

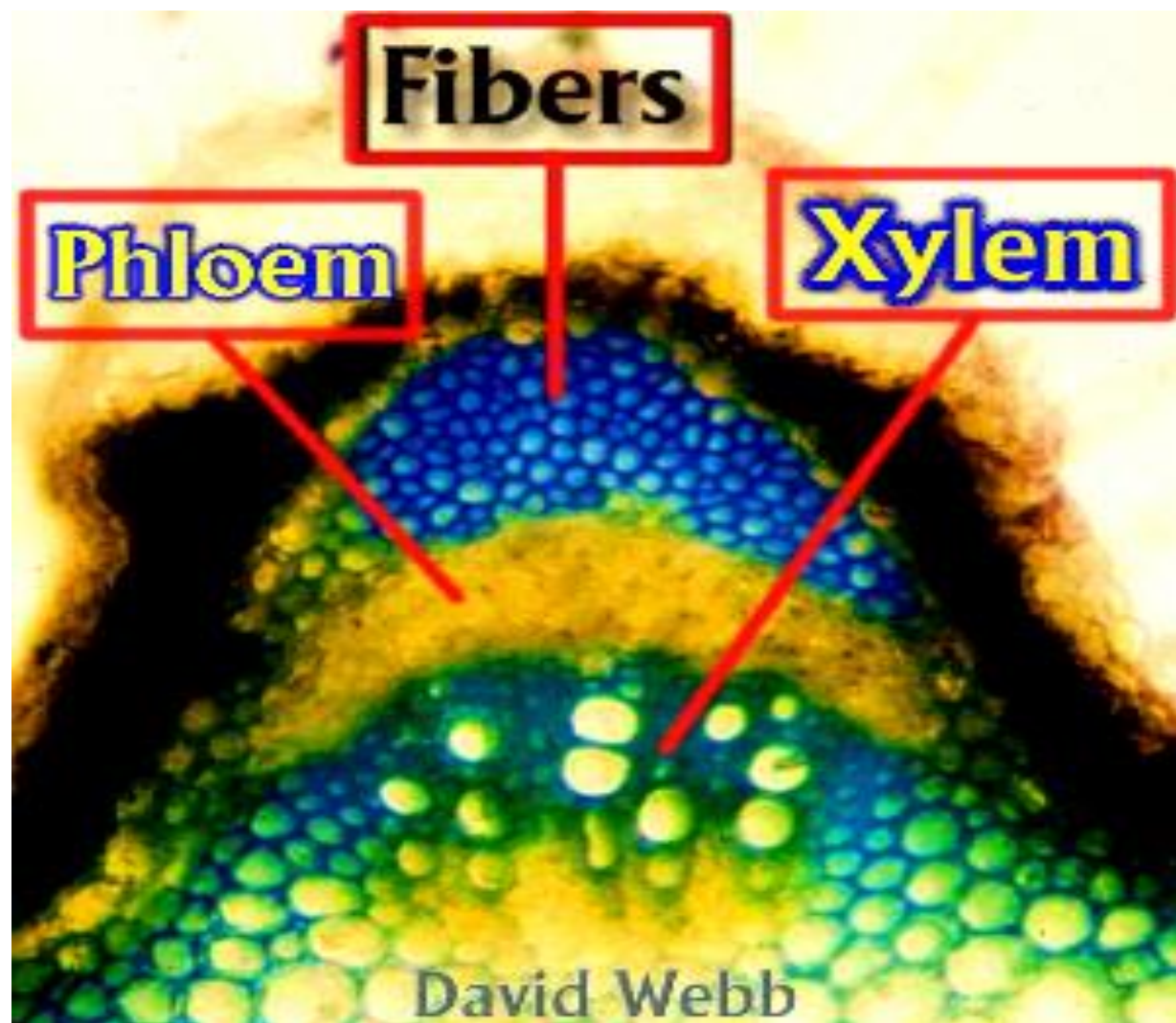
محاضرات
212 نبت (تشريح
نبات)

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 الابتدائي. 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.

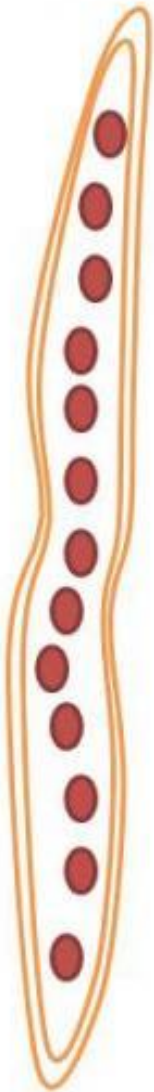
•القصبيات Tracheids

•الأوعية Vessels

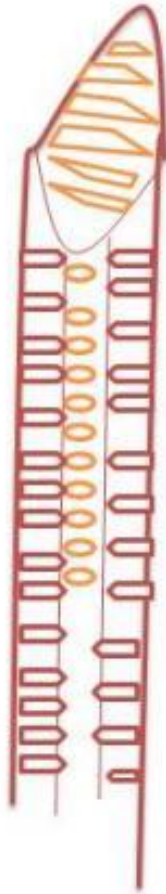
•ألياف الخشب Xylem fibres

•برنشيمة الخشب Xylem parenuchyma

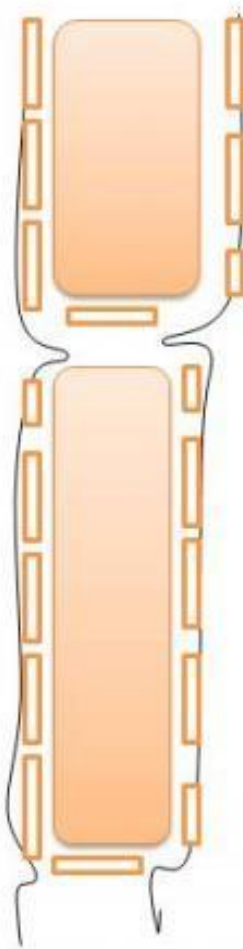
Different xylem elements



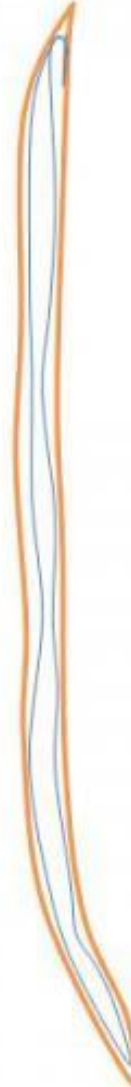
A tracheid



**Tracheae
or vessel**



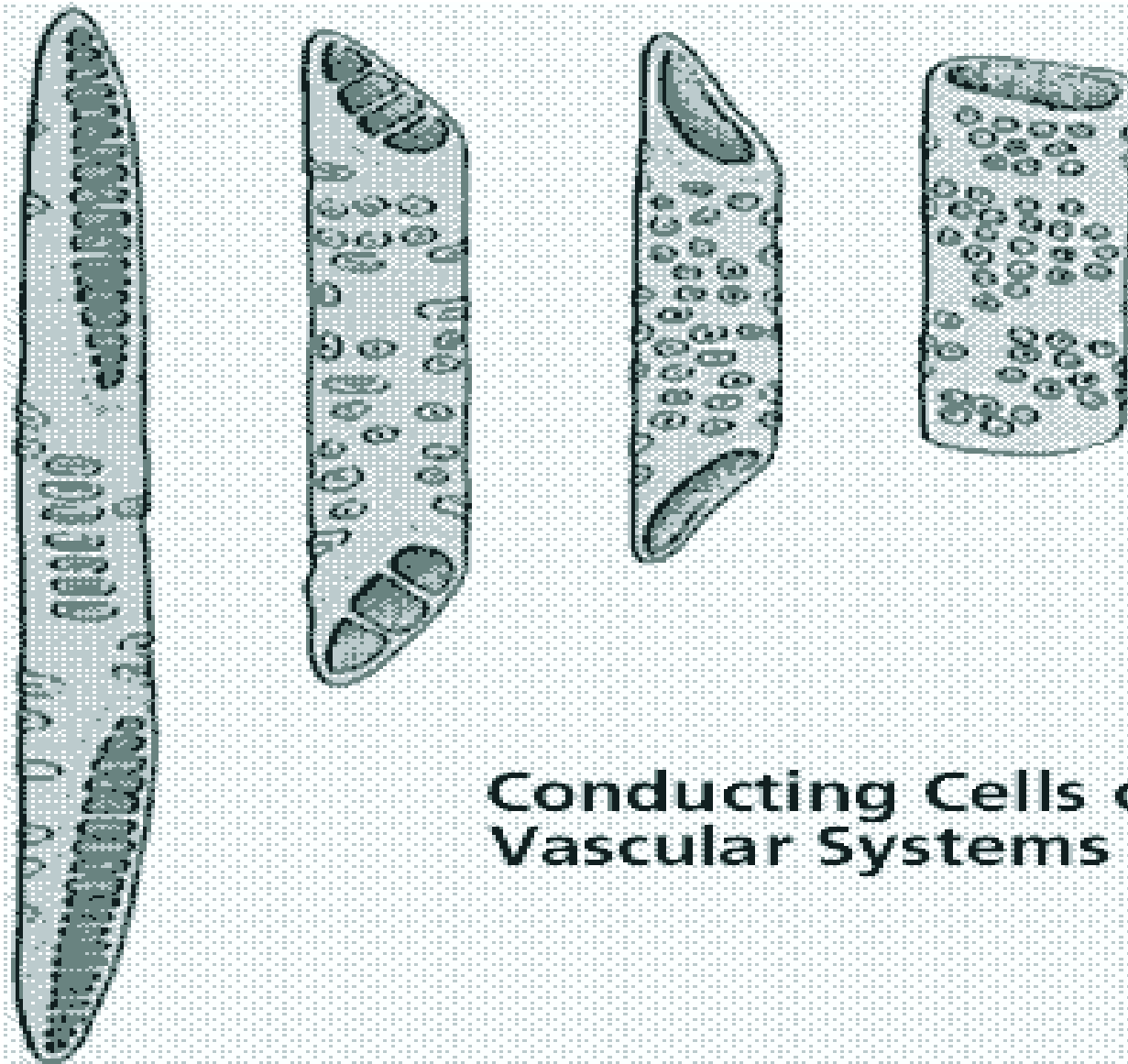
Xylem parenchyma



Xylem fiber

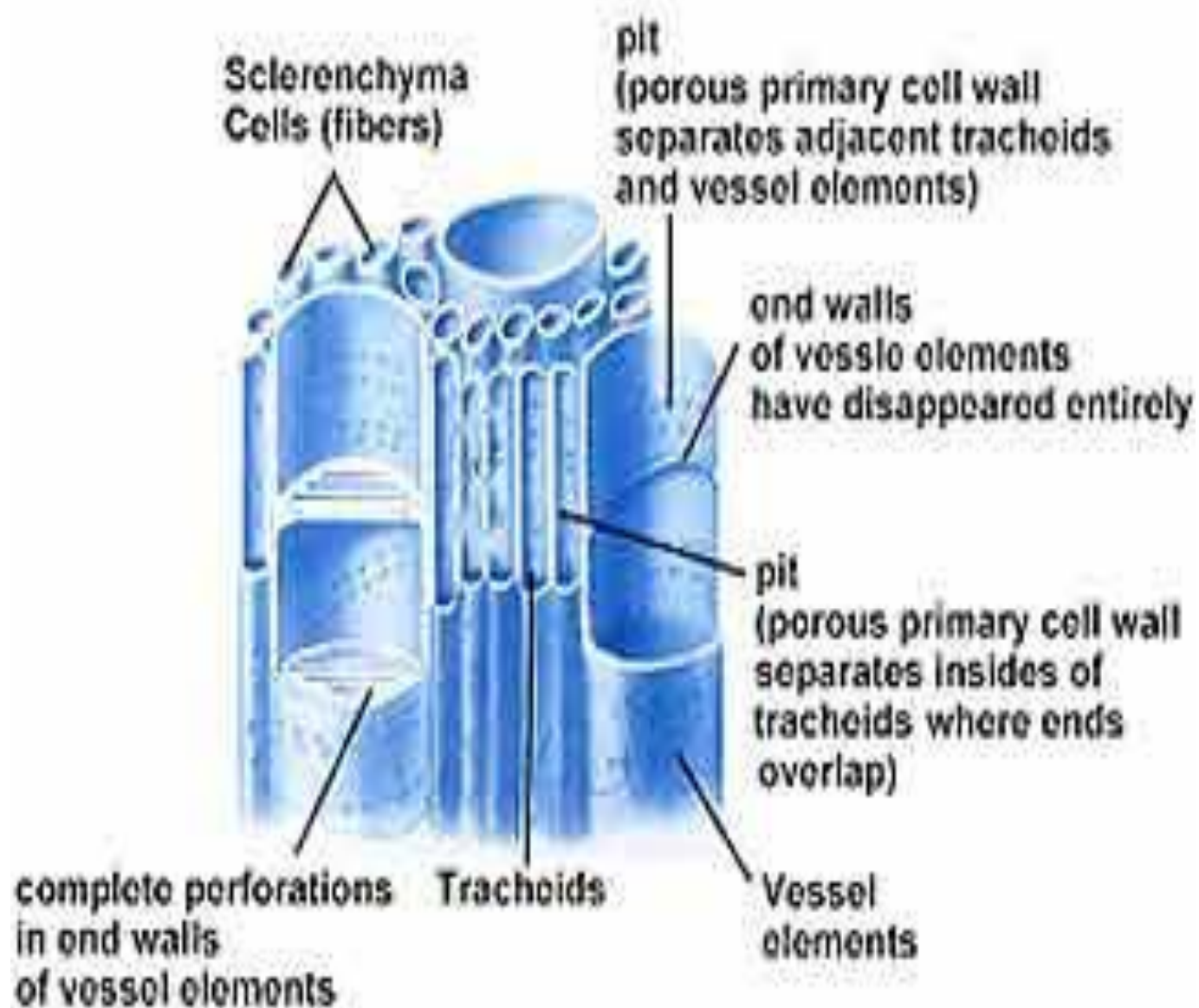
القصبيات والأوعية: وتعرف بالعناصر الوعائية Tracheary elements

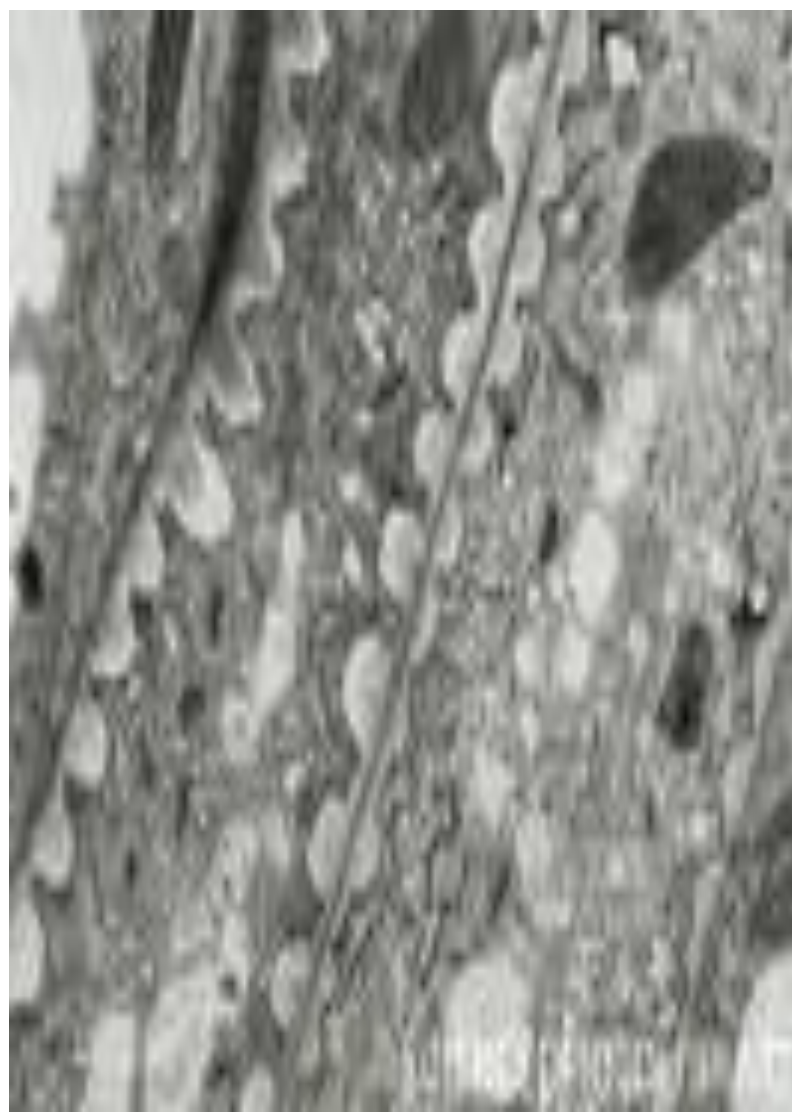
وهي خلايا طويلة ذات جدر ثانوية ملجننة ولا تحتوي على بروتوبلازم عند البلوغ أو تمام النمو وتختلف القصيبة عن عناصر الوعاء Vessel elements في أن القصيبة خلية غير مثقبة وتوجد بها أزواج النقر في جدرها المشتركة الجانبية والعرضية، بينما عناصر الأوعية خلايا مثقبة في بعض الجدر المشتركة مع بعضها البعض خاصة العرضية، وبذلك تتصل عناصر الوعاء مع بعضها البعض مكونة أنابيب طويلة ممثلة الوعاء، وتمر العصارة خلال الوعاء بسهولة من خلال هذه الثقوب وقد توجد الثقوب في الجدر النهائية لعناصر الوعاء أو بالجدر الجانبية ويسمى الجدار المثقب بالصفيحة المثقبة



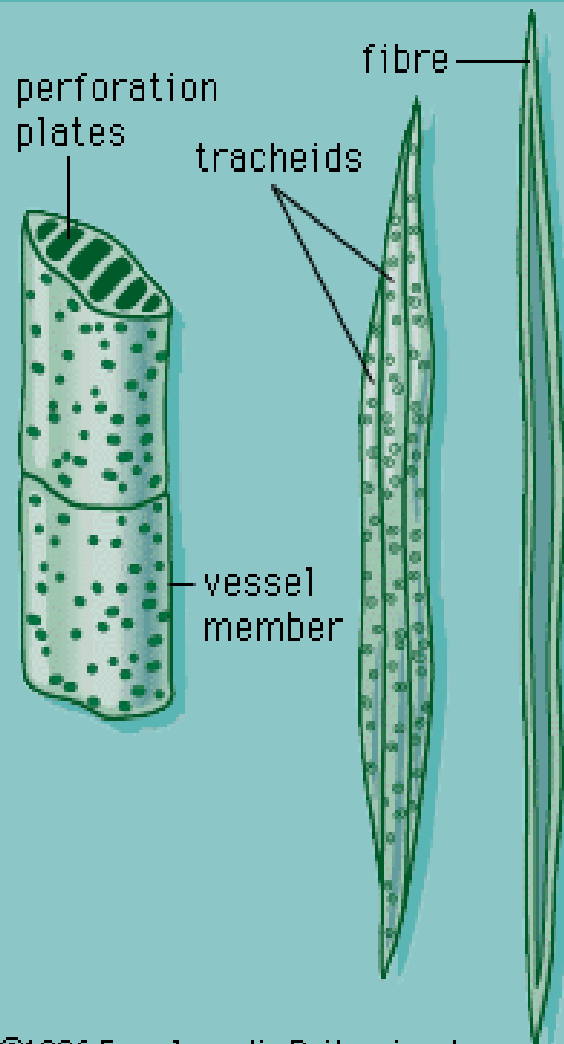
**Conducting Cells of
Vascular Systems**

(صفحة الثقيب) Perforation plate وقد يوجد ثقب واحد كبير في صفحة الثقيب وعندها تسمى بصفحة ثقيب بسيطة Simple perforation plate أو يوجد عدة ثقوب وعندها تسمى بصفحة ثقيب مركبة أو معقدة Complex perforation plate مرتبة في صفوف متوازية تعرف بالصفحة المثقبة السلمية Scalariform perforation plate أو قد يكون ثقيب الصفحة شبكياً Reticulate perforation plate (شكل 56).

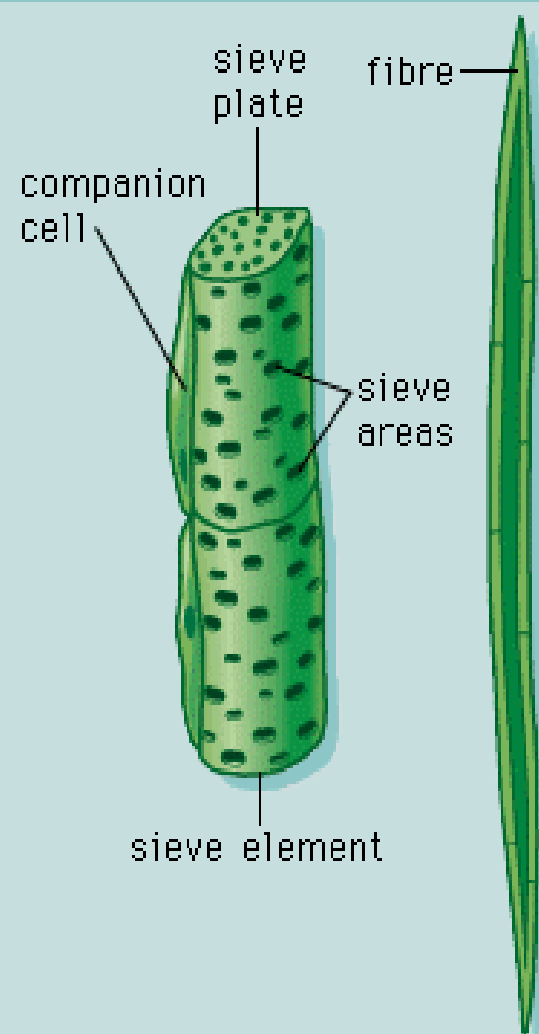




XYLEM



PHLOEM



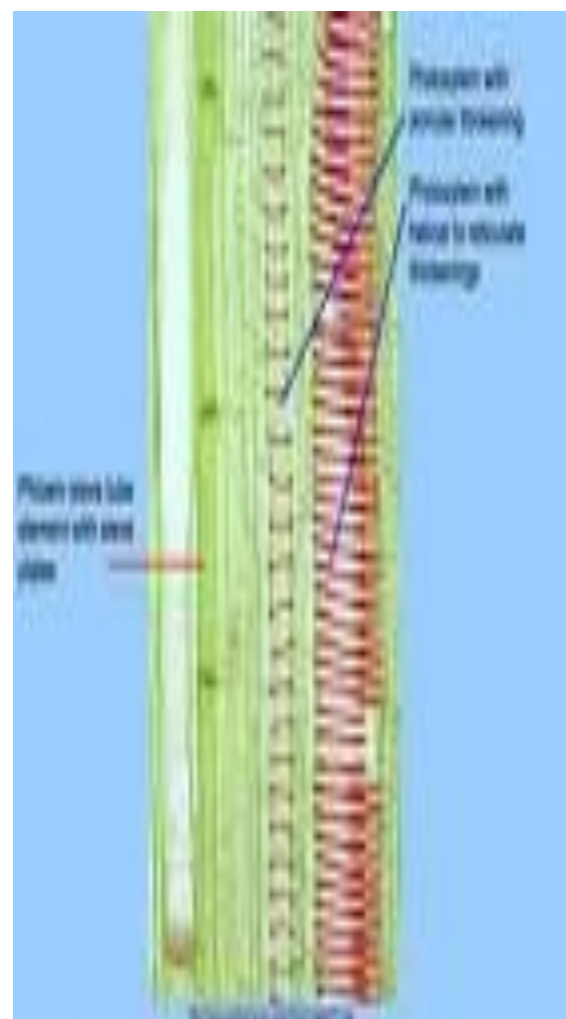
تكوين الوعاء Vessel

ينشأ الوعاء في حالة الخشب الابتدائي من صف واحد من الخلايا الإنشائية هي خلايا المنشئ الأولي. 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 ثقباً فيما بعد، ولكنها رغم ذلك تصبح سميكة بالنسبة 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 (شكل 57).



تركيب الجدار الثانوي للعناصر الوعائية

تترسب مادة الجدار الثانوي للعناصر الوعائية (القصيبات والأوعية) على الجدار الابتدائي في أشكال كثيرة تعرف بالتغلظات الثانوية، ففي الخشب الابتدائي تترسب مادة الجدار الثانوي في جزء محدود من الجدار الابتدائي أقل مما هي عليه في الخشب الثانوي، وتترسب مادة الجدار الثانوي على الجدار الابتدائي لعنصر الوعاء (شكل 58: أ. د) بالأشكال أو التغلظات التالية:



1 - التغلظ الحلقي Anrular thickening

ويتكون الجدار الثانوي على الجدار الابتدائي بشكل حلقات متباعدة ويوجد عادة في الخشب الأول Protoxylem (شكل 58: أ).

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 (شكل 58: ج).

والنقر في التغلظ النكري للجدار تكون مضافوفة وعندما تكون النقر المضافوفة 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 بالمتبادل Alternate pitting وتعتبر القصبة أقل رقيماً من عناصر الوعاء وتوجد في النباتات البذرية الحفرية وفي عاريات البذور والنباتات الوعائية البدائية. في نباتات ذوات الفلقتين تتحول القصبيات 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 (شكل 58 : هـ).



الألياف Fibres

سبق استعراضها عند وصف النسيج السكلرنشيمي.

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).

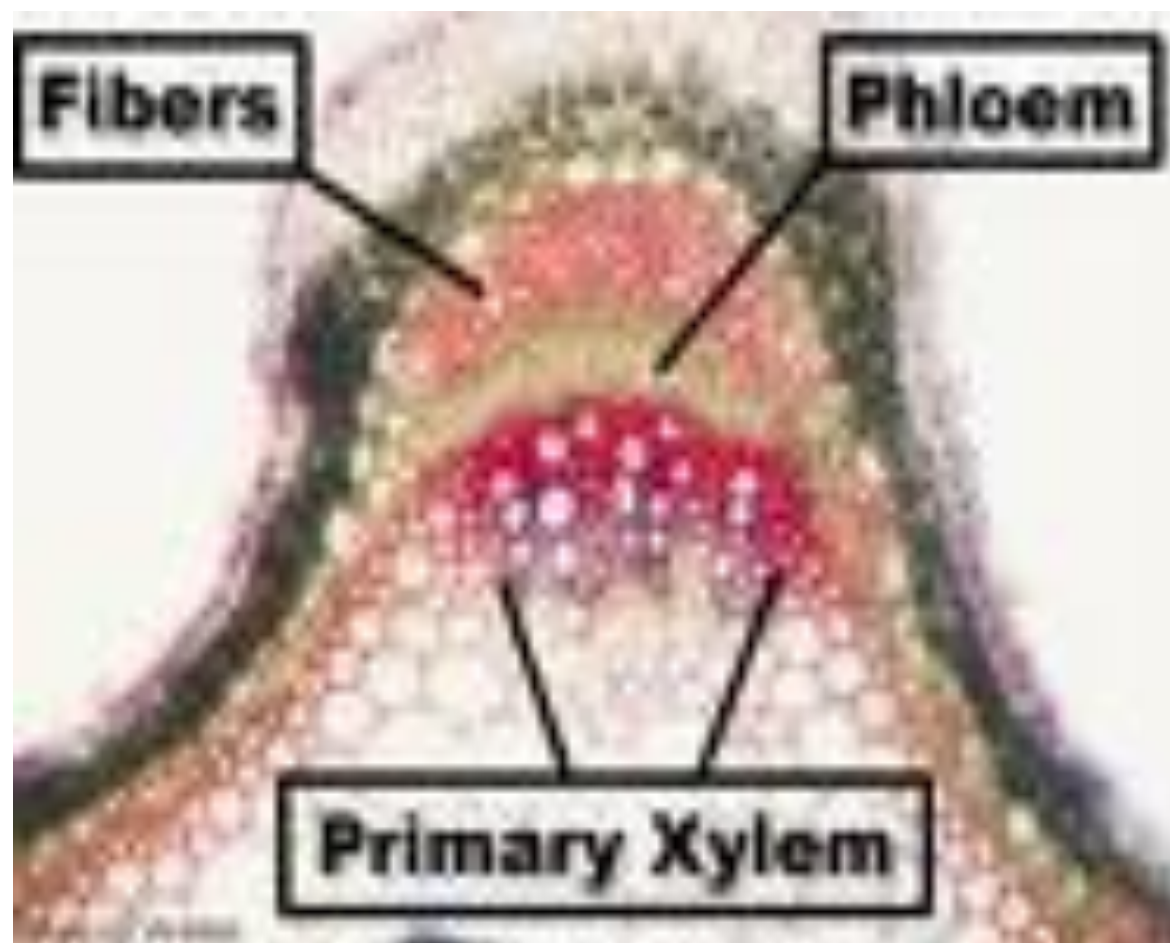
يقسم الخشب الابتدائي إلى خشب أول Protoxylem وخشب تالي Metaxylem نظراً لأن عناصر الخشب الابتدائي لا تتميز من المنشئ الأولي جميعها في وقت واحد، فبعض العناصر يتم نموها أولاً بينما عناصر أخرى مازالت في مراحل مختلفة من النمو.

الخشب الأول:

ينشأ أولاً في المنشئ 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، ويتميز الخشب الأول ويتم نموه 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 (شكل 59).

الخشب التالي:

يتميز و يتكشف بعد نشأة وتميز الخشب الأول، ويتميز أثناء استطالة الأعضاء ويتم نموه بعد أن تنهي الأعضاء النباتية استطالتها. وعناصره ذات تغلظ حلزوني أو شبكي أو منقرأ، وإن كان هناك رأي يحد الخشب التالي بالعناصر المنقرة فقط. 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 (شكل 59).





التايلوزات Tyloses:

ومفردها تايلوز 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 البرنشيمة والعناصر الوعائية. وقد تنتقل النواة وجزء من السيتوبلازم إلى التايلوز، وفي حالة البلوغ قد يظل جدار التايلوز رقيقاً أو قد يكون سميكاً ثانوياً. وقد يصبح ملجئاً. وقد تقسم التايلوزات إلى عدة أجزاء أو تتحول إلى خلايا حجرية. (كاني Canny، 1997م) (شكل 60).

التايلوزات Tyloses:

ومفردها تايلوز Tylose وهي نتوءات من جدران الخلايا البرنشيمية إلى عناصر الخشب الوعائية (القصيبات والأوعية) عندما تكون هذه العناصر غير فعالة أو مجروحة. و

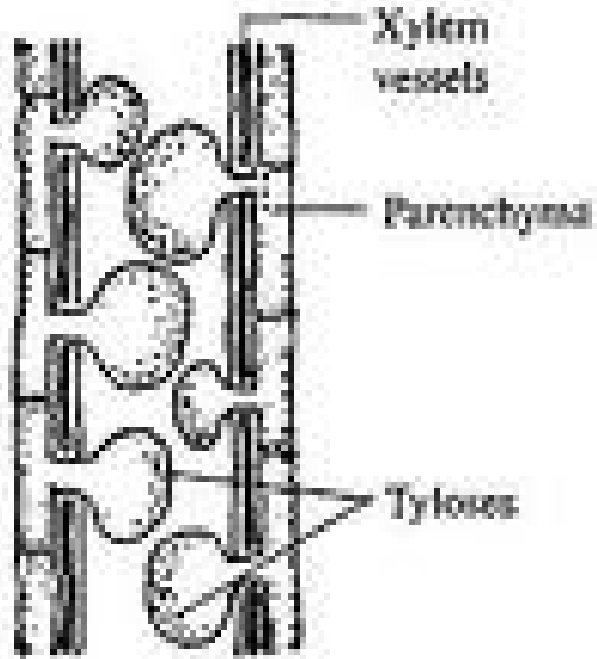
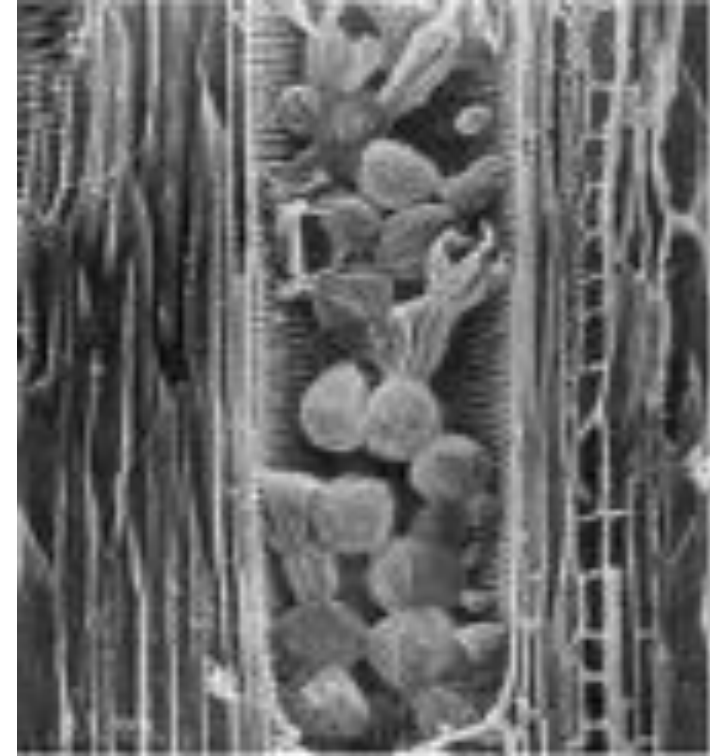


Fig. 3.3.2.5 : Tyloses in xylem vessel



نسيج اللحاء Phloem tissue

هو النسيج الموصل للمواد الغذائية ويوجد نسيج اللحاء دائماً بجانب نسيج الخشب ويتكون اللحاء من عدة أنواع من الخلايا فهو بذلك يكون نسيجاً مركباً شكلاً ووظيفة والمكونات الأساسية لعناصر اللحاء هي العناصر الغربالية وبرنشيمية وألياف اللحاء والخلايا الحجرية. ويقسم اللحاء إلى لحاء ابتدائي في الجسم النباتي الابتدائي، ولحاء ثانوي في الجسم النباتي الثانوي.

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 ولحاء تالي.

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 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 لعضو النباتي فإنها تتأثر باستطالة العضو النباتي ومن ثم تتمزق وتحلل (شكل 61: أ).

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. ونظراً لأن اللحاء التالي ينشأ أثناء نمو واستطالة العضو النباتي ومن ثم يكمل أو يتم نموه بعد أن يقف العضو النباتي عن الاستطالة، فإن عناصره لا تتأثر كثيراً باستطالة العضو النباتي. ولهذا فإن اللحاء التالي يظل هو النسيج التوصيلي للمواد الغذائية في الجسم النباتي الابتدائي (شكل 61: ب).

عناصر اللحاء الابتدائي Primary phloem elements:

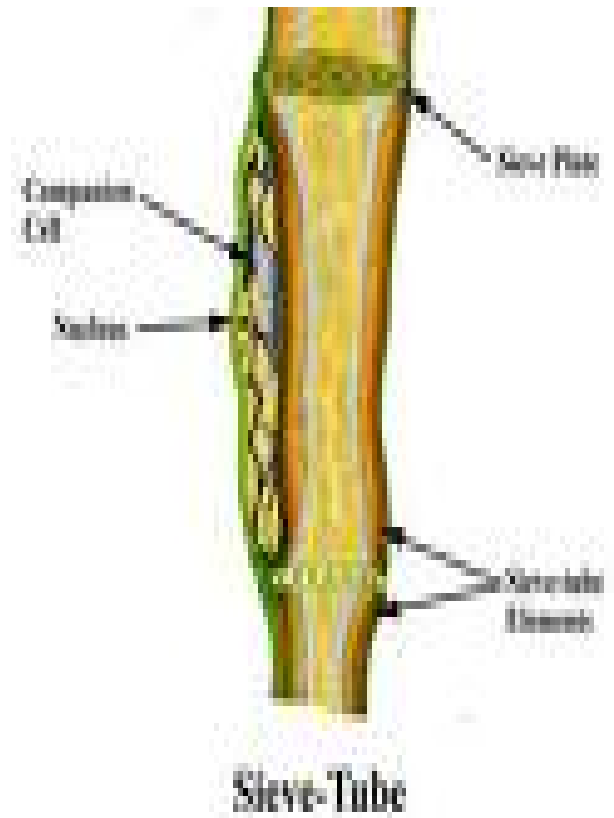
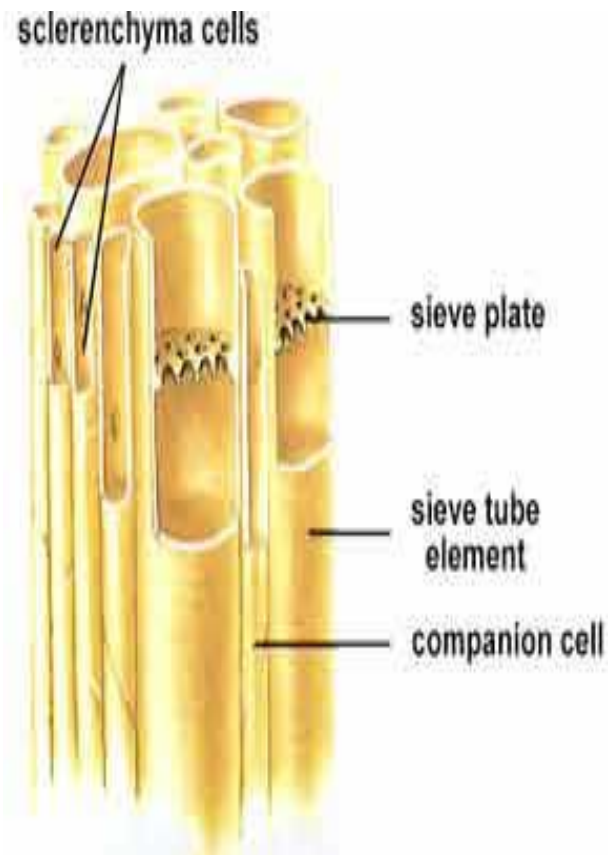
1. العناصر الغربالية Sieve elements وتقسم إلى نوعين هما:

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 غير متخصصة. والمساحة الغربالية غير المتخصصة هي مجموعة كبيرة من الثقوب تتصل خلالها الخلايا الغربالية بنموات شريطية من البروتوبلازم ويمكن أن تقارن هذه بالحقول النقرية الابتدائية ذات الروابط السيتوبلازمية التي توجد في الجدر الابتدائية للخلايا البرنشيمية الحية. جدرها سليولوزية دائماً وتحتوي على نواة وبلاستيدات خضر صغيرة الحجم المكونة من النوع النشوي S-type و النوع البروتيني P-type كما هي الحال في عناصر الأنابيب الغربالية (بنكي Behnke، 1990، وشولز Schulz، 1990). توجد هذه الخلايا الغربالية في لحاء نباتات عاريات البذور (شكل 62: أ).

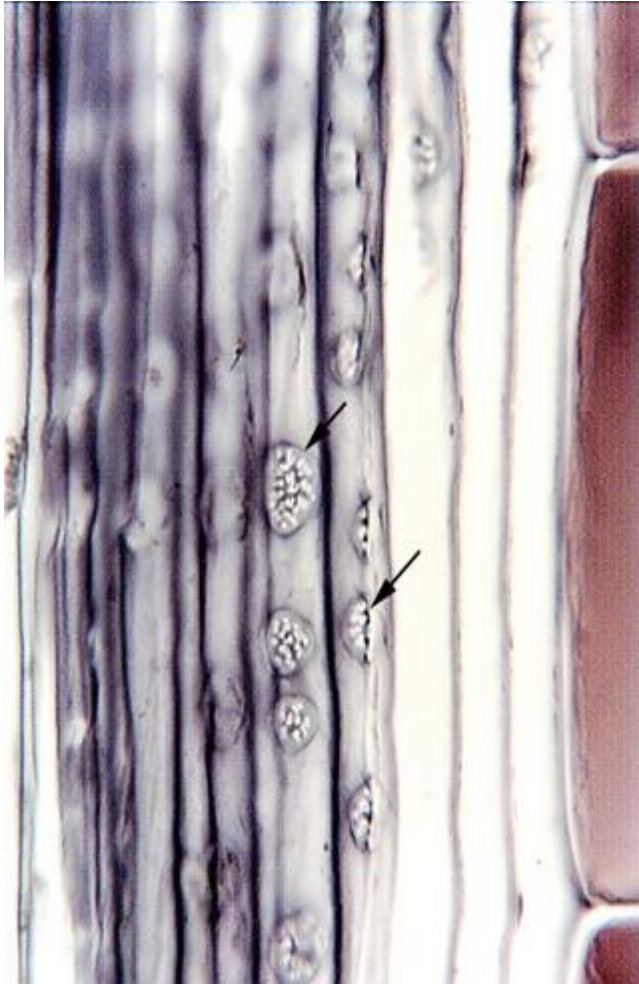


ب . عناصر الأنابيب الغربالية Sieve tube elements

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 الأنبوب الغربالي فوق بعضها البعض في سلسلة طويلة وتعتبر أكثر رقياً من الخلايا الغربالية.

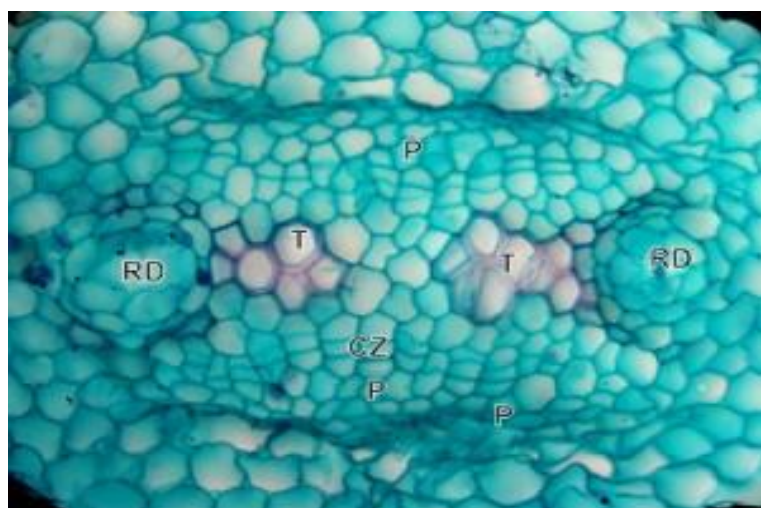
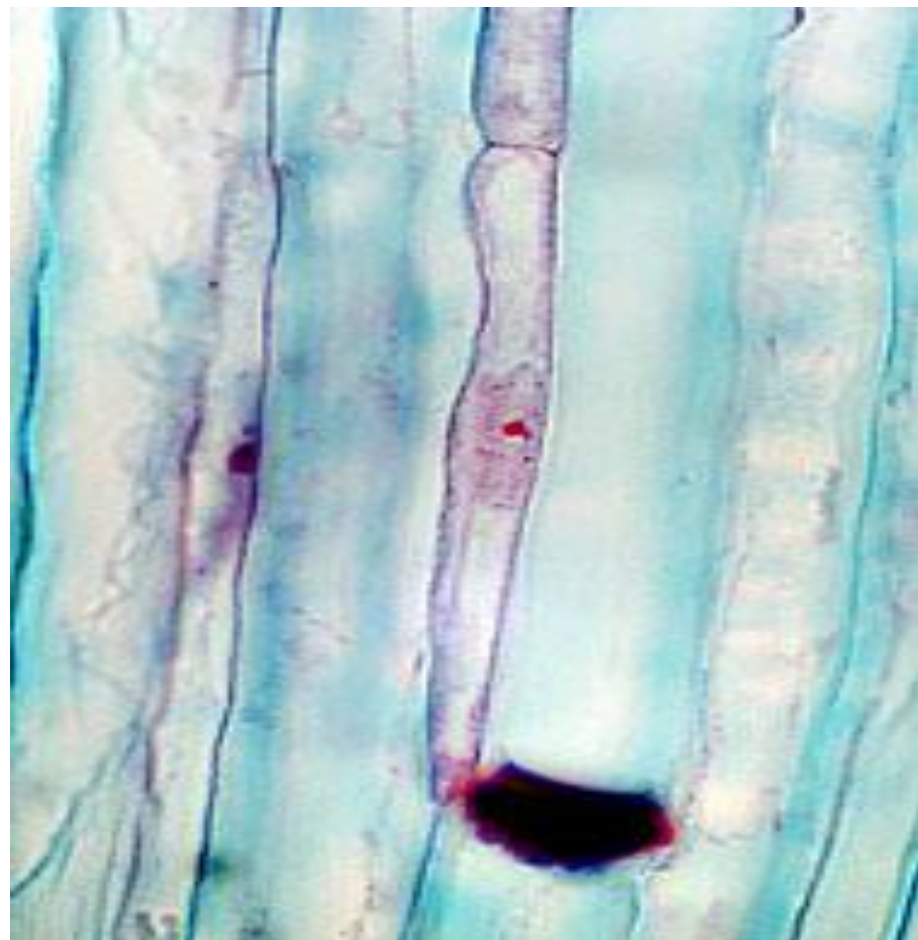
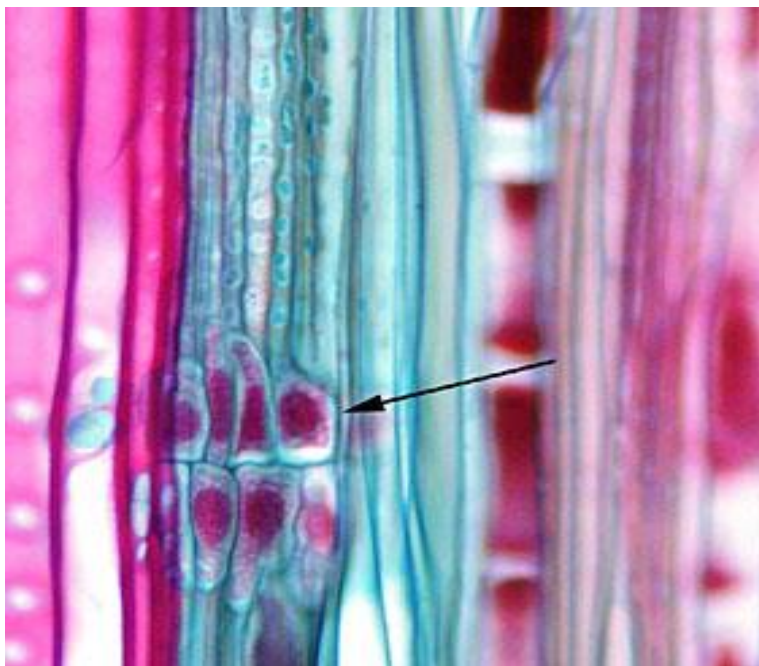
والمساحات الغربالية المتخصصة تكون واسعة الثقوب وقد تترسب مادة الكالوس Callose (وهي عبارة عن مادة كربوايدراتية عديدة السكريات تعطي لوناً أزرق مع أزرق الميثيلين) حول الجدر الداخلية لهذه الثقوب أو قد تتعدها إلى المساحات بين الثقوب بحيث تشغل جميع مساحة الجدار العرضي وتسمى هذه المساحات الغربالية المتخصصة 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). وقد توجد بها مواد مخاطية أو ما يعرف الآن بمواد 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 عناصر الأنايب الغربالية لنباتات ذوات الفلقة الواحدة وعاريات البذور. وقد توجد 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 (دانينهوفر وآخرون Dannen hoffer,et.al. 1990 (شكل 63).



2. الخلايا المرافقة Companion cells

توجد 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 وأحياناً تنقسم هذه الخلايا 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 (بيت وجويننج (Pate and Gunning، 1969) (شكل 64).



خلايا مرافقة وخلايا زلاالية

3. الخلايا الزلالية 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 الزلالية المرتبطة بالخلايا الغربالية تامة التكشف، وتحدث زيادة هذه النشاطات في فترات التحميل والتفريغ للخلايا الغربالية ويتوقف نشاطها عندما يتوقف نشاط الخلايا الغربالية (شكل 65).

4 . برنشيمة اللحاء Phlom parenchyma

تختص برنشيمة اللحاء بأنشطة عديدة كتخزين 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).

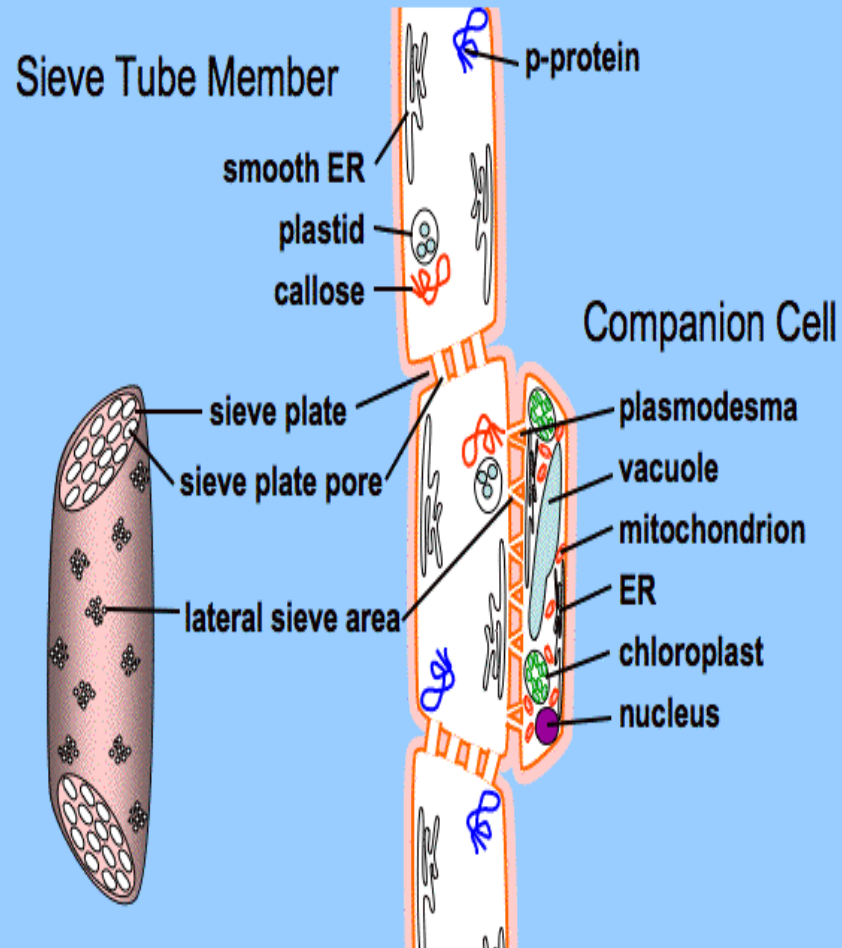
5 . الألياف والخلايا الحجرية :

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 جدرها 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 (شكل 66). وتوجد أربعة أنماط من الخلايا الناقلة في العروق الصغيرة اقترحها بيت ونمونج Pate and Gunning 1969 (راجع كتاب: مورفولوجيا النبات وتشريحه. الدعيجي والعودات (1992) للمزيد من التفاصيل.

Phloem Cell Interaction

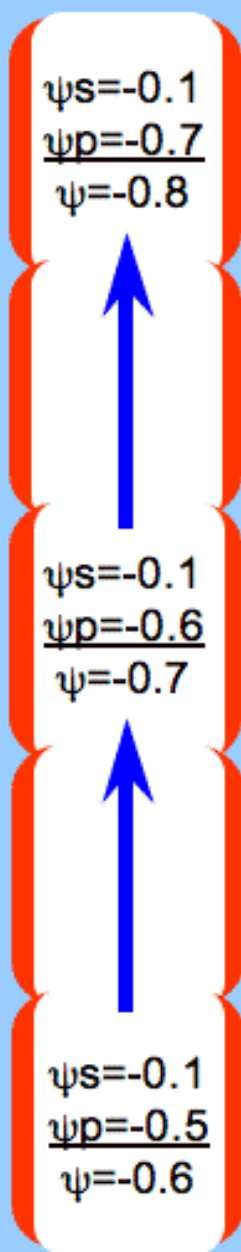


آلية نقل المواد الغذائية في اللحاء

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

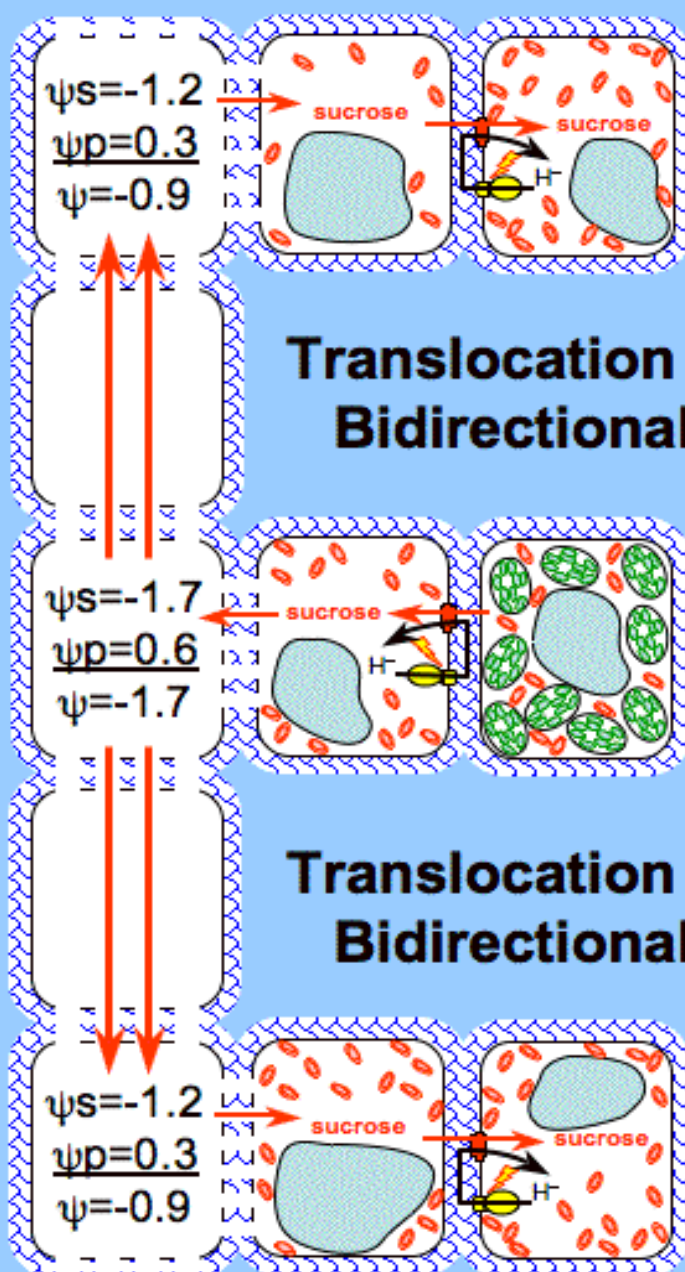
ونظرية ضغط الانسياب (تدفق الكتلة التي اقترحها العالم منخ Munch (1930) وطورها كثير من علماء فسيولوجيا النبات والتي تنص بأنه لحدوث الانسياب يجب أن يكون هناك تدرج في الجهد الأسموزي Osmotic potential على طول الأنبوب الغربالي في اتجاه من المصدر Source إلى مكان الاستهلاك Sink وهذا الجهد قادر على إحداث امتلاء 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).

Transpiration is
Unidirectional



XYLEM

PHLOEM



Apical
Bud

Translocation is
Bidirectional

Leaf

Translocation is
Bidirectional

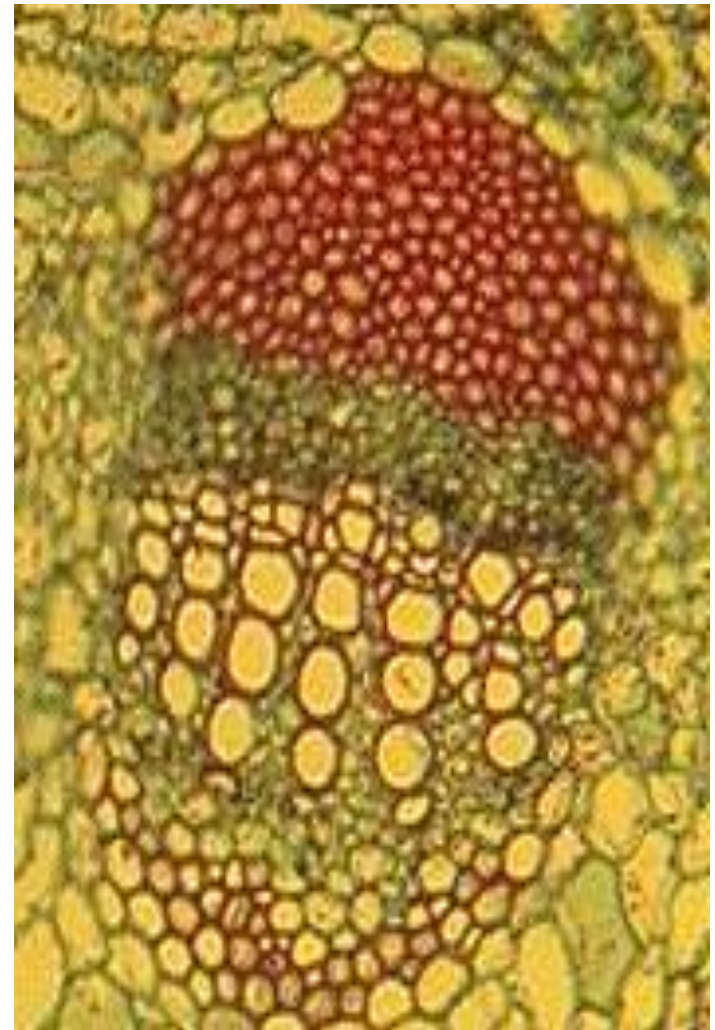
Root

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 اللحائن **Bicollateral vascular bundles**

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

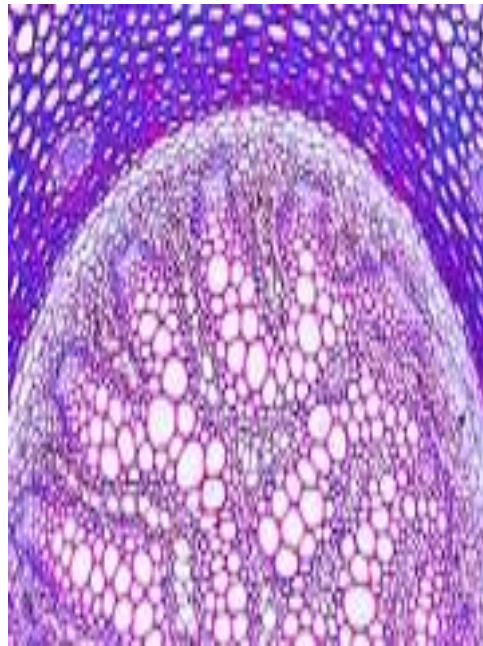
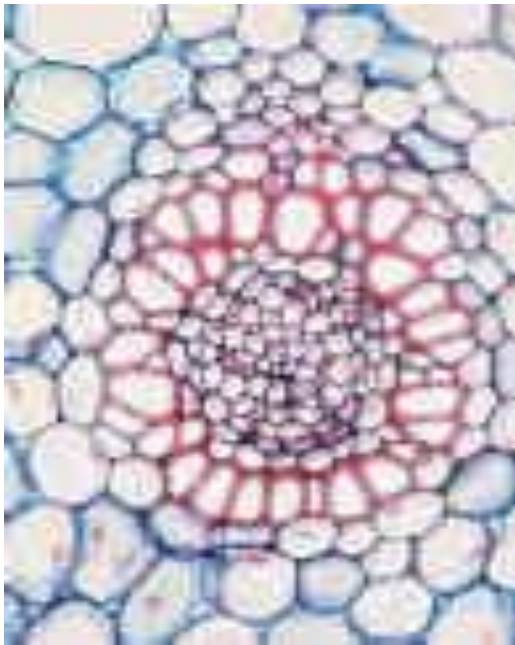
3. الحزمة الوعائية المركزية **Concentric vascular bundle**

ويوجد بها إما اللحاء يحيط بالخشب أو العكس وتتميز إلى:

أ . خارجية الخشب **Amphivasal** وفيها يحيط الخشب باللحاء (شكل 67: ج). ويوجد هذا النوع في نبات الحميض.

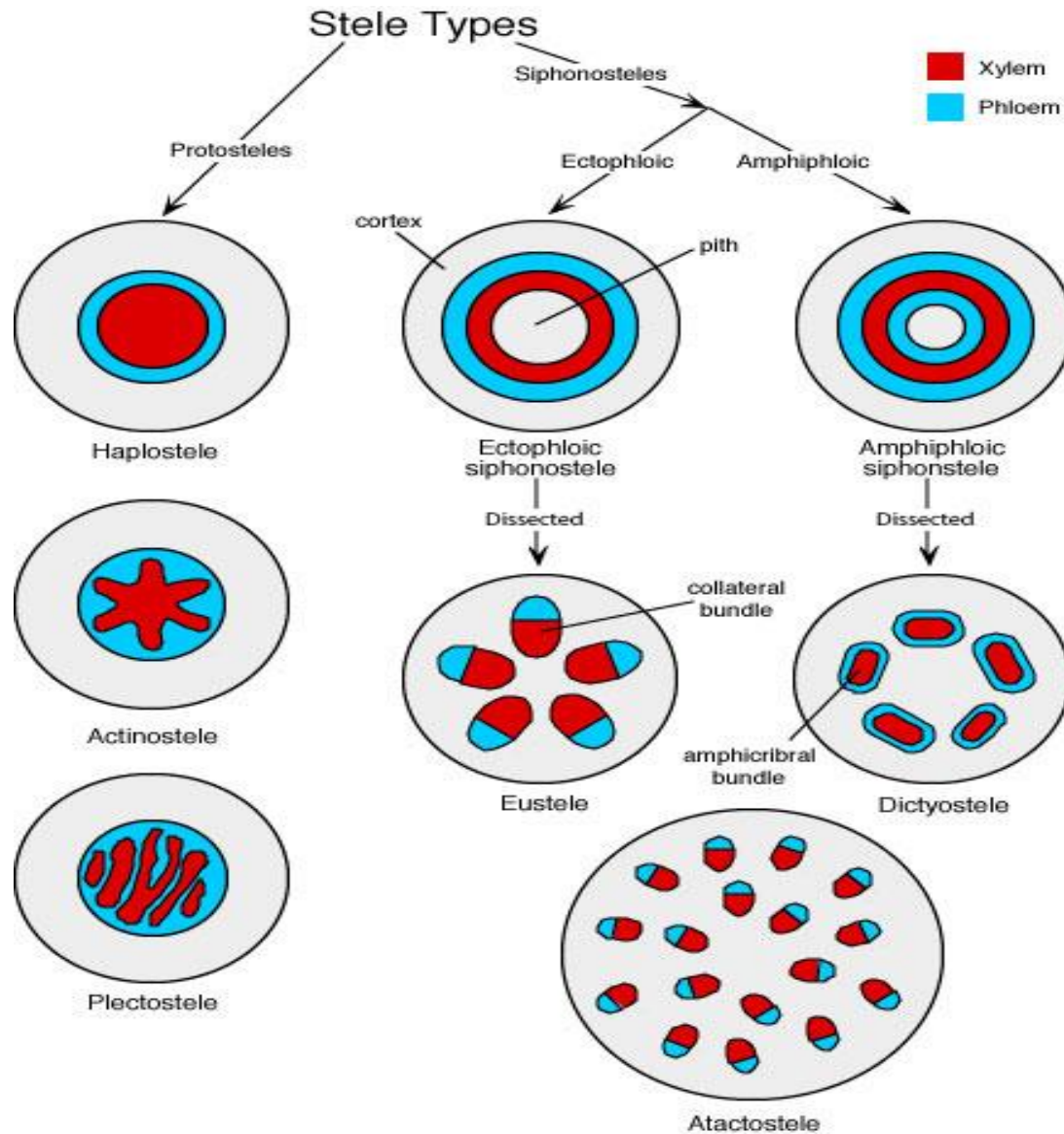
ب . خارجية اللحاء **Amphicribal** وفيها يحيط اللحاء بالخشب من الخارج (شكل 67: د). ويوجد هذا النوع في السراخس وتوجد أيضاً في ذوات الفلقة والفلقتين في الحزم الصغيرة للأزهار، والثمار، والبويضات.

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 (شكل 68).



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.



نظرية العمود الوعائي The stele theory

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

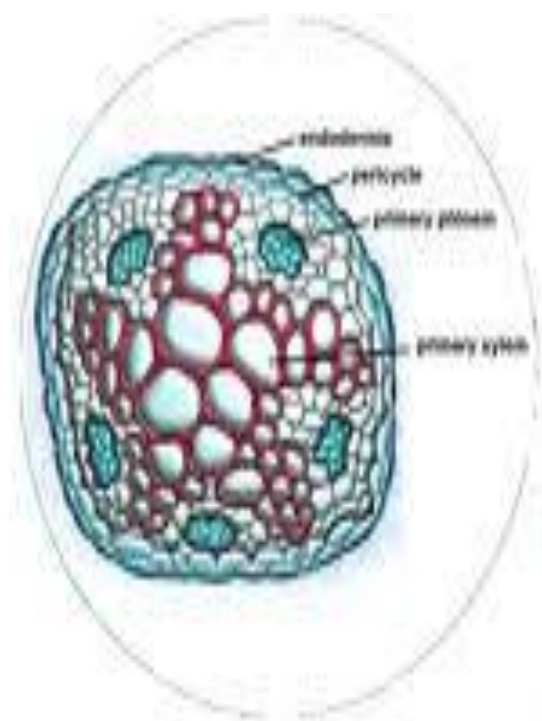
1. العمود الوعائي الأولي Protostele

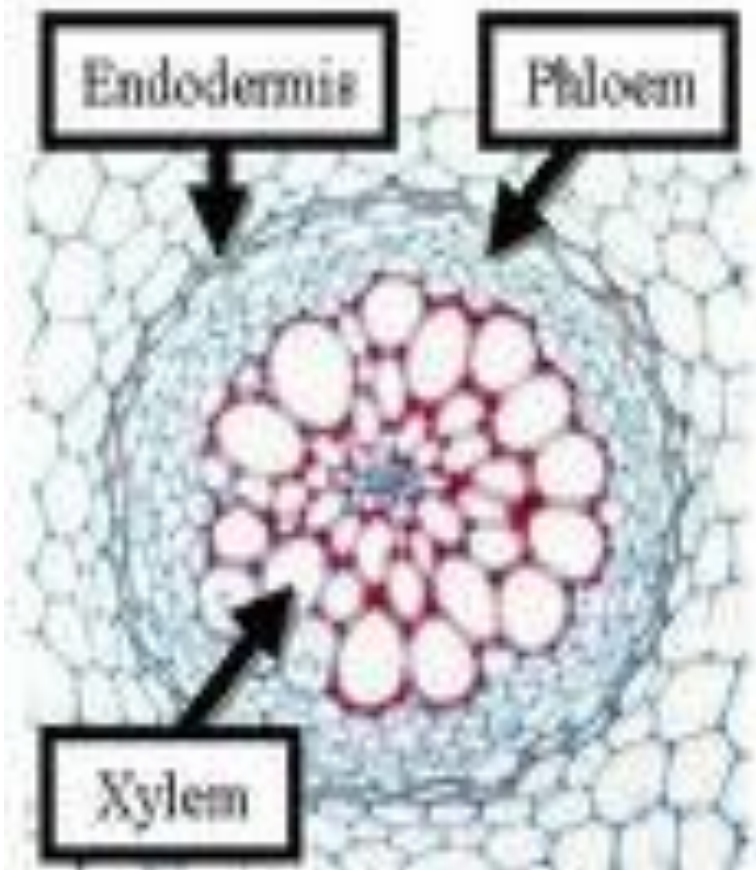
أبسط الأنواع وأقلها رقياً من الناحية التطورية، ويتكون من عمود مصمت من النسيج الوعائي (الخشب واللحاء الابتدائيين) ولا يوجد بداخله نخاع ويوجد في الصورة المبسطة الخشب في الوسط واللحاء للخارج ويوجد في النباتات الوعائية البدائية وفي سوق السراخس والنباتات المائية وكذلك جذور كاسيات البذور. ويقسم العمود الوعائي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

أ. العمود الوعائي الأولي الدائري **Haplostele** وفيه يظهر الخشب بشكل دائري في المقطع العرضي كما في الرصن *Selaginella* (شكل 69: أ).

ب . العمود الوعائي الأولي الشريطي **Plectosteles** ويوجد الخشب واللحاء في أشربة متبادلة كما في اللىكوبوديوم *Lycopodium* (شكل 69: ب).

ج . العمود الوعائي الأولي النجمي (الشعاعي) **Actinosteles** وفيه يظهر الخشب بشكل نجمي في المقطع العرضي كما في نبات السيلوتم *Psilotum* (شكل 69: ج).





2. العمود الوعائي الأنبوبي *Siphonostele*

ويوجد به نخاع في الوسط ويكون اللحاء والخشب على هيئة اسطوانة متصلة أي لا

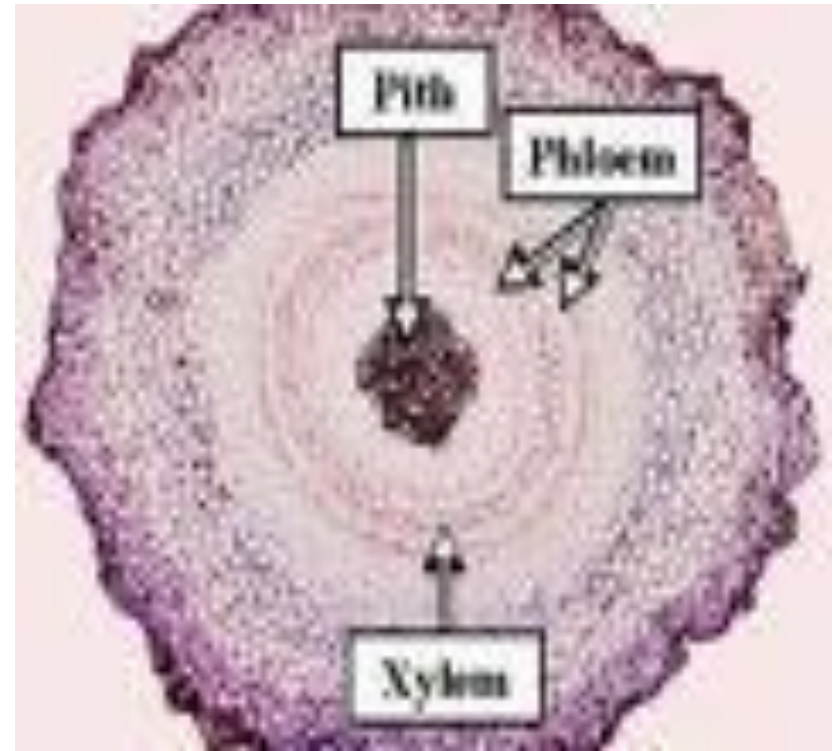
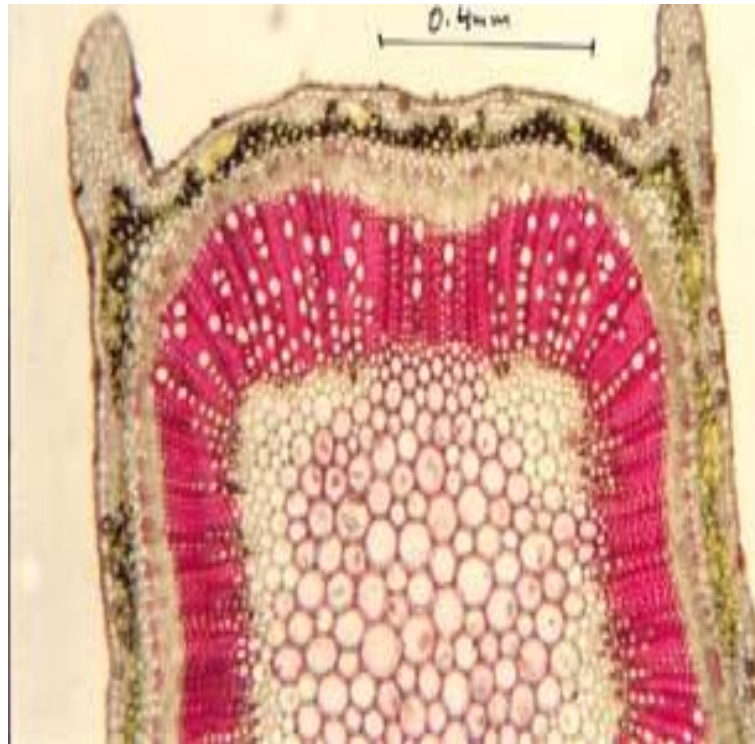
يوجد فرجات ورقية. ويميز المجموعة التيروبسيديّة *Pteropsida* ومنه نوعان :

• خارجي اللحاء *Ectophloic siphonostele*

ويوجد اللحاء فقط إلى الناحية الخارجية للخشب. مثل ساق نبات كزبرة البئر *Adiantum* (شكل 70: أ).

