المحاضرة الثامنة

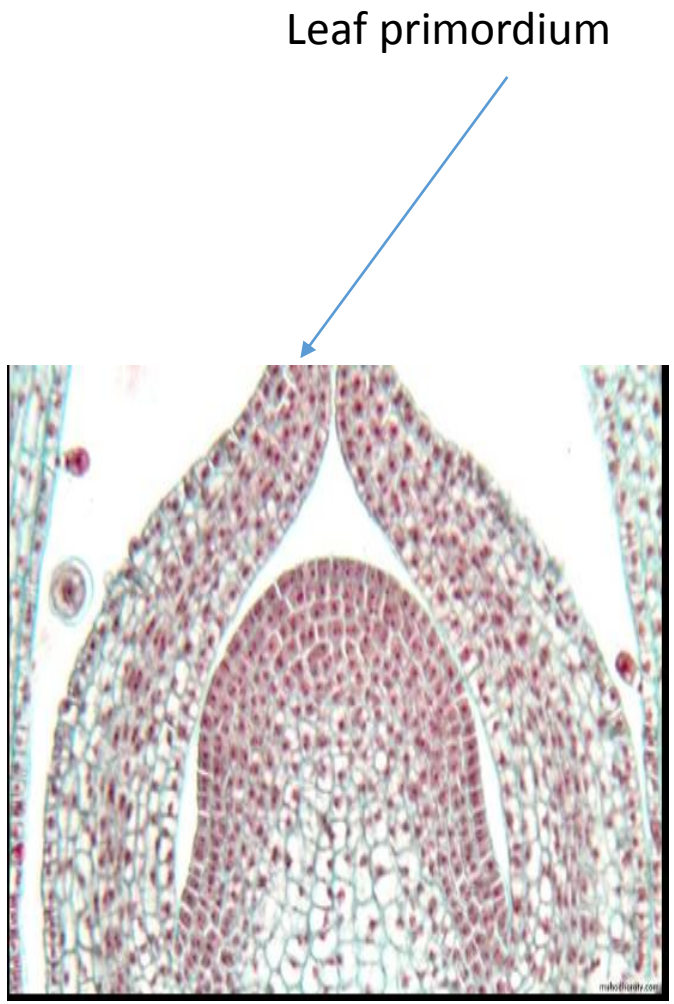
التركيب الداخلي للورقة والنمو الثانوي

التركيب الداخلي في الورقة

- الورقة هي جزء منبسط من جسم النبات ينشأ عند العقدة ويحمل في ابطه برعما ومتكيفة للقيام بعملية البناء الضوئي والنتح.
- على الرغم من أن الورقة تشترك مع الساق في احتوائها إلى حد كبير على نفس الاجهزة النسيجية وهي الضام Dermal Tissue system والوعائي vascular.T.S والدعامي . MechanicalT.S
- الا انهما يختلفان من حيث التوزيع النسبي للأنسجة. اذ أن الورقة تتميز بوفرة النسيج الاخضر واتساع السطح وامتداد انسجة التهوية داخلها كمستلزمات العمليات التمثيل والتبادل الغازي.

نشأة الورقة

- تنشأ الورقة من المرستيم القمي للساق كنتوء صغير ينمو ويزداد في الحجم تدريجيا كنتيجة استمرار انقسام الخلايا وتكشفها. ويطلق على هذا النتوء اسم منشئ الروقة Leaf primordium.
- وخلال تكشف البدايات الورقية تتميز منطقتان منطقة تمثل جزءا قاعديا ومنطقة تمثل مبدأ النصل الورقي.
- يصاحب التمايز الخارجي للورقة تمايز داخلي في أنسجتها. فالطبقات السطحية على جهتي الورقة تتكشف إلى البشرة العليا والبشرة السفلى في حين تتكشف الانسجة الى الداخل من البشرة إلى النسيج المتوسط mesophyll.



- النسيج المتوسط **قد يكون متجانس** ومكون من نوع واحد من الخلايا كما هو الحال في أوراق النجيليات Gramineae **او قد تتميز الى نسيج عمادي Palisade T ونسيج اسفنجي spongy T** كما هو الحال في النباتات الوعائية من ذوات الفلقتين.

التركيب الداخلي في الورقة

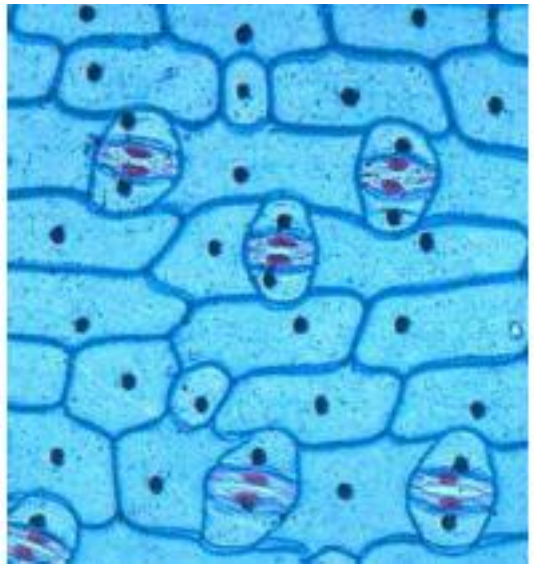
تتكون الورقة من الأنسجة التالية :

١- Epidermis
٢- mesophyll
٣. Vascular tissue.

البشرة Epidermis

أنواع خلايا البشرة في الورقة

- تحتوي البشرة في الورقة عادة على أكثر من نوع واحد من الخلايا فقد تضم بالإضافة إلى
- الخلايا الاعتيادية للبشرة
- الخلايا الحارسة للثغور Guard cells
- الخلايا المساعدة Subsidiary cells
- الشعيرات البشرية.



- كما أن النجيليات قد تحتوي على الخلايا الفلينية والخلايا السلكية Silica cells.
- وفي بعض ذوات الفلقة الواحدة توجد خلايا خاصة تسمى الخلايا الحركية Motor cells تؤثر على انطواء الورقة وانبساطها.
- اما في خلايا التين المطاط Ficus elasticفتوجد خلايا خاصة يطلق عليها Lithocytes تتواجد فيها البلورات المعلقة Cystolith.

