وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة محمد خيضر بسكرة-
كلية علوم الدقيقة و الطبيعة والحياة
جذع مشترك

UNIVERSITE DE BISKRA
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Tronc commun

مقياس بيولوجيا النبات

الأنسجة النباتية

السنة الجامعية: 2021/2020

يحتوي هذا المقياس على الأجزاء

- دراسة الأنسجة النباتية
- دراسة تشريح الأعضاء النباتية
  - دراسة التركيب التشريحي للجذر
  - دراسة التركيب التشريحي للساق
  - دراسة التركيب التشريحي للورقة
- دراسة مورفولوجيا أعضاء النبات
  - دراسة التركيب المورفولوجي للجذر
  - دراسة التركيب المورفولوجي للساق
  - دراسة التركيب المورفولوجي للورقة
- التكاثر الجنسي عند النباتات الزهرية

- علم النبات هو العلم الذي يهتم بدراسة النباتات، وهو جزء مشتق من علم أوسع هو علم البيولوجيا الذي يدرس كل الكائنات الحية النباتية والحيوانية.
- النباتات ذات أهمية عظمى لمختلف الحيوانات والإنسان، فهي ***ضرورية لإستمرار الحياة على وجه الأرض***، إذ أنها ***مصدر الأكسجين*** الضروري لتنفس معظم الكائنات الحية، فضلا عن أن النباتات تعتبر ***مصدر الغذاء*** لسائر الحيوانات. فهي صانعة الغذاء العضوي بفضل مادة اليخضور الموجودة بها، وتعتبر بمادتها العضوية غذاءا طبيعيا ومتنوعا لكثير من الكائنات.

❖ ولقد ظهرت النباتات على الأرض منذ أحقاب قديمة جدا، وكانت الأشكال الأولى للنبات بدائية في صورة وحيدة الخلية، وبمرور الأزمان إزدادت النباتات تطورا، وتميزت شكلا وتخصصت فيها الأعضاء، فظهرت السرخسيات والحزازيات، وتبعتها النباتات عاريات البذور كالصنوبريات، وأخيرا ظهرت النباتات مغلفات البذور، التي تمثل حاليا نحو 80% من النباتات الخظراء. وسميت بمغلفات البذور Angiosperme لنمو بذورها داخل مبيض مغلق، كما سميت بالنباتات الزهرية لقدرتها على تشكيل الأزهار.

❖نظرا لأهمية النباتات وفائدتها في حياة الإنسان فقد إهتم وإعتنى بها وإنتخب أفضلها وزرعها، فكانت مصدر غذائه كالقمح والفول والبطاطا، ومصدر لباسه وكسائه كالقطن والكتان، ومصدر وقوده كالأشجار الخشبية، ومصدر علاجه كالنباتات الطبية. لهذا لقيت دراسة علم النبات إهتمام الرحالة والباحثين والعلماء منذ أزمنة طويلة، وكانت معظم إهتماماتهم في البداية ترتكز على الوصف الظاهري والأهمية الإقتصادية والفائدة الطبية.

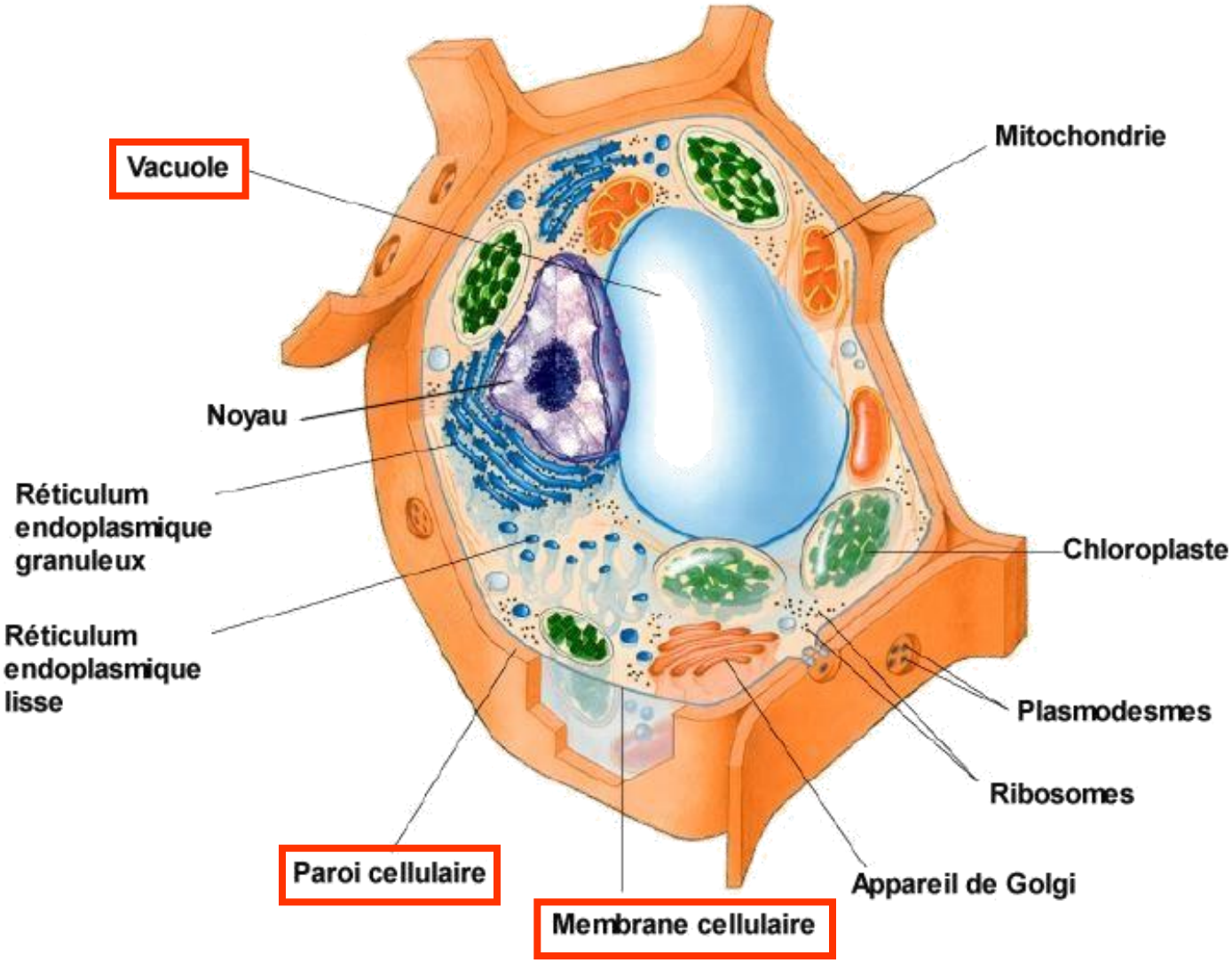
مقدمة

❖ كان لإختراع الميكروسكوب الفضل الكبير لدراسة تشريح النبات، وبعدها ساهم ظهور الميكروسكوب الإلكتروني في الثلاثينيات من القرن العشرين في معرفة التركيب الدقيق للكائنات الدقيقة وأجزاء الخلية. ويعتبر كل من العالم الإيطالي مالبيجي **M. Malpighi** والعالم الإنجليزي جرو **N. Grew** من أهم علماء التشريح الذين وضعوا أسس علم تشريح النبات، فقد إكتشف مالبيجي الثغور في الأوراق وعرف فائدتها وبين أن النبات يحتوي على أوعية مختلفة منها الأوعية الخشبية والأوعية اللبنية والقنوات الغدية. واهتم جرو بدراسة تشريح الأنسجة وتركيب الألياف والأوعية الناقلة.

(جزء 1): الخلية النباتية وعضياتها

تعريف الخلية النباتية

(شكل.1) تركيب الخلية النباتية


Vacuole
Mitochondrie
Noyau
Réticulum endoplasmique granuleux
Chloroplaste
Réticulum endoplasmique lisse
Plasmodesmes
Ribosomes
Paroi cellulaire
Appareil de Golgi
Membrane cellulaire

تعريف الخلية النباتية

تعتبر الخلية اللبنة الأساسية في بناء الكائن الحي سواء كان نباتي أو حيواني، وتمثل الوحدة الأساسية من الناحية التشريحية والفيزيولوجية. تختلف الخلية من حيث الحجم والشكل والتركيب والوظيفة من نسيج لأخر. إن أول من إكتشف الخلية النباتية هو العالم الإنجليزي روبرت هوك Robert hooke في سنة 1665م وذلك عبر فحصه لصفيحة من الفلين، فأطلق عليها إسم الخلية Cellule لتشابهها مع خلية النحل.

تقسم الخلايا من حيث محتوياتها إلى قسمين:

خلايا حقيقية النواة Eucaryotes

خلايا بدائية النواة Procaryotes

تتركب الخلية النباتية الحية من جدار خلوي يحيط بالبروتوبلازم **Protoplasme**، والذي يتكون أساسا من جزءين من المحتويات:

1. محتويات بروتوبلازمية (الهيالوبلازم **Hyaloplasme**)، تتضمن الأعضاء الحية بالخلية كالنواة، البلاستيدات، الشبكة الأندوبلازمية، الميتوكوندري، ...وغيرها.

2. محتويات غير بروتوبلازمية (البارابلازم **Paraplasme**)، تتضمن العناصر الغير حية بالخلية كحبيبات النشاء، البلورات، البروتين، ...وغيرها.

(جزء 2): الأنسجة النباتية

- النسيج النباتي قد يكون **بسيطا** إذا تكون من نوع واحد من الخلايا كالأنسجة البرنشيمية والكولنشيمية، وقد يكون **مركبا** إذا إحتوى على أكثر من نوع من الخلايا كنسيجي الخشب واللحاء.

- والأنسجة قد تكون **مرستيمية (إنشائية)** **Méristèmes**، أي تتكون من خلايا ذات قدرة على الإنقسام. أو تكون **مستديمة** **Permanents**، أي تتكون من خلايا بالغة فقدت القدرة على الإنقسام وتخصصت لأداء وظيفة محددة.

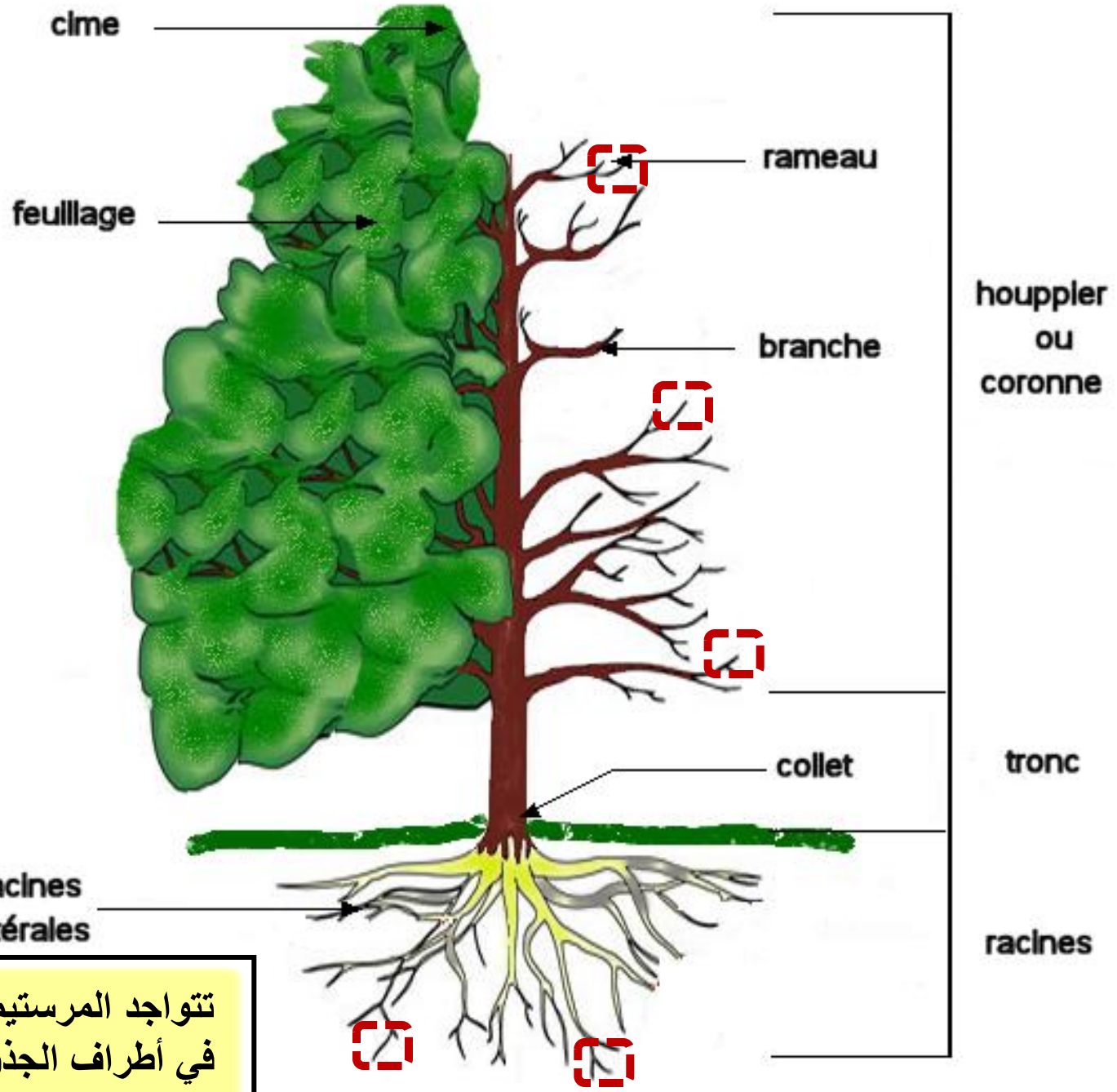
← يتكون جسم النبات الراقي من **أعضاء** **Organes**، ويتكون كل عضو من مجموعة **أنسجة** **Tissus**، ويتكون النسيج من **عدد من الخلايا** ويختص بوظيفة معينة،
← ويمكن تعريف النسيج النباتي بأنه **مجموعة من الخلايا لها نفس الأصل وتشترك في وظيفة أساسية واحدة**.

أنواع وأقسام المرستيمات

نوع المرستيم	خصائصه
أنواعها حسب أصل منشأها	
1. أنسجة مرستيمية إبتدائية	توجد مثل هذه الخلايا في **جنين البذرة وأطراف الجذور والسيقان، وفي بداءات الأوراق والأزهار.**
2. أنسجة مرستيمية ثانوية	تنشأ عن **خلايا مستديمة عادت عن التمايز** أو عن **خلايا مرستيمية إبتدائية عاودت النشاط** بعد الركود.

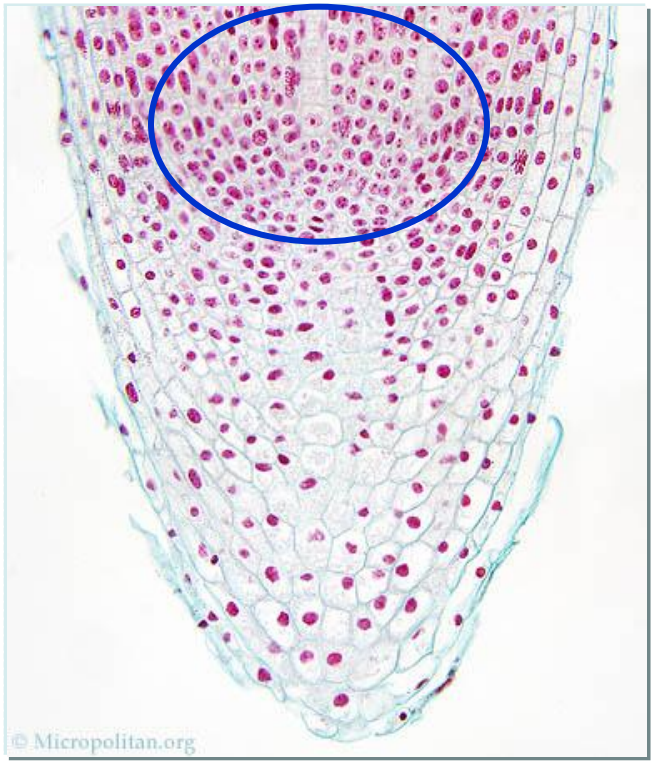
أنواع وأقسام المرستيمات

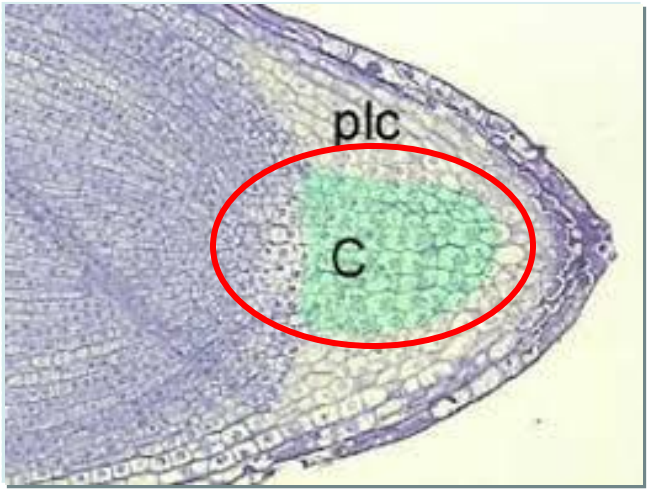
أنواعها حسب موقعها ومكان تموضعها بالنبات	
1. أنسجة مرستيمية قمية	تتموضع في قمم الأغصان والجذور، مسؤولة على النمو الطولي للنبات.
2. أنسجة مرستيمية جانبية	هي أنسجة مرستيمية ثانوية أساسا، تتمثل في: الكامبيوم الوعائي والكامبيوم الفليني . (يشرح الكامبيوم لاحقا)
3. أنسجة مرستيمية بينية	توجد في الجزء السفلي لسلاميات الفوارع والأوراق، تنشط في معظم الأحيان لفترة قصيرة فقط كما في حال نمو البراعم. (الشكل)



تتواجد المرستيمات الإبتدائية
في أطراف الجذور والسيقان.

