كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الثالثة

المادة : كيمياء النسج النباتية

المحاضرة : الاولى/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2025

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

يعتبر علم كيمياء الأنسجة من أحدث العلوم البيولوجية، وهو يتناول بالدراسة تواجد وتوزيع المكونات الكيميائية المختلفة في الخلايا والأنسجة النباتية والدور الذي تقوم به في الأنشطة الحيوية المختلفة.

أولاً: النسيج النباتي

مجموعة من الخلايا من نفس النوع، لها وظيفة محددة، لايمكنه أن يعيش مستقلاً بل يعتمد في حياته على بقية الأنسجة.
النسيج النباتي قد يكون بسيطاً إذا تكون من نوع واحد من الخلايا كالأنسجة البرانشيمية والكولنشيمية، وقد يكون مركباً إذا احتوى على أكثر من نوع من الخلايا كالأنسجة الناقلة التي تضم نسيجي الخشب واللحاء. الأنسجة قد تكون مرستيمية (إنشائية) أي تتكون من خلايا ذات قدرة على الإنقسام، أو تكون مستديمة أي تتكون من خلايا بالغة فقدت القدرة على الإنقسام وتخصصت لأداء وظيفة محددة.

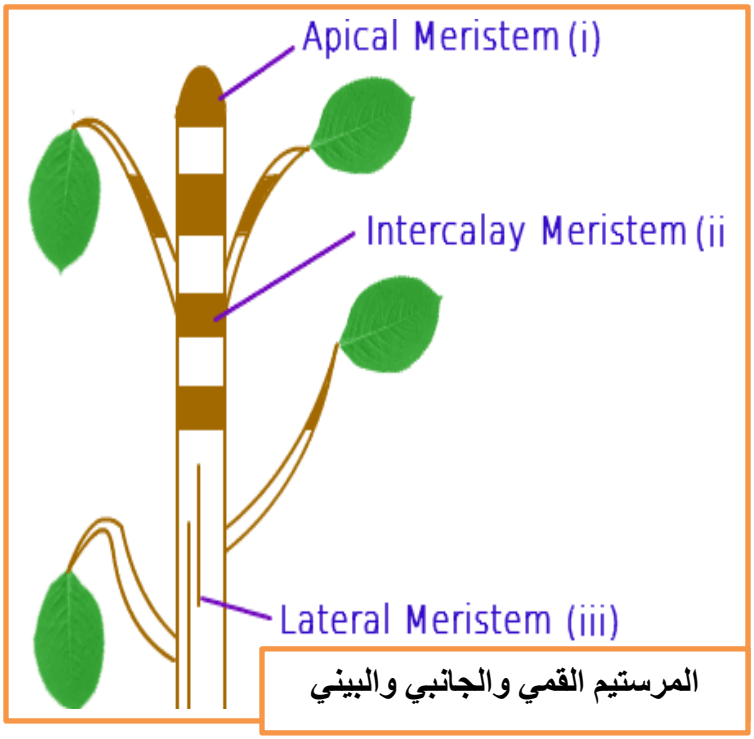
1-1 الخلايا والأنسجة المرستيمية:

الأنسجة المرستيمية: مجموعة من الخلايا التي تنقسم بشكل مستمر لتعطي خلايا جديدة لم يتم التخصص فيها بعد، ولهذا فهي توجد في مناطق النمو للنبات. تتحول بعض خلايا هذه الأنسجة إلى خلايا بالغة بعد أن تفقد خاصية الإنقسام وتأخذ شكلاً محدداً لتؤدي وظيفة معينة، وفي بعض الأحيان (وفي ظروف خاصة) تستعيد بعض الخلايا البالغة قدرتها على الإنقسام متحولة إلى خلايا مرستيمية. يمكن تقسيم الأنسجة المرستيمية على أسس عدة: حسب أصل منشأها، وحسب موقعها في النبات، كما يبين الجدول الآتي:

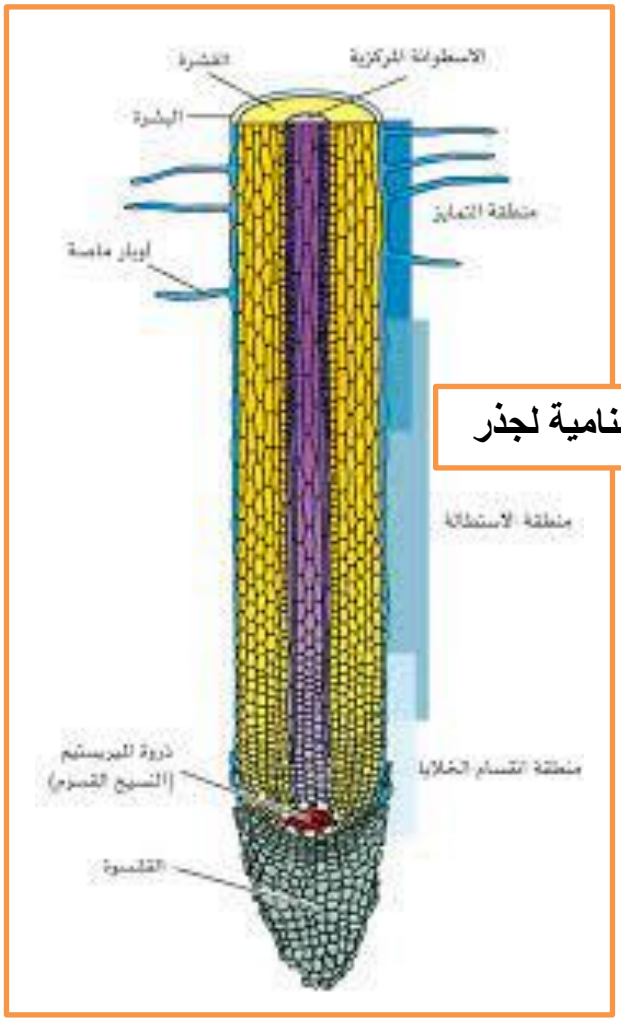
نوع المرستيم	خصائصه
❖ نوعاها حسب أصل منشأها	
1. أنسجة مرستيمية ابتدائية	توجد هذه الخلايا في: جنين البذرة وقمم الجذور والسوق، وبداءات الأوراق والأزهار.
2. أنسجة مرستيمية ثانوية	تنشأ عن خلايا بالغة استعادت نشاطها الإنقسامي أو عن خلايا مرستيمية ابتدائية عاودت النشاط بعد الركود مثل الكامبيوم الوعائي والكامبيوم الفليني.
❖ أنواعها حسب موقعها في النبات	
1. أنسجة مرستيمة قمية	توجد في قمم الأغصان والجذور، وهي مسؤولة عن النمو الطولي للنبات.
2. أنسجة مرستيمة جانبية	هي أنسجة مرستيمية ثانوية أساساً، تتمثل في: الكامبيوم الوعائي والكامبيوم الفليني.
3. أنسجة مرستيمة بينية	توجد في الجزء السفلي لسلاميات الفروع والأوراق، تنشط في معظم الأحيان لفترة قصيرة فقط كما هو في نمو البراعم، ونجدها في الجزء السفلي من سلاميات النباتات النجيلية.

