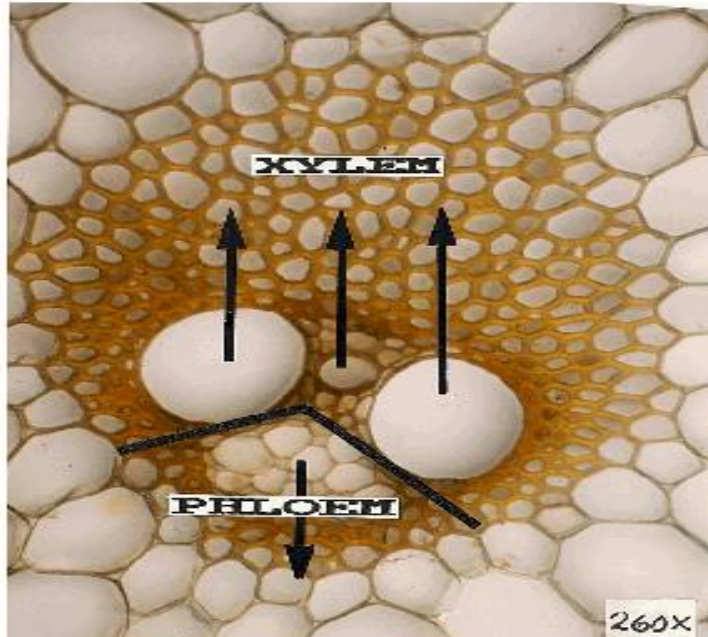
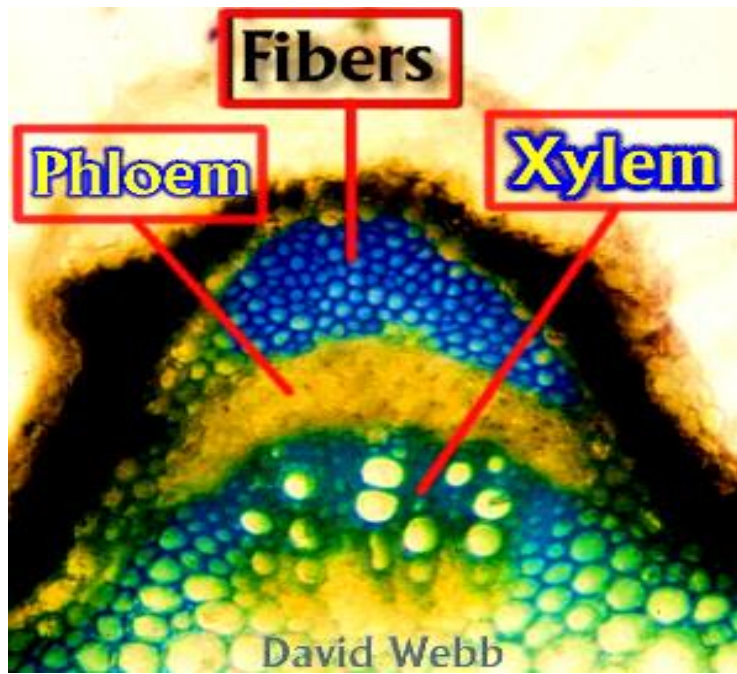


محاضرات
212 نيت (تشريح
نبات)

الجزء الثاني

3 . النظام النسيجي الوعائي Vascular tissue system

ويشمل الأنسجة الوعائية **Vascular tissues** أو الأنسجة التوصيلية **Conducting tissues**، والأنسجة الوعائية الأساسية في النباتات الراقية تتمثل في نسيج الخشب الذي ينقل الماء من الجذر إلى جميع أجزاء جسم النبات، و نسيج اللحاء الذي ينقل مكونات الغذاء من مصادرها الأوراق عادة إلى جميع أجزاء النبات، ولوجود نسيجي الخشب واللحاء متجاورين مع بعض في جسم النبات فيطلق عليهما معاً **النسيج الوعائي Vascular tissue**، وهذا النسيج الوعائي لم ير في النباتات تحت التريديات وهي الطحالب والفطريات والحزازيات. وتعرف النباتات التي تمتلك هذا النظام النسيجي الوعائي **بالنباتات الوعائية Vascular plants** وتشمل التريديات وعاريات البذور وكاسياتها (ريفن وآخرون Raven, et.al ، 2005م).



نسيج الخشب Xylem tissue

هو النسيج الأساسي الموصل للماء وهو نسيج مركب (معقد) يتكون من عدة أنواع من الخلايا الحية وغير الحية وتجمع بين وظيفتي التوصيل والدعامة بالإضافة إلى الأنشطة الحيوية الأخرى. وقد اقترحه ناجيلي Nageli، (1858 م). ويشمل الخشب الابتدائي في الجسم النباتي الإبتدائي. والخشب الثانوي في الجسم النباتي الثانوي.

الخشب الابتدائي Primary xylem

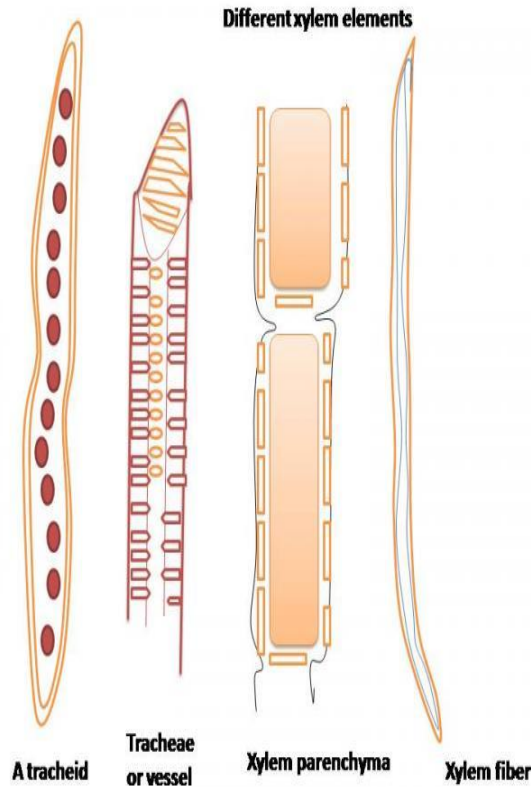
ينشأ بعد نمو الجنين من أحد نواتج النسيج الإنشائي القمي أي من المنشئ الوعائي الأولي (البروكامبيوم) ويمثل الجهاز التوصيلي في جسم النبات الابتدائي ويتكون الخشب الابتدائي من واحد أو أكثر من العناصر التالية.

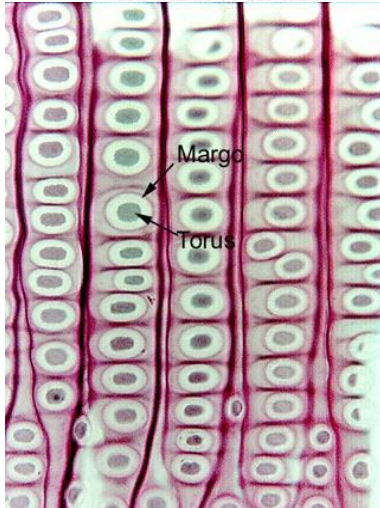
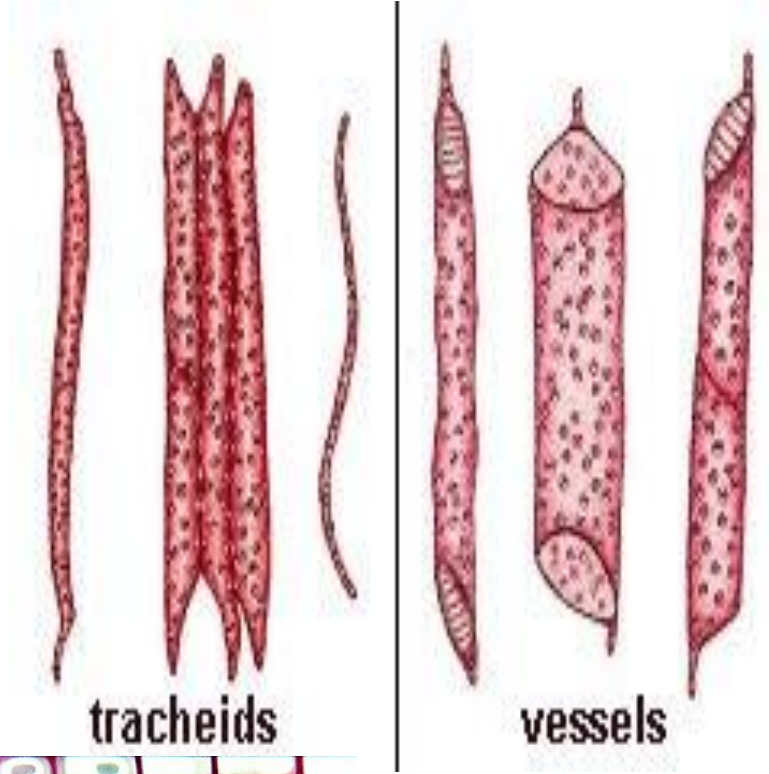
- القصيبات Tracheids

- الأوعية Vessels

- ألياف الخشب Xylem fibres

- برنشيمة الخشب Xylem parenchyma





Longitudinal section of pine wood (Pinus).

العناصر الوعائية

Tracheary elements

القصبيات والأوعية تعرف بالعناصر الوعائية وهي خلايا طويلة ذات جدر ثانوية ملجننة ولا تحتوي على بروتوبلازم عند البلوغ أو تمام النمو.

القصبيات **Tracheids** : تختلف عن عناصر

الوعاء **Vessel elements** بأن القصية خلية غير

مثقبة وتوجد بها أزواج النقر في جدرها المشتركة الجانبية

والعرضية، بينما عناصر الأوعية خلايا مثقبة في بعض الجدر

المشتركة مع بعضها البعض خاصة جدرها العرضية، وبذلك

تتصل عناصر الوعاء مع بعضها البعض مكونة أنابيب طويلة

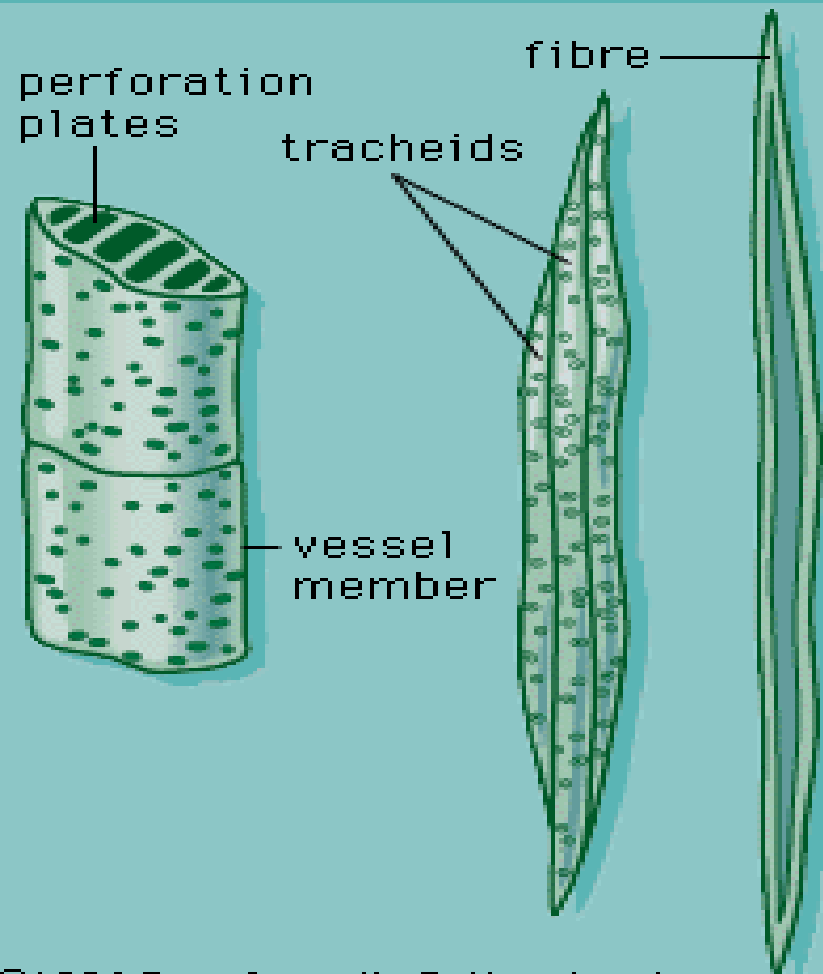
مثلة الوعاء، وتمر العصارة خلال الوعاء بسهولة من خلال

هذه الثقوب وقد توجد الثقوب في الجدر النهائية لعناصر

الوعاء أو بالجدر الجانبية ويسمى الجدار المثقب **بالصفحة**

المثقبة Perforation plate

XYLEM



©1996 Encyclopaedia Britannica, Inc.

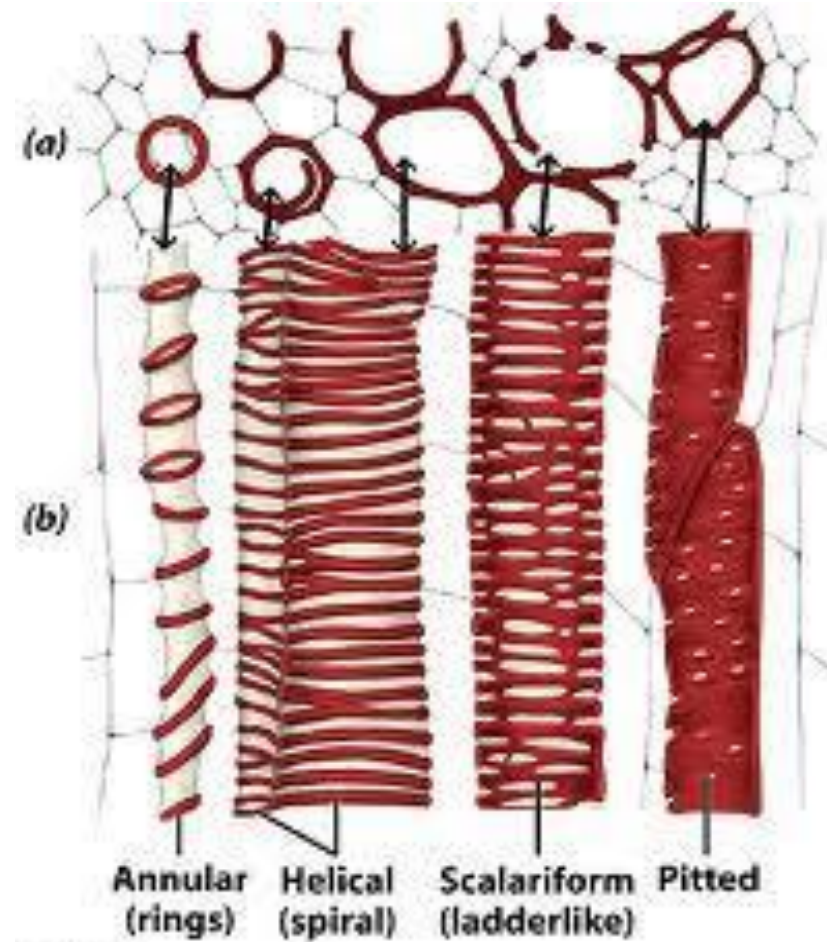
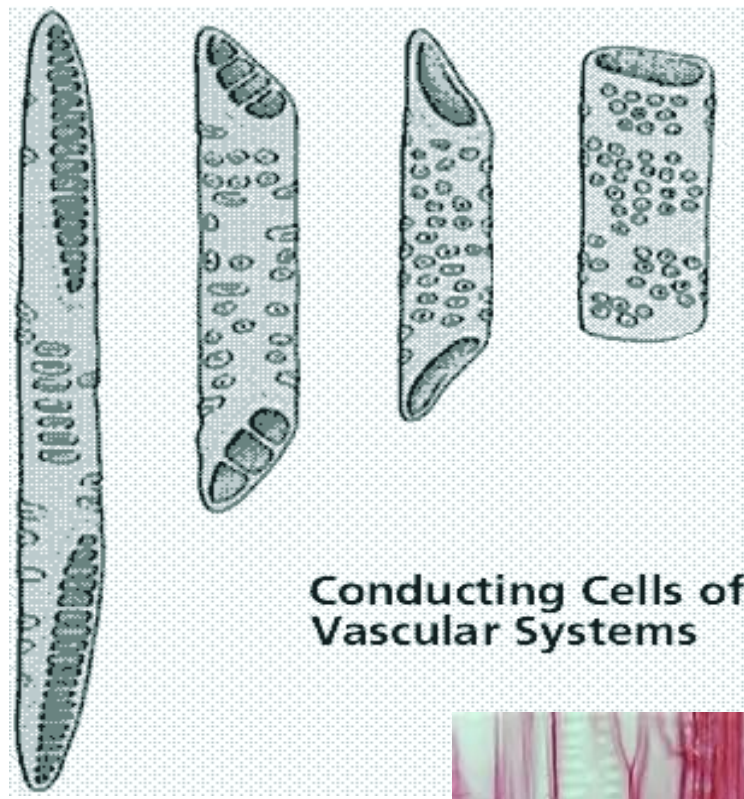


Figure 17-4
Biology of Plants, Seventh Edition
© 2005 W. H. Freeman and Company

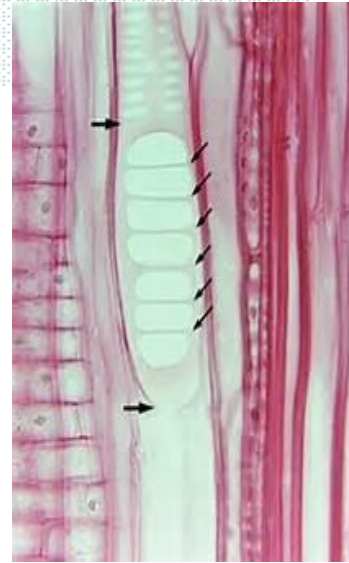
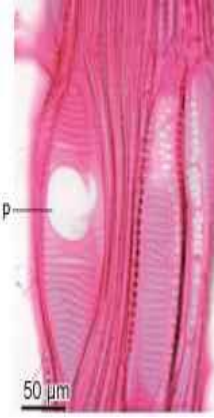


الصفحة المثقبة Perforation plate:

قد يوجد ثقب واحد كبير في صفحة
التثقيب وعندها تسمى **بصفحة تثقيب**
بسيطة Simple perforation plate أو

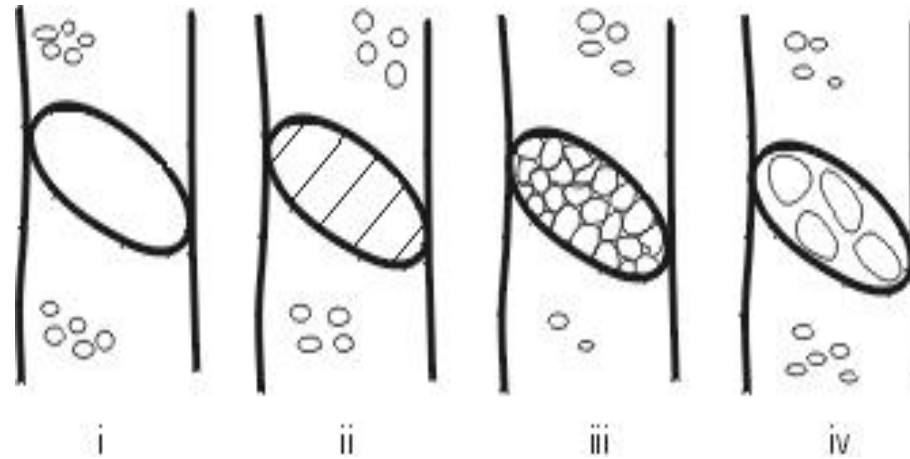
يوجد عدة ثقوب وعندها تسمى **بصفحة**
تثقيب مركبة أو معقدة Complex