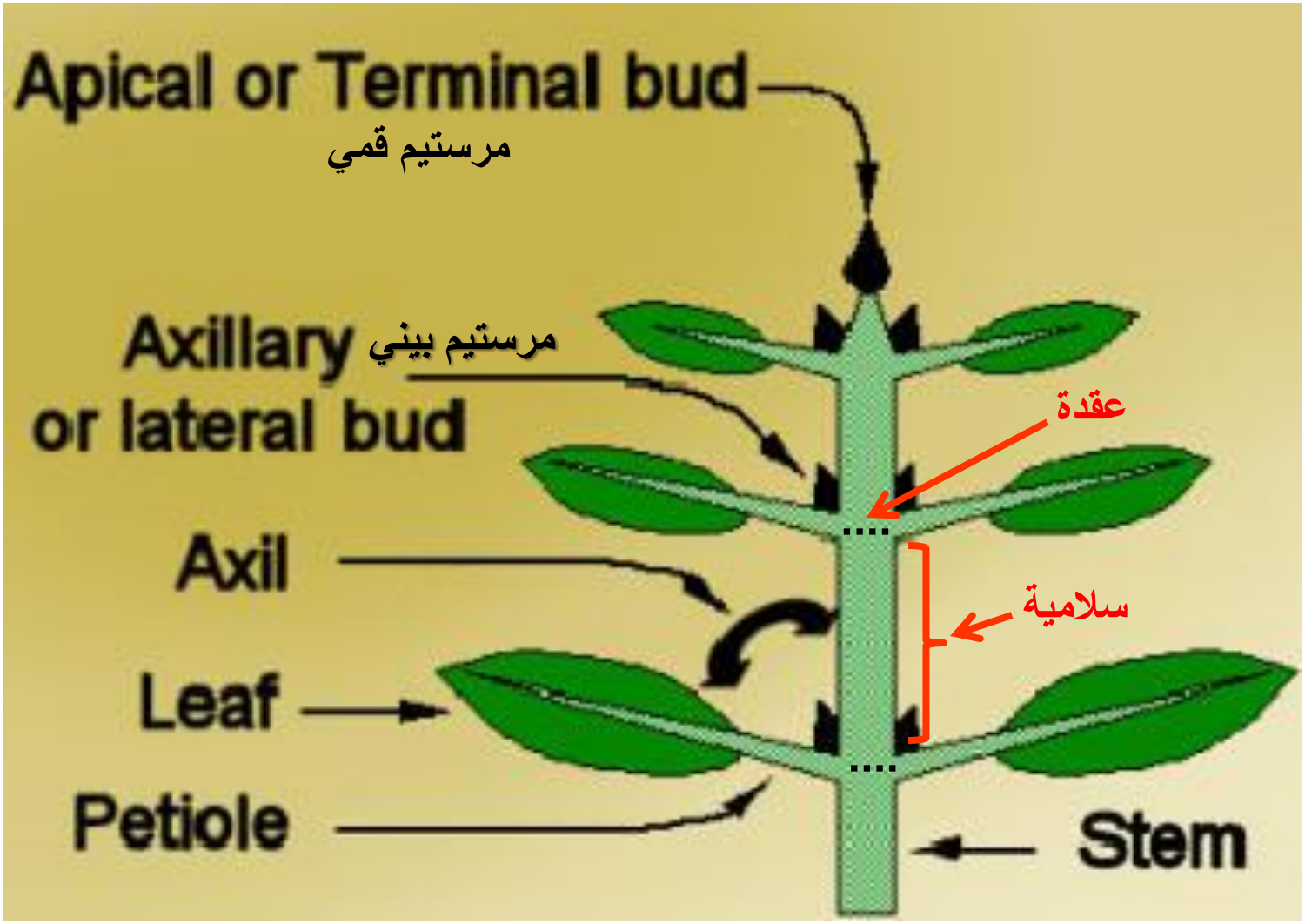
اطراف الجذور





← الأنسجة المرستيمية هي الأنسجة التي تتكون من مجموعة الخلايا التي تنقسم بشكل مستمر لتكون خلايا جديدة لم يتم التخصص فيها بعد، ولهذا فهي توجد في مناطق النمو للنبات.

اطراف السيقان والبراعم



أنواع الأنسجة النباتية

الأنسجة الإبتدائية «البنية الأولية للنبات»
تنتج عن الأنسجة المرستيمية الإبتدائية

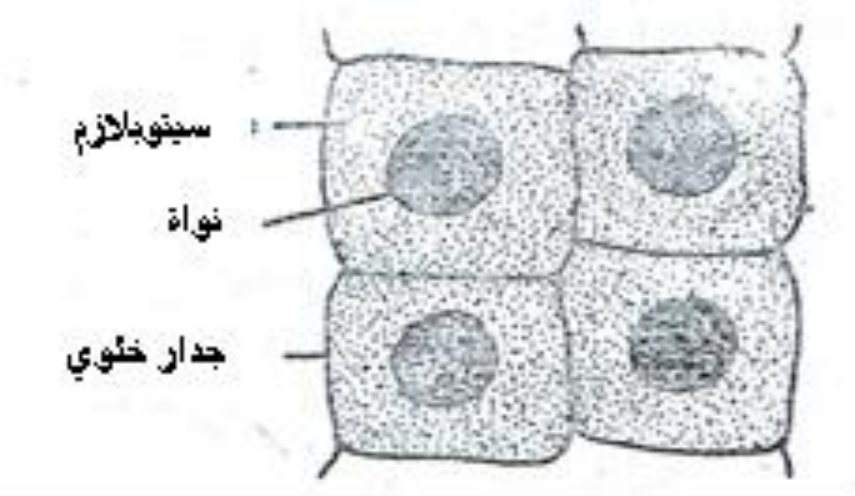
- أنسجة الحماية (الضامة)
- الأنسجة البرنشيمية (البرنشيم)
- الأنسجة الكولنشيمية (الكولنشيم)
- الأنسجة الإسكلرنشيمية (إسكلرنشيم)
- الأنسجة الإفرازية
- الأنسجة الناقلة
  - الخشب الإبتدائي
  - اللحاء الإبتدائي

الأنسجة الثانوية «البنية الثانوية للنبات»
تنتج عن الأنسجة المرستيمية الثانوية

- أنسجة الحماية الثانوية (البشرة الثانوية Peridèrme)
- أنسجة النقل الثانوية
  - الخشب الثانوي
  - اللحاء الثانوي

1. الأنسجة المرستيمية الإبتدائية

(التي تعطي الأنسجة الإبتدائية)

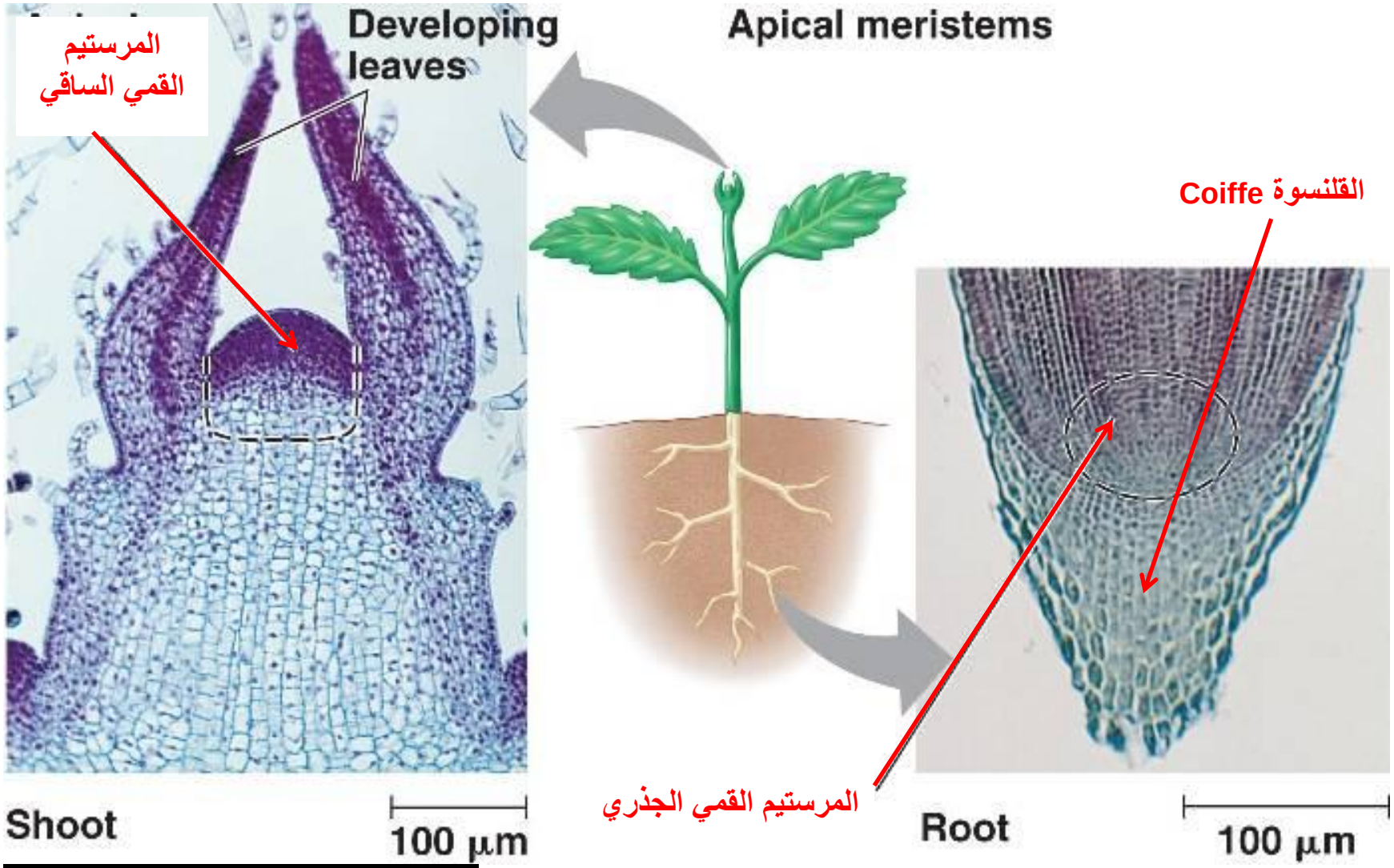


(شكل 4) خلايا مرستيمية إبتدائية

← وتكون هذه الخلايا متموضعة إما في نهايات الأغصان فتدعى **بالمرستيم القمي الساقي**، أو في نهايات الجذور فتعرف **بالمرستيم القمي الجذري**. ويؤمن المرستيم القمي النمو الطولي لهذه الأعضاء وتكوين نسجها المختلفة، ويشكل المرستيم الساقي إضافة إلى ذلك الأعضاء المتخصصة كالأوراق والبراعم والأزهار، ولذلك يدعى **مرستيم الساق بالمرستيم المولد للنسج والأعضاء**، بينما يدعى **مرستيم الجذر بالمرستيم المولد للنسج فقط**.

← ويتميز **النسيج المرستيمي القمي** إلى عدة أنواع من الأنسجة جميعها مستمدة من أصل واحد هو **النسيج المرستيمي الإبتدائي**.

← تتكون من مجموعة من الخلايا المرستيمية تمتاز هذه الخلايا بجدرانها الرقيقة جدا غير المتغلظة ذات شكل مكعب أو مستطيل متراصة (لا توجد بينها مسافات بينية)، ممتلئة بالسيتوبلازم، نواتها كبيرة نسبيا، مع وجود فجوات صغيرة الحجم وقد تكون غير موجودة مع وجود عضيات أولية كالصانعات الأولية للصانعات الخضراء .



مقطع طولي في القمة النامية لساق

مقطع طولي في القمة النامية لجذر

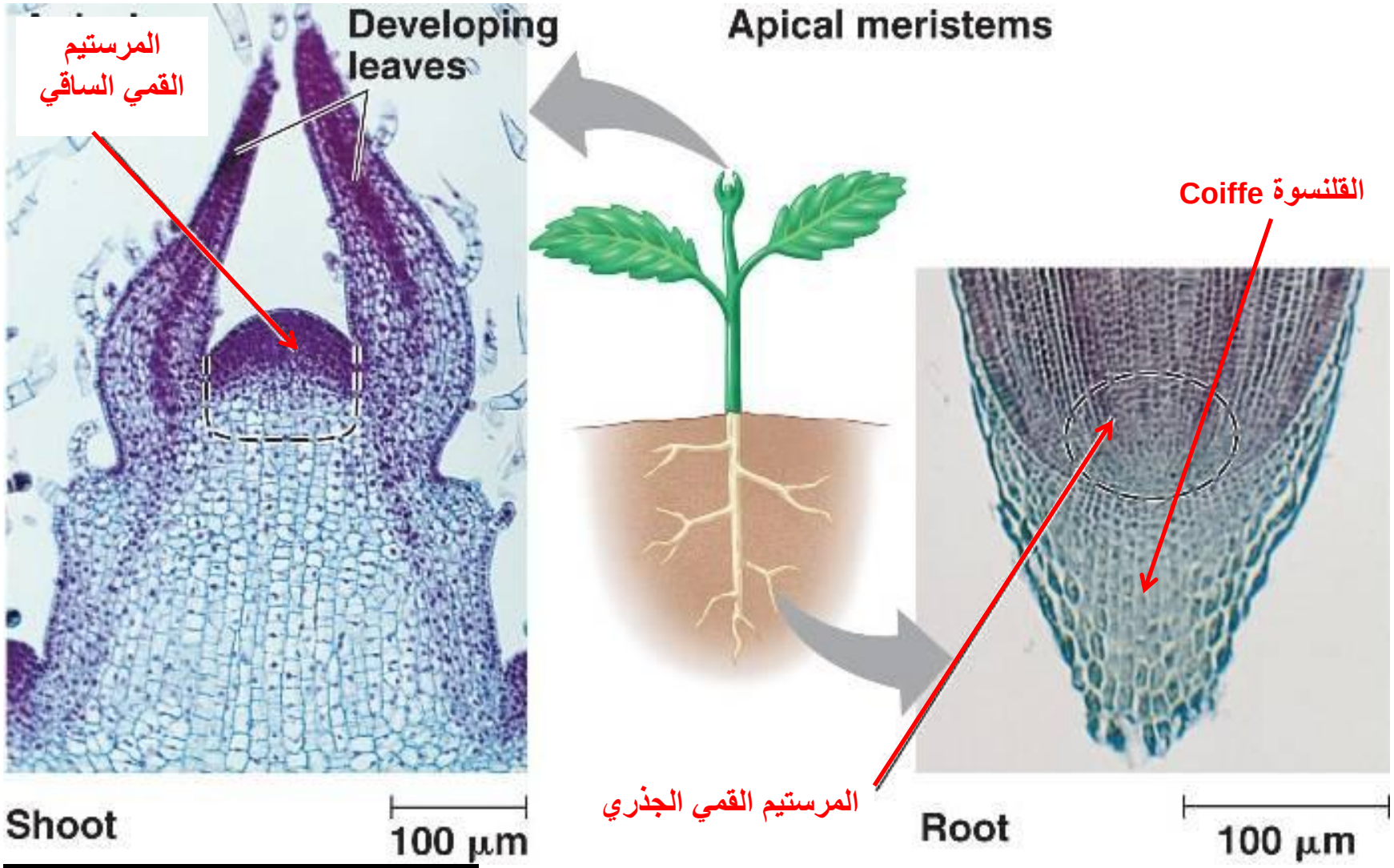
← ونميز في قمة نامية لجذر والقمة النامية لساق، الطبقات المرستيمية التالية من الخارج إلى الداخل:

- ✓ منشئ البشرة (أو البشرة الأولية): وهي عبارة عن مجموعة من الخلايا المرستيمية مسؤولة على تكوين البشرة في مناطق النضج لكلا من الساق والجذر.

- ✓ منشئ القشرة (أو المرستيم الأول الأساسي): ويلي منشأ البشرة يتكون من عدة طبقات من الخلايا المرستيمية، مسؤولة على تكوين القشرة واللب في الساق والقشرة في الجذر في الأجزاء البالغة منهما.

