

محاضرات

مرفولوجي وتثريح نبات

أعداد : د. منال زباري المياحي

كلية الزراعة - جامعة البصرة

المقدمة

التشريح: **Anatomy**

يستخدم مصطلح التشريح **Anatomy** للدلالة على العلم الذي يتبنى تشريح الكائن الحي سواءً كان حيواناً أو نباتاً وذلك بغرض دراسة تركيبه الداخلي والعلاقة الموجودة بين أعضائه المختلفة والتعرف على الارتباط الموجود بين الخلايا والأنسجة والأعضاء مع بعضها، ويستعمل للدلالة على تشريح الإنسان أكثر من سواه، ولكن إذا أدخل على هذا المصطلح أو سبقه كلمة نبات **Plant** دل دلالة تامة على علم خاص من علوم الحياة هو علم تشريح النبات **Plant Anatomy**. وسوف نتناول في دراستنا هذه تشريح النبات أو تركيبه الداخلي.

تشرح النبات Plant Anatomy

وهو دراسة التركيب الداخلي للنبات والعلاقة الموجودة بين الخلايا والأنسجة والنظم النسيجية والأعضاء المختلفة المكونة للجسم النباتي. وسوف نؤكد في دراستنا بصورة رئيسة على التراكيب الداخلية للنباتات الوعائية الراقية، وتكيفها للقيام بوظائفها المختلفة. وخاصة النباتات كاسيات البذور **Angiosperms** وعاريات البذور **Gymnosperms** مع التطرق إلى دراسة بعض النباتات البدائية وخاصة عند دراسة الأنسجة. والسبب في ذلك يرجع إلى تعقيد تراكيب أجسام هذه النباتات عن غيرها من النباتات البدائية التي يتكون جسمها إما من خلية واحدة أو من نوع واحد من الخلايا ذات التركيب المتشابه.

إن علم تشريح النبات له علاقة وثيقة بكل من العلوم الآتية:

• علم الخلية **Cytology**

• علم الأنسجة **Histology**

• علم الكيمياء الحيوية **Biochemistry**

• علم التحضيرات المجهرية **Microtechnique**

• علم الفسيولوجيا **Physiology**

• علم التصنيف **Taxonomy**

• علم البيئة **Ecology**

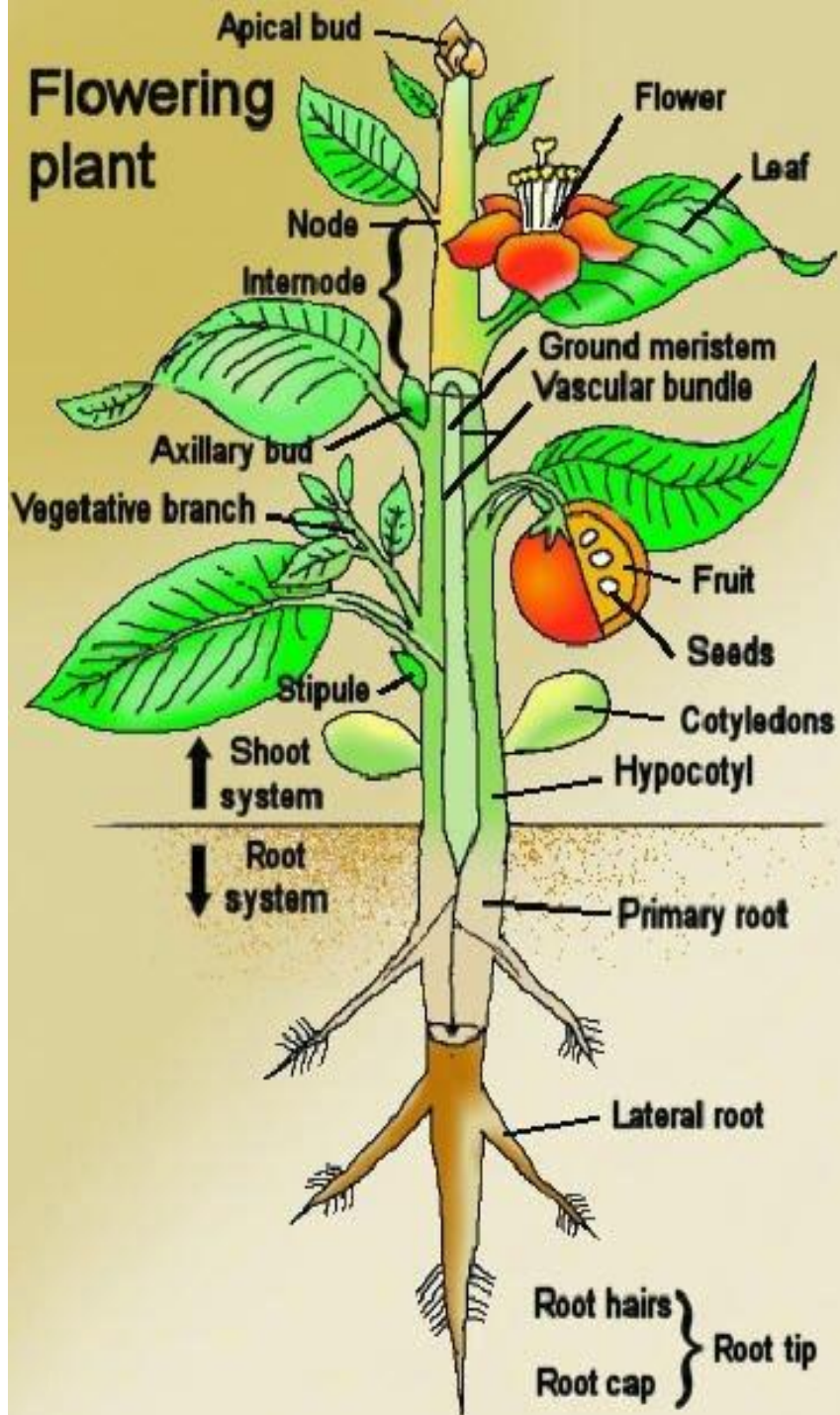
• علم الوراثة **Genetics**

الجسم النباتي **Plant body**

بالرغم من الاختلافات الكبيرة بين النباتات الوعائية المختلفة في المظهر والحجم والشكل النباتي من أعشاب وشجيرات وأشجار. إلا أن هناك صفة عامة تشترك فيها جميع النباتات الراقية وهذه الصفة أن النبات يتكون عادة من محور رئيسي ذو زوائد جانبية. ويظهر هذا الجسم النباتي تطوراً عالياً في صفات التخصص التركيبي والوظيفي منعكسة في التميز لهذا الجسم خارجياً إلى أعضاء وداخلياً إلى أنواع مختلفة من خلايا وأنسجة ثم نظم نسيجية.

وبالرغم من تداخل الأجزاء النباتية المختلفة الجذر والورقة والساق وكذلك الزهرة. وارتباطها ببعض خلال فترة نمو الجسم النباتي فإن من المفيد دراسة النبات كأعضاء منفصلة بعضها عن البعض الآخر ولكن يجب أن لا يؤكد عليها إلى درجة تخفي وحدة الجسم النباتي المتكاملة وتجعلها كأجزاء مختلفة. (شكل 1)

Flowering plant



ويمكن تقسيم **الجسم النباتي** بصورة عامة إلى جزئين أساسيين هما:-

أ - **المجموع الجذري Root system**

وهو الجزء الذي ينمو عادة تحت سطح التربة ويشمل الجذر والجذور الجانبية.

ب - **المجموع الخضري Shoot system**

وهو الذي ينمو عادة فوق سطح التربة ويشمل الساق - وما تحمله من أوراق وأغصان وأفرع مختلفة.

وعلى الرغم من أن الزهرة تمثل عضواً متحوراً ومتكيفاً للقيام بعملية التكاثر وأن معظم الأجزاء الزهرية تمثل أوراقاً متحورة أو سيقاناً متحورة، إلا أنه من المفيد فصل الزهرة كعضو منفصل ودراسته منفرداً نظراً لما يتميز به من صفات مورفولوجية وتشريحية.

وعلى هذا الأساس يمكن اعتبار الجسم النباتي مكوناً من الأعضاء الآتية:

أ - الجذر **Root**

ب - الساق **Stem** أجزاء (أعضاء) خضرية **Vegetative organs**

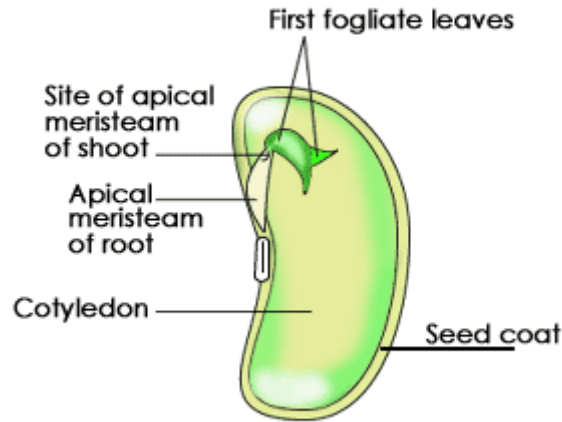
ج - الورقة **Leaf**

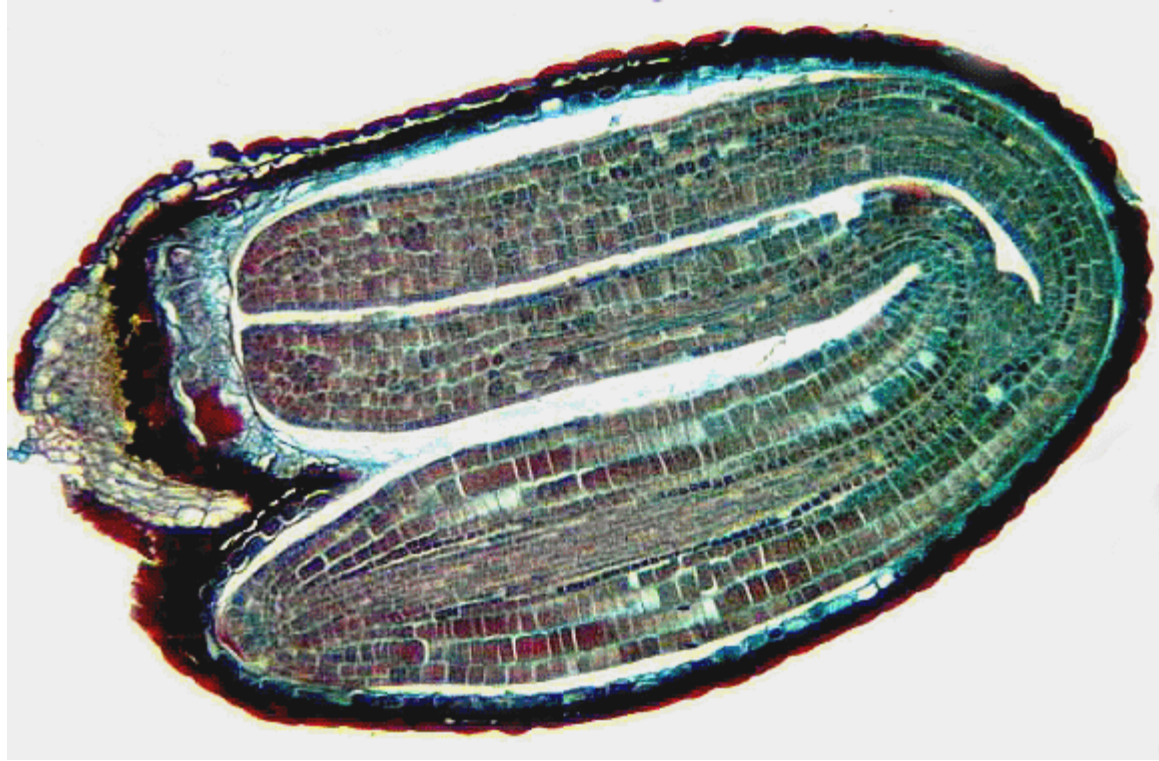
د - الزهرة **Flower** جزء (عضو) تكاثري **Reproductive organ**

- ولكن الزهرة قد تُعرّف بأنها مجموعة أعضاء بعضاً منها أعضاء تكاثرية (الطلع والمتاع) والبعض الآخر منها خضرياً أو عقيماً مثل (السبلات والبتلات **Sepals** and petals) وبما أن موضوع دراستنا في الغالب هو النباتات الزهرية الراقية وهي من الكائنات التي تتكاثر تكاثراً جنسياً حيث تكون فيها الأمشاج **Gametes** أحادية المجموعة الصبغية **Haploid** أو ما يعرف بالطور المشيجي **Gametophyte** وعند تكوين اللاقحة **Zygote** يصبح عدد الصبغيات في الخلية ثنائي المجموعة الصبغية **Diploid** والطور السائد في هذه المجموعة من النباتات هو الطور البوغي **Sporophyte** . أما الطور المشيجي فقصر جداً ويتمثل في كل من حبيبات اللقاح والبويضة. ويبدأ الطور البوغي حياته في النباتات الراقية (الوعائية) كخلية واحدة ثنائية المجموعة الصبغية هذه الخلية هي الاقحة **Zygote**

وبعد أن تمر بعدة انقسامات (انقسام غير مباشر) يتكون نتيجة ذلك الجنين
Embryo الذي تكون خلاياه ثنائية المجموعة الصبغية ومن الجنين يتكون بعد الإنبات
النبات الكامل، والجنين إذا ما قورن بالنبات المعقد التركيب فإنه يصبح بسيطاً في تركيبه
حيث يتكون من شكل محوري محاطاً بعدد من الزوائد (شكل 2).

Dicot Seed





كيفية تكوين النبات المعقد التركيب من الجنين البسيط التركيب:

لو فحصنا جنين النباتات البذرية فإنه يوجد منطقتين إنشائيتين على طرفي محور الجنين هما النسيج الإنشائي القمي للساق **shoot Apical meristem of** أو قمة الساق **Shoot apex** والنسيج الإنشائي القمي للجذر **root Apical meristem of** أو قمة الجذر **Root apex** وبنشاط هاتين المنطقتين وما يرافقهما من تميز **Differentiation** وتخصص **Specialization** إلى خلايا وأنسجة مختلفة ثم ترتيبها في نظام معين لتكوين الأعضاء **Organization** من ذلك يتحول الجنين البسيط التركيب إلى نبات نامي معقد يمثل الطور البوغي من دورة حياة النبات (شكل 1).

التعضى الداخلي لجسم النبات **Internal organization of** **Plant body**

يتكون الجسم النباتي داخلياً من وحدات متميزة في المظهر الخارجي هي الخلايا وكل خلية تحاط بجدار وتلتحم مع الخلايا المجاورة بمواد بين خلوية تسمى بالصفيحة الوسطى **Middle lamella**، والتي تتكون من المواد البكتية **Pectic substances** لتكون مجموعة من الخلايا المتشابهة إما وظيفياً أو تركيبياً أو كلاهما معاً. هذه المجاميع تدعى بالأنسجة **Tissues** وتعتمد اختلافات تراكيب الأنسجة على الاختلافات في محتويات الخلايا و تنوع ارتباطها مع بعض. فبعض الأنسجة تتكون من نوع واحد من الخلايا ويسمى نسيج بسيط **Simple tissue**. وبعضها يتكون من أكثر نوع واحد من الخلايا و يسمى بالنسيج المعقد **Complex tissue**.

إن ترتيب الأنسجة في النبات الكامل وفي معظم أعضائه يعطي تعضياً تركيبياً ووظيفياً معاً. فالأنسجة المسؤولة عن توصيل الغذاء والماء (الأنسجة التوصيلية) تكون جهازاً متماسكاً يمتد في كل عضو من أعضاء النبات وفي النبات الكامل. هذه الأنسجة تعمل على توصيل أماكن امتصاص الماء ومصانع الغذاء بمناطق النمو والتخزين. أما الأنسجة غير الموصلة فهي أيضاً متصلة مع بعض ونظامها يدل على وجود علاقات بينية معينة (مثلاً بين التخزيني والموصل) أو وظائف متخصصة (مثل التدعيم والتخزين).

ولضرورة تمييز الأنسجة إلى وحدات كبيرة مظهرة الوحدة الأساسية للجسم النباتي فقد اقترح مصطلح النظام النسيجي **Tissue system** إلا أن تصنيف الخلايا والأنسجة يعتبر طريقة عشوائية. ولكن لا بد من الأخذ بهذا التقسيم لغرض الوصف المرتب للنبات.

أما بعض العلماء فيقسمون الأنسجة النباتية إلى:

- نسيج وقائي **Dermal tissue**
- نسيج توصيلي **Vascular tissue**
- نسيج دعامي **Mecanieal tissue**
- نسيج إفرازي **Secretory tissue**
- نسيج أساسي **Ground tissue**

إن النمو الذي يحصل في أي جزء من أجزاء النبات وفي أي عضو من أعضائه منذ فترة

نشوءه حتى توقف نمو العضو النباتي في الطول يطلق عليه بالنمو الابتدائي **Primary growth** والجسم الناتج يعتبر جسماً ابتدائياً **Primary body**. وجميع الأنسجة المتكونة في

هذه الفترة ناتجة من أنسجة إنشائية ابتدائية **Primary meristems**. وقد يقتصر النبات طول حياته على هذا النوع من النمو. أما النمو الذي يحصل بعد استكمال استطالة العضو النباتي

والذي يسبب زيادة في سمك أعضاء النبات فيسمى بالنمو الثانوي **Secondary growth**

والأنسجة الناتجة خلال هذه الفترة من النمو تسمى بالأنسجة الثانوية **Secondary tissues**

والجسم النباتي المتكون أثناء ذلك يسمى بالجسم النباتي الثانوي **Secondary body** والذي

قد يحمل محل الجسم النباتي الابتدائي خاصة في السيقان والجذور للنباتات الخشبية. وتقسم الأنسجة

النباتية حسب النشاط الانقسامى إلى: أنسجة إنشائية وأنسجة مستديمة (جدول 2).

الخلية النباتية The plant cell

في سنة 1839م أطلق العالم الألماني شلايدن **Schleiden** (عالم نباتي) والعالم شوان **Schwann** (عالم حيواني) نظرية الخلية **Cell theory** ومضمونها أن الخلية هي الوحدة التركيبية والوظيفية للكائن الحي وأنها تنشأ من انقسام خلية سابقة. ولهذا فالخلية هي الوحدة التركيبية والوظيفية للكائن العضوي الحي. وسميت خلية نسبة إلى خلايا النحل، وقد أخذت التسمية **Cell** من الأصل اللاتيني **Cellula** ومعناه المسكن الصغير. وأول من شاهد الخلية روبرت هوك **Robert Hooke** في القرن السابع عشر الميلادي في قطاع من نسيج الفلين شاهدها كفراغ محدد بجدار. بعد ذلك بفترة ومن خلال فحص عينة حية رأى سائلاً داخل هذا التجويف أطلق عليه فيما بعد بالبروتوبلاست أو البروتوبلازم **Protoplast or protoplasm** ثم زاد الاهتمام بهذا السائل حتى اكتشف روبرت براون **Robert Brown** جسماً كروياً أطلق عليه اسم النواة (**Nucleus**) عام (1831م). تلى ذلك التمييز بين المادة البروتوبلازمية والعصير الخلوي ثم أطلق على المادة التي تحيط بالنواة اسم السيتوبلازم **Cytoplasm** ومن ثم توالت اكتشافات مكونات الخلية أولاً بالمجهر الضوئي ثم بالمجهر الإلكتروني (شكل 2).

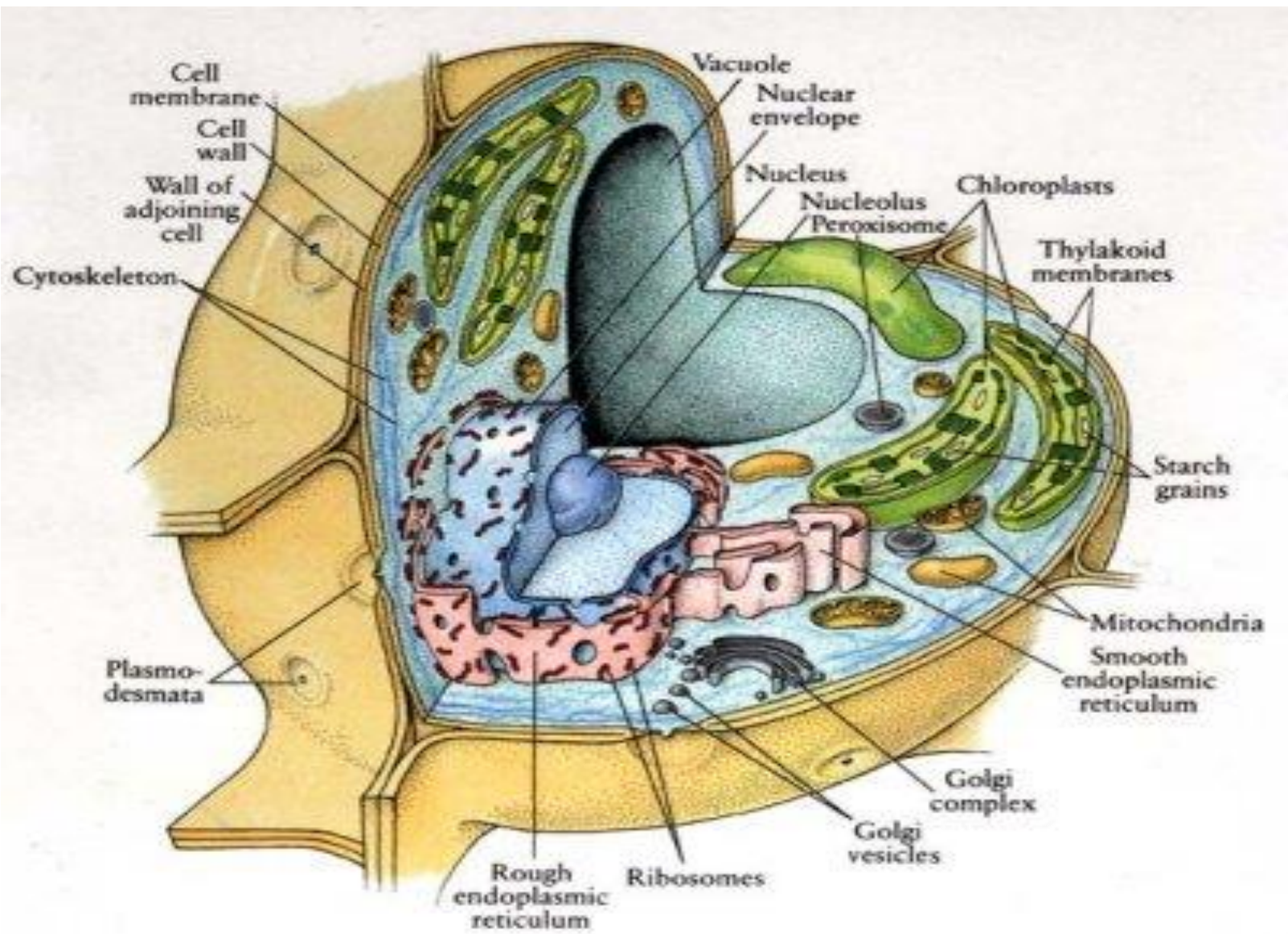
إن مدى التعضي الداخلي للخلايا في الكائنات الحية يحتم
تمييز نوعين من الخلايا هما:

1. خلية بدائية النواة Prokaryotic

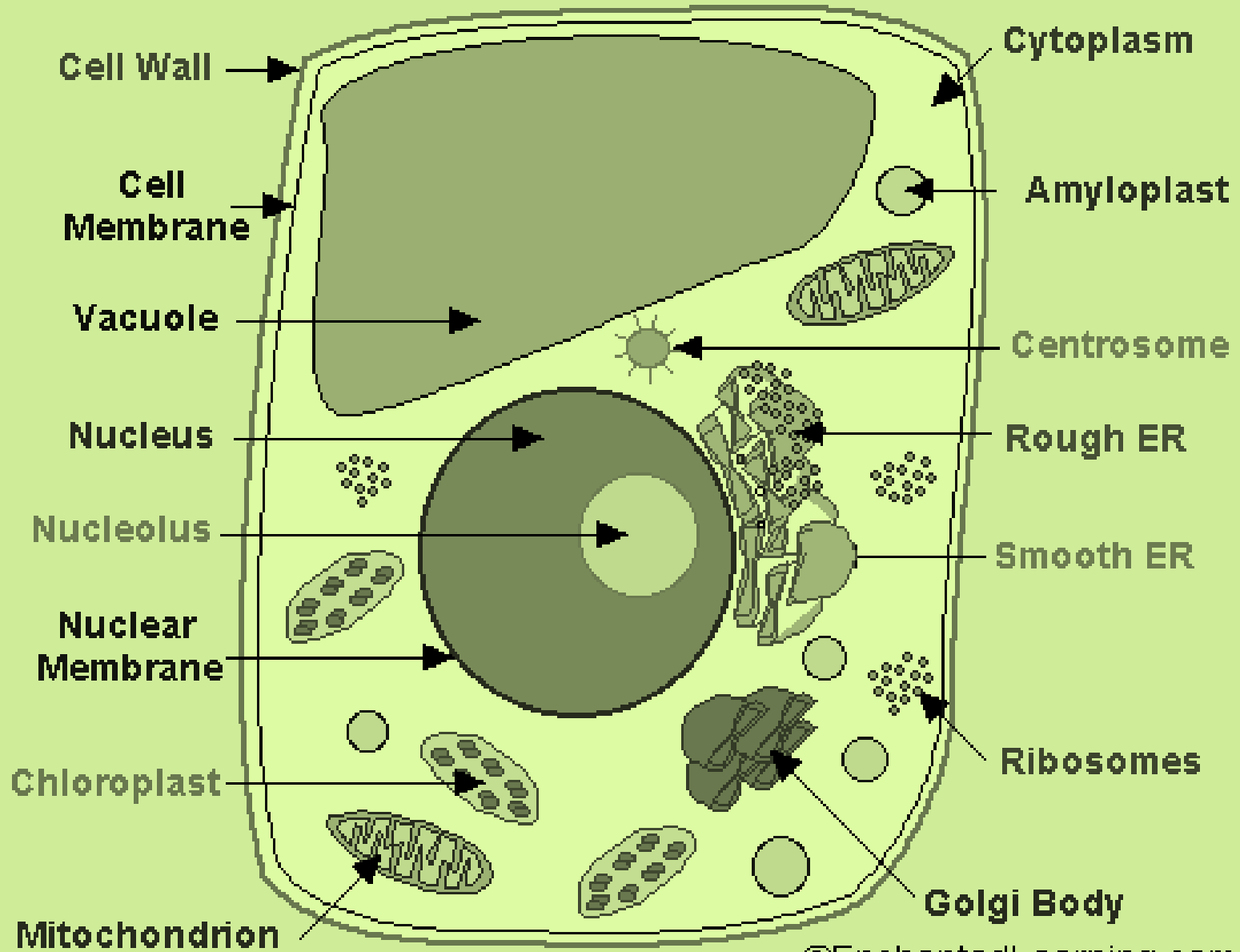
وهي بسيطة الشكل ولا تحتوي على وحدات منفصلة عن
السيتوبلازم لتظهر وظائف معينة كما أن حامض **DNA** ينتشر
في جزء كبير من الخلية دون أن يكون ضمن غلاف غشائي.
والأحياء التي تتصف بهذا النوع من الخلايا هي البكتيريا والبكتيريا
المزرقة (والطحالب الخضراء المزرقة).

2. خلية حقيقية النواة Eukaryotic

وتتصف بها جميع الأحياء النباتية ما عدا البكتيريا والبكتيريا المزرقة وتقسم هذه الخلية داخلياً إلى أجزاء مميزة تظهر وظائف مختلفة. فحامض **DNA** يتركز في الصبغيات التي بدورها توجد في النواة المحاطة بغشاء نووي. والتمثيل الضوئي تقوم به عضيات صغيرة يطلق عليها البلاستيدات **Plastids**. كما أن التنفس الخلوي يتم عن طريق الأجسام السبحية **Mitochondria**. كما أن الدكتوسومات **Dictyosomes** تفرز مادة الجدار الخلوي ونواتج أخرى. بينما يتم تكوين البروتين بواسطة الرايبوسومات **Ribosomes** والجهاز الغشائي الذي يسمى بالشبكة الإندوبلازمية **Endoplasmic Reticulum**. جميع هذه العضيات والأغشية مغمورة في مادة سائلة تسمى بالمادة الحية **Hyaloplasm** أو السيتوبلازم الأساسي **Ground plasm** أو ما يعرف حديثاً بالسيتوسول **Cytosol**.



Cross-Section of a Plant Cell



البروتوبلاست Protoplast

يعني المادة الحية في أبسط معانيها وتشمل السيتوبلازم والنواة ويطلق على جميع مكونات الخلية ما عدا الجدار (شكل، 2).

السيتوبلازم Cytoplasm

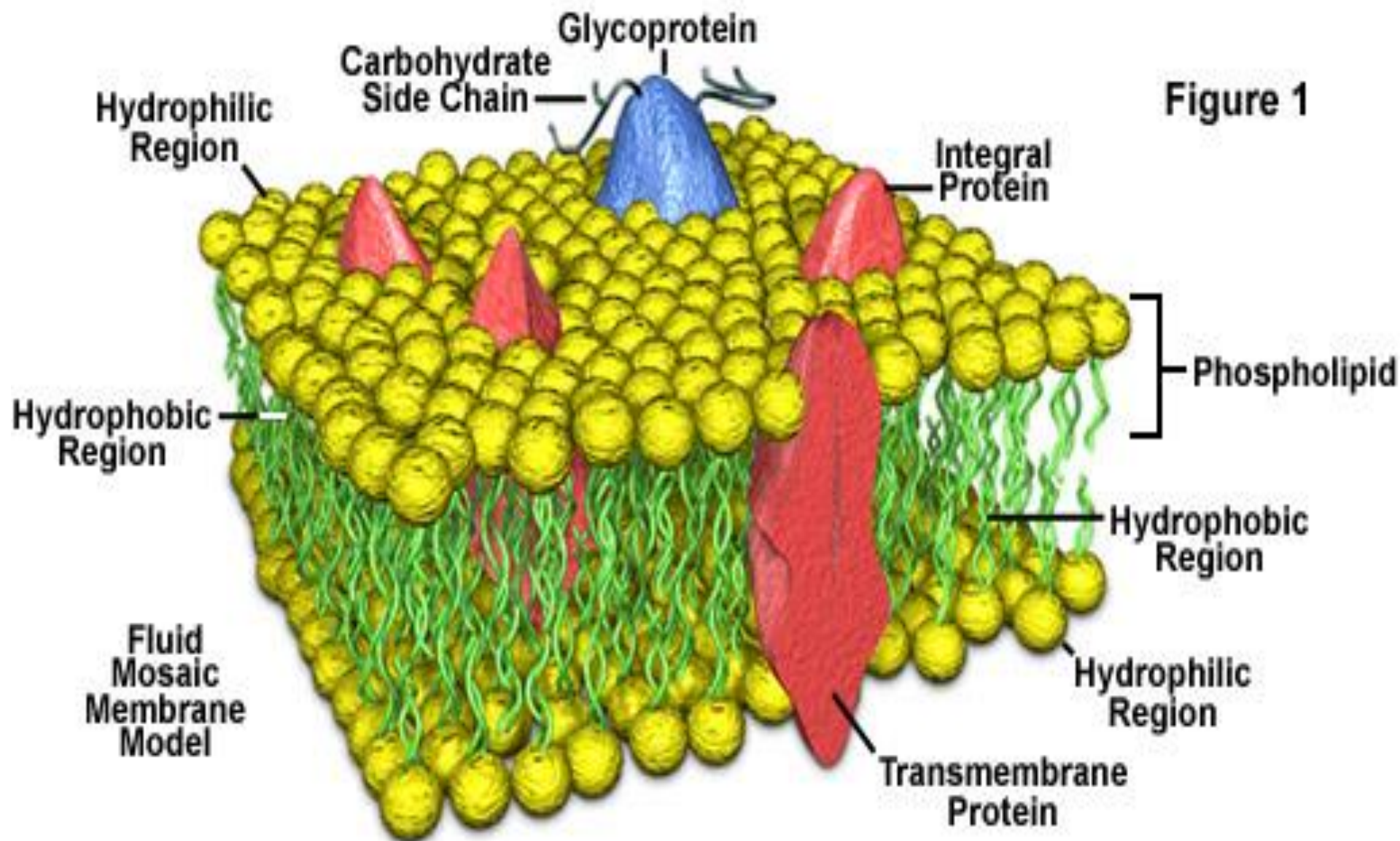
مادة بروتوبلازمية غروية تحيط بكل المواد البروتوبلازمية الأخرى وغير البروتوبلازمية. وتكون النظم الغشائية في الخلية. ويظهر متجانساً أو حبيبياً تحت المجهر الضوئي ولكن يُظهر تميزاً غشائياً خاصة الشبكة الإندوبلازمية **E. R** تحت المجهر الإلكتروني. ويُعد السيتوبلازم ناحية جدار الخلية بغشاء يسمى بالغشاء الخارجي **Ectoplast** وناحية فراغ الخلية بغشاء داخلي **Tonoplast** ويضم السيتوبلازم حبيبات ليبيرية وبروتينية بالإضافة إلى الريبوسومات التي إما أن تكون طليقة أو ملتصقة بالغشاء الخارجي للشبكة الإندوبلازمية. ويميل الكثير إلى أن السيتوبلازم مادة أساسية لم يتعرف بعد على شكل ثابت لها تسمى بالسيتوبلازم الأساسي **Ground plasm** أو المادة الحية **Hayloplasm** أو ما يعرف الآن بالسيتوسول **Cytosol**، وعضيات قابلة للتحلل في البروتوبلاست ذات طبيعة غشائية أو حبيبية ومن هذه العضيات النواة و البلاستيدات و الأجسام السبحية وأحياناً الشبكة الإندوبلازمية **ER** والدكتيوسومات **Dictyosomes** والأخيران قد يعتبران من الأنظمة الغشائية. ويظهر السيتوبلازم في الخلايا الحية كمادة نصف شفافة يكوّن الماء 85 - 90٪ من مكوناته. كما توجد الأملاح والمواد الكربوهيدراتية والمواد الذائبة منتشرة في صورة أيونية أو جزيئية. كما توجد البروتينات والدهون في حالة غروية وهي المكونات الأساسية للنظم الغشائية الموجودة في السيتوبلازم (شكل 2).

الأغشية البلازمية Plasma membranes

هي أغشية سيتوبلازمية تحيط بالسيتوبلازم، وتتكون من غشاء بلازمي خارجي **Ectoplast** وغشاء بلازمي داخلي **Tonoplast or Endoplast** وهي رقيقة جدا حوالي 7.5 مليميكرمتر وتتكون من طبقتين داكنتين يوجد بينهما طبقة ثالثة فاتحة ، وتظهر تحت المجهر الإلكتروني مزدوجة التركيب نظراً لوجود طبقتي البروتين الداكنة والتي تتكون من جزيئات بروتينية منفصلة بينما تتكون الطبقة الدهنية من جزيئات مترابطة في صفين منتظمين يتكون كل منها من رأس محب للماء وذيل كاره للماء. وقد توصل العلماء الآن إلى أن الغشاء يتكون من طبقتين من الدهون ينغمس فيها بروتينات كروية تعبر طبقتين الدهون وتبرز على جانبيهما (شكل 3).

Plasma Membrane Structural Components

Figure 1



المكونات الأساسية للنظم الغشائية الموجودة في السيتوبلازم

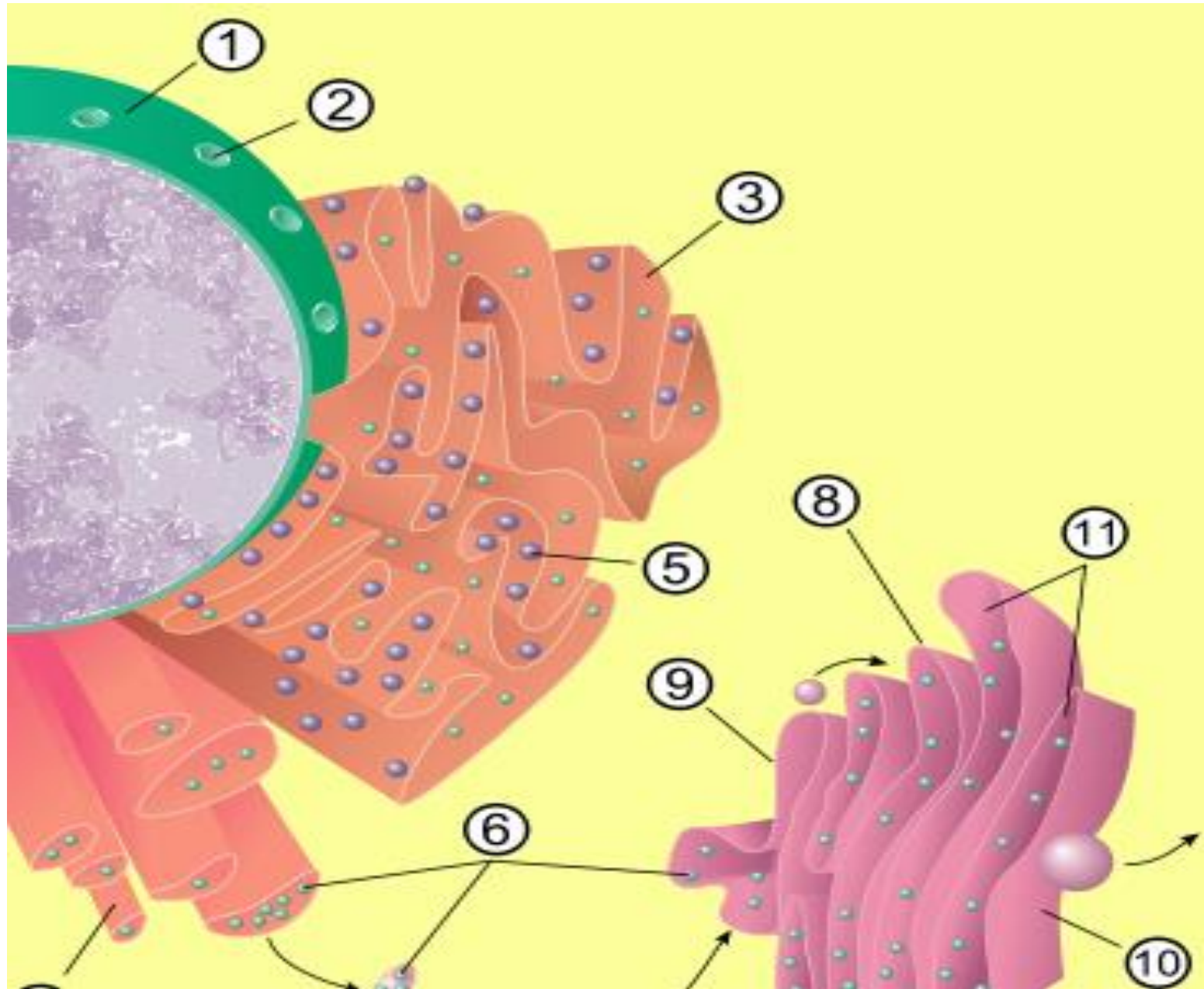
Endomembrane system.

وتشمل جميع الأغشية الخلوية ما عدا أغشية البلاستيدات والأجسام السبحية
والاجسام البيروكسية ومنها:

أ. الشبكة الإندوبلازمية Endoplasmic Retikulum

هي نظام من فراغات محاطة بأغشية (**Cisternae**) أو هي غشاء مزدوج
يحيط بفراغ ضيق يحتوي وسطاً غير معروف التركيب. والشبكة الإندوبلازمية تملأ الخلية
بسطح غشائي داخلي كبير تتوزع خلاله الأنزيمات كما يمكن أن تعمل على تكثيف
أو تجميع النواتج الأيضية وقد تقوم بنقلها من مكان إلى آخر وقد وجد أن لها حوالي
16 منطقة وظيفية في الخلية النباتية (**Staehein, 1997**).

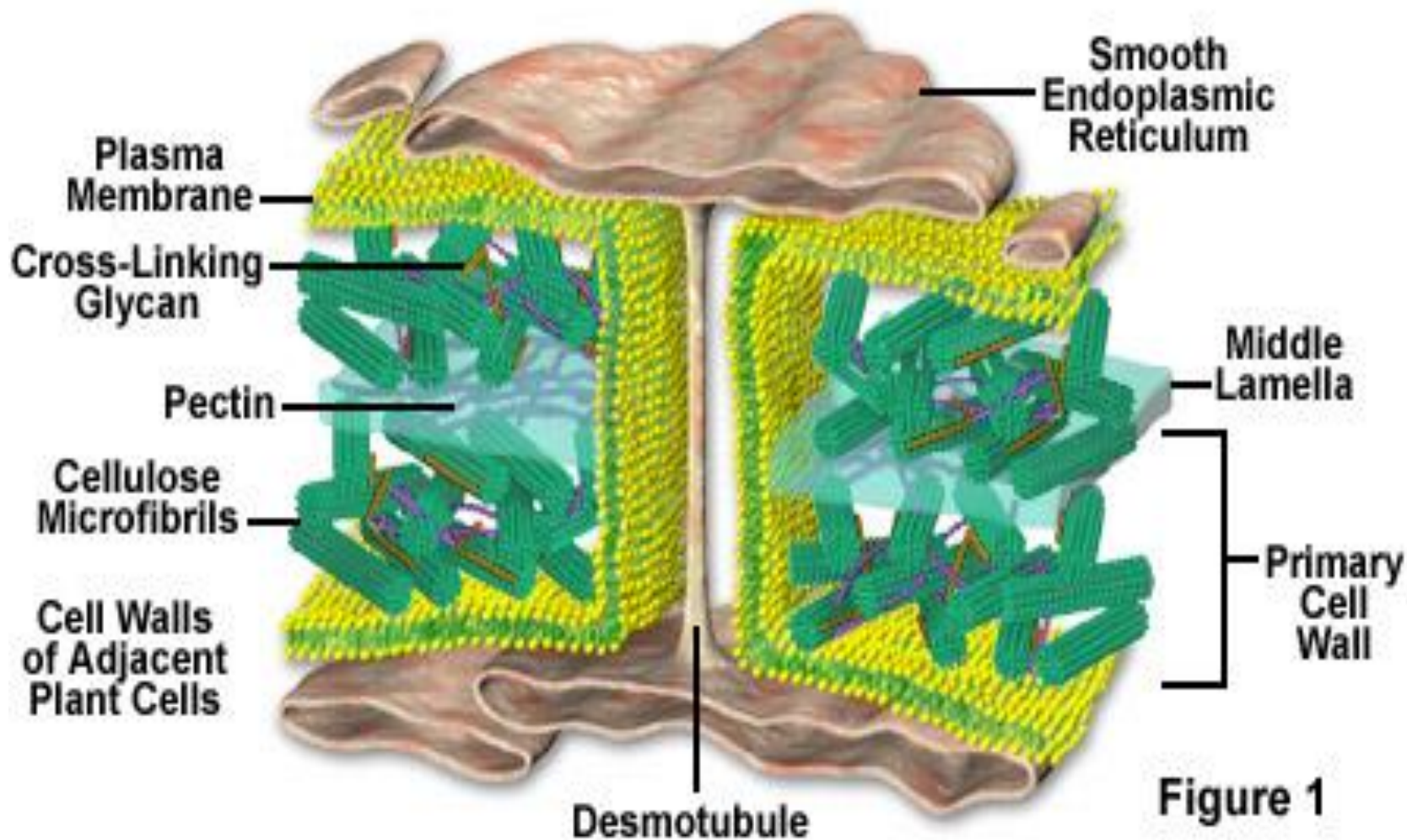
وتوصف الشبكة الإندوبلازمية بذات السطح الخشن إذا التصقت عليها
الريبوسومات وبالسطح الأملس إذا خلت منها (شكل 4).



ب . الروابط (الخيوط) السيتوبلازمية **Plasmodesmata**

تظهر تحت المجهر الالكتروني كخيوط سيتوبلازمية تصل الخلية الحية بما يجاورها من خلايا حية، وهي أنبوبية الشكل قطرها حوالي 40 مليميكرومتر ولها جدار يشبه غشاء السيتوبلازم ويوجد بداخله فراغ يتوسطه تركيب كثيف غير معروف يسمى بالقلب **Core** وتوجد الروابط السيتوبلازمية إما متجمعة تمر خلال الحقول النقرية الابتدائية أو متفرقة تخترق جدار الخلية في مواضع متعددة وقد تتفرع هذه الروابط ويعتقد أن وظيفتها نقل المواد الغذائية (شكل 5).

Plasmodesmata Intercellular Junction



النواة Nucleus

تظهر النواة في حالة عدم الانقسام على هيئة جسم كروي أو بيضاوي محاطة بالسيتوبلازم. وتغلف بغشاء مزدوج رقيق يعرف بغشاء النواة **Nuclear membrane** ويتصل بالشبكة الاندوبلازمية وقد تتصل خلالها محتويات النواة بالسيتوبلازم. ويوجد داخل الغشاء النووي البلازما النووية **Nucleoplasm** والشبكة **Reticulum** التي تتمثل في الكروماتينات والنوية **Nucleolus**. ولم يظهر المجهر الالكتروني أي تميز غشائي داخل النواة (شكل 6).

وتمتاز النواة بلزوجة كبيرة ونسبة البروتينات أقل فيها مما هو في السيتوبلازم. كما تتميز بوجود حمض **DNA** حامل المادة الوراثية أو الجينية وكذلك حمض **RNA** ولكن الأخير يكون بنسبة أقل مما هو في السيتوبلازم ويتركز بصفة خاصة في النوية أو النويات وجميع المعلومات الوراثية المخزنة في النواة يطلق عليها مصطلح المجموعة الوراثية **Genome**.

النوية Nucleolus

هلامية ونصف صلبة وأكبر كثافة من العصير النووي وتحتوي عادة فراغات وأجسام بلورية. ويعتقد أن النويات تعمل كمراكز لتكوين الحمض النووي **RNA** والبروتينات مع حلقات كبيرة من الحمض النووي **DNA** تعرف بمناطق تكوين تحتوي على مجموعة من **rRNA** وكذلك أماكن لتكوين الريبوسومات.

The Cell Nucleus

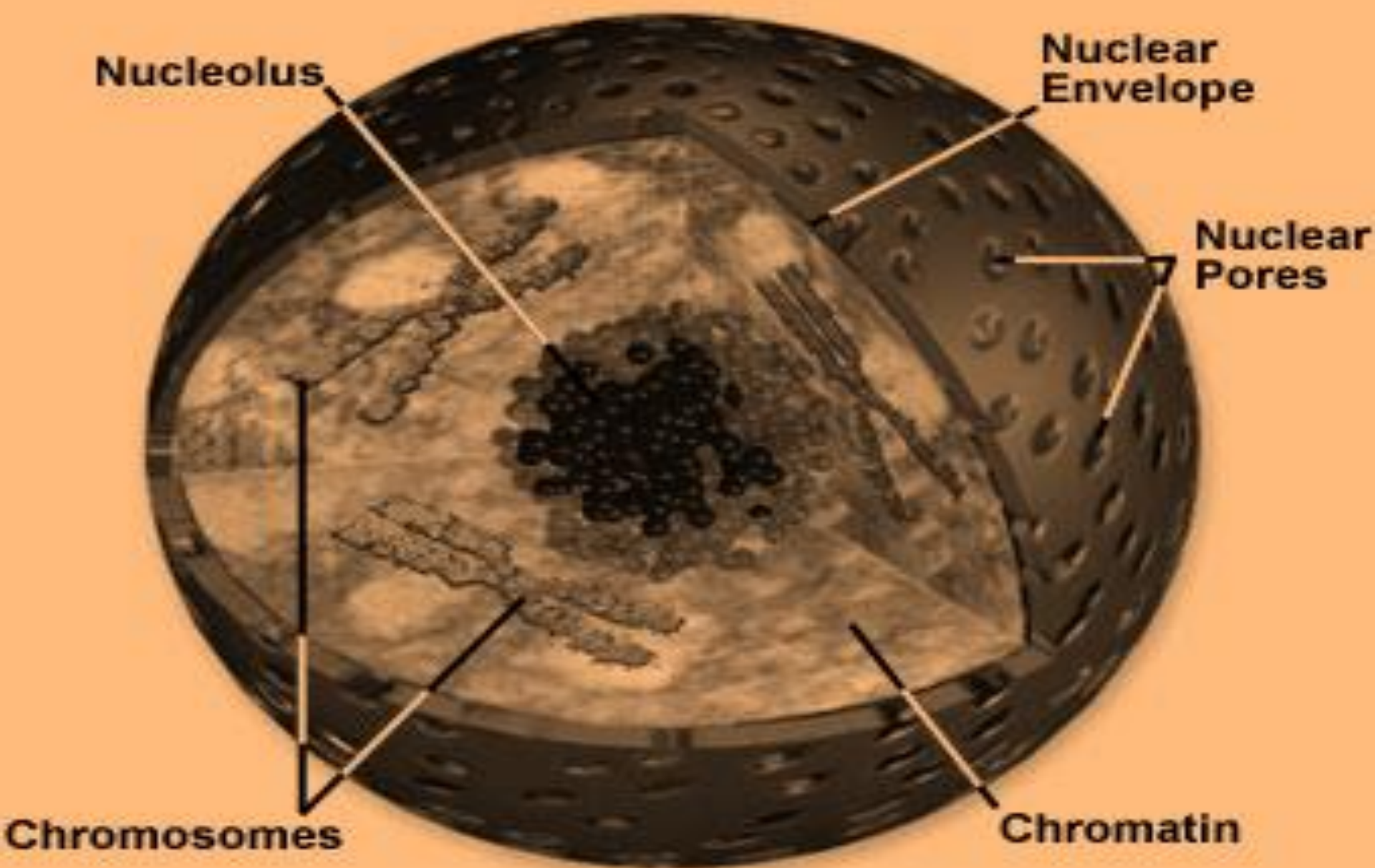


Figure 1

البلاستيدات Plastids

اكتشفها العالم فان لوفينهوك (1676م) وهي: أجسام بروتوبلازمية ذات وظيفة وشكل متخصص وقد لا توجد البلاستيدات في النباتات الواطئة وخاصة البلاستيدات الخضراء كما في الفطريات على التصنيف القديم. أو قد توجد بلاستيدة واحدة كما في بعض الطحالب مثل طحلب الاسبيروجيرا. أما في النباتات الراقية فإن الخلية تحتوي عدداً كبيراً من البلاستيدات. والبلاستيدات أجسام لزجة تحاط بغشاء مزدوج ومجموعة معقدة من الأغشية الداخلية. وتنشأ البلاستيدات من بلاستيدات أولية **Proplastids** ذات أصل متشابه ثم تأخذ في التميز مع تميز الخلية ونموها. وتستطيع البلاستيدة أن تتكاثر في الانقسام المباشر ولا يرتبط انقسامها بانقسام الخلية (أشكال (7 - 9).

وتقسم البلاستيدات حسب وجود أو غياب الأصباغ إلى:

- بلاستيدات ملونة **Chromoplasts** (ويدخل ضمنها البلاستيدات الخضر **Chloroplasts**)

- بلاستيدات عديمة اللون **Leucoplasts**.

أما الرأي الثاني فيقسم البلاستيدات إلى:

- بلاستيدات خضر

- بلاستيدات عديمة اللون

- بلاستيدات ملونة

وغالباً ما يؤخذ بالتقسيم الأخير للبلاستيدات لأهمية البلاستيدات الخضر

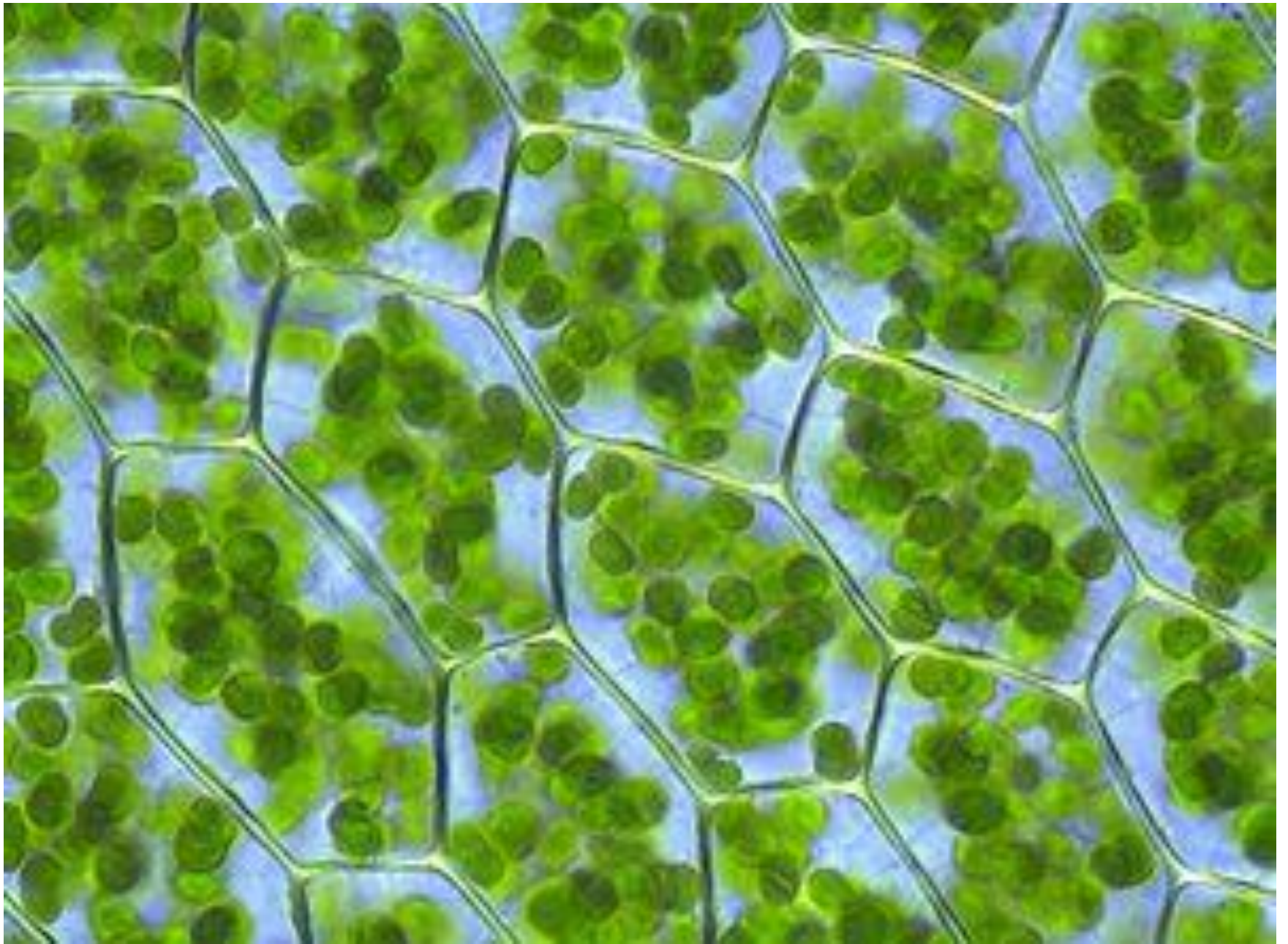
حيث أنها تلعب دوراً كبيراً في عملية البناء الضوئي في النبات.

