر الضوئي.
2	يتركب من البروتين والشحوم المفسفرة.	يتركب من السيللوز والهيميسيليلوز والبكتين.
3	اختياري النفاذية.	تام النفاذية.
4	مرن وحي.	غير مرن وغير حي.
5	يتواجد في الخلايا النباتية والحيوانية.	يتواجد في الخلايا النباتية فقط.
6	وظيفته تنظيم تبادل الماء والمواد الذائبة فيه ما بين الخلية والمحيط الخارجي.	وظيفته الحماية والمحافظة على البروتوبلازم داخل الخلية.
7	سمكه ثابت.	يختلف سمكه ومكوناته باختلاف النبات ومواضع الخلايا ونشاطها.

المحاضرة الخامسة

الانسجة النباتية Plant Tissue

يتكون جسم النباتات الراقية من عدد من الأعضاء المختلفة مثل الجذر والساق والأوراق وكل عضو يحتوي على انسجة مختلفة وكل نسيج يتألف من خلايا مختلفة تكيفت لأداء وظيفة معينة.

النسيج: عبارة عن مجموعة من الخلايا المقترنة تركيبياً والمكيفة لأداء وظيفة أو وظائف معينة. وتقسم الأنسجة النباتية على أساس درجة التميز إلى نوعين رئيسيين هما:

1. الانسجة المرستيمية Meristematic Tissue: هي الأنسجة التي لم تتكشف أو تتشكل بعد لتقوم بوظيفة معينة فهي قادرة على الانقسام ثم النمو والتشكل حسب الوظيفة التي ستقوم بها.
2. الانسجة المستديمة Permanent Tissue: هي تلك الأنسجة المكونة من خلايا بالغة تامة النضج وتشكلت وتكيفت لأداء وظيفة معينة.

بعض خلايا النسيج الدائم تموت بعد النضج، بينما تبقى أخرى حية وقادرة على الانقسام عند توفر الظروف الملائمة. هذه الخلايا تُسمى مرستيمية كامنة Potentially meristematic، إذ تستطيع فقدان التميز Dedifferentiationوالتحول إلى خلايا مرستيمية، كما يحدث في تكوين الكمبيوم بين الحزم entervascicular cambium والكمبيوم الفليني Cork cambium.

اولاً: الانسجة المرستيمية او الانشائية Meristematic Tissue:

مميزاتها:

- الخلايا صغيرة الحجم وغالبًا تكون متساوية الأبعاد.
- جدار خلوي رقيق يتكون في العادة من السليلوز النقي.
- النواة كبيرة نسبيًا وتحتل معظم حجم الخلية.
- الفجوات العصارية غائبة أو صغيرة جدًا (على عكس الخلايا المتمايزة التي تحوي فجوات كبيرة).
- سيتوبلازم كثيف يملأ معظم الخلية.
- قدرة انقسام عالية حيث تنقسم الخلايا المرستيمية باستمرار مكونة أنسجة جديدة.
- وقد تحتوي على بلاستيدات لا لون لها أو بلاستيدات أولية Proplastids
- تفتقر إلى الفراغات بين الخلايا، أي أنها خلايا متلاصقة بإحكام

يمكن تقسيم الأنسجة المرستيمية بالطرق الآتية:

1. حسب موقعها في جسم النبات Position in plant body
2. حسب منشأها Origin
3. حسب الوظيفة Function

❖ **تقسيم الانسجة المرستيمية حسب موقعها في جسم النبات:**

1. انسجة مرستيمية قمية Apical Meristems:

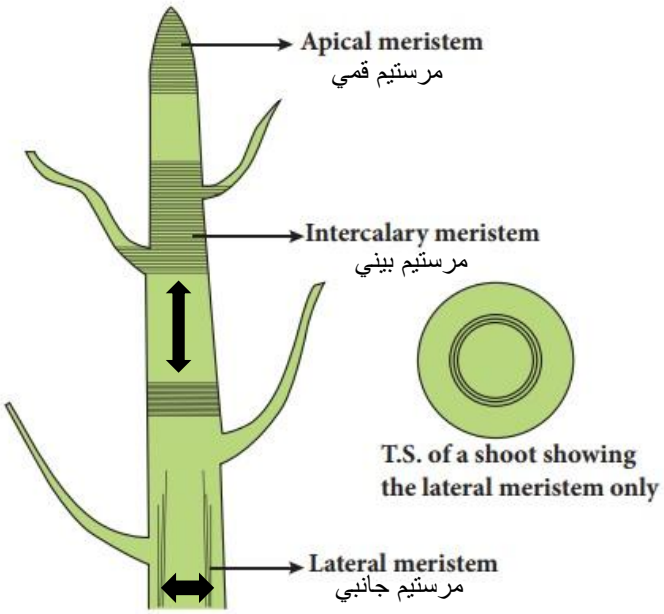
توجد في قمم السيقان والجذور وأحياناً الأوراق ويطلق عليها أحياناً أسم القمم النامية Growin points. ومن الأمثلة عليها المرستيم القمي للساق Shoot apex و المرستيم القمي للجذر Root apex و المرستيم القمي للورقة Leaf apex.

2. أنسجة مرستيمية بينية Intercalary meristems:

توجد بين أنسجة بالغة مستديمة بعيداً عن القمم النامية كتلك الموجودة في قواعد الأوراق أو فوق العقد في سيقان ذوات الفلقة الواحدة. ويعزى النمو السريع والزيادة في الطول في سيقان النجيليات وغيرها من نباتات ذوات الفلقة الواحدة إلى نشاط هذا النوع من الأنسجة. المرستيمات البينية تختلف عن المرستيمات القمية بكونها ذات نشاط مؤقت سرعان ما ينحسر ويتوقف بعد فترة عند وصول السلاميات إلى أقصى طول لها بينما يستمر نشاط المرستيمات القمية ما دامت القمة النامية حية.

3. أنسجة مرستيمية جانبية Lateral Meristems:

توجد في النباتات الخشبية مثل البلوط او الصنوبر مرستيمات جانبية موازية للبشرة مسؤولة عن النمو الثانوي والزيادة في سمك العضو النباتي(الساق والجذر) وتتمثل هذه المرستيمات بالكامبيوم الوعائي Vascular cambium والكامبيوم الفليني (Phellogen) Cok cambium اللذين ينتج عن نشاطهما تكوين جسم النبات الثانوي المؤلف معظمه من الخشب والقلف (الانسجة خارج الكامبيوم الوعائي) وينتج عن نشاط الكامبيوم الوعائي كل من نسيج الخشب الثانوي واللحاء الثانوي. اما الكامبيوم الفليني فينتج البشرة المحيطة اوالبريديرم الذي يضم في خارجه خلايا ميتة مسوبرة الجدران (خلايا الفلين) تحمي الانسجة الداخلية لجسم النبات الثانوي.



❖ **تقسيم الأنسجة المرستيمية حسب المنشأ او الأصل:**

1. أنسجة مرستيمية ابتدائية Primary meristems:

هي الانسجة التي تنشأ من المرستيم الأول Promristem الموجود في الجنين والذي تنقسم خلاياه لتعطي المرستيمات الابتدائية المسؤولة عن تكوين جسم النبات الابتدائي، والتي تشمل جميع انسجة الجنين بما فيها الانسجة المرستيمية الموجودة في قمة الساق Shoot apex وقمة الجذر Root apex واطراف البراعم الزهرية وبدايات الازهار والأوراق Leaf Primordia وتعرف هذه الانسجة بالمرستيمات القمية Apical meristem وينتج عنها زيادة النمو في طول النبات، وعادة يتميز المرستيم الأول الى انسجة مرستيمية ابتدائية منشئة حسب البعد عن المرستيم الأول، لذلك يوجد ثلاث انسجة مرستيمية ابتدائية منشئة هي:

2. أنسجة مرستيمية ثانوية Secondary meristems:

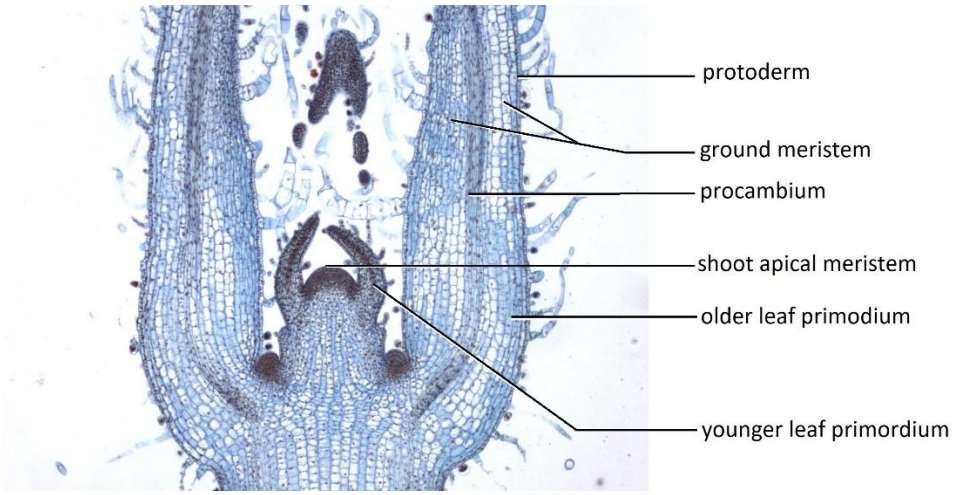
وهي طبقة من الخلايا التي تنشأ اما من انسجة مرستيمية ابتدائية (بشرة أولية، المرستيم الأساس، كامبيوم اولي) او من انسجة مستديمة فقدت خلاياها القدرة على الانقسام لفترة من الزمن ثم يعاودها النشاط للانقسام لاحتوائها على نواة وسايتوبلازم(أي انها خلايا برنكيمية كامنة) مثل الكامبيوم الفليني الذي ينشأ من خلايا برنكيمية مستديمة في القشرة Cortex أو الدائرة المحيطية Pericyle أو البشرة Epidermis. وسميت بالمرستيمات الثانوية لان وظيفتها مرتبطة بتكوين الانسجة الثانوية لجسم النبات التي تسبب زيادة في سمك العضو النباتي في مرحلة النمو الثانوي وتعرف أيضا بالمرستيمات الجانبية لوقوعها بعيدا عن القمم النباتية ومن امثلتها الكامبيوم الوعائي والكامبيوم الفليني.

❖ **تقسيم الانسجة المرستيمية حسب الوظيفة:**

التقسيم يختلف باختلاف نوع النبات، وقد وجد أن جميع النباتات تحتوي على نسيج مرستيمي يطلق عليه المرستيم الأول Promeristem وهذا النسيج يوجد في القمم النامية للجذور والسيقان والبراعم وينشأ من الخلايا المرستيمية الموجودة في الجنين ومنها تتميز باقي الأنسجة الموجودة في النبات.وحسب مايلي:

- منشئ البشرة Dermatogenاو البشرة الاولية Protoderm: طبقة من الخلايا يضيفها المرستيم الأول ليحيط القمة النامية للساق والجذر وتكون البشرة في الأجزاء البالغة من الساق والجذر.
- منشئ القشرة Periblem او المرستيم الأساس Ground meristem:عدة طبقات من الخلايا تلي منشئ البشرة وتكون القشرة في الأجزاء البالغة من الساق والجذر.

منشئ الأسطوانة الوعائية Plerome او كامبيوم اولي Procambium: عدة طبقات من الخلايا المرستيمية تمثل الجزء الوسطي من المرستيم الأول لتكون الأسطوانة الوعائية (الخشب واللحاء) والنخاع(اللب) في الأجزاء البالغة لمرحلة النمو الابتدائية.



المرستيم القمي Apical meristem

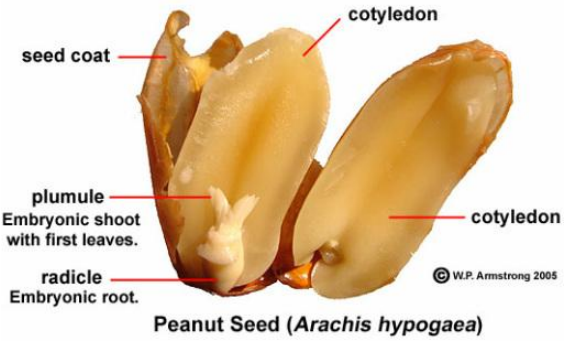
تعود الزيادة في حجم الساق والجذر خلال مرحلة النمو الابتدائي للمرستيم القمي الموجود في طرفيهما،يتالف المرستيم القمي من اصول مرستيمية ومشتقاتها القريبة منها، حيث ينتج عن انقسام الاصول المرستيمية تكوين خلايا جديدة وبتوالي الانقسامات تدفع الخلايا الجديدة بعيدا عن المرستيم القمي وتتميز وتتخصص هذه المشتقات في حين تبقى المشتقات القريبة من المرستيم القمي بحالة مرستيمية وبنشاط انقسامي عالٍ وبهذه الطريقة يعمل المرستيم القمي (أي اصوله المرستيمية) كمصدر لانتاج خلايا سليمة وراثيا.

تعرف المشتقات المرستيمية بالمرستيمات الانتقالية transitional meristem التي تشمل البشرة الأولية protoderm والكامبيوم الاولي procambium والمرستيم الأساس ground meristem وهذه المرستيمات تعطي بدورها البشرة والانسجة الوعائية والانسجة الاساس على التوالي.

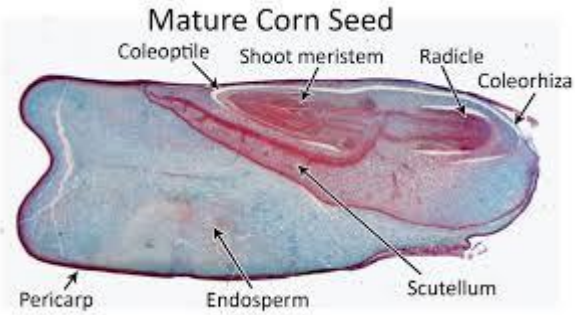
البشرة الاولية: وهي مرستيم انتقالي ينتج البشرة، اذ تنقسم خلايا ىذا المرستيم بصورة عمودية عمى السطح لتكون طبقة من خلايا بشرة تغطي الساق او الجذر.

الكامبيوم الاولي: وهو مرستيم انتقالي ينتج عن نشاطة تكوين نسيجي الخشب واللحاء الابتدائيين.

المرستيم الاساس: وهو مرستيم انتقالي يكون النسيج الاساس في العضو النباتي، اذ يعطي نسيج القشرة واللب والاشعة اللبية.



Peanut Seed (*Arachis hypogaea*)



ثانياً: الانسجة المستديمة وتقسيماتها:

1. **على أساس الأصل:**
   - انسجة مستديمة ابتدائية: وهي التي تنشا من مرستيمات ابتدائية مثل اللحاء الابتدائي primary phloem والخشب الابتدائي primary xylem والبشرة epidermis
   - انسجة مستديمة ثانوية: وهي التي تنشا من مرستيمات ثانوية مثل نسيجي اللحاء والخشب الثانويين والبشرة المحيطة periderm.
2. **على أساس التعقيد :**
   - انسجة بسيطة simple tissues: وتتكون من نوع واحد من الخلايا مثل برنكيما اللب
   - انسجة معقدة complex: وهي انسجة تضم اكثر من نوع واحد من الخلايا مثل الخشب واللحاء.
3. **على اساس الاستمرار الطوبوغرافي:**
   - النظام النسيجي الضام dermal tissue system: ويتمثل بالبشرة في مرحلة النموالابتدائي والبشرة المحيطة(periderm) في مرحلة النمو الثانوي.
   - النظام النسيجي الوعائي vascular tissue system: ويشمل نسيجي الخشب واللحاء في مرحلتي النمو الابتدائي والثانوي.
   - النظام النسيجي الاساس ground tissue system: ويشمل القشرة واللب والاشعة اللبية في السيقان والجذور والنسيج المتوسط في الأوراق.
4. **على أساس التشابه الفسلجي:**
   - انسجة ضامة dermal tissue : وتشمل البشرة والبريديرم.
   - انسجة ناقلة conducting tissue: وتشمل الخشب واللحاء في النمو الابتدائي والثانوي.
   - انسجة دعامية supporting tissue: وتشمل الكولنكيما والسكمرنكيما والوعية والقصيبات.

- انسجة البناء الضوئي photosynthetic tissue: وتشمل النسيج الميزوفيلي في الاوراق والكلورنكيما في قشرة السيقان.
- التراكيب الافرازية: وتشمل الخلايا والانسجة المعنية بعملية الافراز مثل الشعيرات الغدية والغدد الرحيقية والقنوات الراتنجية.
- الانسجة الخازنة : وتشمل جميع الانسجة التي تقوم بالخزن مثل خزن الماء والمواد الغذائية مثل برنكيما القشرة والب.
- الانسجة الهوائية: وتشمل البرنكيما الهوائية في الاعضاء النباتية في السيقان واالوراق والبرنكيما الاسفنجية في الاوراق والتي تعتبر من البرنكيما الهوائية لاحتوائيا على وفرة من مسافات بينية تسمح بالتبادل الغازي بين داخل العضو النباتي وخارجه.

