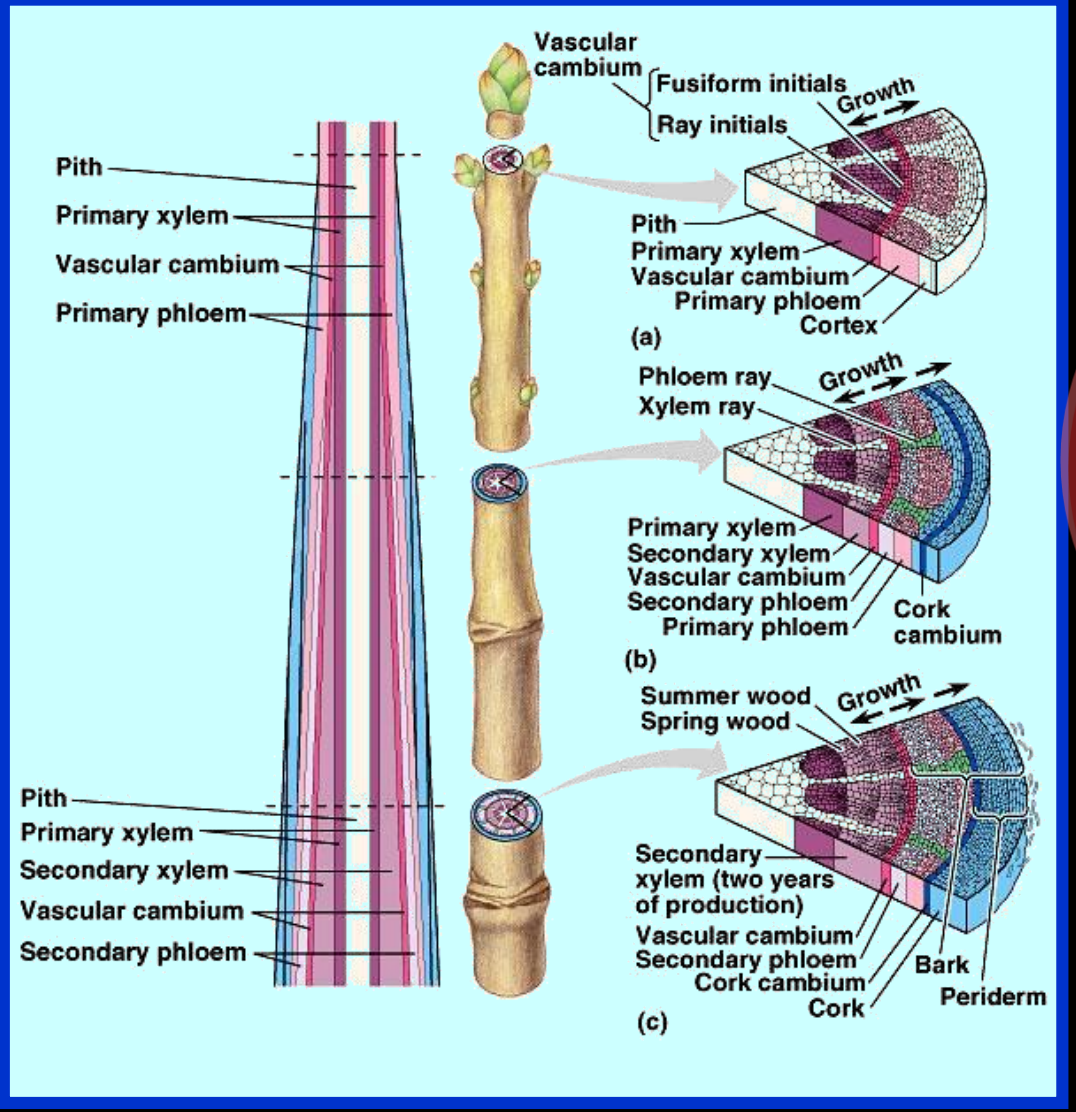
التركيب الداخلى للسيقان
Internal structure of stems

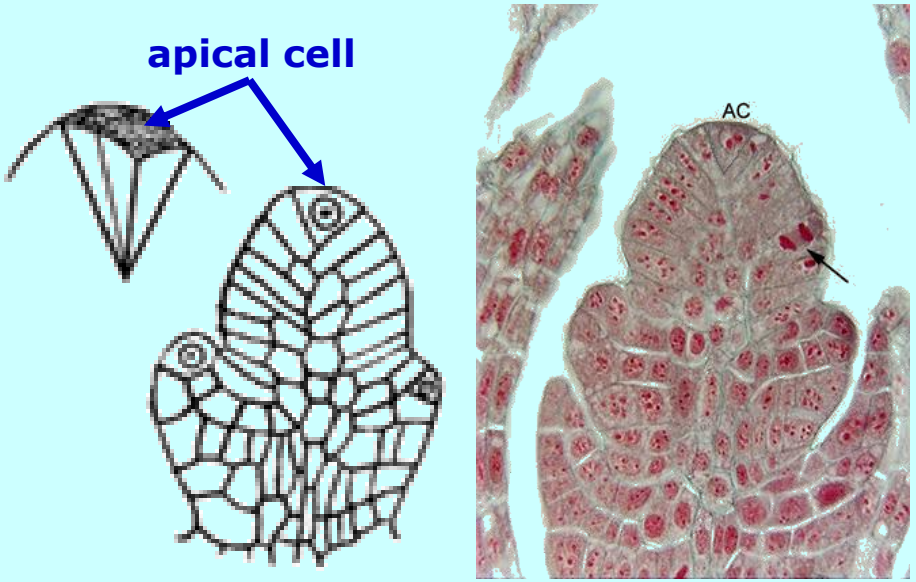


يختلف التركيب الداخلى للسيقان باختلاف النباتات, كما يختلففى النبات الواحد تبعا لمناطق الساق, فمنطقة القمة النامية يختلف تركيبها عن منطقة لأنسجة الإبتدائية وهذه تختلف فى تركيبها عن المنطقة التى حدث بها نمو ثانوى .

القمة النامية للساق Shoot apex

عند فحص النمو الطرفى للساق يلاحظ وجود قمة ذات شكل مخروطى إلى نصف كروى تمثل المرستيم الإنشائى (Promeristem) Primordial meristem ومشتقاته المباشرة (الخلايا المرستيمية الناتجة عن إنقسام المرستيم الانشائى) , تظهر على جوانبها نتوءات صغيرة تزداد طولا كلما إتجهنا إلى أسفل تعرف ببدايات الأوراق Leaf primordia. يطلق على المرستيم الإنشائى + مشتقاته المباشرة وما يحيط بهما من بدايات الأوراق إسم المرستيم القمى Apical meristem أو القمة النامية, كما تعرف القمة النامية بما يحيط بها من أوراق صغيرة باسم البرعم الطرفى .

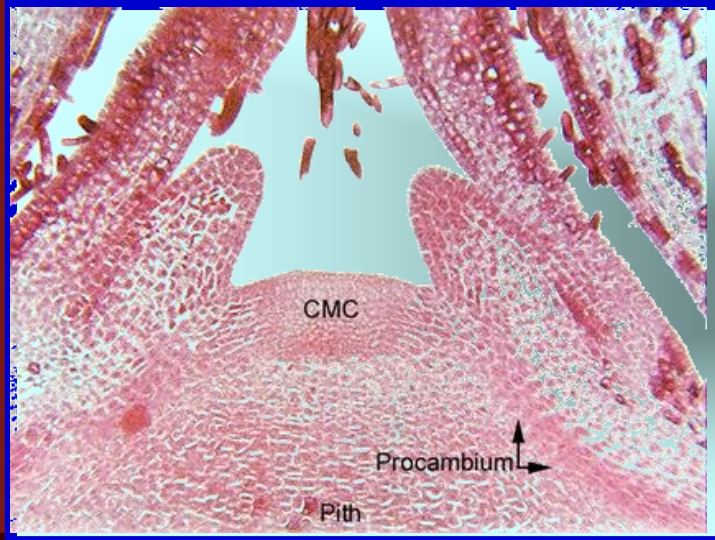
تختلف نشأة المرستيم القمى باختلاف النباتات