البلاستيدات الخضر

يوجد هذا النوع من البلاستيدات في الأنسجة التمثيلية (النسيج الوسطي للورقة والأجزاء القريبة من الضوء) وقد توجد أحياناً في الأجزاء البعيدة عن الضوء مثل الجنين وبرنشيمة الأنسجة الوعائية. والبلاستيدات الخضر أجسام قرصية الشكل أو مقعرة كالتطبق وشكلها وحجمها عادة ثابتين. وتتركب البلاستيدة (شكل 8) من غشاء مزدوج يسمى غشاء البلاستيدة **Plastid envelope** يفصلها عن السيتوبلازم ويحيط بمجموعة من الحبيبات البلاستيدية يطلق عليها الجرانانا (**grana**) ومفردها (**granum**) وهي مكونة من أكياس مفلطحة تشبه الأقراص محده بغشاء محيطي أو حويصلات مبططة تسمى أحياناً بالصفائح (**lamellae**) أو التايلاكويدز **Tylakoids** ويظهر بأن الجرانانا تتصل مع بعضها البعض على مسافات معينة بصفائح بين جرانية (**Intergrana-** **lamellae**) وتغمر الجرانانا والصفائح عادة في مادة غير معروفة التركيب تسمى الحشوة (**stroma**) أو الستروما. والجرانانا هي الأماكن الأساسية لموضع اليخضور (الكلوروفيل) ويعزي تحول البلاستيدات الخضر إلى عديمة اللون أحياناً إلى تحلل الجرانانا.

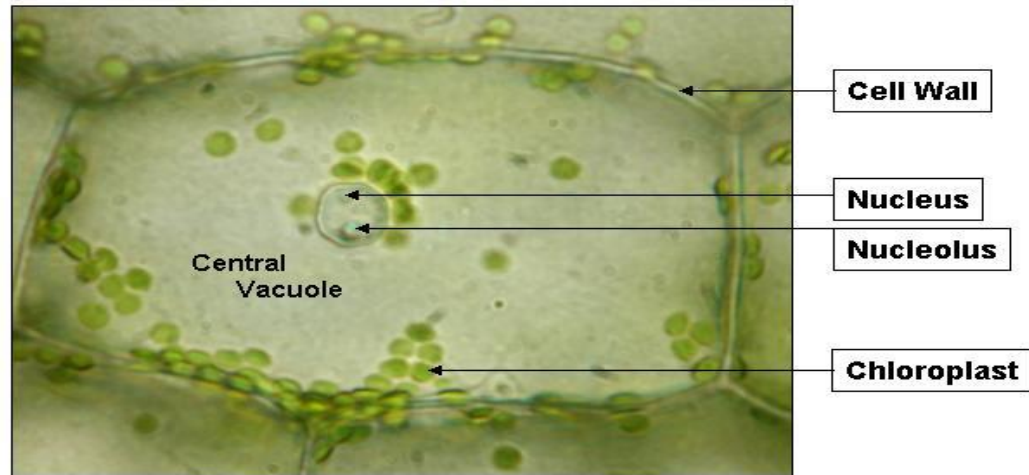
ويمكن تقسيم البلاستيدات الخضر حسب أشباه الكاروتينات (Evert, 2006) إلى:

1. بلاستيدات خضر كروية Globular chloroplasts
2. بلاستيدات خضر غشائية Membranous chloroplasts
3. بلاستيدات خضر أنبوبية Tubular chloroplasts
4. بلاستيدات خضر بلورية Crystalline chloroplasts



Elodea Leaf - Plant Cell

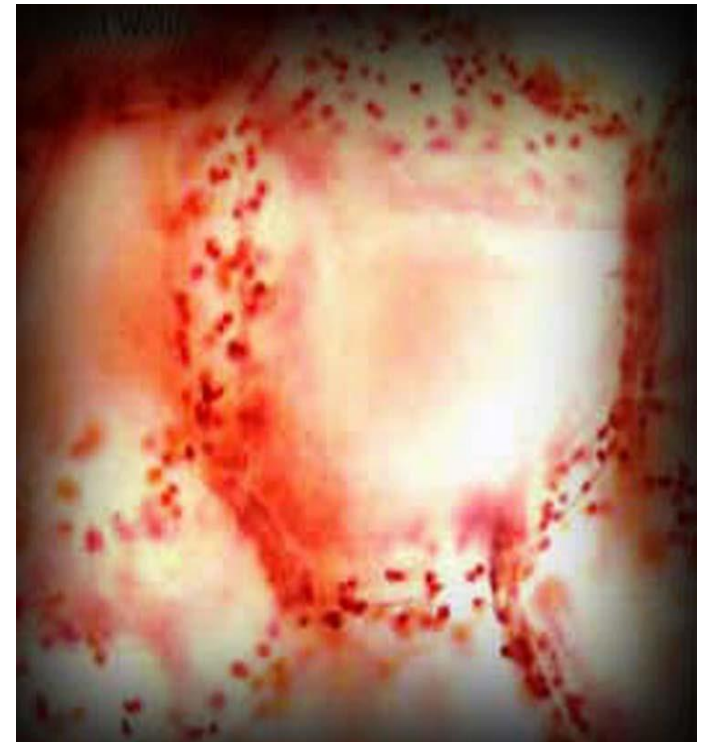
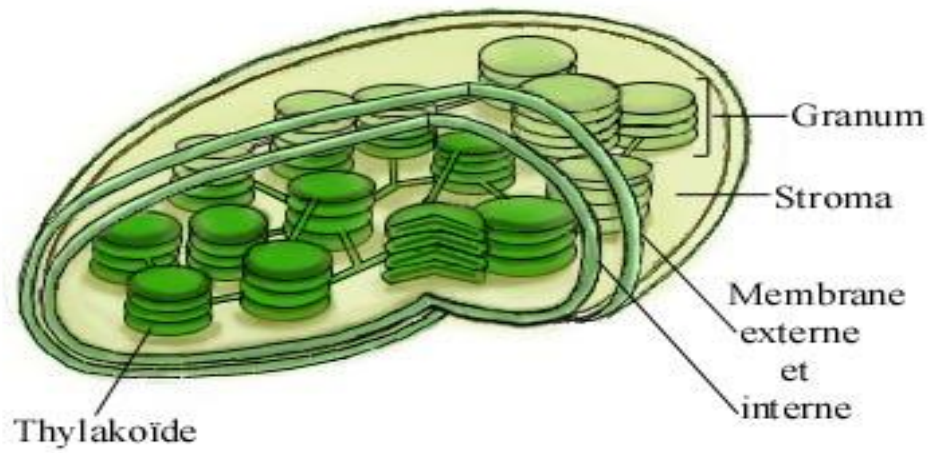
1,000 Magnification



البلاستيديات الملونة

خذ **البلاستيديات الملونة** أشكالاً متعددة فمنها المستطيلة والمفصصة والزاوية والمستديرة وعادة ما تكون صفراء أو برتقالية (شكل 8). وتتبع الأصباغ المسئولة عن هذه الألوان أشباه **الكاروتينات**.
والبلاستيديات الملونة قد تحتوي على بلورات أشباه الكاروتين كما في الجزر وثمره الطماطم أو حزم من خيوط تحت مجهرية كما في الفلفل الأحمر ولم يثبت وجود غلاف مزدوج حول هذه **البلاستيديات** كما أن وظيفتها لم تعرف بعد، ولكن قد تلعب دوراً في جذب الحشرات وبعض الحيوانات لإتمام عملية التلقيح وكذلك تسهم في انتشار الثمار والبدور.
ريفن وآخرون (2005 Ravin, et, al).

Chloroplaste



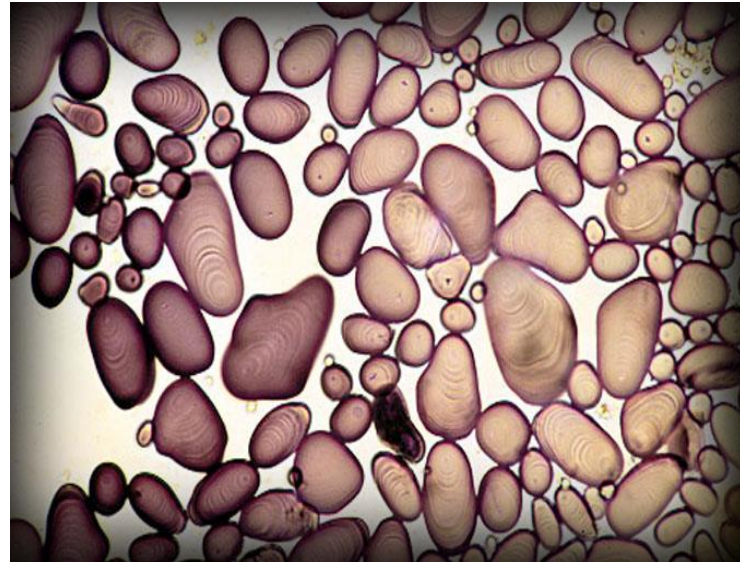
البلاستيدات عديمة اللون

بلاستيدات غير واضحة التحديد وهي كتل صغيرة من البروتوبلازم متفاوتة في

الشكل وغير ثابتة تتجمع عادة قرب النواة وتوجد عادة في الخلايا البالغة البعيدة عن الضوء كالنخاع بالساق وكثير من الأجزاء الأرضية وكذلك توجد في خلايا البشرة وتعتبر البلاستيدات عديمة اللون أماكن لتجميع مادة النشا، وعندما تختص لهذا الغرض يطلق

عليها **بلاستيدات نشوية Amyloplasts**

(شكل 9).



الأجسام السبحية Mitochondria

اكتشفها العالم الألماني الثمان (1900م) وهي مكونات بروتوبلازمية حية قطرها حوالي 0.5 ميكرومتر وطولها 6 ميكرومترات، تظهر تحت المجهر الضوئي كحبيبات صغيرة مستديرة أو عصوية. أما تحت المجهر الإلكتروني فتظهر إما مستديرة أو مستطيلة وأحياناً أجسام مفصصة يحيط بهذه العضيات غشاء مزدوج الجزء الداخلي ذو ثنيات **cristae** تمتد إلى الداخل لزيادة السطح الغشائي الداخلي. وتوجد بين أجزاء الغشاء مادة غير مميزة أو معروفة ولكنها غالباً تتكون من بروتين. ويقال أن نمو السبقيات يتبعه انقسام مباشر كطريقة للتكاثر. وتوجد عدة أنزيمات من ضمنها الأنزيمات الداخلية في دورة كربس والإنزيمات المؤكسدة. وقد تحتوي السبقيات على حمض **DNA** والرايوسومات ولكن قدرتها الوراثية محدودة وتتكاثر بالإنقسام المباشر. وقد تقوم بدور في برمجة موت الخلية (Evert, 2006).

Mitochondria Inner Structure

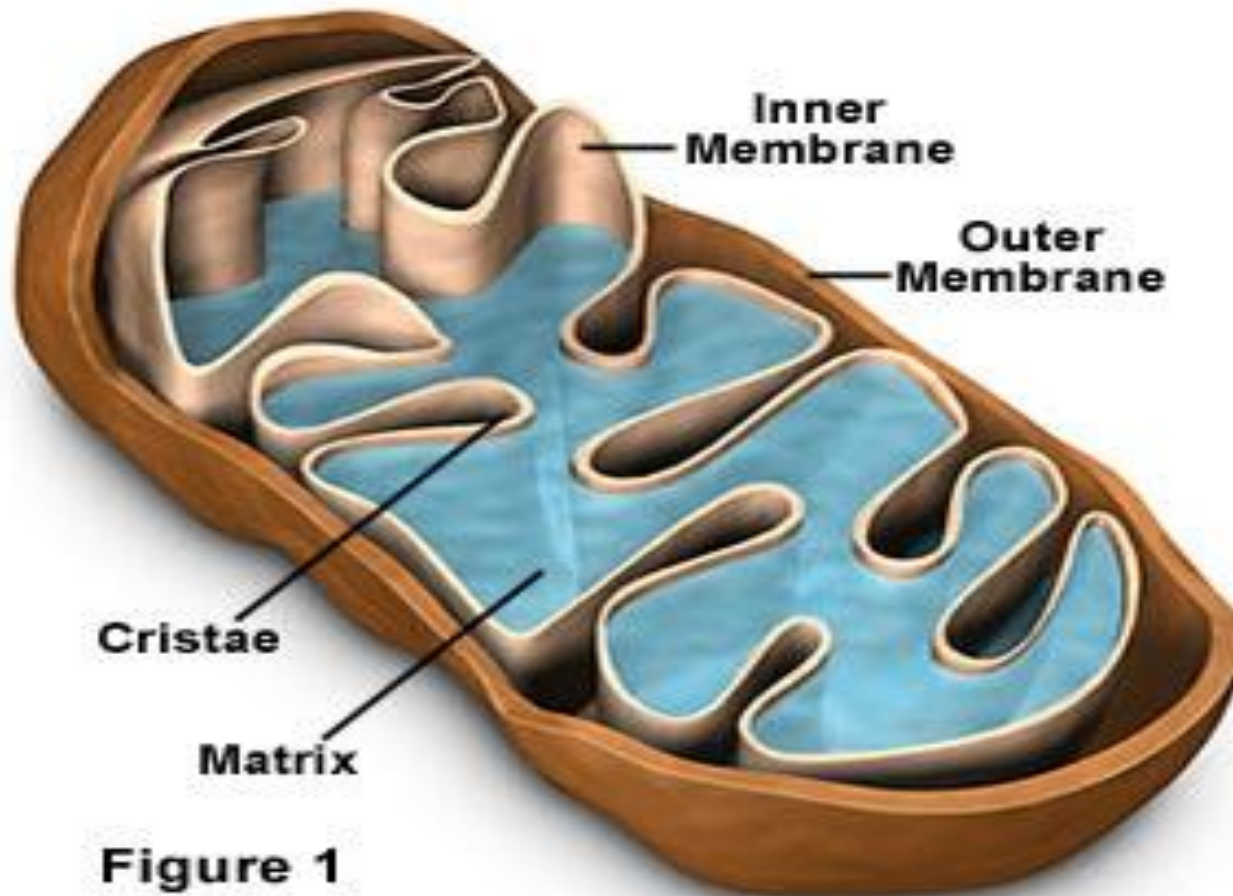
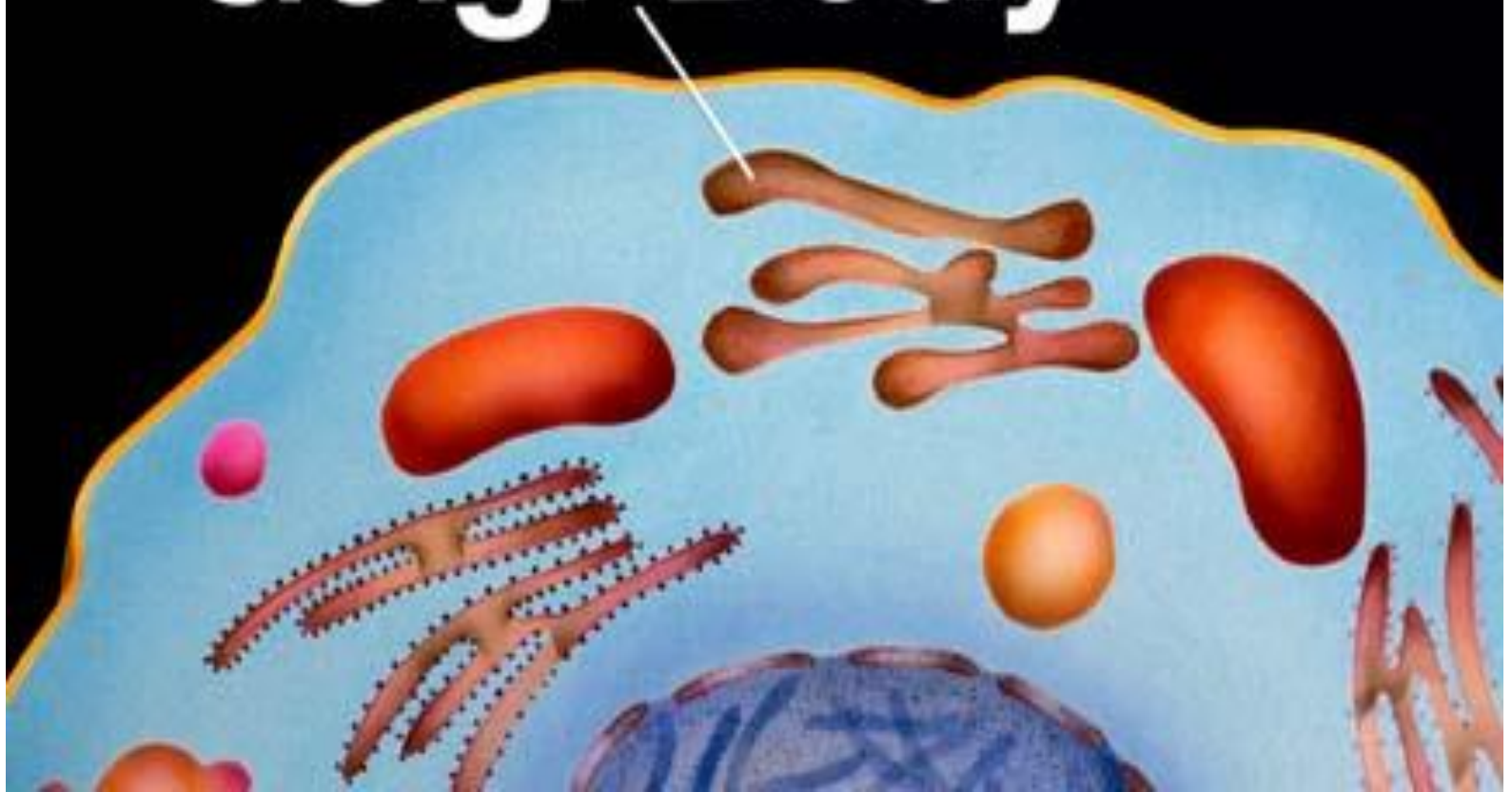


Figure 1

الدكتيوسومات (أجسام جولجي) **Dictyosomes** أو **Golgi Apparatus**

اكتشفها العالم جولجي (1898م) في الخلية الحيوانية وهي عضيات تتكون من حزمة مفلطحة من الأكياس المستديرة كل كيس محاط بغشاء وحافته غالباً ما تكون ذات ثقب أو فتحات عميقة وعندما تمتد هذه الفتحات تظهر الأكياس شبه أنبوبية وتشبه أجسام جولجي في الخلية الحيوانية وتتكون الدكتيوسومات في النبات من 2-7 أكياس (شكل 11) وتقوم هذه المجموعة من الأكياس بعملية تجميع مادة الجدار الخلوي وإفرازها حيث تفرز المواد على هيئة حويصلات تتحد مع غشاء السيتوبلازم ثم تفرز المواد تجاه الجدار الخلوي. ويقوم بتوجيه هذه الحويصلات إلى الغشاء الخارجي للسيتوبلازم ومن ثم لجدار الخلية ما يعرف **بالأنابيب الدقيقة**.

Golgi Body



الفجوات Vacuoles

تعتبر الفجوات من أهم مكونات البروتوبلازم فهي تحتوي على الماء والمواد العضوية وغير العضوية ومعظمها تكون في حالة سائلة وقد تكون هذه المواد تخزينية مثل السكر، الأحماض العضوية، البروتينات والفوسفات وأحياناً تكون نواتج إفرازية مثل أكسالات الكالسيوم والتانينات (الدباغيات) وأظهرت الدراسة الحديثة أن الفجوات لا تقتصر فقط على تجميع النواتج الأيضية ولكن تشترك في إعادة المواد الكيميائية النباتية في الخلية (شكل 2).

لذلك فإن الفجوات تستطيع أن تعمل كعضي يقوم بوظيفة حيوية مثل عملية الأيض، والتكشف، وتحريك المواد المخزنة نظراً لوجود بعض الإنزيمات التي تقوم بمثل هذه العمليات. وكأماكن لتجميع الصبغات خاصة (الأنثوسيانينات) المسؤولة عن تلون الأزهار والثمار.

الرايبوسومات Ribosomes

هي جسيمات قطرها حوالي 17-23 مليميكرومتر وهي أماكن تكوين البروتينات من الأحماض الأمينية وتتكون من كمية متساوية من البروتينات وحمض **RNA** وعند تكوين البروتين تتحد الرايبوسومات في مجاميع إلى رايبوسومات متعددة بواسطة حمض **M.RNA** حاملاً الرسالة الوراثية من النواة. والأحماض الأمينية التي يتكون منها البروتين تأتي إلى الرايبوسومات المتعددة بواسطة حمض **T. RNA** الناقل الموجود في السيتوبلازم. وتوجد الرايبوسومات إما طليقة في السيتوبلازم أو متصلة بالشبكة الإندوبلازمية كما توجد متصلة بغشاء النواة وفي النوية والبلاستيدات وكذلك في الأجسام السبحية (شكل 2 ، 4).

Microtubules الأنايب الدقيقة

أنايب مستقيمة مجوفة حوالي 23-27 ميكرومتر في القطر تتكون من
تحت وحدات من جزيئات البروتين (ألفا ، بيتا)



تويبولين وهي مكونات الخيوط المغزلية وتساعد في تكوين الجدار الخلوي في الانقسام الخلوي. وكذلك توجيه المواد الجديدة التي تترسب على الجدار الخلوي. كما أنها تكون مع خيوط الأكتين ما يعرف بالهيكل السيتوبلازمي **Cytoskeleton** (شكل 2).

الأجسام الدقيقة Microbodies (Peroxisomes)

هي أجسام بروتوبلازمية كروية صغيرة الحجم 0.5 – 1.5 ميكرومتر، توجد في الخلايا النباتية تتكون من حشوة تحاط بغشاء مفرد ويقال بأنها تحتوي على أنزيمات تقوم بتحليل الجزيئات الكبيرة الداخلة في تركيب البروتوبلازم وعند تمزق الغشاء المفرد لهذه الأجسام فإن هذه الإنزيمات تعمل على تحليل محتويات الخلية وموتها ويحدث ذلك عند كبر الخلية وبلوغها أو تخصصها كما يحدث في الأوعية والقصبية والألياف (شكل 2).

الأجسام الكروية Spherosomes (Oil Bodies)

تراكيب كروية ذات مظهر حبيبي تحت المجهر الضوئي، أما تحت المجهر الإلكتروني فليس لها تركيب مميز. توجد في جميع الخلايا النباتية ولكنها توجد بكثرة في الثمار والبذور (شكل 2).

المواد غير البروتوبلازمية (غير الحية)

هي مواد أو نواتج الأيض الغذائي ويمكن أن تظهر أو تختفي في أوقات مختلفة في حياة الخلية وهي إما أن تكون نواتج مخزنة أو إفرازية ناتجة عن فعالية الخلية. وأهمها السليلوز **Cellulose** والنشا **Starch** والبروتينات **Proteins** والدهون والزيوت **Oils & Fats** والبلورات **Crystals** والأجسام السليكية **Silica bodies**. كما تضم أيضاً بعض المواد العضوية مثل التانينات **Tannins** والراتنج **Resins** والصمغ **Gums** والأصبغ **Pigments** والشموع **Waxes**.

السليلوز **Cellulose**

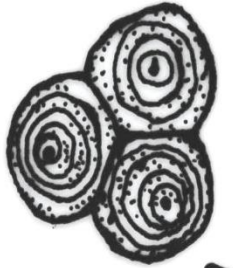
هو المادة الرئيسة في تكوين الجدار الخلوي. وهو مركب كربوايدراتي عديد التسكر محب للماء و يكون على صورة متبلمرة ويتكون من جزيئات على هيئة سلسلة طويلة وحداتها الأساسية بقايا جلوكوز غير مائي بالرمز $(C_6H_{10}O_5)^n$ وتوجد الجزيئات مرتبة ولذلك فلها خاصيتي الاستقطاب الضوئي (ظاهرة تكون فيها الاهتزازات في الموجه الضوئية في اتجاه واحد)، والانكسار الثنائي (ظاهرة تشعب شعاع الضوء الساقط إلى شعاعين) (شكل 16).

النشا Starch

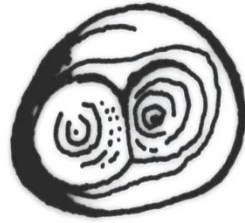
هو من أهم المواد غير البروتوبلازمية ويتكون على هيئة حبيبات تنشأ في البلاستيدات. ويعتبر من أكثر المواد الكربوهيدراتية انتشاراً في عالم النبات. فخلال التركيب الضوئي يتكون النشا في البلاستيدات الخضراء وأخيراً يتحلل ثم يعاد تكوينه كنشا تخزيني في البلاستيدات النشوية **Amyloplast** التي قد تحتوي على واحدة أو أكثر من حبيبات النشا.

حبيبات النشا ذات أشكال مختلفة (شكل 12) كما أنها تختلف أيضاً في موضع السرة **hilum** وفي تكوينها على هيئة طبقات. مما يجعلها ذات أهمية كبيرة في تعريف النبات. فحبيبة النشا في البطاطس تتكون من سرة جانبية **excentric** يترسب حولها النشا على هيئة طبقات متفاوتة في الكثافة وذات درجات انكسار مختلفة. بينما حبيبة النشا في الذرة ذات سره مركزية **concentric** وقد تكون السرة على هيئة شق طويل كما في الفاصوليا وقد تكون أحياناً مستطيلة ومتفرعة.

وقد تكون حبيبة النشا بسيطة **simple** إذا احتوت الحبيبة على سره واحدة أو مركبة **compound** إذا احتوت حبيبة النشا على أكثر من سرة كما في نشا البطاطس. وقد تتجمع حبيبات النشا الصغيرة في مجاميع مختلفة كما في نشا الأرز وأحياناً تأخذ حبيبات النشا أشكالاً مختلفة كما في نشا الموز.



ا



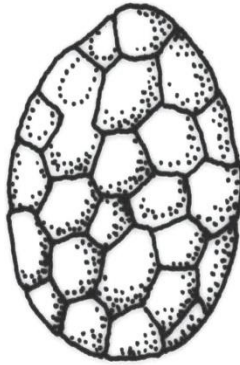
ب



ج



د



ه

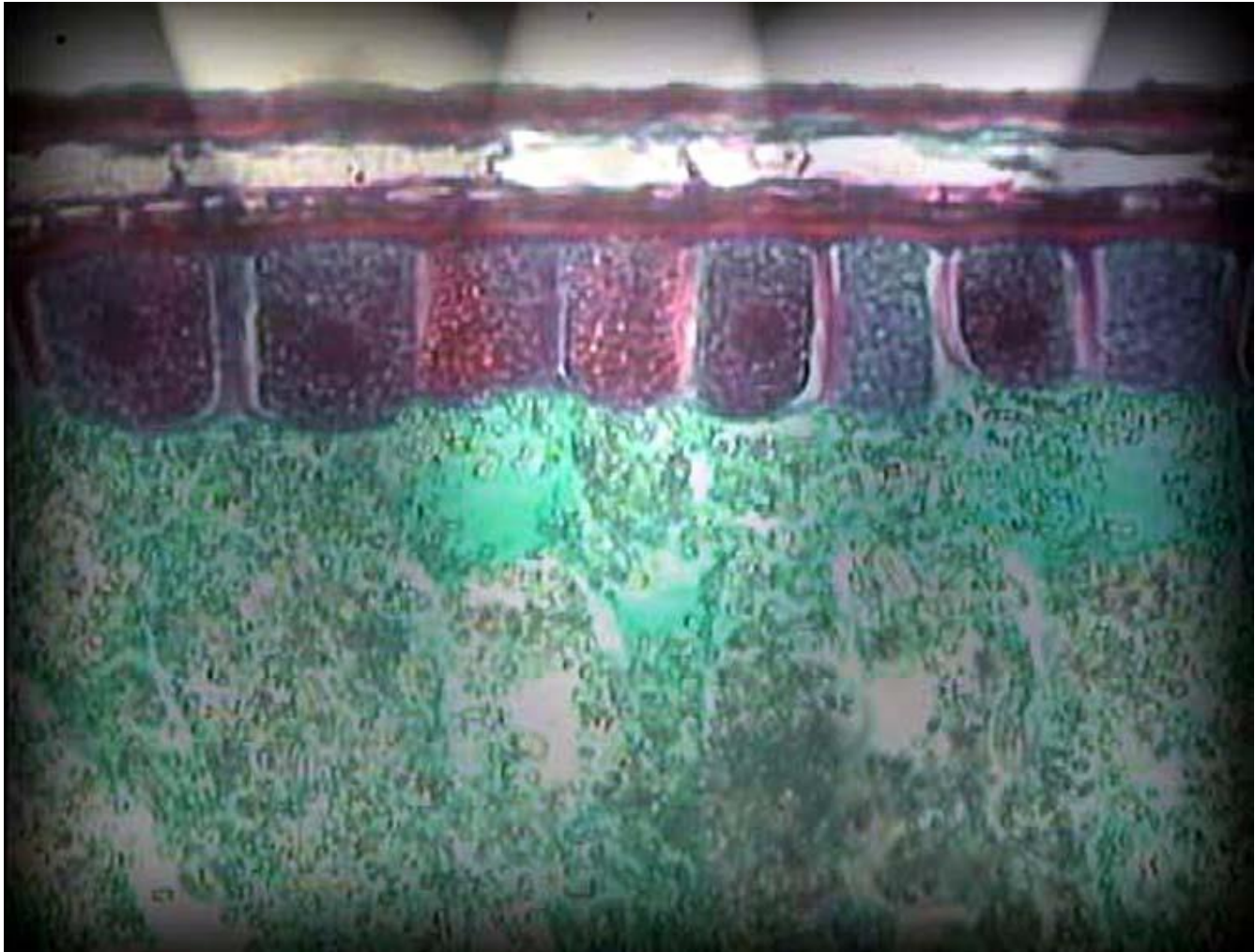


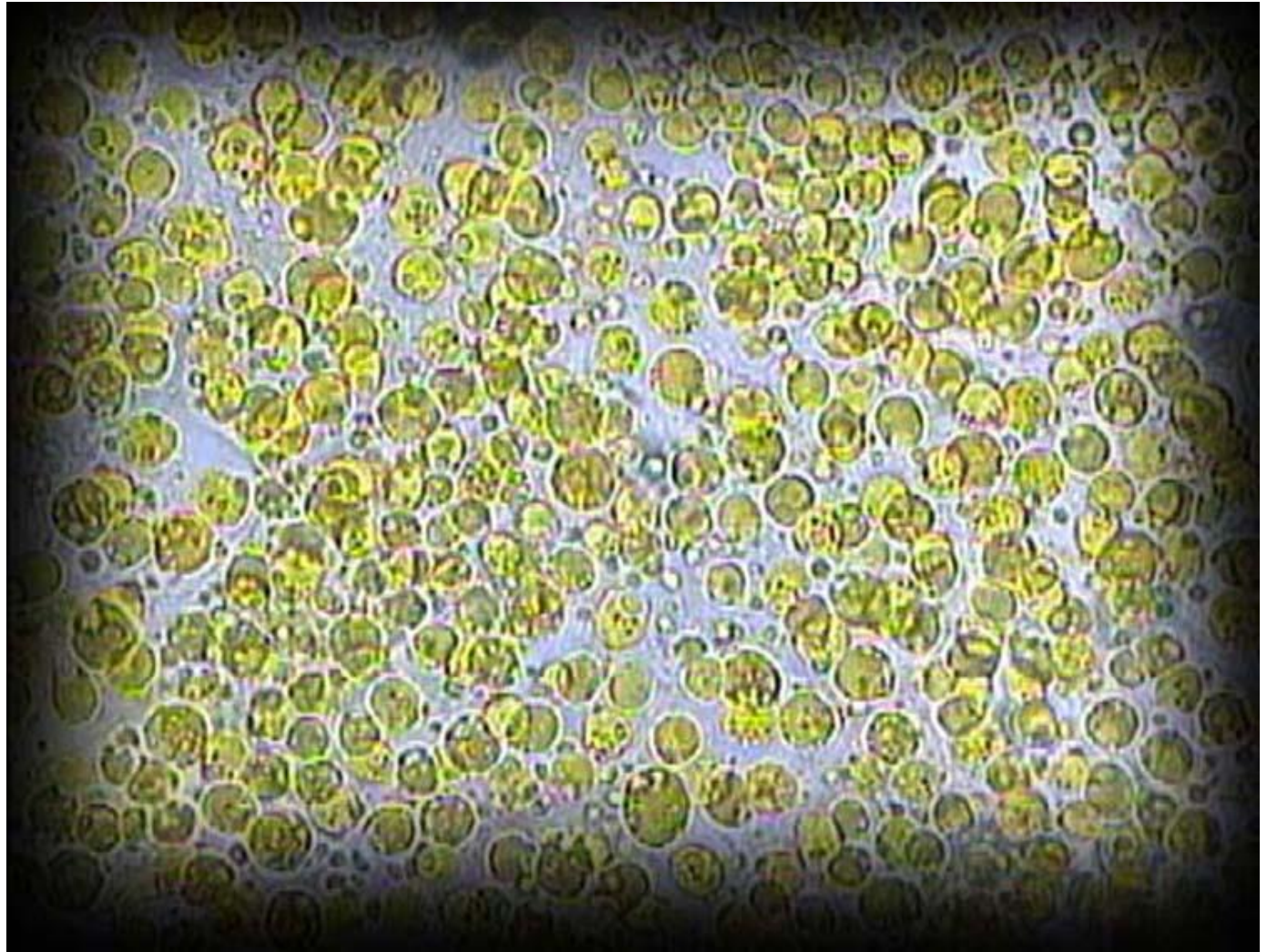
و

البروتينات Proteins

هي المكونات الأساسية للأجسام البروتوبلازمية الحية، وتخزن على هيئة أجسام بروتينية أو حبيبات أليرون **Aleurone grains** في الثمار والبذور لعدة أنواع من النباتات، وتوجد البروتينات المخزنة على صورة متبلورة وغير متبلورة. فغير المتبلورة تكون على هيئة أشباه كرات (**Globoids**) أو كتل ليس لها شكل خاص بينما البروتين المتبلور يجمع بين الخواص الغروية والبلورية ولذلك فإنه يتكون من جسم شبه بلّوري بروتيني **Crystalloid** وجسم شبه كروي مائي غير بروتيني **Globoids** يحاطان بغشاء رقيق من البروتين وينغمران في مادة بروتينية تختلف عن بروتين الجسم البلّوري (شكل، 13).

يتراكم البروتين المخزون في فجوات الخلايا وفي هذه الحالة تتجزأ الفجوات الكبيرة إلى وحدات صغيرة وعند البلوغ لتلك الأنسجة الخازنة تتحول كل فجوة صغيرة إلى أجسام بروتينية مع بقاء الغشاء الداخلي **Tonoplast** أو غشاء الفجوة كغشاء للجسم البروتيني. وفي عملية الإنبات يستهلك البروتين وتعود تلك الفجوات الصغيرة إلى فجوة كبيرة.

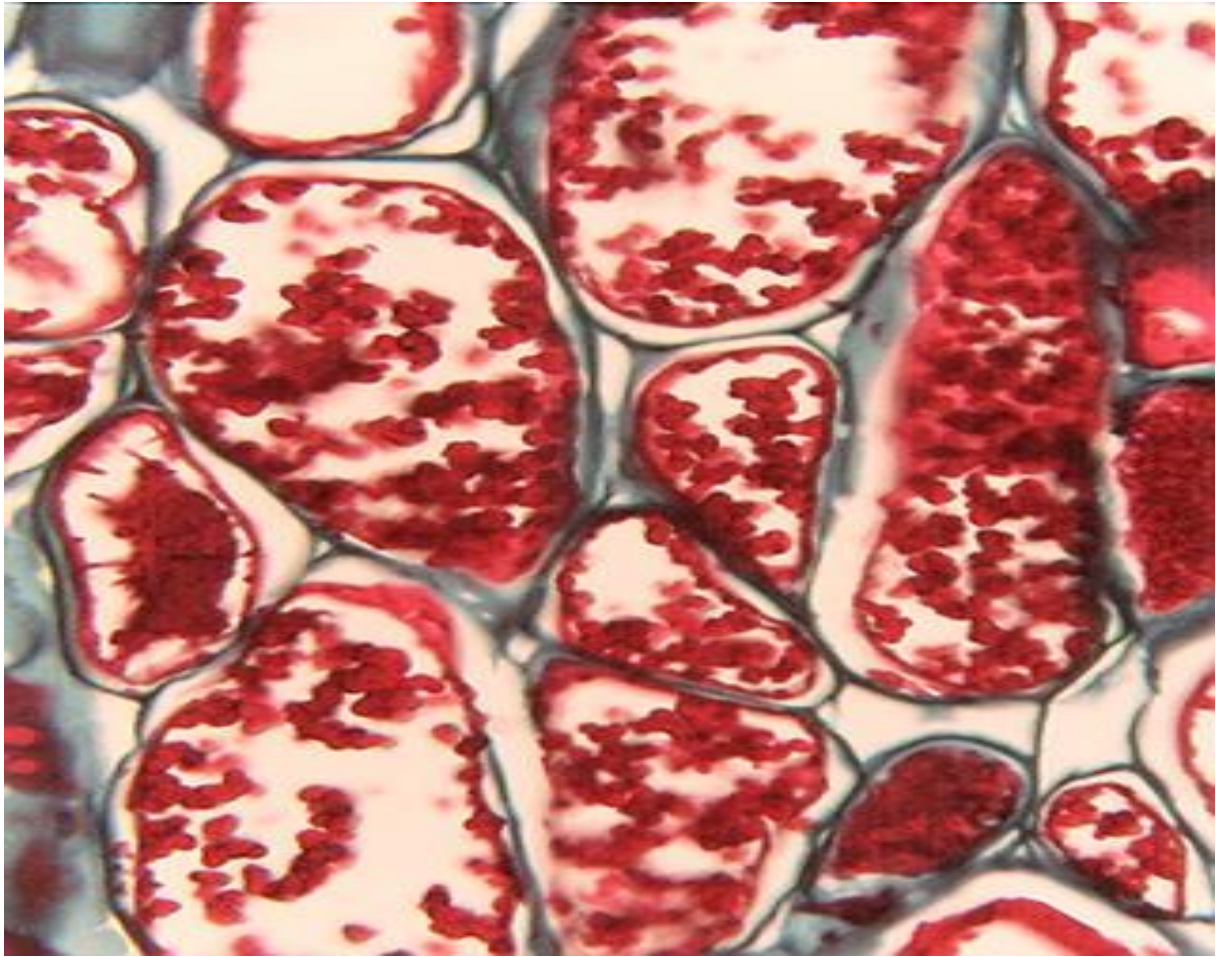




الدباغيات (التانينات) **Tannins**

هي مجموعة غير متجانسة من مشتقات الفينول واسعة الانتشار في جسم النبات وتظهر واضحة في القطاعات ككتل خشنة أو ملساء أو كأجسام ذات أحجام مختلفة وتظهر في لون أحمر أو أصفر أو بني ولا يخلو تماماً أي نسيج من **المواد الدباغية**. وتوجد **الدباغيات** بكثرة في الألياف والأنسجة الوعائية والبريدرم والفواكه غير الناضجة وفي أغلفة البذور ويوجد في الخلية إما في السيتوبلازم أو في الفجوة أو داخل تركيب الجدار وأحياناً توجد **الدباغيات** في خلايا كبيرة تعرف **بالأكياس الدباغية Tannin sacs** ، وأحياناً تكون ذات أهمية في إيجاد العلاقة التصنيفية للنبات. وتستعمل **المواد الدباغية** لدبغ الجلود (شكل 14).





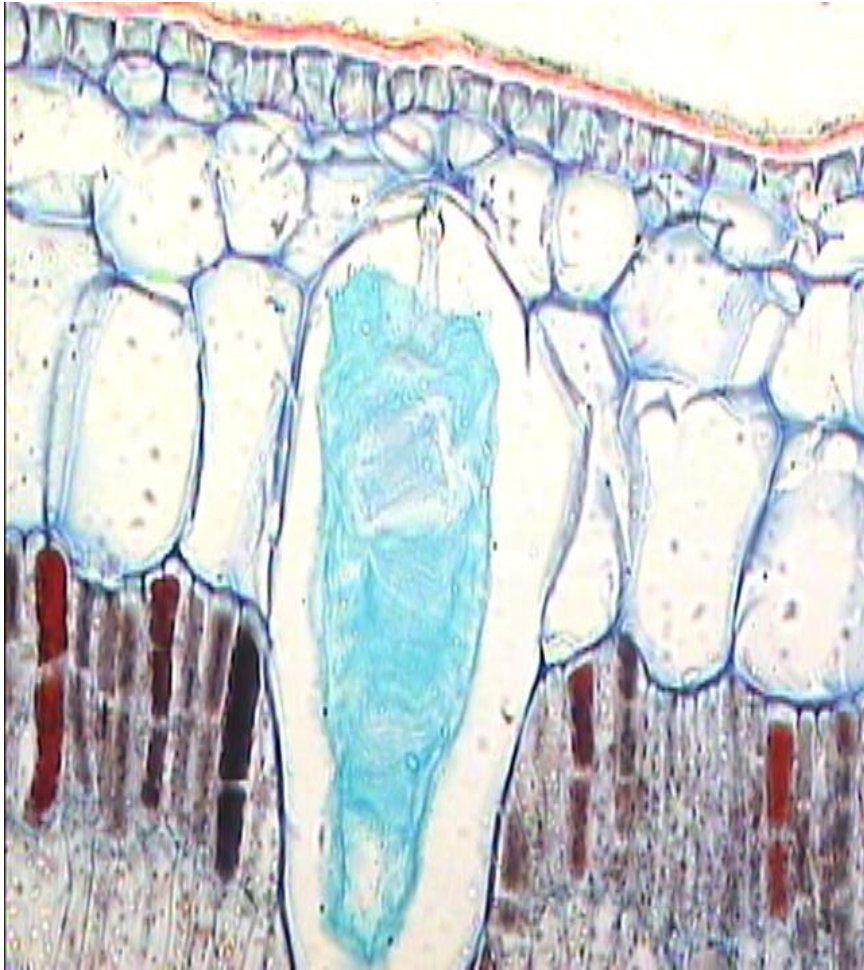
الدهون والزيوت والشموع **Oils, Fats & Waxes**

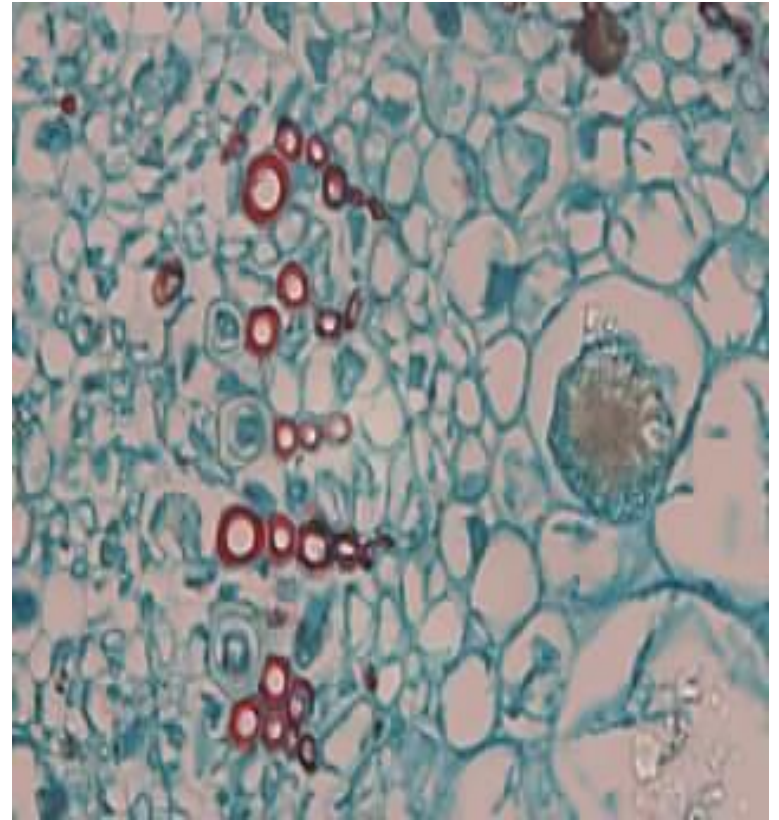
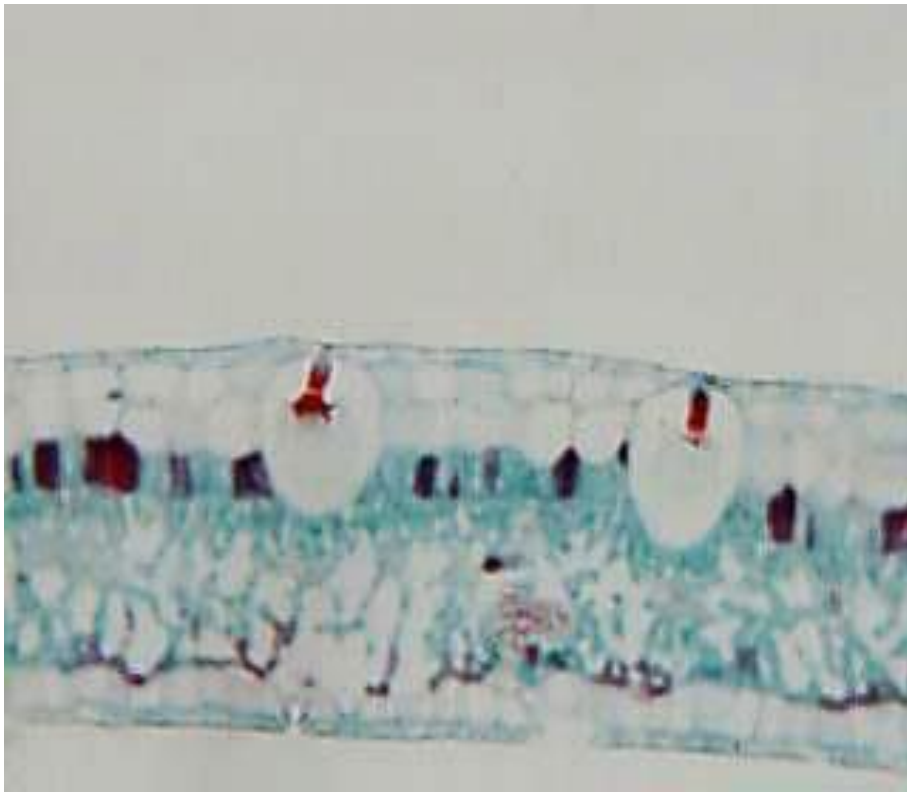
هي من المواد غير الحية وتعتبر ذات أهمية كبيرة في النباتات التي تستعمل تجارياً أي ذات أهمية اقتصادية. فالشموع هي أسترات لأحماض دهنية وكحولات أحادية التميؤ. أما الدهون والزيوت فهي جلسريدات لأحماض دهنية معينة والفرق بين الدهون والزيوت هو أن الدهون تكون صلبة في درجة الحرارة العادية بينما تكون الزيوت سائلة. وتعتبر جميعها ليبدات مخزنة ويمكن إطلاق مصطلح الدهون لكلا الاثنين. وتوجد الدهون في جميع النباتات بل في كل خلية على الأقل بكميات قليلة وقد توجد في حالة صلبة أو سائلة كمنقط دهنية. أما على هيئة بلورات فنادرًا ما يحدث ذلك كما في بعض أنواع النخيل حيث تكون الخلية ممتلئة ببلورات إبرية قصيرة من الدهون. والشموع مادة وقائية توجد فوق البشرة ولكن قد تفرز في الخلية. أما الزيوت الطيارة فتفرز في خلايا متخصصة أو تفرز إلى تجايف بين خلوية ويمكن الكشف عن الدهون بمعاملة الأنسجة النباتية في سودان 3 أو 4.

البلورات Crystals

هي أملاح الكالسيوم وتعتبر من النواتج الأيضية الإفرازية التي تفرز إلى تجويف أو سيتوبلازم الخلية ولكنها لا تفرز إلى الخارج ومن أهمها أكسالات الكالسيوم وكربونات الكالسيوم. أكسالات الكالسيوم **Calcium oxalate** تترسب في أشكال مختلفة فتظهر على هيئة بلورات إبرية **Raphides** أو فردية **Solitary** أو أعمدة بلورية مستطيلة منشورية **Prisms** مضلعة أو مثلثة الشكل. كما تترسب على شكل نجمي **Droses** ويوجد أيضا بلورات صغيرة عادة تتجمع في كتل يطلق عليها اسم الرمل البلوري **Crystal sand**. وترسب أكسالات الكالسيوم بأشكال مختلفة يجعلها ذات أهمية كبيرة في تعريف النبات (شكل 15).

أما كربونات الكالسيوم فيندر وجودها على هيئة بلورات جيدة التكوين ولكن يوجد منها الحويصلات الحجرية **Cystoliths** وهي نموات في جدار الخلية (المعروفة بخلية الحويصلة الحجرية **Lithocyst**) إلى الداخل تترسب عليها مادة كربونات الكالسيوم وتوجد في البرنشيمة البالغة وفي خلايا البشرة والشعيرات أو في خلايا خاصة.





أشباه القلويات Alkaloids

مركبات آزوتية (نيتروجينية) معقدة التركيب لها تأثير فسيولوجي على الإنسان والحيوان، ويتعرف عليها في النبات حسب أنواعها مثل **الكافين Caffeine** الذي يوجد في بذور القطن وأوراق الشاي والقهوة. والأفيون (مادة الكوكائين Cocaine) التي توجد في المادة اللبنية في الثمار غير الناضجة لنبات الخشخاش *Papaver somniferum* **والكينين (Quinine)** الذي يسبب هبوطاً في عضلات القلب كما أنه يستعمل طبيياً في علاج مرضى الملاريا ويوجد في بعض نباتات الكينا. **الأترولين Atroplene** يوجد في نباتات الفصيلة الباذنجانية والسكران ويستعمل في الطب لتوسعة حدقة العين في الجراحة. **النكوتين Nicotine** ويوجد في نبات الدخان ويستعمل كمادة مخدرة. **الهيوسيامين Hyoscyamine** مادة توجد في نبات السكران وهي شبيهة بالأترولين.

الصبغات Pigments

منها اللون الأخضر الذي يوجد في البلاستيدات الخضراء **وصبغات الكاروتين** ذات اللون الأصفر. **وصبغات الفلافونيات Flavonoids** ونواتج أكسدها (وهي الأنثوسيانينات **Anthocynins**) المسؤولة عن اللون في الثمار والأزهار والجذور. **والصبغات** إما أن تكون غير قابلة للذوبان في الماء وتذوب في الكحول مثل **الصبغ الأخضر** في البلاستيدات الخضراء والصبغات الكاروتينية. أو صبغات تذوب في الماء وتوجد في الفجوات مثل **صبغات الفلافونيات (الأنثوسيانينات)**.

جدار الخلية Cell wall

من أهم خصائص الخلية النباتية وجود جدار خلوي غالباً سليولوزي، يميزها عن الخلية الحيوانية التي تفتقر إلى مثل هذا الجدار. وهناك قليل من الخلايا النباتية التي ليس لها جدار مثل الجراثيم السابحة في الطحالب والفطريات والخلايا التناسلية في كل من النباتات البدائية والراقية. ويتميز جدار الخلية مجهرياً إلى ثلاثة أجزاء وهي حسب النشأة كما يلي:

•الصفحة الوسطى Middle lamella

•الجدار الابتدائي Primary wall

•الجدار الثانوي Secondary wall

الصفحة الوسطى

هي مادة بين خلوية **Intercellular substances** غير متبلورة وغير نشطة ضوئياً وتتكون أساساً من مركبات بكتينية **Pectic substances** ربما متحدة مع الكالسيوم. وفي الأنسجة الخشبية تكون الصفحة الوسطى عادة ملجننة أي يدخل اللجنين في تركيبها. وعادة ما يكون من الصعب التمييز بين الصفحة الوسطى والجدار الابتدائي عندما يكون كلاهما ملجننين. وأحياناً تشترك الطبقة الداخلية من الجدار الثانوي في عدم التمييز ويحدث ذلك في القصيبات والألياف ويسمى عند ذلك **بالصفحة المركبة** **Compound middle lamella** (شكل 16).