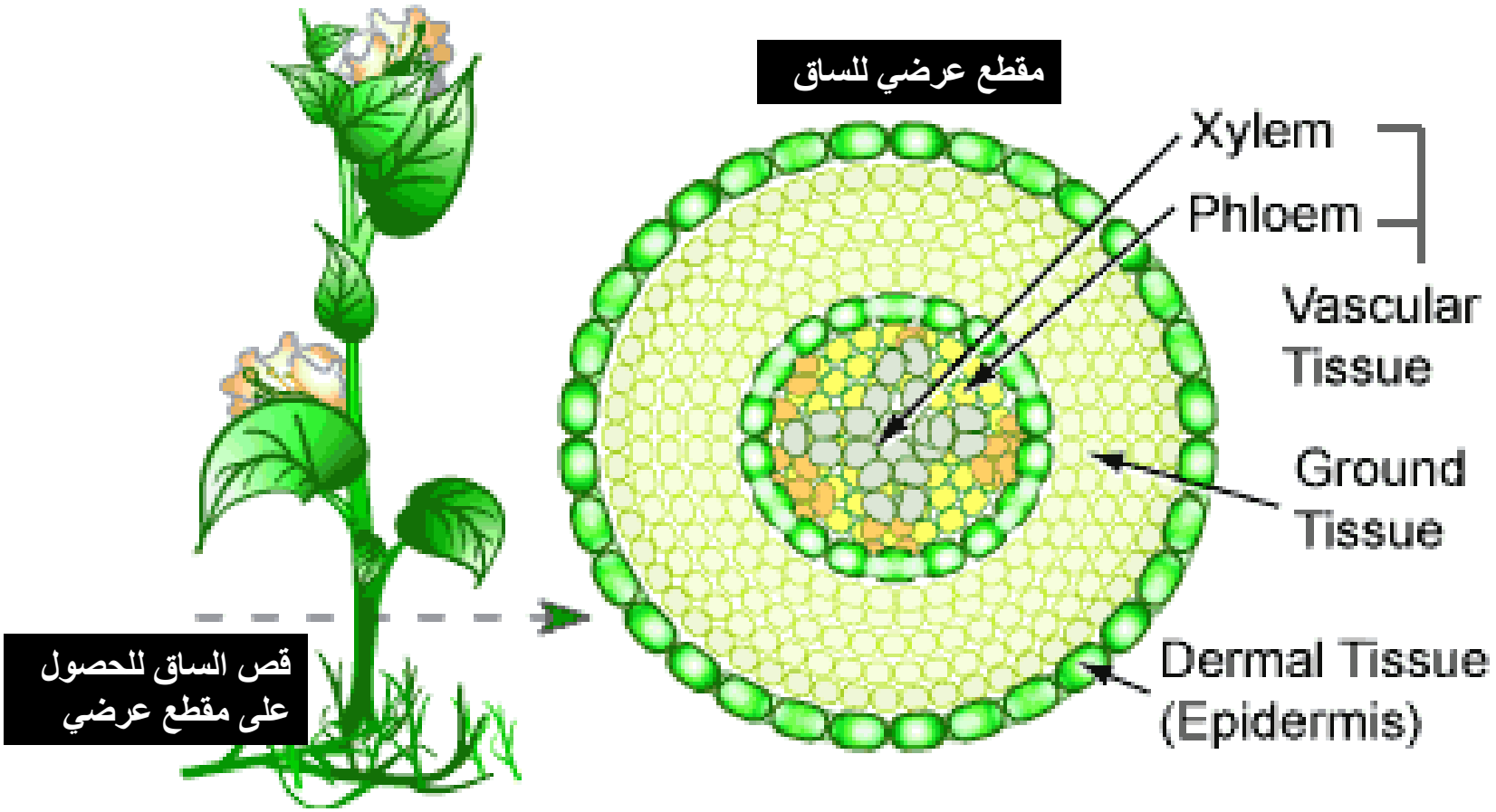
- ✓ منشئ الأسطوانة الوعائية (أو الكامبيوم الأولي) Procambium : يمثل النسيج الأوسط من النسيج المرستيمي ويكون الحزم الوعائية (الخشب واللحاء الإبتدائيين) والكامبيوم الوعائي في السيقان والجذور

- ✓ منشئ القلنسوة: هذا النسيج المرستيمي الإبتدائي خاص بالجذور دون السيقان مسؤول على تكوين القلنسوة التي تحافظ على القمة النامية في الجذر من التمزق عند إمتدادها داخل التربة.



مقطع طولي في القمة النامية لساق

مقطع طولي في القمة النامية لجذر



✓ كل نوع من المرستمات السابقة مسؤول على إعطاء نسيج معين من الأنسجة المبينة في الشكل (المقطع العرضي للساق).

1. الأنسجة الإبتدائية Tissus primaires

كما تم ذكره سابقا تنشأ الأنسجة الإبتدائية عن نشاط المرستيم الإبتدائي قد تبقى طول حياة النبات كما عند كثير من الحشائش والأعشاب التابعة للنباتات ذوات الفلقة الواحدة، عموما **تتواجد عدة أنواع من الأنسجة المستديمة قد تكون بسيطة اومركبة** وهي:

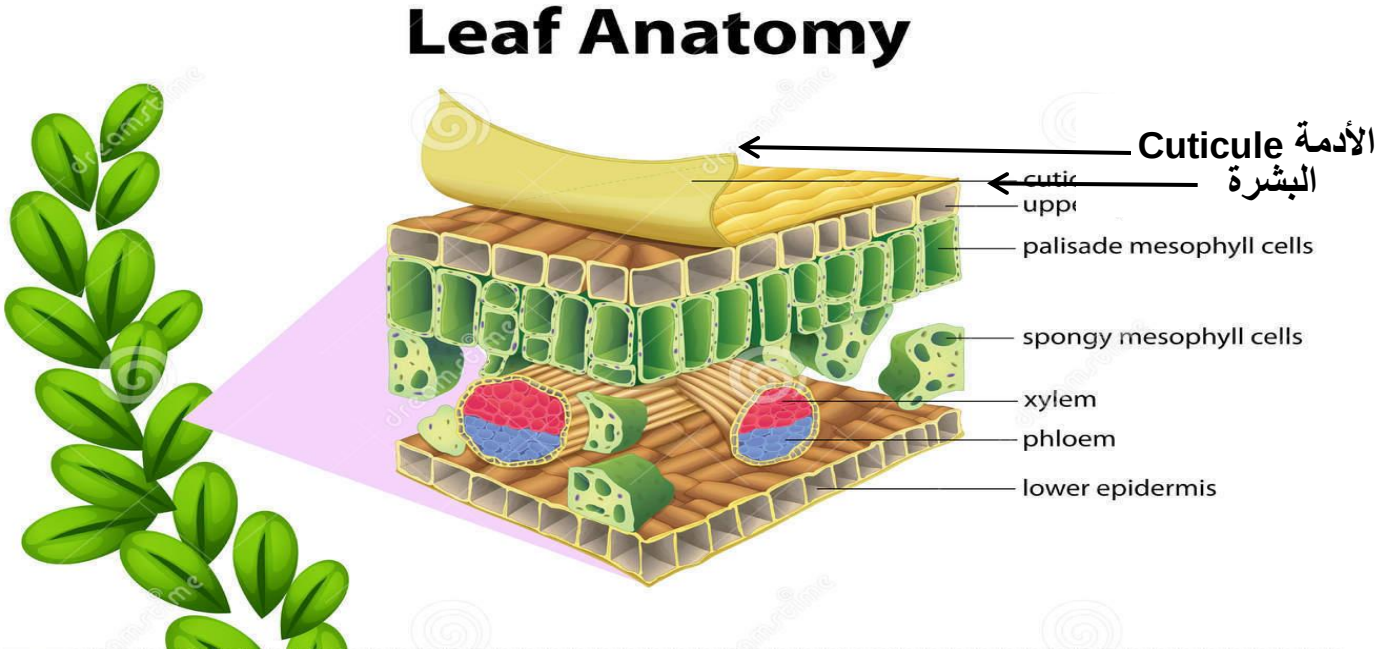
1.1. أنسجة الحماية (الضامة)

وهي نسج تحيط بالأعضاء النباتية وتلعب دورا أساسيا في حماية النبات من المؤثرات الخارجية *كالإضاءة الشديدة* و *الحرارة المرتفعة*. ويوجد في النباتات نوعين رئيسيين من النسج الواقية هما

- البشرة (ناتج من نشاط المرستيم الابتدائي)
- و الفلين (ناتج من المرستيم الثانوي يدرس لاحقا في البنية الثانوية).

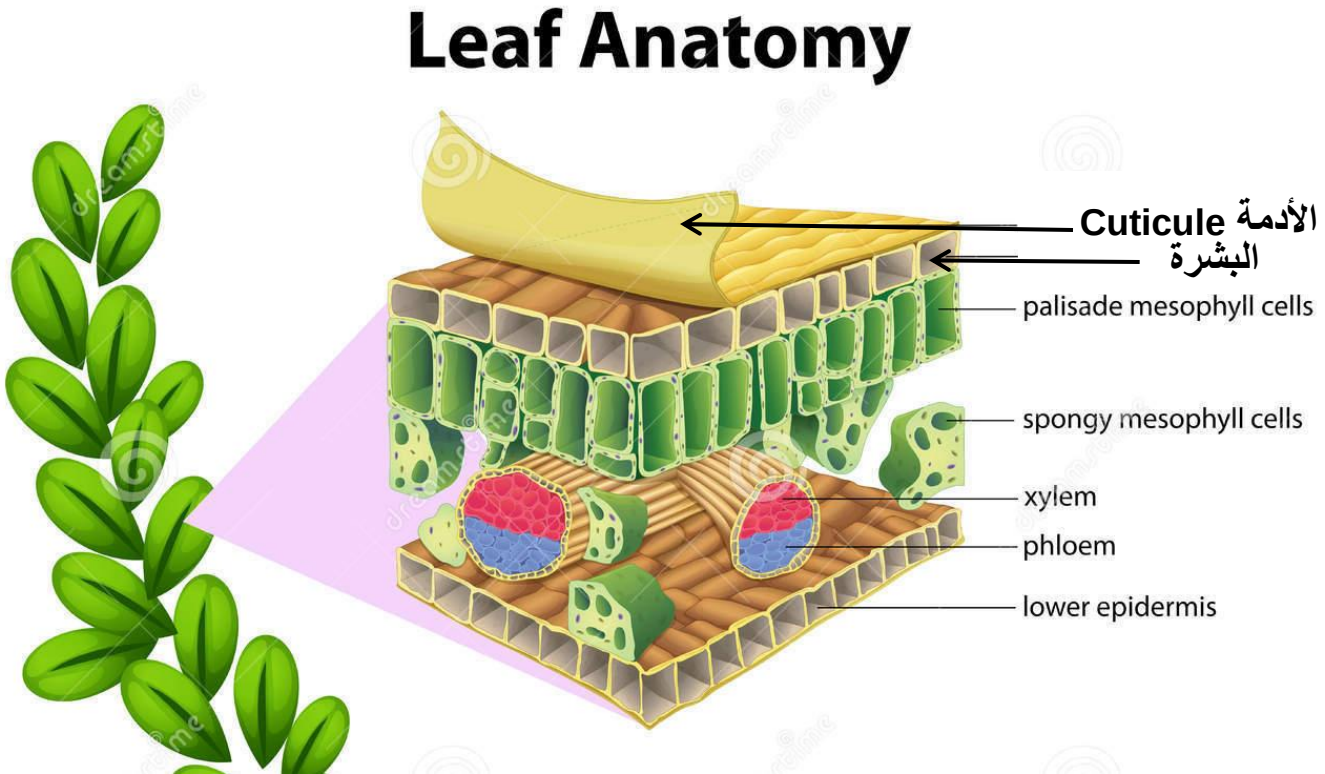
* البشرة Epiderme

تتكون عادة من صف واحد من الخلايا الحية ليس بينها مسافات بينية وهي على عدة أشكال قد تكون متساوية الأبعاد أو مستطيلة أو عدسية الشكل، هذه الخلايا على تماس مباشر مع الوسط الخارجي وبالتالي تختلف عن الخلايا الأخرى بالنبات. تتغطى خلايا البشرة في الأعضاء الهوائية عادة بطبقة مستمرة متجانسة غير نفوذة للماء تسمى الأدمة Cuticule، تتشكل أساسا من مادة الكيوتين، تحفظ هذه الطبقة أعضاء النبات من دخول أو إختراق الطفيليات لها كما تمنع التبخر والمؤثرات الكيميائية، وأيضا تزيد من قوة ومتانة نسيج البشرة.



* البشرة Epiderme

تنشأ بشرة السيقان والأوراق والأجزاء الزهرية من الطبقة السطحية للمرستيم القمي، أما بشرة الجذور فتنشأ من طبقة في قمة الجذر تحت القلنسوة. **تحتوي البشرة على تراكيب خاصة وزوائد** كالثغور والشعيرات والحراشف وغيرها، تساعد هذه التراكيب النبات على أداء وظائف مختلفة، ويمكن تلخيص أهمها في ما يلي:



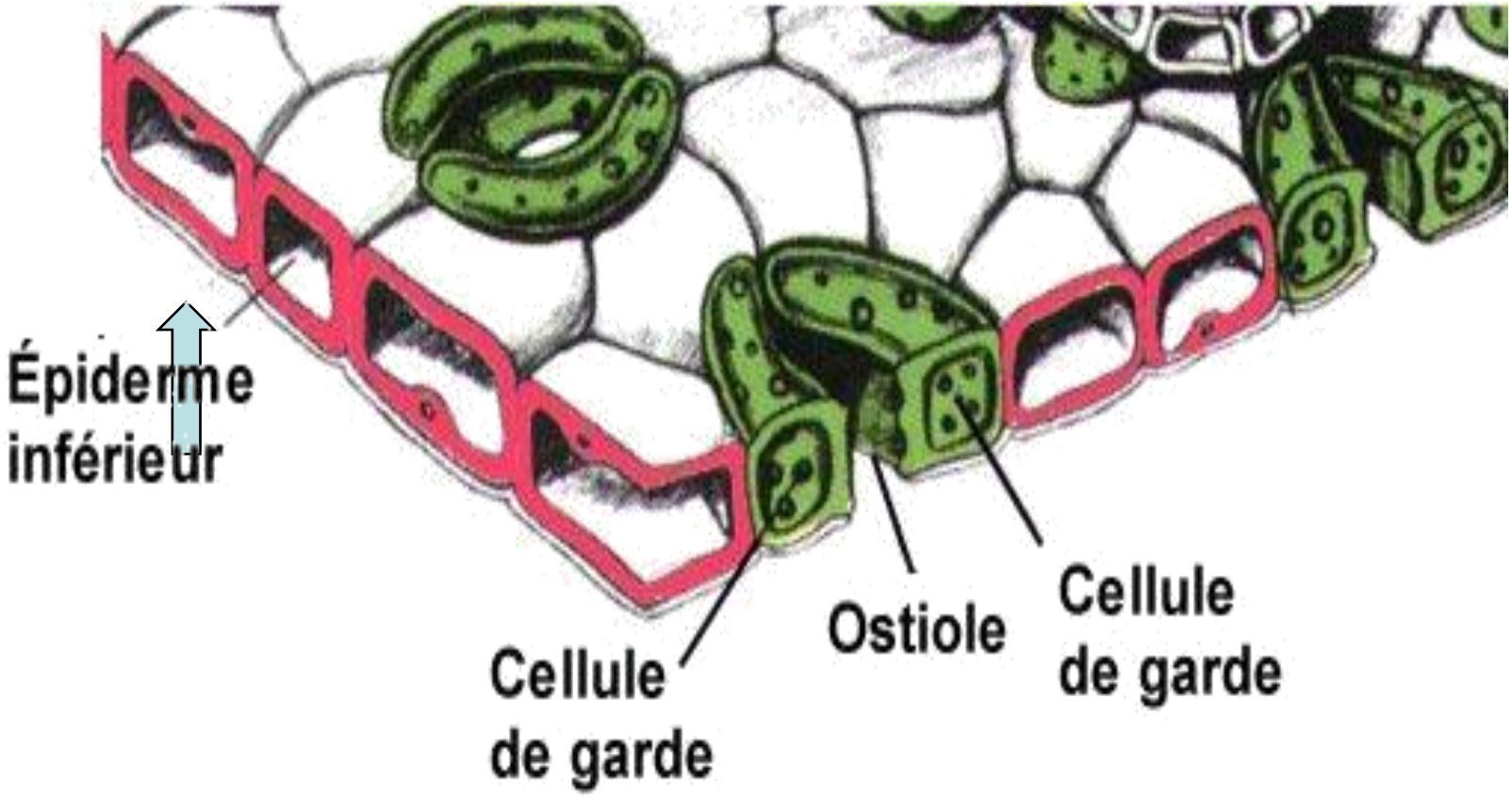
- الثغور Stomates:

توجد الثغور (أو المسام) في خلايا البشرة، وهي تشرف على التبادل الغازي ما بين النسج الداخلية للنبات وبين الوسط الخارجي.

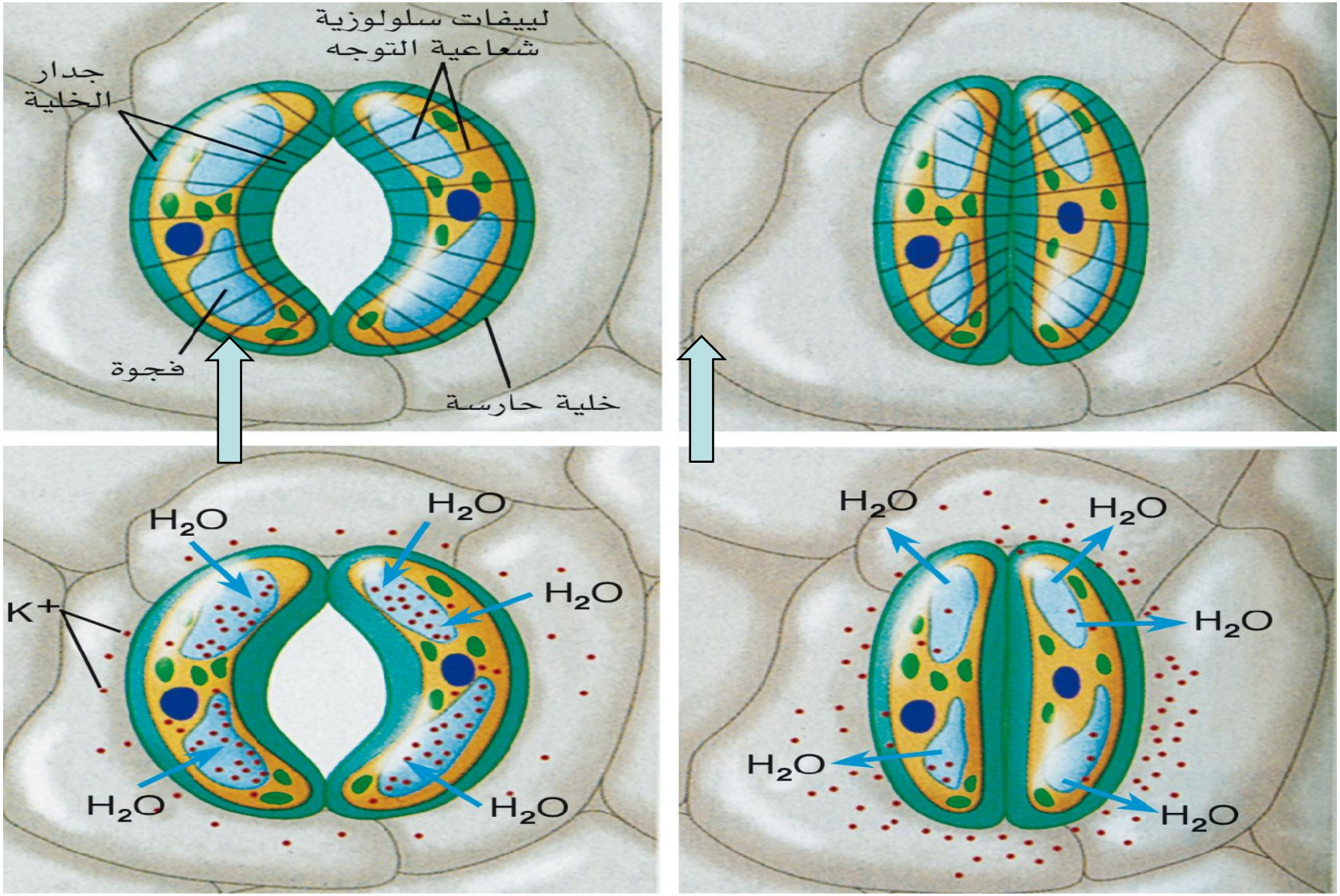
- تنفتح الثغور إذا كانت الخلايا الحارسة ممتلئة (منتفخة).