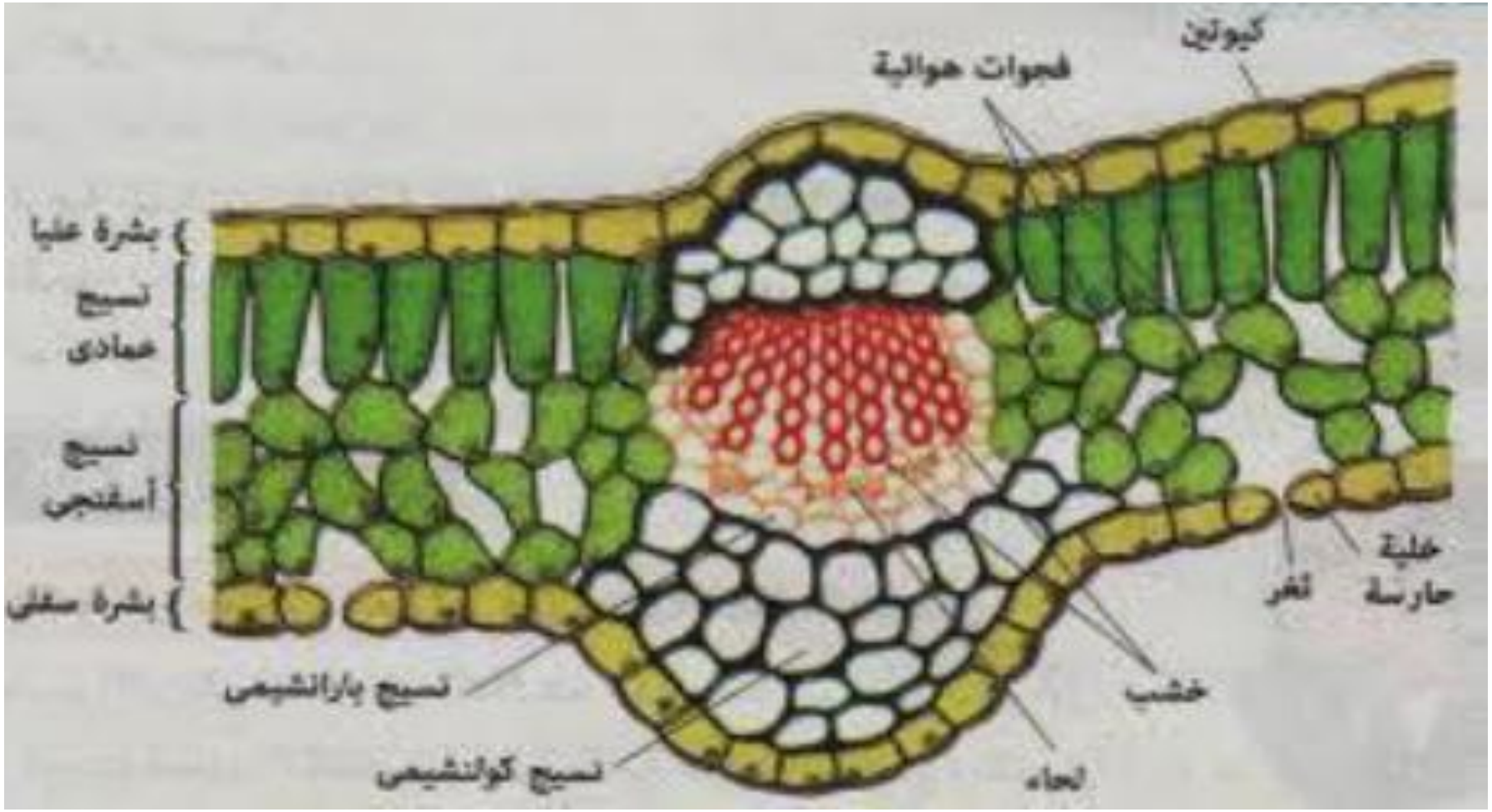
النسيج المتوسط Mesophyll Tissue

- يطلق لفظ النسيج المتوسط في الورقة على النسيج الاساسي الواقع بين بشرتي الورقة العليا والسفلي والذي يقوم بوظيفة التمثيل الضوئي
- يتكون هذا النسيج من نسيج برنكيمي رقيق الجدران بين خلاياه مسافات بينية واسعة
- يتكون في ذوات الفلقتين من برنكيما عمادية Palisade paren وبرنكيما اسفنجية Spongy paren

النسيج العمادي ذو خلايا طويلة متراصة متوازية اما النسيج الاسفنجي فهو مكون من خلايا غير منتظمة الشكل كثيرة المسافات البيئية توجد في الجهة السفلى للورقة بينما الطبقة العمادية عند الجهة العليا للورقة.

- قد تكون خلايا النسيج العمادي قمعية الشكل ومرتبة باتجاه السطح العلوي كما في أوراق الزئبق Lily. وفي أوراق الصنوبر وبعض المخروطيات لا يتميز النسيج المتوسط الى عمادي واسفنجي انما يتخذ شكلا خاصا هو Folded par (ذو الطيات)
- اما النسيج الاسفنجي فتتخذ خلاياه اشكالا مختلفة قد تكون متساوية الأقطار Isodiametric او مستطيلة او غير منتظمة أو ذات أذرع او مفصصه، وهو نسيج غني بالمسافات البينية

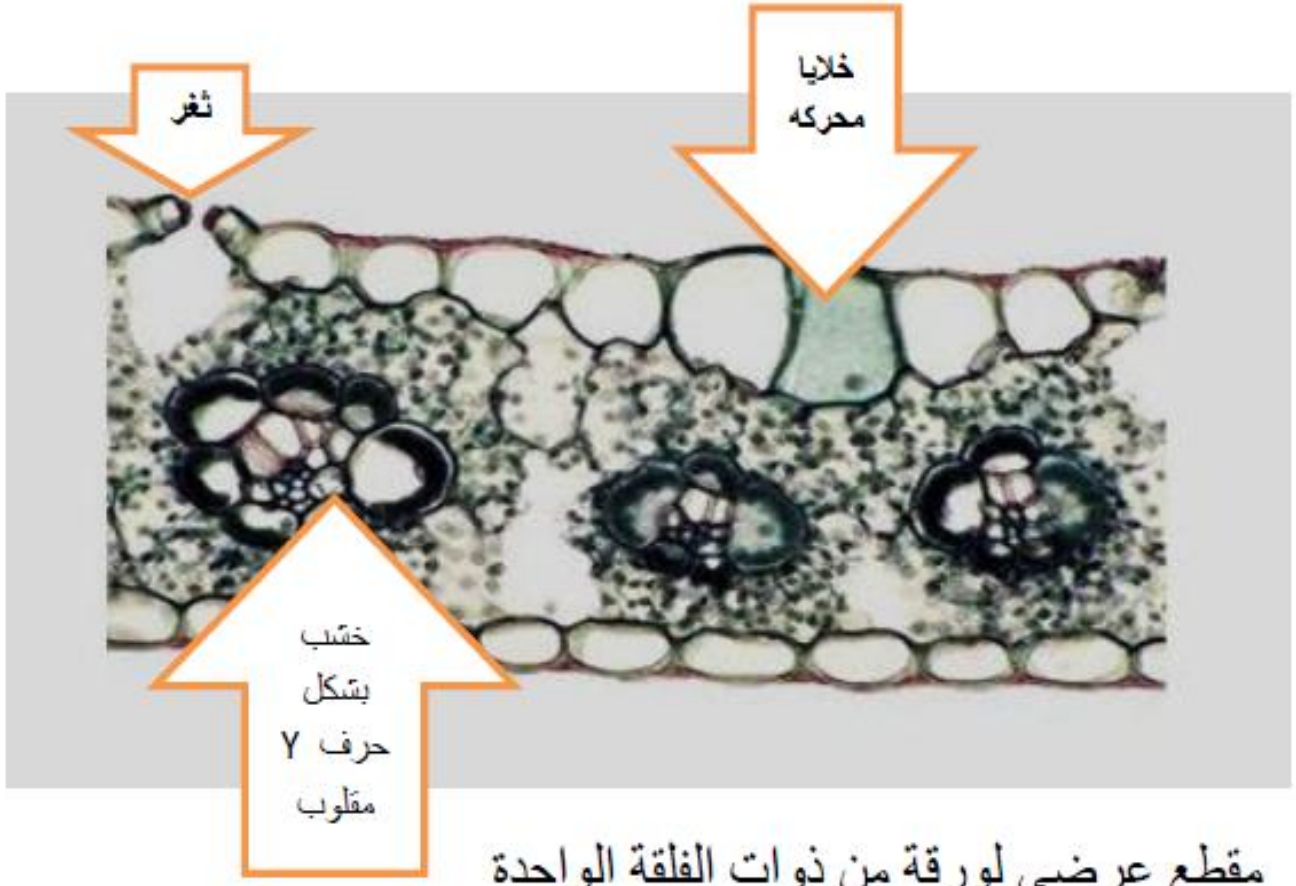
التركيب الداخلي في ورقة ذوات الفلقتين



مقطع عرضي في ورقة من ذوات الفلقتين

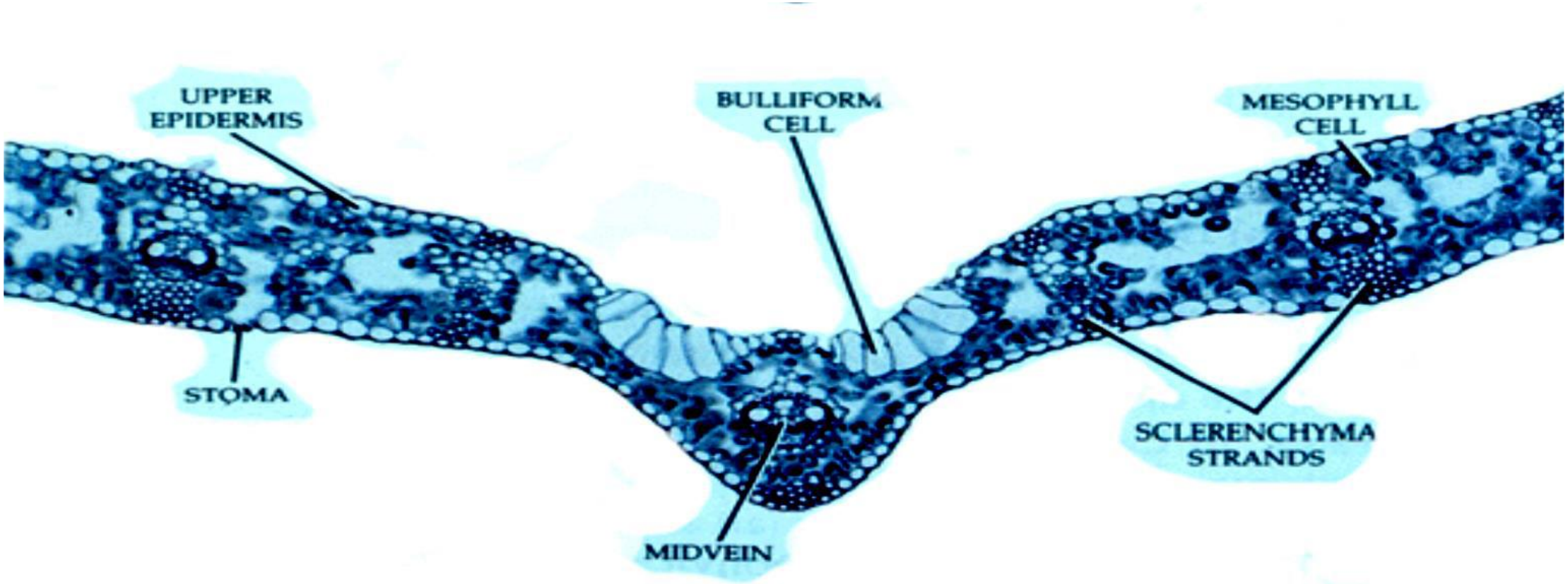
التركيب الداخلي في ورقة ذوات الفلقة الواحدة