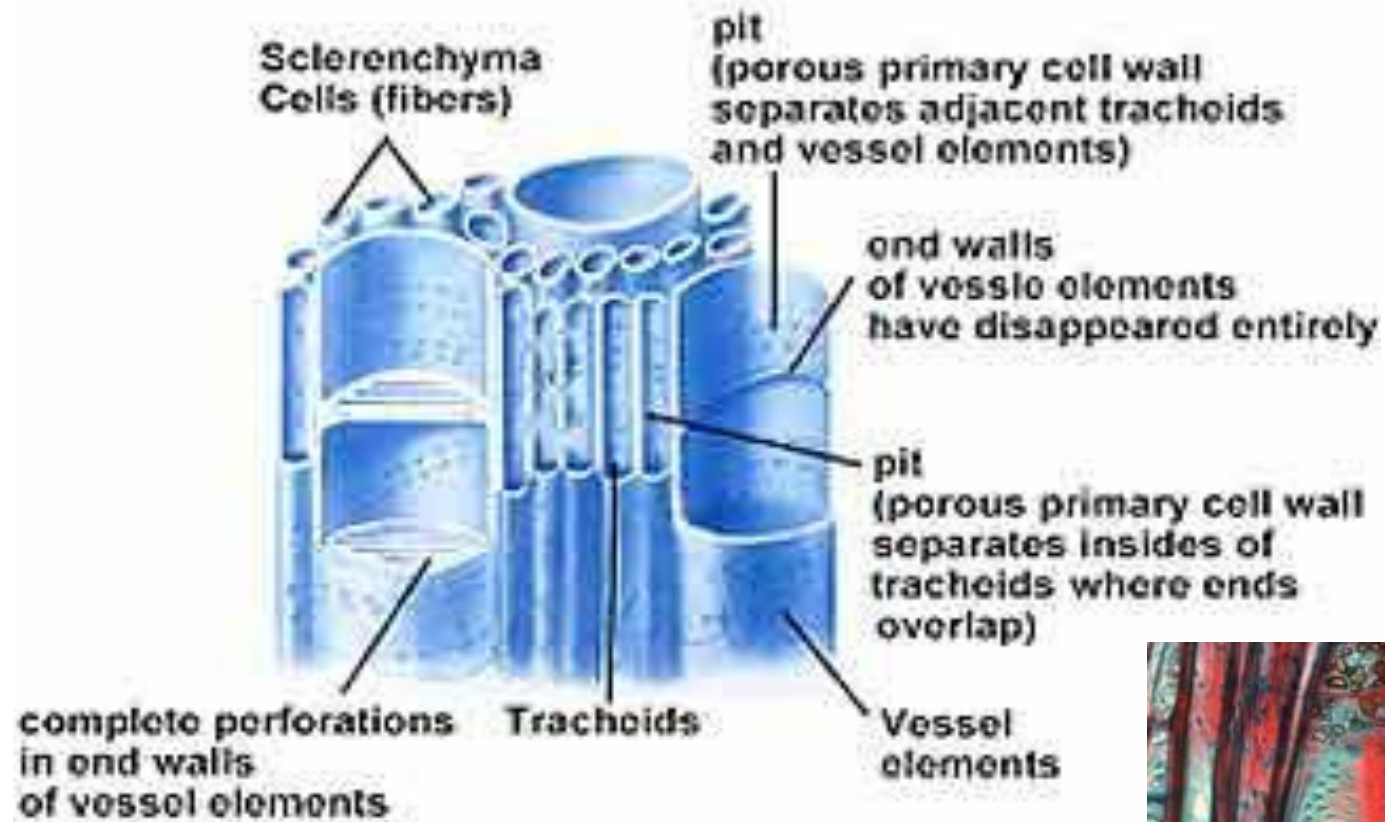
perforation plate مرتبة في صفوف
متوازية تعرف **بالصفحة المثقبة السلمية**
Scalariform perforation plate أو قد
يكون تثقيب الصفحة **شبكة Reticulate**
perforation plate.



Simple perforation plate **Complex perforation plate**

Perforation plate: perforated end cell wall of vessel element; generally in end walls. (i) simple, surrounded by rim only; (ii) scalariform, several to numerous elongated pores with bars between them (ladder like); (iii) reticulate, netlike; (iv) foraminiate, numerous more or less circular pores





In this longitudinal view, you can see the structure of the compound perforation plate. The vessels are relatively narrow at about 50 μm . Perforation plates are considered to be a safety feature, which will prevent air bubbles (embolisms) from traveling freely up the xylem vessels when water in the xylem cavities under severe water deficit conditions. Perforation plates trap the bubbles, which may be resorbed when water stress conditions no longer prevail.



تكوين الوعاء Vessel

ينشأ الوعاء في حالة الخشب الابتدائي من صف واحد من الخلايا الإنشائية هي خلايا

المنشئ الأولي Procambium . تستطيل هذه

الخلايا البدائية الوعائية قبل أن يبدأ ترسيب الجدار الثانوي، وتتسع جانبياً ثم بعد ذلك يترسب الجدار الثانوي بالشكل

الخاص بعنصر الوعاء، ولا تترسب مواد الجدار الثانوي

على الأجزاء التي ستصبح ثقوباً فيما بعد، ولكنها رغم

ذلك تصبح سميكة النسبة لبقية الجدار نتيجة لانتفاخ

المادة بين الخلوية، ويكون الجدار السليولوزي رقيقاً

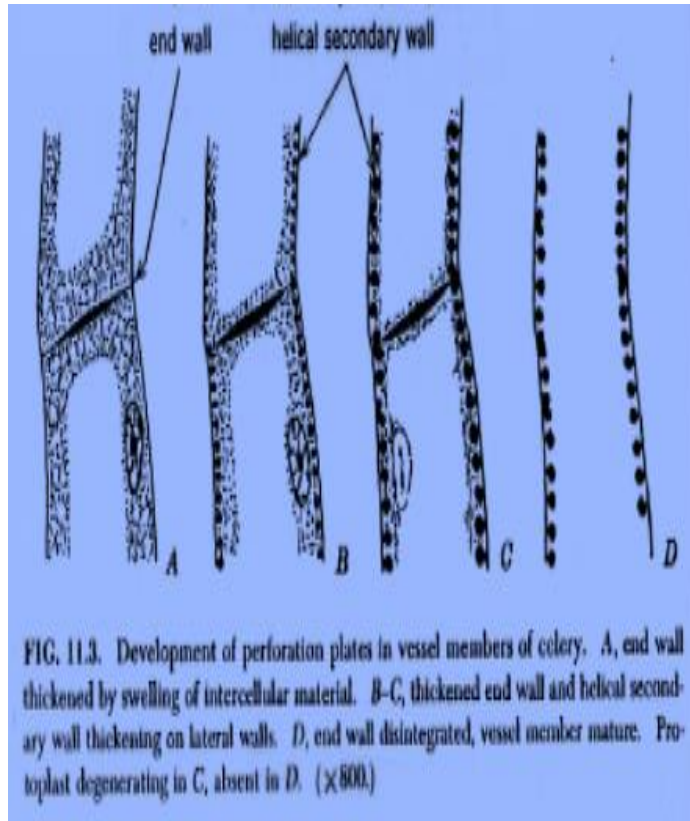
في هذه المساحات ثم تزول المساحات المنتفخة للجدار

الابتدائي ولكن بعد تكوين الجدار الثانوي. ويعتقد أنه

عند الثقيب تزول المادة غير السليولوزية والسليولوزية

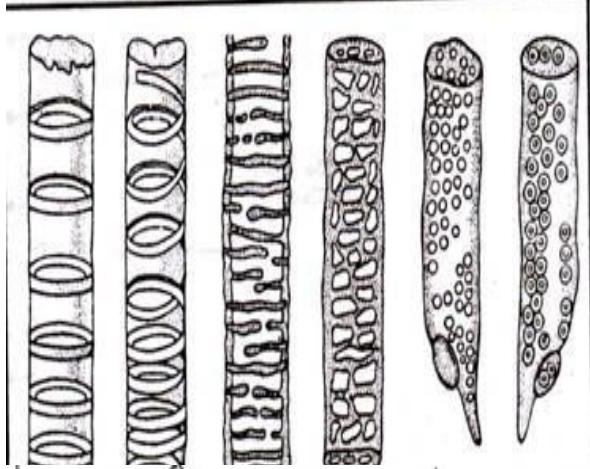
بتأثير البروتوبلازم ويموت البروتوبلازم بتحلل محتوياته

بعد تكوين الثقوب ويكون بقايا حول الجدار.



تركيب الجدار الثانوي للعناصر الوعائية

تترسب مادة الجدار الثانوي على الجدار الابتدائي لعنصر الوعاء بالأشكال أو التغلظات التالية:



1 - التغلظ الحلقي Anrular thickening

ويتكون الجدار الثانوي على الجدار الابتدائي بشكل حلقات متباعدة ويوجد عادة في الخشب الأول Protoxylem.

2. التغلظ الحلزوني Spiral thickening

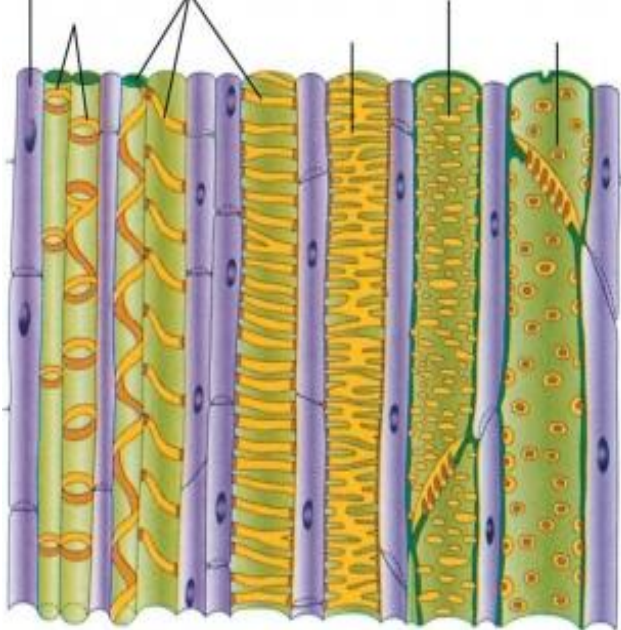
ويتكون الجدار الثانوي على الجدار الابتدائي على هيئة حلزون إما أن يكون حلزونياً منفرداً أو مزدوجاً ويمكن أن يكون الحلزون متباعدة أو متقارباً ويكون غالباً في الخشب الأول. ويفترض بعض العلماء بأن التغلظ الحلزوني ينتج من التغلظ الحلقي وذلك بزيادة عدد الحلقات واتصالها مع بعض على هيئة حلزون.

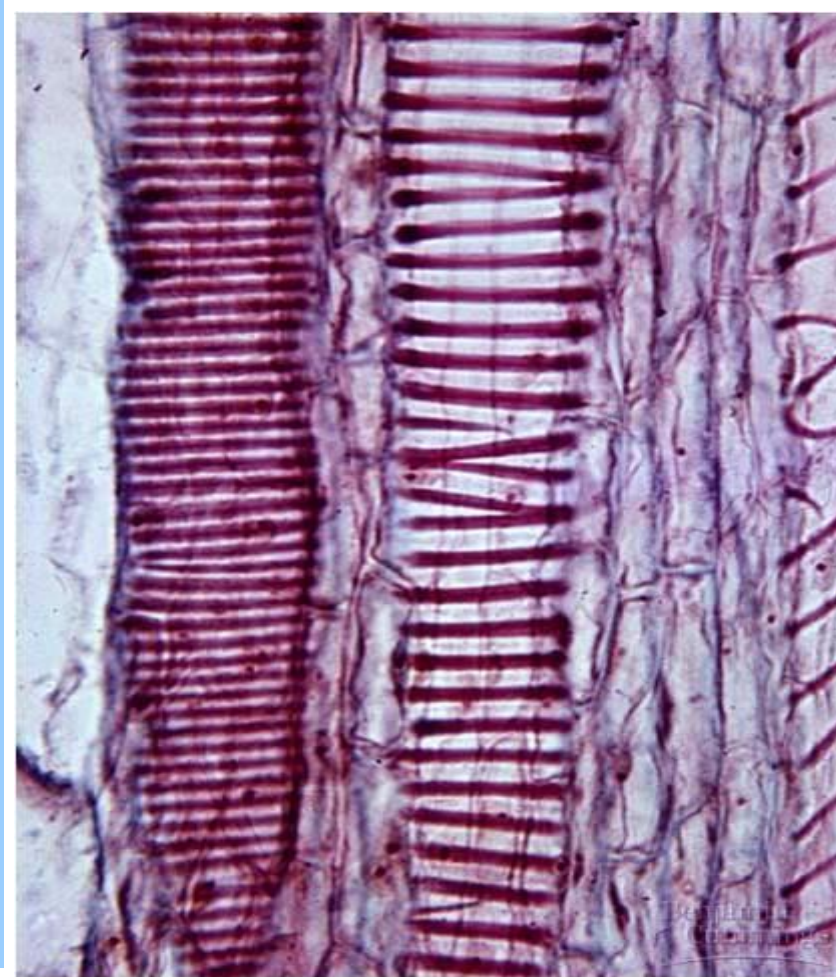
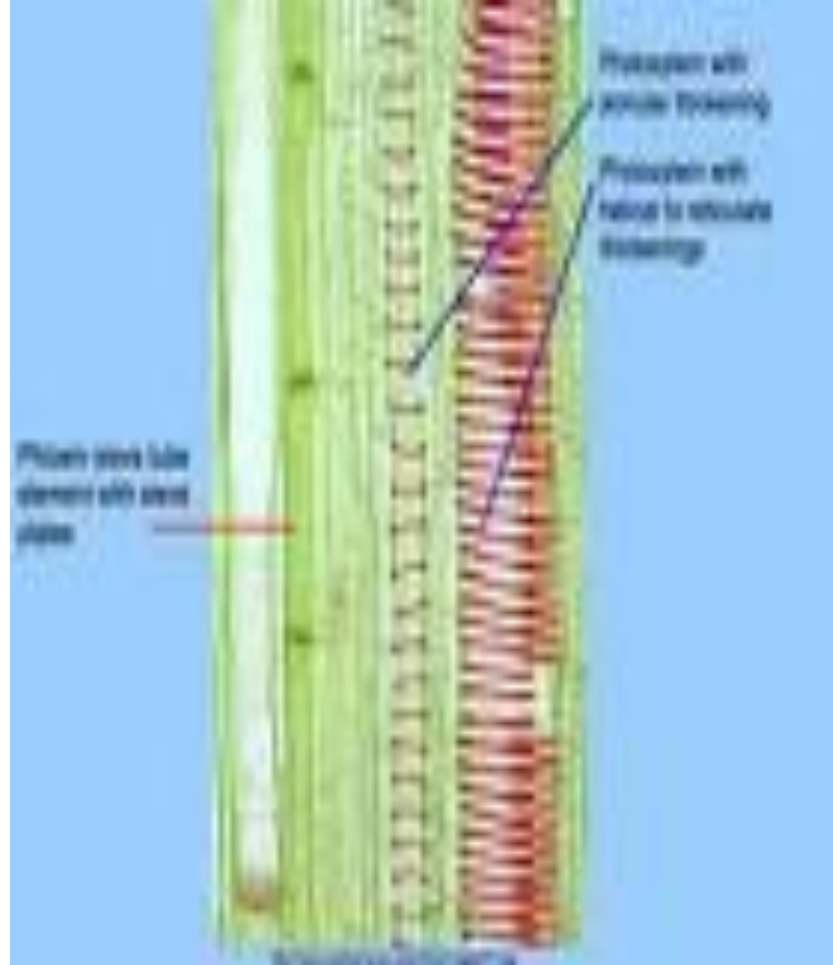
3. التغلظ الشبكي Reticulate thickening

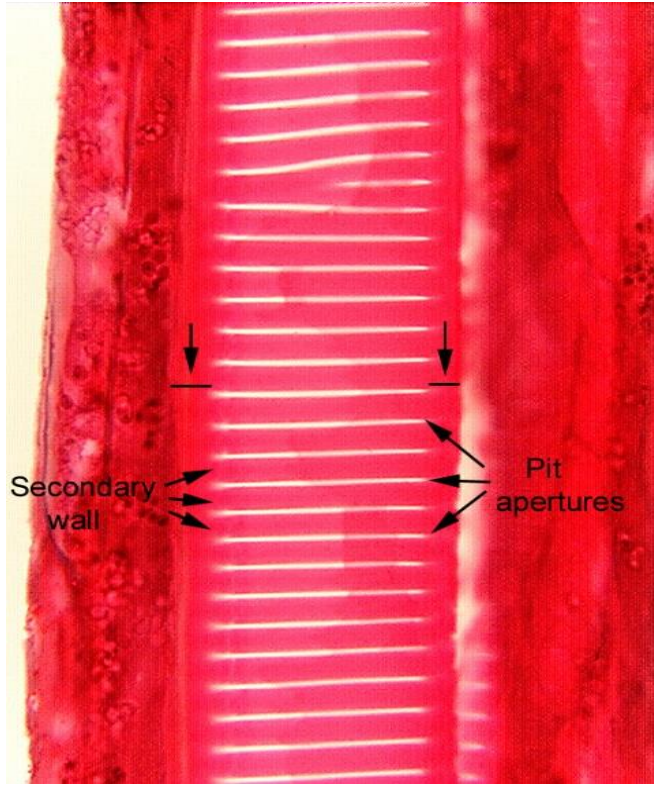
ويكون ترسيب مادة الجدار الثانوي على هيئة شبكة. وإذا كانت فتحات هذه الشبكة مستطيلة في اتجاهات متعامدة على محور عناصر الوعاء فإن هذا التغلظ يسمى تغلظاً شبكياً سلمياً

4. التغلظ النقري Pitting thickening

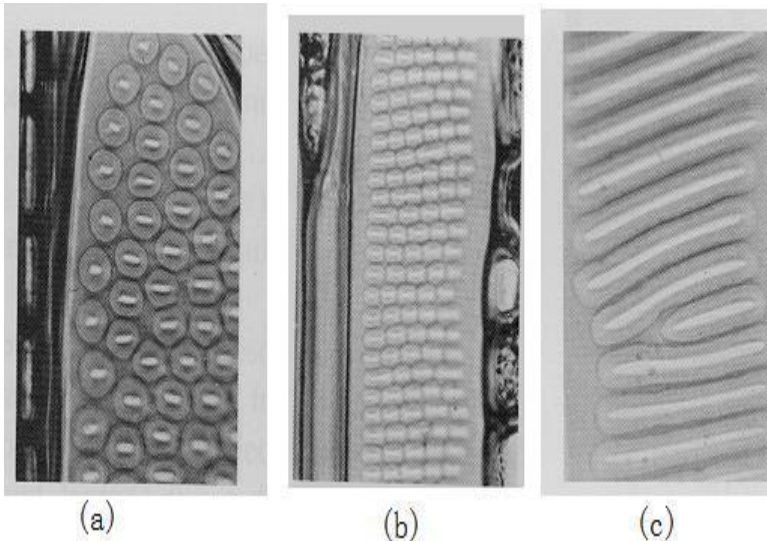
إذا زاد ترسب مادة الجدار الثانوي على الجدار الابتدائي إلى درجة أن يكون متصلاً مع بعض فيما عدا بعض النقر المضغوطة سمي هذا التغلظ بالنقري، وهو أرقى أنواع التغلظ الثانوي للجدار ويوجد خاصة في العناصر الوعائية للخشب التالي من الخشب الابتدائي والخشب الثانوي. وقد لا توجد جميع هذه الأشكال من التغلظ الثانوي للجدار في النبات الواحد







النقر في التغلظ النكري للجدار تكون مصفوفة
وعندما تكون النقر المصفوفة مستطيلة ومرتبة في صفوف
طولية على طول العناصر الوعائية يسمى **التنقير بالسلمي**
Scalariform pitting، وعندما تكون النقر
مستديرة تترتب في صفوف عرضية تسمى **بالتنقير المتقابل**
Opposite pitting، وعندما تكون النقر
بيضاوية أو أهليلجية مترتبة عرضياً يسمى **بالتنقير المتبادل**
Alternate pitting وتعتبر القصيبة أقل رقياً من
عناصر الوعاء وتوجد في النباتات البذرية الحفرية وفي
عاريات البذور والنباتات الوعائية البدائية. في نباتات
ذوات الفلقتين تتحول القصيبات إلى عناصر أوعية في
الخشب الثانوي ثم في الخشب الابتدائي، أما في نباتات
الفلقة الواحدة فلا توجد أوعية في الخشب الثانوي في
النباتات التي يحصل فيها نمواً ثانوياً. أو قد لا توجد في
الخشب الابتدائي.