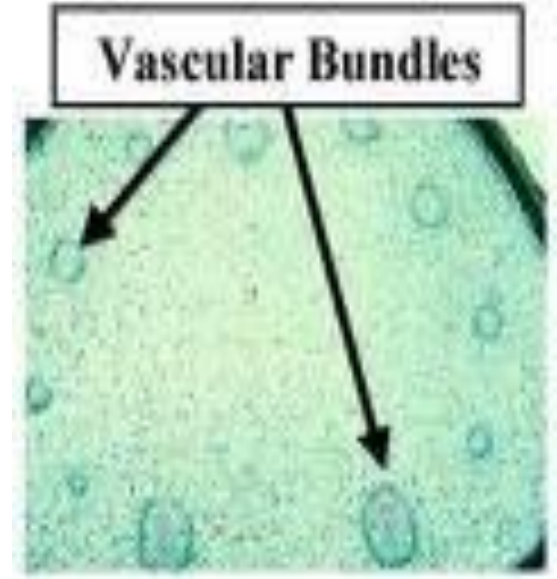
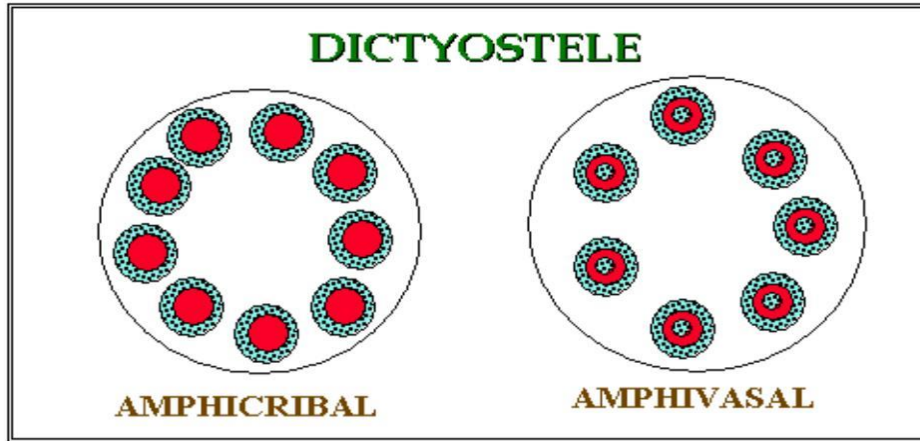
• محيطي اللحاء *Amphiphloic siphonostele*

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* (شكل 70: ب)



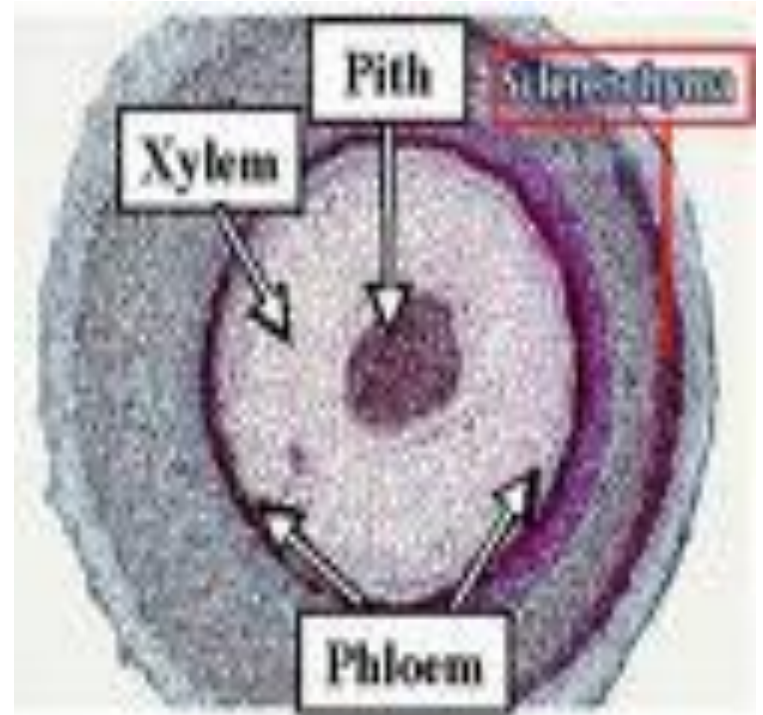
3 - العمد الوعائي الأنبوبي المجزء (Dictyostele Solenostele)

هو نوع متميز من العمد الوعائي الأنبوبي حيث يكون فيه فرجات ورقية كبيرة تتراكب فوق بعضها البعض حتى يظهر النسيج الوعائي متقطعاً في شكل شبكي، ويكون كل جزء من أجزائه حزمة وعائية مركزية كما في السراخس أو البوليوديم *Polypodium* (شكل 71).



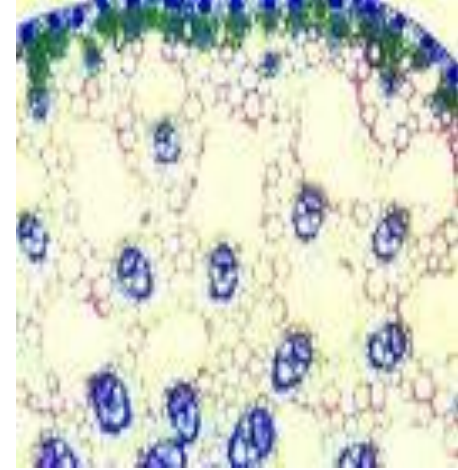
4. العمود الوعائي الحقيقي Eustele

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 (شكل 72).



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 (شكل 73).



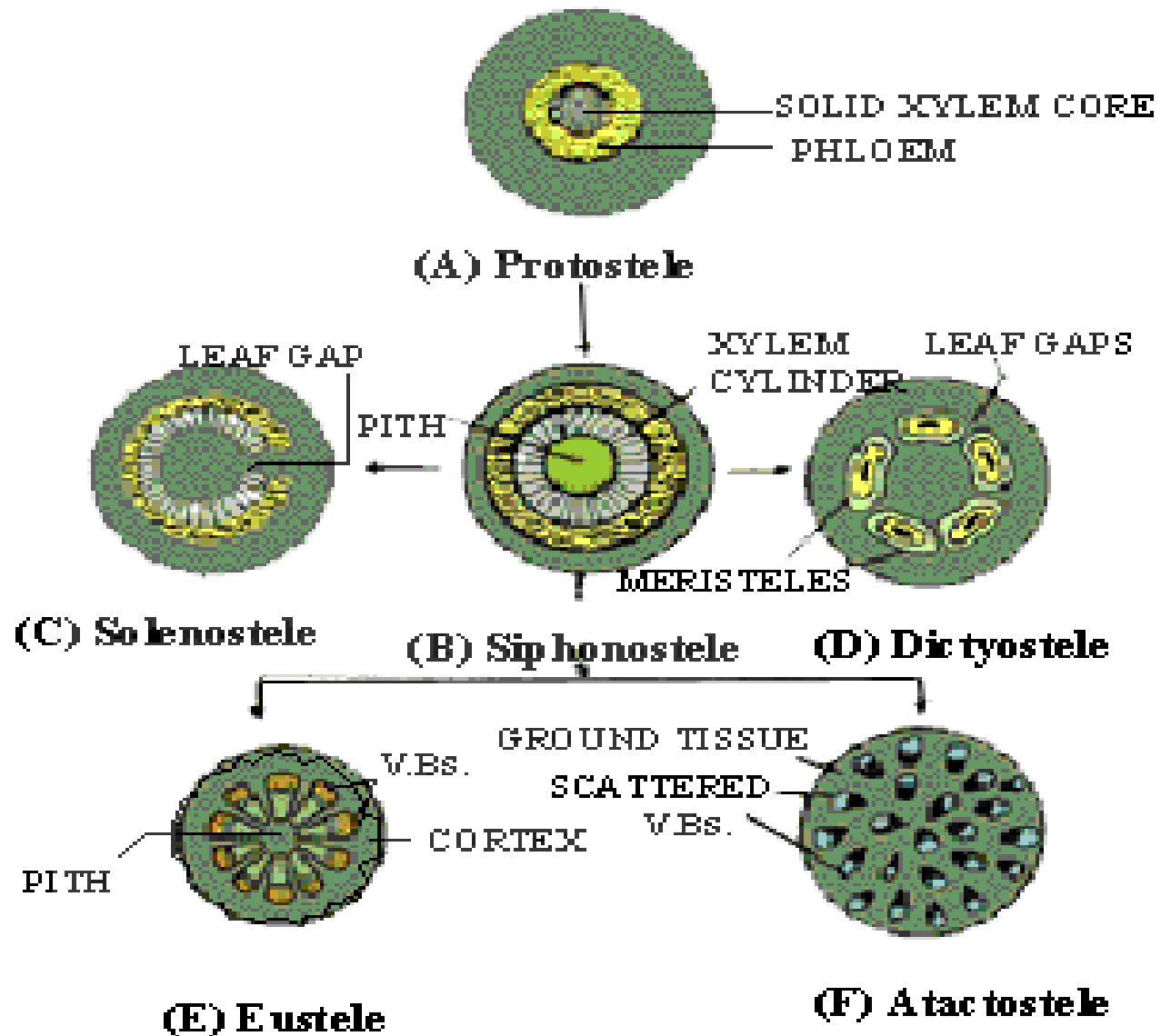
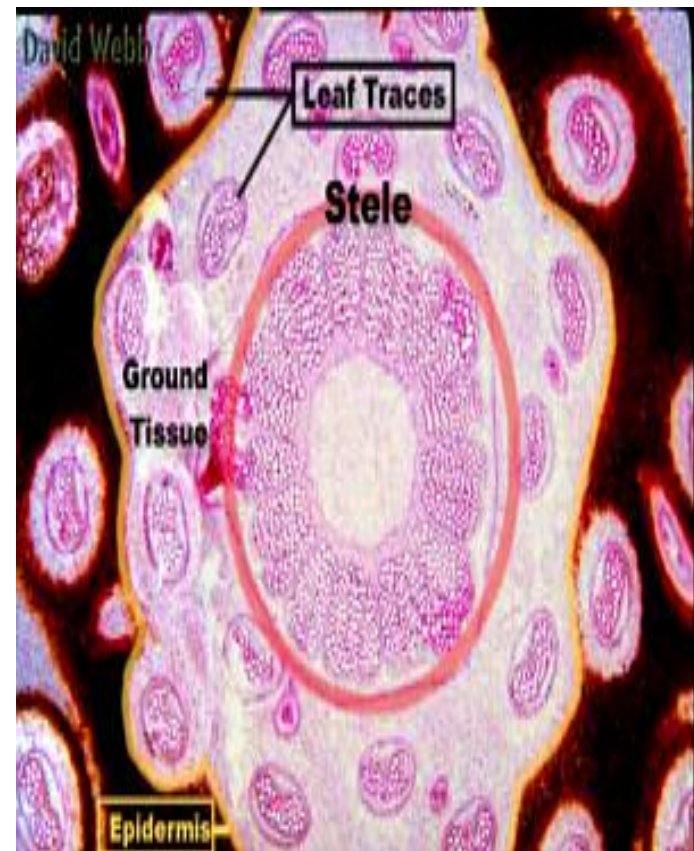
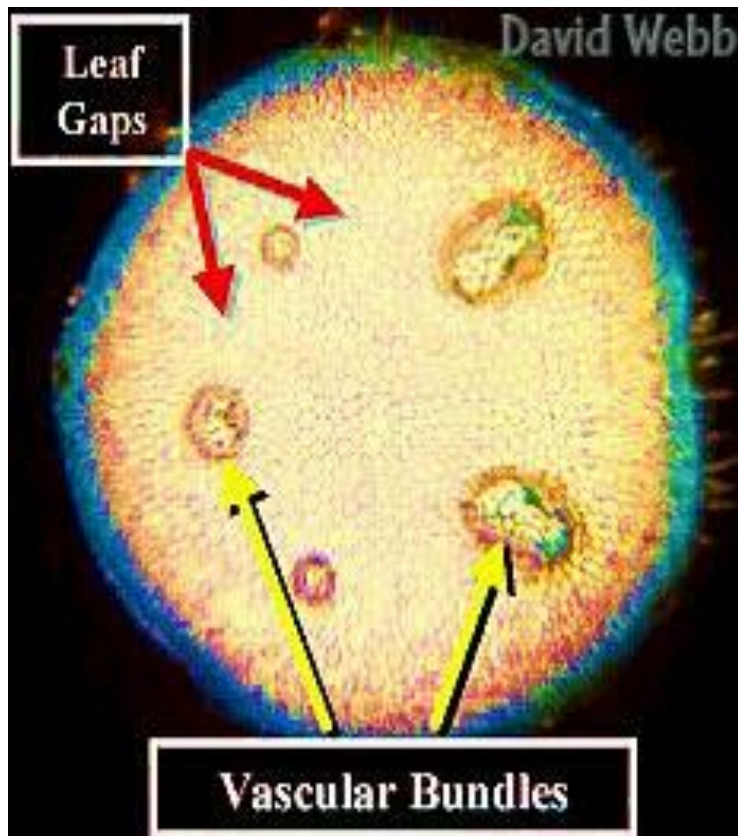


Figure 15.25 Main types of Stele (all diagrammatic)

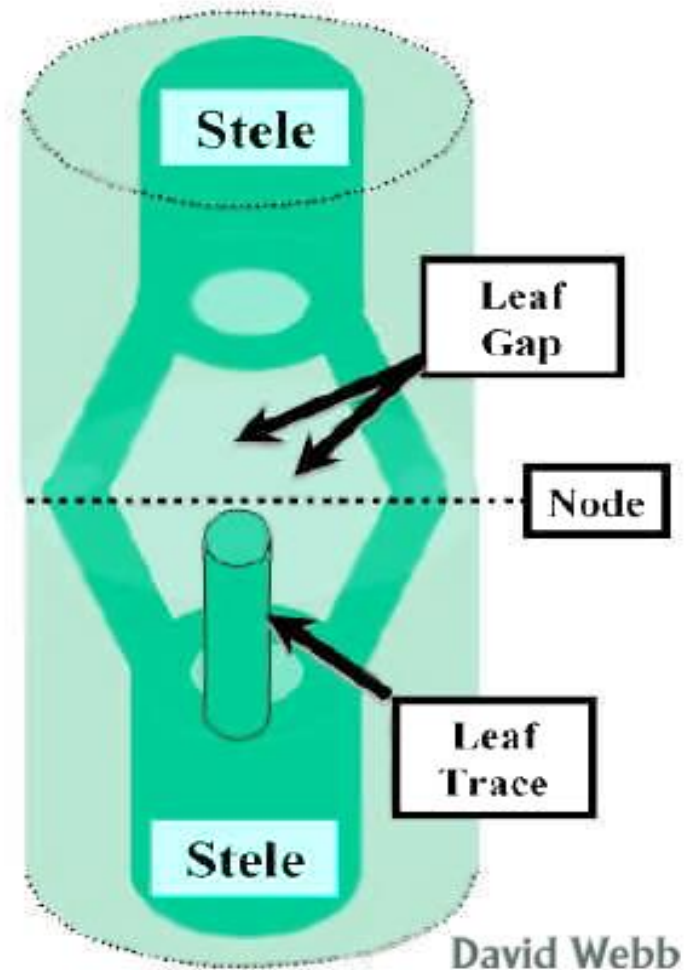
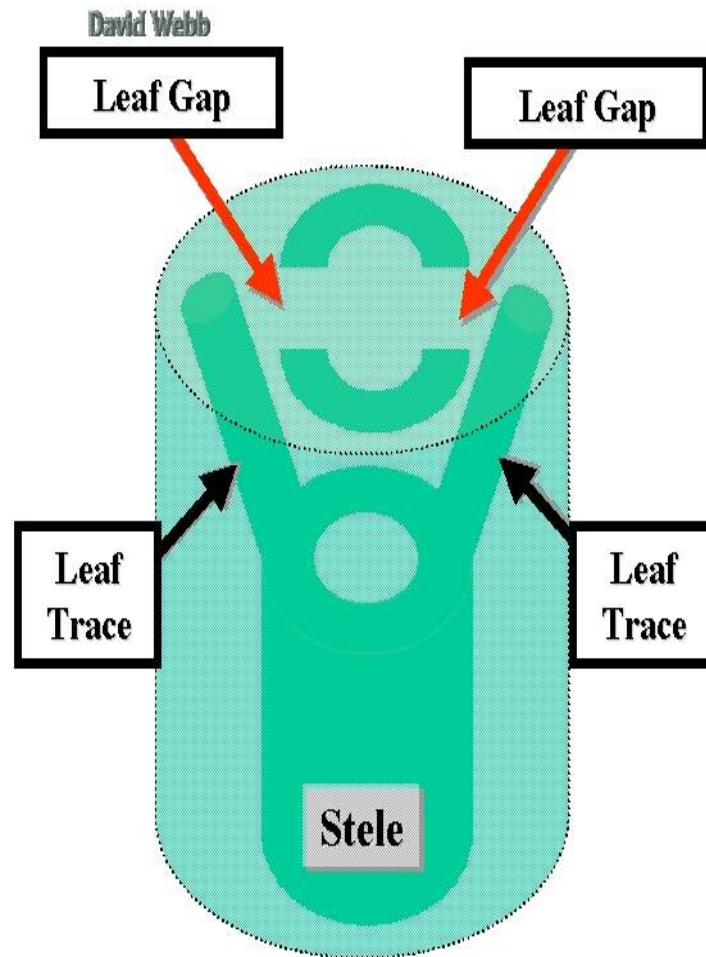
مسارات الأوراق Leaf traces

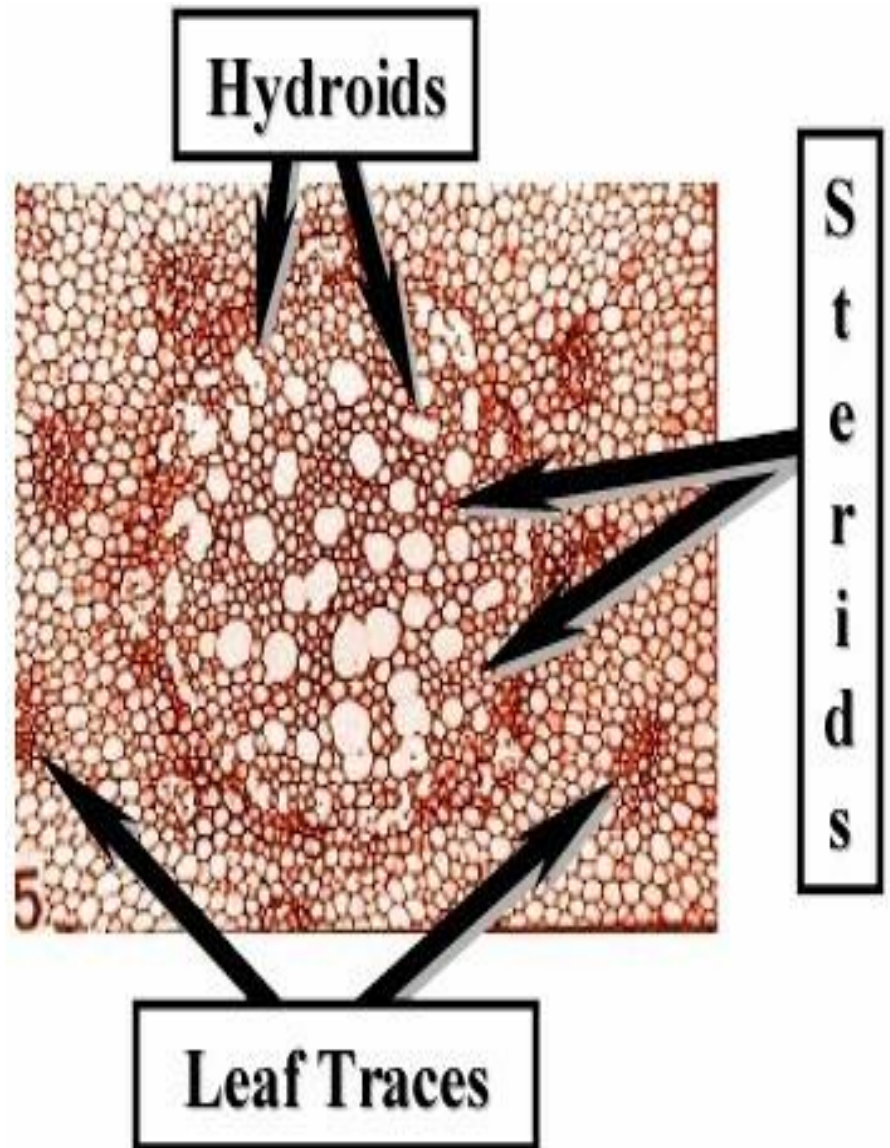
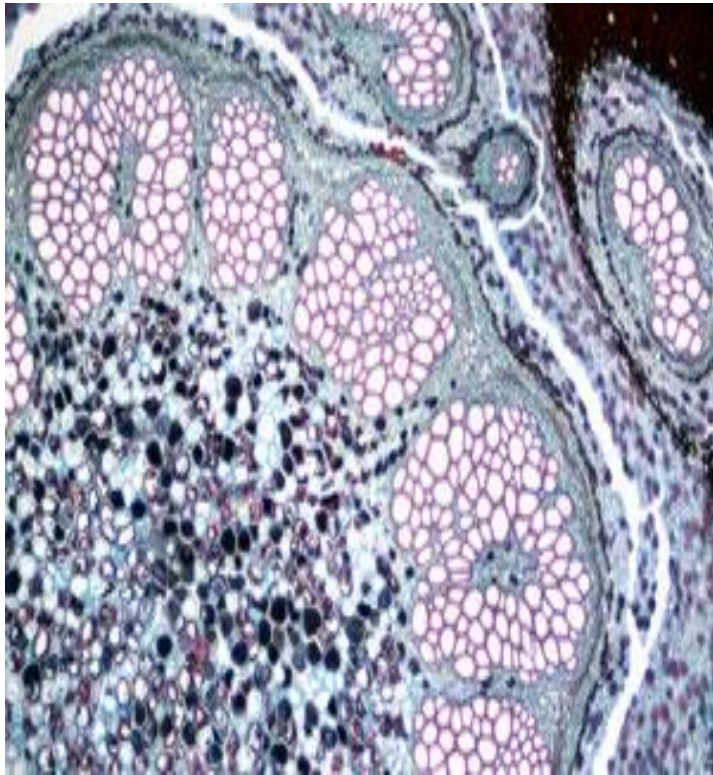
مسار الورقة هي المسافة الممتدة من النسيج الوعائي بقاعدة الورقة إلى النقطة التي تمتد فيها مع بقية النظام النسيجي الوعائي في محور النبات (شكل 74). ويختلف عدد المسارات الورقية باختلاف النباتات فقد يكون مساراً واحداً أو عدة مسارات، أي أنه يخرج من الساق إلى الورقة عند العقدة حزمة وعائية أو أكثر.



الفرجات الورقية Leaf gaps:

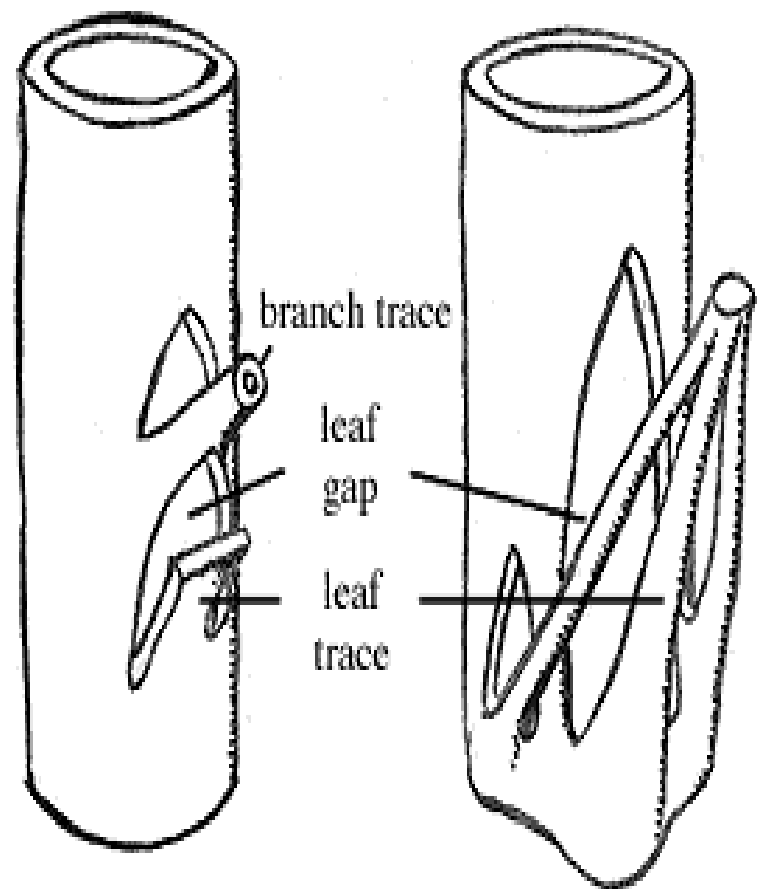
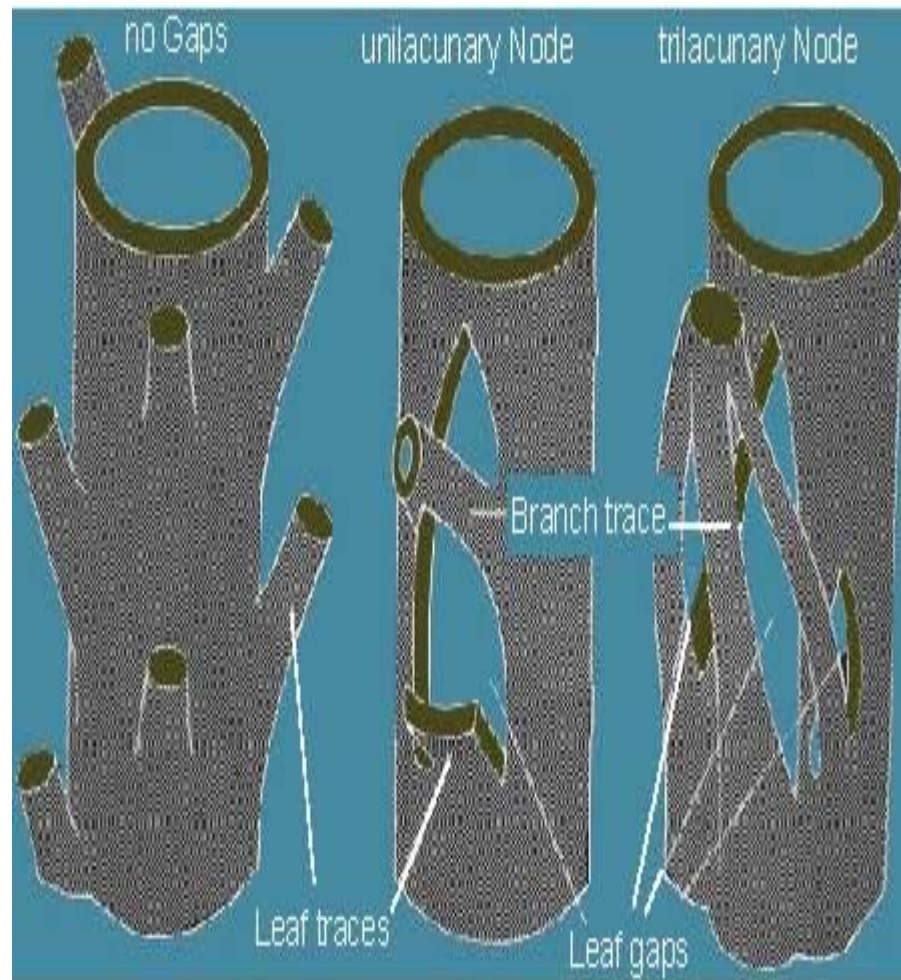
الفرجة الورقية هي مكان انحراف مسار الورقة من العمود الوعائي حيث ينمو بدلاً من النسيج الوعائي الذي ينحرف للورقة نسيج برنشيمي يسمى بفرجة الورقة Leaf gap (شكل 74). وقد يكون لكل مسار ورقي فرجة واحدة، أو أن تكون فرجة واحدة لكل مسارات الورقة.





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.



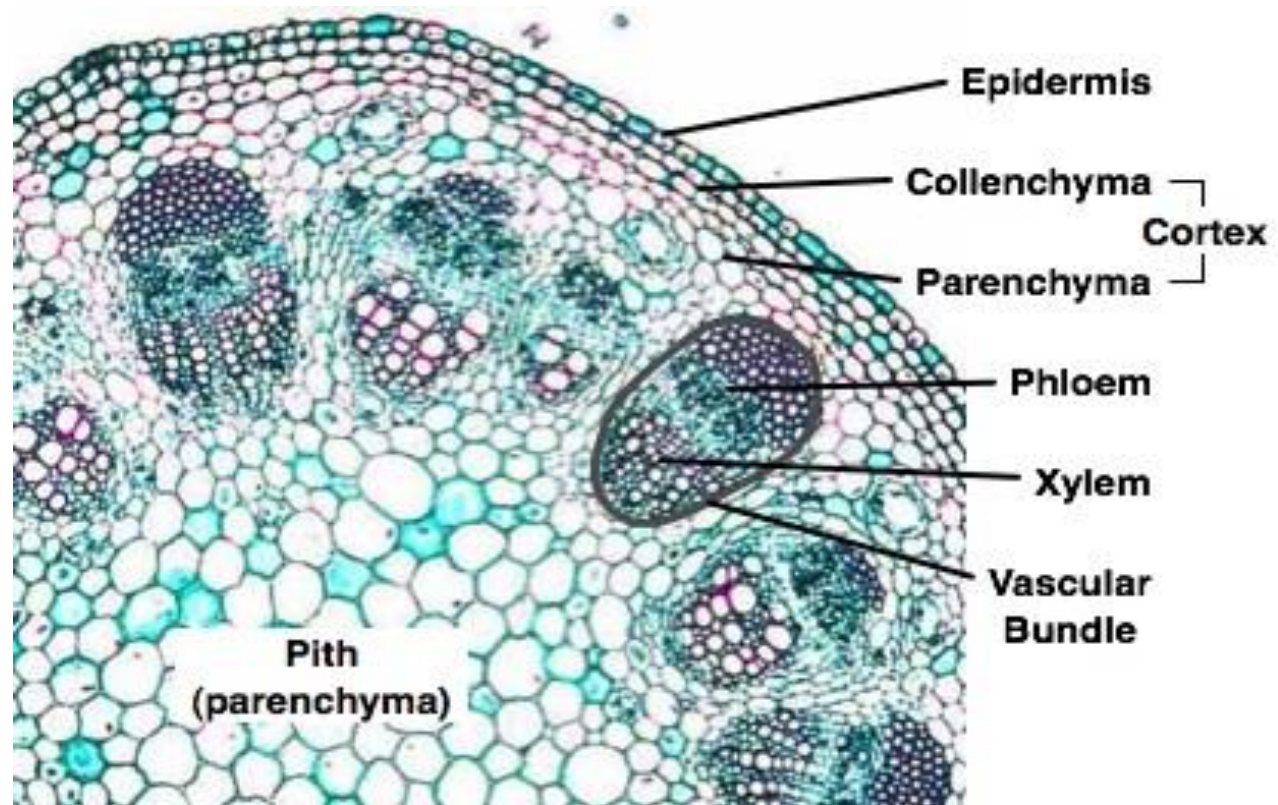
التركيب الداخلي للجسم النباتي الابتدائي

Internal structure of the stem

التركيب الداخلي لساق من نباتات ذوات الفلقتين

عند فحص قطاعاً عرضياً في ساق دوار الشمس الحديث شكلاً

76، 77 يلاحظ ما يلي:



• البشرة Epidermis

تتكون البشرة من طبقة واحدة من خلايا سميكة الجدر، ولكن عادة ما تكون الجدر الخارجية أسمك من الجدر الداخلية ولا يوجد بها بلاستيدات خضر ما عدا الخلايا الحارسة. وتغطي بأدمة رقيقة، وقد يشاهد في البشرة بعض الثغور والشعيرات.

• القشرة Cortex

تتكون القشرة من عدة طبقات من الخلايا الكولنشيمية قد تعرف بتحت البشرة Hypodermis ولا يوجد بينها مسافات بينية، تقع مباشرة تحت البشرة، تليها من الداخل عدة طبقات من الخلايا البرنشيمية ذات مسافات بينية واضحة كما تحتوي على بلاستيدات خضر، ثم تنتهي القشرة إلى الداخل بطبقة من خلايا برنشيمية تحتوي على حبيبات نشا، تعرف هذه الطبقة بالغلاف النشوي Starch sheath

• ألياف خارج اللحاء Outer phloem fibres

وتتكون في مجموعات خارج اللحاء، وهي خلايا ذات جدر ثانوية سميكة ملجننة. تقع كل مجموعة مقابل الحزمة الوعائية.

• الحزم الوعائية Vascular bundles

تترتب الحزم الوعائية على هيئة اسطوانة منفصلة، وهي حزم جانبية مفتوحة، أي بها منشئ حزمي، يقع بين الخشب الابتدائي واللحاء الابتدائي. وأوعية الخشب تكون مرتبة في صفوف، ويتجه الخشب الأول إلى الداخل والخشب التالي إلى الخارج. ويتكون اللحاء من عناصر أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وبرنشيمة لحاء.

• النخاع (Pith (Medulla

واسع يتكون من خلايا برنشيمية ذات جدر رقيقة وبينها مسافات بينية واضحة.

التركيب الداخلي لساق من نباتات ذوات الفلقة الواحدة

عند فحص قطاعاً عرضياً في ساق نبات الذرة (شكلا 78، 79) يلاحظ ما يلي

•البشرة

تتكون البشرة من طبقة واحدة من الخلايا ذات الجدر السميكة، ولكن الجدر الخارجية أسمك من الجدر الداخلية، وتغطي بأدمة رقيقة وقد يوجد فيها بعض الثغور. كما لا يوجد شعيرات.

•النسيج الأساسي

يقع النسيج الأساسي أسفل البشرة حتى مركز الساق، ويتكون من خلايا سكلرنشيمية (ألياف) على هيئة اسطوانة أسفل البشرة مباشرة، وخلايا برنشيمية ذات مسافات بينية واضحة، تكون معظم النسيج الأساسي الذي تنتشر فيها الحزم الوعائية.

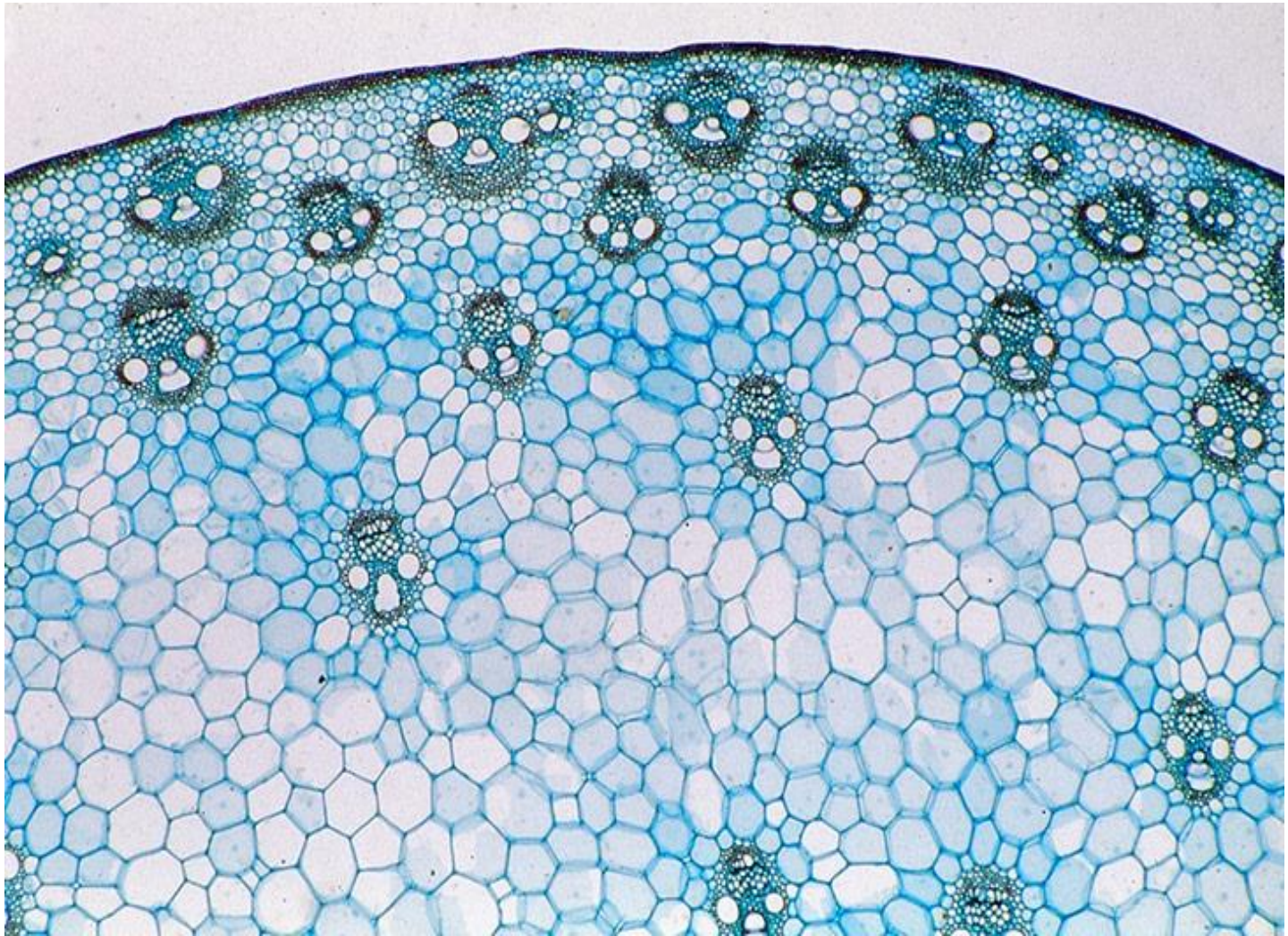
•الحزم الوعائية

هي حزم عديدة مبعثرة، توجد في النسيج الأساسي، وتقع الحزم الصغيرة إلى الخارج والكبيرة إلى الداخل، وتتكون كل حزمة من:

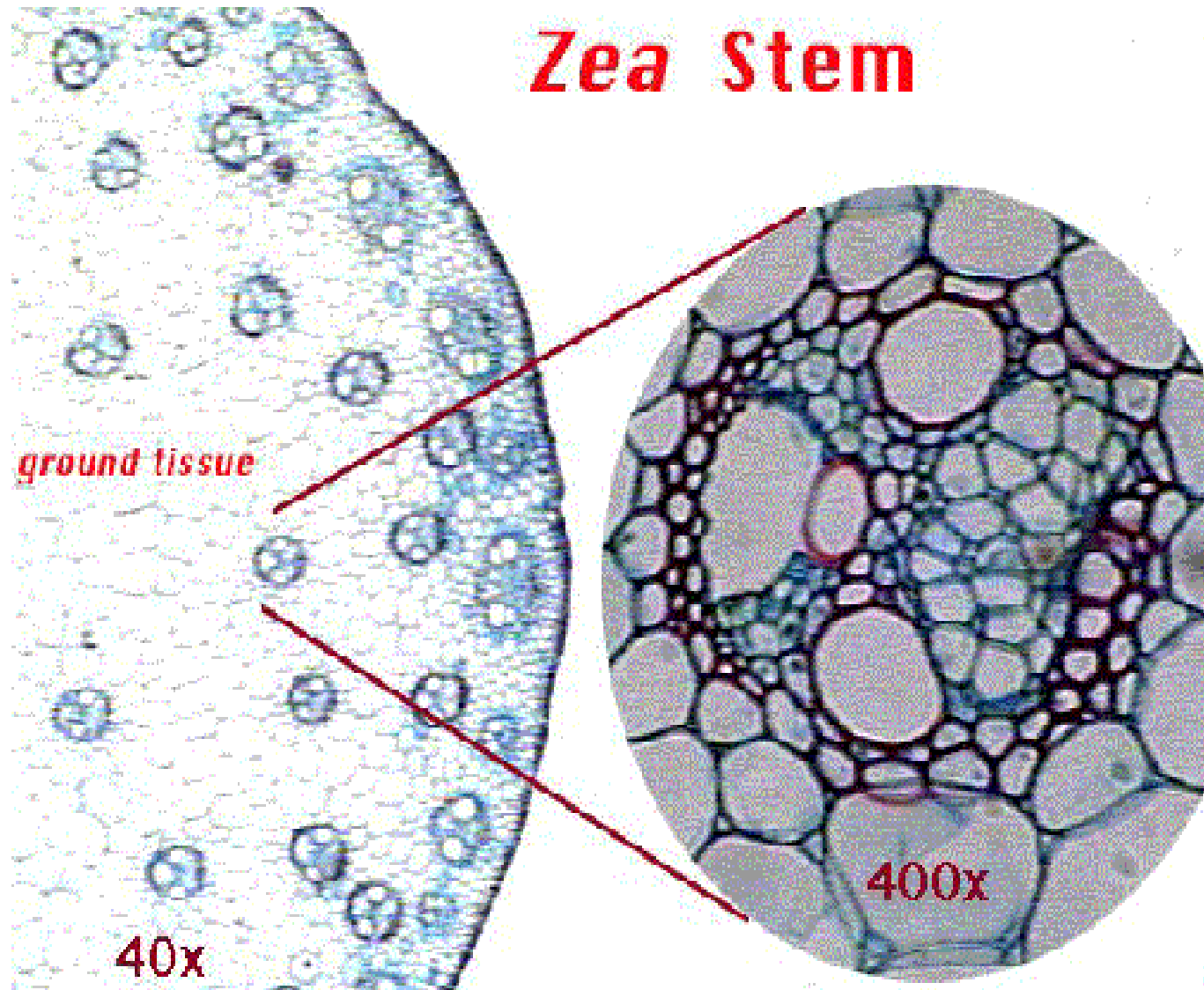
•غلاف الحزمة. ويتكون من خلايا سكلرنشيمية تحيط بالحزمة.

•اللحاء. ويتكون من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة مرتبة بانتظام، لعدم وجود برنشيمة اللحاء.

•الخشب. وعناصره قليلة، ويتكون عادة من وعائين كبيرين، يقعان إلى الخارج، يمثلان الخشب التالي، ووعاء واحد صغير، يقع إلى الداخل يمثل الخشب الأول. وينشأ تجويف الخشب الأول protoxylem cavity من تمزق الخلايا نتيجة لاستطالة النبات. وبذلك يأخذ الخشب شكل حرف (V). ولا يوجد منشئ بين الخشب واللحاء، ولذلك تسمى بالحزم المغلقة.



Zea Stem



ثانياً : التركيب الداخلي للجذر Internal structure of root

التركيب الداخلي لجذر من نباتات ذوات الفلقتين

عند فحص قطاعاً عرضياً في جذر نبات الشقيق الحديث *Rannanculus* sp. (شكلا 80، 81) يلاحظ ما يلي:

•البشرة

تتكون من طبقة واحدة من الخلايا، وتوجد بها شعيرات جذرية في منطقة الشعيرات الجذرية، وتسمى عندئذ بالطبقة الوبرية.

•القشرة

واسعة، وتتكون من عدة طبقات، وتتكون غالباً من خلايا برنشيمية رقيقة الجدر، ذات مسافات بينية واضحة. وتتميز القشرة عادة إلى:

•**بشرة خارجية Exodermis**. تتكون من طبقة واحدة من الخلايا، وتقع تحت البشرة، وهي خلايا ذات جدر سمكية مسوية عادة.

•**برنشيمة القشرة Cortical parenchyma**. وتتكون من عدة طبقات من خلايا برنشيمية رقيقة الجدر، وذات مسافات بينية واضحة.

•**بشرة داخلية Endodermis**. تتكون من طبقة واحدة من خلايا تتميز بوجود تغلظات على الجدر القطرية والمماسية تعرف بشريط كاسبر casparian strip وخلايا رقيقة الجدر، تقع مقابلة لأذرع الخشب تسمى بخلايا المرور passage cells وتُعد آخر طبقات القشرة من الداخل.

• الاسطوانة الوعائية Vascular cylinder

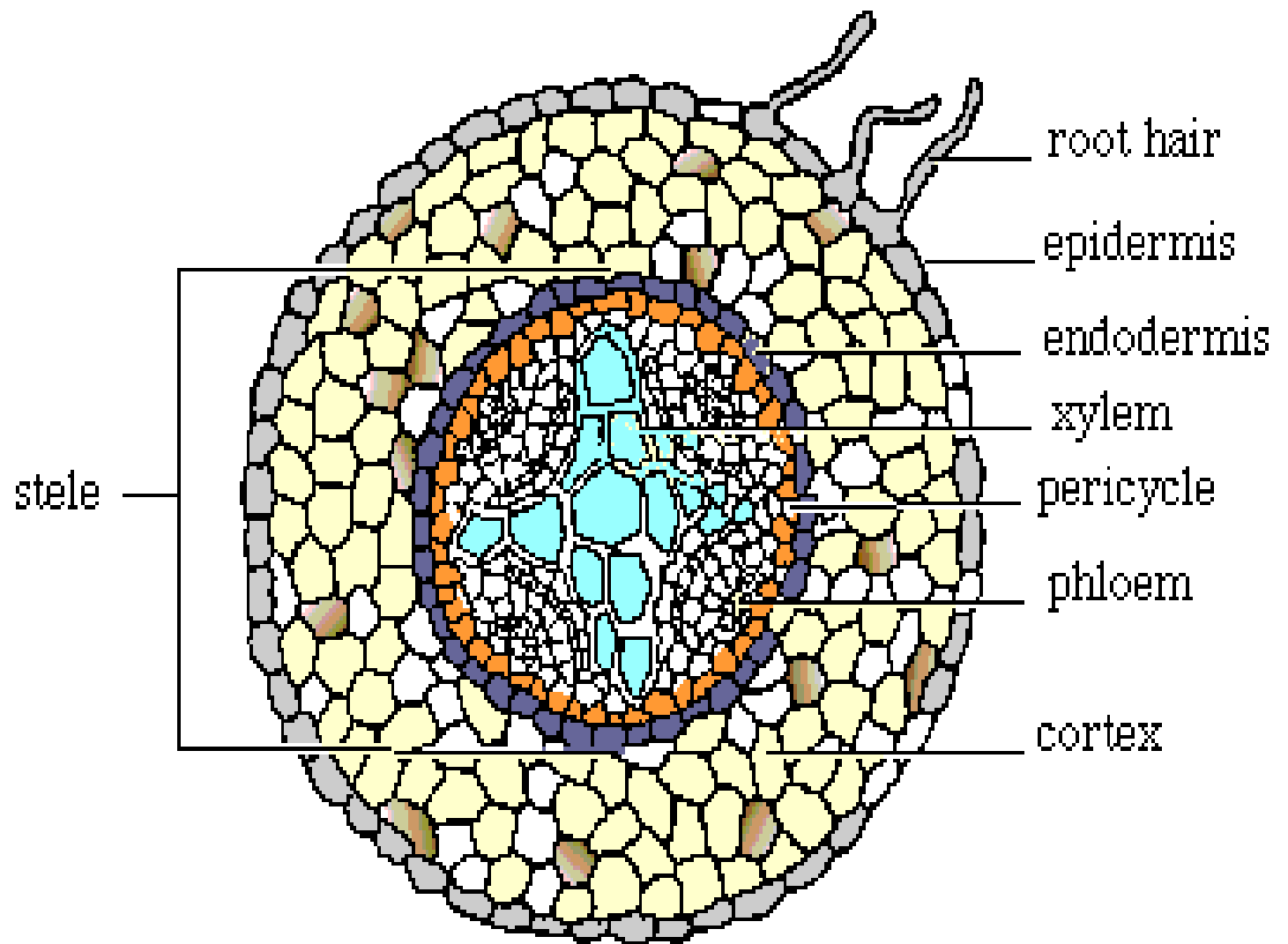
تتكون الاسطوانة الوعائية من الأنسجة التالية:

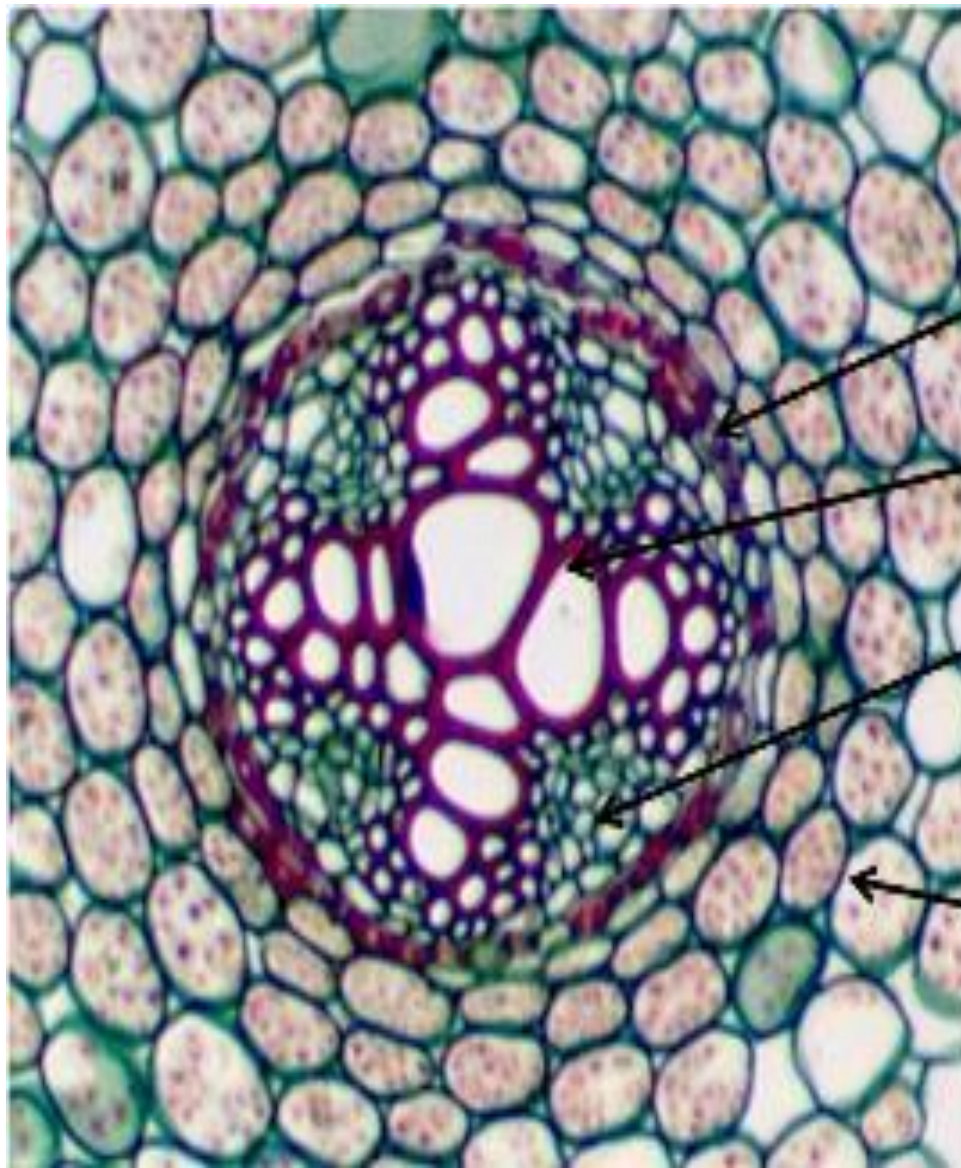
1. الطبقة المحيطة Pericycle: تتكون من طبقة واحدة من خلايا برنشيمية ذات جدر رقيقة، وتقع هذه الطبقة تحت البشرة الداخلية مباشرة.

2. الخشب الابتدائي: يوجد الخشب على هيئة أذرع، وفي هذه العيّنة يتكون من أربعة أذرع فقط. ويقع الخشب الأول إلى الخارج والخشب التالي إلى الداخل، وتتبادل هذه الأذرع مع اللحاء على أنصاف أقطار مختلفة، ويتكون كل ذراع من مجموعة من أوعية مصلعة في المقطع العرضي.

3. اللحاء الابتدائي: يلي الطبقة المحيطة من الداخل، ويقع بين أذرع الخشب، ويتكون من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وبرنشيمية لحاء، وقد توجد بعض الألياف.

4. النخاع: لا يوجد نخاع كما في هذه العيّنة، وإن وجد يكون ضيقاً، ويتكون من خلايا برنشيمية ذات مسافات بينية واضحة.





endodermis

xylem

phloem

cortex
(parenchyma)

التركيب الداخلي لجذر من نباتات ذوات الفلقة الواحدة
عند فحص قطاعاً عرضياً في جذر نبات السفندر (شكلا 82، 83) يلاحظ أن التركيب الداخلي لجذر ذوات الفلقة الواحدة يشبه مثيله من ذوات الفلقتين، فيما عدا الفروق التالية:

- 1- البشرة الداخلية عادة ذات تغلظ بالجدر القطرية والمماسية الداخلية.
- 2- لا توجد برنشيمة لحاء ضمن عناصر اللحاء.
- 3- أذرع الخشب عديدة وغير محدودة polyarch وعادة أكثر من ثمانية أذرع.
- 4- يتكون كل ذراع خشب من وعاء واحد واسع، يمثل الخشب التالي، ووعاء واحد ضيق، يمثل الخشب الأول، وهي ذات تجاوزيف مستديرة في المقطع لعرضي.
- 5- وجود نخاع واسع وقشرة ضيقة عند مقارنته بجذر نبات من ذوات الفلقتين.

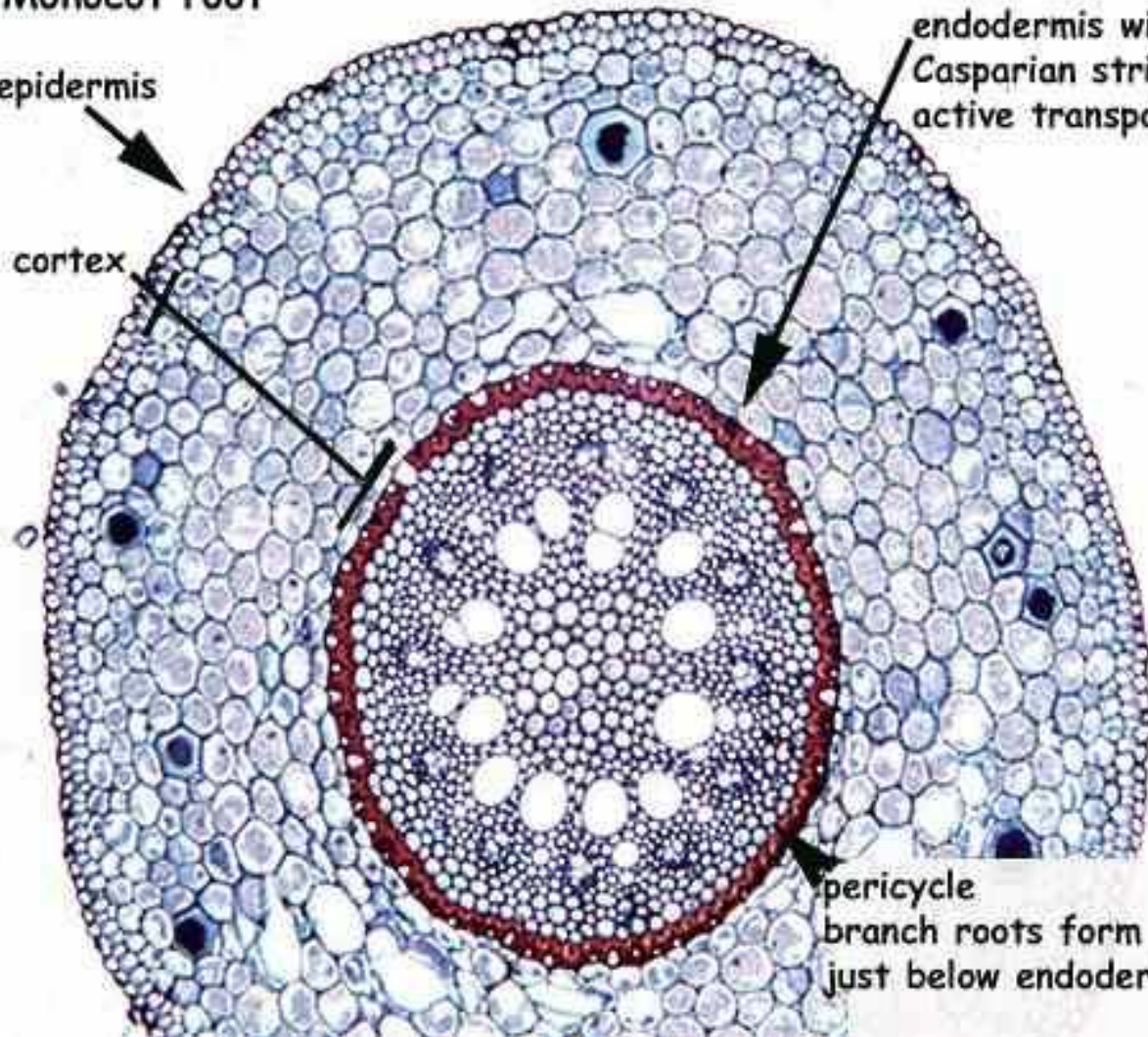
Monocot root

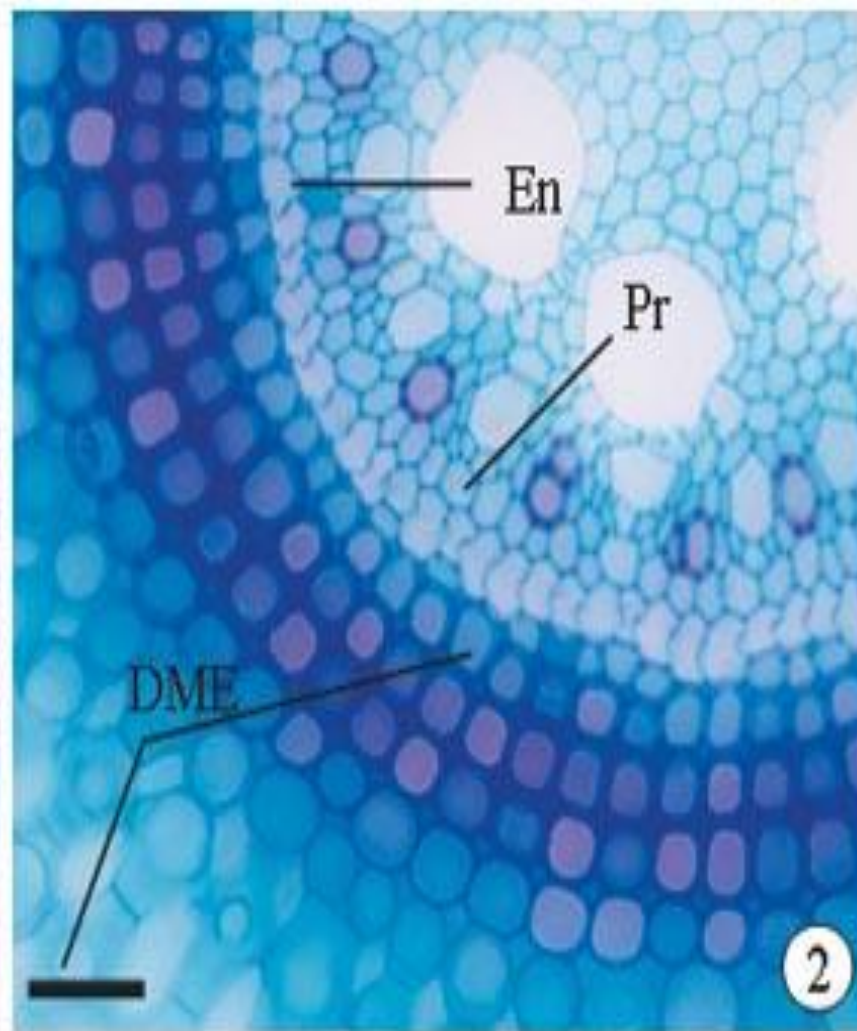
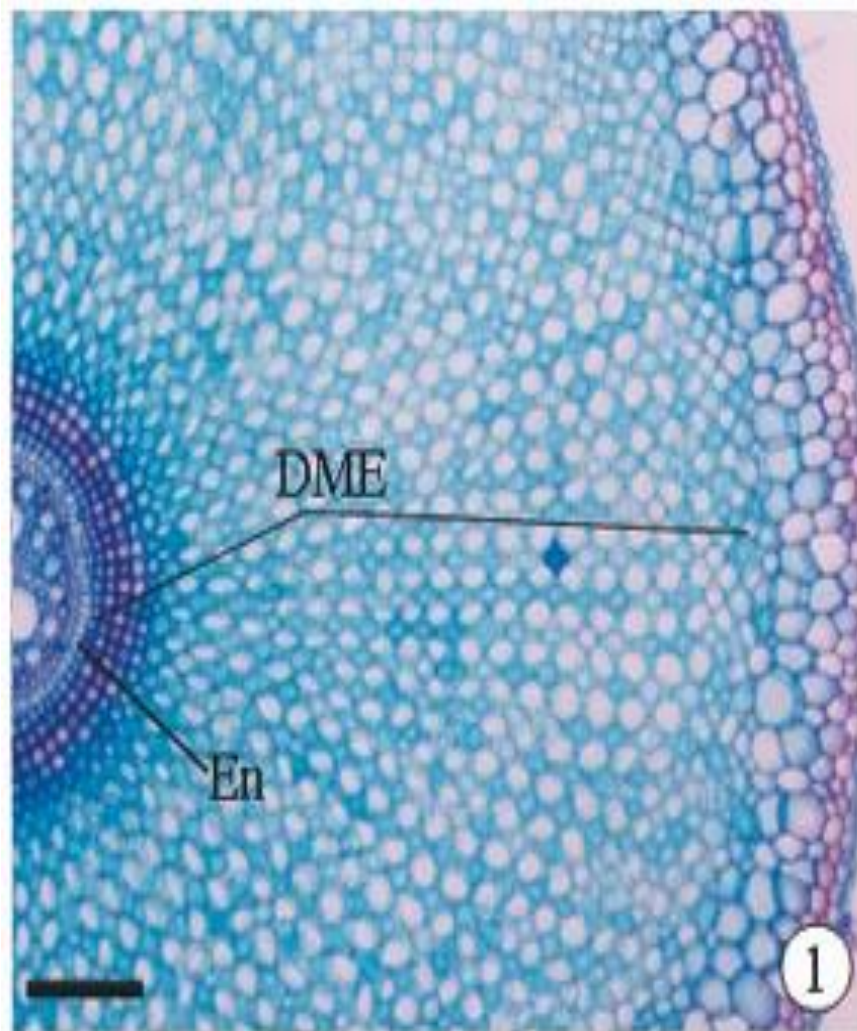
epidermis

cortex

endodermis with
Casparian strip
active transport

pericycle
branch roots form
just below endodermis





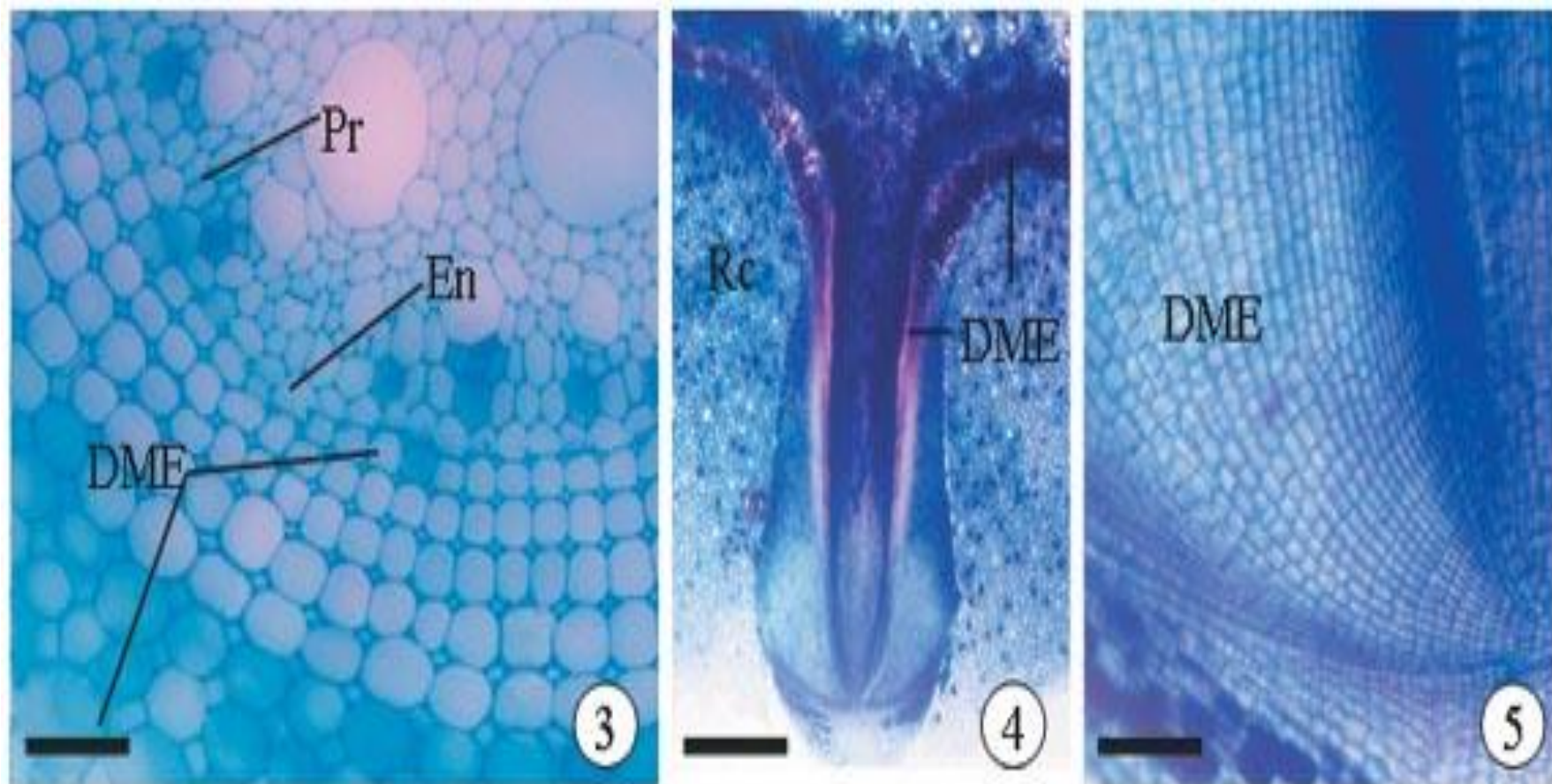
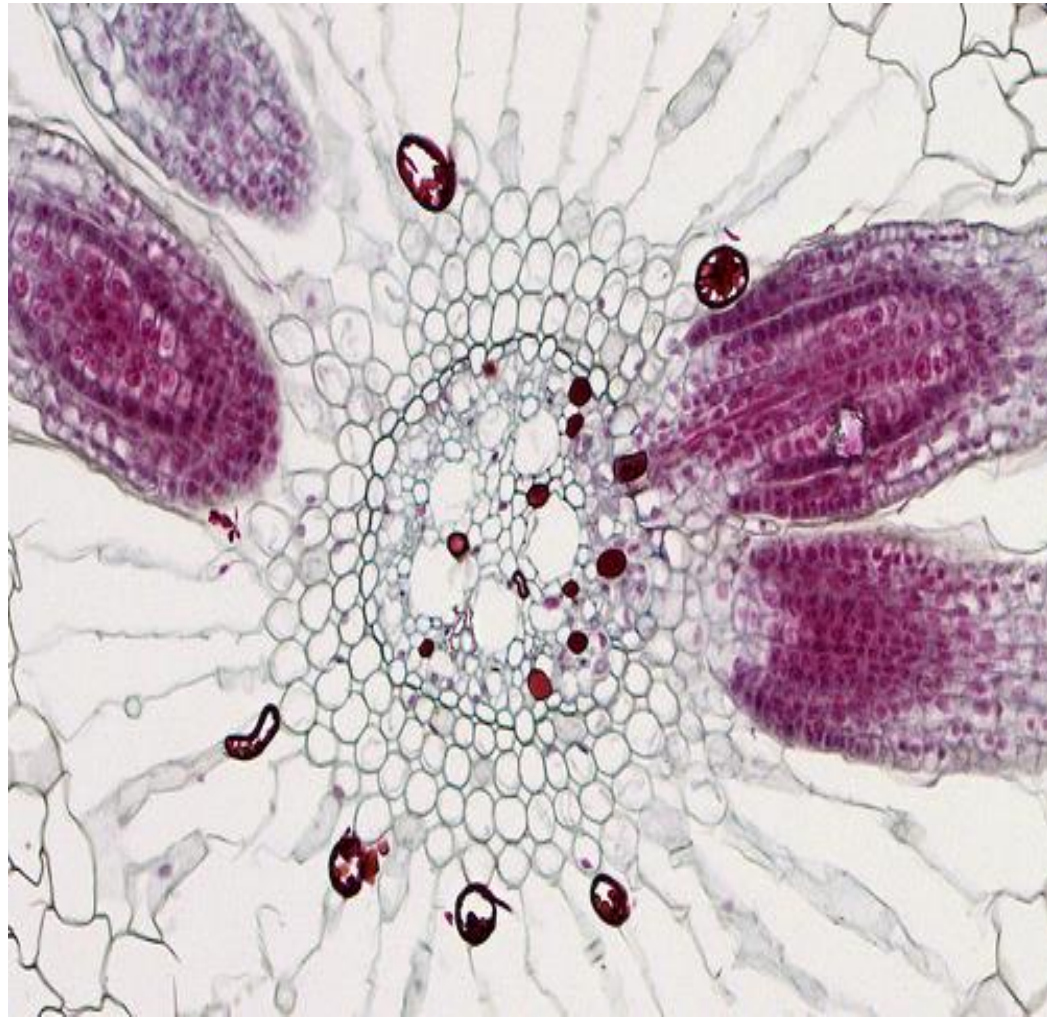


Fig. 1-5 – *Cyperus papyrus*. Root in transverse (1-3) and longitudinal (4 and 5) sections showing almost all the cortex with the placing of its radiate cells, originated by endodermal (En) activity, constituting the DME (Derivatives of Meristematic Endodermis). Note in Fig. 4, the tissue continuity between the root and the rhizome. The inner cortex is shown thickened at the root (Fig. 1, 2 and 4) and in the rhizome (Fig. 4). The pericycle (Pr) is uniseriate. Rc – rhizome cortex. The bars correspond respectively to: 400 μ m, 100 μ m, 100 μ m, 600 μ m and 40 μ m.