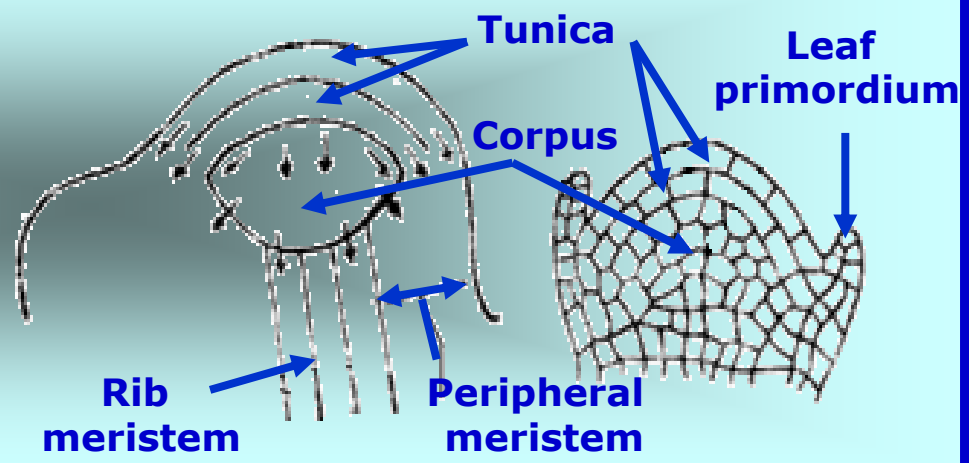


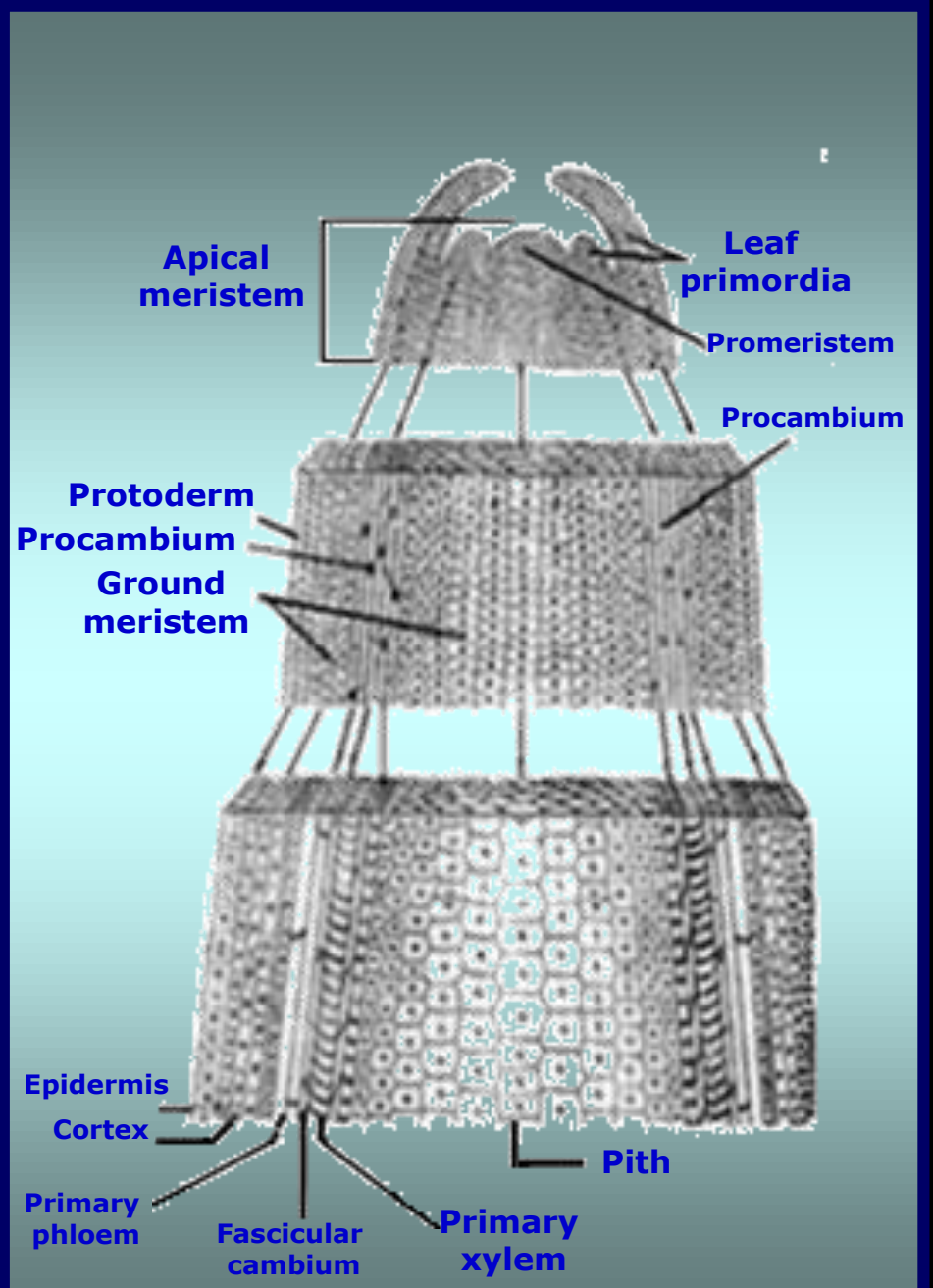
فى بعض السراخس مثل نبات ذيل الحصان ينشأ المرستيم القمى من خلية واحدة قمية Single apical cell حيث يتكون المرستيم الإنشائى من خلية واحدة قمية هرمية الشكل قاعدتها إلى أعلى وقمتها إلى أسفل ولها أربعة أسطح, سطح علوى أفقى وثلاثة أسطح جانبية تنقسم هذه الخلية القمية بجدر موازية للأسطح الثلاثة مسببه زيادة الساق طولا وسمكا .

بالنسبة للنباتات الزهرية فقد وضعت عدة نظرية تفسر نشأة المرستيم القمى للساق وطريقة تكشف الأنسجة الإبتدائية منه , أكثر هذه النظريات قبولا هى بنظرية الغلاف والبدن Tunica-corpus theory, تفترض هذه النظرية أن المرستيم الإنشائى للساق يتكون من جزئين هما الغلاف Tunica والبدن Corpus . يتكون الغلاف من طبقة واحدة أو أكثر تكون الجزء الخارجى من المرستيم القمى , حيث يتكون من 1 : 3 طبقات فى النباتات ذات الفلقة الواحدة ومن 2 : 5 طبقات فى النباتات ذات الفلقتين . تنقسم خلايا الغلاف بجدر عمودية على السطح الخارجى للمرستيم القمى مسببة زيادة السطح الخارجى له. يتكون البدن من كتلة من الخلايا الإنشائية تنقسم فى جميع الإتجاهات مسببة زيادة المرستيم القمى فى الحجم , قد لايتميز المرستيم الإنشائى إلى غلاف وبدن كما فى كثير من النباتات معراة البذور مثل السيكاس وفى هذه الحالة تنقسم الخلايا الخارجية الطرفية للمرستيم القمى بجدر عمودية وموازية لسطح المرستيم القمى مسببة زيادته فى الطول والسمك .

يؤدى الإختلاف فى سرعة نمو كل من الغلاف والبدن إلى تكوين بدايات الأوراق حيث, يكون معدل النمو السطحى للغلاف اكبر من معدل النمو الحجمى للبدن مما يؤدى إلى تكوين نتوءات سطحية من الغلاف على جانبى المرستيم القمى تسمى بدايات الأوراق.