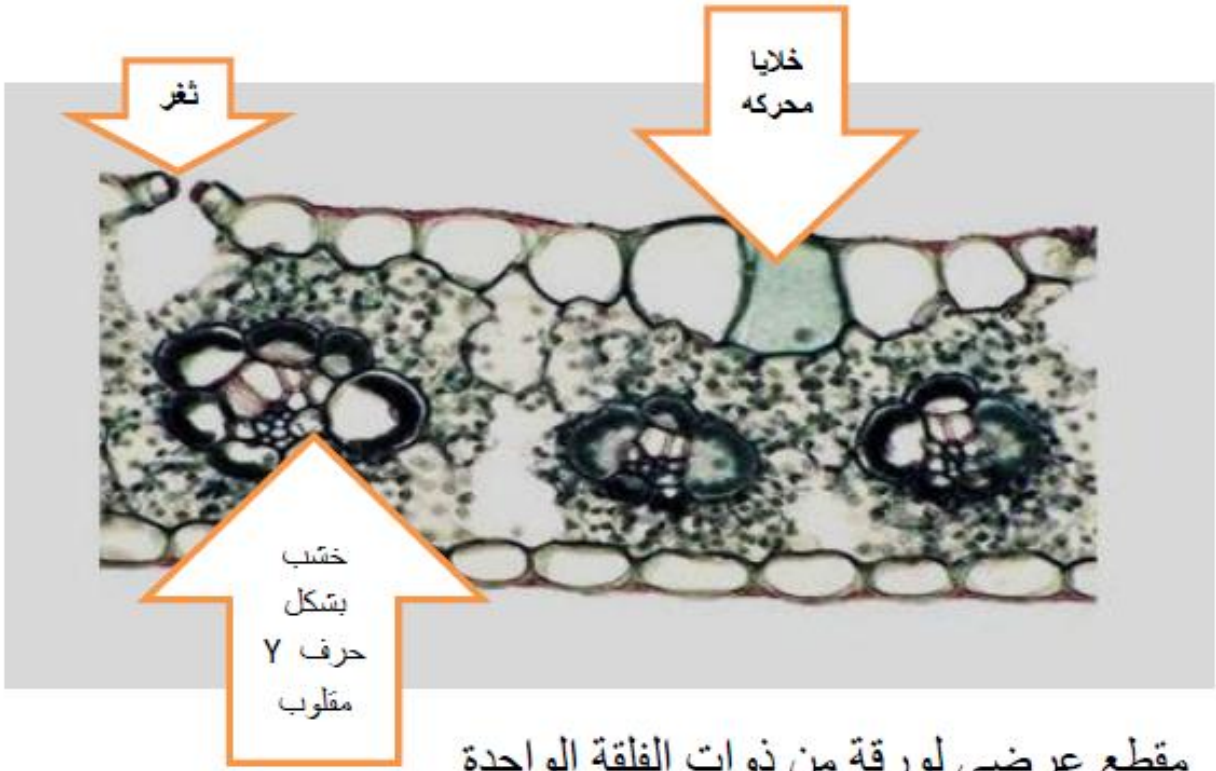
- اما في ذوات الفلقة الواحدة وخاصة النجيليات فلا يتميز النسيج المتوسط الى نسيج عمادي ونسيج أسفنجي بل هناك نوع آخر من الخلايا البرنكيمية غزيرة البلاستيدات وذات مسافات بينية واسعة.



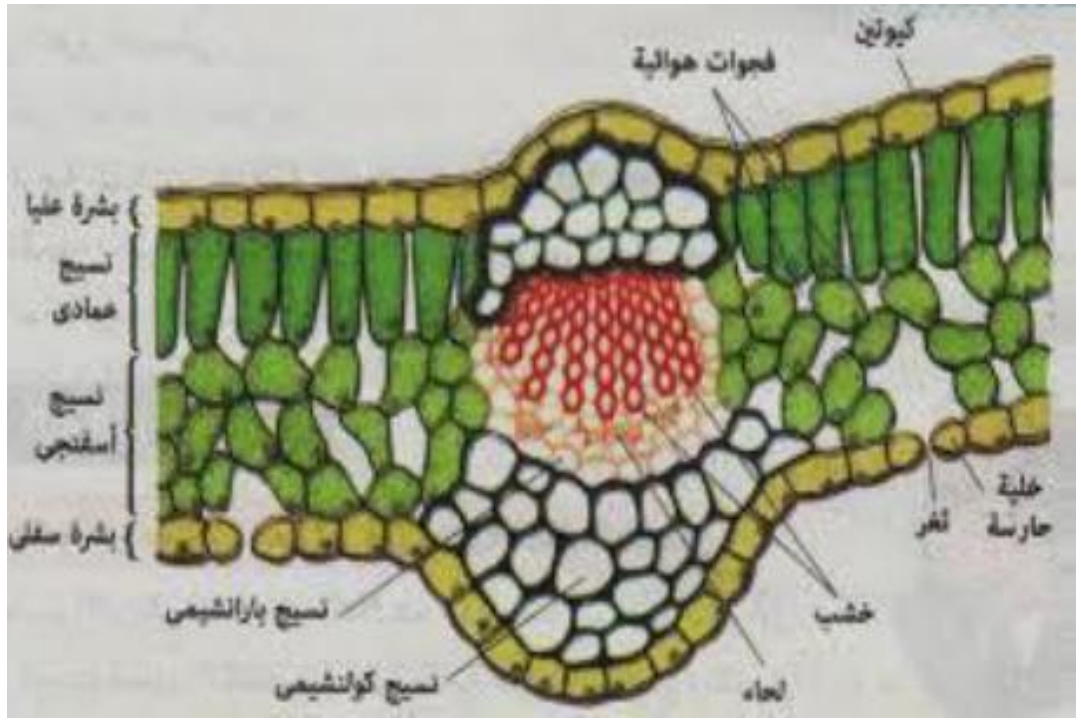
مقطع عرضي لورقة من ذوات الفلقة الواحدة

التركيب الداخلي في ورقة ذوات الفلقة الواحدة





مقطع عرضي لورقة من ذوات الفلقة الواحدة



مقطع عرضي في ورقة من ذوات الفلقتين

الأنسجة الوعائية بالورقة Vascular Tissue of the leaf

- تتوزع الأنسجة الوعائية بالورقة بطريقة يعبر عنها بالتعرق venation.
- والتعرق يكون شبكي Reticulate venation في ذوات الفلقتين ومتوازي Paralled في ذوات الفلقة الواحدة.
- وفي التعرق الشبكي تتشابك العروق الرئيسية إلى ان تصل الى العروق الدقيقة المسماة Bundle end. اما في التعرق المتوازي فتنتظم العروق الرئيسية بطريقة متوازية وتتصل ببعضها عن طريق العروق الصغيرة وفي التعرق الشبكي غالبا ما تحوي الورقة على عرق رئيسي كبير في الوسط يسمى العرق الوسطي Mid rib فتتفرع منه العروق الأخرى
- تكون الحزمة الوعائية في الورقة ذات خشب متجهة للأعلى واللحاء نحو الاسفل ومكونات الخشب و اللحاء في الورقة لا تختلف عنها في الساق

وكلما صغرت العروق صغرت كمية العناصر الخشبية تدريجياً حتى تصبح مكونه من قصيبة واحدة وكذلك اللحاء يتصاغر تدريجيا ليصبح مكون من خلايا برنكيمية فقط عند نهايات العروق أو نهاية الحزمة.