التركيب الداخلي للورقة Internal structure of leaf

أولاً: التركيب الداخلي لورقة نبات من ذوات الفلقتين

عند فحص قطاعاً عرضياً في ورقة نبات القطن ماراً بالعرق الوسطي يلاحظ ما يلي:

• البشرة العليا Upper epidermis

تتكون من صف واحد من الخلايا العدسية الشكل ذات جدر خارجية سميقة مغطاة بأدمة رقيقة، وقد توجد ثغور وشعيرات

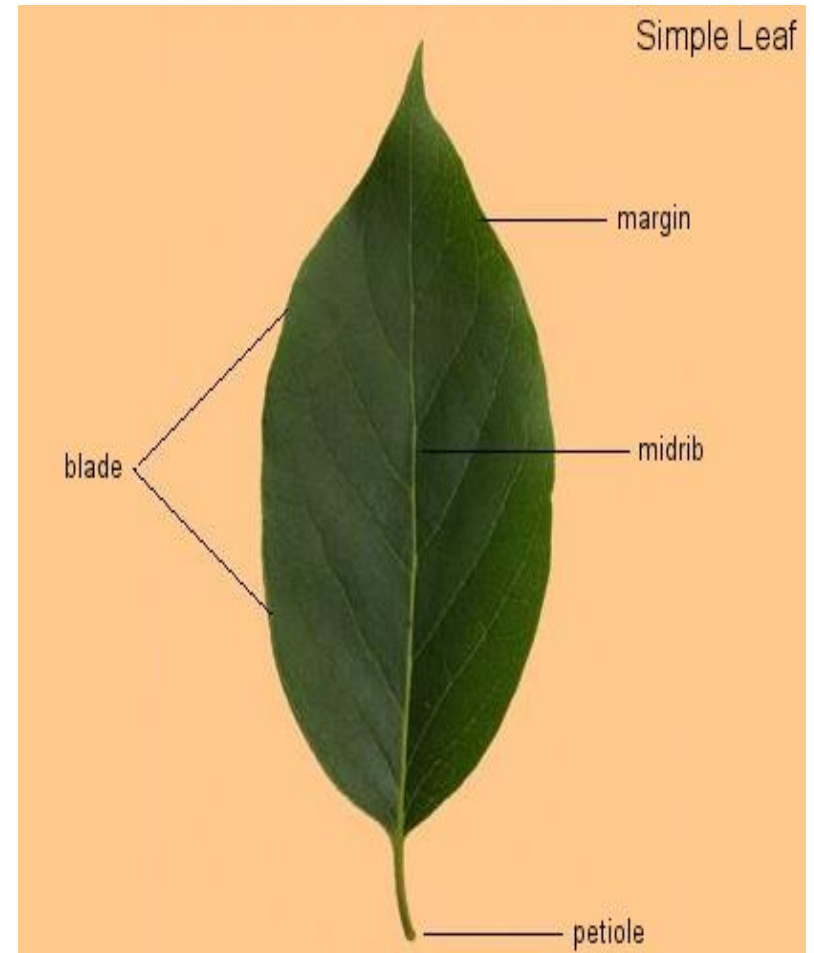
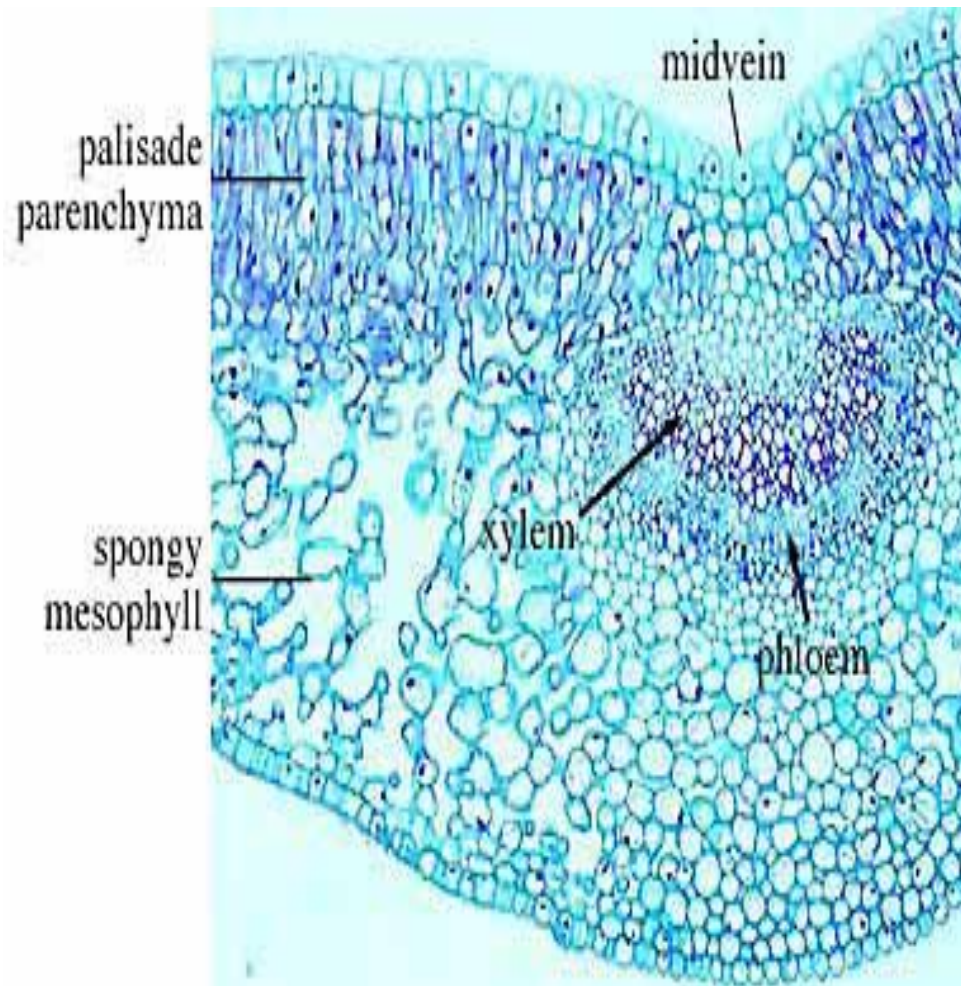
• النسيج الوسطي Mesophyll

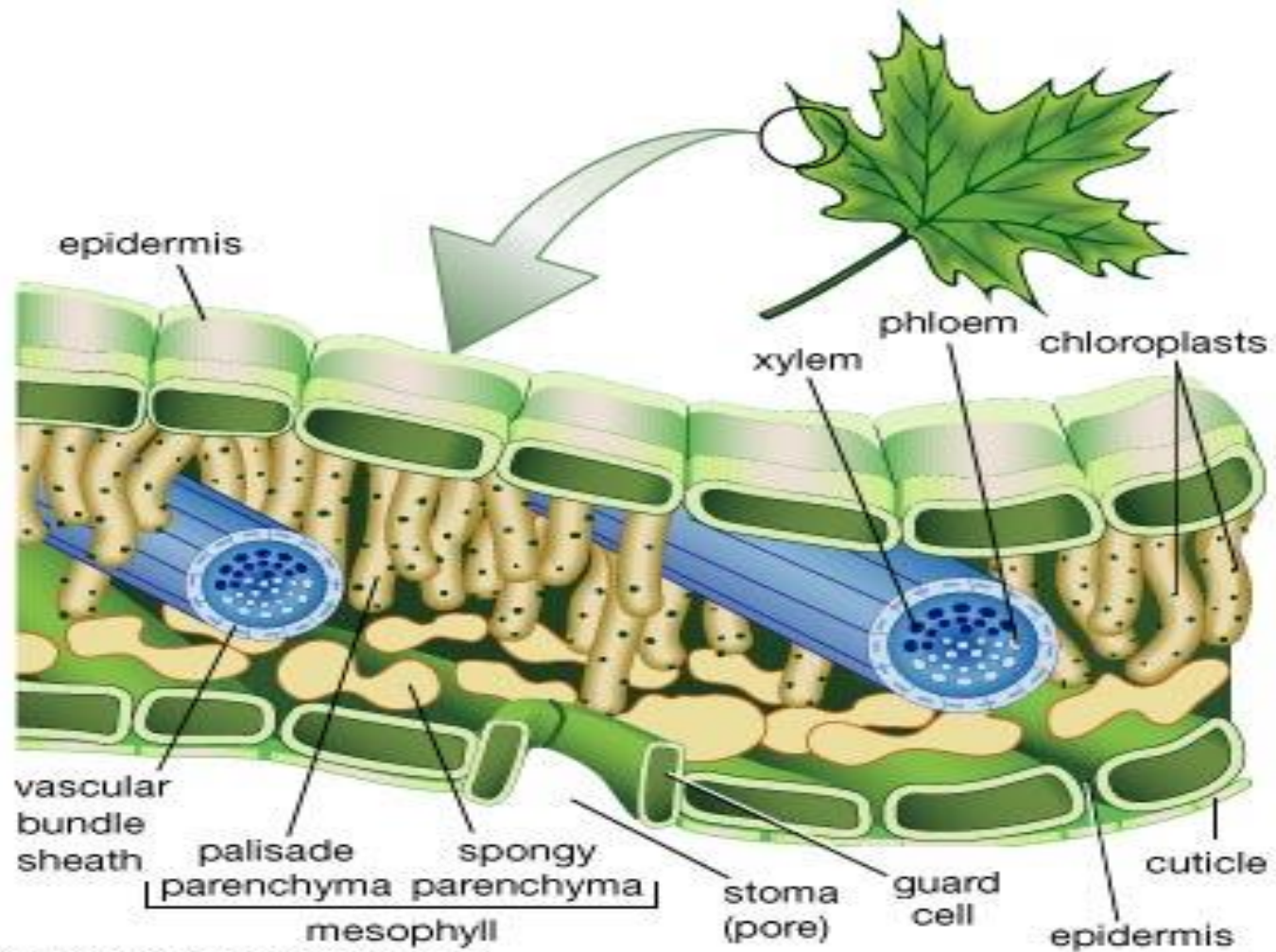
هو النسيج الواقع بين البشريتين العليا والسفلى للورقة، ويتكون من نوعين من الخلايا الكلورنشيمية التي تحوي كمية كبيرة من البلاستيدات الخضراء، ما عدا منطقة العرق الوسطي التي نادراً ما يوجد فيها نوعان من خلايا النسيج الوسطي، ويسمى هذان النوعان من الخلايا الكلورنشيمية بالنسيج العمادي Palisade tissue والنسيج الإسفنجي Spongy tissue.

ويوجد النسيج العمادي تحت البشرة العليا، والخلايا طويلة وبها بلاستيدات خضراء كثيرة، والمسافات البينية ضيقة، ويتكون من طبقتين أو أكثر – كما قد يوجد النسيج العمادي تحت البشرة السفلى في بعض النباتات – أما النسيج الإسفنجي، فيقع أسفل النسيج العمادي وخلاياه مستديرة أو غير منتظمة الشكل، وتتخللها مسافات بينية واسعة، والبلاستيدات الخضراء قليلة العدد بالنسبة للخلايا العمادية.

• الحزم الوعائية

توجد الحزم الوعائية في النسيج الوسطي لكل من العرق الوسطي والعروق الأخرى المتفرعة والمنتشرة في الورقة، وتقل في الحجم كلما بعدت عن العرق الوسطي، أي كلما قربت من حافة الورقة. وتتكون الحزم الوعائية وخاصة التي توجد في العرق الوسطي من لحاء وخشب ابتدائيين، ونادراً ما يتكون منشئ في الحزمة الوعائية بالورقة، وتحاط الحزمة بنسيج أساسي يشغل مساحة كبيرة من العرق الوسطي، ويتكون من خلايا برنشيمية، إلا أنه توجد أحياناً مجموعة من الخلايا الكولنشيمية تحت البشرة العليا، وكذلك تحت البشرة السفلى وغالباً ما تكون أكثر من طبقة.





© 2006 Merriam-Webster, Inc.

وتتكون الحزمة الوعائية في العرق الوسطي من لحاء ابتدائي ناحية البشرة السفلى، وخشب ابتدائي ناحية البشرة العليا. ويتكون اللحاء من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وبرنشيمية وألياف لحاء، كما يتكون الخشب من خشب أول وخشب تالٍ، ويكون الخشب التالي مجاوراً للحاء، بينما يكون الخشب الأول متجهاً إلى الأعلى، وتوجد عدة صفوف من أوعية الخشب في هذه الحزمة، ولكن تقل العناصر الوعائية في الحزمة كلما بعدت عن العرق الوسطي حتى تصبح ممثلة بعنصر واحد من عناصر الخشب أو اللحاء.

أحياناً قد توجد طبقة من الخلايا البرنشيمية ذات شكل مميز تحيط بالحزمة الوعائية وخاصة في العرق الوسطي يطلق عليها غلاف الحزمة.

• البشرة السفلى Lower epidermis

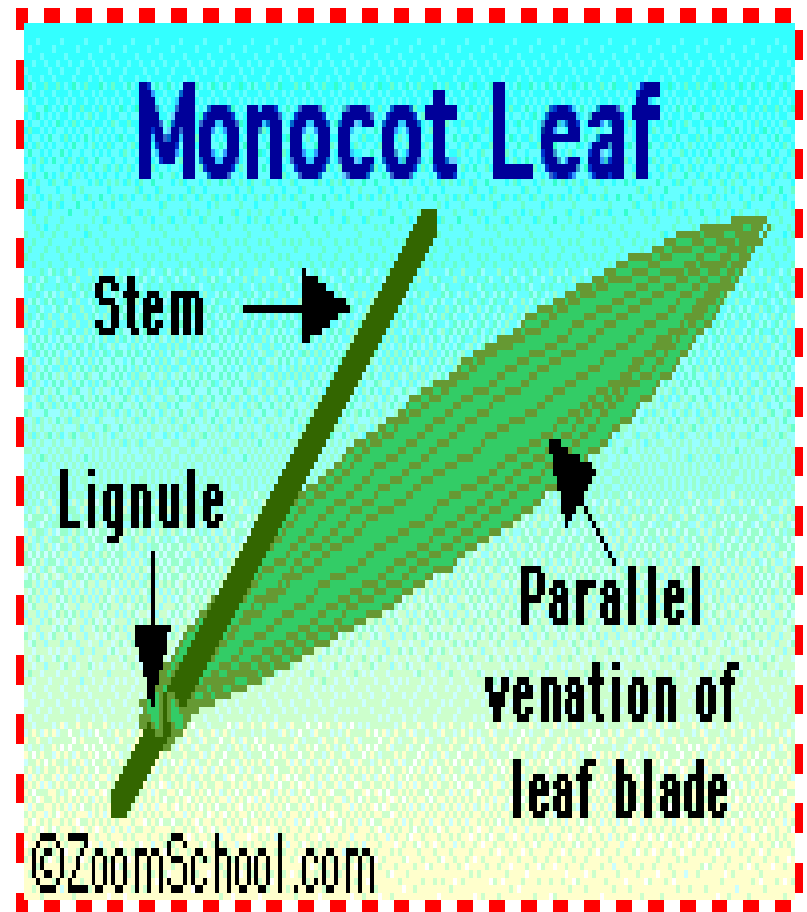
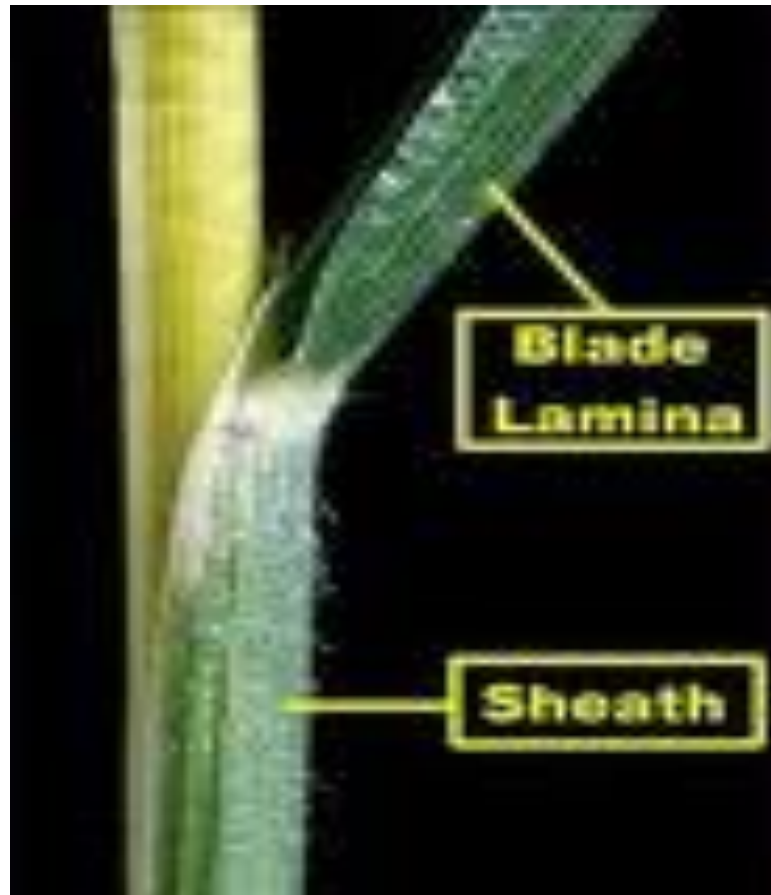
تتكون من صف واحد من الخلايا، تغطي جدرها الخارجية بطبقة الأدمة، وتوجد عادة ثغور وشعيرات.

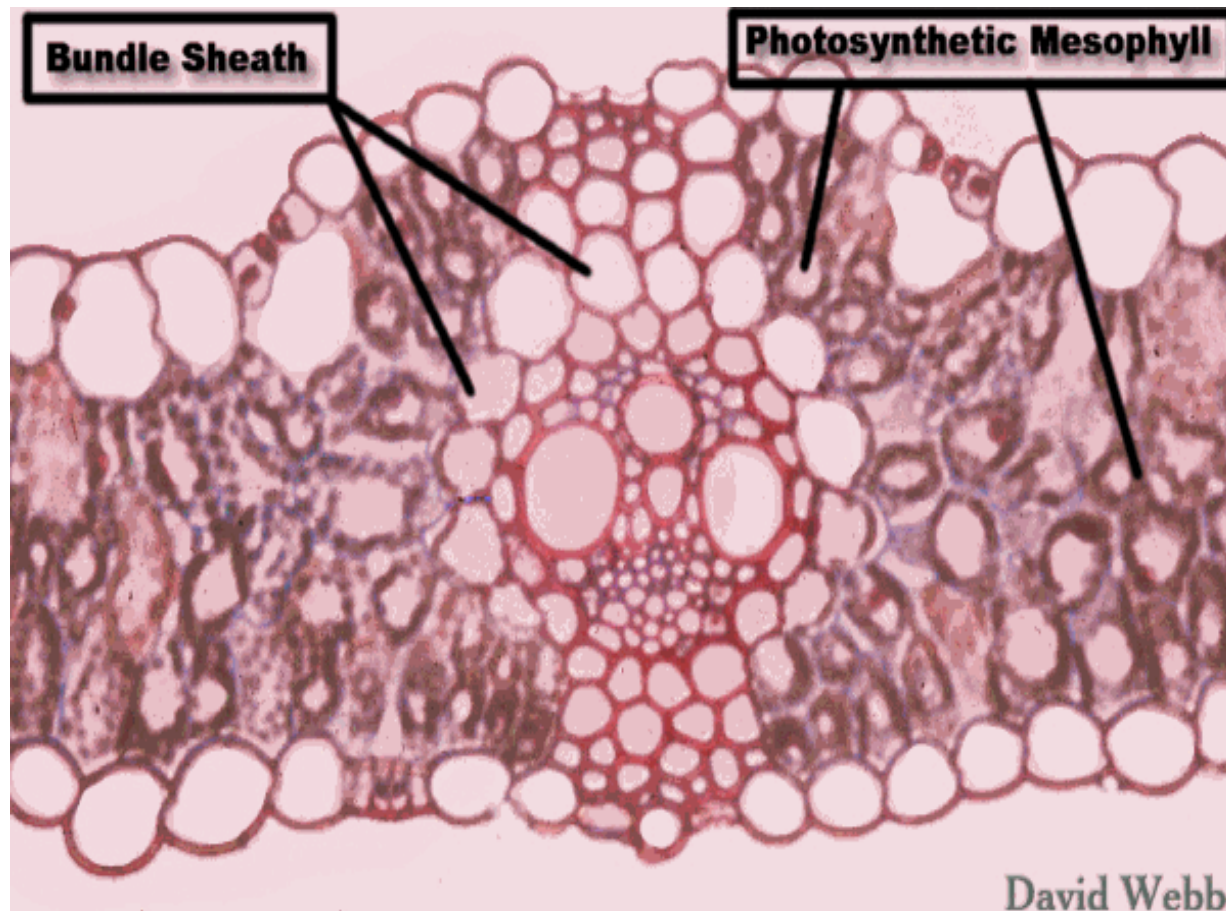
ثانياً: التركيب الداخلي لورقة نبات من ذوات الفلقة الواحدة

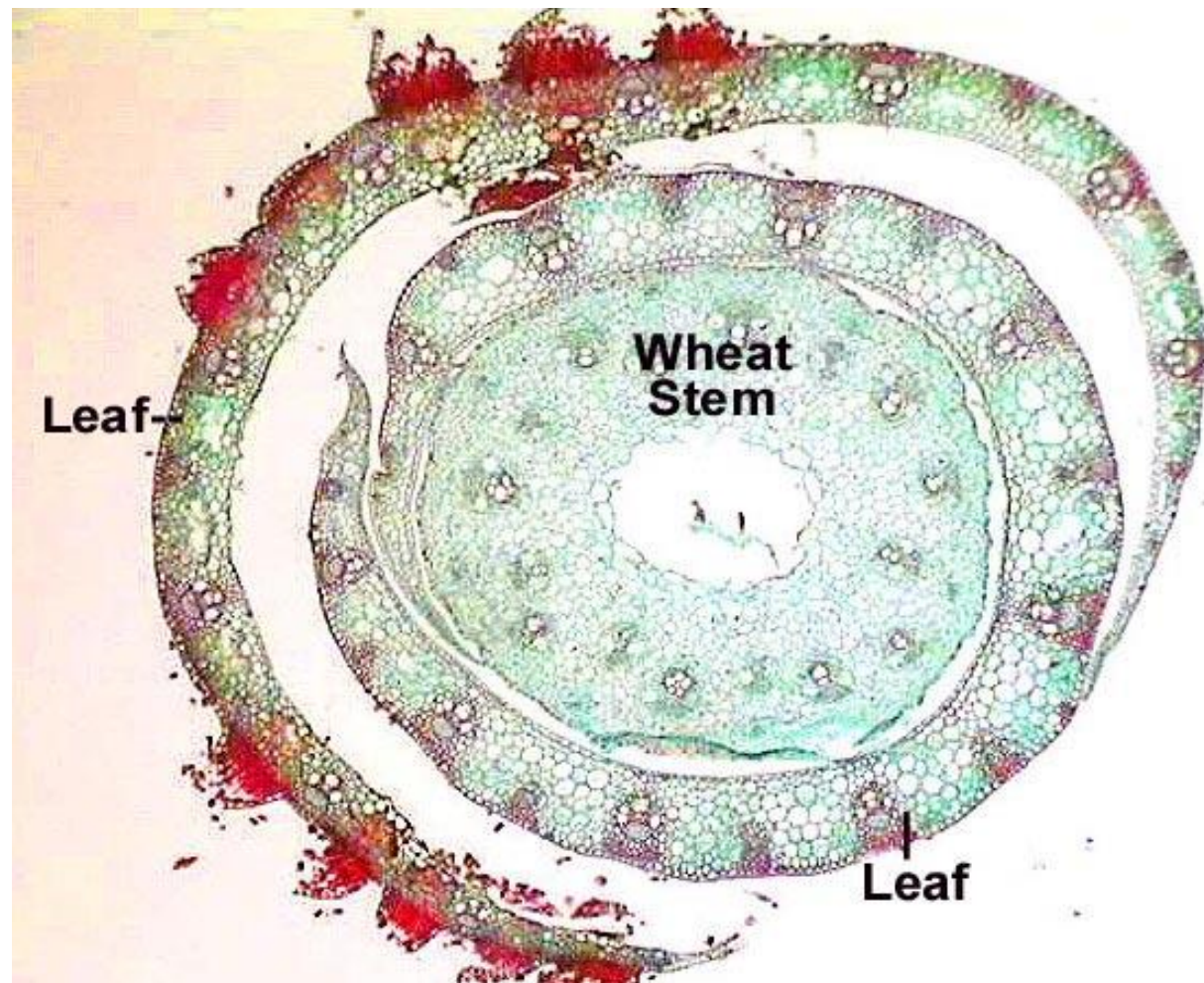
عند فحص قطاعاً عرضياً لورقة نبات الذرة (شكلا 86، 87) يلاحظ ما يلي:

أن ورقة نباتات ذوات الفلقة الواحدة تشبه إلى حد كبير في تركيبها الداخلي ورقة نباتات ذوات الفلقتين، فيما عدا الفروق التالية:

- بشرة ورقة نباتات ذوات الفلقة الواحدة توجد بها خلايا ذات جدر سمكية تترسب عليها مادة السيليكا تسمى خلايا السيليكا تتجاور مع خلايا مسورة الجدر تعرف بخلايا الفلين (شكل 88: أ).
- 1. توجد في البشرة خلايا كبيرة رقيقة الجدر تسمى بالخلايا الحركية (شكل 88 ب).
- 2. لا ينقسم النسيج الوسطي إلى نسيج عمادي ونسيج إسفنجي، ولكنه يتكون من نوع واحد من الخلايا الكلورنشيمية المضلعة والتي تحتوي على البلاستيدات الخضراء، وبينها مسافات بينية واضحة.
- 3. الحزم الوعائية تكون متوازية ويوجد في حزمة العرق الوسطي والحزم الكبيرة لحاء وخشب، ويكون الخشب على شكل حرف (V) مقلوب، أي يتجه الخشب الأول وفراغ الخشب الأول إلى الأعلى ناحية البشرة العليا، والخشب التالي ناحية اللحاء باتجاه البشرة السفلى.
- 4. يحيط بالحزمة غلاف من خلايا سكلرنشيمية في الحزم الكبيرة، ومن خلايا برنشيمية في الحزم الصغيرة.
- 5. توجد خلايا سكلرنشيمية تحت البشرة العليا والسفلى في منطقة العرق الوسطي، ومقابل الحزم الوعائية الكبيرة تمتد من غلاف الحزمة حتى تصل إلى البشرة تعرف بامتداد غلاف الحزمة Bundle sheath exlentions بدلاً من الخلايا الكولنشيمية في أوراق نباتات ذوات الفلقتين.





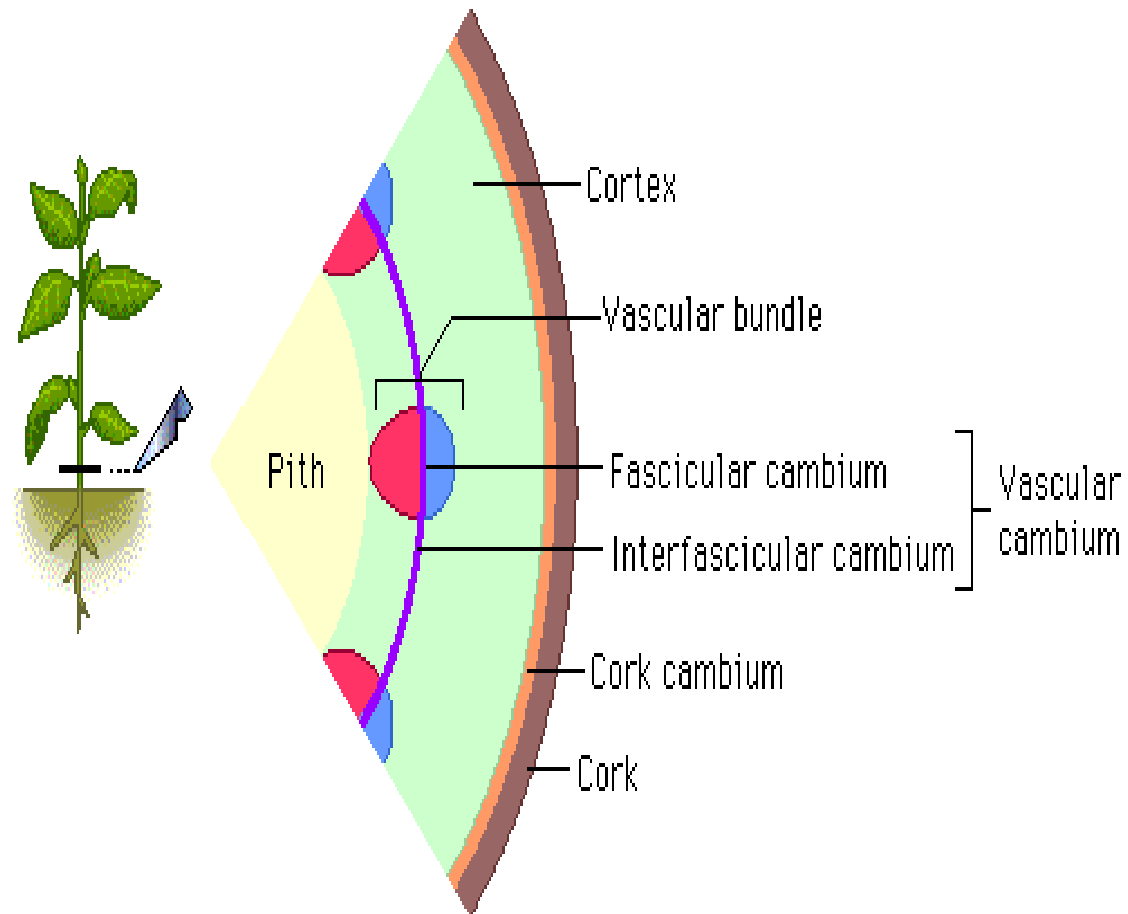


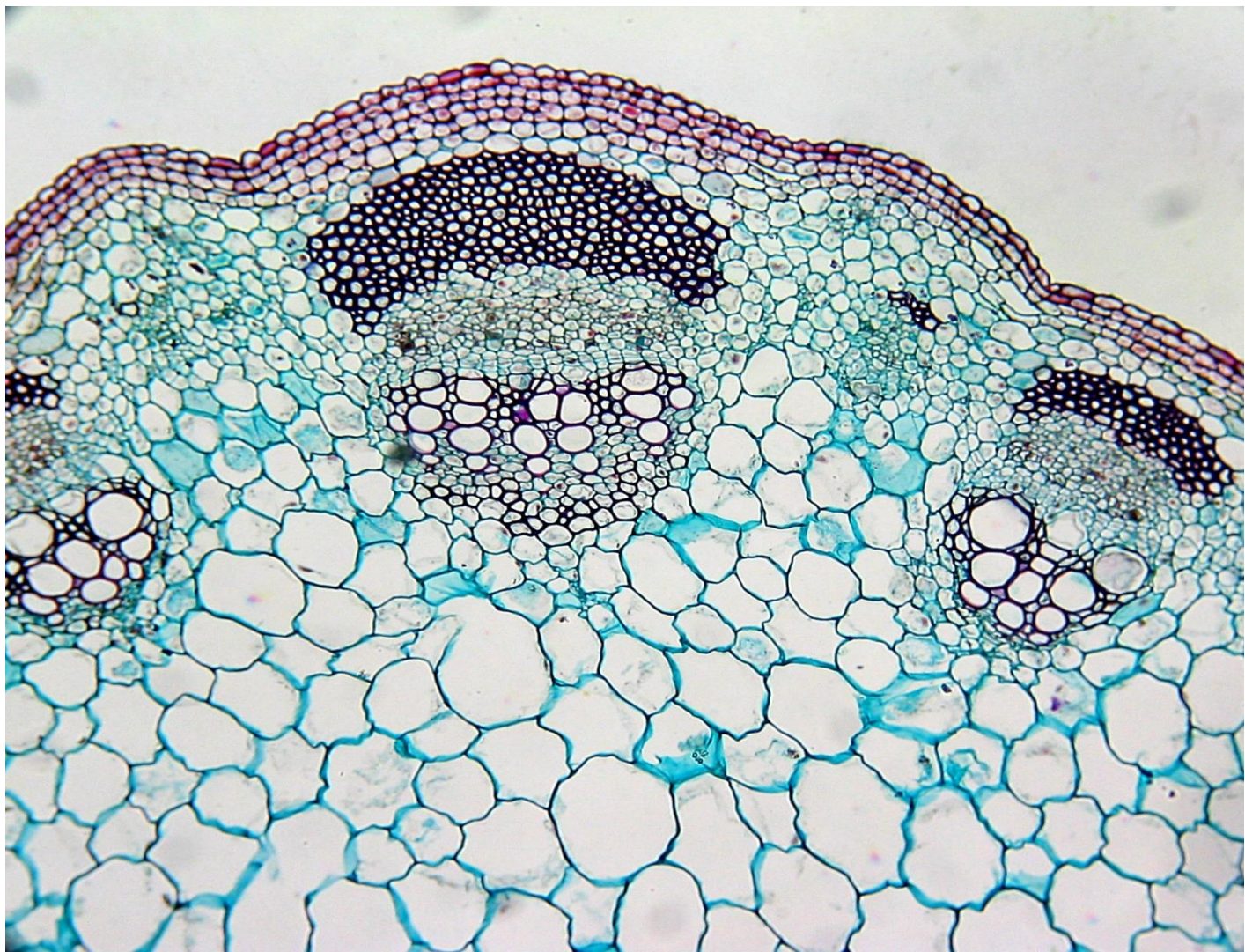
ثانياً : النسيج الإنشائي الجانبي **Lateral meristem**

هو عبارة عن خلايا إنشائية قابلة للانقسام تقع موازية للمحور الطولي للنبات وتؤدي إلى زيادة في مجموع الأنسجة التوصيلية (الخشب واللحاء) حيث تعطي خشباً ولحاء ثانويين، وأيضاً تكون الأنسجة الوقائية الثانوية **Periderm**، وقد تزيد من النسيج الأساسي **Ground tissue** وينعكس ذلك على زيادة محيط أو سمك العضو النباتي، ويتكون بذلك ما يعرف بالجسم النباتي الثانوي **Secondary plant body**. ويقسم النسيج الإنشائي الجانبي إلى:

1. المنشئ الوعائي **Vascular cambium**

2. المنشئ الفليني **Phellogen (cork cambium)**

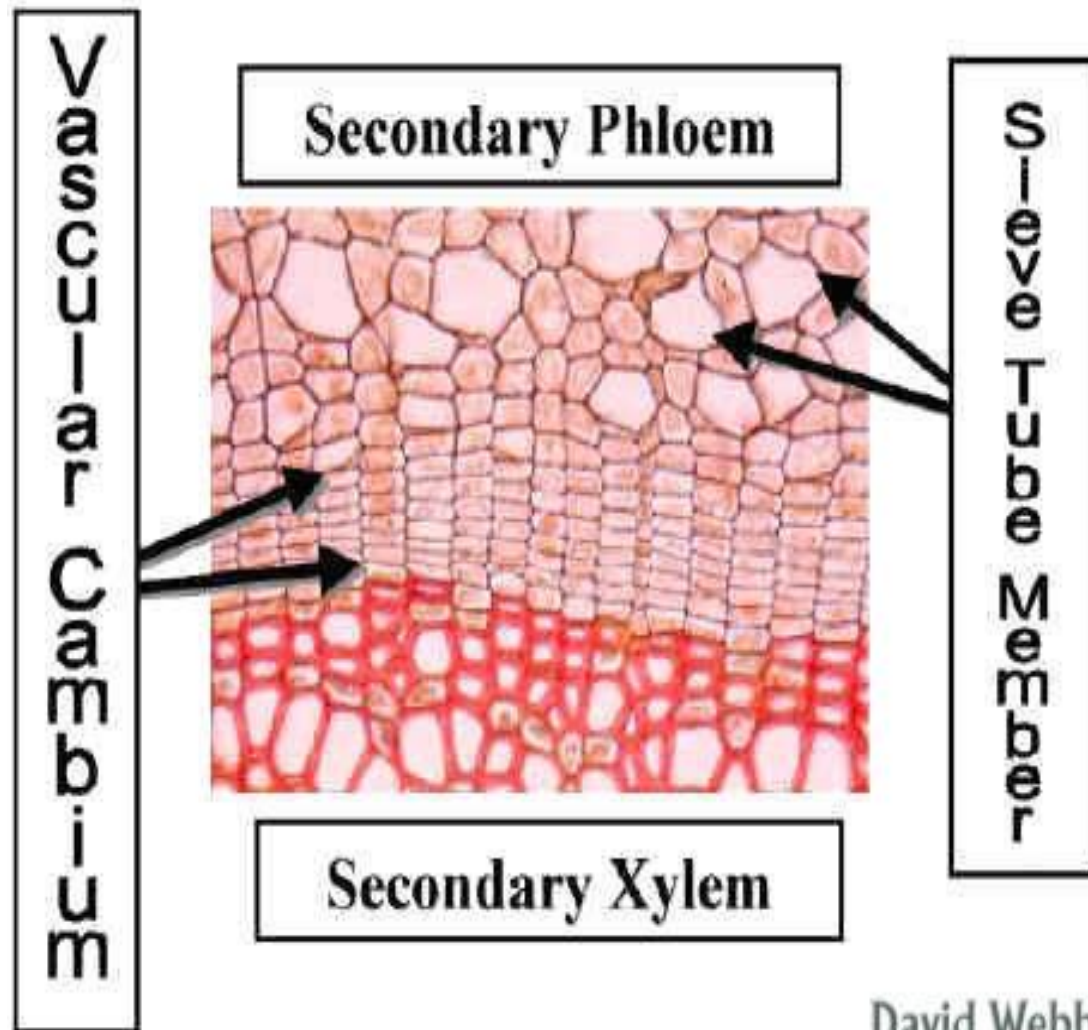




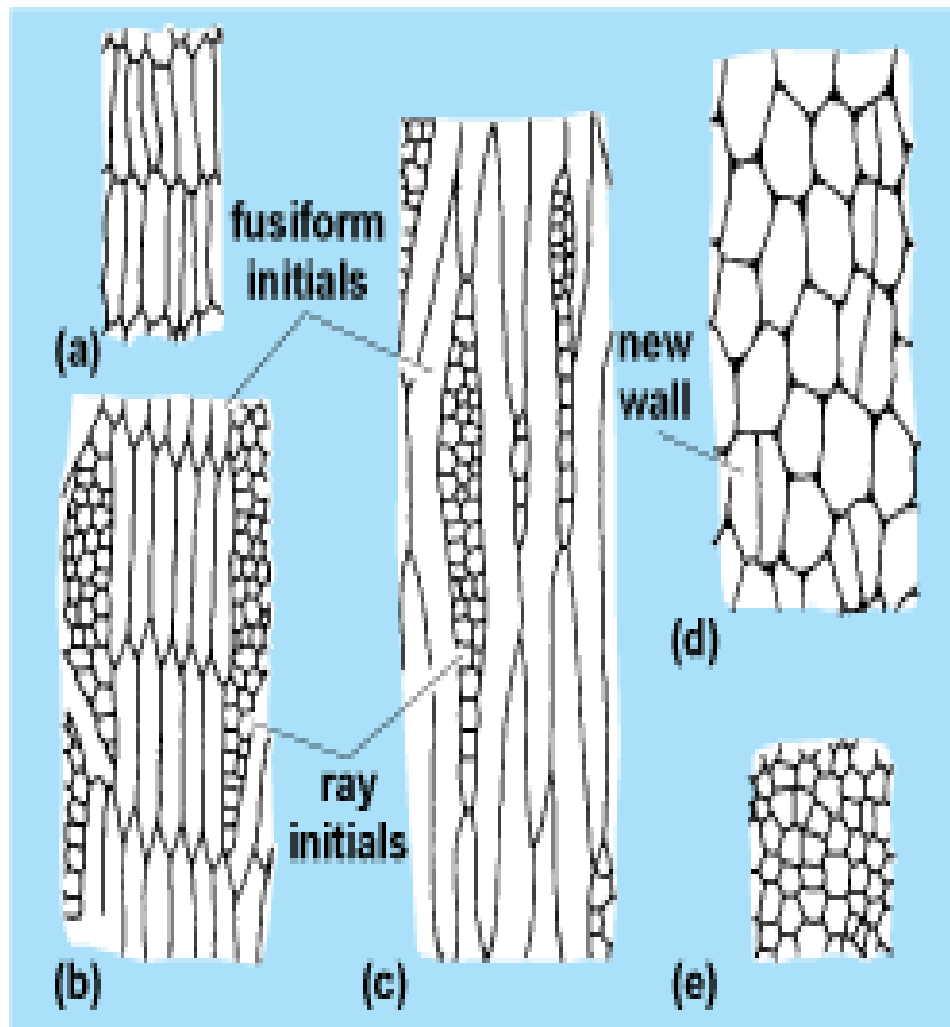
1 . المنشئ الوعائي **Vascular cambium**

يوجد في وضع جانبي بين الخشب واللحاء الابتدائيين ويكون الأنسجة الوعائية الثانوية (خشب ولحاء ثانويين) ويأخذ شكلاً اسطوانياً كما في نبات الزيزفون أو يوجد على هيئة أشرطة منفصلة حسب نوع النبات الذي يحصل فيه النمو الثانوي كما في القرع (شكل 89: أ ، ب).

والمنشئ الوعائي عبارة عن صف واحد من الخلايا، ولكن لا يمكن التمييز بينه وبين مشتقاته الحديثة لذلك يطلق على هذه المجموعة من الخلايا والتي تكون في أكثر من صف واحد بالمنشئ الوعائي.



David Webb



والمنشئ الوعائي يتكون من نوعين من الخلايا. خلايا طويلة ذات نهايات مدببة ويطلق عليها بالخلايا الإنشائية المغزلية **Fusiform initial cells** وخلايا متساوية الأقطار تقريباً وهي الخلايا الإنشائية الشعاعية **Ray initial cells**

وتترتب الخلايا الإنشائية المغزلية بمحورها الطولي موازياً للمحور الطولي للنبات، وتكون النظام الطولي أو المحوري للنبات (الأوعية والقصبيات والألياف وبرنشيمة الخشب، والأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة وألياف اللحاء وبرنشيمة اللحاء)، بينما تعطي الخلايا الإنشائية الشعاعية خلايا أشعة الخشب واللحاء الثانويين ويكون محورها الطولي باتجاه قطر النبات ولخلايا المنشئ نواة وفراغ كبير وبجدرها حقول نقرية أولية وروابط سيتوبلازمية. وتنقسم الخلايا انقسامات مماسية مكونة عدة طبقات محيطية ينتج عنها تنظيم وترتيب خاص للمنشئ الوعائي.

وهناك ترتيبين لخلايا المنشئ الوعائي هما :

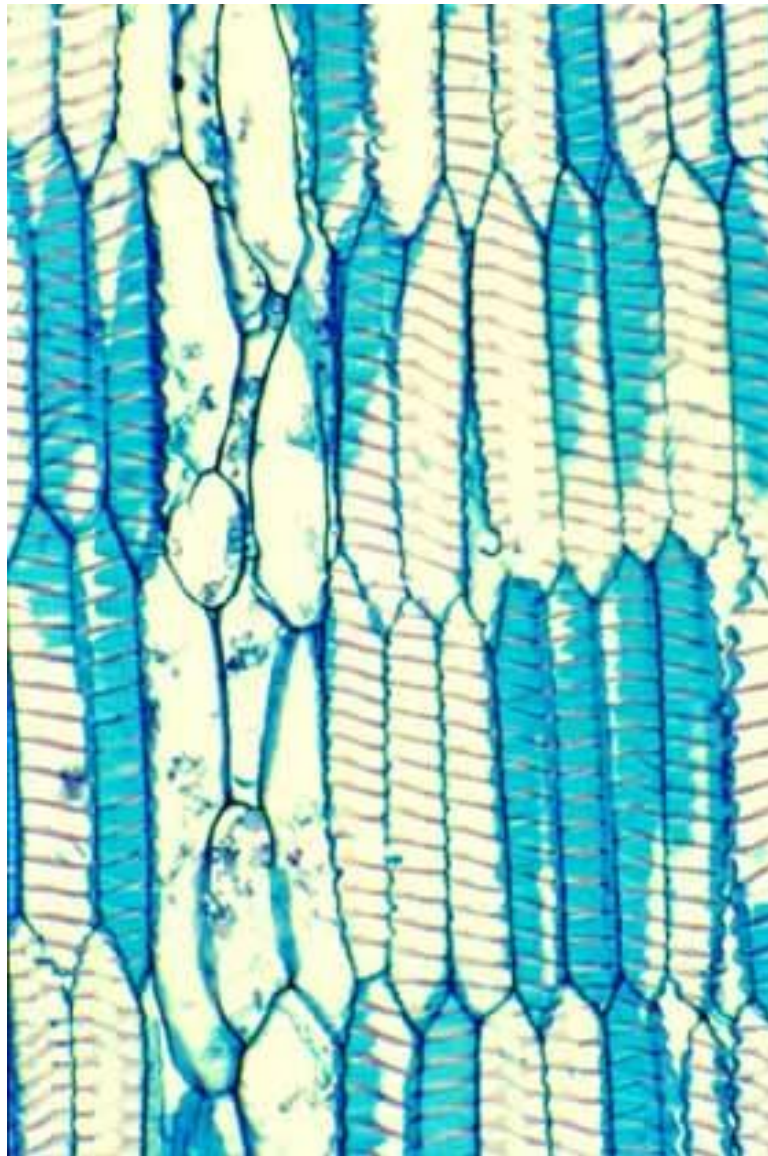
أ . منشئ طبقي **Storied cambium** وفيه تظهر الخلايا الإنشائية المغزلية في صفوف عرضية وتقع نهاياتها في مستوى واحد ويوجد في نباتات ذوات الفلقتين المتقدمة (شكل 90 : أ).

ب . منشئ غير طبقي **Non- storied cambium** وفيه لا تترتب الخلايا الإنشائية المغزلية في صفوف عرضية وتتراكب نهايات الخلايا فوق بعضها البعض وهو شائع في النباتات التريدية الحفرية وفي المخروطيات المعاصرة وفي نباتات ذوات الفلقتين البدائية (شكل 90 : ب).

وتنتج عناصر الخشب واللحاء بانقسامات مماسية لخلايا المنشئ الوعائي مما ينتج عنه تكوين الخشب واللحاء الثانويين في صفوف قطرية متوازية. وكلما ازدادت كمية الخشب بالنمو الثانوي اتسعت دائرة المنشئ بانقسام الخلايا الإنشائية انقسامات عمودية على السطح طولية كما في حالة المنشئ الطبقي، فتزداد بذلك الخلايا الإنشائية المغزلية. أما في المنشئ غير الطبقي فتتسع دائرة المنشئ بانقسام الخلايا انقسامات قطرية مائلة ثم تستطيل الخلايا من ناحية القمة وتصبح بطول الخلية الأصل أو أطول منها.

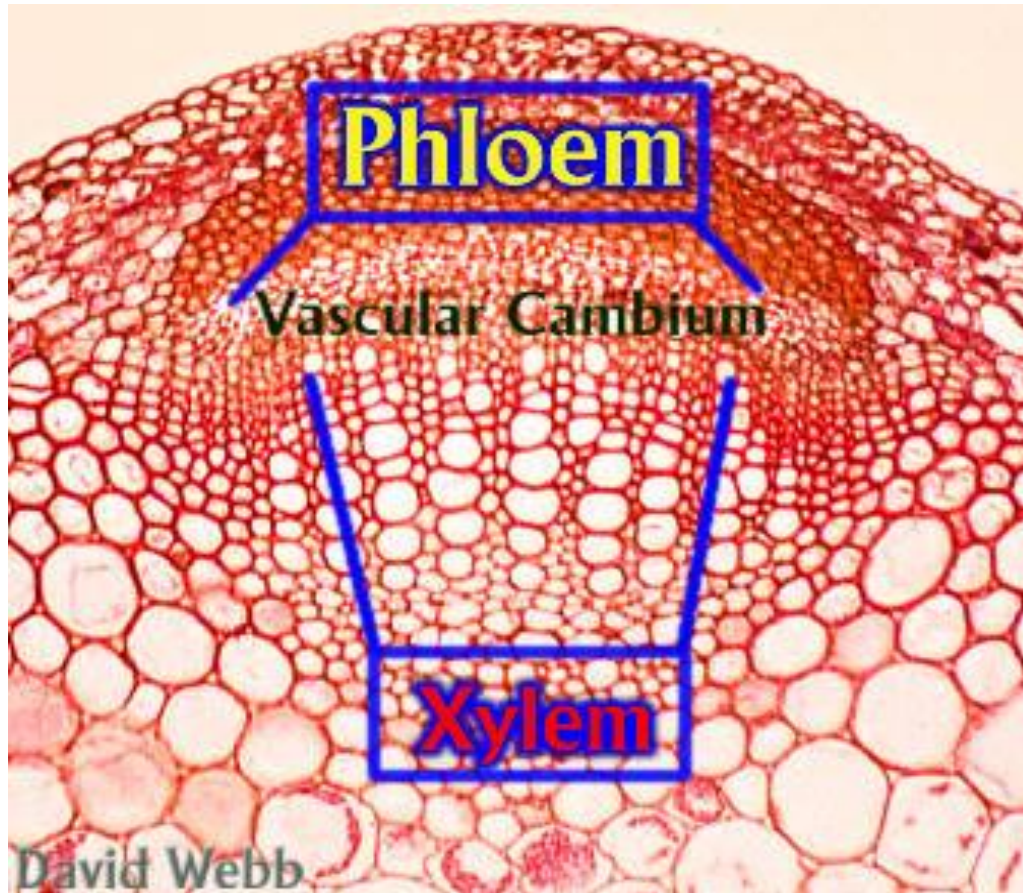
نشاط المنشئ الوعائي: **Vascular cambium**

يؤدي نشاط المنشئ الوعائي إلى زيادة في محيط العضو النباتي الذي يحصل فيه. وفي الغالب يكون معدل إنقسام خلايا المنشئ الوعائي أسرع من عملية التميز إلى خلايا مستديمة في بداية نشاطه ثم يقل تدريجياً إلى أن يغلب معدل التمايز على معدل الإنقسام. ويختلف المنشئ الوعائي في وقت نشاطه وشدته ويرجع ذلك إلى عوامل داخلية وخارجية. ففي بعض النباتات يبقى المنشئ الوعائي نشطاً طول حياته، كما هي الحال في معظم نباتات المناطق المدارية أما في نباتات المناطق ذات الفصول السنوية الواضحة، فإن نشاط المنشئ الوعائي يبدأ في الربيع ثم يقل نشاطه في نهاية الصيف ومن ثم يتوقف في الفترة التي تبدأ بالخريف مروراً بالشتاء حتى بداية الربيع التالي.



Tracheads

الخارجية بالإضافة إلى أن درجة الحرارة قد تقوم بدور مهم في ضبط نشاط
المنشئ الوعائي (ميلرو إكز وآخرون Mellerowicz et.al، 1992).



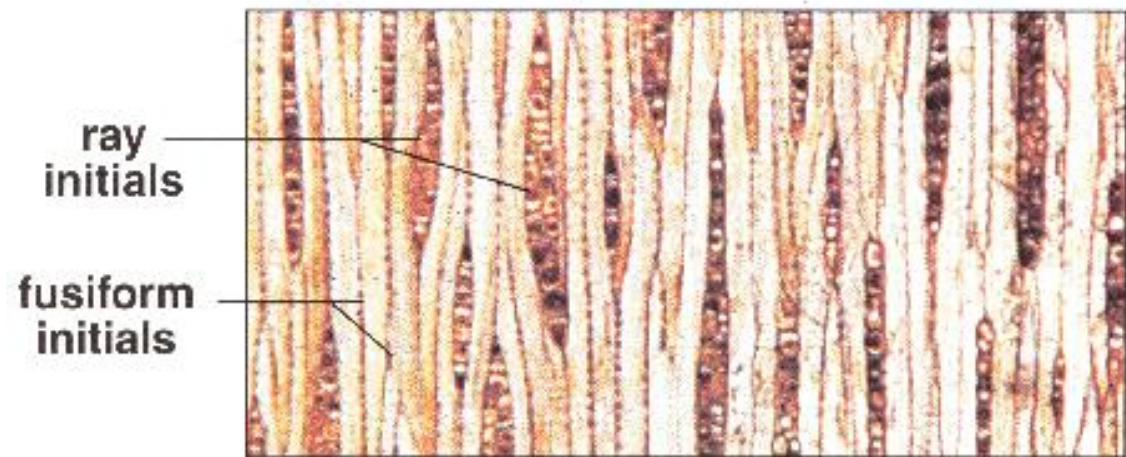
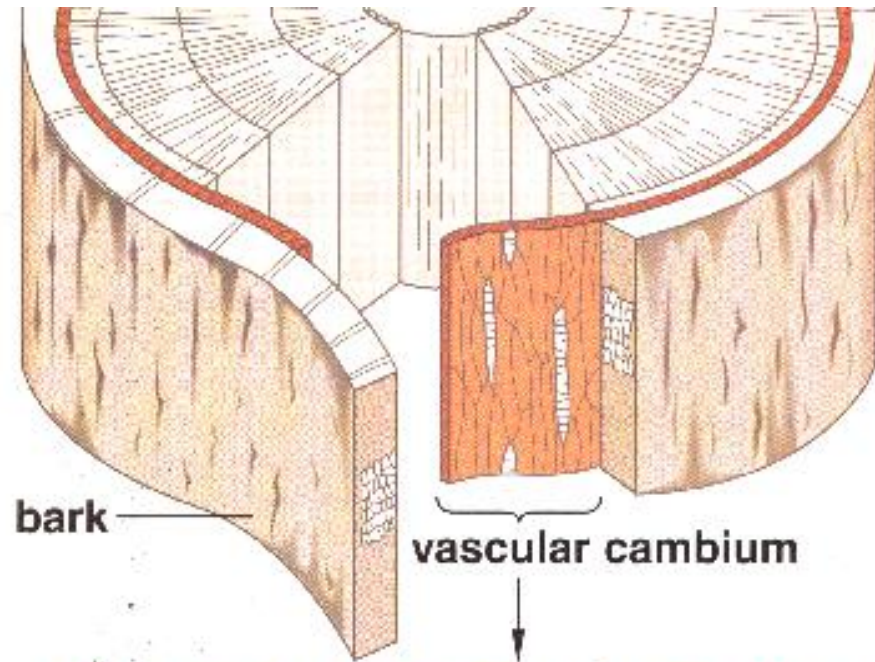
وتشير بعض الأبحاث (ليتل وآخرون Little, et al. 1995 وغيرهم) إلى أن بدء نشاط المنشئ الوعائي بعد فترة التوقف (الكمون) ناتج عن تضافر عدد من **منظمات النمو Growth regulators**، وأن هذه المنظمات تكون في البراعم ومنها تنتقل إلى المحور الرئيسي للنبات والأجزاء التي يوجد بها منشئ وعائي، فتعمل هذه المنظمات على استحداث نشاطه. كما يعتقد أن الأوراق الحديثة قد تكون هي المسؤولة عن تنشيط المنشئ الوعائي حيث أنها المكان الرئيسي الذي يتم فيه صنع هذه المنظمات. وتوجد مجموعتان من **منظمات النمو** هما الجبريلينات **Gibberellins** والأكسينات **Auxins** وهما يؤديان دوراً مهماً في ضبط نشاط المنشئ الوعائي واستمرار نموه، ويذكر إيفرت (2006) أن الأكسينات، والجبريلينات و السيتوكينينات و حمض الأبسيسيك والأثيلين جميعها وجدت في منطقة النسج الإنشائي الوعائي وأن كل مجموعة منها لعبت دوراً في ضبط نشاط المنشئ الوعائي في فترات مختلفة من نموه. وأما العوامل التي تؤدي إلى تثبيط أو توقف نشاطه فغير معروفة بالتحديد، ولكن قد يكون للفترة الضوئية **Photoperiodism** دور في ذلك وهي من العوامل

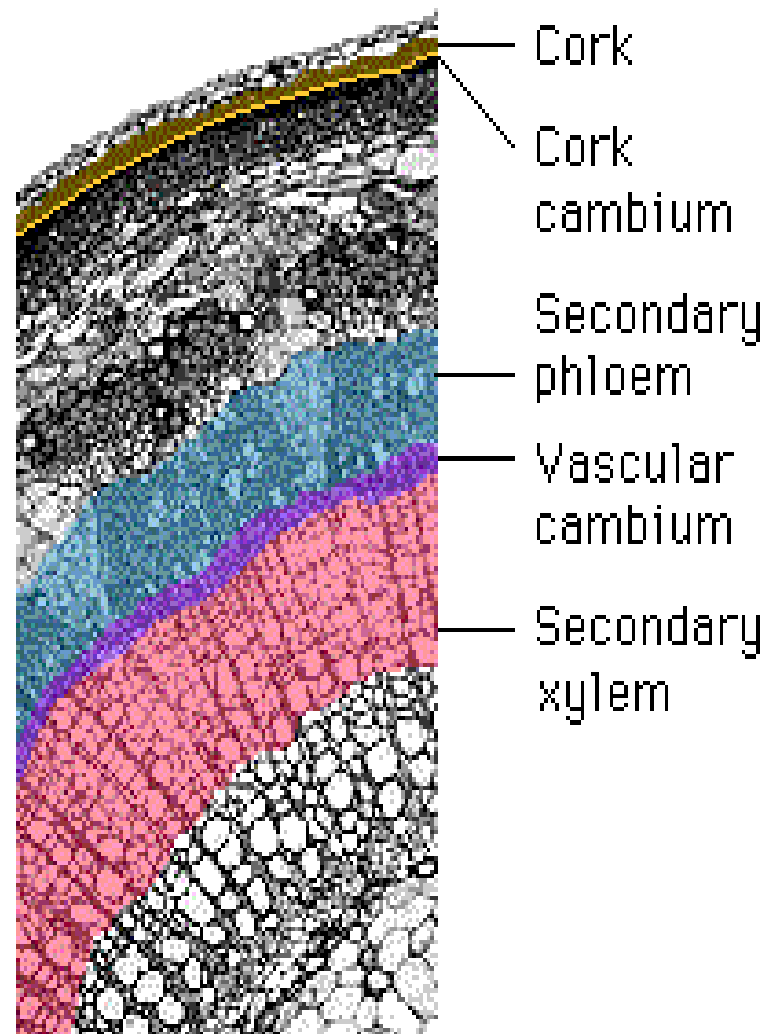
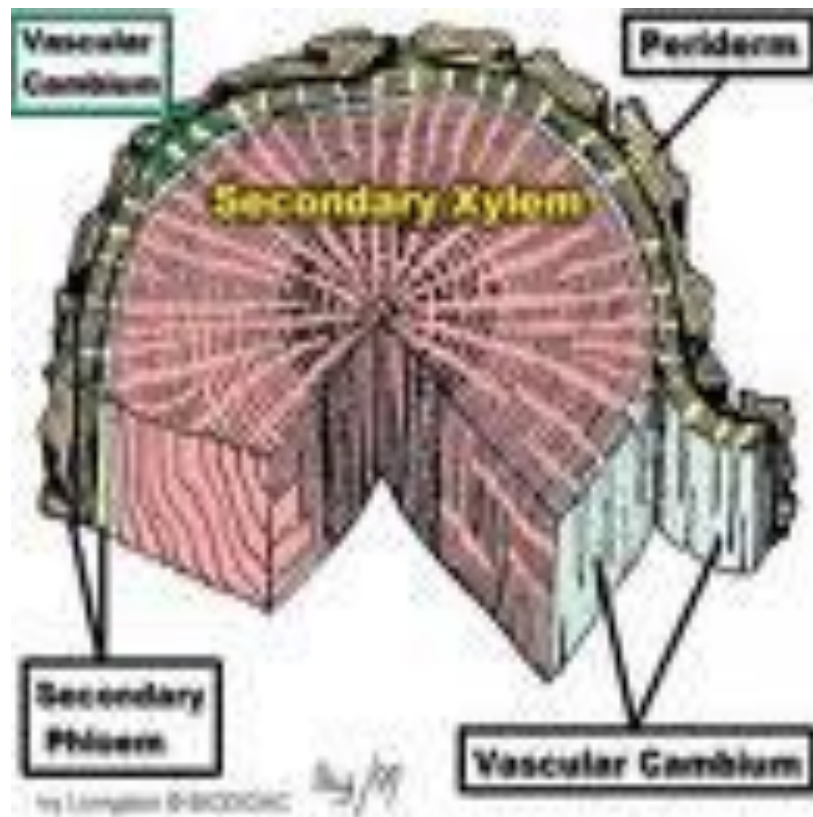
الخشب الثانوي Secondary xylem

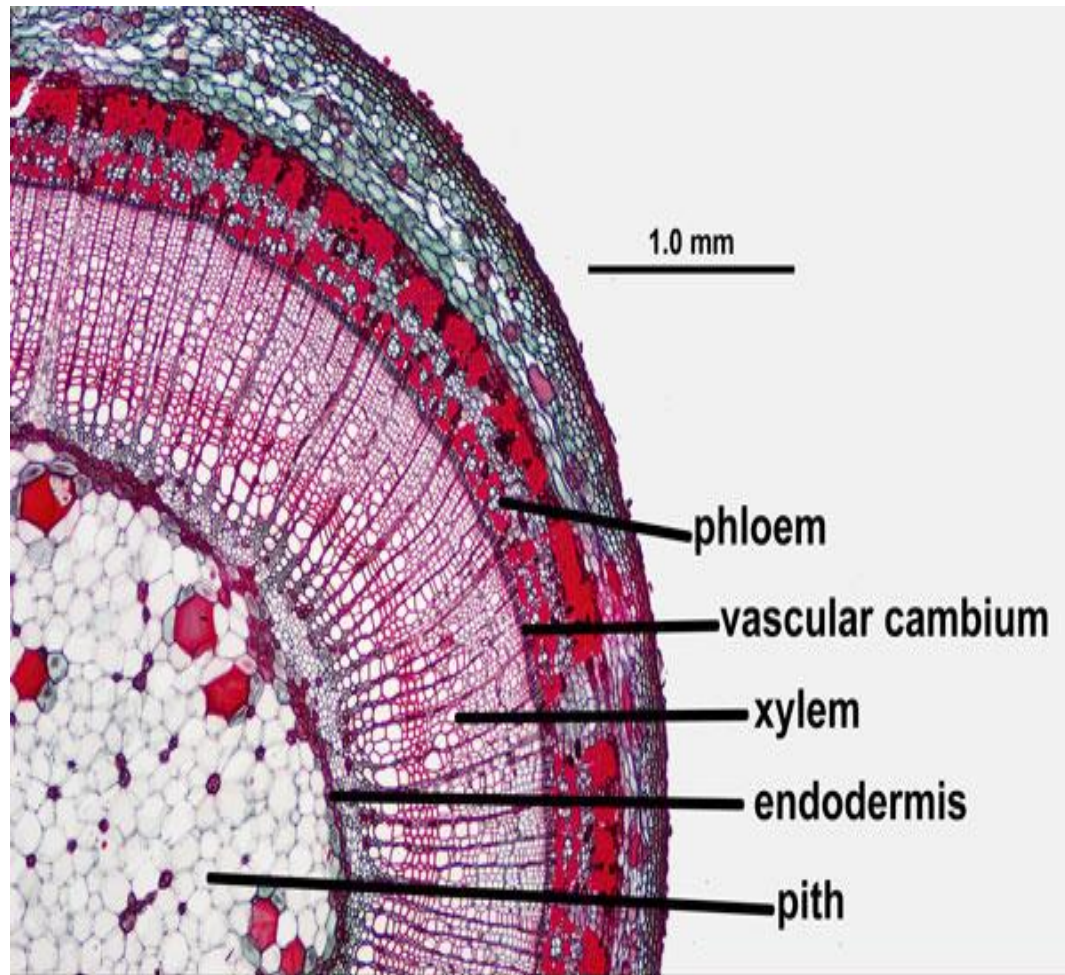
يتكون الخشب الثانوي نتيجة لنشاط المنشئ الوعائي وهو أكثر تعقيداً من الخشب الابتدائي والعناصر الوعائية المنقرة تكون أقصر مما في الخشب الابتدائي. ويتكون الخشب الثانوي من نظامين.

1 - نظام محوري Axial system ناتج عن انقسام الخلايا الإنشائية المغزلية ويشتمل على واحد أو أكثر من عناصر الخشب المختلفة سواء الحية أو غير الحية (وهي الأوعية والقصبيات والألياف وبرنشيمة الخشب) ويكون طول الخلايا باتجاه محور النبات (شكل 91).

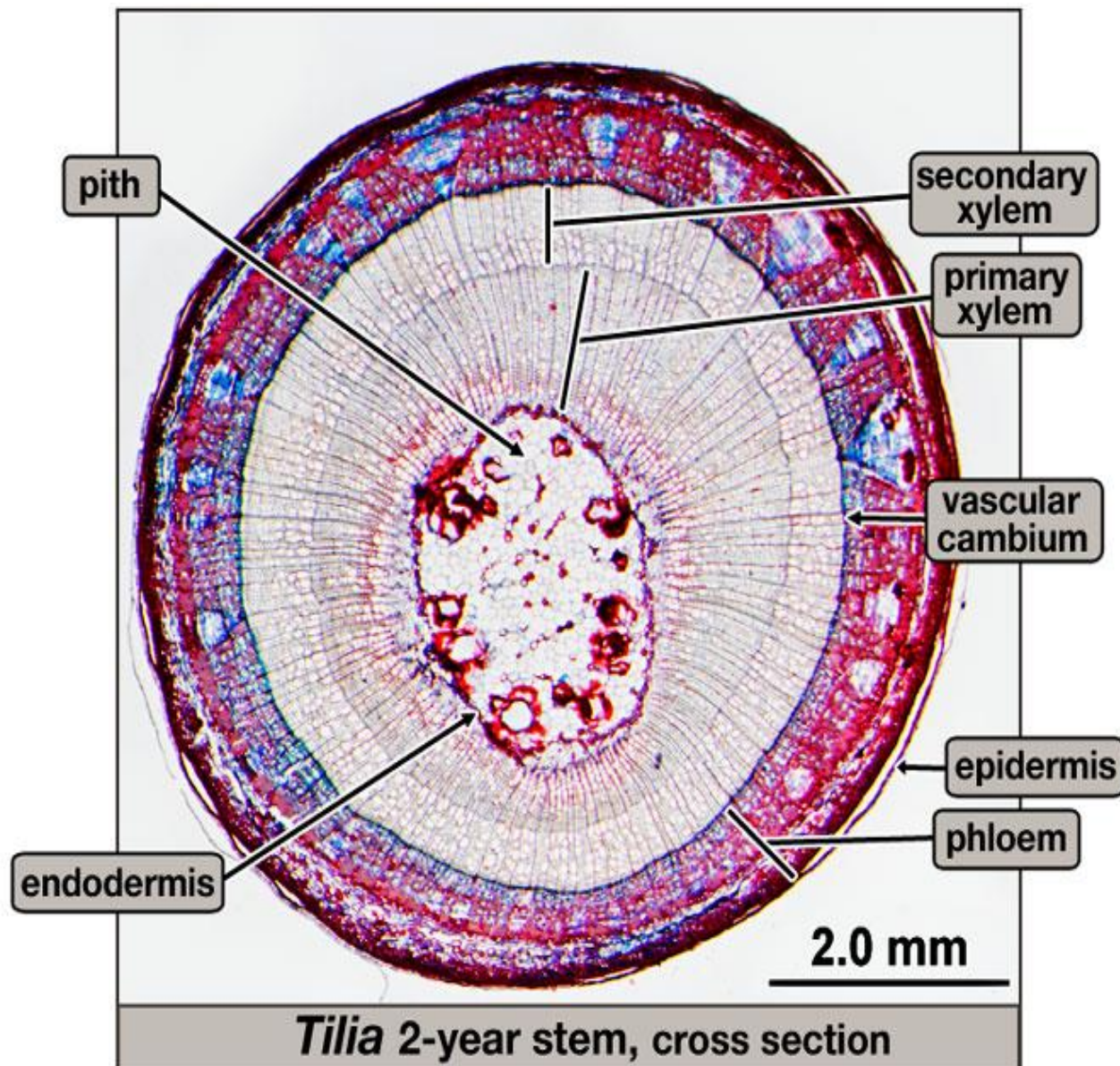
2 - نظام شعاعي Ray system ناتج عن انقسام الخلايا الإنشائية الشعاعية، وتنظم خلاياه في المقطع العرضي والمقطع القطري بمحورها الطولي. وفي المقطع الطولي المماسي في مقطع عرضي. وإذا كان عرض الشعاع خلية واحدة سمي وحيد الصف أو عديد الصفوف إذا كان عرض الشعاع خليتين أو أكثر. ويبدو الشعاع العريض مغزلي الشكل ذو نهايتين مدببتين في المقطع الطولي للعضو النباتي (شكل 91).