2-1 أنواع الأنسجة النباتية:

1-2-1 الأنسجة المرستيمية الإبتدائية: تتكون من مجموعة خلايا رقيقة الجدران، ذات شكل مكعب أو مستطيل، متراصة (لايوجد بينها مسافات بينية)، ممتلئة بالهيولى، نواتها كبيرة نسبياً، مع وجود فجوات صغيرة الحجم (قد تكون غائبة). توجد هذه الخلايا إما في قمم الأغصان فتدعى بالمرستيم القمي الساقي، أو في قمم الجذور فتدعى بالمرستيم القمي الجذري. يؤمن المرستيم القمي النمو الطولي لهذه الأعضاء وتكوين نسجها المختلفة، ويشكل المرستيم الساقي إضافة لذلك الأعضاء المتخصصة كالأوراق والبراعم الزهرية، ولذلك يدعى مرستيم الساق بالمرستيم المولد للنسج والأعضاء، بينما يدعى مرستيم الجذر بالمرستيم المولد للنسج فقط. يوضح الشكل الآتي مقطع طولي في (القمة النامية لجذر)، حيث تظهر الطبقات المرستيمية التالية من الخارج إلى الداخل:



المرستيم القمي والجانبي والبيني



القمة النامية لجذر

- الأوبار الماصة: وظيفتها امتصاص الماء والأملاح المعدنية من التربة.
- البشرة: طبقة من الخلايا المرستيمية، وظيفتها حماية الطبقات التي تليها من العوامل الخارجية وتمنع دخول الغبار والجراثيم.
- القشرة (المرستيم الأول الأساسي): تلي البشرة وتتألف من عدة طبقات من الخلايا المرستيمية.
- الأسطوانة الوعائية المركزية (الكامبيوم الأولي): يمثل النسيج الأوسط من النسيج المرستيمي ويتألف من الحزم الوعائية (الخشب واللحاء الإبتدائيين).
- القلنسوة: نسيج مرستيمي ابتدائي خاص بالجذور دون الساق وظيفتها حماية القمة النامية في الجذر من التمزق عند امتدادها وتغلغلها في التربة.

تضم الأنسجة الإبتدائية عدة أنواع من الأنسجة المستديمة (البسيطة والمركبة) وهي:

1) الأنسجة الضامة (الحماية): تحيط بالأعضاء النباتية ولها دور هام في حماية النبات من المؤثرات الخارجية كالإضاءة الشديدة والحرارة المرتفعة. يوجد في النباتات نوعين رئيسين من نسج الحماية هما البشرة والفلين.

أ) البشرة: تتكون من صف واحد من الخلايا الحية، ليس بينها مسافات بينية، ذات أشكال مختلفة مستطيلة أو عدسية الشكل. تتغطى خلايا البشرة في الأعضاء الهوائية بطبقة غير نفوذة للماء تسمى الأدمة تتشكل من مادة الكيوتين، تحفظ هذه الطبقة أعضاء النبات من دخول الطفيليات لها كما تمنع التبخر وأيضاً تزيد من قساوة ومتانة نسيج البشرة. تحتوي البشرة على زوائد كالثغور والزوائد البشرية وغيرها والتي تساعد النبات على أداء وظائفه المختلفة ويمكن تلخيص أهم هذه الزوائد في:

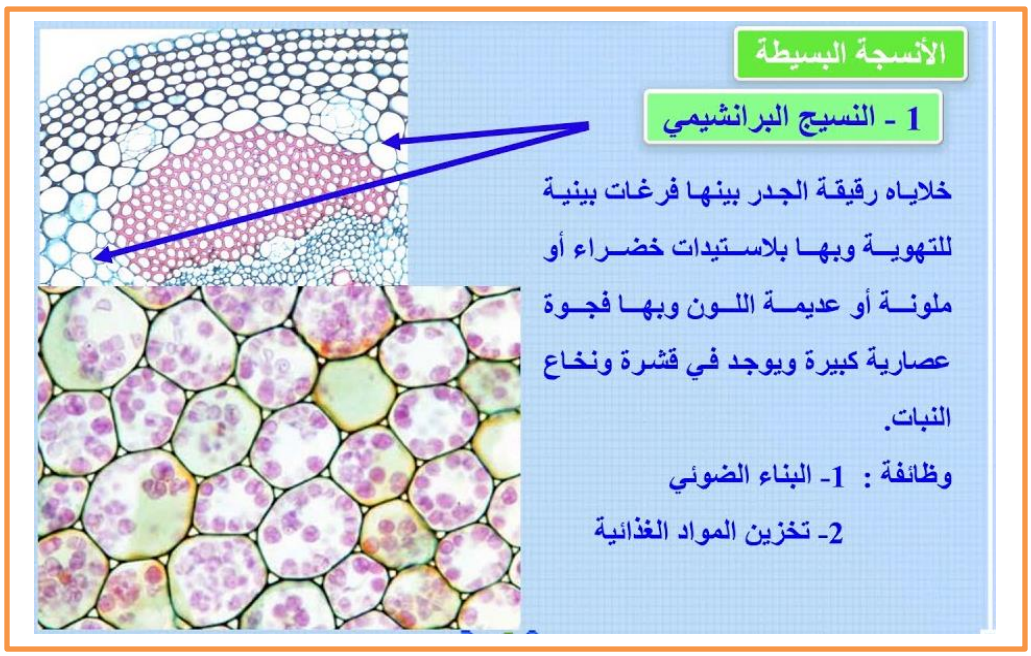
- الثغور Stomates: توجد في خلايا البشرة وتشرف على عملية التبادل الغازي ما بين النسج النباتية في العضو النباتي من ساق وأوراق وبين الوسط الخارجي. يتألف المسام من خليتين هلالية الشكل (كلوية) تتقابلان من ناحية وجههما المقعر تسميان بالخلايا الحارسة، توجد بينهما فتحة تلعب دوراً هاماً في إنجاز عملية تبادل الغازات تسمى

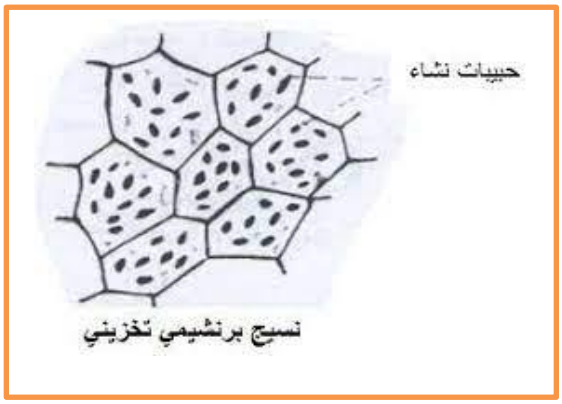
فتحة المسام. تنفتح الثغور إذا كانت الخلايا الحارسة منتفخة وتنغلق إذا انكمشت نتيجة فقدها للماء وارتخاء الجدران على فتحة الثغر وذلك تحت تأثير الضغط الأسموزي (الحلولي) للخلايا الحارسة.

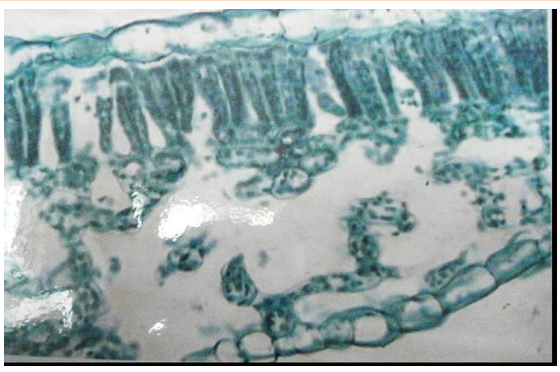
- الزوائد البشرية **Trichomes**: استطالات تنمو على السطح العلوي للبشرة، قد تكون على شكل أوبار أو استطالات أو حراشف أو حليمات، منها ماهو وحيد خلية أو متعدد خلايا. تقوم بوظائف متعددة: منها الحماية والوقاية من المؤثرات الخارجية أو التدعيم أو امتصاص الماء كما في الشعيرات الجذرية.