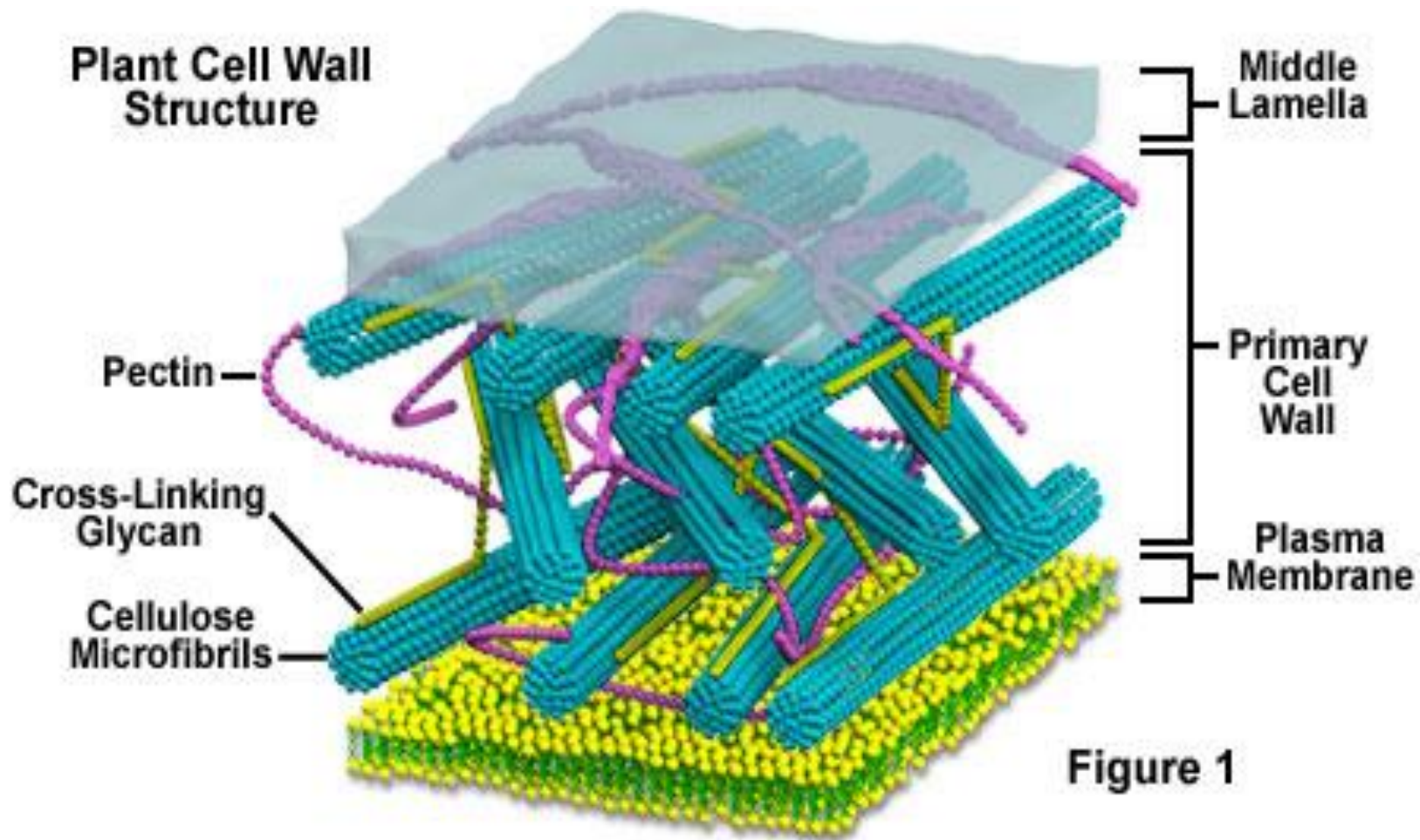


Figure 1

الجدار الابتدائي

وهو الجدار الأساسي الأول الذي يتكون أثناء نمو الخلية، وهو الجدار الوحيد في كثير من أنواع الخلايا، ويتكون هذا الجدار من مادة السليولوز وأشباه السليولوز وقد يدخل اللجنين في تركيبه في بعض الخلايا كالألياف والقصبيات ولوجود مادة السليولوز في تكوين الجدار الابتدائي فإنه غير متماثل ضوئياً ويختلف سمك الجدار الابتدائي من خلية إلى أخرى حسب ترسب مادة السليولوز فقد يكون رقيقاً **thin** كما في جدر الخلايا الكلورنشيمة **Chlorenchyma** أو سميكاً **Thick** كما في جدر خلايا أندوسبيرم بذرة البلح أو الأنسجة المخترنة للمواد الغذائية في جدر خلاياها. وترسب مادة السليولوز في طبقات متتالية في الجدر السميكة مما يعطي الجدر مظهراً صفائحياً **Stratification**. وينمو الجدار الابتدائي في مساحة السطح من بدء الخلية في النمو كما يتبعها فترة متصلة أو منفصلة من النمو في سمك الجدار.

والخلايا التي تتميز بوجود الجدار الابتدائي هي الخلايا الإنشائية ومشتقاتها الحديثة وكذلك الخلايا التي تحتفظ في بروتوبلازمها الحي مثل الخلايا البرنشيمية **Parenchyma**، والخلايا التمثيلية **Chlorenchyma**، والكولنشيمية **Collenchyma**، والخلايا الغربالية **Sieve cells**، وعناصر الأنايب الغربالية **Sieve tube elements**، والخلايا المرافقة **Companion cells**.

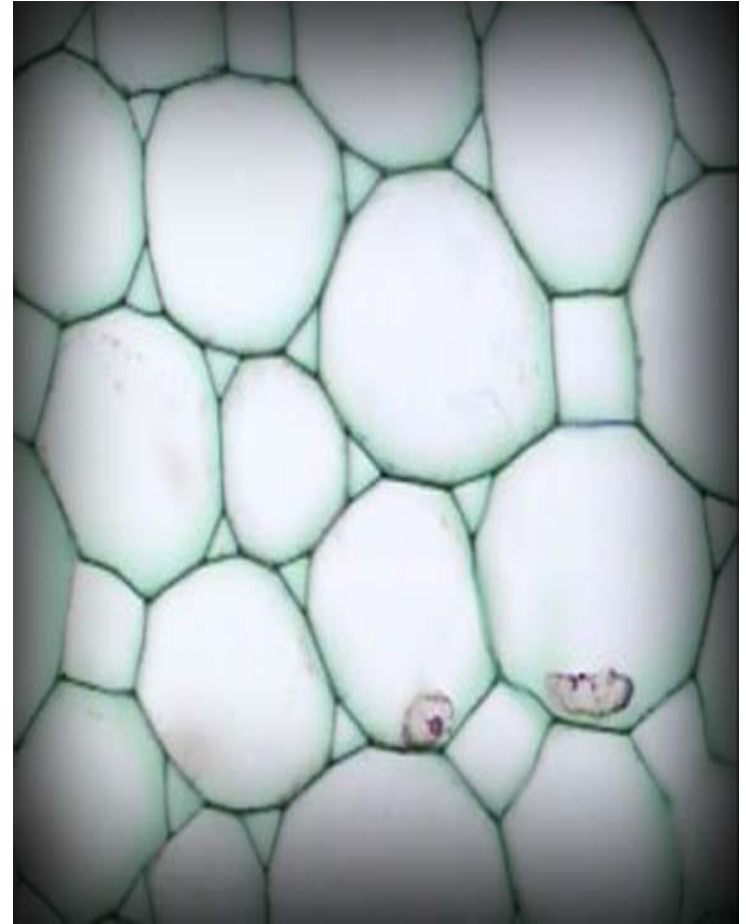
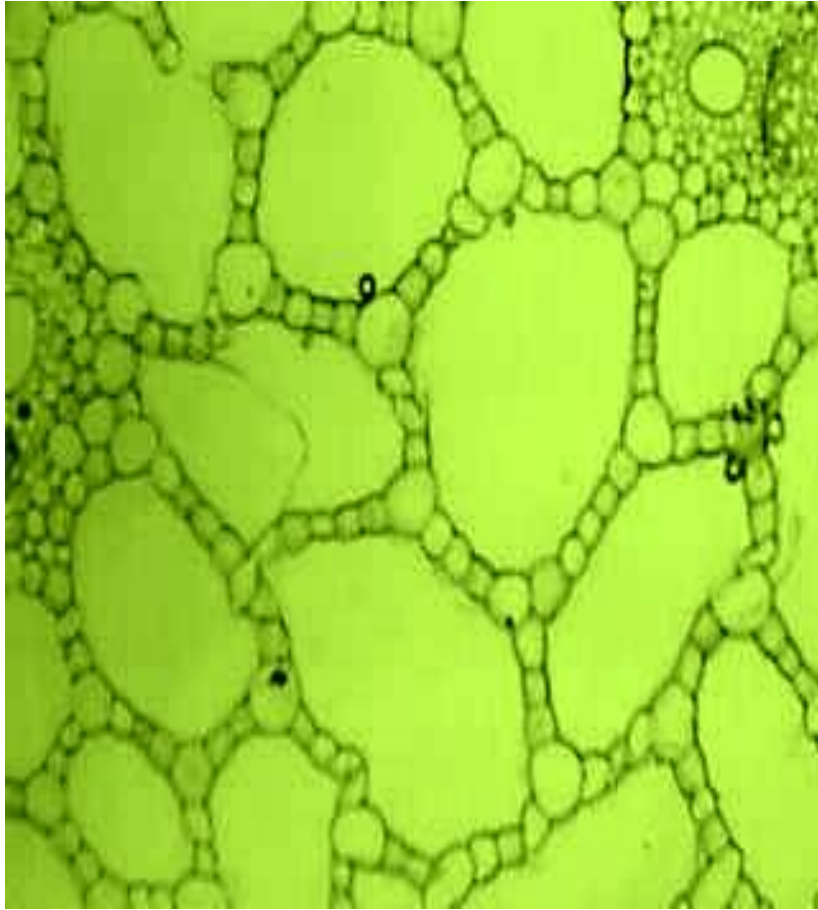
الجدار الثانوي

وهو الجدار الذي يتشكل تالياً للجدار الابتدائي ويتكون أساساً من السليولوز أو السليولوز وأشباه الهميسليولوز وقد يتغير هذا التركيب نتيجة لترسب مادة اللجنين ومواد أخرى مختلفة. والجدار الثانوي لخلايا الألياف والقصبيات يتكون من ثلاث طبقات ذات اختلافات طبيعية وكيميائية وأحياناً يعزى التفريق أو التمييز بين تلك الطبقات إلى اتجاه الليفيات التي تتكون منها كل طبقة (شكل 16).

ويبدأ ترسب مادة الجدار الثانوي عادة بعد توقف الجدار الابتدائي عن الزيادة في مساحة السطح وفي هذا الوقت فإن الخلية كلها تقف عن النمو والاستطالة. ويرى البعض بأن الطبقة الأولى من الجدار الثانوي تستطيل قليلاً بسبب ترسبها قبل أن يقف الجدار الابتدائي عن الزيادة في مساحة السطح.

المسافات البينية Intercellular spaces

أحياناً يحدث انفصال للجدر الابتدائية للخلايا المتجاورة وذلك عن طريق إذابة الصفيحة الوسطى التي تربط بين تلك الخلايا. بسبب بعض الإنزيمات التي تذيب المواد البكتينية التي تتكون منها الصفيحة الوسطى وتسمى المسافات الناتجة عن ذوبان المادة بين الخلوية هذه بالمسافات البينية **Intercellular spaces**. وهي تشغل حيزاً كبيراً من جسم النبات وبالتالي فهي تميز الأنسجة البالغة مثل النسيج الوسطي للورقة **Mesophyll** وأنسجة النباتات المائية **Hydrophytes** وقد توجد في بعض الأنسجة الإنشائية (شكل 49).

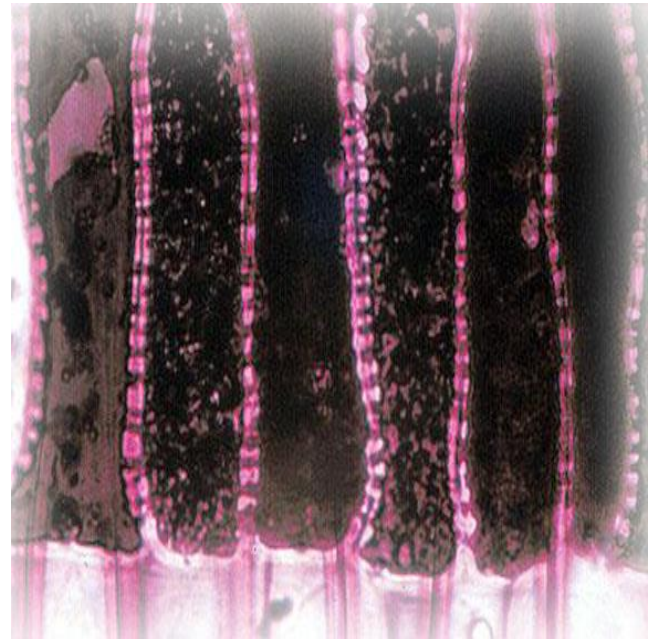
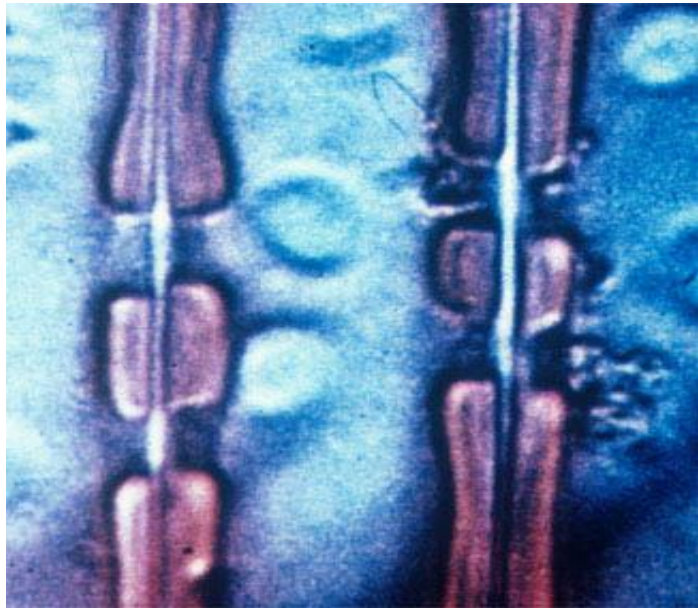


النقر Pits

تتميز جدر الخلايا النباتية بوجود انخفاضات أو تجاويف متفاوتة في العمق والاتساع يطلق عليها بالحقول النقرية الابتدائية **Primary pit-fields** في حالة وجودها في الجدر الابتدائية. بينما يطلق عليها نقراً pits في حالة وجودها في الجدر الثانوية (شكل 17).

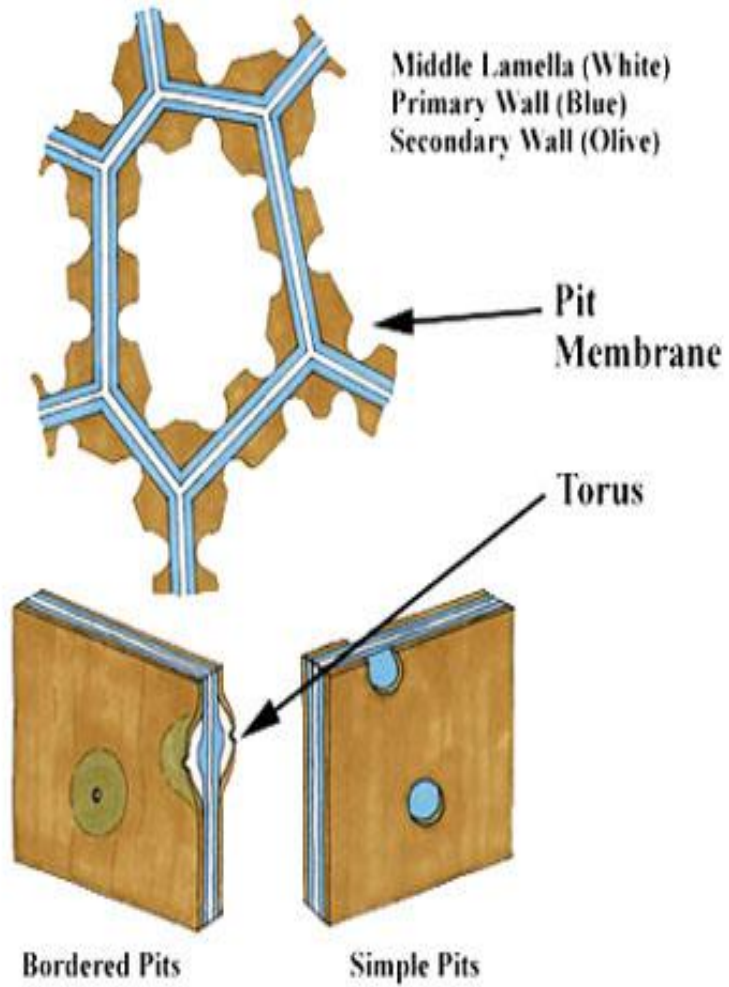
والفرق بين هذين النوعين من النقر طفيف جداً حيث أن غشاء النقرة في حالة الحقول النقرية الابتدائية يتكون فقط من الصفيحة الوسطى وأن عدد هذه النقر كبير جداً حيث يظهر الجدار الابتدائي مسبحي **Beaded** بينما يشترك الجدار الابتدائي في تكوين غشاء النقرة في حالة النقر سواء كانت بسيطة **Simple** أو مضاففة **Bordered pits** كما أن الجدار الثانوي لا يغطي تماماً الجدار الابتدائي في مواضع النقر وتتكون النقرة pit فوق حقل نقري ابتدائي أو بعيدة عن بعضها.

وتتكون النقرة من فراغ النقرة **Pit cavity** وغشاء النقرة **Pit membrane** ويفتح فراغ النقرة إلى تجويف الخلية بفتحة النقرة **Pit aperture** و إلى الخارجي بغشاء النقرة.

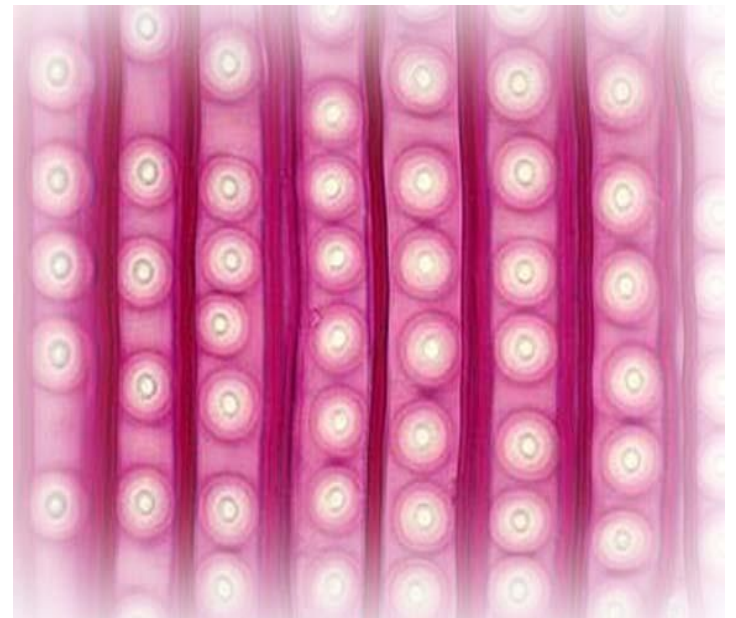
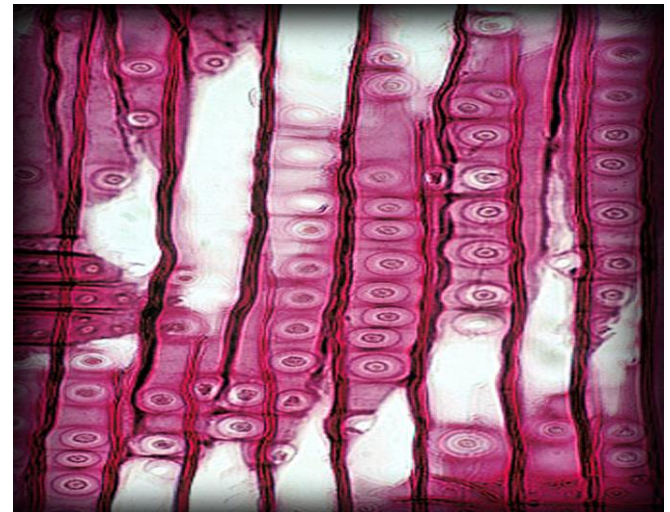


وتقسم النقر إلى نوعين نقر بسيطة **Simple pits** وفيها ينتهي الجدار الثانوي طبيعياً في فراغ النقرة حيث يبقى الفراغ وفتحة النقرة في اتساع واحد وعادة ما تتقابل النقر البسيطة ويطلق عليها زوج من النقر البسيطة **Simple pit-pairs** .

أما إذا تقوس الجدار الثانوي على فراغ النقرة مكوناً ما يسمى بالضفة **Border** فإن هذا النوع من النقر يطلق عليه بالنقر المصفوفة **Bordered pits** وإذا تقابل نقرتان مصفوفتان وهو الشائع سميتا بزواج من النقر المصفوفة **Bordered pit-pair** . أما إذا تقابل نقرة مصفوفة مع أخرى بسيطة سمي هذا الوضع بالنقر نصف المصفوفة **Half bordered pit-pair** ويحدث هذا بين الألياف التي تحتوي على نقر بسيطة وما يجاورها من أوعية أو قصيبات في عناصر الخشب **Xylem elements** وقد تقابل النقرة أحد المسافات البينية وحينئذ تسمى بالنقرة العمياء أو الصماء **Blind pit** لأنها تفتح إلى مسافة بينية مثل الخلايا البرنشيمية. وتتكون النقرة المصفوفة **Bordered pit** من فتحة النقرة **Pit aperture** ، وفراغ النقرة **Pit cavity** وغشاء النقرة **Pit membrane** ويوجد في بعض النقر المصفوفة وخاصة في قصيبات عاريات البذور مثل الصنوبر ما يسمى بالتخت **Torus** وعندما يكون الجدار الثانوي سميكاً فإن بعض النقر البسيطة تتفرع وتسمى بالنقر البسيطة المتفرعة **Ramiform pits** كما في الخلايا الحجرية **Sclereids** أما النقر المصفوفة فيتكون لها قناة **Canal** ذات فتحتين فتحة داخلية تفتح إلى فراغ الخلية **Lumen** وفتحة خارجية تفتح إلى فراغ النقرة.



Pits



التركيب الكيميائي لجدار الخلية

من أهم المواد التي تدخل في تركيب الجدار الخلوي مادة السليلوز وقد سبق الحديث عنها عند دراسة محتويات الخلية، وأشبهه (أنصاف) السليلوز **Hemicelluloses** وهي مجموعة غير متجانسة من عديد السكريات ذات درجات ذوبان معينة وبعض أفراد هذه المجموعة المانالات **Mannans** والجللاكتانات **Gloctans** والجلوكانات **Glucans** وهي تشبه للمواد البكتينية ولكنها ذات درجات ذوبان مختلفة وتعطي المواد نصف السليلوزية لوناً أحمر عند معاملتها بأحمر روثينيم **Ruthenium red** أما المواد البكتينية **Pectic substances** فتوجد في ثلاث صور هي البكتين الأولي **Propectin** والبكتين **Pectin** وحمض البكتيك **Pectic acid** وهي مواد غير متبلرة غروية ومحبة للماء بشدة وتكون الصفيحة الوسطى وأحياناً تدخل في تكوين الجدر الابتدائية.

ومن أهم مواد الجدار الخلوي التي تضاف بعد تكوينه:

1. اللجنين Lignins وتركيبها الكيميائي غير معروف بدقة ويقال بأنها بلمرات ذات محتوى كربوني عالي متميز عن المواد الكربوهيدراتية ويتكون أساساً من فينيل البروبان في صور مختلفة. واللجنين ناتج نهائي للأيض فإذا تكون فإنه يعمل كمادة أساسية تضاف للجدار الخلوي. وهو مادة صلبة قد تدخل في تكوين الصفيحة الوسطى والجدار الابتدائي ولكنها تعمل كمادة أساسية إضافية للجدار الثانوي ويعطي اللجنين لوناً أحمر عند معاملته بصبغة الصفرانين **Safranin** وكذلك محلول فلوروجلسينول **Phloroglycenol** وحمض الهيدروكلوريك المركز.

2. الكيوتين Cutin فهو مادة دهنية لا تنصهر ولا تذوب بسهولة في مذيبات الدهون وهو مركب من أحماض دهنية عالية البلمرة. ويكون طبقة متصلة على سطح البشرة الخارجي للأجزاء الهوائية تدعى بالأدمة **Cuticle** كما يوجد الكيوتين مع السليلوز في الجدر الخارجية لخلايا البشرة وتعرف عملية تخلل الكيوتين للجدر باسم الكوتنة **Cutinization** وتكوين الأدمة بالتأدم **Cuticularization**. ويوجد الكيوتين بالأدمة الداخلية لأغلفة البذور بعد تحولها من أغلفة البويضة ويوجد أيضاً في جدر خلايا النسيج الوسطي **Mesophyll** المحيطة بالغرف الهوائية التي تقع عادة تحت الثغور في الورقة.

3. السيوبرين Suberin فيشبه مادة الكيوتين في التركيب ويوجد مع السليلوز في جدر خلايا الفلين في البريدرم **Periderm** وتعرف عملية تخلل السيوبرين للسليلوز بالجدر الخلوية بالسوبرة **suberigation** كما يوجد أيضاً في الإندوديرمس (البشرة الداخلية) والإكسوديرمس (البشرة الخارجية) في الجذور.

4. الشموع Waxes توجد بمصاحبة الكيوتين والسيوبرين وقد توجد فوق الأدمة بأشكال مختلفة. مما يجعلها ذات وظيفة وقائية وأنها ذات أهمية ف **Gums and mucilages** ي تعريف وتصنيف النبات.

5. الصموغ والمواد المخاطية وقد سبق الحديث عنها عند دراسة محتويات الخلية. هذه المواد لها علاقة بالمواد البكتينية كما أن لها خاصية الانتفاخ بالماء وتوجد نتيجة الاضطرابات الفسيولوجية أو المرضية محدثة تحللاً في جدر الخلايا. وتوجد في الخلايا الخارجية في عديد من النباتات المائية وفي أغلفة البذور كأوراق نبات السنامكي.

التركيب المجهرى لجدار الخلية

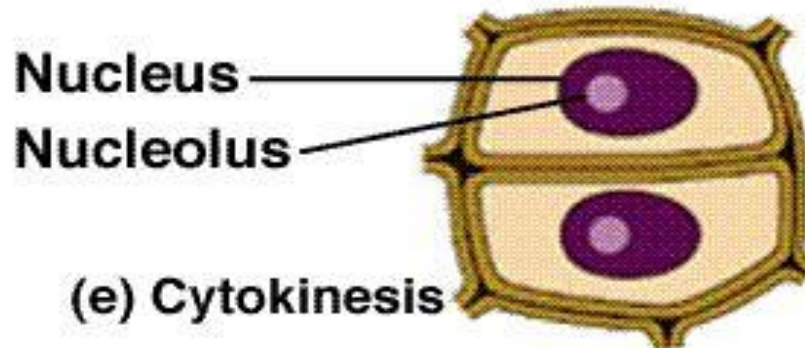
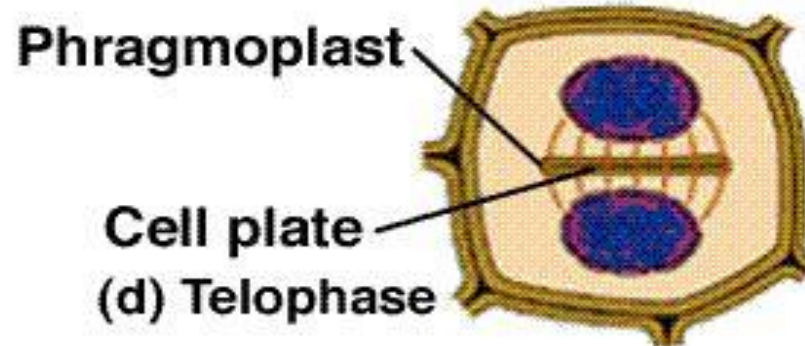
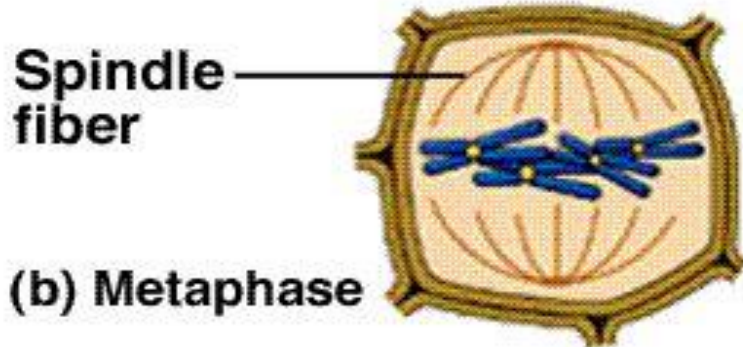
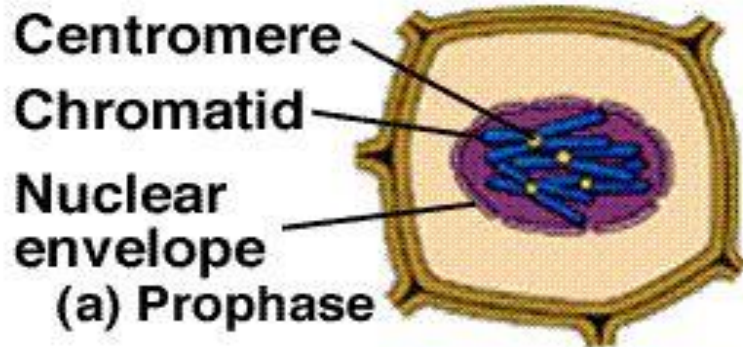
يتكون جدار الخلية من السليولوز الذي يكون على صورة جزيئات طويلة السلسلة وتتحد هذه الجزيئات في حزم تتراوح بين تلك التي ترى بالمجهر الالكتروني إلى التي ترى بالمجهر الضوئي وقد وصفت سلسلة جزئي السليولوز بأن طولها حوالي 4 ميكرومترات وتتحد هذه الجزيئات في ليفة دقيقة أولية (**elementary fibril**) **Micelle** تحتوي على 100 جزئ سليولوز في المقطع العرضي وعرضها 3-5 مليميكرومترات وهي تتجمع وتكون ما يعرف بالليفة الدقيقة **Microfibril** عرضها 20-30 مليميكرومترًا وبها 2000 جزئ في المقطع العرضي وتتحد الليفات الدقيقة لتكون ليفات كبيرة **Macrofibrils** سمكها 0.4 أو 0.5 ميكرومتر وبها 500.000 جزئ سليولوز في المقطع العرضي وفي النهاية يكون 2 بليون جزئ سليولوز المقطع العرضي للجدار الثانوي لخلية الليفة. (فري وزلنج - **Frey** **Wyssling** 1976 وولدر **Wilder** 1970) (شكل 16) .

وهذا النظام السليولوزي الليفي يتخلله نظام من أنابيب شعرية ذات أحجام مختلفة ممتلئة بالماء ومكونات سليولوزية متبلرة وكذلك مواد كيميائية أخرى داخلية في تكوين الجدار. وأنزيمات قد تكون إنزيمات بناء ونقل وإنزيمات تحلل للجزيئات الكبيرة في الجدار.

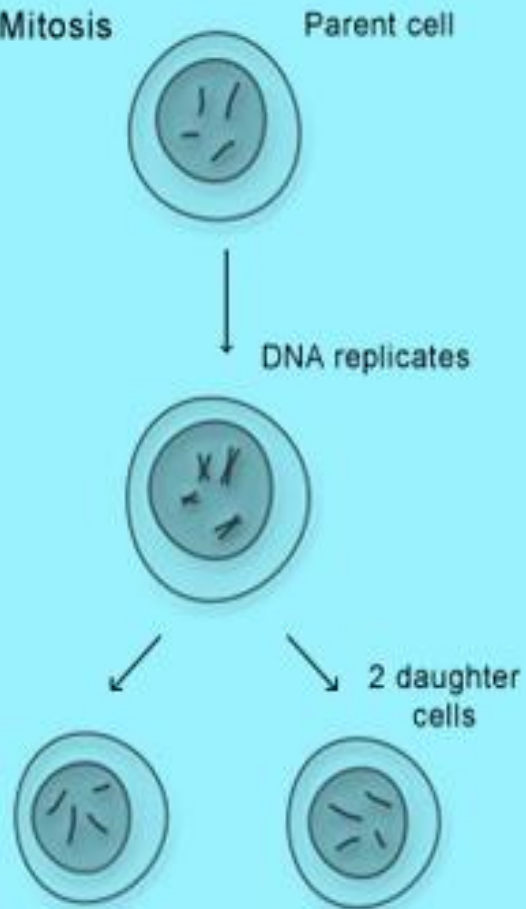
تكوين الجدار الخلوي

يبدأ تكوين الجدار أثناء انقسام الخلية غير المباشر حيث تنقسم النواة **Karyokinesis** بالخلية المنقسمة ثم تنقسم المواد الأخرى **Cytokinesis** بالخلية، ويتكون الجدار أثناء انقسام السيتوبلازم أي بعد مراحل انقسام النواة انقساماً غير مباشر **Mitosis**، ويعرف الفاصل بين البروتوبلازم الجديد بالصفحة الخلوية **Cell plate** حيث يتجمع في موضع القرص الاستوائي شكل مغزلي شبكي يعرف بالفراجموبلاست **Phragmoplast** بين الصبغيات التي تبتعد عن بعض مع الانقسام ثم تتجمع مواد نصف سائلة في القرص الاستوائي للفراجموبلاست تعرف بالصفحة الخلوية **Cell plate** تقسم البروتوبلازم إلى قسمين متحولة فيما بعد إلى أغشية بلازمية خارجية للخليتين الجديدتين، بينما تكون المواد البكتينية الموجودة بهذه الأغشية الصفحية الوسطى **Middle lamella** أو المادة بين الخلوية **Intercellular substances**، ثم بعد ذلك تترسب طبقات من السليلوز خارج الأغشية البروتوبلازمية مكونة الجدار الابتدائي.

Mitosis and Cytokinesis

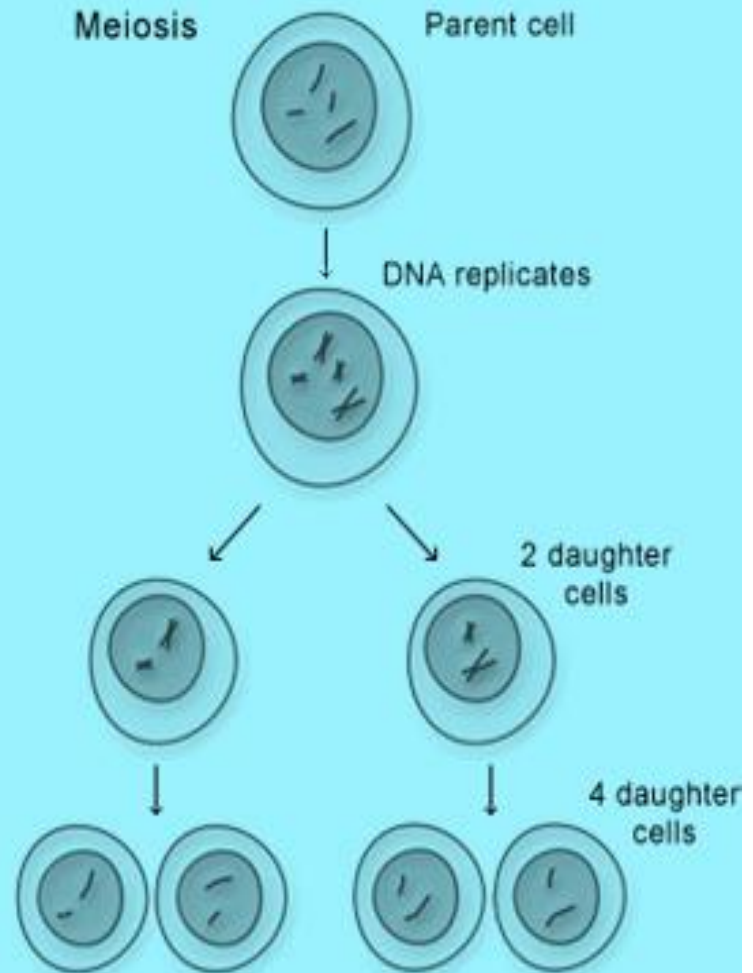


Mitosis



U.S. National Library of Medicine

Meiosis



Plant tissues الأنسجة النباتية

النسيج هو مجموعة من الخلايا التي إما أن تكون متشابهة في الشكل والتركيب والوظيفة ويطلق على النسيج في هذه الحالة بالنسيج البسيط **Simple tissue** مثل النسيج الكولنشيمي **Collenchyma** وإما أن تكون الخلايا مختلفة في الشكل أو الوظيفة ويطلق على هذا النسيج بالنسيج المعقد **Complex** مثل النسيج السكلرنشيمي **Sclerenchyma** ونسيج الخشب **Xylem tissue**.

وتقسم الأنسجة النباتية إلى قسمين حسب النشاط الانقسامى لتلك الخلايا المكونة لهذه الأنسجة وهي كما يلي:

- أنسجة إنشائية.
- أنسجة مستديمة أو بالغة.

أولاً : الأنسجة الإنشائية (المرستيمية) **Meristematic tissues**

النسيج الإنشائي مجموعة من الخلايا القابلة للانقسام ومشتقاتها البالغة **Mature derivatives** تضاف إلى الأنسجة المستديمة المكونة للجسم النباتي. ويحتوي النسيج الإنشائي على خلايا معينة تسمى بالخلايا المنشئة **Initial cells** وهذه الخلايا لا تغير مواقعها ولا تتحول إلى خلايا بالغة، ففي الانقسام الأول تضاف إحدى الخلايا الناتجة إلى النسيج الإنشائي (المشتقات) والتي بدورها بعد عدة انقسامات تضاف إلى النسيج المستديم وتبقى الخلية الأخرى إنشائية.

لقد أخذت كلمة **Meristem** من الكلمة اللاتينية **Meristo** ومعناه القابل للانقسام، ويختص النسيج الإنشائي بالنمو سواء في الكتلة أو الحجم. وتوجد الأنسجة الإنشائية (المرستيمية) في قمم السيقان والجذور الأصلية والفرعية وعددها كبير في النبات الواحد كما توجد ممثلة في **المنشئ الوعائي Vascular cambium** (الحزمي و بين الحزمي) و**المنشئ الفليني Phellogen**. ويؤدي نشاط هذه الأنسجة الإنشائية إلى تكوين جسم النبات الكبير المعقد. وتعمل الأنسجة الإنشائية القمية على إنتاج النمو الابتدائي الذي يسبب زيادة في حجم النبات سواء في الطول أو مساحة أسطحه الملامسة للهواء والتربة ويكون أيضاً الأعضاء التكاثرية. أما الأنسجة الإنشائية الجانبية والممثلة في **المنشئ الوعائي (الحزمي و بين الحزمي) و المنشئ الفليني** فإنهما يزيدان من حجم المجموع التوصيلي والوقائي لتلائم احتياجات جسم النبات.

ويبدأ **الجنين النباتي** في الانقسام والتكوين من بداية انقسام **الخلية البيضية المخصبة** (**اللاقحة**) فيكون خلايا جديدة بانقسام جميع خلاياه وذلك في الأطوار الأولى من بداية تكوينه، ولكن في المراحل (الأطوار) النهائية تنحصر إضافة الخلايا الجديدة تدريجياً في أجزاء خاصة من جسم النبات بينما تخصص الأجزاء الأخرى بوظائف أخرى غير النمو، ولذلك فإن النبات يتكون من مجموعتين من الأنسجة: أنسجة إنشائية وأنسجة بالغة وهذه الصفة توجد في النبات ولا توجد في الحيوان.

وتقسم الأنسجة الإنشائية حسب موضعها من جسم النبات إلى أنواع هي :

1 . نسيج إنشائي قمّي **Apical meristem**

يقع في قمة كل من المجموع الخضري والمجموع الجذري.

2 . نسيج إنشائي جانبي: **Lateral meristem**

ويقع موازياً للمحور الطولي للعضو النباتي الذي يحدث فيه.

3 . نسيج إنشائي بيني **Intercalary meristem**

ويقع بين خلايا وأنسجة بالغة ويعتبر جزء من النسيج الإنشائي القمي انفصل عنه واستمر في النشاط الإنقسامي لفترة معينة. مثل ما هو موجود بالسلاميات وأغلفة الأوراق.

كما أن هناك مجموعة من العلماء تقسم الأنسجة الإنشائية حسب نشأتها إلى:

1. نسيج إنشائي ابتدائي: **Primary meristem**

وينشأ مع نشأة الجنين أي يتكون أثناء تكوين الجنين النباتي ويشمل كل من النسيج الإنشائي القمي للمجموع الخضري والمجموع الجذري.

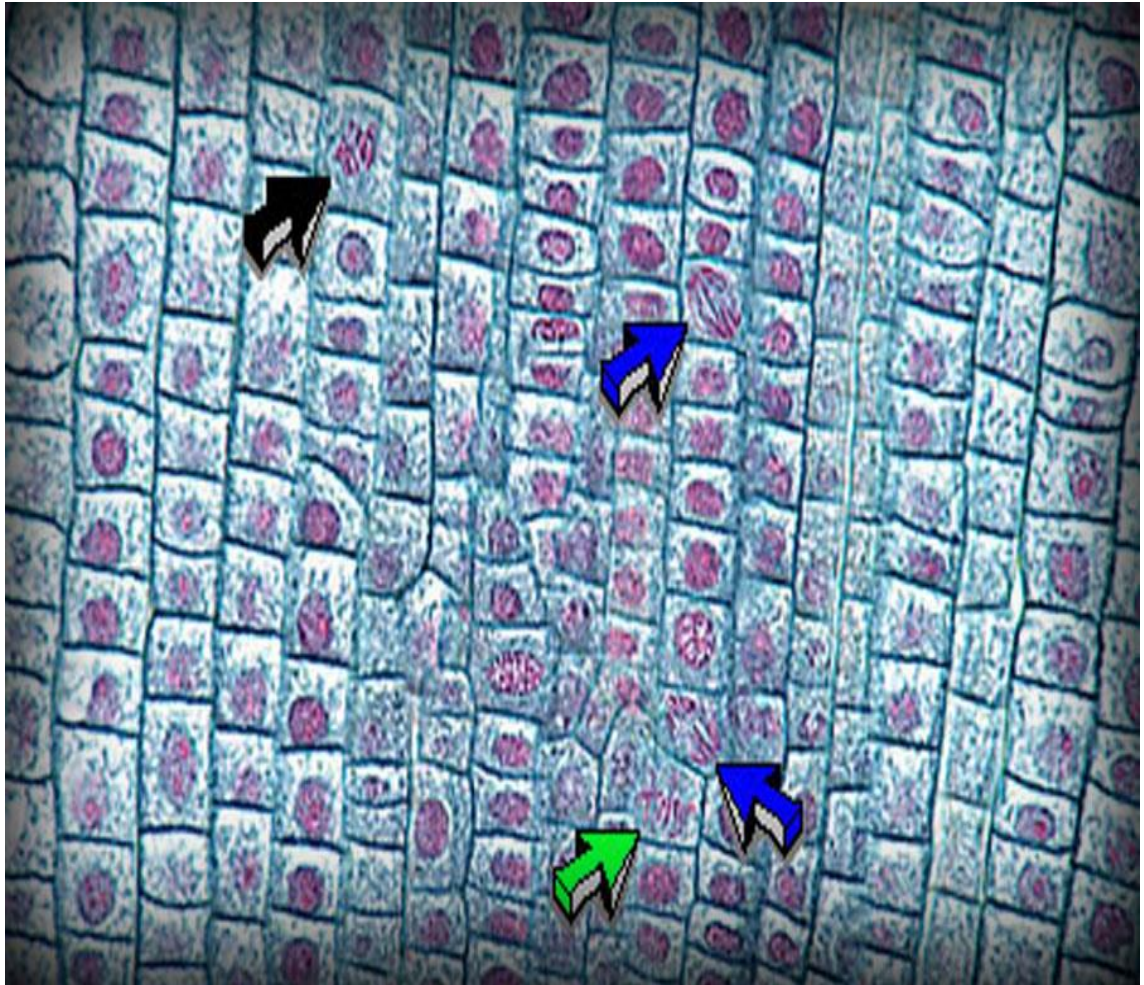
2. نسيج إنشائي ثانوي: **Secondary meristem**

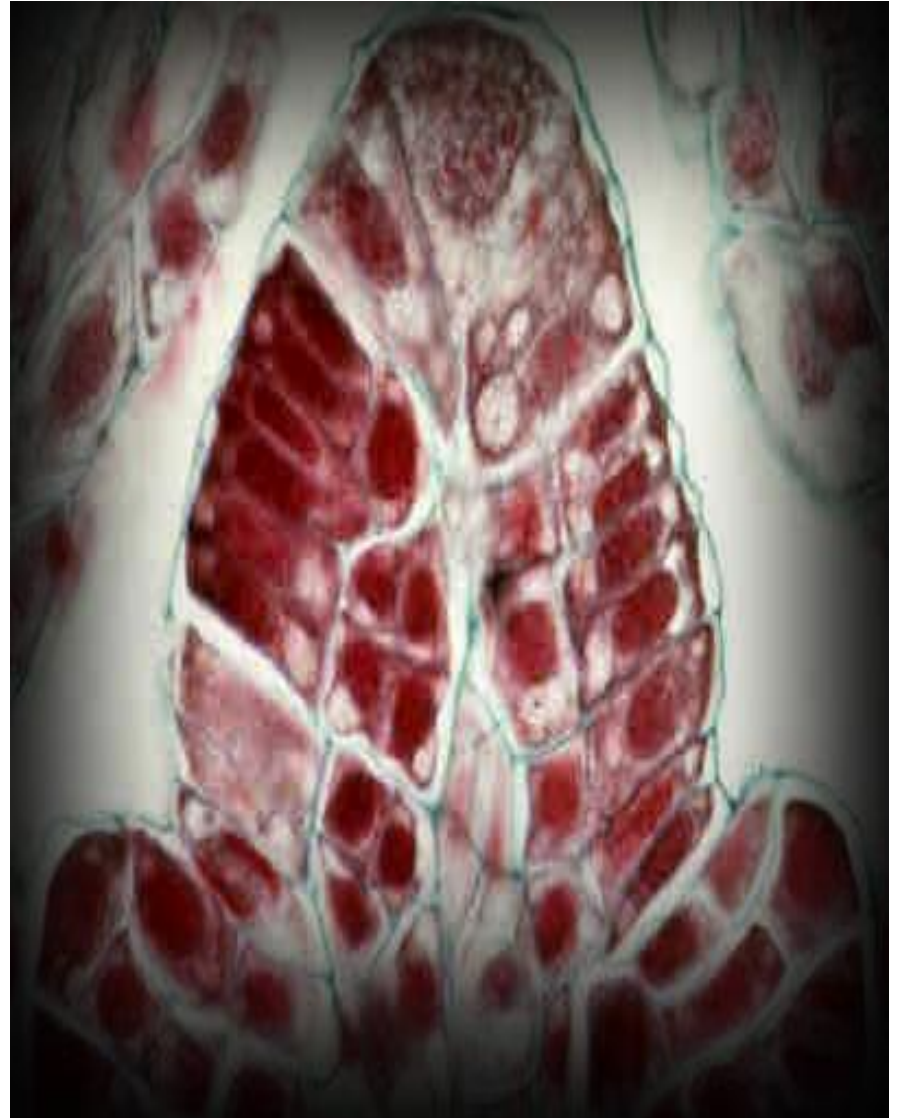
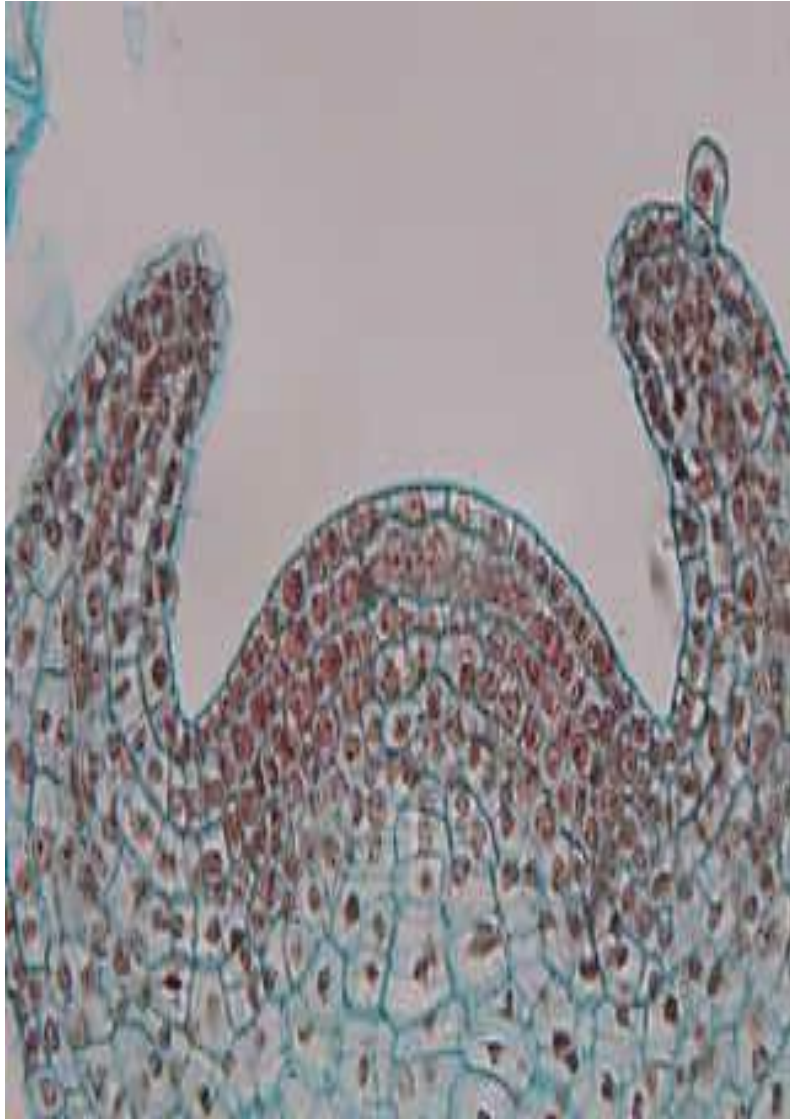
وينشأ بعد تكوين الجنين وإنبات النبات وتميزه إلى نبات بالغ ويشمل كل من المنشئ الوعائي والمنشئ الفليني.

وسوف نتبع في دراستنا لهذه الأنسجة الإنشائية رأي العالمة اشاو **Esau** (1965م) والتي تتبع تقسيم الأنسجة الإنشائية إلى قمية وجانبية وبينية أي نأخذ بتقسيم الأنسجة الإنشائية حسب موضع هذه الأنسجة من جسم النبات، وقبل أن نبدأ في دراسة الأنسجة الإنشائية نلقي نظرة على الصفات السيتولوجية للأنسجة الإنشائية وترتيبها، وكذلك ترتيب النمو فيها ثم تميزها إلى خلايا وأنسجة مستديمة (بالغة) كما يلي :-

أ. الصفات السيتولوجية للخلية الإنشائية (شكل 18):

- 1_ قابلة للانقسام.
- 2_ لا يوجد في الخلايا الإنشائية أثناء الانقسام النشط محتويات أيضية أو تخزينية.
- 3_ البلاستيدات تكون في مرحلة بلاستيدات أولية غير متميزة.
- 4_ توجد كمية قليلة من الشبكة الإندوبلازمية.
- 5_ السبحيات (**Mitochondria**) قليلة التعقيد أي في حالة أولية.
- 6_ البروتوبلازم كثيف (غزير).
- 7_ كون الفجوات عادة صغيرة أو معدومة وأحياناً توجد فجوات كبيرة ولكنها نادرة.
- 8_ النواة كبيرة بالنسبة لحجم الخلية.
- 9_ حجم الخلية صغير عادة ومتساوي الأقطار في الخلايا الإنشائية للأنسجة الإنشائية القمية، ومستطيلة ضيقة في الأنسجة الإنشائية الجانبية.
- 10_ جدار الخلية ابتدائي رقيق وبه حقول نظرية ابتدائية ويتكون من مواد سليولوزية.





ب . ترتيب النمو في الأنسجة الإنشائية

في بعض النباتات توجد خلية إنشائية واحدة تمثل النسيج الإنشائي القمي للنبات سواء كان ذلك في قمة المجموع الجذري أو المجموع الخضري، ويعطي نشاط هذه الخلية جميع أنسجة النبات الداخلية، كما يكون جميع الأعضاء الأخرى كبدايات الأوراق وبدايات البراعم وما إلى ذلك من زيادة مساحة أسطح النبات، ولهذا فإن هذه الخلية تعطي توزيعاً منتظماً من الخلايا. كما هو الحال في السراخس، ونبات ذيل الحصان *Equisetum* (شكل 19).

أما في حالة النباتات الراقية فإن النسيج الإنشائي يتكون من أكثر من خلية واحدة ولهذا فإن انقسام الخلايا في القمم أي في الأنسجة الإنشائية القمية يكون بنظام أقل ترتيباً ولكنه ليس عشوائياً، فقد تنقسم بعض خلايا النسيج الإنشائي ببطء وتكبر في الحجم بينما تنقسم خلايا أخرى بسرعة فينتج خلايا صغيرة، كما تنقسم بعض الخلايا في محاور مختلفة أي باتجاهات عديدة مختلفة فينتج نمواً حتمياً، بينما تنقسم خلايا أخرى عادة بجدر عمودية على سطح النسيج الإنشائي فتعطي نمواً سطحياً. كذلك تنقسم خلايا النسيج الإنشائي الجانبي انقسامات موازية لسطح العضو النباتي (انقسامات محيطية **Periclinal division**) فيؤدي ذلك إلى تكوين صفوف من الخلايا موازية لمحيط المحور ينتج عنها زيادة في سمك محيط العضو النباتي (شكل 19).

ج . تميز الخلايا الإنشائية إلى خلايا بالغة **Cell Differentiation**

يقصد بالتميز العمليات المرتبطة مع بعضها البعض ذات الطبيعة الكيميائية والوظيفية والشكلية

التي تؤدي إلى تخصص الخلايا ويحدث أثناء التميز تغيرات في الخلية الإنشائية منها :_

- 1_ زيادة واضحة للعصير الخلوي بفجوة الخلية.
- 2_ كتمال نمو وتميز البلاستيدات إلى أنواعها المختلفة وأخذها اللون المميز.
- 3_ تجمع مواد النواتج الأيضية (المواد التخزينية والإفرازية).
- 4_ يتغير شكل وحجم الخلايا.
- 5_ يحدث تغير في تركيب وتكوين جدار الخلية.
- 6_ اختفاء البروتوبلازم في الخلايا الميتة.
- 7_ حدوث تضاعف كروموزومي داخل الخلايا كما هو الحال في الخلايا البرنشيمية المخترنة للماء . ولكن لا يحدث ذلك بكثرة في الخلايا المكونة للبشرة والأنسجة التمثيلية . كما قد يصاحب ذلك زيادة في حجم النواة ومحتوى DNA.
- 8_ قد يحدث تغيرات في جدار الخلية كاللجنة والسوبرة والكوتنة والسيلكة.
- 9_ قد يزال جزء من الجدار المكون للخلية المتخصصة كما هو الحال في خلايا الأوعية الخشبية.
- 10_ تكون مسافات بينية بين الخلايا المتجاورة وذلك في منطقة التلاقي.
11. قد يغير وجود المسافات البينية ترتيب الخلايا عما كان عليه في الخلايا الإنشائية.
12. تقف الخلية عن الانقسام.