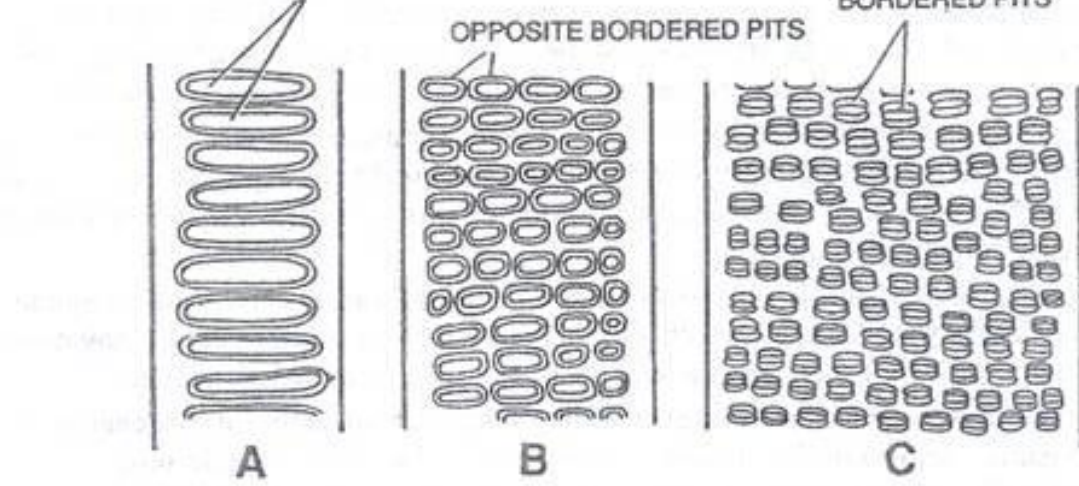
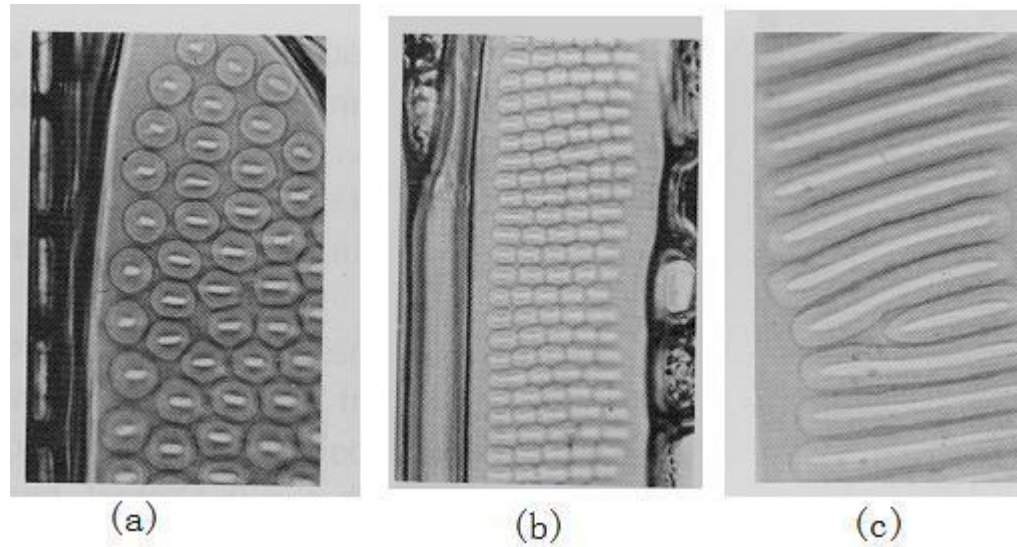


Fig. 34.16. Pits. Arrangement of bordered pits in vessel walls of angiosperms as seen in face view. A, scalariform in *Magnolia*; B, opposite in *Liriodendron*; C, alternate in *Salix*.



Alternate pitting Opposite pitting Scalariform pitting

الألياف Fibres

ألياف مدبة Libriform fibres

ألياف قصيية Fibre – Tracheids

ألياف جلاتينية أو مخاطية

Gelatinous or mucilaginous fibres

سبق استعراضها عند وصف النسيج السكرنشمي .

الخلايا البرنشيمية (برنشيمة الخشب

(Xylem pareuclyma

خلايا حية رقيقة الجدر تنشأ من المنشئ الأولي

في حالة الخشب الابتدائي، أي أنها تحتوي على بروتوبلازم

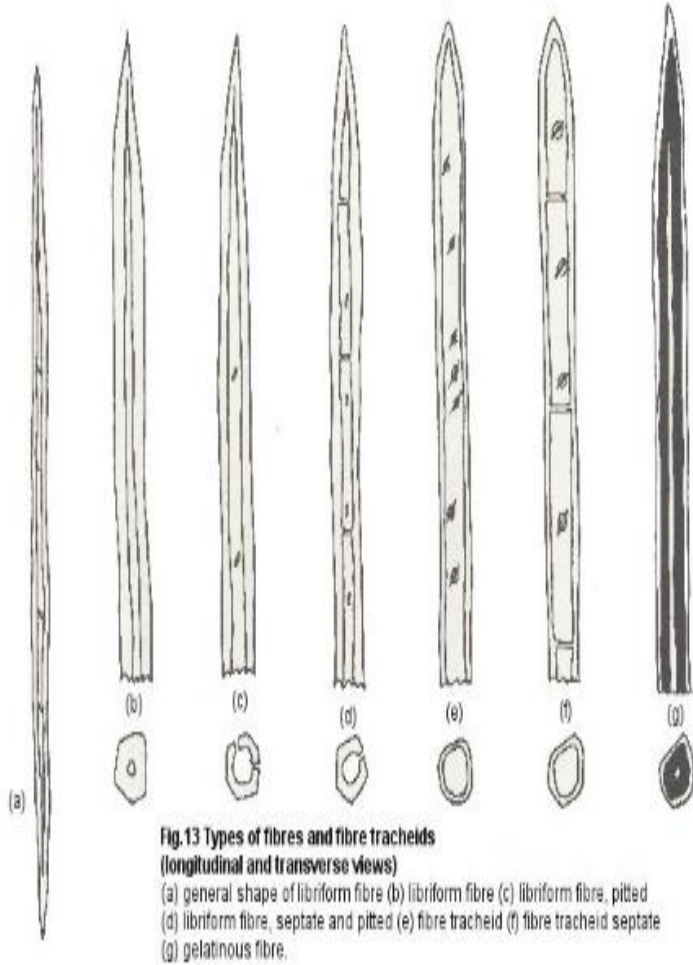
وتقوم بالوظائف الحيوية مثل تخزين المواد الغذائية مثل :

النشا . الدهون والبروتينات (هول Holl ، 2000 م).

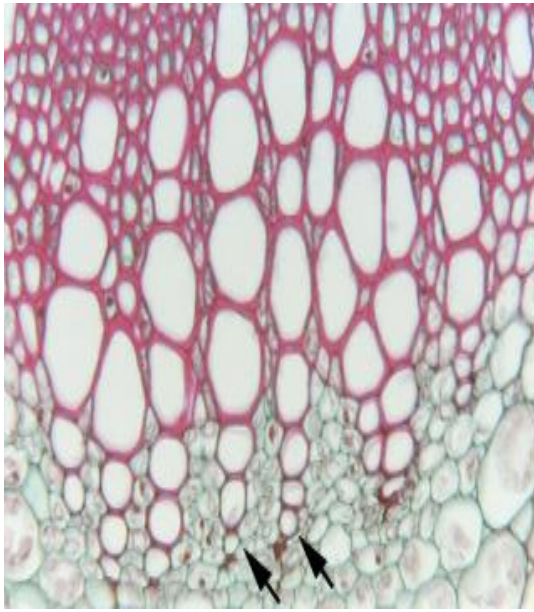
كما أنها قد تحتوي على المواد الدباغية وبلورات

أكسالات الكالسيوم

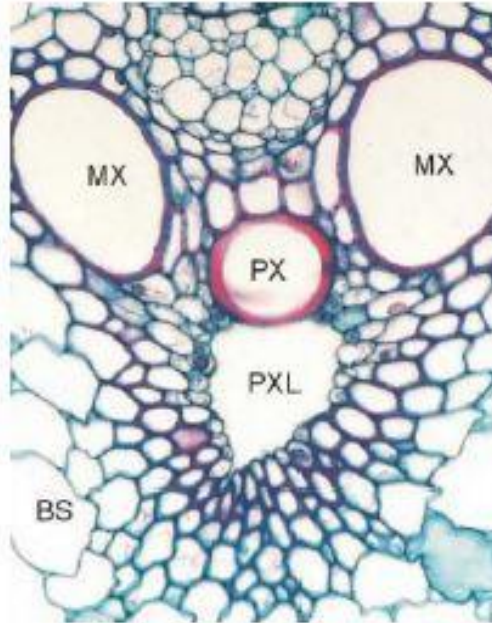
(كارلكويست Carlquist 2001 م).



الخشب الابتدائي: Primary Xylem



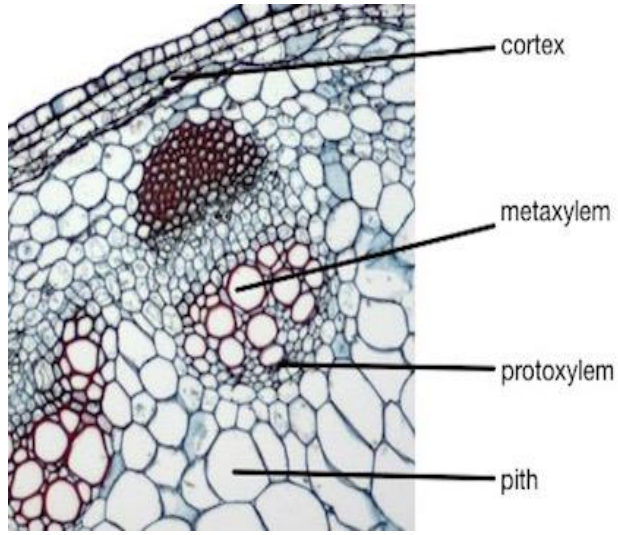
الخشب الابتدائي: Primary Xylem



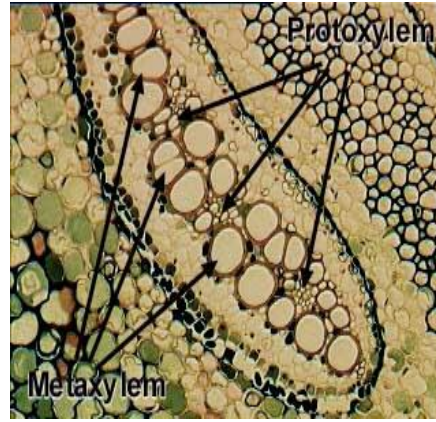
يقسم الخشب الابتدائي إلى خشب أول Protoxylem وخشب تالي Metaxylem نظراً لأن عناصره لا تتميز من المنشئ الأولي جميعها في وقت واحد، فبعض العناصر يتم نموها أولاً بينما عناصر أخرى مازالت في مراحل مختلفة من النمو.

الخشب الأول: يتميز ويتم نموها في الساق والورقة قبل أن تستطيل هذه الأعضاء. والعناصر الوعائية للخشب الأول عادة ذات تغلظات حلقية أو حلزونية وأحياناً شبكية. وعناصره أضيق كثيراً من عناصر الخشب التالي وبه عناصر وعائية قليلة ونسبة كبيرة من البرنشيمية.

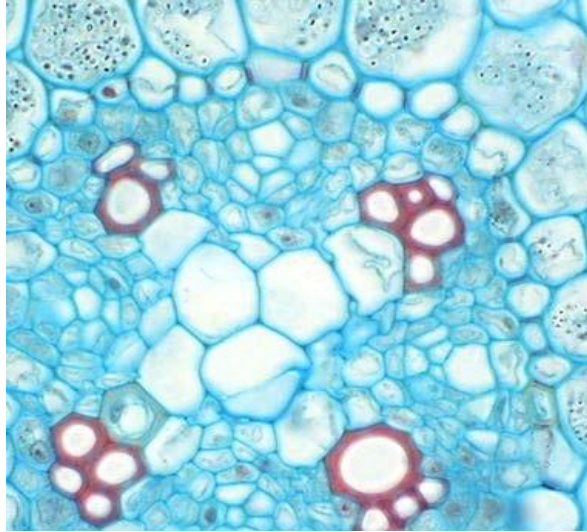
الخشب التالي: يتميز و يتكشف بعد نشأة وتميز الخشب الأول، ويتميز أثناء استطالة الأعضاء ويتم نموها بعد أن تنهي الأعضاء النباتية استطالتها. وعناصره ذات تغلظ حلزوني أو شبكي أو منقرأً. وعناصره أوسع من عناصر الخشب الأول. ولا تتأثر باستطالة العضو النباتي لأنها تتم نموها بعد أن ينهي العضو استطالته. وهو النسيج الموصل للماء في النباتات التي لا يحصل فيها نمواً ثانوياً. وهو أكثر تعقيداً من الخشب الأول وعناصره الوعائية أكثر اتساعاً وبه قصيبات وأوعية وبرنشيمه وألياف، وتؤدي كثرة الخلايا الملجننة إلى جعله أكثر صلابة من الخشب الأول.



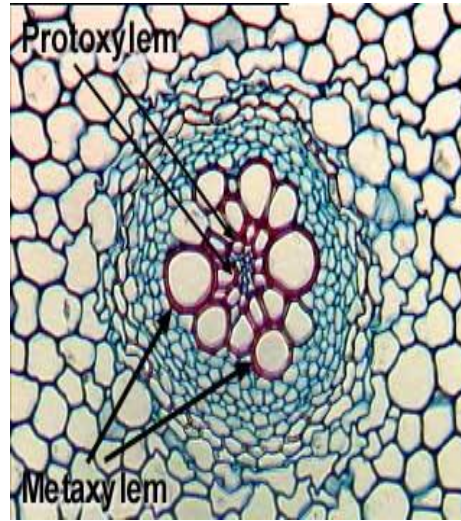
Endarch



Mesarch



Exarch



Centrarch

منشأ الخشب الأول:

Protoxylem ينشأ أولاً

في المنشأ الوعائي الأولي ويشكل الخشب الأول مكاناً مميزاً في المجموع الوعائي للخشب الابتدائي، ففي الساق يقع ناحية

الداخل **Endarch** أي داخلي

المنشأ وفي الجذر يوجد لخارج

المجموع الوعائي للخشب الابتدائي

أي خارجي المنشأ **Exarch**،

وقد يوجد متوسط المنشأ

Mesarch، أو مركزي المنشأ

Centrarch

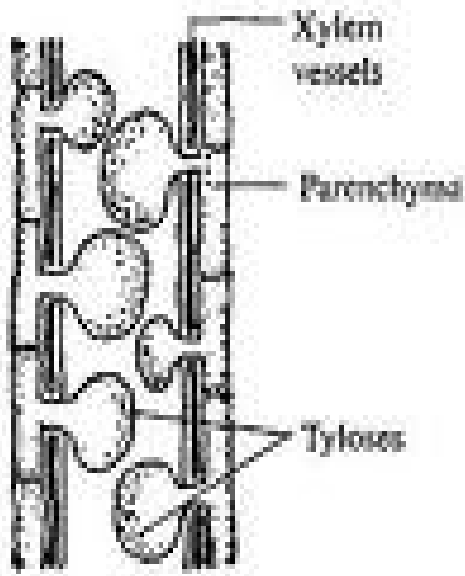
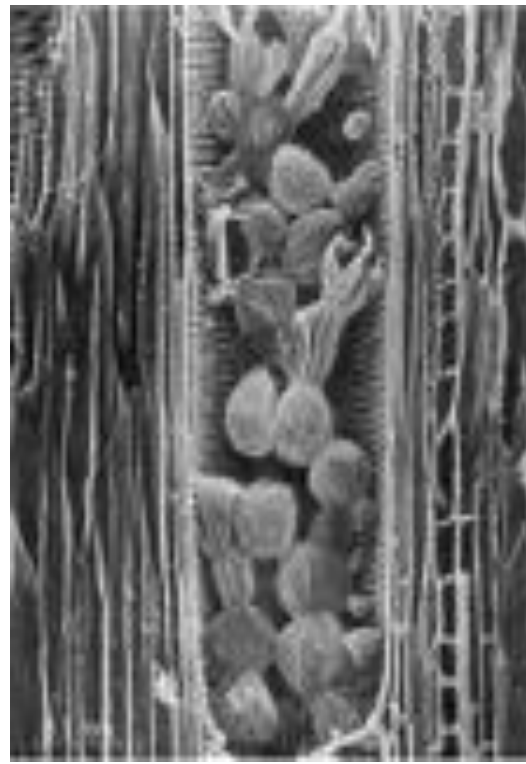
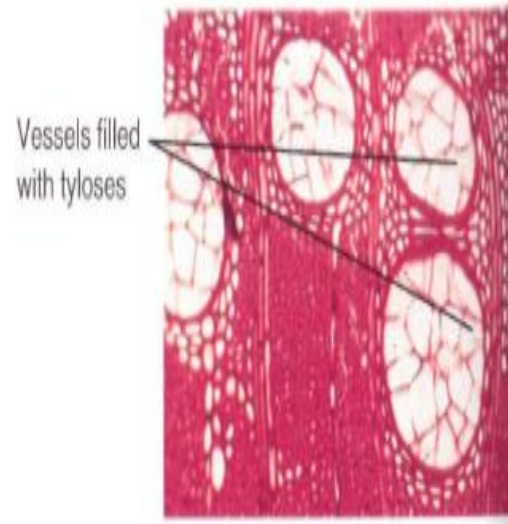
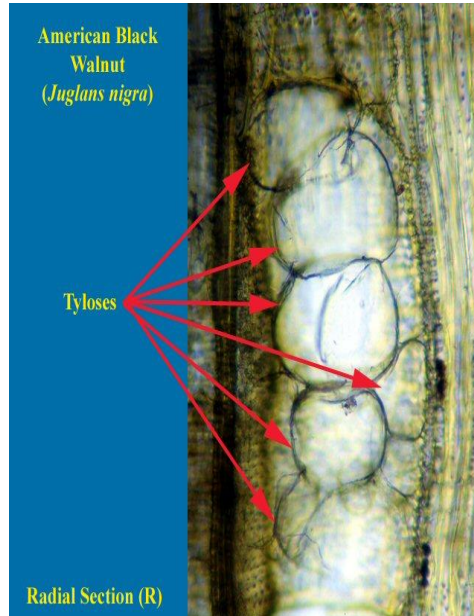


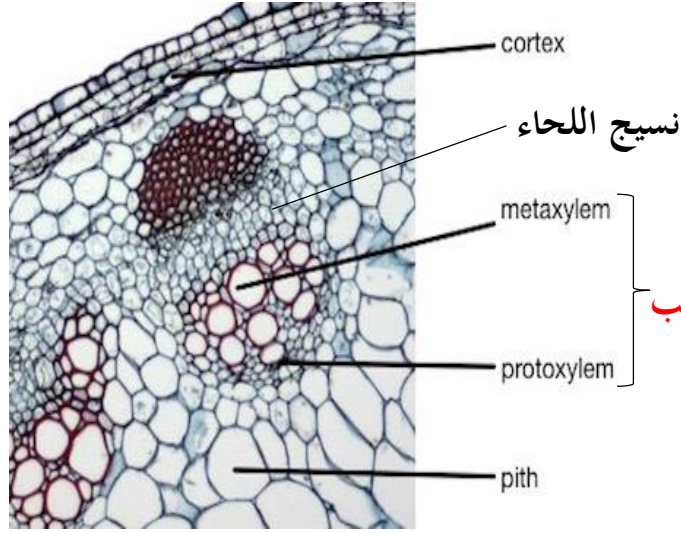
Fig. 3.3.2.5 : Tyloses in xylem vessel



التايلازات :Tyloses

ومفردها تايلاوز Tylose وهي نتوءات من جدران الخلايا البرنشيمية إلى عناصر الخشب الوعائية (القصيبات والأوعية) عندما تكون هذه العناصر غير فعالة أو مجروحة. ويحدث هذا البروز خلال زوج النقر الواقعة في الجدر التي تفصل بين الخلايا البرنشيمية والعناصر الوعائية. وقد تنتقل النواة وجزء من السيتوبلازم إلى التايلاوز، وفي حالة البلوغ قد يظل جدار التايلاوز رقيقاً أو قد يكون سميكاً ثانوياً. وقد يصبح ملجناً. وقد تقسم التايلاوزات إلى عدة أجزاء أو تتحول إلى خلايا حجرية. (كاني Canny، 1997 م).