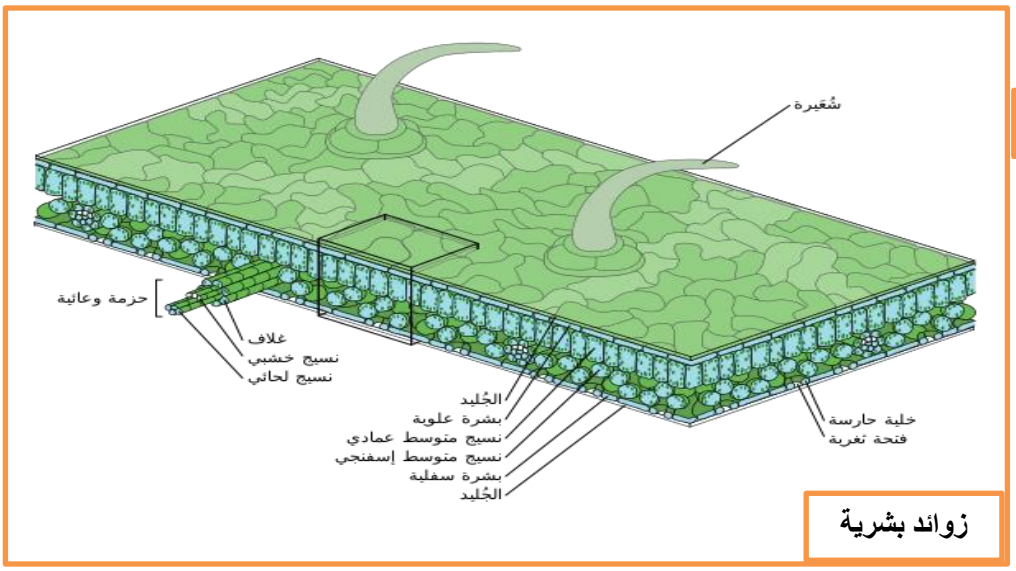
2) الأنسجة البرنشيمية (البرنشيم): خلايا حية ذات فجوة كبيرة ومسافات بينية واسعة، جدرانها رقيقة متكونة من مادة السيليلون. تقوم خلايا البرنشيم بوظائف النبات الهامة مثل: التركيب (التمثيل) الضوئي، التنفس، الإفراز، تخزين الغذاء. وفي بعض الحالات تستعيد الخلايا البرنشيمية قدرتها على الانقسام ولهذا تعتبر الخلايا البرنشيمية أقرب إلى الخلايا المرستيمية. ينشأ البرنشيم أحياناً من المرستيم القمي في الساق والجذر، وأحياناً من المرستيم المشكل لبداءات الأوراق وكذلك من الكامبيوم الوعائي. يوجد عدة أنواع من الخلايا البرنشيمية أهمها:

- البرنشيم التمثيلي: تحتوي خلايا هذا النسيج على الصانعات الخضراء، تقوم بعملية التركيب الضوئي، تقع هذه الأنسجة في الأجزاء الخضراء المعرضة للشمس كالأوراق والسوق الفتية.
- البرنشيم التخزيني: خلاياه كبيرة الحجم لاتحتوي على صانعات خضراء، لها دور في تخزين الماء وبعض المواد المغذية كالنشاء والبروتينات والسكريات. يوجد هذا النسيج في: الثمار والبصيلات والدرنات والجذور اللحمية وغيرها.
- برنشيم التهوية: يوجد فراغات بينية واسعة بين خلاياه يخزن فيها الهواء. يلاحظ هذا النوع في النباتات المائية ونباتات الأوساط الرطبة حيث تساعدها على التنفس.
- برنشيم الإمتصاص: يوجد في منطقة الأوبار الماصة للجذر الفتي، وفي النسيج الماص للنباتات الطفيلية والنباتات آكلة الحشرات، يلعب دور في عملية سحب السوائل وإدخالها إلى جسم النبات.

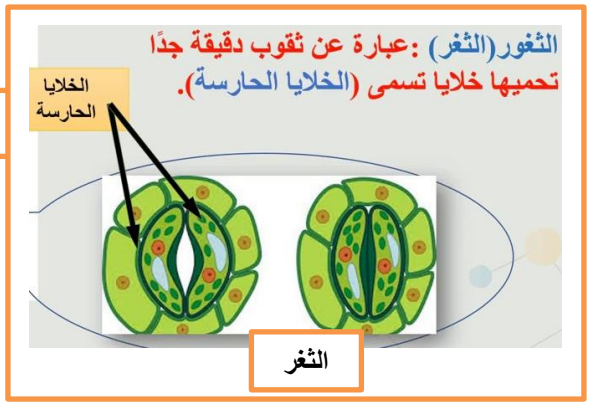








زوائد بشرية



3) الأنسجة الدعامية: وتضم:

أ) الأنسجة الكولنشيمية (الكولنشيم): توجد في قشرة الساق وفي أعناق وأنصال الأوراق، ولاتوجد في الجذور الأرضية عادة، وظيفتها زيادة قوة وصلابة الأجزاء التي توجد فيها. تمتاز خلايا هذه النسج بأنها متطاولة وذات جدران متغلظة بمادتي السيللوز والبكتين. تنقسم الأنسجة الكولنشيمية تبعاً لنوع التغلظ (الثخانة) لجدرانها إلى:

- ✓ الكولنشيم الزاوي: يزداد ثخانة الجدران في الزوايا حيث تتقابل الخلايا مع بعضها، وبذلك تنعدم المسافات البينية بين الخلايا، ويوجد هذا النوع في نباتي القرع والعنب.
- ✓ الكولنشيم الصفائحي (المماسي): تزداد ثخانة الجدران التي توازي السطح الخارجي للنبات (ثخانة طولية)، وتقل الثخانة في الجدران التي تعامده.
- ✓ الكولنشيم الفراغي: تزداد الثخانة في المناطق المحيطة بالمسافات البينية، مثال الخس.

ب) الأنسجة السكلرنشيمية (سكلرنشيم): خلايا ذات جدران ثخينة قاسية متغلظة بمادة اللجنين، وتلعب دور دعم النبات. تمتاز هذه الخلايا عن الخلايا الكولنشيمية بعدم مرونة جدران خلاياها. يوجد نوعان من الخلايا السكلرنشيمية وهما:

- ❖ الألياف: خلايا متطاولة مدببة الأطراف، توجد في الجذور والسوق والأوراق والثمار.
- ❖ الخلايا الحجرية: خلايا كروية أو مضلعة أو متساوية الأضلاع من حيث الشكل. تنشأ نتيجة حدوث تغلظ ثانوي في جدران بعض الخلايا البرنشيمية. تنقسم من حيث الشكل إلى: خلايا عظمية (تشبه العظم)، خلايا نجمية، خلايا شعرية.

4) الأنسجة الناقلة: تشمل هذه الأنسجة في النبات على الخشب واللحاء. وهي أنسجة تنقل المواد الغذائية في النبات. يتركب الخشب من: الأوعية الخشبية، القصيبات، ألياف الخشب، برنشيم الخشب. بينما يتركب اللحاء من: الأنابيب الغربالية، الخلايا المرافقة، ألياف اللحاء، برنشيم اللحاء. يلاحظ وجود نوعين من الخشب هما: الخشب الإبتدائي والخشب الثانوي، كما يلاحظ وجود نوعين من اللحاء وهما: اللحاء الإبتدائي واللحاء الثانوي.

أ) الخشب الإبتدائي: ينقل النسغ الناقص من الجذور إلى الأوراق. ينقسم الخشب الإبتدائي إلى قسمين حسب زمن تشكله وهما:

- ✓ الخشب الأول: بنيته بسيطة، أوعيته ضيقة قابلة للإستطالة، والتغلظ به حلقي أو حلزوني.
- ✓ الخشب التالي: أحدث من الخشب الأول من حيث النشأة، تكون أوعيته أكثر توسعاً وتغلظاً، تأخذ غالباً الشكل الشبكي أو الحلزوني وأحياناً الشكل المنقر.