والتمييز: كما تعرفه أشاو **Esau** (1977م) هو عملية التحول من النسيج الإنشائي البسيط التركيب إلى أنسجة مختلفة ومعقدة ويمكن أن يفسر ذلك بالمفردات التالية : خلايا مفردة، ثم نسيج، ونظام نسيجي، ثم عضو أو نبات كامل، وأحياناً ينظر للتمييز أنه عملية مزدوجة فأولاً تكون الخلايا مختلفة عن السلف الإنشائي وثانياً تصبح مختلفة عن الخلايا أو الأنسجة المجاورة.

التخصص: Specialization

عند فحص التركيب الداخلي للعضو النباتي ومقارنة الخلايا التي اكتمل تميزها فإننا نلاحظ أن بعض هذه الخلايا قد أصبحت أكثر تميزاً عن الخلايا الإنشائية من البعض الآخر. وهذا النوع من التمييز يسمى بالتخصص ويتعلق ذلك بالوظائف التي تقوم بها الخلايا المختلفة في الجسم النباتي وأعلى درجة توضح التخصص ما يحدث في الخلايا والعناصر التوصيلية للماء في الخشب حيث تكون خلاياه ذات جدر سميكة وخالية من المحتويات عند البلوغ. وكذلك الأوعية الموصلة للمواد الغذائية (الأنابيب الغربالية) في اللحاء والتي تفقد أنويتها عند البلوغ.

النسيج الإنشائي القمي للمجموع الخضري Apical meristem of shoot

توجد الأنسجة الإنشائية القمية في قمم الساق وفروعها ويسمى النسيج الإنشائي القمي بالنسيج الإنشائي الأولي **Promeristem** في المجموع الخضري ولكن هذه التسمية قديمة وتدل على الخلايا الإنشائية ومشتقاتها الحديثة فقط. وتحت هذه المنطقة الإنشائية تتميز الخلايا الناتجة من الخلايا الإنشائية الأولية بحدوث الزيادة في الحجم ودرجة وجود الفجوات، ومعدل واتجاه الانقسام الخلوي وعلى مسافة أبعد من ذلك ناحية الأسفل توجد ظاهرة التعضي أو تكوين الأعضاء مثل تكوين بدايات الأوراق والبراعم، وظاهرة تكوين الأنسجة في المنطقة المحيطة التي تكون فيها بدايات الأوراق ومنشآت كل من البشرة والقشرة وكذلك منشئ الأنسجة الوعائية تكون متميزة عن منشئ النخاع. ولهذا يتميز النسيج الإنشائي القمي في هذه المنطقة إلى ثلاثة منشآت (شكل 20) هي:

1_ منشئ البشرة:

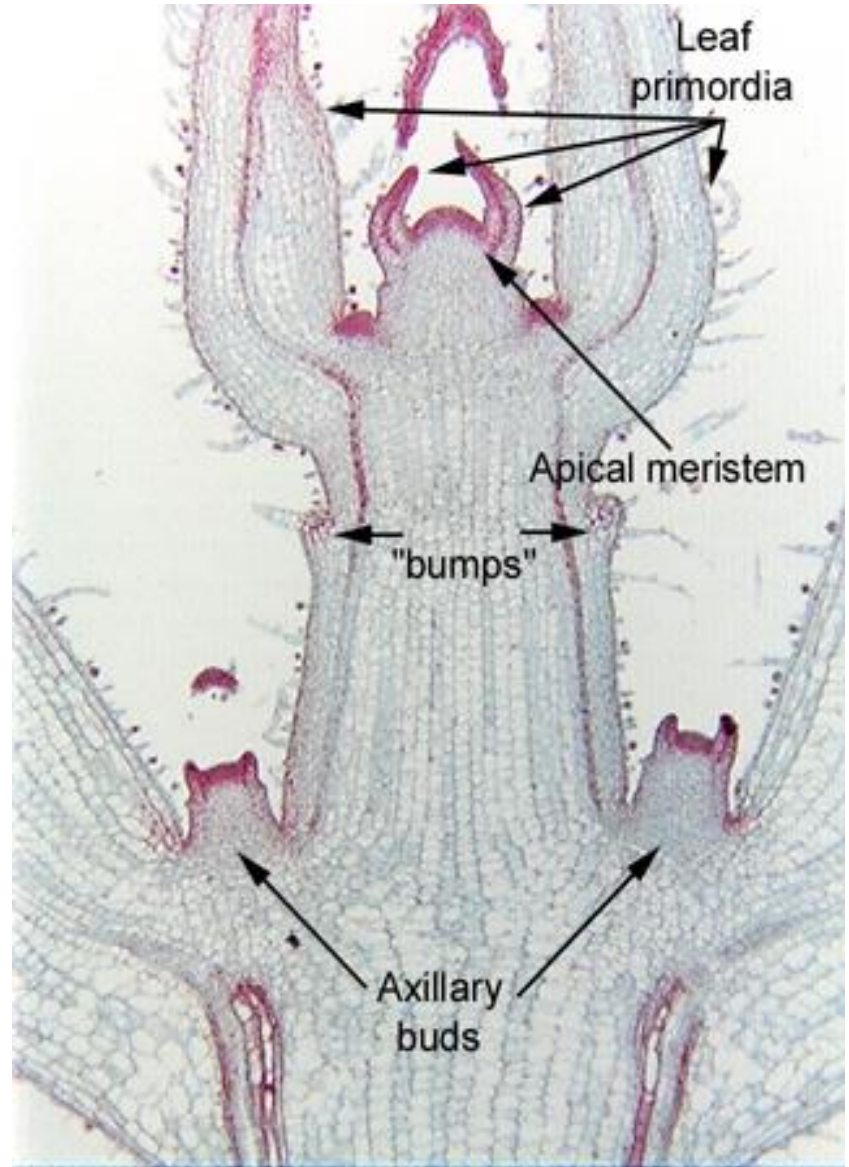
ويكتسب صفات خلايا البشرة حيث تكون الخلايا مستطيلة في المقطع العرضي والطولي. ويعطي أو يتميز إلى البشرة.

2_ منشئ النسيج الوعائي:

وتوصف خلاياه بشكل ضيق ومستطيل بسبب الانقسامات الطولية. ويتميز إلى النسيج الوعائي الابتدائي.

3_ منشئ النسيج الأساسي:

وتكون خلاياه أقل استطالة وأوسع من خلايا منشئ النسيج الوعائي. ويتميز إلى النسيج الأساسي أو الأرضي (القشرة والنخاع).



تطور مفهوم التعضي القمي:

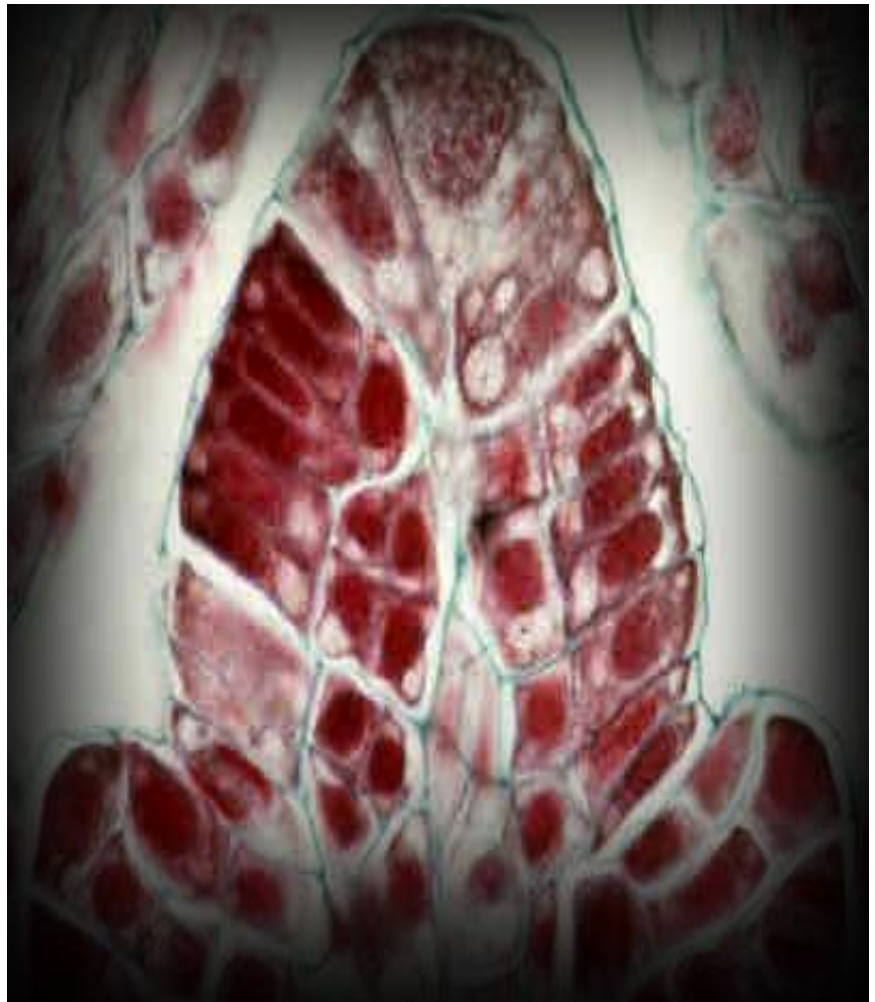
نظراً لتقدم العلم في مجال البحث عن مسببات نمو واستطالة العضو النباتي فقد توالت الدراسات على قمة كل من المجموع الخضري والمجموع الجذري للنبات ونتيجة لهذه الدراسات المستفيضة والمركزة فقد اقترح عدة نظريات حول النسيج الإنشائي القمي لهذه المجاميع النباتية مبنياً على ترتيب ونشاط هذا النسيج في تكوين جسم النبات وسوف نستعرض هذه النظريات حسب قدمها وتركيبها وهي:

• نظرية الخلية القمية: **Apical cell theory**

اقترح هذه النظرية العالم ناجيلي (Najeli) عام 1844م عند فحصه النسيج الإنشائي القمي للمجموع الخضري لبعض النباتات غير الوعائية الزهرية وقد اعتقد أن هذه الخلية القمية توجد في جميع النباتات سواء الزهرية منها وغير الزهرية. وتنص هذه النظرية على أن النسيج الإنشائي القمي للمجموع الخضري يتكون من خلية قمية واحدة سميت بالخلية القمية الإنشائية **Apical initial cell** تحتل هذه الخلية المنطقة البعيدة (الطرفية) من مجموع الخلايا المجاورة وخاصة في المجموع الخضري. وتظهر كمصدر لإنشاء جميع الخلايا والأنسجة في المجموع الخضري والمجموع الجذري للنبات.

وقد وصفت هذه الخلية بأنها هرمية الشكل رباعية الأضلاع كما في نبات ذيل الحصان **Equisetum** أو عدسية الشكل كما في تالوس طحلب الدكتيوتا **Dictyota**. والخلية الهرمية الشكل تنقسم انقسامات موازية للأضلاع الثلاثة الداخلية حيث تظهر الخلايا الناتجة مترتبة بنظام معين دالة على هذا الانقسام (شكل 20).

والخلية الهرمية الشكل يتجه رأس الهرم فيها إلى ناحية قاعدة العضو النباتي أي إلى الداخل بينما تتجه قاعدة الهرم ناحية السطح البعيد أو الحر. وتظهر الخلية القمية كبيرة وذات فجوة كبيرة وكذلك مشتقاتها الأولى **Derivatives**، ولكن كلما انقسمت هذه المشتقات ثانياً فإنها تصغر في الحجم وتزداد كثافة سيتوبلازمها. ويظهر ذلك واضحاً في الخلايا أو المشتقات المحيطة بينما تظهر الخلايا الوسطية ذات فجوات كبيرة.



• نظرية أصل النسيج **Histogen theory**

لقد اقترح هذه النظرية العالم هانشتاين **Hanistein** (1868م) عندما درس عدد كبير من قمم المجموع الخضري والمجموع الجذري للنباتات الراقية. حيث وجد أن جسم النبات المتكون لا ينمو من خلية قمية إنشائية واحدة. كما ذكر ناجيلي. ولكنه ينمو نتيجة لنشاط وانقسام مجموعة من الخلايا القمية الإنشائية أطلق عليها فيما بعد بالنسيج الإنشائي القمي. هذا ويمكن أن تقسم هذه المجموعة من الخلايا إلى ثلاثة منشئات (شكل 20) هي :

• منشئ البشرة **Protoderm**

ويعطي نشاطه وانقسامه بشرة العضو النباتي.

• منشئ القشرة **Periblem**

ويعطي نشاطه القشرة وأحياناً يسمى بمنشئ القشرة والنخاع حيث يعطي نشاطه كل من نسيج القشرة

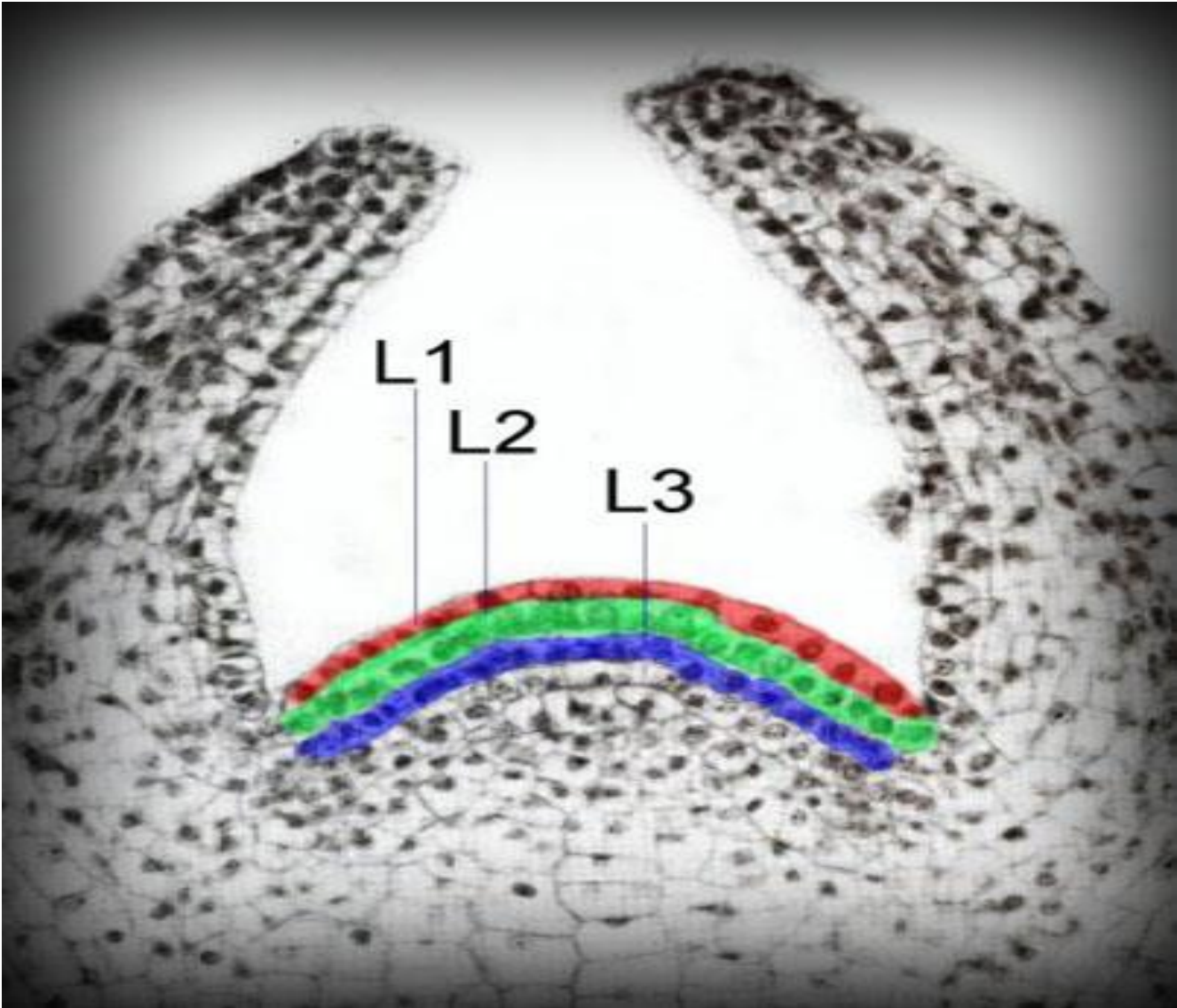
Cortex والنخاع Medulla

• منشئ الاسطوانة المركزية **Plerome**

يؤدي نشاطه إلى تكوين أنسجة الجزء المركزي من محور العضو النباتي أي يعطي الاسطوانة الوعائية وهي .

الأنسجة الوعائية والنخاع إن وجد . ولكن بعض العلماء يطلق على منشئ الأنسجة الوعائية **بالكامبيوم**

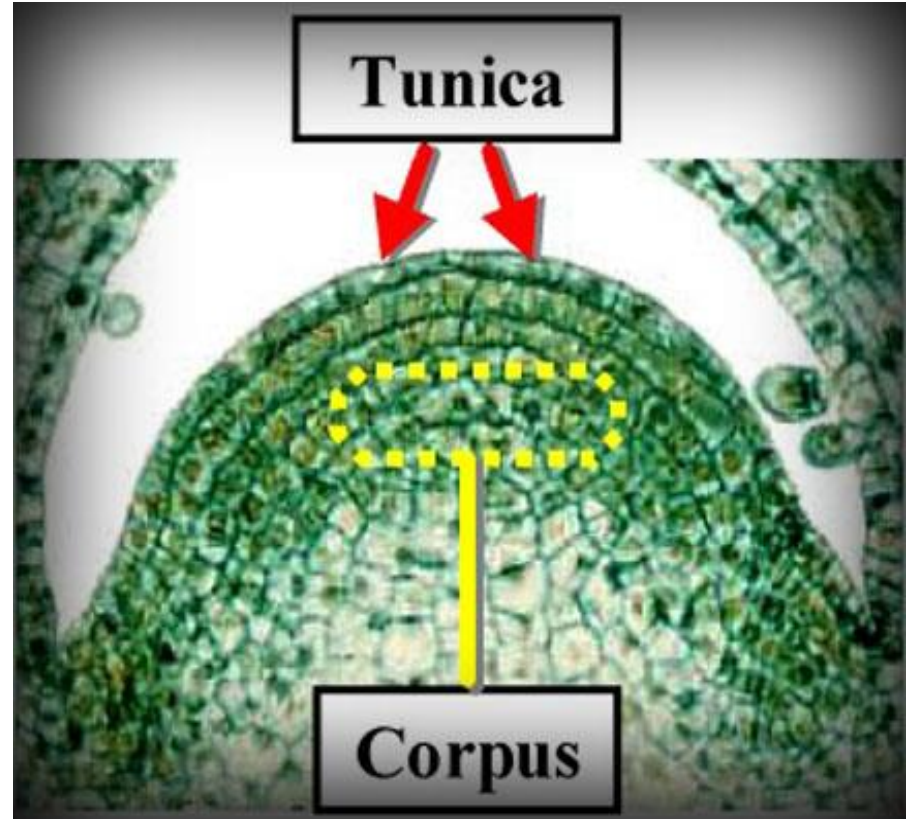
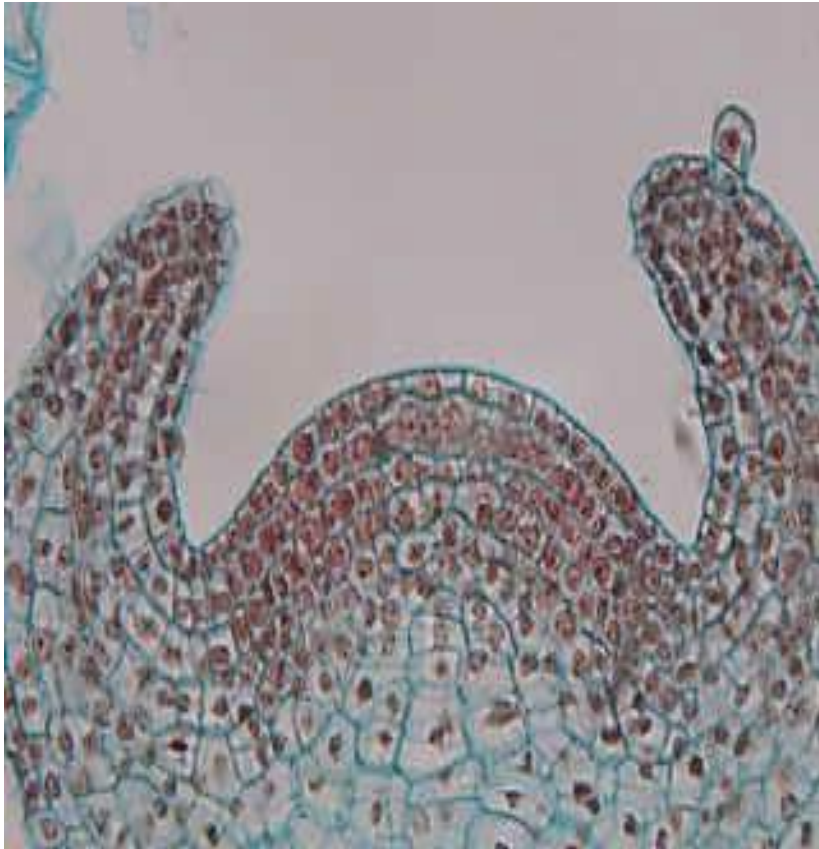
الأولي Procambium في حالة وجود منشئ خاص بالقشرة والنخاع.



نظرية الغطاء والجسد : Tunica-corporis theory

لقد اقترح هذه النظرية العالم شميت Schmidt في أوائل القرن العشرين وبالتحديد في عام 1924م وذلك نتيجة لدراسات عديدة أجريت على قمة المجموع الخضري للنباتات الراقية وبالذات النباتات كاسيات البذور. وفي هذه النظرية وجد أن النسيج الإنشائي القمي للمجموع الخضري لهذه النباتات لا يتكون من مجموعة متشابهة من الخلايا الإنشائية بل يمكن تمييز منطقتين من الخلايا ذات انقسامات باتجاهات مختلفة فأطلق على الخلايا ذات الانقسامات العمودية على السطح الواقعة على محيط العضو النباتي بالغطاء **Tunica** وأما الخلايا الداخلية والتي ذات انقسامات باتجاهات مختلفة فقد أطلق عليها مصطلح الجسد **Corpus** ووجد أن الغطاء قد يتكون من طبقة أو طبقتين فأكثر تحيط هذه الطبقات بمجموعة الخلايا الأخرى التي هي عبارة عن ما سمي بالجسد (شكل 22).

لقد وجد بالدراسة والبحث أن الجسد يحتوي علي طبقة واحدة من الخلايا الإنشائية بينما وجد أن لكل طبقة من طبقات الغطاء خلية أو أكثر من الخلايا المنشئة وبهذا يكون مجموع الطبقات المنشئة في هذا النسيج الإنشائي القمي هي عدد طبقات الغطاء مضافاً إليها الطبقة المنشأة للجسد (أي عدد طبقات الغطاء + 1). وفي هذه الحالة تنشأ البشرة دائماًً من الطبقة الخارجية للغطاء بينما تنشأ الأنسجة الأخرى (القشرة والإسطوانة الوعائية والنخاع) من الغطاء والجسد معاً.



4. نظرية المناطق الخلوية (التمنطق الخلوي) Cytological zones

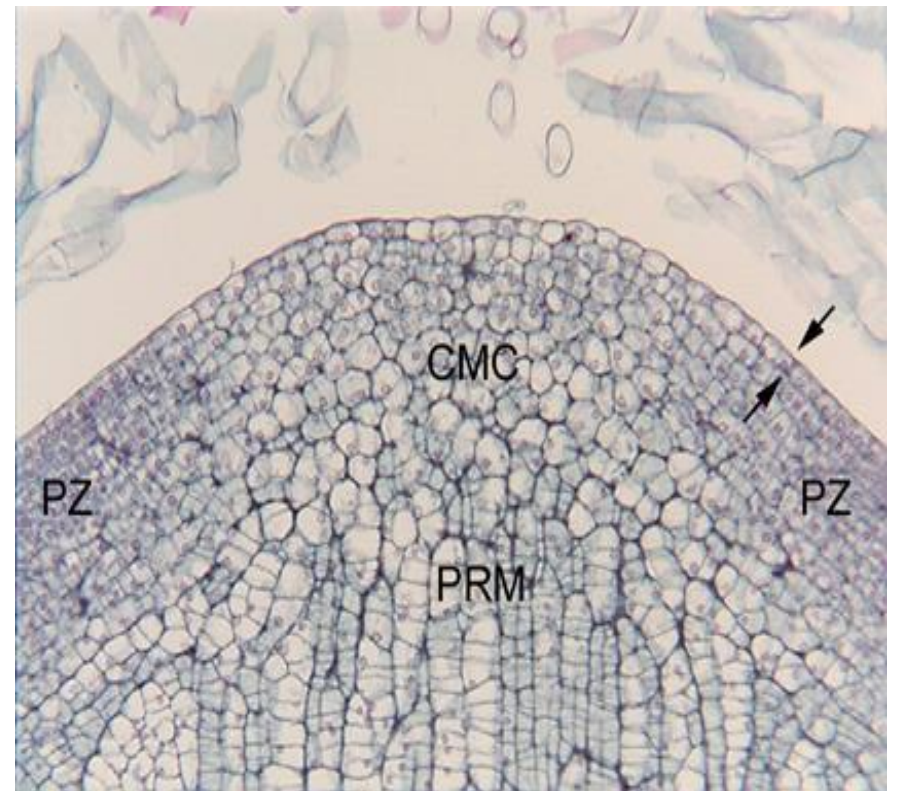
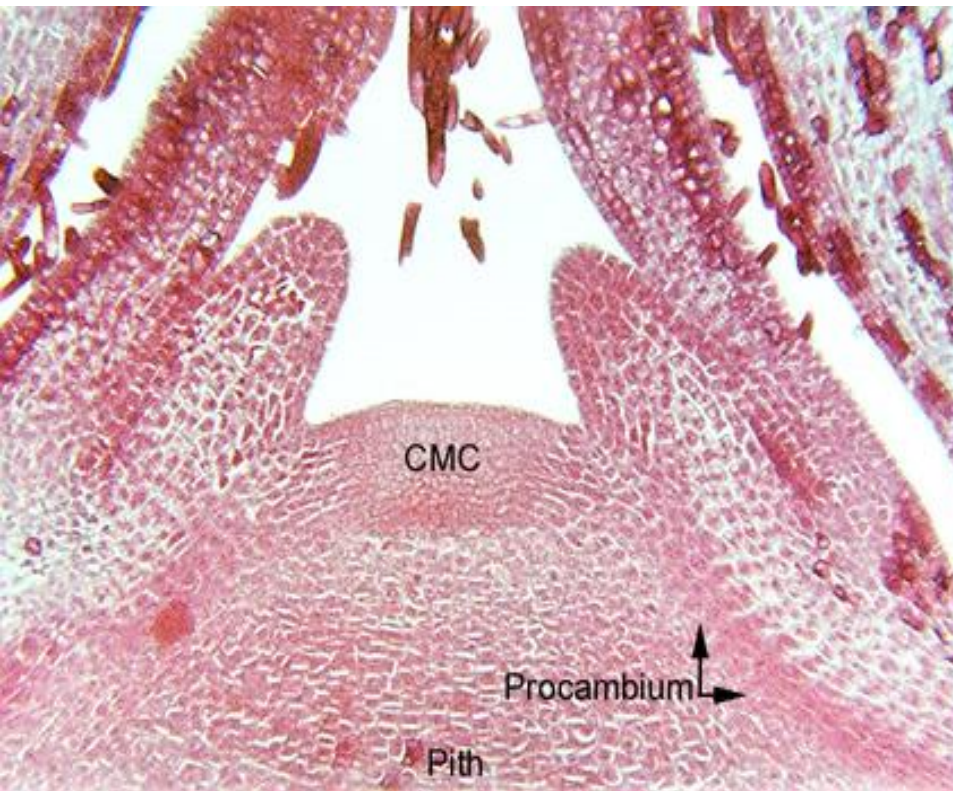
Cyto-histological

zonation

(لقد اقترح هذه النظرية العالم فوستر Foster عام 1938م على غرار ما وجد في قمم كل من نبات الجينكو *Genko biloba* ونبات الصنوبر *Pinus sp.* وفي هذه النظرية يقسم النسيج الإنشائي القمي إلى منطقة محورية بعيدة **Distal apical zone** ينتهي فيها المحور النباتي ومنطقتين تنشآن عنها أو تشتقان منها وهما المنطقة الداخلية **Rib meristem (inner zone)** وتظهر مباشرة تحت المنطقة المحورية البعيدة ويعطي نشاطها وانقسامها النخاع بعد عدة انقسامات ويطلق على المنطقة الداخلية أحياناً بالنسيج الإنشائي العمودي (الضلعي) **Rib meristem**. والمنطقة الخارجية أو **Outer zone** أو المنطقة المحيطية **Peripheral zone** وهي تحيط بالمنطقة الداخلية وأحياناً تسمى بالنسيج الإنشائي الحقيقي **Eumeristem** أو النسيج الإنشائي الجانبي **Flank meristem** (شكل 23).

وتتميز المنطقة المحيطية أو الخارجية بأنها ذات خلايا صغيرة غزيرة البروتوبلازم وأنها ذات نشاط مرستيمي عالي حيث تعطي هذه المنطقة بدايات الأوراق والبراعم، والنسيج الإنشائي الأساسي الذي يعطي القشرة وكذلك منشئ الأنسجة الوعائية الذي يعطي اللحاء والخشب الابتدائيين.

أما المنطقة الداخلية فإن خلاياها ذات بروتوبلازم أقل كثافة من خلايا المنطقة الخارجية ويعطي نشاط هذه المنطقة نسيج النخاع.

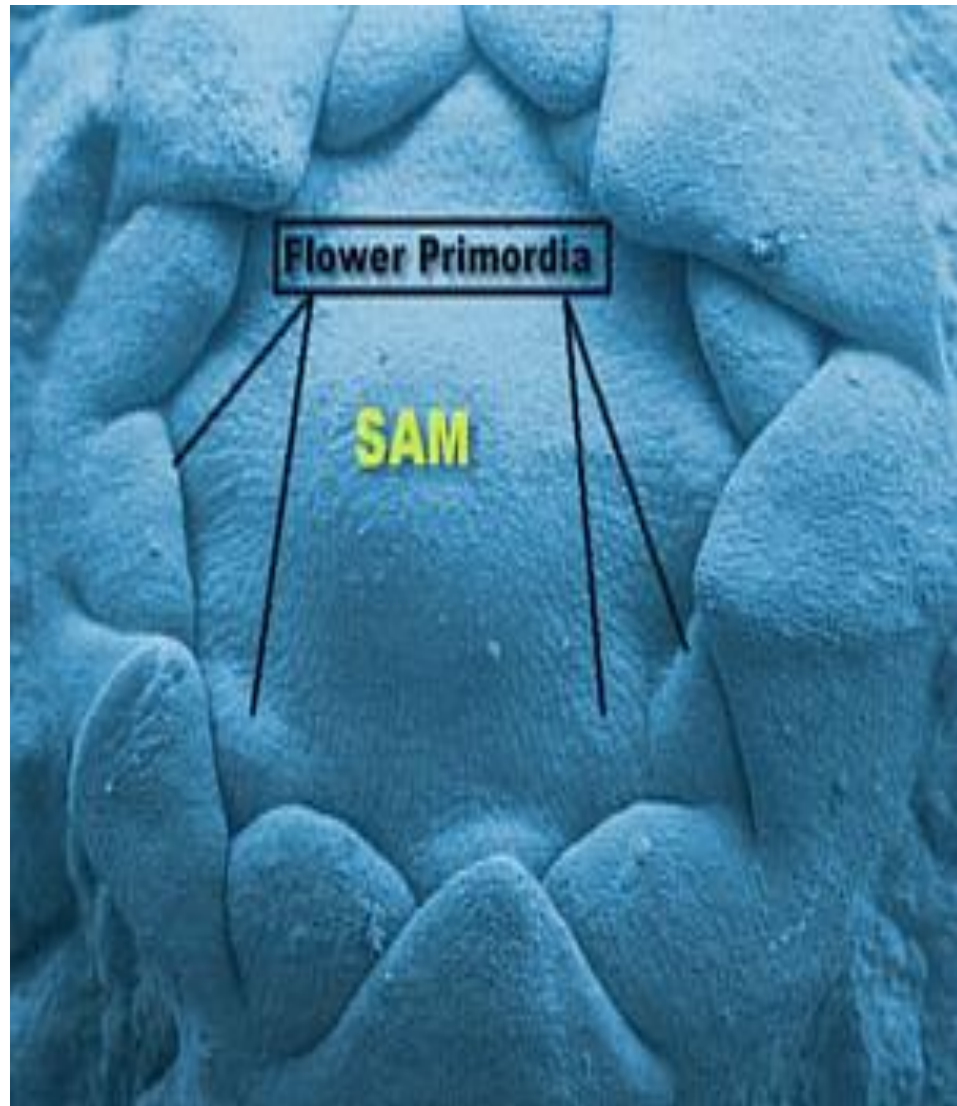


نظرية النسيج الإنشائي المنتظر والحلقة الإنشائية

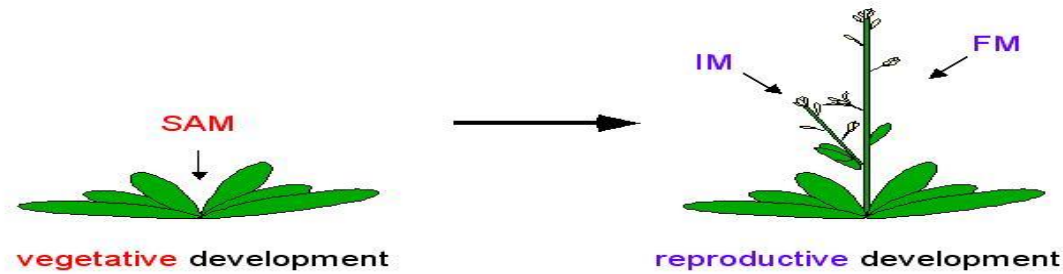
Waiting meristem and initiating ring

Theory

لقد اقترح هذه النظرية بوفـا **Buvat** وطلابه عام 1955م ، ثم أيد هذا الاقتراح العالم كلاوس **Clawes** بعد ذلك بسنوات وكان ذلك في عام 1961م وفي هذه النظرية نلاحظ أن النشاط الإنشائي يلعب دوراً كبيراً في اقتراحها حيث أن الدراسات السيتولوجية وكيمياء الأنسجة والبنيات الدقيقة على المنطقة البعيدة **Distal zone** المقترحة من قبل فوستر 1938م والتي تمثل النسيج الإنشائي القمي **Apical meristem** تدل على أن هذه المنطقة خاملة خلال النمو الخضري للعضو النباتي بمقارنتها بالمنطقة الخارجية (أو النسيج الإنشائي الحقيقي) ولهذا أطلق عليها بوفـا اسم النسيج الإنشائي المنتظر (النسيج الإنشائي المترقب) **Waiting meristem** لأنه يعتقد أن هذه المنطقة البعيدة تظل خاملة أي غير نشطة حتى وقت التحول من الطور الخضري إلى الطور التكاثري وفي هذه المرحلة يلاحظ أنه يبدأ النسيج الإنشائي المنتظر في النشاط والانقسام ونتيجة لهذا النشاط ينتج المجموع الزهري أو التكاثري (شكل 24).



ونظراً لأن المنطقة الخارجية (النسيج الإنشائي الحقيقي) ذات نشاط انقسامي كبير وأنها تنشئ بدايات الأوراق والبراعم الجانبية بالإضافة إلى الأنسجة الداخلية ما عدا نسيج النخاع فقد أطلق عليها بوفات بالحلق. **ة الإنشائية Initiating ring** واعتبر المنطقة الداخلية منشئة للنخاع **Medullary meristem**



هذا وقد امتدت نظرية المنطقة البعيدة الخاملة من وجودها في المجموع الخضري لنباتات كاسيات البذور إلى نباتات عاريات البذور كما وجدت أيضاً في النباتات الوعائية البدائية وكذلك في الجذور لمعظم النباتات الراقية، والتي سميت فيما بعد بالمركز الساكن **Quiescent center** (كلاوس 1961م) .

قمة المجموع الخضري للنباتات الوعائية غير الزهرية

تتميز هذه النباتات بوجود خلية قمية واحدة **Single apical cell** أو أحياناً عدة خلايا إنشائية. وعادة ما تكون الخلية القمية الفردية هرمية الشكل تتجه قاعدتها إلى ناحية السطح الحر وتتجه الجوانب الثلاثة الأخرى ناحية الداخل. وتنتج الخلايا الجديدة موازية للأضلاع الثلاثة وخير مثل على ذلك ما يوجد في قمة المجموع الخضري لنبات ذيل الحصان وكثير من السراخس ما عدا السراخس الحقيقية (شكل 20).

قمة المجموع الخضري للنباتات عاريات البذور

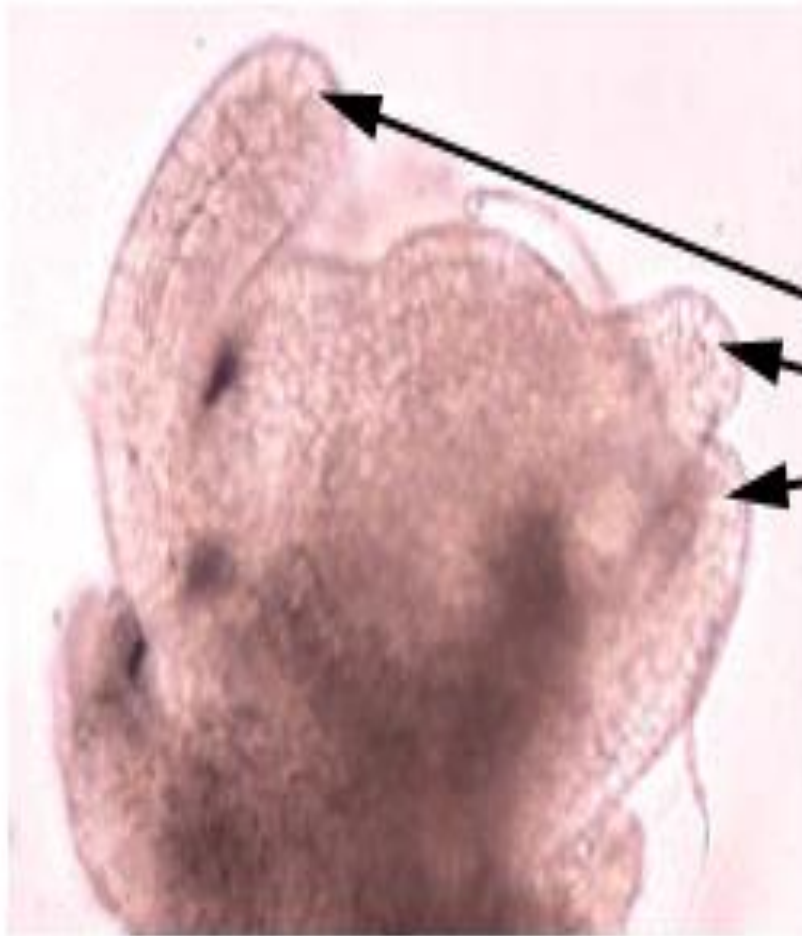
اكتشفت نظرية المناطق الخلوية في النسيج الإنشائي القمي لكل من نبات الجينكو ونباتات الصنوبر. وقسم النسيج الإنشائي الابتدائي في تلك النباتات إلى منطقة محورية بعيدة ذات خلايا إنشائية متشابهة في الشكل ونشاط إنشائي قليل وهذه المنطقة يعطي نشاطها إلى تكوين منطقتين من الخلايا الإنشائية: منطقة خارجية. يعطي نشاطها جميع الخلايا والأنسجة ما عدا النخاع، ومنطقة داخلية يعطي نشاطها نسيج النخاع (شكل 23).

قمة المجموع الخضري للنباتات كاسيات البذور

تنطبق نظرية الغطاء والجسد على معظم أفراد هذه المجموعة من النباتات : ففي نباتات ذوات الفلقتين يتكون الغطاء من طبقة إلى خمس طبقات وغالباً ما يوجد طبقتين. بينما في نباتات ذوات الفلقة الواحدة يتكون الغطاء من طبقة إلى 4 طبقات وعادة ما يكون الغطاء طبقة واحدة في أغلب النباتات. وهناك آراء تقول بأن الغطاء لا يتكون من أكثر من طبقتين هما منشئ البشرة ومنشئ تحت البشرة (شكل 22).

منشأ الأوراق: Leaf origin

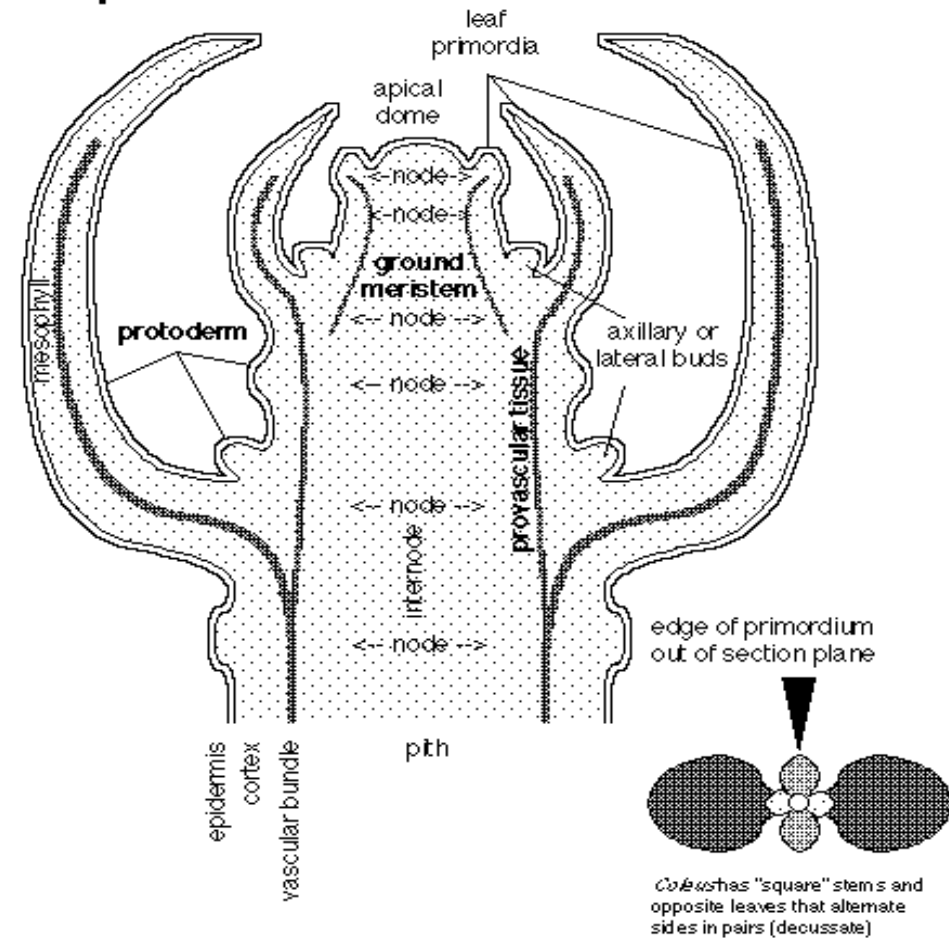
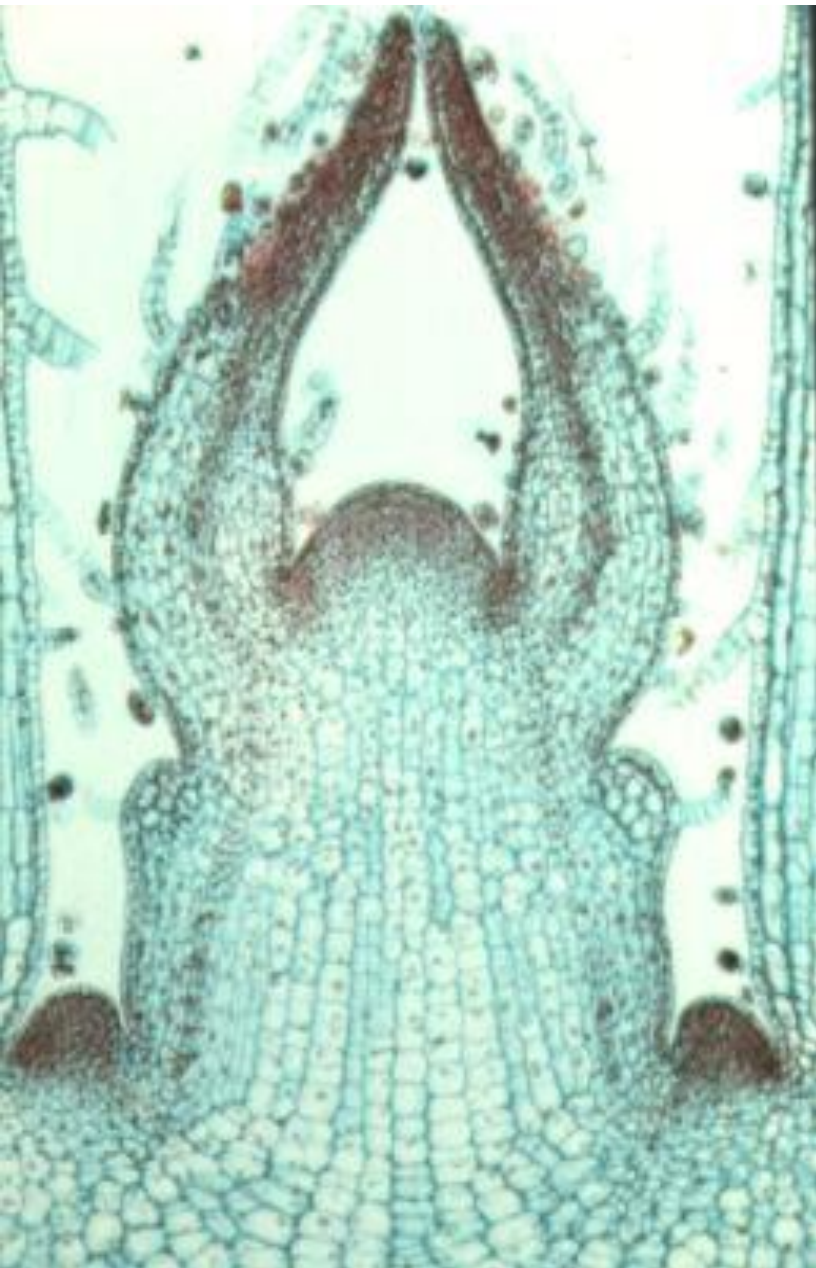
من أهم العلماء الذين بحثوا في منشأ الورقة هو العالم جو تنبرج **Guttenberg** (1960م)، وقد وجد أن أوراق نباتات ذوات الفلقتين تنشأ عادة من الطبقة تحت السطحية من الغطاء حيث يبدأ الانقسام الأول موازياً للسطح في الطبقة تحت السطحية ثم يتبع ذلك انقسامات متشابهة في الطبقة التي تليها من الداخل. كما يصاحب ذلك انقسامات متعامدة على السطح في الطبقة السطحية فقط، مكونة بشرة الورقة، بينما تكون الانقسامات الموازية للسطح في الطبقة تحت السطحية والتي تليها من الداخل النسيج الوسطي للورقة بالإشتراك مع الطبقة السطحية من الجسد حيث يتكون في بداية الأمر مجموعة من النسيج الإنشائي تبرز إلى خارج النسيج الإنشائي القمي أو العضو النباتي تسمى ببداية الورقة **Leaf primordium** وعند مضي مرحلة من الانقسامات تسمى بزر الورقة **Leaf buttress** الذي يتحول إلى ما يعرف بمحور الورقة **Leaf axis** (شكل 25) ومن ثم يتكون منشآت خاصة لتكوين الورقة منشئ حافي **Marginal meristem**، ومنشئ سطحي، **Plate meristem** ومنشئ كتلي **Mass meristem**. تعمل جميعها على تشكل الورقة.



leaf primordia

Meristem Structure

Shoot Apical Meristem



No cap for protection - leaf primordia serve sufficiently

Apical dome, leaf primordia tips, lateral buds - interrupted zones of division

Internodes - interrupted zones of elongation (nodes quiescent)

Maturation also mosaic because of interspersed meristematic regions

أما في نباتات ذوات الفلقة الواحدة : فتنشأ الأوراق من انقسام الطبقة السطحية للغطاء بانقسامات موازية للسطح حيث تعطي معظم النسيج الداخلي للورقة أو جزءاً كبيراً منه بالإضافة إلى البشرة. ولكن قد تشارك الطبقات تحت السطحية من الغطاء والسطحية من الجسد أيضاً في تكوين جزءاً من النسيج الوسطي للورقة. وعموماً فإن نشأة الأوراق في نباتات كاسيات البذور سواء نباتات ذوات الفلقتين أو ذات الفلقة الواحدة يتبع نظاماً ثانياً مع الاختلاف في عمق أو عدد الطبقات المشتركة لكل من الغطاء والجسد. ولهذا فإن كل من الغطاء والجسد يشتركان في تكوين الورقة بنسب مختلفة حسب المجاميع النباتية.

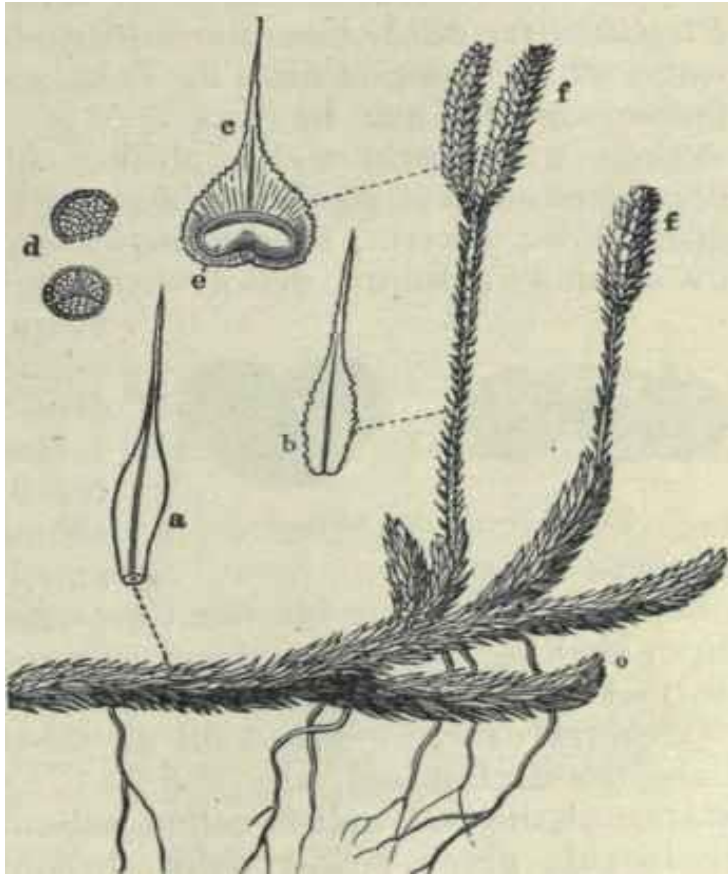
أما في نباتات عاريات البذور فتنشأ الورقة (الأوراق) من المنطقة المحيطة أو المنشئ الحقيقي **Eumeristem** (وقد تساهم الطبقة السطحية في تكوين النسيج الداخلي لبداية الورقة) بحدوث انقسامات مماسية في منشأ بداية الورقة يؤدي إلى تكوين بروز جانبي يقع تحت النسيج الإنشائي القمي الأولي **Protomeristen** بقليل يعرف بزر الورقة **Leaf buttress** حيث ينمو مكوناً الورقة فيما بعد وتختلف مواضع تكوين الأزرار الورقية حسب نوع النبات.

تفرع الساق Stem branching

يقسم التفرع في ساق النبات إلى نوعين هما:

1 . تفرع قمبي Apical branching

تنقسم الخلية القمية الأنشائية إلى خليتين متساويتين، يعطى النشاط الانقسامى لكل منهما فرعاً مستقلاً ثم يتكرر ذلك الانقسام في كل قمة إنشائية ويعرف بالتفرع الثنائي **Dichotomous branching** كما في طحلب الدكتيوتا *Dictyota* (شكل، 26) ونباتي السيلاجينيلا والليكويديوم. أو تنقسم القمة النامية إلى قسمين متساويين يعطى كل منهما فرعاً مستقلاً ثم يتكرر ذلك في كل قمة مثل نبات نخيل الدوم *Hyphaene thebaica*



2. **Lateral branching** تفرع جانبي

وهو الشائع في النباتات الراقية وفيه تتكون بدايات البراعم (الفروع) تحت المرستيم القمي الأولي بقليل وفي آباط الأوراق. ويقسم إلى نوعين:

أ. **تفرع صادق المحور Monopodial branching** وفيه يستمر نمو

البرعم الطرفي ونشاطه إلى زمن غير محدود ويضيف باستمرار أعضاء جديدة (أوراق وفروع) إلى محور النبات مثل نبات الكازورينا *Casuarina* والزان والبلوط. وتخرج الفروع الجانبية من هذا المحور في آباط الأوراق ويكون أحدثها أقربها إلى القمة ويعرف ذلك بالتعاقب القمي **Acropetal succession** (شكل 26)



ب . تفرع كاذب المحور **Sympodial branching**

وفي هذا النوع ينشط البرعم الطرفي لفترة محدودة ثم يتحول إلى عضو مستديم أي يقف نشاطه ويتم نمو المحور الأصلي بدلاً منه فرع جانبي ينمو على استقامته فترة من الزمن ثم يتحول برعمه الطرفي إلى عضو مستديم ويكمل المحور فرع جديد وهكذا وبذلك يتكون المحور من أجزاء ذات أصول مختلفة كل منها يمثل فرعاً جانبياً مثل ساق العنب (شكل، 26).