نسيج اللحاء Phloem tissue

هو النسيج الموصل للمواد الغذائية ويوجد نسيج اللحاء دائماً بجانب نسيج الخشب ويتكون اللحاء من عدس نسيج الخشب أنواع من الخلايا فهو بذلك يكون نسيجاً مركباً شكلاً ووظيفة والمكونات الأساسية لعناصر اللحاء هي:

1 - العناصر الغربالية Sieve elements

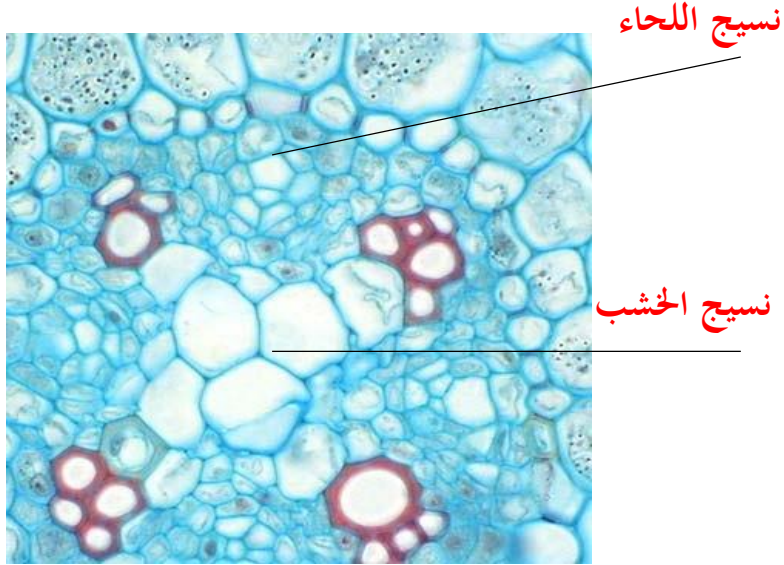
2 - برنشيمة اللحاء Phloem Parenchyma

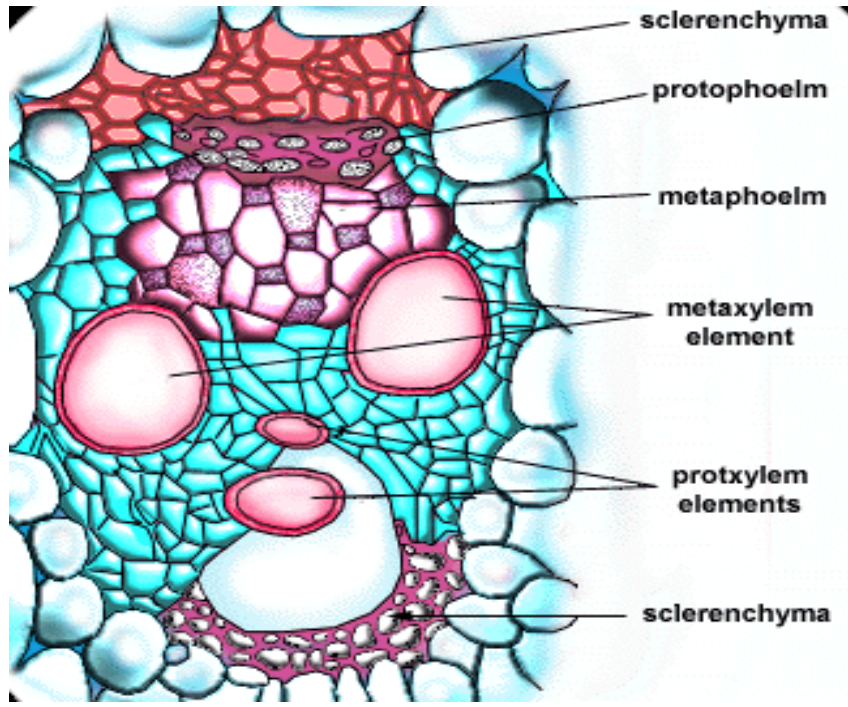
3 - ألياف اللحاء Phloem Fibers

4 - الخلايا الحجرية. Sclareids

بالإضافة إلى الخلايا المرافقة Companion cells أو الخلايا الزلائية Albuminous cells أو الخلايا الناقلة Transfer cells

ويقسم اللحاء إلى لحاء ابتدائي في الجسم النباتي الابتدائي، ولحاء ثانوي في الجسم النباتي الثانوي.





اللحاء التالي Metaphloem

يتميز ويتكشف بعد نشأة وتميز اللحاء الأول. ويتكون من جميع عناصر اللحاء، بالإضافة إلى وجود خلايا مرافقة في النباتات كاسيات البذور. وعناصره الغربالية أوسع عما هي عليه في اللحاء الأول وذات مساحات غربالية واضحة.

اللحاء الابتدائي Primary phloem

ينشأ اللحاء الابتدائي من الأنسجة الإنشائية القمية من المنشئ الوعائي الأولي ويمثل مع الخشب الابتدائي الجهاز التوصيلي الابتدائي. ويقسم اللحاء الابتدائي حسب النشأة إلى **لحاء أول** و**لحاء ثاني**.

اللحاء الأول Protophloem

يتميز ويتكشف قبل أن يتكشف اللحاء التالي ويتميز بوجود عناصر غربالية وهي **خلايا غربالية** أو **عناصر أنابيب غربالية** تفتقر إلى الخلايا المرافقة كما يوجد ألياف لحاء تسمى بألياف خارج اللحاء الابتدائي **Outer phloem fibres** وكانت قديماً تسمى بألياف الدائرة المحيطية **Pericycle fibres** وتتميز عناصر هذا النوع من اللحاء بأنها ضيقة، ونظراً لأنها تنشأ مع نشأة النبات أو العضو النباتي فإنها تتأثر باستطالة العضو النباتي ومن ثم تتمزق وتحلل.

عناصر اللحاء الابتدائي Primary phloem elements:

1. العناصر الغربالية Sieve elements وتقسم إلى نوعين هما:

أ. خلايا غربالية Sieve cells

ب. عناصر أنابيب غربالية Sieve tube elements

أ. الخلايا الغربالية Sieve cells

خلايا طويلة رقيقة الجدر وتستدق في نهاياتها،
وجدرها النهائية مائلة وتتميز بوجود مساحات
غربالية sieve areas غير متخصصة.

والمساحة الغربالية غير المتخصصة هي مجموعة كبيرة م الثقوب

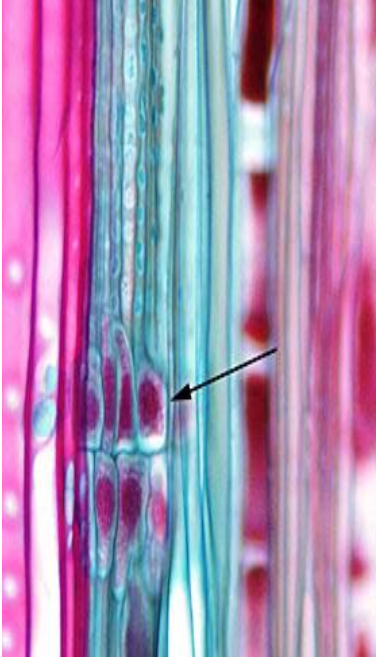
الضيقة تتصل خلالها الخلايا الغربالية بنموات شريطية

من البروتوبلازم. جدرها سليولوزية دائماً وتحتوي على نواة،

وبلاستيدات خضراء صغيرة الحجم المكونة من النوع النشوي

S-type و النوع البروتيني P-type كما هي الحال في عناصر

الأنابيب الغربالية توجد هذه الخلايا الغربالية في لحاء نباتات عاريات البذور

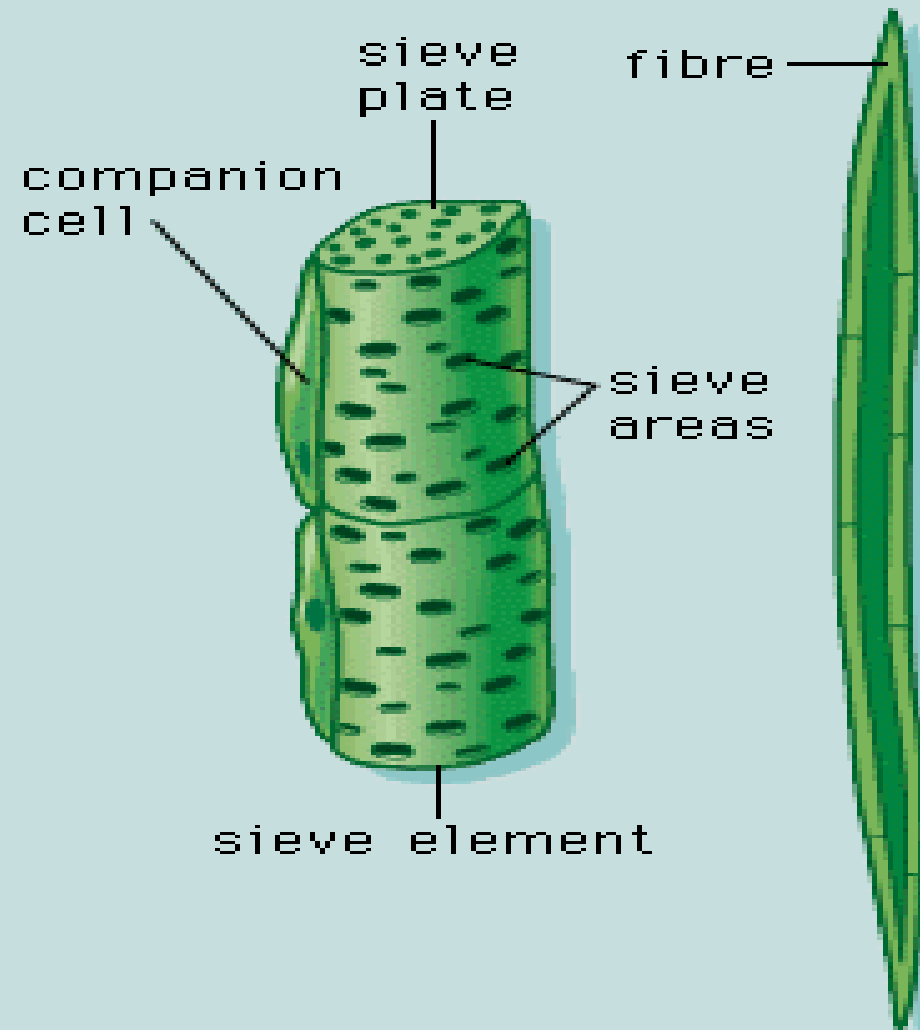


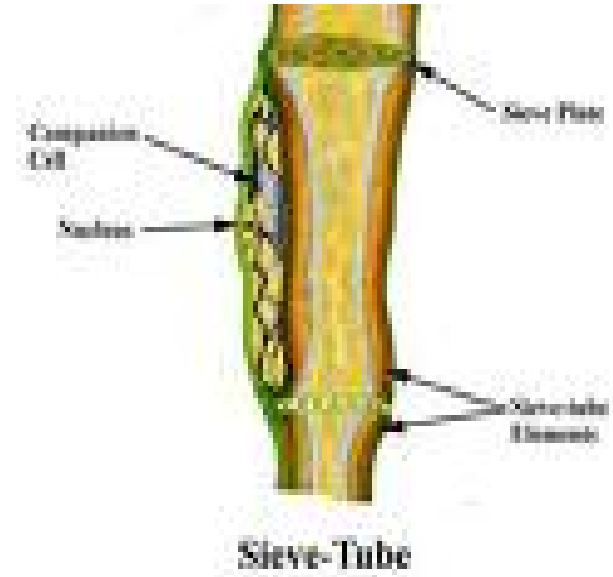
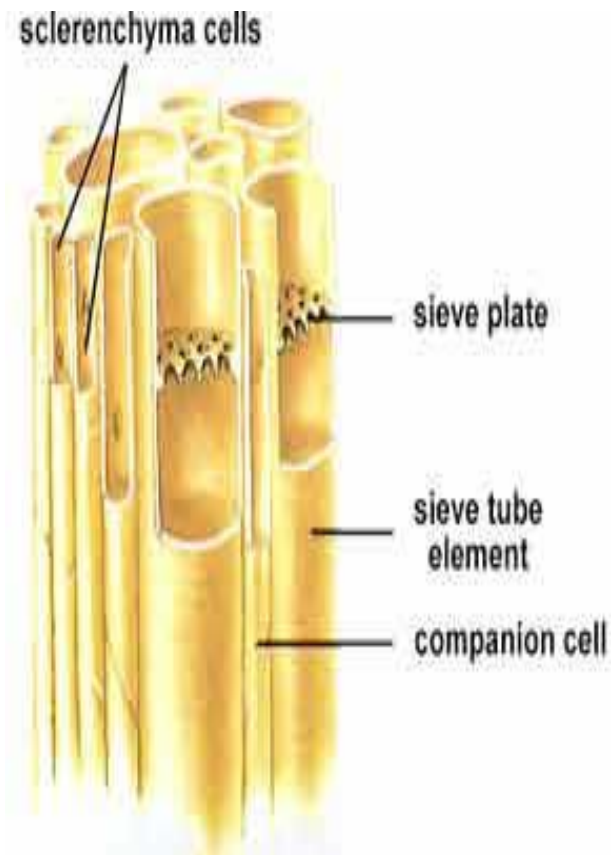
Albuminous cells 100x
objective - phloem in
longitudinal section of pine
stem

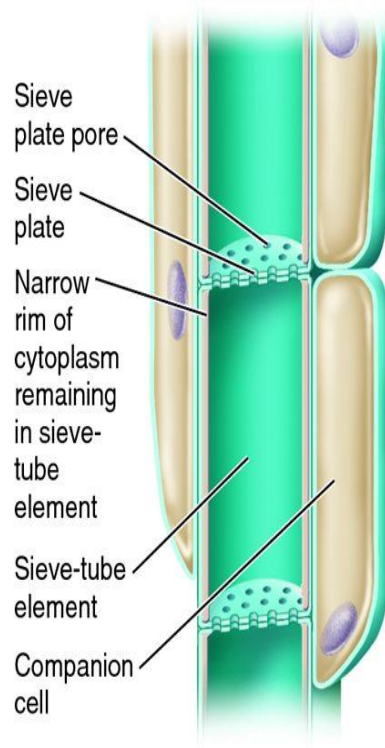


sieve cell

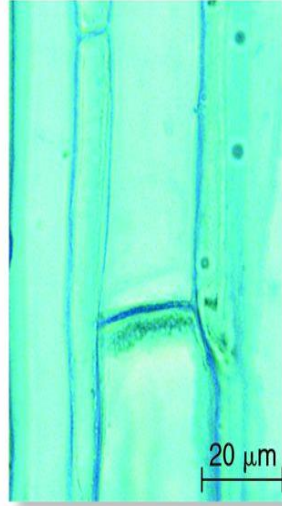
PHLOEM







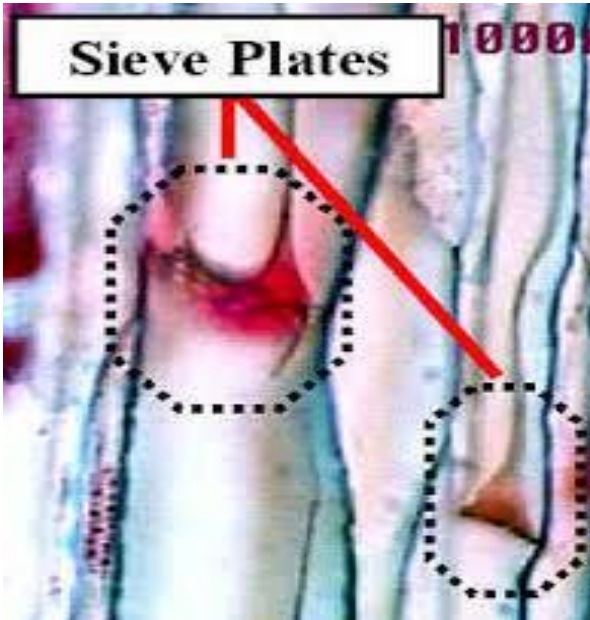
(a) Sieve-tube elements and companion cells



(b) Light micrograph of phloem stained with blue dye, showing sieve-tube elements

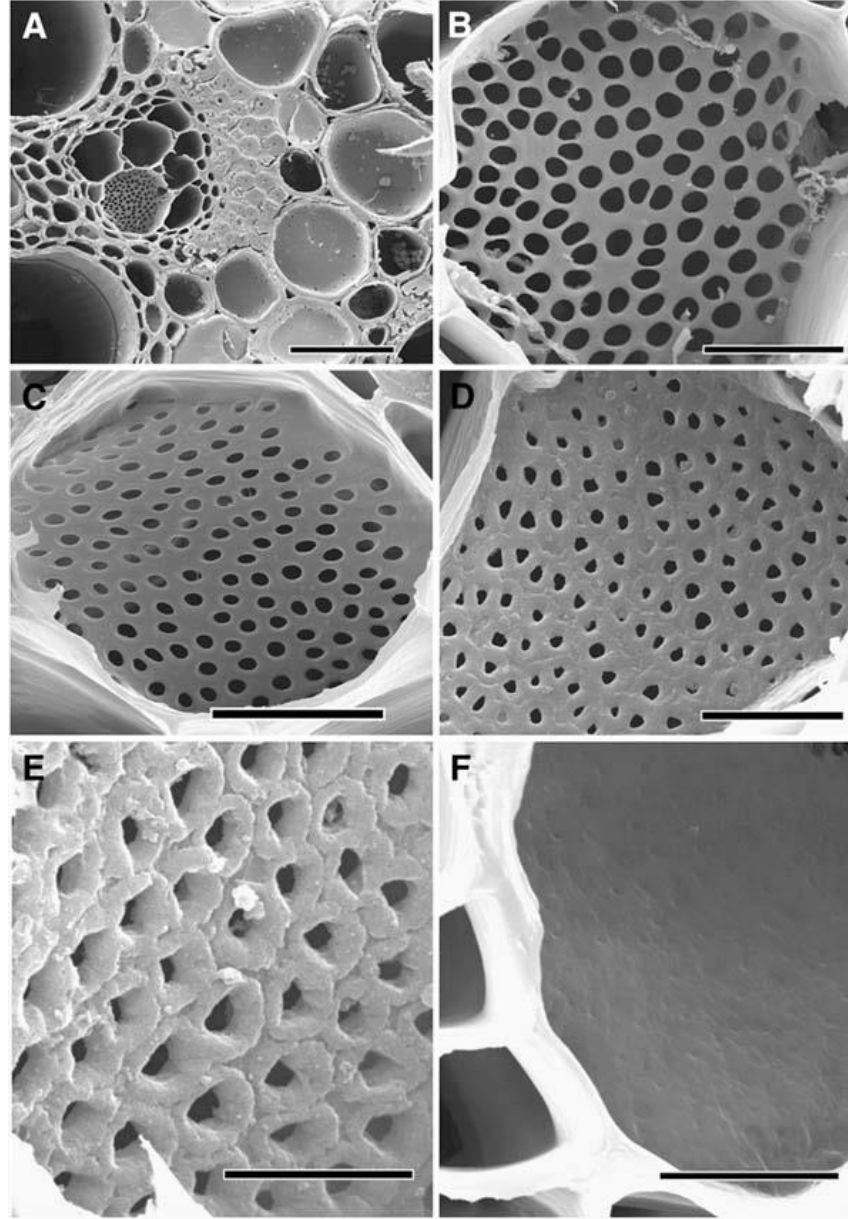
ب - عناصر الأنابيب الغربالية Sieve tube elements

خلايا حية ذات جدر سليولوزية وبكتينية، وتتميز بالإضافة إلى المساحات الغربالية في الجدر الجانبية بوجود مساحات غربالية متخصصة في صورة صفائح توجد بالجدر النهائية وقد تكون مائلة كثيراً أو مستقيمة وتترتب عناصر الأنابيب الغربالي فوق بعضها البعض في سلسلة طويلة وتعتبر أكثر رقيقاً من الخلايا الغربالية.