ب) اللحاء الإبتدائي: ينقل النسغ الكامل من الأوراق إلى أنحاء النبات، ويرافق الخشب دائماً ليكون الجهاز الوعائي في النبات. ينقسم اللحاء الإبتدائي إلى قسمين هما:

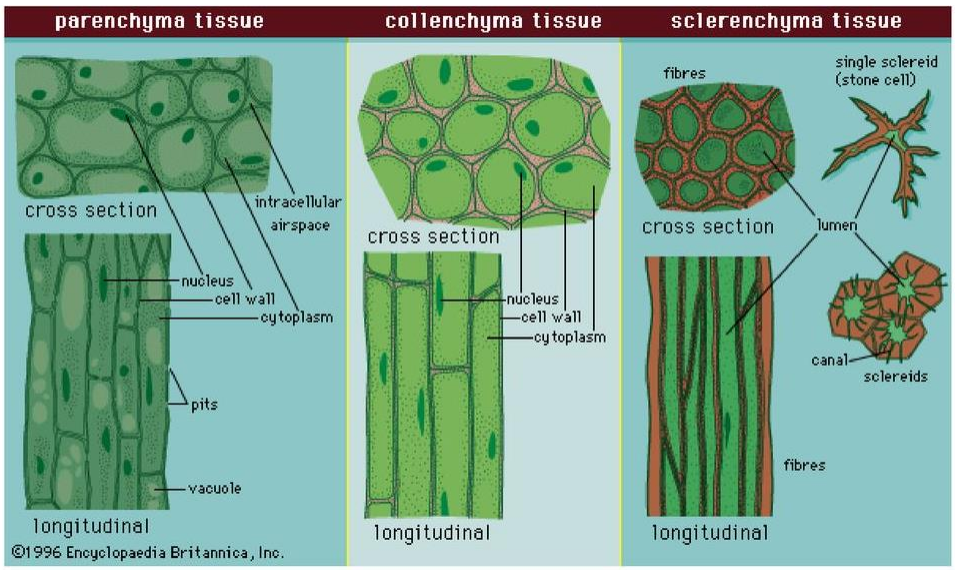
- ✓ لحاء أول: يتميز هذا النسيج بأنابيب ضيقة القطر.
- ✓ لحاء تالي: يتميز بأنابيب متسعة مقارنة باللحاء الأول.

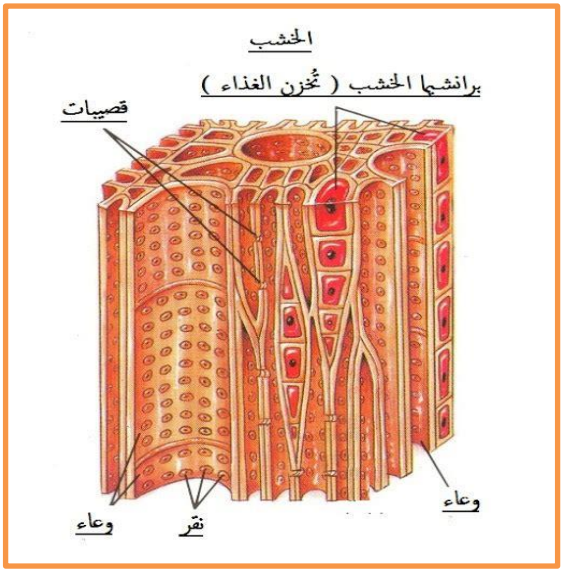
5) **الأنسجة الافرازية:** تقوم بإفراز بعض المركبات الكيميائية الناتجة عن عمليات الاستقلاب كالأصماغ والمواد الراتنجية والرحيق وغيرها. تقسم هذه الأنسجة إلى قسمين: أنسجة إفرازية خارجية وأنسجة إفرازية داخلية.

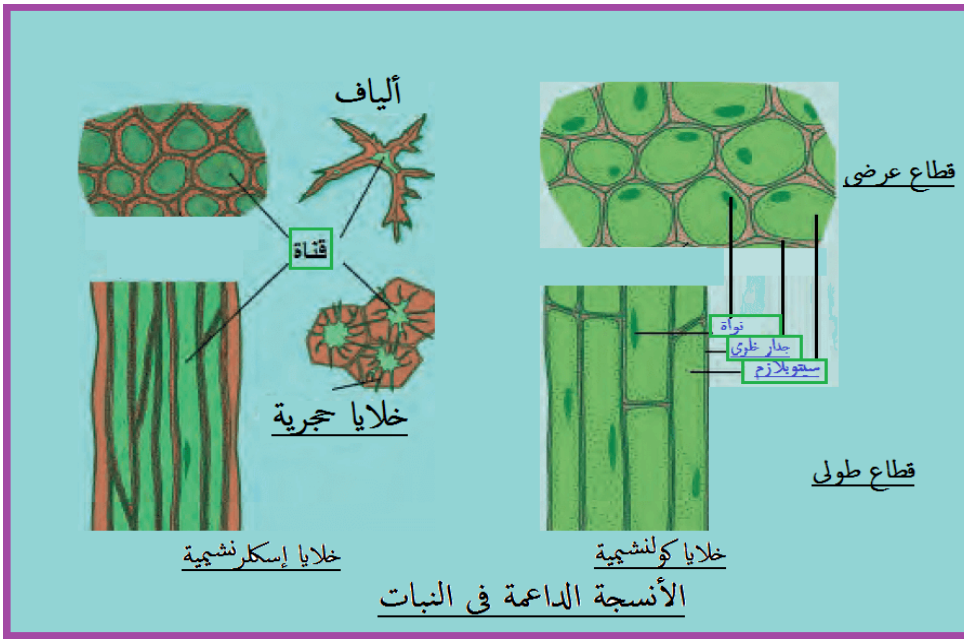
أ) الأنسجة الإفرازية الخارجية: تنشأ غالباً من نسيج البشرة. من أمثلتها: الغدد الرحيقية في الأزهار، والزوائد الغدية الموجودة على سطح أوراق النباتات آكلة الحشرات والتي تقوم بإفراز بعض الأنزيمات والمواد اللزجة لاقتناص الحشرات وتحليلها وهضمها.

ب) الأنسجة الإفرازية الداخلية: يمكن أن تكون خلايا أو تجاويف أو قنوات أو أوعية. من أمثلتها:

- القنوات اللبنية: خلايا متخصصة في إفراز اللبن النباتي، وهو عبارة عن سائل لزج أبيض أو أصفر أو برتقالي.
- الغدد الانقراضية: هنا تنقرض بعض الخلايا تاركة فراغاً تجتمع فيه المواد المفرزة كما في الغدد الزيتية الموجودة في أغلفة ثمار الحمضيات كالبرتقال.
- الغدد الانفصالية: هنا تتفرق (تبتعد) الخلايا بعد ذوبان صفائحها الوسطى مثل: القنوات الراتنجية في الصنوبر.







2-2-1 الأنسجة المرستيمية الثانوية: يظهر المرستيم الثانوي في مرحلة متأخرة بعد أن يكون النمو الاعاشي قد قطع شوطاً كبيراً، وينشأ إما من المرستيم الابتدائي أو من خلايا مستديمة عادت عن التمايز، ويتوضع جانبياً سواء في الساق أو في الجذر حيث يظهر على شكل حلقة مضاعفة:

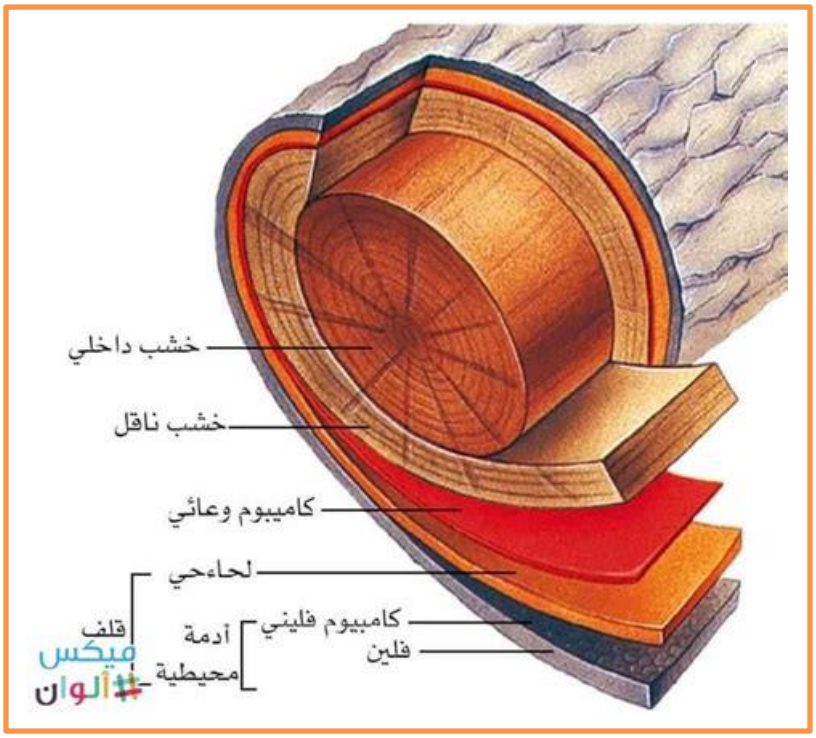
- ✓ **الحلقة الداخلية أو الكامبيوم الوعائي الذي يشكل النسج الناقلة الثانوية (أي الخشب واللحاء الثانوي).**
- ✓ **الحلقة الخارجية أو الكامبيوم الفليني الذي يشكل أنسجة الحماية الثانوية (البشرة الثانوية).**