- وتنغلق إذا إنكمشت الخلايا الحارسة نتيجة فقدها للماء وإرتخاء الجدران على فتحة الثغر، وذلك تحت تأثير الضغط الأسموزي للخلايا الحارسة.

- الثغور Stomates:

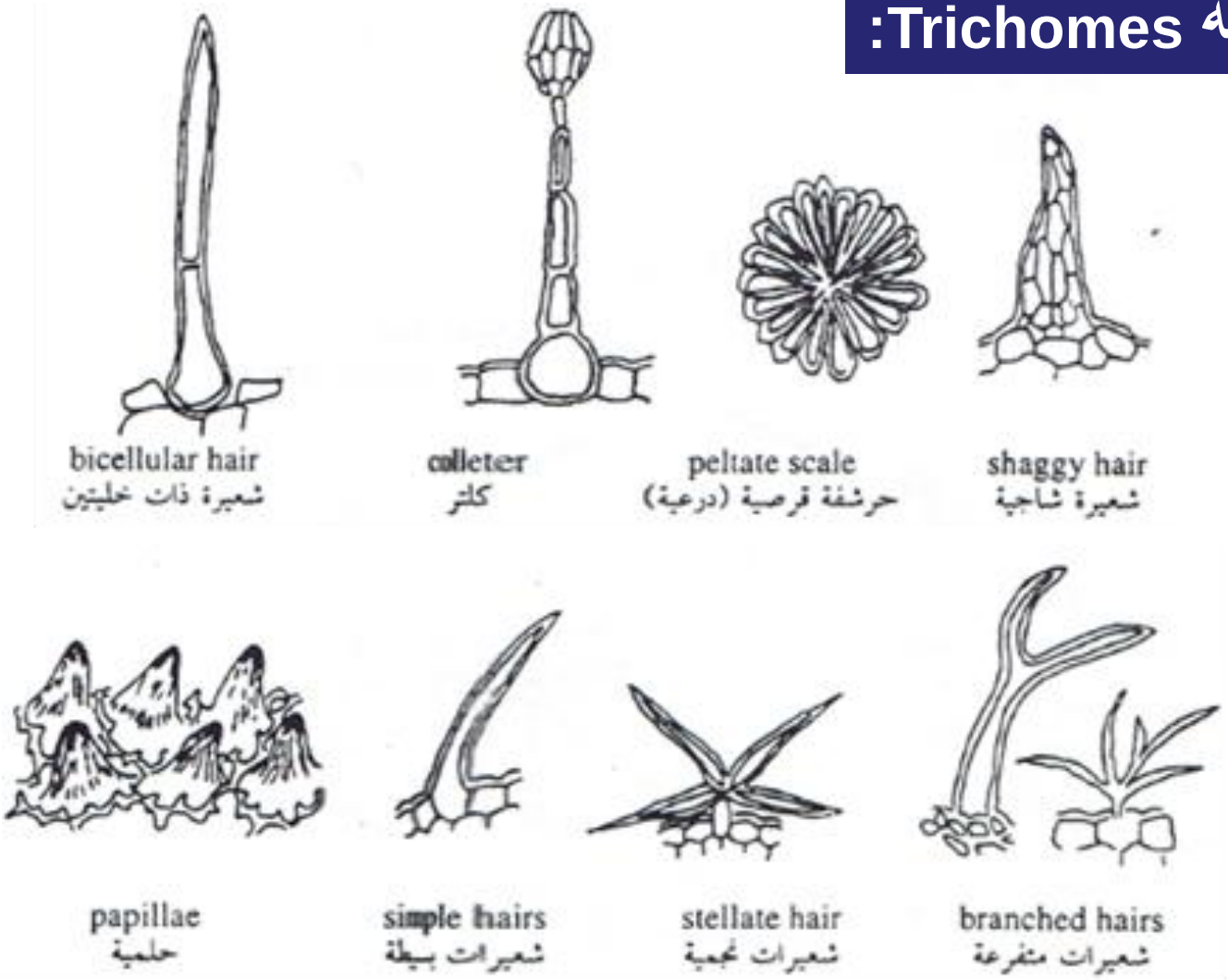


- الثغور Stomates:



- الزوائد البشرية Trichomes:

يمكن لهذه التراكيب أن تكون **حية** أو **ميتة**، وتقوم بوظائف حيوية متنوعة وهامة في معظم الأحيان، منها **الحماية والوقاية** من المؤثرات الخارجية أو **التدعيم** أو **إمتصاص الماء** كما في الشعيرات الجذرية، أو ذات **وظيفة إفرازية** كما في الشعيرات الغدية



(شكل 7) بعض الأنواع المختلفة للزوائد البشرية

صور لبعض الزوائد البشرية Trichomes

صور لبعض الزوائد البشرية Trichomes

صور لبعض الزوائد البشرية Trichomes

2.1. الأنسجة البرنشيمية (البرنشيم Parenchyme)

- تمتاز الخلايا البرنشيمية بأنها **خلايا حية** ذات فجوة كبيرة ومسافات بينية واسعة، تأخذ غالبا شكل متساوي الأبعاد، عادة جدرانها رقيقة متكونة من مادة السليلون الذي يتلجنن قليلا في بعض الأحيان.
- تقوم خلايا البرنشيم بوظائف النبات الهامة ***كالتمثيل الضوئي*** و ***التنفس*** و ***الإفراز*** و ***إدخار الغذاء***.
- وفي بعض الحالات ***تستعيد الخلايا البرنشيمية قدرتها على الإنقسام وتصبح خلايا مرستيمية ثانوية*** كما في حالة الكامبيوم.

تتواجد الخلايا البرنشيمية في أجزاء واسعة من النبات، ويوجد عدة أنواع من الخلايا البرنشيمية حسب محتويات ووظيفة الخلايا **أهمها**:

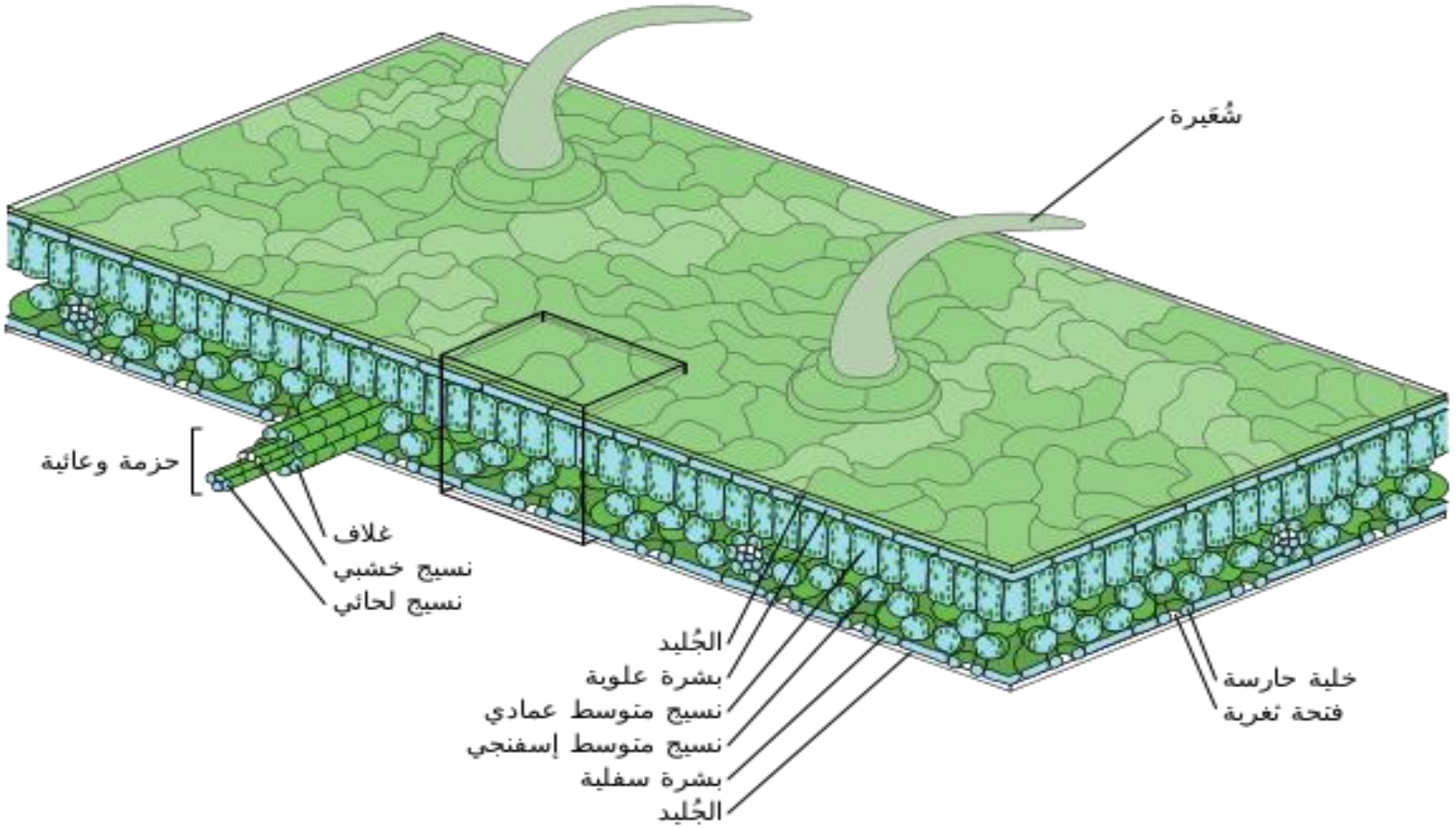
أ- البرنشيم التمثيلي Chlorenchyme:

يتشكل النسيج المتوسط للورقة عادة من نوعين من الخلايا البرنشيمية ويقع بين البشرتين وهو مؤلف من نسيجين خاصة في نباتات ثائيات الفلقة هما:

أ-العمادي : وهو الأقرب إلى البشرة العلوية. خلاياه متراصة اسطوانية بلا إحكام عمودية على سطح الورقة وقد يكون مكون من طبقة أو طبقتين تحت البشرة العلوية .

ب-الاسفنجي :تلي الخلايا العمادية وهي صف أو صفين أو أكثر من الخلايا رقيقة الجدران الغير منتظمة الشكل وتمتاز بأنها ذات فراغات بينية أكبر وأقل احتواءاً على الكلوروفيل من خلايا النسيج العمادي. وهذه الفراغات تلعب دوراً في تسهيل انتشار الغازات خلال أنسجة الورقة لأنها تتصل بالفراغات الهوائية تحت الثغور.

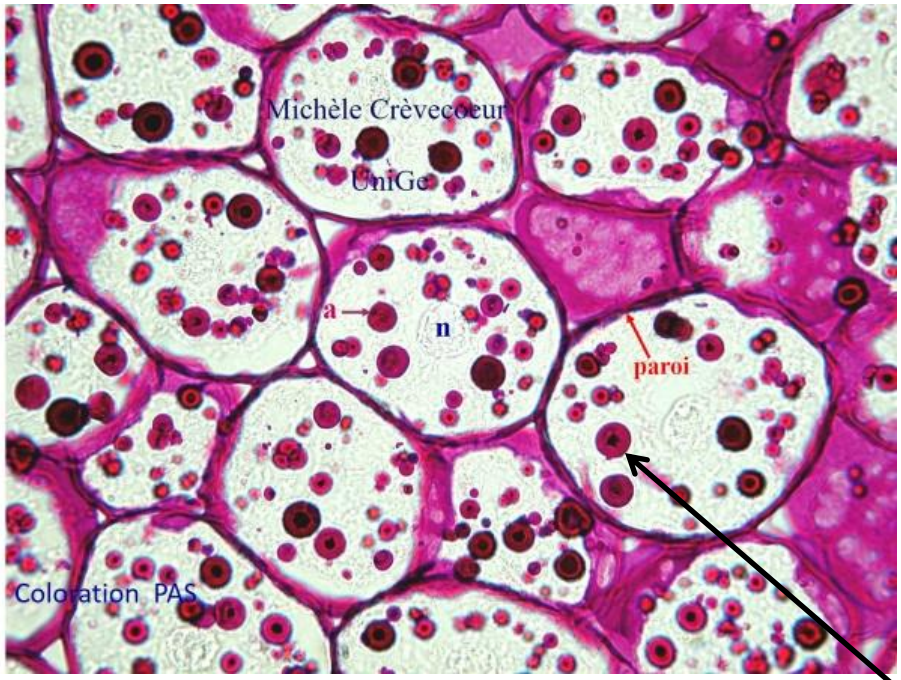
أ- البرنشيم التمثيلي Chlorenchyme:

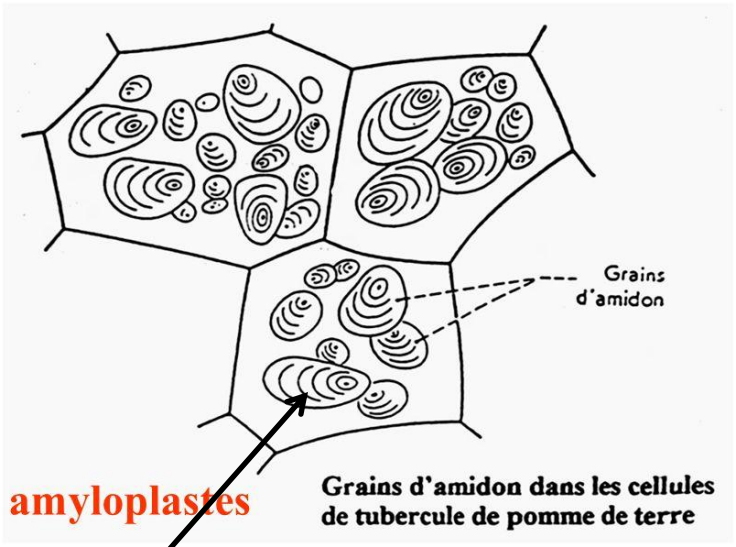


ب- البرنشيم التخزيني:

تخزن المواد الغذائية على هيئة مواد ذائبة في العصير الخلوي ,أو صلبة بداخل الفجوات العصارية ,اوداخل أجسام خاصة في السيتوبلازم ,مثل تخزين المواد البروتينية على هيئة أجسام بروتينية ,أو تخزين حبيبات النشا في شكل صانعات نشوية وتخزين الدهون والزيوت كما في البذور الزيتية

ب- البرنشيم التخزيني:





34

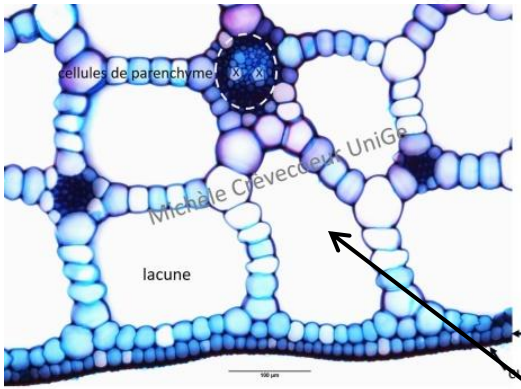
خلايا برنشيمية تخزينية في البطاطا
(حبيبات النشاء)

ج- برنشيم التهوية Aérenchyme:

3. خلايا برنشيمية هوائية

تكون ذات مسافات بينية واسعة ,ويوجد هذا النوع في النباتات المائية ونباتات الأوساط الرطبة, وتختلف أحجام المسافات تبعا لبيئة النبات فهي واسعة جدا في النباتات المغمورة في الماء, وتقوم هذه الخلايا بتخزين الهواء في المسافات البينية التي على اتصال بفتحات الثغور من خلال الأنسجة مما يسهل تبادل الغازات.

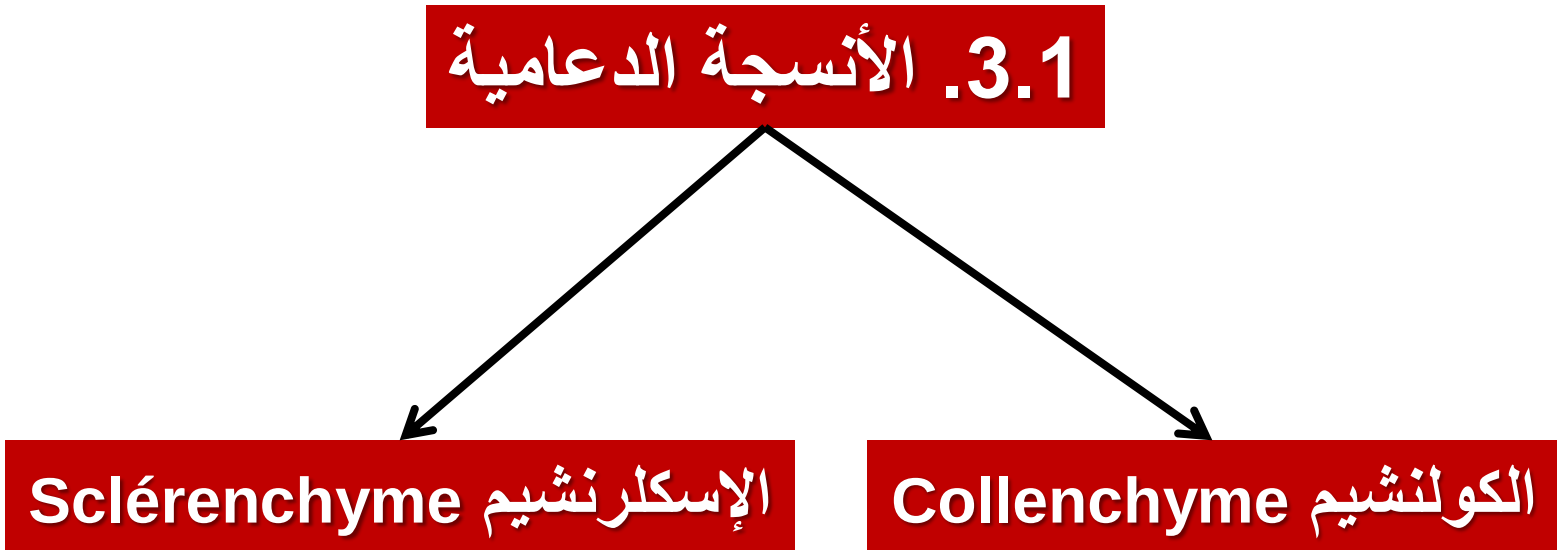
ج- برنشيم التهوية Aérenchyme:



فراغات هوائية

د. خلايا برنشيمية مختزنة للماء

ذات فجوات عصارية تحتوي على كميات كبيرة من الماء ,وبالتالي فهي تلعب دورا كبيرا كخلايا خازنة للماء, وبعض الخلايا تتخصص لخزن الماء مكونة بذلك نسيج مختزنا للماء, وهي خلايا حية ذوات جدر رقيقة كبيرة الحجم , وغالبا تكون في صفوف أو تكون أحيانا مستطيلة كالخلايا العمادية.