المساحات الغربالية المتخصصة :

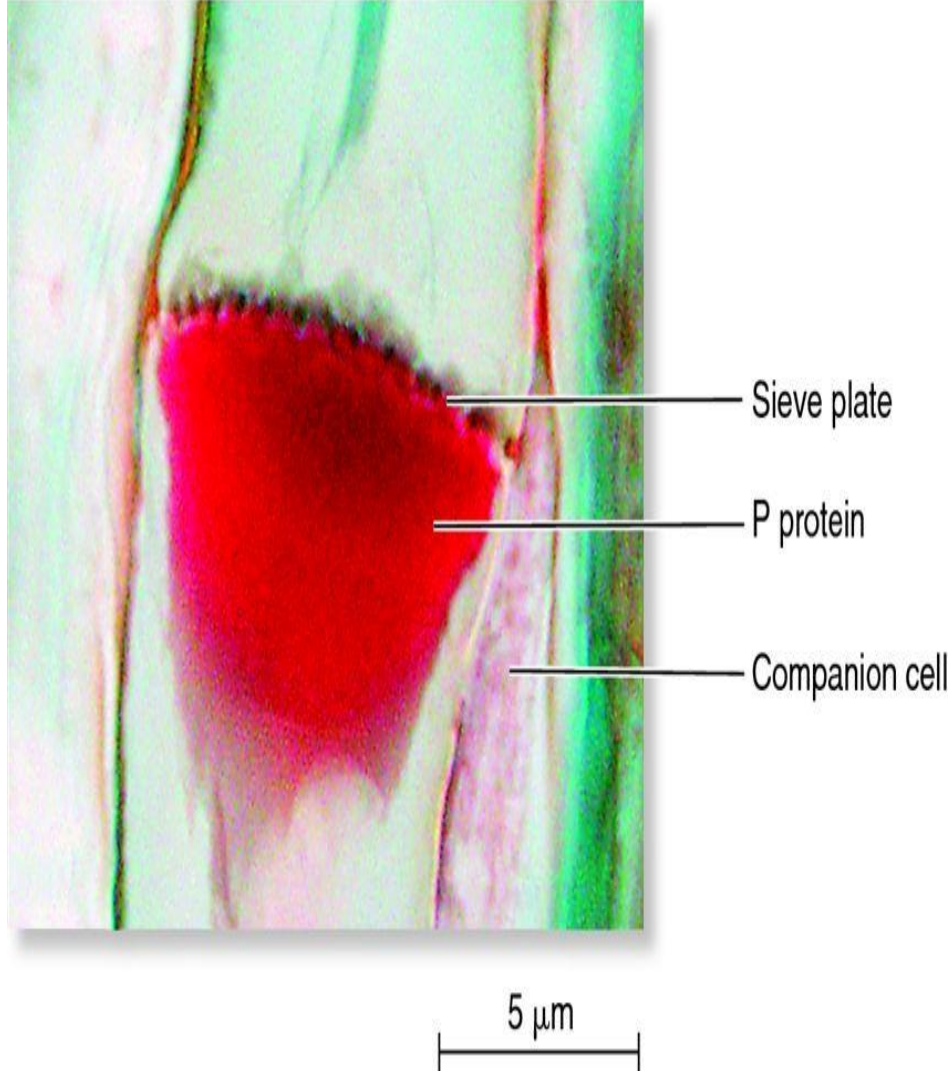
تكون واسعة الثقوب وقد تترسب مادة **الكالوس** **Callose** (وهي مادة كربوهيدراتية عديدة السكريات تعطي لوناً أزرق مع أزرق الميثيلين) حول الجدر الداخلية لهذه الثقوب أو قد تتعداها إلى المساحات بين الثقوب بحيث تشغل جميع مساحة الجدار العرضي وتسمى هذه المساحات الغربالية المتخصصة **بالصفائح الغربالية Sieve plates**، وقد تتكون الصفيحة الغربالية من مساحة غربالية واحدة أو من عدة مساحات غربالية . ويتراكم الكالوز في هذه الثقوب بكميات كبيرة خلال فترة الشتاء بحيث يسدها ثم يذوب في فصل الربيع. وخلية الأنبوب الغربالي أو عنصر الأنبوب الغربالي يحتوي على بروتوبلاست ولكن تختفي النواة عند البلوغ في معظم النباتات ذوات الفلقتين (إيفرت 1990 Evert وكذلك في معظم نباتات ذوات الفلقة الواحدة (إلفثيريو Eleftheriou، 1990)).

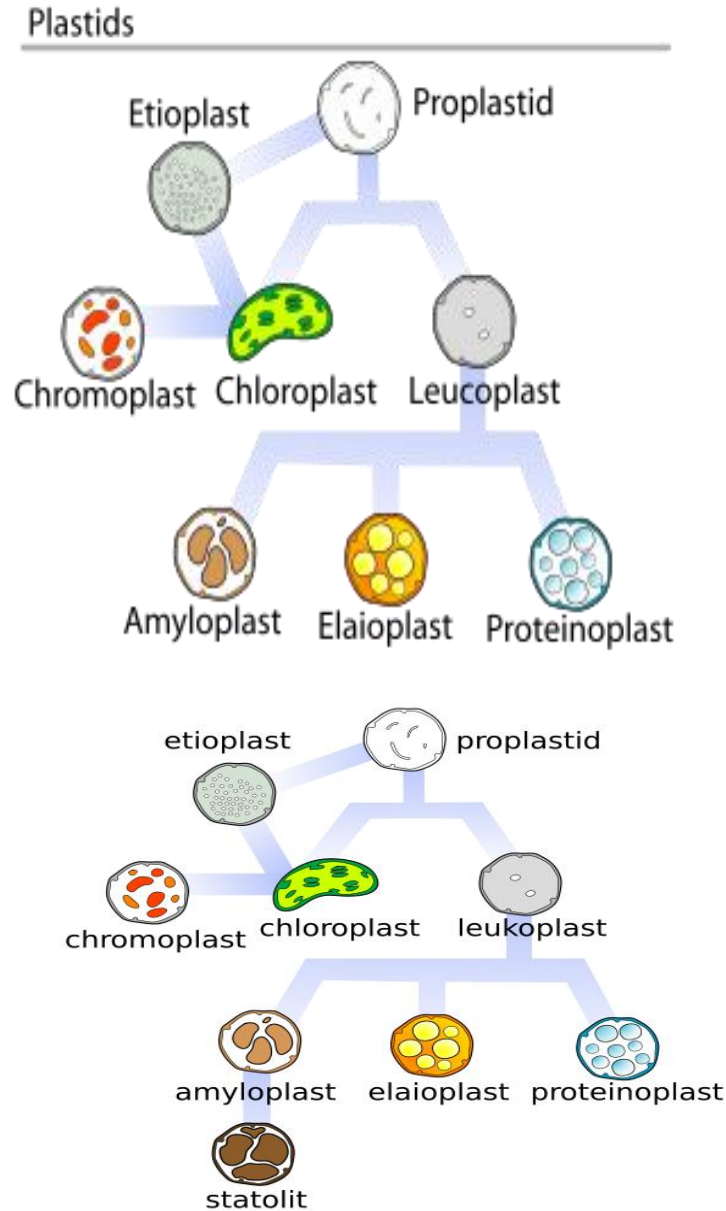


Callose formation in bamboo.

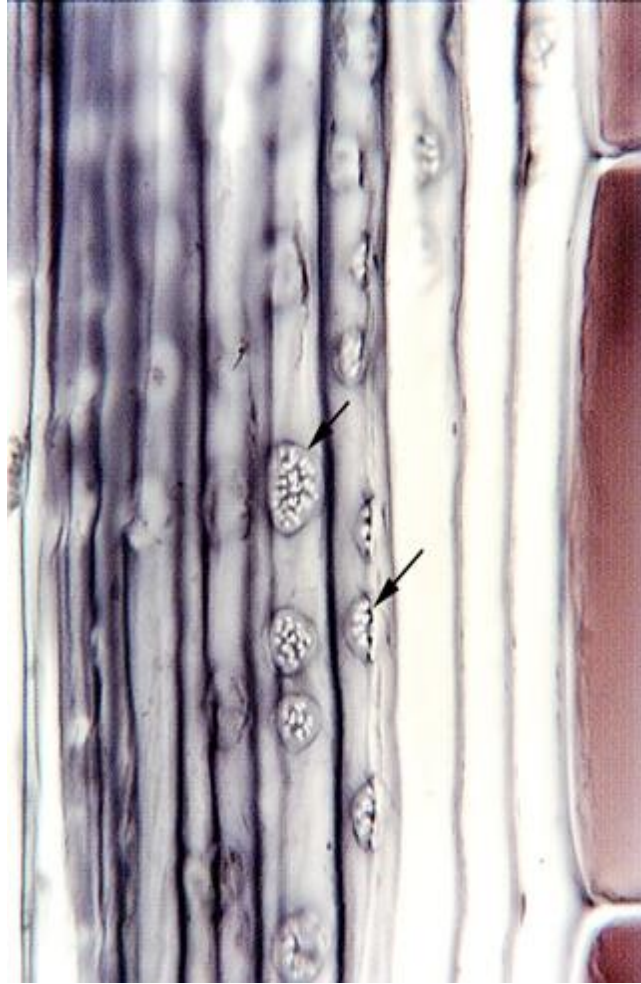
<http://public.wsu.edu/~knoblauch/callose.jpg>

يوجد قرب الصفائح الغربالية
مواد مخاطية أو ما يعرف الآن بـ **مواد**
شبه روتينية على هيئة بي . بروتين
P-protein تظهر على شكل
أجسام بروتينية واضحة عند
اختفاء النواة كما في ذوات
الفلقتين. ولكن هذه الأجسام
البروتينية لا توجد في **العناصر**
الغربالية لنباتات ذوات الفلقة
الواحدة وعاريات البذور.





وقد توجد بعناصر الأنايب الغربالية
 الغربالية بلاستيدات خضر صغيرة الحجم
 وتقسم إلى نوعين هما: النوع النشوي S-type
 والنوع البروتيني P-type (بنكي
 Behnke, 1991)، وأن هذه
 البلاستيدات لها أهمية في تعريف وتصنيف
 النبات (بنكي Behnke, 2003)
 كما قد توجد عناصر أنايب غربالية ذات
 جدر ثانوية ملجننة كما هي الحال في
 بعض نباتات ذوات الفلقة الواحدة (Dannen
 دانيهوفر وآخرون
 hoffer, et.al. (1990).



2 - الخلايا المرافقة

Companion cells

توجد الخلايا المرافقة بجانب عناصر

الأنابيب الغربالية في لحاء النباتات

الكاسيات البذور وهي خلايا

برانشيمية متخصصة تنشأ من نفس

الخلية الإنشائية التي تنتج عنصر

الأنبوب الغربالي، فعند التكوين تنقسم

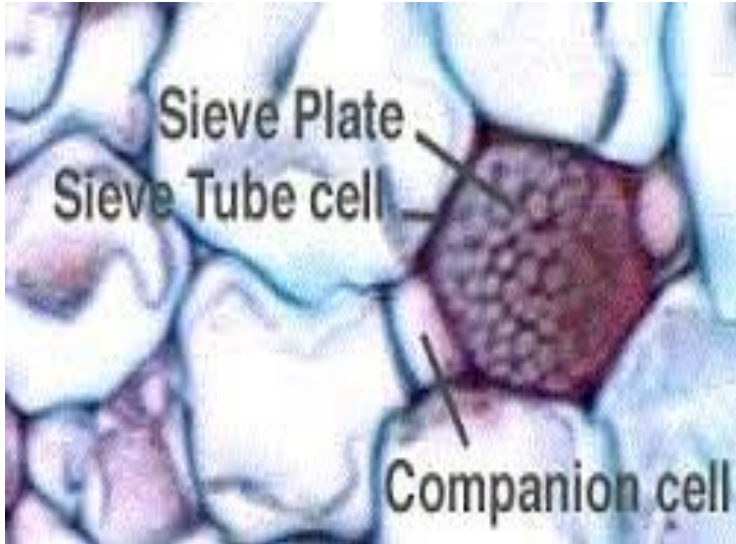
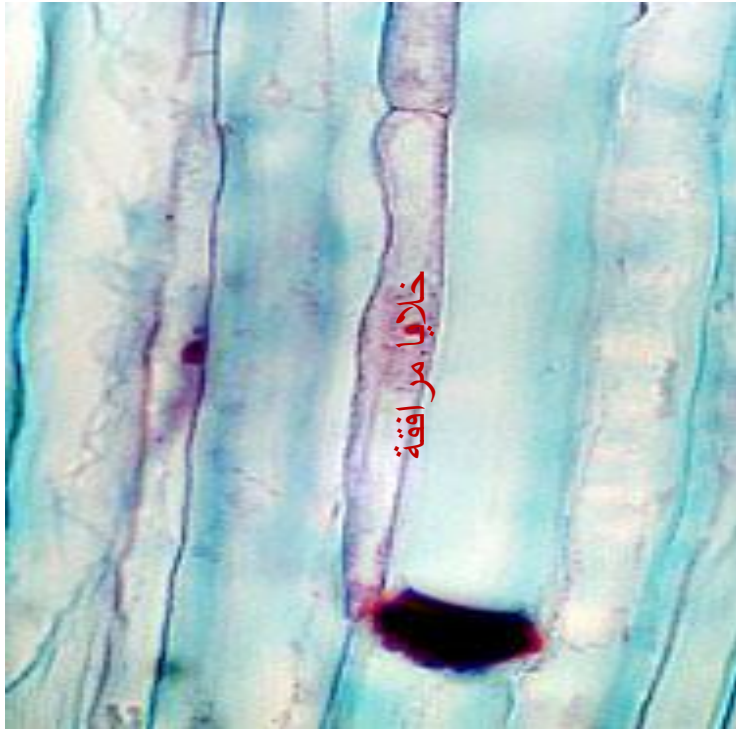
الخلية الإنشائية للمنشئ الوعائي الأولي

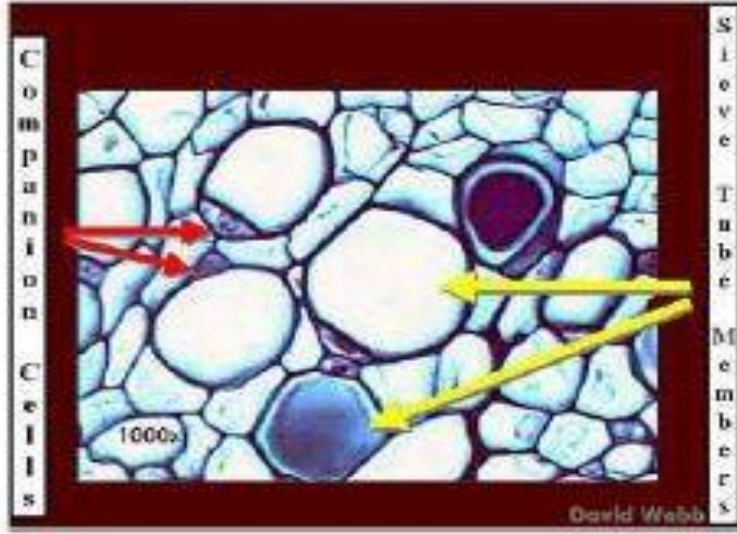
(البروكامبيوم) في حالة اللحاء الابتدائي

طولياً مرة أو عدة مرات وتكبر إحدى

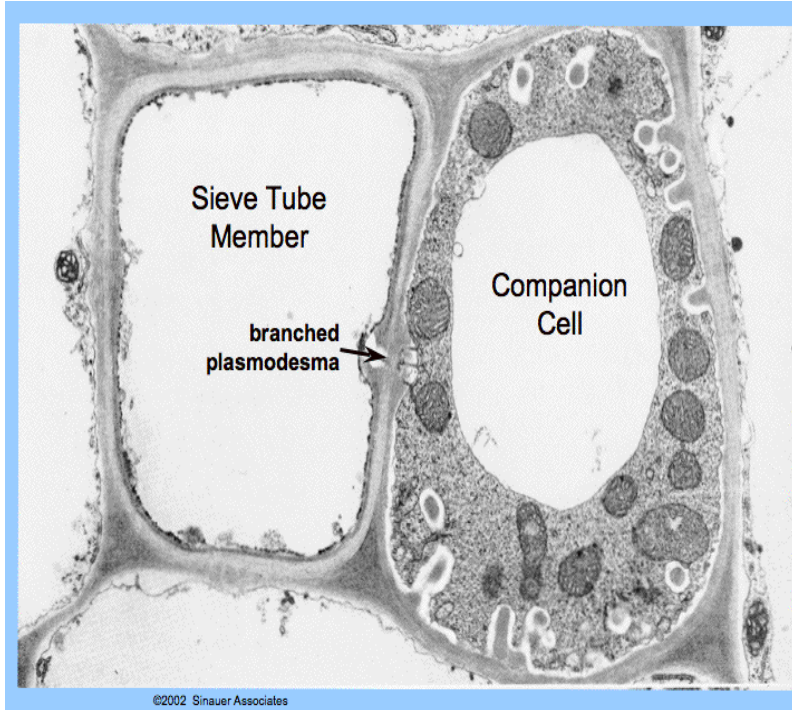
الخلايا الناتجة لتكون عنصر أنبوب

غربالي وتبقى الخلايا الأخرى مرافقة.

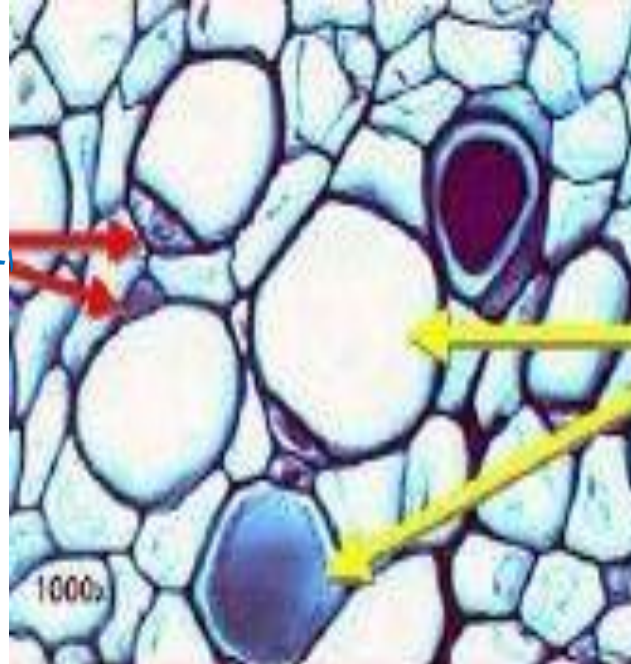




تنقسم **الخلايا المرافقة** أحياناً عرضياً أيضاً وتختلف أحجام الخلايا المرافقة فقد يصل طولها لطول خلية الأنبوب الغربالي أو أقل، وجدارها الفاصل بينها وبين عنصر الأنبوب الغربالي رقيق وبه حقول نقرية ابتدائية. كما تحتفظ الخلية المرافقة بنواتها عند البلوغ وبها فراغات خلوية صغيرة وقد توجد بها بلاستيدات وسبحيات ودكتيوسومات وشبكة إندوبلازمية، وقد تتحول **الخلية المرافقة** إلى **خلية ناقلة** **Trasfer cell** (بيت وجويننج Pate and Gunning، 1969).