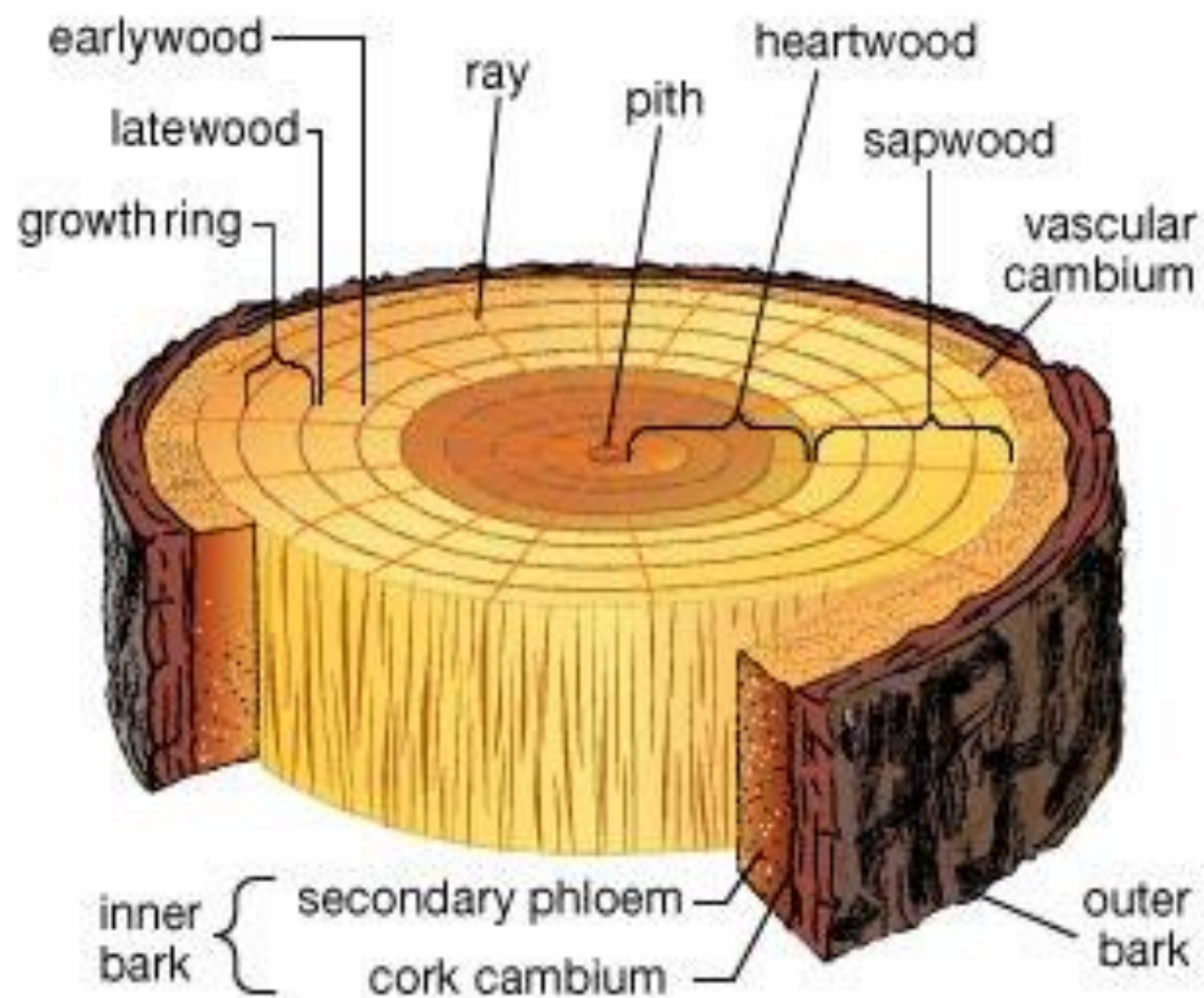


***Tilia* 1-year stem, c.s.**



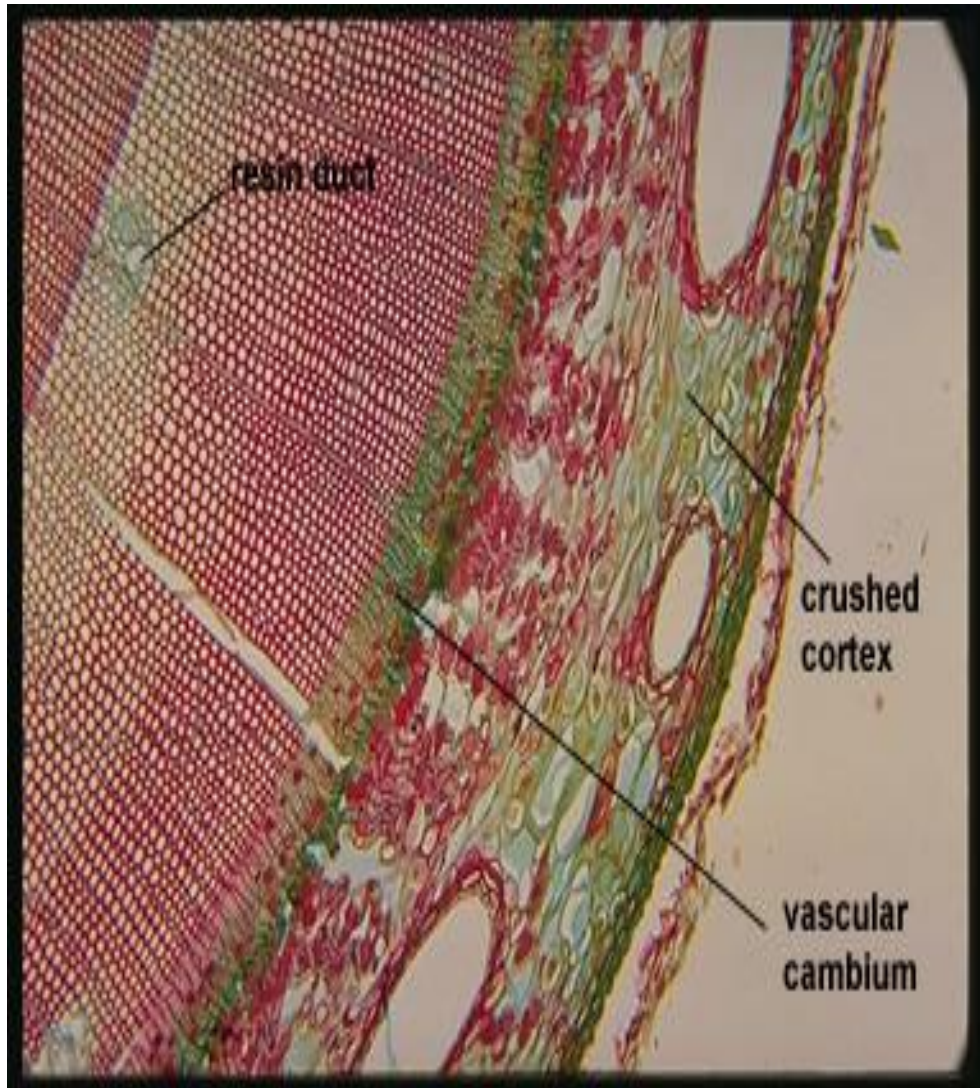
الخشب الرخو Sapwood والخشب الصميمي Heartwood

الخشب الرخو هو الخشب البسيط والنشط في توصيل الماء والأملاح المعدنية من الجذر إلى الساق فالأوراق وتوجد به خلايا برنشيمية كثيرة مثل الصفصاف والحوار والتنوب. والخشب الصميمي غير نشط أي توقف نشاطه الوظيفي في توصيل الماء والأملاح ويتميز كيميائياً. حيث تترسب به مواد عضوية مختلفة مثل الزيوت والصمغ والراتنج والتانينات ومواد ملونة تمنحه صفات خشبية تجارية مرغوبة حيث يصبح أثقل وزناً وأكثر مقاومة للحشرات وغيرها مثل التين والسمر، أما إذا خلا من هذه المواد المترسبة فإنه غالباً ما يتعفن قلب الشجرة كما في الصفصاف (شكل 93).



الخشب الثانوي في العاريات البذور

يكون الخشب الثانوي بسيطاً وأكثر تجانساً ولا توجد أوعية فيما عدا النيتالات Gnetales ونسبة قليلة من البرنشيمه، والنظام المحوري يتكون من قصيبات وتوجد القنوات الراتنجية في النظام المحوري وأحياناً في النظام الشعاعي، وتظهر حلقات النمو السنوية واضحة بسبب اللون الداكن للخشب المتأخر. كما أن النظام الشعاعي قد يتكون من خلايا برنشيمية فقط ويسمى بالأشعة المتجانسة Homocellular Rays. أو من خلايا برنشيمية وقصيبات وعندها يسمى بالأشعة غير المتجانسة Heterocellular Rays ويكون الشعاع إما وحيد الصف أو عديد الصفوف (شكل 94).



الخشب الثانوي في الكاسيات البذور (نباتات ذوات الفلقتين)

يكون الخشب الثانوي أكثر تعقيداً من عاريات البذور وتوجد عادة جميع العناصر (أوعية قصيبات برنشيمية، ألياف والأشعة). وهناك مظاهر هامة لتمييز عدة أنواع للخشب الثانوي منها :

- 1 - تأخذ الأوعية نظامين أحدهما: تكون الأوعية تقريباً متساوية الأقطار وموزعة في انتظام في حلقة النمو ويسمى بالخشب المسامي المنتشر *Difuse poreus wood* مثل التيل *Acer* والسمر *Acasia* وثانيهما: تكون الأوعية غير متساوية الأقطار وتقع الأوعية الواسعة في الخشب المبكر ويسمى هذا بخشب مسامي حلقي *Ring porous wood* مثل البلوط *Quercus* (شكل 95).
- 2 - توزيع البرنشيمة المحورية فقد تكون البرنشيمة منتشرة أو حزامية أو محيطة بالأوعية أو على هيئة أجنحة أو نادرة.

3 . شكل الأشعة فقد يكون الشعاع منحنى أو مستقيم وقد يكون متجانس خلايا منحنية فقط أو مستقيمة فقط أو غير متجانس إذا اشتمل على النوعين. وتكون الأشعة وحيدة الصف أو ثنائية الصف أو عديدة الصفوف.

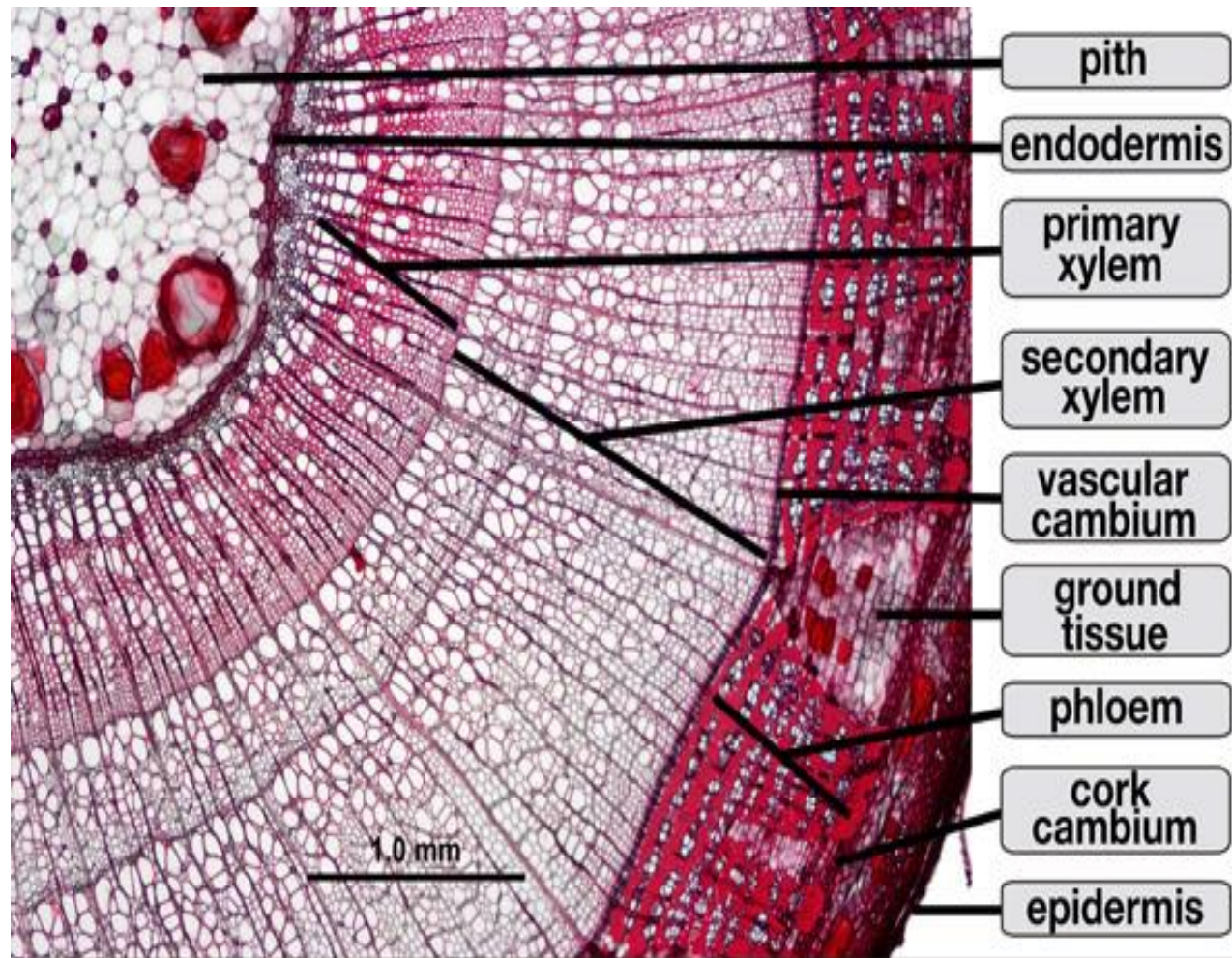
4 . القنوات الإفرازية مثل القنوات الصمغية وقد تحتوي راتنج وصموغ وزيوت ومخاط .



Diffuse porous wood



Ring porous wood



***Tilia* 3-year stem, cross section**

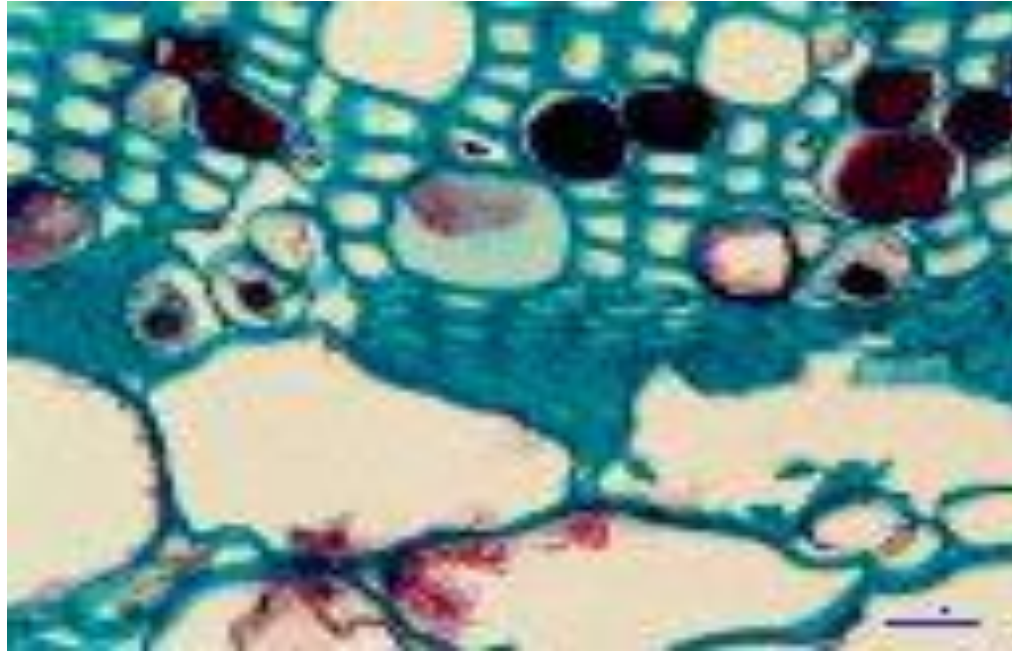
اللحاء الثانوي Secondary phloem

تشبه عناصر اللحاء الثانوي عناصر اللحاء الابتدائي ولكنه يتكون من نظامين:

- أ. **نظام محوري** وينتج من انقسام الخلايا الإنشائية المغزلية ويشتمل على العناصر الغربالية والخلايا المرافقة وألياف وبرنشيمة اللحاء ويكون محورها الطولي موازياً للمحور الطولي لمحور النبات (شكل 96).
- ب. **نظام شعاعي** وينتج من انقسام الخلايا الإنشائية الشعاعية ويكون أشعة اللحاء الثانوي ويكون محورها الطولي عمودياً على المحور الطولي للنبات (شكل 96).

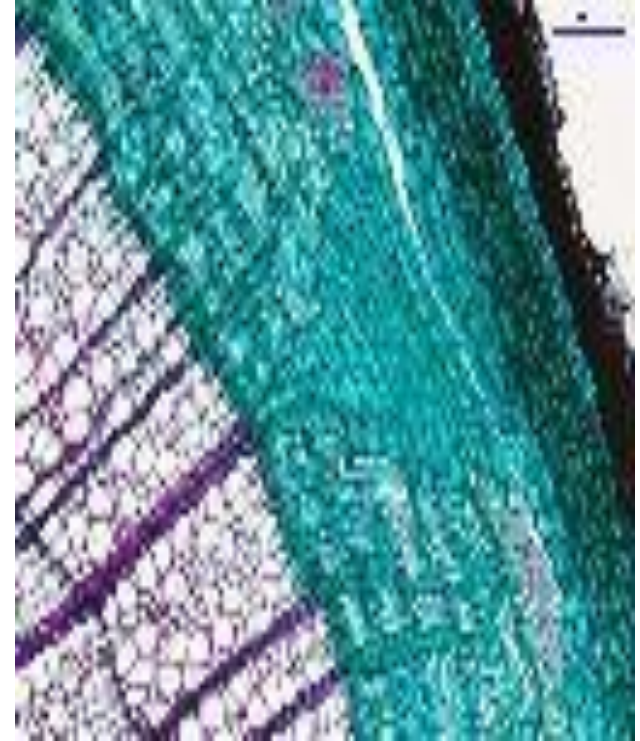
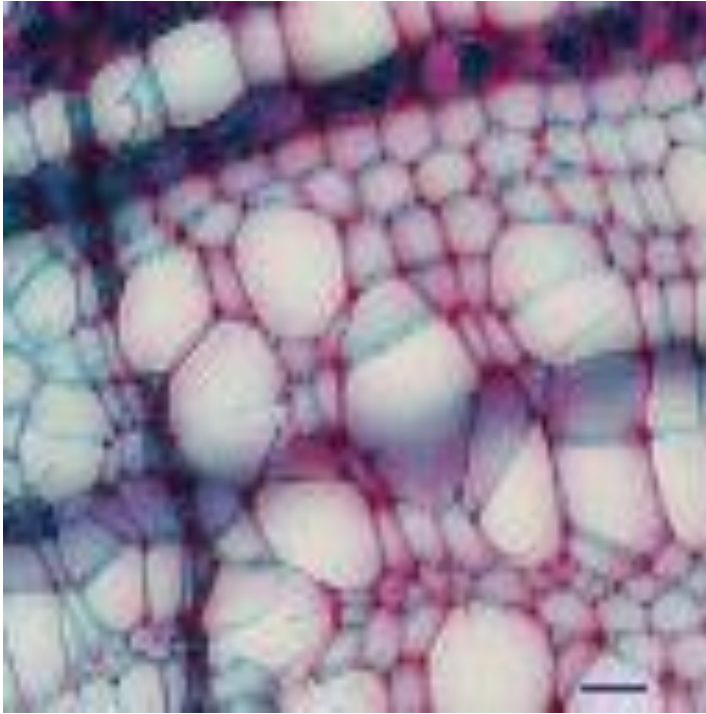
اللحاء الثانوي في العاريات البذور

يتكون اللحاء الثانوي من خلايا غربالية Sieve cells وبرانشيمية وخلايا زلاالية وألياف وعادة توجد الأشعة وحيدة الصف وهي خلايا برنشيمية فقط أو زلاالية وبرنشيمية (شكل 97). وقد تصل صفوف الخلايا في الشعاع الواحد إلى 20 صفًا.



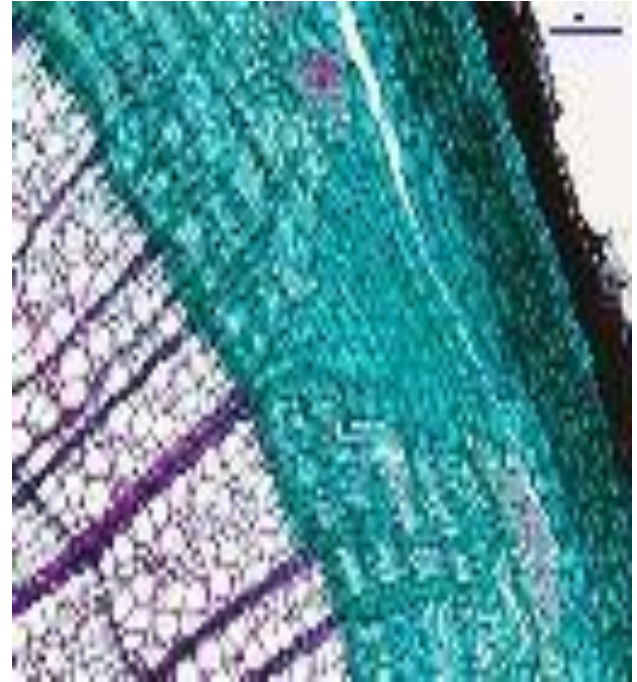
اللحاء الثانوي في ذوات الفلقتين

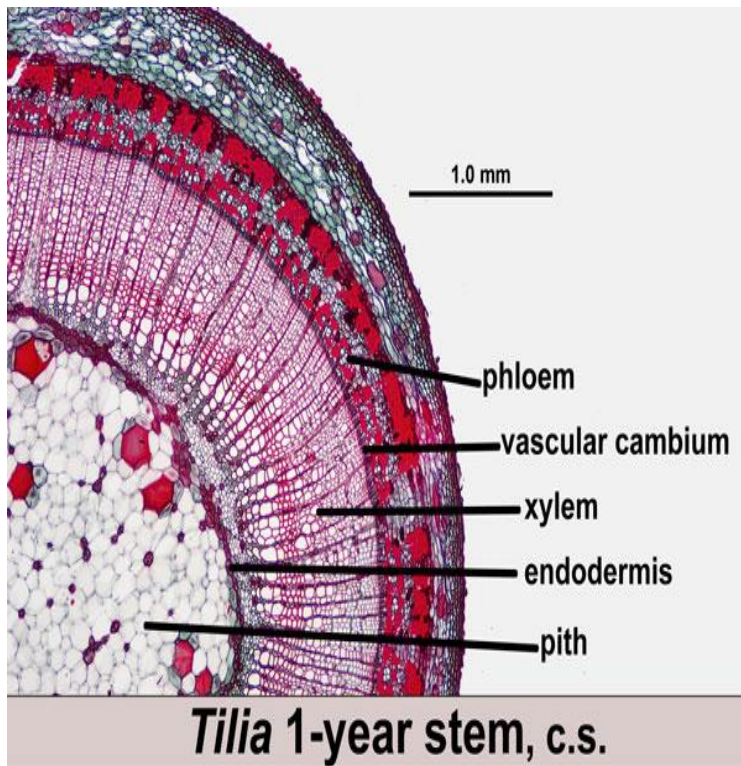
يتكون اللحاء الثانوي من أنابيب غربالية Sieve-tube elements وخلايا مرافقة وبرنشيمة وألياف لحاء والأشعة إما أن تكون في صف واحد أو عديدة الصفوف ويتكون النظام الشعاعي من خلايا برنشيمية (شكل 98

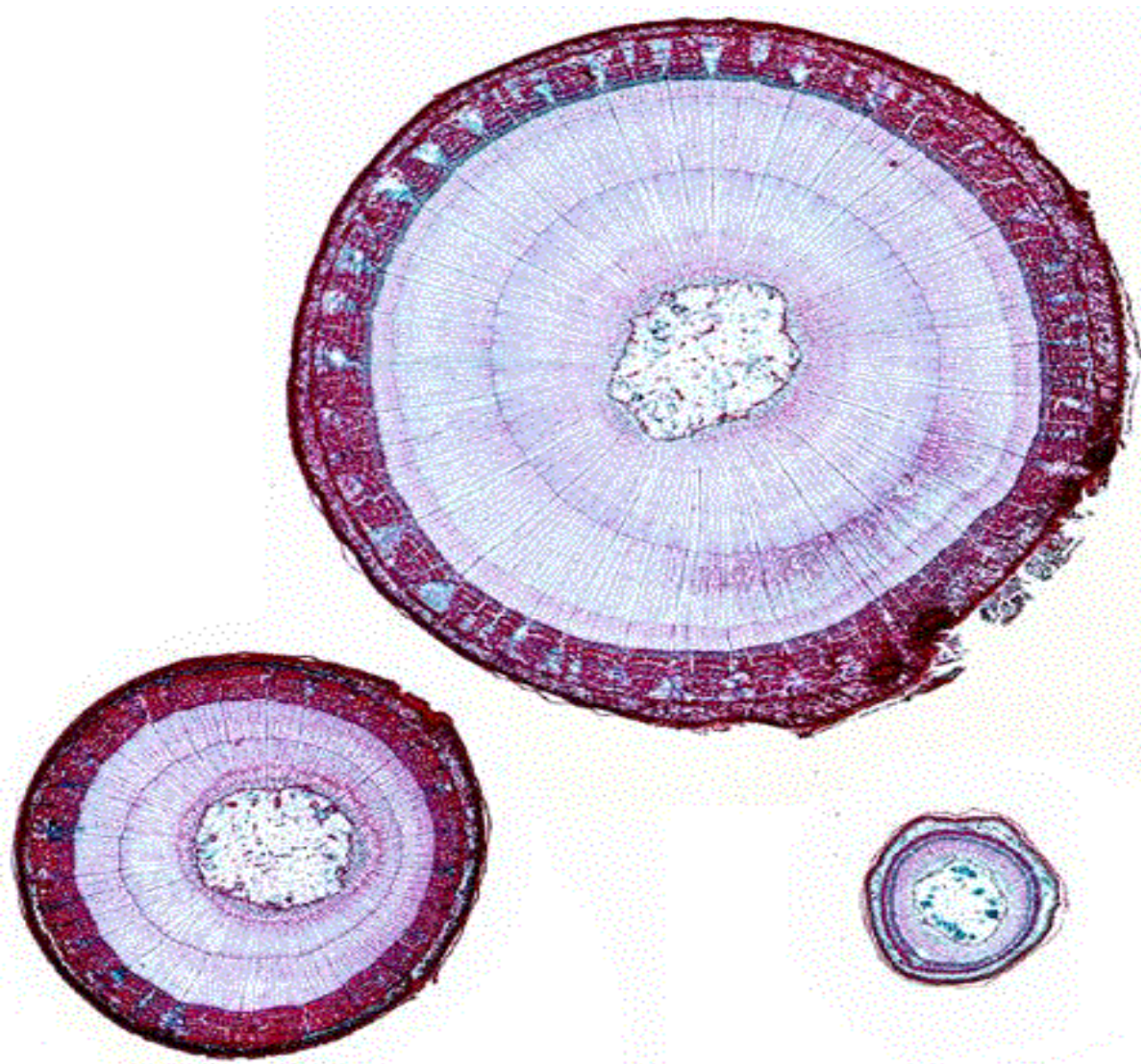


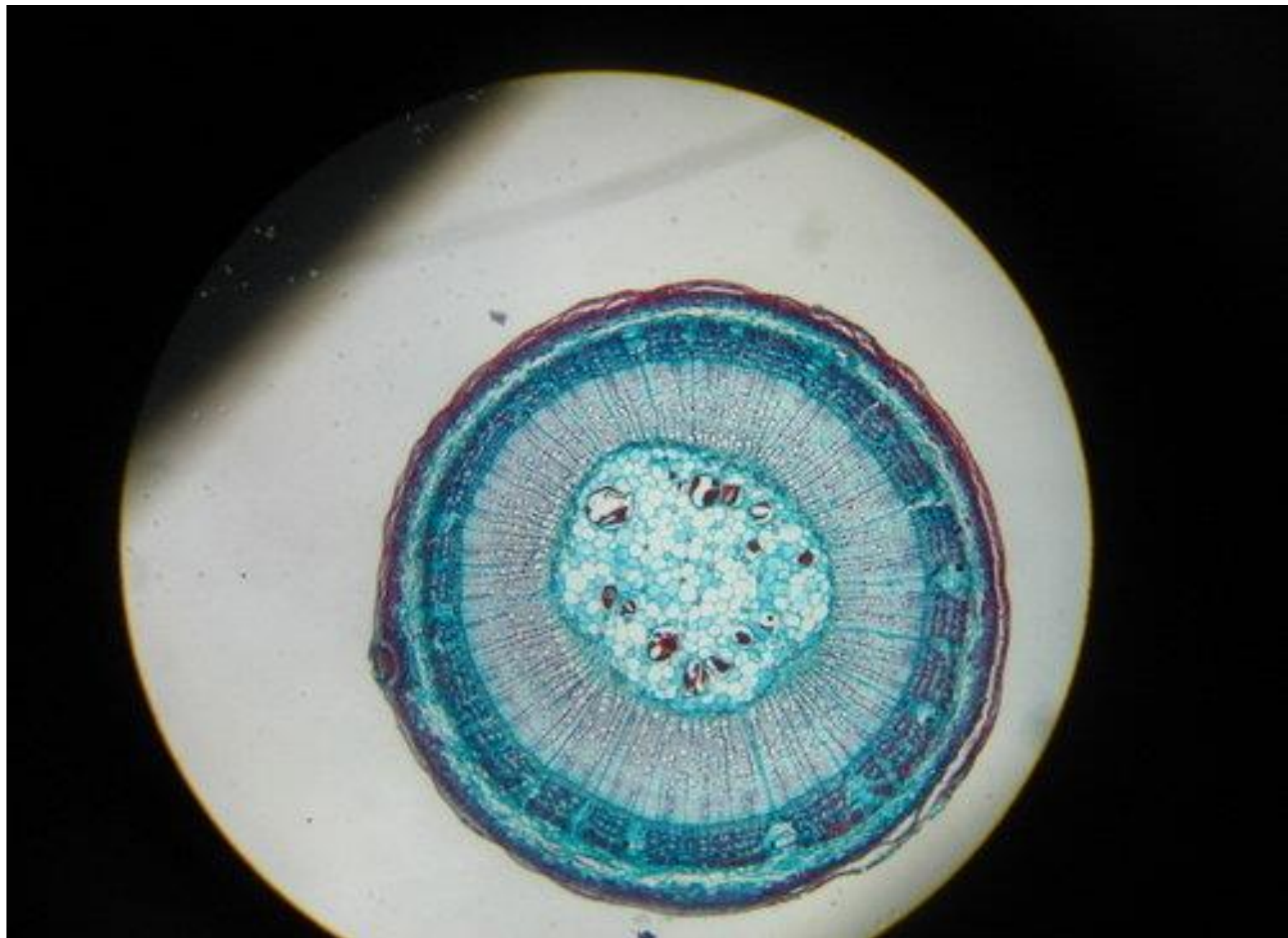
اللحاء الثانوي في ذوات الفلقتين

يتكون اللحاء الثانوي من أنابيب غربالية Sieve-tube elements وخلايا مرافقة وبرنشيمة وألياف لحاء والأشعة إما أن تكون في صف واحد أو عديدة الصفوف ويتكون النظام الشعاعي من خلايا برنشيمية (شكل 98).



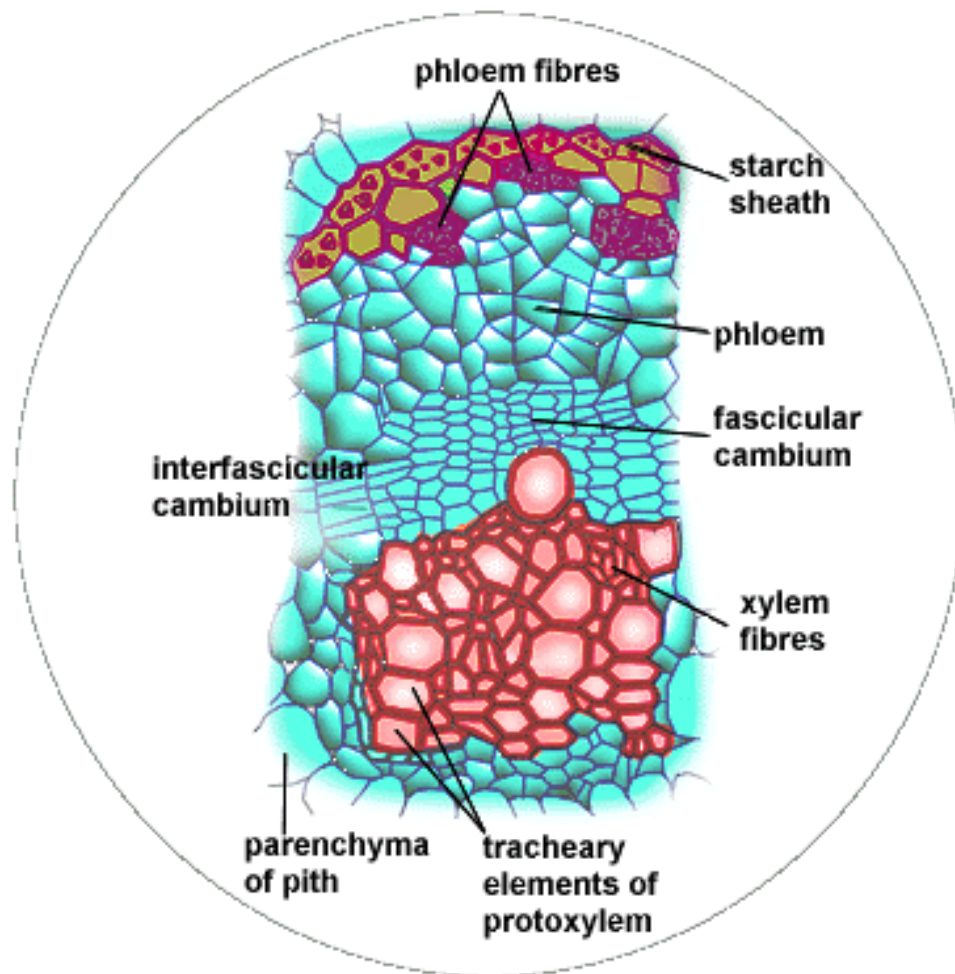






النمو الثانوي المعتاد Secondary growth

يحتاج النبات أثناء نموه وزيادة كتلته إلى المواد الغذائية والماء والأملاح ومن ثم يحتاج إلى زيادة في العناصر التوصيلية (عناصر اللحاء والخشب) مما يضطره إلى تكوين عناصر وعائية جديدة عن طريق نشاط المنشئ الوعائي الذي يقع بين الخشب واللحاء الابتدائيين في الحزم الوعائية، والمعروف بالمنشئ الوعائي الحزمي Fascicular cambium، وعند بدء النمو الثانوي قد تتصل أشرطة المنشئ الحزمي في الحزم المجاورة بأشرطة منشئ وعائي أخرى جديدة تنشأ من الخلايا البرنشيمية الموجودة بين الحزم الوعائية وتعرف بأشرطة المنشئ بين الحزمي Interfascicular cambium وتمتد تلك الأشرطة على امتداد أشرطة المنشئ الحزمي وبذلك يصبح المنشئ الوعائي على هيئة اسطوانة. ويحدث ذلك في كل من السيقان والجذور لنباتات ذوات الفلقتين وعاريات البذور، كما يلي:



1 . النمو الثانوي المعتاد في الساق

ينشأ المنشئ الوعائي في ذوات الفلقتين وعاريات البذور على هيئة اسطوانة بين الخشب واللحاء الابتدائيين معطياً خشباً ثانوياً للداخل ولحاءاً ثانوياً للخارج وتتفاوت نشأة ونشاط المنشئ الوعائي في النباتات المختلفة وتوجد ثلاث نظم رئيسية هي :

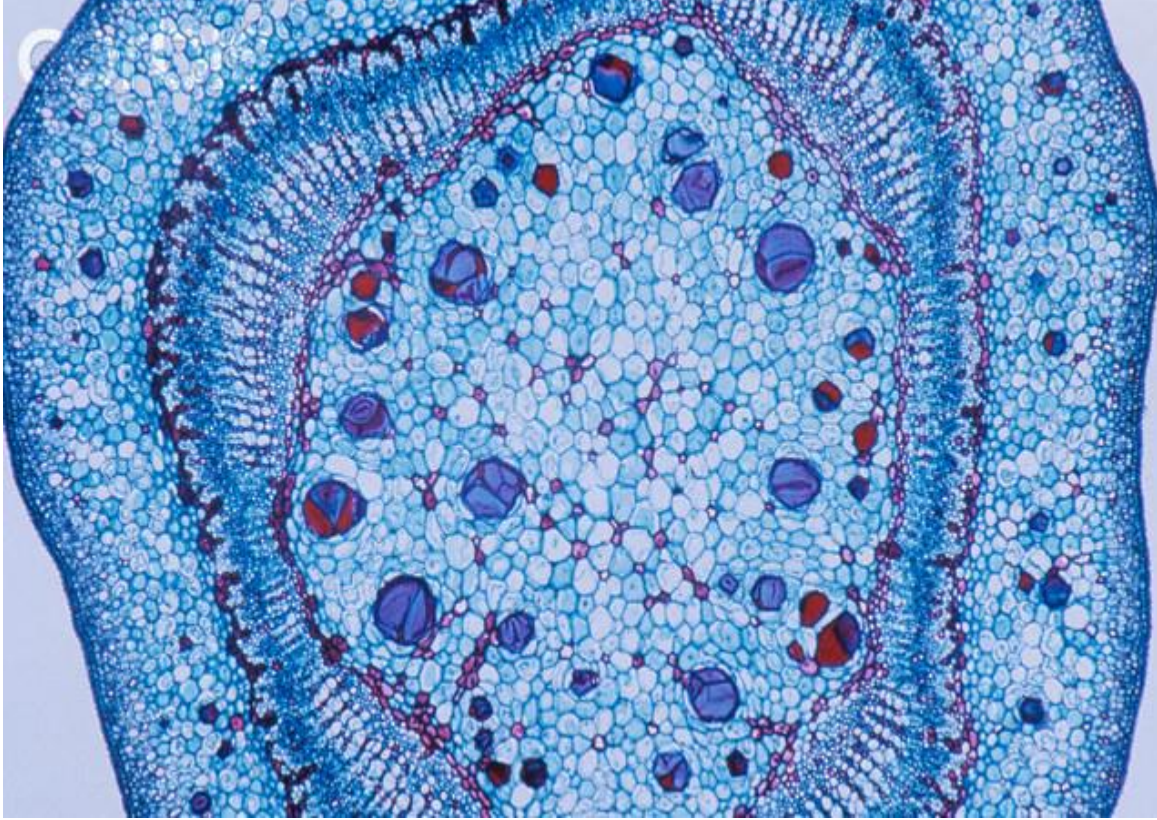
1 . تكون الأنسجة الوعائية الابتدائية اسطوانة وعائية كاملة تقريباً في السلاميات وتكون المسافات بين الحزم ضيقة جداً وتأخذ الأنسجة الوعائية الثانوية نفس الشكل كما في التليا والدخان (شكل 99: أ ، ب).



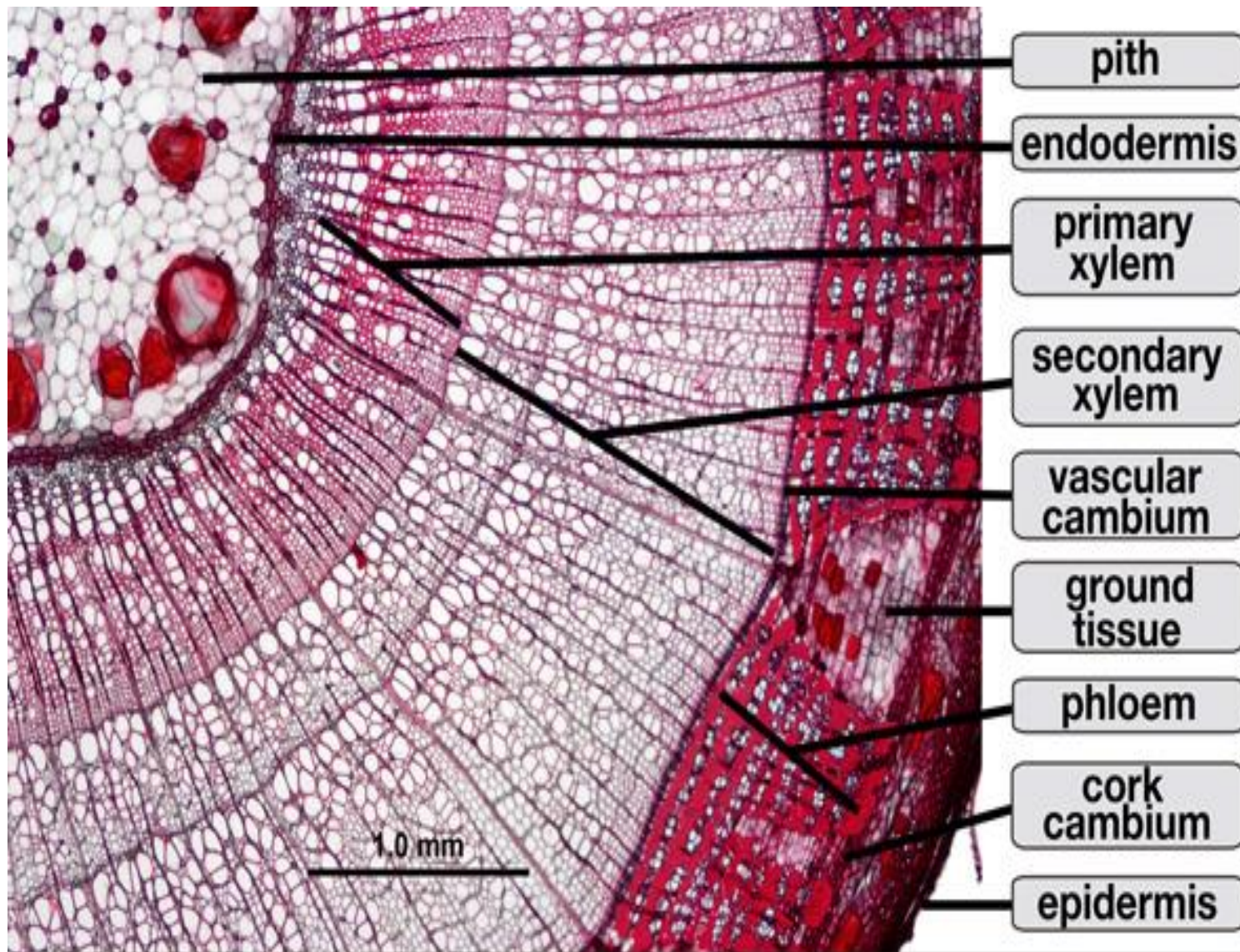
1 - تكون الأنسجة
الوعائية الابتدائية اسطوانة
وعائية كاملة تقريباً في
السلاميات وتكون
المسافات بين الحزم ضيقة
جداً وتأخذ الأنسجة
الوعائية الثانوية نفس
الشكل كما في التليا
والدخان (شكل 99: أ
، ب).

النمو الابتدائي في التليا

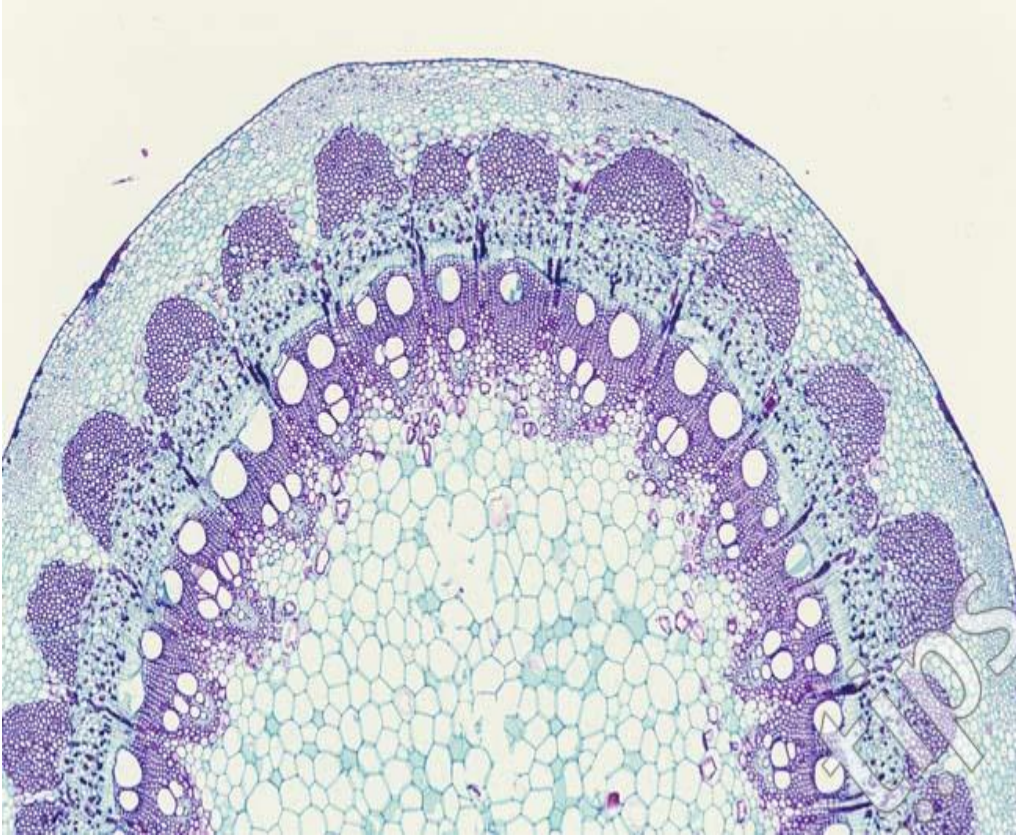
1 — تكون
الأنسجة الوعائية
الابتدائية اسطوانة
وعائية كاملة تقريباً في
السلاميات وتكون
المسافات بين الحزم
ضيقة جداً وتأخذ
الأنسجة الوعائية
الثانوية نفس الشكل
كما في التليا والدخان
(شكل 99: أ ، ب
).



النمو الابتدائي في التليا

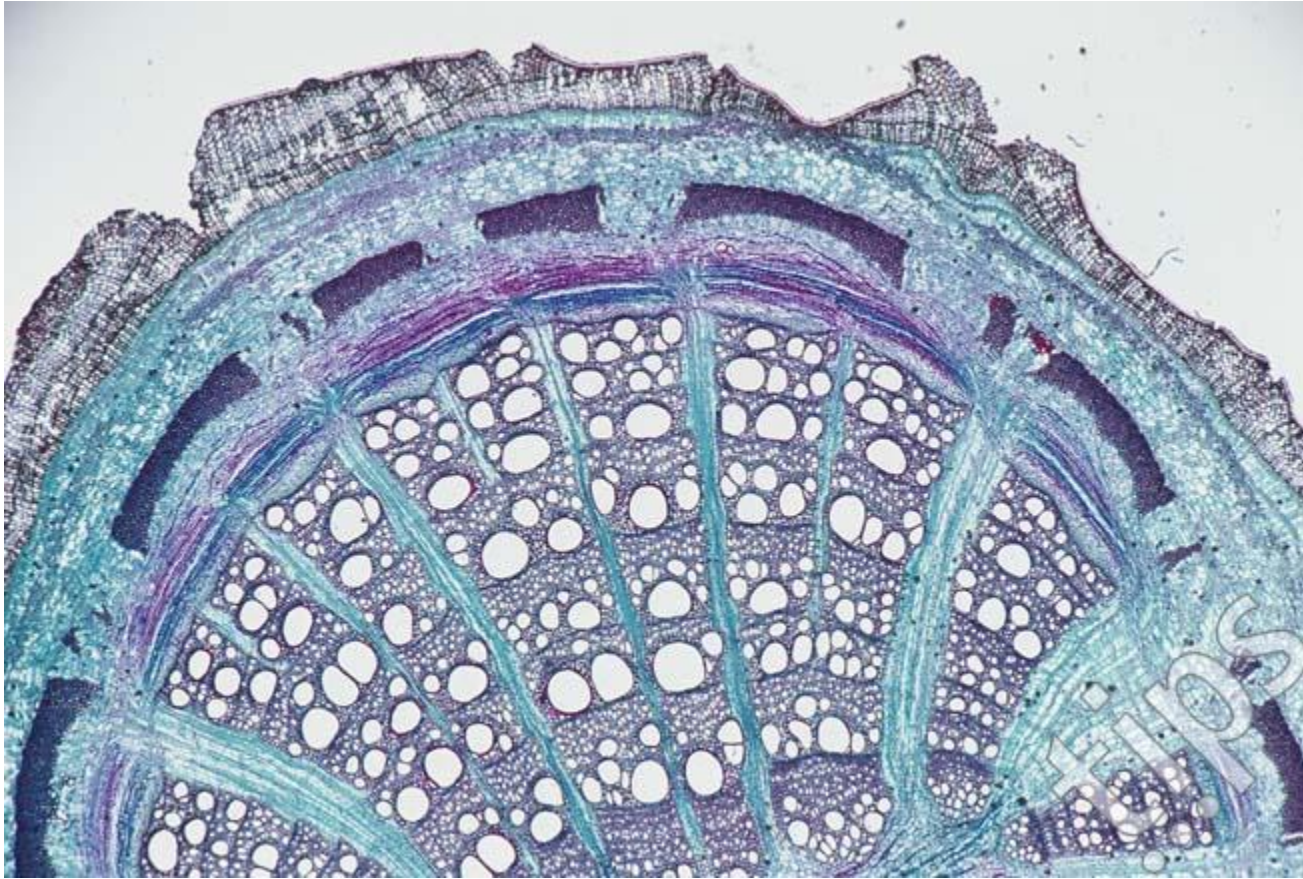


***Tilia* 3-year stem, cross section**

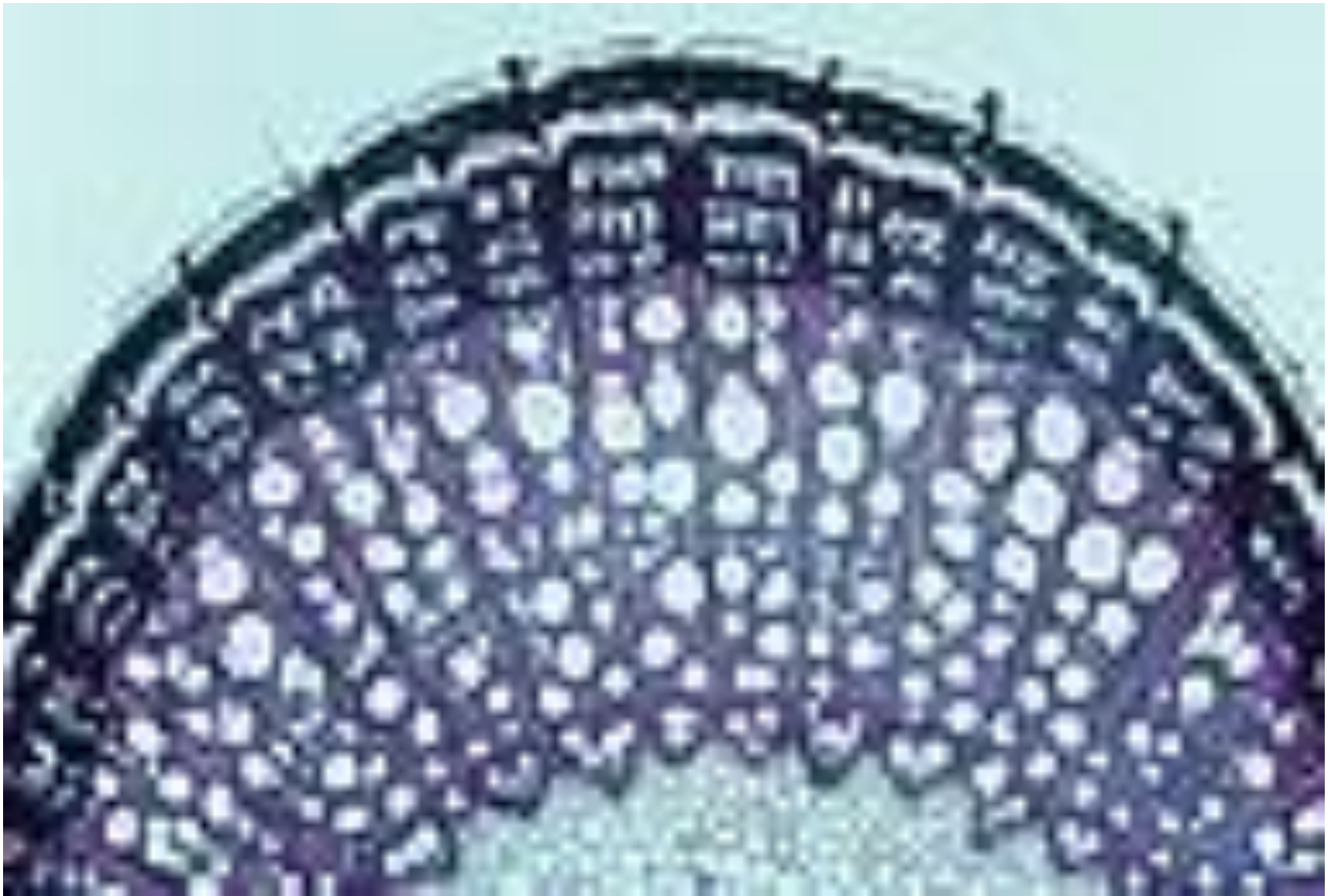


2. تُكون الأنسجة الوعائية
الابتدائية مجموعة من الحزم
المنفصلة ويعطي المنشئ بين
الحزمي برانشيمة بينما يعطي
المنشئ الحزمي أنسجة
وعائية ثانوية وبذلك تظهر
الأنسجة الوعائية الثانوية
على هيئة حزم كما في
العنب والأرستولوجيا والقرع
(شكل 100).

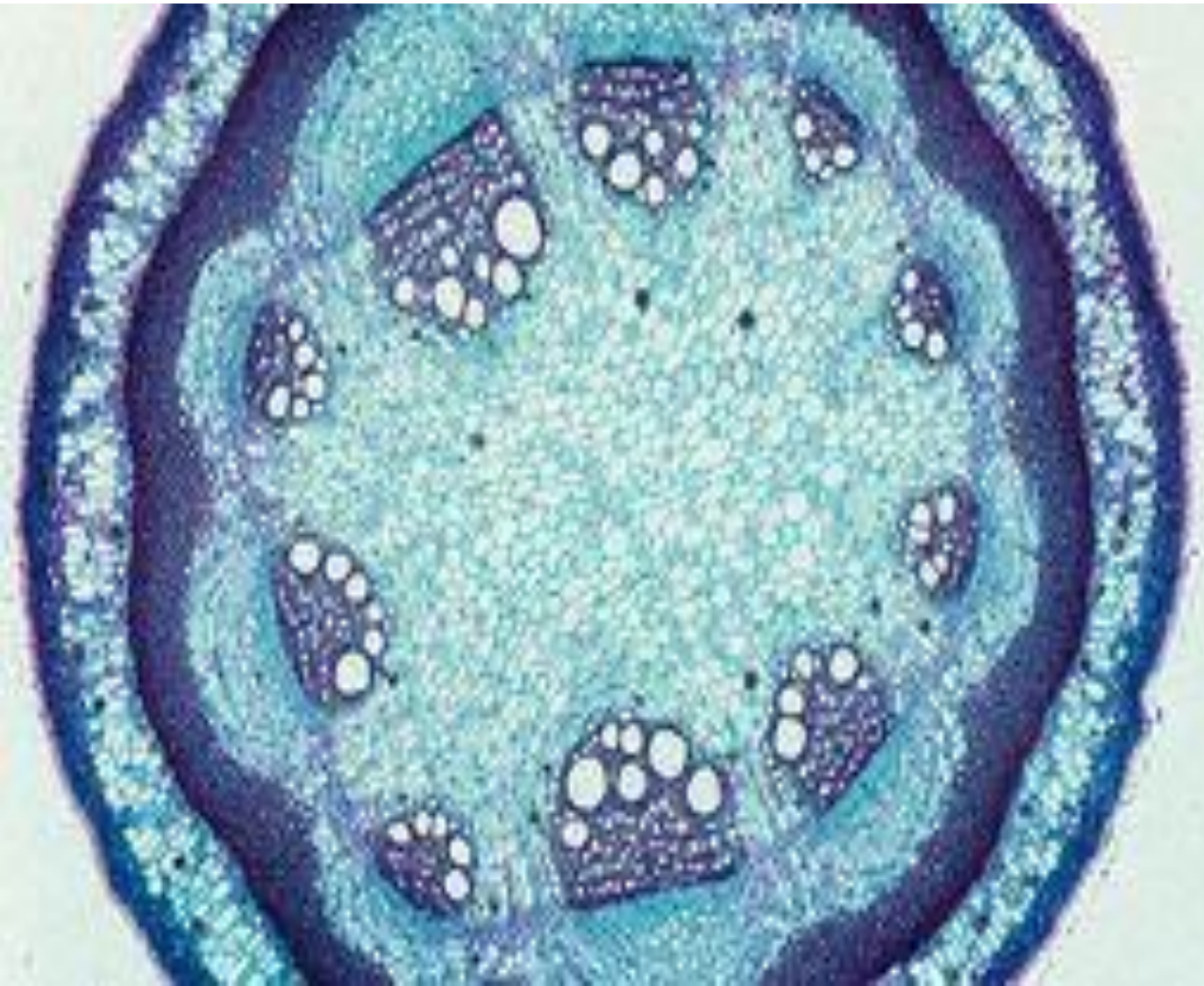
النمو الابتدائي في العنب



النمو الثانوي في العنب



النمو الثانوي في العنب



2 - تُكون الأنسجة
الوعائية الابتدائية
مجموعة من الحزم
المنفصلة ويعطي
المنشئ بين الحزمي
برانشيما بينما يعطي
المنشئ الحزمي
أنسجة وعائية ثانوية
وبذلك تظهر
الأنسجة الوعائية
الثانوية على هيئة
حزم كما في العنب
والأرستولوجيا والقرع
(شكل 100).

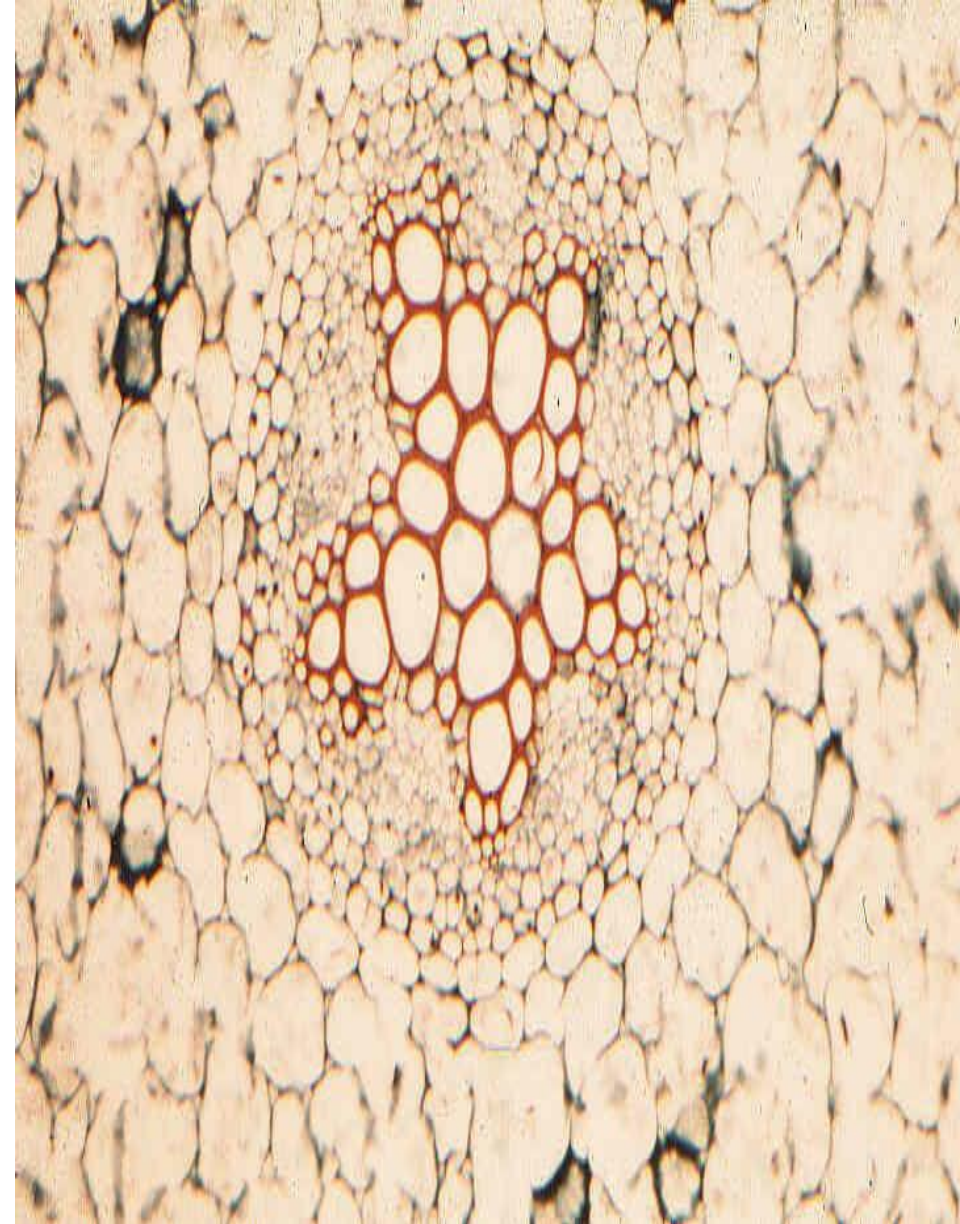
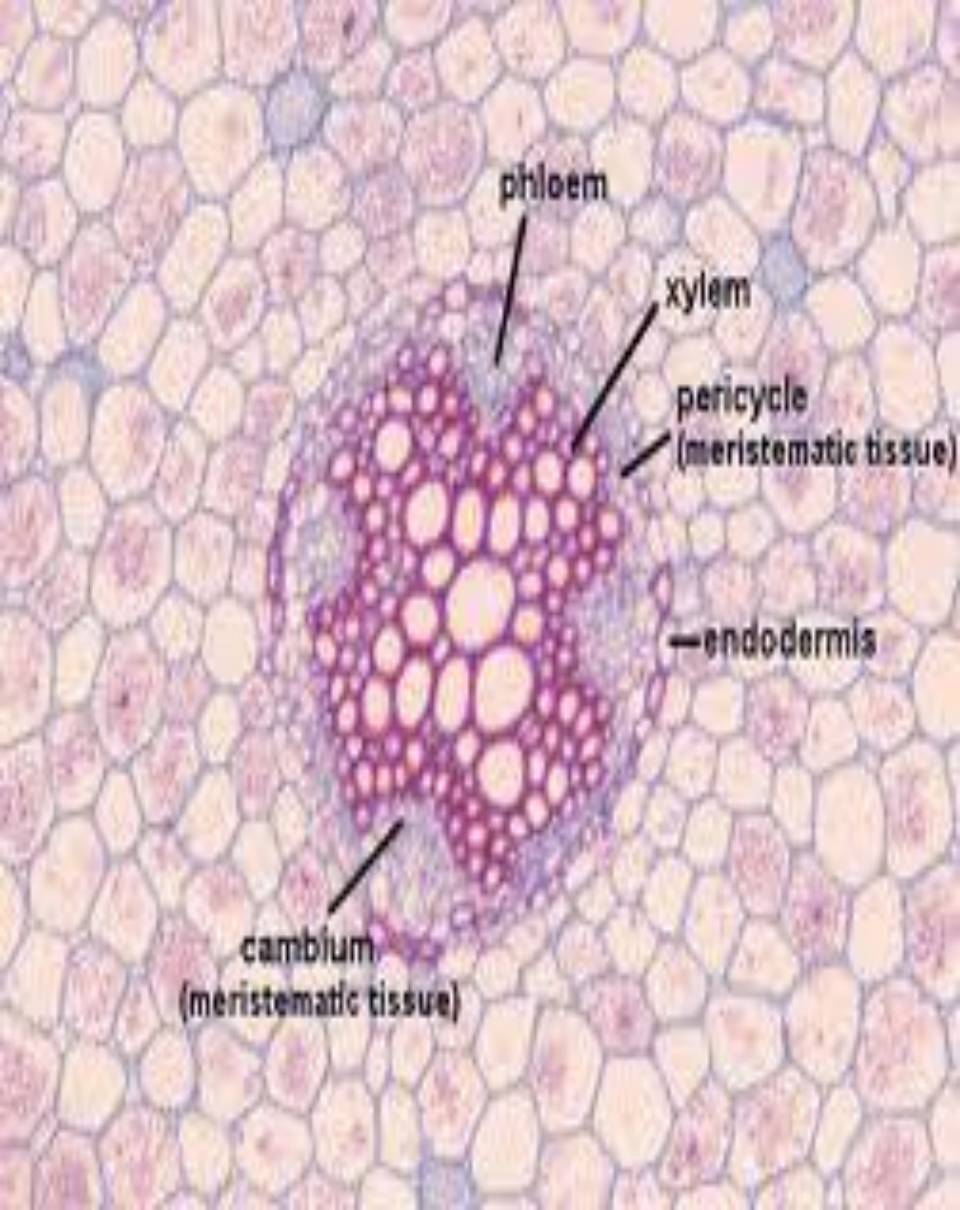
النمو الابتدائي في الرستولوجيا



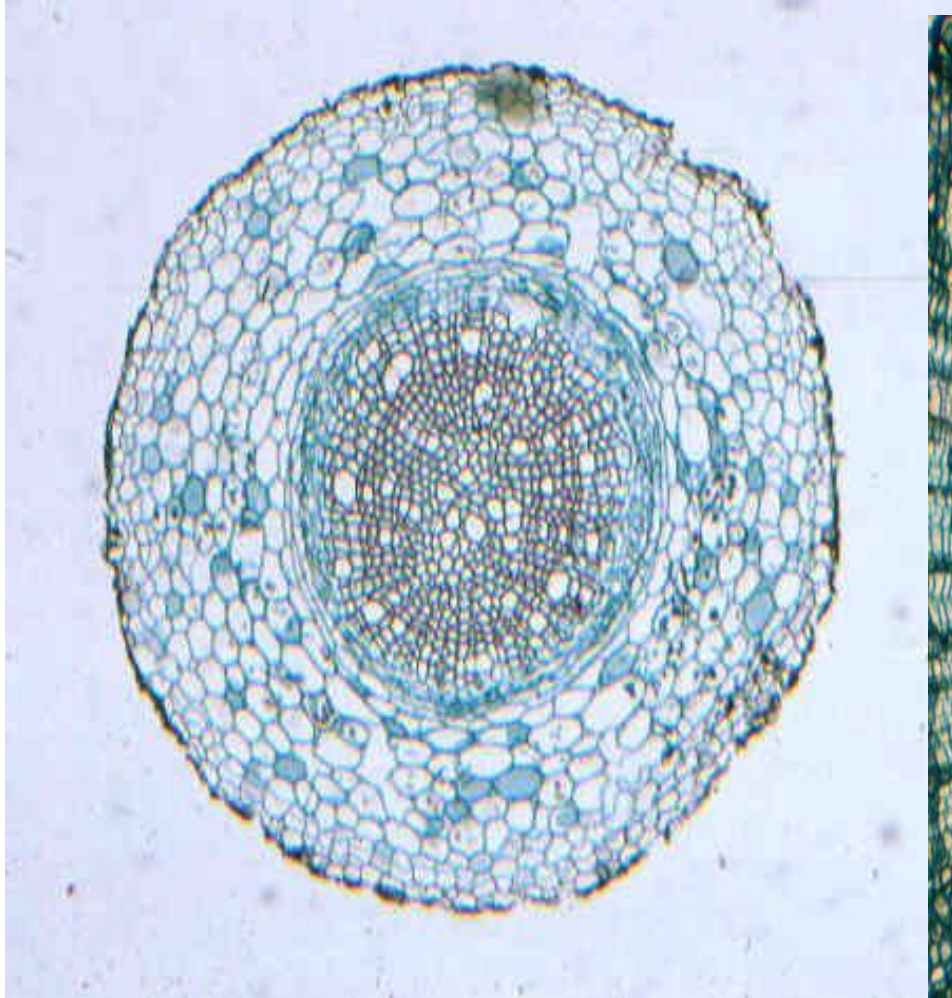
النمو الثانوي في الارستولوجيا

2 . النمو الثانوي المعتاد في الجذر

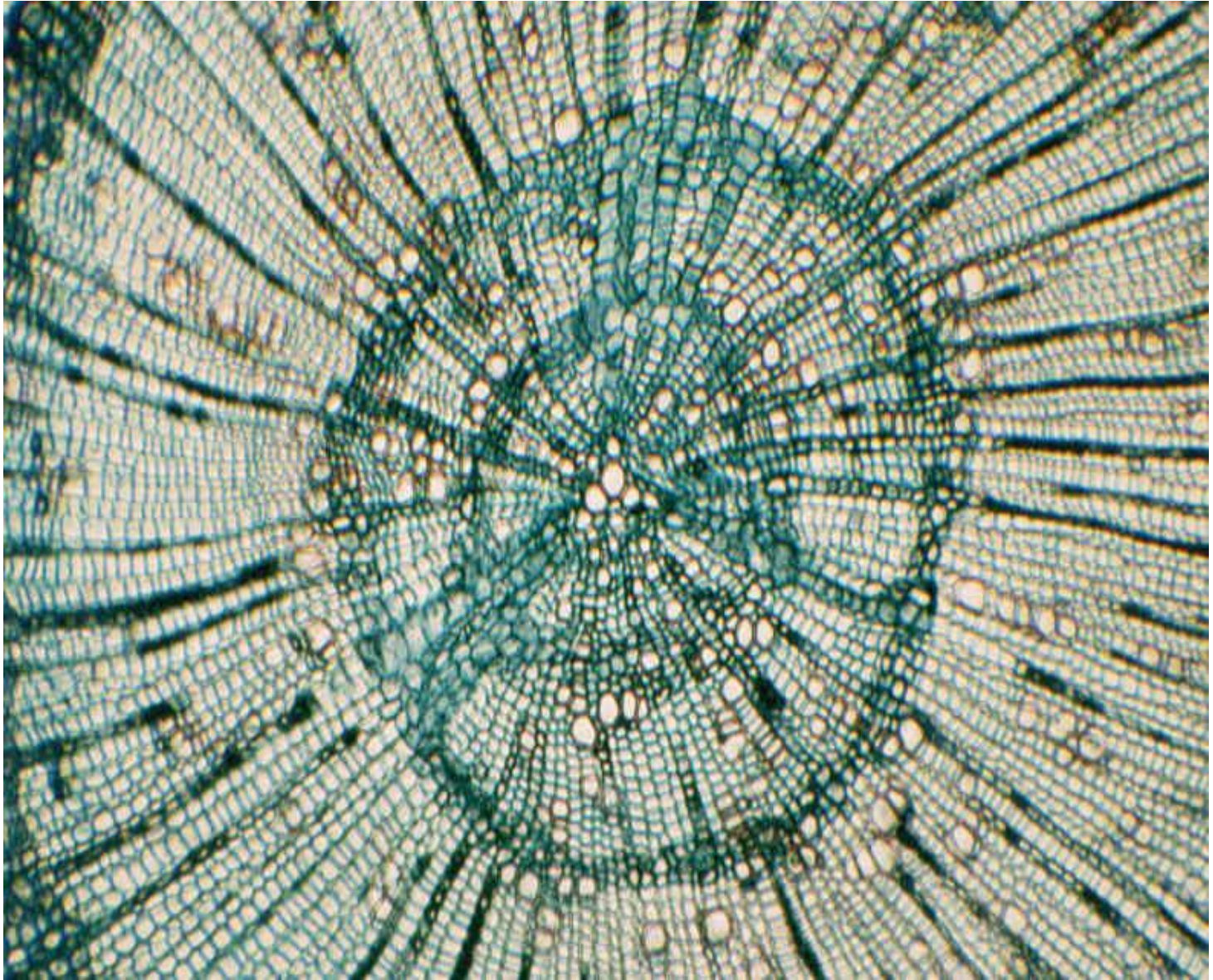
يتكون المنشئ الوعائي في الجذر من خلايا الحواف الداخلية للحاء الابتدائي أولاً على هيئة أقواس بين أذرع الخشب ثم بعد ذلك تنقسم خلايا الدائرة المحيطة المواجه لأقطاب الخشب الأول وتكمل المشتقات الداخلية لهذه الانقسامات اسطوانة المنشئ الوعائي حيث تتصل بأشرطة المنشئ المتكونة من داخل اللحاء ويأخذ شكلاً دائرياً في المقطع العرضي نتيجة لتكون الخشب الثانوي مبكراً في هذه المناطق خارج الخشب الأول، ومن ثم تأخذ الأنسجة الوعائية الثانوية شكل اسطوانة تحيط بالخشب الابتدائي تماماً (شكل 102).