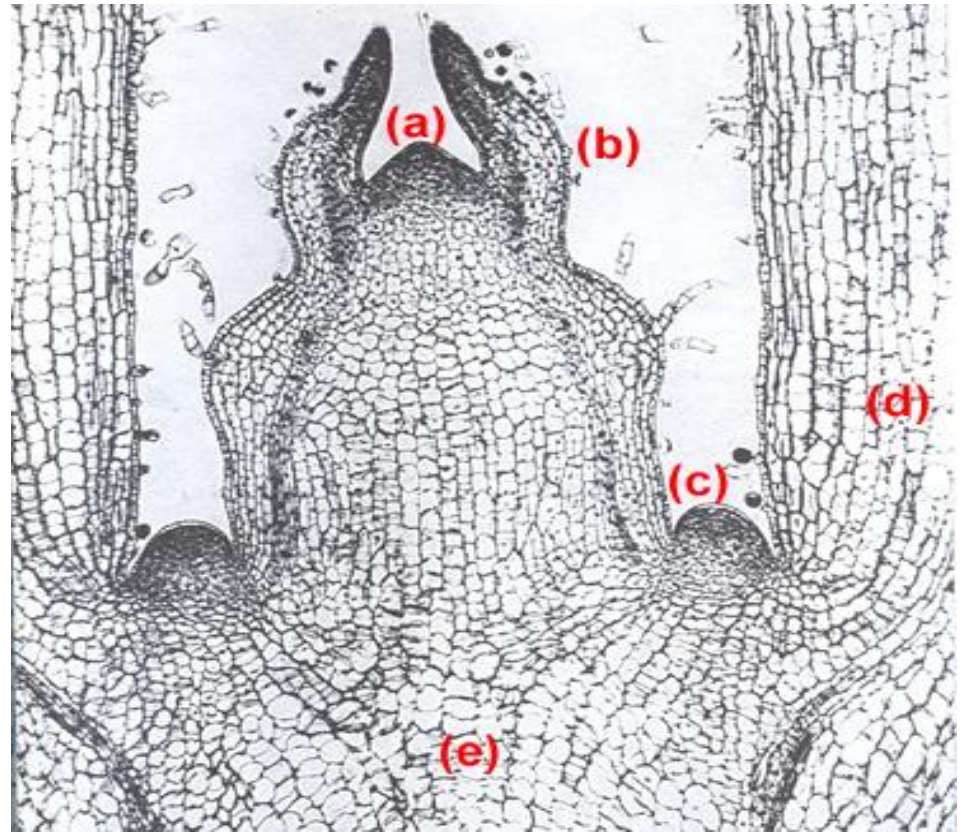
Vitis vinifera L.

Image processed by Thomas Schoepke
www.plant-pictures.de



منشأ الفروع Origin of branches

يتكون البرعم في النباتات الوعائية الراقية نتيجة الانقسامات المتعامدة على السطح في الطبقتين الأولى والثانية السطحتين للمحور الصغير أو النسيج الإنشائي القمي وحدث عدد كبير من الانقسامات الموازية للسطح **Periclinal divisions** في الطبقات العميقة. ويسبب هذا النمو في السطح والحجم إبراز البرعم فوق سطح المحور النباتي. وأحياناً تكون الانقسامات منتظمة بدرجة كبيرة مما ينتج عنه تكوين سلسلة منحنية من الطبقات المتوازية، ولهذا يسمى هذا الوضع للنسيج الإنشائي المبكر للبرعم بالمنطقة القشرية **Shell zone**. واعتماداً على مقدار العلاقة بين الغطاء والجسد في قمم المجموع الخضري في النباتات كاسيات البذور فإن نواتج أو مشتقات هاتين المنطقتين تكون مختلفة من حيث الاشتراك في تكوين النسيج الإنشائي للبرعم الأبطي، ولهذا فإن البراعم تنشأ من طبقات أكثر عمقاً مما هو عليه في منشأ الأوراق (شكل 27). أما البراعم التي تنشأ من أنسجة بالغة دون أي علاقة مع النسيج الإنشائي القمي أو بمعنى آخر تنشأ بعيدة عنه فيطلق عليها **البراعم العرضية Adventitious buds** ومن الواضح أنه ليس هناك تمييز نشوئي واضح بين البراعم الأبطية والبراعم العرضية لأن الأولى قد تنشأ أيضاً من خلايا برنشيمية بالغة ولكن تتكون البراعم العرضية على السيقان والجذور والأوراق في النباتات السليمة أو المجروحة أو الأوراق المعزولة وقد تكون خارجية أو داخلية المنشأ **Endogenous** أما البراعم الإبطية فدائماً تكون خارجية المنشأ **Exogenous** أي تنشأ من الطبقات السطحية للنسيج الإنشائي القمي.



منشأ الأزهار Flower origin

في حالة التكاثر (تكوين الأزهار) في النباتات الزهرية (كاسيات البذور) يحل النسيج الإنشائي القمي الزهري محل النسيج الإنشائي القمي الخضري إما مباشرة أو عن طريق نمو حوامل زهرية ومن ثم تتكون الأزهار على الحامل الزهري في أشكالها المختلفة. والنمو التركيبي الذي يحدث في النسيج الإنشائي القمي خلال التغيير إلى الطور التكاثري يمكن أن يشاهد في قمة الحامل الزهري. ولهذا فإن دراسة القمم الزهرية يجب أن تشمل على كل من الحامل الزهري والنسيج الإنشائي القمي الزهري. ومن هذه الملاحظات ما شاهده كل من باركر واستيورد **Barker and Steward** 1962م وعلماء آخرون من قبله من تغير إلى الطور التكاثري عن طريق محور الشكل الظاهري للساق وهي :

- الإسراع في تكوين براعم إبطية.
- نمو أعضاء ورقية تتأبط هذه البراعم تختلف في مظهرها وطبيعتها عن الأوراق تعرف

بالقنابات Bracts.

- تنشأ البراعم الأبطية قبل بدايات الأوراق وهذا مخالفاً لما هو عليه في النسيج الإنشائي القمي الخضري حيث تنشأ بدايات الأوراق أولاً.
- الاستطالة المفاجئة للسلاميات كما هو الحال في النباتات التي لا يستطيل الساق فيها خلال النمو الخضري كما في بعض الأعشاب والنباتات النجمية.
- يختلف النسيج الإنشائي التكاثري هستولوجياً عن النسيج الإنشائي الخضري فقد يحتفظ في عدد طبقات الغطاء والجسد كما هو الحال في المجموع الخضري أو قد تقل أو تزيد عدد الطبقات السطحية (الغطاء).

• توزيع خلايا النسيج الإنشائي الحقيقي في عدد من النباتات، فمنطقة الغطاء تكون ذات خلايا صغيرة متماثلة تأخذ صبغة داكنة تكون على هيئة قناع تحيط بخلايا كبيرة وتأخذ صبغة خفيفة. وهذه القمة تكون أكثر اتساعاً من قمة المجموع الخضري.

• ليس من الضروري أن تكون منطقة القناع ممثلة بالغطاء فقد يدخل جزءاً من خلايا الجسد في تكوين هذا القناع.

• يحدد النسيج الإنشائي الزهري (التكاثري) استطالة الساق.

• النسيج الإنشائي المحوري الموجود في النسيج الإنشائي القمي الخضري يقل نشاطه، وينحصر النشاط الإنشائي في القناع (المنطقة الخارجية) ويكون مسؤولاً عن تكوين الأعضاء التكاثرية فقط.

وحسب نظرية بوفـا **Buvat** التي تقسم النسيج الإنشائي القمي إلى:

• النسيج الإنشائي المنتظر **Waiting meristem** الذي يتميز

إلى نسيجين إنشائيين هما:

أ - نسيج إنشائي أولي بوغي يعطي الأجزاء الزهرية التكاثرية والبتلات (

الأسدية - المدقة - البتلات) (شكل 28).

ب - نسيج إنشائي تحتي ويعطي التخت الزهري.

• الحلقة الإنشائية **Initial ring**: وتعطي السبلات فقط ومن ثم

يقف نشاطها مباشرة بعد إعطاء السبلات (شكل، 28).

والأسباب التي تؤدي إلى تحول النسيج الإنشائي القمي الخضري إلى نسيج إنشائي قمي تكاثري (زهري) غير واضحة التحديد ولكن هناك بعض الآراء حول ذلك منها:

- أنه ليس هناك علاقة نشئية بين النسيج الإنشائي للمجموع الخضري والنسيج الإنشائي للمجموع التكاثري لأتهما يختلفان وظيفياً.
- أن النسيج الإنشائي القمي التكاثري ينشأ من إعادة تنظيم كبير للنسيج الإنشائي القمي للمجموع الخضري في نباتات عاريات وكاسيات البذور.
- أن النسيج الإنشائي القمي والتكاثري يتداخلان من خلال وجود أشكال متوسطة وأن الاختلافات بينهما ليست أساسية وترجع إلى الأشكال المختلفة للنمو في محور كل من المجموع الخضري والتكاثري.
- أن التغير الواضح ينشأ عن انعكاس بعض التغيرات الفسيولوجية في النبات.

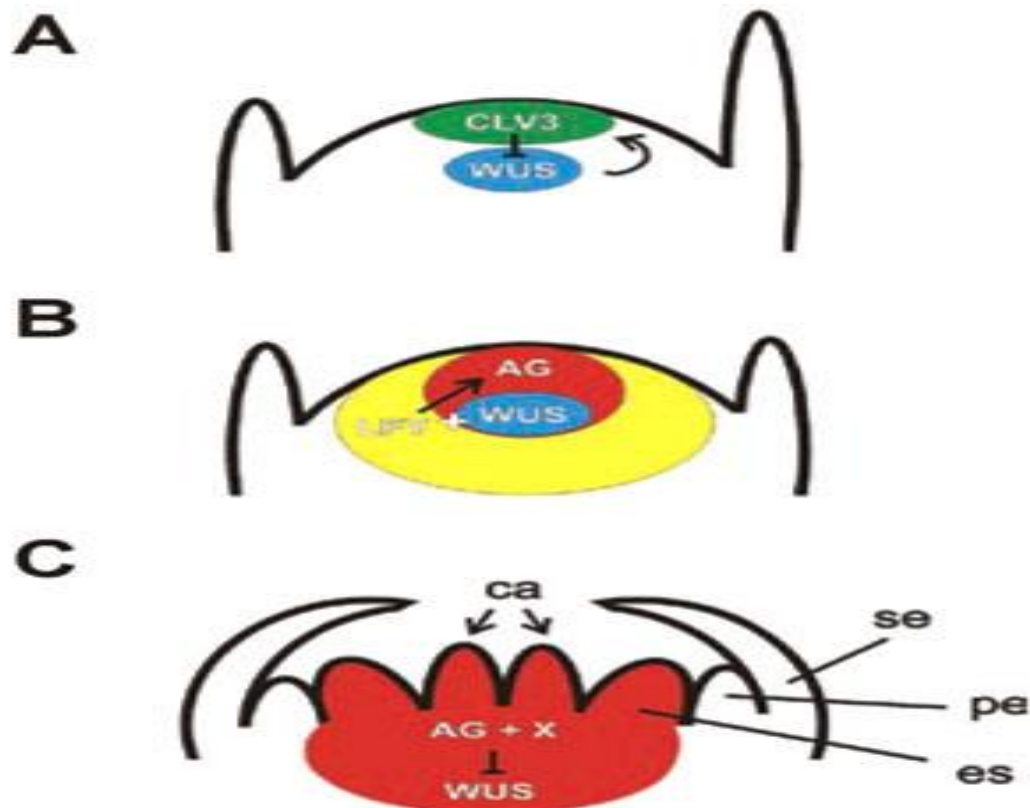
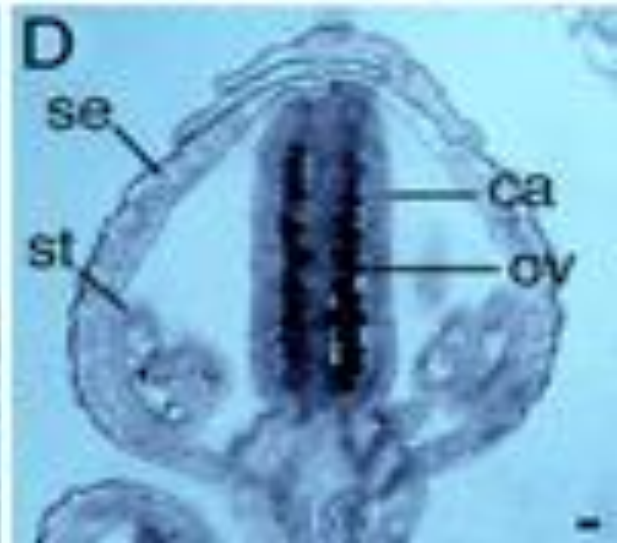


Figure 4. Molecular model of the feedback loop regulating stem cell determination in *Arabidopsis*. **A:** Schematic representation of an indeterminate vegetative apical meristem, showing the interaction between *CLV3* and *WUS* in their respective domains. In the vegetative meristem, *LFY* is normally absent and *AG* expression is not induced. **B:** In early floral meristems, *LFY* begins to be expressed and acts together with *WUS* to induce *AG* transcription in the center of the developing flower. **C:** At the time of carpel initiation, *AG* and an additional, as yet unidentified factor (*X*) repress *WUS* expression to terminate stem cell activity and make the meristem determinate. *ca*: carpel primordia; *es*: stamen primordium; *pe*: petal primordium; *se*: sepal primordium.



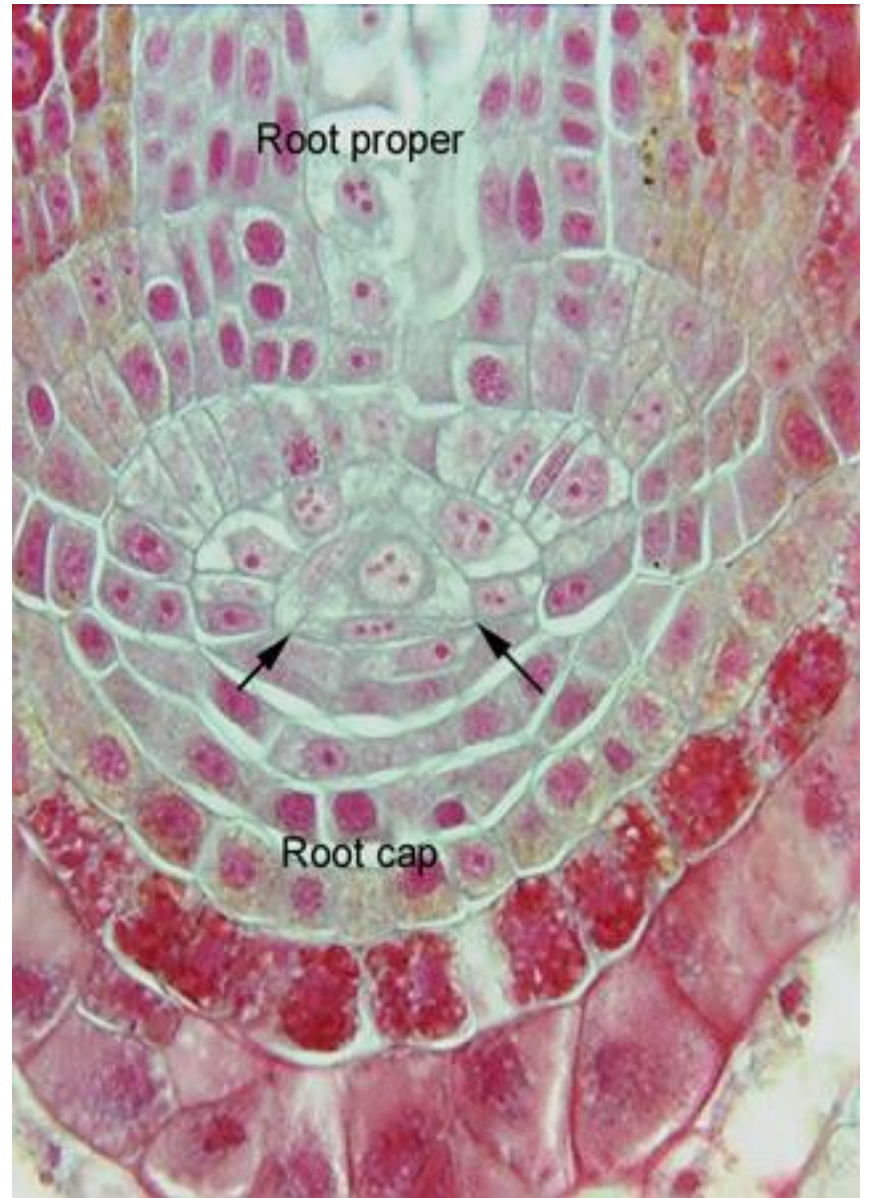
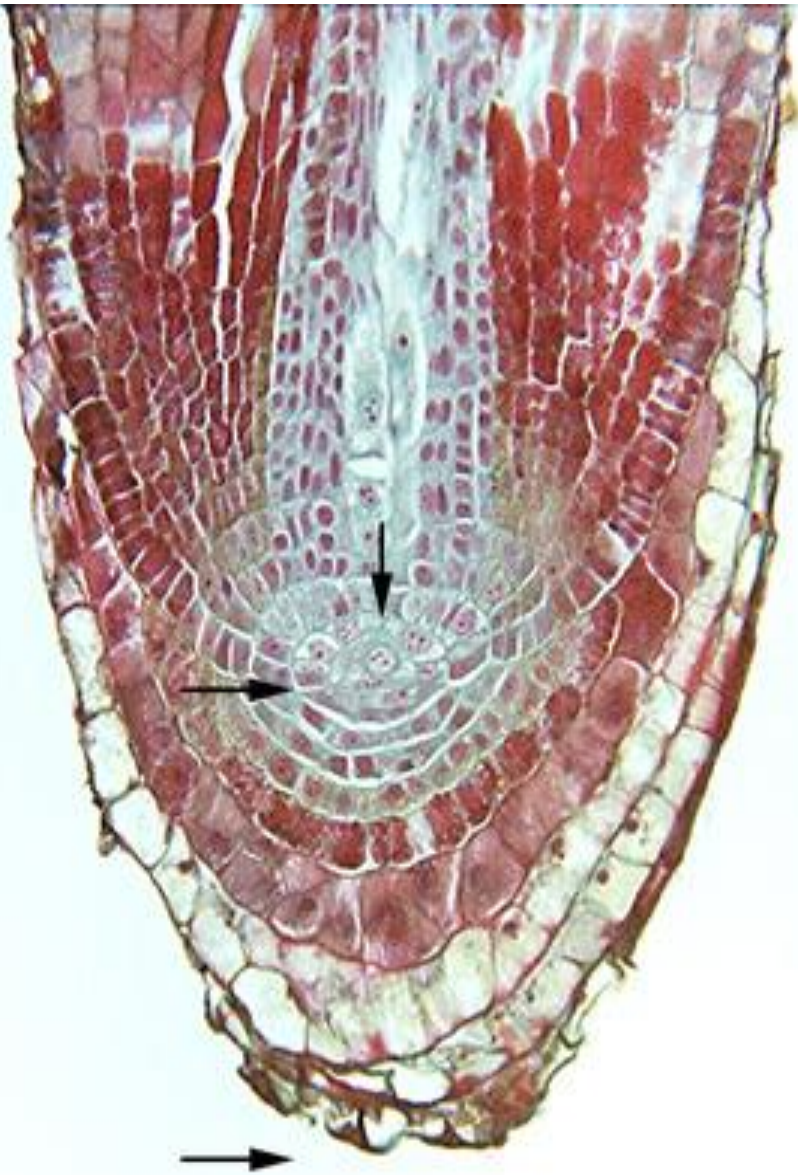
النسيج الإنشائي القمي للمجموع الجذري **Apical meristem of root**

تختلف قمة الجذر النامية عن قمة الساق في أن النسيج الإنشائي تنتج خلايا ناحية المحور إلى جانب خلايا بعيدة عن المحور وهي خلايا القلنسوة وبسبب وجود قلنسوة الجذر فإن الجزء البعيد من النسيج الإنشائي القمي ليس قمياً ولكنه تحت قمي في الموضع أي أنه يقع تحت قلنسوة الجذر. كما أن الجذر لا ينتج عقداً أو سلاميات، وقد يسمى الجزء البعيد من قمة الجذر **بالنسيج الإنشائي الأولي Protomeristem** الذي يتميز إلى منشئ القشرة **Periblem** ومنشئ الاسطوانة الوعائية **Plerome** وقد يطلق عليها مصطلح الاسطوانة المركزية إذا لم يوجد نخاع في الاسطوانة الوعائية.

ويختلف نمط النمو في النسيج الإنشائي القمي للجذر في النباتات الوعائية المختلفة كما يلي:

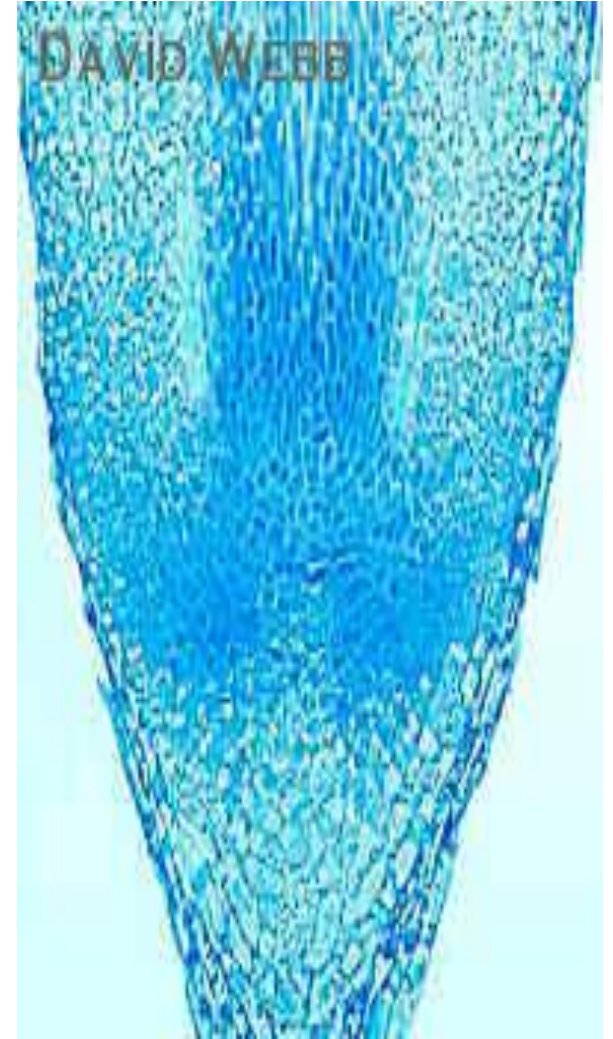
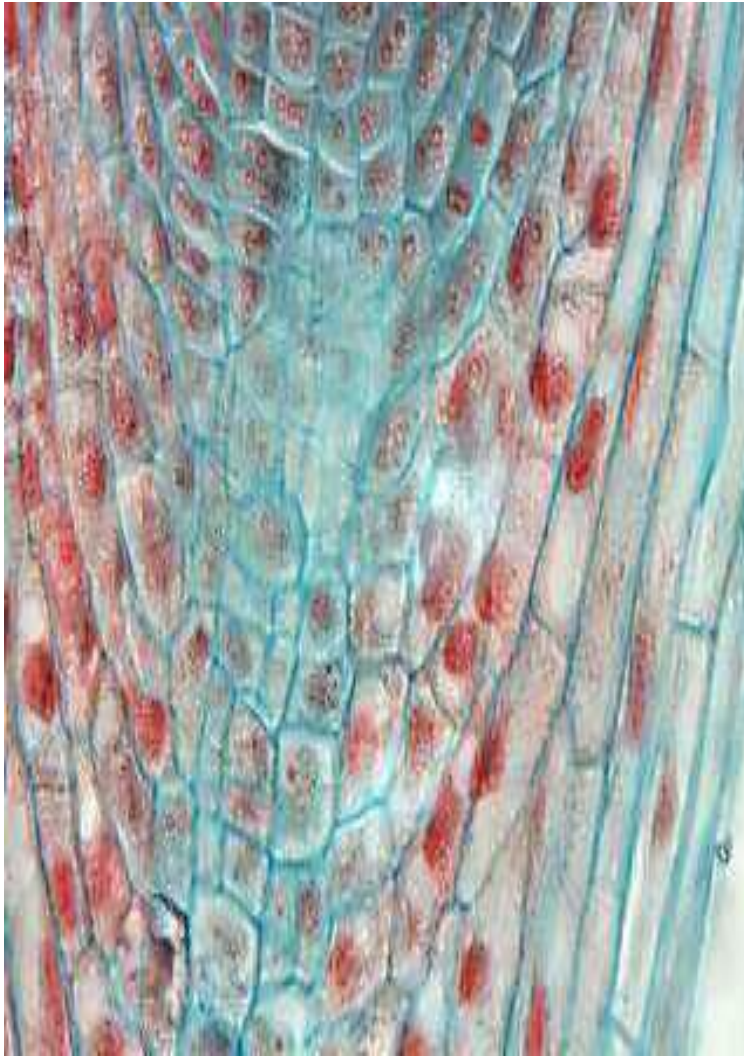
قمة الجذر في النباتات الوعائية غير الزهرية:

تنتج جميع الأنسجة من خلية واحدة أو عدة خلايا مرتبة في صف واحد وتشبه الشكل الموجود في الساق كما في جذر كزبرة البئر *Adiantum*. ولكن الخلية الهرمية الممثلة للمنشئ الأولي تختلف عنها في المجموع الخضري حيث تنقسم انقسامات موازية للأضلاع الأربعة معطية بذلك القلنسوة، والقشرة والأسطوانة الوعائية (شكل 29).



قمة الجذر في النباتات عاريات البذور:

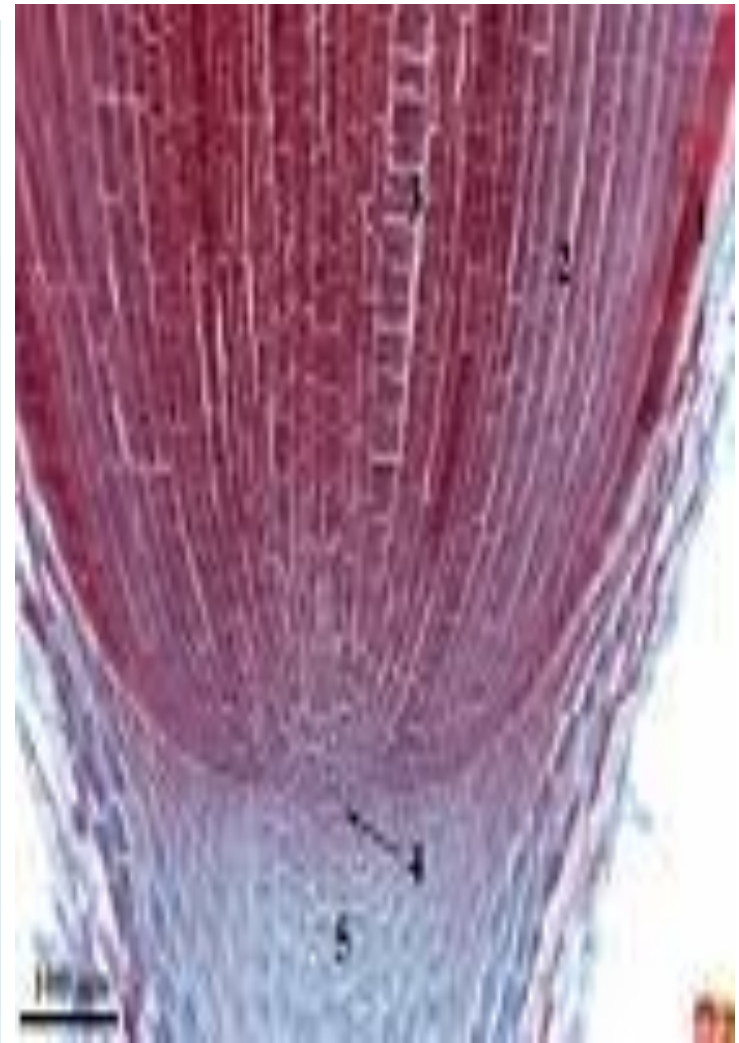
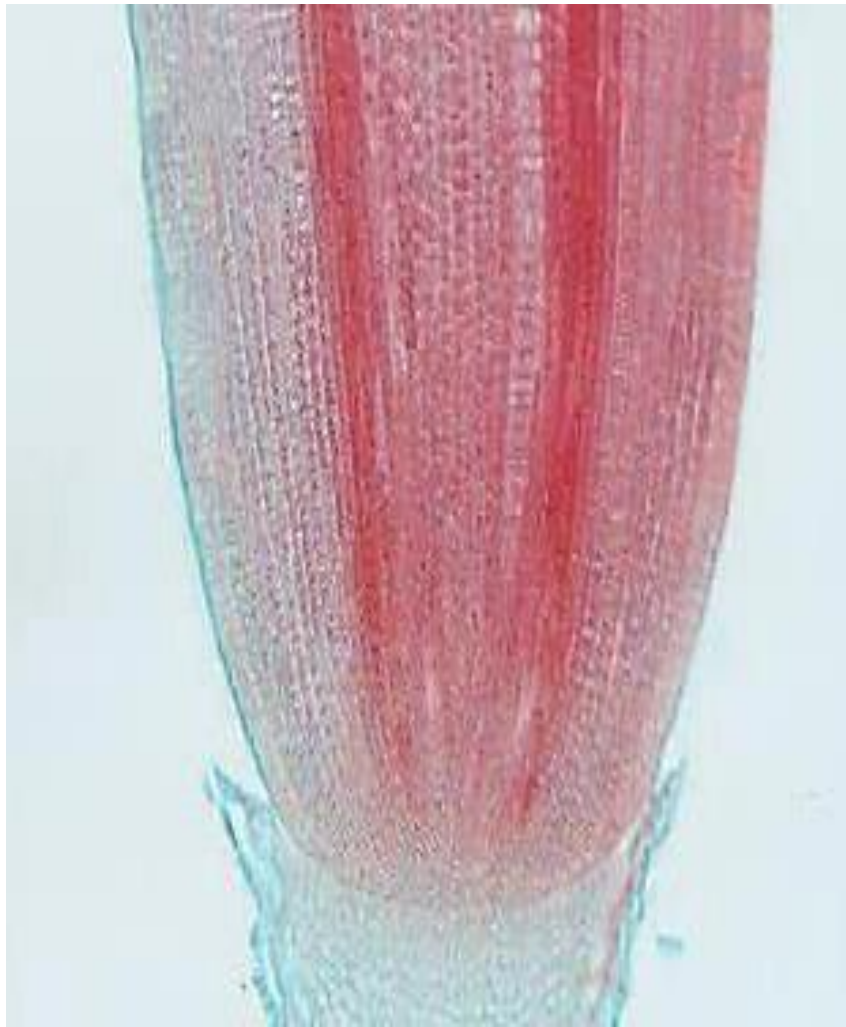
في معظم عاريات البذور تنتج الأنسجة بالجذر أو جميعها (القلنسوة والقشرة والبشرة) ما عدا الاسطوانة الوعائية من طبقة واحدة من الخلايا الإنشائية، بينما تنشأ الاسطوانة الوعائية من طبقة أخرى من الخلايا الإنشائية بمعنى آخر أن هناك طبقتين إنشائيتين إحداهما تعطي القلنسوة والبشرة والقشرة والأخرى تعطي الاسطوانة الوعائية. كما في نبات الصنوبر (شكل 30).



النسيج الإنشائي القمي لجذر عاربات لبذور شكل (30)

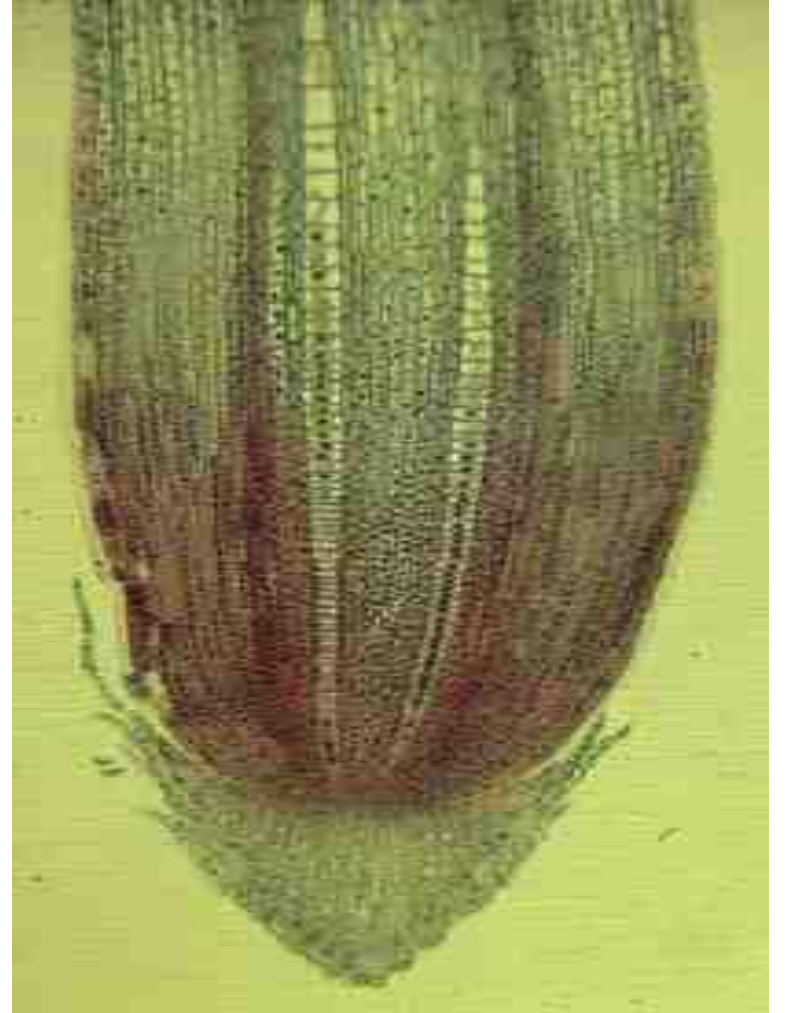
قمة الجذر في النباتات كاسيات البذور:

إن قمة الجذر لبعض كاسيات البذور تتبع أو تشابه قمة الجذر في عاريات البذور. والبعض الآخر يوجد فيه نوعين من النسيج الإنشائي الأولي **Protomeristem** هما: مغلق **Closed** ومفتوح **Open**. ففي النوع المغلق توجد ثلاث صفوف من الخلايا الإنشائية أحدهما في قمة الاسطوانة الوعائية ويعطي الاسطوانة المركزية، والثاني يعطي القشرة **Cortex**، وأما الثالث فيعطي القلنسوة (**Root cap**) **Calyptra** وتقسم هذه الصفوف الثلاثة من الأنسجة الإنشائية حسب نشأة البشرة، ففي مجموعة من النباتات مثل الذرة تنشأ البشرة من الطبقة الخارجية من القشرة ويكون لها أصل مشترك مع القشرة (شكل 31). أما في مجموعات أخرى من النباتات مثل نبات الدخان فتنشأ البشرة من منشأ القلنسوة وبذلك يكون للبشرة أصل مشترك مع القلنسوة (شكل 32).



شكل (31) النسيج الإنشائي لجذر الذرة

وقد يكون للبشرة منشئ خاص فيتكون المنشئ الأولي من أربع طبقات هي
منشئ الأسطوانة الوعائية، منشئ القشرة، منشئ البشرة ومنشئ القلنسوة (شكل 33).



الكاميرات النباتية **Plant chimeras**

الكاميرات هي عبارة عن نباتات تكون فيها طبقة أو أكثر من الخلايا أو جزء أو نسيج يحتوي على خلايا منطفرة سواء كانت الطفرة الحاصلة فيها على مستوى الكروموسومات **Chromosomal mutation** أو على المستوى الجيني **Gene mutation** بينما تبقى طبقات أو أنسجة النبات الأخرى حاوية على خلايا اعتيادية. أو قد تكون قد عانت طفرات من نوع آخر . وفي الواقع فإن الخلايا المنطفرة قد تظهر اختلافاً في عدد صبغياتها (كروموسوماتها) أو في جوانب أخرى كاللون أو الحجم أو غير ذلك من الصفات الظاهرية التي قد تميز هذه الأجزاء المنطفرة عن بقية أجزاء النبات الأخرى.

وفي بعض الأحيان يتغير النبات جميعه نتيجة لحصول **طفرة** **جينية** أو **صبغية** وذلك في جميع خلايا الجسم النباتي وفي هذه الحالة فلا يسمى هذا النوع من الطفرة للنبات بالكاميرا النباتية بل يأخذ أسم الطفرة التي حصلت فيه والتي تكون ممثلة في جميع خلاياه مثال ذلك لو حصل طفرة تتعلق بطول النبات أو حجمه أو وفرة اليخضور (الكلوروفيل) فيه أو مايتعلق بلون الأزهار فإن هذه الطفرات لا تحول النبات إلى كاميرا نباتية مالم تحصل هذه الطفرات في صورة جزئية في بعض الأنسجة فقط.

إن أول من استخدم مصطلح كاميرا هو العالم فينكلر **Vinkler** (1907 م) وذلك عندما أطلق هذا الاسم على نبات استنتجه من تطعيم نباتين من نباتات العائلة الباذنجانية حيث استخدم نبات ***Solanum lycopersicum*** كأصل ونبات ***Solanum nigar*** كطعم فاستنتج من تجاربه أن بعض النباتات الناتجة تحتوي على بعض الأنسجة من إحدى النباتين، بينما تظهر الأنسجة الأخرى تماثلاً مع النبات الآخر.

توالى البحوث بعد ذلك على دراسة الكاميرا النباتية ومن أهمها ما قام به العالم بور **Baur** حيث قسم الكاميرات النباتية إلى نوعين هما الكاميرا المحيطية **Periclinal chimeras** والكاميرا القطاعية **Sectional chimeras** ثم سميت بالفيسفساء الوراثية **Genetic mosaics**، (ماركوتيرجيانو، **Marcotrigiano** 2001م) وعلماء آخريين من قبله. تلى ذلك تقسيم الكاميرات النباتية إلى أربعة أنواع رئيسية هي:

• كاميرات محيطية **Periclinal chimeras**

وفيها تكون طبقة أو أكثر من الطبقات السطحية للنسيج الإنشائي القمي مختلفة وراثياً عن الطبقات والمناطق الأخرى، ويعتبر هذا النوع من الكاميرات ذو أهمية كبيرة لعلم التشكل (تخليق الشكل) **Morphogenesis** – علم نشوء الأنسجة والأعضاء . وكذلك علم نشوء الأنسجة. وكذلك الطبقات المختلفة للنسيج الإنشائي حيث يمكن تتبع نواتج كل طبقة من الطبقات الإنشائية . وذلك في القمم الإنشائية . من المراحل المبكرة لهذه المناطق وحتى المراحل التي تصبح فيها هذه المناطق قد تكشفت إلى أنسجة وأعضاء.

فقد استخدمت الكاميرات المحيطية على سبيل المثال لا الحصر في تتبع منشأ البشرة في الورقة والساق حيث وجد أنها تنشأ من الطبقة الخارجية الإنشائية في النسيج الإنشائي القمي للساق . **Tunica1** . كما أن النسيج الوسطي للورقة ينشأ من الطبقة الإنشائية الثانية . **Tunica II** . وذلك في نبات يتكون الغطاء بالقمم الإنشائية من طبقتين ومن الفوائد الأساسية للكاميرات المحيطية معرفة عدد الطبقات الإنشائية في القمم الإنشائية للمجموع الخضري (شكل 34) .

• الكاميرات القطاعية **Sectional chimeras**

وفي هذا النوع تشكل الخلايا المنظفرة قطاعاً معيناً في عضو النبات أو تحتل غصناً من الأغصان. وهذا النمو من الكاميرات أثبت وجود أكثر من خلية إنشائية واحدة في كل طبقة من الطبقات الإنشائية المستقلة (شكل 34).

• الكاميرات الناقصة **Mericlinal chimeras**

وهي الكاميرات التي تحصل فيها الطفرة في إحدى الطبقات السطحية بصورة جزئية بينما تظل بقية خلايا الطبقة نفسها والطبقات الأخرى في حالة عادية، أو أنها تعاني طفرات من نوع آخر. ويلعب هذا النوع من الكاميرات دوراً هاماً في علم نشوء الأنسجة كما أثبتت أيضاً وتوجد أكثر من خلية واحدة إنشائية في كل طبقة من الطبقات الإنشائية في القمم الإنشائية للساق (شكل 34).

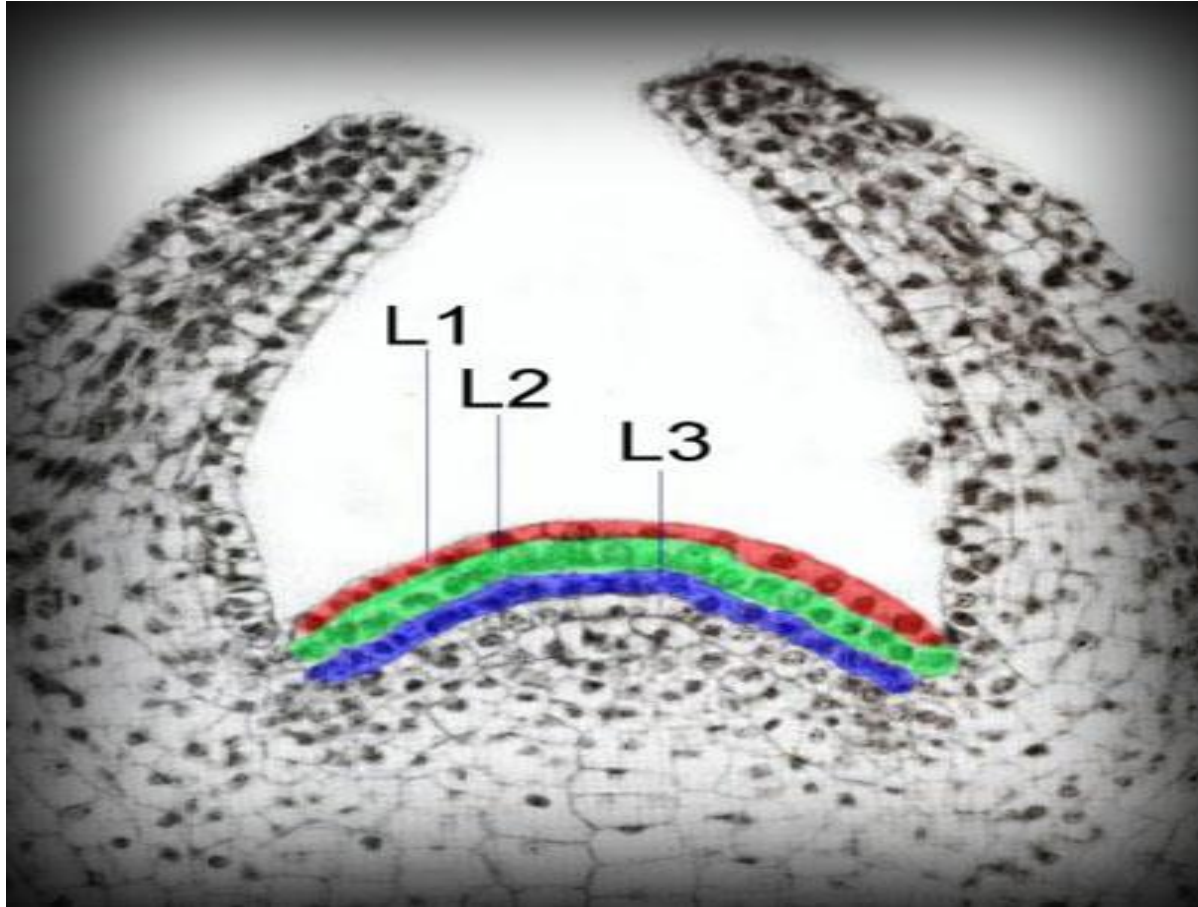
• الكاميرات المختلطة

وهي نباتات تكون الخلايا المنظفرة فيها متناثرة هنا وهناك إما بصورة مفردة أو على شكل مجاميع مطمورة في نسيج عادي لم تعان خلاياه أي نوع من الطفرة.

والكاميرات النباتية قد تتكون في الطبيعة بصورة ذاتية بدون أي تدخل من الإنسان أو أي عوامل بيئية أخرى وتسمى هذه الكاميرات النباتية بالذاتية **Spontaneous chimeras** أما التي تنتج بعد معاملة النبات ببعض المواد الكيميائية أو بعد التعرض لبعض الظروف الفيزيائية كالحرارة والأشعاعات الذرية وما إلى ذلك بحيث ينتج عنها طفرات في بعض الخلايا والأنسجة دون البعض الآخر فيطلق عليها بالكاميرات المستحدثة **Induced chimeras** مثل :

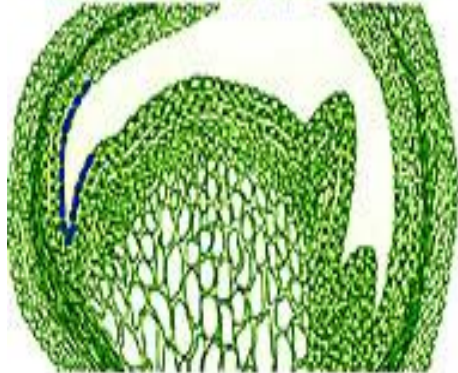
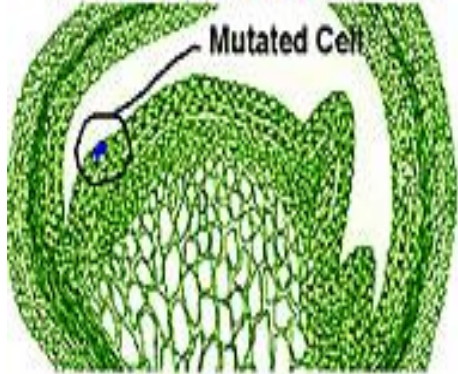
الكاميرا المتعددة **Polyploid chimeras**

وتنتج هذه الكاميرا النباتية من إضافة مادة الكولشيسين **Colchicine** إلى النسيج الإنشائي القمي للنبات والتي تمنع تكون خيوط المغزل التي تعمل على شد أو سحب الصبغيات (الكروموسومات) إلى أقطاب الخلية. فتعمل على توقف الانقسام في الطور الاستوائي بعد تضاعف الصبغيات ومن ثم ينتقل الانقسام إلى الطور النهائي دون حدوث الانفصالي أي دون حدوث انفصال للصبغيات مسببة تضاعف صبغي للنواة وقد يتكرر التضاعف الصبغي مرة ثانية إلى حدوث الانقسام الغير مباشر تحت تأثير صبغة الكولشيسين وتستعمل هذه التجربة للتعرف على طبقات النسيج الإنشائي كما في نبات الداتوره (شكل 35).

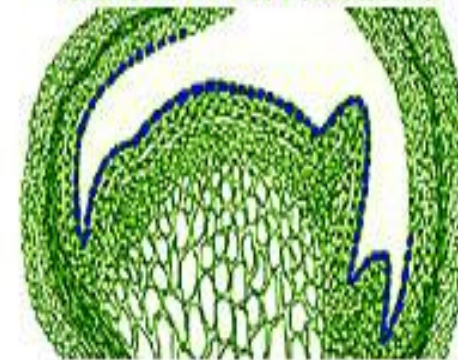
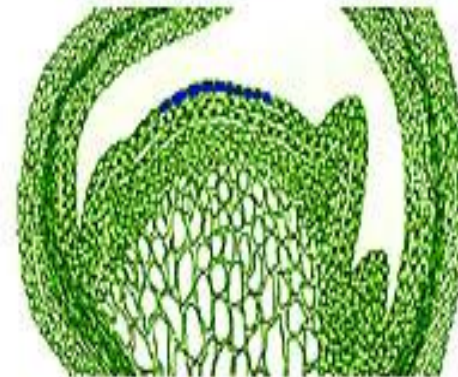


Development of Chimeras

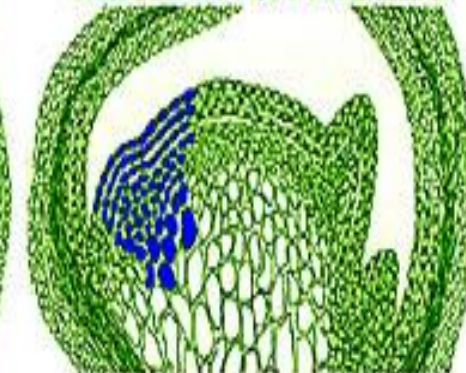
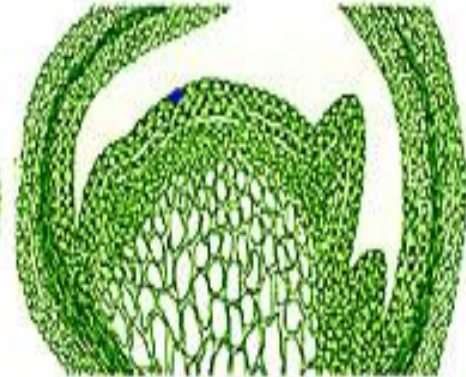
Mericlinal



Periclinal



Sectorial





الأنسجة المستديمة أو البالغة

Permanent (Mature) tissues

النسيج المستديم (البالغ) هو مجموعة من الخلايا المتميزة أو المتخصصة ويشتمل الجسم النباتي على ثلاثة أنظمة (أجهزة) رئيسية هي :

أ- النظام (الجهاز) النسيجي الوقائي **Dermal tissue system** ويتكون من نسيج البشرة أو نسيج البشرة الطباقية (البريدرم) .

ب- النظام (الجهاز) النسيجي الأساسي **Ground tissue system** ويتكون من النسيج البرنشيمي و النسيج الكولنشيمي و النسيج السكلرنشيمي في بعض الأحيان .

ج- النظام (الجهاز) النسيجي الوعائي **Vascular tissue system** ويتكون من نسيج الخشب **Xylem tissue** ونسيج اللحاء **Phloem tissue** .

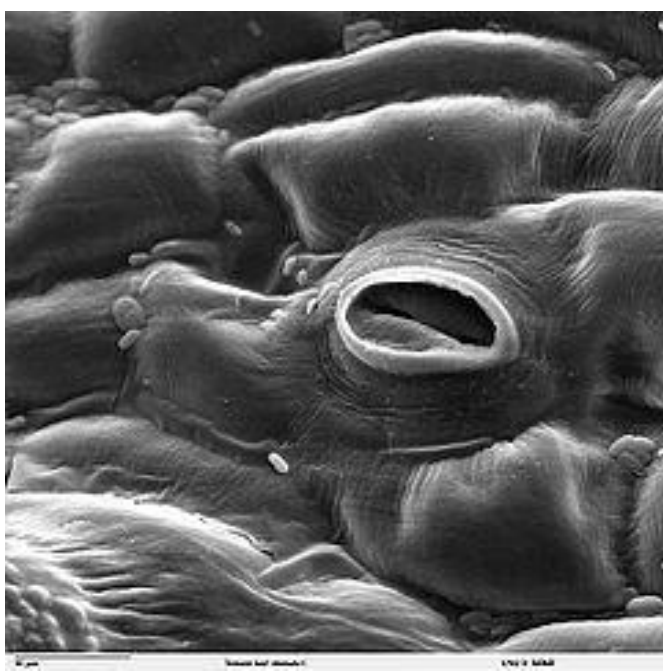
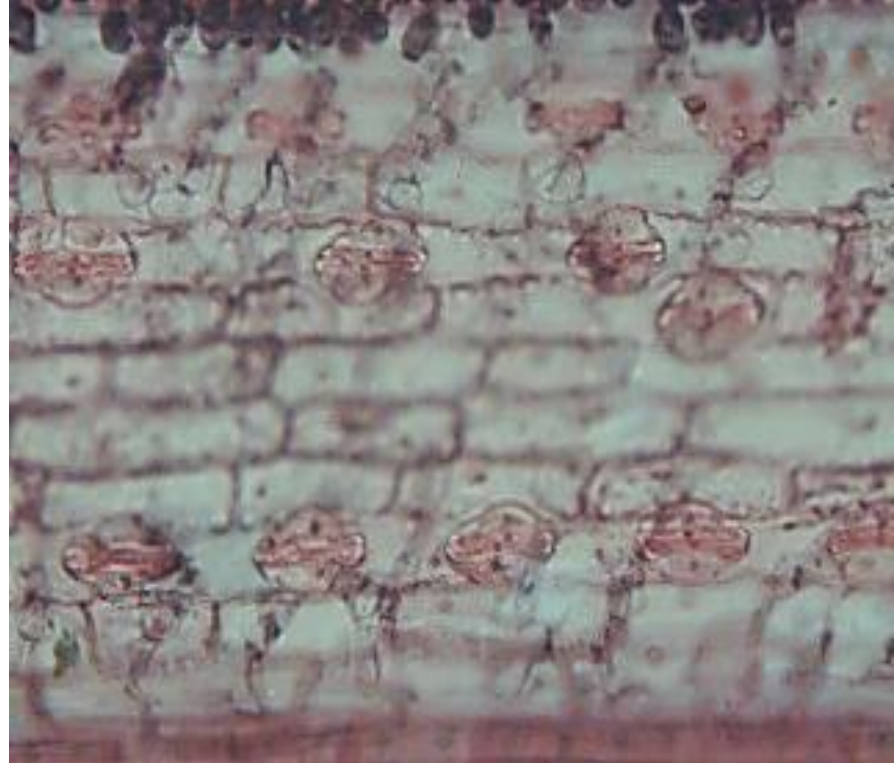
1 . النظام النسيجي الوقائي : ويشمل كل من نسيج البشرة في الجسم النباتي الابتدائي أو نسيجي لبشرة والبشرة الطباقية في الجسم النباتي الثانوي، وغالباً ما يكون نسيج البشرة الطباقية فقط نظراً لتمزق البشرة في الجسم النباتي الثانوي .

البشرة Epidermis

هي الطبقة الخارجية من جسم النبات الابتدائي في كل من الساق والجذر والورقة وأجزاء الزهرة والبذرة والثمرة، وهي نسيج من خلايا مترابطة لا يوجد بينها مسافات ما عدا فتحات الثغور. ووظائف البشرة في الأجزاء الهوائية هي الحماية وتقليل النتح وتبادل الغازات من خلال الثغور وتخزين الماء والمواد الأيضية، أما في الجذور فوظيفتها امتصاص الماء والأملاح عبر الشعيرات الجذرية.