الحزمة عادة محاطة بغلاف برنكيمي يسمى Bundle Sheath. قد يحتوي الغلاف حبيبات نشوية فيسمى غلافا نشويا.

وفي نباتات ذوات الفلقتين شوهد وجود النسيج الكولنكيمي والبرنكيمي العادي عند منطقة العرق

ورقة النجيليات Grass Leaf

- تتميز اوراق النجليات بتركيب خاص تختلف به عن ذوات الفلقتين وهي أن خلايا البشرة فيها تحوي خلايا حركية خاصة تسمى Motor cell تتميز بكبر حجمها ورقة جدرانها مسؤولة عن انطواء وانبساط الورقة
- الثغور فيها من الطراز Gramineae – Cyperaceae.
- النسيج المتوسط فيها غير متميز إلى عمادي واسفنجى
- الحزم الوعائية تمتد طوليا بشكل متوازي خلال الورقة يفصلها عن بعضها النسيج المتوسط
- تحتفظ الحزمة الوعائية بحجمها خلال مسارها بالورقة.
- غالبا ما يصاحب الحزمة الوعائية في ذوات الفلقة الواحدة نسيج سكلرنكيمي على هيئة اشرطة ليفية على الجوانب العليا والسفلى للحزمة يطلق عليها Bundle Sheath Extension.

التركيب الداخلي لعنق الورقة Internal Structure of Petiole

- قد يتخذ عنق الورقة في بعض الأحيان في المقطع المستعرض شكل دائرية كاملا ولكن الحالة الأكثر شيوعا يكون على شكل دائرة غير كاملة اما الاشرطة الوعائية فتختلف في طريقة انتظامها تبعا لذلك.
- ففي الأعناق المستديرة تتخذ الأشرطة الوعائية نفس الوضع الموجود في الساق كما في نبات *Acalypha* أو قد تكون أسطوانة جوفاء كما في ورقة الخروع *Ricinus communis*. اما في الأعناق ذات السطح العلوي المنبسط فقد تتخذ شكل الحزم الوعائية شكل حدوة الحصان كما في *Ziziphus* وقد تكون الحزم مرتبة في أكثر من حلقة واحدة كما في نبات خف الجمل *Bauhinia* . أما النسيج الاساس فهو عادة كولنكيمي في اعناق الأوراق لذوات الفلقتين أو على هيئة اشرطة سكلرنكيمية في ذوات الفلقة الواحدة. اما بقية النسيج من خلايا برنكيمية رقيقة الجدران تتسع تدريجياً كلما اتجهنا نحو المركز.

النمو الثانوي Secondary growth

- يعرف بأنه **الزيادة في سمك النبات والتي تحدث بعيدا عن القمم النامية نتيجة لتكوين أنسجة ثانوية تكون هذه الأنسجة بمجموعها الجسم الثانوي للنبات Secondary plant body** .
- ومع تقدم النمو الثانوي يصبح المحور الرئيسي للنبات المسن (الساق والجذر) مكون من أنسجة ثانوية. بينما تصبح الأنسجة الابتدائية مقتصرة على جزء مقتضب من النبات.
- إن النمو الثانوي من مميزات نباتات عاريات البذور وذوات الفلقتين.
- تتكون الأنسجة الثانوية بفعل نشاط الكمبيوم الوعائي Vascular cambium والكمبيوم الفليني Cork cambium أو يسمى Phellogen الذي يكون البريدرم Periderm .

الكمبيوم الوعائي Vascular cambium

- تقوم الأنسجة الوعائية الابتدائية في النباتات الخشبية من ذوات الفلقتين وفي عاريات البذور بوظيفتها لفترة وتحل محلها فيما بعد الأنسجة الوعائية الثانوية التي تنشأ من الكمبيوم الوعائي.
- في العديد من النباتات العشبية من مغطاة البذور يكون الكمبيوم الوعائي اثري أو غير موجود. لذلك تقوم الأنسجة الوعائية الابتدائية بالنقل خلال فترة حياة النبات . وإن جميع خلايا الكمبيوم الأولي Procambium تتميز الى أنسجة مستديمة (خشب ولحاء ابتدائيين) ولا يبقى من الكمبيوم شيء ، تعيش هذه النباتات موسم واحد ولا تعاني نمو ثانوي
- . في نباتات ذوات الفلقة الواحدة يحدث الشيء ذاته إذ تتميز جميع خلايا الكمبيوم الأولي الى خلايا مستديمة.
- أما في سيقان ذوات الفلقتين وعاريات البذور يتميز القسم الأكبر من الكمبيوم الأولي إلى لحاء وخشب ويتبقى قسم غير متميز بين الأنسجة الدائمة من الخشب واللحاء حتى بعد تمام نضجها ويتحول فيما بعد إلى كمبيوم الجسم الثانوي وهو المسؤول عن تكوين الأنسجة الثانوية

- يطلق مصطلح الكمبيوم الحزمي Fasciculer camb. على ذلك الجزء من الكمبيوم الأولي الذي يقع داخل الحزمة الوعائية
- . قد تبقى أشرطة الكمبيوم الحزمي منفصلة عن بعضها بواسطة بارنكيما النسيج الأساس. او تتصل عن طريق أشرطة كامبيومية أخرى تتكون بواسطة انقسام الخلايا البرنكيميه الواقعة بين حزم الوعائية (خلايا الأشعة النخاعية) بطريقه فقدان التمييز و تحولها إلى خلايا مرستيميه تسمى هذه الاشرطة الكمبيوم بين الحزمي Inter fascicular cambium. تتصل بذلك أشرطة الكمبيوم الحزمي مع اشرطة الكمبيوم بين الحزمي لتكون أسطوانة كمبيومية كاملة
- تقع الاسطوانة الكمبيومية في معظم ذوات الفلقتين وعاريات البذور بين الخشب واللحاء وتضيف بنشاطها المرستيمي لحاء ثانوي الى الخارج وخشب ثانوي للداخل ، الا أن نباتات العائلة Chenopodiaceae يكون الكمبيوم إلى الخارج من الخشب واللحاء بذلك يعتبر النمو الثانوي فيها شاذا anomalous secondary growth .

- **يتكون الكمبيوم من نوعين من الخلايا:**
- ١- خلايا كمبيومية مغزلية Fusiform initials (من أصول مغزلية)
- وهي خلايا مستطيلة ذات اطراف مدببة قد تصل في طولها في الجذوع المسنة إلى ٨ سم
- ٢- خلايا كمبيومية شعاعية Ray initials (من أصول شعاعية)
- وهي خلايا صغيرة متساوية الأبعاد تقريبا .
- تنشأ من الأصول المغزلية العناصر الطويلة مثل الألياف و الأوعية والقصبات وبارنكيما الخشب وبارنكيما اللحاء. في حين تتكون خلايا الأشعة البرنكيمية والتي تمتد بصورة افقية و عرضية من الأصول الشعاعية.
- تمتاز الخلايا الكمبيومية بغزارة فجواتها واحتواء جدرانها على حقول النقر الابتدائية تخترقها.
- البلازمودزمات وهي وحيدة النواة ويكون حجم النواة في الأصول المغزلية أكبر من الشعاعية.

- **منطقة الكمبيوم Cambial zone**
- يمكن تمييز نوعين من الكمبيوم على أساس ترتيب وانتظام الخلايا المغزلية في المقطع المماس

١- كمبيوم منضد (مصفف) Storied or stratified cambium

فيه تنتظم خلايا الكمبيوم المغزلية في صفوف أفقية.