النمو الابتدائي في الجذر

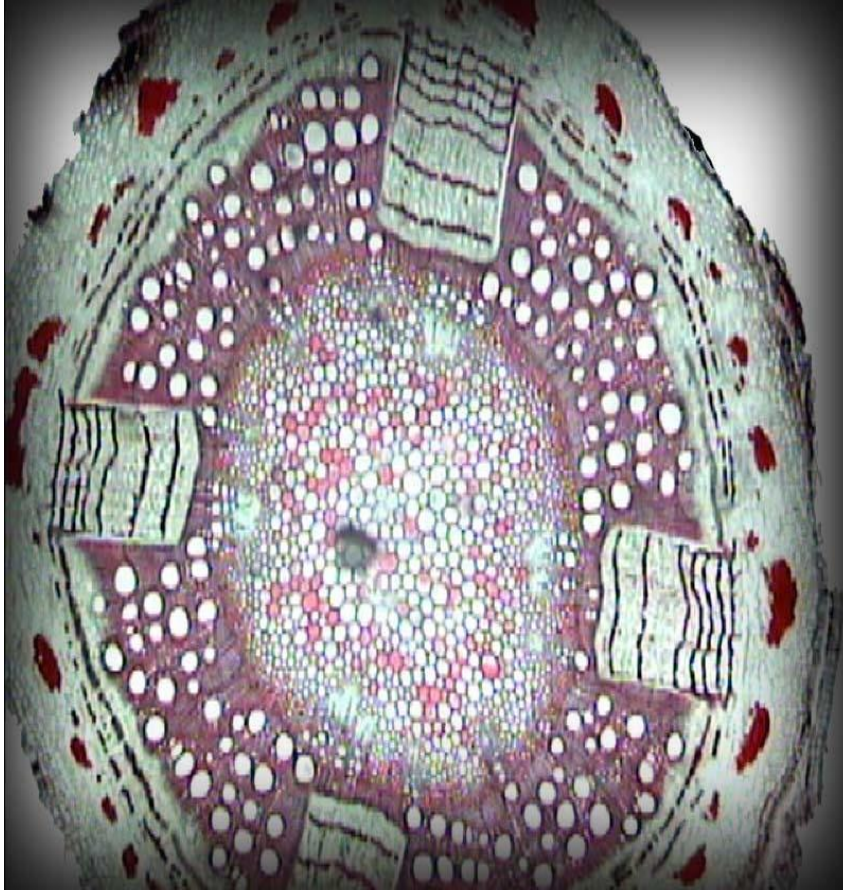


النمو الثانوي في الجذر



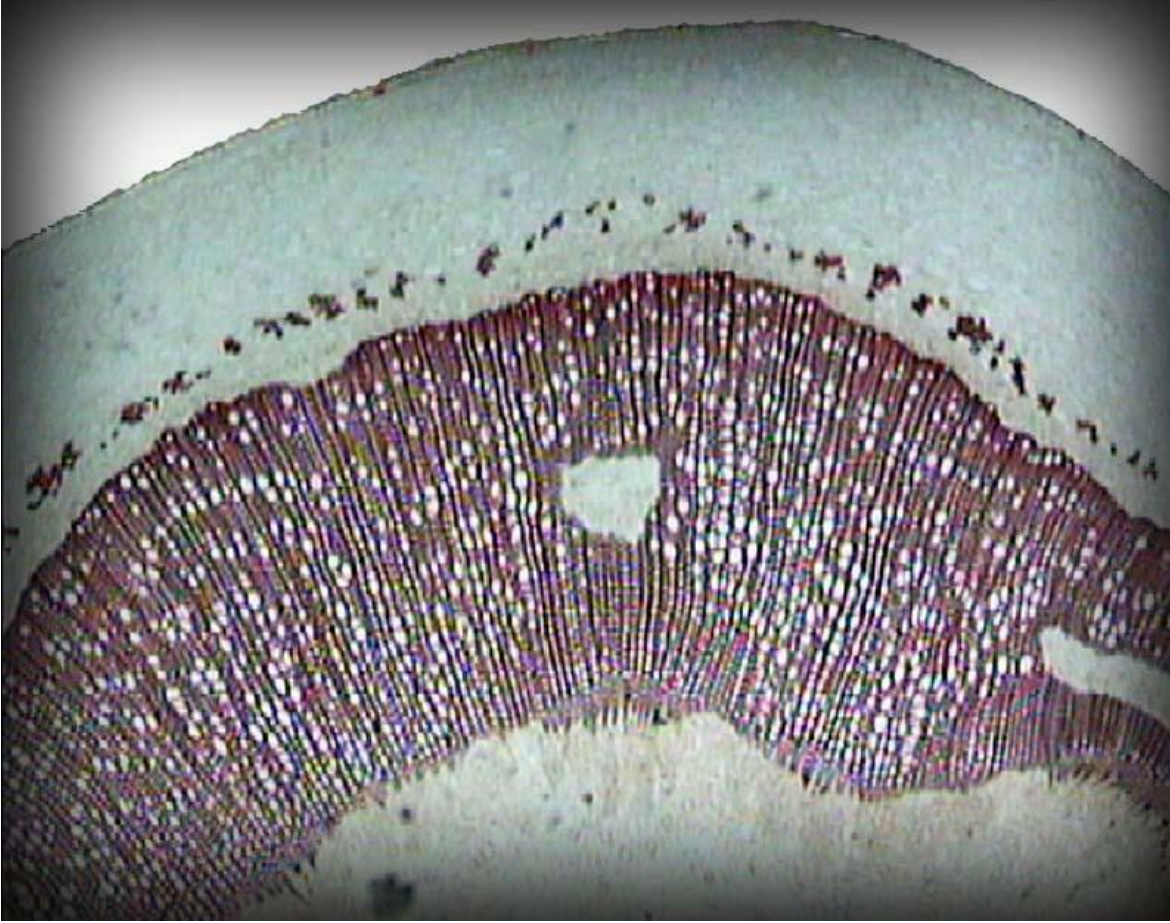
النمو الثانوي في الجذر

النمو الثانوي الشاذ Anomalous Secondary Growth



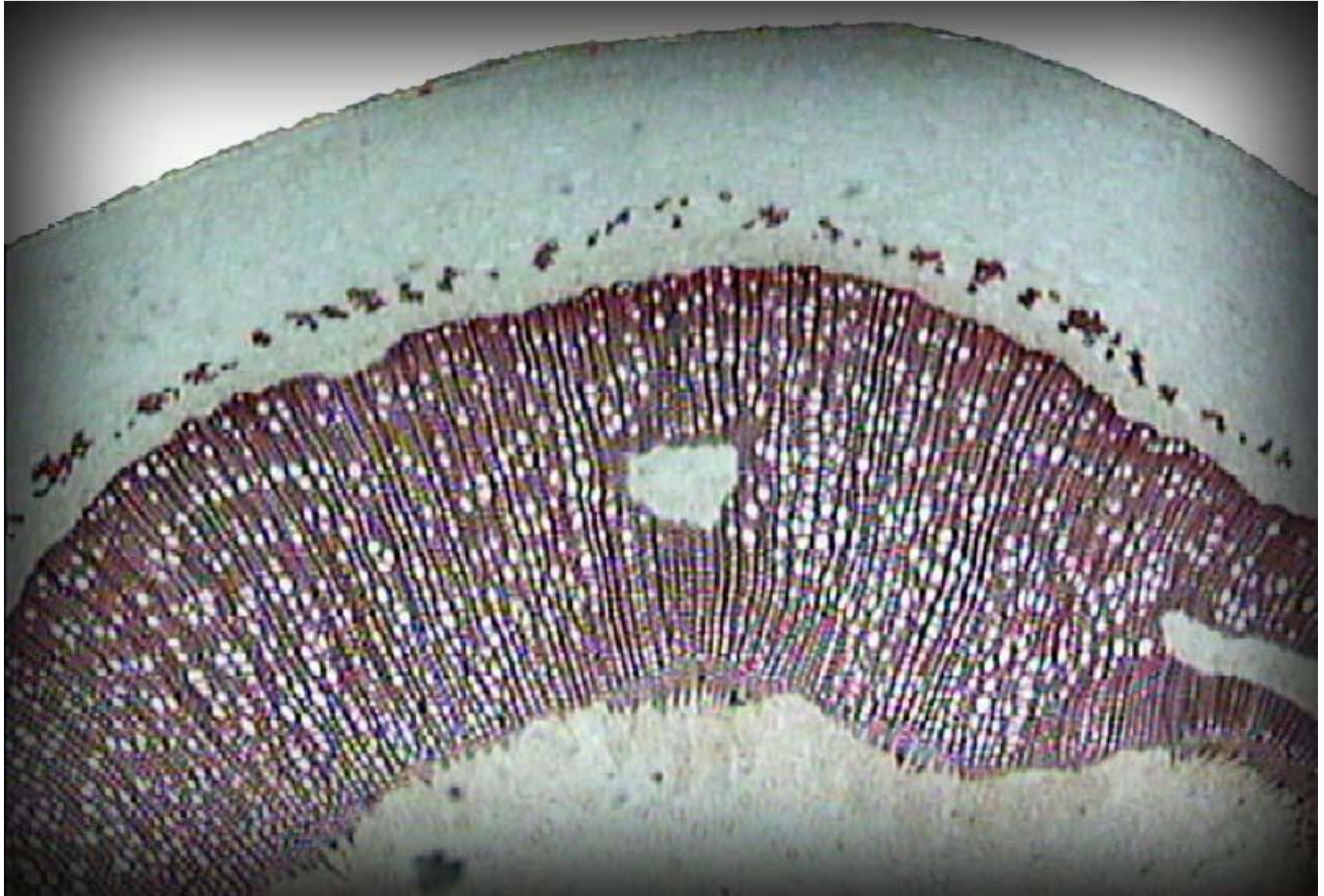
يكثر هذا النمو في النباتات
الاستوائية وهو انحراف للنمو المعتاد عن
الوضع الطبيعي. ويوجد في النباتات
عاريات البذور وذوات الفلقتين. ففي
بعض النباتات يوجد المنشئ الوعائي في
موضعه العادي ولكن يختلف في كمية
إنتاج اللحاء والخشب الثانويين كما في
الفصيلة البجنونية مثل البيجونيا
Bignonia حيث يكون الخشب
مفصصاً وتبادل الفصوص مع أشربة
اللحاء (شكل 103).

النمو الثانوي الشاذ في نبات البجنونيا

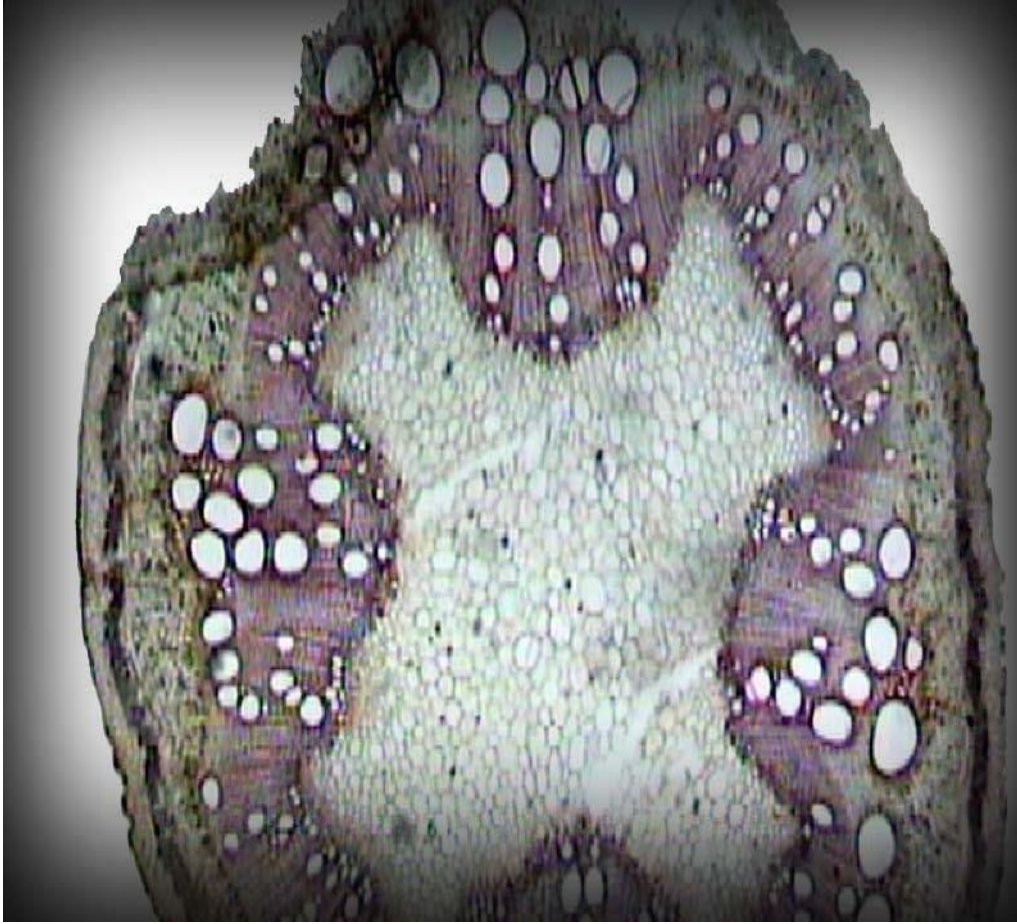


وفي نبات المرخ
Leptadenia
توجد حزم لحائية في
الخشب الثانوي (
شكل 104)،

النمو الثانوي الشاذ في نبات المرخ



النمو الثانوي الشاذ في نبات المرخ



النمو الثانوي الشاذ في نبات خف الجمل

وقد يحدث النمو الشاذ
نتيجة لزيادة نمو البرانشيما
البعيدة عن المنشئ الوعائي
ففي ساق خف الجمل
Bauhinia sp. وكثير

من نباتات الفصيلة
البجنونية يتجزأ الخشب
المتصل ناحية المركز إلى
وحدات منتظمة نتيجة نمو
النخاع وبرنشيمة الخشب)
شكل 106).

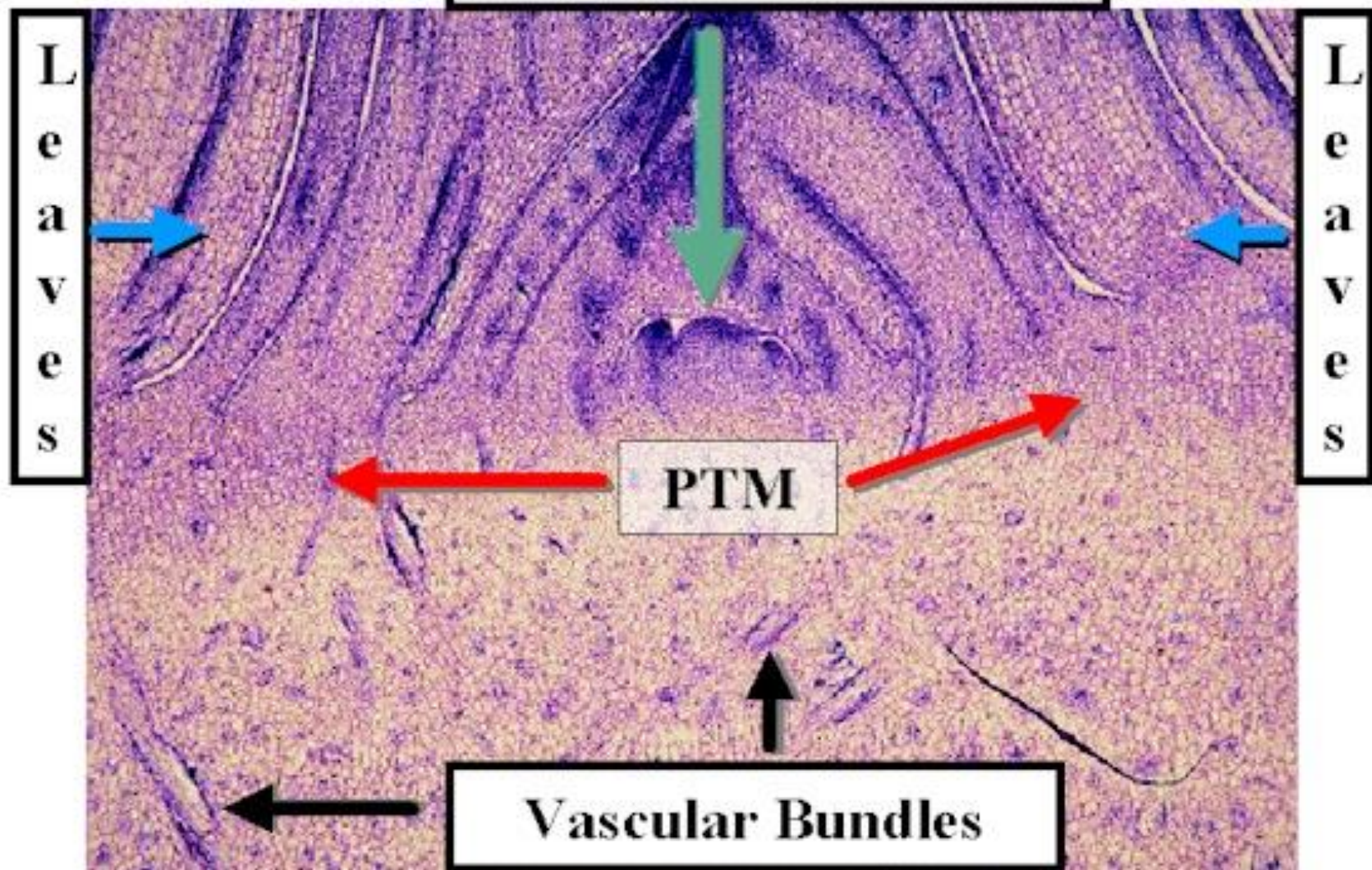


أما الفصيلة الأمارانثية
والجهنية والسيكاس والنيتم
فيبدأ النمو الثانوي من
المنشئ الحزمي وفي موضعه
الطبيعي معطياً لحاء وخشباً
ثانويين ثم يقف نشاطه، وبعد
ذلك يتكون منشئ آخر في
اللحاء الثانوي أو خارجه
ويعطي خشباً للداخل ولحاء
للخارج وبذلك يتكون
طبقات من اللحاء والخشب
الثانويين (شكل 105)،

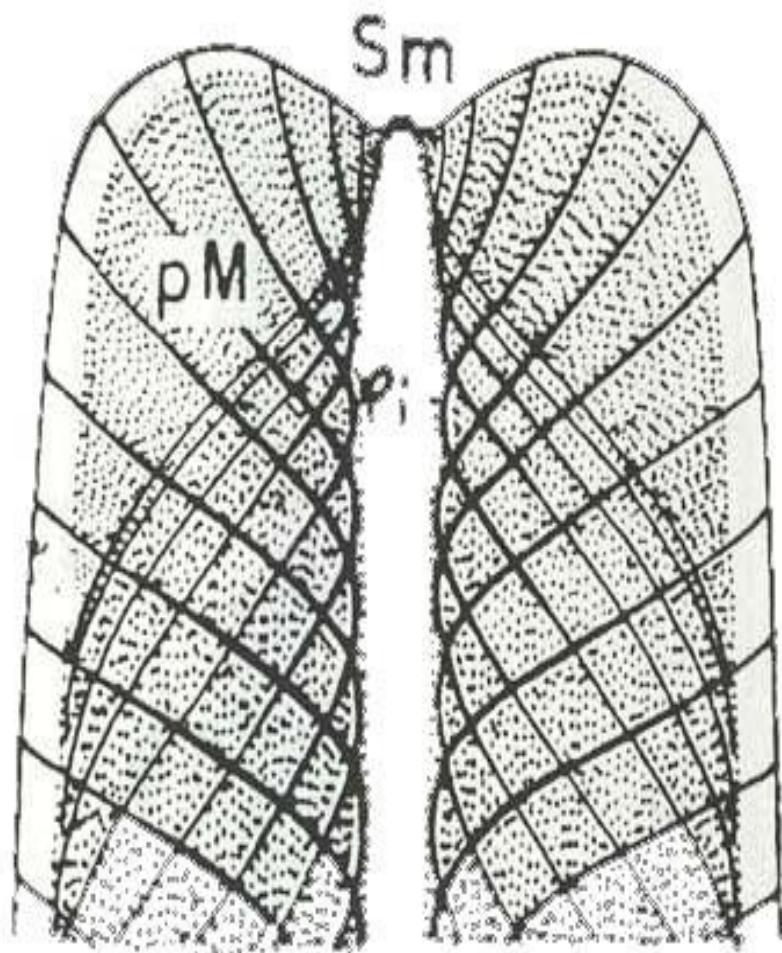
النمو الثانوي الشاذ في نباتات ذوات الفلقة الواحدة

تفتقر معظم نباتات ذوات الفلقة الواحدة إلى النمو الثانوي الناتج فعلاً من المنشئ الوعائي لأن الحزم الوعائية مغلقة ولكن بالرغم من هذا فقد تعطي أجساماً كبيرة وسميكة كما هو الحال في نباتات النخيل. حيث يوجد في نباتات ذوات الفلقة الواحدة ما يسمى بالنسيج الإنشائي التغلطي الابتدائي Primary thickening maristem ونشاط هذا النسيج الإنشائي يشبه النسيج الإنشائي المسؤول عن تكوين النمو الثانوي في بعض ذوات الفلقة الواحدة. وقد يكون هناك نمواً استمراريّاً بين هذين النسيجين الإنشائيين إذا وجدنا في نفس النبات. وفي هذه النباتات يعطي النسيج الإنشائي القمي جزءاً صغيراً من الجسم الابتدائي مثل بدايات الأوراق والبراعم وزيادة الطول. ويقع النسيج الإنشائي التغلطي الابتدائي تحت بدايات الأوراق ويعطي خلايا في صفوف بواسطة الانقسام المماسي ومشتقات هذا النسيج الإنشائي تتميز إلى نسيج أساسي برنشيمي يتخلله حزم من المنشئ الأولي Procambium يتميز مستقبلاً إلى حزم وعائية. بالإضافة إلى ذلك هناك زيادة في السمك نتيجة لانقسام واستطالة البرنشيمة الأساسية. وتستطيل السلاميات بعد أن يصبح المحور عريضاً (شكل 107).

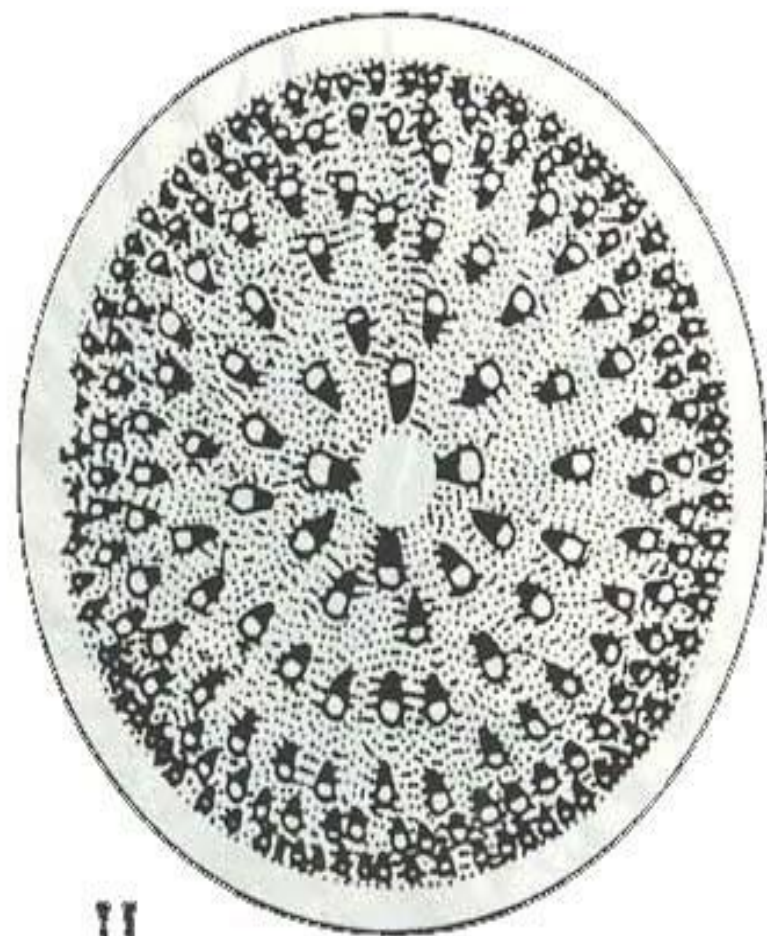
Shoot Apical Meristem



ويقول توملينسون Tomlinson عام 1961م قد يسمى هذا النوع من التغلظ بالنمو الثانوي الانتشاري Diffuse secondary growth كما في النخيل منتشر لأنه لم ينتج من نشاط نسيج إنشائي في منطقة معينة وثانوي لأنه يحدث بعيداً من النسيج الإنشائي القمي. والنمو الثانوي الذي ينشأ من منطقة معينة يوجد في النباتات العشبية والخشبية لرتبة الزنبقيات (الصبار، اليوكا، والدراسينا) كما ورد عن شيدل Cheadle عام 1937م ويسمى النسيج الإنشائي المسؤول عن هذا النمو بالمنشئ Cambium ويقول شورد Chouard عام 1937م يظهر أن هذا المنشئ أو النمو استمراراً مباشراً للنسيج الإنشائي التغلطي الابتدائي. ويبدأ تكوين هذا المنشئ في أجزاء من المحور قد أتمت استطالتها في البرنشيمة خارج الحزم الوعائية والتي أحياناً ما تسمى بالقشرة أو الدائرة المحيطية ولو أن هناك صعوبة في تحديد منطقة الدائرة المحيطية في النباتات البذرية. وتختلف خلايا المنشئ كما شوهدت في القطاع الطولي فقد تكون مغزلية Fusiform cells أو مستطيلة أو مقطوعة من إحدى نهاياتها كما ذكر ذلك شيدل Cheadle 1937م. ويعطي المنشئ أولاً خلايا إلى الداخل من دائرة بكميات كبيرة ثم أخيراً يعطي كمية قليلة من الخلايا إلى الخارج. والخلايا التي تنتج ناحية الداخل من المنشئ تتميز إلى حزم وعائية وخلايا برنشيمية، بينما الخلايا الناتجة إلى الخارج منه تتميز إلى خلايا برنشيمية (شكل 108).



I



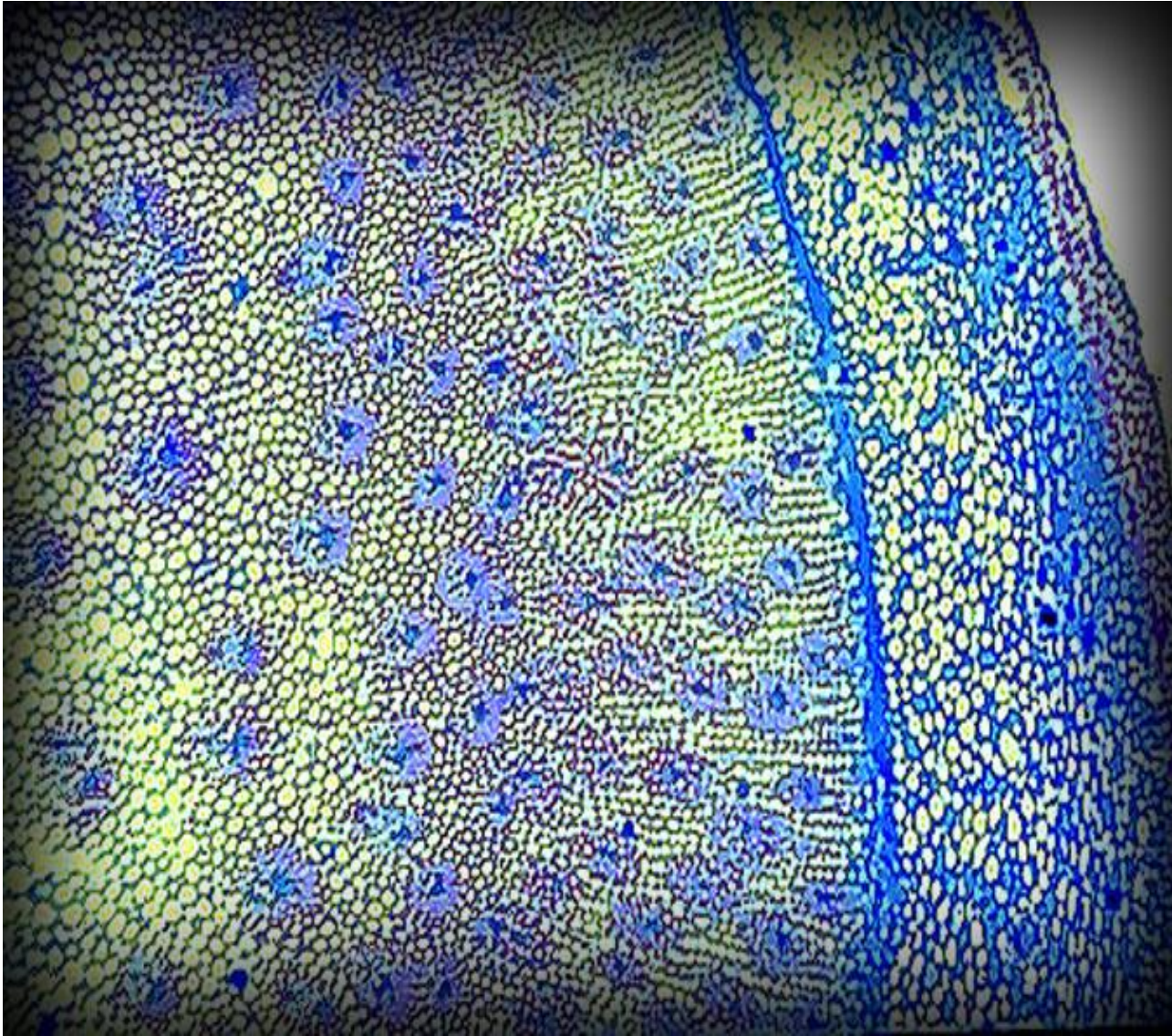
II

I. After thickening, longitudinal section. II. After thickening, cross section.

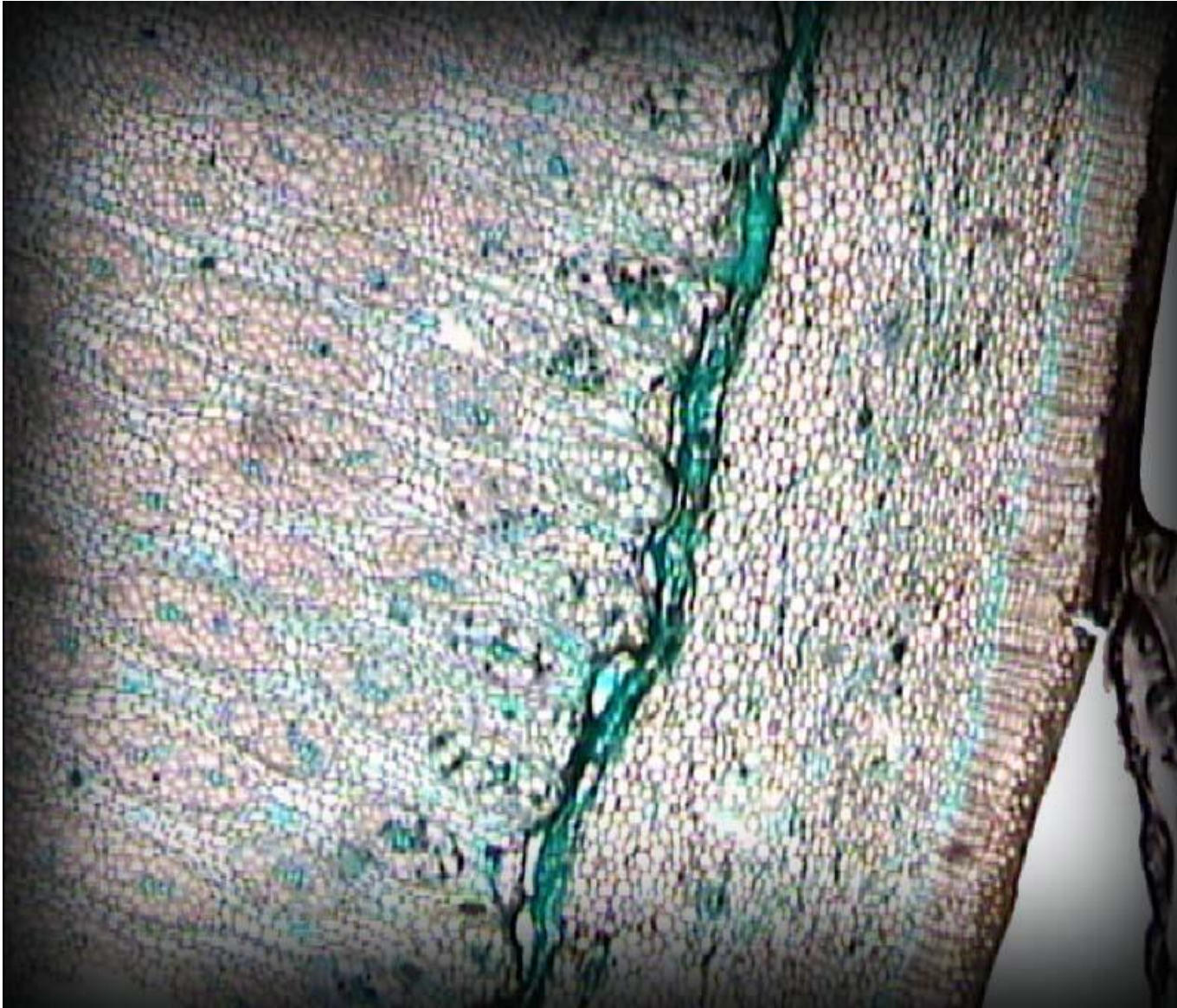
Sm = shoot meristem, Pi = pith, C = cortex, pM = primary meristem.

وعند تكوين الحزم الوعائية تنقسم كل خلية من مشتقات المنشئ طويلاً، ثم تكون خليتان أو ثلاث من الخلايا الناتجة الحزمة الوعائية بإضافة انقسامات طويلة. والحزم الوعائية الناتجة تكون بوضعية الشكل في المقاطع العرضية وقد تكون جانبية أو مركزية (خارجية الخشب) ويتكون لحاء الحزمة من عناصر غربالية قصيرة ذات جدر عرضية تحتوي على صفائح غربالية بسيطة مع وجود خلايا مرافقة وبرنشيمية ولحاء.

بينما يتكون الخشب أو العناصر الوعائية من قصبيات طويلة حيث تعاني من النمو التداخلي القمي بالإضافة إلى برنشيمة خشب قليلة ملجننة في الغالب. أما البرنشيمة التي تحيط بهذه الحزم الوعائية فقد تكون رقيقة الجدر أو سميكة ملجننة، أما البرنشيمة المتكونة خارج المنشئ فعادة ذات جدر رقيقة وتحتوي على بلورات وقد تنقسم هذه الخلايا عرضياً وتصبح أقل طولاً من خلايا المنشئ. والحزم الوعائية الثانوية والبرنشيمة المحيطة بها تميل إلى انتظامها في صفوف قطرية بينما الحزم الوعائية الابتدائية تكون مبعثرة في النسيج الأساسي الذي بدوره غير منتظم. وعلى العموم فإن التركيب الأساسي لكل من النمو الابتدائي والثانوي يكون متشابهاً إلى حد كبير حيث أن كل منها يتكون من نسيج أساسي تنتشر فيه عدد من الحزم الوعائية كما في نبات الدراسينا (شكل 108).



النمو الثانوي الشاذ في نبات الدراسينا

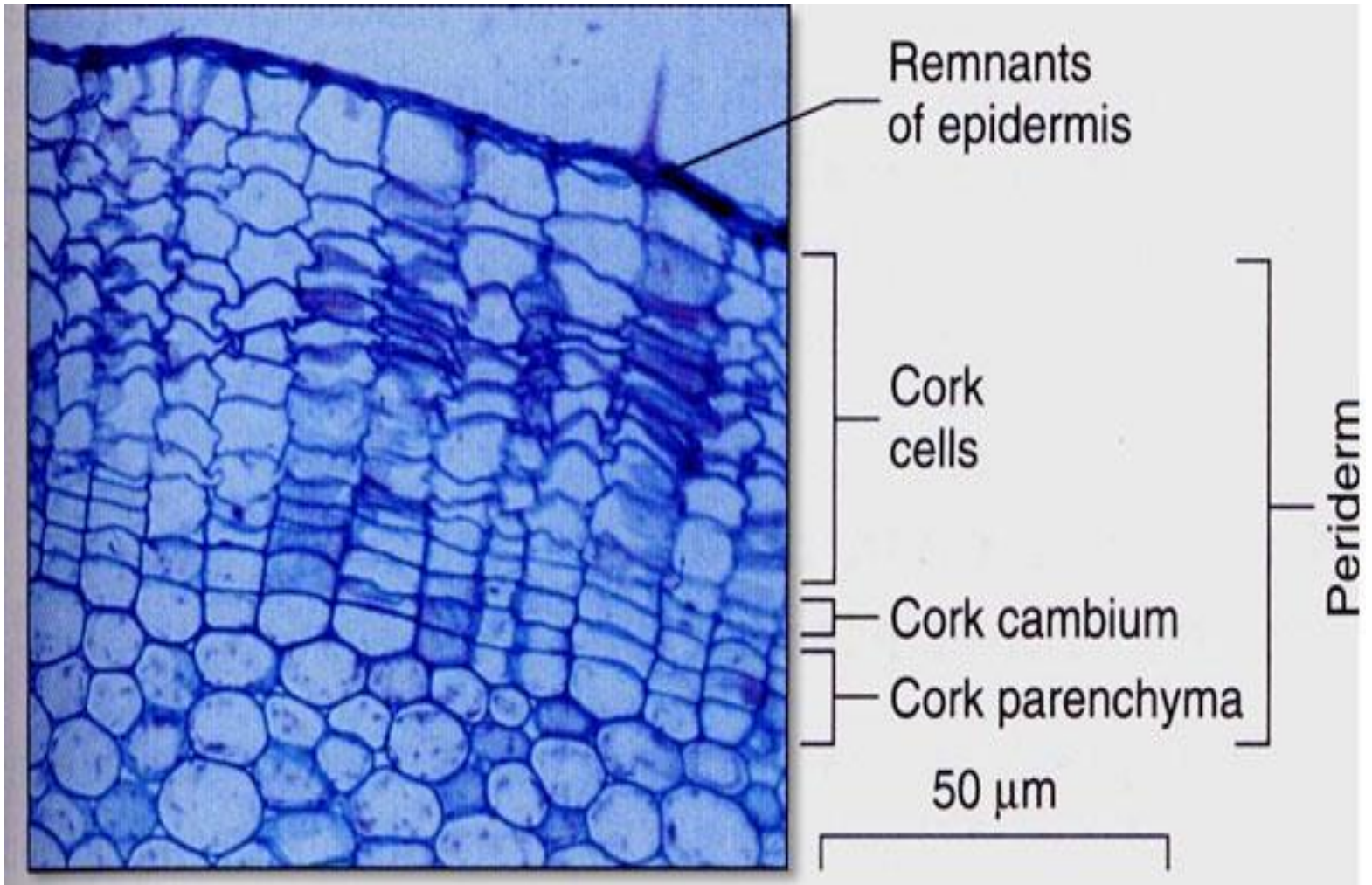


النمو الثانوي الشاذ في
نباتات ذوات الفلقة
الواحدة

النمو الثانوي الشاذ في نبات الدراسينا

2. المنشئ الفليني (Phellogen (Cork cambium)

هو نسيج أو مجموعة من الخلايا الإنشائية وأحد مكونات النسيج الإنشائي الجانبي، يتكون على هيئة صف واحد من نوع واحد من الخلايا، بعكس المنشئ الوعائي، والخلية الإنشائية مستطيلة في المقطع العرضي وفي المقطع الطولي إما مستطيلة أو غير منتظمة. ويوجد بها بروتوبلازم ذو فراغ كبير وقد تحتوي مواد دباغية، وبلاستيدات خضر عند البلوغ. ويختلف موضع المنشئ الفليني في الساق من نبات إلى آخر فقد يتكون تحت البشرة أو من البشرة نفسها كما في الدفلة والتفاح وأحياناً قد تشترك البشرة وتحت البشرة في تكوينه. أما في الجذور في نباتات ذوات الفلقتين التي يحصل فيها نمواً ثانوياً وكذلك المخروطيات فينشأ المنشئ الفليني عادة من الدائرة المحيطية Pericycle. تنقسم خلايا المنشئ الفليني انقسامات موازية للسطح ويعطي الانقسام الأول خليتين متشابهتين، وعادة لا تنقسم الخلية الداخلية وتصبح خلية قشرة ثانوية، بينما تنقسم الخلية الخارجية (خلية المنشئ الفليني) لتعطي خليتين أيضاً يسمى هذا الانقسام بالانقسام الثاني تتكشف الخلية الخارجية منها إلى خلية فلين وتبقى الخلية الداخلية إنشائية تعيد نشاطها الانقسامي عدة مرات منتجة خلايا تتميز إلى خلايا فلين أو خلايا قشرة ثانوية. وأحياناً يعطي الانقسام الأول خليتين تظل الخلية الداخلية إنشائية وتتكشف الخلية الخارجية إلى خلية فلين وفي الانقسام الثاني تتكشف الخلية الداخلية إلى خلية قشرة ثانوية (شكل 109).



الأنسجة الوقائية في النباتات البذرية

يمكن تقسيم الأنسجة الوقائية إلى مايلي:

أ . الأنسجة الوقائية في نباتات عاريات البذور وذوات الفلقتين

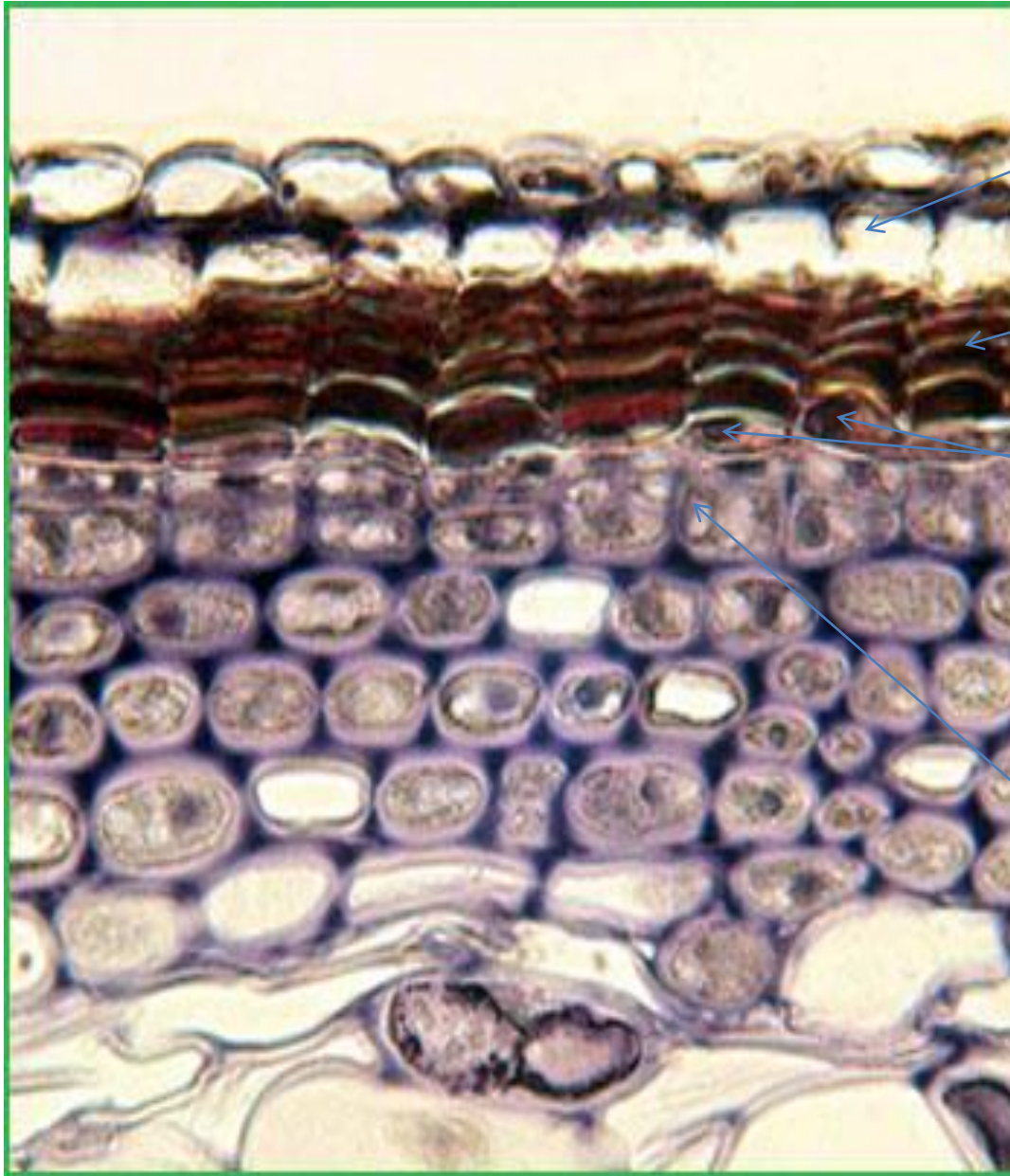
وهي:

1 - البشرة : وهي النسيج الوقائي الابتدائي وتمثله في الجسم النباتي الابتدائي وقد تظل أيضاً في الجسم النباتي الثانوي خاصة في السيقان العشبية حتى مع وجود النسيج الوقائي الثانوي في بعض الأحيان وقد سبق الحديث عن البشرة.

2 - بشرة طباقية (محيطية) Periderm : وهي النسيج الوقائي الثانوي الأصل ويحل محل البشرة عند زيادة العضو النباتي في السمك ويتكون من المنشئ الفليني والفلين والقشرة الثانوية.

البشرة الطباقية (المحيطية) : Periderm

هي نسيج وقائي ثانوي الأصل ويحل محل البشرة عند زيادة المحور في السمك وتتمزق البشرة الابتدائية تبعاً لذلك. وتكون البشرة الطباقية عادة في السوق والجذور بذوات الفلقتين وعاريات البذور التي يحدث فيها نمواً ثانوياً وتنتج من نشاط المنشئ الفليني (Cork cambium (phellagen حيث يعطي نشاطه الإنقسامي خلايا فلينية Cork cells للخارج وخلايا برنشيمية إلى الداخل تسمى بالقشرة الثانوية (الفلينية) (شكل 110).



Epidermis البشرة

Phellem cork الفلين

Cork cambium المنشئ الفليني
(
phellagen

القشرة الفلينية (الثانوية)
Phelloderm (Secondary
cortex

البشرة الطباقية (المحيطية) :
Periderm

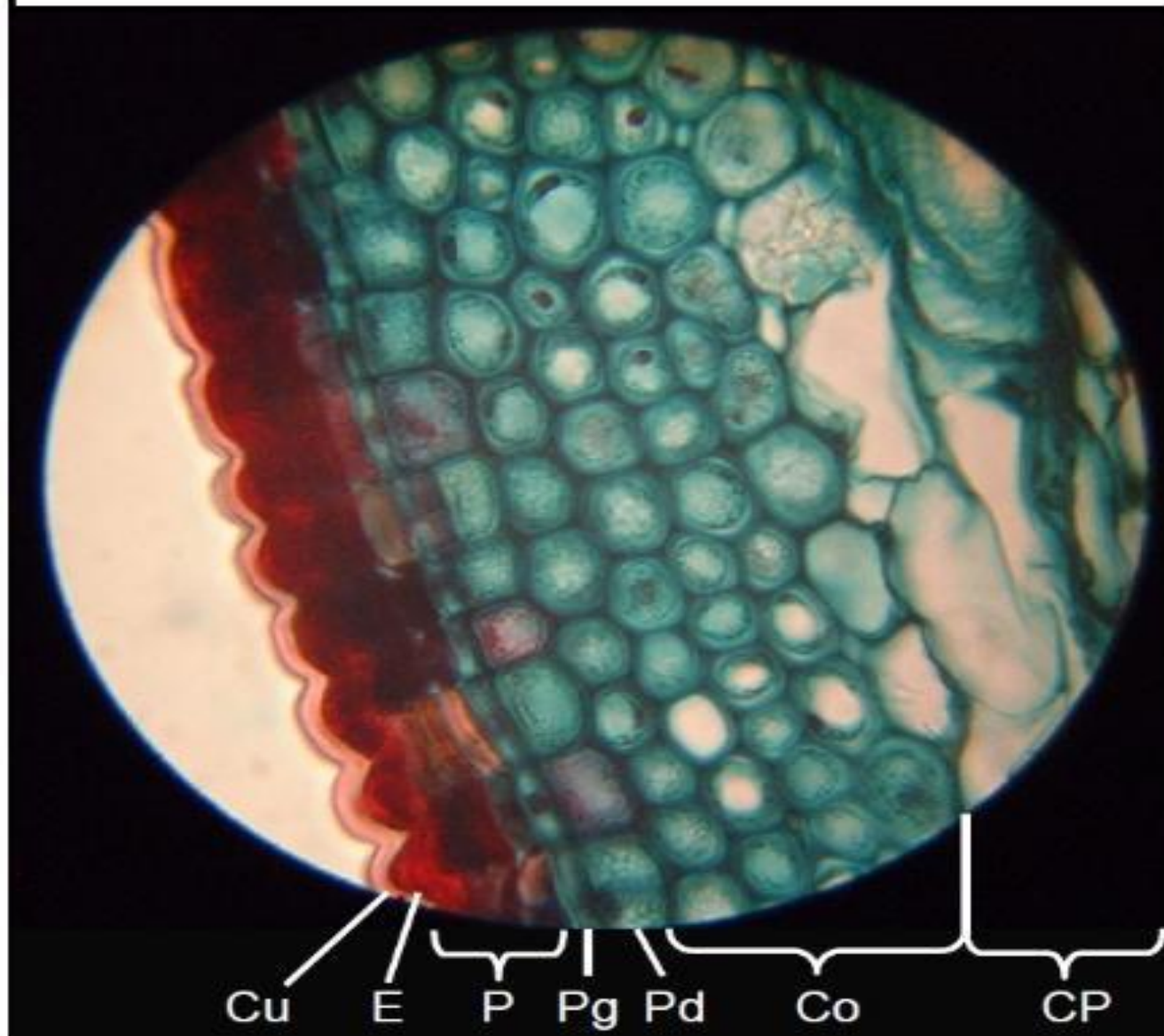
الفلين (Cork) Phellem

خلايا الفلين ذات شكل منشوري يميل إلى الاستطالة باتجاه موازي للمحور الطولي للساق، والأضلاع القطرية أقصر من المماسية في المقطع العرضي. أما في المنظر السطحي فتكون الخلايا مضلعة متراصة ليس بينها مسافات بينية. وجدرها سميكة لترسب مادة السيوبرين التي تمنح هذه الخلايا الخواص الوقائية حيث يتكون السيوبرين على هيئة صفائح فوق الجدر السليولوزية وهي تفقد بروتوبلازمها عند تمام نموها (شكل 110).

القشرة الفلينية (الثانوية) (Phelloderm (Secondary cortex

تشبه خلايا القشرة الفلينية (الثانوية) خلايا القشرة الابتدائية حيث تتكون من خلايا برنشيمية ذات جدر رقيقة وتحتفظ في بروتوبلازمها عند البلوغ ولهذا فهي خلايا حية تقوم بالوظائف الحيوية كالقشرة الابتدائية الناتجة عن النسيج الإنشائي القمي. ولكن شكلها يشبه خلايا المنشئ الفليني وتتميز عن خلايا القشرة الابتدائية بترتيبها في صفوف قطرية وذلك ناتج عن الانقسام الموازي للسطح في المنشئ الفليني.

Tilia – young stem, outer bark section



العديسات Lenticels

هي مواضع في البشرة الطباقية (المحيطية) ذات شكل عدسي، تظهر من الخارج ككتل صغيرة لا ترى بالعين المجردة إلى كتل كبيرة يصل طولها 1سم كما في نبات التيل والتنوب والأثل. وتوجد على السيقان والجذور، في النباتات التي يحصل فيها نمواً ثانوياً وتفسر وظيفة العديسات بأنها كالثغور تقوم بتبادل الغازات (جروه وآخرون 2002 Groh, et. Al.).

وتنشأ العديسات في بداية تكوينها تحت الثغور وكذلك في أماكن أخرى من البشرة الطباقية التي تنشأ من طبقة تحت البشرة. وقد تنشأ العديسات قبل تكوين البشرة الطباقية ومع تكوينها في نهاية النمو الابتدائي. ولتكوين العديسة فإن الخلايا البرانشيمية الواقعة تحت الثغر تنقسم عدة انقسامات مختلفة ويختفي منها الكلوروفيل ويتكون نتيجة لذلك نسيج سائب غير ملون وإلى الأسفل من هذا النسيج يحدث انقسامات مماسية في الخلايا البرانشيمية للقشرة فيتكون بذلك النسيج الإنشائي المماسي الذي يعرف بالمنشئ العديسي Lenticular cambium حيث يعطي نشاطه خلايا إلى الخارج تتميز إلى نسيج يسمى بالنسيج المكمل أو المالى Complementary tissue تختلف خلاياه عن خلايا الفلين بأنها ذات مسافات بينية. أما الخلايا الداخلية الناتجة عن نشاط هذا المنشئ العديسي فتسمى بالقشرة الثانوية (شكل 111: أ ، ج).

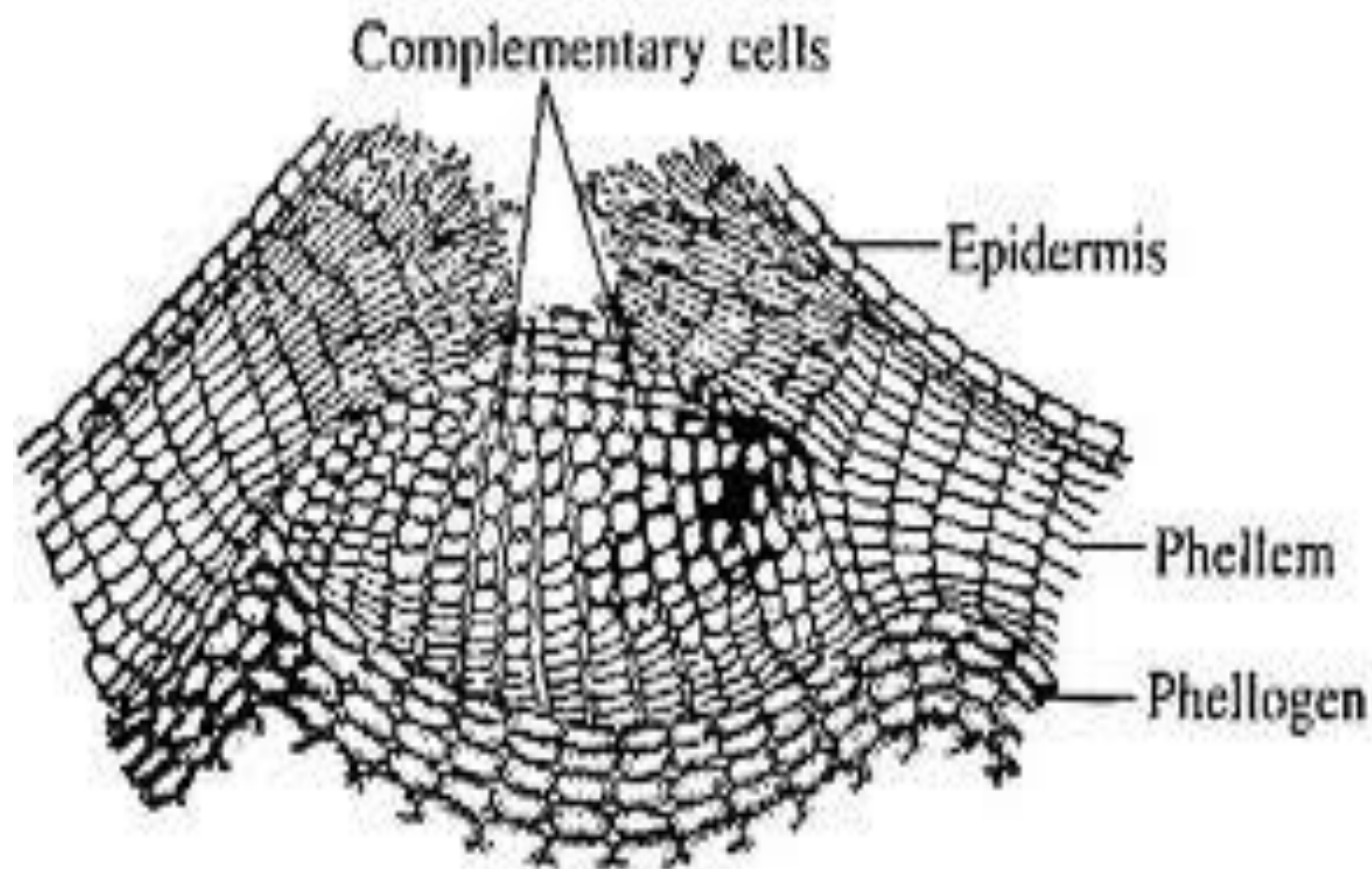
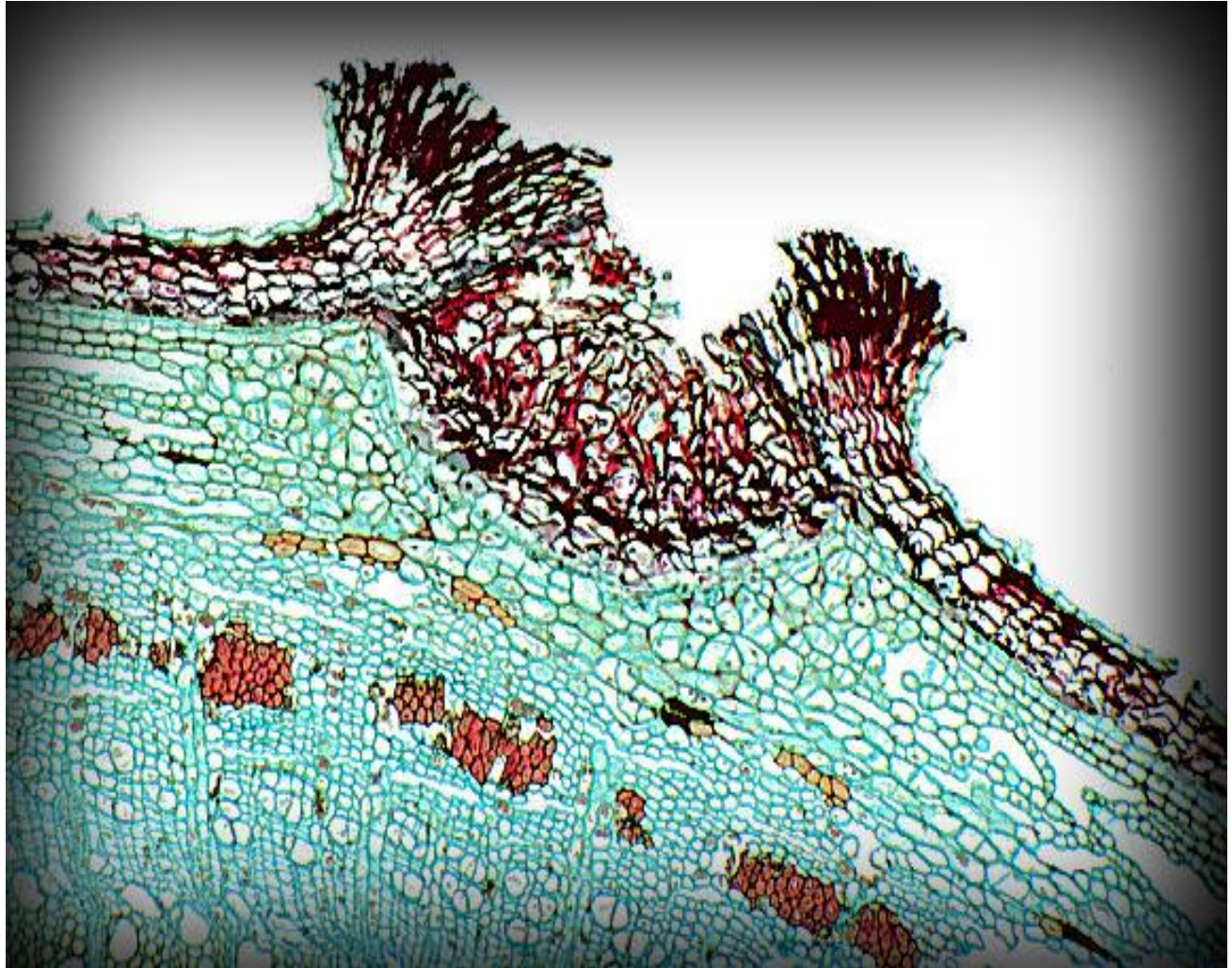
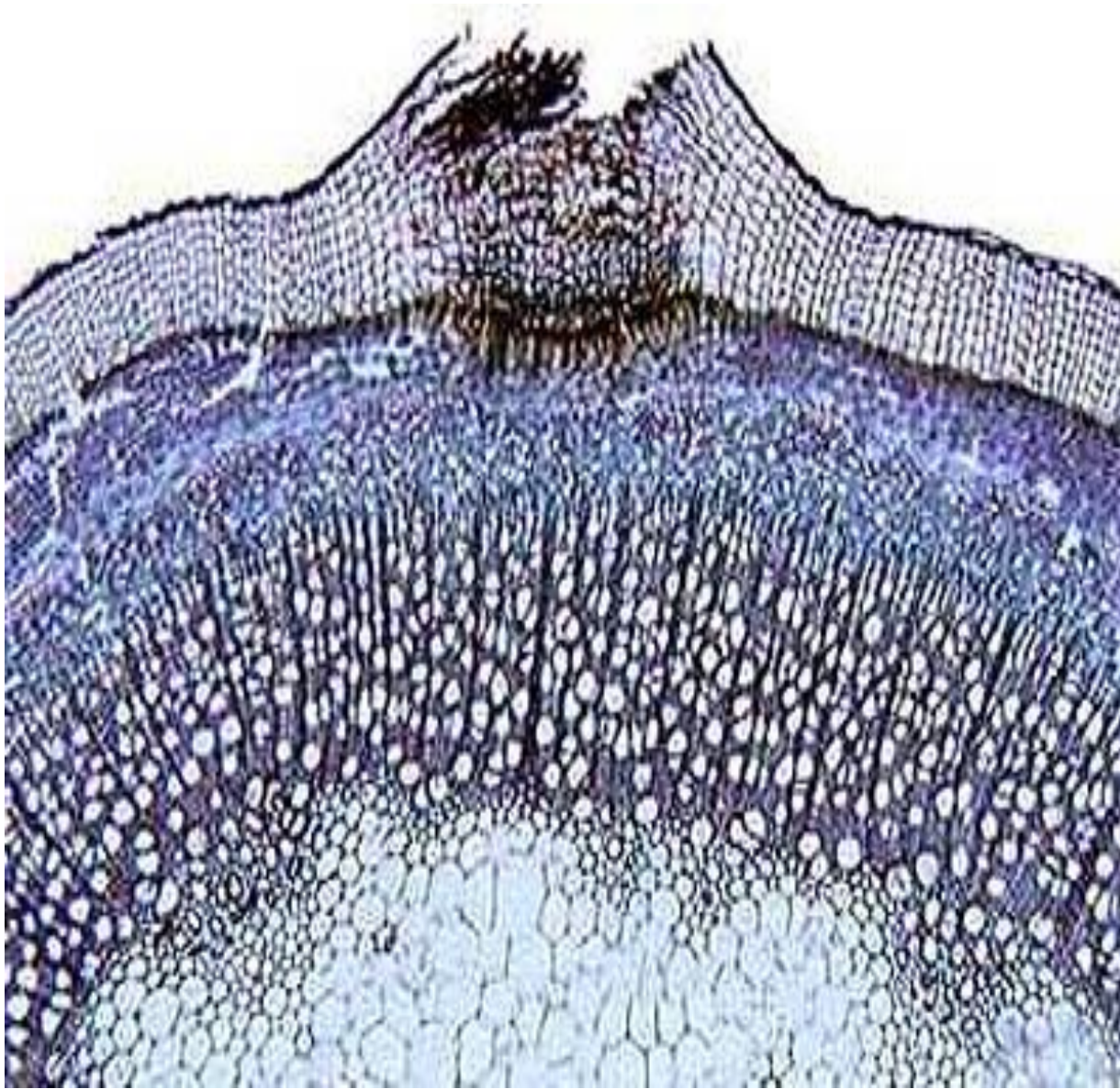


Fig. 3.5.7 : Structure of lenticel - later stage





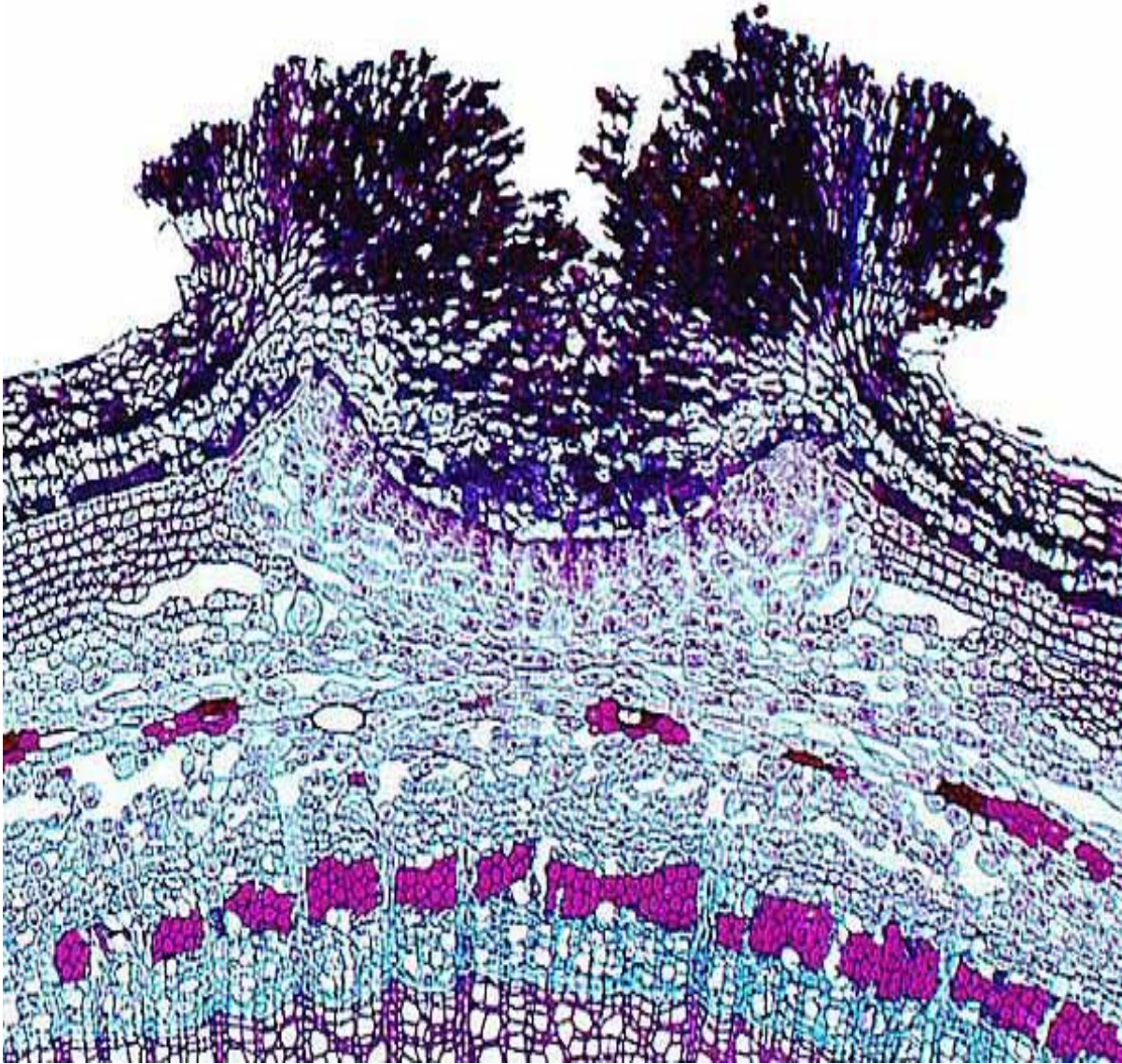
وتقسم العدسات
في نباتات ذوات الفلقتين
إلى نوعين أو ثلاثة أنواع
كالتالي:

النوع الأول:

تكون الخلايا المائلة
أو المكملة مسوبة مترابطة
ويحوي هذا النسيج
مسافات بينية قد يتبادل
سنوياً نسيج ذي خلايا
رقيقة الجدر مع نسيج
محكم أي لا يوجد به
مسافات بينية كما في
نباتات الحور، والماجنوليا،
والتفاح (شكل 111: أ)
(.

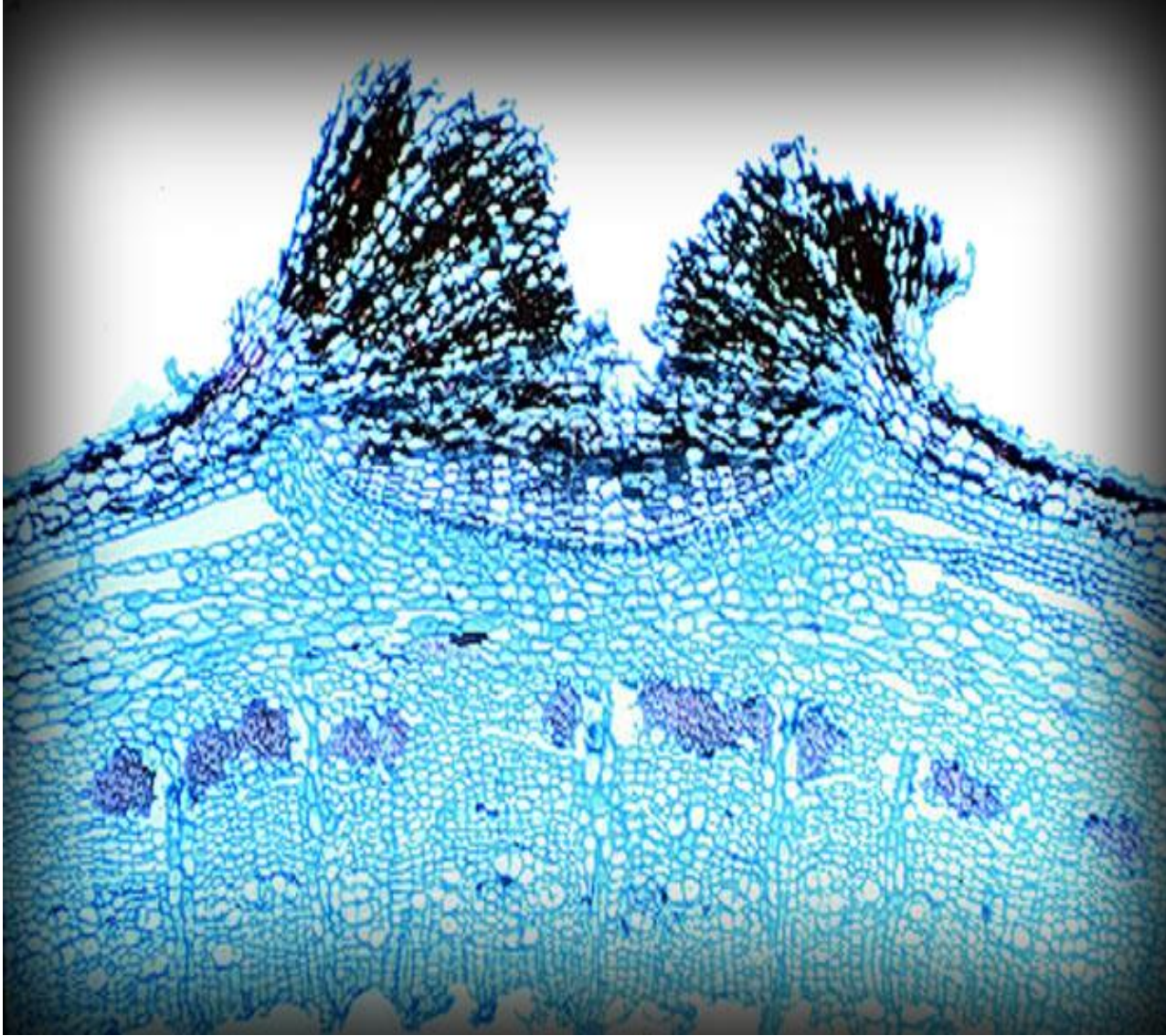
النوع الثاني:

توجد كتلة من
النسيج المفكك أي
يحتوي على
مسافات بينية كبيرة
وغير مسورة يتبعه
في نهاية الموسم طبقة
غالقة من نسيج
محكم الترتيب ذو
خلايا مسورة كما
في نباتات البلوط،
و الزيفون (شكل
111: ب
(.