3.1. الأنسجة الدعامية
الإسكلرنشيم Sclérenchyme
الكولنشيم Collenchyme

1.3.1. الأنسجة الكولنشيمية (الكولنشيم Collenchyme)

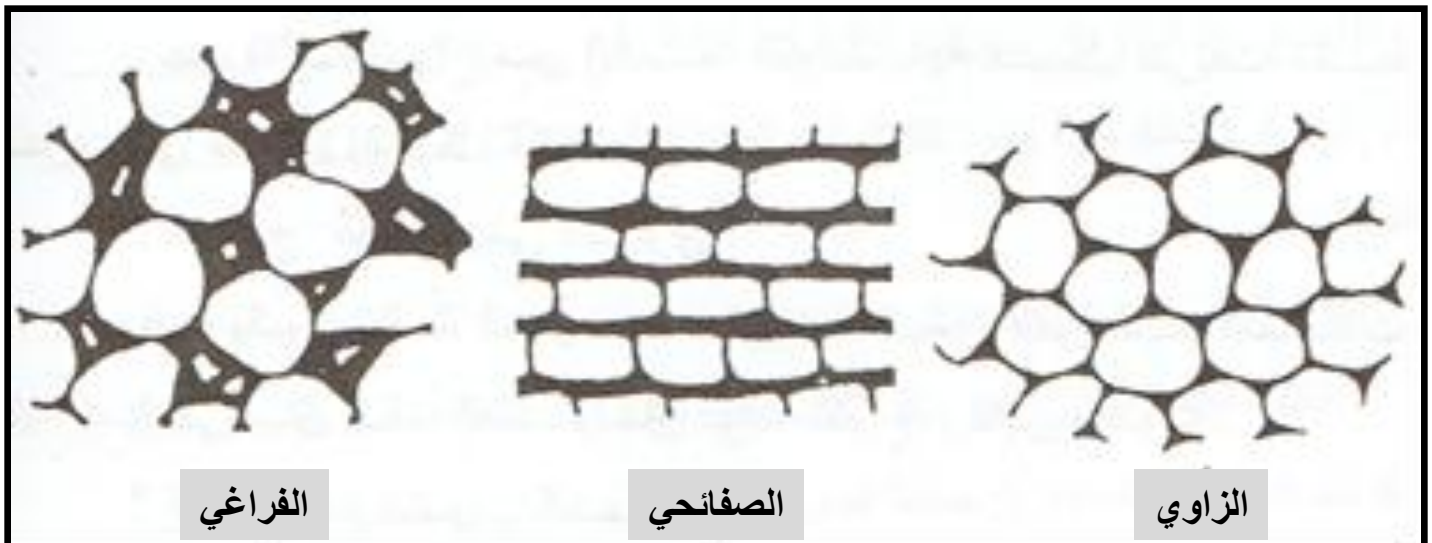
- هي أنسجة دعامية تزيد من قوة وصلابة الأجزاء التي تتواجد بها، وتمتاز خلايا هذه النسج بأنها حية متطاولة وذات جدران إبتدائية متغلظة بمادتي السليلوز والبكتين وتغلظها يكون غير منتظم الشكل وغير متجانس.

توجد بالخلية فجوة عصارية كبيرة، وقد تحتوي الخلايا الكولنشيمية على بلاستيدات خضراء، أحيانا توجد بينها فراغات بينية أو تضيق أو تنعدم. وتقسم تبعا لنوع التغلظ بجدرانها إلى:

أ. **الكولنشيم الزاوي:** يزداد تغلظ جدران هذه الخلايا طوليا في الأركان والزوايا، وتتلاشى المسافات البينية بينها

ب. **الكولنشيم الصفائحي**: وفيه يكون التغلظ طوليا في الجدران الموازية للمحيط الخارجي لسطح النبات ويقل في الجدران المتعامدة مع سطح النبات، وتتلاشى المسافات بينها.

ج. **الكولنشيم الفراغي**: يزداد التغلظ هنا على مستوى الجدران المقابلة للفراغات البينية.



- أنواع الكولنشيم -

2.3.1. الأنسجة الإسكلرنشيمية (الإسكلرنشيم Sclérenchyme)

- هي خلايا **ميتة** لا تحتوي على بروتوبلازم عند النضج، *جدرانها ثخينة قاسية متغلظة بمادة اللجنين*، تنشأ هذه الخلايا مباشرة من الخلايا المرستيمية وقد تنشأ من تغلظ خلايا برنشيمية ثانوية.

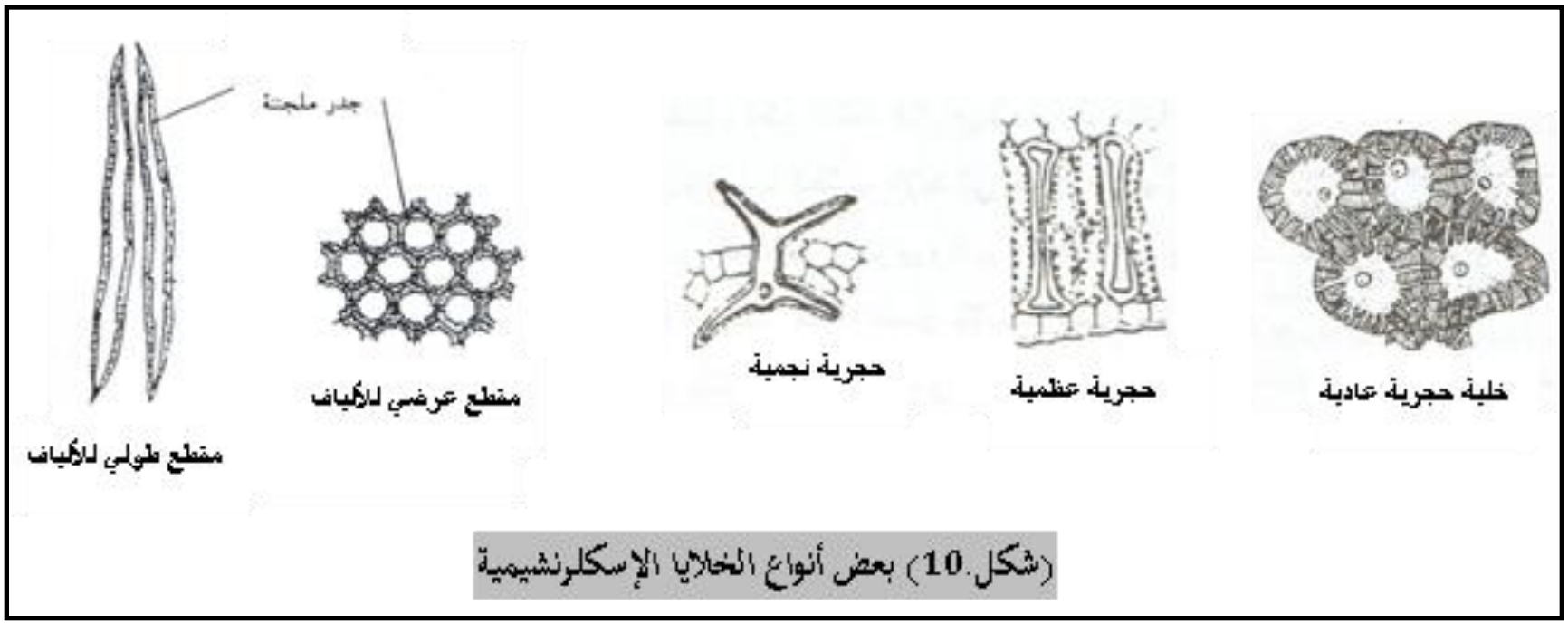
- تلعب دور الدعم والإسناد في النبات، *تمتاز الخلايا الإسكلرنشيمية عن الخلايا الكولنشيمية بعدم مرونة جدران خلاياها*، كما تختلف خلاياها فيما بينها إختلافا كبيرا من حيث الشكل والأصل والتركيب وطريقة التكوين.

وهناك نوعان رئيسيان من الخلايا الإسكلرنشيمية **هما**:

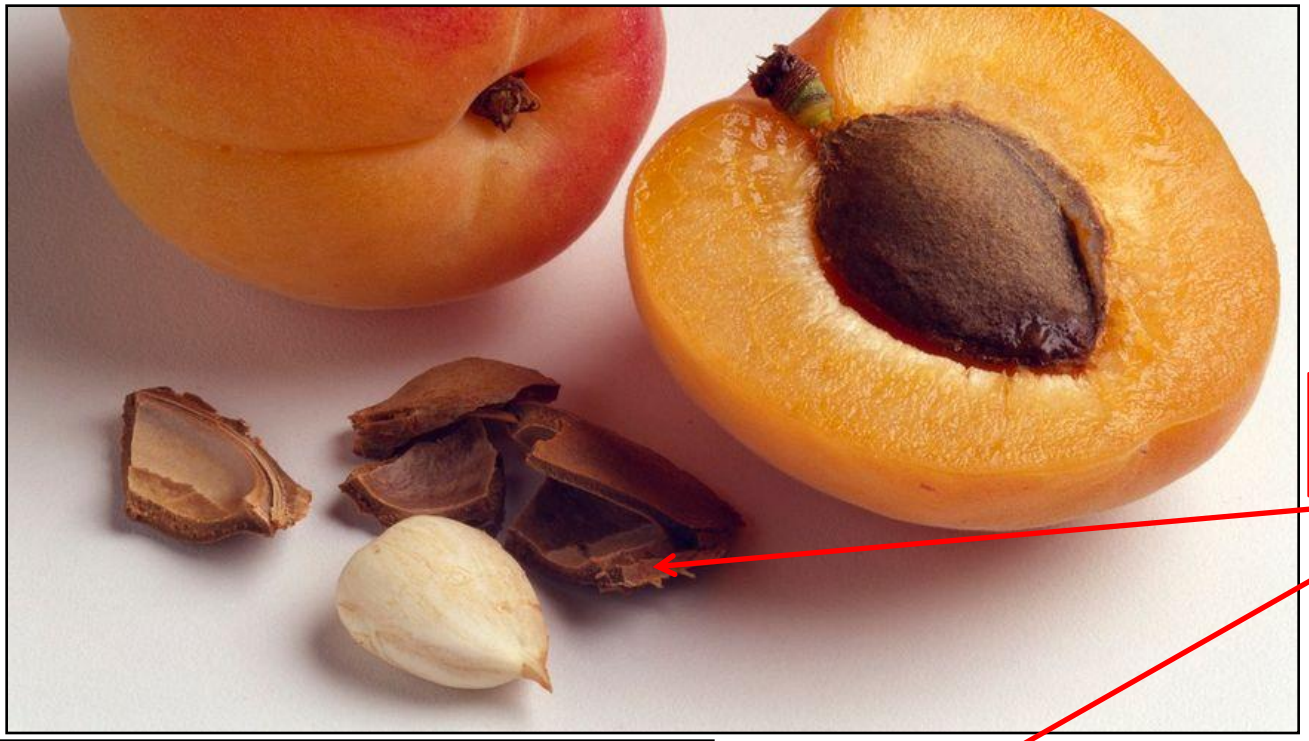
أ. **الألياف Fibres**: وهي عبارة عن خلايا متطاولة أسطوانية الشكل مدببة الأطراف. توجد الألياف إما مجتمعة وإما منفردة في الجذور والسيقان والأوراق والثمار، وترافق عدة نسج أخرى حيث توجد في الخشب وفي اللحاء وتحيط بالحزم الوعائية.

ب. **الخلايا الحجرية Sclérites**: تنتشر هذه الخلايا على نطاق واسع داخل النبات، تختلف كثيرا في الشكل والحجم، فقد تكون: كروية أو مضلعة أو متساوية الأضلع، وقد تكون متطاولة أو متفرعة. وتنشأ نتيجة لحدوث تلجنن ثانوي في جدران بعض الخلايا البرنشيمية، تقسم الخلايا الحجرية من حيث الشكل إلى:

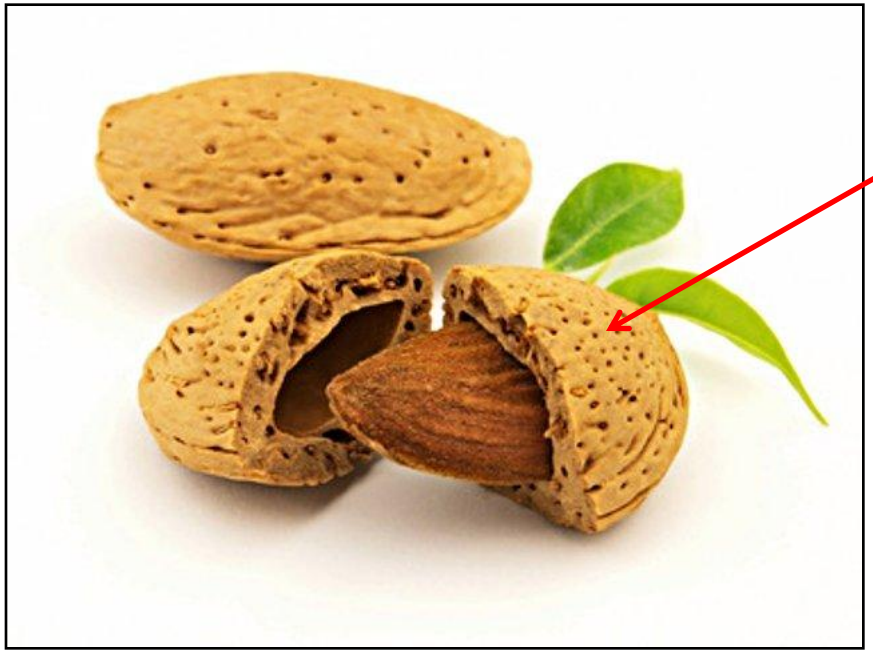
– خلايا عظمية (تشبه العظم) – خلايا نجمية – خلايا شعرية.



(شكل.10) بعض أنواع الخلايا الإسكلرنشيمية



تتشكل من خلايا
إسكلرنشيمية صلبة



4.1. الأنسجة الناقلة Tissus conducteurs

الخشب الإبتدائي Xylème primaire

- الأوعية الخشبية Vaisseaux
- القصيبات Trachéides
- ألياف الخشب Fibres du xylème
- برنشيم الخشب Parenchyme du xylème

اللحاء الإبتدائي Phloème primaire

- الأنابيب الغربالية Tubes criblés
- الخلايا المرافقة Cellules compagnes
- ألياف اللحاء Fibres du phloème
- برنشيم اللحاء Parenchyme du phloème

إستنادا إلى أصل وزمن تشكل الخشب يلاحظ وجود نوعين من الخشب هما: الخشب الإبتدائي والخشب الثانوي، ونفس الشيء بالنسبة للحاء إذ يلاحظ وجود اللحاء الإبتدائي واللحاء الثانوي، وفي هذا الجزء من الدراسة المتعلق بالبنية الإبتدائية للنبات سوف يتم التطرق إلى بنية وتركيب الخشب واللحاء الإبتدائيين.

الخشب الإبتدائي Xylème primaire

ينشأ إعتبارا من المرستيم الأولي المعروف بإسم طليعة الكامبيوم (الكامبيوم الإبتدائي Procambium)، ويظهر مع البنية الإبتدائية (الفتية) للنبات، يقوم بدور نقل الماء والمواد الأولية (النسغ الناقص) من الجذور إلى الأوراق، ويتألف من: –الأوعية الخشبية، – القصيبات، –ألياف الخشب، و –برنشيم الخشب.

- **الأوعية الخشبية:**

تعرف أيضا بإسم القصبات ويتكون الوعاء الخشبي من خلايا متراصة طوليا فوق بعضها البعض تذوب جدرانها العرضية لتشكل قنوات مختلفة الطول.

خلايا الأوعية الخشبية ميتة خالية من البروتوبلازم عند إكتمال النضج ذات جدران مغلظة بمادة اللجنين، تظهر الأوعية في المقطع العرضي مستديرة أو مضلعة، يحدث التغلظ تدريجيا في هذه الخلايا ويختلف بإختلاف عمر النبات.

– القصيبات Trachéides:

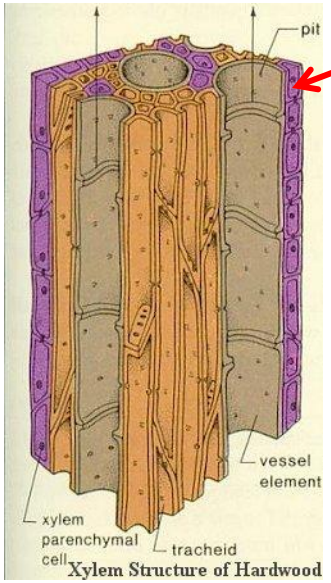
هي خلايا متطاولة ميتة ليس بها بوتوبلازم، ذات نهايات مدببة، جدرانها ثخينة نسبيا ملجننة تحتوي على ثقوب أو نقر. هذه البنية تساعد القصيبات على القيام بوظيفة النقل ووظيفة الدعم في نفس الوقت. تتكون كل قصيبة من خلية واحدة مستطيلة الشكل في الغالب، لا توجد في جدرانها الطرفية ثقوب موصلة بين الخلايا كما في الأوعية، بل توجد نقر (ثقوب) تنتشر على الجدران المشتركة بين القصيبات المتجاورة لتسمح بمرور الماء من خلية إلى أخرى. تأخذ القصيبات أشكالا عديدة تبعا لدرجة التغلظ الثانوي على جدرانها، ففي الأجزاء حديثة التكوين تكون *حلقية* أو *حلزونية*، أما التي تنشأ بعد ذلك فتكون *شبكية* أو *منقرة*.