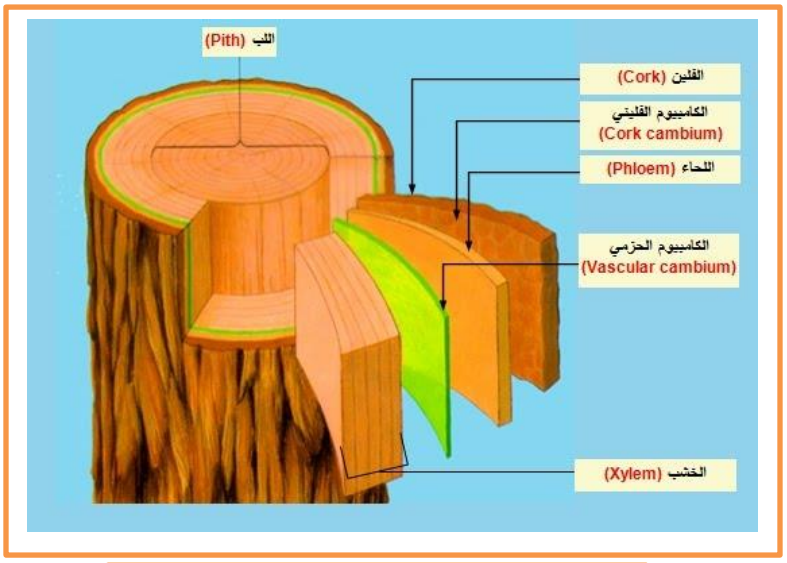
أ) الأنسجة الناقلة الثانوية: عندما يصل النبات إلى مرحلة متقدمة من نموه، تصبح النسج الناقلة الابتدائية لساقه أو جذره غير كافية لنقل الحاجة المتزايدة من الماء والأملاح المعدنية والمواد المغذية، لذلك تتشكل نسج ناقلة ثانوية (الخشب واللحاء الثانوي) تضاف إلى النسج الناقلة الابتدائية.

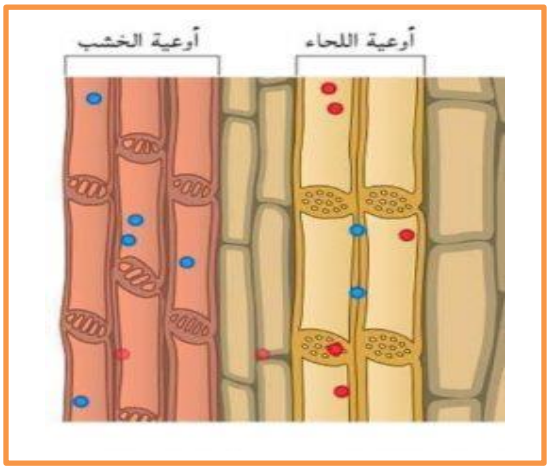
- ✓ **الخشب الثانوي: يقوم بنقل النسغ الناقص من الجذور إلى الأوراق كما يقوم بدعم الجسم النباتي، يتكون من أوعية ذات أقطار مختلفة كما يتكون من القصيبات وألياف وبرنشيم الخشب.**
- ✓ **اللحاء الثانوي: يقوم بنقل النسغ الكامل، ويتكون من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وألياف وبرنشيم اللحاء.**

ب) أنسجة الحماية الثانوية (البشرة الثانوية): لاتدوم فعالية البشرة في كثير من الأنواع النباتية إلا فترة بضعة أشهر، وعندها يتشكل غلاف جديد بدلاً عنها هو البشرة الثانوية التي تقوم بحماية النسج النباتية وتحيط بالأعضاء المحورية (السوق والجذور). تحل البشرة الثانوية محل البشرة العادية بعد موتها وانسلاخها. تتميز البشرة الثانوية إلى ثلاث طبقات أساسية هي: الفلين إلى الخارج والقشرة الثانوية إلى الداخل وبينهما الكامبيوم الفليني.

- * **الفلين: صفوف خلوية شعاعية متراصة، ذات جدران خلوية متفلنة ومحتوى ميت، لاتسمح هذه الخلايا الميتة بمرور الماء والغازات من خلالها. يوجد في الفلين فتحات خاصة تسمى العديسات، تساعد على التبادل الغازي بين المحيط الخارجي والداخلي للنبات.**
- * **القشرة الثانوية: طبقات قليلة من الخلايا البرنشيمية الحية عكس الفلين الميت، تقوم بدور ادخاري من خلال تخزين كميات من النشاء.**







ثانياً: تشريح الأعضاء النباتية:

دراسة التركيب التشريحي للجذر

1. البنية التشريحية للجذر عند ثنائيات الفلقة: يظهر المقطع العرضي لجذر فتي الأجزاء التالية من الخارج إلى المركز وهي:

أ. الطبقة الوبرية: تتكون من صف واحد من خلايا رقيقة الجدران، تمتد بعض خلاياها لتكون أوباراً جذرية ماصة.

ب. طبقة القشرة: عدة طبقات من الخلايا البرنشيمية مختلفة الحجم، تتميز القشرة إلى ثلاث طبقات وهي:

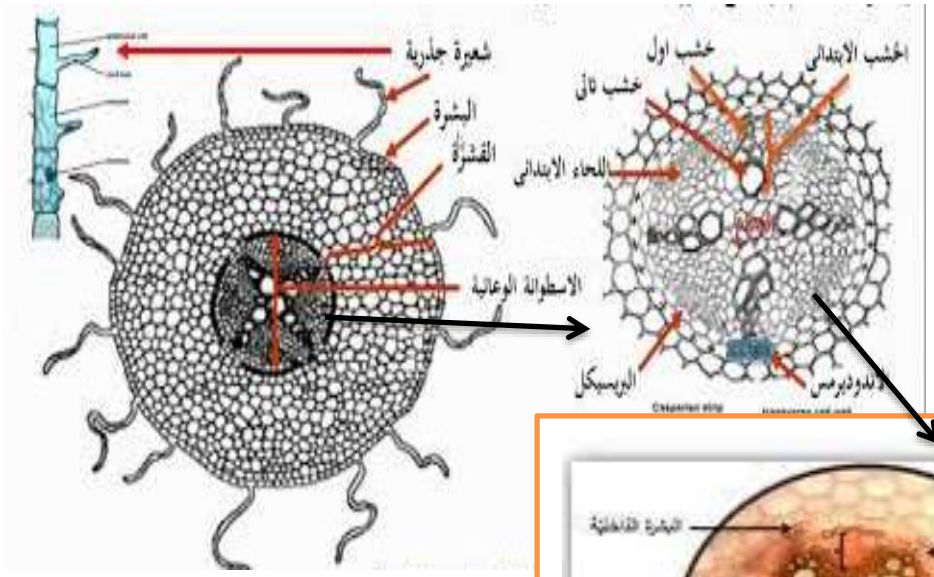
- **القشرة الخارجية: تقع تحت البشرة مباشرة وتقوم مقامها إذا تمزقت، تتألف من طبقة أو أكثر من الخلايا، تقوم بوظيفة الدفاع عن النسج الداخلية في الجذر.**
- **القشرة الوسطى: خلاياها عادة برنشيمية عادية أو تخزينية (تخزن النشاء).**
- **القشرة الداخلية: صف واحد من الخلايا المتراصة، تتميز عما يجاورها من الخلايا بوجود شريط كاسبر على جدرانها، وشريط كاسبر هو عبارة عن ترسبات لمادة الخشبين أو الفلين، وأحياناً للمادتين معاً.**