نظريات الانسجة المرستيمية في الجذر والساق

❖ القمة النامية في الساق Shoot apex

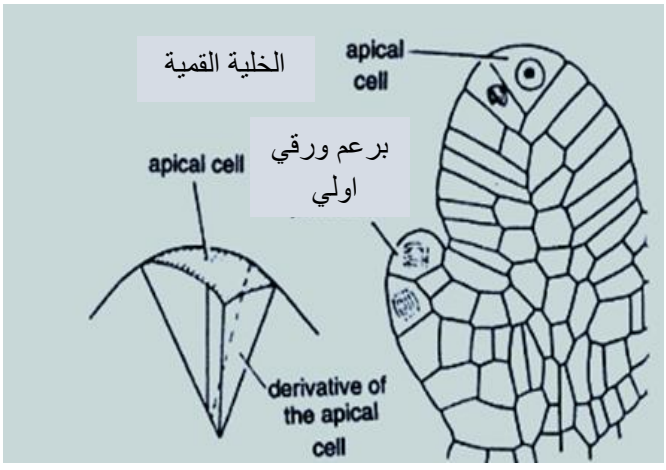
نشأت فكرة المرستيم القمي للساق لأول مرة من قبل Wolff عام (1759) ووصفت هذه المنطقة بأنها عبارة عن منطقة غير متميزة او غير متكشفة Undeveloped region واقعة في منطقة قمة الساق ينشأ منها فيما بعد جميع الانسجة والأعضاء النباتية المحمولة على الساق.
لتوضح وتفسي ما ينتج عن القمة النامية الساقية فقد وضعت نظريات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

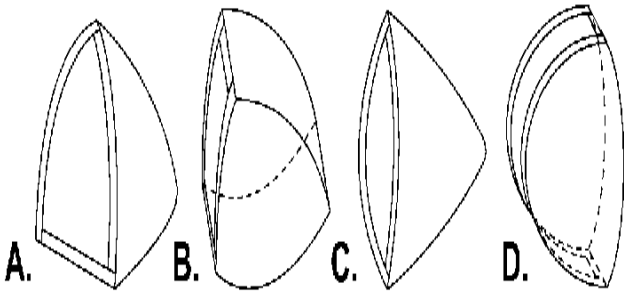
1- نظرية الخليةٌ القمية Apical cell theory

وضعت هذه النظرية من قبلHofmeister عام 1857 وأسندت من قبل Nageli وتقترح هذه النظرية وجود خلية قميه واحدة Single apical cell في قمة السلق تقوم بتكوين جميع الانسجة والاجزاء النباتية بانقساماتها المتكررة.
لوحظ وجود مثل هذه الخلية في الطحالب والحزازيات والسرخسيات وتكون الخلية هذه بأشكال مختلفة تكون الخلية القميه اما:

- عدسية الشكل Lenticular ذات جانبين كما في الطحالب مثل *Dictyota* او بعض السرخسيات مثل *Metzgeria* وبعض التريديات مثل *pteridium* وفي هذه الحالة تقسم الخلية في اتجاه واحد ويتوالى الانقسام بعد ذالك لتكوين طبقة واحدة او طبقتين او اكثر.
- هرمية الشكل pyramidal كما في نبات ذنب الحصان *Equisetum* حيث تكون الخلية ذو أربع أوجه يمثل ثلاثة منها جوانب الهرم ويمثل الوجه الرابع قاعدته ويكون متجه الى الخارج اما الأوجه الثلاثة متجه نحو الداخل ويحدث الانقسام على التوالي في الجوانب الثلاثة الداخلية للخلية الهرمية بجدر موازية لهذه الجوانب. وبهذه الطريقة يزداد العضو في الحجم والمساحة معاً، بينما لا يحصل انقسام يوازي السطح الخارجي مما يحافظ على الخلية القمية في موقعها عند قمة الساق.

من مساوئ هذه النظرية: انه لا يمكن تطبيقها على النباتات البذرية الراقية (عاريات البذور ومغطاة البذور) وانما يمكن تطبيقها على النباتات الواطئة.

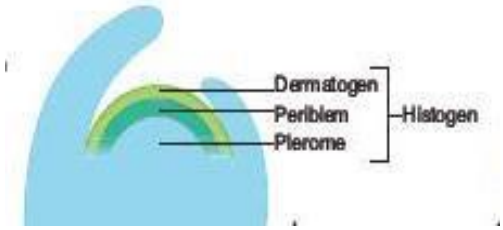


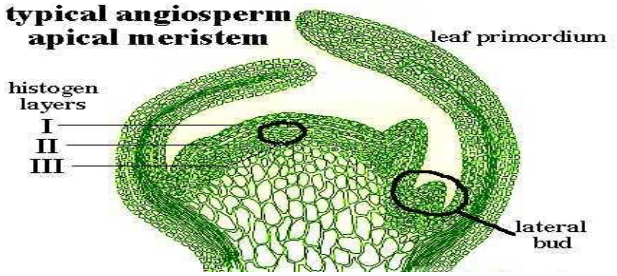


2- نظريةٌ نشوء الأنسجة Histogen theory

وضع هذه النظرية من قبلHanstein (1868-1870) استناداً إلى هذه النظرية فإن المرستيم القمي apical meristem للنباتات البذريةseed plants يوجد فيه ثلاث مناطق متميزةdistinct zonesكل منها يتكون من عدد من الطبقات المختلفة تسمى Histogens (tissue bulders) أي منشأت الأنسجة، إ ن هذه المنشأت تنشأ من مجاميع منفصلة من الخلايا الإنشائية لذا فإنها تمتلك طرق نمو مختلفه ان هذه المنشأت هي:

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





- **منشأ القلنسوة Calyptrogen** في حالة الجذر يوجد منشا أخر هو منشا الملنسوة Calyptrogen حيث يكون قلنسوة الجذر root cap.

تفسر هذه النظرية النمو في القمة النامية للساق والجذر في عدد محدود من النباتات مغطاة البذور.

من مساوئ هذه النظرية:

- عدم وجود حد فاصل بين البشرة والقشرة وكذالك الحال بالنسبة للقشرة والاسطوانة الوعائية.
- قد تنشأ أكثر من طبقة من منشأ واحد ففي بعض الجذور قد تنشأ البشرة والقشرة من منشئ واحد.
- قد لا يكون كل منشئ الانسجة المخصصة له.
- الدراسات المعتمدة على التشكيلات النسيجية اثبتت صحة هذه النظرية فيما يتعلق ب منشأ البشرة Dermatogen في معظم الأحيان ولم تثبت مضمون النظرية المتعلقة ب منشئ القشرة والاسطوانة الوعائية.

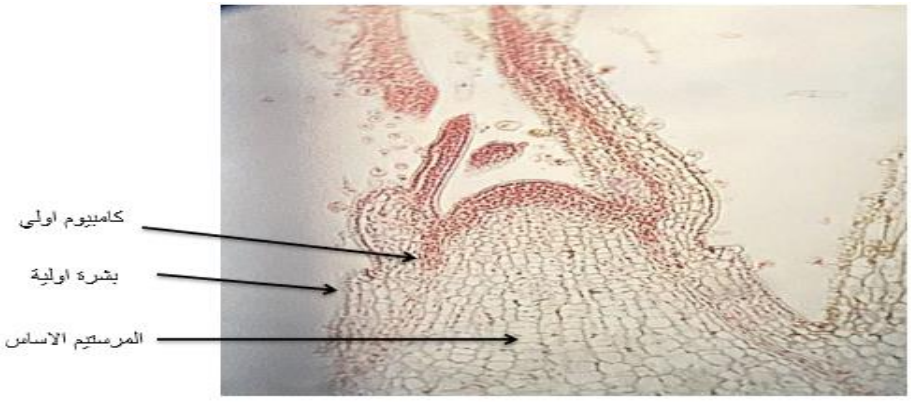
3- نظرية المرستيم الاول Promeristem Theory

من اهم النظريات اذ تفترض وجود منطقة في قمة الجذر والساق على درجة واطئة جداً من التمايز يطلق عليها المرستيم الاولي promeristem سرعان ما يتميز الى 3 مرستيمات ابتدائية بعد مسافة بسيطة من القمة ليشمل:

- **البشرة الاولية protoderm** تقوم بتكوين البشرة في الساق او الطبقة الوبرية في الجذر.
- **الكامبيوم الاولي procambium** بتوالي انقسام خلايا الكامبيوم الاولي يتميز الخارجي منها الى عناصر اللحاء الابتدائي primary phloemوالداخلي منها الى عناصر الخشب الاولي primary xylem

في ذوات الفلقتين لا تتحول خلايا شريط الكامبيوم الاولي كلها الي خلايا مستديمة بل تبقى منها خلايا مرستيمية تكون طبقة بين الخشب واللحاء مكونة الكامبيوم مابين الحزم vascular cambium، اما في ذوات الفلقة والجذر فتتحول الاشرطة كلها الي خلايا مستديمة.

- **مرستيم النسيج الاساسي ground meristem** يقوم هذا المرستيم بالانقسام بجميع الجهات لتتميز خلاياه في الساق والجذر الى قشرة ونخاع واشعة نخاعية.



4- نظرية الغلاف والبدن Tunica - corpus theory

تبعا لهذه النظرية يمكن تمييز منطقتين مختلفتين في المظهر والتركيب في القمة النامية للساق وهما:

- **منطقة الغلافTunica** وهي عبارة عن طبقة أو أكثر من الخلايا المحيطة صغيرة الحجم تغلف البدن وتنقسم باتجاهات عمودية على السطح بحث ينتج عنها زيادة في السطح أو المساحة، كما إن عدد الطبقات في ذوات الفلقة الواحدة يتراوح بين 1-3 وفي ذوات الفلقتين 2-5، فاذا كانت من طبقة واحدة فانها تنتج البشرة فقط او البشرة وبعض الطبقات الأخرى بداخلها وإذا كانت من عدة طبقات فتنتج البشرة والقشرة معاً.
- **البدن Corpus** وهي منطقة تقع وسط المرستيم القمي وتمتاز بكبر حجم خلاياها، وهي مجموعه من الخلايا محاطة بغلاف أي انها تشكل الجزء المركزي من الساق وتنقسم انقسامات غير منتظمة (عامودية او متعامدة، محيطة، مائلة) وتكون أكبر من خلايا الغلاف وتنشأ عن هذه المنطقة الأسطوانة الوعائية او الأسطوانة الوعائية والقشرة معاً.

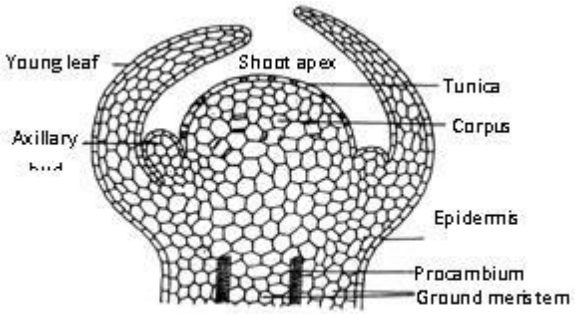
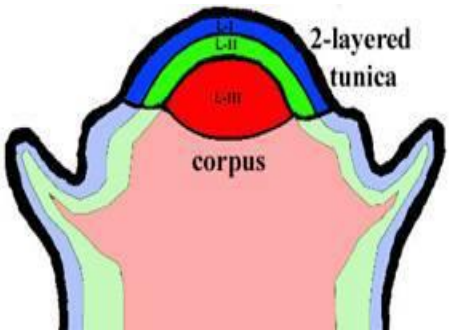


Fig: 5.2-2 L.S. vegetative shoot apex



من مساوئ هذه النظرية:

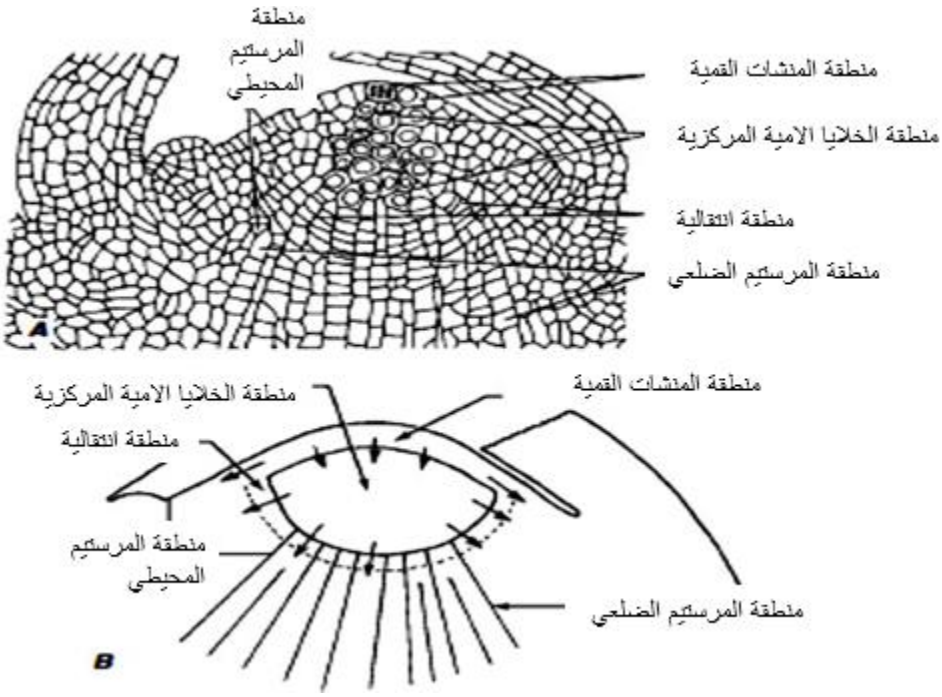
- قد يتعذر تمييز الغلاف عن البدن اوقد يكون التمييز بسيطاً وخاصة في النباتات الأقل رقياً من مغطاة البذورAngiosperms .
- تنطبق هذه النظرية على قمة الساق دون الجذر.

5- نظرية نمو المناطق Growth of Zones

لقد وجد بان النظريات السابقة لا تنطبق على معظم نباتات عارية البذور لذا فان هذه المجموعة درست بالتفصيل ووجد ان فيها ما يسمى ب Cytohistological Zonation اي ان المنطقة المرستيمية القمية متخصصة الى مناطق ذات صفات مميزة تفسر العلاقة بينها وبين ما ينشأ منها من انسجة متكيفة وهذا ما لاحظه ولأول مرة العالم النباتي Foster في نبات ال Ginkgo عام 1938حيث لوحظ وجود مناطق تختلف عن بعضها البعض في طريقة الانقسام وحجم الخلايا وغزارة السيتوبلازم وقابلية الاصطباغ وهذه المناطق هي:

- **المنطقة الانشائية القمية apical initial zone** مجموعة من خلايا مرستيمية واقعة في قمة الساق تحصل بها انقسامات عمودية تضاف مشتقاتها إلى الطبقة السطحية وانقسامات محيطية (موازية للسطح) تضاف مشتقاتها إلى منطقة الخلايا الأم المركزية التي تقع تحتها مباشرة.
- **منطقة الخلايا الامية المركزية Central Mother cells** تقع تحت المنطقة الأولى وتنقسم خلاياها باتجاهات مختلفة فتغذي بذلك المناطق الجانبية والمنطقة السفلى بالخلايا المرستيمية.
- **الطبقة المحيطية Peripheral layer** وهي المنطقة الخارجية التي تلعب دوراً في نشوء الاوراق والبشرة كما أنها تكون القشرة والنسيج الوعائي.
- **المرستيم الضلعي Rib – meristem** يتضمن مجموعة من الخلايا المرستيمية واقعة تح منطقة الخلايا الامية المركزية وينتج عن نشاط هذا المرستيم تكوين اللب Pith.

هذا الطراز من النمو يظهر في نبات الجنك Conifersوفي المخروطياتGinkgo حيث تتضح هذه المناطق بشكل متميز إلى حد كبير.



6- نظرية المرستيم الخامل Theory of the waiting Meristem

وهي من النظريات الحديثة نوعاً ما وقد قدمها أحد العلماء الفرنسيين هو Buvat (1952) لكنها لم تلق قبولاً من معظم علماء التشريح وتفترض هذه النظرية وجود منطقة خاملة عند القمة تقع تحت الطبقة السطحية للقمة الخضرية للساق تسمى بالمرستيم الخامل waiting meristem ، تبقى هذه المنطقة خاملة طالما كانت القمة الساقية في الحالة الخضرية غير ان المرستيم يبدأ نشاطه وذلك بالتحول من الحالة الخضرية الى التكاثرية.

هناك بعض التشابه بين هذه النظرية ونظرية نمو المناطق حيث تناظر المنطقة الخاملة منطقة خلايا الامية المركزية. غير ان الابحاث اثبتت عدم صحة هذه النظرية.