– ألياف الخشب Fibres du xylème:

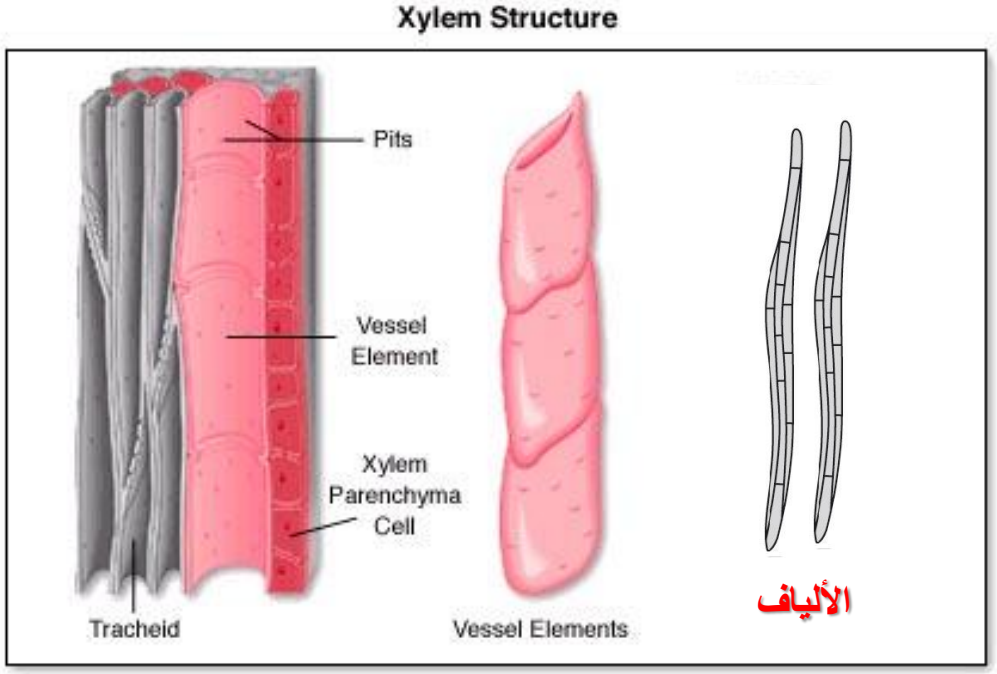
هي عناصر ميتة وحيدة الخلية متطاولة الشكل، جدرها ملجننة أسمك من جدران القصيبات، وهي تلعب دور التدعيم. عموما يزداد تواجد الألياف في الخشب الذي تكثر فيه الأوعية التوصيلية وتقل في الخشب الذي تغلب فيه القصيبات.

– برنشيم الخشب Parenchyme du xylème:

يتألف من خلايا برنشيمية حية متخشبة تقترن بنسيج الخشب، تكون إما مستطيلة أو قصيرة، تنتظم في صفوف شعاعية (نصف قطرية) في مركز الجذر والساق، غالبا ما تتخشب جدرانها مع الاحتفاظ بمحتواها الحي، وأحيانا تفقد محتوياتها وتزداد الجدر المتخشبة فتتحول إلى عناصر ميتة دعامية (إسكليريدات) فتساعد الأوعية والقصيبات في تعزيز التقوية، ويلاحظ ذلك في الأجزاء المسنة من النبات.



برنشيم الخشب



الألياف

اللحاء الإبتدائي Phloème primaire

ينشأ اللحاء الإبتدائي من الأنسجة المرستيمية القمية (الكامبيوم الإبتدائي)، وهو عبارة عن نسيج مركب يتألف من أنواع مختلفة من الخلايا، وظيفته الأساسية نقل المواد الغذائية المركبة في الأوراق (نقل النسغ الكامل) وتوزيعها في كافة أجزاء النبات، ويصاحب اللحاء دائما الخشب ليكون الجهاز الوعائي، تتميز عناصره الناقلة بإنعدام الجدران الملجننة حيث تتكون من السليلوز. ويتألف من : –الأنابيب الغربالية، –الخلايا المرافقة، –ألياف اللحاء، و – برنشيم اللحاء.

– الأنابيب الغربالية Tubes criblés:

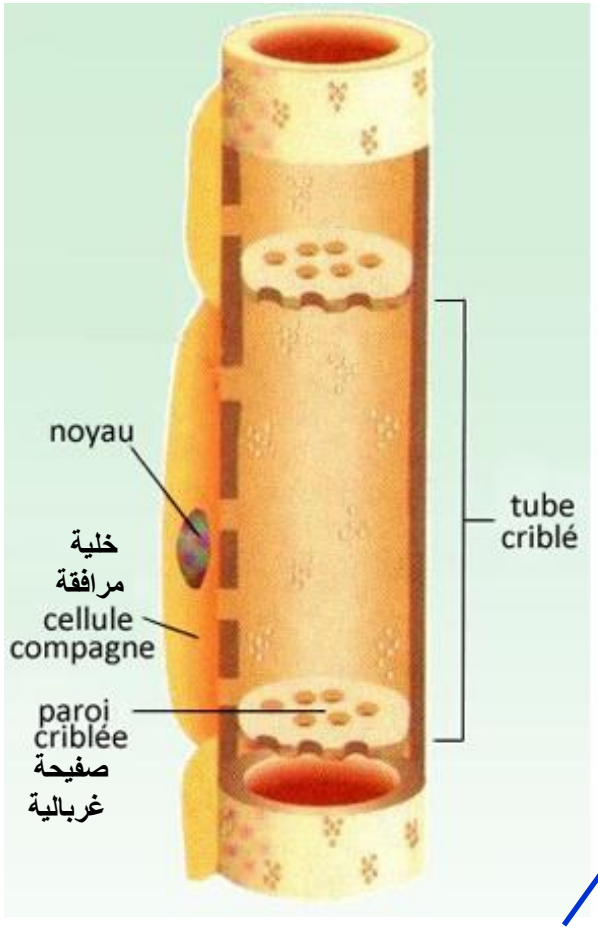
هي أنابيب مكونة من سلسلة طويلة من الخلايا الحية، متراصة بعضها فوق بعض رأسيا (عموديا)، جدرانها مكونة من السليلوز، تحتوي الجدران العرضية لها على ثقوب تعرف بالثقوب الغربالية تكون ما يعرف بالصفيحة الغربالية، والتي من خلالها تقوم بوظيفة التوصيل للغذاء. قد توجد ثقوب أيضا في الجدران الجانبية إلا أنها تكون أصغر وأضيق.

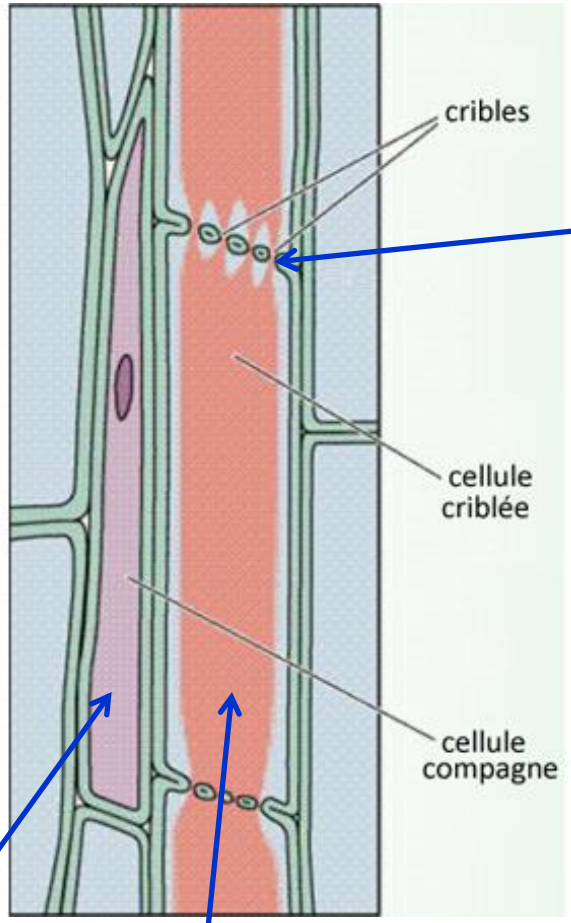
تحتوي خلية الأنابيب الغربالية في البدء على سيتوبلازم وفجوة ونواة، وأثناء نضج الخلية الغربالية تختفي النواة ويصبح السيتوبلازم رقيقا ونفوذا.

– الخلايا المرافقة Cellules compagnes:

ترافق خلية الأنبوبة الغربالية عادة خلية حية، تعرف بالخلية المرافقة، تنشأ الخلايا المرافقة مع خلايا الأنابيب الغربالية إعتبارا من خلية مرستيمية واحدة مشتركة، حيث تنقسم الخلية المرستيمية الأم طوليا إلى خليتين غير متساويتين، الكبيرة منها تكون خلية أنبوبة غربالية والصغرى تكون خلية مرافقة.

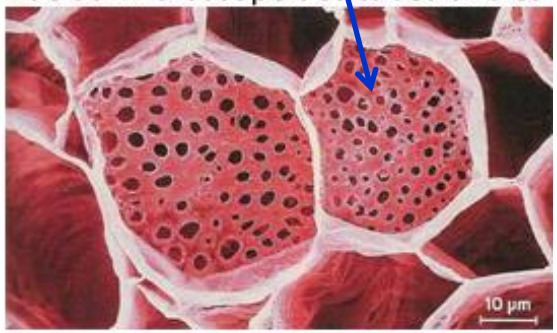
توجد الخلايا المرافقة ملاصقة للأنابيب الغربالية على مستوى الجدران الجانبية لها وتساهم هذه الخلايا مع الأنبوب الغربالي بنقل المواد الغذائية في النبات.





صفيحة غربالية

vue au microscope des tubes criblés



خلية مرافقة

أنبوبة غربالية

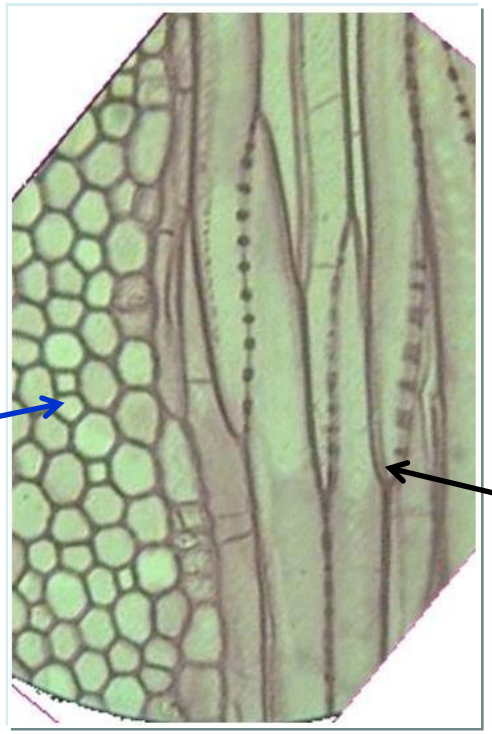
– ألياف اللحاء Fibres du phloème:

تتخلل العناصر الغربالية ألياف اللحاء، وعندما يكون اللحاء حديث النمو تكون أليافه قابل للنمو في الطول والإستطالة، وظيفتها دعامية في الحزمة.

ألياف اللحاء

– برنشيم اللحاء Parenchyme du phloème:

تشبه الخلايا البرنشيمية في الأنسجة، ولكنها تميل إلى الإستطالة. جدرانها مكونة من مادة السليلوز تتخللها نقر بسيطة، تقوم بتخزين المواد الغذائية المختلفة، وقد تتغلظ جدرانها بمادة اللجنين في اللحاء الثانوي في النسج المسنة.



5.1. الأنسجة الإفرازية Tissus sécréteurs

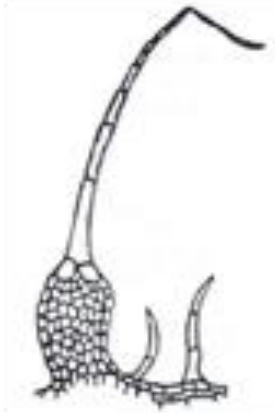
تقوم هذه الأنسجة بإفراز بعض المواد والمركبات الكيميائية الناتجة عن عمليات الأيض كالأصماغ والمواد الراتنجية والزيوت العطرية والرحيق وغيرها، قد تستخدم هذه المواد أحيانا كما في حالة الإنزيمات وقد تطرح إلى الخارج في حالات أخرى. والخلايا الإفرازية يمكن أن تكون منعزلة عن غيرها من الخلايا ويمكن أن تجتمع لتكون نسيجا إفرازيا.

تنتشر الخلايا الإفرازية في مختلف أقسام النبات وتقسم إلى قسمين رئيسيين: ***أنسجة إفرازية خارجية*** و ***أنسجة إفرازية داخلية***.

أ. الأنسجة الإفرازية الخارجية:

تكون على أشكال متعددة **كالأوبار** أو **الحراشف** أو **الغدد**، تنشأ غالبا من نسيج البشرة وقد يسهم في تشكيلها أيضا طبقة الخلايا تحت البشرة أو طبقة خلوية أعمق من ذلك. من أمثلتها: **الغدد الرحيقية في الأزهار** التي تلقح بالحشرات، **والزوائد الغدية** الموجودة على سطح أوراق النباتات آكلة الحشرات والتي تقوم بإفراز بعض الإنزيمات والمواد اللزجة لإقتناص الحشرات وتحليلها وهضمها.

وهناك أشكال أخرى عديدة من الأنسجة الإفرازية منها:



في البندورة (الطماطم)

في نبات القراص

في نبات ندي البحر

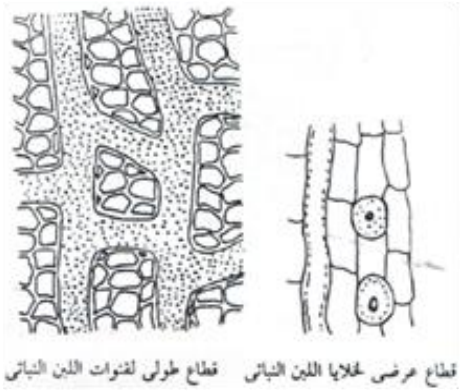
(شكل 14) بعض نماذج الأوبار الإفرازية

ب. الأنسجة الإفرازية الداخلية:

تتكون التراكيب الإفرازية الداخلية من خلايا متخصصة لإفراز مواد معينة، يمكن أن تكون **خلايا** أو **تجاويف** أو **قنوات** أو **أوعية**.

وعموما تقسم التراكيب الإفرازية الداخلية إلى:

- ✓ **القنوات اللبنية:** وهي عبارة عن خلايا تخصصت في إفراز اللبن النباتي **Latex**، وهو عبارة عن سائل لزج ذو لون أبيض أو أصفر أو برتقالي، يتكون من مزيج من مواد تربينية، وتانينية (عصفية)، وأشباه قلويدات، وسكريات وبروتينات، ودهون، ومطاط،...وغيرها. وتعرف القناة اللبنية بأنها بسيطة إذا تشكلت من خلية فردية تتغلغل بين الخلايا الأخرى، أو مركبة إذا تكونت من سلسلة متصلة من الخلايا تتفكك جدرانها لتشكل قناة مستقيمة أو متفرعة.