النوع الثالث:

ينتج المنشئ العديسي كل سنة عدة طبقات عرضية ذات خلايا سائبة غير مسورة تتبادل مع طبقات قليلة مسورة ومحكمة تكون الطبقات الغالقة، لا تلبث هذه الطبقات الغالقة أن تتمزق نتيجة للإضافات الجديدة المتتالية من المنشئ العديسي كما في نبات الزان، والتيل والمشمش (شكل 111: ج).



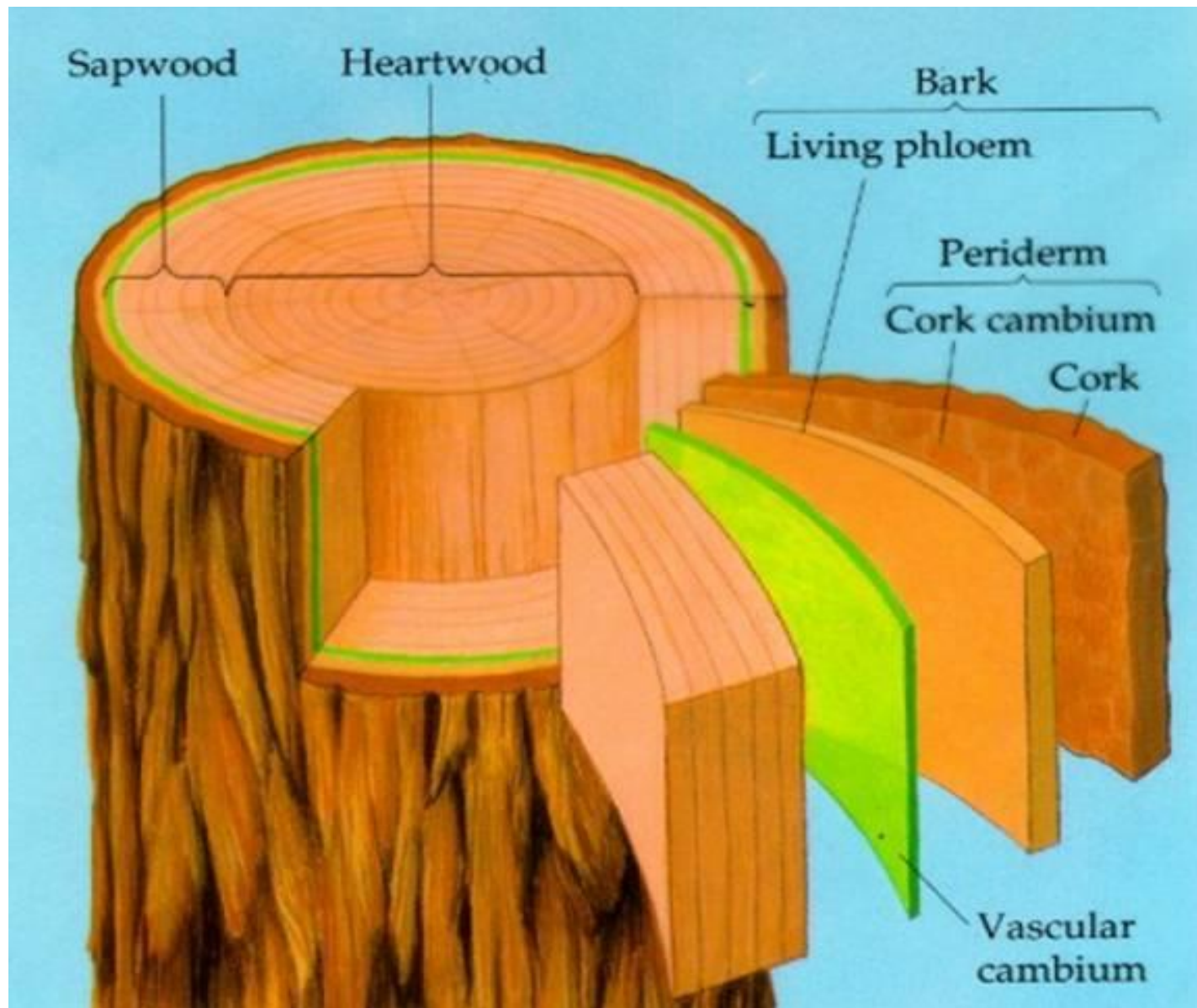


القف Rhytidome

مصطلح فني للجزء الخارجي من القشر (القلف) Bark الذي يتكون من البشرة الطباقية والأنسجة التي تنفصل معها وهي نسيج القشرة ونسيج اللحاء (شكل 112 : أ).

القشر (القلف) Bark

مصطلح (غير فني) يطلق على جميع الأنسجة التي تقع خارج المنشئ الوعائي أو الخشب ويمكن أن يقسم إلى قسمين في النباتات المسنة فيقسم إلى قشر خارجي عميق ويشمل البشرة الطباقية والقشرة واللحاء الابتدائي وقشر داخلي حي ويشمل اللحاء الثانوي (شكل 112 : ب).



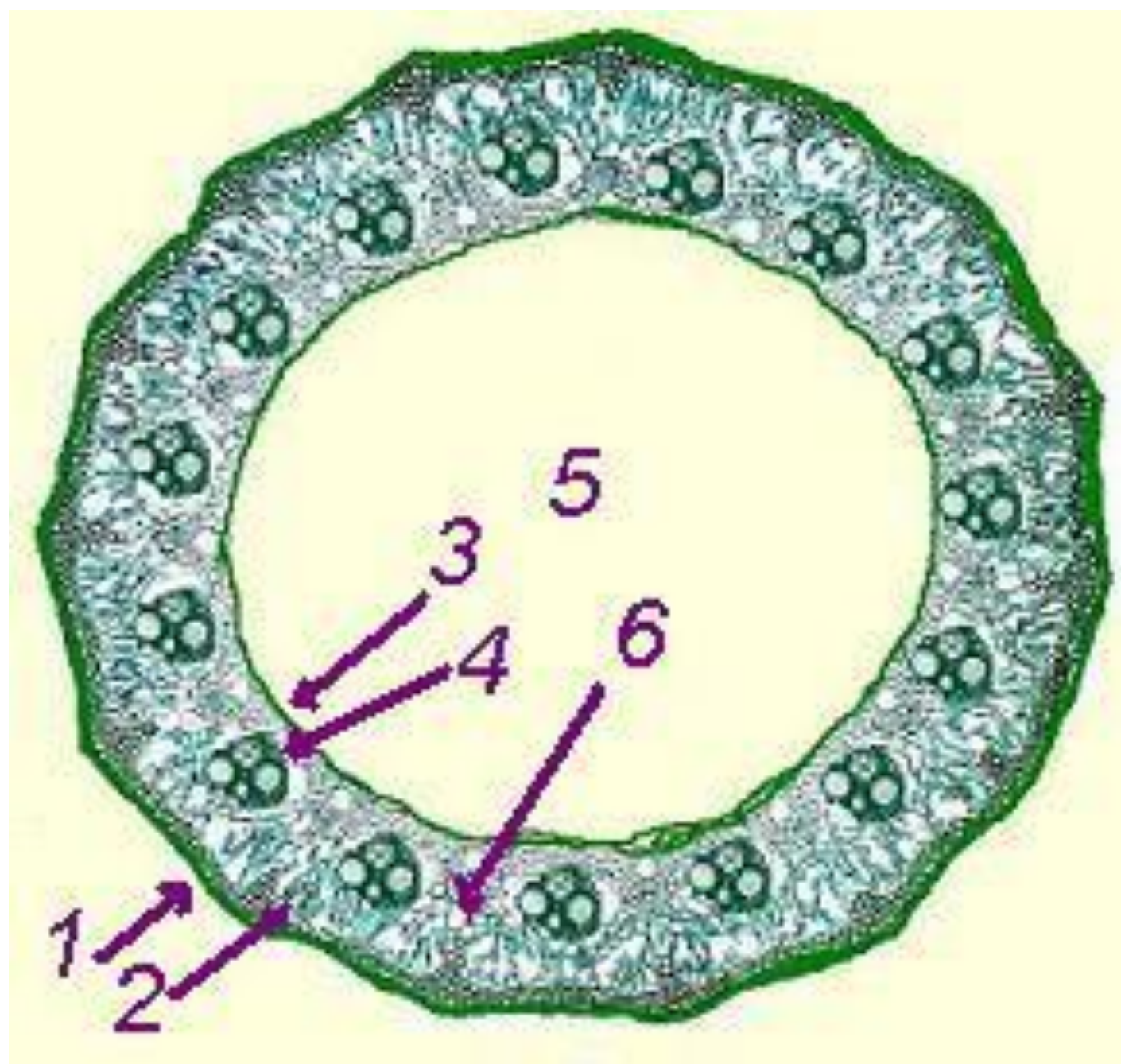
ب . الأنسجة الوقائية في نباتات ذوات الفلقة الواحدة وهي:

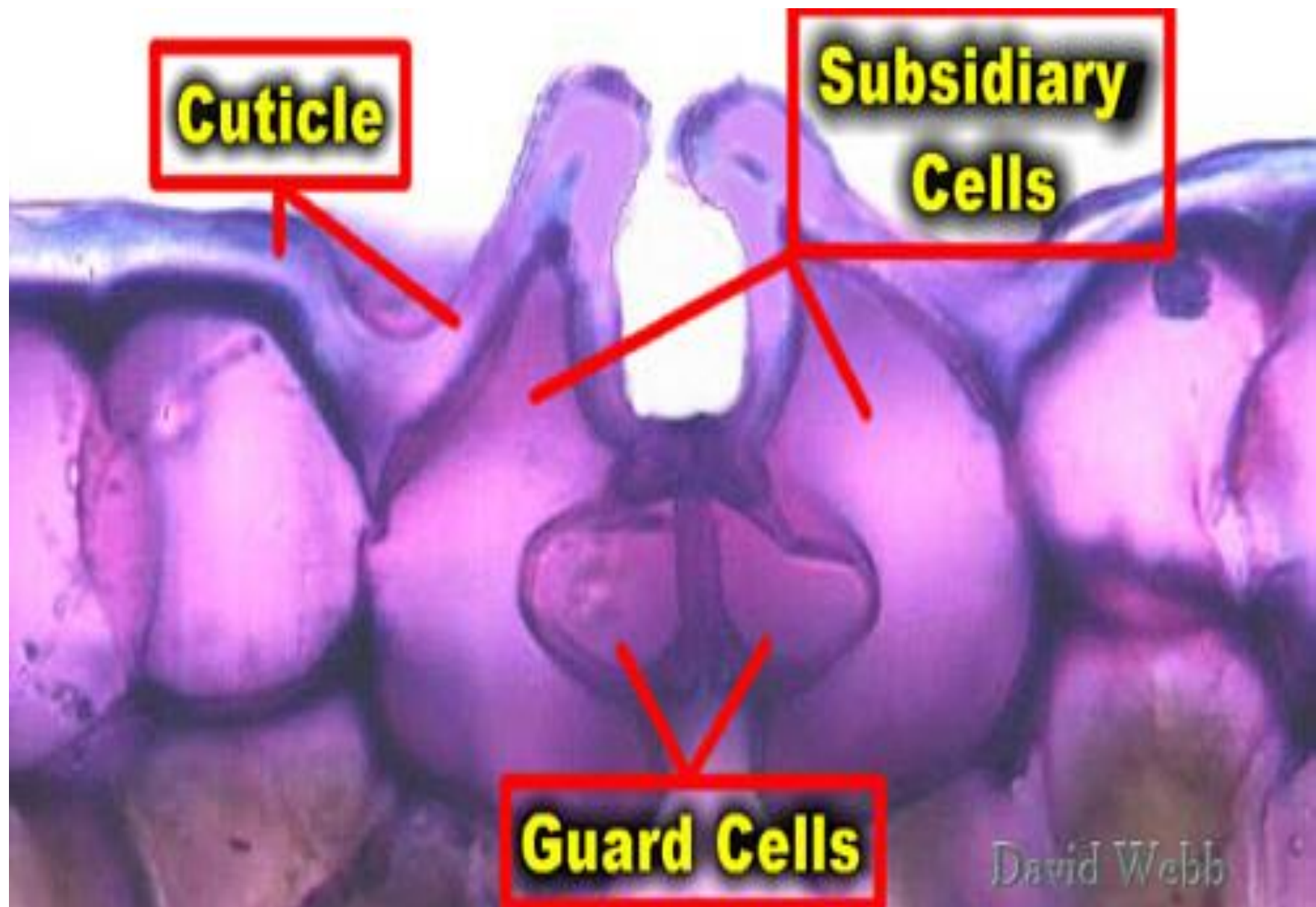
1 . البشرة كما في ذوات الفلقتين وعاريات البذور .

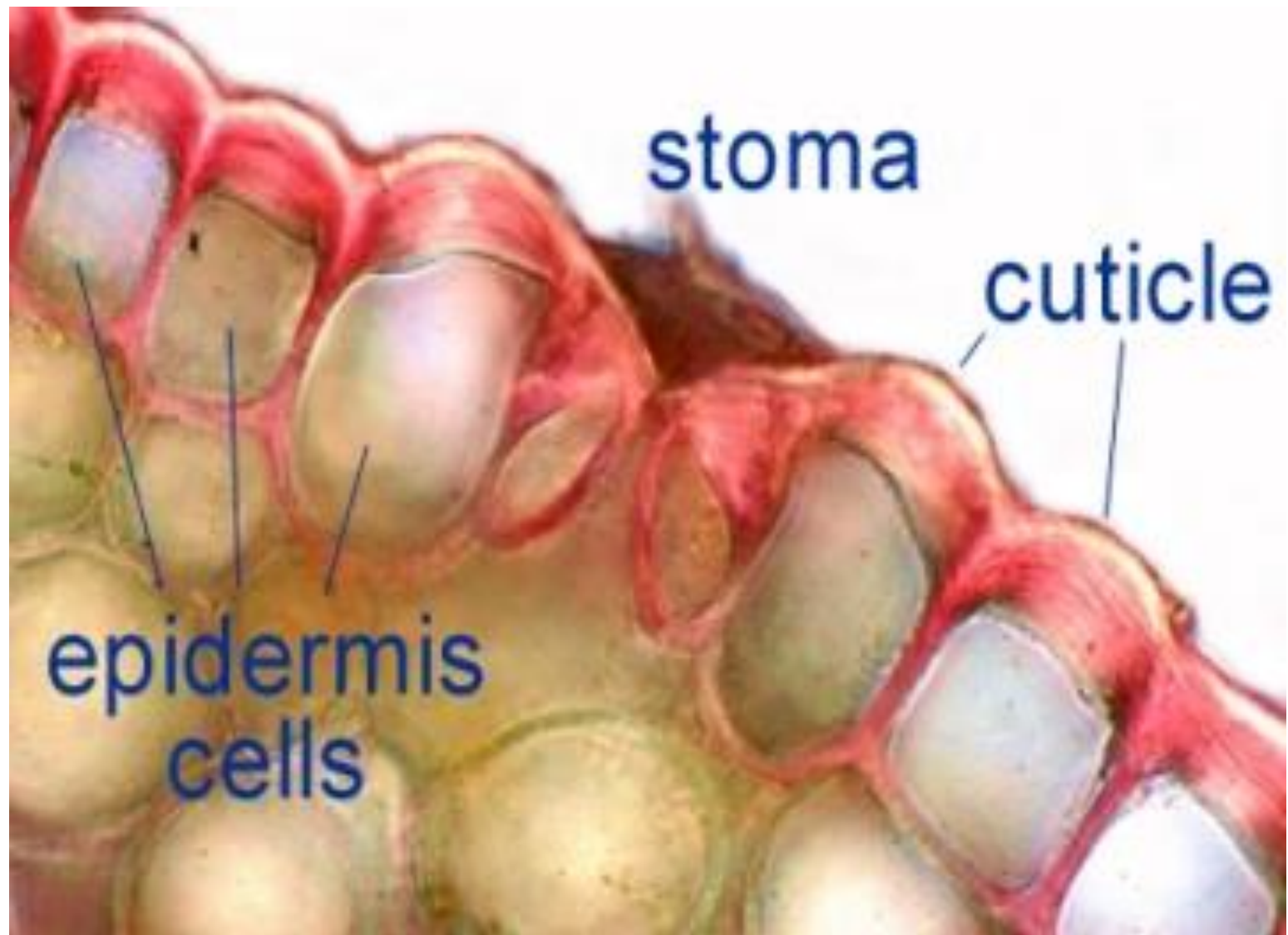
2 . جزء من النسيج الأساسي .

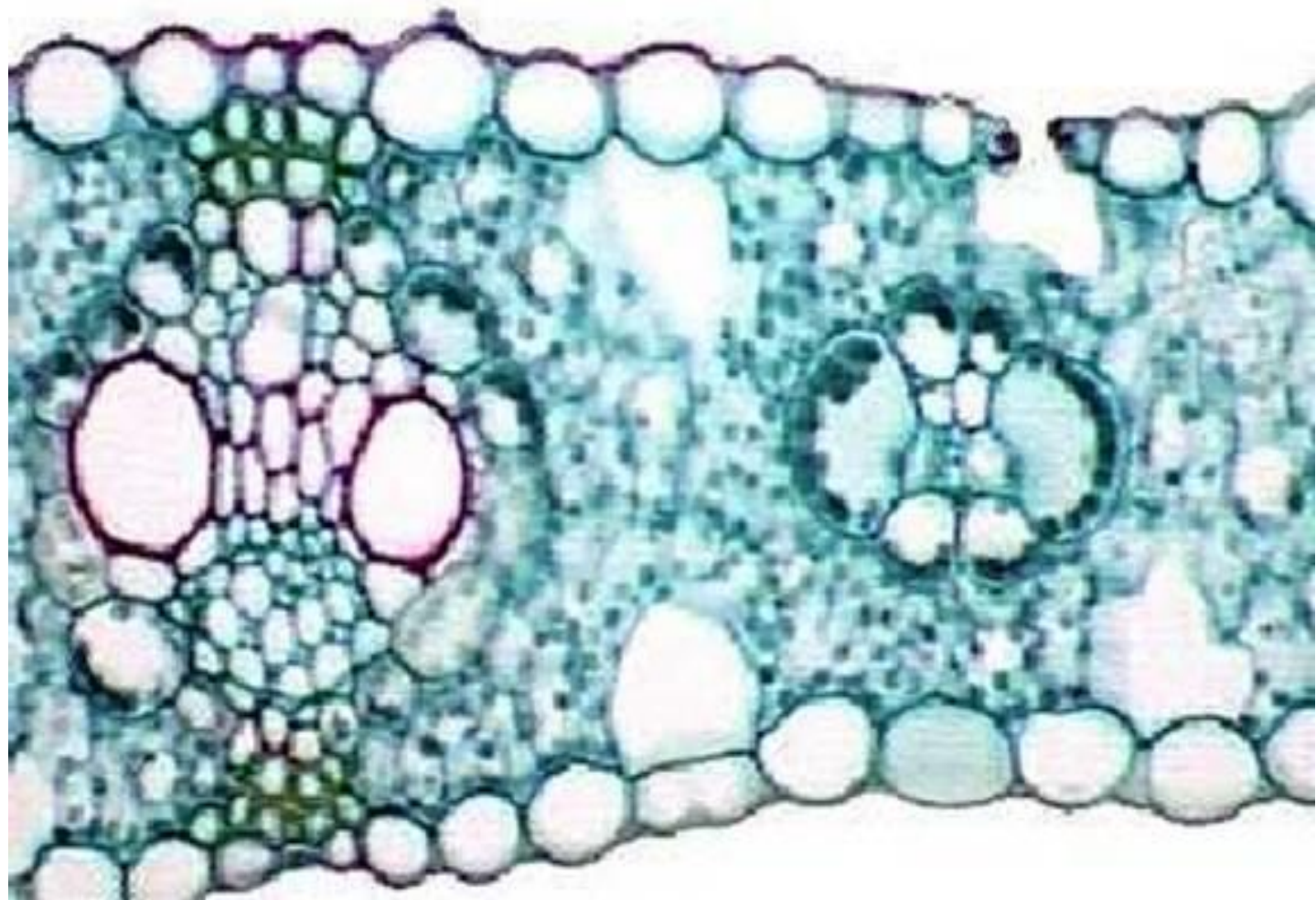
3 . القلف أو الفلين الطبقي .

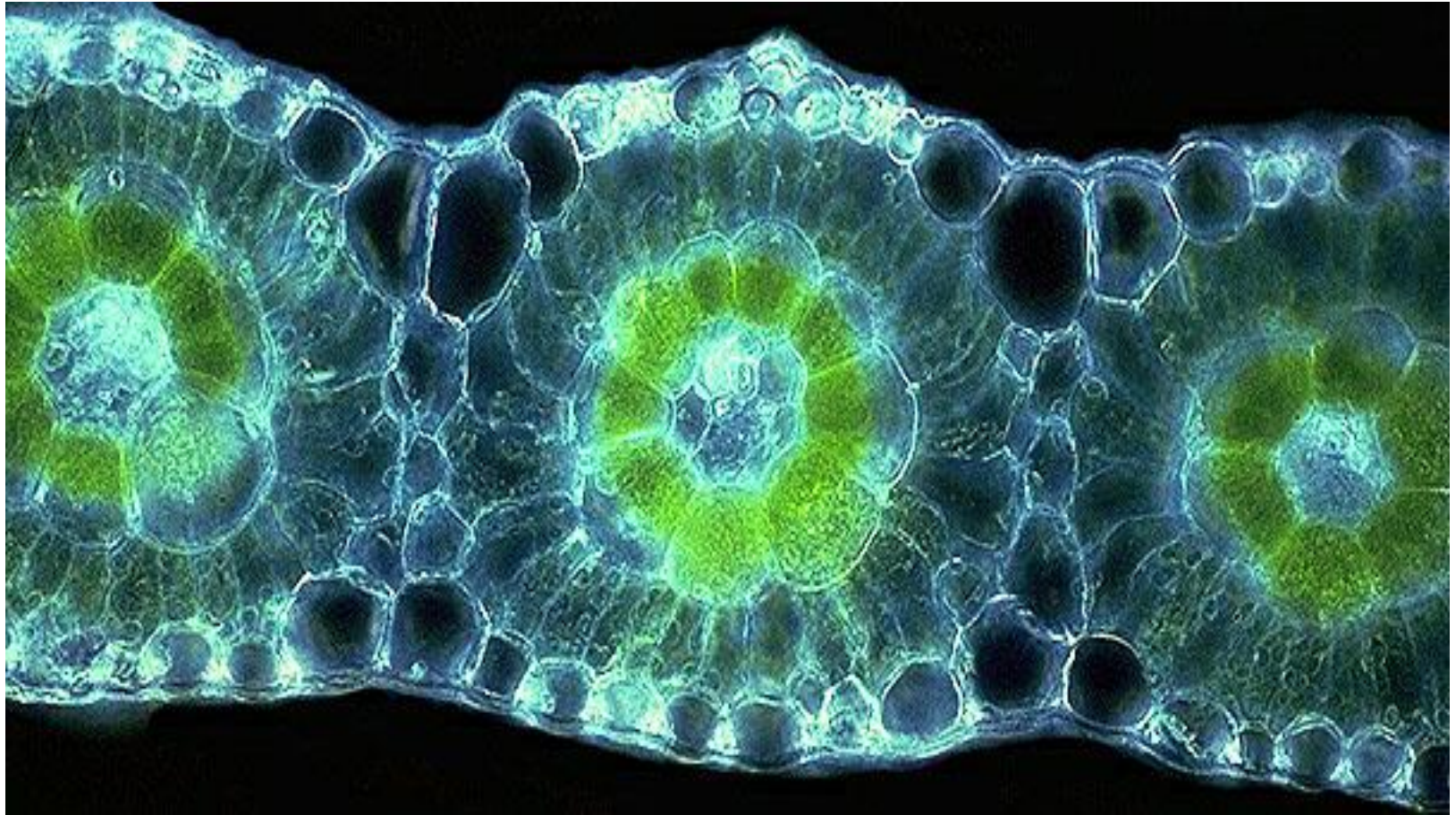
نادراً ما تكون نباتات ذوات الفلقة الواحدة نسيجاً وقائياً ثانوياً أي بشرة طباقية مماثلاً لما في نباتات ذوات الفلقتين ولكن في هذه النباتات تبقى البشرة سليمة ممثلة النسيج الوقائي وقد تكون صلبة غالباً . بينما في نباتات أخرى يتحول النسيج الأساسي إلى نسيج واقٍ بالتسوبر كما في نبات التايفا *Typha* والنخيل والفصيلة النجيلية ويحدث هذا التسوبر على هيئة بقع تنتشر فيما بعد إلى الداخل . وقد يحدث انقسام خلوي في هذه الخلايا قبل تسوبرها . أما في ذوات الفلقة الواحدة التي يحدث فيها نمواً ثانوياً واضح فيتكون نوع خاص من النسيج الوقائي وذلك بانقسام متكرر للبرنشيمة القشرية ثم تسوبر فيما بعد وتكون الانقسامات مماسية تتكرر عدة مرات في مشتقات نفس الخلية حتى يتكون عدة صفوف من 4 . 8 خلايا، ثم تنكشف هذه الخلايا إلى فلين بينما الخلايا العميقة تنقسم وتتسوبر فقط . ولهذا يتكون الفلين بدون طبقة منشئة أو منشئ فليني ويسمى هذا الفلين بالفلين الطبقي حيث تنتج عدة طبقات في صفوف قطرية . ولكون الفلين يتكشف من الخارج إلى الداخل فيوجد خلايا غير مسوبة بين خلايا الفلين لذلك يتكون نسيج يشبه القلف Rhytidome الموجودة في ذوات الفلقتين كما في الدراسينا واليوكا (شكل 113) .



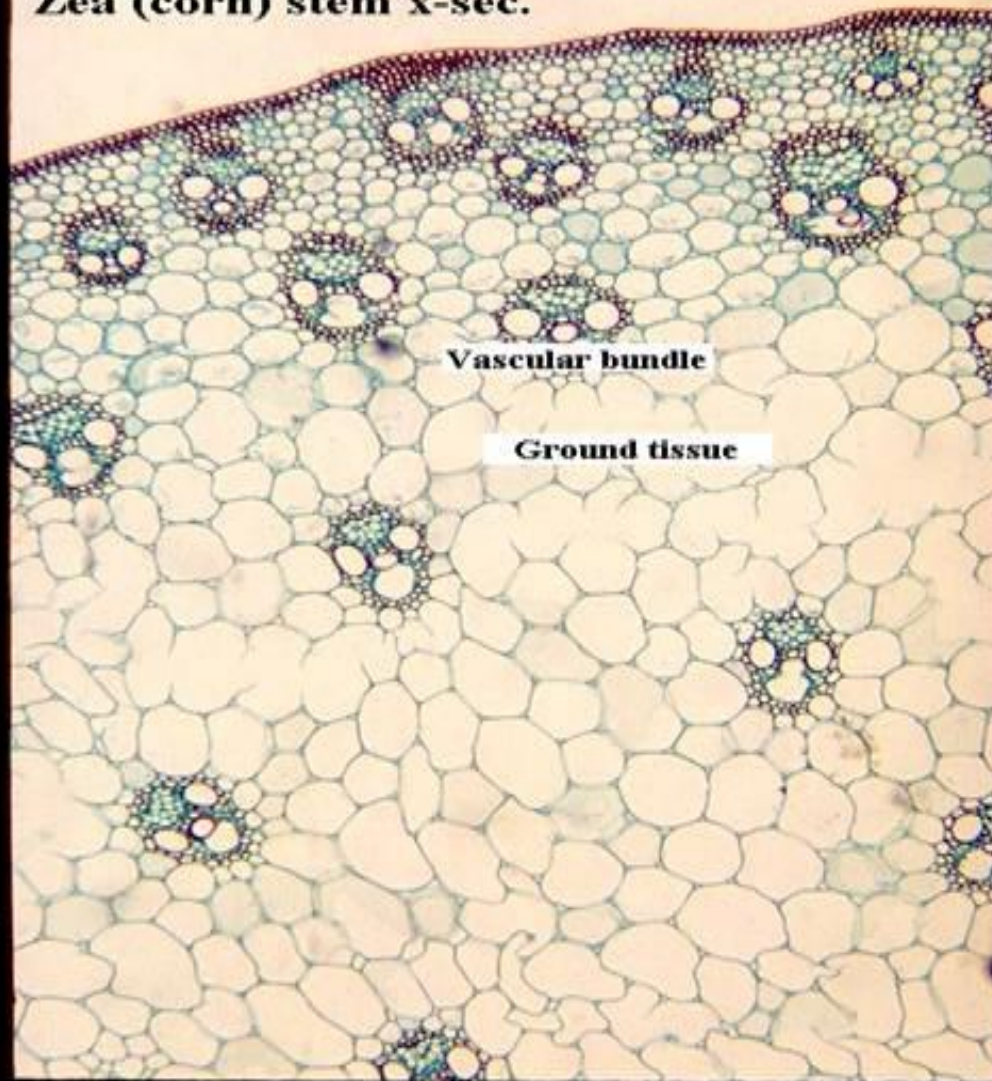


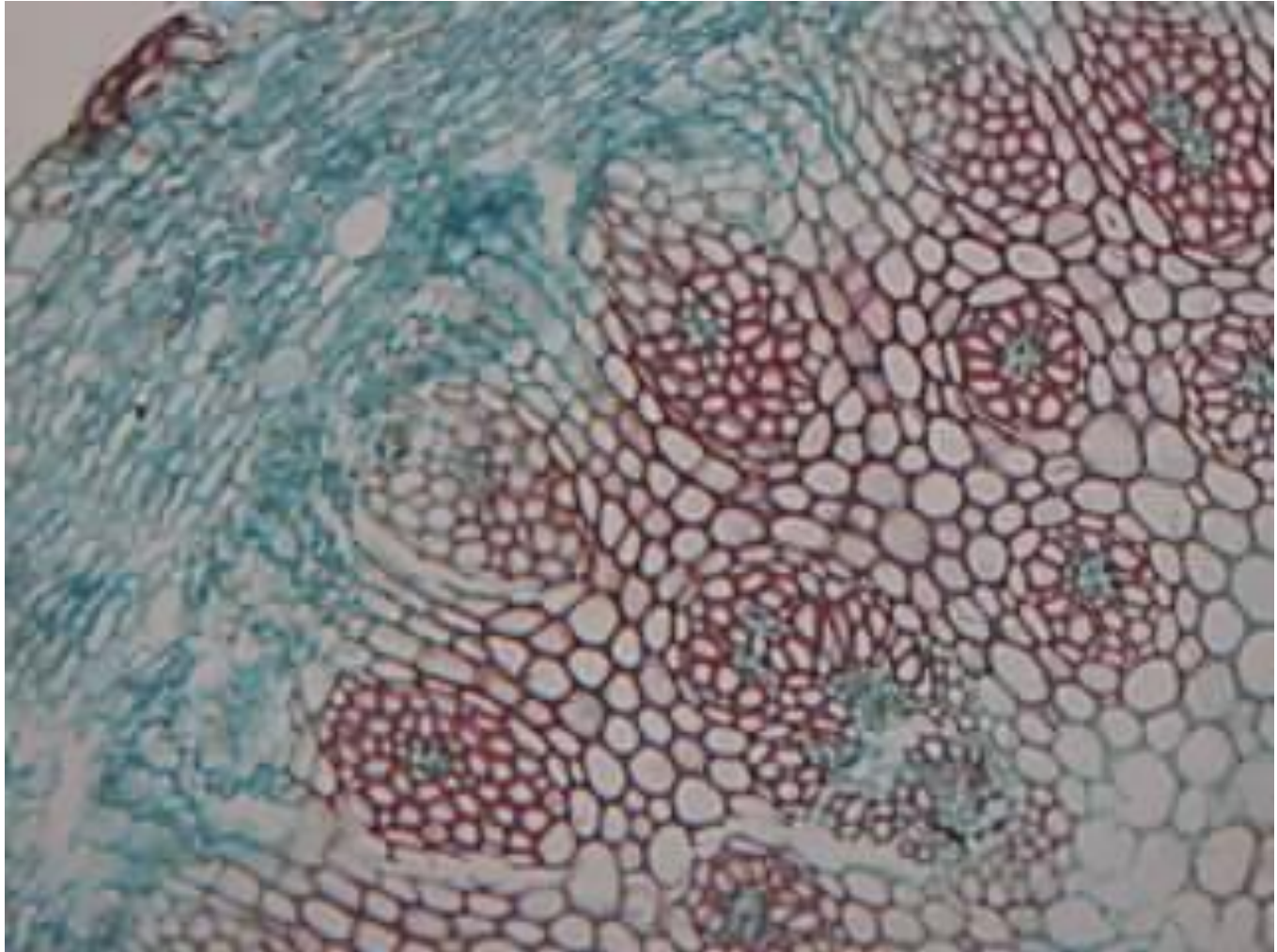






Zea (corn) stem x-sec.



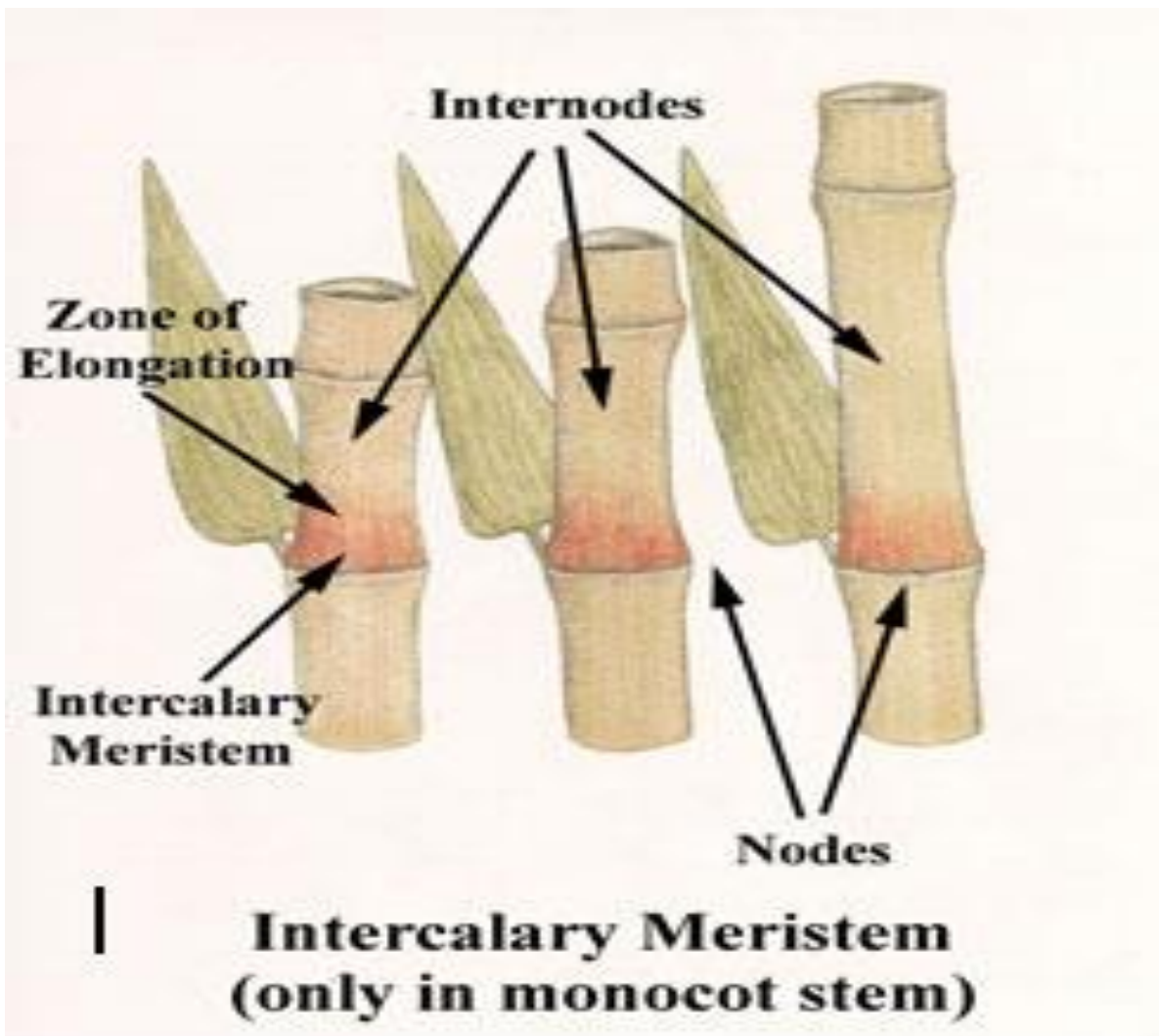


ساق الدرّتسينا المسن

ثالثاً : الأنسجة الإنشائية البينية Intercalry meristems

يستعمل مصطلح الأنسجة الإنشائية البينية للدلالة على نشاط منطقة إنشائية ابتدائية بعيدة عن الأنسجة الإنشائية القمية. وتعني كلمة بيني Intercalary أن النسيج الإنشائي يقع في مناطق نسيجية متكشفة (أنسجة بالغة) كما أنه قد يصنف حسب موقعه كنسيج إنشائي مستقل إضافة إلى الأنسجة الإنشائية القمية والجانبية، ولكن أشاو Esau 1965م لا تنصح بإدخال هذه الأنسجة الإنشائية البينية ضمن الأنسجة الإنشائية القمية والجانبية. ولكون هذه الأنسجة الإنشائية البينية تقع ضمن أنسجة بالغة فإنها لا تعتبر إنشائية بالمعنى الحقيقي.

ولو استعملت كأنسجة إنشائية فإنها ليست بالدرجة التي تجعلها في مستوى النسيج الإنشائي القمي أو الجانبي ومن الأمثلة المعروفة للأنسجة الإنشائية البينية ما يوجد في السلاميات والأغلفة الورقية في ذوات الفلقة عام 1943م أن العلاقة بين النسيج الإنشائي Sharman الواحدة وخاصة النجيليات. وقد ذكر شارمان القمي والبيني تظهر بوضوح في النجيليات فالجزء الخضري الحديث المتكون من النسيج الإنشائي القمي لا يحتوي على سلاميات واضحة في حد ذاته أما السلاميات فتتطور خلال الانقسام واستطالة الخلايا عند قواعد تنفصل عن بعضها البعض بنموات بينية هي nodes الأوراق. فقواعد الأوراق المتراكمة أو العقد ، فعند بداية التكوين تنقسم الخلايا في جميع أجزاء السلامى وتستطيل الورقة كما Internode السلاميات هو الحال في السلامى ثم ينحصر الانقسام الخلوي تدريجياً في الجزء السفلي من الغلاف الورقي وحتى بعد أن تكتمل السلاميات والأغلفة الورقية نموها فإن أجزاءها القاعدية تحتفظ بقابليتها على الانقسام لفترة طويلة لتعطي مزيداً من النمو مع تكشف تام للخلايا التوصيلية والدعامية في كل منهما (شكل 114).

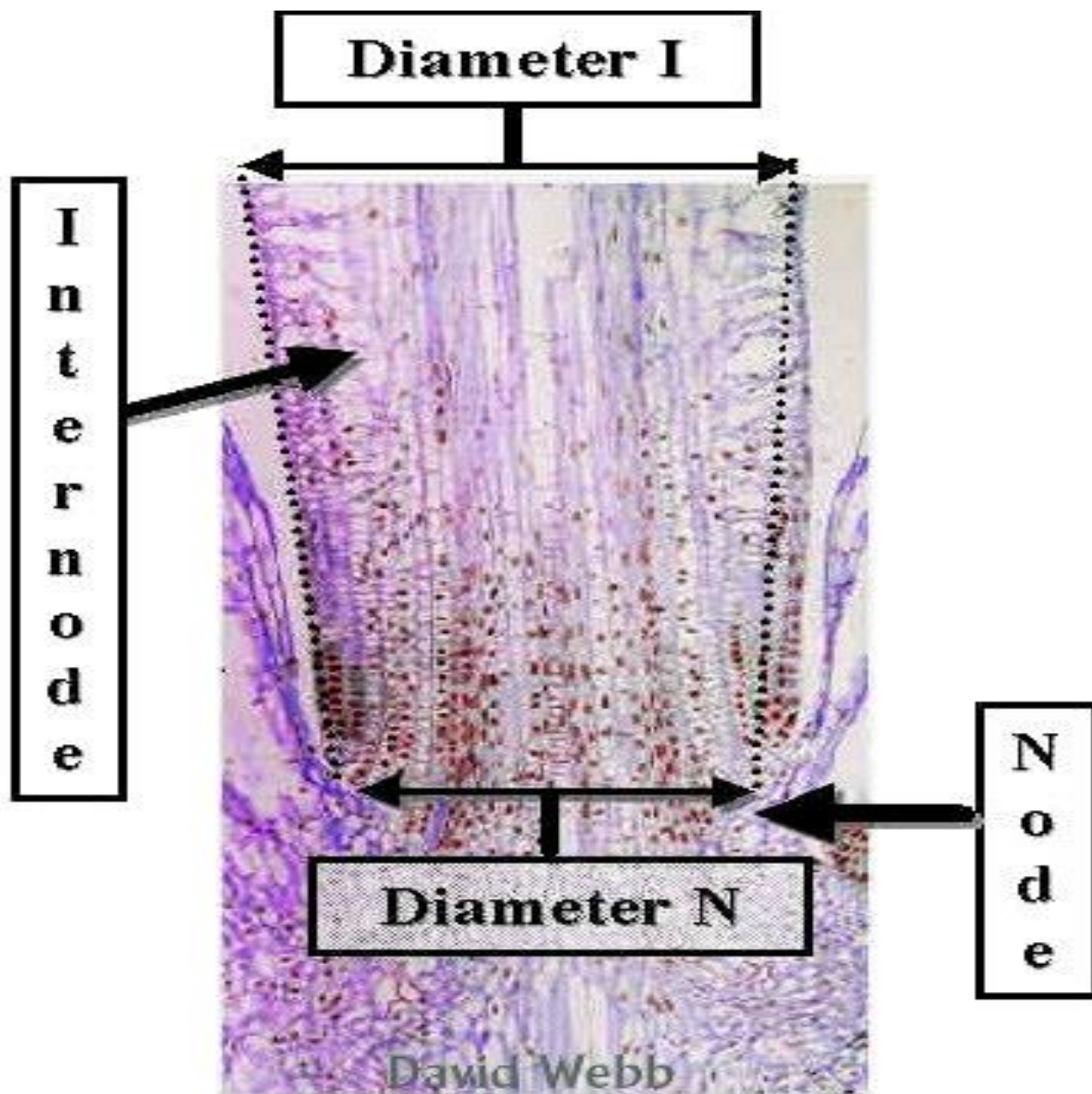


وتوجد المناطق الإنشائية للسلاميات في وسائد تتميز في تغلظ أو انتفاخ في الغلاف الورقي أو الساق ويبدأ النشاط الإنشائي في هذه المناطق بعد أن يرتفع الساق عن الأرض وكلما تقدم النبات في العمر تفقد هذه المناطق الإنشائية قابليتها للانقسام .

وقد ذكر ليهمان Lehmann 1906 م وبوخهولز Buchholz 1920 م وأن النسيج الإنشائي البيني يقع بين أنسجة بالغة لذلك يقطع استمرارية الأنسجة الوعائية ومن ثم يضعف تركيب الساق والورقة كما هو واضح في عديد من سيقان ذوات الفلقة الواحدة. أما جاكوبس Jacobs 1947 م فقد وجد أن الحامل الزهري لنبات الفول السوداني يحوي أنسجة وعائية خلال النشاط الإنشائي.

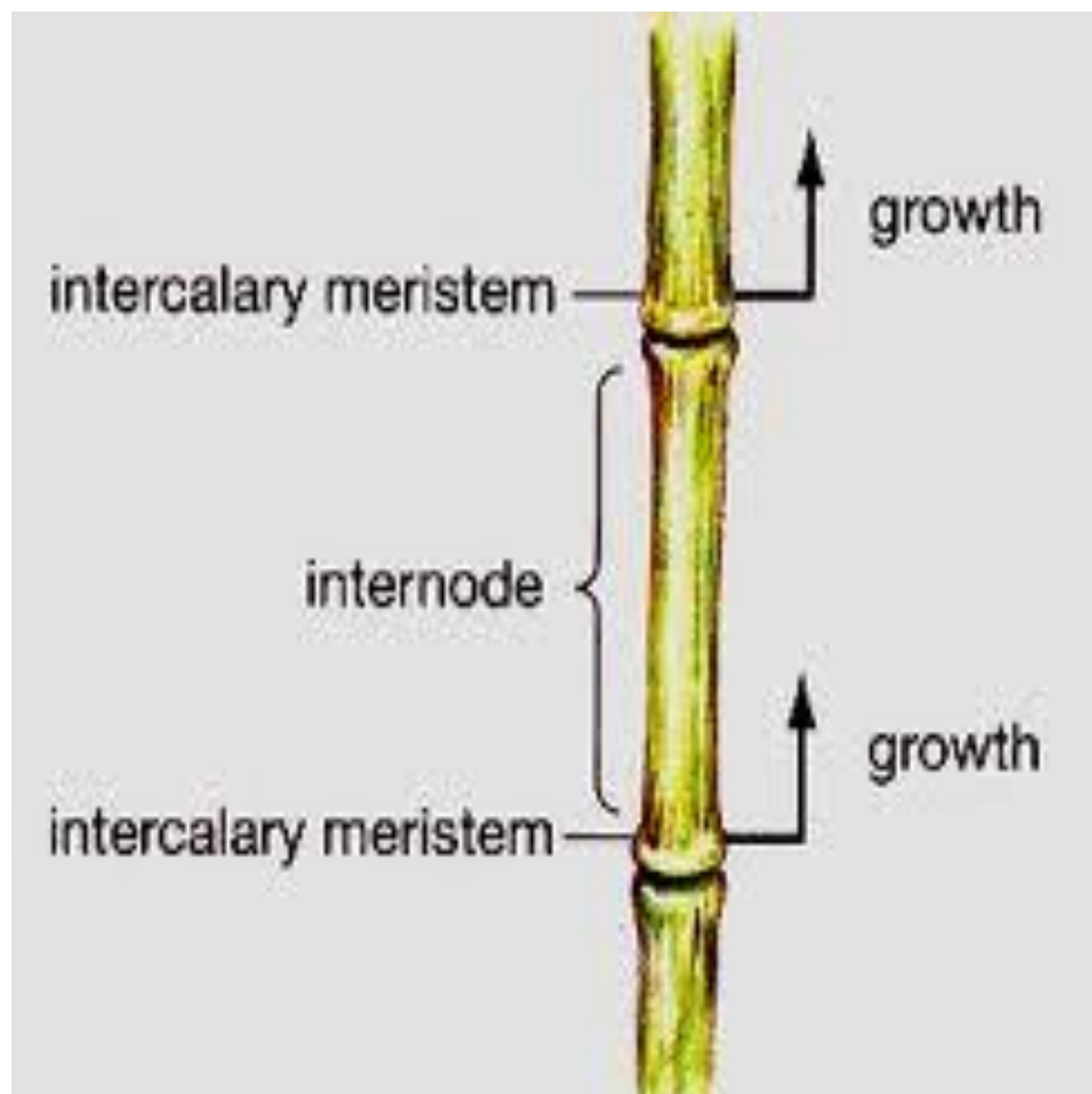
أما ليهمان Lehmann 1906 م وأرتشكويقر Artschwager 1948 م فقد وجد أن وسائد النباتات النجيلية التي تنشط أثناء النمو في ظروف معينة فقط تحوي خلايا وعائية ودعامية قادرة على التمدد ولم تمنع تماماً الاستطالة عند حدوثها.

إن النمو بالأنسجة الإنشائية البينية ليس ظاهرة شاذة فكل المجاميع الخضرية (السيقان) للنباتات أساساً مقسمة إلى عقد وسلاميات والأخيرة تستطيل على نفس النمط الذي يحدث في النجيليات فالعقد الحاملة لبدايات الأوراق تنتج في تعاقب متراس في قمة المجموع الخضري ومن ثم تتباعد بنمو السلاميات. وتختلف هذه الظاهرة من حيث الكثافة والزمن ودرجة تواجد منطقة النشاط الإنشائي. ففي النباتات القرصية الشكل لا تستطيل السلاميات بينما في وقت الإزهار تنمو السلاميات الطرفية وتستطيل سريعاً معطية الحوامل الزهرية.





SCIENCEPHOTOLIBRARY





ومن الواضح أن استطالة السلاميات تسهم في الطول الكلي للمجموع الخضري للنبات أكثر من النواتج المباشرة للنسيج الإنشائي القمي، لذلك يعتبر النسيج الإنشائي البيني أحد وسائل النمو الابتدائي والذي يعين الحجم والشكل النهائي للأعضاء النباتية.

وقد ينطبق هذا النمو أيضاً على الأوراق والأزهار والثمار فهي تظهر انقساماً معيناً بعد نشأتها من القمة، ولكن زيادة استطالتها وحجمها قد تعتبر نمواً بينياً ولكنه أقل تميزاً من تلك الموجود في السلاميات.



نبات قصب السكر



نبات الذرة



نبات الموز

نبات الذرة



نبات الموز

التركيب الإفرازية Secretory structures

يدل الإفراز على ظاهرة فصل المواد من البروتوبلازم أو عزلها جزئياً منه، ويمكن أن تكون هذه المواد على هيئة أيونات أو مركبات فائضة عن حاجة الخلية تطرد على هيئة أملاح أو سكريات أو مادة جدار الخلية، وهي إما أن تكون نواتج أيضية نهائية غير مفيدة أو مفيدة جزئياً، مثل القلويدات والتانينات ومختلف البلورات، أو مواد مفيدة لها وظائف فسيولوجية مثل الإنزيمات والهرمونات.

إن هذه المواد تخرج من النبات بواسطة تركيب خاصة تحورت لهذا الغرض، بينما يبقى جزءاً آخر في الخلية على هيئة بلورات أو داخل النبات في تجاويف أو قنوات على هيئة لبن نبات . يتوع . Latex . وتسمى هذه التركيب جميعها بالتركيب الإفرازية.

أنواع التراكيب الإفرازية: تقسم التراكيب

الإفرازية إلى نوعين هما :

أولاً : تراكيب إفرازية خارجية

External secretory structures

وهي:

1— الزوائد السطحية والغدد

Trichomes and glands

تتخذ الزوائد السطحية عدة أشكال، كما أنها

ذات درجات مختلفة من التعقيد وقد سبق دراستها

عند دراسة البشرة راجع الشعيرات.

الغدد وهي أكثر تعقيداً من الشعيرات الغدية

وهي ذات خلايا كثيفة البروتوبلازم وغنية بالمواد

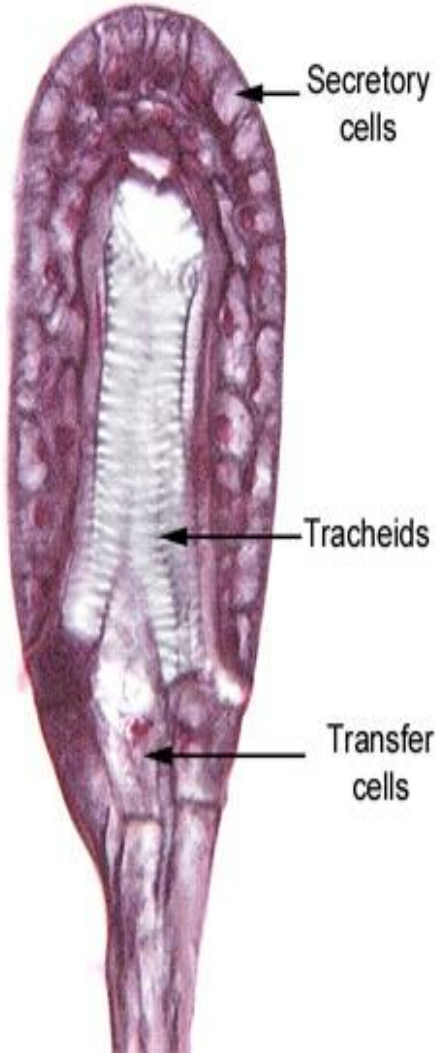
البروتينية، وذات نواة كبيرة وتشمل الغدد الهاضمة

Digestive glands في بعض نباتات آكلة

الحشرات Carnivorous plants، حيث تقوم

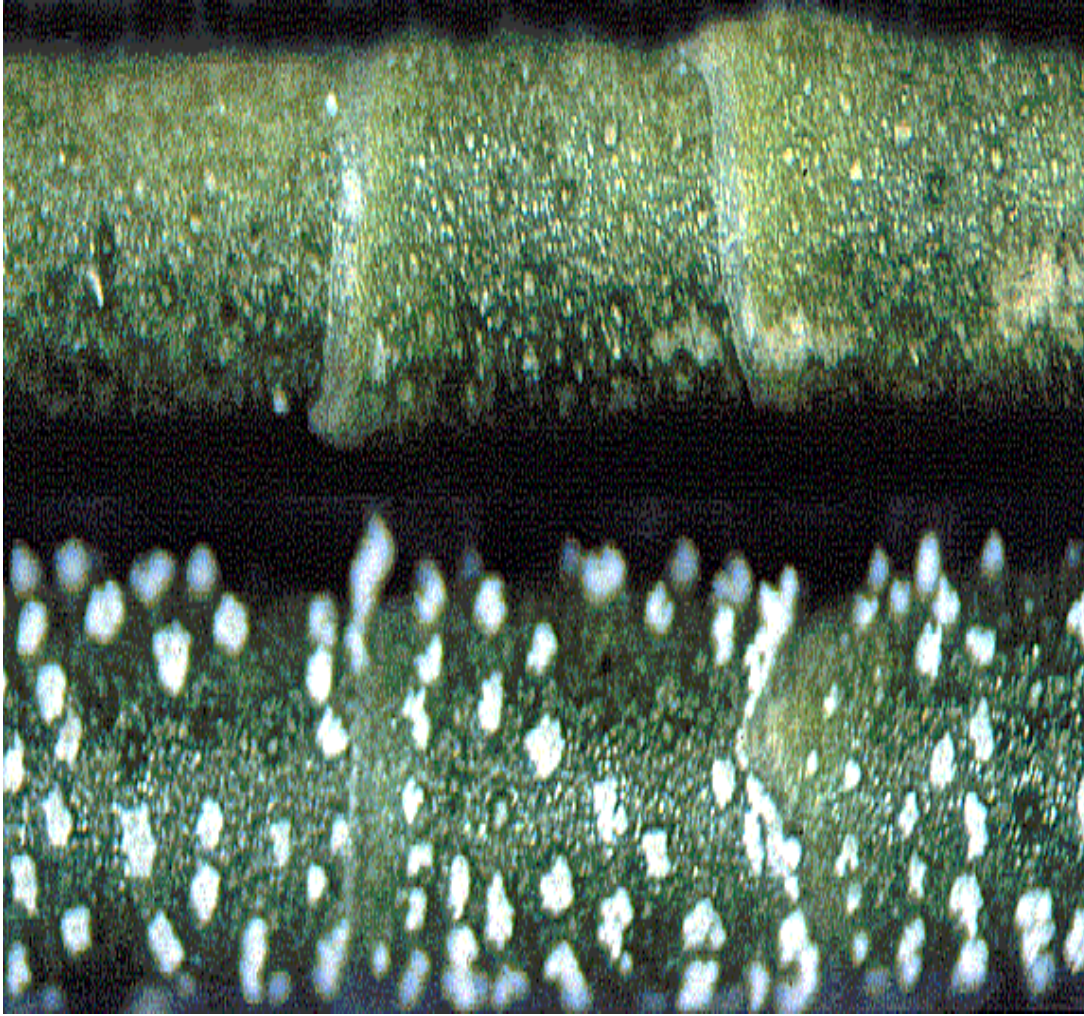
هذه الغدد بإفراز مواد لزجة وإنزيمات هاضمة، كما في

نباتات الدروسيرا *Drosera* (شكل 115).



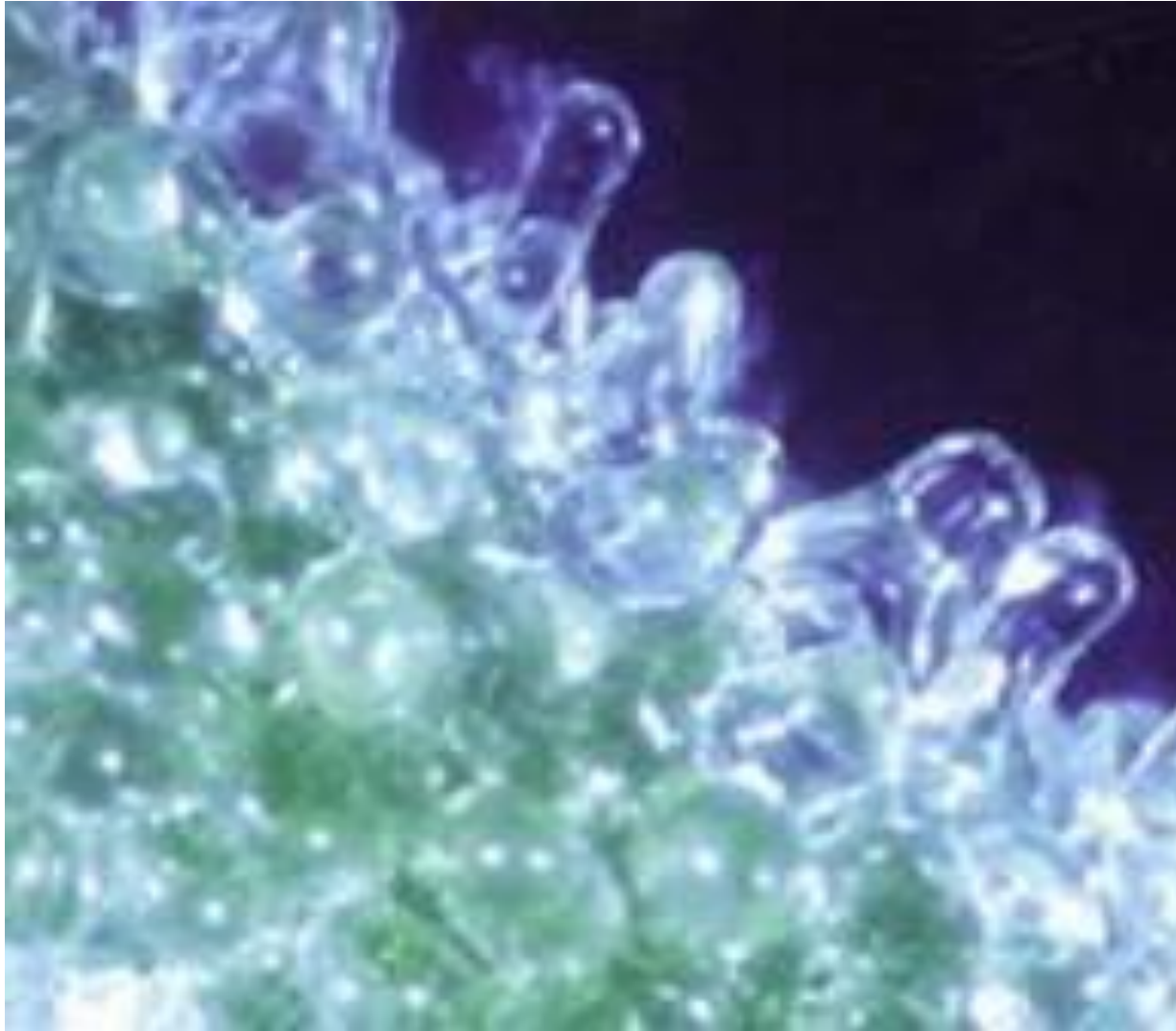
2 _ الغدد الملحية

Salt-secretory trichomes

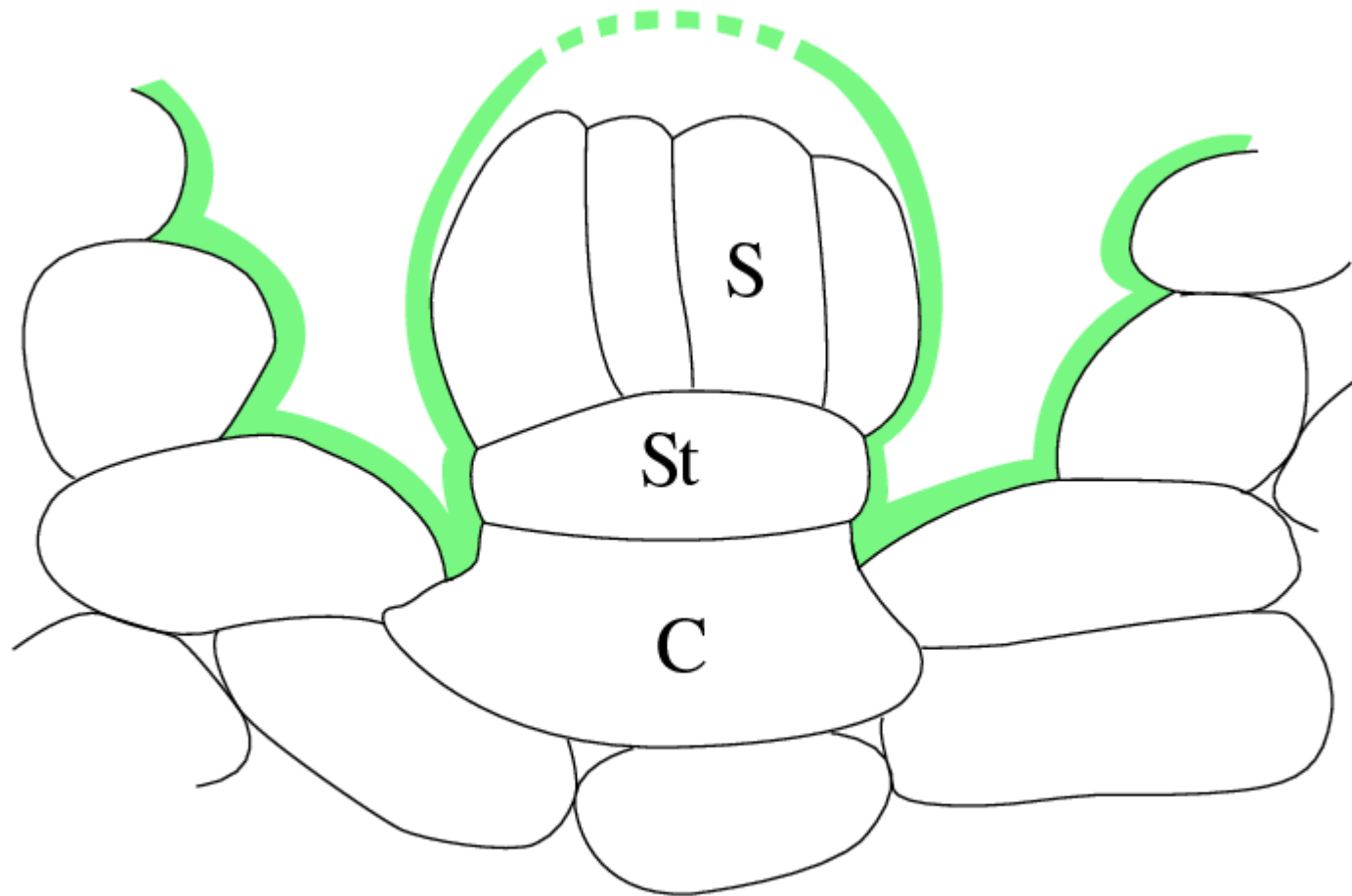


وهي تراكيب لإزالة الأملاح
الذائدة على هيئة أيونات إلى
الفجوة العصارية في الخلية كما
هي الحال في نبات القطف
Atriplex، كما تعمل على
التوازن الملحي في الأوراق بإفراز
الأملاح الزائدة مباشرة إلى خارج
الأوراق كما في نباتات الفصيلة
النجيلية مثل النجيل
Cynodon (شكل 116

.)



2 . الغدد الملحية Salt-secreting trichomes



Leaf tissue



***Chenopodium quinoa* salt glands**





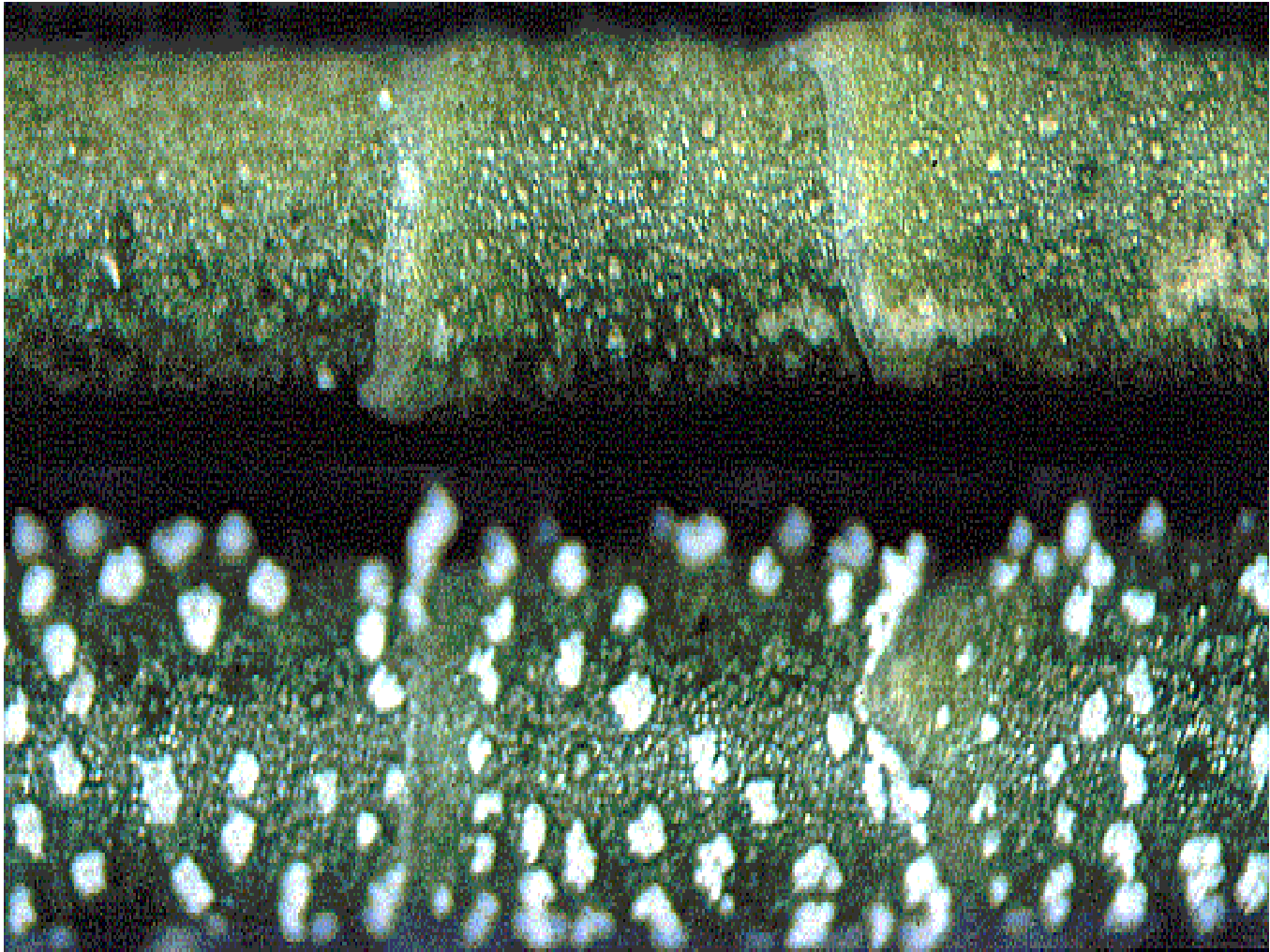
salt glands

نبات الشورى



نبات الشورى

salt glands



3 — الغدد الرحيقية

Nectaries



تأخذ هذه الغدد أشكالاً متعددة، فقد تكون على هيئة خلايا عمادية من البشرة أو حلمات أو قنوات بسيطة أو جيوب عميقة أو أقراص. وتوجد هذه التراكيب على أجزاء الأزهار مثل السبلات، البتلات، الأسدية والمدقات ويأتي الرحيق (محلول السكر) المكون من سكرورز وجلوكوز وفركتوز (فان Fahn, 1979, 2000) عن طريق اللحاء. ولهذا فالجهاز التوصيلي لهذه التراكيب هو عناصر اللحاء. وله أهمية كبيرة في اتمام عملية التلقيح حيث يجذب الحشرات والحيوانات الأخرى لإمتصاص هذا الرحيق ومن ثم نقل حبوب اللقاح إلى المياسم من زهرة إلى أخرى أو من نبات إلى آخر (ريفن وآخرون , Raven, et.al 2005) (شكل 117).