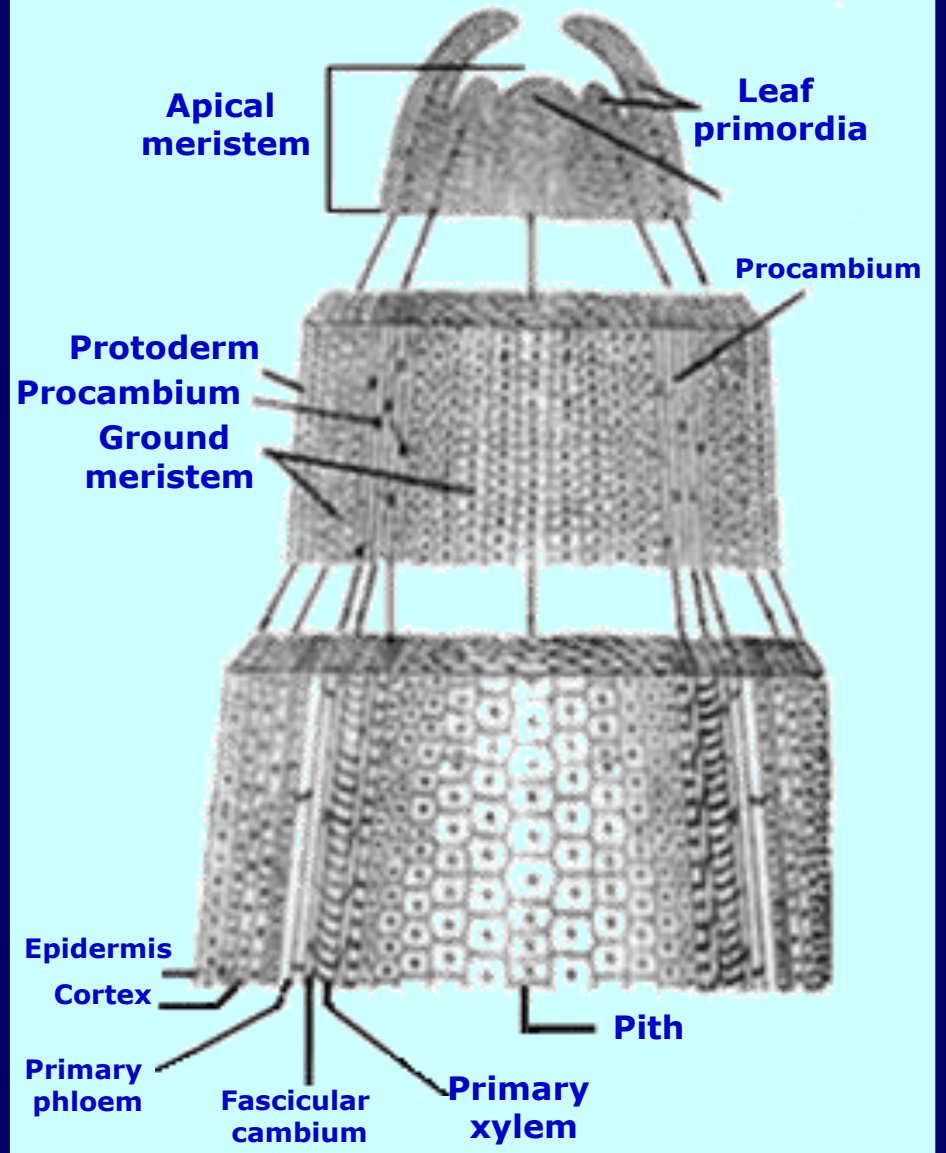


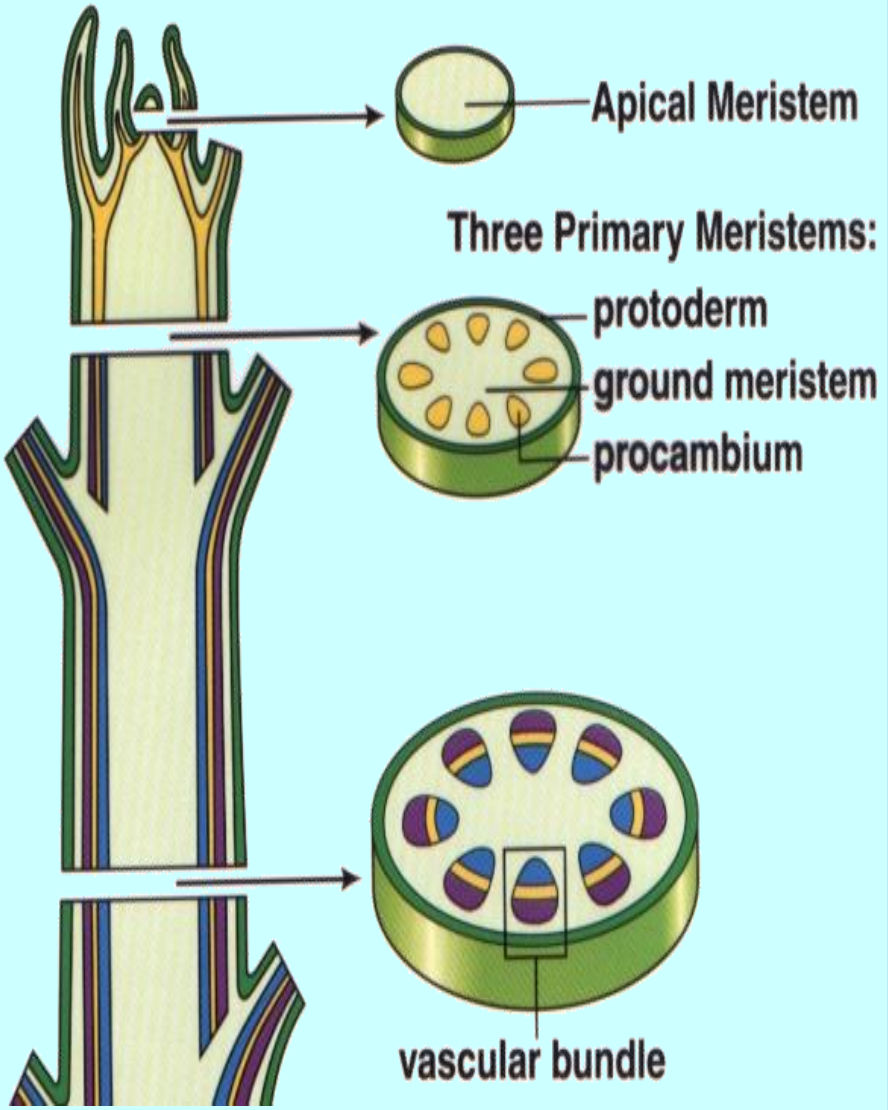




يوجد أسفل منطقة الغلاف والبدن منطقة وسطية (المشتقات المباشرة للمرستيم الإنشائى) يبدأ فيها تخصص الأنسجة فسيولوجيا , فالطبقة الخارجية من الغلاف تكون البشرة الأولية Protoderm والتى تستمر فى الإنقسام بجدر عمودية على السطح الخارجى ثم تنمو الخلايا الناتجة وتتشكل مكونة البشرة فى الأجزاء البالغة من الساق . وتنقسم الطبقات الداخلية للغلاف إن وجدت فى إتجاهات مختلفة مكونة جزء من مرستيم محيطى Peripheral meristem ويتكون باقية المرستيم المحيطى من الجزء الجانبى من البدن , والمرستيم المحيطى هو المسئول عن زيادة المرستيم القمى فى الطول والسمك , يتكشف المرستيم المحيطى بعد ذلك إلى (1) الجزء الخارجى من المرستيم الأساسى الذى يعطى بانقسامه وتشكل الخلايا الناتجة نسيج القشرة والأشعة النخاعية فى الأجزاء البالغة من الساق (2) البروكامبيوم الذى يعطى بانقسامه وتشكل الخلايا الناتجة منه الحزم الوعائية. أما الجزء الوسطى من البدن فيعطى مرستيم عمودى Rib meristem وذلك بإنقسام خلاياه بجدر عمودية على السطح الخارجى فيعطى صفوف رأسية من الخلايا والتى تكون الجزء الداخلى من المرستيم الأساسى وهو المسئول عن النمو الطولى للمرستيم القمى ويعطى بانقسامه وتشكله نسيج النخاع فى الأجزاء البالغة من الساق .

مناطق الجسم الابتدائى للساق

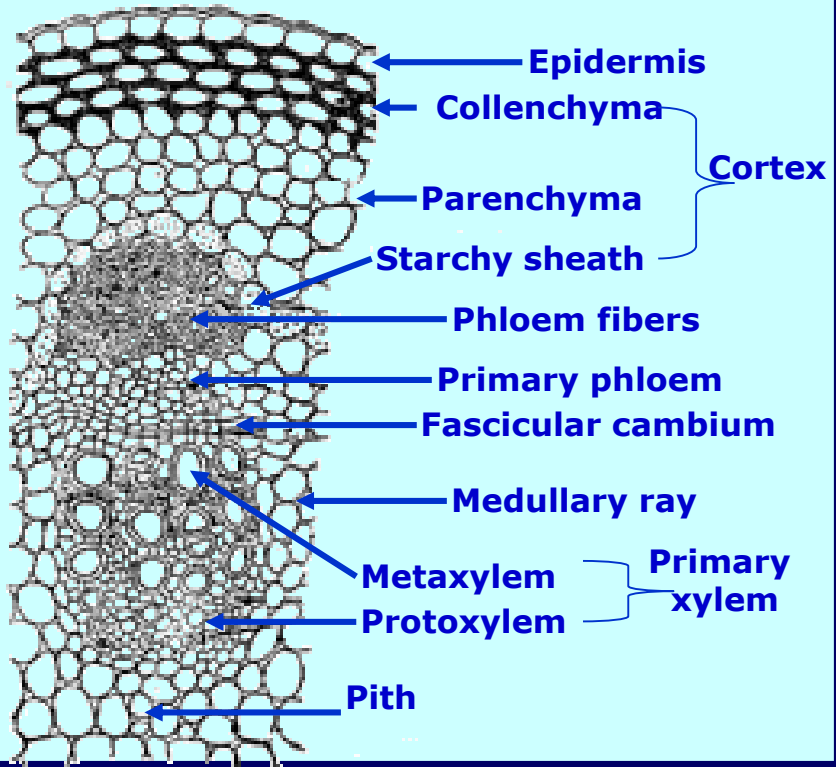


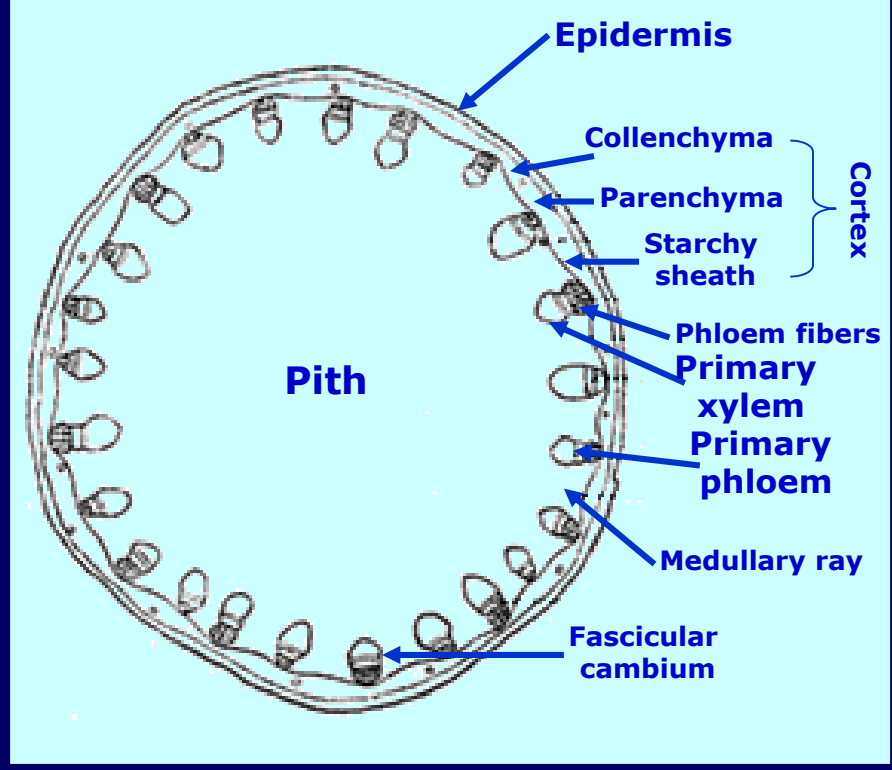


تركيب لجسم الإبتدائى للساق

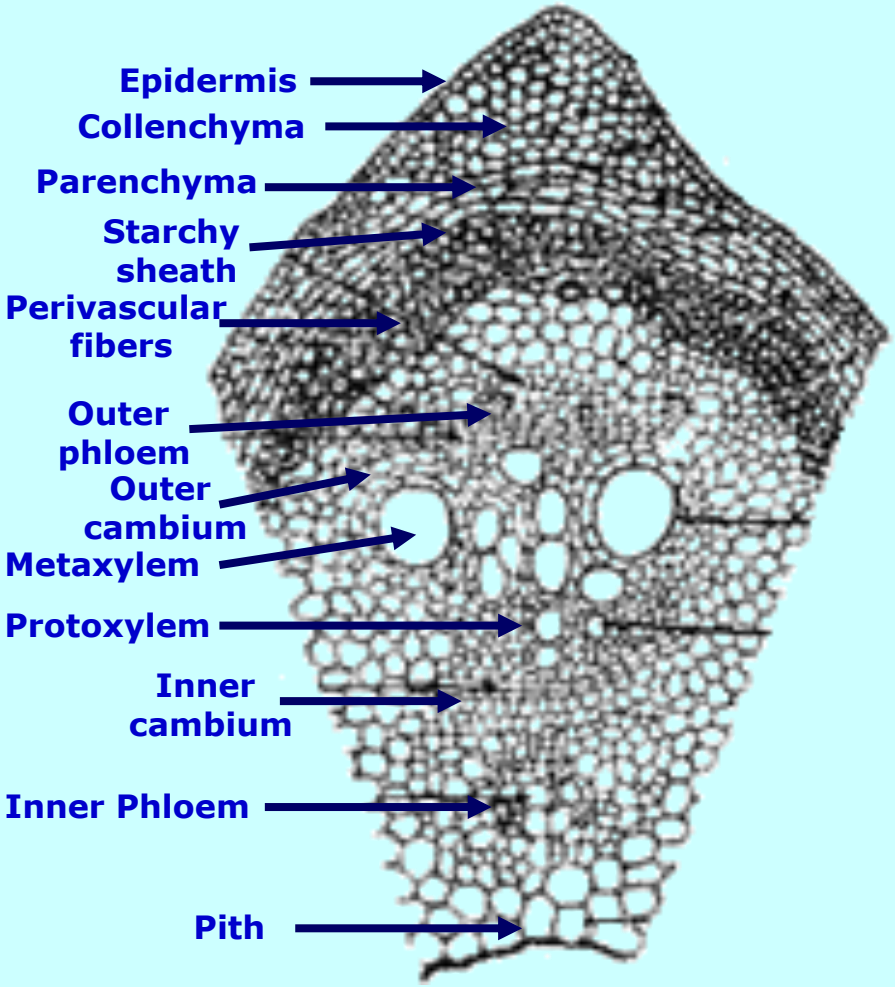
تتركب الساق حديثة العمر (التى لم يحدث بها نمو ثانوى) فى النباتات الزهرية داخليا من ثلاثة أجهزة نسيجية هى الجهاز النسيج الضام (البشرة Epidermis) والجهاز النسيجى الأساسى Ground tissue والجهاز الوعائى Vascular system. ويختلف التركيب الداخلى لسيقان النباتات ذات الفلقتين عن سيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة اختلافات واضحة . Xylem Pith cavity Protoxylem Metaxylem Starchy