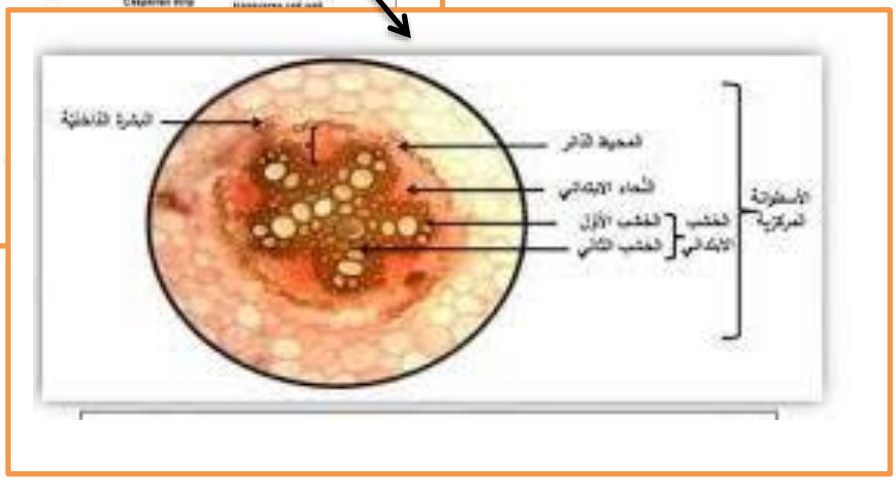
جـ. الأسطوانة الوعائية: تتميز جذور جميع النباتات البذرية بوجود أسطوانة وعائية مركزية واضحة ومحددة، وهي في الجذر أكثر وضوحاً منها في الساق، تتألف من عدة أجزاء وهي:

- ✓ **المحيط الدائر: طبقة واحدة من الخلايا البرنشيمية تمتاز بقدرتها على الرجوع إلى الحالة المرستيمية والانقسام لتشكل الجذور الثانوية، كما يتكون منها أيضاً الكامبيوم الفليني المسؤول على إعطاء التغلظ في جذور ثنائيات الفلقة.**
- ✓ **الحزم الوعائية: حزم ناقلة متناوبة من الخشب واللحاء. يختلف عددها من نبات إلى آخر فهو يتراوح عادة بين 2 و5 ونادراً ما يصل إلى 8 حزم، مثلاً: يكون ثنائياً كما في الفول، أو ثلاثياً في البسلة *Pisum*، أو رباعياً في الأقحوان.**
- **الخشب: أوعية مضلعة متلاصقة صغيرة وكبيرة، الصغيرة منها تتشكل أولاً وتجاور المحيط الدائر وتمثل الخشب الأول، أما الكبيرة فتتشكل بعدها وتكون أقرب للمركز وتسمى الخشب التالي ومجموعها يشكل الخشب الابتدائي.**
- **اللحاء: يتوضع في الأسطوانة المركزية على شكل حزم متناوبة مع مثيلتها الخشبية، تظهر في مقطعها العرضي مستديرة يفصلها عن مجاميع الخشب خلايا برنشيمية تعرف بالأشعة النخاعية. يكون اتجاه اللحاء الأول إلى المحيط الدائر (الخارج) واللحاء التالي إلى المركز. يتألف اللحاء عند ثنائيات الفلقة من: أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وبرنشيم وألياف اللحاء.**
- ✓ **النخاع: نسيج ذي خلايا برنشيمية ضعيفة النمو تقع في مركز الجذر، تكون عادة مساحة النخاع صغيرة في ثنائيات الفلقة وأحياناً معدومة.**

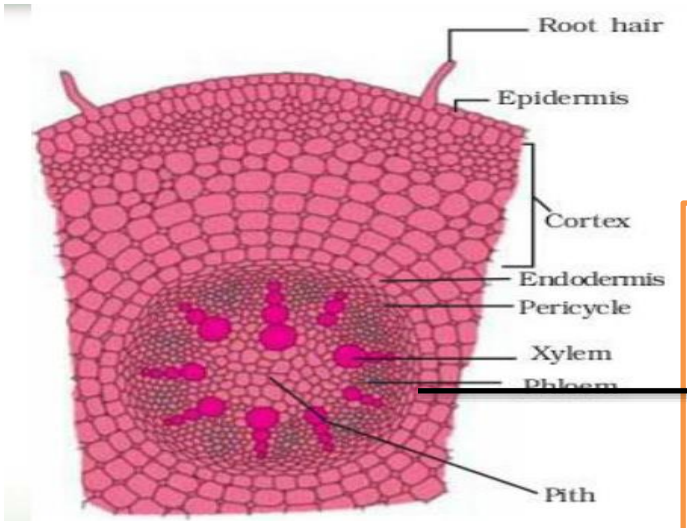
2. البنية التشريحية للجذر عند أحاديات الفلقة:

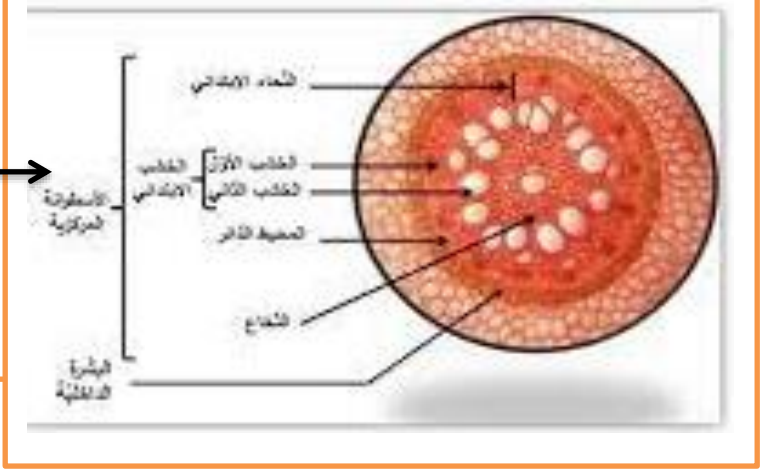
من الناحية التشريحية لا يختلف كثيراً التركيب الداخلي لجذور أحاديات الفلقة عن جذور ثنائيات الفلقة، فكلا النوعين تتألف جذوره من: بشرة وقشرة وأسطوانة مركزية بها الحزم الناقلة. غير أن هناك بعض الاختلافات التي تميز جذور أحاديات الفلقة حيث تتميز بوجود قشرة ضيقة (أقل اتساعاً) ونخاع أوسع مما عند ثنائيات الفلقة، كما أن شريط كاسبر يكون أكثر ثخانة. ويكون عدد المجاميع الخشبية كبيراً مقارنة بثنائيات الفلقة، إذ يكون أكثر من 8 حزم (12 حزمة عند نبات السوسن) ونادراً ما يقل هذا العدد إلى 2 حزمة كنبات البصل، ولا يوجد برنشيم اللحاء في تركيب اللحاء عند أحاديات الفلقة.





جذر نبات ثنائي الفلقة





جذر نبات أحادي فلقة

دراسة التركيب التشريحي للساق

1. البنية التشريحية للساق عند ثنائيات الفلقة:

يظهر المقطع العرضي لساق فتي وجود النسج التالية من الخارج إلى الداخل كالتالي:

أ. البشرة: صف واحد من الخلايا سميكة الجدران ويكون السطح الخارجي أكثر ثخانة ومغطى بطبقة من الكيوتين تسمى الأدمة.

ب. القشرة: عدة طبقات من الخلايا، تحتوي على طبقة من الخلايا الكولنشيمية تكون أسفل البشرة تكسب الساق قوة ومتانة كما في نبات عباد الشمس، تليها للداخل عدة طبقات من الخلايا البرنشيمية ذات جدران سيللوزية ومسافات بينية. تحتوي هذه الخلايا في السوق الفتية على صانعات خضراء تعطيها اللون الأخضر، وتنتهي القشرة من الداخل بطبقة من الخلايا البرنشيمية العادية تحيط بالاسطوانة الوعائية وتحتوي على حبيبات النشاء تسمى بالغلاف النشوي.