❖ القمة النامية في الجذرRoot apex

يوصف المرستيم القمي للجذر بانه تحت نهائي subterminal لانو محاط من الخارج بقلنسوة هلامية (قيعة الجذرroot cap تحميه اثناء نموه بالتربة وتساعده في التغلغل خلالها وهو بذلك يقع تحت نهائي او خلف القلنسوة وهو مايميز المرستيم القمي للجذر عن المرستيم القمي للساق الذي يوصف بانه نهائي terminal لكونه غير محاط بتركيب مماثل للقلنسوة غير ان بدايات الأوراق (او الاوراق الفتية) leaf premordia المحيطة بالمرستيم القمي للساق توفر نوعا من الحماية لهذا المرستيم.

يوجد في مركز المرستيم القمي للجذر منطقة تعرف بالمركز الساكن او الهامد الذي يظم مئات الخلايا غير الفعالة نسبياً اذ تنقسم عادة الخلايا في قلنسوة الجذر 15 مرة اكثر مما في حالة خلايا المركز الساكن، وتكمن اهميه المركز الساكن في اصلاحه الضرر الحاصل للمرستيم القمي والقلنسوة اللذين كثيراً ما يلحق بهما الضرر نتيجة تغلغل الجذر في التربة، وعندما يقع الضرر تقوم خلايا المركز الساكن بالانقسام لتغذي المرستيم القمي والقلنسوة بالخلايا تعويضاً عن الخلايا المتضررة وبذالك يكون المركز الساكن مماثلاً لمنطقة الخلايا الامية المركزية في السيقان النباتية.

وتجدر الإشارة الى ان المرستيم القمي للجذر هو اقل تعقيداً على مستوى التركيب من المرستيم القمي للساق وذالك لان المرستيم القمي للجذر غير مسؤول عن تكوين الفروع الجذرية (الجذور الجانبية والجذور الثانوية).

الفرق بين المرستيم القمي في الساق والمرستيم القمي في الجذر

المرستيم القمي في الساق	المرستيم القمي في الجذر
ينتج انسجة للداخل فقط	ينتج انسجة للداخل والخارج
موقعة نهائي في قمة الساق	موقعه تحت نهائي
يكون أعضاء جانبية كالفروع والأوراق التي تكون بدايتها عند القمة النامية في الساق	تفرعات الجذر تكون بعيدة عن منطقة النمو وتكون داخلية المنشأ اذ تنشأ من الدائرة المحيطية

*المحاضرة السابعة

الانسجة الضامة Dermal Tissues

يحاط الجسم النباتي من الخارج بطبقة واقية تفصله عن محيطه الخارجي وتقيه من الأضرار الميكانيكية كفقدان الماء أو التعرض لمهاجمة الآفات الخارجية. يطلق مصطلح الأنسجة الضامة على مجمل الأنسجة المحيطة بالجسم النباتي شاملا جميع أعضائه سواءاً كانت هذه الأعضاء في مرحلة النمو الابتدائي أو الثانوي. والأنسجة الضامة تتمثل بالبشرة Epidermis خلال فترة النمو الابتدائي والبشرة المحيطة Periderm في الأعضاء التي عانت تغلظاً ثانوياً.

1. البشرة Epidermis:

تعرف البشرة بأنها النسيج الضام الذي يغطي جميع الاجزاء النباتية خلال النمو الابتدائي وهي في تماس مباشر مع البيئة وعرضة للتحورات التركيبية بعوامل بيئية مختلفة. تنشأ بشرة الساق والأوراق والاجزاء الزهرية من الطبقة السطحية للمرستيم القمي للساق(protoderm) اما بشرة الجذر فانها تنشأ من الطبقة السطحية للمرستيم القمي للجذر(protoderm).

تقسم البشرة الى عدة أنواع اعتماداً على عدد الطبقات المكونة لها الى:

- بشرة بسيطة Simple epidermis: تتألف البشرة من طبقة واحدة من الخلايا.
- بشرة مضاعفة Double epidermis: تتألف من طبقتين من الخلايا.
- بشرة متضاعفة Multiple epidermis: تتألف من اكثر من طبقتين من الخلايا.

- ✓ تقوم البشرة في النبات بوظائف عدة تشمل امتصاص الماء وافراز الكيوتكل والحماية من اكلات الاعشاب والسيطرة على التبادل الغازي والنتح transpiration فضلا عن الوظائف المختلفة لشعيرات البشرة الترايكومات trichomes.
- ✓ قد تستديم البشرة طيلة حياة النبات او تتحطم وتسقط كما في بعض الانواع النباتية التي يحصل بها نمو ثانوي وذلك نتيجة تكوين البشرة المحيطة التي تحل محل البشرة المتساقطة.

- **أنواع خلايا البشرة:**

1. خلايا البشرة الاعتيادية ordinary epidermis cells:

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

2. الخلايا الحارسة guard cells:

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

يعتقد ان حركة فتح وغلق الثغور تتم بسبب التغيرات في ضغط الانتفاخ (الضغط الازموزي) بين الخلايا الحارسة والخلايا المجاورة لها وكذلك احتواء الخلايا الحارسة على تراكيز عالية من البوتاسيوم مقارنة بالخلايا المجاورة وقد يعمل هذا العنصر ازموزيا مما ينتج عنه فتح الثغور وكذلك اختلاف سمك الجدران في الخلايا الحارسة له دور في فتح وغلق الثغور.

تختلف اعداد الثغور وتوزيعها في النباتات باختلاف البيئة اذ تكثر اعداد الثغور على السطح السفلي من اوراق النباتات الوسطية اما في النباتات المائية فينعدم وجود الثغور او ينحصر وجودها في احدى البشرتين للاوراق الطافية اما في النباتات الصحراوية فتظهر ثغورا غائرة اي منخفضة تحت مستوى سطح البشرة في اخاديد او تجاويف. تحاط الخلايا الحارسة بالخلايا المساعدة او بخلايا البشرة الاعتيادية، يطلق مصطلح المعقد الثغري على الثغرة والخلايا المساعدة معا.

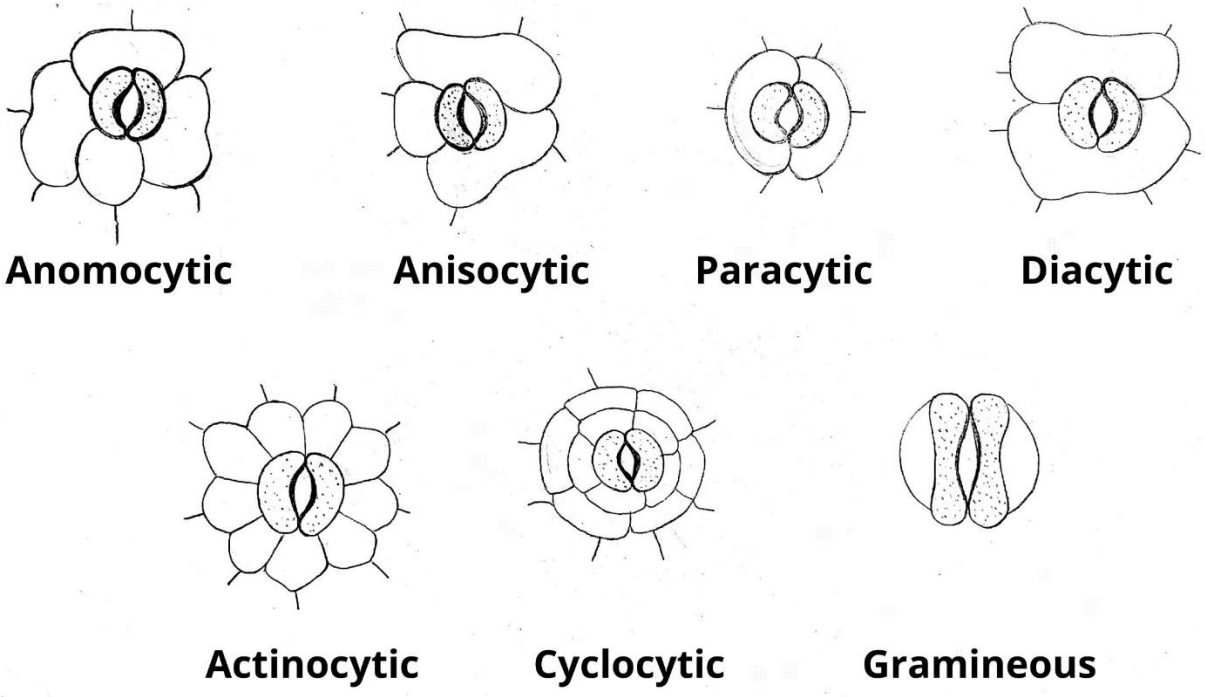
تقسم المعقدات الثغرية الى ثلاثة أنواع:

- النوع العادي او نوع ذوات الفلقة الواحدة والفلقتين Monocot-Dicot type : وهو الأكثر شيوعاً ويوجد في جميع نباتات ذوات الفلقتين وفي جميع نباتات ذوات الفلقة الواحدة ما عدا فصيلتين هما العائلة النجيلية Gramineae والسعدية Cyperaceaeهما العائلة النجيلية وفي هذا النوع تكون الخلايا الحارسة كلوية الشكل في المنظر السطحي أما في المقطع الرأسي فتبدو الخلايا الحارسة مزودة بجزء قرني الشكل horn – like في الجهة الخارجية فقط أو الجهتين الخارجية والداخلية من الثغر
- نوع العائلة النجيلية والسعدية Gramineae - Cyperaceae type: وفي هذا النوع من المعقد الثغري تكون الخلايا الحارسة صولجانية أو دمبلية Dumb-bell shaped في المنظر السطحي وتبدو الخلية ضيقة من الوسط الشكل ومتسعة ومنتفخة من الطرفين .
- نوع عاريات البذور Gymnosperm type: يوجد في النباتات المخروطية Coniferales ومنها الصنوبر ومنها الصنوبر*Pinus* والمعقدات الثغرية في هذه الحالة غائرة Sunken ومزودة بخلايا مساعدة وتبدو الخلايا الحارسة في المقطع الرأسي في وضع مائل

ويمكن تقسيم الثغور الى عدة طرز على أساس العلاقة بالخلايا المجاورة الى:

- **النوع الشاذ Anomocytic type**: يسمى ايضا بالنوع غير المنتظم وينعدم في هذا النوع وجود الخلايا المساعدة وتحاط الثغرة بعدد من الخلايا الاعتيادية للبشرة.
- **النوع المتوازي paracytic type**: وفيه تحاط الثغرة بخليتين مساعدتين موازيتين للمحور الطولي للثغرة.

- **النوع المتعامد diacytic type**: وفيه تحاط الثغرة بخليتين مساعدتين متعامدتين على المحور الطولي للثغرة.
- **النوع المتباين Anisocytic type**: وفيه تحاط الثغرة بثلاثة خلايا مساعدة متدرجة بالحجم.
- **النوع الدائري cyclocytic type**: في هذا النوع تحاط الثغرة بأربعة خاليا مساعدة او اكثر تنتظم بشكل حلقة ضيقة حول الثغرة.
- **الطراز شعاعي الخلايا Actinocytic type**: وفي هذا الطراز يحاط الثغر بعدد من الخلايا المساعدة منتظمة بشكل نجمي أو شعاعي كما في ورد الجوري *Rosa*



3. الخلايا المساعدة subsidiary cell:

وهي خاليا تصاحب الخلايا الحارسة (او الثغور) وقد تشترك او لا تشترك مع الخلايا الحارسة في الاصل، وتختلف الخلايا المساعدة بشكها او ترتيبها عن الخلايا الاعتيادية للبشرة وتعمل على تحريك الثغور اي جعلها غائرة او مرتفعة عن مستوى بقية خلايا البشرة وهي بذلك تعمل عمل رافعة السيارة كما تعمل الخلايا المساعدة كخزان يجهز الخلايا الحارسة بالماء والايونات التي تسبب اختلاف في الضغط الازموزي.

4. الخلايا المحركة motor cells:

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

5. خلايا البلورات المعلقة Lithocytes:

خلايا متخصصة من خلايا البشرة، تتميز بسعة حجمها، واحتوائها على نوع خاص من البلورات يطلق عليها البلورة المعلقة، تتكون البلورة من جسم البلورة المؤلف أساساً من كاربونات الكالسيوم CaCO والعنق Stalk المؤلف من مادة السليلوز حيث يجعل جسم البلورة معلقاً بالجدار الخارجي للخلية الحاوية عليها بواسطة العنق. وخلايا البلورات المعلقة هذه يطلق عليها أيضاً كيس البلورة المعلقة Lithocyst.

6. ألياف البشرةEpidermal fibers:

خلايا شبيهة بالألياف Fiber - like cells تتكون في البشرة تتكون نتيجة تصلب Sclerification خلايا البشرة نتيجة لحصول عملية التلكنن في جد رانها Lignification أو قد تضاف كذلك مادة الكيوتين للجدار

7. الخلايا الإفرازية Secretory cells:

خلايا متخصصة تقوم بإفراز مواد عضوية غالباً كالمواد الدباغية وغيرها. Nectar والرحيق ، Gums والصموغ ، mucilage وكثيراً ما تكون الخلايا الإفرازية الموجودة في البشرة مقترنة مع الشعيرات الغدية ، او تكون بهيئة خلايا افرازية منعزلة Secretory idoblasts .

8. شعيرات البشرة او الترايكومات epidermal hairs or trichomes:

وهي زوائد او نموات خارجية لخلايا البشرة والتي قد تسقط مبكرا او تستديم لطيلة حياة النبات، وتختلف الشعيرات في تركيبها ووظيفتها وهي على عدة أنواع:

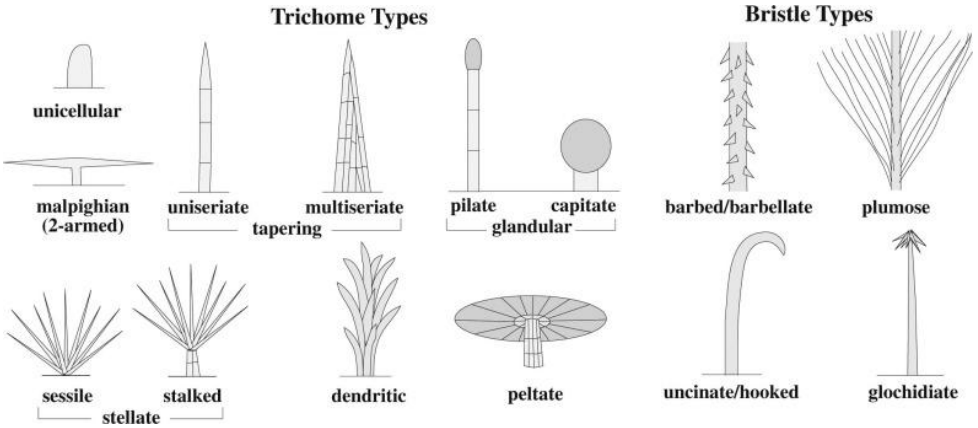
1. شعيرات وحيدة الخلية Unicellular hairs
   - بسيطة: نبات كيس الراعيCapsella
   - متفرعة: نبات المنشور Plantain
2. شعيرات عديدة الخلايا Multicellular hairs

- صف واحد Uniseriate : نبات القرع Cucurbita ونبات الداتورةDatura
- متعددة الصفوف Multiseriate : نبات البجونيا Begonia
- متفرعة Branched: نبات أذان الدب Verbascum

3. شعيرات غدية Glandular hairs: تنتهي بخلية غدية منتفخة كما في نبات الشمعدان Pelargonium او تنتهي بعدة خلايا مكونة رأساً غديا كما في نباتات العائلة الشفوية
4. شعيرات قرصية Peltate hairs: وتكون على شكل قرص عديد الخلايا كما في أوراق الزيتون Olive
5. شعيرات متسلقة Climbing hairs: خطافية الشكل تساعد النبات على التسلق مثال عليها نبات اللزيج Galium
6. شعيرات لاسعة Stinging hairs: تحمي النبات من الرعي وتحتوي على مواد لاذعة مثل Histamine و :Acetylcholine كما في نبات الحكيك Urtica

❖ **وظائف شعيرات البشرة:**

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



❖ **الكيوتكل Cuticle:**

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

تظهر نباتات عدة وجود الشمع wax على سطح الكيوتكل وهو ما يكسب اللون الابيض لثمار او اوراق بعض النباتات، وقد لوحظ انه اذا مسح الشمع من سطح الورقة فانه سيعاد تكوينه في غضون 24 ساعة. ويستخدم الشمع لأغراض تجارية اذ يستعمل الشمع المستخرج من اوراق نخيل الشمع في صناعة الشموع واقلام الشفاه ومواد التلميع.

البشرة المحيطية او نسيج البريدرم Periderm tissue

القسم الثاني من الانسجة الضامة الذي يحصل في الأعضاء التي عانت تغلظاً ثانوياً.