وتنشأ البشرة في المجموع الخضري من الطبقة الخارجية للغلاف **Tunica** من منشئ البشرة **Protoderm**، أو تنشأ من منشئ البشرة في الجذر **Dermatogen** حيث تتكون هذه المنشئات من انقسامات محيطية في الجنين النامي، أو يكون لها أصل (منشأ) مشترك مع القشرة أو القل

والظواهر المختلفة التي تسبب اختلاف الخلايا في النسيج الإنشائي المتجانس يمكن أن تشاهد عند تمييز وتكشف خلايا البشرة وخاصة في خلايا بشرة النجيل، حيث تنقسم خلية منشئ البشرة إلى خليتين غير متساويتين أحدهما صغيرة والأخرى كبيرة وتتميز أو تتكشف الخلايا الصغيرة إلى خلايا متخصصة مثل منشئ الشعيرة **Trichoblast**، والخلايا الحارسة **Guard cells** وخلايا الفلين **Cork cells** وأيضاً خلايا السيليكا **Silica cells**. وكذلك في تكوين الشعيرات الجذرية **Root hairs**. بينما تتميز الخلايا الكبيرة إلى خلايا بشرة عادية (شكل 37).



أن خلايا الفلين وخلايا السليكا لبشرة النجيليات التي تنشأ من منشأ عام توضح نمواً ثابتاً. فالخلايا الفلينية تتسع وتتسوبر بينما خلايا السليكا تفقد بروتوبلازمها وتتسلك ويقال بأن ترسب مادة السليكا تحدث بطريقة آلية غير أيضاة مجهولة وأن وجود السليكا يزيد من مقاومة مختلف الحشرات والفطريات وكذلك البكتيريا (أجاري وآخرون *Agarie, et. el.* 1996م) .

وتترتب خلايا البشرة بإحكام أي لا يوجد عادة بينها مسافات بيئية وقد تختلف خلايا البشرة عن الشكل العام للبشرة فقد تشبه الألياف كما في بعض نباتات ذوات الفلقتين أو تكون بعض الخلايا على هيئة أكياس تعرف **بالخلايا الميروسين Myrosin cells** كما في الفصيلة الصليبية، وقد تعطي حويصلات حجرية كما في الفصيلة الأكانشية والتوتية والقرعية والحراقية. وبشرة البذور تتكون من الخلايا الحجرية مترتبة في إحكام. وتتكون البشرة في الغالب من طبقة واحدة أو من عدة طبقات، تأخذ الطبقة السطحية منها صفات البشرة وحيدة الطبقة، أما بقية الطبقات فتأخذ صفات النسيج الداخلي للنبات.

أنواع خلايا البشرة:

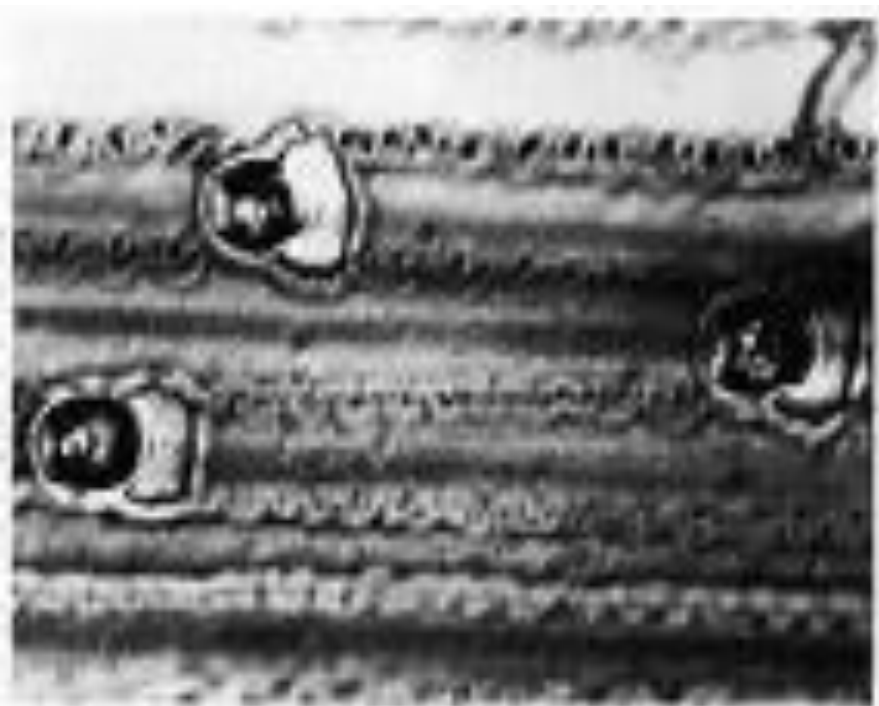
تتكون البشرة من عدة أنواع من خلايا هي:

1 . خلايا البشرة العادية: **Normal epidermal cells**

توصف خلية البشرة العادية البالغة في القطاع العرضي عادة بأنها خلية مفلطحة **Tabular** (عرضها وهو المتعامد على السطح قليل) وقد توجد خلايا بشرة ذات عمق كبير في بعض أغلفة البذور. أما في المنظر السطحي فتوجد الأشكال المستطيلة للبشرة في الأعضاء المستطيلة مثل الساق وعنق الورقة وعروقها، وأوراق ذوات الفلقة الواحدة، وقد يختلف شكل خلايا البشرة العليا عن البشرة السفلى وجدر خلايا البشرة ذات شكل متموج عادة. ويعزى ذلك إلى الضغوط الناتجة أثناء نمو الورقة أو نتيجة جفاف الأدمة أثناء التشكل (شكل، 36).

محتويات خلية البشرة

محتويات خلايا البشرة لم تعط حقها من الدراسة الكافية حتى الآن، ولكن بما أن هذه الخلايا تحتوي على بروتوبلاست فإنه من المحتمل أن تحتوي على مواد مختلفة معتمدة على درجة تخصصها. فإن بلاستيدات خلايا البشرة ليست متكشفة إلى بلاستيدات خضر ولكنها في بعض النباتات تحتوي مادة اليخضور ويمكن أن يوجد النشا في البلاستيدات لبعض السراخس والنباتات المائية وفي نباتات الظل تحتوي خلايا البشرة على بلاستيدات خضر. ويحتوي العصير الخلوي في الفجوات على مادة الأنثوسيانين. وقد تشابه محتوياتها محتويات الخلايا البرنشيمية (شكل 37).



تركيب جدار خلية البشرة:

عند فحص خلايا البشرة في قطاع عرضي فإن الجدار الخارجي لخلية البشرة عادة يكون أسمك من الجدر الداخلية في الخلايا ذات الجدر الرقيقة، وقد تتغلظ جدرها كثيراً كما في المخروطيات، وتوجد جدر ثانوية في الخلايا التي تتحول إلى خلايا حجرية في أغلفة البذور. وقد تكون جدر الخلايا ملجننة أو مسوورة. كما أن جدر خلايا البشرة قد تكون سليولوزية رقيقة إما مستقيمة أو متموجة في المنظر السطحي وذات حقول نقرية ابتدائية (شكل 37).



الأدمة : Cuticle

ترسب مادة الكيوتين في طبقة متصلة فوق الجدار الخارجي لخلية البشرة وتعطي ما يسمى بالأدمة **Cuticle** التي تغطي بشرة جميع الأجزاء الخضرية للنبات ويتوقف سمك الأدمة على العوامل البيئية فقد يكون رقيقاً جداً كما في النباتات المائية والنباتات ذات المحتوى المائي الأمثل أو سميكة كما في النباتات الصحراوية وقد يكون سطح الأدمة ناعماً **Smooth** أو يحمل **بروزات أو ثنايا Striated** وقد توجد طبقة متأدمة **Cutinized layer** تحت الأدمة ولها شكل معقد ففي النباتات ذات الأدمة السميكة تتكون من عدة صفائح من السليولوز المكونت تتبادل مع طبقات غنية بالبكتين، كما وجد طبقة من البكتين بين الأدمة والطبقة المتأدمة.

كما يترسب الشمع والزيوت والراتنج والأملاح المتبلرة على السطح الخارجي لبشرة النباتات مثل نباتي الأثل والفرانكلينيا.

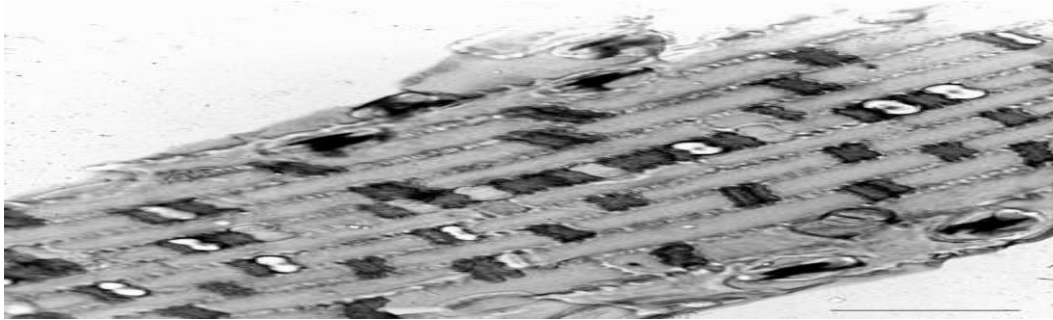
ويفسر تكوين الأدمة بانسياب مادة سابقة للكيوتين شبيهة بالزيت وجفاف هذه المادة فيما بعد نتيجة للبلمرة بواسطة أكسجين الهواء تنتج مادة الكيوتين. تتكشف الأدمة خلال المراحل المبكرة من نمو الأعضاء، حيث تهاجر أسلاف الكيوتين على هيئة قطرات صغيرة خلال مادة جدر خلايا البشرة وهذه الأسلاف يتوقع أن تكون أحماض دهنية غير مشبعة، حيث ترسب مادة الأدمة ناحية المركز من الخارج إلى الداخل حيث تتكون الطبقات الخارجية ثم تتصلب تدريجياً نتيجة للأكسدة المستمرة والبلمرة. وقد برزت عدة نظريات حول تكوين الأدمة منها وجود قنوات دقيقة في الجدار الخارجي للبشرة تنفذ من خلالها مادة الأدمة الأولية سكات وآخرون **et.al Scatt 1957** وأنتون وآخرون **Anton et.al 1994**. والرأي الثاني أن التركيب الطبيعي لجدار خلية البشرة الخارجي يتيح تسرب هذه المادة إلى الخارج. حيث يوجد اللجنين في جدر خلايا البشرة وخاصة الجدر الخارجية (شكل 38).

2. خلايا السيليكا Silica cells

توجد في الغالب فوق العروق ضمن خلايا بشرة نباتات من الفصيلة النجيلية وهي خلايا صغيرة متميزة تحتوي على أجسام سيليكية Silica bodies، وتنشأ بجانب خلايا أخرى متخصصة تعرف بخلايا الفلين ولها وظيفة دفاعية لوجود الأجسام السيليكية حيث تسبب تهيجاً لبطانة الفم لبعض الحيوانات (شكل 39).

3. خلايا الفلين Cork cells

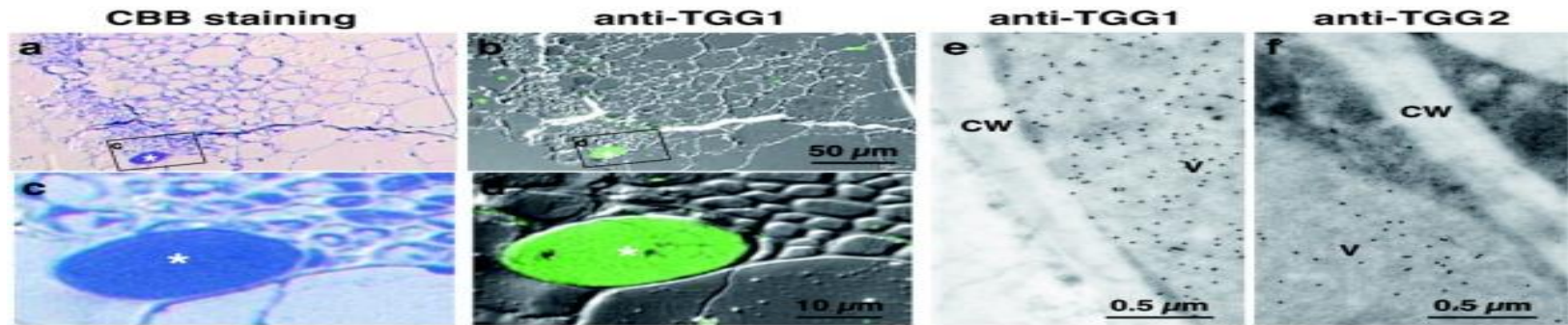
خلايا صغيرة الحجم ذات جدر مسورة وقد تحتوي على أجسام سيليكية ولكنها قليلة، وتنشأ هذه الخلايا بجوار الخلايا السيليكية في بشرة بعض النباتات النجيلية (شكل 39).



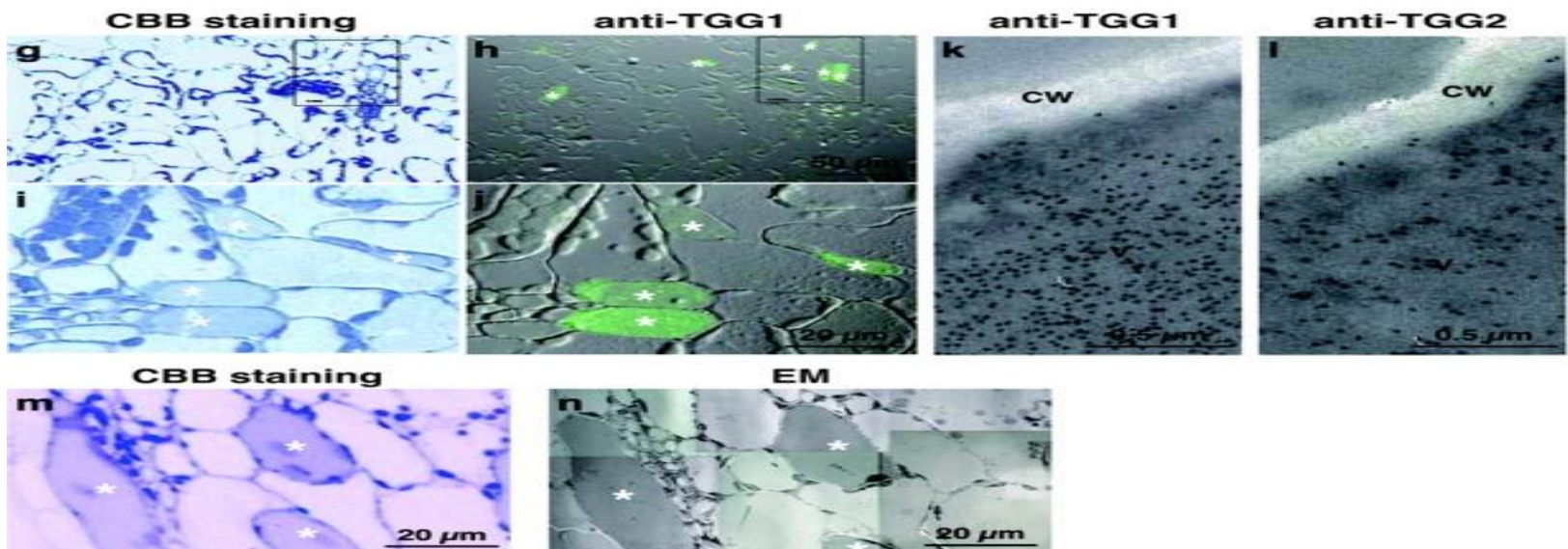
4. الخلايا الميروسنية Myrosin cells

خلايا كبيرة الحجم تحتوي على جلوكوسينولاتات (زيت الخردل) و أنزيمات الميروسينيز التي تحلل الجلوسينولاتات وتوجد في سبع فصائل نباتية مثل فصيلة بنت القنصل Euphorbiaceae والفصيلة الصليبية Brassicaceae (شكل 40).

Col-0

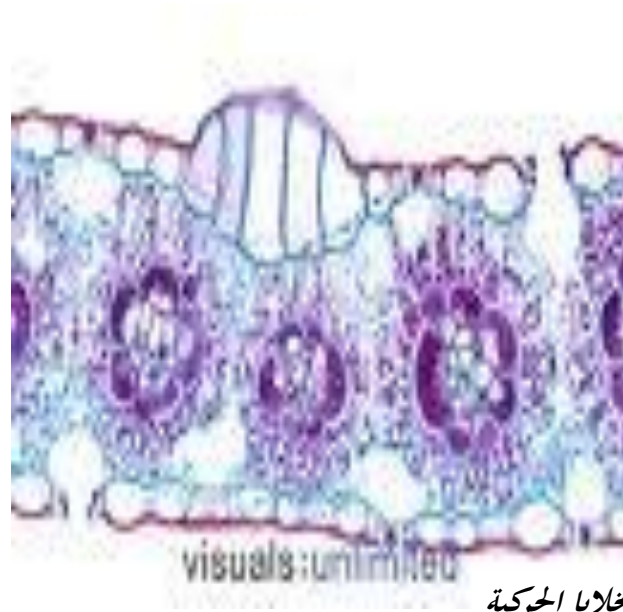
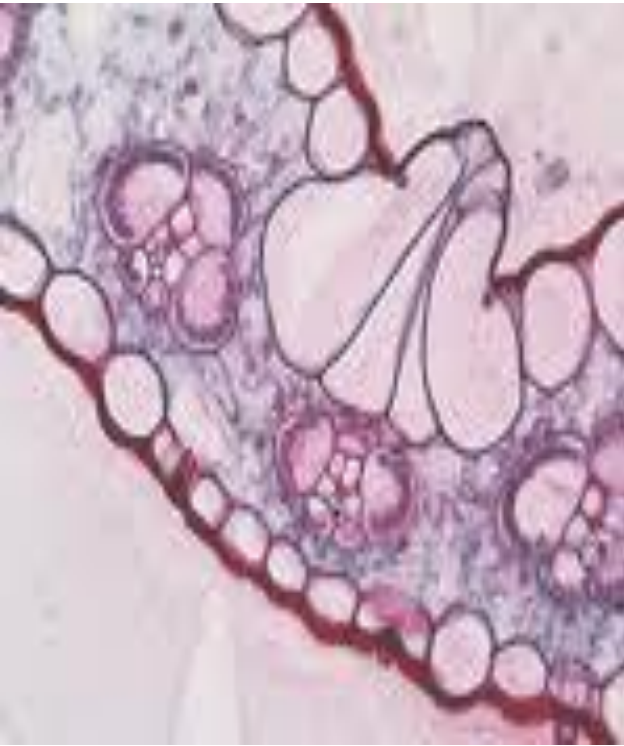


atvam3-4



5. الخلايا الحركية Bulliform cells

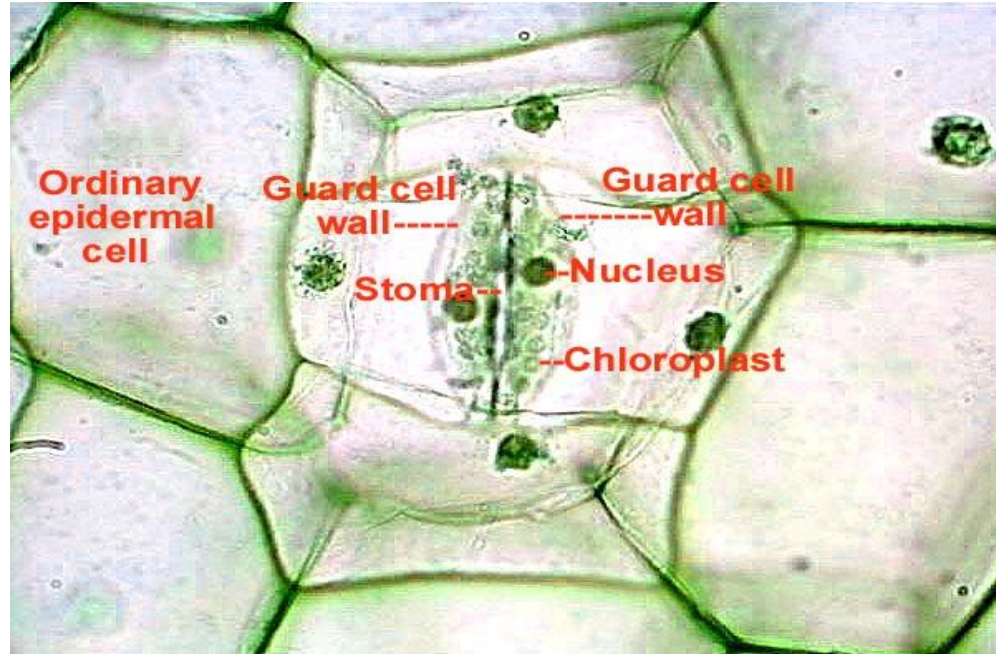
خلايا كبيرة الحجم وذات جدر سليولوزية رقيقة وذات فجوات كبيرة،
وتحتوي هذه الخلايا على كمية كبيرة من الماء وقد تكون خالية من
البلاستيدات الخضراء، وتقوم بالتفاف الأوراق، كما تساعد في تفتح الأوراق في
البراعم (شكل 41).



شكل (41) انماط الخلايا الحركية

6 . الثغور Stomata

مفردها ثغر Stoma وهو فتحة في البشرة تحد بخليتين تسميان بالخلايا الحارسة Guard cells وتحكم هاتين الخليتين في فتحة الثغر وتقع تحت فتحة الثغر مسافة بين خلوية تسمى بالغرفة تحت الثغرية وتتصل بالمسافات بين الخلوية في النسيج الوسطي. كما توجد في كثير من النباتات خليتين أو أكثر، ذات علاقة وظيفية بالخليتين الحارستين تعرف بالخلايا المساعدة Subsidiary cells. (شكل 42).



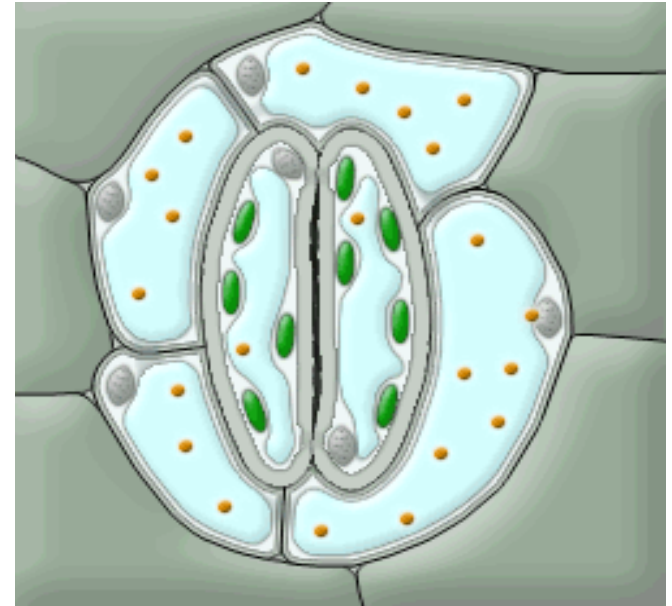
شكل (42) تركيب الثغر

توجد الثغور في الأجزاء الخضراء الهوائية (الساق والورقة وأجزاء الزهرة). كما توجد الثغور على الأوراق أحياناً في كلا السطحين.

ترتيب الثغور:

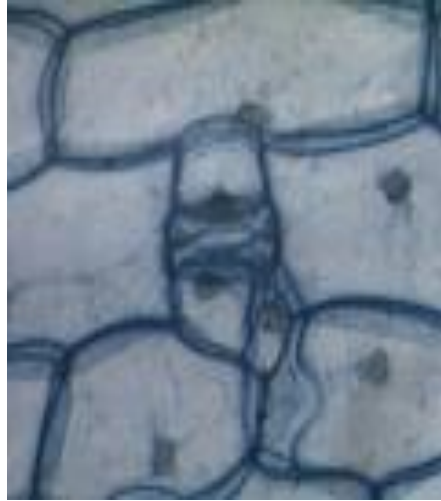
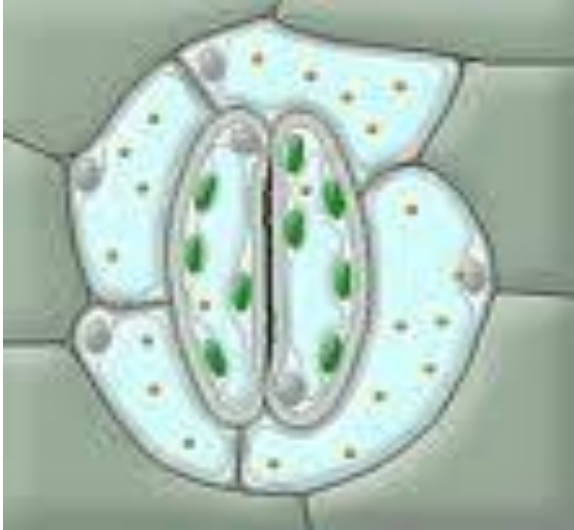
في الأوراق متوازية التعرق تكون الثغور في صفوف متوازية مثل ذوات الفلقة الواحدة وفي الأوراق شبكية التعرق تكون الثغور مبعثرة.
قد توجد الخلايا الحارسة المجاورة أو تعلوها أو قد تكون غائرة كما في

أوراق



شكل الخلايا الحارسة:

عادة تكون الخلايا الحارسة هلالية أو كلوية **Kidney shaped** كما في ذوات الفلقتين أو منتفختي الطرفين كما في ذوات الفلقة الواحدة **Dumb bell shaped** أي على شكل وحدتي أثقال (شكل 43).



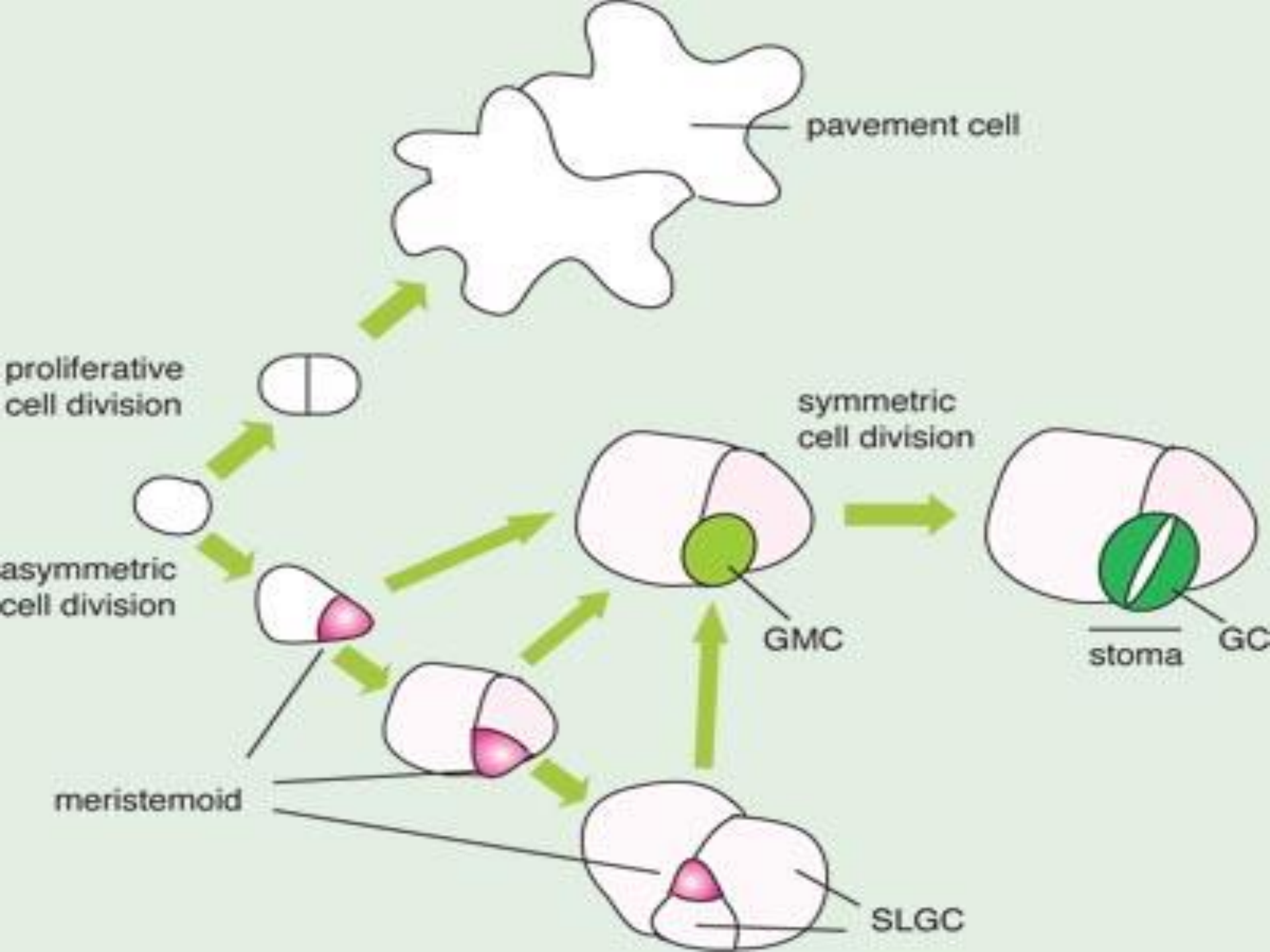
شكل (43) أشكال الخلايا الحارسة

محتويات الخلايا الحارسة Guard cells

تحتوي الخلية الحارسة على نواة واضحة أو كبيرة وبلاستيدات خضراء تجمع النشا على فترات ويكون الجهاز الفراغي مجزئاً بدرجات مختلفة، كما تحتوي على العديد من الأجسام السبحية. وأن الجدار غير منتظم السمك (شكل 43).

نشأة الثغر :

يتكون الثغر نتيجة الانقسامات في **منشئ البشرة Protoderm** فبعد عدة انقسامات لخلية منشئ البشرة تصبح أحد الخلايا الناتجة خلية منشئة للثغر (خلية أمية للثغر) ثم تنقسم هذه إلى خليتين حارستين وتكبران وتأخذان الشكل الهلالي أو الكلوي كما في ذوات الفلقتين أو الصولجاني كما في ذوات الفلقة الواحدة. وتحتل المسافة التي ستكون فتحة الثغر كتلة من مادة بكتية عدسية الشكل تذوب فيما بعد وتقع الخلية الأمية للثغر في مستوى خلايا البشرة ولكن يتغير موضعها بعد ذلك حسب بروز أو انخفاض الثغر عن سطح البشرة.



آلية فتح وغلق الثغر:

من أهم مميزات الثغر عدم انتظام تغلظ الجدار بالخلايا الحارسة ويظهر ذلك أن له علاقة بتغير الشكل والحجم نتيجة تغيرات التوتر في الخلايا الحارسة.

ويحدث فتح وغلق الثغر في النوع ذو الخلايا الحارسة كلوية الشكل نتيجة تحرك الجدار الخلفي الذي يتعد بعيداً عن فتحة الثغر وهو جدار رقيق ومطاط بخلاف الجدار المواجه للفتحة حيث يكون سميكاً وعند امتلاء الخلية يتعد الجدار الخلفي عن فتحة الثغر بينما يصبح الجدار الأمامي مستقيماً أو مقعراً ويعود الثغر إلى الإنغلاق عندما يقل ضغط الإمتلاء.

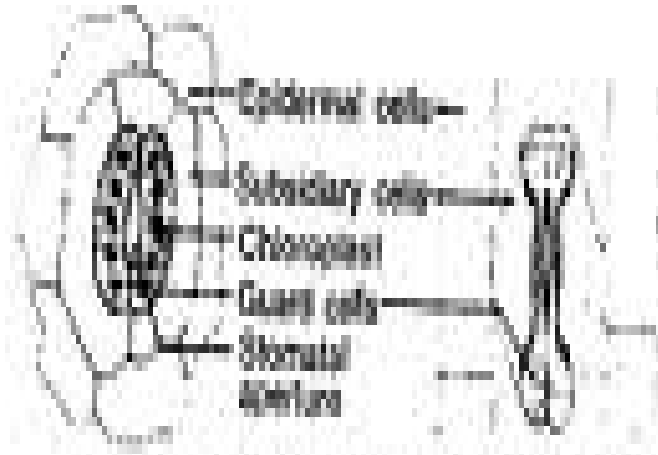
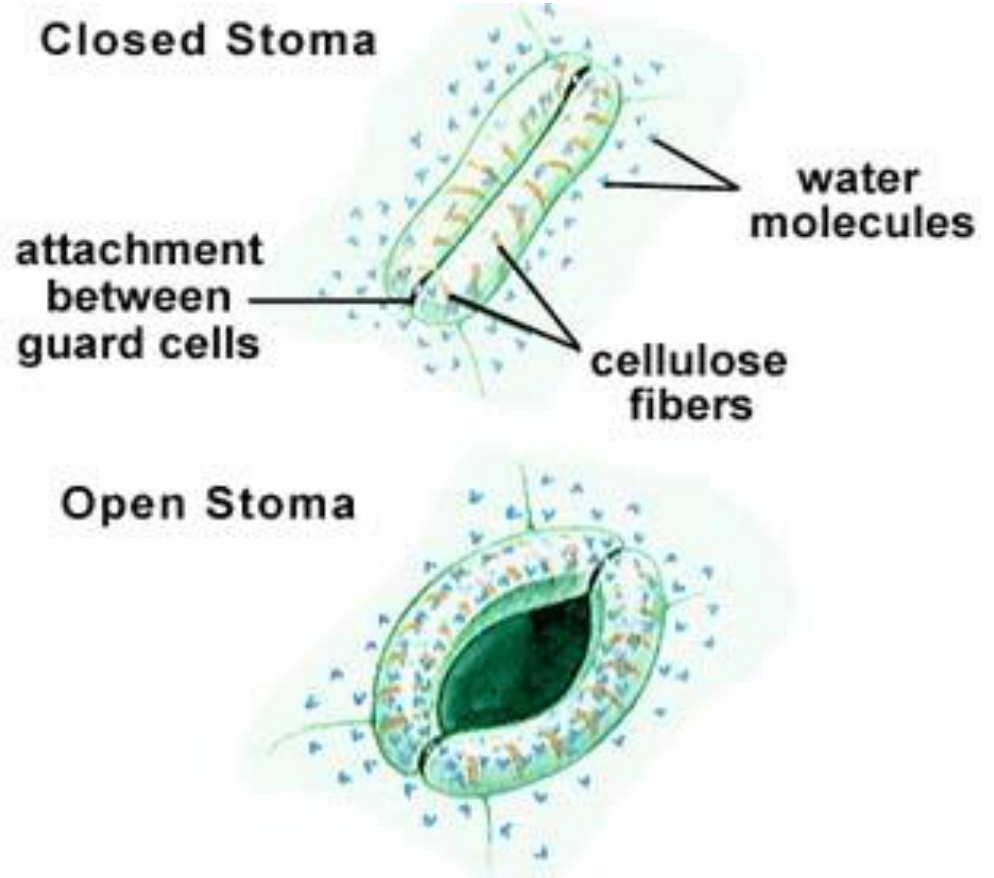


Fig. 8.11. Labelled diagram of stomatal



وفي النوع ذو الخلايا منتفخة الأطراف فإن النهايات أو أطراف الخلايا تكون رقيقة الجدر بينما يكون الوسط سميك ويسبب زيادة الامتلاء انتفاخ النهايات وبالتالي ابتعاد الأجزاء الوسطية المستقيمة من جدر الخلايا الحارسة عن البعض مسبباً بذلك انفتاح الثغر.

إن آلية حركة فتح وغلق الثغر مازالت موضوع دراسات ونقاشات مستفيضة فانتقال أيون البوتاسيوم K^+ ، من الخلايا الحارسة والخلايا المجاورة أحد العوامل في حركة الخلايا الحارسة فينفتح الثغر بوجود زيادة من أيون البوتاسيوم K^+ كما أن استجابة الثغر للضوء والتغيرات في تركيز ثاني أكسيد الكربون تشارك أيضاً في حركة الثغر. كما أن الهرمون النباتي حمض الأبسيسيك (**Abscisic acid (ABA)**) يدخل في تنظيم حركة الثغر.

فخلال انفتاح الثغور يختفي النشا من البلاستيدات وفي نفس الوقت يدخل أيون البوتاسيوم إلى الخلية أما النظرية القديمة التي تقول إن تحلل النشا يسهم في زيادة الضغط الأزموزي في الخلايا الحارسة بسبب تكون السكر فقد استبدلت بفكرة أن تميؤ* النشا يعطي أيونات عضوية لها علاقة بامتصاص أيون البوتاسيوم.

أنواع الثغور في النباتات ذوات الفلقتين:

تصنف ثغور نباتات ذوات الفلقتين حسب الخلايا المساعدة إلى:

1_ ثغر غير منتظم الخلايا **Anomocytic** (**Ranunculaceous**)

يحيط بالخلايا الحارسة أربع أو خمس خلايا غير منتظمة ولا يتميز إلى خلايا مساعدة الفصيلة الشقية، والقرعية، والخبازية و الفصيلة الشقية. (شكل 44 أ).

2_ ثغر غير متساوي الخلايا المساعدة **Anisocytic** (**Cruciferous**)

تحيط في الخلايا الحارسة ثلاث خلايا مساعدة أحدها صغيرة مثل الفول، ودوار الشمس (الفصيلة الصليبية) (شكل 44 ب).

3_ ثغر متوازي الخلايا المساعدة **Paracytic** (**Rubiaceous**)

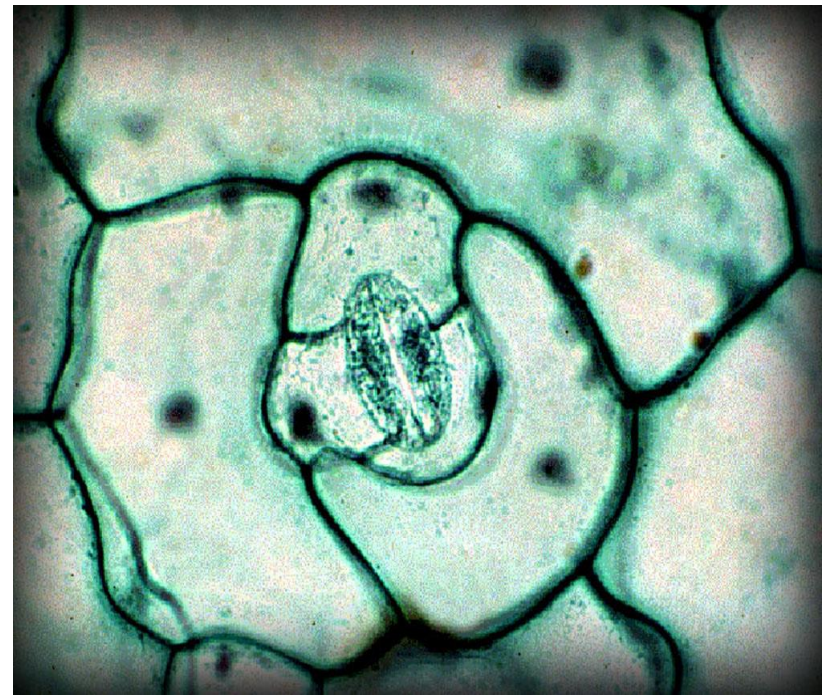
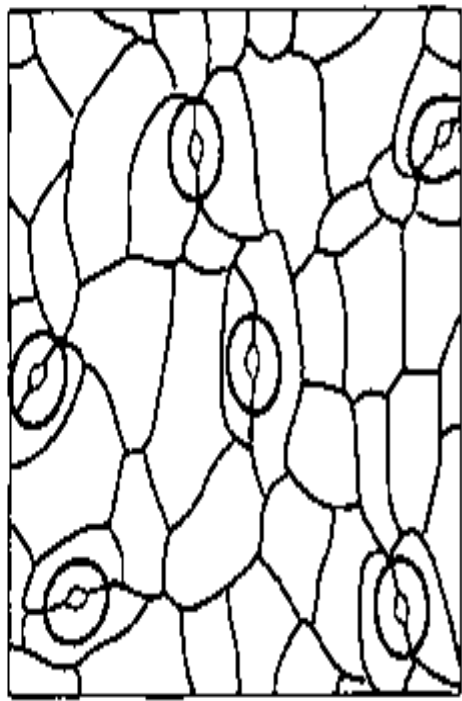
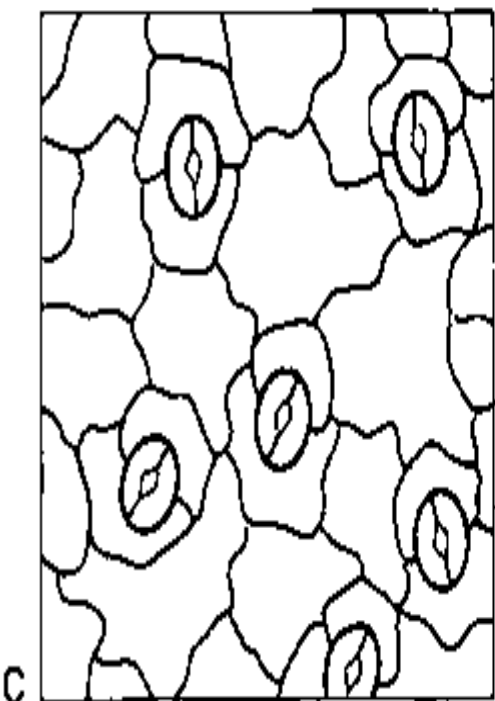
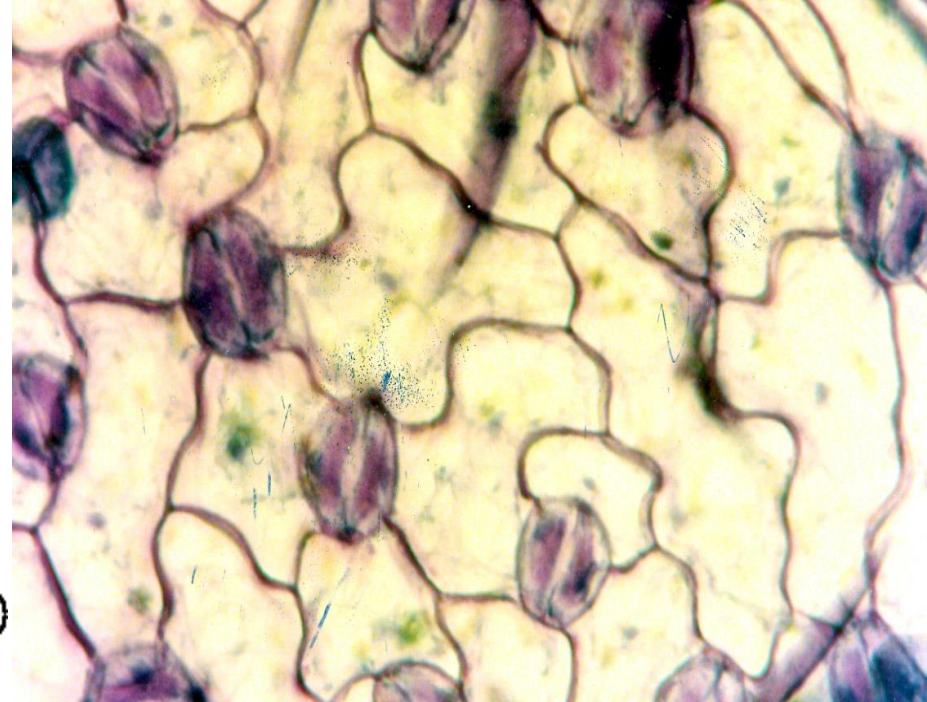
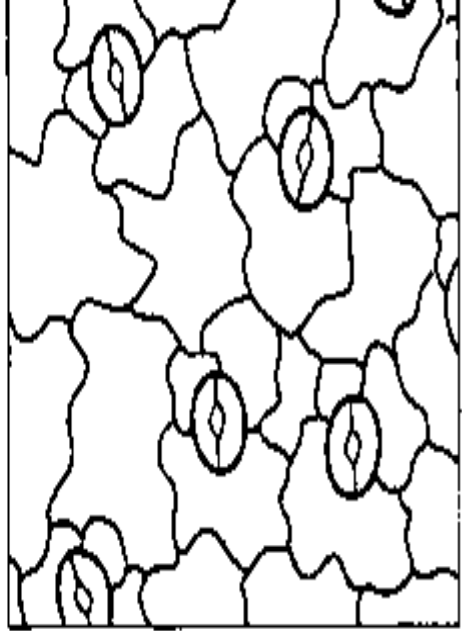
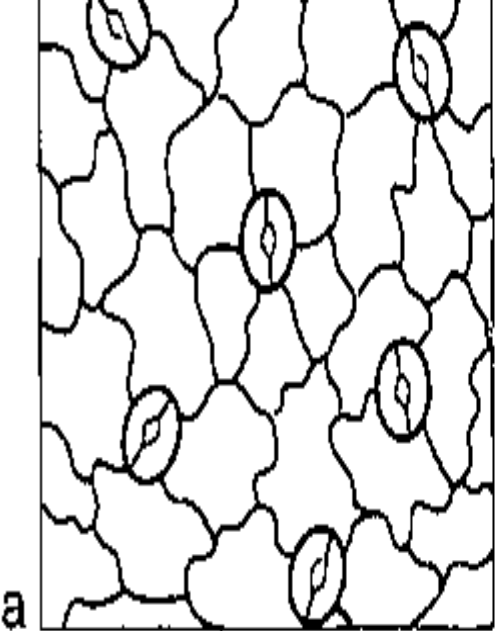
خليتان من الخلايا المساعدة تحيط بالخلايا الحارسة جدارهما المشترك موازي للمحور الطولي لفتحة الثغور الفصيلة الروبية) والفصيلة العلاقية (شكل 44 ج).

4_ ثغر متعامد الخلايا المساعدة **Diacytic** (**Caryophyllaceous**)

خليتين مساعدين تحيط بالخلايا الحارسة جدارهما المشترك متعامد على المحور الطولي للثغر (المنتور) القرنفل (الفصيلة الأكاشية) (شكل 44 د).

5_ ثغر شعاعي الخلايا المساعدة **Actinoeytic**

تحيط بالخلايا الحارسة مجموعة من الخلايا المساعدة منتظمة قطرياً مع الثغر (شكل 44 هـ).



أنواع الثغور في ذوات الفلقة الواحدة:

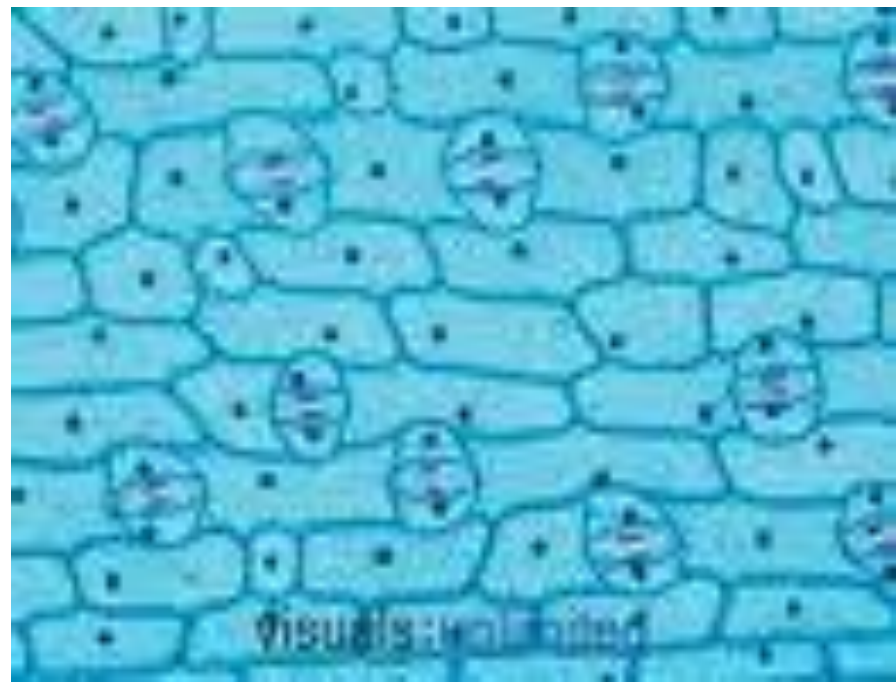
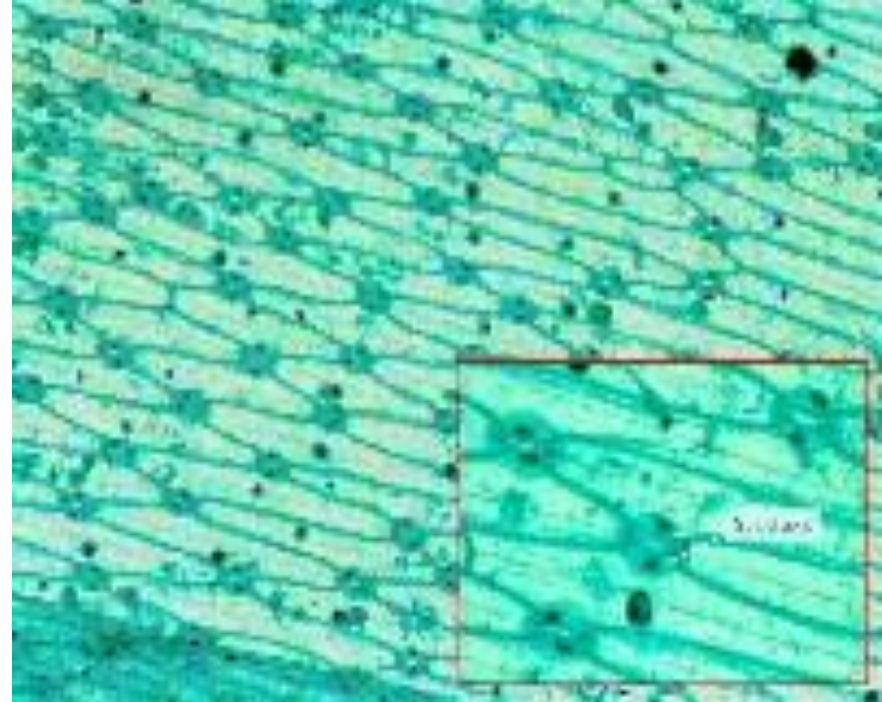
يوجد أيضاً في نباتات ذوات الفلقة الواحدة أربعة أنواع من التراكيب الثغرية هي:

• ثغر ذات أربع إلى ست خلايا مساعدة حول الخلايا الحارسة، ويوجد في كل من الفصائل التالية الموزية، والزنجبيلية، وفصائل أخرى (شكل 45 أ).

1. تحاط الخلايا الحارسة بأربع إلى ست خلايا مساعدة اثنتان مستديرة وأصغر من البقية وتقعان عند نهاية الخلايا الحارسة، توجد في الفصيلة النخيلية. (شكل 45 ب).

2. تحاط الخلايا الحارسة جانبياً بخليتين مساعدتين على جانبي الخلايا الحارسة توجد في الفصيلة السعدية والنخيلية. (شكل 45 ج).

لا يوجد خلايا مساعدة متميزة ويوجد في الفصيلة الزنبقية مثل البصل. (شكل 45 د).



7. الشعيرات Trichomes

يطلق على زوائد البشرة سواء وحيدة الخلية أو عديدة الخلايا بالشعيرات وهي إما أن تكون ذات جدار سليولوزي رقيق أو سميك حسب نوع الشعيرة وأحياناً قد يكون سميك ملجنن ذو تغلظ ثانوي وقد تفقد الشعيرات بروتوبلازمها. والشعيرات ذات أهمية تصنيفية كبيرة على مستوى الفصائل وأحياناً على مستوى الجنس والنوع. ويمكن أن تقسم الشعيرات إلى:

أولاً : شعيرات لا غدية Nonglandular trichomes

1. غير متفرعة Non-glandular unbranched trichomes

شكل 46 أ ، ب ، ج .)

1. وحيدة الخلية مثل حنك السبع. وكما في الفصيلة الصليبية
2. عديدة الخلايا وحيدة الصف مثل حنك السبع
3. عديدة الخلايا عديدة الصفوف مثل نبات بورتولاكيا *Portulaca* وفي عدد كبير من الفصيلة المركبة.

1. **تفرعة Nonglandular branched** (شكل 46 د ، ه ، و).

1. موحيدة الخلية متفرعة أو على شكل حرف T مثل نبات *Lobularia* والمشور *Matthiola*

2. عديدة الخلايا متفرعة مثل الشمعدانية *Candelabra* مثل الفيربسكم من فصيلة حنك السبع و نجمية *Stellate* كما في نبات السيدا *Sida*

3. شعيرات حرشفية أو قرصية *Petate* وتوجد في نبات الزيتون.

ثانياً : **شعيرات غدية Glandular trichomes**

تفرز الشعيرات الغدية أنواع عديدة من المواد مثل المحلول الملحي، المحلول السكري (*Nectar*) والترينينات (*Terpenes*) والصموغ (*Glands*) ويمكن أن يطلق على الشعيرات المفترزة بالغدد *Glands*. وتتكون الشعيرة الغدية عادة من جزئين قاعدة *base* أو القدم *foot* وتكون مغمورة في البشرة، والجسم *body* وهو الجزء البارز على سطح البشرة ويمكن أن يقسم إلى :

أ. العنق *Stalk* وهو يتكون من خلية إلى عدة خلايا.

ب. الرأس *head* وهو يتكون من خلية إلى عدة خلايا ويعرف أيضاً بالغدة *Gland*

(شكل 47).

ويمكن أن تصنف الشعيرات الغدية حسب الشكل:

1. شعيرات غدية غير متفرعة **Unbranched glandular t.** (شكل 47 أ. هـ).

• وحيدة العنق وحيدة الرأس.

• ثنائية العنق أحادية الرأس أو أحادية العنق ثنائية الرأس. (حنك السبع).

• عديدة خلايا العنق وحيدة الرأس فصيلة حنك السبع (حنك السبع).

• عديدة خلايا الرأس وحيدة العنق فصيلة حنك السبع (حنك السبع).

هـ - عديدة خلايا العنق عديدة خلايا الرأس فصيلة حنك السبع (حنك السبع).

2. شعيرات غدية متفرعة **Branched glandular t.** (شكل 47 و. ح).

عديدة خلايا العنق وحيدة الرأس (فصيلة حنك السبع) (سبلات) مثل حنك السبع.

عديدة خلايا العنق ثنائية الرأس (فصيلة حنك السبع) حنك السبع.

عديدة خلايا العنق عديدة الرأس (فصيلة حنك السبع) حنك السبع.

وتقسم الشعيرات حسب نوع الوظيفة التي تقوم بها في جسم النبات وهي محاولة من بعض العلماء لمعرفة

وظيفة هذه الشعيرات:

3_ زوائد أو شعيرات خازنة الماء **Water storage trichomes**

هي عبارة عن خلايا فردية تختص لحزن الماء الذي يبقى إما في العصير الخلوي أو الجزء الداخلي للجدار

الخلوي (شكل 48 أ).