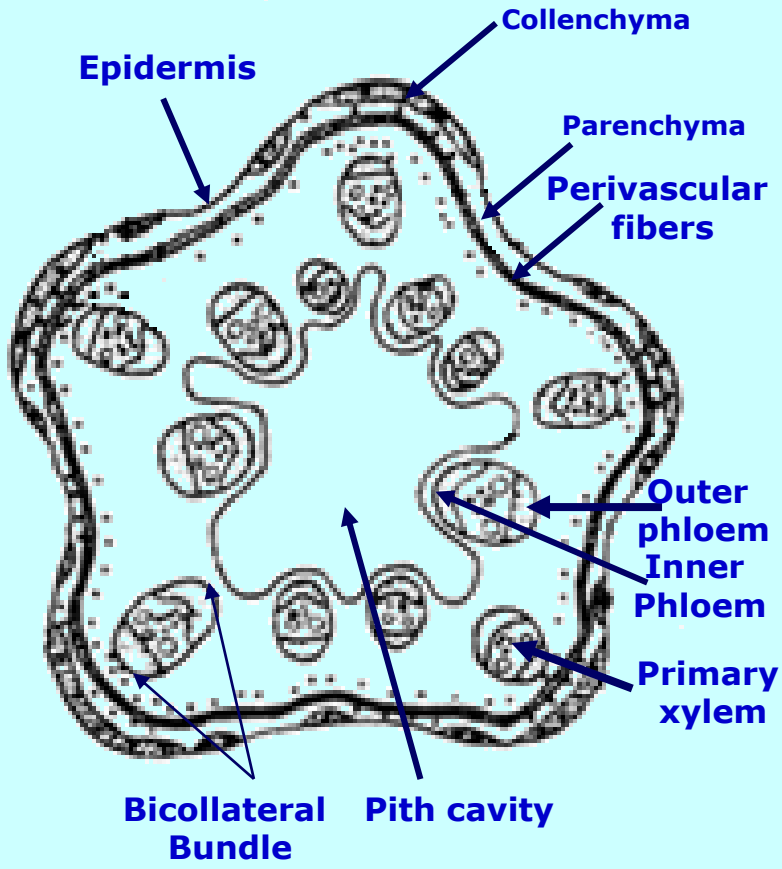
التركيب الداخلى للسيقان الحديثة ذوات الفلقتين

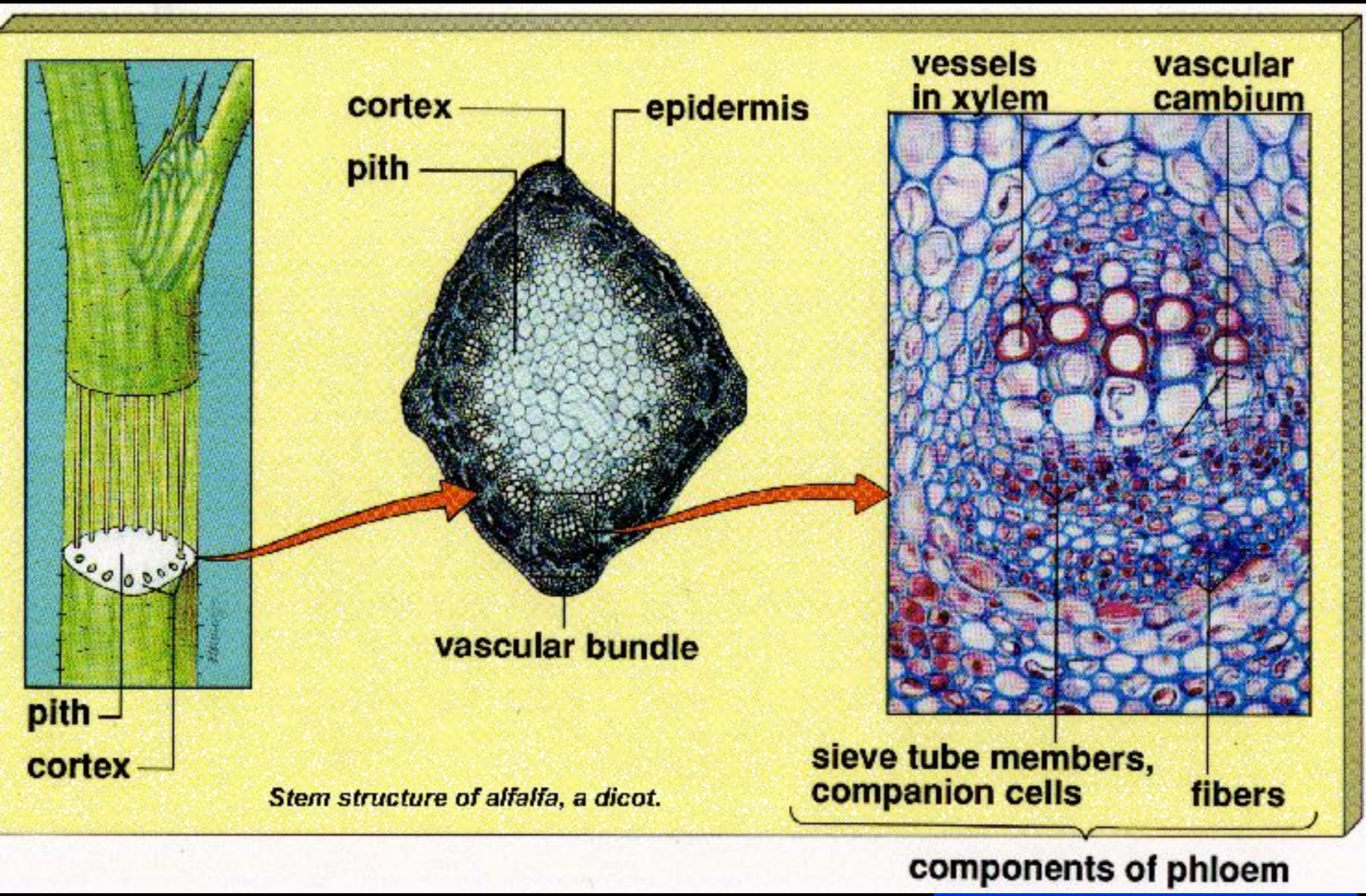




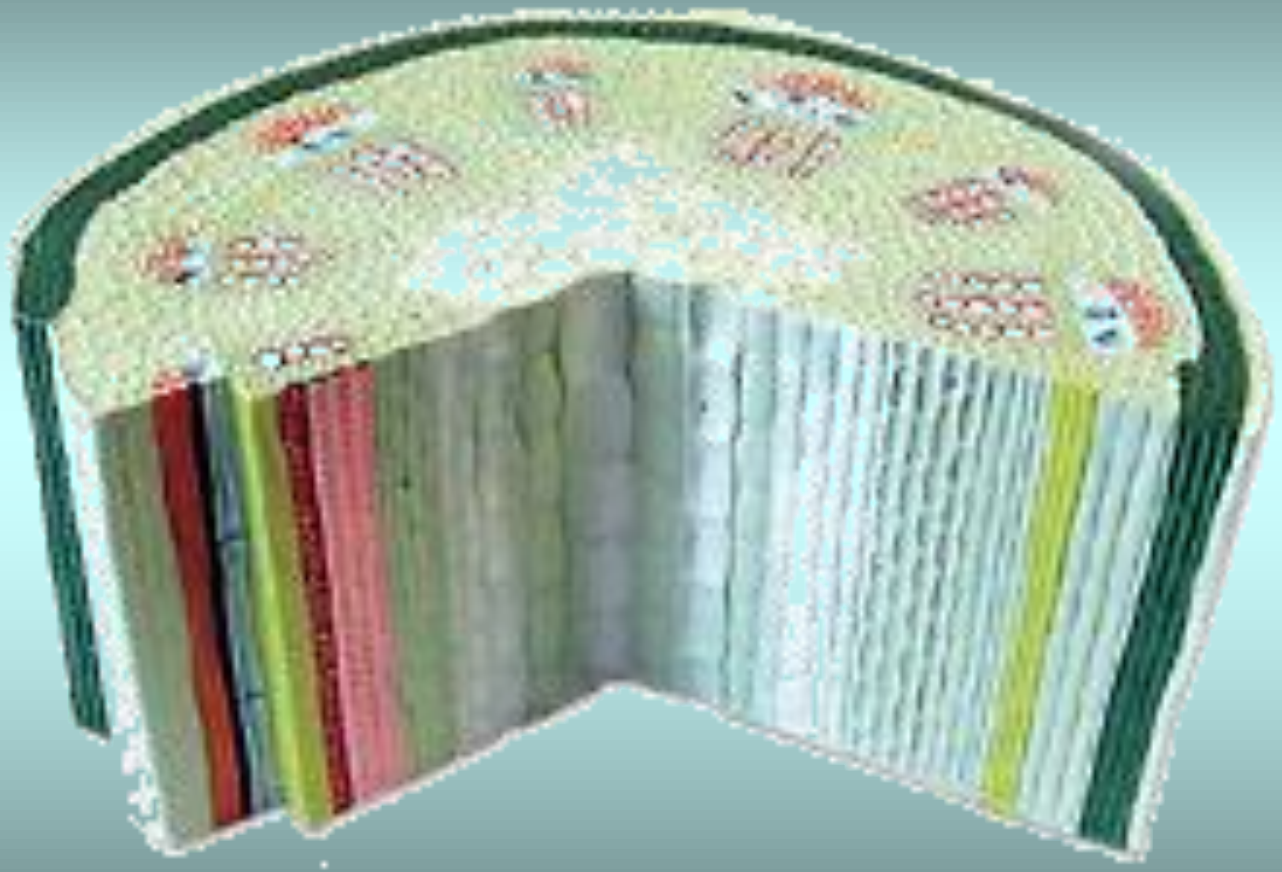
ساق اللوف (ساق ذات فلقتين)