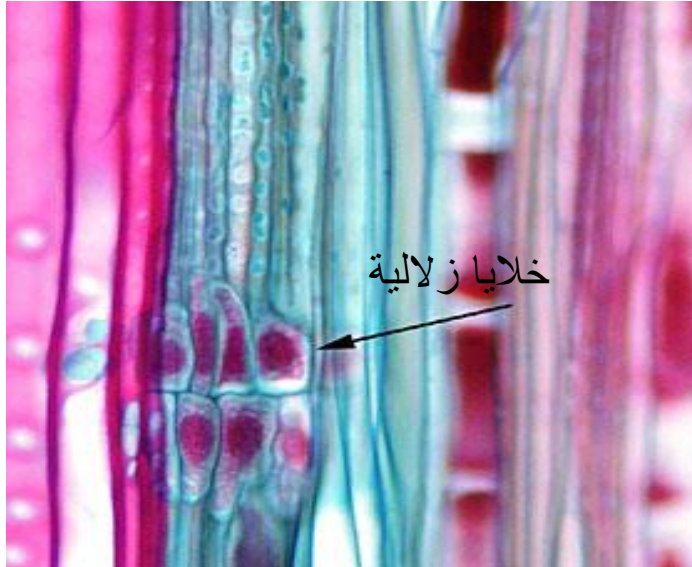
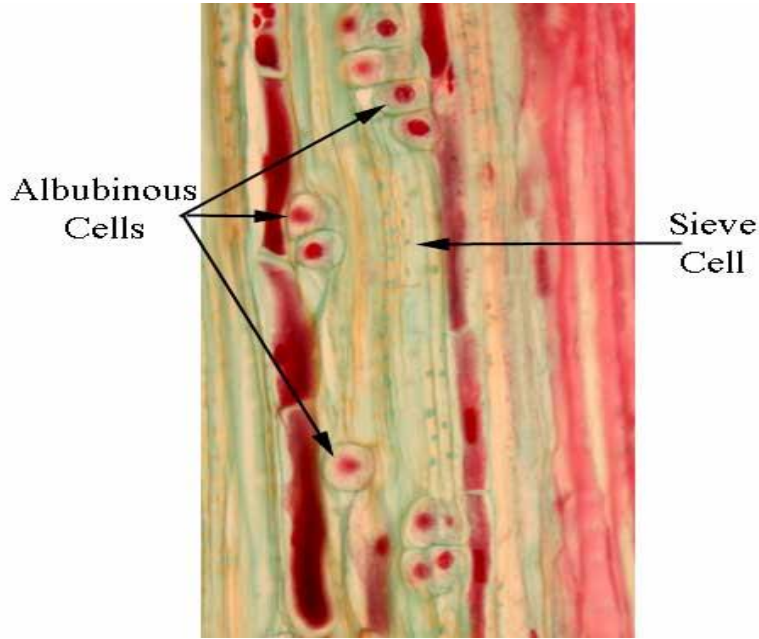
خلايا المرافقة



عنصر الأنبوب الغربالي

3 — الخلايا الزلائية

Albuminous cells



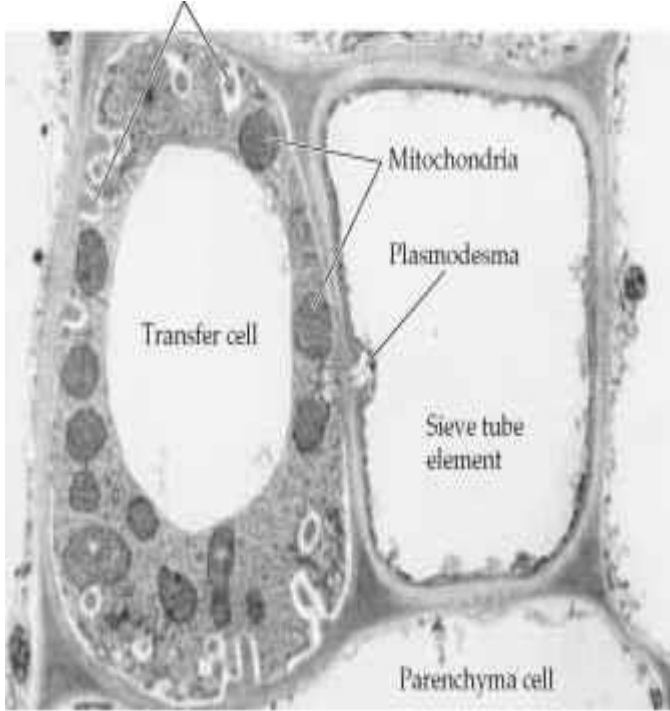
خلايا حية تشبه الخلايا المرافقة ولكنها لا تنشأ من نفس الخلايا المنشئة **للخلايا الغربالية** وهي غنية بمواد شبه بروتينية، ولكن لا يوجد فيها ما يسمى بي - بروتين **P-protein** وهي خلايا ذات علاقة بالخلايا الغربالية الموجودة في **لحاء نباتات عاريات البذور** وهي تنشأ من منشئ برنشيمة اللحاء أو من منشئ خلايا أشعة اللحاء. ويمكن التمييز بينها وبين الخلايا البرنشيمية الأخرى للحاء بعلاقتها أو ارتباطها **بالخلايا الغربالية** وبخلوها من مادة النشا. وقد وجد أن النشاطات التنفسية والفوسفاتاز الحمضية تحدث في **الخلايا الزلائية المرتبطة بالخلايا الغربالية** تامة الكشف، وتحدث زيادة هذه النشاطات في فترات التحميل والتفريغ للخلايا الغربالية ويتوقف نشاطها عندما يتوقف نشاط الخلايا الغربالية.

4. برنشيمة اللحاء **Phlom parenchyma**

تختص برنشيمة اللحاء بأنشطة عديدة كتحزين النشا والدهون والتانينات والراتنج وقد تنشأ برنشيمية اللحاء بمصاحبة الأنبوب الغربالي ولكن ليست من نفس الخلية المنشئة. وهي طويلة وتترتب بمحورها الطولي موازياً للمحور الطولي للنسيج الوعائي (انظر النسيج البرنشيمي).

5. الألياف والخلايا الحجرية :

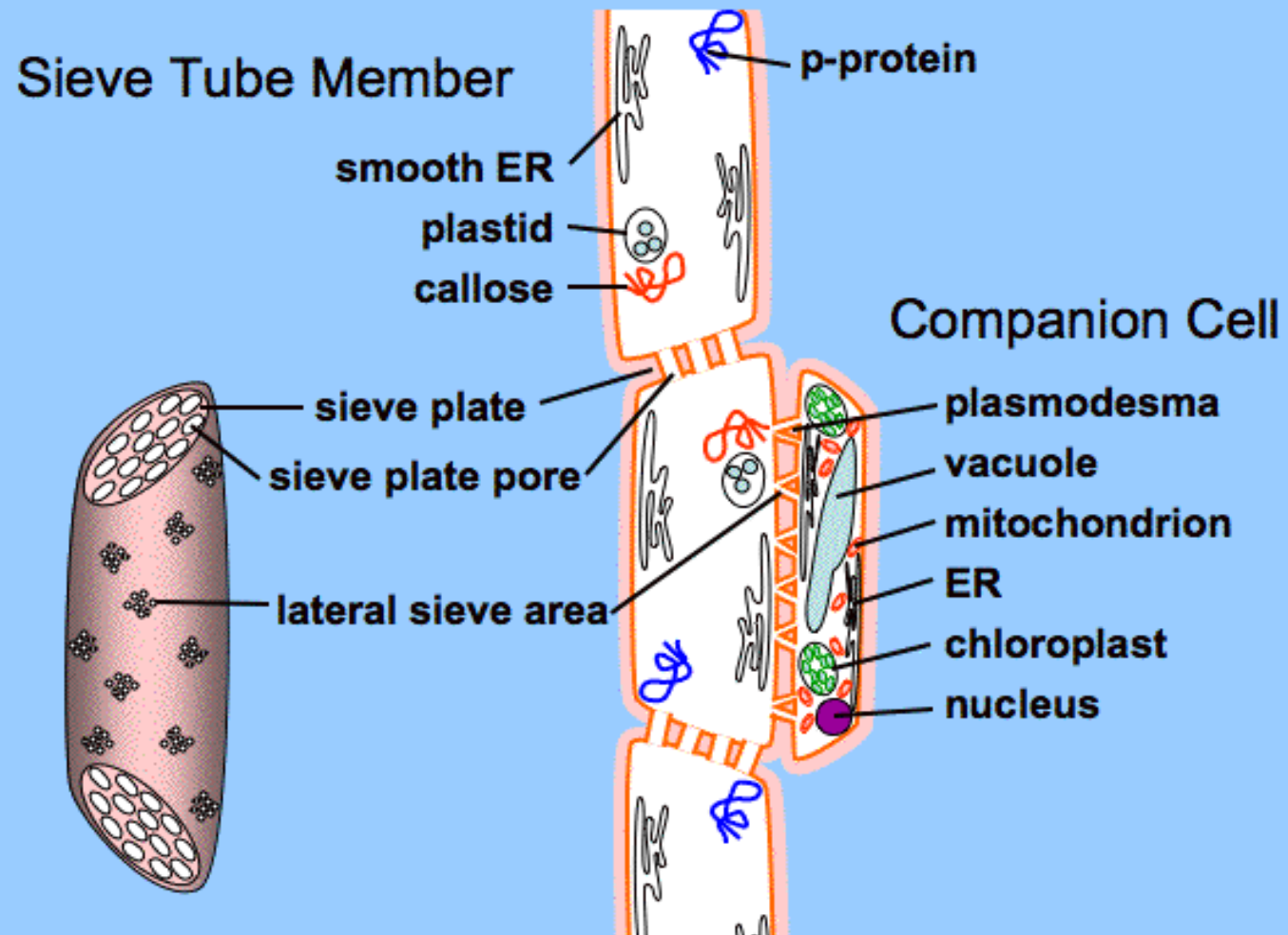
لقد سبق استعراض هذين النوعين من الخلايا بالتفصيل عند دراسة النسيج السكلرنشيمي فهما من مكونات اللحاء الابتدائي والثانوي. ومن الصعب التفريق بين الألياف والخلايا الحجرية خاصة عندما تكون الخلايا الحجرية طويلة وضيقة التجايف وقد يطلق عليها مصطلح ألياف حجرية (إيفرت 2006 Evert).



6. الخلايا الناقلة Transfer cells

توجد **الخلايا الناقلة** في العروق الصغيرة لأوراق نباتات ذوات الفلقتين العشبية وهي **خلايا ذات نتوءات سليولوزية كثيرة تمتد من جدرانها ناحية تجويف الخلية**، ويحيط بهذه النتوءات من الداخل غشاء البلازما الخارجي مما يزيد في مساحة جدار الخلية، ووظيفة هذه الخلايا امتصاص وإفراز العناصر والمواد العضوية، وهي خلايا ذات سيتوبلازم غزير ونوى قد تكون مفصصة، وشبكة سيتوبلازمية وأجسام سبحية كثيرة، وذات روابط سيتوبلازمية وأجسام جولجي وريبوسومات وأجسام دقيقة. وتوجد أربعة أنماط من الخلايا الناقلة في العروق الصغيرة اقترحها بيت وغموننج Pate and Gunning 1969 (راجع كتاب: مورفولوجيا النبات وتشريجه. الدعيجي والعودات (1992) للمزيد من التفاصيل.

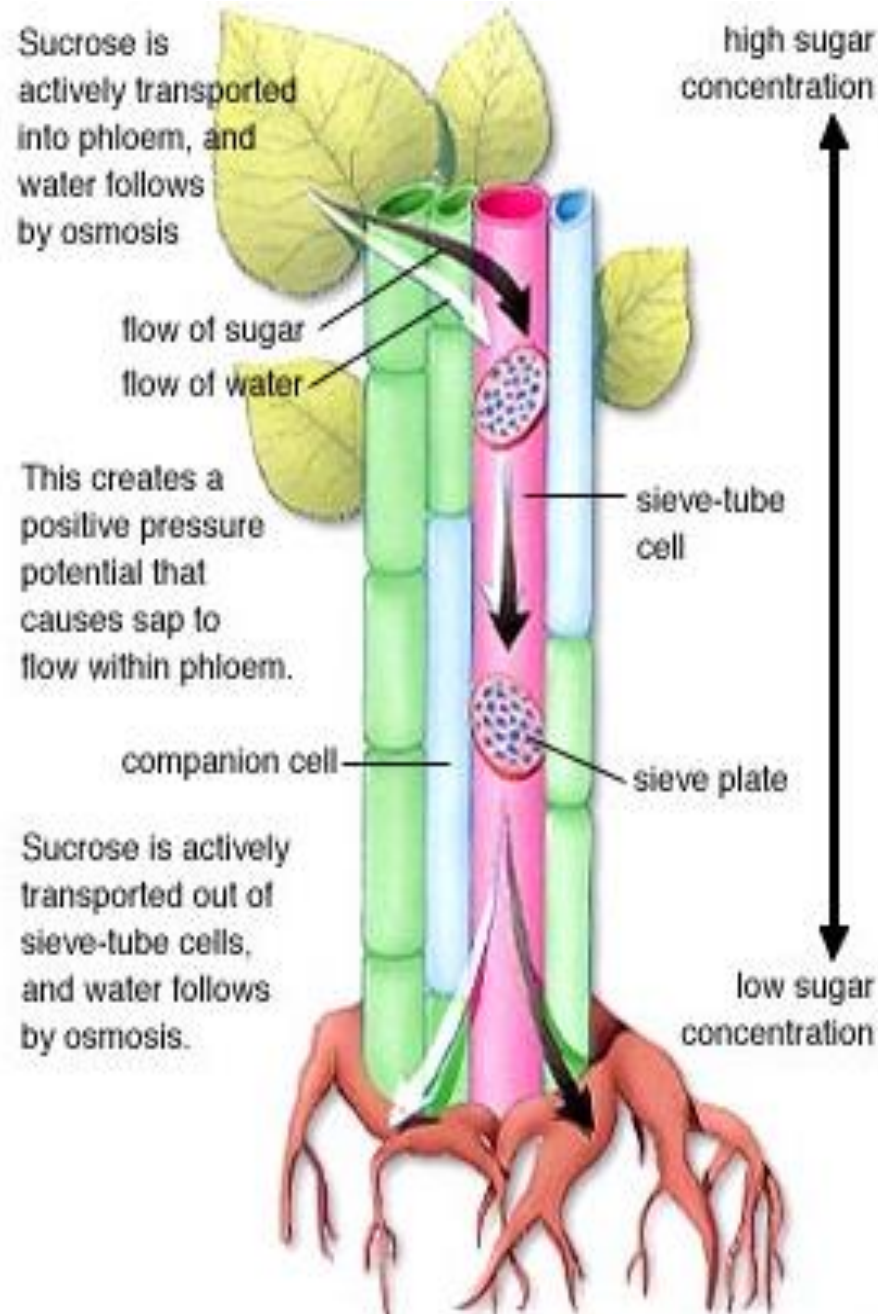
Phloem Cell Interaction

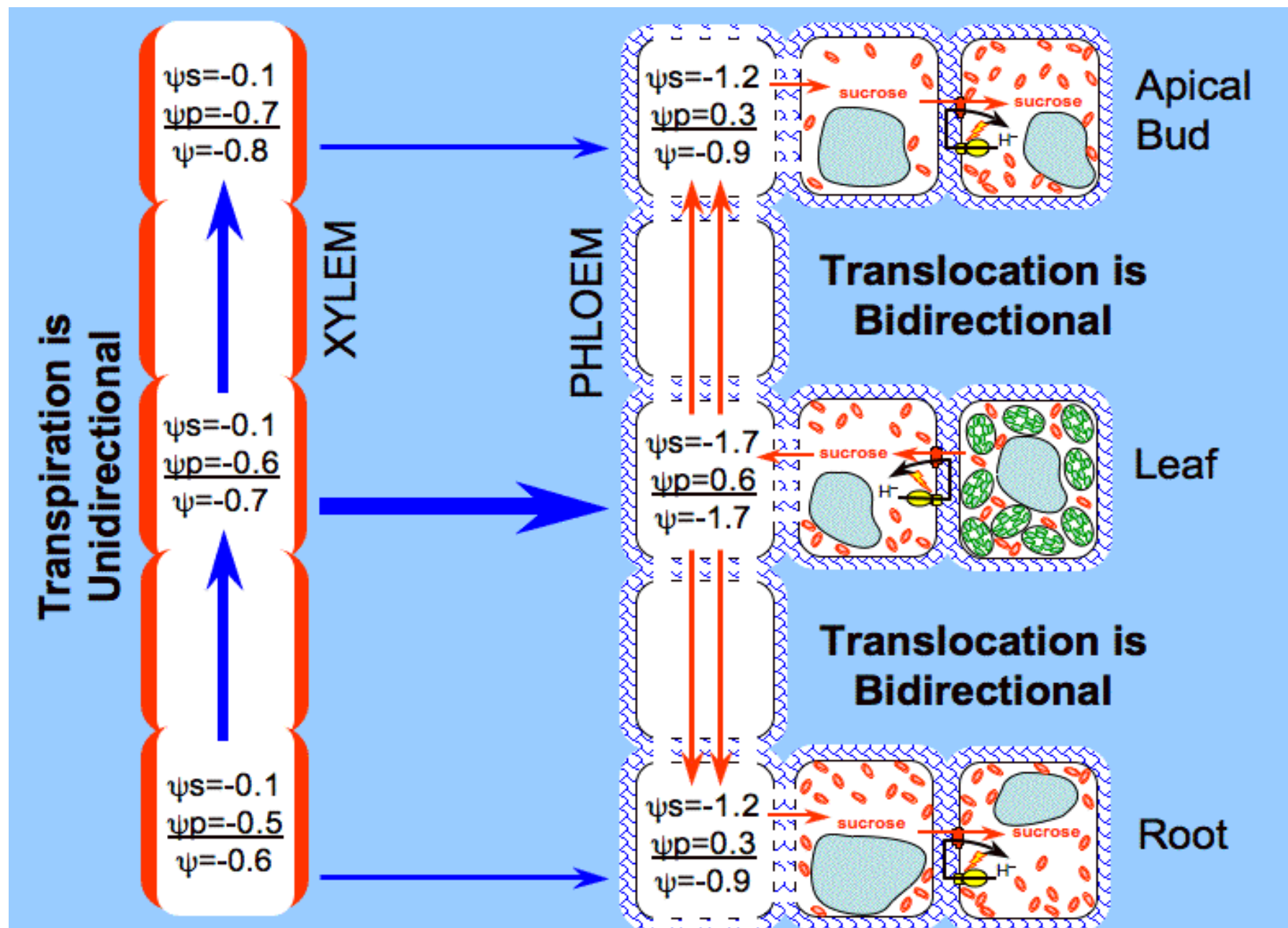


آلية نقل المواد الغذائية في اللحاء

هناك عدة نظريات حول آلية نقل اللحاء للمواد الغذائية ولكن ما يزال الموضوع مجال اختلاف حتى الآن.

ونظرية ضغط الانسياب (تدفق الكتلة التي اقترحها العالم منخ Munch (1930) وطورها كثير من علماء فسيولوجيا النبات والتي تنص بأنه لحدوث الانسياب يجب أن يكون هناك تدرج في الجهد الأسموزي Osmotic potential على طول الأنبوب الغربالي في اتجاه من المصدر Source إلى مكان الاستهلاك Sink وهذا الجهد قادر على إحداث امتلاء تدريجي ليتحكم بحركة الماء والمواد الذائبة فيه معاً. والرأي البديل هو حركة تيار السيتوبلازم Cyclosis في العناصر الغربالية وانتقال السيتوبلازم على طول الأنبوب الغربالي هو المسؤول عن انتقال المواد الذائبة. (راجع كتاب العلاقات المائية. محمد الوهبي 1984 لمزيد من التفاصيل).







الحزم الوعائية Vascular bundles

هي جزء أو أجزاء من النظام النسيجي الوعائي الابتدائي للساق والورقة والجذر والأجزاء الأخرى للنبات (مثل أجزاء الزهرة والثمار) وتتكون الحزمة الوعائية من الخشب واللحاء الابتدائيين، وهناك عدة أنواع من الحزم الوعائية منها:

1. الحزم الوعائية الجانبية Collateral vascular bundles

ويوجد اللحاء في جانب والخشب في جانب آخر على نصف قطر

واحد مثل دوار الشمس. (شكل 67: أ).