- ٢- كمبيوم غير منضد (خير مصفف)Non – storied or non – stratified cambium

تتراكب الخلايا المغزلية جزئياً ولا تنتظم في صفوف أفقية ،

و تكون أطول من خلال الكمبيوم المنضد

الكمبيوم المنضد أرقى تطورا من النوع غير المنضد كما أن الأصول المغزلية القصيرة الكمبيوم هي الأخرى أرقى من الأصول الطويلة

- تنقسم خلايا الكمبيوم وينتج عن انقسامها خليتان متشابهتان مظهريا تتميز إحداهما إلى خلية من خلايا الخشب الثانوي او الى خلية من خلايا اللحاء الثانوي وتظل الأخرى مرستيمية
- تتميز الخلايا الداخلية إلى عناصر الخشب أما الخلايا الخارجية فتتميز إلى عناصر اللحاء.
- نتيجة التغلظ الثانوي يزداد اتساع الاسطوانة الخشبية بالتدرج وتبعا لذلك يزداد أيضا الكمبيوم في المحيط عن طريق إضافة خلايا جديدة.
- اتساع اسطوانة الكمبيوم يتبعه تكوين أصول شعاعية جديدة بإحدى الطرق التالية:
- ١ - انقسام خلية مغزلية لتعطي على أحد جانبيها خلية شعاعية.
- ٢ - اقتطاع خلية شعاعية من طرف خلية مغزلية.
- ٣- تحول خلية مغزلية متضائلة إلى خلية شعاعية.
- ٤- انقسام خلية مغزلية عرضيا لتعطي صفا من خلايا شعاعية

النشاط الكمبيومي:

- يتائر الشكل العام للنمو القطري بدرجة كبيرة بمعدل النشاط الكمبيومي
- إذا ازداد معدل انقسام خلايا الكمبيوم على معدل تميز الخلايا الناتجة يتسع نطاق منطقة الكمبيوم Cambial zone .
- أما في حالة تساوي معدل انقسام خلايا الكمبيوم مع سرعة تميز الخلايا الناتجة إلى عناصر الخشب واللحاء فان منطقة الكمبيوم تظل ضيقة وواضحة الحدود..

النشاط الموسمي للكمبيوم :

- يستمر نشاط الكمبيوم في بعض النباتات طوال فترة حياة النبات أي أن خلايا الكمبيوم تظل تمارس انقسامها بصورة مستمرة وتتميز الخلايا الناتجة عن هذا الانقسام إلى عناصر الخشب واللحاء وهذا ما يتمثل في نباتات المنطقة الاستوائية Tropical zone . أما في المناطق التي يتميز مناخها بتعاقب موسمي واضح ، فيكون نشاط الكمبيوم على أشده في فصل الربيع ثم يتناقص تدريجيا خلال فصل الصيف بينما يتوقف تماما خلال فصلي الخريف والشتاء ويعاود نشاطه مرة أخرى بحلول فصل الربيع التالي

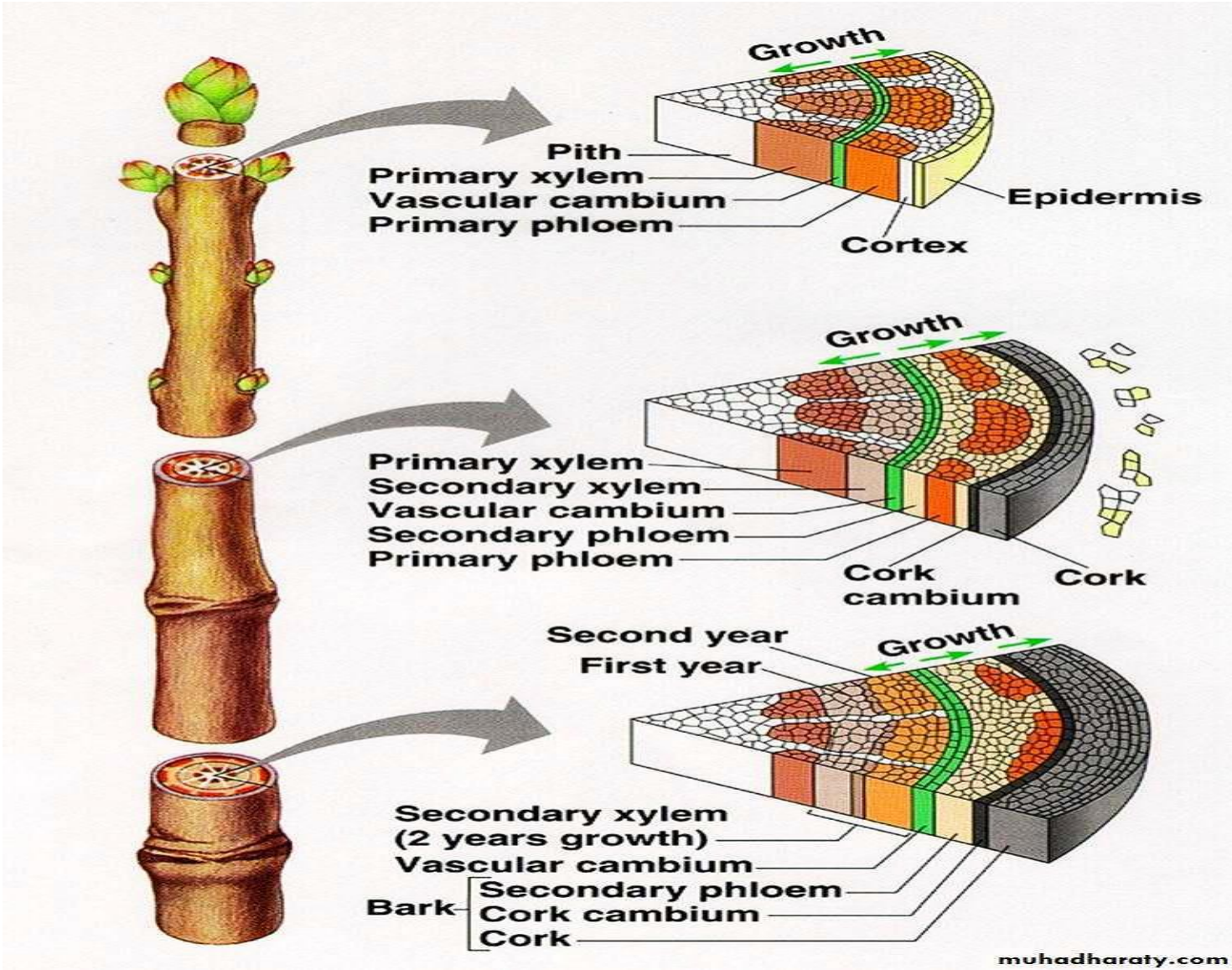
تأثير النشاط الكمبيومي على جسم النبات الابتدائي

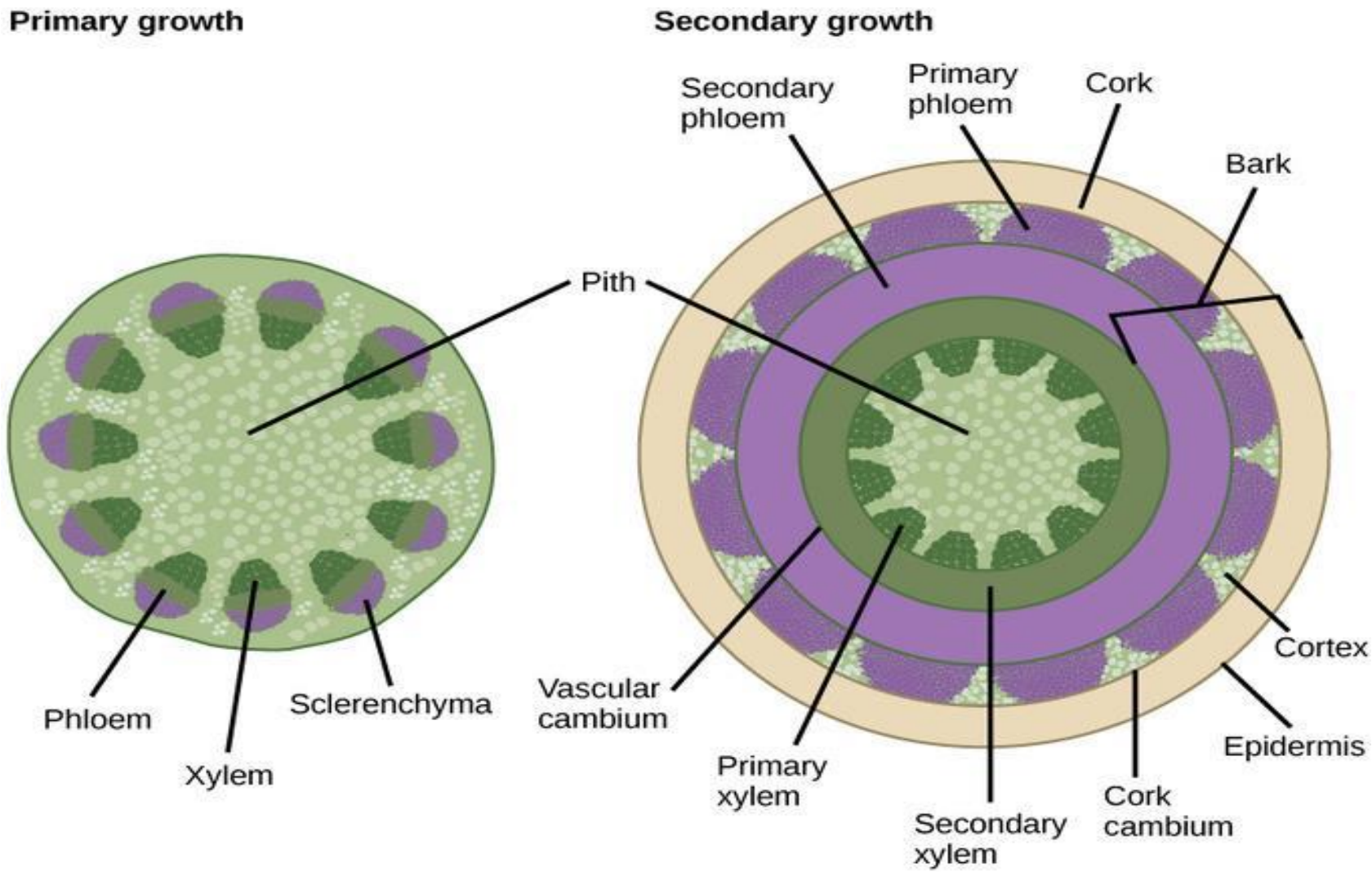
- نتيجة لقيام الكمبيوم الوعائي بنشاطه في تكوين الأنسجة الثانوية فإن قسما من الأنسجة الابتدائية (النخاع والخشب الابتدائي) تصبح محاطة بالأنسجة الثانوية المتكونة وتنقطع صلته بالأجزاء الخارجية وبتقدم الزمن تختفي المحتويات الحية لمعظم الأنسجة المسنة .
- أما الأنسجة الابتدائية الواقعة خارج الكمبيوم الوعائي والمتمثلة باللحاء الابتدائي فإنها تتفلطح بالاتجاه المماسي وبعضها يتهتك وقد ينقرض تماما ويبدو النسيج كله كشريط ضيق
- . كما أن الاندودرمس قد تتلاشى ولا يبقى لها أثر أما خلايا القشرة والدائرة المحيطة فقد تعتمد بعض الوقت لقدرتها على النمو البطيء الا أنها قد تتعرض لعوامل أخرى كالجفاف وانقطاع الغذاء وانعزالها عن طريق تكوين طبقات الفلين من الداخل وفي نهاية ألامر تسقط هذه الأجزاء عاجلا أم أجلا ليحاط جسم النبات الثانوي بنسيج البريدرم . وقد تبقي القشرة في بعض النباتات عدة سنوات كما في بعض النباتات الخشبية