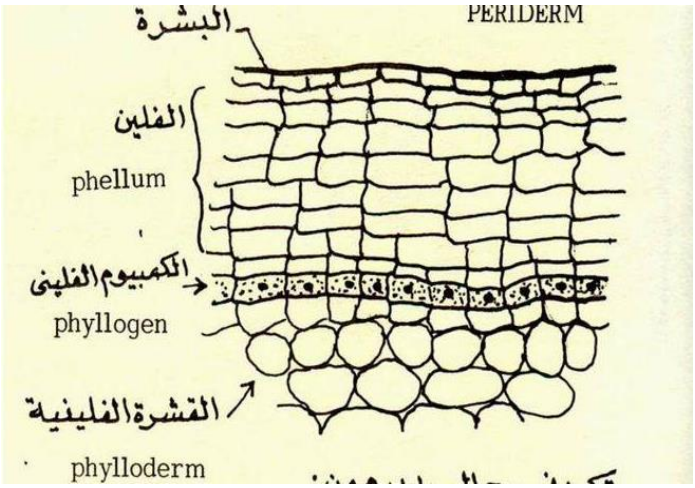
2- البشرة المحيطة او البريدرم Periderm

من أبرز النتائج المتسببة عن التغلظ الثانوي الناتج عن نشاط الكمبيوم الوعائي في سيقان وجذور عاريات البذور وكثير من ذوات الفلقتين هي الزيادة الملحوظة في سمك العضو النباتي الذي يحصل فيه التغلظ الثانوي، مما يسلط ضغط اً كبيراً على البشرة والأجزاء الخارجية من القشرة. وكنتيجة حتمية لذلك فإن البشرة والجزء الخارجي من القشرة تتمزق في معظم النباتات، وبالتالي فإن البشرة تفقد وظيفتها الوقائية كنسيج ضام. لذا يصبح من الضروري التعويض عن البشرة بنسيج ضام يقوم مقام البشرة الممزقة وهذا النسيج هو البشرة المحيطة.

فالبريدرم نسيج وقائي ثانوي المنشأ، يحل محل البشرة في الأعضاء التي تعاني تغلظ اً ثانوياً. وتعتبر سيقان وجذور عاريات البذور Gymnosperms وذوات الفلقتين الخشبية Woody Dictoyledons من أهم النماذج التي تتكون فيها البريدرم. أما في أوراق معظم النباتات فلا وجود للبريدرم. تتكون البريدرم أيضاً في بعض ذوات الفلقتين العشبية خاصة في الأجزاء المسنة من الجذور والسيقان، وكذلك في بعض نباتات ذوات الفلقة الواحدة. وإضافة لذلك فإن البريدرم تتكون أيضاً في مناطق انفصال الأعضاء النباتية Abscission zones كالأوراق والفروع والثمار، وأسفل مناطق الجروح والأنسجة الميتة أو المناطق المصابة ببعض الحشرات أو غيرها من الآفات.

ينشأ البيريدرم من **الكامبيوم الفليني Phellogen** وهو مرستيم ثانوي يتكون من طبقة واحدة من الخلايا المتراصة، وينشأ الكامبيوم الفليني من تحول خلايا البشرة أو بعض من خلايا القشرة أو البريسايكل أو اللحاء إلى خلايا مرستيمية.

حيث تنقسم خلايا الكامبيوم الفليني الى خليتين، الخارجية تكمل نموها متحولة الى فلين وتبقى الداخلية مرستيمية والتي بدورها تنقسم لتعطي خلية برنكيما القشرة الثانوية للداخل وخلية مرستيمية للخارج وهذه تعطي فلين للخارج وخلية مرستيمية للداخل ...وهكذا يتكرر الانقسام وتكون النتيجة تكوين الفلين Phellen للخارج والقشرة الثانوية Phelloderm للداخل، وعادة يكون معدل تكوين الفلين اعلى من معدل تكوين القشرة الثانوية، وعليه يشمل نسيج البريدرم كل من الكامبيوم الفليني وما ينتجه من الفلين والقشرة الثانوية وهذا ما يعرف بالبشرة المحيطية التي تحل محل البشرة في الأعضاء تعاني تغلظاً ثانوياً.



نسيج البريدرم

- خلايا الفلين: هي خلايا برنكيمية الأصل تموت عند اكتمال نمو جدرانها الثانوية واضافة مادة السوبرين Suberinالدهنية غير المنفذة للسوائل والغازات، والجدران خالية من النقر، وتجويف الخلية يملا بالهواء مع بعض المواد الراتنجية والتانين وخلايا الفلين تمتاز بكونها خلايا متراصة مستطيلة او موشورية الشكل في عدة صفوف خالية من المسافات البينية.

✓ **وظائف خلايا الفلين:**

1- حماية انسجة النبات الداخلية سواء ميكانيكية او حماية من الافات.
2- منع فقدان الماء من انسجة النبات الداخلية لوجود مادة السوبرين الدهنية.
3- تعمل كعازل حراري يقلل من تأثير التغيرات الحرارية الخارجية على الانسجة الداخلية.

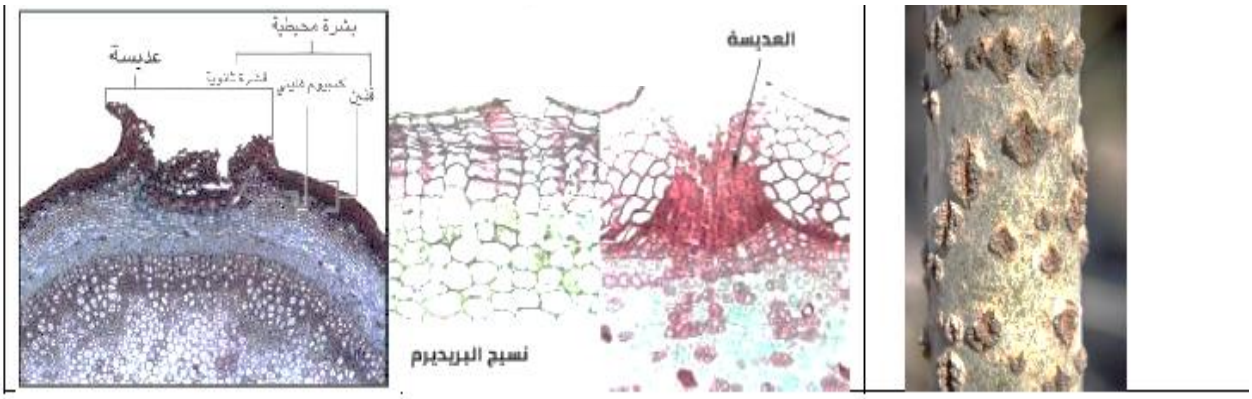
للفلين فوائد تجارية منهاك دخوله في صناعة سدادات القناني والاثاث المنزلي والعوازل الحرارية وتزداد أهمية الفلين عند زيادة وجود المسافات المملوءة بالهواء والتي تكسبه خفه مما يستعمل في صناعة أثاث الطائرات والقوالب النهرية.

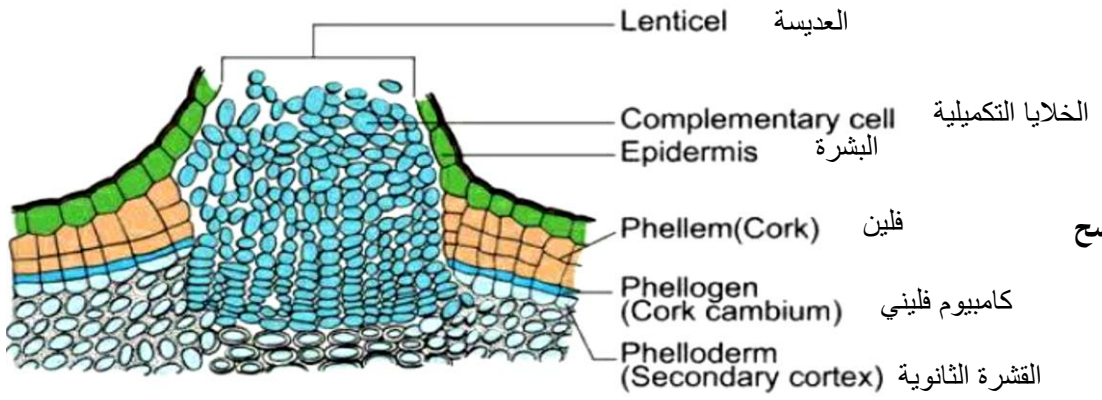
ونظراً لكون الفلين لا ينفذ الغازات مما ينتج عنه صعوبة تنفس انسجة النبات الداخلية فان الكامبيوم الفليني لا ينتج عنه خلايا فلين للخارج دائماً بل في بعض المناطق تحت الثغور عادة يعطي بدلاً من الفلين نسيج مفكك من خلايا برنكيمية رقيقة الجدران ذات مسافات بينية واسعة تعرف هذه المناطق ب العديسات Lenticels.

لذا فان **العديسات**: هي مناطق من خلايا برنكيمية رقيقة الجدران ذات مسافات بينية واسعة يكونها الكامبيوم الفليني بدلاً من الفلين لينتج انسجة مفككة تعمل على التهوية وتبادل الغازات.

لكن في الظروف الجوية شديدة البرودة يقوم االكامبيوم الفليني بإعادة تكوين طبقة الفلين الخارجية وذالك لحماية الانسجة الداخلية من تغييرات الجو الخارجية وتعرف هذه الطبقة بالطبقة الغالقة وعند تحسن الظروف الخارجية يتقسم الكامبيوم الفليني مكوناً النسيج المفكك ثانية مما يضغط على الطبقة الغالقة ويمزقها وهكذا تتكرر العملية فيظهر ضمن النسيح المفكك عدة طبقات غالقة ممزقة تفصلها خلايا مفككة.

والعديسات من المكونات الطبيعية لنسيج البريدرم في الجذور والسيقان وهي تختلف في الحجم فقد تكون مجهرية وقد ترى بالعين المجردة وعادة تبرز الى الخارج بشكل تمزق في البشرة.





شكل يوضح العديسة

س / ما الفرق بين الثغور والعديسة؟

مما تجدر الإشارة اليه هناك فرق في مصطلحين هما:

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

اما في الشجيرات غالباً ما تتساقط الطبقة الميتة من البريدرم بصورة مبكرة ولاتتراكم، فلا تتكون في هذه الحالة طبقة Rhytidome.

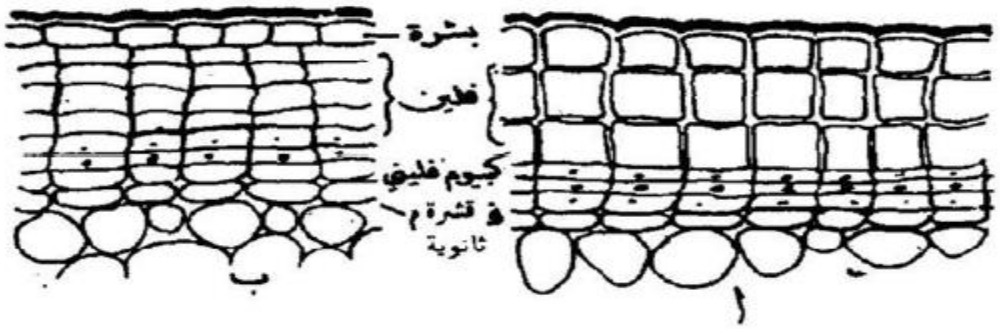
- الكامبيوم الفليني Phellogen or Cork Cambium:

تقوم طبقة الكمبيوم الفليني بتكوين الفلين كما أنها تقوم بتجديده باستمرار كلما انحل جزء منه .ويعتبر الكامبيوم الفليني مرستيماً ثانوياً Secondary meristem نموذجياً إذ انه يتكون نتيجة تحول خلايا مستديمة خلال عملية فقدان التمايز Dedifferentiation كما انه يمثل مرستيماً جانبياً Lateral meristem اذ انه يقع موازياً لسطح الساق او الجذر وينقسم باتجاه مماسي Tangential عاملاً على زيادة جسم النبات في السمك بنفس الطريقة التي يتبعها الكامبيوم الوعائي.

يوصف الكامبيوم الفليني بانه خارجي المنشأ Endogenous في الساق عادةً، وداخلي المنشأ في الجذر. فقد ينشأ أول كامبيوم فليني في الساق من المناطق الخارجية من القشرة كما هي الحال في معظم النباتات، أو أن ينشأ من البشرة ذاتها كما في سيقان الدفلة والصفصاف والبلوط. وتجدر الإشارة إلى أن الكامبيوم الفليني قد ينشأ في بعض السيقان من طبقة تحت البشرة Hypodermis كما في ساق الشمعدان وساق الغرب. وقد ينشأ من طبقات القشرة الخارجية كما في الكستناء والجوز. وفي كثير من النباتات الخشبية ينشأ الكامبيوم الفليني من الطبقات الداخلية من القشرة كما في نبات البربري.

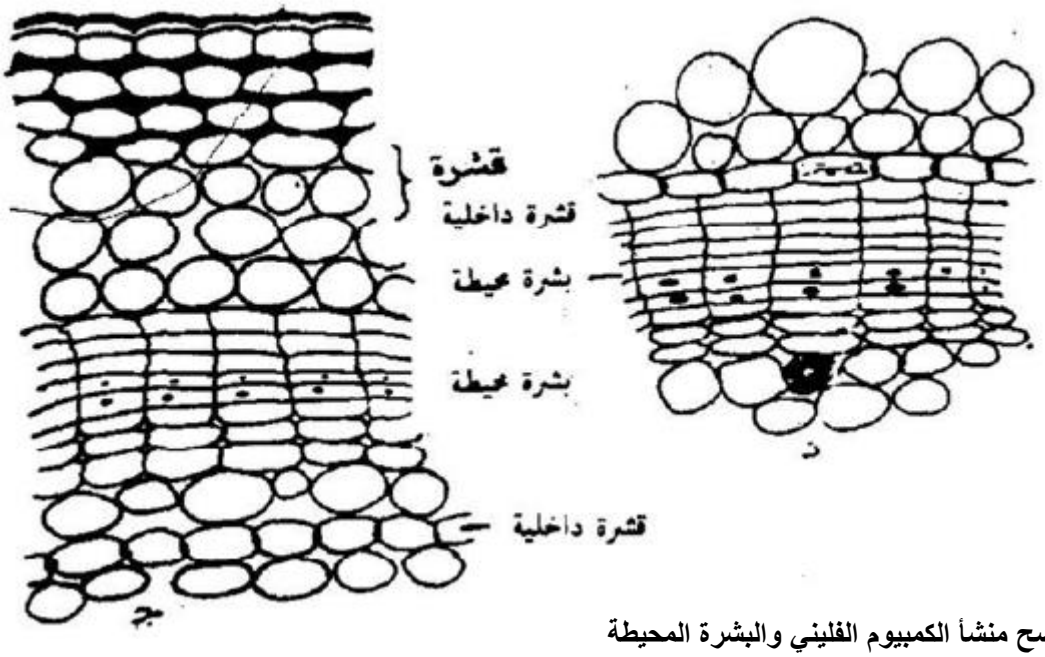
أما في الجذر فإن نشوء أول كمبيوم فليني يكون عادة داخلياً Endogenous حيث يتم نشوؤه في جذ ور معظم النباتات المعمرة من ذوات الفلقتين وعاريات البذور من البريكيل أو الدائرة المحيطية pericycle كما في جذر التين البنغالي والصبير إلا أنه قد ينشأ من الطبقات الداخلية من القشرة كما في جذر القطن.

يعد الكامبيوم الفليني مرستيم جانبي Lateral meristem ذو منشأ ثانوي - كما سبق – وهو أبسط نسبياً من حيث التركيب مقا رنة بالكمبيوم الوعائي الذي يتميز فيه نوعان من الخلايا هما الأصول الشعاعية Ray Initials والأصول المغزلية Fusiform initials في حين يتكون الكمبيوم الفليني من خلايا متشابهة من حيث الشكل.



شكل يوضح منشأ الكمبيوم الفليني والبشرة المحيطة

أ- من البشرة في ساق الدفلة.
ب- من تحت البشرة في ساق الشمعدان.



شكل يوضح منشأ الكمبيوم الفليني والبشرة المحيطة

ج- من الطبقات الداخلية من البشرة.
د- من الدائرة المحيطية في الجذر الهوائي للتين البنغالي.

- القشرة الثانوية Phelloderm:

تعتبر خلايا القشرة الثانوية خلايا برنكيمية حية تحتفظ بجميع محتوياتها البروتوبلازمية وتكون محاطة بجدار ابتدائي مؤلف من مادة السليلوز بصورة رئيسية. وتحتفظ خلايا القشرة الثانوية بحيويتها بخلاف خلايا الفلين التي تفقد حيويتها بمجرد تمام نضجها. ولا تختلف طبقة الفلودرم من حيث تركيبها عن خلايا الفلين وفي العادة تتكون الفلودرم من عدد قليل من الطبقات إلا أنها قد تتألف من صف واحد من الخلايا أو قد تكون

معدومه تماماً. وقد تحتوي خلايا الفلودرم في بعض السيقان على بلاستيدات خضر وبذلك تساهم في عملية التركيب الضوئي Photosynthesis كما أنها تقوم بوظيفة اختزانية عن طريق احتفاظها بكمية من النشا كمادة غذائية مختزنة.