1_ زوائد أو شعيرات ماصة للماء **Water absorbing trichomes**

هذه الشعيرات تشمل الشعيرات الموجودة على الأوراق الخضراء وخاصة أوراق النباتات الصحراوية حيث تمكن النبات من امتصاص الندى في الليل والرطوبة في الطقس الرطب. ويمكن أن تكون هذه الشعيرات وحيدة الخلية أو عديدة الخلايا وتشمل أيضاً الحراشف الامتصاصية والخلايا الحركية لبعض النباتات الصحراوية التي تتعلق بلف أو فرد الأوراق (شكل 48 ب).

1. الشعيرات الواقية **Protective hairs**

هذه الشعيرات تتحور لتقي النبات من رعي الماشية ويمكن أن تكون ميكانيكية خالص أو سامة وكمثل الشعيرات الآلية التأثير (Pristte) وهي شعيرات خشنة قصيرة جدرها متكلسة أو مسيلكة ومغطاة ببشيرات صغيرة أما الشعيرات السامة فهي مثل الشعيرات اللاسعة الموجودة في نبات الحريق (شكل 48 ج).

1. الشعيرات المغطية **Clothing or covering trichomes**

هذه الشعيرات تعطي تغطية عامة لسطح الورقة وتعمل كشاشة خفيفة وكطبقة عازلة ضد تغيرات الحرارة الشديدة كما تقلل معدل النتح ويمكن أن تكون وحيدة الخلية أو عديدة الخلايا (شكل 48 د).

شكل 48 د).

1. شعيرات متسلقة **Climbing hairs**

توجد في النباتات الملتفة والمتسلقة وتنتظم بشكل معين بحيث تحمي الساق من الإنزلاق من الدعامة. وغالباً ما تكون الشعيرة معكوفة النهاية (شكل 48 هـ).

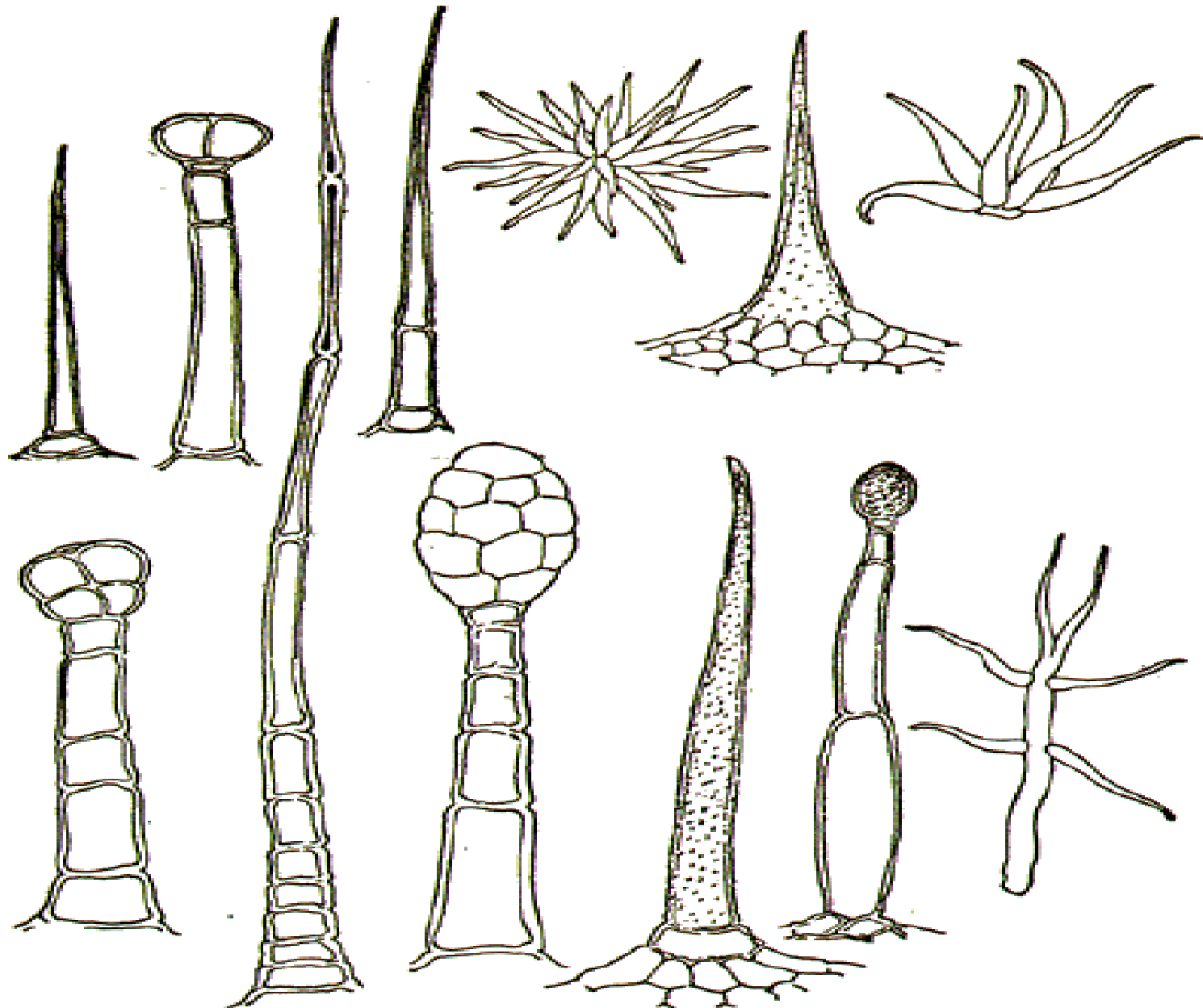
1. غدد هاضمة بسيطة **Simple digestive glands**

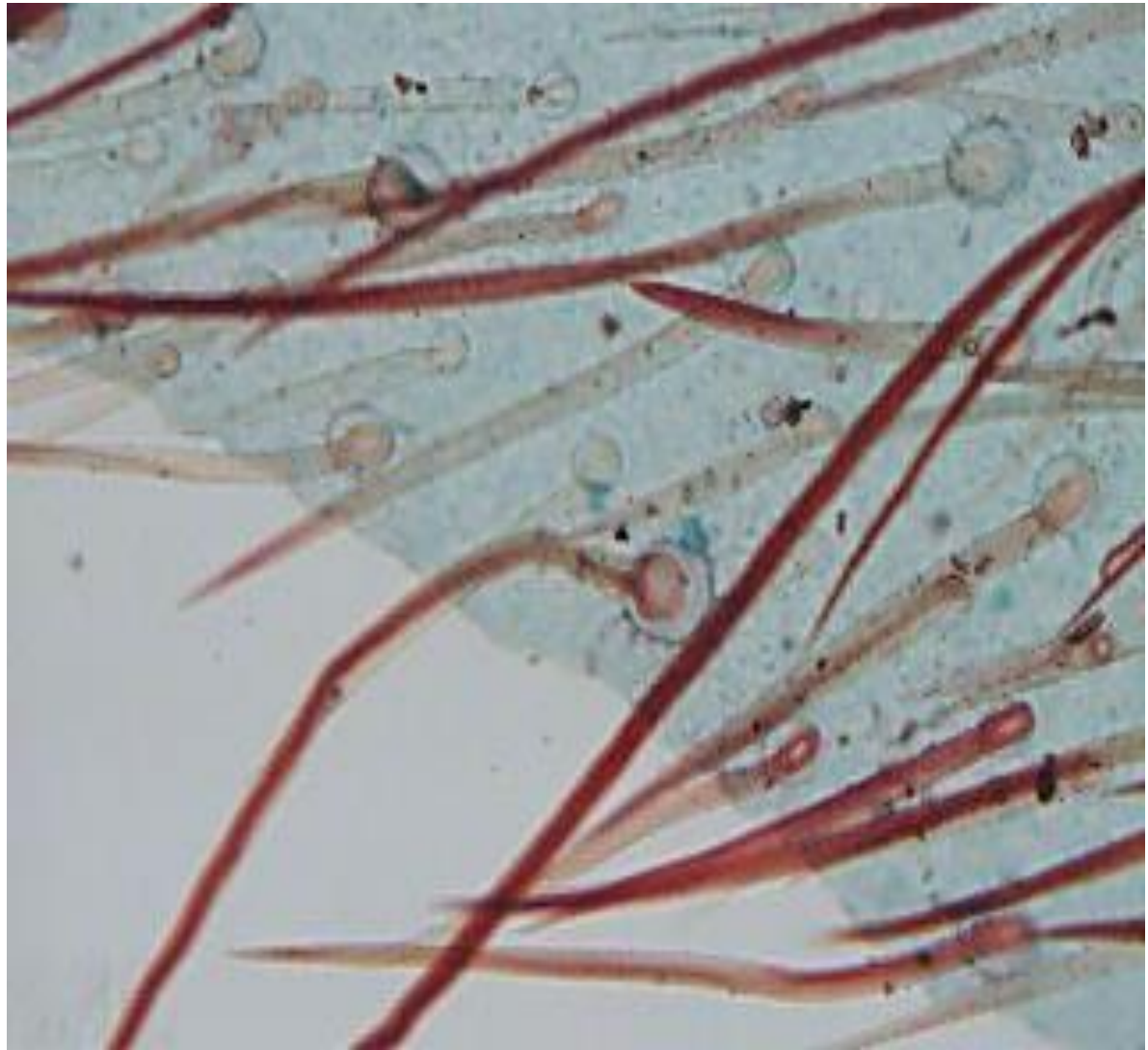
يوجد هذا النوع من الغدد في البشرة للنباتات آكلة الحشرات (**Insectivorous plants**) وهي غدد تفرز أنزيمات هاضمة لبروتين الكائنات الحية تمكن النبات من امتصاص نواتج الهضم مثل الشعيرات الهاضمة في نبات الدوسيرا **Drosera** (شكل 48: و)

1. غدد غير هاضمة **Non-Simple digestive glands**

وهي زوائد غدية تفرز مواد مثل الزيت أو الراتنج (**resin**) أو المخاط (شكل 48: ز).

A sample of trichome types:





(الثغور المائية Hydathodes

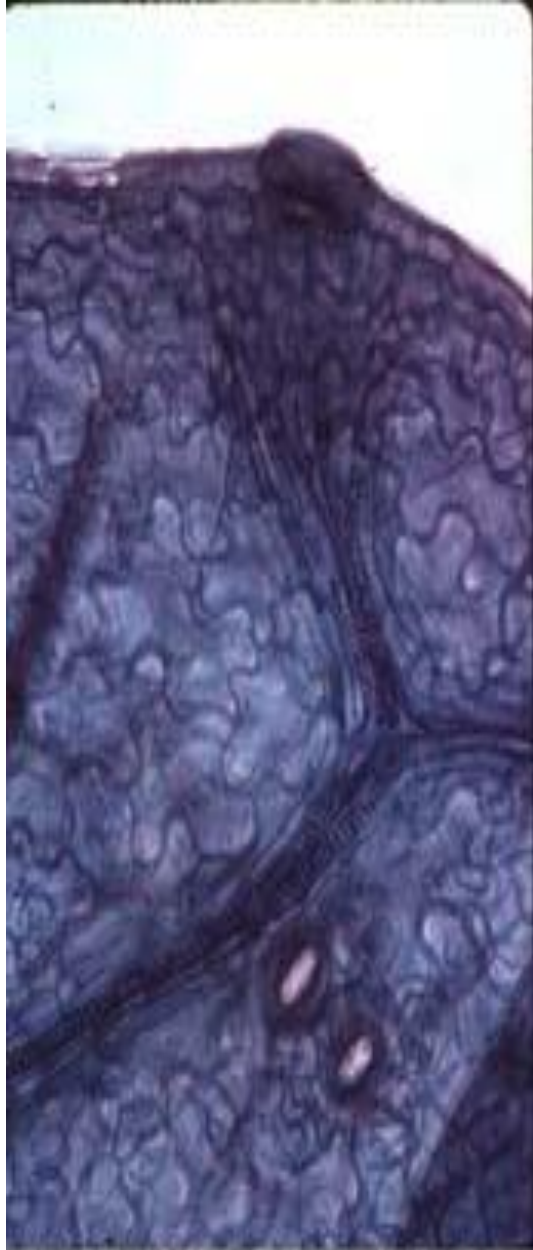
وهي تراكيب تزيل أو تطرد السائل المائي من داخل الورقة إلى سطحها وهناك نوعين:

أ. ثغور مائية بشرية Epidermal hydathodes

وتعتبر شعيرات متحورة تعمل على إفراز الماء ويمكن أن تكون أحادية الخلية أو عديدة الخلايا (شكل 48: ح).

ب. الثغور المائية الطلائية Epithem hydathodes

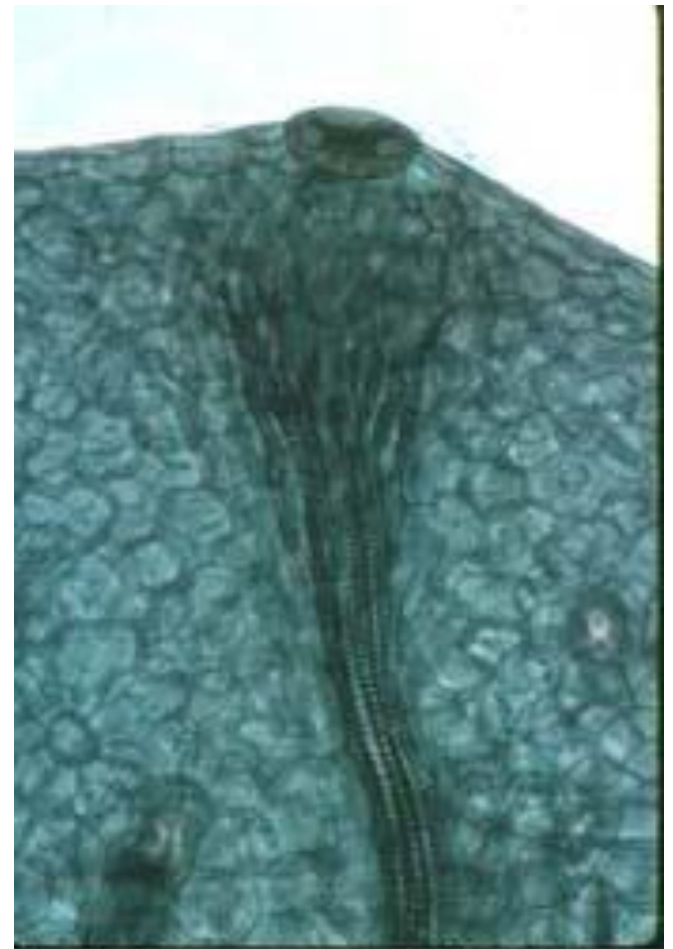
وهذه الثغور المائية لها علاقة مباشرة مع الخشب الذي ينتهي بالقصببات حيث تتصل بنسيج برنشيمي خاص يسمى الطبقة الطلائية **Epithem** وهذا يحاط بغلاف حزمي يمكن أن يكون خلايا برنشيمية أو خلايا مسورة أو خلايا فيها شرائط كاسبر، وتوجد الثغور المفتوحة في البشرة فوق الطبقة الطلائية ويمر الماء إلى الفتحات الثغرية من خلال النسيج الطلائي ذي المسافات البينية الواسعة ويفرز إلى الخارج على هيئة قطرات مائية تعرف بالإدماع **Guttation** (شكل)



Sinningia (Gesneriaceae) leaf clearing with one water pore on the hydathode.



Potentilla palustris leaf with guttating hydathodes.



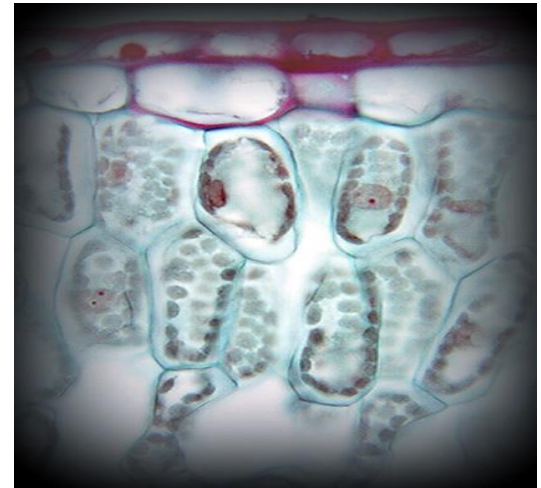
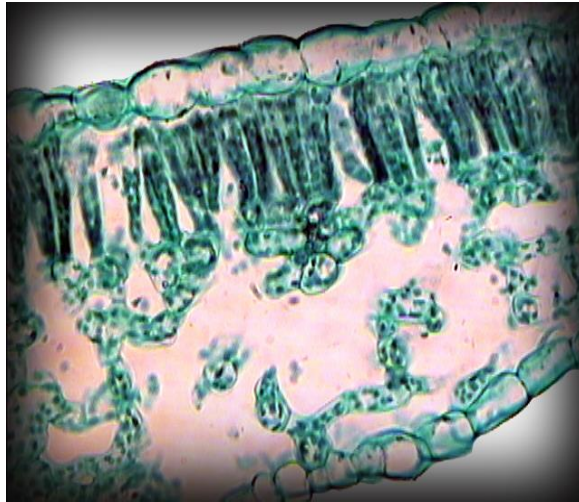
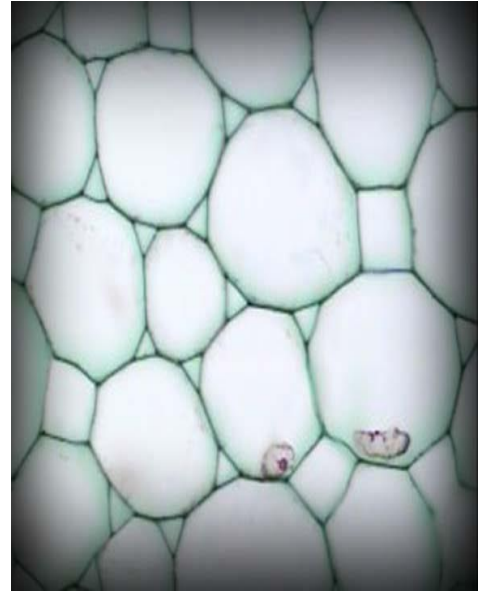
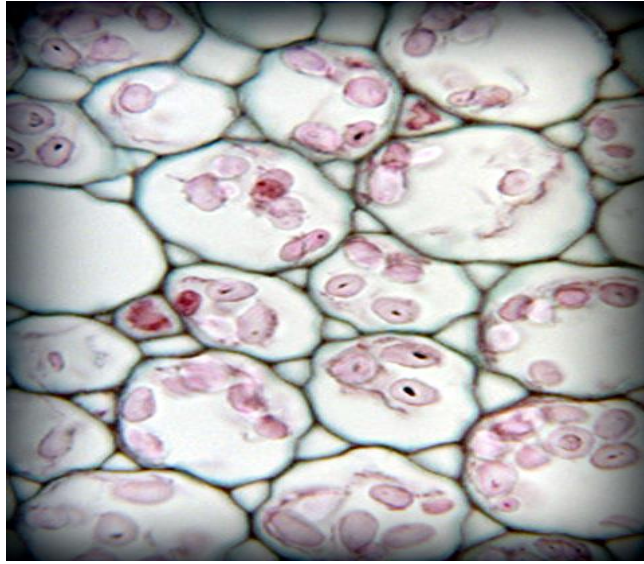
Sinningia (Gesneriaceae) leaf clearing focused on single water pore and vascular bundle end in hydathode.

2. النظام (الجهاز) النسيجي الأساسي: **Ground tissue system**

ويتكون أساساً من النسيج البرنشيمي وقد يدخل كل من النسيج الكولنشيمي والنسيج السكرنشيمي في تكوينه.

النسيج البرنشيمي Parenchyma

يتكون النسيج البرنشيمي من خلايا حية تختلف في أشكالها ووظائفها ولهذا فقد يطلق عليها مصطلح نسيجاً معقداً. وهذه الخلايا لها جدر رقيقة عادة وتعرف بالنسيج الأساسي في الجسم النباتي، وهي تتطابق مع هذا التعريف من الناحيتين الشكلية والوظيفية، ويمكن اعتبارها مكونات الجسم النباتي الرئيسية نظراً لأن الخلايا الإنشائية في النسيج الإنشائي القمي والخلايا التكاثرية ذات طبيعة



برنشيمية. كما أنه من الناحية التطورية تعتبر المصدر الأولي للأنسجة الأخرى. كما يتضح من تركيب معظم النباتات الحزازية المنبثقة مثل الريشيا والماركانتيا.

إن **الخلايا البرنشيمية** هي قاعدة الأنشطة الحيوية في النباتات والتي تتم فيها كثير من العمليات الأساسية مثل البناء الضوئي والأيض والتنفس والتخزين والإفراز والإخراج. تلك الأنشطة تعتمد على وجود بروتوبلازم حي. وهذا يدل بدوره على كون **الخلايا البرنشيمية** خلايا حية.

و قد ذكرت أشاو **Esau** 1965م أن الخلايا البرنشيمية الموجودة في أنسجة الخشب واللحاء قد تلعب دوراً هاماً أولاً في تحرك الماء في العناصر الوعائية غير الحية، وثانياً إنتقال الغذاء في عناصر الأنايب الغربالية والتي لا تحتوي على نواة مميزة في بروتوبلازمها.

تميز الخلايا البرنشيمية:

إن **الخلايا البرنشيمية** من الناحية التكوينية تعتبر غير متميزة تماماً فهي ليست متخصصة شكلياً أو وظيفياً بمقارنتها بالخلايا الأخرى كالعناصر الغربالية والقصبيات أو الألياف، ولهذا فقد تغير الخلية البرنشيمية وظيفتها أو تجمع بين وظائف مختلفة، ولكنها قد تخصص أحياناً بأن تخصص للتمثيل الضوئي عندما تحتوي على بلاستيدات خضراء، كما هو الحال في الخلايا العمادية والأسفنجية بالورقة. أو تخصص في التخزين كما هو الحال في **الخلايا البرنشيمية** للطبقة الأليرونية في الحبوب والتي تخصص في تخزين البروتين. أو خلايا الأندوسبيرم في البذور، وخلايا الغلاف النشوي في سيقان نباتات ذات الفلقتين والتي تخصص في تخزين النشا. وكذلك الخلايا التي تخصص لترسيب المواد الفائضة عن حاجة النبات. ومن أبرز صفات **الخلايا البرنشيمية** هي قابليتها على إعادة النشاط الإنشائي وهذا يعود كما ذكرنا سابقاً إلى كونها أقل تميزاً وتكشفاً عن باقي الخلايا. فالخلايا البرنشيمية الموجودة في قشرة الساق كثيراً ما تستعيد نشاطها الإنشائي مكونة الكامبيوم الفليني،

والخلايا البرنشيمية الموجودة بقواعد أعناق الأوراق والأزهار. والثمار كثيرا ما تستعيد نشاطها الإنشائي مكونة نسيجاً إنشائياً يعطي نشاطه ما يعرف بمنطقة الانفصال **Abscission region**. والخلايا البرنشيمية المكونة للأشعة النخاعية بساق نباتات ذات الفلقتين هي الأخرى تستعيد نشاطها الإنشائي مكونة **الكامبيوم بين الحزمي Interfascicular cambium**، كما أن الخلايا البرنشيمية الموجودة بين اللحاء الابتدائي بجذور نباتات ذات الفلقتين أيضاً تستعيد قابليتها للإنقسام وتكون نسيجاً إنشائياً. كما تشير الأبحاث إلى أن **الخلايا البرنشيمية** المكونة للنسيج العمادي المستديم بالورقة قد تستعيد نشاطها الإنقسامي دون تكوين نسيج إنشائي متميز. والجدير بالذكر أنه من الأمثلة السابقة يتضح مقدرة **الخلايا البرنشيمية** على استعادة نشاطها الإنشائي ومن ثم الأنقسام وهي ما زالت داخل جسم النبات.

وتدل الأبحاث الحديثة (باركر **Barker** 1953) إلى أن **الخلايا البرنشيمية** المكونة للنخاع نادراً ما تعيد قابليتها للانقسام وهي في جسم النبات، وقد يرجع ذلك إلى حاجة النبات. أما عند عزل خلايا من النخاع لساق نبات الزيزفون عمره حوالي خمسون عاماً وتنمية هذا النسيج على بيئة صناعية خاصة تحت ظروف معقمة، فإن هذه الخلايا البرنشيمية استعادة نشاطها الإنشائي وكونت كالوساً **Callus** أي مجموعة من الخلايا البرنشيمية ذات الجدر الرقيقة، وهذه النتيجة تدل ليس فقط على مقدرة هذه الخلايا على الانقسام بل تدل دلالة واضحة على احتفاظ هذه الخلايا بمقدرتها على الانقسام طوال هذه الفترة من عمر النبات. كما أنه في تجربة مشابهة قام بها (استيورد وآخرون **Steward, et.al** 1970) على خلايا من نخاع جذر الجزر ونماها على بيئة صناعية سائلة تحت ظروف الهز الميكانيكي المستمر فتفككت خلايا هذا الكالوس مما أمكن الحصول على خلايا منفردة، أخذت احداها ونميت حتى كونت نباتاً كاملاً نمت حتى وصل مرحلة الإزهار. وهذه الدراسة وما شابهها من دراسات لاحقة تثبت أن **الخلية البرنشيمية** تحتوي جميع المعلومات الوراثية اللازمة لتكوين نباتاً كاملاً وأنها تحت ظروف معينة تستطيع أن تؤدي كل ما تؤديه **خلية اللاحقة**.

محتويات الخلايا البرنشيمية:

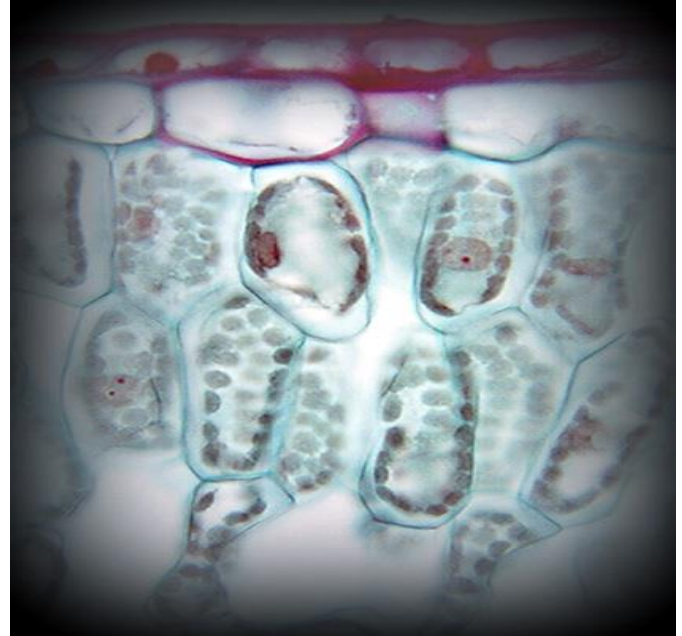
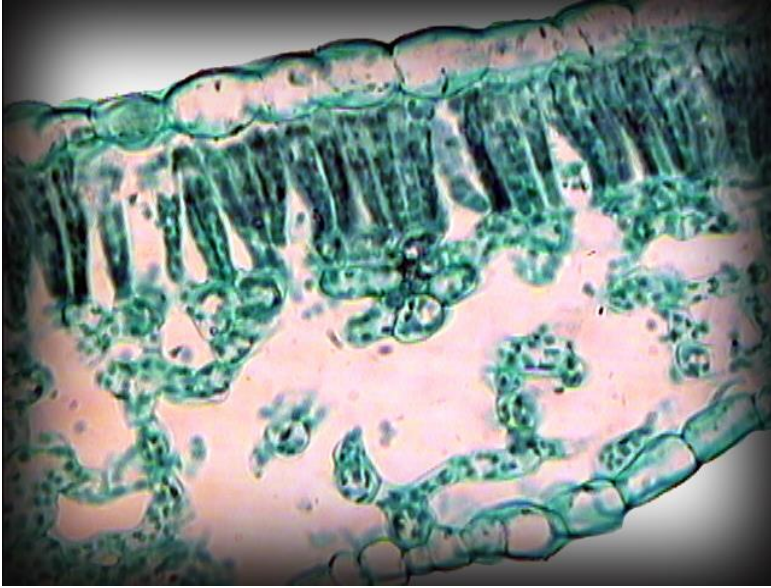
تختلف محتويات **الخلايا البرنشيمية** حسب نوع الوظيفة التي تقوم بها **الخلية البرنشيمية**، حيث أن هناك علاقة وثيقة بين محتويات هذه الخلايا وما تقوم به من نشاطات ووظائف في الجسم النباتي. فقد تحتوي **الخلايا البرنشيمية** على بلاستيدات خضراء كما في النسيج التمثيلي للورقة أو قشرة الساق، وقد توجد بلاستيدات عديمة اللون كما هو الحال في نخاع الساق وقد تحتوي **الخلية البرنشيمية** على العديد من المواد الغذائية في العصير الخلوي، أو على صورة مواد صلبة أو سائلة في البروتوبلازم، وقد تكون هذه المحتويات مواد أيضية مثل النشا والبروتين والدهون والزيوت أو مواداً مخزنة من السكر والمواد الكربوهيدراتية الذائبة. كما قد تحتزن الماء وفي هذه الحالة تكون نسيجاً خازناً للماء كما هو الحال في النباتات العصيرية مثل الصبار. وقد تحتوي **الخلايا البرنشيمية** على المواد الدباغية (التانينات) والمواد المعدنية على هيئة بلورات. وعلى أساس محتويات الخلايا البرنشيمية وما تقوم به من وظائف في جسم النبات فإنه يمكن تقسيم **النسيج البرنشيمي** إلى عدة أنماط منها:

خلايا برنشيمية تمثيلية **Chlorenchyma**

وهي خلايا تحتوي على بلاستيدات خضر وتوجد هذه الخلايا في النسيج الوسطي للورقة و في قشرة الساق وقشرة الجذور الهوائية. وتعتبر **الخلايا البرنشيمية التمثيلية** في النسيج الوسطي للأوراق أكثر تخصصاً من تلك الموجودة في أنسجة النبات الأخرى لدورها الرئيسي في عملية البناء الضوئي وتكوين المواد الغذائية للنبات (شكل 49: أ).

2. خلايا برنشيمية خازنة للغذاء **Food – storage tissues**

تقوم هذه الخلايا بتخزين العديد من المواد الغذائية إما على هيئة مواد ذائبة أو صلبة في العصير الخلوي بداخل الفجوات العصارية أو داخل أجسام خاصة في السيتوبلازم كما هو الحال في تخزين المواد البروتينية على هيئة أجسام بروتينية أو تخزين حبيبات النشا وتخزين الدهون والزيوت. كما قد تحتوي الخلايا البرنشيمية على مواد مخزنة إما بصورة ذائبة في العصير الخلوي وإما بصورة صلبة في السيتوبلازم في نفس الخلية كما هو الحال في الخلايا البرنشيمية لدرنات البطاطس وريزومات العديد من النباتات حيث يحتوي العصير على أميدات وبروتينات ذائبة، ويحتوي السيتوبلازم على حبيبات نشا كما قد يحتوي سيتوبلازم الخلايا البرنشيمية على أكثر من مادة غذائية مخزنة كما هو الحال في الخلايا البرنشيمية في فلقات بذور الفاصوليا والبالاء



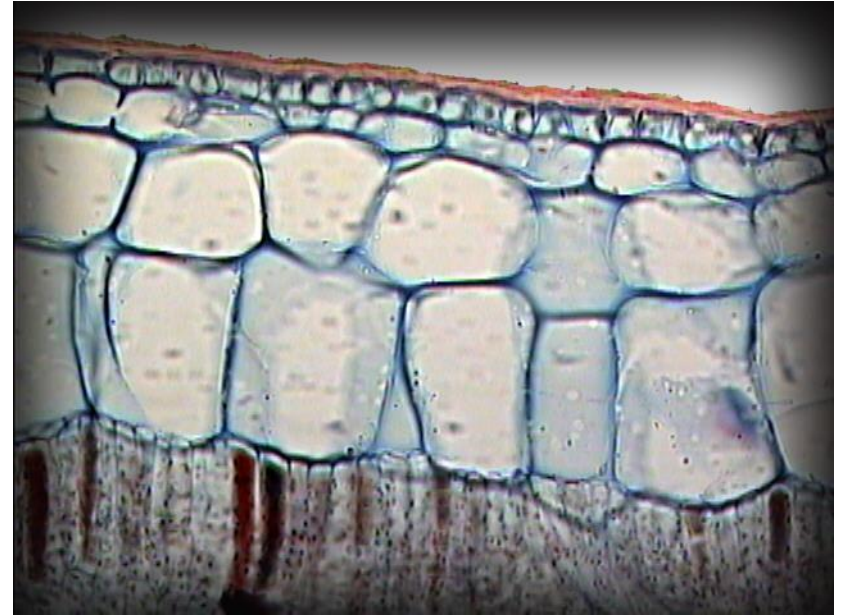
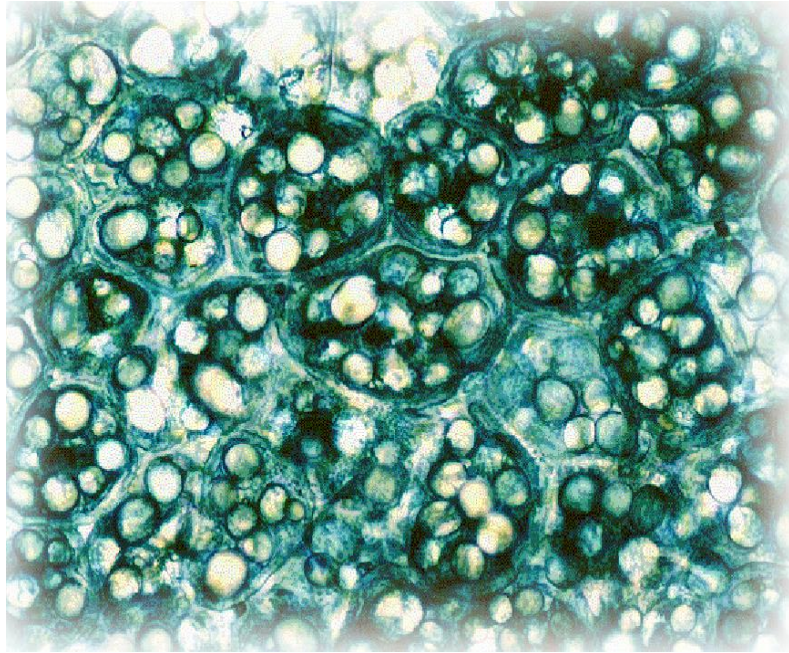
والعدس والتي تحتوي على حبيبات أليرون وحبيبات نشا، وفي بذور نباتات أخرى مثل نباتي الخروع وفول الصويا فإن الخلايا البرنشيمية لفلقات نبات فول الصويا وأندوسبيرم بذرة الخروع تحتوي في سيتوبلازمها على حبيبات أليرون وزيوت (شكل 49 أ ، ب). يعتبر النشا أكثر المواد المدخرة شيوعاً حيث يوجد في الخلايا البرنشيمية للقشرة والنخاع، وكذلك **الخلايا البرنشيمية** للأنسجة الوعائية مثل برنشيمة الخشب، برنشيمة اللحاء، والأشعة البرنشيمية، ولا يكاد يخلو أي نسيج برنشيمي من مادة النشا.

بالإضافة إلى تخزين المواد الغذائية في السيتوبلازم وفي العصير الخلوي فإن بعض **الخلايا البرنشيمية** تحتزن المواد الكربوهيدراتية وخاصة أشباه السليولوز Hemicelluloses في جدرانها الخلوية على هيئة ترسبات مما يؤدي إلى سمك هذه الجدر الخلوية كما هو الحال في خلايا أندوسبيرم بذرة البلح وبذرة وبذرة البن العربي.

خلايا برنشيمية خازنة للماء Water-storage tissues

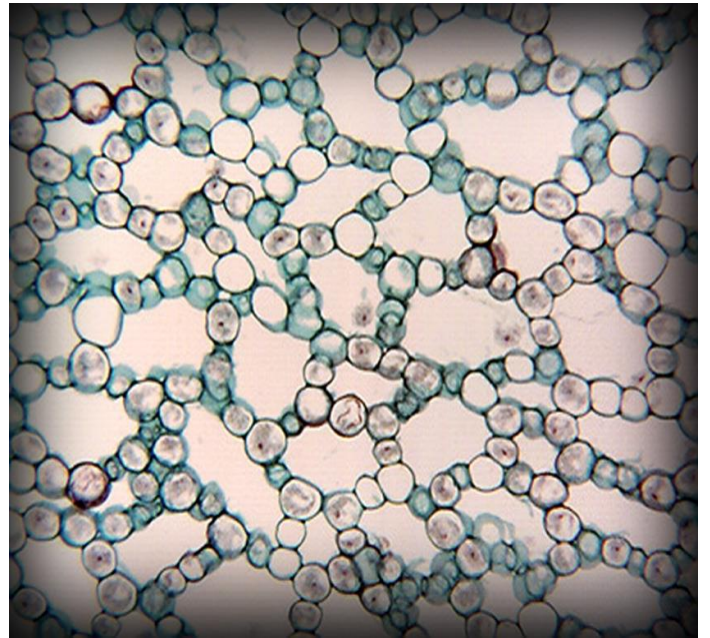
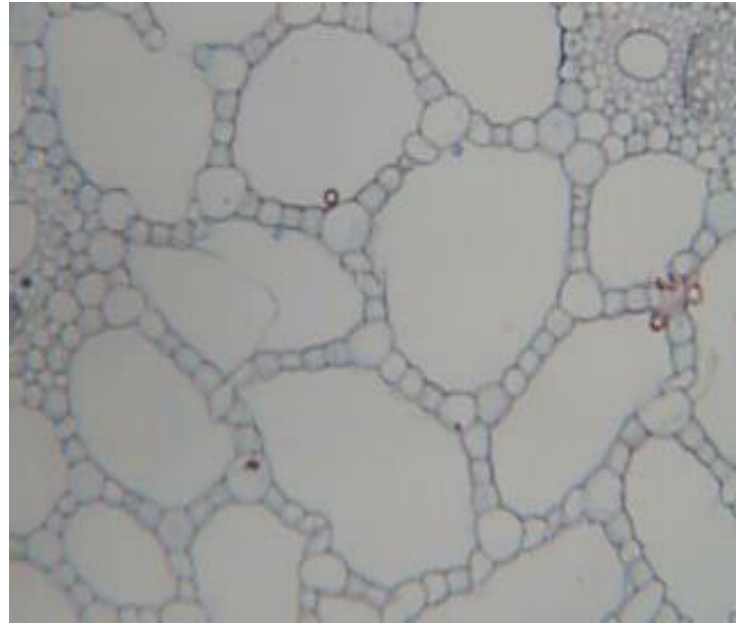
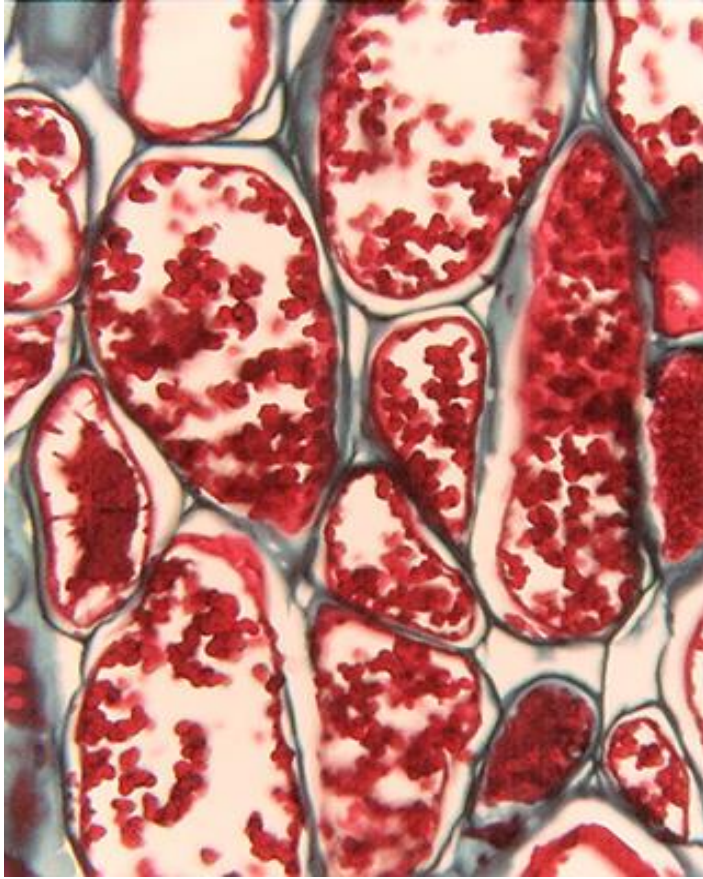
تحتوي **الخلايا البرنشيمية** الحية ذات الفجوات العصارية الكبيرة على كميات كبيرة من الماء وبالتالي فهي تلعب دوراً كبيراً كخلايا خازنة للماء، ولكن هناك بعض **الخلايا البرنشيمية** تتخصص لحزن الماء مكونة بذلك نسيجاً مختزناً للماء وتكون خلايا هذا النسيج خلايا حية ذات جدر رقيقة، كبيرة الحجم، وغالباً تكون في صفوف أو تكون أحياناً مستطيلة كالخلايا العمادية. ويوجد بكل خلية طبقة رقيقة من السيتوبلازم تحيط بجدار الخلية من الداخل. ونواة مميزة، وفجوة عصارية كبيرة ذات محتويات مائية أو مخاطية تقريباً. وهذه المادة المخاطية تزيد من قدرة هذه الخلايا على تجميع الماء وادمصاصه والإحتفاظ به وقد توجد المادة المخاطية في البروتوبلازم وفي جدار الخلية أيضاً. وفي كثير من النباتات العصيرية مثل الصبار تحتوي أنسجتها التي تقوم بعملية البناء الضوئي على **خلايا برنشيمية** خالية من البلاستيدات الخضراء متخصصة لتخزين كمية كبيرة من الماء.

إن أعضاء التخزين الأرضية كالدرنات والكورمات والريزومات والأبصال لا تحتوي في الغالب على **خلايا برنشيمية** خاصة لإختزان الماء. ولكن الخلايا المخترنة للنشا والمواد الغذائية الأخرى تحتوي على كميات كبيرة من الماء (شكل 49: ج).



خلايا برنشيمية هوائية **Aerenchyma**.

وهي **خلايا برنشيمية** ذات مسافات بينية واسعة تصل إلى ما يعرف بالغرف الهوائية. ويوجد هذا النوع من **الخلايا البرنشيمية** في النباتات المائية ونباتات الأوساط الرطبة، وتختلف أحجام هذه المسافات البينية تبعاً لبيئة النبات فهي واسعة جداً في أجزاء النباتات المغمورة في الماء. وهذه المسافات البينية تنشأ عادة من انفصال جدر الخلايا المتجاورة جزئياً وابتعادها عن بعضها البعض، وأحياناً أخرى تنشأ هذه المسافات البينية نتيجة لتمزق جدر الخلايا المتجاورة. وتقوم هذه الخلايا ذات المسافات البينية بتخزين الهواء (الغازات) في المسافات البينية التي تكون على اتصال مع فتحات الثغور من خلال الأنسجة النباتية مما يسهل تبادل الغازات، وحيث أن كمية الغازات تقل في البيئة المائية فإن الأجزاء المغمورة من النبات تستطيع أن تحصل على ما تحتاجه من الغازات عن طريق هذا المخزون الموجود في المسافات البينية لهذه **الخلايا البرنشيمية** (شكل 49: د).



خلايا برنشيمية خازنة المواد الدباغية (للتانينات)

قد توجد هذه الخلايا الخازنة للمواد الدباغية موزعة بصورة منفردة أو في مجموعات وتوجد هذه الخلايا عادة في الأوراق وفي الساق إما منفصلة و إما متصلة على هيئة حلقة وعادة توجد كطبقة خارج اللحاء تحيط بالحزم الوعائية، وقد توجد بداخل الحزم الوعائية على هيئة خلايا منفردة أو في مجاميع. كما توجد الخلايا الدباغية قريبة من الجروح والأنسجة المصابة، وتتراكم المواد الدباغية في الفجوات العصارية ويظهر أن تكون المواد الدباغية في **الخلايا البرنشيمية** لا يمنع نشاطها الحيوي، حيث وجد أن هذه الخلايا المحتوية على الدباغيات تستعيد نشاطها الإنشائي مكونة منشئ فليبي ويمكنها أن تشارك في استطالة الساق، كما يمكنها أن تكون تايلوزات في العناصر الوعائية المجاورة، كما أنه عند تنميتها على بيئة صناعية قامت هذه الخلايا بالانقسام وتكوين الكالوس دلالة أيضاً على أن تكون المواد الدباغية لا يمنع أو يجد من نشاطها. وأحياناً يزداد تراكم المواد الدباغية في الخلايا البرنشيمية إلى حد يجعلها تتخصص في تخزين هذه المواد وفي هذه الحالة يطلق عليها **أكياساً تانينية Tannin sacs**. والمواد الدباغية مجموعة غير متجانسة من مشتقات الفينول واسعة الانتشار في النبات وتظهر في القطاعات العرضية للإجزاء النباتية ككتل خشنة أو ملساء تملأ الخلية ذات لون بني أو أحمر أو أصفر (شكل 49: و).

خلايا برنشيمية خازنة للمواد المعدنية **Idioblasts**

تقوم بعض **الخلايا البرنشيمية** بتخزين المواد المعدنية على صورة بلّورات بأشكال مختلفة (انظر محتويات الخلية)، وهذه الخلايا تظل محتفظة في بروتوبلازمها بعد تكوين تلك البلّورات ولكن البعض الآخر يفقد البروتوبلازم ويكبر في الحجم بعد تكوين البلورات ويصبح خلايا مية ذات شكل متميز تسمى **بالخلايا المتخصصة Idioblasts** تخصصت لتخزين المواد المعدنية على هيئة بلّورات (شكل 49: ه).

جدر الخلايا البرنشيمية

تكون **الخلايا البرنشيمية** عادة ذات جدر ابتدائية رقيقة سليولوزية، وقد توجد الجدر السليولوزية الابتدائية السميكة **للخلايا البرنشيمية** كما هو الحال في خلايا اندوسبيرم بذرة البلح. وقد توجد الجدر الثانوية الملجننة كما هو الحال في برنشيمية الخشب والقشرة أو النخاع. أما **الخلايا البرنشيمية التمثيلية والتخزينية** فإنها في الغالب ذات جدر ابتدائية سليولوزية رقيقة (شكل 49).

ترتيب الخلايا البرنشيمية

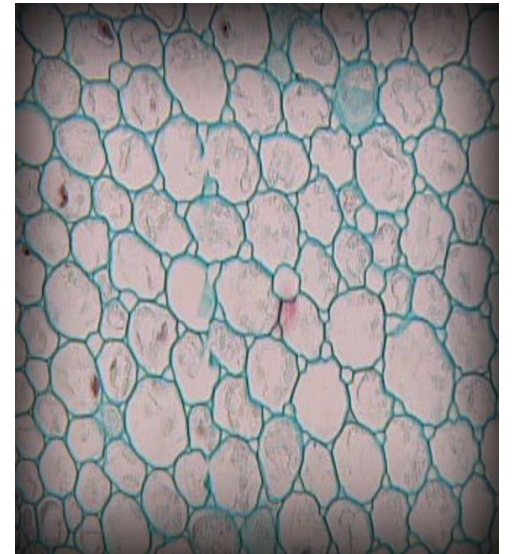
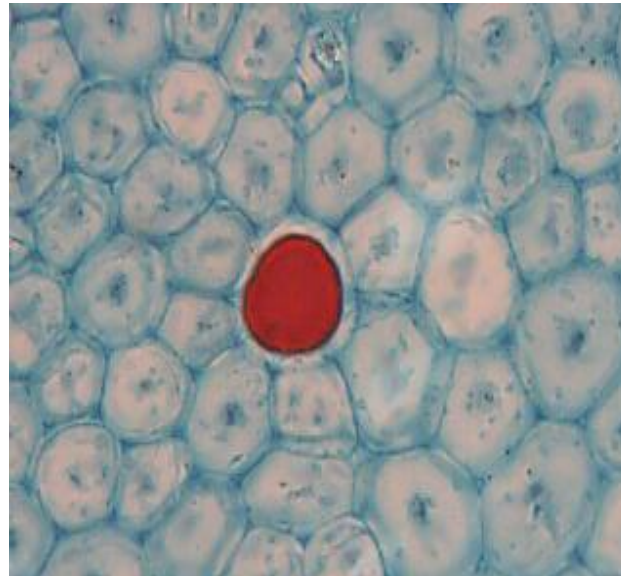
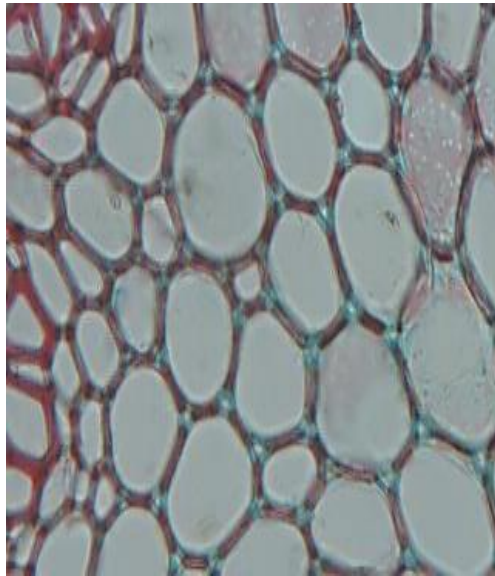
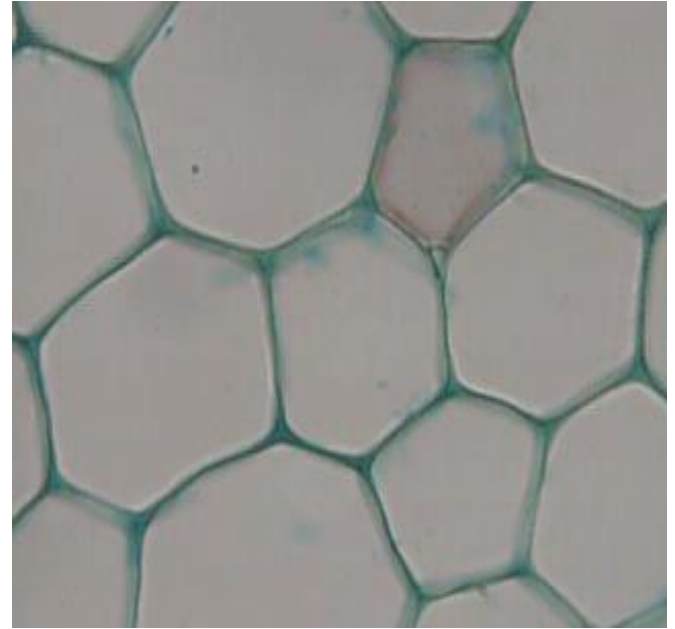
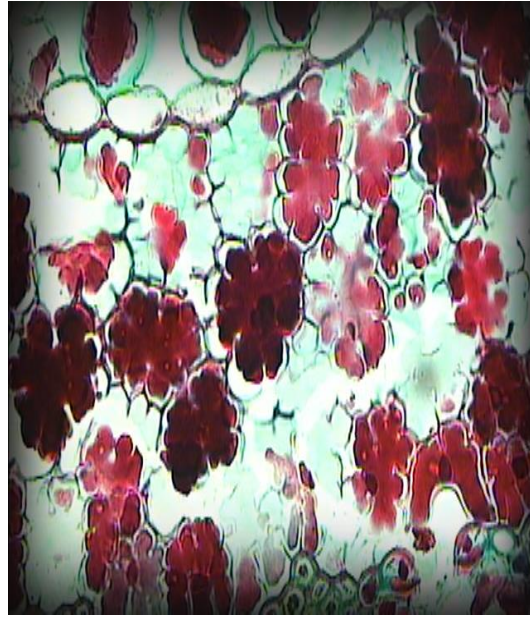
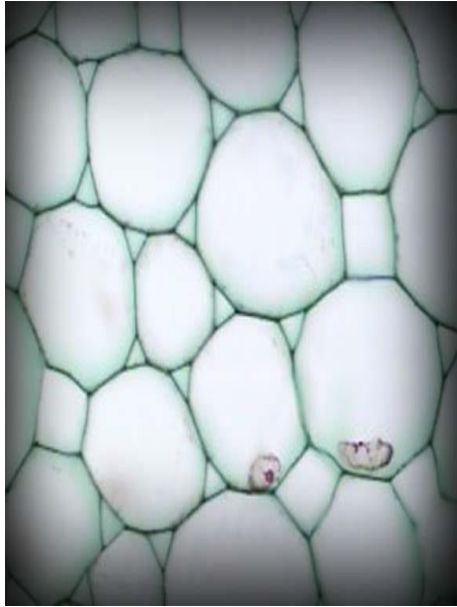
إن أهم **صفات النسيج البرنشيمي** المستديم وجود المسافات البينية، وهي قد تكون ضيقة أو واسعة ويعتمد ذلك على نوع الوظيفة التي يقوم بها النسيج، ففي النسيج التمثيلي والنسيج التخزيني للأجزاء الهوائية والنسيج الهوائي تكون المسافات البينية واسعة، ولكنها أيضاً تختلف أحجامها من نسيج إلى آخر، بينما في النسيج التخزيني لأندوسبيرم البذور تكون المسافات البينية ضيقة أو معدومة.

أشكال الخلايا البرنشيمية:

تكون **الخلية البرنشيمية** متعددة الأضلاع قد تصل أضلاعها إلى 20 ضلعاً (شكل 50) وأبعادها مختلفة، ولكنها متساوية العدد في النبات نفسه. تأخذ بعض **الخلايا البرنشيمية** شكلاً مستطيلاً ذا أطراف مدببة في المقطع الطولي حيث تعرف بالخلايا البروزنشيمية **Prosenchyma** كما هو الحال في **برنشيمية النسيج الوعائي**، كما أنها قد تأخذ أشكالاً مفصصة أو منثنية أو متفرعة كما هي الحال في برنشيمة النسيج الوسطي للورقة وهي تظهر في المقطع العرضي إما مستديرة أو مضلعة، أما في القطاع الطولي فتظهر مستديرة أو بيضاوية إلى مستطيلة.