الخشب الثانوي Secondary xylem

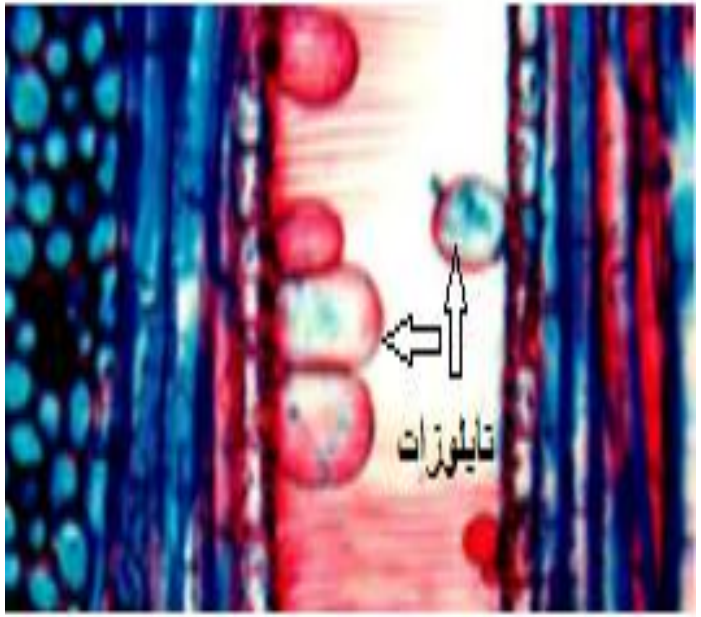
يتركيب الخشب الثانوي اساسا من نظامين من العناصر

- نظام عمودي قائم Vertical system تمتد عناصره بمحاذاة المحور الرئيسي للعضو النباتي تتمثل بالقصيبات والأوعية والألياف والبرنكيما الموازية للألياف.
- نظام أفقي Horizontal or radial system يتمثل بالنظام الأفقي من أشعة الخشب تتمثل بخلايا برنكيمية قد تشترك معها عناصر ناقلة في بعض الصنوبريات إذ تحتوي قصيبات شعاعية.
- **برنكيما الخشب xylem Parenchyma**
- تتضمن برنكيما الخشب الثانوي نوعين متميزين هما البرنكيما المحورية axial parenchyma والبرنكيما الشعاعية ray, parenchyma . تنتج البرنكيما المحورية من أصول كمبيومية مغزلية في حين تنتج البرنكيما الشعاعية من أصول كمبيومية قصيرة نسبية . البرنكيما المحورية تكون أقصر من البرنكيما الشعاعية التي تكون عادة طويلة، تقوم هذه الخلايا بوظيفة الخزن (خزن النشأ والدهون والمواد الدباغية)


Growth
Pith
Primary xylem
Vascular cambium
Primary phloem
Epidermis
Cortex
Growth
Primary xylem
Secondary xylem
Vascular cambium
Secondary phloem
Primary phloem
Cork cambium
Cork
Second year
First year
Growth
Secondary xylem
(2 years growth)
Vascular cambium
Bark
Secondary phloem
Cork cambium
Cork
muhadharaty.com


Primary growth
Secondary growth
Secondary phloem
Primary phloem
Cork
Bark
Pith
Phloem
Xylem
Sclerenchyma
Vascular cambium
Primary xylem
Secondary xylem
Cork cambium
Cortex
Epidermis

التايلوزات Tyloses



- التايلوزات عبارة عن تراكيب مثانية الشكل تظهر داخل الأوعية والقصيبات في الخشب الابتدائي والثانوي الا أنها أكثر شيوعا في الخشب الثانوي ولاسيما مغطاة البذور. وهي قليلة الوجود في عاريات البذور . تتكون التايلوزات نتيجة انتفاخ الجدار الخلوي لخلية برنكيما الخشب أو برنكيما شعاعية مجاورة لوعاء أو القصيبة من خلال النقرة إلى فراغ ذلك الوعاء أو القصيبة . يحدث ذلك عندما يصبح الخشب خامل أو عند إصابته بضرر . وقد ينتقل إلى التيلوز جزء من سايتوبلازم الخلية البرنكيمية وأحيانا تنتقل النواة ذاتها. قد تكون التايلوزات صغيرة أو كبيرة وقد تكون قليلة أو عديدة لدرجة أنها قد تغلق الوعاء أو القصيبة . قد تتضخم الخلايا الطلائية Epithelial cells المحيطة بالقنوات الراتنجية Resin duct في المخروطيات Coniferales بشكل يشبه التيلوزات وقد تنسد القناة الراتنجية وتسمى هذه الخلايا بأشباه التايلوزات Tylosoids

الحلقات السنوية Annual Rings

- في النباتات الخشبية المعمرة يقوم الكمبيوم بوظيفته طوال حياة النبات يكون نشاطه موسميا
- إذ يكون للكمبيوم مواسم نشاط ومواسم خمول تبعا للتغيرات المناخية فتكون النتيجة لذلك حلقات متوالية من الخشب يطلق علىها أسم الحلقات السنوية Annual rings أو حلقات النمو Growth rings ، وفيها تكون عناصر الخشب المتكونة في موسم الربيع ومستهل الصيف واسعة رقيقة الجدران نسبية ومعظمها على هيئة اوعية ، أما عناصر الخشب المتكونة في أواخر الصيف معظمها ألياف أما الأوعية فتكون قليلة ضيقة وسميكة الجدران ، وتسمى هذه العناصر على التوالي الخشب الربيعي Spring woodأو الخشب المبكر early wood والخشب الصيفي Summer wood أو الخشب المتأخرLare wood وتكون المنطقتين معا حلقة سنوية annual ring واحدة. ويكاد يتوقف النشاط الكمبيومي خلال فصلي الخريف والشتاء ويستأنف نشاطه عند حلول موسم الربيع للسنة التالية.