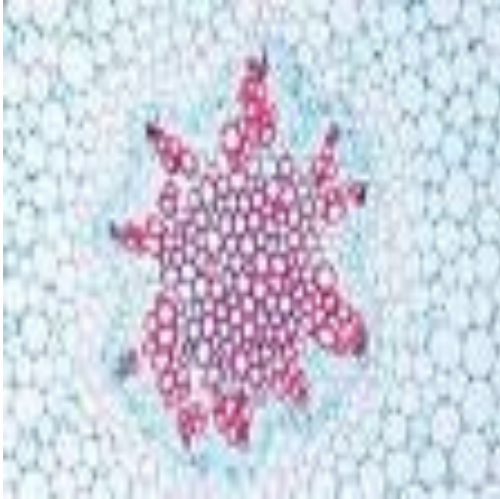
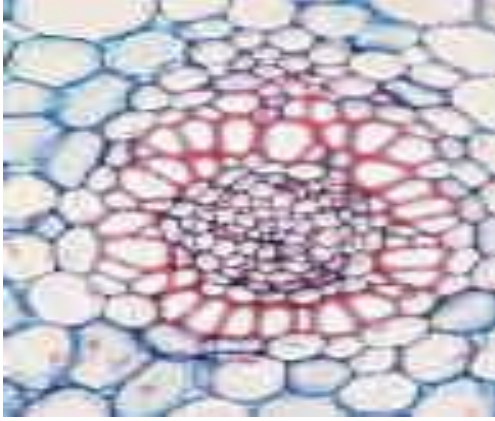
2_ الحزمة الوعائية ذات اللحاءين

Bicollateral vascular bundles

ويوجد بها اللحاء على جانبي الخشب أي أنها ذات لحاء خارجي ولحاء داخلي مثل القرع. (شكل 67: ب).



3 . الحزمة الوعائية المركزية **Concentric** **vascular bundle**

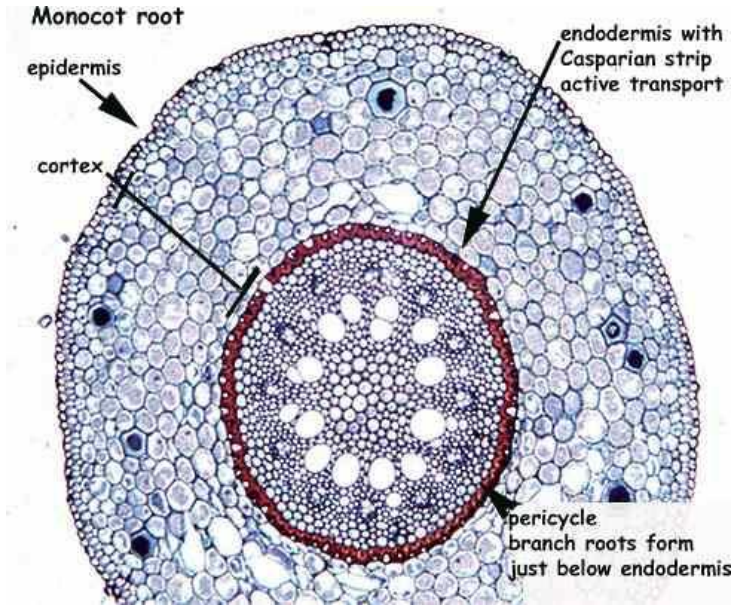


ويوجد بها إما اللحاء يحيط بالخشب أو العكس وتتميز إلى:
أ . **خارجية الخشب Amphivasal** وفيها يحيط الخشب
باللحاء. ويوجد هذا النوع في نبات الحميض.
ب . **خارجية اللحاء Amphicribal** وفيها يحيط اللحاء
بالخشب من الخارج . ويوجد هذا النوع في السراخس وتوجد أيضاً
في ذوات الفلقة والفلقتين في الحزم الصغيرة للأزهار، والثمار،
والبويضات.

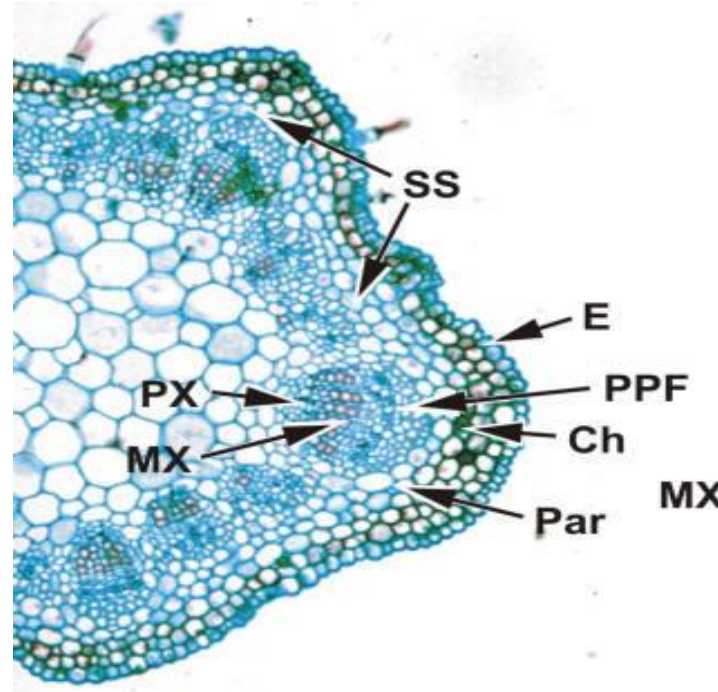
وهناك صوراً انتقالية بين أنواع الحزم الوعائية المختلفة ففي
بعض النجيليات يتقابل الخشب واللحاء على هيئة قوس حيث
يوجد وعائين كبيرين من الخشب التالي وأحياناً يكون الخشب على
هيئة حرف (V) ويقع اللحاء بين ذراعي الحرف.

العمود الوعائي The stele

هو وحدة تجمع الأنسجة الوعائية والأنسجة المختلطة بها محاطاً بالبشرة الداخلية
Endodermis في حالة الجذر أو بعض السيقان أو **بالغلاف النشوي Starch sheath**
أو **بغلاف الحزم Bundles sheath** في حالة الساق ويشمل النظام النسيجي الوعائي
والمناطق بين الحزمية والفرجات الورقية والبرعمية والدائرة المحيطة والنخاع إن وجد.



T.S. of Monocot. Root



typical of many herbaceous dicotyledonous stems.

نظرية العمود الوعائي The stele theory

توجد الأنواع التالية من العمود الوعائي ويمكن استعراضها من النوع البدائي إلى النوع المتقدم وهي :

1. العمود الوعائي الأولي Protostele

أبسط الأنواع وأقلها رقياً من الناحية التطورية، ويتكون من عمود مصمت من النسيج الوعائي (الخشب واللحاء الابتدائيين) ولا يوجد بداخله نخاع ويوجد في الصورة المبسطة الخشب في الوسط واللحاء للخارج ويوجد في النباتات الوعائية البدائية وفي سوق السراخس والنباتات المائية وكذلك جذور كاسيات البذور. ويقسم العمود الوعائي الأولي إلى ثلاثة أنماط هي:

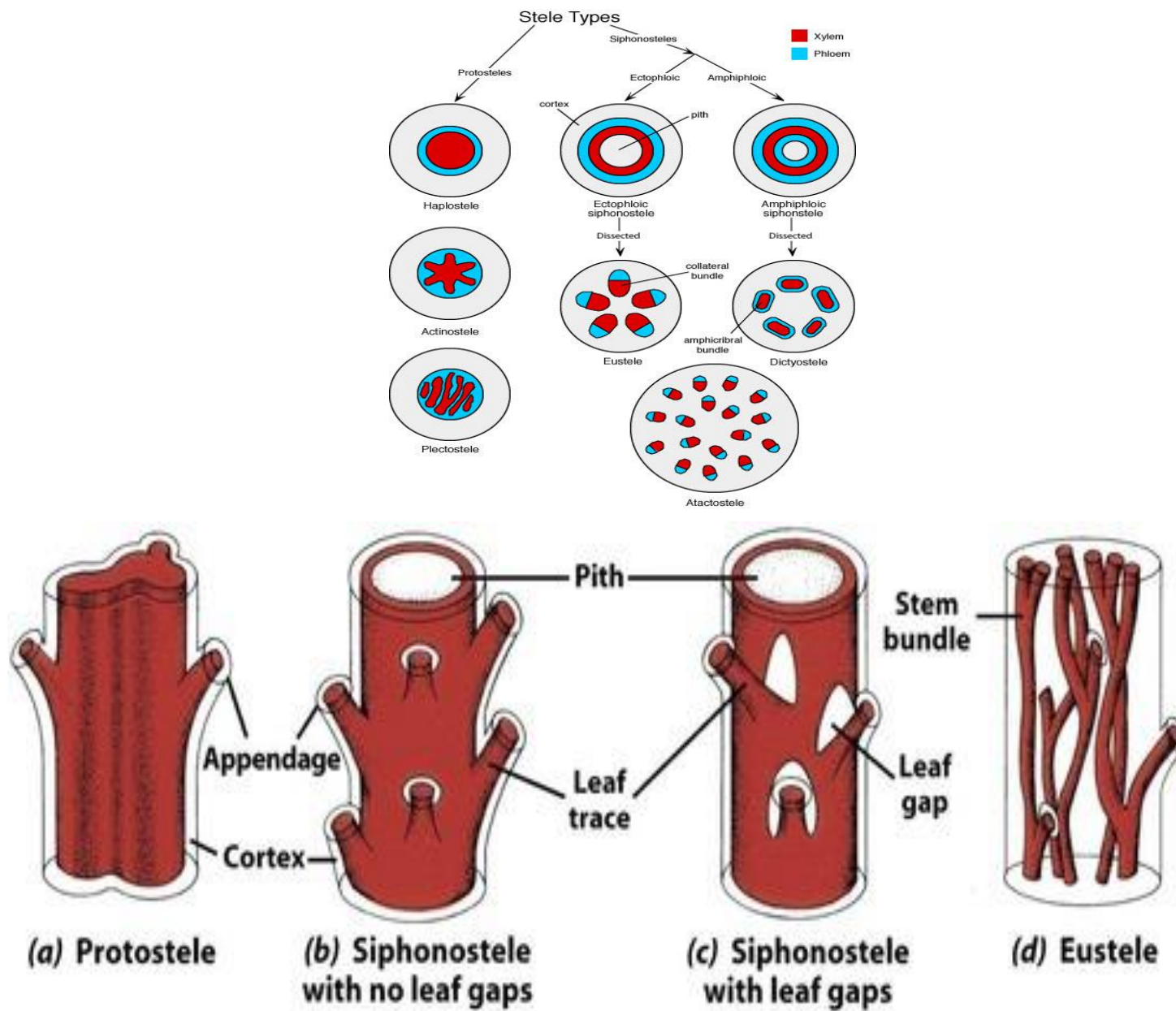
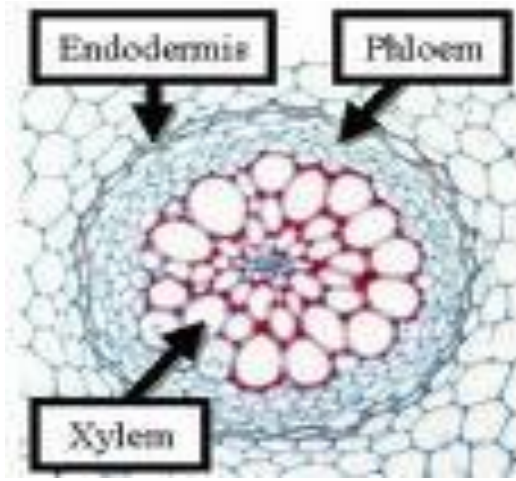


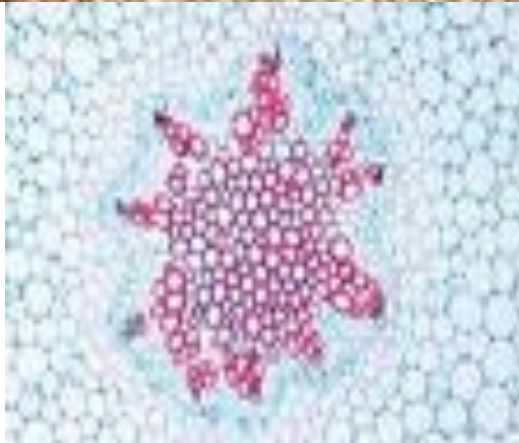
Figure 17-5
Biology of Plants, Seventh Edition
 © 2005 W.H. Freeman and Company



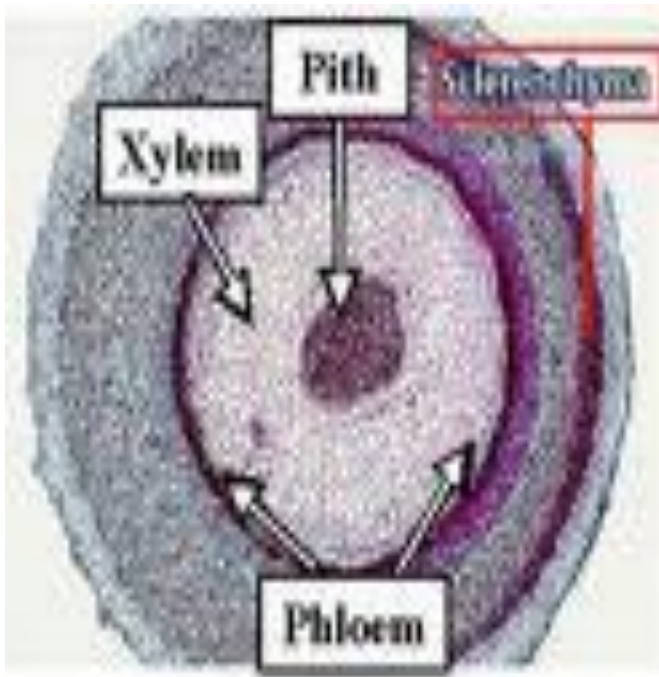
أ - العمود الوعائي الأولي الدائري
Haplostele وفيه يظهر الخشب بشكل
 دائري في المقطع العرضي كما في الرصن
Selaginella.



ب - العمود الوعائي الأولي
 الشريطي **Plectostele** ويوجد الخشب
 واللحاء في أشرطة متبادلة كما في
 الليكوبوديوم *Lycopodium*.



ج - العمود الوعائي الأولي النجمي
 (الشعاعي) **Actinostele** فيه يظهر
 الخشب بشكل نجمي في المقطع العرضي
 كما في نبات السيلوتم *Psilotum*.



2. العمود الوعائي الأنبوبي **Siphonostele**

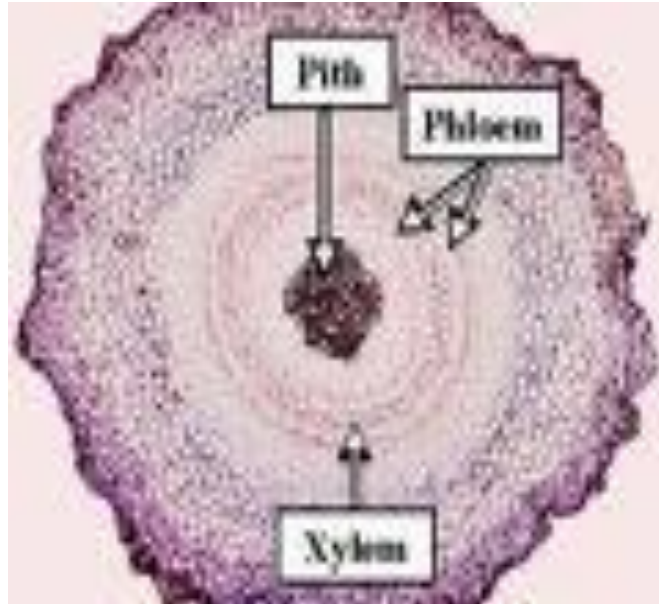
ويوجد به نخاع في الوسط ويكون اللحاء والخشب على هيئة اسطوانة متصلة أي لا يوجد فرجات ورقية. ويميز المجموعة التيروبسيديّة **Pteropsida** ومنه نوعان :

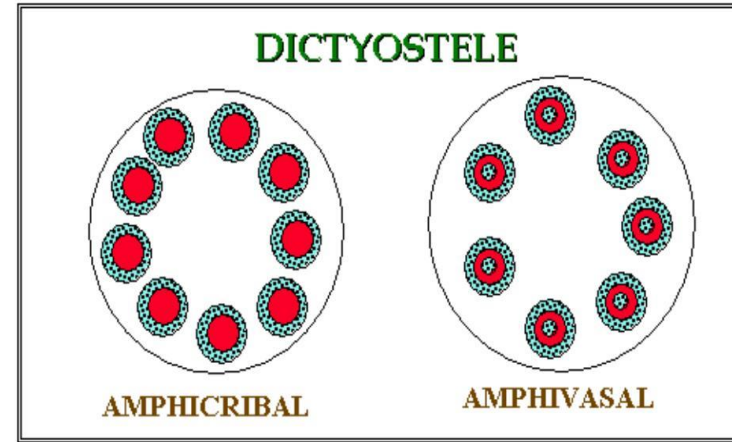
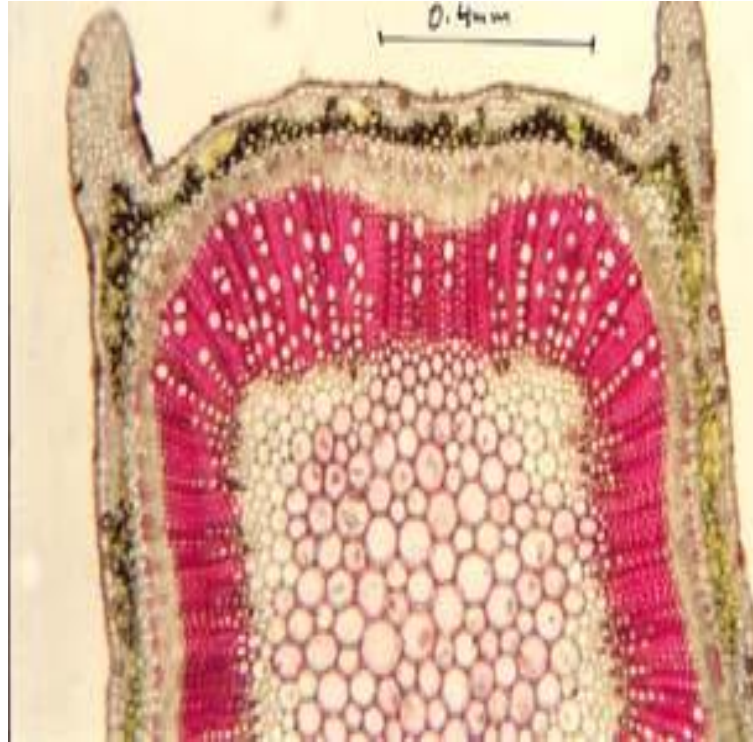
•خارجي اللحاء **Ectophloic siphonostele**

ويوجد اللحاء فقط إلى الناحية الخارجية للخشب. مثل ساق نبات كزبرة البئر **Adiantum**.