جـ. الأسطوانة الوعائية:

- **الحزم الوعائية: هي حزم جانبية مفتوحة، تتكون كل حزمة من خشب ولحاء بينهما طبقة من الكامبيوم. يقع الخشب في الجانب الداخلي منها بينما يقع اللحاء في الجانب الخارجي على عكس الجذر. يتكون اللحاء الابتدائي من: أنابيب غربالية والخلايا المرافقة وبرنشيم وألياف اللحاء. بينما يتكون الخشب الابتدائي من: القصيبات والأوعية والألياف وبرنشيم الخشب. تكون الحزم الوعائية المتجاورة مفصولة عن بعضها بالأشعة النخاعية.**
- **النخاع: الجزء المركزي من الساق يتكون من خلايا برنشيمية كبيرة الحجم بينها مسافات بينية وظيفتها تخزين الماء والمواد الغذائية. قد تختفي هذه المنطقة في بعض السوق العشبية نتيجة تمزق أو انكماش خلاياها فتسمى بالسوق الجوفاء كما في نبات الفول. أما إذا وجد النخاع في الساق فتسمى بالساق المصمتة كما في نبات عباد الشمس.**

2. البنية التشريحية للساق عند أحاديات الفلقة:

لا يلاحظ في النسيج الأساسي لساق أحاديات الفلقة وجود القشرة والنخاع عكس ثنائيات الفلقة. يتكون من طبقة من الخلايا السكلرنشيمية أسفل البشرة تليها خلايا برنشيمية تكون معظم النسيج الأساسي الذي تنتشر فيه الحزم الوعائية. الحزم الوعائية مبعثرة عكس ثنائيات الفلقة وهي جانبية مغلقة لعدم وجود الكامبيوم بها. تتكون كل حزمة من لحاء يتجه للخارج وخشب للداخل ولا يوجد برنشيم اللحاء. يتكون الخشب من عدد قليل من الأوعية تترتب على شكل حرف Y أو V.

دراسة التركيب التشريحي للورقة

تختلف الورقة في تركيبها الداخلي عن كل من الجذر والساق اختلافاً كبيراً خصوصاً في منطقة نصل الورقة. لكنها كلها تشترك في وجود: نسيج البشرة، النسيج الوعائي، النسيج الأساسي.

1. البنية التشريحية للورقة عند ثنائيات الفلقة: نلاحظ بالمقطع العرضي وجود:

أ. البشرة: مجموعة من الخلايا تحيط بسطحي الورقة العلوي والسفلي، قد تتكون من صف واحد من الخلايا وبذلك تسمى بالبشرة البسيطة أو تتكون من عدة صفوف وبذلك تسمى بالبشرة المضاعفة. لا تحتوي خلايا البشرة على صانعات خضراء باستثناء الخلايا الحارسة المحيطة بفتحات الثغور. الوظيفة الأساسية للبشرة هي حماية الأنسجة الداخلية من العوامل الخارجية لذا فإن جدرانها الخارجية تتشبع بمادة شمعية غير نفوذة للماء والغازات تسمى هذه الطبقة بالأدمة، ويتم تبادل الغازات والأبخرة في الورقة عن طريق الثغور المنتشرة على سطحها ضمن نسيج البشرة.

ب. النسيج المتوسط: يقع بين البشرتين العلوية والسفلية ويتميز إلى نوعين من الأنسجة الأول يسمى النسيج العمادي والثاني النسيج الإسفنجي.

- **النسيج العمادي: صف أو عدة صفوف من الخلايا البرنشيمية الأسطوانية أو العمودية الشكل. توجد أسفل البشرة العليا مباشرة وتكون عمودية عليها، تحتوي على عدد كبير من الصانعات الخضراء للقيام بعملية التركيب الضوئي.**
- **النسيج الإسفنجي: يقع أسفل النسيج العمادي بجانب البشرة السفلى للورقة، يتكون من خلايا مستديرة تتخللها مسافات بينية واسعة لهذا سميت بالنسيج الاسفنجي. تتميز خلايا هذا النسيج بأنها أصغر حجماً من العمادية وتحتوي عدداً أقل من الصانعات الخضراء نظراً لبعدها عن ضوء الشمس. وجود المسافات البينية الواسعة مهم في الورقة حيث تعتبر بمثابة غرف تحتجز بها الغازات الضرورية لعملية التنفس والتركيب الضوئي، وتقوم خلايا هذا النسيج أيضاً بنقل الماء والغذاء بين أنسجة الورقة وايصالها من الخلايا العمادية إلى الحزم الوعائية وثم لجميع أنحاء النبات.**

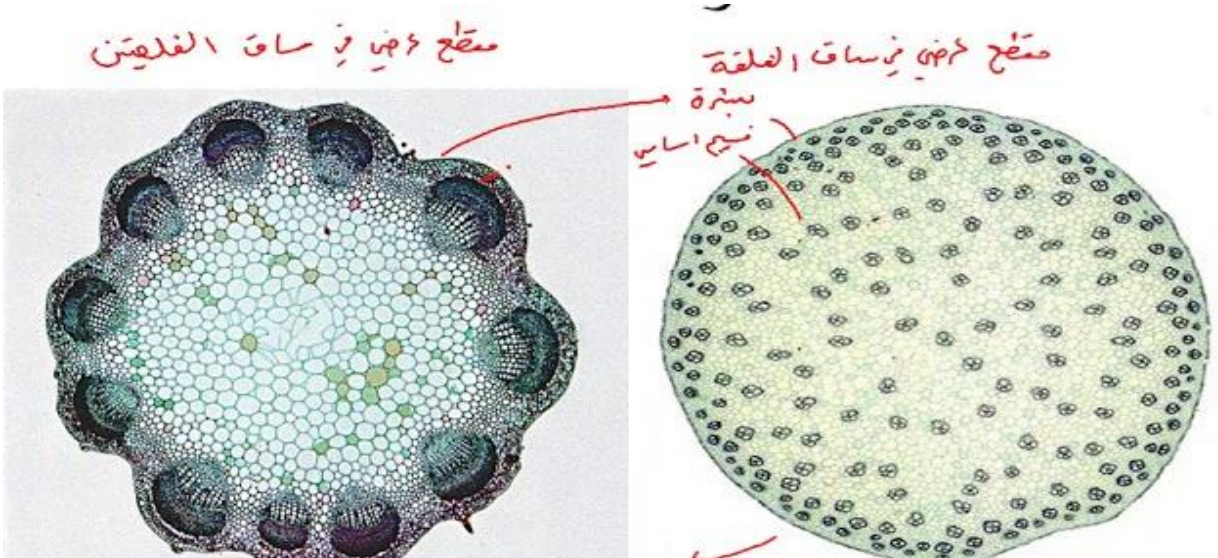
جـ. النسيج الوعائي: توجد الحزم الوعائية في النسيج المتوسط وخاصة في العرق الأكبر المتوسط في الورقة حيث تكون كبيرة الحجم مقارنة بالعروق الصغيرة الأخرى. يتكون اللحاء من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وبرنشيم وألياف اللحاء، بينما يتألف الخشب من خشب أول وتالي، حيث يكون الخشب التالي مجاوراً للحاء بينما الخشب الأول متجهاً إلى الأعلى.