غدة رحيقية Nectary



غدة رحيقية Nectary

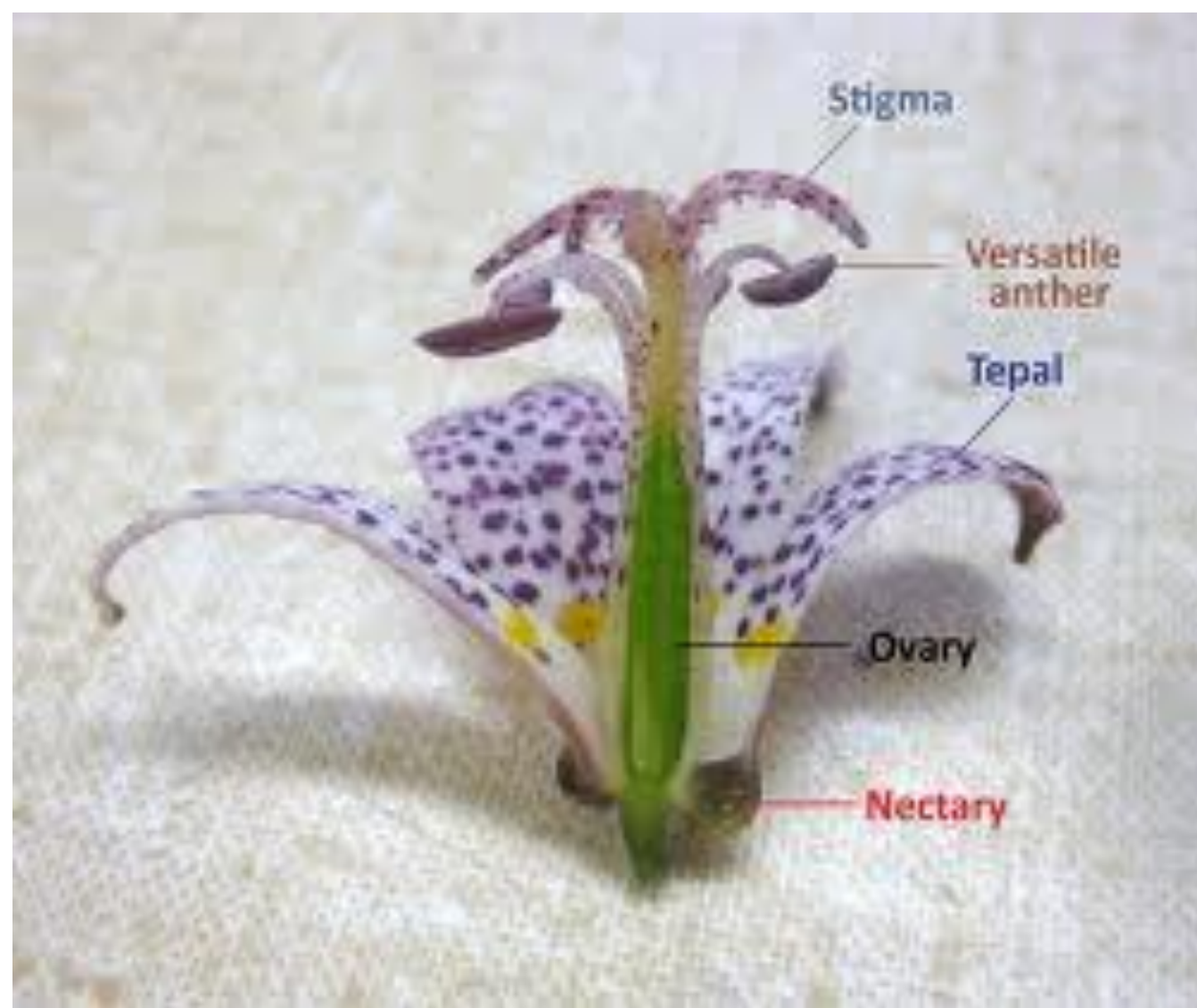


غدة رحيقية Nectary



غدة رحيقية Nectary







غدة رحيقية Nectary

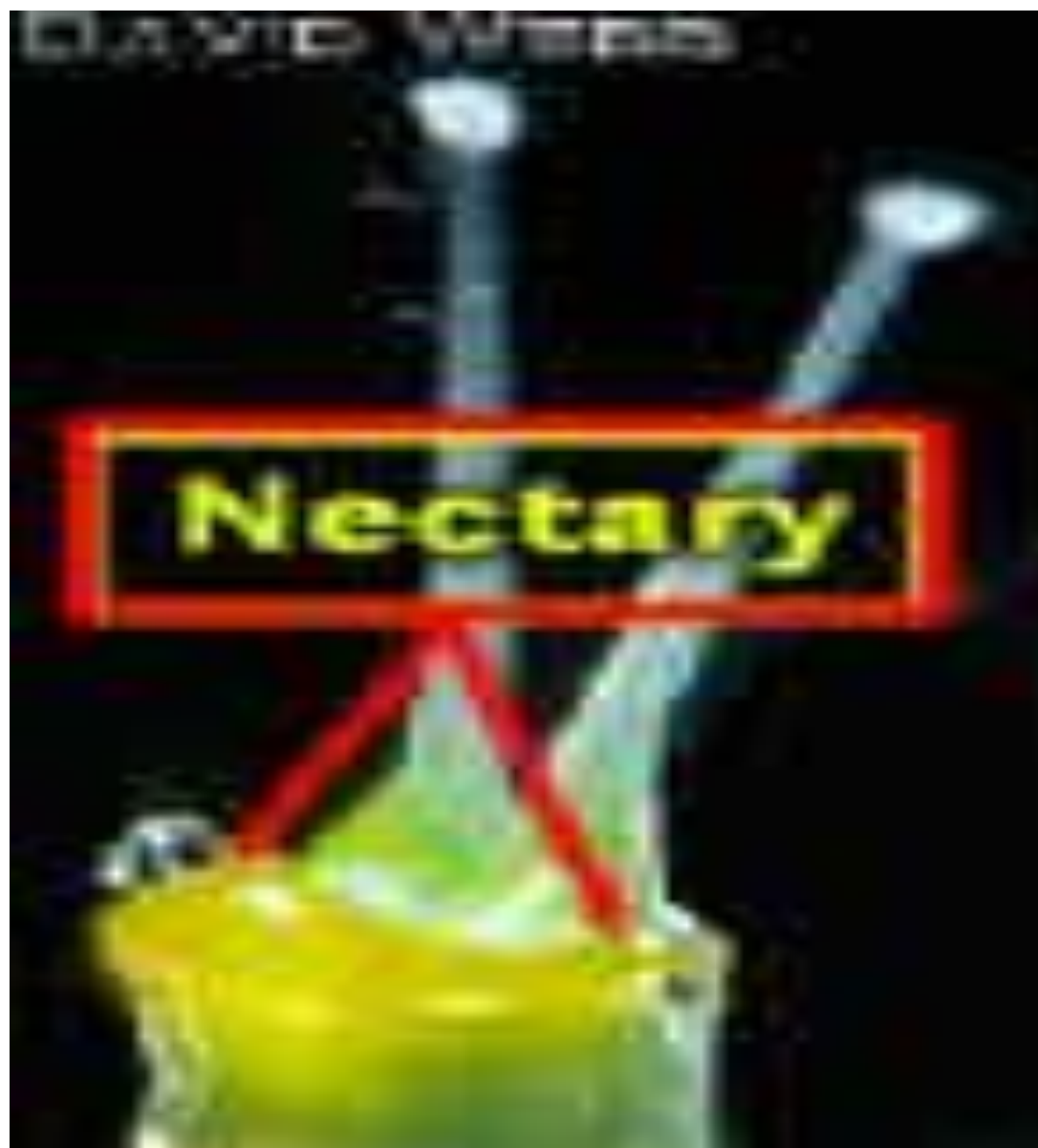
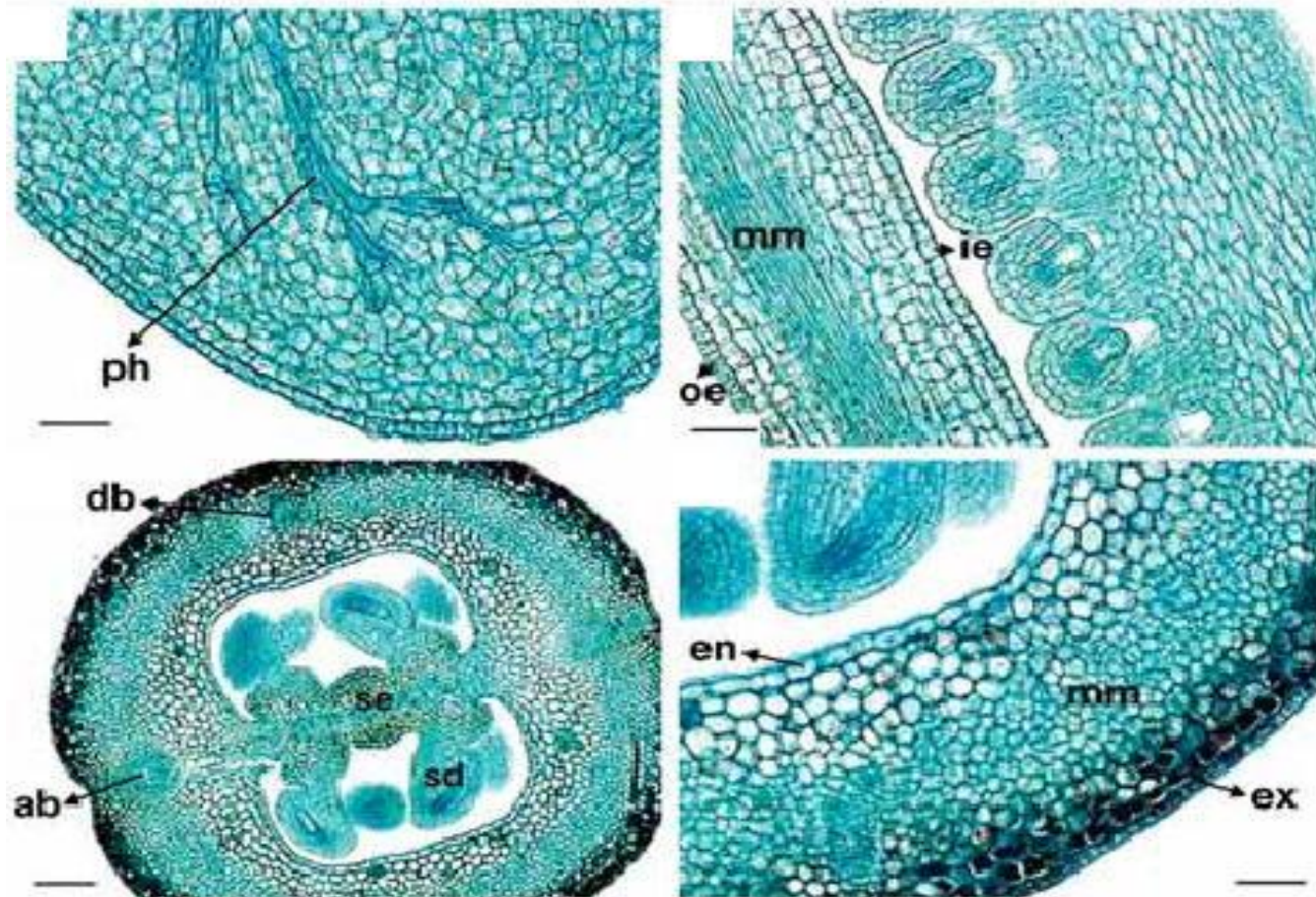


Fig. 2. Structure of *Macfadyena unguis-cati*. a. Nectary. b. Ovary. c, d. Young fruits. *ab* = amphicribal bundle; *db* = dorsal vascular bundle; *en* = endocarp; *ex* = exocarp; *ie* = inner epidermis; *mm* = middle mesophyll/mesocarp; *oe* = outer epidermis; *ph* = phloem; *sd* = young seed; *se* = septum. Scale = 50 μ m (a, b, c), 100 μ m (c).



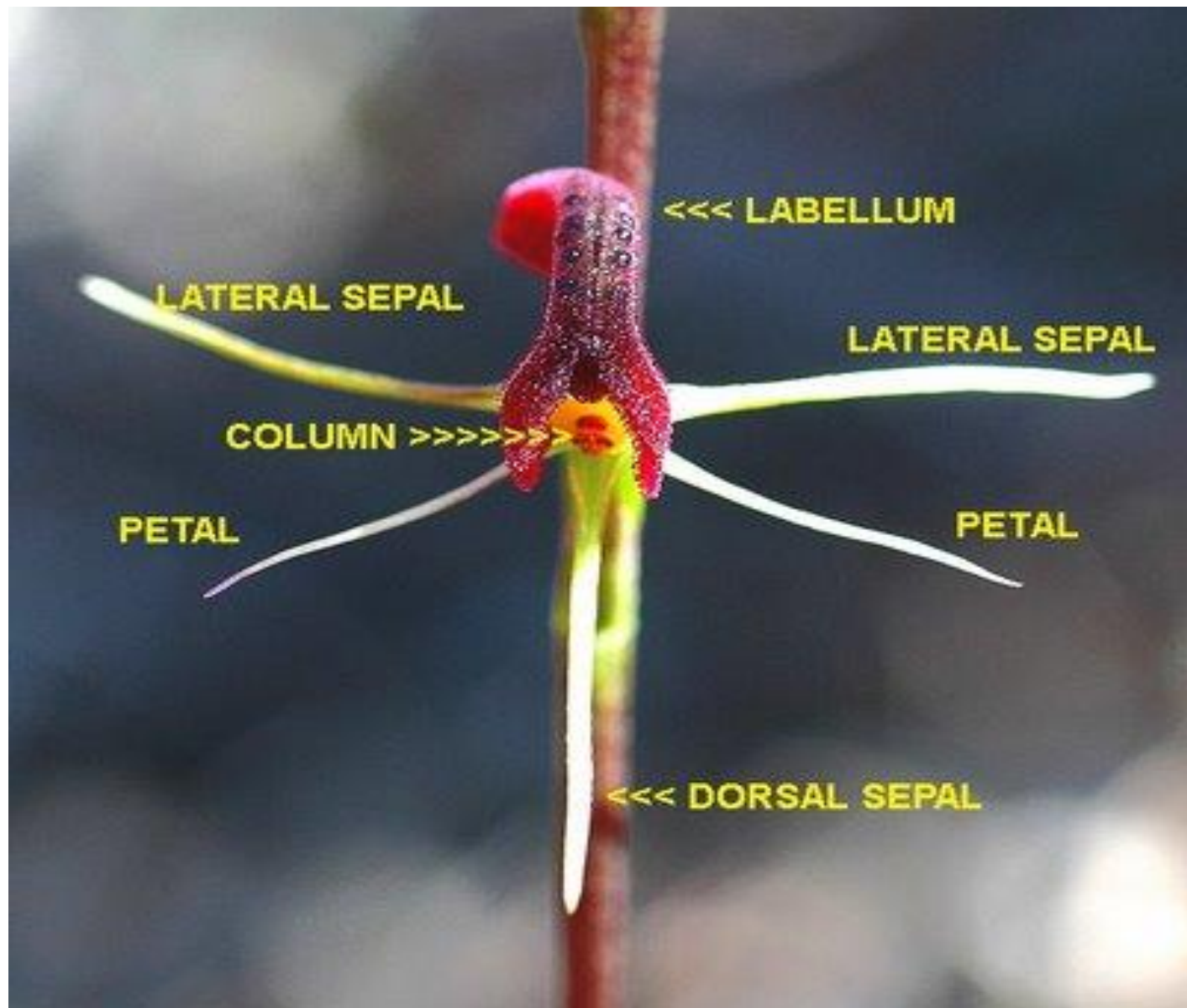


4 . الغدد العطرية

Osmopheres

هي غدد متخصصة، أي نسيج إفرازي
مكون من عدة طبقات من الخلايا من
ضمنها طبقة البشرة التي تغطي بطبقة رقيقة
جداً من الأدمة، بينما تتصل الخلايا الداخلية
من هذا النسيج بنهايات العروق التي تنتهي
بعناصر لحائية فقط . وتقوم خلايا البشرة
بتجميع الزيوت الطيارة وإفرازها إلى خارج
النبات . وفي بعض النباتات وظيفتها إفراز
بعض الزيوت الطيارة Volatile oils ،
وتوجد في معظم أجزاء الزهرة، ويمكن التعرف
عليها بصبغة الأحمر المتعادل Neutral
red كما في نباتات الفصيلة العشارية)
شكل 118) .

The Labellum is covered with dense, fine hairs.
It almost appears to be velvety. The next
feature to note is the dark dots along the
labellum, which are the scent glands
("osmophores"). They are in two rows of about
9 dots



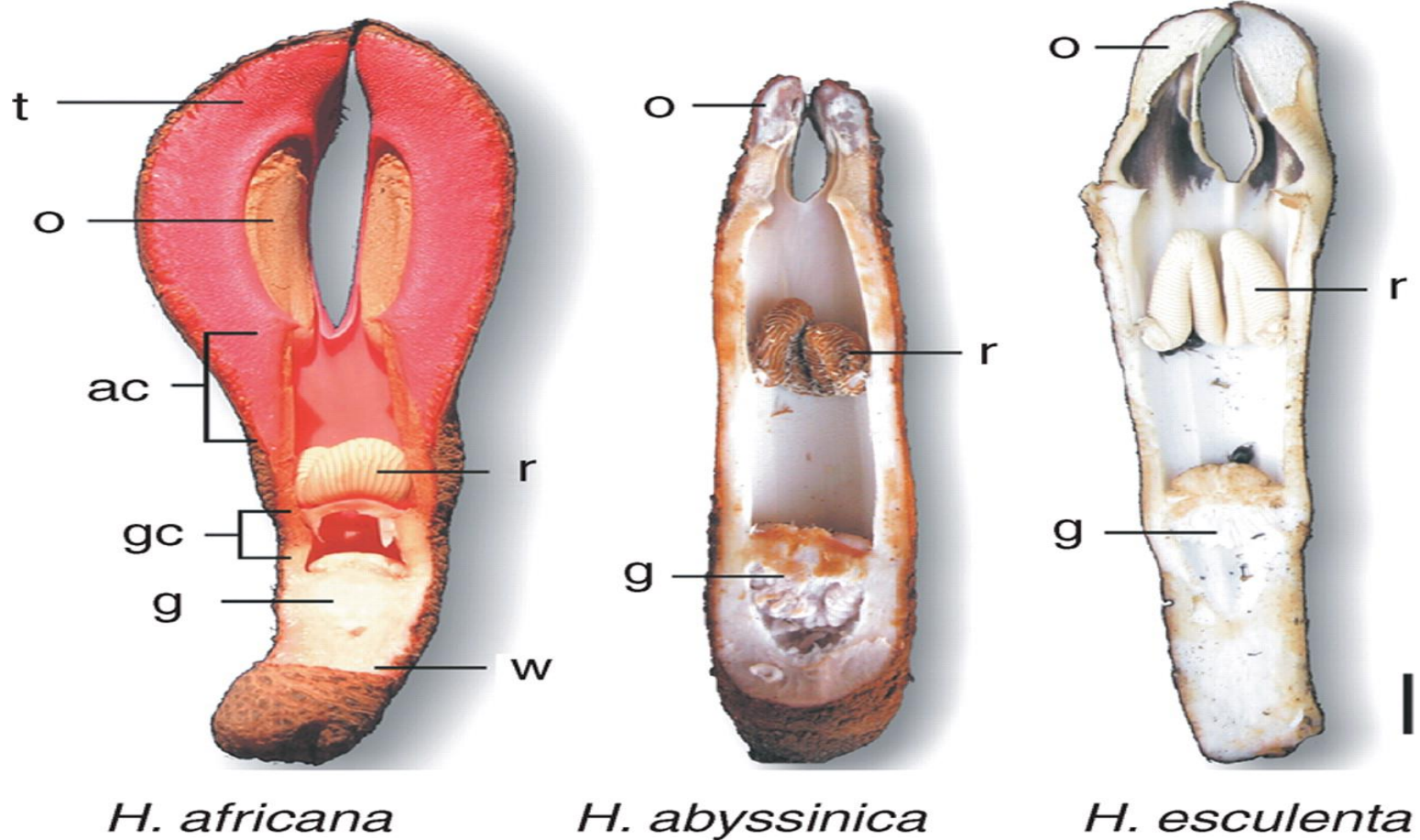


Fig. 1. Flowers of *Hydnora africana*, *H. abyssinica* and *H. esculenta* largely share the same basic plan. However, the osmophores (o) of *H. africana* are recessed on the interior surface of each tepal (t) but are apical in *H. abyssinica* and *H. esculenta*. The *Hydnora* chamber flower is comprised of androecial (ac) and gynoecial (gc) chambers divided by an antheral ring (r). The stigma is positioned on the floor of the gynoecial chamber and subtended by the gynoecial tissue (g). The floral wall (w) surrounds the gynoecial chamber and gynoecial tissue, and includes the base of the flower. Scale bar = 2 cm.



Yellow Osmophore



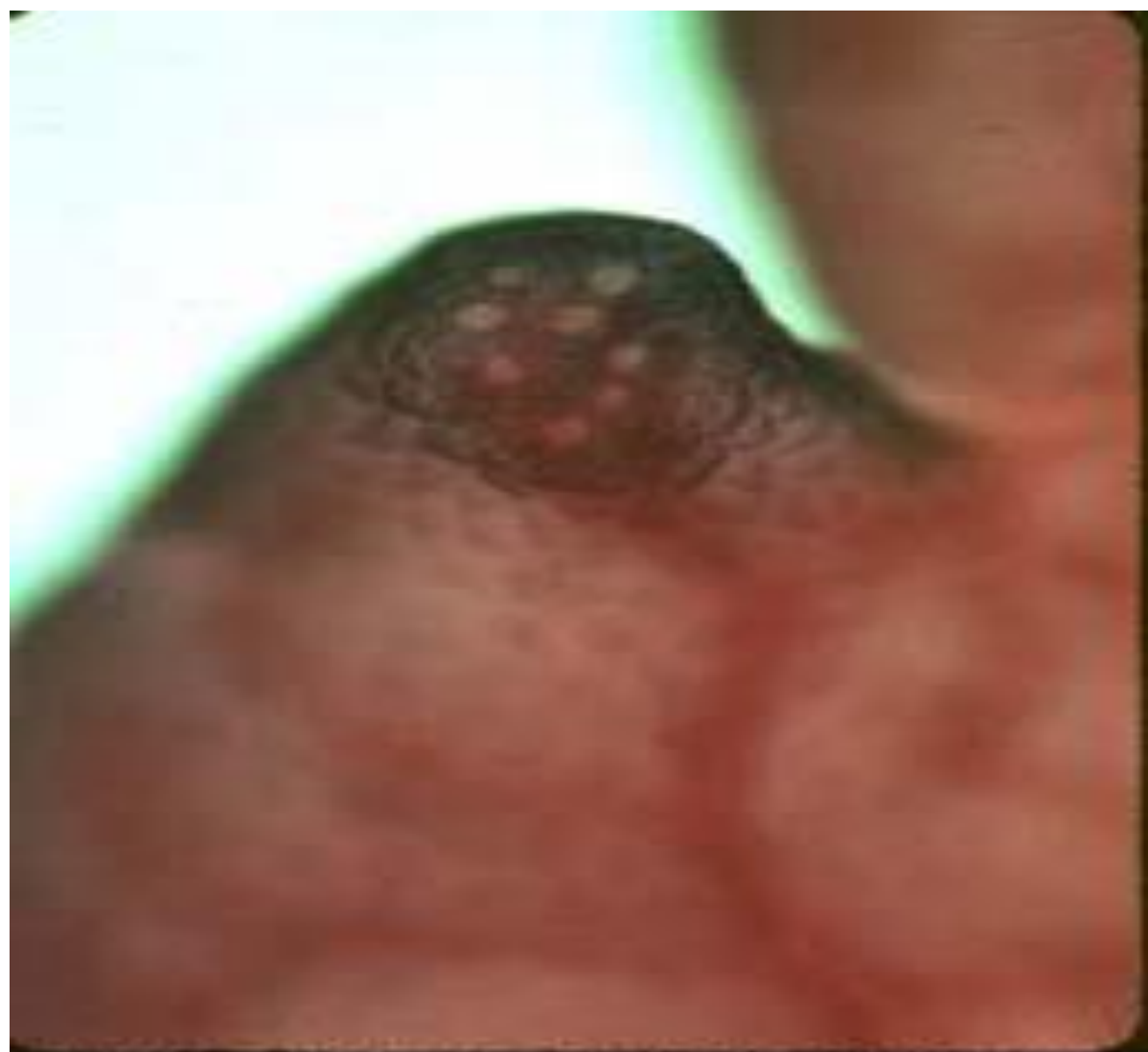


5 . الغدد المائية Hydathodes

وهي تراكيب خاصة بإفراز الماء وما به من محاليل من داخل الورقة إلى سطحها، وتسمى بالثغور المائية Water stomata ، وتقع عادة عند حافة الورقة أو قممتها، وتتصل هذه الثغور بالجهاز التوصيلي - الخشب . وتسمى عملية الإفراز هذه بالإدماع Guttation وتكون هذه الغدد من مجموعة من الخلايا ذات جدر رقيقة ولا تحتوي على بلاستيدات، وبينها مسافات بينية كبيرة تمثل الطبقة الطلائية Epithem تنتهي بفتحة تسمى بالثغر المائي Water stoma ويختلف عن الثغور العادية في عدم قدرة الخلايا الحارسة على إغلاق الفتحة، نتيجة لانتظام سمك جدرها (شكل 119) .



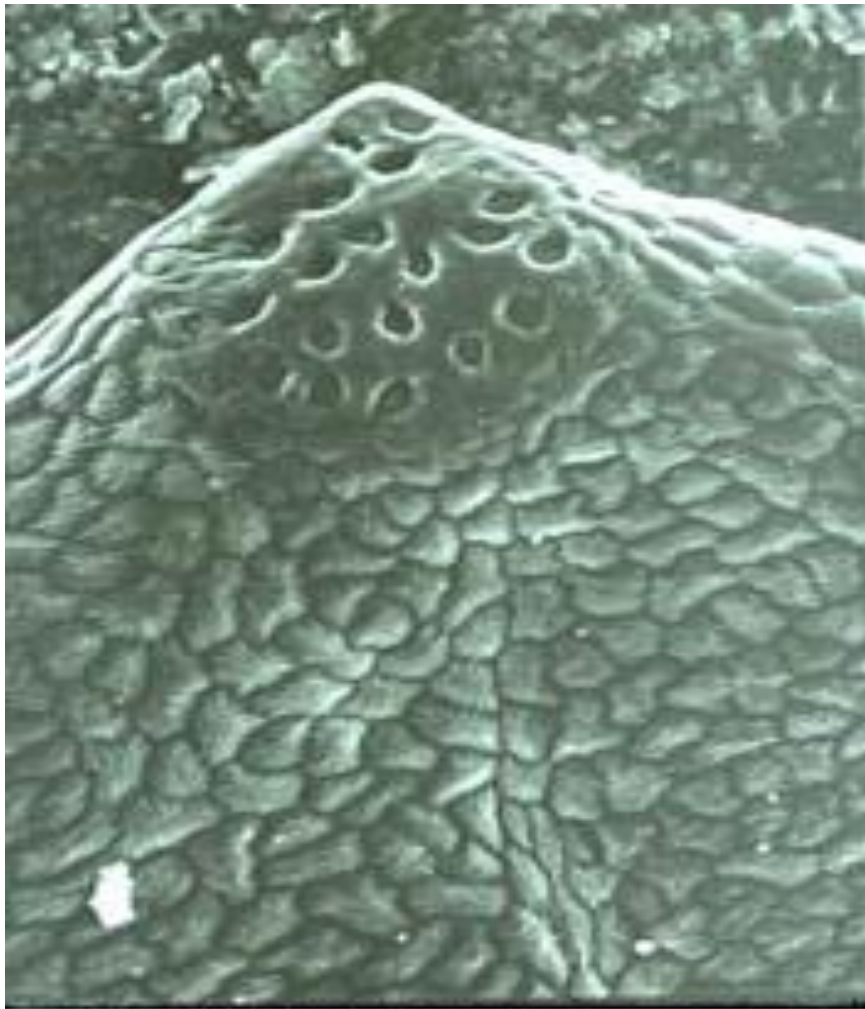
Hydathodes الغدد المائية



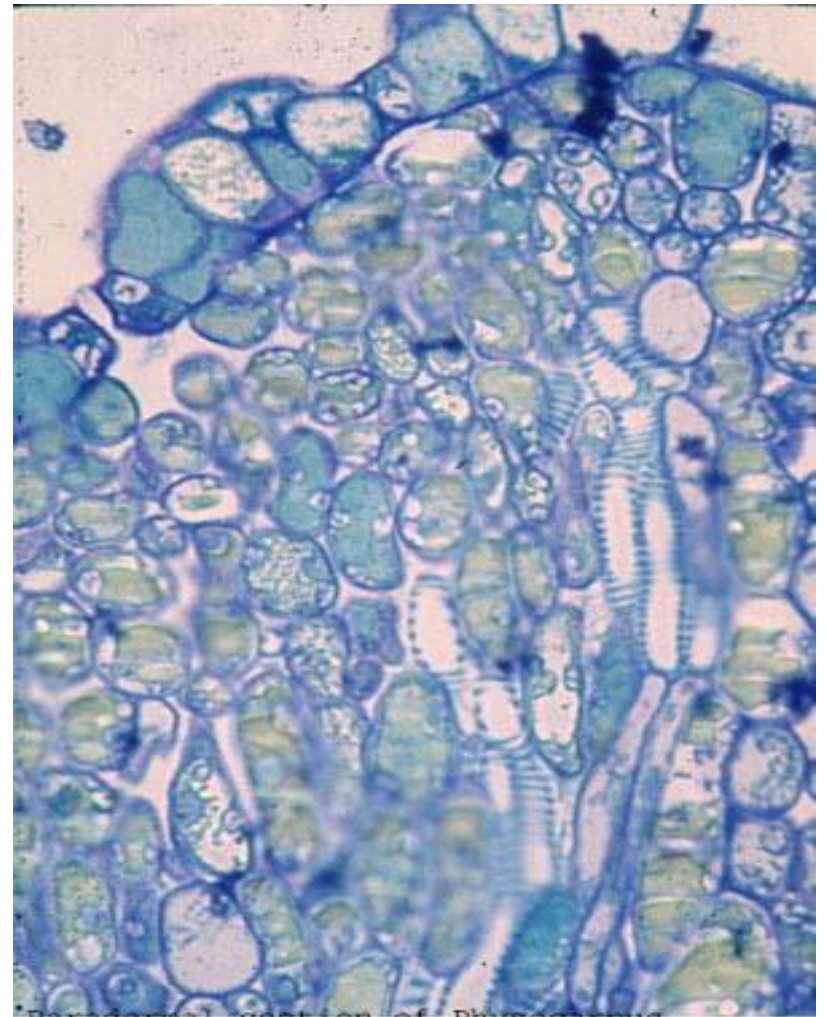
Physocarpus hydathode with multiple water pores. [leaf clearing]



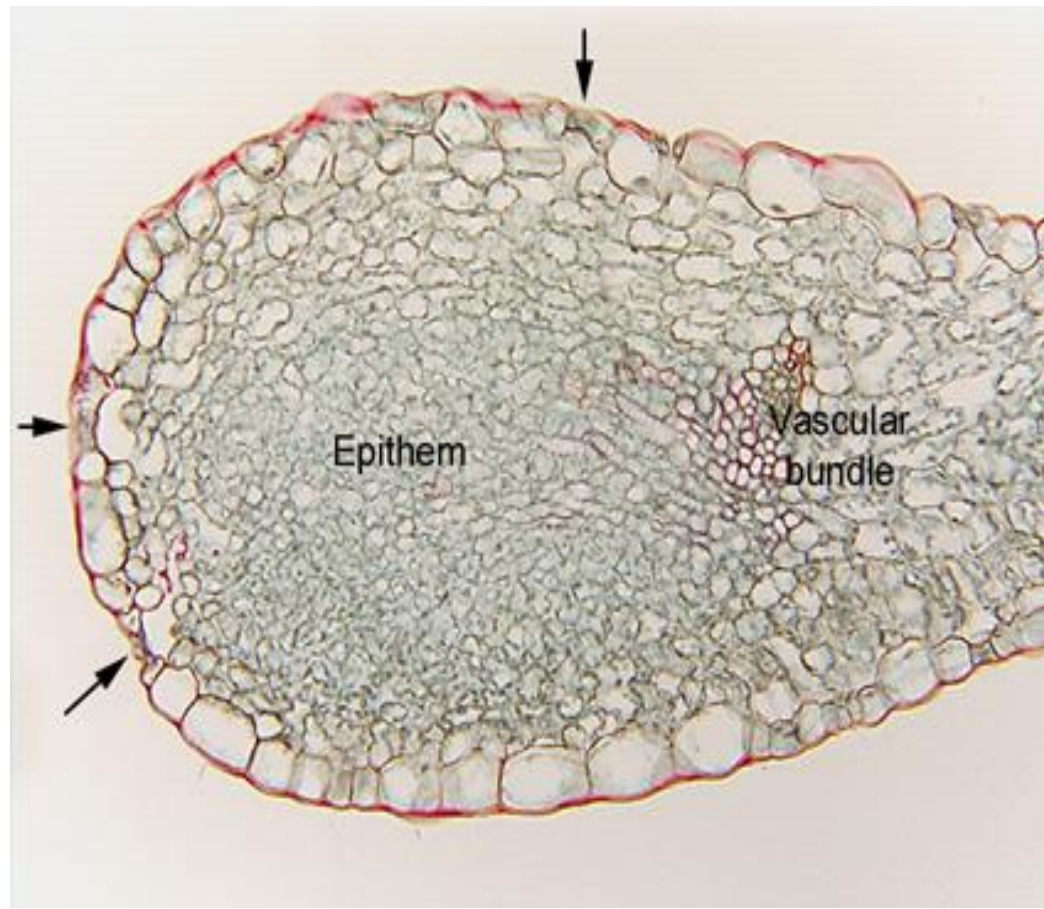
Physocarpus hydathode clearing focused at the level of the vascular bundle end. Water pores are out of focus.



SEM of *Physocarpus* hydathode with multiple water pores. From Lersten and Curtis. 1982. *Canadian Journal of Botany* 60; 850-855.



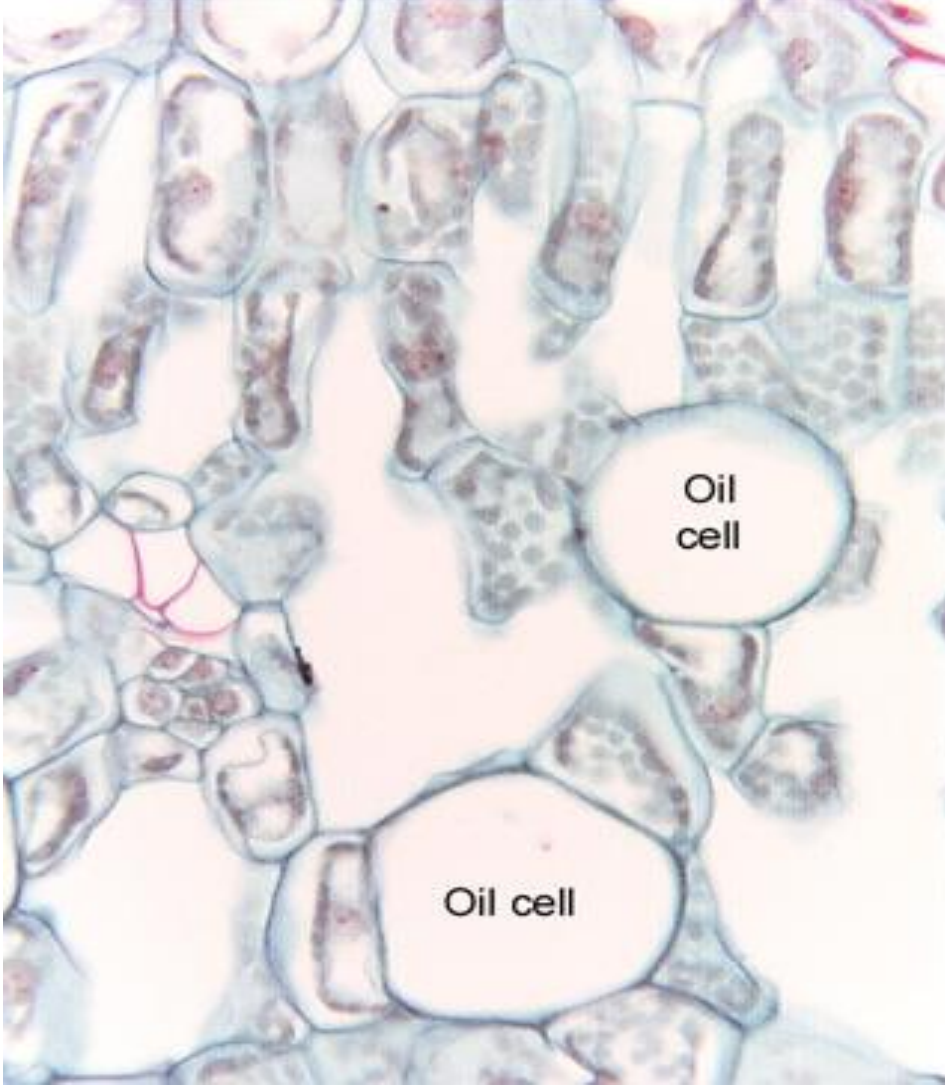
Paradermal section of *Physocarpus* hydathode showing one water pore, tracheary elements and epithem with distinct intercellular spaces.







Guttation occurs when the soil and atmosphere are saturated with water. Water secretion occurs through modified Stoma called Hydathodes. Root Pressure provides the motive force for this process.



ثانياً: تراكيب إفرازية داخلية

Internal secretory structures

وهي تراكيب إفرازية تتكون ضمن أنسجة النبات الداخلية وتنتشر في الجسم النباتي من سيقان وأوراق وجذور وأجزاء الزهرة أو في الثمار والبذور.

وتقسم هذه التراكيب إلى:

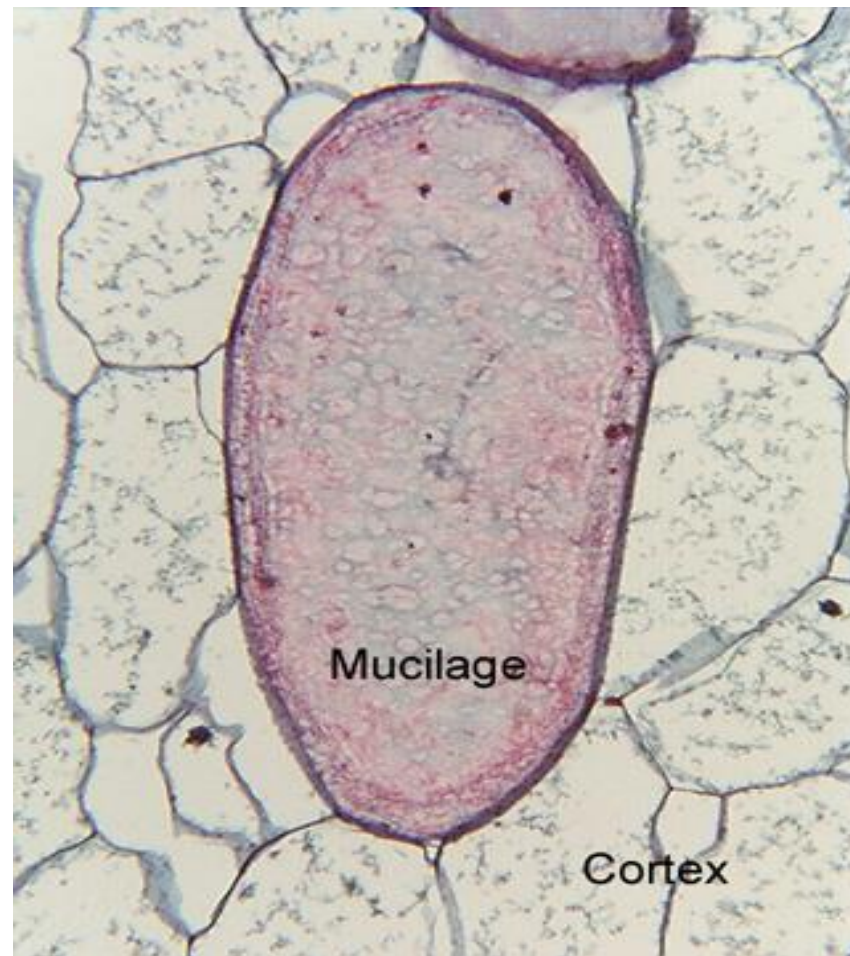
1. خلايا إفرازية Secretory

cells

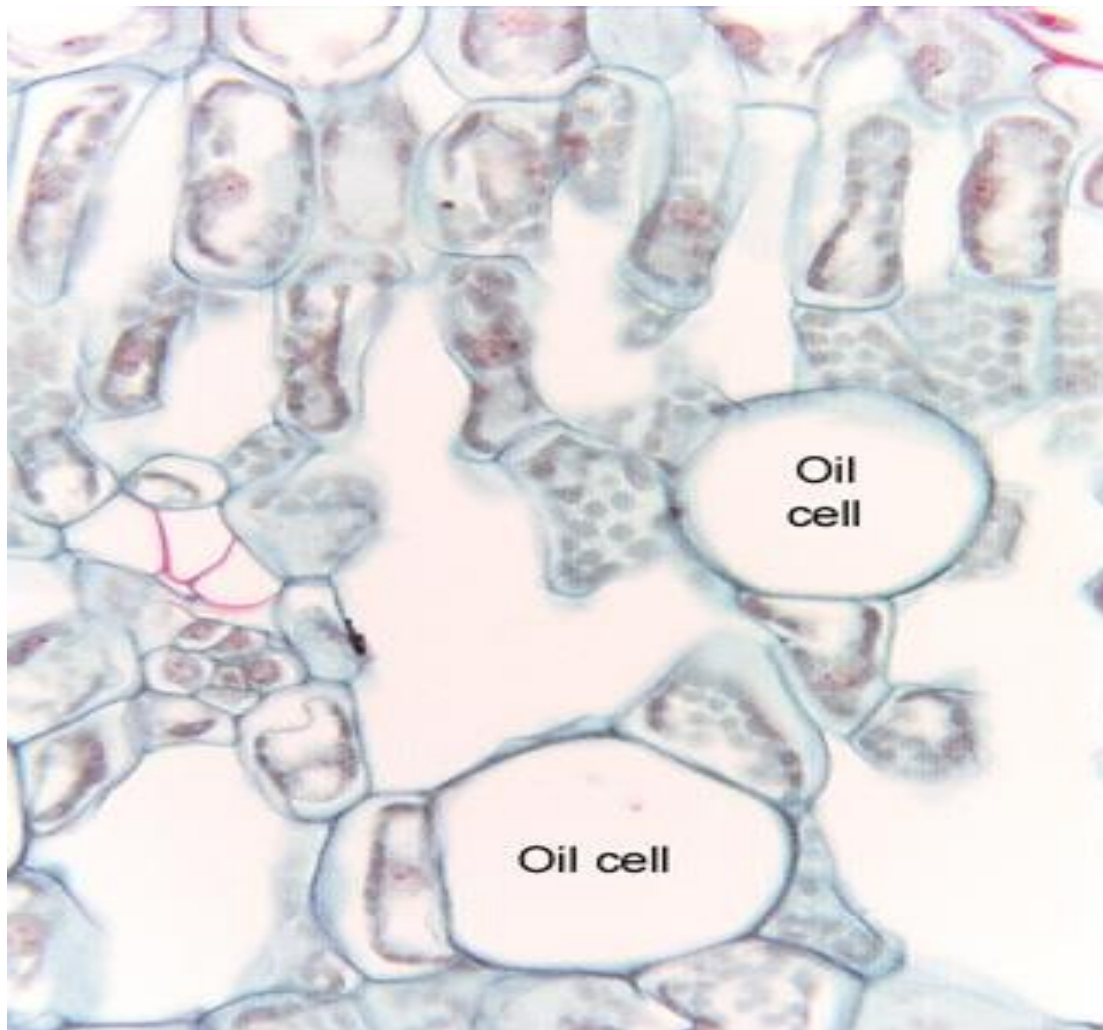
وتشمل الخلايا الحاوية على مواد مختلفة مثل التانينات والبلورات وتسمى خلايا متميزة Idioblasts. راجع محتويات الخلية غير البوتوبلازمية (شكل 120).

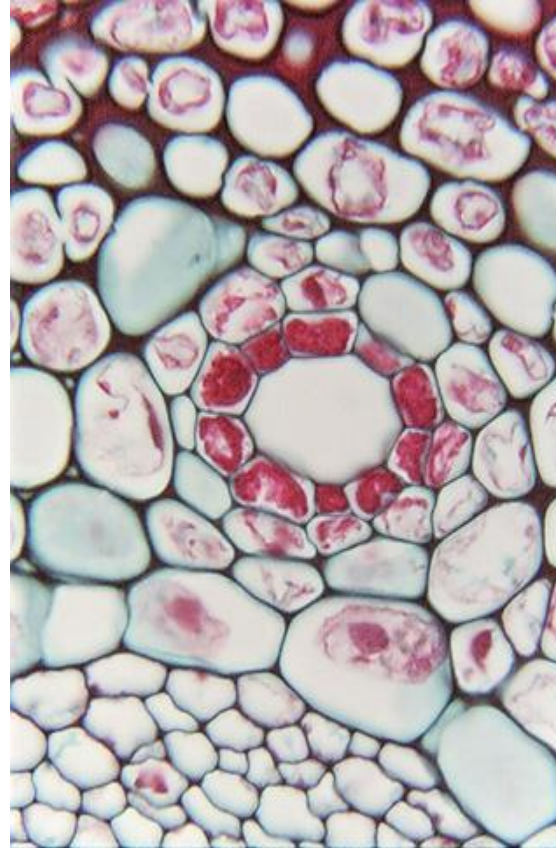
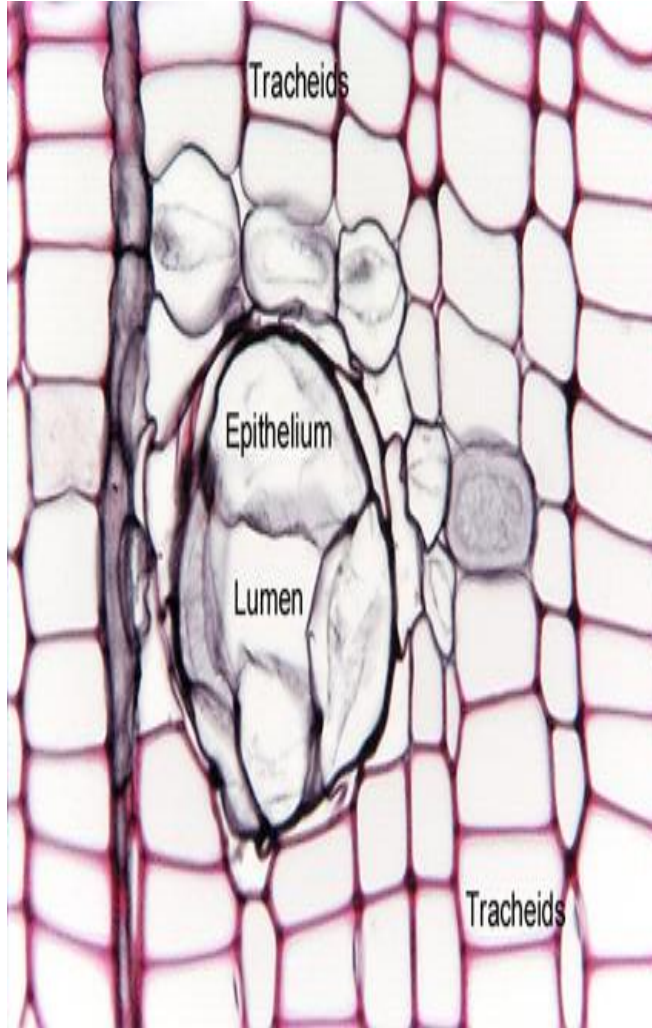


مواد مخاطية في بين خلايا نبات الصبار



مواد مخاطية في خلايا نبات الصبار





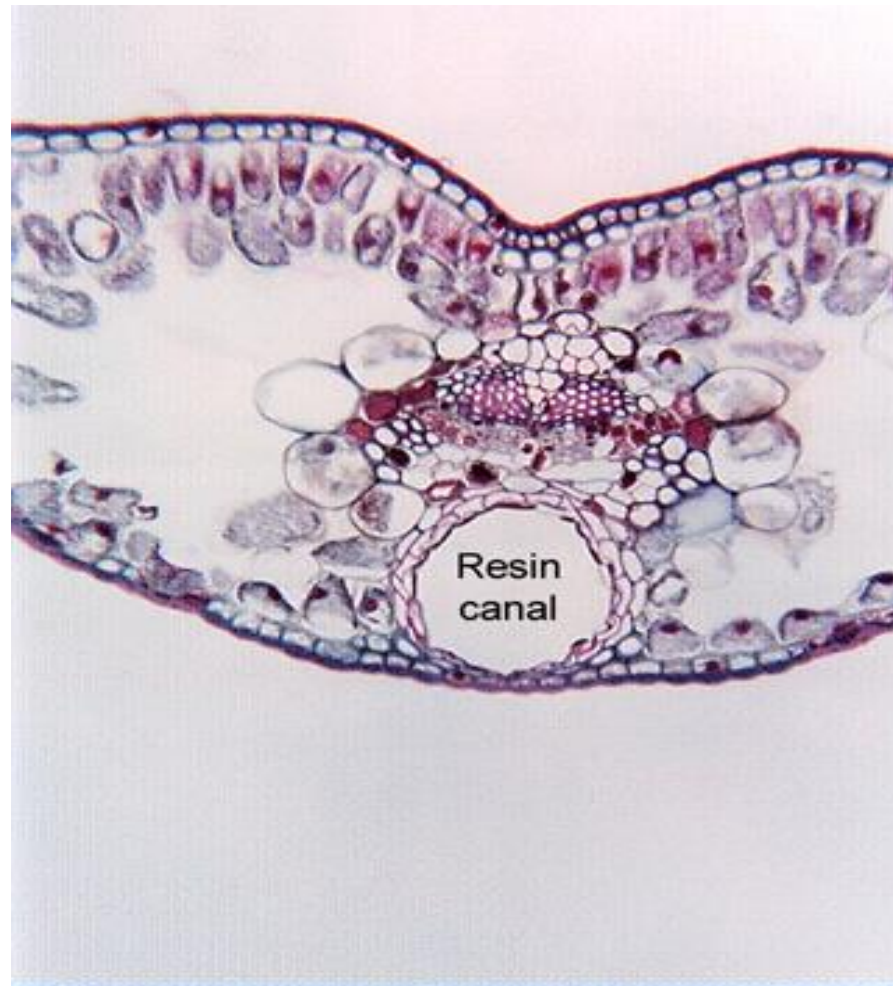
2. تجاويف وقنوات إفرازية

Secretory cavities & canals

وتقسم هذه التجاويف أو القنوات حسب طبيعة تكوينها إلى:
أ. تجاويف انشطارية

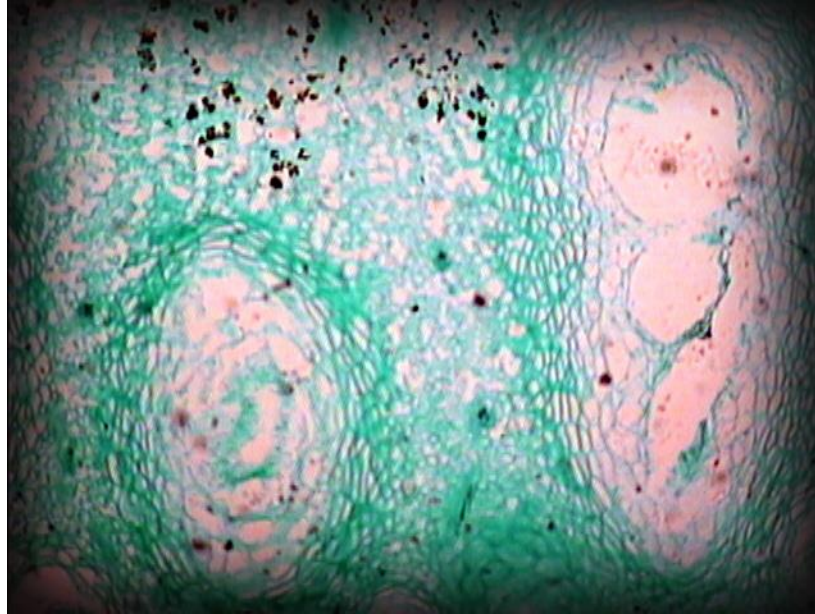
Schizogenous cavities

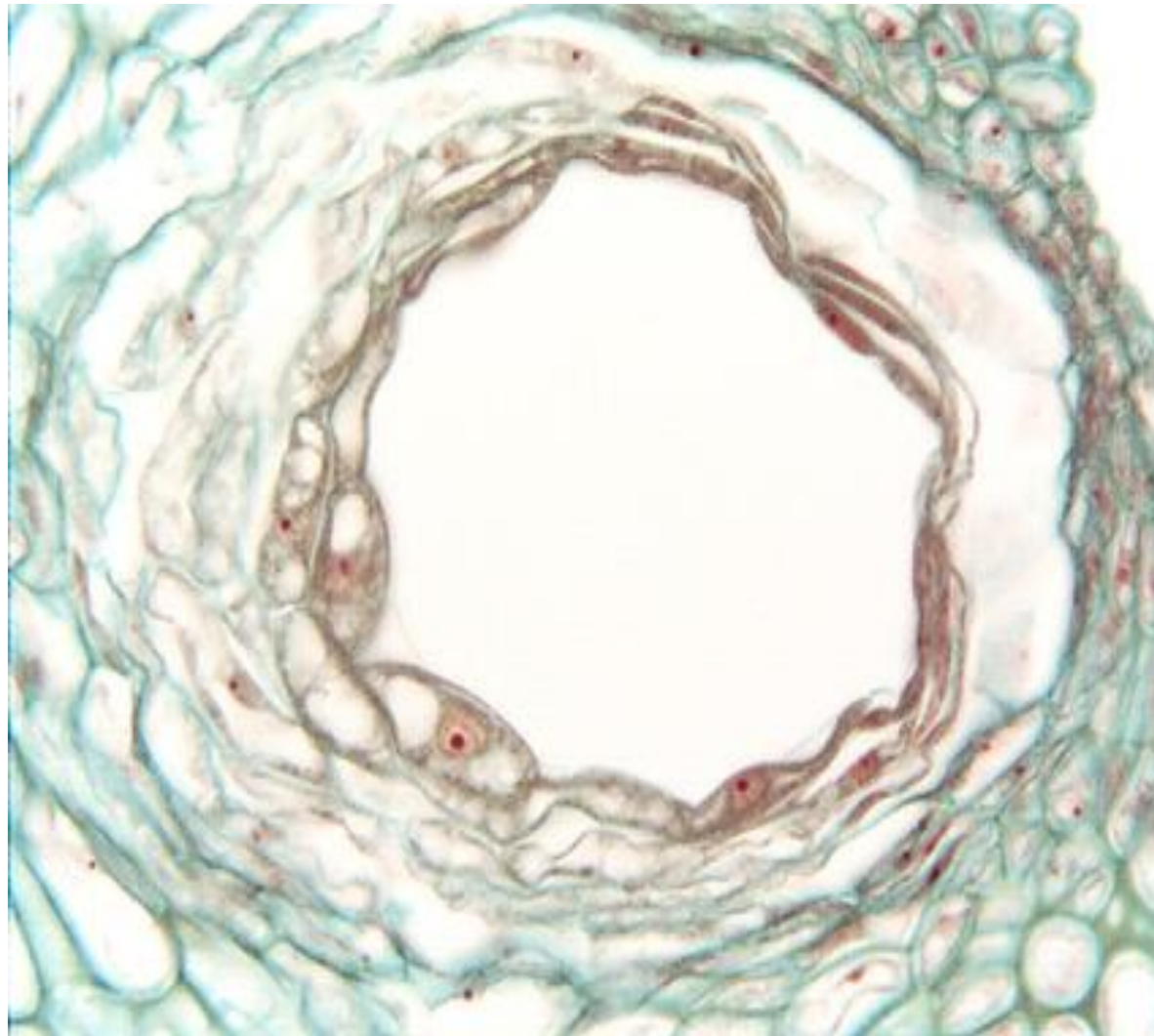
وتنتج من تباعد جدر الخلايا وانشطارها عند تكوين المسافات البينية كالقنوات الراتنجية في نبات الصنوبر (شكل 121: أ).

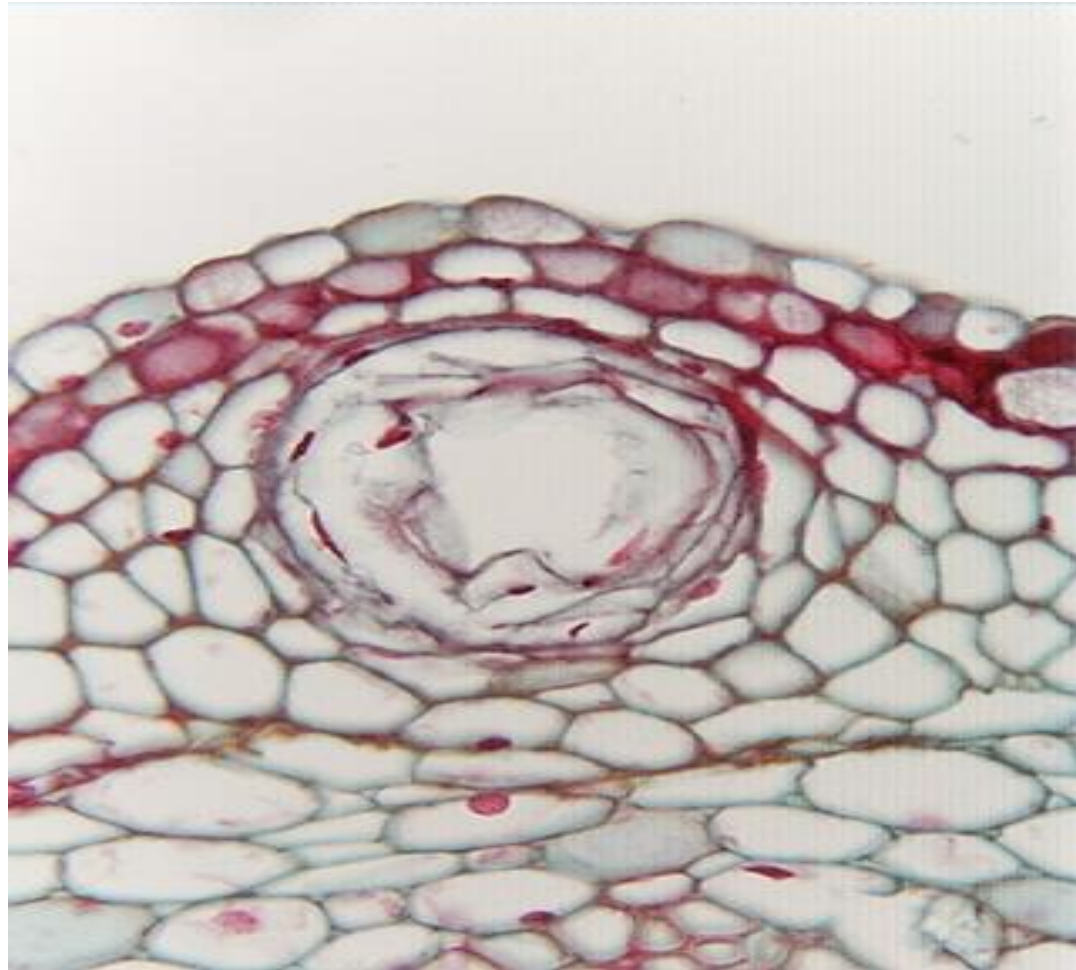


ب. تجاوزيف انقراضية Lysigenous cavities

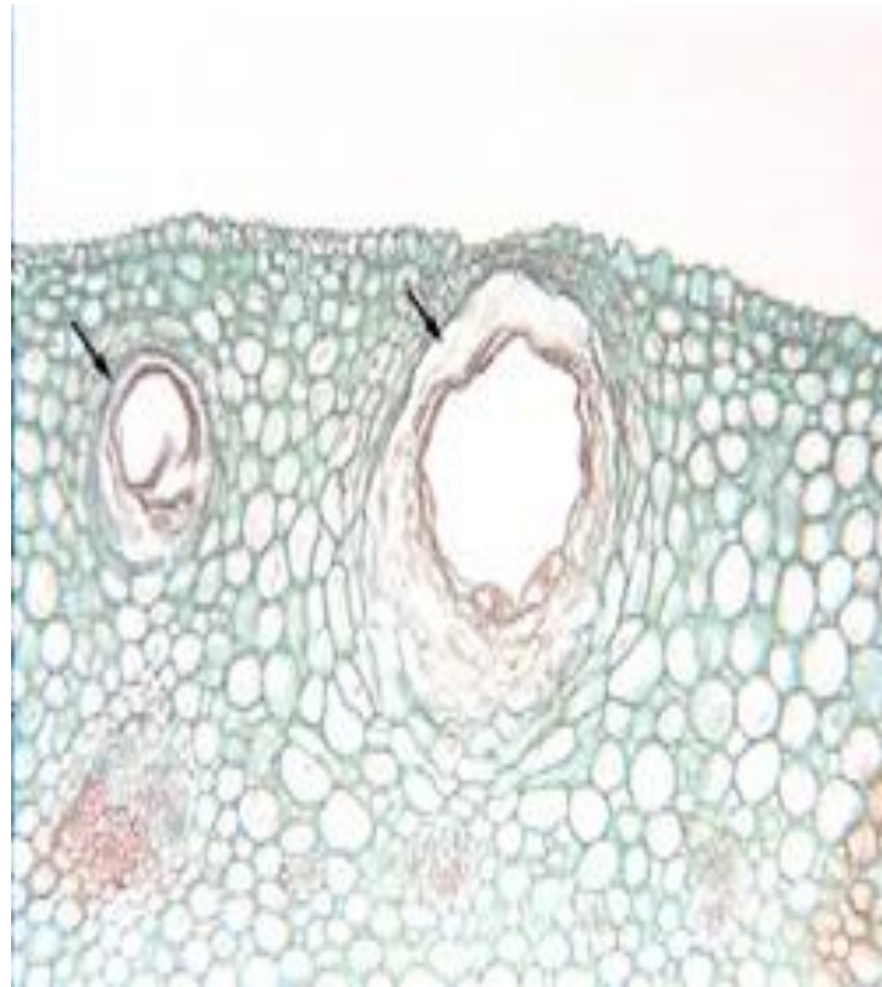
وتتكون نتيجة لتمزق بعض الخلايا تاركة فراغاً يمثل القناة مثل القنوات الزيتية في الحامل الزهري لنبات القرنفل أو ساق نبات الكيبية. وقد تتكون هذه القنوات نتيجة لبعض الجروح في النبات والتي تعرف بقنوات راتنجية Traumatic resin ducts ومنها ما يعرف بعروق كينو Kino veins الموجودة في نبات الكافور والناجمة من تأثير الجروح أو الأمراض الفطرية. وهي قنوات تحتوي على فينولات مثل المواد الدباغية وتبطن من الداخل بعدة طبقات من الخلايا الإنشائية (إيفرت Evert ، 2006) (شكل 121: ب).







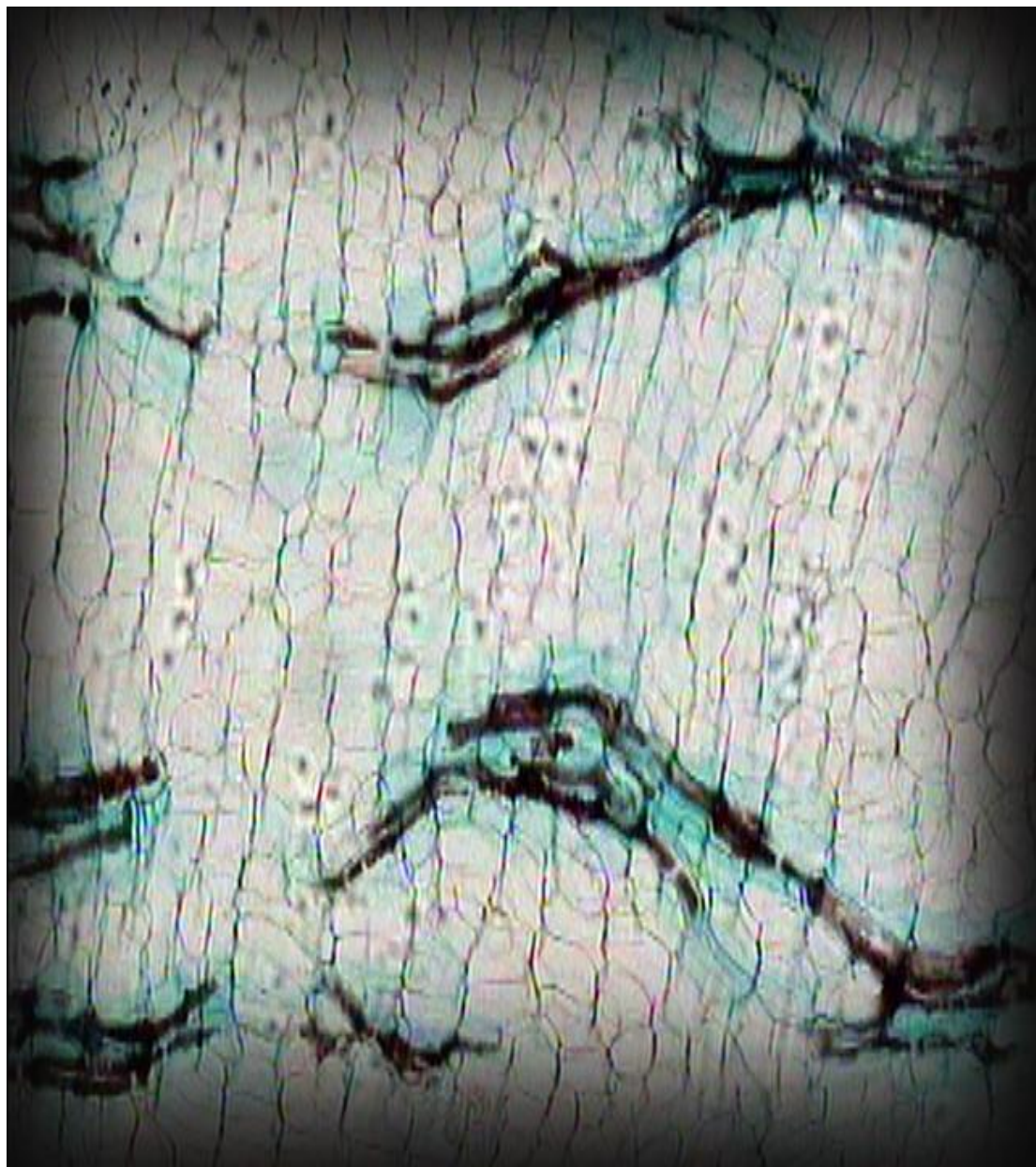




القنوات اللبنية Laticifers

وهي خلايا، أو مجموعة خلايا التحمت مع بعضها البعض . تحوي مادة اللبن النباتي . Latex لتكون جهازاً واحداً يخترق معظم الأنسجة في جسم النبات.

واللبن النباتي غالباً ما يكون ذو لون أبيض، يتكون من مواد مختلفة كالمواد النشوية والأحماض العضوية والأملاح والتانينات والراتنجات والكافور والمطاط. ويقال بأن وظيفة اللبن النباتي نقل المواد الغذائية، أو أنها مواد تخزينية، أو أن لها علاقة في حفظ توازن الماء في النبات والأقرب إلى الصحيح أنها جزء من التراكيب الإفرازية، ولا يستبعد وجود أكثر من وظيفة لهذه التراكيب ومحتوياتها. ويوجد اللبن النباتي في حوالي 22 فصيلة أو حوالي 12500 نوع لحوالي 900 جنس نباتي معظمها نباتات ذوات فلتتين والقليل منها نباتات ذوات فلتة واحدة (متكالف Metcalfe، 1983) (شكل 122).

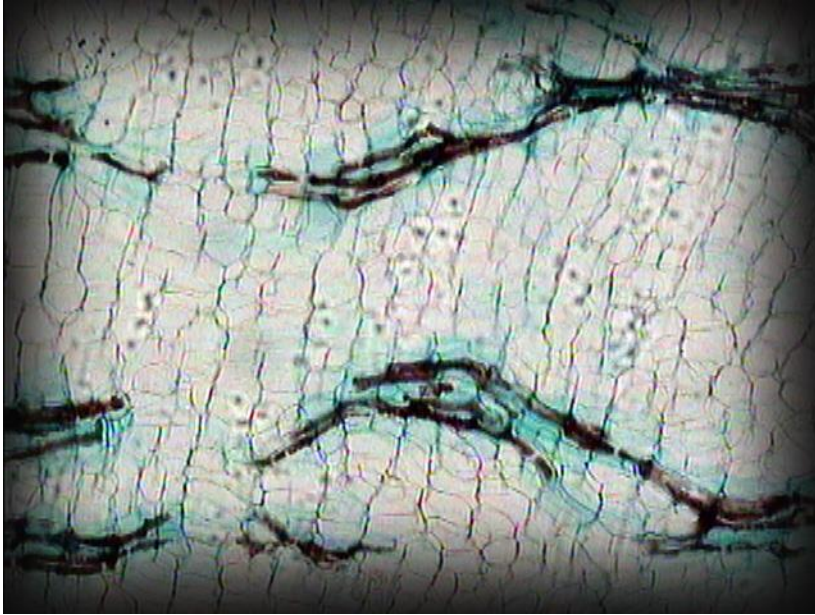


وتنقسم هذه
القنوات اللبنية حسب
تركيبها إلى:

1 - قنوات لبنية

بسيطة:

وهي الخلايا
الفردية التي تحتوي على
مادة اللبن النباتي مثل
بنت القنصل
Euphorbia sp.
(شكل 122 : أ).



2 . قنوات لبنية مركبة:

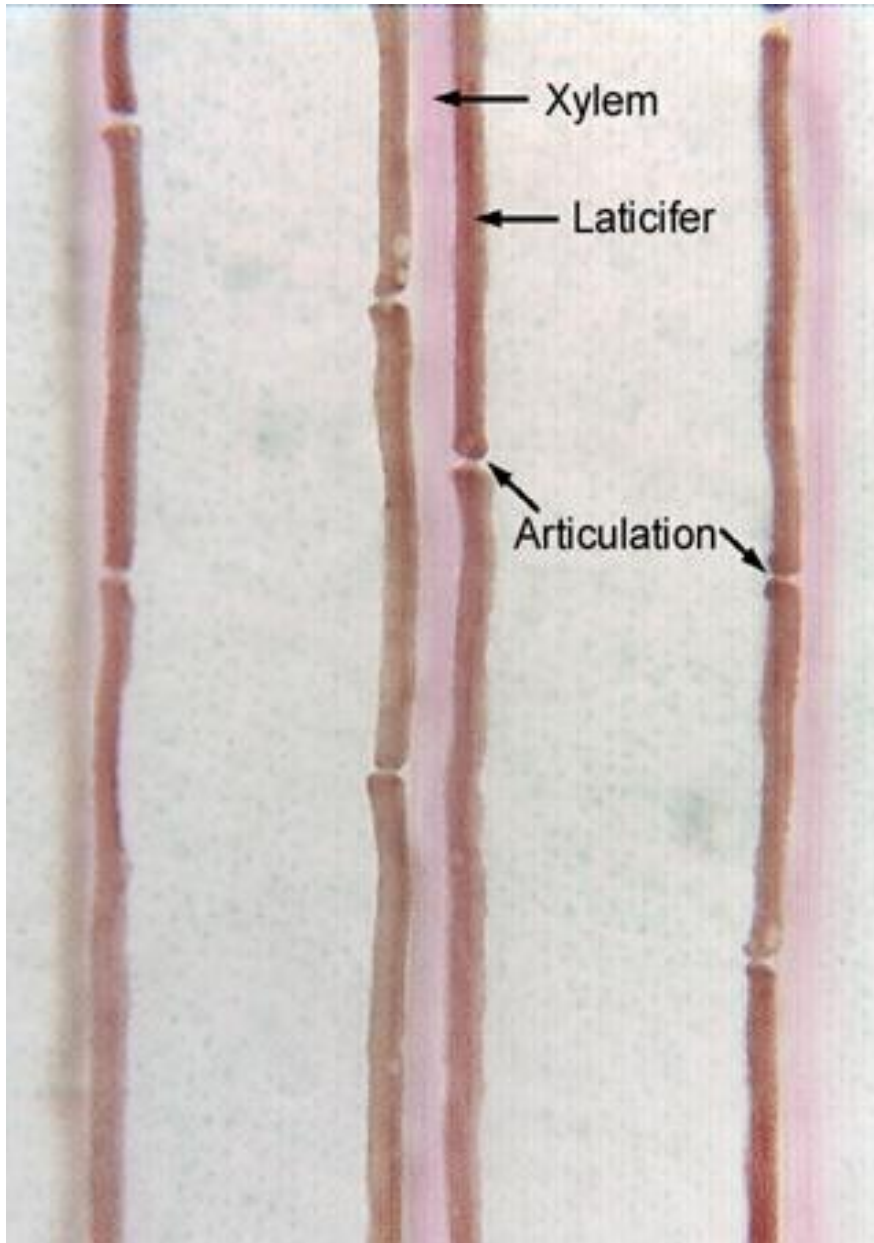
وتتكون من اتصال عدة خلايا مع بعضها البعض بزوال أو تثقيب جدرانها المستعرضة مثل نباتات الخس *Lactuca* (شكل 122: ب).

وقد وجد أن كل من القنوات اللبية البسيطة أو المركبة تكون متفرعة أو غير متفرعة والتقسيم الشائع لهذه القنوات الإفرازية اللبية كما يلي:

أ . قنوات لبنية مفصلية

Articulate laticifers

وهي خلايا طويلة متحدة مع بعضها البعض، والجدر العرضية إما أن تكون مثقبة أو زائلة تماماً، وقد تكون متفرعة أو غير متفرعة كالموجودة في نباتات الموز والعليق والخس والخشخاش (شكل 122: ب).