•محيطي اللحاء **Amphiphloic siphonostele**

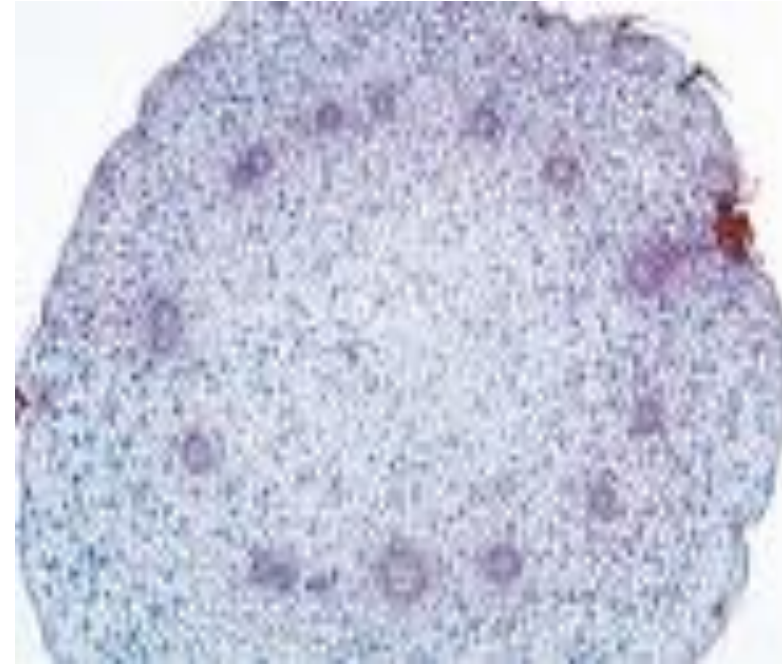
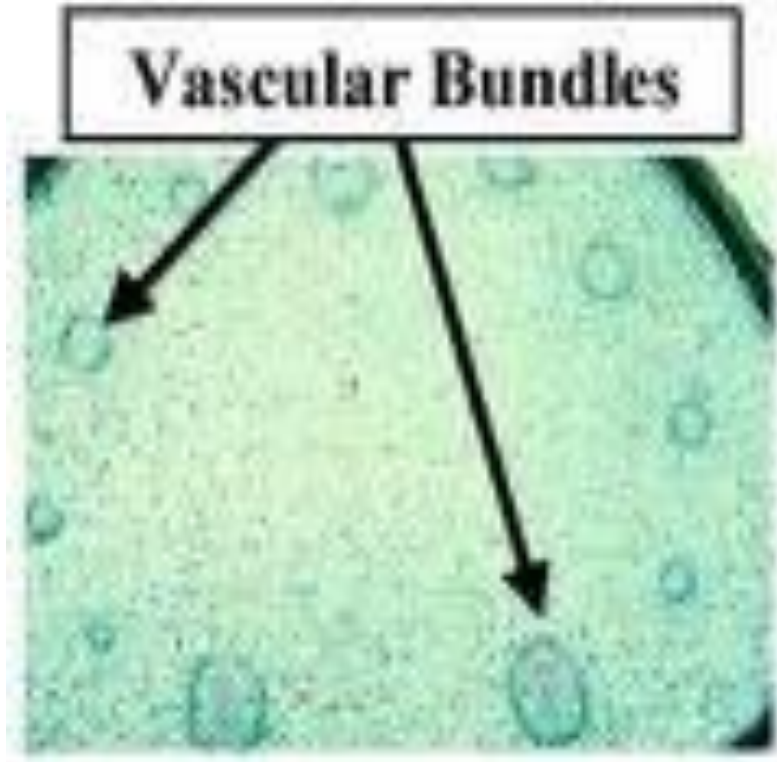
ويوجد اللحاء للداخل والخارج من الخشب ولا يوجد به فرجات ورقية وإن وجدت تكون صغيرة ويكون العمود الوعائي على هيئة اسطوانة متصلة من النسيج الوعائي. كما في أنواع مارسيليا **Marsilia**.





3. العمود الوعائي الأنبوبي المجزء (Dictyostele (Solenostele

هو نوع متميز من العمود الوعائي الأنبوبي حيث يكون فيه فرجات ورقية كبيرة تتراكم فوق بعضها البعض حتى يظهر النسيج الوعائي متقطعاً في شكل شبكي، ويكون كل جزء من أجزائه حزمة وعائية مركزية كما في السراخس أو البوليبيديم *Polypodium*.



4 - العمود الوعائي الحقيقي

Eustele

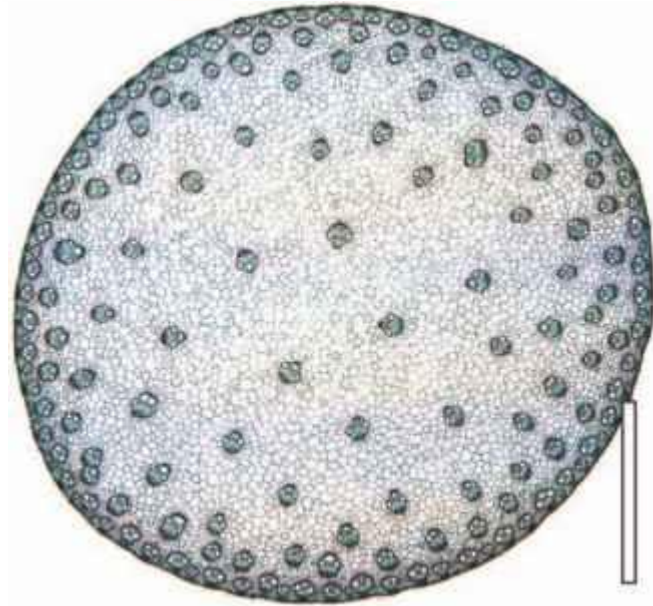
يتكون من حزم جانبية أو ثنائية الجانب ولا تتميز الفرجات الورقية والمناطق بين الحزمية عن بعضها البعض بوضوح وتوجد في النباتات الراقية كعاريات البذور ونباتات ذوات الفلقتين.



5 . العمود الوعائي المنتشر

Atactostele

وهو أعقد أنواع العمود الوعائي ويحوي نظاماً من الحزم الوعائية المنتشرة أو المبعثرة في النسيج الأساسي كما في ذوات الفلقة الواحدة .



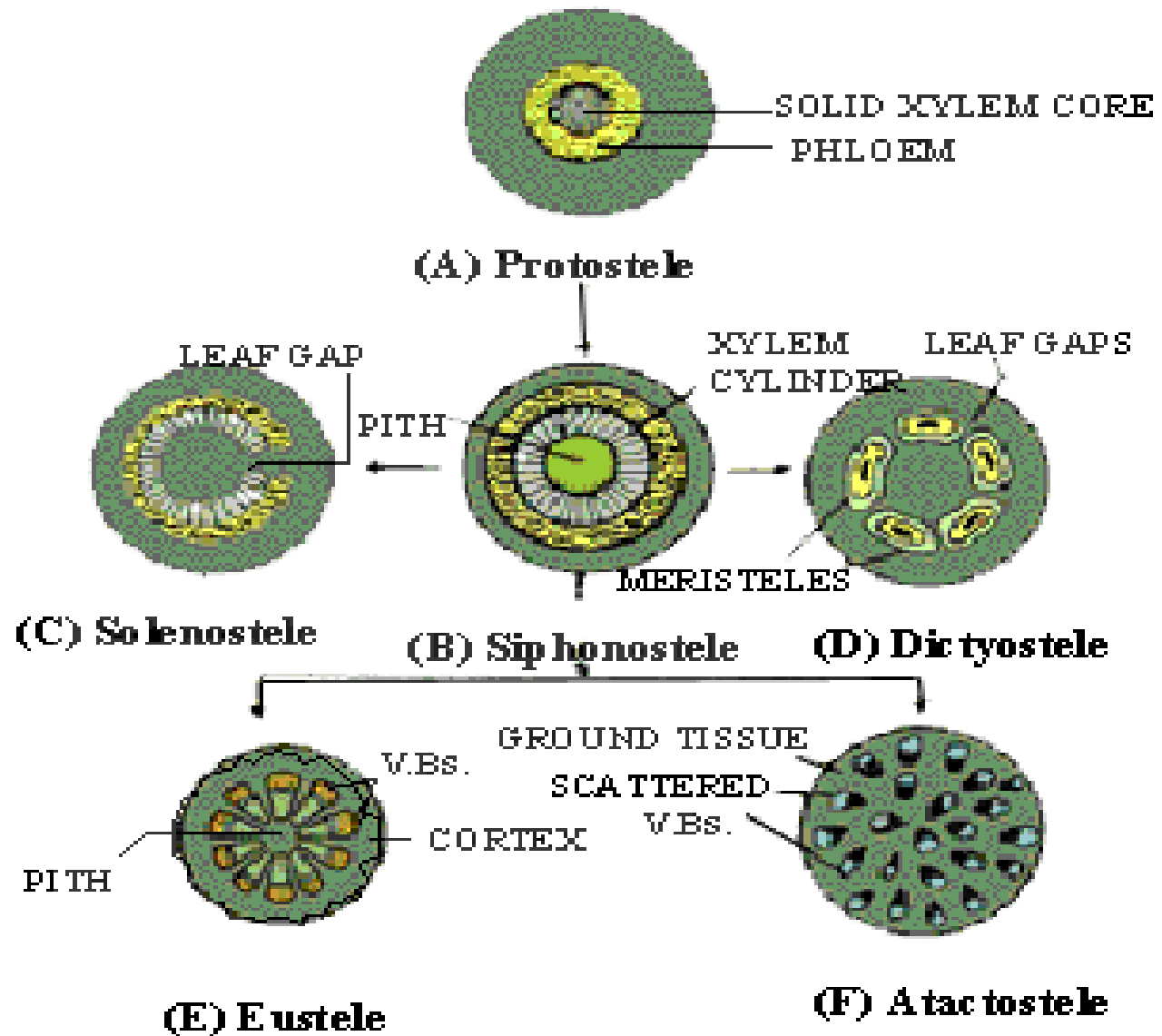
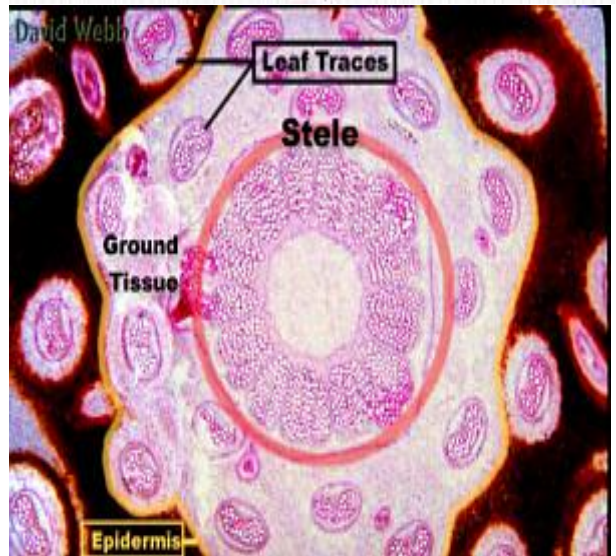
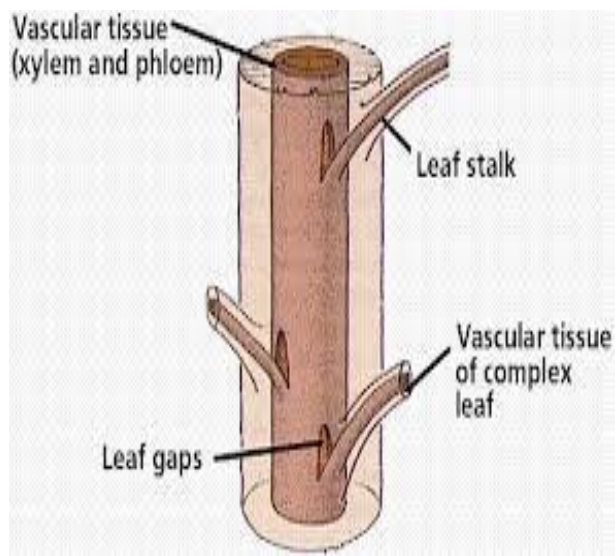


Figure 15.25 Main types of Stele (all diagrammatic)

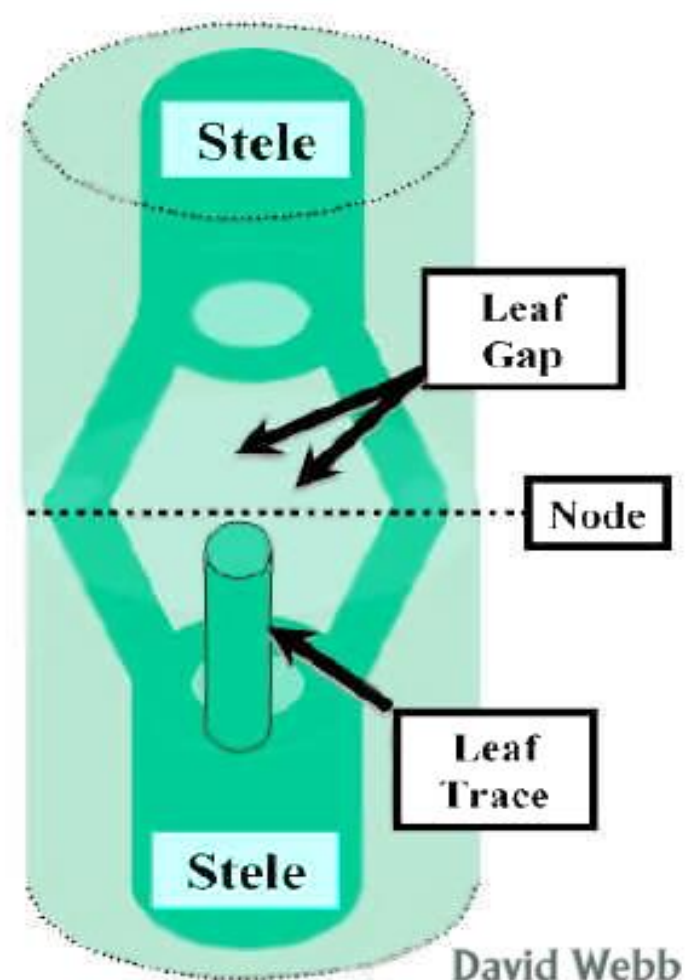
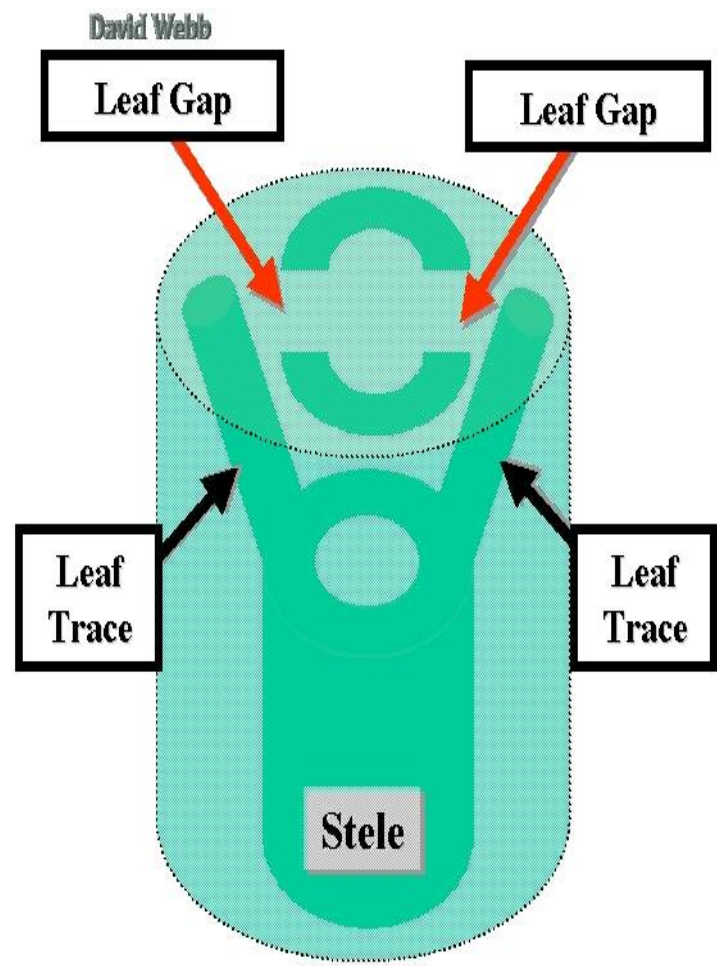


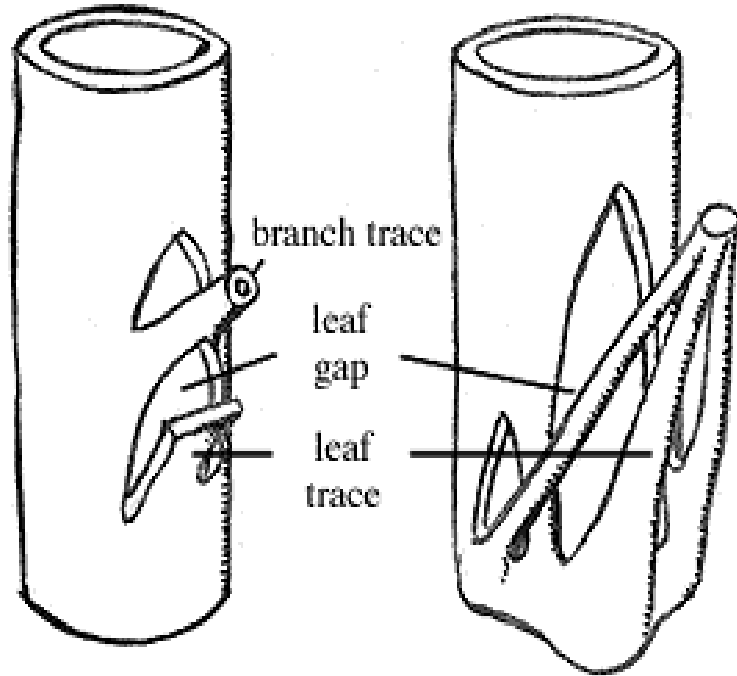
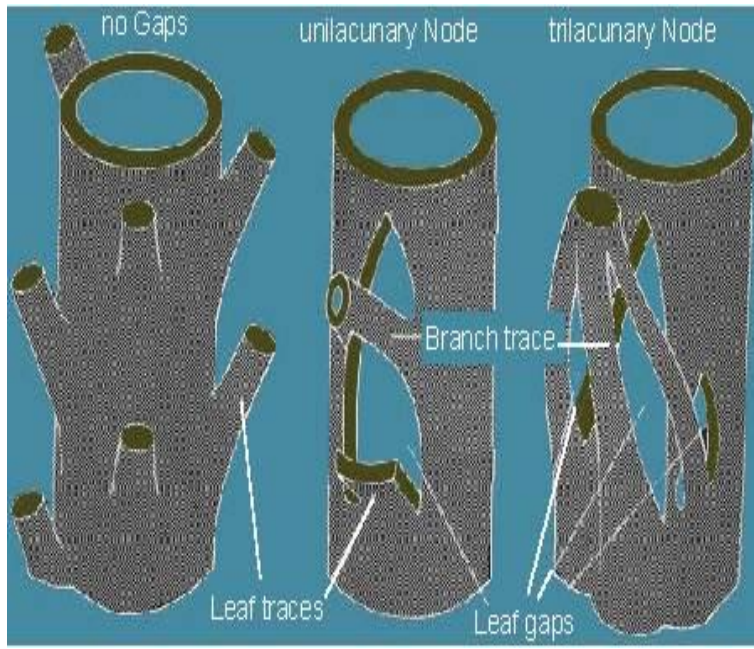
مسارات الأوراق Leaf traces

مسار الورقة هي المسافة الممتدة من النسيج الوعائي بقاعدة الورقة إلى النقطة التي تمتد فيها مع بقية النظام النسيجي الوعائي في محاور النبات . ويختلف عدد المسارات الورقية باختلاف النباتات فقد يكون مساراً واحد أو عدة مسارات، أي أنه يخرج من الساق إلى الورقة عند العقدة حزمة وعائية أو أكثر.

الفرجات الورقية Leaf gaps:

الفرجة الورقية هي مكان انحراف مسار الورقة من العمود الوعائي حيث ينمو بدلاً من النسيج الوعائي الذي ينحرف للورقة نسيج برنشيمي يسمى بفرجة الورقة Leaf gap (شكل 74). وقد يكون لكل مسار ورقي فرجة واحدة، أو أن تكون فرجة واحدة لكل مسارات الورقة.





مسارات الأفرع (Branch traces) وفرجاتها:

وهي مسارات الأفرع الجانبية للساق أو الفروع الرئيسية للمجموع الخضري وتنشأ هذه المسارات (النسيج الوعائي) من المنشئ الوعائي الأولي للبرعم الأبطي (الجانبي) ثم يتصل بالعمود الوعائي للمحور الرئيسي وعندها تسمى بمسارات الأفرع في العقدة. وتتكون من حزمة واحدة أو حزمتين وأحياناً أكثر، وتكون قريبة من مسار الورقة. ويرافق تكوين هذه المسارات الفرعية انفصال الاسطوانة الوائية (العمود الوعائي) فوق نقطة خروج المسار تكوين **فرجة فرعية** **Branch gap**.