2. البنية التشريحية للورقة عند أحاديات الفلقة:

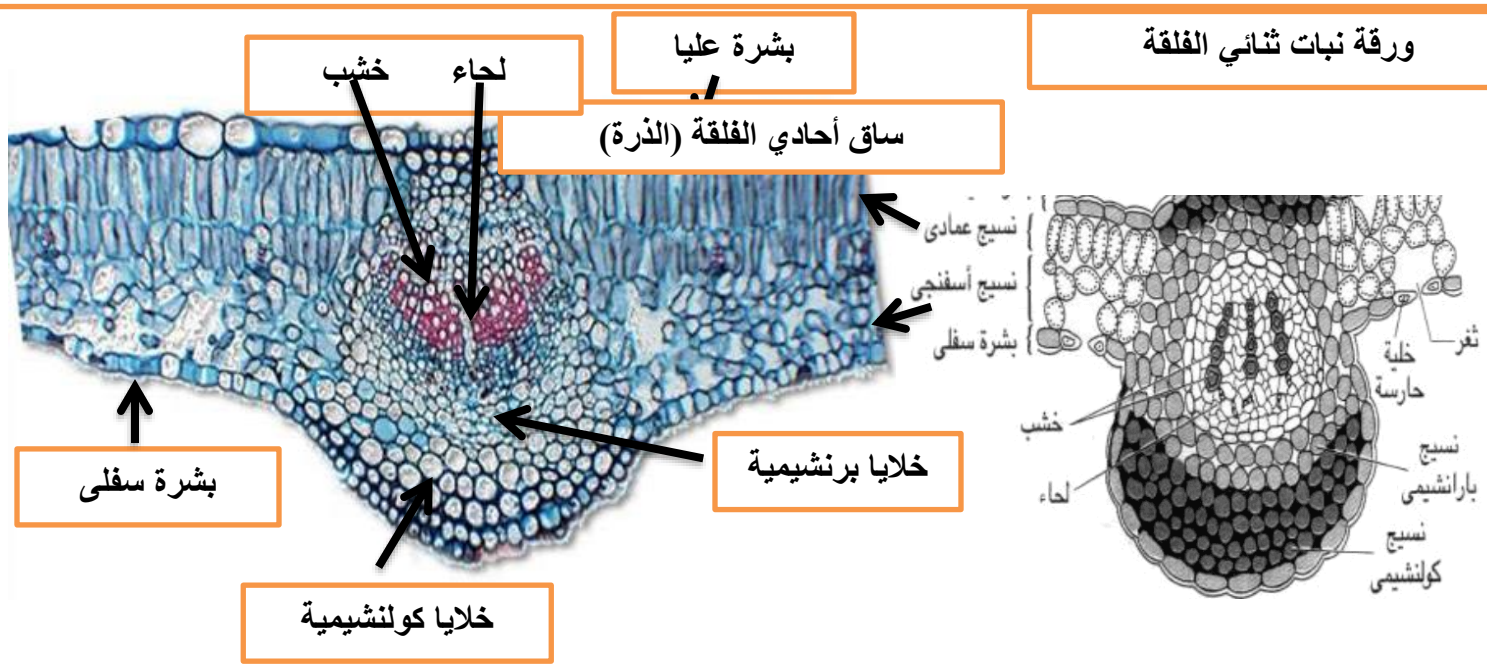
تركيب الورقة عند أحاديات الفلقة مماثلاً لتركيبها عند ثنائيات الفلقة، حيث تتألف من بشرة علوية وسفلية بينهما النسيج المتوسط والحزم الوعائية. غير أن الاختلاف بينهما في أن النسيج المتوسط عند أحاديات الفلقة يكون متجانس وغير متمايز إلى عمادي واسفنجي إلا في حالات قليلة، حيث يتكون كله من خلايا برنشيمية متشابهة تحتوي على الصانعات الخضراء بينها فراغات بينية صغيرة. الحزم الوعائية متساوية الحجم تقريباً ومنفصلة عن بعضها البعض. تتألف الحزم الوعائية من خشب على هيئة حرف V مقلوب، أي يتجه الخشب الأول إلى أعلى ناحية البشرة العلوية، والخشب التالي ناحية اللحاء (ناحية البشرة السفلية). تحاط كل حزمة بخلايا برنشيمية وقد تحاط بخلايا سكلرنشيمية لاعطائها دعامة أكثر ولا توجد خلايا كولنشيمية عند أوراق أحاديات الفلقة.

الفرق من الناحية التشريحية بين النباتات أحادية وثنائية الفلقة

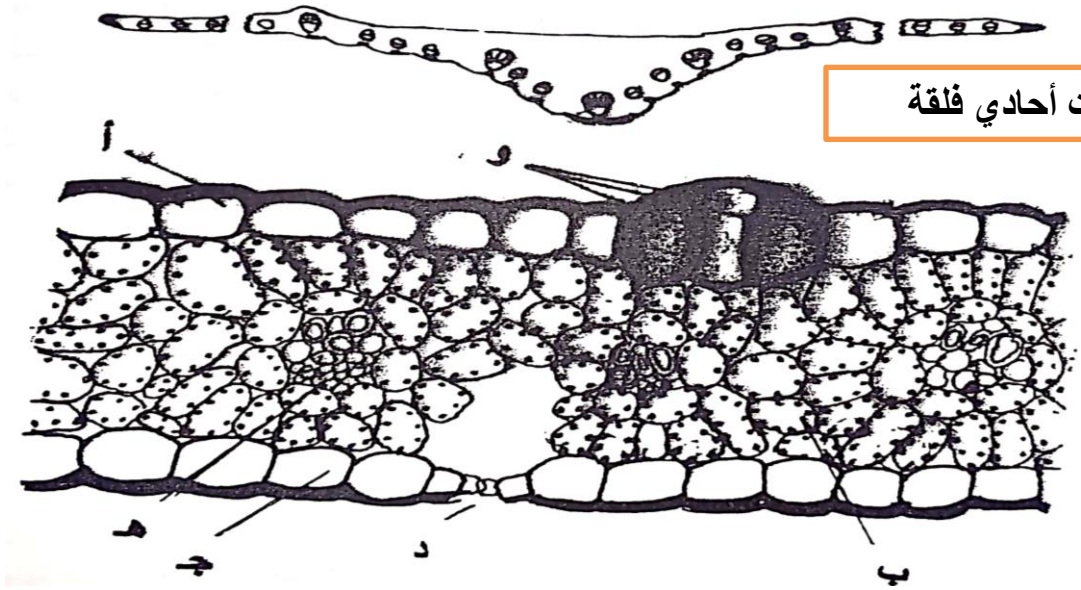
وجه المقارنة	ثنائيات الفلقة	أحاديات الفلقة
	الفرق من ناحية الجذر	
القشرة	عادة عريضة (واسعة)	عادة ضيقة
الحزم الناقلة	عدد الأوعية الخشبية في الحزمة الواحدة كبير	عدد الأوعية الخشبية في الحزمة الواحدة قليل
اللحاء	يوجد برنشيم اللحاء ضمن عناصر اللحاء	لا يوجد برنشيم اللحاء ضمن عناصر اللحاء
النخاع	ضيق وقد لا يتواجد	عادة واسع وواضح
شريط كاسبر	يكون بين الخلايا (مماسي)	يأخذ شكل حرف U ضمن الخلايا
	الفرق من ناحية الساق	
النسيج الأساسي	يتميز إلى قشرة ونخاع وأشعة نخاعية	لا يتميز إلى أجزاء
الحزم الوعائية	تكون مرتبة (منتظمة)، تحوي الكامبيوم	تكون مبعثرة ضمن النسيج الأساسي، لا تحوي الكامبيوم
الخشب	الأوعية الخشبية مرتبة في صفوف قطرية	الأوعية الخشبية تأخذ شكل حرف Y أو V ضمن الحزمة
اللحاء	يوجد برنشيم اللحاء ضمن عناصر اللحاء	لا يوجد برنشيم اللحاء ضمن عناصر اللحاء
	الفرق من ناحية الورقة	
البشرة	متجانسة الخلايا، منتظمة الشكل	غير منتظمة الشكل
النسيج المتوسط	يتمايز إلى نسيج عمادي وإسفنجي	يحوي نسيج واحد، لا يتمايز إلى نسيج عمادي وإسفنجي
الحزم الوعائية	يوجد كولنشيم في الحزمة، وتكون الحزم في نظام تعرق شبكي، أكبرها في العروق الوسطى	لا يوجد كولنشيم حيث يعوض بالسكلرنشيم، وتكون الحزم في نظام تعرق متوازي
الخشب	يكون بصفوف رأسية، الخشب الأول لأعلى والتالي لأسفل	يكون بشكل حرف V مقلوب، الخشب الأول لأعلى والتالي لأسفل
اللحاء	يتكون من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وبرنشيم اللحاء	يتكون من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة ولا يوجد برنشيم اللحاء



ورقة نبات ثنائي الفلقة



ورقة نبات أحادي فلقة



أ. بشرة عليا - ب. نسيج أساسي - جـ. بشرة سفلى - د. فتحة الثغر - هـ. حزم وعائية محاطة بخلايا برنشيمية - و. خلايا حركية