الفرق بين البشرة Epidermis والبشرة المحيطيةPeriderm

ت	Epidermis	Periderm
1.	تنشا من مرستيم ابتدائي هو ال prododerm	تنشا من مرستيم جانبي هو الكامبيوم الفليني Phellogen
2.	تتكون من انواع مختلفة من الخلايا كالاعتيادية والخلايا الحارسة والمساعدة والمحركة وغيرها من الخلايا	تتكون من خلايا متباينة هي الخلايا الفلينية والكامبيوم وخلايا القشرة الثانوية
3.	تمثل نظام نسيجي ضام ابتدائي	تمثل نظام نسيجي ضام ثانوي
4.	تتكون البشرة من خلايا حية عادة وذات جدران ابتدائية	تتكون من خلايا حية عدا خلايا الفلين تكون ميتة
5.	قد تحتوي البشرة على زوائد كالشعيرات وغيرها	لا توجد مثل هذه الزوائد
6.	غالبا ما توجد طبقة كيوتكل	لا يوجد طبقة كيوتكل، بل يوجد فلين مكون من خلايا متحوره

*المحاضرة التاسعة

الانسجة المستديمة permanent tissu

النسيج البرنكيمي Parenchyma

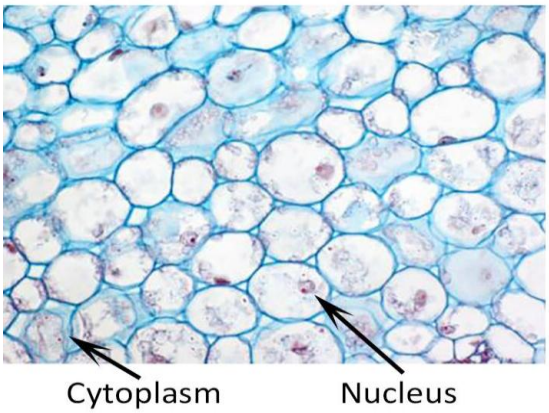
تمثل البرنكيما او النسيج الحشوي النسيج الاكثر شيوعا في الاعضاء النباتية او في عموم النبات، توصف الخلايا البرنكيمية انها ضعيفة في تكشفها او تميزها او تخصصها او انها غير متخصصة نسبيا ولها القدرة على فقدان التميز والتخصص والتحول الى خلايا مرستيمية لتوصف تبعا لذلك بانها مرستيمية كامنة وهو مايجعلها قريبة من النسيج المرستيمي.

توجد البرنكيما في جميع النباتات والاعضاء النباتية وتتواجد في اكثر من موقع داخل العضو النباتي الواحد (في القشرة واللب والخشب واللحاء في الجذور والسيقان) وكذلك تمتاز بانجازها لوظائف مختلفة (البناء الضوئي والتنفس والخزن وصنع الروتين والافراز والنقل لمسافات قصيرة ومعالجة الجروح).

تتميز خلايا هذا النسيج بأنها حية تحتفظ بالنواة والسايتوبلازم لفترة طويلة بعد نضجها. ويؤلف السايتوبلازم طبقة رقيقة تبطن الجدار في الخلايا الناضجة نظراً لوجود فجوة عصارية كبيرة. بينما تحتل النواة أما موقعاً مركزياً وتتصل بطبقة السايتوبلازم الخارجية عن طريق خيوط سايتوبلازمية أو موقعاً جانبياً. وتتميز الخلايا البرنكيمية باحتوائها على فجوات واسعة كما أنها تكون محاطة عادة بجدار ابتدائي Primary wall ويكون الجدار حاوياً على حقول النقر الابتدائية Primary pit fields التي تتخللها البلازمودزمات أو على نقر بسيطة.

تقسم الانسجة البرنكيمية الى عدة أنواع:

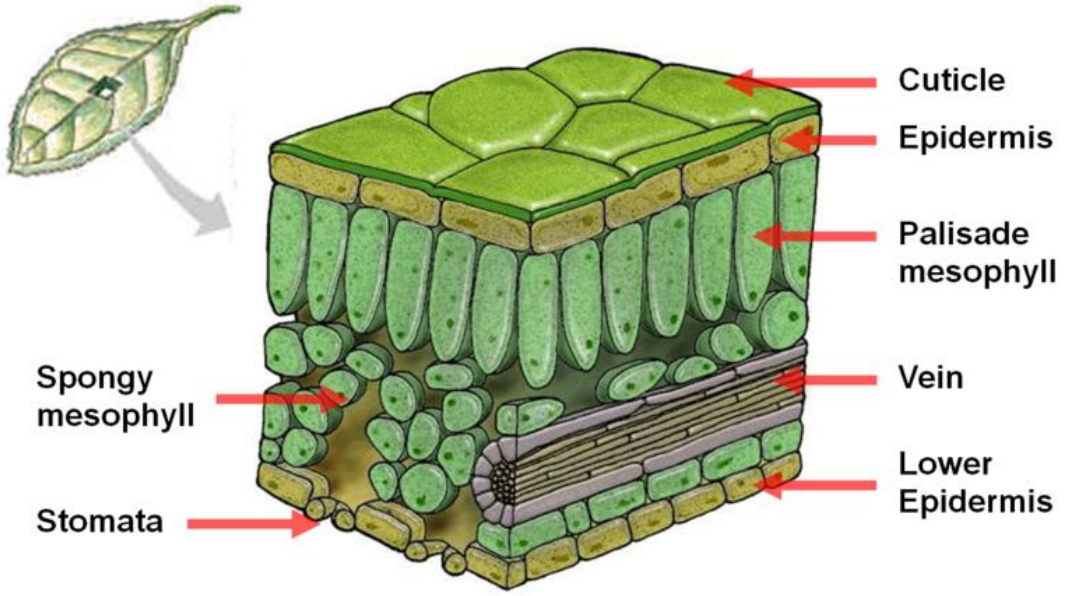
1. **النسيج البرنكيمي العادي ordinary parenchyma**: يتكون هذا النسيج من خلايا برنكيمية عادية لم تخصص لوظيفة معينة وتنطبق عليها الصفات العامة للخلايا البرنكيمية من حيث الشكل العام للخلية ورقة جدرانها وامتلائها بالعصير الخلوي واحتوائها فيما بينها على مسافات بينية وينتشر هذا النوع العادي من الخلايا البرنكيمية في القشرة والنخاع (اللب) في سيقان وجذور ذوات الفلقتين وفي جذور ذوات الفلقة الواحدة وفي النسيج الأساسي ground tissue لسيقان ذوات الفلقة الواحدة



النسيج البرنكيمي

2. النسيج الكلورنكيمي والمتوسط Chlorenchyma and Mesophyll tissue:

وهو النسيج الخاص بالبناء الضوئي ويوجد في الأعضاء النباتية الخضر المعرضة للضوء. وتمتاز الخلايا باحتوائها على كمية وافرة من البلاستيدات الخضر. ويوجد النسيج الكلورنكيمي في السيقان العشبية والأطراف الغضة من سيقان النباتات الخشبية في الجزء الخارجي من منطقة القشرة. اما النسيج المتوسط Mesophyll فيوجد في الأوراق ويعتبر نوعاً خاصاً من الأنسجة الكلورنكيمية والنسيج المتوسط تحور من حيث الشكل ليصبح أكثر ملائمة لوظيفة البناء الضوئي. ويكون النسيج الميزوفيلي على نوعين : العمادي والاسفنجي.



التركيب التشريحي للورقة

3. النسيج البرنكيمي الخازن Storage Parenchyma:

يقوم النبات باستهلاك جزء من غذائه في عملية البناء وجزء أخر لإنتاج الطاقة اللازمة للقيام بسائر وظائفه الحيوية. ويختزن ما يتبقى بعد ذلك على هيئة مواد كاربوهيدراتية أو بروتينية أو دهنية. وتختزن هذه المواد في معظم الأحوال في أعضاء خاصة تسمى بأعضاء الاختزان Storage organs وفي جميع الحالات يحدث الاختزان في أنسجة برنكيمية خاصة تمتلئ بتلك المواد.

Xerophytes كما أن هناك بعض النباتات وعلى الأخص نباتات الجفاف تختزن الماء في

أنسجتها ويعتبر النسيج البرنكيمي أنسب نسيج لاختزان الماء وهو في هذه الحالة ينكون من خلايا كبيرة

الحجم رقيقة الجدران قليلة السايتوبلازم غنية بالعصير الخلوي . وهذا العصير قد يكون هلامياً بعض

الشيء حتى يمكنه الاحتفاظ بالماء تحت ظرف الجفاف كما في نبات الصبار *Aloe*.

4. النسيج البرنكيمي الخاص بالتهوية Aerenchyma

تتميز خلايا هذا النسيج بصغر حجمها ورقة جدرانها وبوجود فراغات هوائية واسعة بينها وتتصل هذه الفراغات ببعضها لتكون جهازاً للتهوية أو لاختزان الهواء. ولذلك يشيع هذا النسيج بين النباتات المائية التي يتعذر عليها الاتصال المباشر بالهواء الجوي. وتختزن هذه الفراغات الأوكسجين وثنائي أوكسيد الكاربون لاستعمالهما في عمليتي التنفس والتركيب الضوئي على التوالي. ومن النباتات المائية التي يوجد فيها نسيج برنكيمي خاص بالتهوية نبات الوديا *Elodea* ونبات الشحبالان *Ceratophyllum* ومن النباتات غير المائية نبات البردي *Cyperus papyrus* الذي يعيش في المستنقعات.

النسيج الكولنكيميCollenchyma tissues

يكون النسيج الكولنكيمي مع النسيج السكلرنكيمي النظام النسيجي الميكانيكي أو الدعامي في الأعضاء المختلفة لجسم النبات وهو النظام الذي يقوم بحماية النبات وتقويته ضد عوامل الضغط أو الشد أو الانثناء ولاسيما في الأعضاء الحديثة التي لا تستطيع فيها عنصر الخشب وحدها القيام بالوظيفة الدعامية.

والنسيج الكولنكيمي نسيج مستديم بسيط تبقى خلاياه حية بعد النضج، حاوية على نواة وسايتوبلازم وفجوة عصارية واسعة. وتحاط خلايا النسيج الكولنكيمي بجدران ابتدائية تميز بتسمكها بصورة غير منتظمة Unevenly thickene واحتوائها على نسبة عالية من المواد البكتينية Pectic substances مما يترتب عليه وجود نسبة عالية من الماء في جدرانها نظراً لألفة المواد البكتية للماء Hydrophilic.

وتتصف الخلايا الكولنكيمية بمعظم الصفات التي تتصف بها الخلايا البرنكيمية بحيث يعتبرها البعض نسيجاً برنكيمياً محوراً. وقد تحتوي الخلايا الكولنكيمية على بلاستيدات خضر، كما أنها - تبع اً لبقائها حية - تحتفظ بقابليتها المرستيمية بصورة كامنة مما يمكنها من ممارسة ظاهرة فقدان التمايز Dedifferentiation والتحول إلى خلايا مرستيمية كما هو ملاحظ في تكوين الكمبيوم الفليني في سيقان بعض النباتات مثل البيلسان.

❖ ويتميز النسيج الكولنكيمي عن النسيج البرنكيمي في جوانب معينة أهمها:

1- تسمك الجدران الابتدائية لخلاياه بصورة غير منظمة، واقتصار وجوده على الأجزاء الفتية الهوائية لنبات.
2- خلو النسيج الكولنكيمي من المسافات البينية وان وجدت فتكون صغيرة عادة.
3- الخلايا الكولنكيمية غالب اً ما تكون أكثر طولا ونحافة مقارنة بالخلايا البرنكيمية. فقد يصل طول الخلية الى 2 ملم.
4- غالباً ما تندمج الصفيحة الوسطى بجدران الخلايا الكولنكيمية مع الجدار الابتدائي مكونة صفيحة وسطى مركبة Compound middle lamella وتعتبر جدران الخلايا الكولنكيمية ابتدائية على الرغم من تسمكها في بعض المناطق وذلك نظراً لطبيعة المواد الداخلة في تركيب الجدار من جهة ولكون المواد المضافة للجدران تتم أضافتها خلال الفترة التي لا تزال فيها الخلايا مستمرة في الزيادة في الحجم والجدار ما يزال مستمراً في الزيادة السطحية، مما يؤكد الصفة الابتدائية للجدران.
5- تتميز جدران الخلايا الكولنكيمية بالمرونة Plasticity وهذه الصفة تجعل من النسيج الكولنكيمي نسيجاً ملائماً جداً كنسيج ميكانيكي للأعضاء الفتية التي تتميز عادة باضطراد (الاستطالة المستمرة) النمو في الطول، وبالتالي فإن مرونة النسيج الكولنكيمي لا تسبب مقاومة لتلك الأعضاء عند استطالتها.
6- تمتاز جدران الخلايا الكولنكيمية بتكوينها أساساً من السليلوز وخلوها من مادة اللكنين مما يميزها عن خلايا النسيج السكلرنكيمي الذي تكون جدرانه ملكننة عادة، ومما تجدر الإشارة اليه أن تعرض بعض الأعضاء النباتية إلى تأثيرات ميكانيكية - كالرياح - يحفز حصول التمسك في جدران الخلايا الكولنكيمية بصورة مبكرة مقارنة مع النباتات التي لا تتعرض لمثل هذه الظواهر.

❖ تواجد الانسجة الكولنكيمية Presence of collenchymal tissue

وتوجد الأنسجة الكولنكيمية على وجه الخصوص في الأعضاء الحديثة النامية التي تحتاج إلى نسيج دعامي قابل للانحناء أو التمدد أثناء النمو ويقتصر وجودها على الأجزاء الهوائية Aerial parts الفتية كالسيقان والأوراق وبعض الأجزاء الزهرية وأعناق الأوراق وسيقان النباتات العشبية والعروق الوسطى بالأوراق الحديثة. غير أنها تكون معدومة في الأعضاء الأرضية عادة كالجذور والأجزاء الترابية الأخرى.

وفي حالات نادرة كالرايزومات Rhizomes قد يتواجد النسيج الكولنكيمي، كما أنها توجد أيضاً في حالة الجذور الهوائية Aerial roots وقد يشكل النسيج الكولنكيمي طبقة مستمرة ومتصلة على هيئة أسطوانة أو أن يكون على هيئة أشرطة تمتد طوليا بمحاذاة المحور الطولي للعضو الذي تتواجد فيه. وهي على العموم تكون موجودة تحت البشرة مباشرة أو تفصلها عنها طبقة أو طبقتين من الخلايا البرنكيمية، كما قد توجد ايضاً في الأركان كما أنها قد تكون مقترنة مع النسيج الوعائي كما في أعناق الأوارق ونصولها للعديد من النباتات أو أن تتواجد خارج النسيج الوعائي.

- وتبعاً لطريق التسمك الحاصل في الجدار الابتدائي يمكن تقسيم النسيج الكولنكيمي إلى ثلاثة أنواع:

1. الكولنكيما الزاوية Angular Collenchyma:

وفيها يحصل التسمك في الجدران الابتدائية في الأركان أي في المناطق المناظرة لمناطق المسافات البينية (في محل المسافة البينية بشكل مثلث كامل) في الخلايا البرنكيمية الاعتيادية ونتيجة لذلك فإن الخلايا الكولنكيمية الزاوية تكون جدرانها سميكة الزوايا كما في ساق نبات القرع *Cucurbita* وفي أعناق أوراق الكرافس *Apium graveolens* وفي العنب *Vitis* والتين *Ficus* ويمثل هذا النوع من المسيج الكولنكيمي أكثر الأنواع شيوعاً.