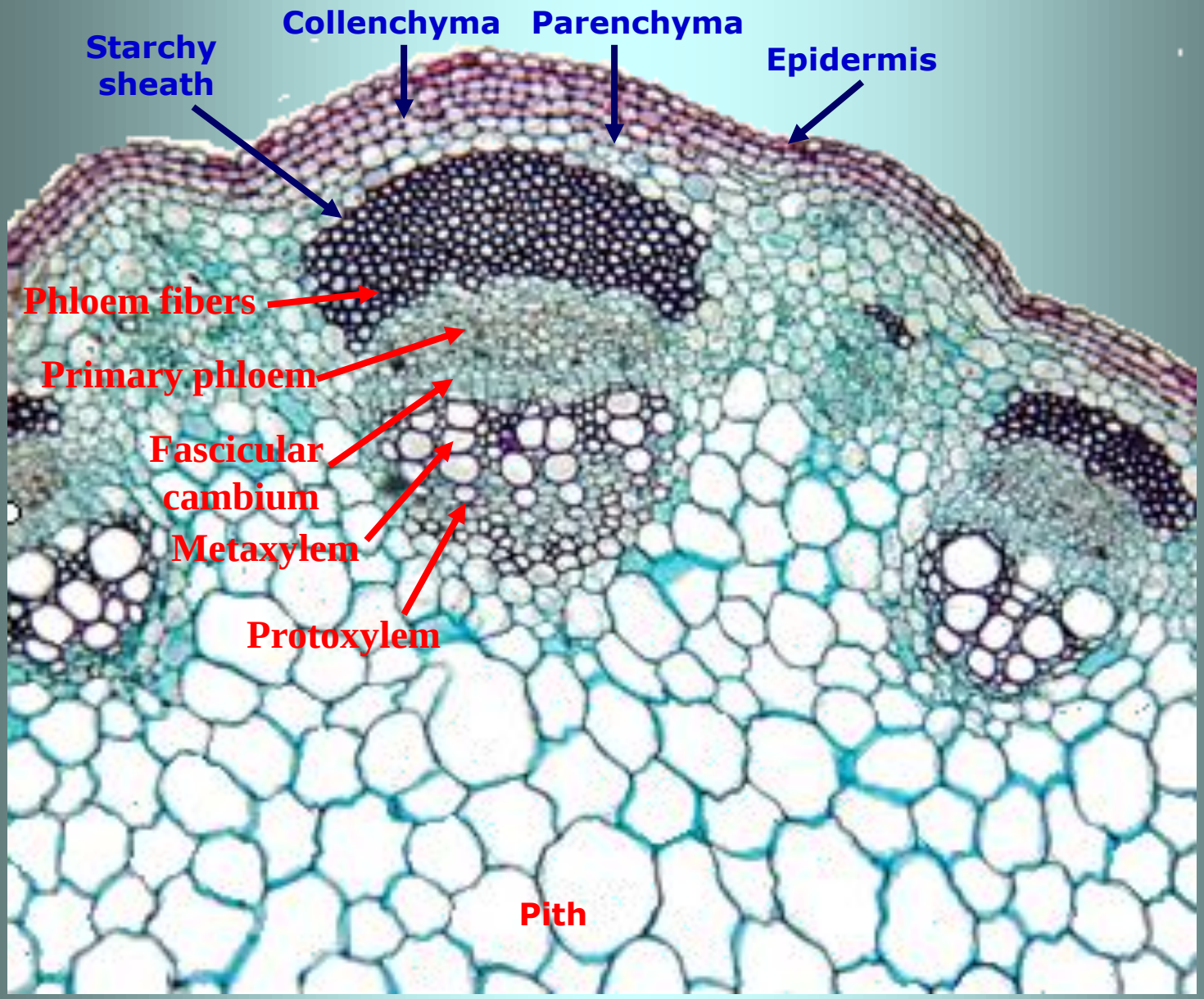




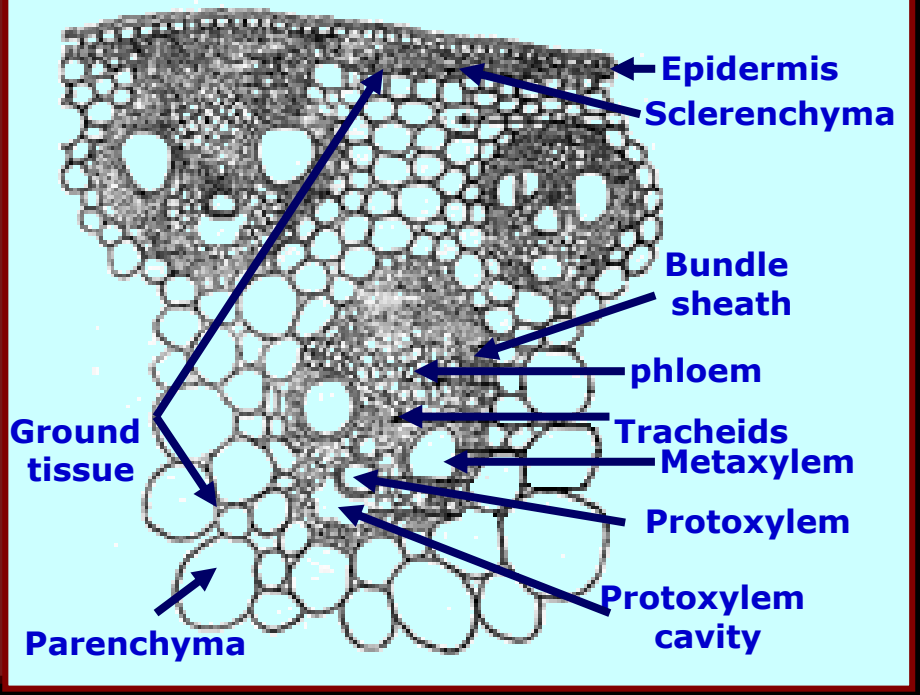


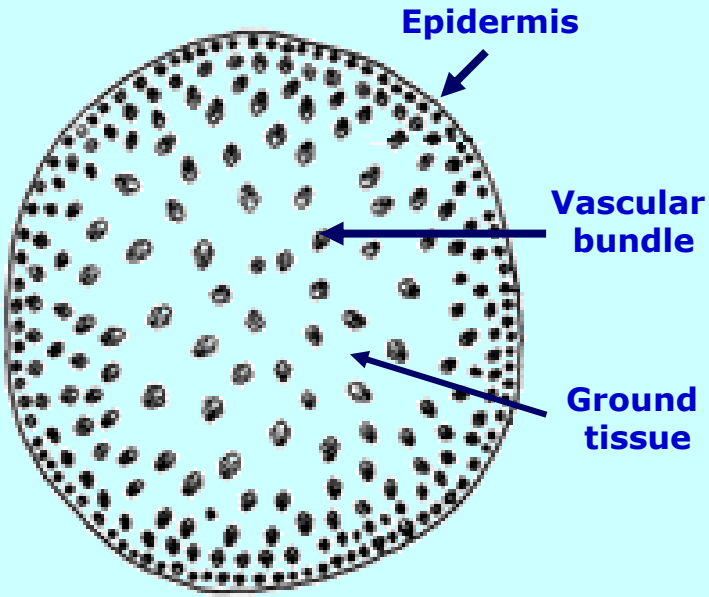
Stem structure of alfalfa, a dicot.