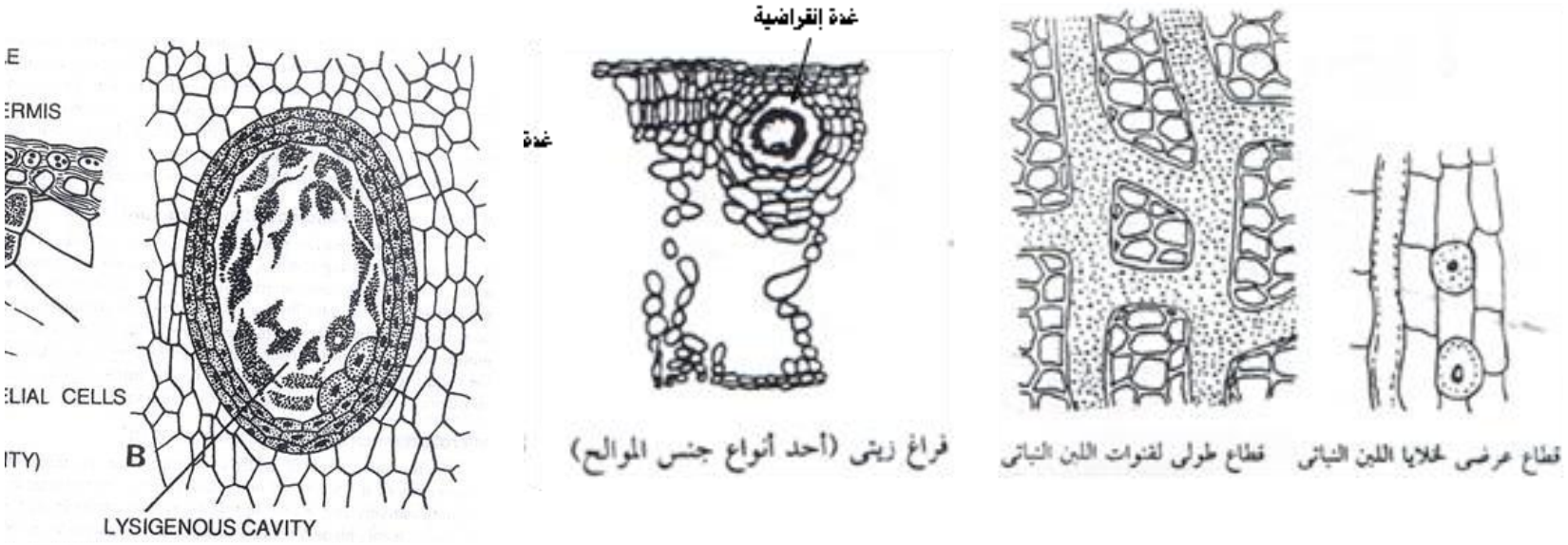


(شكل 15) بعض التراكيب الإفرازية الداخلية

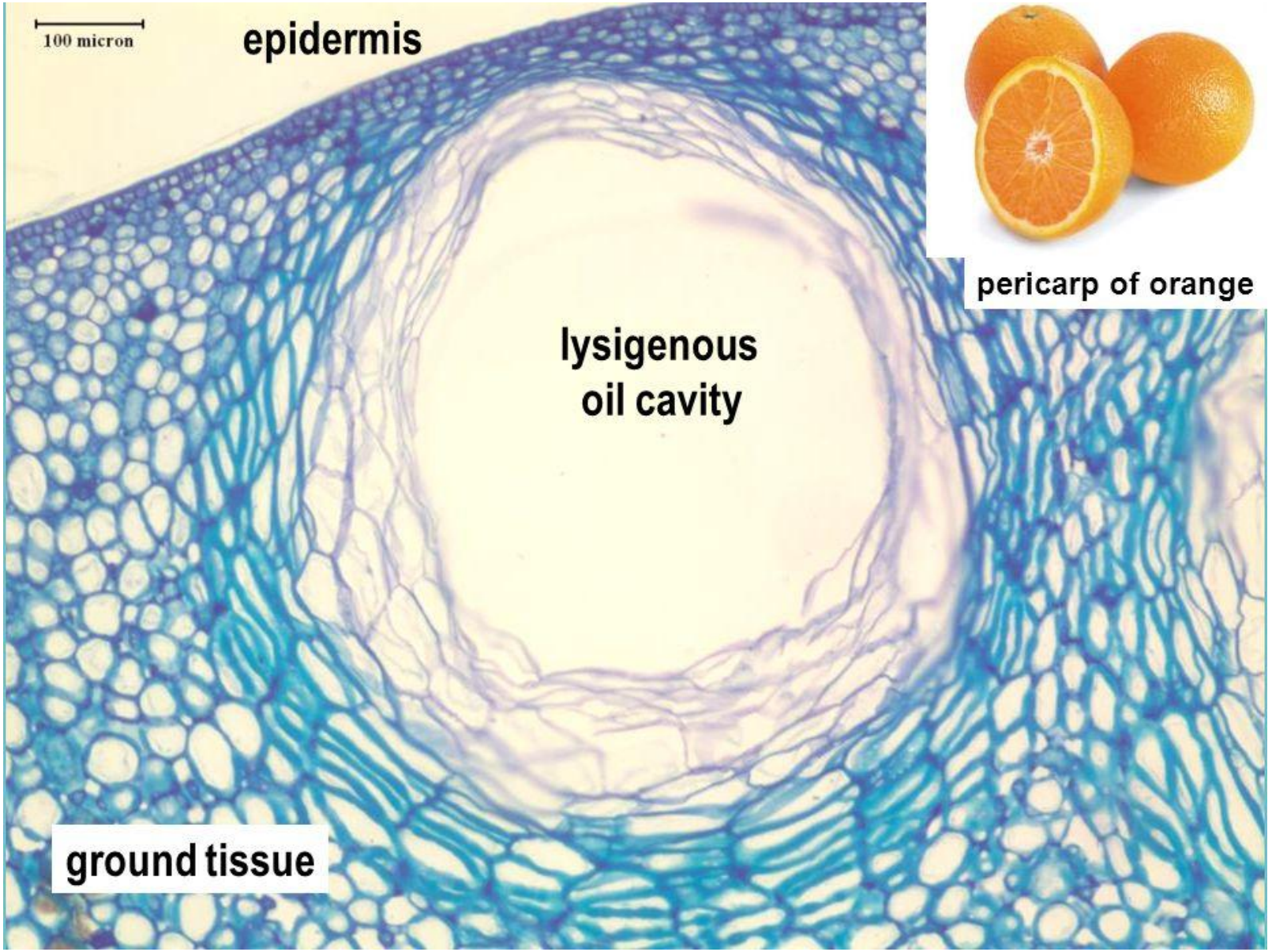
ب. الأنسجة الإفرازية الداخلية:

ب. الأنسجة الإفرازية الداخلية:

- ✓ **الغدد الإنقراضية Lysigenous**: هنا تتحلل تنقرض بعض الخلايا تاركة فراغا تجتمع فيه المواد المفرزة، ويحفظ هذا التجويف عادة بقايا متمزقة من الخلايا المنحلة وهي في الغالب كروية الشكل، وذلك كما في الغدد الزيتية الموجودة في أغلفة ثمار الحمضيات كالبرتقال.



الغدد الإنقراضية

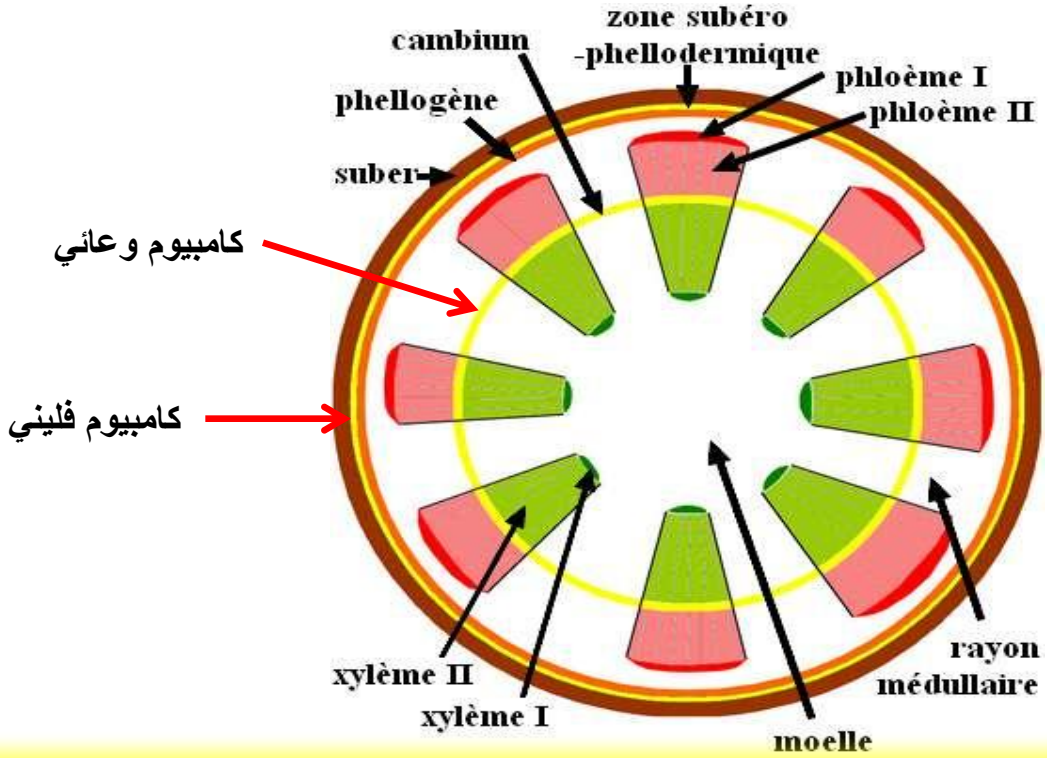


pericarp of orange

ب. الأنسجة الإفرازية الداخلية:

- **الغدد الإنفصالية Schizogenous**: هو تجويف يكون أكثر إنتظاما حيث تتفرق الخلايا بعد ذوبان صفائحها الوسطى، ويحيط بتجويف الغدة خلايا طلائية صغيرة مستطيلة أو كروية الشكل تعمل على إعطاء شكل منتظم للتجويف، من أمثلتها القنوات الراتنجية في الصنوبر.

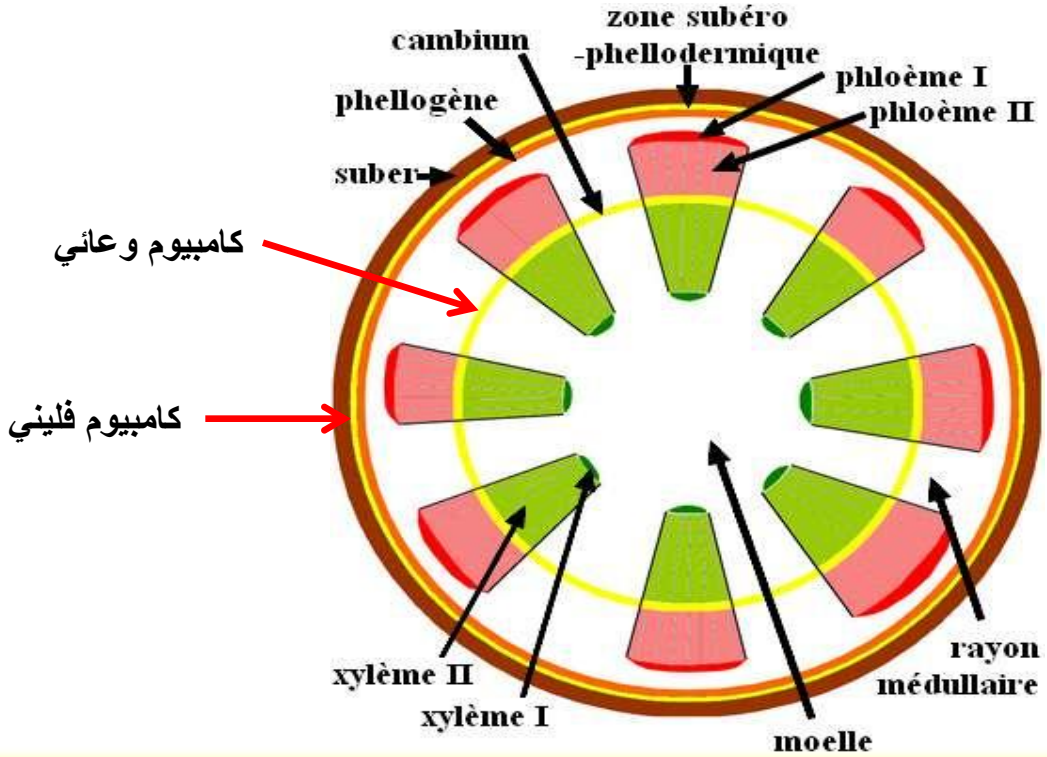
2. الأنسجة المرستيمية الثانوية
(التي تعطي الأنسجة الثانوية)



* ويدعى المرستيم الثانوي **بالمرستيم المولد للنسج فقط**، لأنه لا ينتج عن نشاطه إلا النسج الثانوية (الواقية والناقلة)، ويوجد هذا النمط من المرستيم في ***عاريات البذور*** و***ثنائيات الفلقة*** من مغلفات البذور فقط، وفي حالات نادرة يظهر في أحاديات الفلقة.

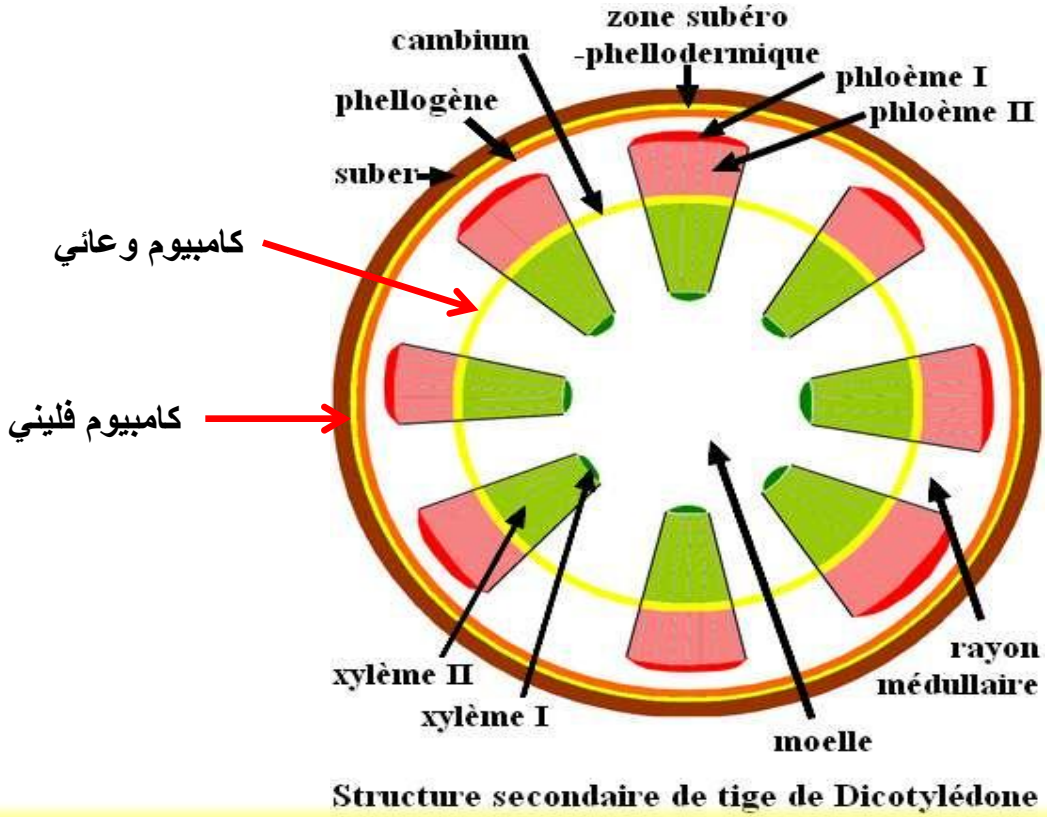
من خلال الشرح السابق يتبين أن هناك نوعان أساسيان من المرستيم الثانوي هما:

2. الأنسجة المرستيمية الثانوية
(التي تعطي الأنسجة الثانوية)



* يظهر المرستيم الثانوي في مرحلة متأخرة من نمو النبات، وينشأ إما من مرستيم إبتدائي ذاته (من طليعة الكامبيوم Procambium) أو من التمايز التراجعي Dédifférenciation لخلايا مستديمة تعود عن التمايز، ويكون تموضعه جانبيا Latérale سواء في الساق أم في الجذر، حيث يظهر على شكل حلقة مضاعفة:

2. الأنسجة المرستيمية الثانوية
(التي تعطي الأنسجة الثانوية)