2. الكولنكيما الصفائحية Lamellar Collenchyma:

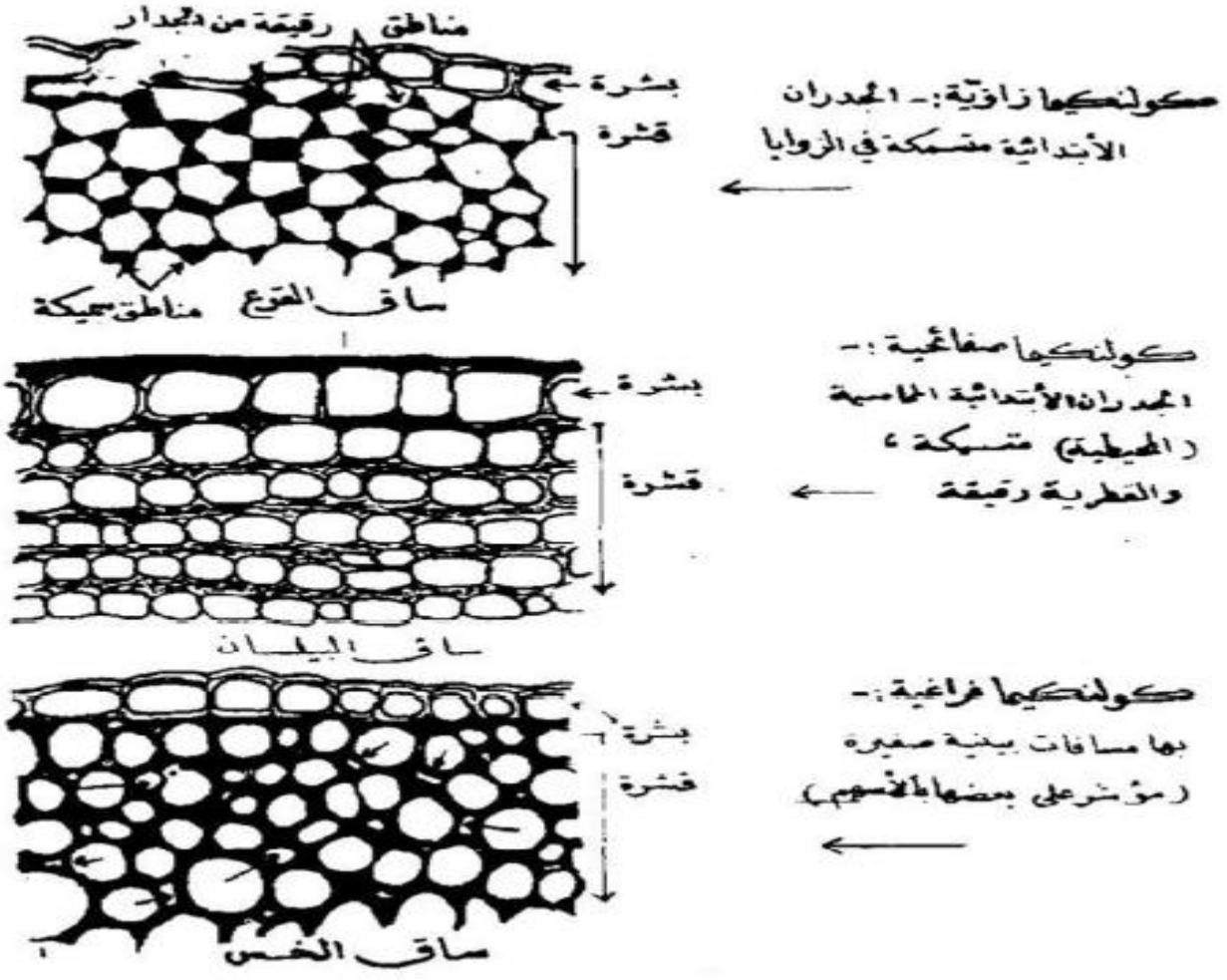
وفيها يقتصر تسمك الجدار الابتدائي على الجدران المماسية الداخلية والخارجية (أي بشكل طولي موازي للسطح الخارجي المواجه للسطح، والداخلي المواجه لمركز الساق) بينما تبقى الجدران القطرية (المتعامد على سطح النبات) رقيقة. وتحصل هذه التسمكات على هيئة طبقات أو صفائح متراكبة منضدة فوق بعضها البعض كما في ساق نبات البيلسان *Sambucus* وعباد الشمس *Helianthus annuus* وتعتبر الكولنكيما الصفائحية أقل شيوعاً في النياتات من نوع الكولنكيما الزاويا وفي كلا النوعين السابقين تتلاشى المسافات البينية تماماً.

3. الكولنكيما الفراغية او الانبوبية Lacunar or Tubular Collenchyma:

وتتميز بوجود فراغات بينية بين الخلايا ويتركز التسمك عند الأركان في محل المسافة البينية بشكل غير كامل (حيث تترك فراغ داخل المسافة البينية). وهذا النوع من الأنسجة الكولنكيمية أقل الأنواع شيوع اً ويمكن ملاحظته في بعض النباتات كالخس *Lactuce* وورد المرجان *Salvia*.

وفي المقطع الطولي تتبين الخلية الكولنكيمية بتغلظها غير المستمر إذ تبدو الجدران كأجزاء رقيقة وأجزاء سميكة على خلاف ما يوجد بالألياف كما تكون الجدر العرقية عادة مائلة.

وقد تحتوي خلايا هذا النسيج على بلاستيدات خضر مما يمكنه من القيام بعملية التركيب الضوئي وذلك على الرغم من أن الوظيفة الرئيسية للنسيج الكولنكيمي هي التدعيم وخاصة بالنسبة للأعضاء الهوائية الفتية. هذا إضافة إلى كثير من الفعاليات الحيوية الأخرى التي تستطيع خلايا هذا النسيج ممارستها تبعاً لطبيعتها الحية بما في ذلك قدرتها على فقدان التميز Dedifferentiation.



أنواع النسيج الكولنكيمي كما تبدو في المقطع المستعرض

*المحاضرة الحادية عشر

النسيج السكلرنكيمي Sclerenchyma

❖ مميزاته:

1. نسيج مستديم بسيط Simple permanent tissue
2. خلاياه تموت عند النضج وتفقد البروتوبلاست.
3. جدرانها ثخينة ثانوية متخشبة غالبًا باللجنين Lignin (وأحيانًا بالسليلوز فقط).
4. تتميز الخلايا بوجود تجويف خلوي ضيق Cell lumen نتيجة لتغلظ جدرانها.
5. توفر دعامة ميكانيكية قوية للأجزاء النباتية.
6. توجد في جميع أجزاء النبات تقريبًا (الجذور، السيقان، الأوراق، البذور، الثمار).
7. خلاياها قد تكون على شكل ألياف أو خلايا حجرية (sclereids)
8. قليلة المرونة مقارنة بالكولنكيمي، لكنها تمنح صلابة ومتانة.

يتشابه النسيج السكلرنكيمي مع النسيج الكولنكيمي من الناحية الوظيفية، الا ان هناك فروق أساسية بينهما وهي:

النسيج السكلرنكيمي Sclerenchyma	النسيج الكولنكيمي
خلاياه ميتة عند النضج وخالية من البروتوبلاست	خلاياه حية عند النضج
جدار ثانوي متغلظ غالبًا باللجنين	جدار ابتدائي غير ملجنن مكوَّن أساسًا من السليلوز
تغلظ منتظم نسبيًا	تغلظ غير منتظم
صلابة وقوة دعم ميكانيكي Support	مرونة Elasticity وليونة Plasticity
في الأجزاء الأرضية والهوائية: الجذور، السيقان، الأوراق، الثمار، البذور	يقتصر غالبًا على الأجزاء الهوائية الحديثة

يوجد في جميع الأجزاء النباتية سواء كانت أرضية Subterranean أو هوائية .Aerial موجود في الجذور، والسيقان، والأوراق، والثمار، والبذور وغيرها. قد يوجد ضمن النظام النسيجي الأساسي Ground tissue system، أو الوعائي Vascular tissue system، أو الضام(الغطائي) Dermal tissue system. في بعض الحالات قد يغطي النسيج السكلرنكيمي أجزاء نباتية مثل البذور كما هو الحال في بعض نباتات العائلة القرنية Leguminosae، والأوراق الحرشفية في بعض الأبصال.

قد ينشأ بصورة مباشرة من الأنسجة المرستيمية مثل الكامبيوم الأولي Procambium والكمبيوم الوعائي Vascular cambium، أو قد ينشأ عن طريق تحول خلايا بالغة أخرى (كالخلايا البرنكيمية) إلى خلايا سكلرنشيمية، ويتم ذلك عبرتلجنن Lignification جدران الخلايا البرنكيمية ثم موت البروتوبلاست وتسمى

هذه العملية إعادة التمييز Redifferentiation، أي تحول الخلايا المستديمة إلى نوع آخر أكثر تخصصًا (السكلرنكيمي).

وتصنف الخلايا السكلرنكيمية تبعاً لأشكالها إلى نوعين رئيسيين هما الألياف Fibers التي تكون متطاولة عادة والسكلريدات أو الخلايا المتصلبة Sclereids التي تتخذ أشكالا مختلفة ولا تكون طويلة عادة.

1. **الالياف Fibers** : توجد في الاوراق والسيقان والجذور والثمار مصاحبة لعدد من الانسجة المتميزة فهي قد تلاحظ في نسيجي الخشب واللحاء او تكون غلافا ليفيا يحيط بالحزمة الوعائية او بشكل قبعة حزمة مصاحبة للحزمة الوعائية، كما قد تلاحظ في النسيج البرنكيمي للب او القشرة. تقسم الالياف على اساس الموقع في النبات الى : الياف الخشب وهي الموجودة في نسيج الخشب فقط ، والياف خارج الخشب وتشمل جميع الياف الموجودة في انسجة اخرى من غير نسيج الخشب مثل الياف اللحاء والياف القشرة والياف الدائرة المحيطة بالحزم الوعائية.
وهي خلايا طويلة نحيفة ذات نهايات مستدقة غير متفرعة وتتداخل النهايات المستدقة لخلايا الألياف مع بعضها بأحكام فتكسب الأجزاء التي توجد فيها قوة ومتانة. وتبدو الألياف في المقطع المستعرض على شكل مضلع خماسي أو سداسي في الغالب غير أن شكلها يميل للاستدارة عندما تكون جدرانها سميكة جداً. والألياف ذات تجويف ضيق أما النقر فهي قليلة نسبياً ، وتصبح عديمة الوظيفة بعد اكتمال نضج الألياف وموتها ، كما أنها تكون من نوع النقر البسيطة عادة ، كثيراً ما تكون مختزلة . وفي أنواع خاصة من ألياف الخشب والتي يطلق عليها الألياف القصيبية Fiber tracheids توجد في الجدران نقر مضفوفة .أما في الألياف العادية للحاء libriform fibers فتكون النقر بسيطة .

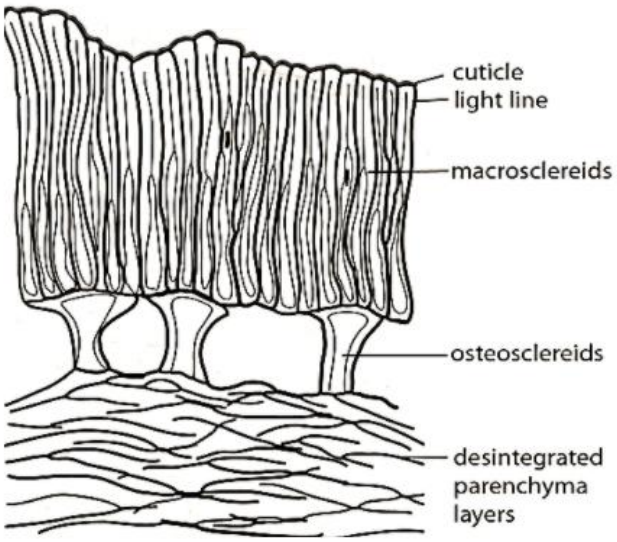
تقسم الالياف على اساس تجاري وحسب صلابتها الى الياف قاسية او صلبة hard fibers والياف ناعمة soft fibers وتشمل الالياف الصلبة كل من الياف الخشب والالياف المستخرجة من اوراق نباتات ذوات الفلقة الواحدة وتمتاز هذه الالياف بجدرانها السميكة الملكننة وبقساوتها وصلابتها ومن الأمثلة على مصادر هذه الالياف هو قنب مانيلا القنب النيوزالندي و السيسال . اما الالياف الناعمة فهي الياف اللحاء خالية من اللكنين او تحتوي على كمية قليلة منه مما يجعلها ناعمة ومرنة وتستخرج هذه الالياف من نباتات ذوات الفلقتين مثل القنب والجوت والكتان.

2. **السكلريدات Sclereids:** تمثل السكلريدات النوع الثاني من الخلايا السكلرنكيمية وتضم أنواعاً مختلفة من الخلايا التي تتباين أشكالها إلى الأشكال التي تميل للاستطالة أو تظهر على شكل خيوط رفيعة Isodiametric بين متساوية الأبعاد ومتفرعة. وتتميز السكلريدات بوجود جدار ثانوي سميك ملكنن به نقر بسيطة عادة. وقد توجد في مختلف الأعضاء النباتية كالسيقان والأوراق والبذور والثمار. وهي أما أن توجد على هيئة خلايا منعزلة Gdioblasts أو أن تكون على شكل مجموعات منفصلة أو طبقات متصلة. كما أنها قد تكون مقترنة بالنسيج الوعائي أو أن تكون ضمن النظام النسيجي الأساسي أو كجزء من النظام النسيجي الضام حيث تدخل السكلريدات في تركيب البشرة في كثير من البذور، كما أنها قد تتعدى ذلك لتشمل طبقة أو طبقات تحت بشرية.

ويتميز النمو في أنواع الخلايا السكلريدية التي تميل للاستطالة أو التي تظهر تفرعاً ملحوظاً بحصول ما يسمى بالنمو الاقتحامي أو الانحشاري gntrusive growth حيث تنمو النهايات أو الأفرع قمياً سالكة طريقها بين الخلايا المجاورة أو المسافات البينية.

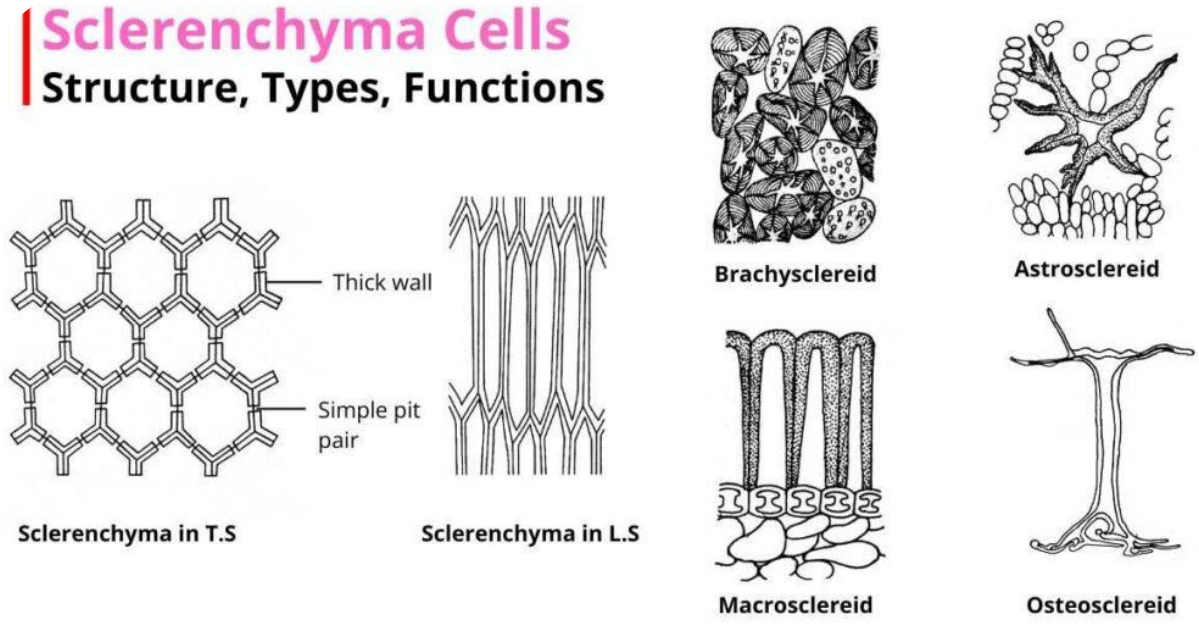
تقسم السكلريدات تبعا لأشكالها الى الأنواع التالية:

- السكلريدات المتشعبة او الخلايا الصخرية Brachysclereids or stone cells: وهي شبيهة إلى حد كبير بالخلايا البرنكيمية غير أنها تختلف عنها بجدرانها الثانوية السميكة الملكننة ويتميز هذا النوع من السكلريدات بكونها تميل إلى الشكل متساوي الأبعاد وبوجود النقر المتشعبة Branching or Ramiform pits ، حيث تبدو فيها النقر على هيئة قنوات متشعبة Branched canals وغالباً ما يكون شكل السكلريدات من هذا النوع مشابه اً للخلايا البرنكيمية المجاورة . مما يؤيد نشوئها عن طريق تصلب جدران الخلايا البرنكيمية Sclerification وتكوين جدرانه ثانوية ملكننة . ومن الأمثلة على النباتات التي يوجد بها هذا النوع من السكلريدات نبات الكمثرى *Pyrus communis*.
- السكلريدات الكبيرة او العصوية Macrosclereids: وتتميز بشكلها الأسطواني الشبيه بالخلايا العمادية كما في الخلايا التي تشكل غلاف البذرة في بذور بعض النباتات كالفاصوليا *Phaseolus vulgaris*.
- السكلريدات العظمية Osteosclereids or bone-shaped sclereids: وهي تشبه السكلريدات العصوية غير أنها تتميز عنها بأتساع نهايتها مما يكسبها شكلا شبيهاً بالعظام. ومن الأمثلة عليها تلك التي توجد في الطبقة الواقعة تحت البشرة في بذور نباتات الفاصوليا والبزاليا



رسم تشريحي يوضح السكلريدات العصوية والعظمية في بذرة الفاصوليا

- السكلريدات الخيطية Trichosclereids of filiform sclereids : وهي خلايا نحيفة وقد تكون متفرعة فتبدو على شكل حرف Y او حرف L كتلك التي تلاحظ في النسيج المتوسط لاوراق نبات الزيتون (Olive) *Olea europeae* وعندما تكون هذه الخلايا غير متفرعة تبدو شبيهة بالألياف إلا أنها لا تكون مستدقة الأطراف كالألياف الحقيقية.
- السكلريدات النجمية Astrosclereids or star-shaped sclereids: وتكون متفرعة بشكل نجمي ويمكن ملاحظتها في الاوراق واعناقها لنبات الشاي وزنبق الماء.