منشأ الخلايا البرنشيمية:

تنشأ **الخلايا البرنشيمية** من منشئات مختلفة، ففي الجسم النباتي الإبتدائي تنشأ من المنشئ الأساسي **Ground meristem**، وهي **برنشيمة القشرة الإبتدائية والنخاع**، و**برنشيمة النسيج الوسطي** للأوراق وأجزاء الزهرة، بينما تنشأ **برنشيمة الخشب واللحاء الإبتدائيين** من المنشئ الأولي **Procambium**، كما تنشأ **برنشيمة اللحاء والخشب** الثانويين من المنشئ الوعائي **Vascular cambium**، أما **برنشيمة القشرة الفلينية** فتنشأ من المنشئ الفليني **Phellogen**، بينما تنشأ **الخلايا البرنشيمية** في البشرة المضاعفة من منشئ البشرة **Protoderm**.



وظائف الخلايا البرنشيمية

مما تقدم من استعراض أنماط **الخلايا البرنشيمية** يتضح أنها تقوم بعدة وظائف في الجسم النباتي منها:

• القيام بعملية البناء الضوئي.

1. تخزين المواد الغذائية أوالماء.

2. تمد النبات بما يحتاج من الغازات خاصة النباتات المائية.

3. تساعد النباتات المائية في الطفو في الماء.

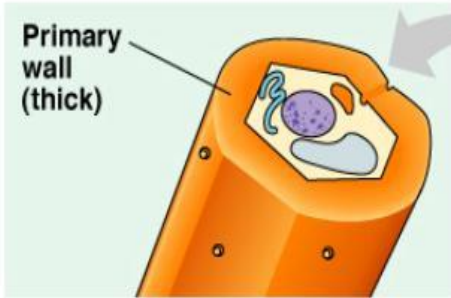
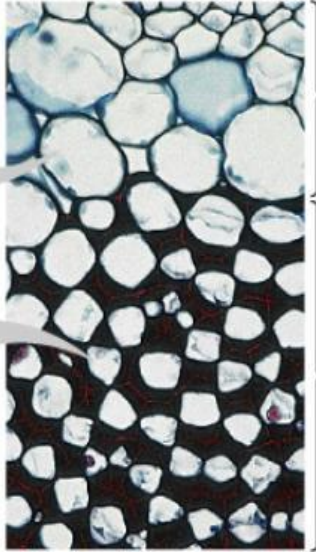
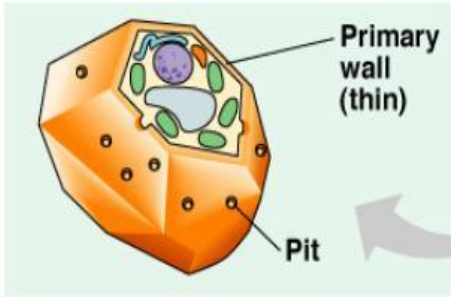
4. لها القدرة على استعادة نشاطها الإنقسامي فتساعد على إلتأم الجروح، كما تساعد في نجاح عملية التطعيم، وكذلك تقوم بتكوين البراعم والجذور العرضية.

5. **الخلايا البرنشيمية** المعزولة لها القدرة على الإنقسام وتكوين الكالوس ومن ثم النمو

وتكوين نبات كامل إذا ما زرعت في بيئة صناعية مناسبة.

النسيج الكولنشييمي : Collenchyma

هو نسيج بسيط يتكون من خلايا حية مستطيلة بعض الشيء وذات جدر ابتدائية سليولوزية مغلظة تغلظاً غير منتظم ولكنها غير ملجننة ويدل شكلها وتوزيعها في جسم النبات على أن وظيفتها دعامية في الأعضاء النامية، فهي تجمع بين اللدونة والمرونة. وهي تشبه **الخلايا البرنشيمية** في وجود البروتوبلازم وفي الشكل والتركيب، ولكنها عادة أطول وأضيق من **الخلايا البرنشيمية**. وتوجد أشكال انتقالية بين كل **من الخلايا الكولنشييمية** و**الخلايا البرنشيمية** وخاصة إذا وجد النسيجان متجاوران في العضو النباتي نفسه ويوجد في **الخلايا الكولنشييمية** بلاستيدات خضر ولكنها تقل عندما تصبح الخلايا تامة النمو، كما توجد المواد الدباغية.



تتكون **الخلايا الكولنشيمية** في الأعضاء النامية من النباتات الخشبية وفي الأعضاء تامة النمو من النباتات العشبية التي لم يحدث فيها نمواً ثانوياً. وتقع هذه **الخلايا الكولنشيمية** في الأجزاء الخارجية من السيقان أي الأجزاء القريبة من السطح الخارجي للسيقان وقد توجد **الخلايا الكولنشيمية** تحت البشرة مباشرة كما هي الحال في ساق نبات البيلسان أو تنفصل عن البشرة بطبقة أو طبقتين من الخلايا البرنشيمية كما في عنق ورقة نبات حشيشة الدينار *Humulus* وقد توجد تحت البشرة على هيئة اسطوانة غير متصلة كما في ورقة نبات القرع أو متصلة كما في ساق نبات البيلسان أو على هيئة أشرطة متباعدة كما في ساق نبات الجزر الأبيض *Pastinaca sativa* أو على هيئة مجاميع في أركان السيقان المضلعة كما هو الحال في سيقان نبات السلفيا وتوجد **الخلايا الكولنشيمية** بالإضافة إلى السيقان في أعناق الأوراق والعروق الوسطية للأوراق. كما قد توجد في قشرة الجذر المعرض للضوء. وأحياناً قليلة في سيقان نباتات ذات الفلقة وتعتبر **الخلايا الكولنشيمية** النسيج الدعامي في أوراق نباتات ذوات الفلقتين والسيقان الخضر العشبية التي لم يحدث فيها نمواً ثانوياً.

شكل الخلايا الكولنشيمية

تكون الخلية الكولنشيمية طويلة وقد يصل طولها إلى 2 ملم ونهاياتها مدببة، عديدة الأضلاع في المقطع العرضي وقد تختلف في الشكل والحجم في النبات نفسه بل وفي النسيج نفسه. وهذا الاختلاف قد يكون ناتجاً من اختلاف المنشأ لهذه الخلايا. ويتكون شريط ال **خلايا الكولنشيمية** نتيجة لسلسلة من الانقسامات الطولية لخلايا النسيج الإنشائي الأساسي، ويبدأ تميزها من الوسط ثم ينتشر ناحية خارج الشريط. ثم يعقب ذلك استطالة للخلايا الناتجة ولهذا فإن الخلايا الداخلية للشريط المتكون تكون أكثر استطالة من الخلايا الخارجية حديثة التكوين التي تصبح قصيرة عند تمام النمو وذات نهايات مدببة قليلاً (شكل 51).

جدر الخلايا الكولنشيمية

إن تركيب جدار الخلية الكولنشيمية يعتبر من أهم صفات هذه الخلايا. حيث أن مادة السيلولوز المكونة للجدار تترسب بطريقة غير منتظمة مما يجعل هذه الخلايا تأخذ أشكالاً مختلفة في مختلف النباتات التي توجد فيها. وجدار الخلية الكولنشيمية سيلولوزي ابتدائي وقد يوجد به قليل من المواد البكتينية ويكون الماء حوالي 76 1959م بإجراء دراسة على مكونات جدار **Roelofsen** % من مكونات الجدار. وقد قام رولوفسين فوجد أنه يتكون من 45% بكتين، 35% أنصاف **Petasites sp.** الخلية الكولنشيمية لنباتات سيلولوز وحوالي 20% سيلولوز، وهذا يشير إلى أن جدر الخلايا الكولنشيمية تحتوي على كمية كبيرة من **Apperley**.1990 وأبيرلي **Jarvis** البكتين وأشباه السيلولوز، وأيده في ذلك كل من جارفس

. وتبعاً لترسيب مادة الجدار الخلوي غير المنتظمة لهذه الخلايا فقد اقترح مولر **Müller 1890** تقسيم الخلايا الكولنشيمية إلى الأنواع التالية:

1. خلايا كولنشيمية زاوية **Angular collenchyma**

ترسب مادة جدار الخلية بكميات كبيرة في أركان الخلايا المتجاورة كما هو الحال في ساق نبات العنب وساق نبات القرع، والتين والتوت وإذا زاد هذا التغلظ فإن فراغ الخلية يظهر مستديراً وتكون أركان هذه الخلايا ذات تغلظ واضح بمقارنته في بقية جدار الخلية (شكل 51: أ).

2. خلايا كولنشيمية صفيحية **Lamellar collenchyma**

ترسب مادة الجدار الخلوي بكميات كبيرة على الجدر المماسية، فتظهر هذه الجدر سميقة بمقارنتها بالجدر القطرية كما في ساق نبات البيلسان (شكل 51: ب).

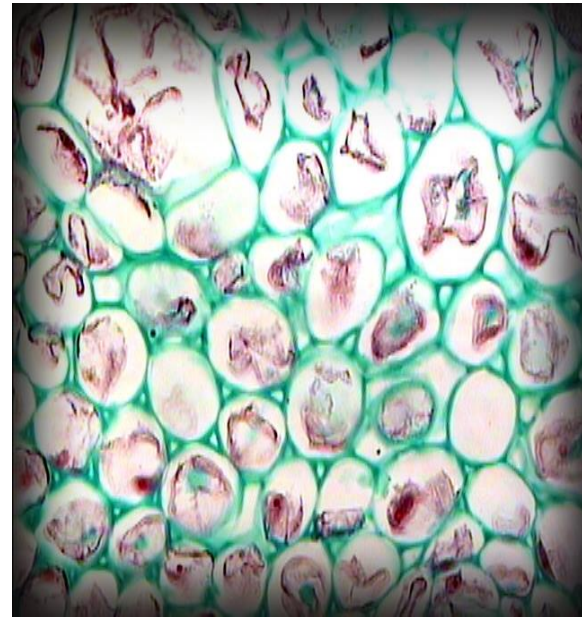
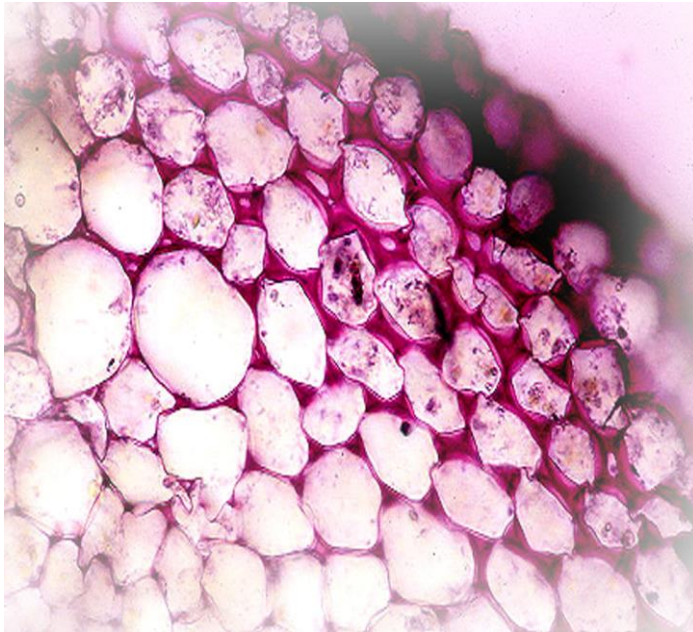
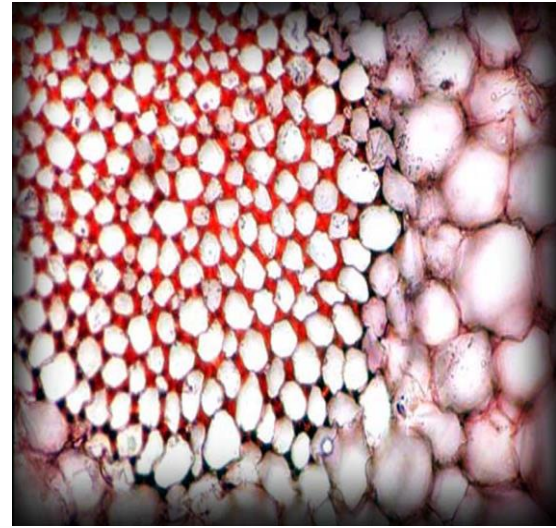
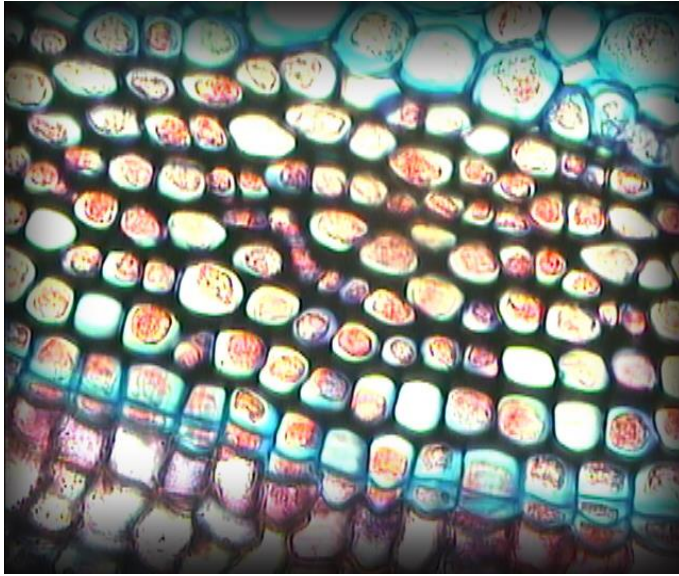
3. خلايا كولنشيمية فراغية **Lacunar collenchyma**

ترسب مادة جدار الخلية بكميات كبيرة على الجدر المواجهة للمسافات البينية كما هو الحال في أعناق نباتات الفصيلة المركبة ونباتات السلفيا والخباز والخطمية (شكل 51: ج).

ثم أضاف متكالف **Metcalf 1979** نوعاً آخر قريباً جداً من الزاوي هو :

4. خلايا كولنشيمية حلقية **Annular collenchyma**

وفيها يكون التغلظ تقريباً متساوياً في جميع الجدار، ويظهر تجويف الخلية دائرياً، ويرى فين وآخرون **Vian et.al 1993** أن هذا النوع من الكولنشيمية يمكن أن يكون البديل للنوع الزاوي (شكل 51: د).



تبدأ **التغلظات** التي يتصف بها **جدار الخلية الكولنشيمية** في التكوين قبل أن تنهي الخلية استطالتها، ولهذا فقد وجدت طبقات متتالية من مادة الجدار في جميع جدار الخلية ولكن هذه الطبقات تكون أكثر سمكاً في مناطق التغلظ. ومن الملاحظ أن **الخلايا الكولنشيمية** قد يوجد بينها مسافات بينية أو لا يوجد، ففي حالة عدم وجود مسافات بينية فإن الأركان التي بين الخلايا تتكون من مواد بكتينية. ويرى وولكر **Walker** 1960 م أن زيادة سمك **جدر الخلايا الكولنشيمية** أثناء النمو ناتج عن تعرض النبات للحركة

بفعل الرياح، وامتناع الخلايا عن الاستطالة في الوقت نفسه.

وتذكر بعض الأبحاث إلى أن سمك **جدر الخلايا الكولنشيمية** قد يزول كما يحدث عند تكون المنشئ الفليني في تلك الأنسجة أو عندما تتعرض الخلايا الكولنشيمية لأضرار معينة كالجروح. وقد **تتحور جدر الخلايا الكولنشيمية** في النباتات المسنة عما هي عليه في جسم النبات الابتدائي وذلك لتساير الزيادة الكبيرة في محيط العضو النباتي وخاصة تلك النباتات التي يحدث بها نمواً ثانوياً. حيث تشير الأبحاث إلى أن الخلايا تستطيل وتصبح جدرها رقيقة في النباتات التي يحدث بها نمواً ثانوياً كما هي الحال في الزيزفون، والقيقب. ولم تؤكد هذه الأبحاث ما إذا كان هذا النقص في سمك الجدر ناتجاً عن حذف جزءاً من مواد الجدار أو أنه ناتج عن شد الجدار ونزع كمية من الماء المكون لهذا الجدار. وتجدر الإشارة إلى أن بعض الأبحاث تبرهن على وجود **خلايا كولنشيمية** ذات جدر ثانوية ملجننة ويعزى ذلك إلى أن هذه الخلايا تتحول إلى خلايا سكلرنشيمية. (فينويك وآخرون **Fenwieck, et.al** 1997 م) كما وجد حديثاً أن الجدار يتكون من أشباه السيليلوز والبكتين مما يجعله صلباً قوياً يؤدي دور التدعيم (ليو وآخرون **Liu, et.al** 1999 م).

محتويات الخلايا الكولنشيمية

تحتوي **الخلية الكولنشيمية** على بروتوبلازم فهي إذن خلية حية كما توجد بها البلاستيدات الخضراء بكميات مختلفة فهي عديدة في الخلايا الكولنشيمية القريبة الشبه بالخلايا البرنشيمية. أما **الخلايا الكولنشيمية** التي وصلت مرحلة متقدمة من تمام النمو فإنها تحتوي على عدد قليل من البلاستيدات الخضراء أو تكون خالية منها.

منشأ الخلايا الكولنشيمية

نظراً لتكون **الخلايا الكولنشيمية** في الجزء الخارجي من قشرة الساق فإن منشؤها غير واضح، فبعض العلماء ينسب منشأ **الخلايا الكولنشيمية** إلى النسيج الإنشائي الأساسي والبعض الآخر ينسبه إلى المنشأ الأولي وهو منشأ الأنسجة الوعائية الابتدائية، وبالرجوع إلى النسيج الإنشائي القمي وتقسيمه إلى ثلاث منشئات وهي منشأ البشرة **Protoderm** ومنشأ النسيج الأساسي **Ground meristem** ومنشأ النسيج الوعائي الأولي **Procambium** فإنه قد يكون هناك تمييز بين منشأ البشرة ومنشأ النسيج الأساسي، ولكن لا يوجد حد أو فاصل واضح في المنشأ بين منشأ النسيج الأساسي ومنشأ النسيج الوعائي حيث أن منشأ القشرة والمنشأ الأولي متقاربان في بعض النباتات كما في نبات الفصيلة الخيمية، بينما يكون المنشأان متباعدين في نباتات أخرى كما في نباتات الفصيلة الشفوية والمركبة والصلبية. وتشير بعض الأبحاث التي أجريت حول دراسة منشأ الخلايا الكولنشيمية إلى أن **الخلايا الكولنشيمية** المتميزة كثيراً عن الخلايا البرنشيمية تنشأ من المنشأ الأولي بينما الخلايا الكولنشيمية الأقل تميزاً تنشأ من النسيج الإنشائي الأساسي.

وظائف الخلايا الكولنشيمية

تُكوّن **الخلايا الكولنشيمية** نسيجاً دعامياً تحور ليدعم الأعضاء النباتية النامية، وحيث أنه ذو خلايا لها جدر سميكة وخال تقريباً من المسافات البينية فيعتبر نسيجاً صلباً كما أن مرونته وقدرته على الاستطالة أثناء نمو النبات لا تفقده قوته ولدونته. كما أنه يساعد في عملية البناء الضوئي لإحتوائه على بلاستيدات خضر. إن **الخلايا الكولنشيمية** تستطيع أن تعود إلى الحالة الإنشائية مثلها مثل **الخلايا البرنشيمية** حيث تنقسم وتعطي خلايا جديدة كما هي الحال عند تكوين المنشئ الفليني.

النسيج السكرنشييمي Sclerenchyma

يتكون من مجموعة من الخلايا ذات جدر سميكة ملجننة في الغالب تفقد هذه الخلايا بروتوبلازمها عند تمام النمو فتصبح خلايا ميتة. وهو نسيج يقوم بوظيفة تدعيم جسم النبات وحماية أنسجته الداخلية حيث يساعد النبات على مقاومة الضغوط المختلفة الناتجة عن الشد والثني أو الثقل. وتتصف خلايا هذا النسيج بالمتانة والمرونة عند مقاومة الضغوط المختلفة دون أن تحدث أي ضرر للخلايا الأخرى ذات الجدر الرقيقة بعكس **خلايا النسيج الكولنشييمي** التي تتصف باللدونة والمرونة.

وقد ذكر فان وليشيم **Fahn and leschem** (1963 م) أن بعضاً من **خلايا النسيج السكرنشييمي** تحتفظ في بروتوبلازمها عند تمام النمو لفترة طويلة قد تصل إلى خمس سنوات من عمر الخلية كالألياف، ولهذا فهي تقوم ببعض الوظائف الحيوية بالإضافة إلى وظيفة التدعيم الأساسية. وقد تختلف **خلايا النسيج السكرنشييمي** في الشكل والتركيب، وكذلك في المنشأ والتكوين، كما قد يوجد أشكالاً انتقالية بين أنواع الخلايا السكرنشييمية مما يجعل من الصعب تقسيمها إلى أنواع متميزة وثابتة، ونظراً لوجود أكثر من نوع من الخلايا المكونة **للنسيج السكرنشييمي**، فقد يطلق عليه نسيجاً معقداً، حيث يتكون من نوعين من الخلايا هما: الألياف **Fibres** و الخلايا الحجرية **Sclereids**. بالرغم من قيامهما بوظيفة واحدة هي التدعيم.

وتوصف **الألياف** بأنها خلايا طويلة، بينما تكون الخلايا الحجرية قصيرة. ولكن هذا الوصف ليس ثابتاً فقد توجد خلايا حجرية طويلة، وكذلك قد توجد ألياف قصيرة، ولكن يمكن تمييز الألياف عن الخلايا الحجرية بتركيب النقر الموجودة في جدر خلاياها، حيث تكون النقر في الخلايا الحجرية عديدة ذات تجاوزيف ضيقة وفتحات مستديرة وقد تكون متفرعة نتيجة للزيادة الكبيرة في جدر الخلايا. وقد أجريت عدة محاولات للتمييز بين **الألياف والخلايا الحجرية** من حيث المنشأ، فوجد أن الخلايا الحجرية تنشأ أحياناً من خلايا برنشيمية ذات جدر ثانوية، بينما تنشأ الألياف من خلايا إنشائية. ولكن هذا التمييز من حيث المنشأ غير كاف نظراً لعدم تميز **الألياف والخلايا الحجرية** بعضها عن بعض بصورة كافية، فمن الصعب التفريق بين أنواعها نتيجة لوجود أشكال انتقالية أثناء النمو وكذلك لصعوبة التمييز بينها وبين **الخلايا البرانشيمية** ذات الجدر الثانوية كما هي الحال في خلايا برنشيمة الخشب.

الألياف Fibres

تتكون **الألياف** في أماكن عديدة من جسم النبات الإبتدائي والثانوي. فقد توجد في سيقان ذوات الفلقتين بالجزء الخارجي من اللحاء الإبتدائي على هيئة حزم منفصلة كما في ساق نبات دوار الشمس، أو على شكل اسطوانة متصلة في قشرة الساق كما في نبات الكتان، أو في مجموعات منتشرة في النسيج الأساسي كما في ساق بعض نباتات جنس حنك السبع، أو توجد **الألياف** في اللحاء والخشب ضمن عناصرهما، وأحياناً توجد الألياف مفردة متناثرة في قشرة الساق و في النسيج الوسطي للورقة كما في وريقات **نبات السيكاس**. وتقسم الألياف تبعاً لموقعها من الجسم النباتي إلى نوعين هما:

1. ألياف الخشب Xylary fibres

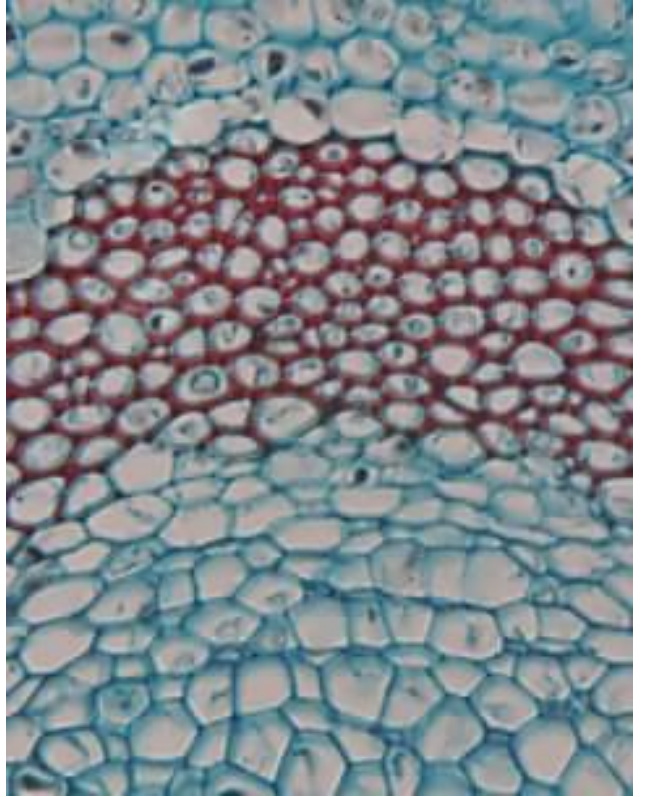
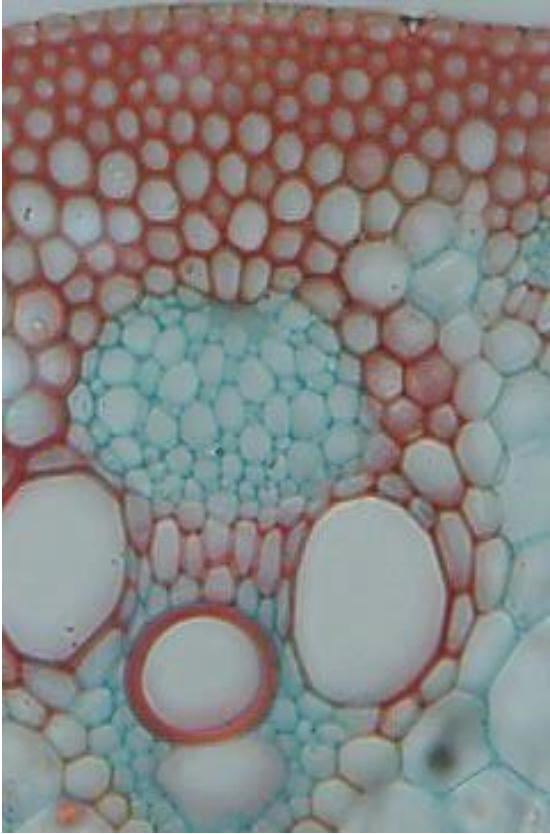
وهي خلايا تفقد بروتوبلازمها عند تمام النمو وذات أصل واحد حيث تنشأ من المنشئ الوعائي نفسه الذي تنشأ منه عناصر الخشب، ولكنها تتباين في الشكل وتتكامل مع العناصر الوعائية غير المثقبة .
القصبيات والخلايا البرنشيمية . وتقسم ألياف الخشب إلى ثلاثة أنماط هي:

2_ألياف مدبية Libriform fibres

وهي خلايا طويلة مدبية الطرفين ذات جدر ثانوية سمكية ملجننة عادة، تتميز بنقر بسيطة، ونتيجة للزيادة الكبيرة في سمك الجدر الثانوية للخلايا فقد تكون تجاويها ضيقة جداً (شكل 52: أ).

3_ألياف قصبية Fibre – tracheids

وهي صور انتقالية بين القصبيات Tracheids . التي سيرد ذكرها ضمن عناصر الخشب . والحالة القصوى للألياف المدبية حيث تكون جدر الخلايا ذات سمك متوسط بمعنى أنها أقل سمكاً من جدر الألياف وأكثر سمكاً من جدر القصبيات . كما أن جدر الألياف القصبية تحتوي على نقر مضمفوفة ذات تجاوي أضيق مما هو عليه الحال في النقر المضمفوفة الموجودة بالقصبيات وكذلك فإن تجاوي الخلايا القصبية تكون أوسع من تجاوي الألياف المدبية (شكل 52: ب).



ج. ألياف جلاتينية أو مخاطية **Gelatinous or mucilaginous fibres**

ألياف طويلة مدببة الطرفين. وتحتوي الطبقة الداخلية لجدار الليفة على كمية كبيرة من ألفا سليولوز وقليل من مادة اللجنين، ويطلق على هذه الطبقة بطبقة جي **G-layer** حيث تمتص هذه الطبقة الماء، ولذلك فقد تنتفخ حتى تملأ تجويف الليفة (داد سويل وواردروب **Dadswell and wardrop** 1955م) كما أن عدم وجود الماء يجعلها تتقلص بالاتجاه المعاكس، وقد وجد أن هذه الطبقة ذات تركيب مسامي وأنها أقل تماسكاً من بقية الطبقات الأخرى لجدار الليفة. وتوجد **الألياف الجلاتينية** في الخشب الثانوي وبالذات في **خشب التوتر Tention wood** الموجود في **خشب التفاعل Reaction wood** الذي يقع في القسم العلوي لفروع نباتات ذوات الفلقتين (شكل 52: ج).

2. ألياف خارج الخشب Extra- xylary fibres

هي ألياف طويلة مغزلية الشكل ومدببة الطرفين تشبه الألياف المدببة، ولكن قد توجد الألياف القصيرة ذات النهايات المستديرة. وتشمل ألياف خارج الخشب جميع الألياف التي توجد في جسم النبات ماعدا ألياف الخشب وهي : ألياف القشرة وألياف بعض الحزم الوعائية ما عدا التي تحيط بالحزم من الخارج كما هو الحال في بعض الحزم الوعائية لنباتات ذوات الفلقة الواحدة، وألياف اللحاء الابتدائي والتي كانت تسمى سابقاً بألياف الدائرة المحيطة . ألياف البريسكيل . وألياف اللحاء .

لقد أوضحت الدراسات الحديثة على الألياف أن تقسيمها إلى ألياف خشب وألياف خارج الخشب لم يكن ملائماً أو ثابتاً حيث يوجد ما تسمى بالألياف المقسمة Septate fibres والتي توجد في خشب ولحاء حتى النبات الواحد، كما هو الحال في نبات العنب. وهذه الألياف تتميز بوجود حواجز داخلية في الليفة الواحدة تقسمها إلى عدة غرف، كما تحتوي على بروتوبلازم، وتتكون الحواجز الليفية بالانقسام المباشر، ويتكون الحاجز من الصفيحة الوسطى وطبقة تشبه الجدار الابتدائي على جانبها، ويتخلل هذا الحاجز عدد كبير من الروابط السيتوبلازمية، ويرى بعض علماء النبات بأن الحاجز لا يلتحم بجدار خلية الليفة ولكنه يكون عريضاً في نقطة التلاقي بينه وبين جدار خلية الليفة. وتحتوي الألياف المقسمة على حبيبات نشا وزيوت، ولهذا توصف بأنها ذات وظيفة تخزينية وقد تحتوي على مواد راتنجية وبلورات. وتوجد الألياف المقسمة في الخشب الثانوي للعديد من نباتات ذوات الفلقتين (شكل 53).

كما أظهرت الدراسات المستفيضة على الألياف، أن الألياف تامة النمو (المستديمة) منها ذات جدر ثانوية سمكية ملجننة وقد يزداد سمك هذه الجدر الثانوية زيادة كبيرة بحيث تصل إلى ملء تجويف الليفة، وبما أن مادة الجدار الثانوي تترسب على هيئة صفيحات تتفاوت في السمك لهذا فهي تظهر واضحة في هذه الألياف، وقد وجد في **نبات الكتان** *Linum sp.* أن سمك الصفيحة يتراوح بين 0.1 – 0.2 ميكرومتر. وتجدد الإشارة إلى أن هناك أليافاً طويلة توجد في الخشب الثانوي ذات جدر ثانوية تماثل في سمكها جدر الخلايا البرنشيمية، وتحتوي هذه الألياف على بروتوبلازم، وقد أطلق عليها العالم سانو **Sanio** عن هيرلانث **Haberlandt** (1918 م) **مصطلح ألياف بديلة Substitute fibres** والتي يرى فان وآخرون **Fahn, et.al.** (1983 م) أنها يجب أن تكون ضمن برنشيمة الخشب، ولا يمكن أن يخلط بينها وبين الألياف المدببة والألياف القصيبية الحية.

لقد أشير سلفاً إلى أن الألياف تكون غالباً طويلة جداً مقارنة بالخلايا الأخرى، وذات تجاوير ضيقة ونهايات مدببة وأحياناً متفرعة. ولكن طول الألياف يختلف كثيراً من نبات إلى آخر. وعلى العموم فإن ألياف خارج الخشب تكون أطول بكثير من ألياف الخشب. وهناك بعض الأمثلة النباتية التي تظهر التفاوت الكبير في طول الألياف ذكرها الداها **Aldaba** (1927 م). فمثلاً في **نبات القنب (Hemp)** *Cannabis sativa* يصل طول الألياف من 0.5 – 5.5 سم بينما يصل طول ألياف نبات الكتان (*Linum usitatissimum*) **Flax** من 0.8 – 6.9 سم، كما أن ألياف **نبات الرامي** (*Boehmeria nivea*) **Ramie** قد يصل طولها من 5 سم إلى 55 سم وهي ألياف ذات أهمية اقتصادية.

منشأ الألياف ونموها:

تنشأ **الألياف** من أنسجة إنشائية مختلفة حسب موقعها من الجسم النباتي، فقد تنشأ من **النسيج الإنشائي الأولي (المنشئ الوعائي الأولي)** كألياف الخشب واللحاء الابتدائيين، أو قد تنشأ من **المنشئ الوعائي** كما هو الحال في ألياف الخشب واللحاء الثانويتين وقد تنشأ الألياف من **النسيج الإنشائي الأساسي** كألياف القشرة، كما قد تنشأ من منشئ البشرة كما هو الحال في بعض نباتات الفصيلتين النجيلية والسعدية. وقد تنشأ الألياف من الخلايا البرنشيمية كما هو الحال في اللحاء الأول.

إن الألياف التي تنشأ من خلايا إنشائية قصيرة كما في ألياف نبات الكتان وألياف نبات الرامي والتي تكون طويلة جداً عند تمام نموها لا بد وأنها استطالت كثيراً أثناء نموها ففي ألياف الرامي مثلاً يكون طول الخلايا المنشئة لألياف اللحاء الابتدائي حوالي 20 ميكرومتراً بينما طول الألياف البالغة حوالي 55 سم أي حوالي 550.000 ميكرومتراً وهذا المثال يدل دلالة واضحة على أن الألياف تستطيل كثيراً أثناء نمو النبات، وهذه الاستطالة في الألياف تحدث بالتدرج لمدة قد تصل إلى عدة أشهر. إن استطالة الألياف أثناء نمو النبات تتضمن نمواً معقداً للجدار الثانوي للألياف. فبينما **تنمو الألياف تناسقياً Symplastically** فإن نهاياتها تظل رقيقة الجدار، بينما يبدأ تكون الجدار الثانوي من وسط الليفة في الأجزاء التي وقفت عن الاستطالة، ولهذا فإن الصفائح الجديدة من الجدار الثانوي تضاف ناحية المركز على هيئة حلقات مفتوحة الطرفين وفي نفس الوقت فإن الحلقات أيضاً تستمر في الاستطالة ناحية نهايات الألياف وتصل إليها بعد أن تقف عن النمو والاستطالة (شكل 52: ج).

أما **الألياف القصيرة** مثل **ألياف الأجارف** *Agave* و**الموز الليفى** *Musa textelis* التي لا يتجاوز طولها بضعة مليمترات فإن جميع أجزاء جدار الخلية ينمو بنفس المعدل. إن الاختلافات في طريقة النمو لكل من **ألياف الجسم النباتي الابتدائي** و**ألياف الجسم النباتي الثانوي** تكون ثابتة، **فمنشآت ألياف الجسم النباتي الابتدائي** تظهر مبكراً قبل أن يستطيل العضو النباتي الذي توجد فيه ولهذا فهي تنمو في **الطول تناسقاً** مع الخلايا المجاورة لها والتي ما زالت تنقسم، وبالإضافة إلى **النمو التناسقي** لهذه الألياف فقد يحدث **أيضاً نمواً تداخلياً ونمواً انزلاقياً** Gliding لنهايات الألياف التي تتداخل بين الخلايا المجاورة. أما **منشآت ألياف الجسم النباتي الثانوي** والتي تنشأ في الأعضاء التي توقفت عن الاستطالة فإن نمو الألياف يكون **نمواً تداخلياً قمياً**.

وهذا الاختلاف الثابت في طريقة النمو لكل من ألياف الجسم النباتي الابتدائي وألياف الجسم النباتي الثانوي قد يجيب على السؤال لماذا تكون ألياف الجسم النباتي الابتدائي دائماً أطول من ألياف الجسم النباتي الثانوي للنبات نفسه؟ كما هي الحال في نبات الرامي حيث أن متوسط طول ألياف اللحاء الابتدائي 6 و 146 ملم بينما متوسط طول ألياف اللحاء الثانوي لا يتجاوز 5 و 15 ملم. لقد دلت الدراسات بالمجهر الإلكتروني على ألياف الخشب أنه خلال تكوين الجدار الثانوي لهذه الألياف فإن السيتوبلازم يكون ذو فراغات واضحة ولكنها لا تمتد إلى نهايات الألياف، كما أن النواة تكون كبيرة وأن بقية العضيات الأخرى تكون قليلة العدد ولكنها شوهدت متراكمة بالقرب من نهايات الألياف بينما تظهر الشبكة الأندوبلازمية موازية لسطح الجدار الخلوي من الداخل.

لقد وجدت اشاو **Esau** (1938، 1943) أثناء نمو اللحاء الابتدائي لنبات التبغ ونبات الكتان أن بروتوبلاست الألياف يكون عديد الأنوية بينما يكون وحيد النواة في ألياف اللحاء الثانوي، وصفت الألياف المدببة والقصبية تامة النمو بأنها خلايا ميتة ذات وظيفة دعامية، واقتصر وجود البروتوبلازم على ألياف اللحاء والألياف المقسمة، ولكن بيلى **Bailey** 1953 ذكر بأن الألياف المدببة قد تحتفظ أحياناً في بروتوبلازمها تبعاً لتكوين الجدار الثانوي الملجنن مما يمكنها من القيام بوظيفة التخزين بالإضافة إلى وظيفة التدعيم الأساسية.

أما الدراسات الحديثة التي أجراها فان وآخرون **Fahn,et.al.** (1963) على الألياف فتثبت وجود بروتوبلازم وأنوية واضحة في الألياف المدببة والألياف القصيبية كما في بعض أنواع جنس الأثل **Tamarix** وفي عديد من الأنواع الخشبية للفصيلة الرمرامية وفي أشجار وشجيرات عديدة من نباتات ذوات الفلقتين ونباتات ذوات الفلقة الواحدة.

تطور ألياف الخشب

لقد ذكر سلفاً أن ألياف الخشب تختلف في الشكل والحجم وسمك الجدار، وكذلك في نوع وكمية النقر، ولقد افترض من الوجهة التطورية أن الألياف تطورت عن القصيبات، وهذا الافتراض كان مدعماً بالحقائق التي تبين وجود عدداً من الأشكال الانتقالية بين الألياف والقصيبات في كثير من نباتات ذوات الفلقتين كما في أنواع نباتات البلوط، واستنتج من التغيرات التي حدثت أثناء تطور الألياف من القصيبات مايلي:

- (1) زيادة سمك الجدار الخلوي.
- (2) اختزال عدد النقر واختزال تجاويها.
- (3) اختفاء الضفة من النقر المضفوفة تدريجياً لتصبح نقراً بسيطة.
- (4) تصبح الخلايا الإنشائية قصيرة وليست الألياف تامة النمو.
- (5) الزيادة في طول الألياف تعتبر ثانوية ناتجة عن النمو التداخلي القمي في نهايات

الألياف التجارية

من الواضح أن مصطلح الليفة المستعمل في المصانع لا يحمل معنى الليفة الذي أطلقه علماء النبات، فمثلاً **ألياف الكتان** *Linum* و**الرامي** *Boehmeria* هي في الواقع مجاميع من الألياف، بينما ألياف نباتات ذوات الفلقة الواحدة ك**ألياف الموز الليفى** و **الأجاف** يقصد بها الحزم الوعائية بما فيها من ألياف وعناصر وعائية وقد يقصد بالألياف التجارية الجهاز الوعائي كما في جذر نبات **الماهلنيكيا** *Muhlenberia*، أو النبات بكاملة كما في نبات **التيلاندزيا** *Tillandsia*، كما يقصد **بالألياف التجارية** لنبات **القطن** *Gossypium* تلك الشعيرات الموجودة على قصرة بذور القطن، و**ألياف القبك** *Ceiba sp.* تلك الشعيرات التي تنمو على سطح ثمرة النبات. وتقسم الألياف التجارية إلى نوعين هما: ألياف صلبة **Hard fibres**، و**ألياف طرية** **Soft fibres**. الألياف الصلبة هي التي تحتوي على كمية من اللجنين في جدرها ولهذا فهي صلبة التركيب ويحصل عليها من نباتات ذوات الفلقة الواحدة كالأجاف والموز الليفى. أما الألياف الطرية فهي قد تكون ذات جدر ملجننة أو غير ملجننة وهي ألياف مرنة ومطاطية وتوجد في نباتات ذوات الفلقتين كالكتان والقنب والرامي والجوت والتيل والقبك والقطن الذي تعتبر أليافه من أهم الألياف التجارية في الوقت الحاضر.

كما تقسم الألياف التجارية حسب استعمالاتها إلى:

(1) **ألياف نسيج Textile fibres** وهي الألياف التي تستعمل لصناعة الأقمشة كألياف القطن.

(2) **ألياف الحبال Cordage fibres** مثل ألياف الأجاف والموز الليفى.

(3) **ألياف الحشو Filling fibres** كألياف القبك وهي تستعمل في تعبئة أو حشو المفارش والمطارح أو صناعة التنجيد وأحزمة النجاة والتغليف وذلك في التقوية والتدعيم.

(4) **ألياف الفرش Brush fibres** مثل الألياف المستخدمة في صناعة الفرش.

وتستعمل الألياف في صناعة الورق، واعتماداً على صفاتها الطبيعية والكيميائية فإن أنواعاً عديدة من الورق يمكن تصنيعها منها. ومن الناحية التقنية فإن شكل خلية الليفة وطولها وتركيب جدارها ذات أهمية كبيرة في الصناعة الليفية. فقد اهتم الخبراء في صناعة الألياف بطول الليفة وإلى أي مدى تتراكم نهاياتها مع الخلايا المجاورة، وكيف ترتبط هذه الألياف مع بعضها. كما عني أيضاً باتجاه وحدات السليلوز (الليفات) في الجدار حيث وجد أن له تأثير على الصفات الفيزيائية للخشب والألياف التجارية، وقد وجد برستون **Preston** (1963) أن المرونة والتوصيل الحراري للألياف تزداد مع درجة اتجاه وحدات السليلوز المتوافقة مع زيادة طول الألياف.

وتقسم الألياف التجارية حسب المتانة وقوة الشد وطول الحزم الليفية، وكذلك حسب النعومة والتجانس والمرونة إلى أربعة أصناف (فان , **Fahn** 1982) كما في الجدول التالي:

الصنف				نوع الألياف
4	3	2	1	
فوركيريا جاينختيا	الفور مييوم تبناكس	الأجاف (الصبار الأمريكي)	الموز الليفي	الألياف الصلبة
الجوت	القنب	الرامي	الكتان	الألياف الناعمة

الخلايا الحجرية Sclereids

هي خلايا قصيرة ذات جدر ثانوية سميكة ملجننة تحتوي على نقر بسيطة عديدة ذات فتحات مستديرة وعادة تكون تجاويها متفرعة نتيجة للزيادة الكبيرة في سمك الجدار الذي يبدو صفائحياً نظراً لتراكم مادة الجدار الثانوي، كما تصبح تجاويف الخلايا الحجرية ضيقة وخالية من المكونات الحية. ولكن أنواع من الخلايا الحجرية تحتفظ في بروتوبلازمها عند تمام النمو.

توجد **الخلايا الحجرية** في أماكن عديدة من جسم النبات. فتوجد في القشرة والنخاع لسيقان نباتات عاريات البذور ونباتات ذوات الفلقتين، إما منفردة كما في سيقان نباتات حنك السبع أو في مجموعات كما في نباتات أخرى من الجنس نفسه، كما توجد في الخشب واللحاء. وقد توجد على هيئة اسطوانة كاملة تحيط بالاسطوانة الوعائية من الخارج كما في ساق نبات التبغ، وتوجد في كثير من أوراق نباتات المناطق الحارة، وفي الثمار وخاصة الثمار اللبية كالكمثرى، وفي بشرة البذور كما في بذرة الفاصوليا والبقول أو معظم بذور البقوليات بصفة عامة.

تشير الدراسات المستفيضة التي أجريت على هذه الخلايا الحجرية أنها تتكون بأشكال مختلفة في الجسم النباتي. وقد اقترح تشرخ **Tschirch** (1889) تقسيمها إلى أربعة أنواع ثم أضاف بلوخ **Bloch** (1946) نوعاً خامساً، ويذكر روي **Rao** (1991) أن هذا التقسيم للخلايا الحجرية قد لا يكون صحيحاً لأنه لا يغطي جميع أشكالها وهي:

1_ خلايا حجرية مستديرة **Brachysclereids**

وهي خلايا تشبه الخلايا البرنشيمية من حيث الشكل والحجم فهي قصيرة متساوية الأقطار تقريباً وذات جدر سميقة ملجننة، وتوجد في لب الثمار كما في الكمثرى والجوافة كما قد تنتشر في قشرة لحاء ونخاع السيقان لنباتات مختلفة (شكل 54: أ).

2_ خلايا حجرية كبيرة **Macrosclereids**

وهي خلايا مستطيلة عسوية الشكل، توجد على هيئة طبقة متراسة بجانب بعضها البعض كخلايا عمادية في قصرة كثير من بذور الفصيلة البقولية كما في الفاصوليا (شكل 54: ب).

3_ خلايا حجرية عظمية **Osteosclereids**

وهي خلايا تشبه العظمة حيث تنتفخ في نهايتها، وأحياناً تتفرع هذه النهايات، وتوجد في أوراق كثير من نباتات ذوات الفلقتين كما في أوراق نبات الهاكيا **Hakea** وفي أغلفة بعض البذور (شكل 54: ج).

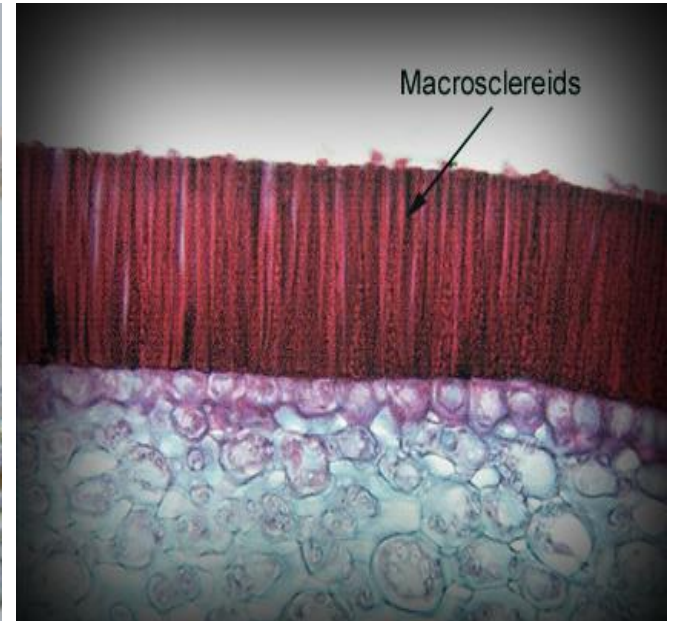
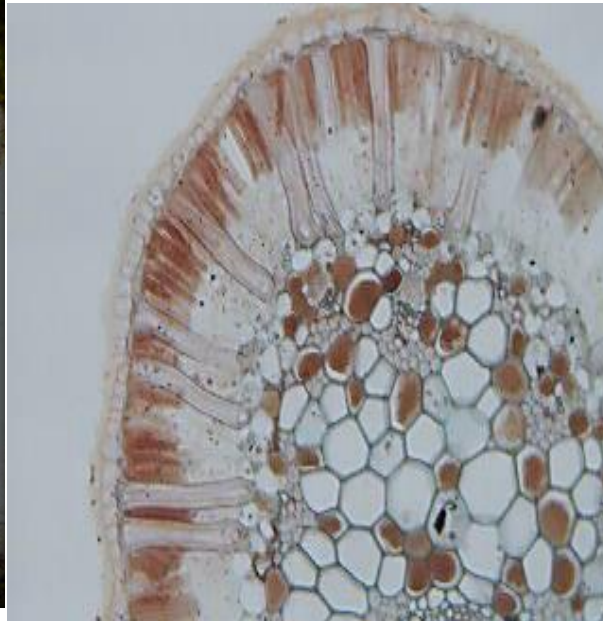
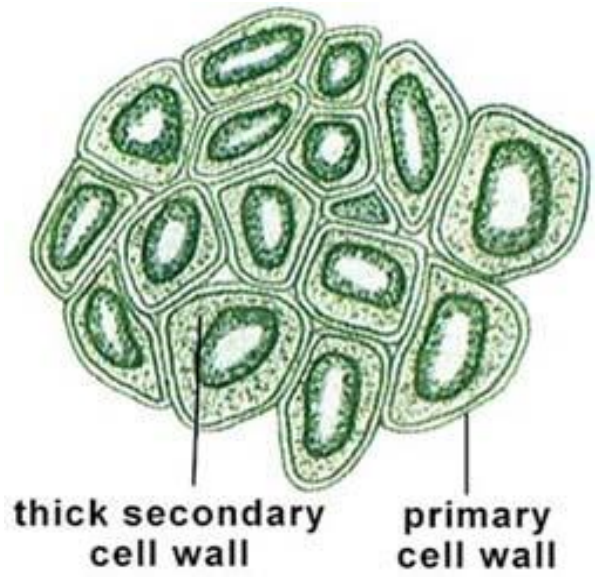
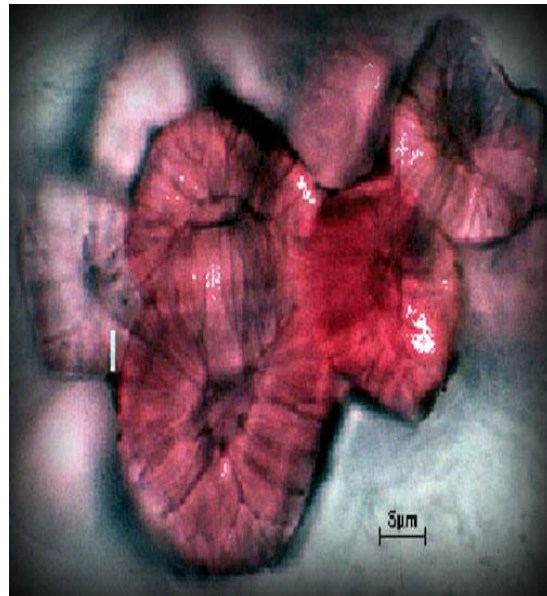
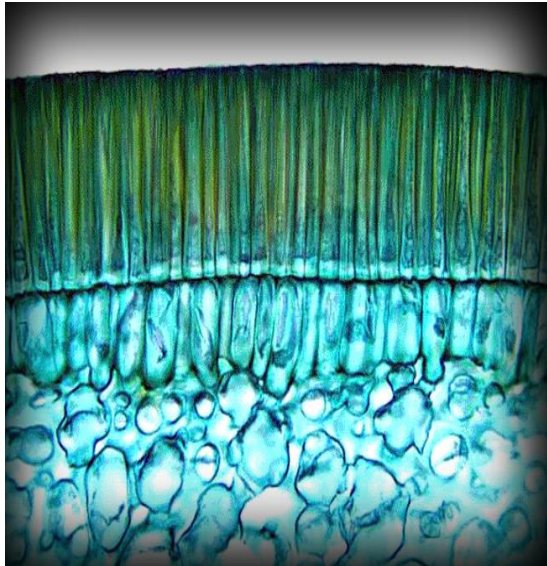
4_ خلايا حجرية نجمية **Astrosclereids**

وهي خلايا متفرعة بدرجات متفاوتة وغالباً ما تشبه النجمة وتوجد في أوراق ذوات الفلقتين كما في أوراق نبات البشنين **Nymphaea** (شكل 54 : د).

5_ خلايا حجرية شعرية **Trichosclereids**

خلايا حجرية رقيقة الجدر متفرعة تتداخل الفروع بين المسافات البينية للخلايا كما في كثير من النباتات المائية. وهذا النوع قد يسمى خلايا حجرية رفيعة **Filiform sclereids** (شكل 54: هـ)

وقد تقسم الخلايا الحجرية إلى أكثر من ذلك، هذا وأن اختلاف أشكالها له أهمية كبيرة في تعريف النبات وربما له أهمية في التصنيف أيضاً.





منشأ الخلايا الحجرية

لقد عمل العديد من الأبحاث حول منشأ **الخلايا الحجرية**، ولكن ما يزال المجال مفتوحاً إلى المزيد من هذه الدراسات نظراً لتعدد الآراء حول منشأها. كما أن تعدد أشكالها وتداخلها مع الألياف يجعل من الصعوبة بمكان تتبع منشأها، ولكن بالرغم من هذا فقد اقترح أنها قد تنشأ من **خلايا برنشيمية** وذلك بزيادة ترسب مادة جدار الخلية وفي هذه الحالة يكون منشأها ثانوياً أو من خلية إنشائية تخصصت لهذا الغرض (فوستر, **Foster** 1947) (شكل 55).

وتنشأ **الخلايا الحجرية** الموجودة في الاسطوانة الوعائية من المنشئ الوعائي الأولي إذا كانت ضمن عناصر الخشب واللحاء الابتدائيين (بلوخ **Bloch** 1946) أو تنشأ من المنشئ الوعائي إذا كانت ضمن عناصر الخشب واللحاء الثانويين (إيفرت **Evert** 1963). أما **الخلايا الحجرية** الموجودة في النسيج الوعائي الثانوي - البشرة الطباقية - فتنشأ من المنشئ الفليني. كما تنشأ **الخلايا الحجرية** الموجودة في البشرة من منشئها. إن نمو وتكشف **الخلايا الحجرية** قد يفسر بأنه خليط من نمو سطحي في المراحل المبكرة لتكشف الخلايا ونمو ترسيبي تداخلي قمي لها في المراحل المتأخرة لتكشفها وذلك عندما تستطيل وتتداخل في المسافات البينية للنسيج النباتي (شكل 55).