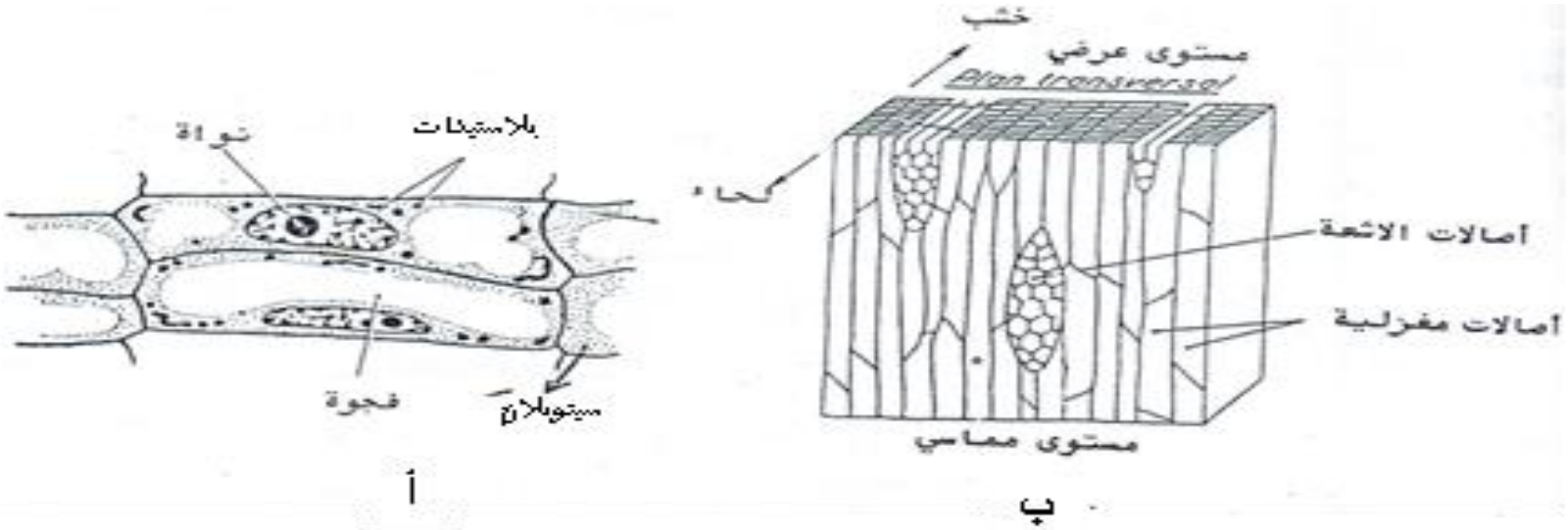


Structure secondaire de tige de Dicotylédone

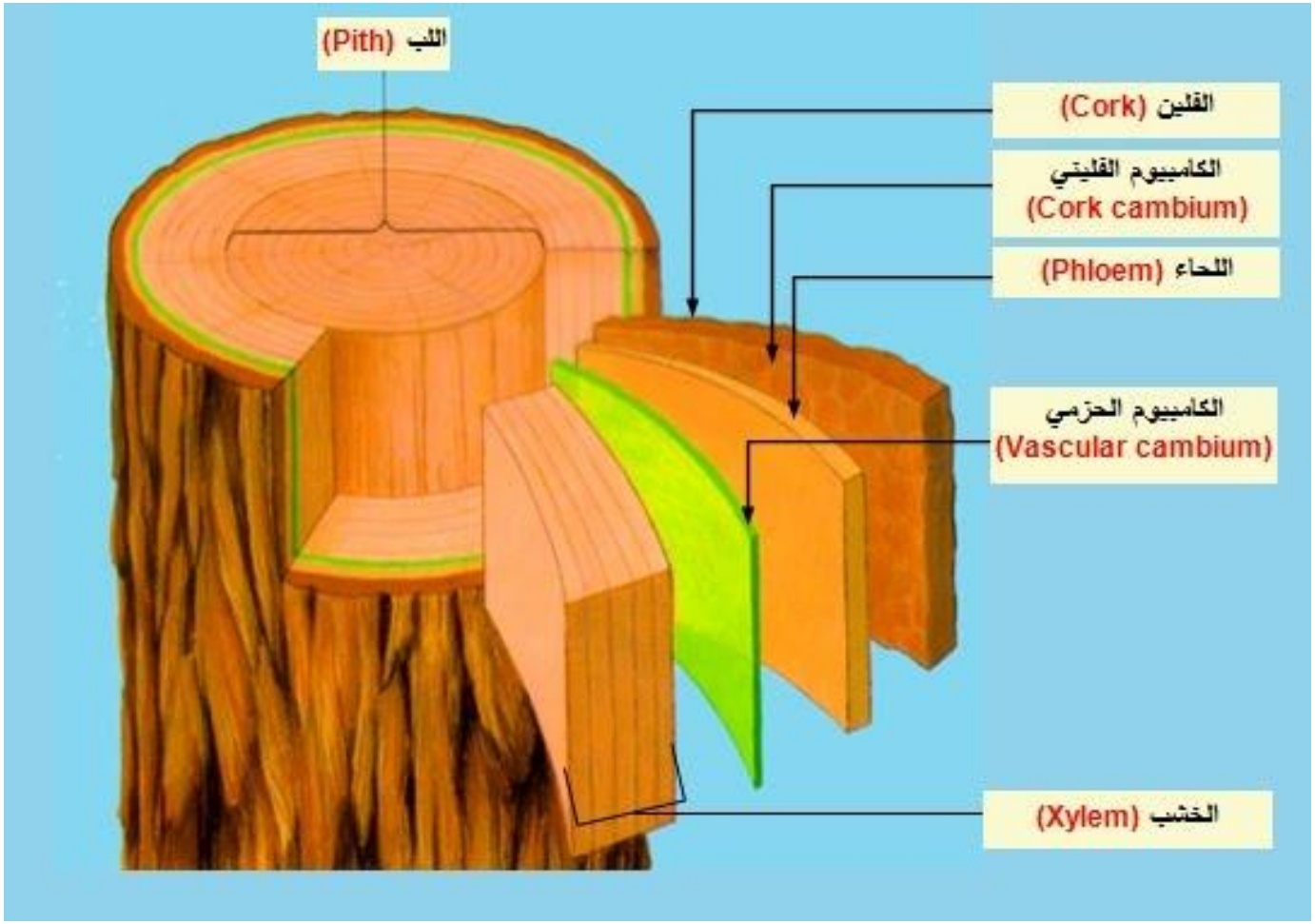
- ✓ الحلقة الداخلية (هي الكامبيوم الوعائي) المسؤول على تشكيل النسج الناقلة الثانوية.
- ✓ الحلقة الخارجية (هي الكامبيوم الفليني Phellogène) الذي يعطي الفلين والبرنشيم القشري الثانوي.

أ. الكامبيوم الوعائي Cambium vasculaire:

ينشأ الكامبيوم الوعائي عن طليعة الكامبيوم Procambium، تشبه خلاياه خلايا المرستيم الإبتدائي بخصائصها الخلوية من حيث كونها قليلة التمايز وتنقسم تلقائيا، وتختلف عنها بشكلها المتطاول الذي يظهر على المقطع العرضي على شكل مستطيل تقريبا وأيضا تمتاز بتنامي الجهاز الفجوي الذي غالبا ما يشكل فجوة مركزية واحدة. ويتواجد نوعين من الكامبيوم :



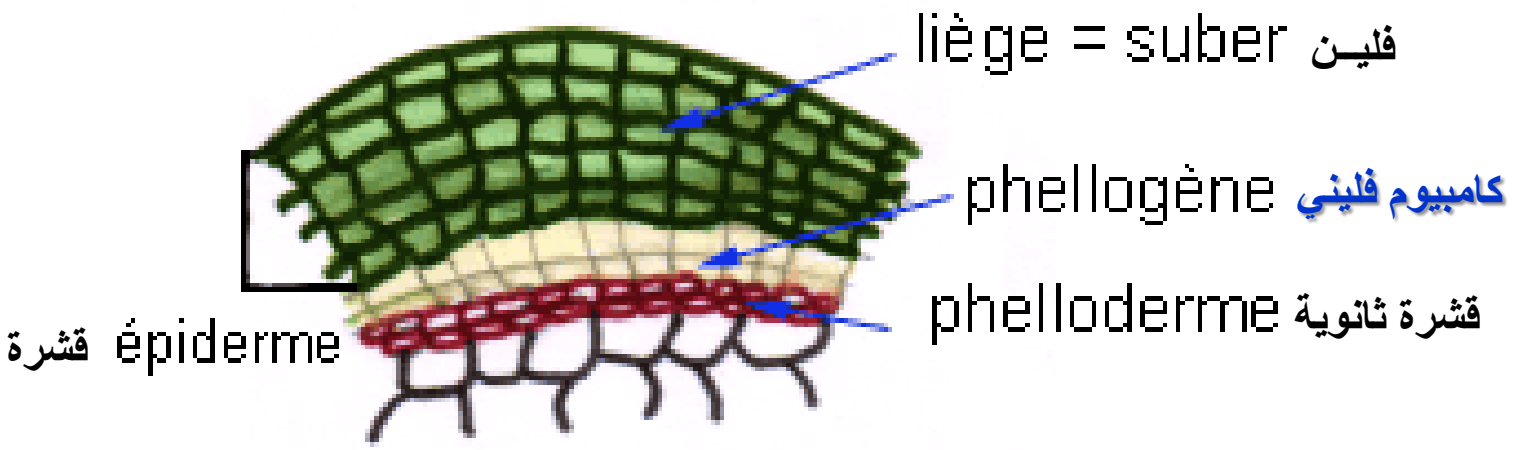
(شكل.16) أ. خلايا الكامبيوم في المقطع العرضي،


اللب (Pith)
الفلين (Cork)
الكامبيوم الفليني
(Cork cambium)
اللحاء (Phloem)
الكامبيوم الحزمي
(Vascular cambium)
الخشب (Xylem)

ب. الكامبيوم الفليني Phellogène:

ينشأ هذا الكامبيوم عن تحول بعض الخلايا البرنشيمية (خلايا مستديمة) موجودة بالقشرة إلى خلايا مرستيمية أثناء النمو الثانوي. ويتكون الكامبيوم الفليني من طبقة واحدة من الخلايا تحتوي على فجوات صغيرة،

تنقسم هذه طبقة من الخلايا المرستيمية مكونة فلين إلى الخارج ليحل محل الأنسجة الممزقة في السيقان والجذور نتيجة زيادة سمك النبات، ومكونة قشرة ثانوية إلى الداخل.

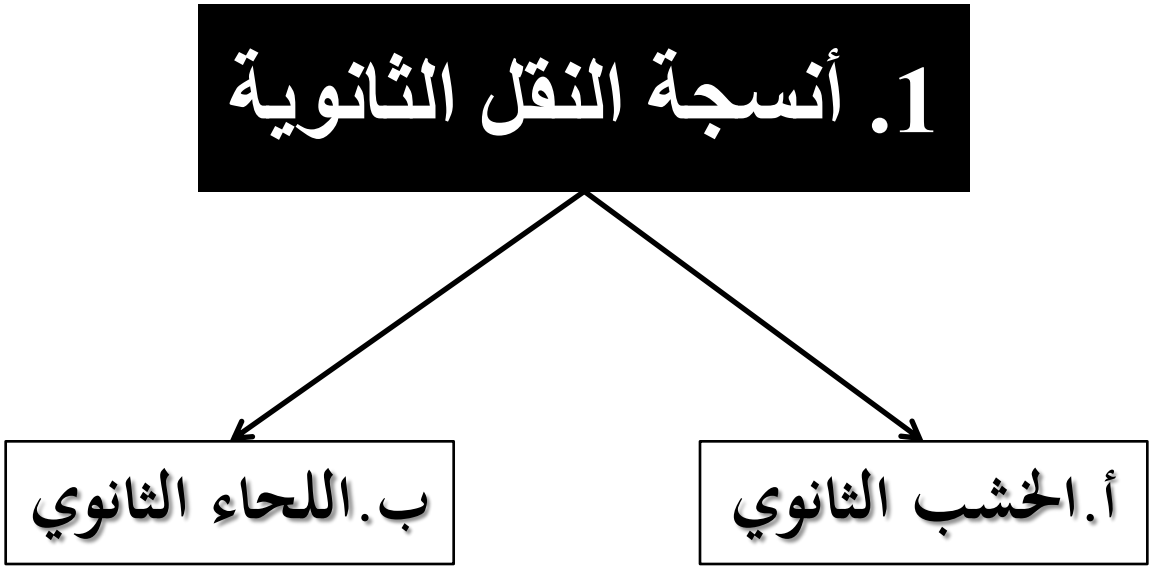


2. الأنسجة الثانوية Tissus secondaires

هي أنسجة ثانوية تتشكل لاحقا في جسم النبات تظهر مع بداية النمو الثانوي، تضاف للأنسجة الأولى، وتؤدي إلى زيادة سمك العضو النباتي سواء كان جذرا أو ساقا وذلك بتكوين كل من أنسجة وعائية ثانوية

تتمثل في:

* الخشب واللحاء الثانويين (تنتج عن الكامبيوم الوعائي).
* وأنسجة حماية ثانوية Periderme (تنتج عن الكامبيوم الفليني).


1. أنسجة النقل الثانوية
أ. الخشب الثانوي
ب. اللحاء الثانوي

– الخشب الثانوي Xylème secondaire:

يشكل الخشب الثانوي الجزء الهام من الأنسجةالوعائية، كما يشكل في النباتات المتخشبة الجزء الأكبر من الجسم النباتي، ووجوده يمكن للنبات أن يحقق أحجاما ضخمة. يقوم بنقل النسغ الناقص من الجذور إلى الأوراق، كما يقوم بدعم الجسم النباتي. و يتكون الخشب الثانوي من: *الأوعية* ذات أقطار مختلفة والتغليظ السائد بها هو *السلمي* و*الشبكي* و *المنقر*، كما توجد *القصيبات*، و *ألياف* و *برنشيم الخشب*.

– اللحاء الثانوي Phloème secondaire:

ينشأ خلال فترة التغلظ الثانوي للسيقان والجذور ليحل محل اللحاء الإبتدائي يقوم بنقل النسغ الكامل. ويتكون اللحاء الثانوي من: *الأنابيب الغربالية* و *الخلايا المرافقة* و *برنشيم* و *ألياف اللحاء* ، وقد توجد أيضا *خلايا إسكليريدية*، وتنتشر ألياف اللحاء بغير إنتظام ظمن أنسجة اللحاء الثانوي.

2. أنسجة الحماية الثانوية (البشرة الثانوية Peridèrme)

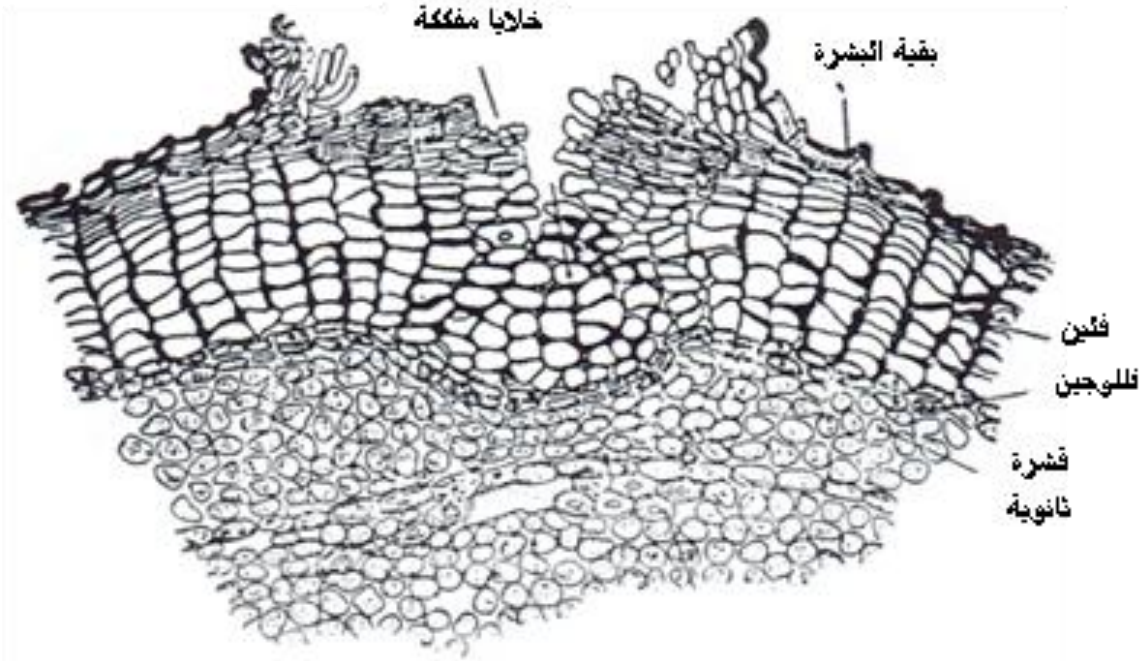
أ.الفلين Liège

ب.القشرة الثانوية Pelloderme

أ. الفلين Liège:

يتألف الفلين من صفوف خلوية منتظمة متراصة جدا ، ذات جدران خلوية متفلنة و محتوى ميت ، لا تسمح بمرور الماء والغازات من خلالها. يتشقق الفلين في أغلب الأنواع النباتية نتيجة لزيادة سمك الساق ويستبدل الكامبيوم الفليني بأخر أعمق منه في القشر.

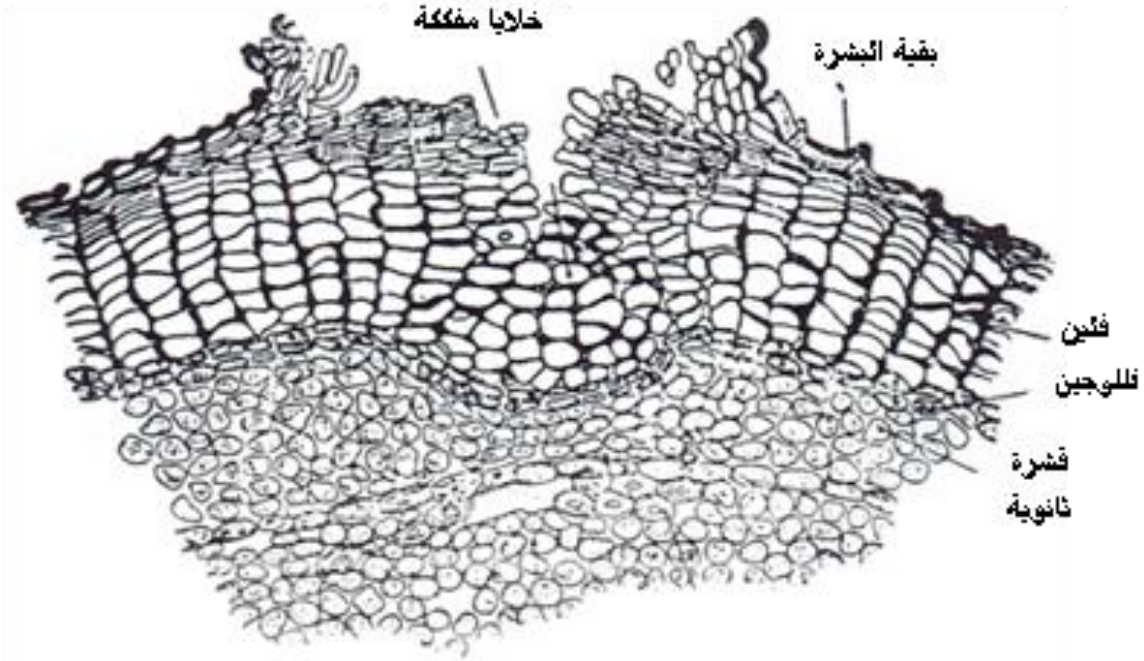
توجد في الفلين فتحات خاصة تكون فيها الخلايا متفككة عن بعضها تسمى العديسات Lenticelles هذه العديسات تتكون من نشاط الكامبيوم الفليني الذي يقع تحت الثغور، و تساعد على تحقيق التبادل الغازي بين المحيط الخارجي والداخلي للنبات.



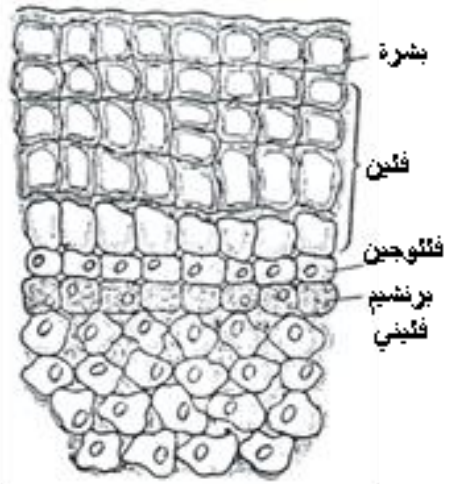
(شكل 18) مقطع عرضي في عديسة في ساق البيسلان *Sambucus*

ب. القشرة الثانوية Pelloderme:

وتعرف أيضا بالأدمة الفلينية، تتكون من عدد قليل من الطبقات ، خلاياها برنشيمية حية بخلاف خلايا الفلين الميتة، توجد بعض الفراغات البينية بينها، وقد تحتوي في سيقان بعض النباتات على صانعات خضراء، كما أنها يمكن أن تقوم بدور إدخاري كتخزين بعض النشاء.



(شكل 18) مقطع عرضي في عديسة في ساق البيسلان *Sambucus*



(شكل 17) البشرة الثانوية في ساق الدفلة *Nerium*