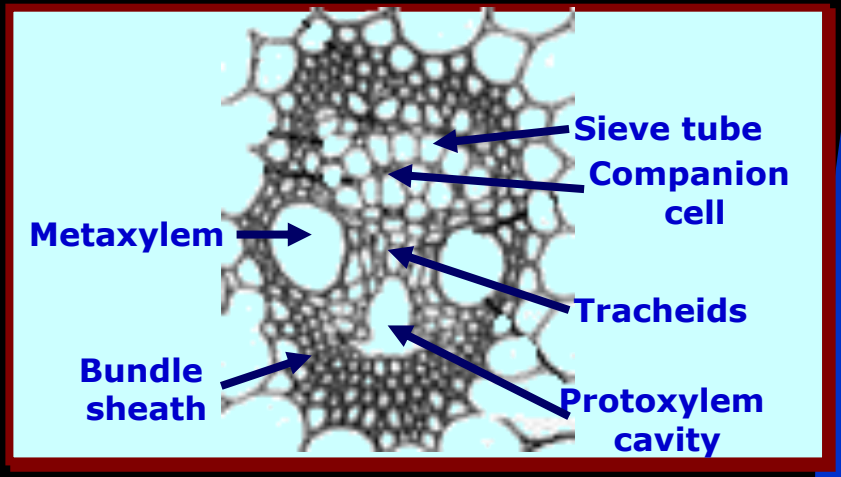


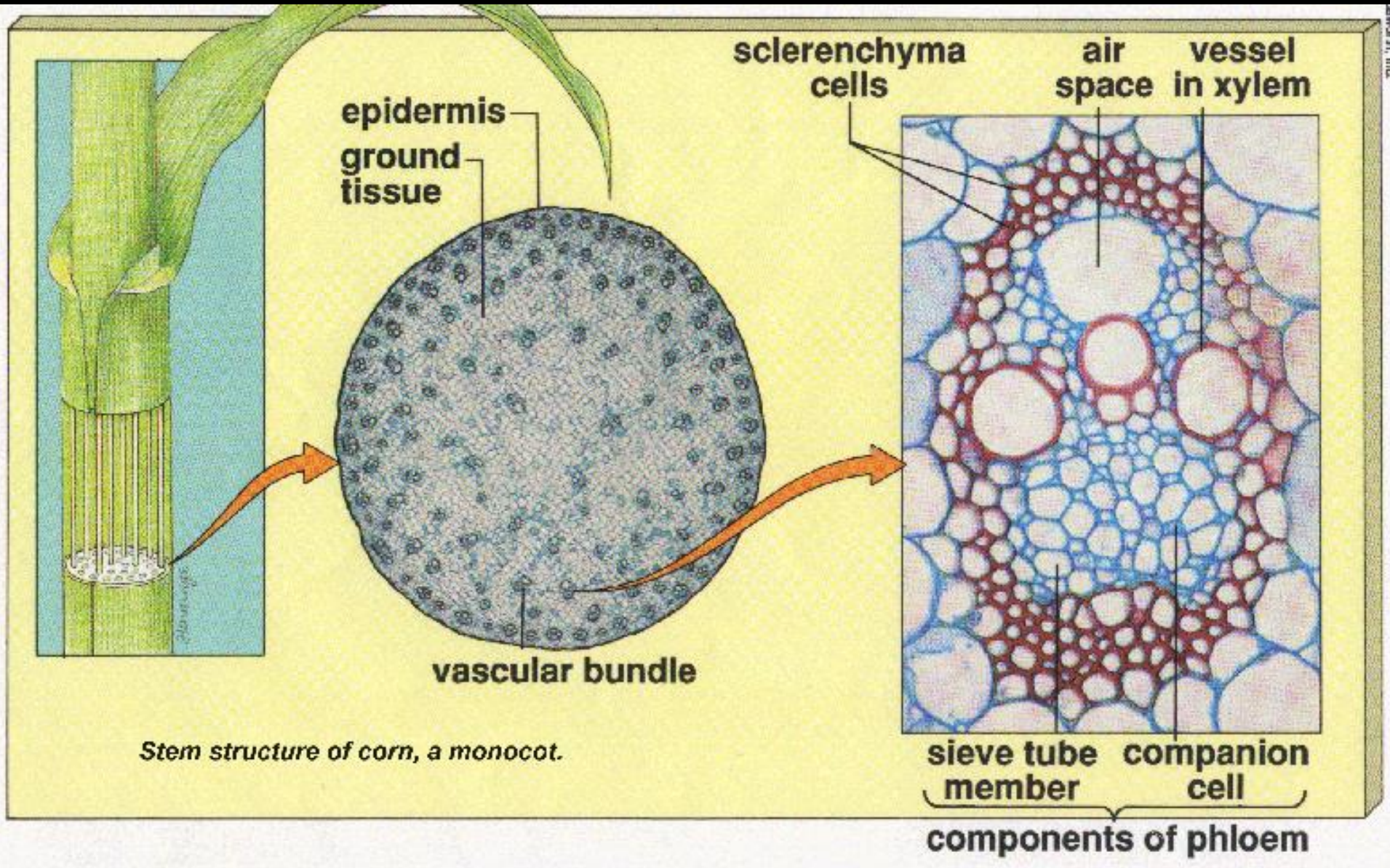

Starchy sheath
Collenchyma
Parenchyma
Epidermis
Phloem fibers
Primary phloem
Fascicular cambium
Metaxylem
Protoxylem
Pith

التركيب الداخلى لسيقان ذوات الفلقة الواحدة

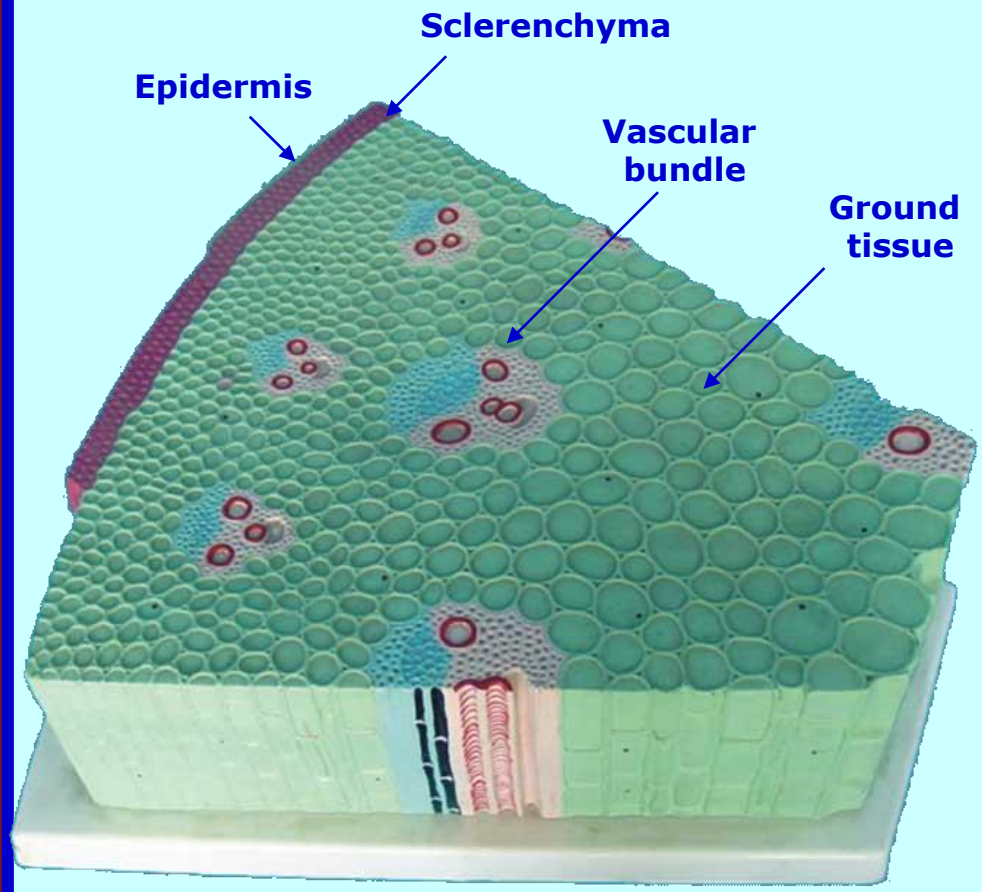


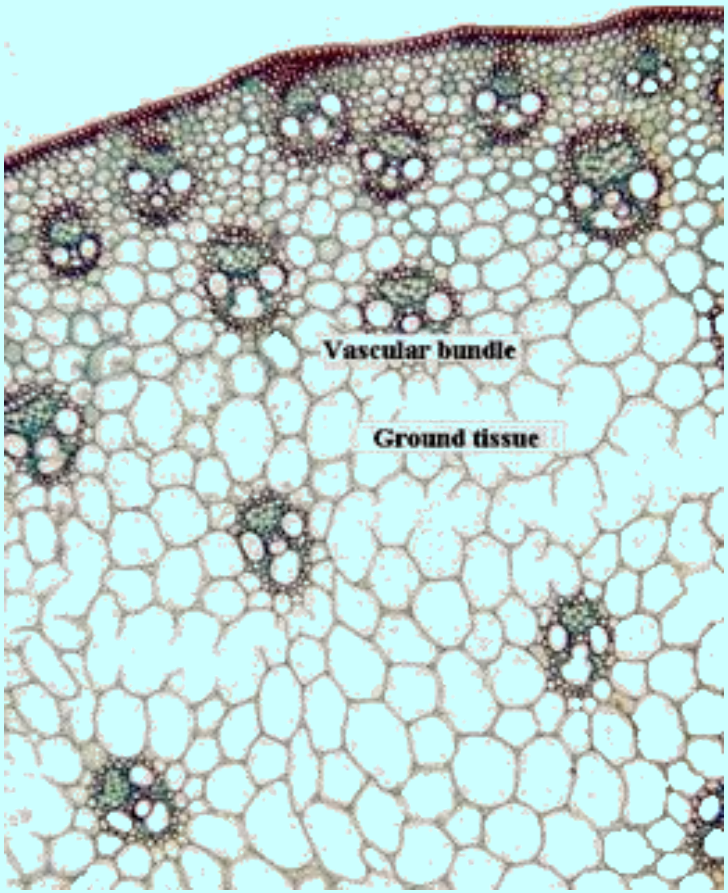


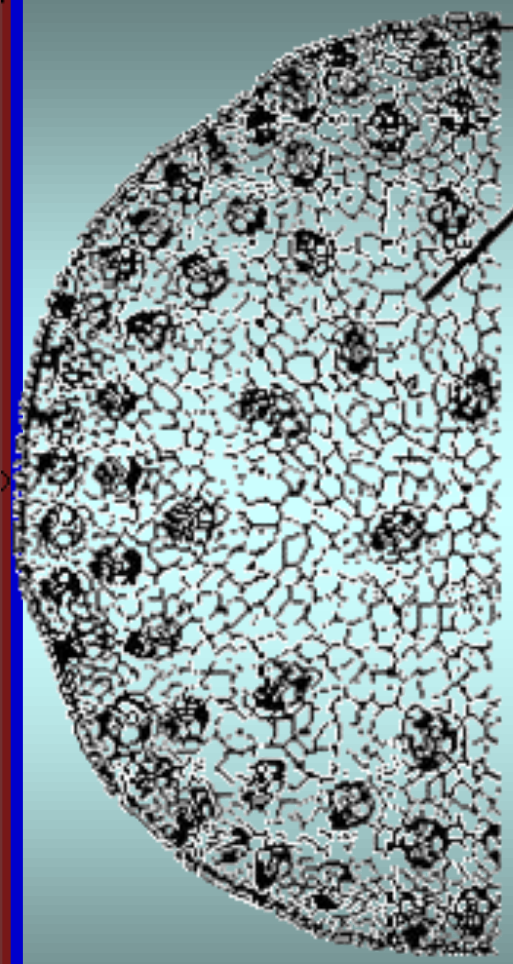


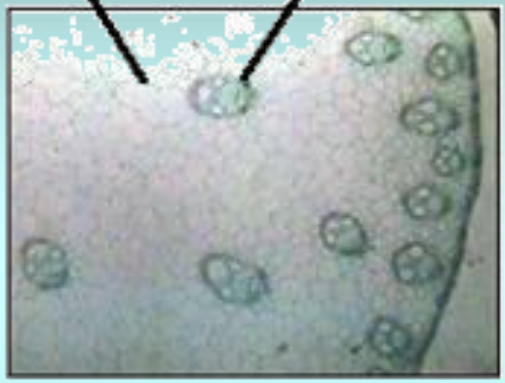


Stem structure of corn, a monocot.