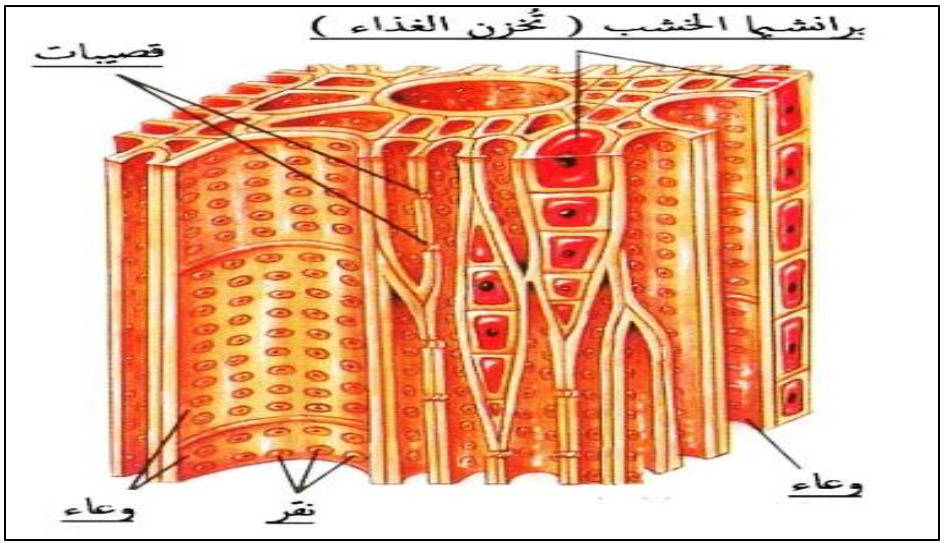


النسيج الخشب Xylem tissues

نسيج معقد وظيفته الرئيسية نقل الماء والأملاح المعدنية الممتصة من التربة خلال الجذر فالساق فالأوارق حيث يتم صنع الغذاء. ويقترن نسيج الخشب عادة مع نسيج اللحاء Phloem المعني بنقل الغذاء فيكون النسيجان معاً ما يسمى النسيج الوعائي Vascular tissue أو النظام النسيجي الوعائي Vascular tissue system الذي يشكل شبكة متأصلة تمر عبر الأعضاء النباتية المختلفة وتفرعاتها.

وتقسم النباتات على أساس وجود النسيج الوعائي أو عدمه إلى نباتات وعائية Vascular plants ونباتات غيير وعائيه Non-vacular Plantsويقوم نسيج الخشب إلى جانب وظيفة النقل بوظيفة ميكانيكية حيث يكسب الأعضاء دعامة وقوة نظراً لوجود عناصر ميكانيكية ضمن هذا النسيج (كالألياف) وللطبيعة القاسية لجدران العناصر الناقلة فيه (القصيبات والاوعية).

يتركب نسيج الخشب في معظم مغطاة البذور Angiosperms التي تشمل ذوات (الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين) من قصيبات Tracheid واوعية Vessels والياف Fibers وخلايا برنكيمية Parenchyma cells بينما في عاريات البذور Gymnosperms والسرخسيات Pteridophyte تنعدم الاوعية وتمثل القصيبات عناصر النقل الوحيدة في الخشب. توجد في هذا النسيج إضافة لذلك بعض الخلايا الإفرازية أو السكلريدات Sclereids او غيرها.



شكل يوضح نسيج الخشب

وظيفته:

1. نقل وتوصيل الماء والأملاح الذائبة من الجذور إلى الأوراق عن طريق الأوعية والقصيبات.
2. تدعيم النبات لوجود الألياف.
3. تقوم الخلايا البرنكيمية بوظيفة الخزن.

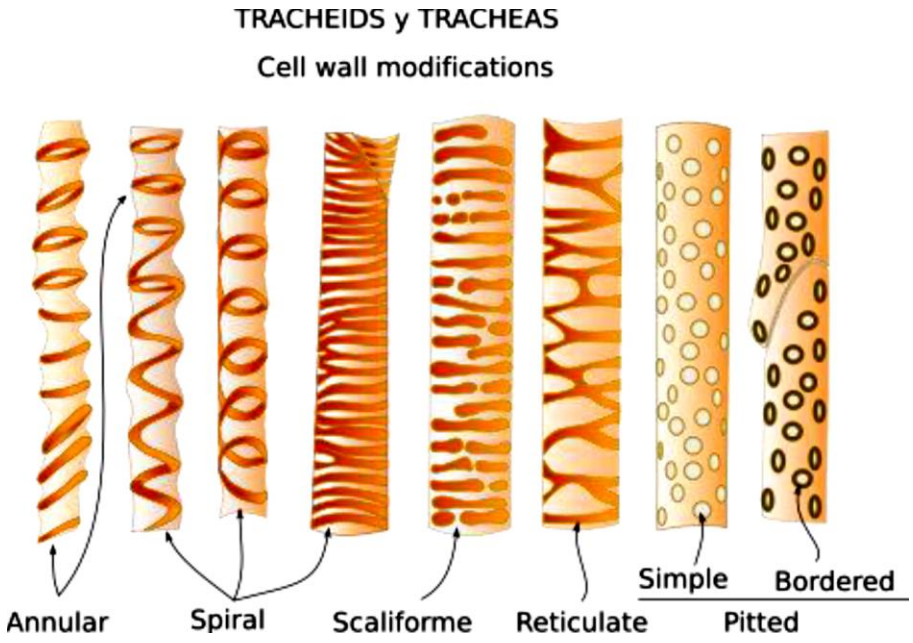
والخشب قد يكون أولي Primary xylem ناتج عن نمو اولي Primary growth للنبات او يكون الخشب ثانوي Secondary xylem ناتج عن النمو الثانوي والتي تكون أساسية في النباتات الخشبية المعمرة وتؤدي الى زيادة سمك وتثخن الأعضاء النباتية.

ويعتبر كلا النوعين الخشب الأولي والخشب الثانوي من الأنسجة المعقدة.

1- الاوعية Vessels

تراكيب متعددة الخلايا بشكل أنبوب يتكون من سلسلة طويلة من الخلايا تتصل مع بعضها عند نهايتها وتكون جدرانها النهائية المستعرضة منحلة بصورة جزئية (مثقبة) او كلية (عند نضج الوعاء) عدا الجدارين الواقعين في نهايتي الوعاء الكامل فتوجد بينهما نقر pits بدل الثقوب وقد يكون التثقيب بسيطاً في الجدار المستعرض لوحدات الوعاء الخشبي عند وجود ثقب واحد او عديد التثقيب عند وجود اكثر من ثقب اما جدران الوعاء الخارجية فتكون متثخنة بجدار ثانوي ملكنن إضافة الى السيليلوز، وان مواد الجدار تضاف بصورة غير منتظمة مما يعطي تغلظاً بأشكال مختلفة منها:

1. التغلظ الحلقي Annular
2. التغلظ الحلزوني Spiral
3. التغلظ السلمي Scalariform
4. التغلظ الشبكي Reticulate
5. التغلظ المنقر Pitted



منظر سطحي يظهر أنواع التغلظ في جدران الاوعية

تنشأ اوعية الخشب في اول عمر النبات (وتسمى خشب ابتدائي Primary xylem) من الكامبيوم الأول Procambium الذي تنقسم خلاياه المرستيمية طولياً ثم تفقد احدى الخليتين الناتجتين القدرة على الانقسام وتتمدد مع الخلايا المجاورة لها ويزداد طولها مع احتفاظ جدارها الابتدائي بسمكة مكونه اوعية خشب اول Protoxylem الذي يمتاز بقلة قطر اوعيته ، وبتقدم عمر النبات تتوقف استطاله نسيج الخشب نتيجة لإضافة مواد الجدار الثانوي لخلايا الوعاء والتي تكون بأشكال مختلفة ، عادة تكون حلقية Annularاو حلزونية Spiral في اوعية الخشب الأول. ثم يستمر تكون اوعية خشب جديدة بتقدم عمر النبات وتسمى اوعية الخشب التالي Metaxylem والتي يكون التغلظ في جدانها الخارجية من النوع السلمي Scalariform اوالشبكي Reticulate. واذا كان منقرا Pitted فان التغلظ يشمل جميع الجدار عدا مواضع النقر. وعادة تكون جدران الاوعية البالغة سميكة مكونة من السيليلوز واللكنين.

وتزداد كفاءة الوعاء الخشبي عند موت البروتوبلازم نهائياً وذوبان الجدار الابتدائي والصفائح الوسطى في أماكن الثقوب للصفيحة المثقبة الموجودة بين وحدات او خلايا الوعاء الواحد بواسطة الانزيمات والفجوات

العصارية والاجسام الكروية مما يجعل حركة الماء والاملاح أكثر سهولة سواء بين وحدات الوعاء نفسه او بين الاوعية الخشبية المختلفة على طول النبات.

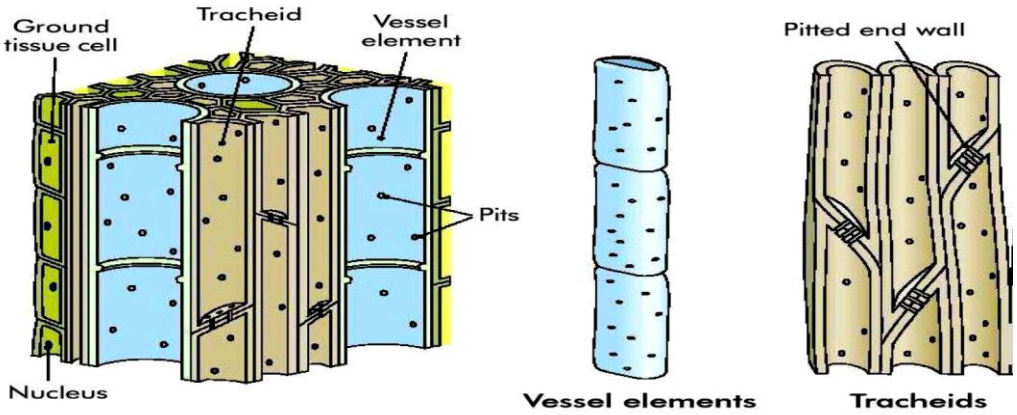
2- القصيبات Tracheids

هي تراكيب وحيدة الخلية، وكل قصيبة عبارة عن خلية واحدة مستقلة مستطيلة مدببة النهايتين قليلاً، تنعدم في جدرانها النهائية الثقوب بينما تتوجد النقر سائر الجدران خاصة النهائية والقطرية التي تفصل بين القصيبات المجاورة، حيث تنزلق النهايات المائلة على بعضها مكونة جداراً تكثر فية النقر المضفوفة والتي يتم عن طريقها انتقال الماء والاملاح من قصيبة الأخرى، ووجود النقر المضفوفة يميزها عن الالياف.

تكون القصيبات مشابهة للاوعية من حيث وجود نفس التغلظات عليهما. ومختلفة عن الاوعية في كونها اضيق من الاوعية في قطرها.

كما ان القصيبات تشبة الالياف في شكلها كخلية واحدة لكن القصيبات تكون أوسع من الالياف في تجويفها الداخلي لان تغلظ الالياف يكون اكبر من تغلظ القصيبات، كما ان القصيبات تكون اقصر من الالياف في الطول.

تتواجد القصيبات في جميع النباتات سواء مغطاة البذور او عاريات البذور او السرخسيات، حيث انها تمثل عناصر النقل الرئيسية الوحيدة في خشب عاريات البذور والسرخسيات كما لها وضيفة ميكانيكية ساندة عند النضج حيث يكون لها جدار ثانوي ملكنن وعادة تكون القصيبات خلايا ميتة عند النضج.



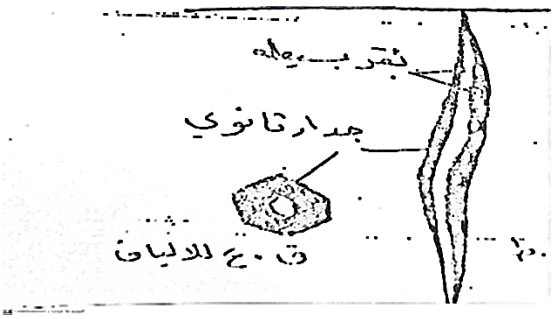
شكل يوضح الاوعية والقصيبات في نسيج الخشب

- **اهم الفروقات بين القصيبات والاوعية:**

ت	القصيبات Tracheids	الاوعية Vessels
1	تمثل كل قصيبة خلية مستقمة ذات نهاية مسدودة	تمثل تركيب انبوبي متعدد الخلايا يطلق على كل خلية وحدة وعائية
2	لاتحتوي عمى الصفائح المثقبة	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 بينيما	يتم انتقال المواد عبر الصفائح المثقبة في الوعاء الواحد او من خلال النقر بين وعاء واخر
4	تمثل العنصر الناقل الوحيد في خشب عاريات البذور والنباتات الواطئة	يمثل عناصر النقل في مغطاة البذور
5	تعتبر اقل رقيا من الاوعية	تعتبر اقل رقيا من القصيبات

3- الياف الخشب Xylem fiber

خلايا مستطيلة مدببة الأطراف تموت عند النضج بسبب فقدانها للنواة والسليتوبلازم لكي تؤدي وظيفة الاسناد والتدعم لنسيج الخسب، وهي تشبة الالياف الاعتيادية، جدارها اسمك من جدار القصيبات فهو سيليلوزي ملكنن. تكثر الالياف في نسيج الخشب (سواء ابتدائي او ثانوي) ويزداد حجمها كما زاد وجود الاوعية في نسيج الخشب وتقل كلما ازداد وجود القصيبات لذالك يقلل عددها وقد ينعدم وجودها في عاريات البذور لكثرة وجود القصيبات.



شكل يوضح الياف الخشب

وهناك 3 أنواع من الالياف

1- ألياف قصيبية Tracheids fibers

2- ألياف ليبرية Libriform fiber

3- ألياف جلاتينية Gelatinous fiber

4- برنكيما الخشب Xylem parenchyma

خلايا حية تشبة الخلايا البرنكيمية العادية عدا انها مستطيلة الشكل. لها نواة واضحة وسايتوبلازم . وكثيرا ماتتكون جدران ثانوية ملكننه ويوجد عليها نقر بسيطة او مضفوفة. توجد برنكيما الخشب متناثرة بين عناصر الخشب الأخرى او حول الاوعية او توجد بشكل صفوف قطرية في الخشب الثانوي لتكون مايعرف بأشعة الخشب Xylem rays

الوظيفة الرئيسية لها: خزن الماء والمواد الأخرى مثل خزن النشا في النباتات المعمرة ليستهلك في فصل النمو التالي. وأحيانا تقسم خلايا برنكيميا الخشب بجدر مستعرضة لتكون غرفة يتم فيها خزن المواد الغذائية كالنشا ومواد أخرى مثل الزيوت والبلورات ومواد الدباغة وغيرها.

- أنواع الخشب:

1- الخشب الابتدائي Primary xylem

وهو الخشب الذي ينشأ مباشرة من نشاط الكامبيوم الأوليProcambium وذلك خلال فترة النمو الابتدائي وفي معظم نباتات ذوات الفلقة الواحدة وبعض النباتات ذات الفلقتين العشبية ويمثل الخشب الابتدائي النوع الوحيد من أنواع الخشب في هذه النباتات ولايوجد خشب ثانوي.

ويوجد نوعين من الخشب الابتدائي هما:

أ- الخشب الابتدائي الأوليProtoxylem :

وهو أول جزء من الخشب الابتدائي يتميز نتيجة نشاط الكامبيوم الأولي ويوجد في الأجزاء النباتية التي لاتزال فيها عمليتا الاستطالة والتمايز مستمرة بشكل ملحوظ.

والعناصر الناقلة للخشب الأولي ذات تغلظات إما حلقية أو حلزونية.

ب- الخشب الابتدائي التاليMetaxylem :

وهو جزء الخشب الذي ينشأ من نشاط الكامبيوم الأولي، ويتميز في وقت لاحق أو متأخر من النمو خاصة في المناطق التي اكتمل فيها استطالة العضو النباتي. تكون الأوعية الناقلة في الخشب التالي واسعة نسبيا مقارنة مع الخشب الأولي، أما التثخنات أو التغلظات الملاحظة في جدر الأوعية الناقلة للخشب التالي فهي:

الحلزوني، السلمي، الشبكي، النقري.

2- الخشب الثانويSecondary xylem :

وهو الخشب الذي يتكون نتيجة لنشاط الكامبيوم الوعائي خلال عملية التغلظات الثانوية وذلك بعد اكتمال النمو للأعضاء النباتية. يوجد الخشب الثانوي في سيقان وجذور عاريات البذور ومعظم نباتات ذوات الفلقتين، في حين ينعدم وجود الخشب الثانوي في معظم نباتات ذوات الفلقة الواحدة والسرخسيات وبعض النباتات العشبية من ذوات الفلقتين.