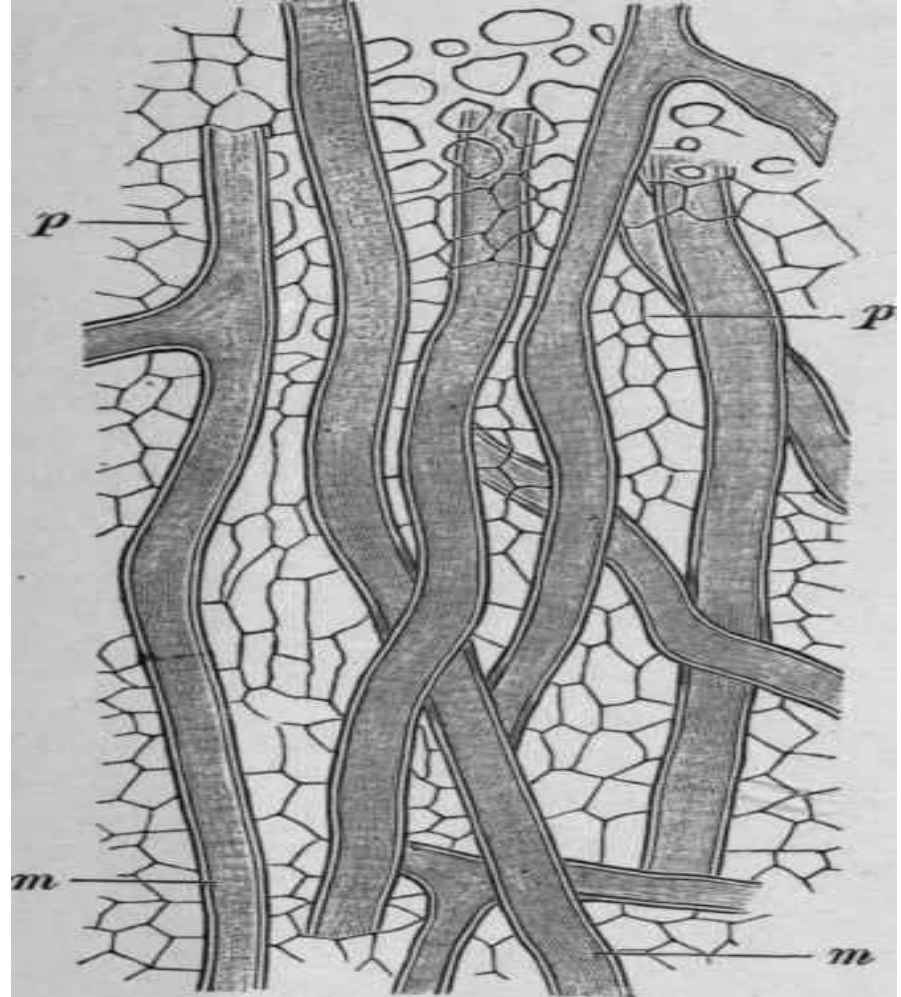
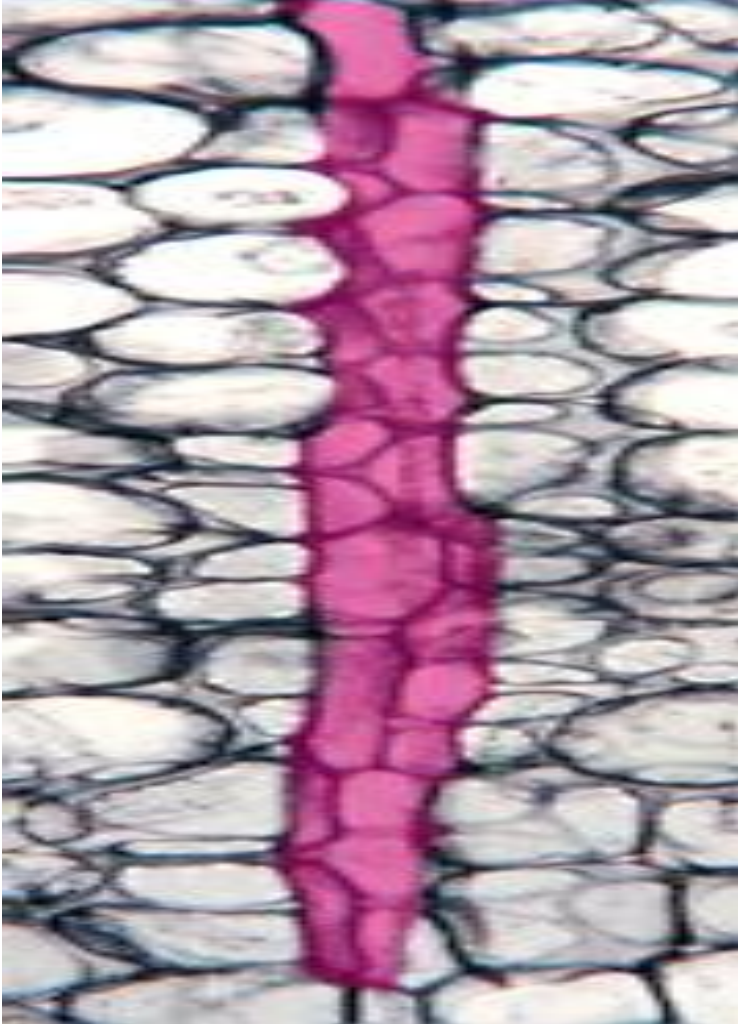
ب . قنوات لبنية غير مفصلية

Non- Articulate laticifers

وتتكون القناة من خلية واحدة
تمتد في النبات إلى مسافات كبيرة
عن طريق استطالة الخلية وقد
تكون هذه القنوات متفرعة أو غير
متفرعة كما في نباتات بنت
القنصل *Euphorbia*.
(شكل 122 : أ).

ب . قنوات لبنية غير مفصلية Non- Articulate laticifers

وتتكون القناة من خلية واحدة تمتد في النبات إلى مسافات كبيرة عن طريق استطالة الخلية وقد تكون هذه القنوات متفرعة أو غير متفرعة كما في نباتات بنت القنصل *Euphorbia*.
(شكل 122 : أ).

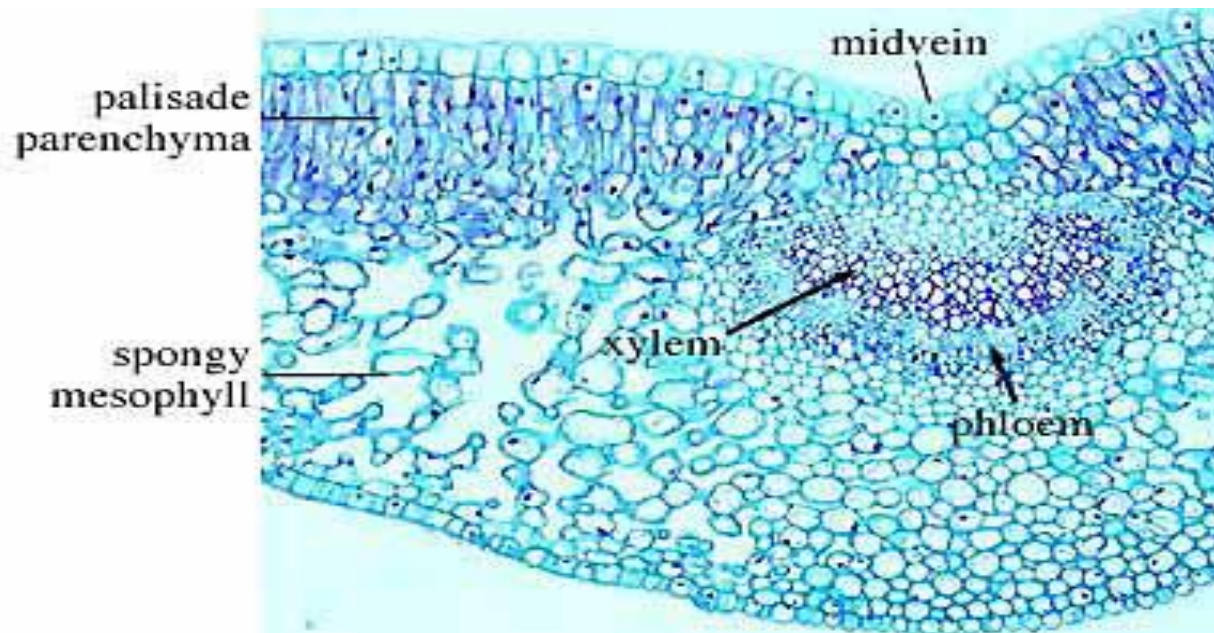
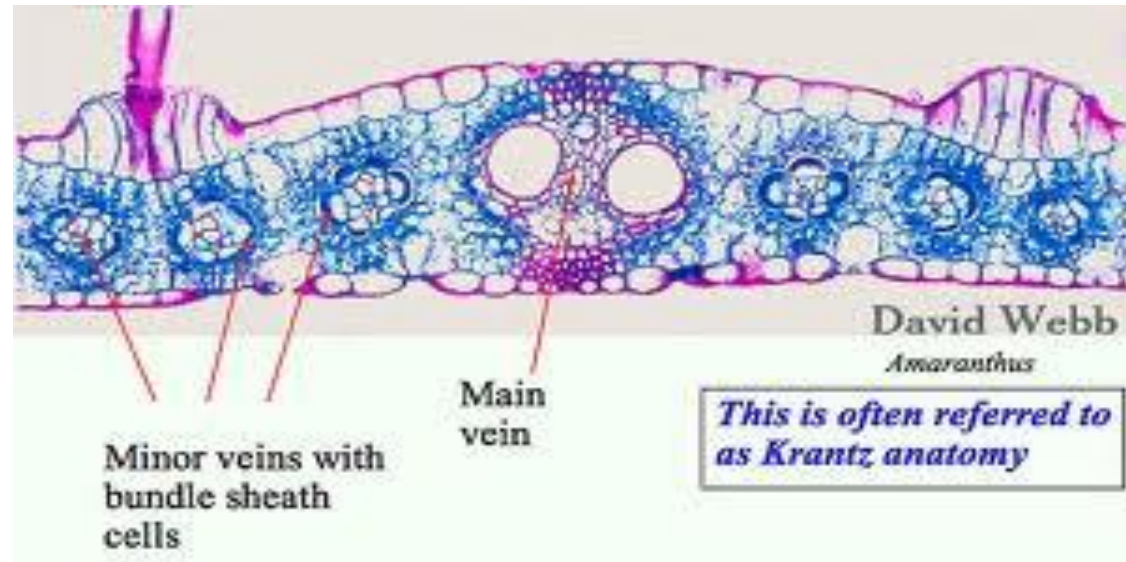


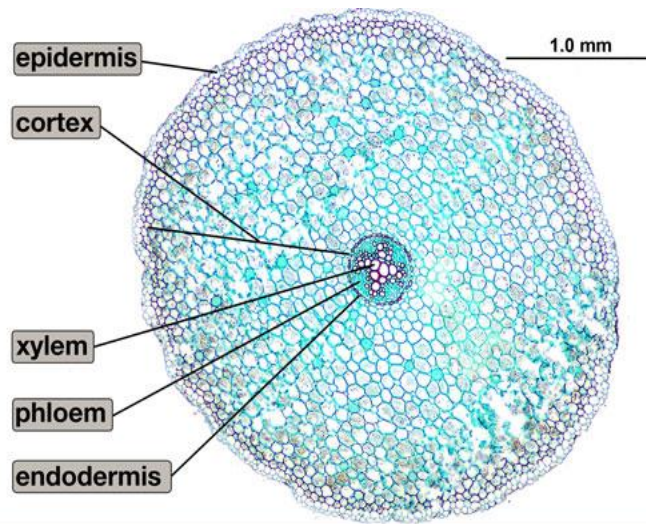
التركيب الداخلي للنبات وعلاقته بالبيئة

يلعب الماء دوراً هاماً في توزيع النباتات في العالم
ويعتبر أهم عوامل البيئة المحددة لهذا التوزيع وبناء على
ذلك تقسم النباتات إلى ثلاثة أقسام رئيسية حسب
احتياجها للماء هي النباتات المتوسطة والنباتات الجفافية
والنباتات المائية. وهناك نباتات أخرى ملحية ومتطفلة
ومترمة، بالإضافة إلى نباتات عالقة وأخرى تنمو في
الظل تعرف بنباتات الظل.

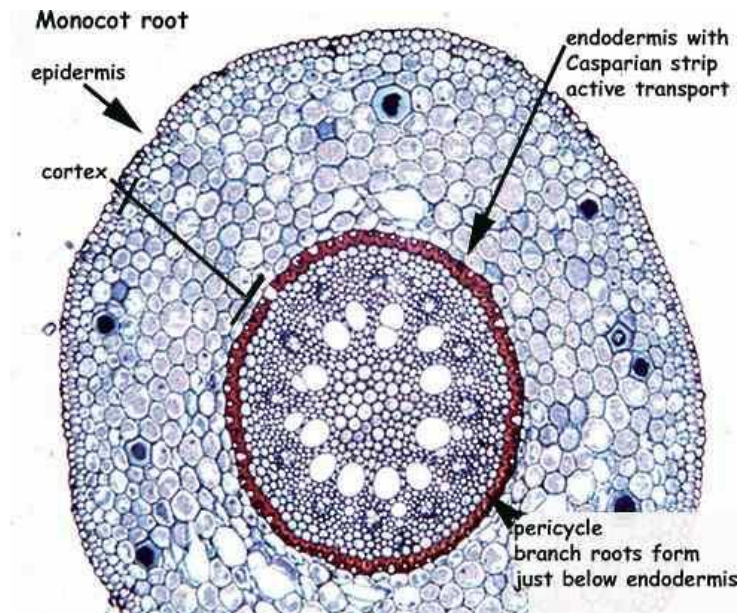
النباتات المتوسطة Mesophytes

وهي النباتات التي تنمو في بيئة محتواها المائي متوسط أو أمثل وتمثل في معظم النباتات المزروعة والاقتصادية وبعض نباتات المناطق المعتدلة وأجزاء من المناطق الاستوائية، وهذه المناطق من البيئة محتواها المائي متوسط أو أمثل. ومن الأمثلة على هذه النباتات القطن، دوار الشمس والبرسيم والذرة والقمح. وتراكيبها الداخلية تتلاءم وهذا المحتوى المائي المتوسط حيث أنها تعيش في ظروف وسطية من ماء ودرجة حرارة وتربة. وهذه التراكيب تعتبر نماذج وسطية في صفاتها التشريحية عند مقارنتها بنباتات المناطق الأخرى التي تعيش في ظروف غير عادية، (راجع التراكيب الداخلية لكل من الساق والورقة والجذر).





***Ranunculus* root c.s.**



النباتات الجافة (الجفافية) Xerophytes

وتتميز هذه النباتات بقدرتها على مقاومة الجفاف والنمو في أماكن جافة Arid أو شبه جافة Semi-arid، وتختلف هذه النباتات عن الوسطية من الناحيتين الفسيولوجية والتركيبية ومع أن الأعضاء والأنسجة الداخلية لا يتغير تركيبها كثيراً إلا أنها ذات فعالية كبيرة من الناحية الوظيفية ومن هذه الاختلافات مايلي:

أ . تتميز النباتات الجفافية بمجموع جذري كبير الحجم متعمق في التربة أو منتشر سطحياً أو كلاهما ليتمكن من امتصاص كمية كبيرة من الماء مثل نبات الزيتون.

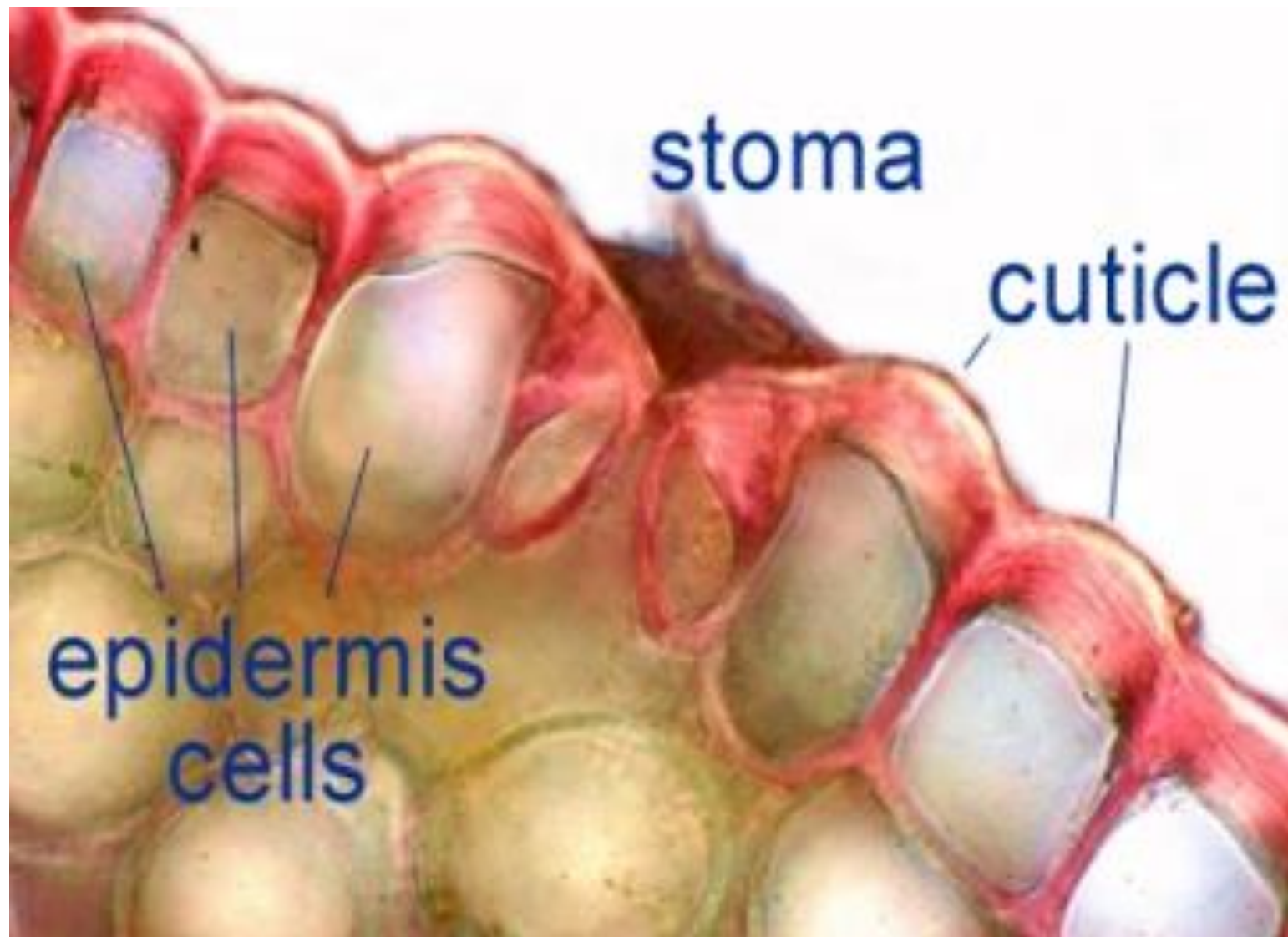
ب . تتميز الخلايا بضغط إسموزي عال . لزيادة المقدرة على امتصاص الماء حتى من التربة الملحية وكذلك قدرة هذه الخلايا على مقاومة الأثر السام للمحلول الملحي . أما التحورات التركيبية والتي تهدف إلى التقليل من فقد الماء الممتص منها:

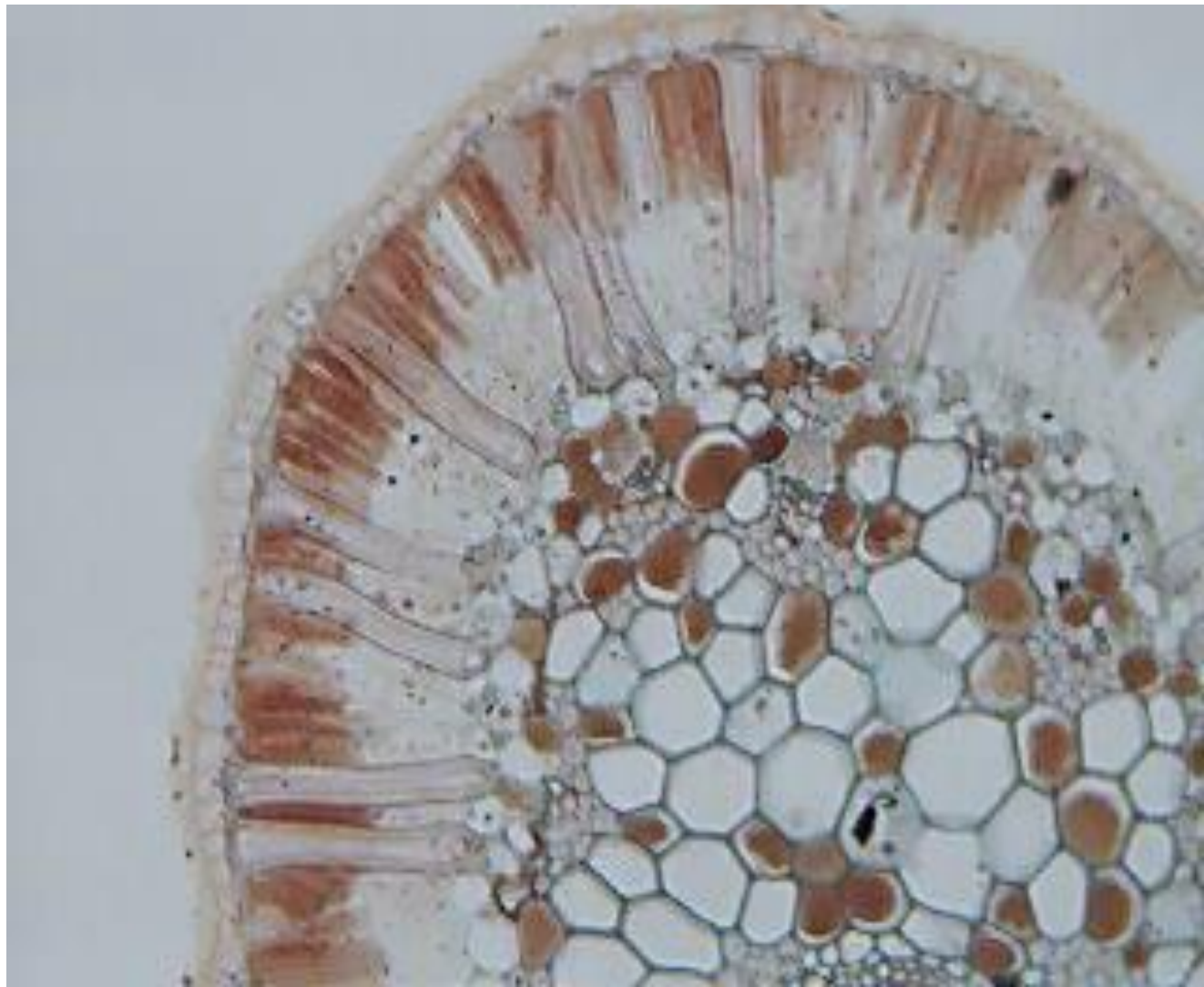
1 . التلجنن والتأدم

تتميز النباتات الجفافية بأدمة سميكة جداً بمقارنتها بالنباتات المتوسطة . قد تصل إلى سمك جدار الخلية الخارجي أو تزيد ويصحب ذلك نفاذ مادة الكيوتين إلى الجدران القطرية للبشرة وأحياناً قد تترسب على جدر الخلايا العمادية الموالية للبشرة وبجانب الأدمة قد تترسب كمية كبيرة من مادة اللجنين على جدر خلايا البشرة وقد يصل ترسب اللجنين إلى الخلايا العمادية التي تقع تحت البشرة أو المحيطة بالغرف تحت الثغرية. وقد يتكون في كثير من الأحيان طبقة من الشمع تغطي البشرة كما في ورقة السيكاس كما أن بعض النباتات تفرز كمية كبيرة من الشمع خارج البشرة مما يجعلها ذات قيمة تجارية مثل نخيل الشمع ذات الأوراق الجلدية *Copernica* وشجرة الشمع *Cycas* (شكل 136).

2 . النسيج السكرنشييمي:

يتكون عادة تحت البشرة خلايا اسكرنشييمية وإضافة إلى ذلك يتكون نسيج دعامي من ألياف أو خلايا حجرية بين تحت البشرة والنسيج الوسطي ليحمي النسيج الوسطي . مثل البانكسيا *Banksia* والملاكوفيلاس *Malacophyllus* أو تتكون أشرطة متوازية تحت البشرة من خلايا حجرية أو ألياف كما في ورقة نبات الهاكيا *Hakea* (شكل 137).





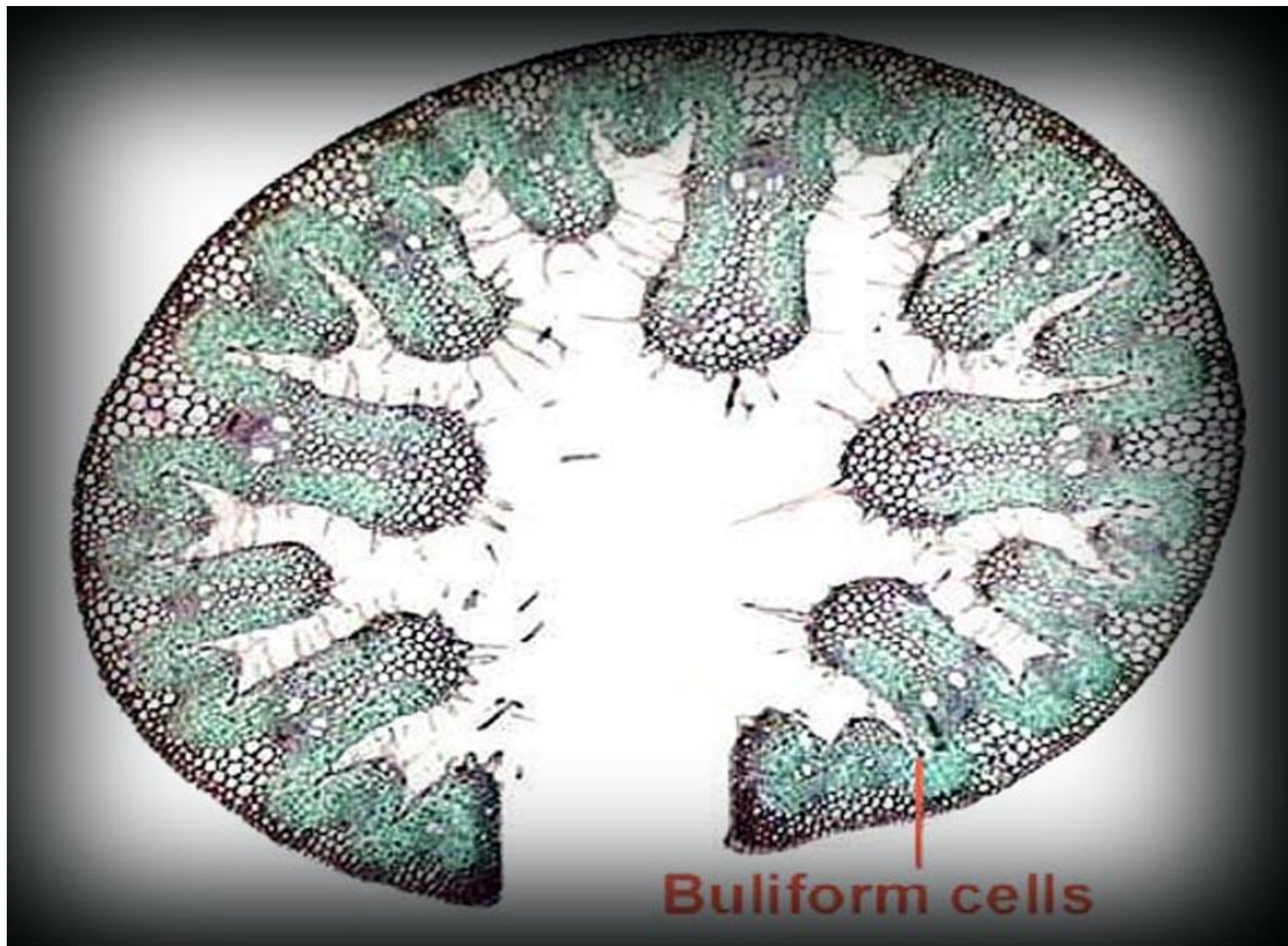
3 . الشعيرات

تساعد الشعيرات الموجودة على سطح النبات على إعاقه مرور الهواء مباشرة لسطح النبات إذ أن وجودها يمنع أو يقلل من سرعة النتح خلال الثغور وقد تتجمع هذه الشعيرات قرب الثغور أو تنتشر على سطح الورقة وهذا التركيب يمنع فقد الماء من النباتات وخاصة في مناطق الألب المعرضة للرياح الشديدة. وتوصف النباتات التي تغطي أوراقها بشعيرات كثيفة بالمشعره. مثل نباتات السلفيا *Salvia* (شكل 138).

4 . إلتفاف الأوراق

تلتف الأوراق في بعض النباتات الجفافيه التفافاً تاماً تحت ظروف الجفاف ومن أمثلتها الحشائش الصحراوية وتقع الثغور داخل الإلتفاف ويكون الإلتفاف ناحية تواجد الثغور سواءً وجدت على السطح العلوي أو السفلي حيث أن الثغور دائماً توجد على سطح واحد وبذلك تكون الثغور محمية مما يعيق حركة الهواء فوق المساحات الثغرية مثل نبات قصب الرمال *Ammophila* ونبات الكازورينا *Casuarina* (شكل 139).





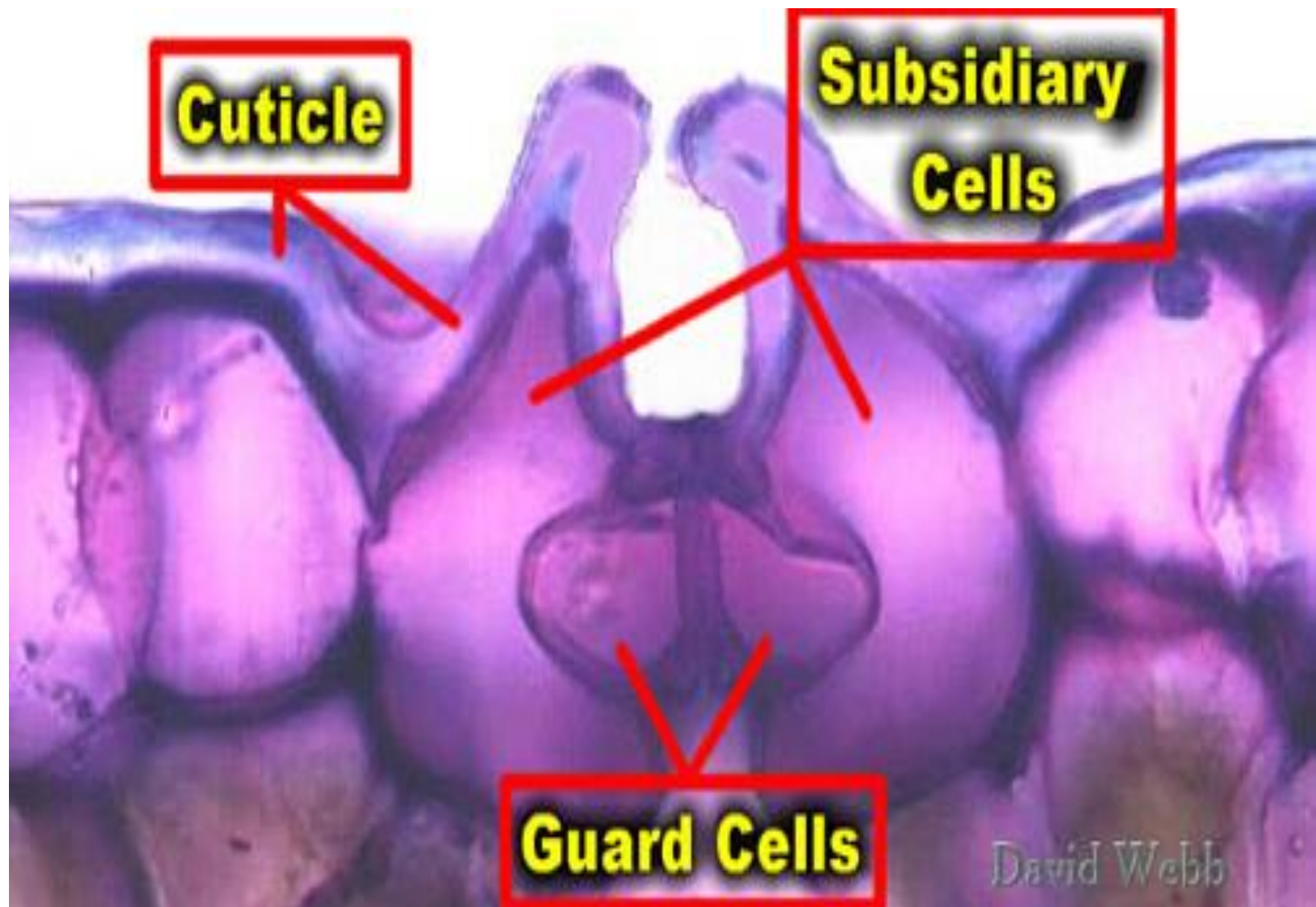
5 . تركيب الثغور

اختزال عدد الثغور في النباتات الجفافية يساعد على انخفاض النتح حيث أن ذلك لها أهمية كبيرة في النباتات الصحراوية كما أن التحور الكامل في تركيب الجهاز الثغري يقلل من النتح وذلك بانخفاض هذه الثغور عن سطح مستوى خلايا البشرة حيث تكون الخلايا الحارسة ذات شكل معين وترتيب خاص يجعلها تكون غرفة ثغرية متصلة بالثغر خلال فتحة ضيقة ويساعد هذا التركيب على عزل الثغر عن تيار الهواء المباشر كما في نبات الصنوبر *Pinus sp.* وقد تتجمع عدد من الثغور في تجويف كبير مزود بعدد كبير من الشعيرات كما في نبات الكازورينا والدفلة *Nerium* (شكل 140).

6 . اختزال سطح الورقة

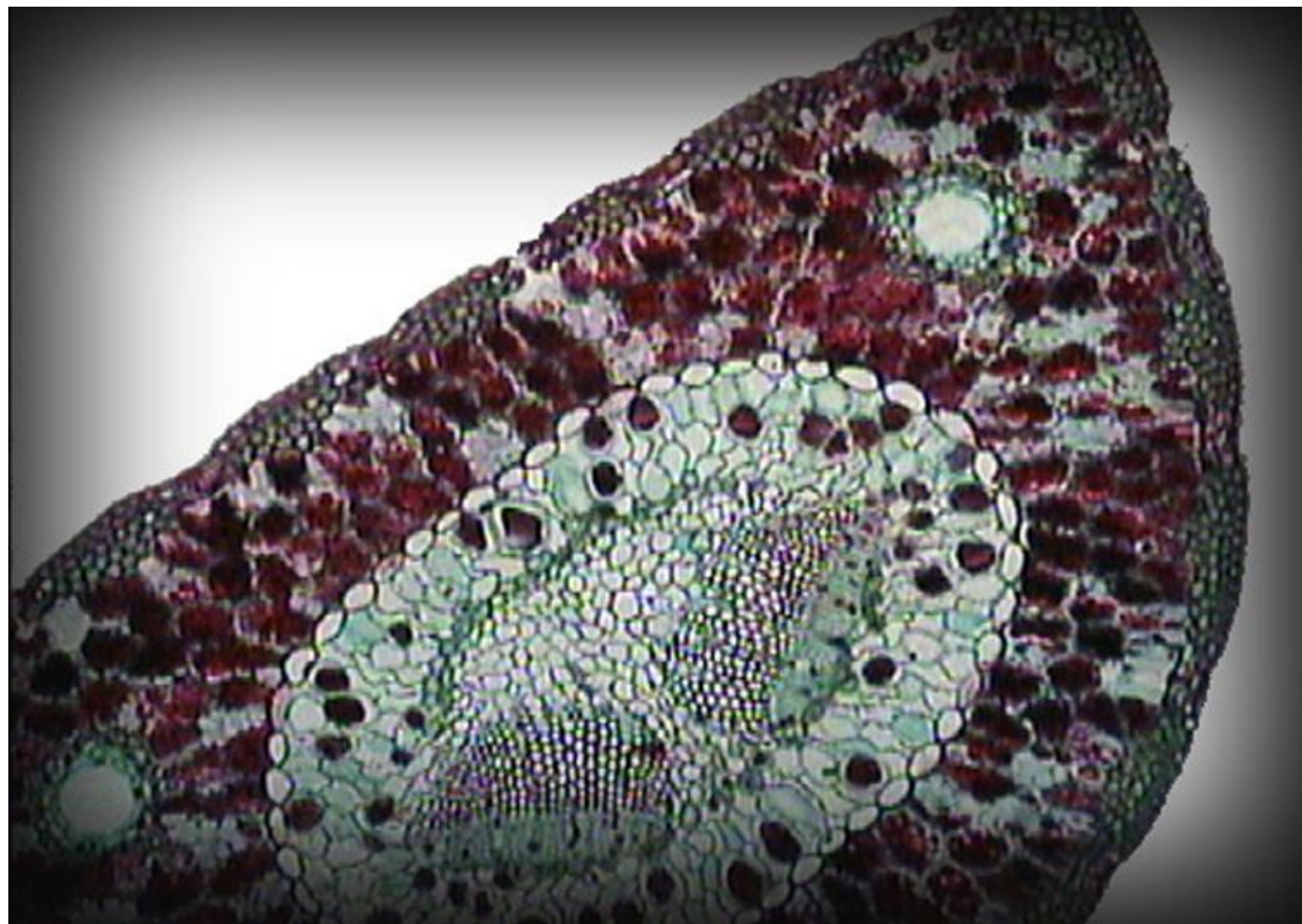
اختزال سطح الورقة يساعد جزئياً على الإقلال من كمية الماء المفقودة حيث أن السطح المعرض من جسم النبات (الأوراق) يكون صغيراً نسبياً عند مقارنته بمثيله من النباتات الوسطية وقد تكون أوراق هذا النبات صغيرة جداً أو تختفي في النبات البالغ أو تكون على هيئة حراشف صغيرة مثل نبات ذيل الحصان. والكازورينا والاسبرجس والعرفج والغضا والأرطي وفي معظم هذه النباتات صغيرة الأوراق أو المعدومة والتي على هيئة حراشف يكون التمثيل الضوئي عن طريق السيقان الخضراء (شكل 141).

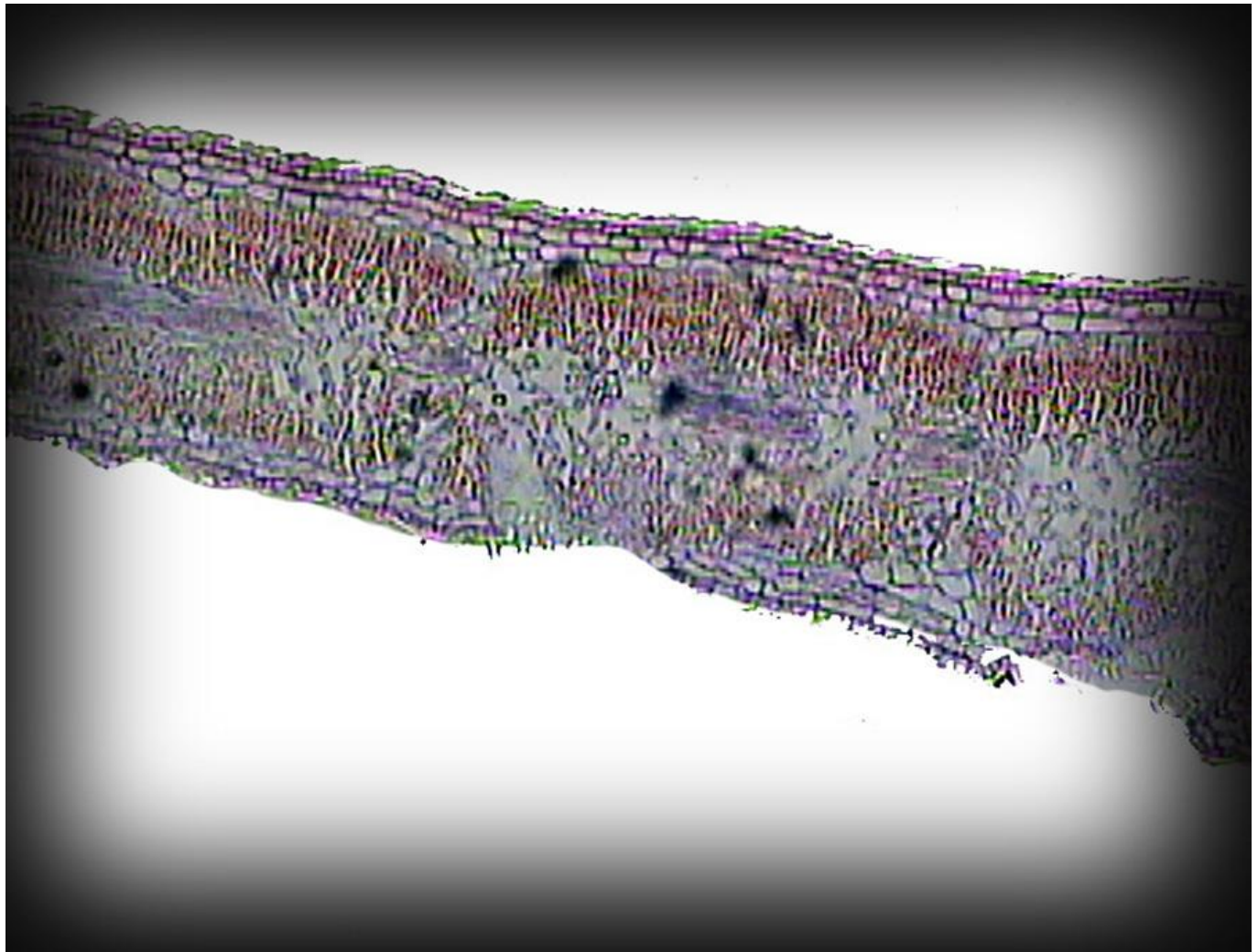
ومن النباتات الجفافية مجموعة يطلق عليها النباتات العصيرية الجفافية *Suculent plants* تتميز بوجود سيقان أو أوراق أو كلاهما لحمية كما تتميز بوجود أنسجة مميزة لتخزين الماء والمواد المخاطية وتقع هذه الأنسجة تحت البشريتين في الأوراق أو على جانبي الورقة أو في الوسط وهذه الأنسجة ذات خلايا كبيرة رقيقة الجدر. كما في ورقة نبات البجونيا *Begonia* ونبات الصبار والتين الشوكي (شكل 142).

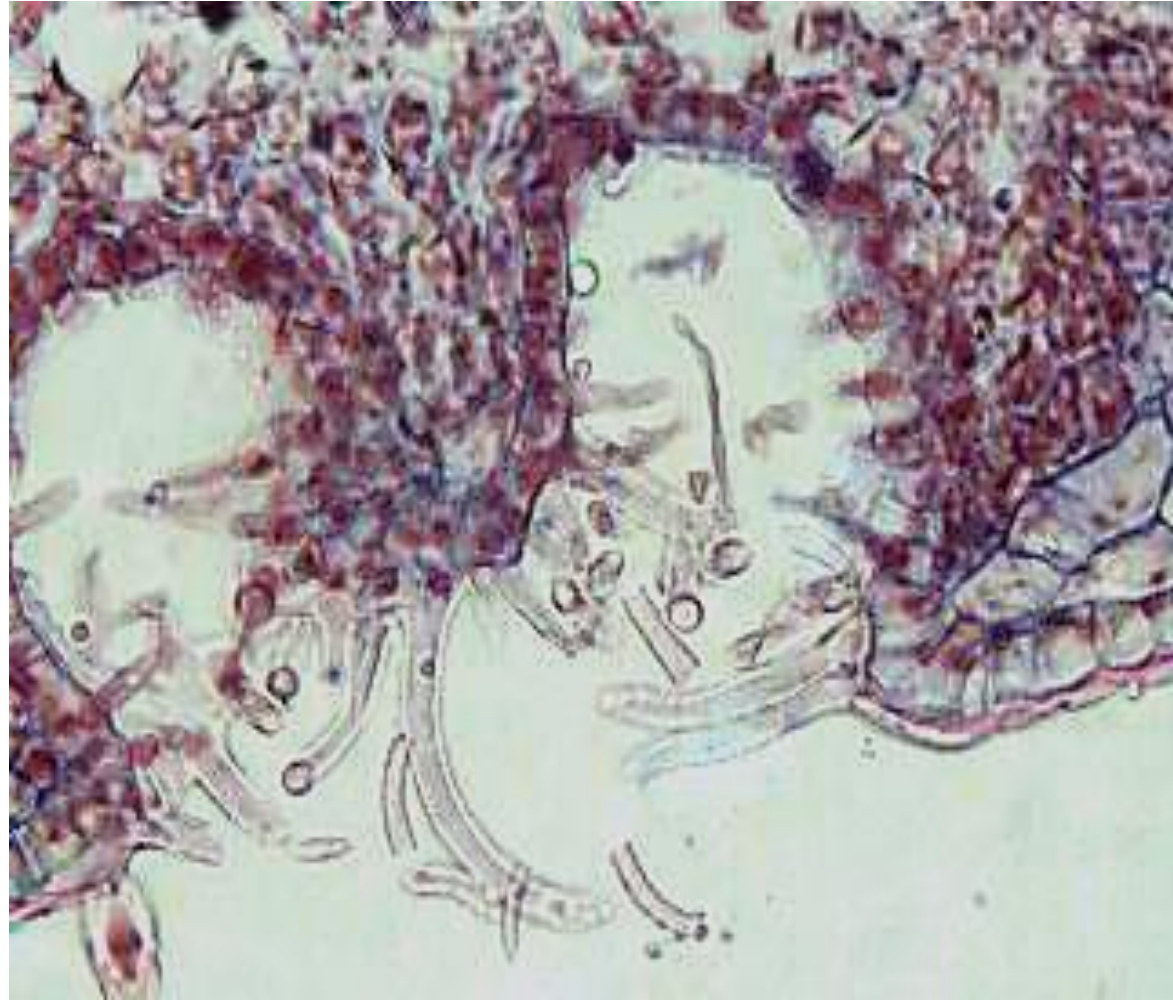


Thick
Cuticle









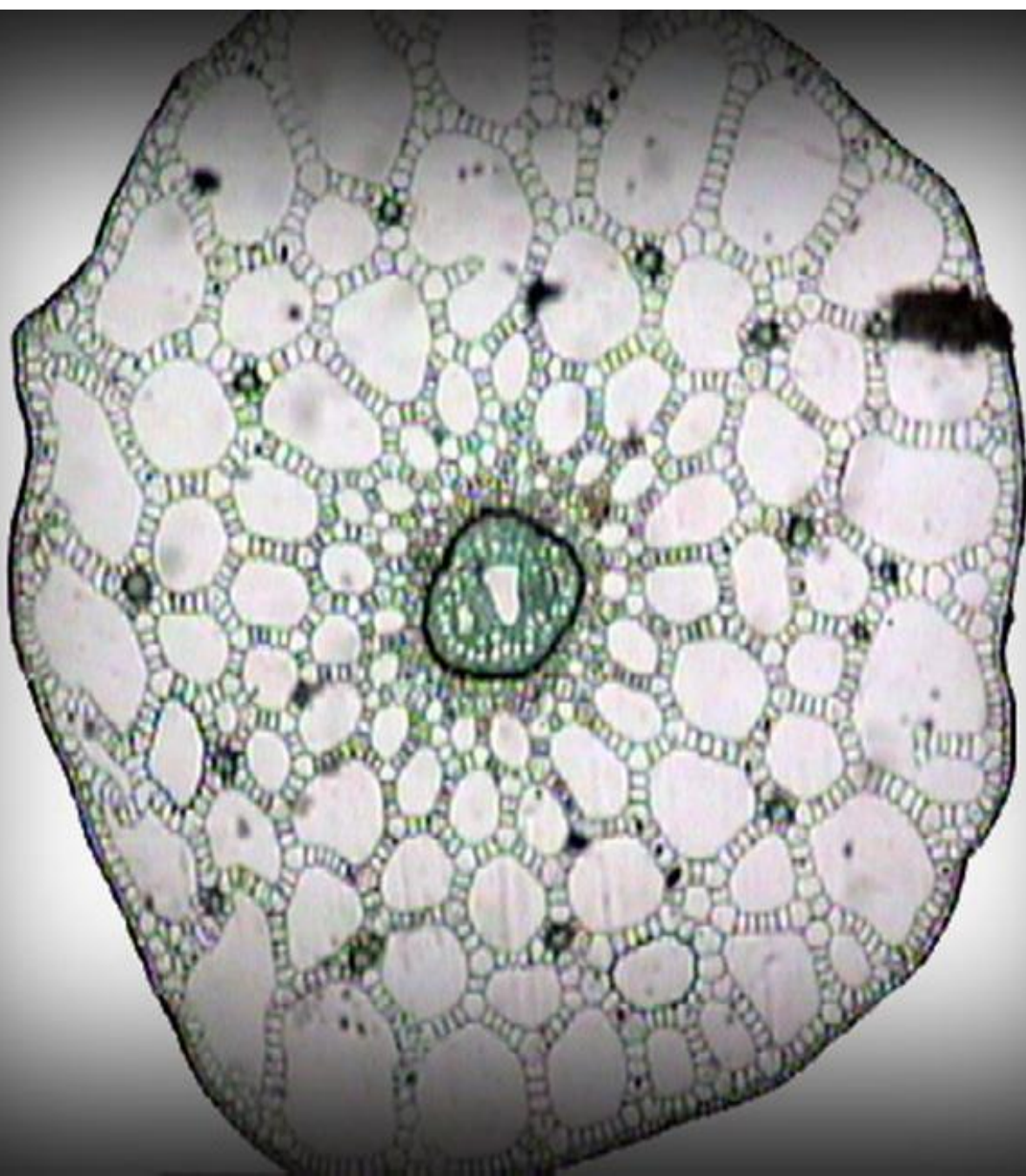
النباتات المائية Hydrophytes

توجد هذه النباتات في بيئة مائية إما أن تكون مغمورة Submerged أو طافية Floating أو أن يكون جزؤها السفلي مغموراً في الماء والأجزاء الأخرى هوائية وتسمى بالنباتات البرمائية Amphibious plants ولا يظهر على هذه النباتات تباين في تراكيبها الداخلية كما هو في النباتات الجفافية وذلك لانتظام البيئة المائية. والعوامل التي تؤثر على النباتات المائية أساساً هي درجة الحرارة ودرجة التركيز الأسموزي والتسمم. وتتميز هذه النباتات بالصفات التشريحية (شكل 143) التالية:

- اختزال الأنسجة الواقية مثل الشعيرات والبشرة الطباقية (البريديرم) والدعامية (النسيج الإسكلرنشيمي) والجهاز التوصيلي (الخشب) لعدم الحاجة إليها حيث أن امتصاص الماء يكون مباشراً عن طريق البشرة.

1. ضعف الجذور وعدم وجود الشعيرات الجذرية.

2. وجود مسافات بينية (غرف هوائية) متسعة حيث تخزن كمية كبيرة من الغازات ومن ثم يسمى بالنسيج الهوائي Aerenchyma وتساعد على الطفو خاصة في النباتات المغمورة والطافية.



4 - النسيج الوقائي أو البشرة في النباتات المائية تتخصص بامتصاص الماء والغازات والمواد المعدنية الذائبة مباشرة ولذلك فالبشرة في النباتات المائية تتميز بالصفات التالية:

أ . تغطي بأدمة رقيقة جداً.

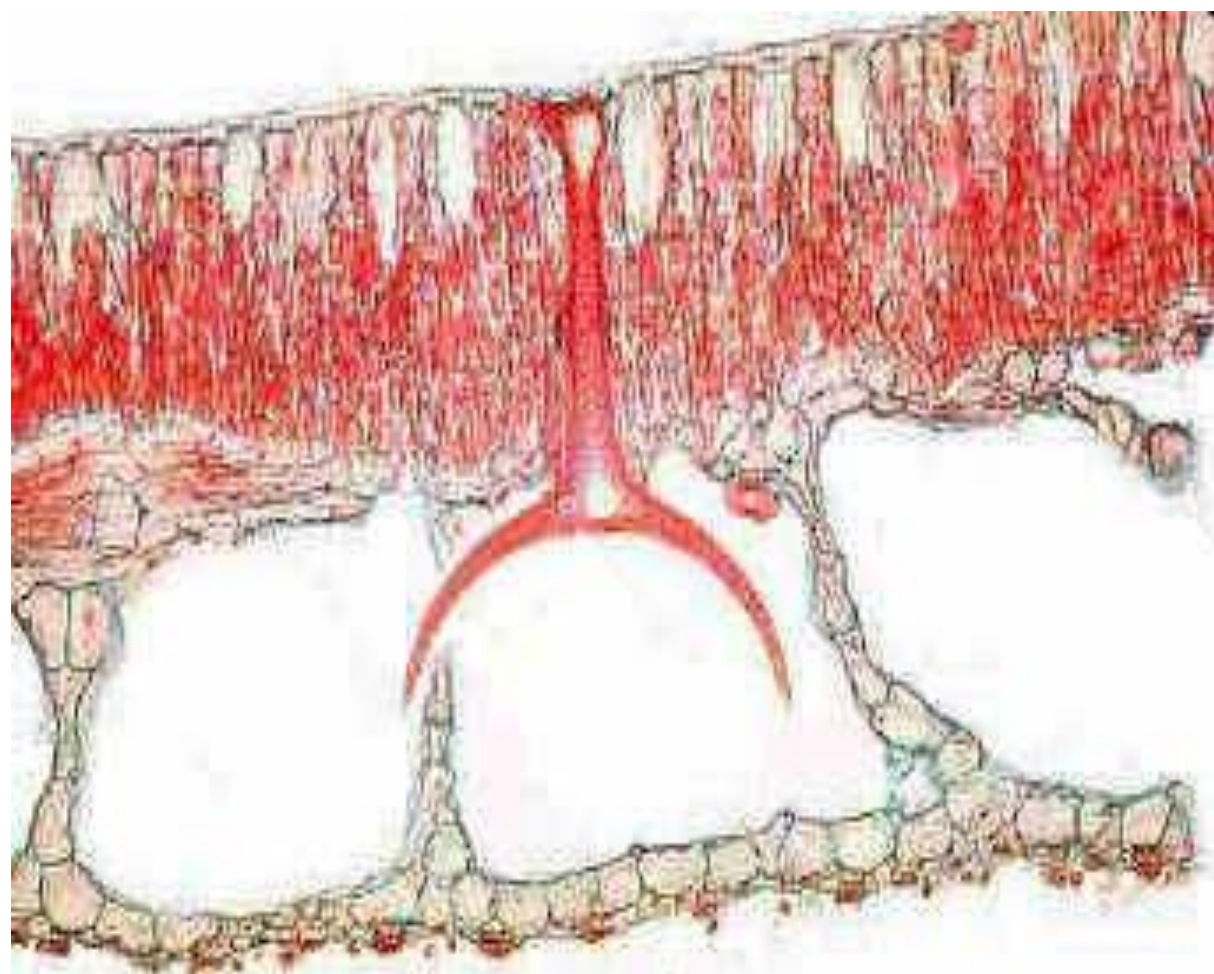
ب . خلايا البشرة ذات جدر سليولوزية رقيقة.

ج . تحتوي الخلايا على بلاستيدات خضر حيث تكون جزءاً من النسيج التمثيلي خصوصاً عندما تكون الورقة رقيقة جداً.

د . تكون الثغور ضعيفة التكوين في النباتات المغمورة أما في النباتات الطافية فتوجد الثغور على السطح العلوي.

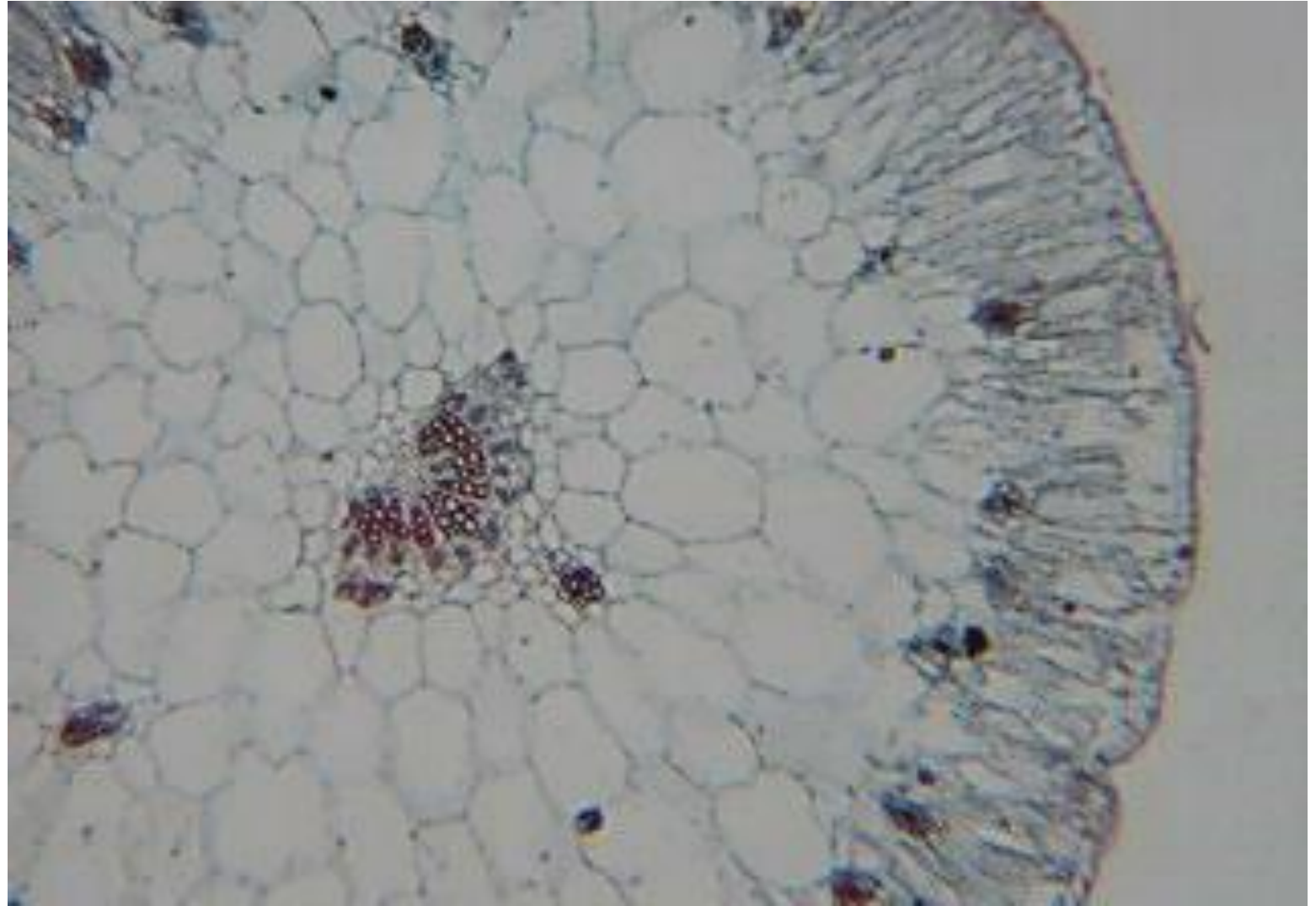
1. الأوراق عادة شريطية أو مجزأة لزيادة السطح الملامس للماء وتحمل الضغوط

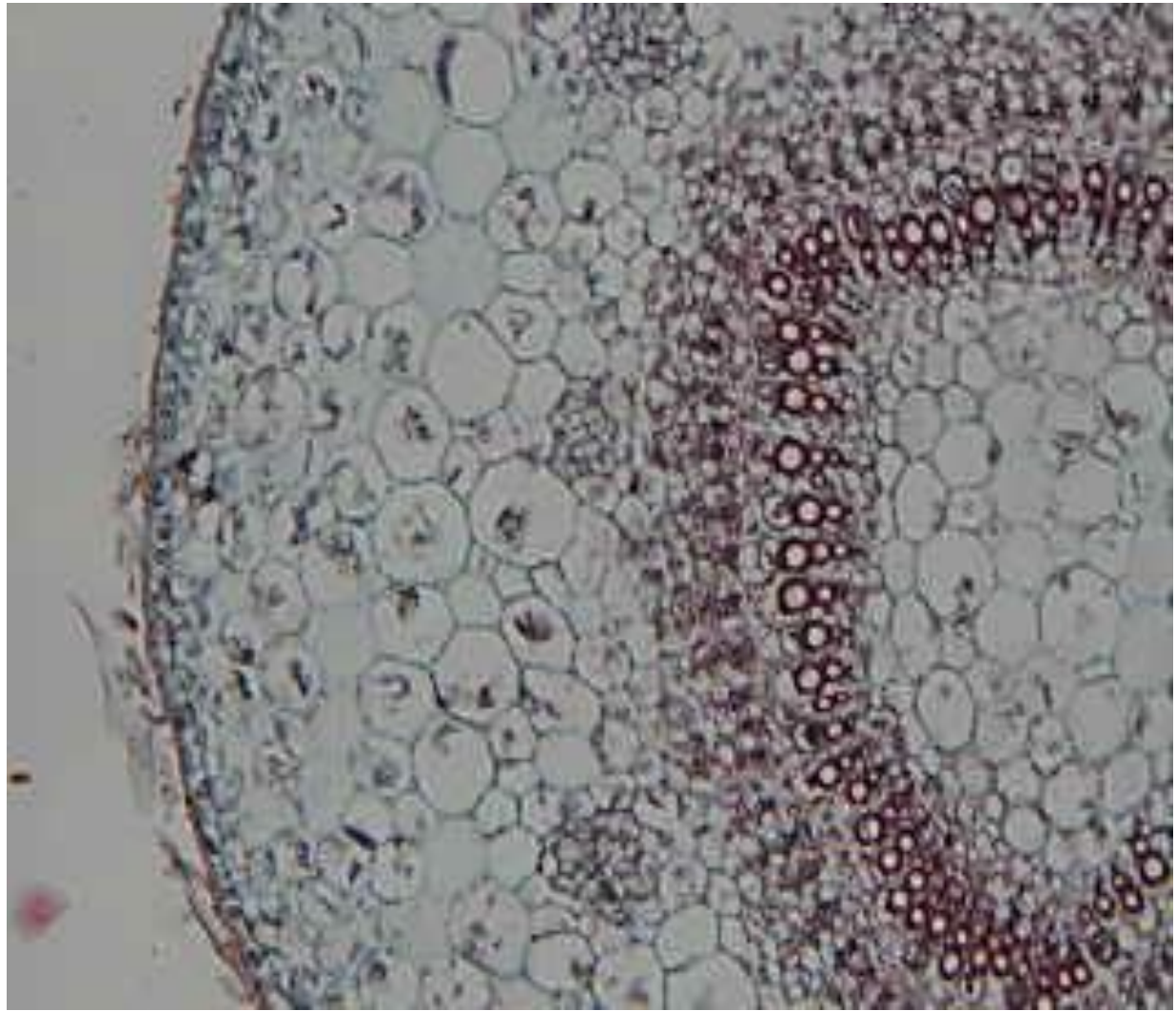
العالية مثل حامل الماء *Utricularia* والإيلوديا *Elodea*.



النباتات الملحية Halophytes

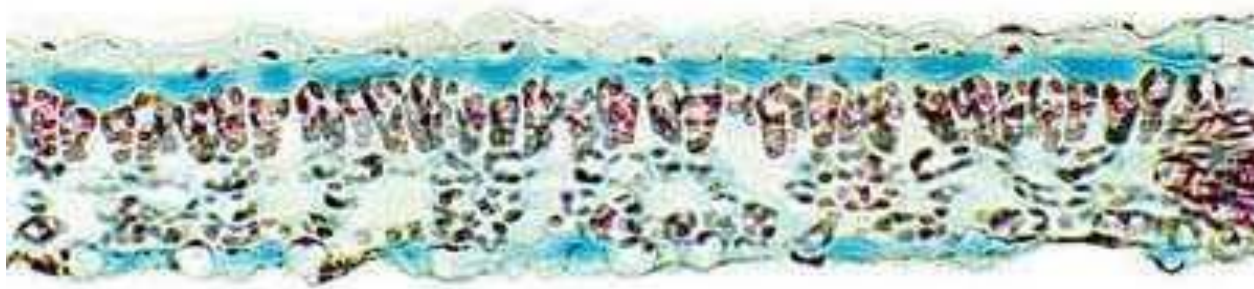
- مجموعة من النباتات تعيش في تربة ذات نسبة عالية من الأملاح الذائبة، حيث تنمو على شواطئ البحار والمحيطات، وكذلك في المناطق الجافة ذات التربة المالحة، وتشبه في صفاتها التشريحية ما يحدث في النباتات الجفافية (الصحراوية) من تحورات تركيبية ولكنها تتميز بالصفات التشريحية (شكل 144) كما في الحمض *Salsola kali* والعجرم *Anabasis sp.* وهي:
- سيقانها وأوراقها غضة متشحمة عصارية في الغالب.
 - تحتوي سيقانها وأوراقها على أنسجة خازنة للماء.
 - البشرة عادة مضاعفة أي عديدة الطبقات الداخلية منها تمثل النسيج الخازن للماء.
 - نسيج عمادي في كل من الساق والورقة.





نباتات الظل :Shade plants

وهي نوع من النباتات الوسطية تنمو في الظل تحت أشجار الغابات وهذه النباتات تتكون أوراقها من طبقات عمادية ضعيفة التكوين كما في نبات جيفر سونيه *Jefersonia diphylla* وقد تختفي الطبقات العمادية من بعض النباتات كما في كريبتوجراما *Cryptogramm stelleri* وهو سرخس ينمو في الأرض الرطبة وتوجد الثغور المائية Hydathodes في هذه النباتات (شكل 145).



التركيب الداخلي لأوراق الظل

النباتات العالقة Epephytes

وهي نباتات تتخذ من النباتات الأخرى بيئة لها لتنمو عليها معتمدة على نفسها في صنع غذائها وأغلب هذه النباتات جفافية وتركيبها يختلف حسب البيئة، ويتكون المجموع الجذري جزئياً من مواسك تثبت النبات أو من جذور ماصة تتصل بالسطح المعلق منه النبات لكنها لا تخترق أنسجة النبات الآخر. وفي بعض النباتات تكون الجذور هوائية وقد تعيش بعض هذه النباتات في بيئات رطبة وليس لها تركيب جفافي مثل جذور نباتات الأراشيد *Orchids* ونباتات الفصيلة البروميلية *Bromeliaceae* مثل الأناناس *Pineapple*.

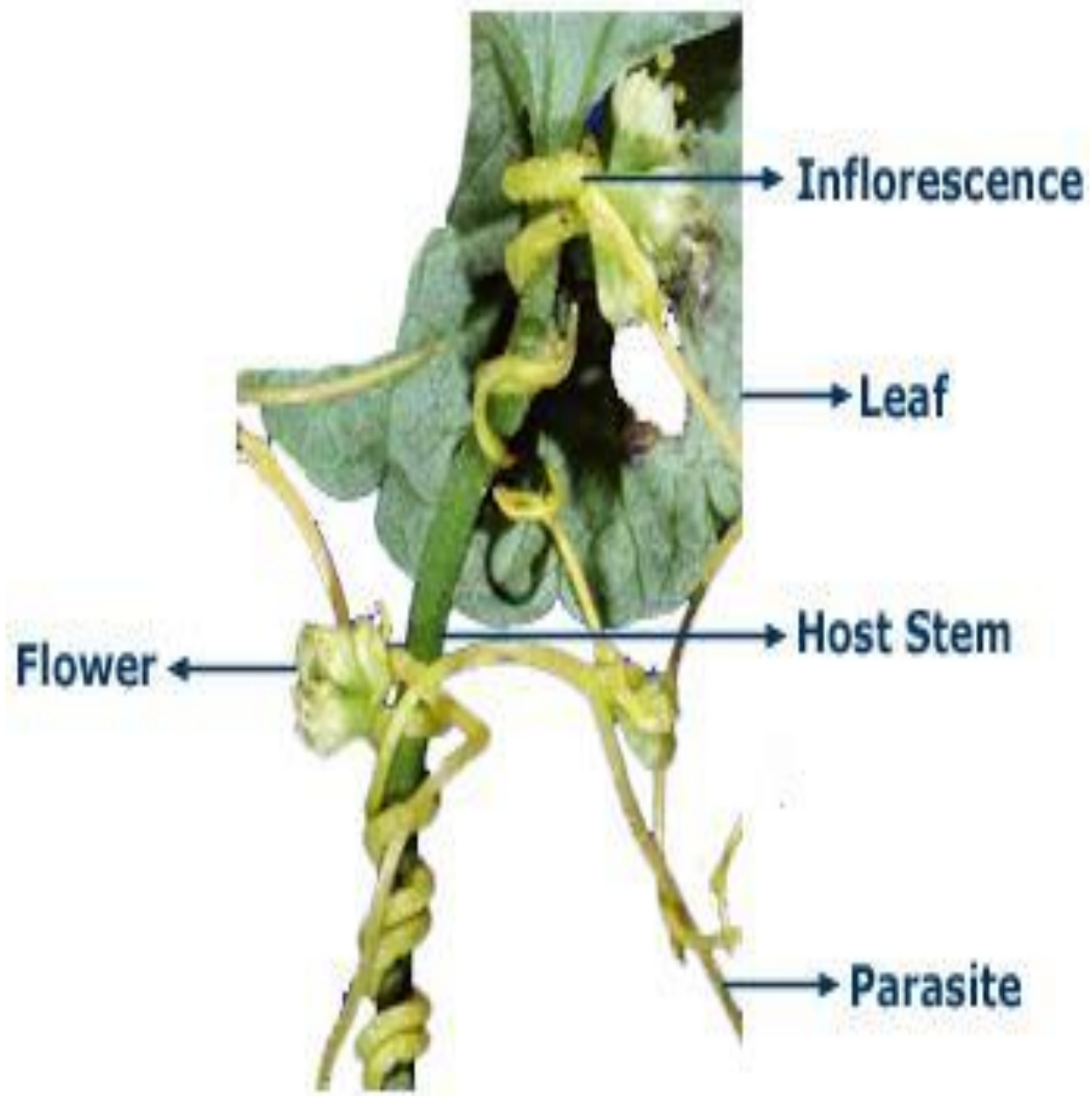




النباتات المتطفلة Parasites

تعتمد هذه المجموعة من النباتات الوعائية على غيرها في الحصول على المواد الغذائية . إما كلياً أو جزئياً . من الكائنات الحية (النباتات) وتتميز هذه النباتات الوعائية المتطفلة بعدم وجود مجموع جذري إلا

في حالة البادرة قبل الاتصال بالعائل . مثل الحامول *Cuscuta* وتختزل الأنسجة التمثيلية وقد تختزل الأوراق إلى حراشف مثل الحامول وقد تختزل الأنسجة الوعائية (عناصر الخشب) كثيراً كما في النباتات المتطفلة جزئياً كما في نبات فيسكم *Viscum* ، و فيه أيضاً يتكون النسيج الدعامي من النسيج الاسكلرنشيمي فقط . كما أنها تملك أوراقاً خضر تقوم بعملية البناء الضوئي وتوفير المواد الغذائية (شكل



النباتات المترمة Saprophytes

وهي مجموعة من النباتات الوعائية الزهرية الخالية من اليخضور وهي تحصل على غذاءها من المواد العضوية المتحللة كما تفعل الفطريات. ومن مميزات هذه النباتات أن الأوراق مختزلة إلى حراشف والسوق إلى محاور للنورات واختزال عناصر اللحاء والخشب، ويندر وجود النسيج الدعامي وترتبط معظم هذه النباتات مع الفطريات في أجزاءها الأرضية وقد تكون مترمة جزئياً عليها أو تعيش تكافلياً معها أو متطفلة عليها. وقد تكون الجذور في هذه النباتات تامة التكوين كما في جنس مونوتروبا *Monotropa* أولاً توجد جذور حيث تحل محلها الريزومات كما في جنس كورالورايزا *Corallorrhiza* وتكون الجذور غير العادية الشكل مع خيوط الجذر فطريات *Mycorrhiza* (شكل 147).