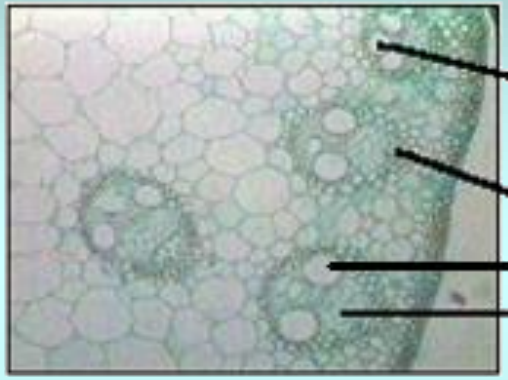

Sclerenchyma
Epidermis
Vascular bundle
Ground tissue


Vascular bundle
Ground tissue



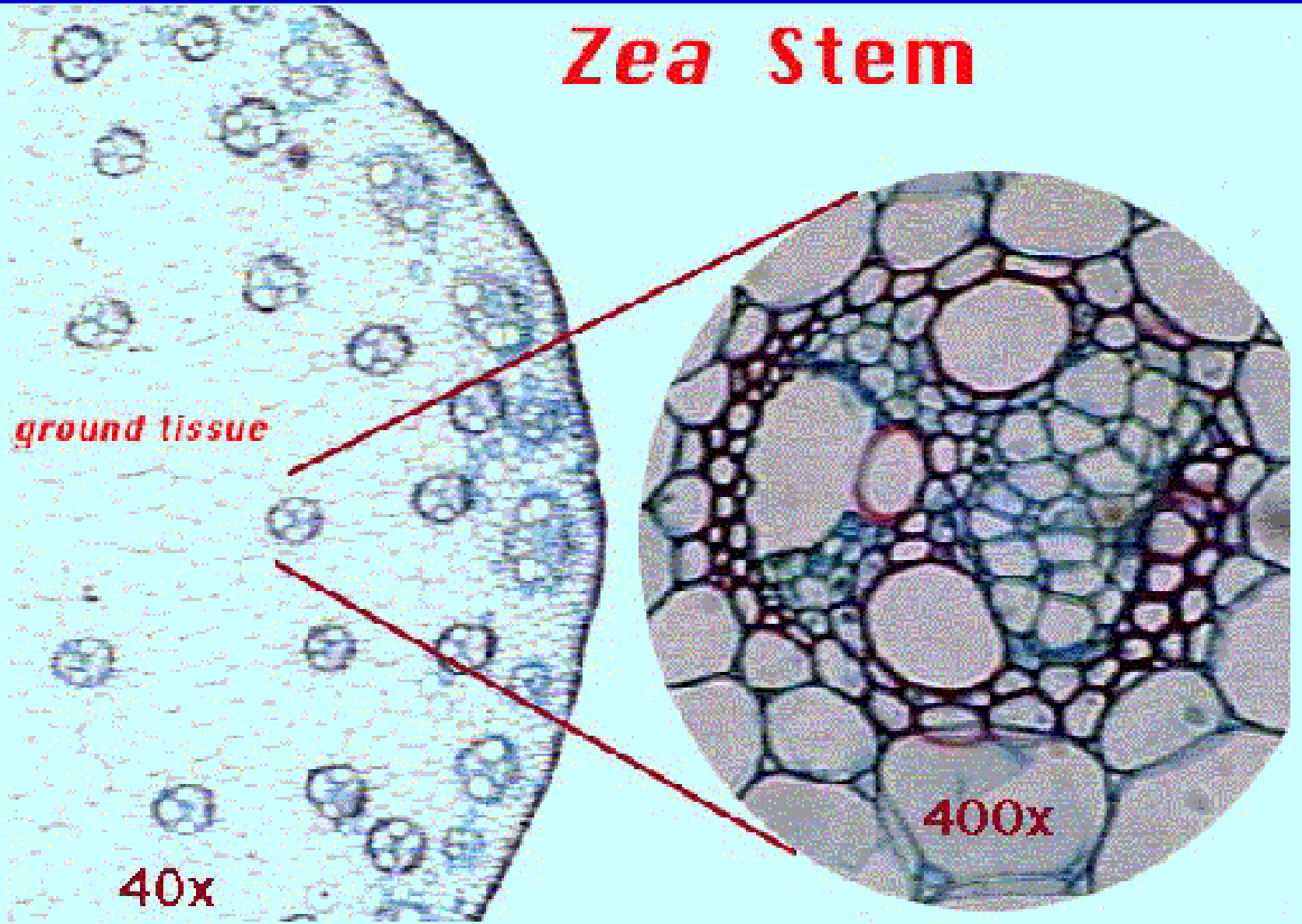


Zea 4x



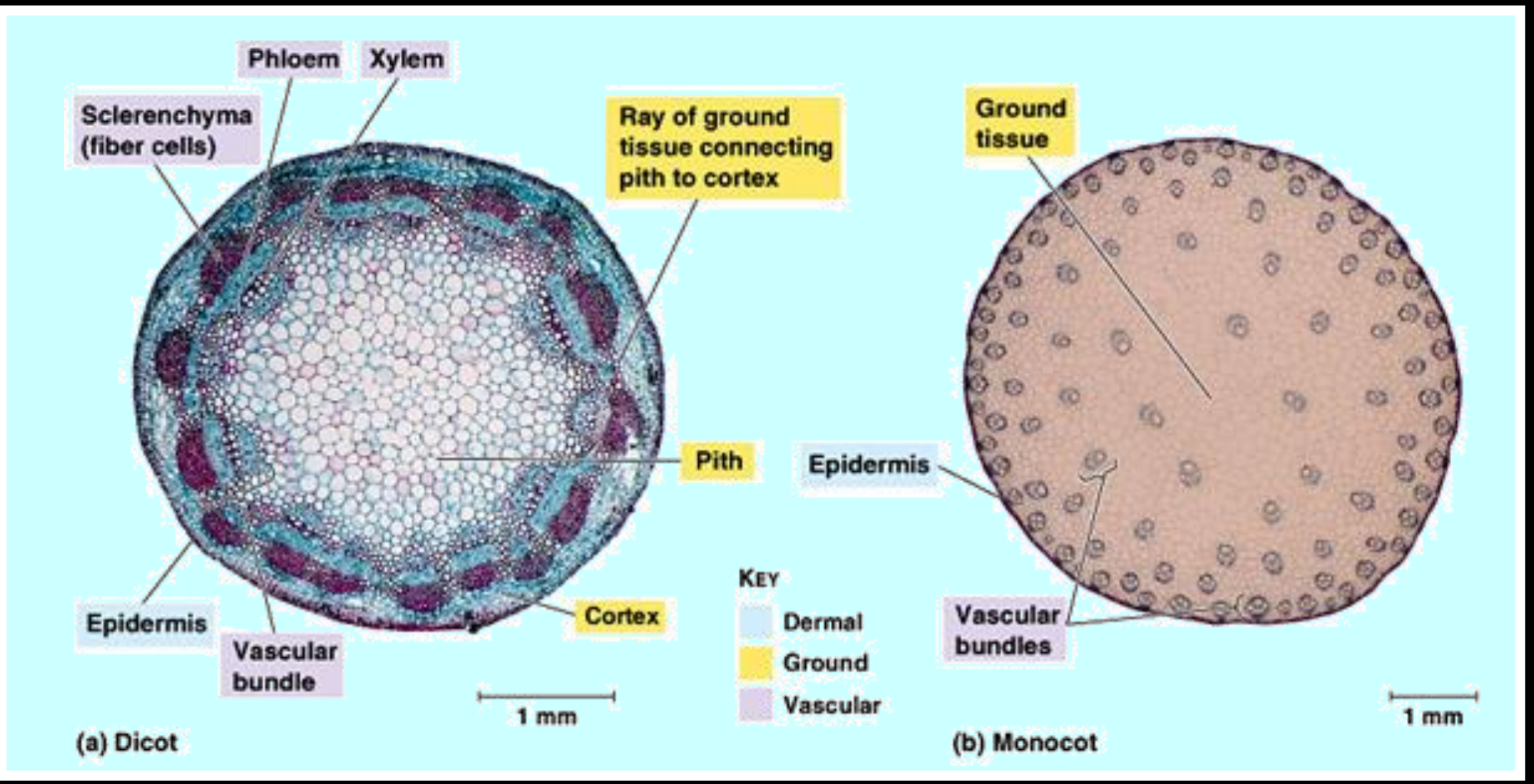
Zea 10x

Zea Stem

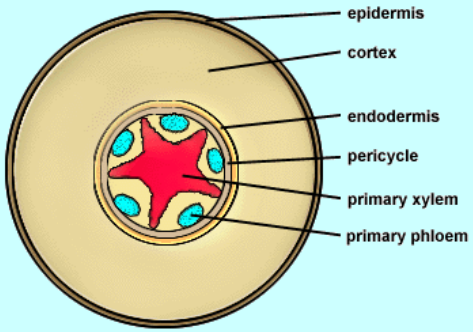


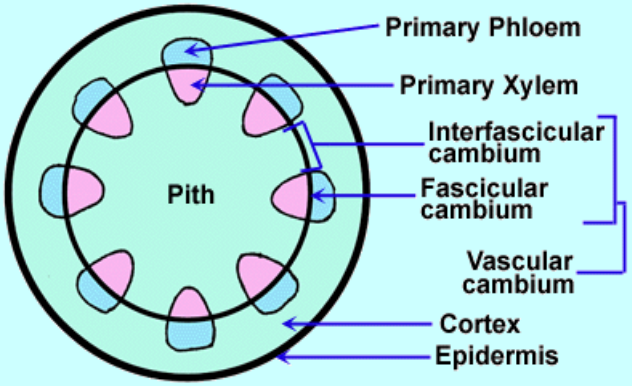
قارن بين التركيب الداخلى لسيقان ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين من حيث