أما أغلب التثخنات في جدران الأوعية الناقلة للخشب الثانوي هي من نوع التثخن النقري pitted ويتميز في الخشب الثانوي نظامين من النمو والتركيب هما:

أ- النظام المحوريAxial system

ب-النظام الشعاعي أو الأفقيRadial system

*محاضرة 13

نسيج اللحاء Phloem Tissue

نسيج معقد وظيفته الرئيسة نقل المواد الغذائية في النباتات الوعائية بشكل ذائب. ويقترن نسيج اللحاء عادة مع نسيج الخشب في سائر الأعضاء النباتية فيكونان معاً النسيج الوعائي Vascular tissue، يتألف اللحاء في مغطاة البذور Angiosperms من أنابيب منخلية Sieve tubes وخلايا مرافقة Companion cells وخلايا برنكيمية Parenchyma cells وألياف Fibers. أما في عاريات البذور Gymnosperms فيفتقر اللحاء للأنابيب المنخلية، وتوجد بدلاً عنها خلايا منخلية Sieve cells تمثل كل منها خلية مفردة، كما أن الخلايا المرافقة تكون معدومة. بينما يقتصر لحاء النباتات الوعائية الواطئة على الخلايا المنخلية والخلايا البرنكيمية.

وكالحال في نسيج الخشب فان نسيج اللحاء يصنف من حيث نشوئه الى لحاء ابتدائي ينشا من الكامبيوم الابتدائي procambium، ولحاء ثانوي ينشأ من الكامبيوم الوعائي vascular cambium.

يصنف اللحاء هو الأخر إلى لحاء أول Peotophloem تتميز عناصره – بعد نشأتها من الكمبيوم الأولي – في مرحلة مبكرة وذلك قبل اكتمال استطالة العضو النباتي. وعلى ذلك فإن عناصره كثيراً ما تتمزق وتفقد وظيفتها بعد فترة قصيرة، ولحاء تالي Metaphloem لا يحصل تميز عناصره - بعد نشوئها من الكمبيوم الأولي – إلا في مرحلة متأخرة، وذلك بعد أكتمال تمدد العضو النباتي الذي يتكون فيه. ويبقى اللحاء التالي مؤديا وظيفته لفترة أطول نسبياً، كما أنه يمثل في النباتات التي لا تعاني تغلظاً ثانوياً الجزء الوحيد من اللحاء الوظيفي طيلة حياة النبات. أما في النباتات المعمرة التي يحصل فيها تغلظ ثانوي، فيحل محله اللحاء الثانوي Secondary phloem حال تكون الأخير بفعل نشاط الكمبيوم الوعائي.

عناصر اللحاء في مغطاة البذور:

1. الانابيب المنخلية Sieve tubes:

تتكون الأنبوبة المنخلية من سلسلة من الخلايا تنتظم في صف متصل على هيئة أنبوب. وتلتقي الخلايا المكونة للأنبوبة المنخلية مع بعضها عند نهاياتها، ويطلق عليها وحدات الأنبوبة المنخلية Sieve-tube elements وتحاط وحدات الأنابيب المنخلية بجدار ابتدائي رقيق عادة مكون أساساً من مادة السليلوز Cellulose ، ويخلو من مادة اللكنين Lignin وفي بداية تكوين وحدة الأنبوبة المنخلية تكون حاوية على نواة وسايتوبلازم ومحتويات أخرى كالبروتينات، وقد تحتوي أيضاً على بلاستيدات. وعند النضج تنحل النواة بينما يبقى السايتوبلازم. وتتكون في السايتوبلازم أجسام صغيرة يطلق عليها الأجسام الهلامية Slime bodies التي لا

تلبث أن تنتقل إلى العصير الخلوي عندما تمتزج محتويات السايتوبلازم والعصير الخلوي لوحدات الأنابيب المنخلية مع بعضها بعد زوال الغشاء الفجوي.

وتتميز الأنابيب المنخلية بوجود صفائح منخلية Sieve plates في جدرانها النهائية (المستعرضة) للوحدات المكونة لها وتكون الصفائح المنخلية بوضع أفقي متعامد مع المحور الطولي للأنبوبة المنخلية، أو قد تكون بوضع مائل المائل أقل رقياً من الناحية التطورية من النوع الأفقي. وتتميز الصفائح المنخلية بوجود ثقوب Pores فيها تخترقها خيوط بروتوبلازمية سميكة تشبه البلازمودزمات، إلا أنها تتميز عن الأخيرة بزيادة سمك قطرها وبإحاطتها بمادة الكالوس Callose في المنطقة التي تخترق فيها هذه الخيوط للصفيحة المنخلية. ويطلق على هذه الخيوط البروتوبلازمية الأشرطة الرابطة Connecting strands لكونها تربط بين سايتوبلازم الوحدتين المتتاليتين في الأنبوبة المنخلية.

يتركب الكالوس callose من مواد كاربوهيدراتية متعددة السكريات وبمرور الزمن يزداد سمك اسطوانة الكالوس المحيطة بالخيوط الرابطة على حساب هذه الخيوط نفسيها مما يؤدي الى ان تصبح الاخيرة اكثر نحافة حتى تتلاشى تماما وعندها تفقد الانبوبة المنخلية وظيفتها الناقلة.

وقد تكون الصفائح المنخلية اما بسيطة simple sieve plates عندما تكون الثقوب منتشرة في الصفيحة دونما تمييز او مركبة عندما تتجمع الثقوب في مناطق منفصلة يطلق على كل منها مصطلح المساحة المنخلية sieve area اي ان الصفيحة المركبة تكون حاوية على اكثر من مساحة منخلية واحدة. ان وجود الانابيب المنخلية يعتبر صفة مميزة للحاء نباتات مغطاة البذور اما في عاريات البذور والنباتات الوعائية الواطئة فتوجد بدلا من الانابيب المنخلية خلايا منخلية sieve cells.

تحتوي العناصر المنخلية الفتية مواد بروتينية خاصة بها وتعرف هذه البروتينات في السابق بالاجسام الهلامية slime bodies وتسمى هذه المواد البروتينية في الوقت الحاضر بـ**(بروتين اللحاء)** Phloem protein او P-Protein وهي صفة مميزة للانابيب المنخلية، وتكمن وظيفتها الرئيسية هي المساعدة في إغلاق الأنابيب الغربالية بسرعة عند تعرضها للتلف أو الجرح. (عندما يتعرض الانبوب المنخلي لقطع أو ضرر، فإن الضغط الإيجابي داخل الوعاء يؤدي إلى تدفق سريع للسائل (phloem sap) للخارج. في هذه اللحظة، تتجمع بروتينات اللحاء (P-proteins) الموجودة بشكل طبيعي داخل الأنابيب معاً لتشكل سدادة هلامية slime bodies تسد الثقب. هذا الإجراء السريع يمنع فقدان السائل الغذائي الحيوي من النبات ويساعد على الحفاظ على نظام النقل السليم).

2. الخلايا المرافقة Companion cells:

خلايا برنكيمية متخصصة ذات بروتوبلاست فعال يحتوي على سايتوبلازم كثيف ونواة وغير ذلك من المحتويات، وترتبط الخلايا المرافقة مع وحدات الأنبوبة المنخلية ارتباطاً وثيقاً في الموقع والمنشأ والوظيفة . إذ تقترن بكل وحدة من وحدات الأنبوبة المنخلية خلية مرافقة واحدة أو أكثر تمتد بمحاذاتها، وتنشأ من نفس الخلايا المرستيمية التي نشأت منها وحدة الأنبوبة المنخلية تلك. أن الارتباط الوثيق بين الخلايا المرافقة (الحاوية على نواة) وبين وحدة الأنبوبة المنخلية – الخالية من النواة – التي تقترن بها، يشير إلى وجود ارتباط وظيفي بينهما. ويعزز ذلك أن موت الخلايا المرافقة في اللحاء يؤدي إلى فقدان الأخير لوظيفته. والخلايا المرافقة ذات جدران ابتدائية رقيقة حاوية حقول نقر ابتدائية تقترن مع وحدات الأنبوبة المنخلية المقابلة لها بمناطق منخلية في شق الجدار المحيط بوحدة الأنبوبة المنخلي.

وتنشأ الخلية المرافقة من نفس الخلية المرستيمية التي تنشأ منها وحدة الأنبوبة المنخلية المقترنة بها ، وذلك نتيجة لحصول انقسامات مماسية Tangential أو محيطية Periclinal في الخلية الأمية المكونة لهما . ويكون هذا الانقسام غير متكافئ حيث تكون إحدى الخليتين الناتجتين أكبر من الأخرى، فتتميز الكبيرة منهما إلى وحدة أنبوبة منخلية ، بينما تتحول الصغيرة إلى خلية مرافقة . وقد تعاني الخلية الصغيرة انقساما مستعرضاً مرة أو أكثر فتتكون بذلك خليتان مرافقتان أو أكثر لكل وحدة من وحدات الأنابيب المنخلية .

أن وجود الخلايا المرافقة يعتبر من الصفات المميزة للحاء مغطاة البذور، حيث أنها معدومة في عاريات البذور وفي النباتات الوعائية الواطئة أيضاً. وتوجد في لحاء بعض المخروطيات Coniferales وهي من عاريات البذور – خلايا شبيهة بالخلايا المرافقة يطلق عليها الخلايا الزلالية (خلايا الألبومين) albuminous cells وتختلف الخلايا الأخيرة عن الخلايا المرافقة في عدة وجوه. فبينما تنشأ أي وحدة من وحدات الأنبوبة المنخلية مع الخلية المرافقة لها من نفس الخلية المرستيمية – كما سبق – نلاحظ أن الخلايا المنخلية في عاريات البذور لها منشأ مختلف تماماً عن منشأ خلايا الألبومين. واضافة لذلك فإن خلايا الألبومين تقع ضمن النظام الشعاعي Redial system للحاء، بينما تقع الخلايا المرافقة ضمن النظام المحوري Axial system كما أن خلايا الألبومين تحتوي على نسبة عالية من الزلال.

3. برنكيما اللحاء Phloem parenchyma:

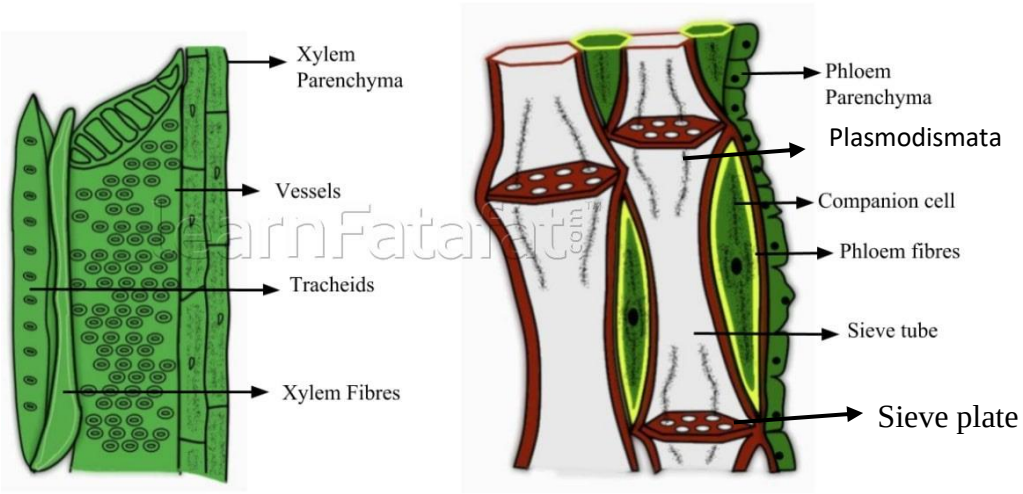
توجد الخلايا البرنكيمية كأحد مكونات نسيج اللحاء سواءاً كان ابتدائياً أو ثانوياً. وفي اللحاء الابتدائي تكون الخلايا البرنكيمية موجودة في اللحاء بصورة مفردة، أو على هيئة مجموعات. أما في اللحاء الثانوي فتنتظم بصورة منسقة في نظام شعاعي Radial system ونظام محوري Axial system كما سيرد تفصيله عند بحث اللحاء الثانوي في الباب الرابع. والخلايا البرنكيمية للحاء تميل إلى الاستطالة، وقد تتكون في جدرانها أحياناً مادة اللكنين، كما أن بعضها قد يكون مقسماً بحواجز مستعرضة إلى ردهات، وقد تحتوي كل ردهة على بلورة منفردة.

أن وظيفة الخلايا البرنكيمية في اللحاء هي الخزن، حيث تخزن الماء وبعض المواد الغذائية كالنشا والدهون والمواد الدباغية والمواد الراتنجية، كما قد توجد فيها البلورات كما سبق. وفي فترات الركود تمتلئ الخلايا البرنكيمية بالنشا أو الزيت. ومع موت اللحاء أما أن تبقى الخلايا البرنكيمية على جدرانها السليلوزية الرقيقة أو أن تتغلظ تلك الجدران وتتصلب نتيجة لإضافة جدران ثانوية عليها، بذلك تتحول إلى سكلريدات Sclereids ذات جدران ملكننة في الغالب.

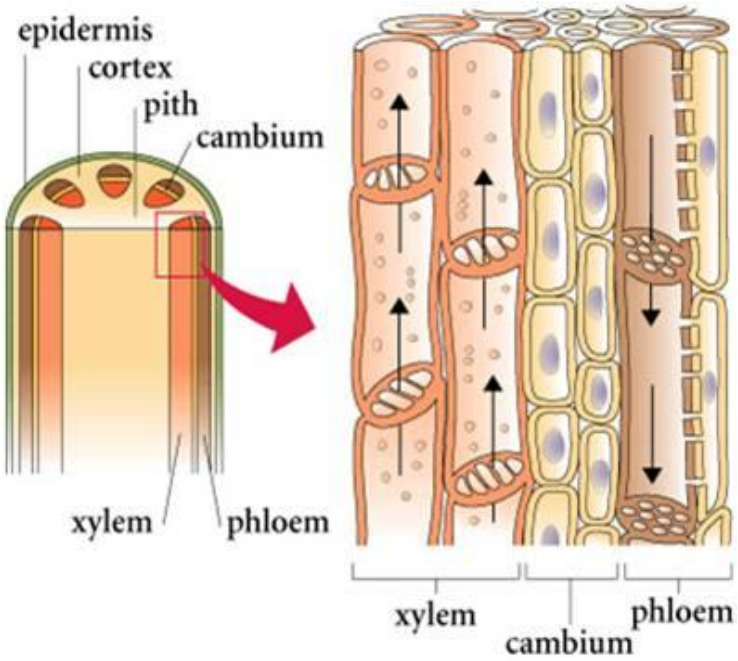
4. الياف اللحاء Phloem fibers:

تمثل الألياف أحد المكونات المألوفة في لحاء مغطاة البذور سواءاً كان ذلك بالنسبة للحاء الابتدائي أو الثانوي، غير أنها قد تكون معدومة في بعض عاريات البذور، اما في النباتات الوعائية الواطئة فيخلو اللحاء من الخلايا السكلرنكيمية. وقد توجد الخلايا السكلريدية Sclereids جنباً الى جنب مع الالياف في الثانوي في نسيج اللحاء. تتميز الياف اللحاء بان جدرانها ذات نقر بسيطة دائما والياف اللحاء تكون ملكننة عادة وان الوظيفة الرئيسية لألياف اللحاء ميكانيكية تتعمق بالتدعيم كما انها تقوم بوظيفة وقائية للانسجة الغضة الواقعة تحتها بما في ذلك الكامبيوم الاولي او الوعائي. وتعتبر الياف اللحاء في نباتات ذوات الفلقتين المصدر الرئيسي للالياف في التجارة والصناعة.

Complex Permanent Tissue



Xylem Phloem



سدادة هلامية slime plug

(بروتين اللحاء phloem protein)

اللحاء الاول واللحاء التالي Protophloem and Metaphloem:

على الرغم من عدم وضوح تميز اللحاء الابتدائي إلى لحاء أول ولحاء تالٍ كما في نسيج الخشب، إلا أن هنالك بعض الصفات التي يمكن بها التمييز بين هذين النوعين من اللحاء كما يأتي:

اللحاء الاولي Protophloem	اللحاء التالي Metaphloem
يتميز من الكمبيوم الأولي في مرحلة مبكرة، وقبل اكتمال استطالة العضو النباتي.	ينشأ من الكمبيوم الأولي في فترة متأخرة، ويكتمل تمايزه بعد اكتمال استطالة العضو
حتل موقعاً خارجياً في الحزمة الوعائية	يمثل موقعاً محدداً (أكثر مركزية أو تقع الى الداخل مقارنة باللحاء الأولي المتهشم).
عناصر الانابيب المنخلية تكون أكثر نحافة وأقل وضوحاً.	تكون واسعة ومقترنة بالخلايا المرافقة بصورة عادية.
قد تكون الخلايا المرافقة مقترنة مع الانابيب المنخلية او معدومة	تتواجد الخلايا المرافقة مقترنة مع الانابيب المنخلية