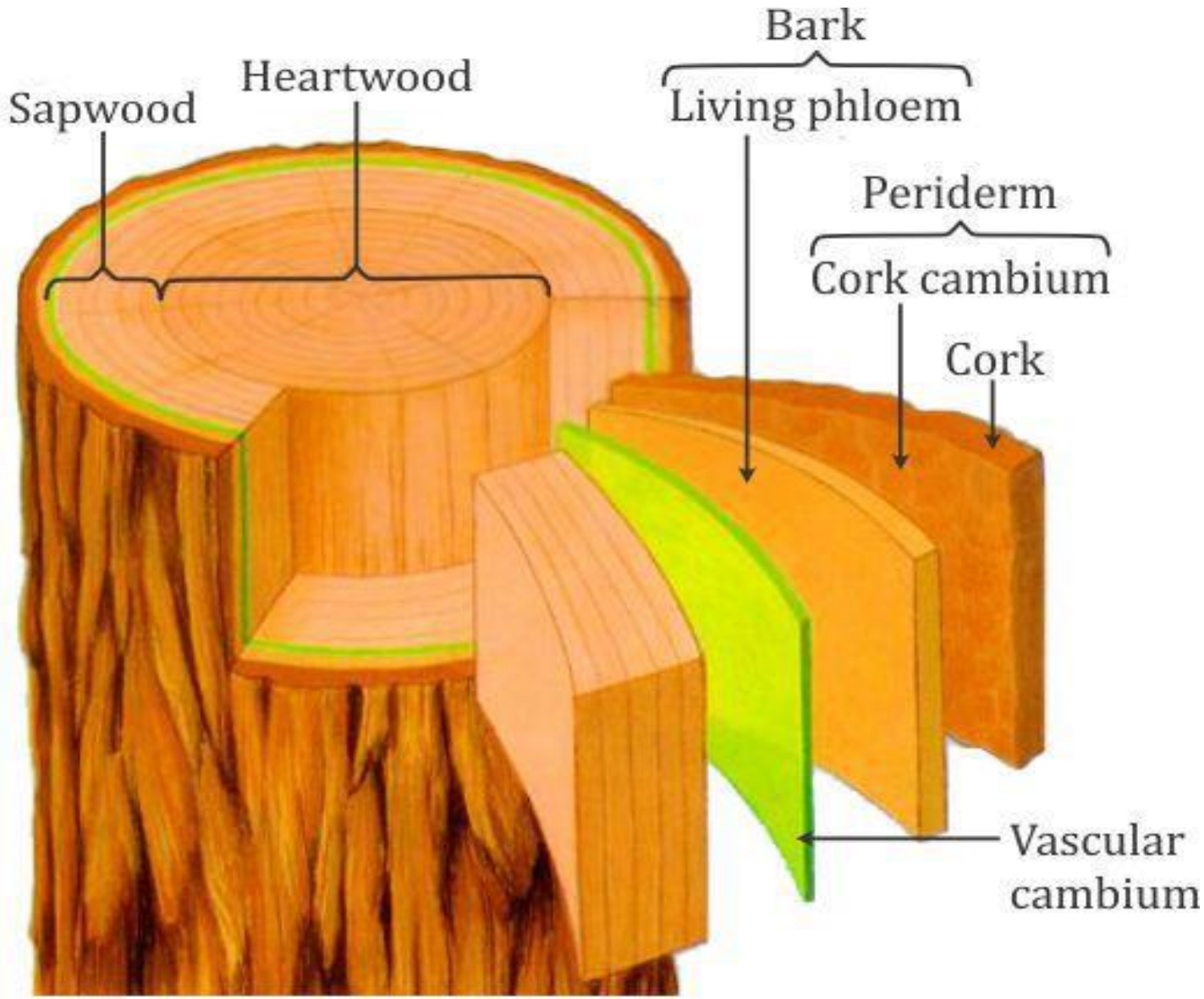
- ان الاختلاف في تكوين هذه العناصر يعزى إلى اختلاف حاجة النبات مع تغير الموسم ، إذ تزداد الحاجة في الربيع إلى عناصر خشبية واسعة لتزيد في كفاءة النبات لنقل الماء والأملاح مما يساعد في تكوين الأوراق والفروع الجديدة. أما في الصيف فتزداد الحاجة إلى عناصر خشبية تساعد على تدعيم جسم النبات وفي خلال السنة الواحدة لا تكون هناك حدود واضحة
- قد يحدث احيانا أن تكون حلقات سنوية كاذبة False annual rings ينتج عنها أن يفوق عدد الحلقات السنوية عمر النبات الحقيقي

الخشب منتشر المسام والخشب حلقي المسام Diffuse and Ring poraus wood

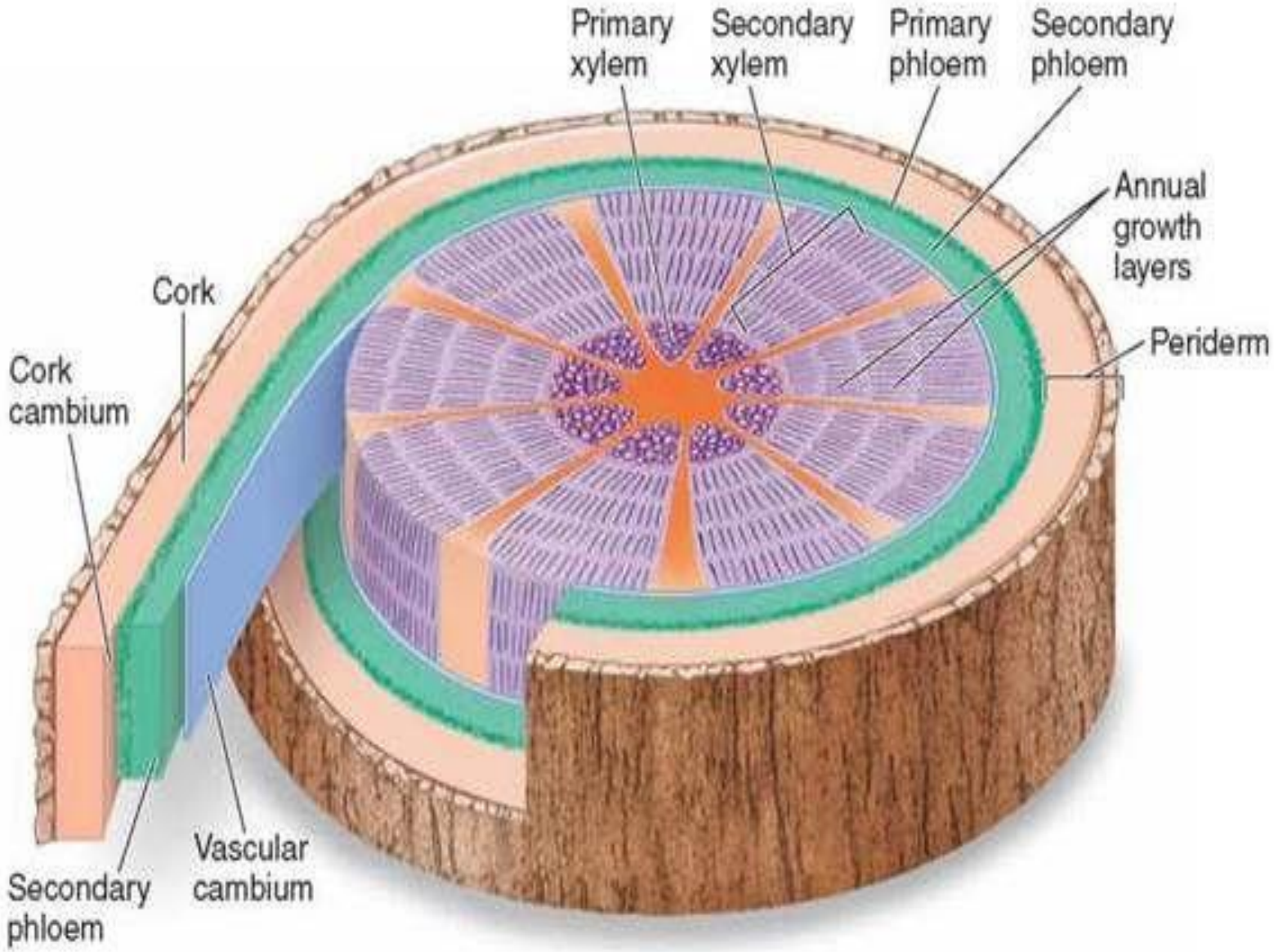
- عندما تكون الأوعية متساوية الأقطار تقريبا وموزعة داخل الخشب بصوره منتظمة حينئذ يقال للخشب أنه منتشر المسام Diffuse porous
- أما إذا احتوى الخشب على أوعية متباينة الأقطار بحيث تظهر الأوعية منة في مستهل الموسم أكبر من تلك المتكونة في الخشب المتأخر فيقال له خشب حلقي المسام - ring porous Wood مثل نبات البلوط Quercus . يعتبر الخشب حلقي المسام أكثر تقدما من الناحية التطويرية من الخشب منتشر المسام ، بعد خشب عاريات البذور خشبة الامامية wood porous - non لغياب الأودية فيه

الخشب الصميمي والخشب الرخو Heart wood Sap wood

- بمرور الزمن يفقد الخشب الواقع في المركز والمتكون منذ فترة بعيدة أهميته بالتدريج ويقوم بوظيفته الخشب الثانوي حديث التكوين . فيصبح ذا قيمه ميكانيكية دعاميه فقط بينما يفقد وظيفته في التوصيل . يسمى هذا الخشب المركزي **بالخشب الصميمي Heart wood** بينما يدعي الخشب الذي ما يزال يؤدي وظيفته **بالخشب الرخو Sap wood** وهذا الخشب يحتفظ بجميع وظائفه سواء التوصيلية أو الدعاميه. إن التغيرات التي تحدث على الخشب الصميمي تتضمن فقدان العناصر الحية لحيويتها ويزداد سمك جدرانها وتقل نسبة الماء فيها كما تترسب مواد مختلفة في الخلايا مثل الزيوت Oil والأصماغ gumsوالمواد الدباغية وبعض المواد الصبغية التي تضيف اللون الداكن.
- إن هذه المواد المترسبة ترفع من قيمة الخشب من الناحية الاقتصادية لأنها تزيد من متانة وقوة الخشب ومقاومته للحشرات والفطريات مثل أخشاب الجوز Tugluns . ويعتبر الخشب الصميمي أقوى من الخشب الرخو وأصلح للأغراض الصناعية خاصة الأثاث.


Bark
Heartwood
Sapwood
Living phloem
Periderm
Cork cambium
Cork
Vascular
cambium

Cork


Primary xylem
Secondary xylem
Primary phloem
Secondary phloem
Annual growth layers
Periderm
Cork
Cork cambium
Secondary phloem
Vascular cambium

اللحاء الثانوي

- تنتظم عناصر اللحاء في نظامين هما
- النظام المحوري axial system والنظام الأفقي .radial sy
- يمثل النظام المحورللحاء العناصر الغربالية Seive elements وبرنكيما اللحاء phloem parenchyma وألياف اللحاء phloem fiber.

بينما يمثل النظام الأفقي برنكيما أشعة اللحاء .phloem ray paren .

تكون حلقات نمو اللحاء أقل وضوحا من حلقات الخشب الثانوي بسبب أنه بعد مرور بضعة سنوات يتضاءل وضوح حلقات النمو نتيجة لاندثار العناصر المنخليه تدريجيا لعدم أدائها لوظيفتها كما أن بعض الخلايا البرنكيمية تتضخم وفي الكثير من عاريات البذور ومغطاة البذور تتكون في اللحاء الثانوي تجمعات مماسيه Tangential من الألياف.

- ونظرا لعدم انتظام هذه التجمعات من حيث العدد مع تعاقب المواسم المختلفة لذلك
- لا يمكن اتخاذها دليلا على عمر اللحاء .

التغلظ الثانوي في السيقان

- في السيقان التي يحدث بها تغلظ ثانوي عادي يتميز شريط الكمبيوم الأولي إلى ثلاثة أقسام وهي القسم الخارجي وتتبين فيه أنسجة اللحاء والقسم الداخلي تتبين فيه أنسجة الخشب والقسم الأوسط فيظل مرستيمية ولكنه لا يمارس نشاطه إلا عند بدء التغلظ الثانوي . عندما يبدأ التغظ الثانوي تنقسم خلايا الكمبيوم انقسامات مماسية موازية للسطح وينتج عن كل خلية كمبيومية خليتان متشابهتان ظاهرية تتميز إحداهما إلى خلية خشب أو خلية لحاء وتظل الأخرى مرستيميه بحيث يكون الخشب باستمرار إلى الداخل واللحاء إلى الخارج. وبتوالي الانقسامات تضاف خلايا جديدة إلى الخشب تتميز فيما بعد إلى عناصر خشب الثانوي وخلايا جديدة إلى اللحاء تتميز فيما بعد إلى عناصر اللحاء الثانوي.
- في بعض النباتات يظهر الكمبيوم داخل الحزم الوعائية فقط ويتخذ شكل أشرطة منفصلة وبذلك فإن التغلظ الثانوي يقتصر على الكمبيوم داخل الحزم الوعائية ويكون عندها محدودا إلى درجة مسيرة كما يحدث في بعض النباتات العشبية مثل *Ramanculus*. أما في نباتات أخرى فتظهر أشرطة من الكمبيوم بين الحزم الوعائية من الخلايا البرنكيمية المكونة بالأشعة النخاعية وتتصل فيما بعد بالكمبيومية الموجودة داخل الحرم بحيث تكون حلقة كاملة من الكمبيوم. الكمبيوم داخل الحزم بالكمبيوم الحزمي Fascicular cambiumوالكمبيوم بين الحزم . Inter fascicular can
- عندما تشكل حلقة الكمبيوم تنقسم لتعطي خشب إلى الداخل ولحاء إلى الخارج واشعة البرنكيمة تسمى الأشعة الثانوية Secondary rays تمييزا من الأشعة النخاعية الابتدائية اذا كانت الأشعة داخل الخشب سميت أشعة الخشب الثانوي Secondary xylem rays أما إذا كانت داخل اللحاء سميت Secondary

التغلظ الثانوي في الجذر:

- يحدث التغلظ الثانوي في الجذر في نفس الوقت الذي يجري حدوثه في الساق وذلك لأن حاجة النبات إلى كفاءة متزايدة بالنسبة إلى التوصيل والتدعيم ولا بد أن يكون النمو في الجذر والساق معا ولكن التغلظ الثانوي في الجذر يختلف عنه في الساق. ففي الجذر الحديث تنتظم عناصر اللحاء على شكل أشرطة تتوزع في المنطقة الخارجية للأسطوانة الوعائية داخل البريسكيل (الدائرة المحيطة) مباشرة وتتبادل مع أذرع الخشب. ويتخذ الخشب أما محورا مركزيا أو شكل أشرطة منفصلة يتبادل مع أشرطة وفي جميع الحالات لا يوجد هناك أي كامبيوم إذ يتحول شريط الكامبيوم الأولي كليه إلى عناصر مستديمة من خشب ولحاء. عندما يبدأ التغلظ الثانوي في الحدوث يظهر الكامبيوم كأشرطة إلى الداخل من أشرطة اللحاء عن طريق استعادة الخلايا البرنكيمية الموجودة في هذه المناطق قدرتها على الانقسام بفقدان التميز وتحولها إلى خلايا مرستيمية ثانوية. تمارس هذه الخلايا نشاطها في الانقسام لتعطي عناصر وعائية ثانوية من خشب ولحاء وتكون عناصر الخشب إلى الداخل واللحاء إلى الخارج في أثناء ذلك تستعيد خلايا الدائرة المحيطة البرنكيمية المقابلة لأذرع الخشب قدرتها على الانقسام وتتحول إلى مرستيم ثانوي. فيصل بعدئذ بالأشرطة الكمبيومية الأخرى والمتكونة داخل اللحاء لتكون حلقة متعرجة كاملة. ونظرا لأن الأشرطة الكمبيومية الناشئة داخل اللحاء تكون أكثر نشاطا من تلك المتكونة في الدائرة المحيطة فإن عناصر الخشب الثانوي تدفع الحلقة الكمبيومية المنبعجة إلى الخارج وينتج عنه انتظام في الحلقة الكمبيومية في اسطوانة منتظم. تنقسم لتعطي انتظام خشب للداخل ولحاء للخارج مع أشعة وعائية يكونها الكمبيوم المتكون في

النمو الثانوي الشاذ في السيقان Anomalous Secondary growth in picot stem

قد يحدث في بعض نباتات ذوات الفلقتين أن ينحرف النمو الثانوي عن طريقة العادي لسببين :

- ١- يكون الكمبيوم أصلا عاديا من حيث موقعه إلا أن نشاطه أثناء التغلظ الثانوي يكون غير منتظم فيكون خشب ولحاء ثانويين بنسب مختلفة.
- ٢ - يكون غير عادي في وضعه أو قد يتوقف نشاطه لتحل محله طبقات كمبيومية أخرى غير عادية في ترتيبها وتوزيعها.