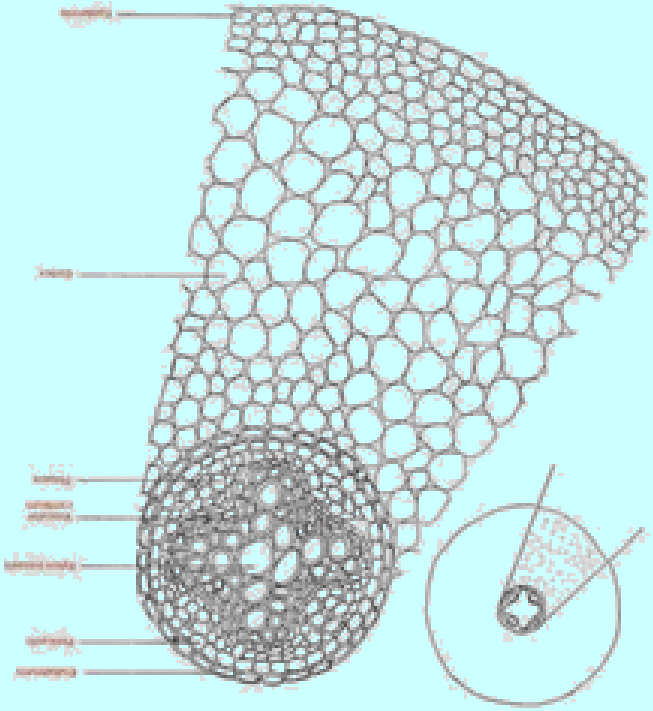
1- تميز النسيج الأساس
2- ترتيب الحزم الوعائية
3- نوع الحزم الوعائية
4- ترتيب الخشب فى الحزمة
5- وجود غلاف من الألياف حول الحزمة
6- حدوث تغليظ ثانوى للساق

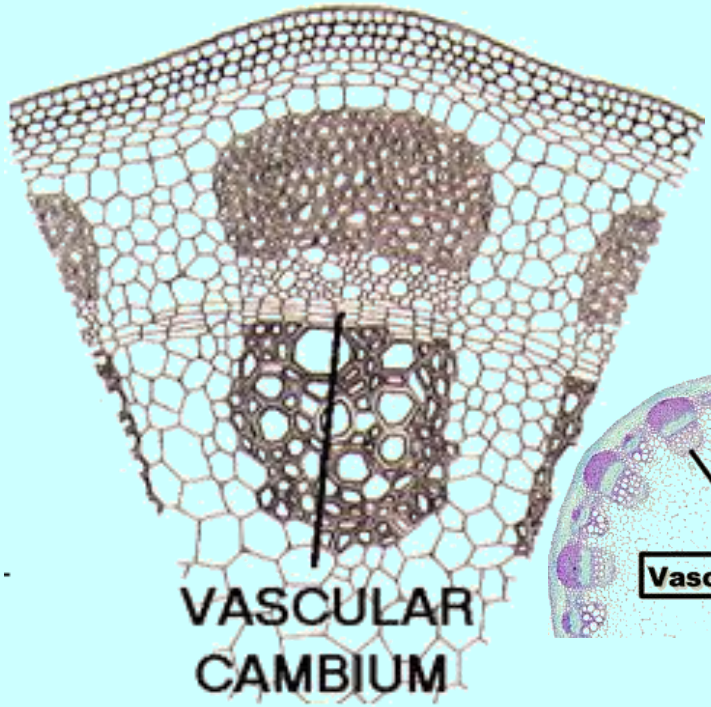


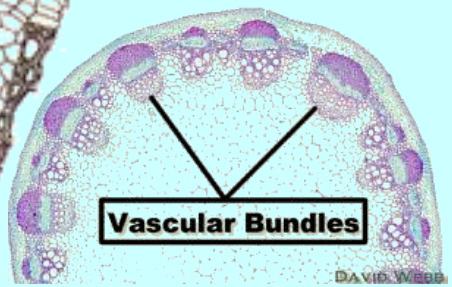
مقارنة بين التركيب الداخلى للجذر والساق فى النباتات ذوات الفلقتين











مقارنة بين التركيب الداخلى للجذور والسيقان الحديثة

1- البشرة فى الجذور تكون شعيرات جذرية وهى قصيرة العمر وعندما تزول عن الجذر تحل محلها طبقة الإكسوديرمس , فى حين تستديم البشرة فى السيقان التى لا تتغلظ ثانويا وقد توجد عليها زوائد ذات أشكال وتراكيب ووظائف مختلفة ولا تزول البشرة إلا فى السيقان التى تتغلظ ثانويا ويحل محلها نسيج البريدرم .

2- لا تحتوى بشرة الجذور على ثغور بينما تحتوى بشرة السيقان الهوائية الحديثة على ثغور.

3- القشرة فى جذور النباتات ذات الفلقتين عريضة وتتكون عادة من خلايا بارنكيمية خالية من البلاستيدات الخضراء , فى حين تكون القشرة فى سيقان النباتات ذات الفلقتين ضيقة وتتكون عادة من خلايا بارنكيمية وكلورنكيمية وكولنكيمية .

4- تنتهى القشرة من الداخل فى الجذور بطبقة الإندوديرمس التى تتميز بتغلظ جدر خلاياها بمادة السوبرين على شكل شريط يعرف بشريط كاسبار (فى جذور ذوات الفلقتين) أو على شكل حرف U (فى جذور ذوات الفلقة الواحدة) , بينما لايوجد إندوديرمس عادة فى السيقان وقد يوجد بدلا منه غلاف النشوى فى سيقان النباتات ذات الفلقتين .

5- يتكون البريسيكل في الجذور من صف واحد من خلايا رقيقة الجدر , بينما يتكون فى سيقان النباتات ذات الفلقتين من كتل من الألياف تقع على السطح الخارجى للحاء , ولو أن البعض يعتقد بعدم وجود بريسيكل فى السيقان وأن الألياف التى توجد على السطح الخارجى للحاء هى ألياف اللحاء الإبتدائى .

6- الحزم الوعائية فى الجذور قطرية بينما فى السيقان تكون جانبية غالبا .

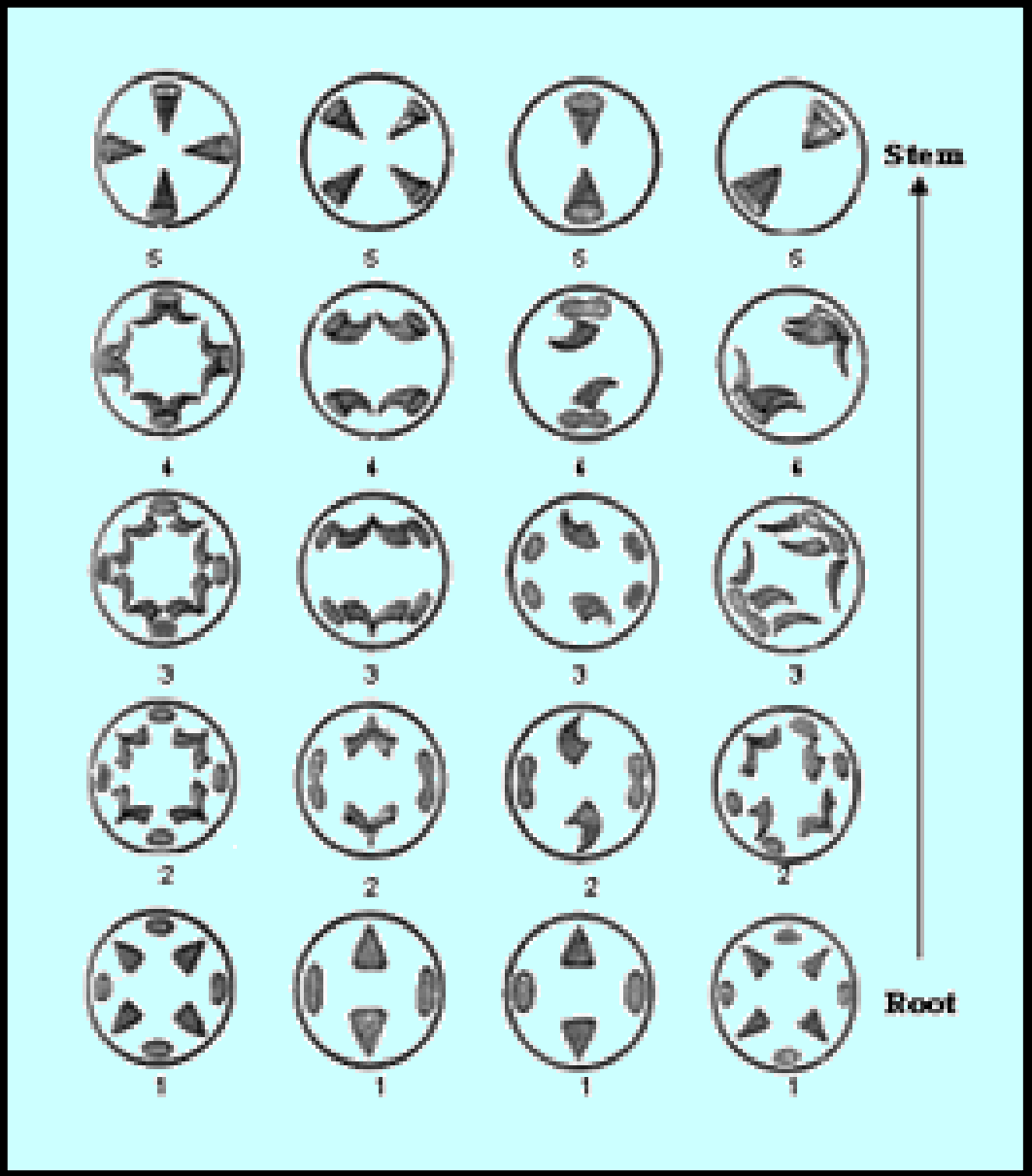
7- الجذر خارجى الخشب الأول بينما بكون الساق داخلى الخشب الأول .

8- النخاع فى جذور ذوات الفلقتين ضيق وقد يتلاشى كلية عندما تلتقى أذرع الخشب فى مركز الجذر , بينما يكون النخاع فى سيقان ذوات الفلقتين متسع وقد يوجد به تجويف يسمى تجويف النخاع .

9- الأنسجة الدعامية فى الجذور تتمركز فى وسط القطاع لتتحمل الجذور الشد الواقع عليها , بينما فى السيقان تكون الأنسجة الدعامية موزعه خارجيا بالقطاع لتتحمل السيقان الإنحناء والثنى .

10- تنشأ الجذور الجانبية داخليا من البريسيكل وهى ثانوية النشأة فى حين تنشأ أفرع الساق خارجيا من المرستيم المحيطى وهى إبتدائية النشأة .

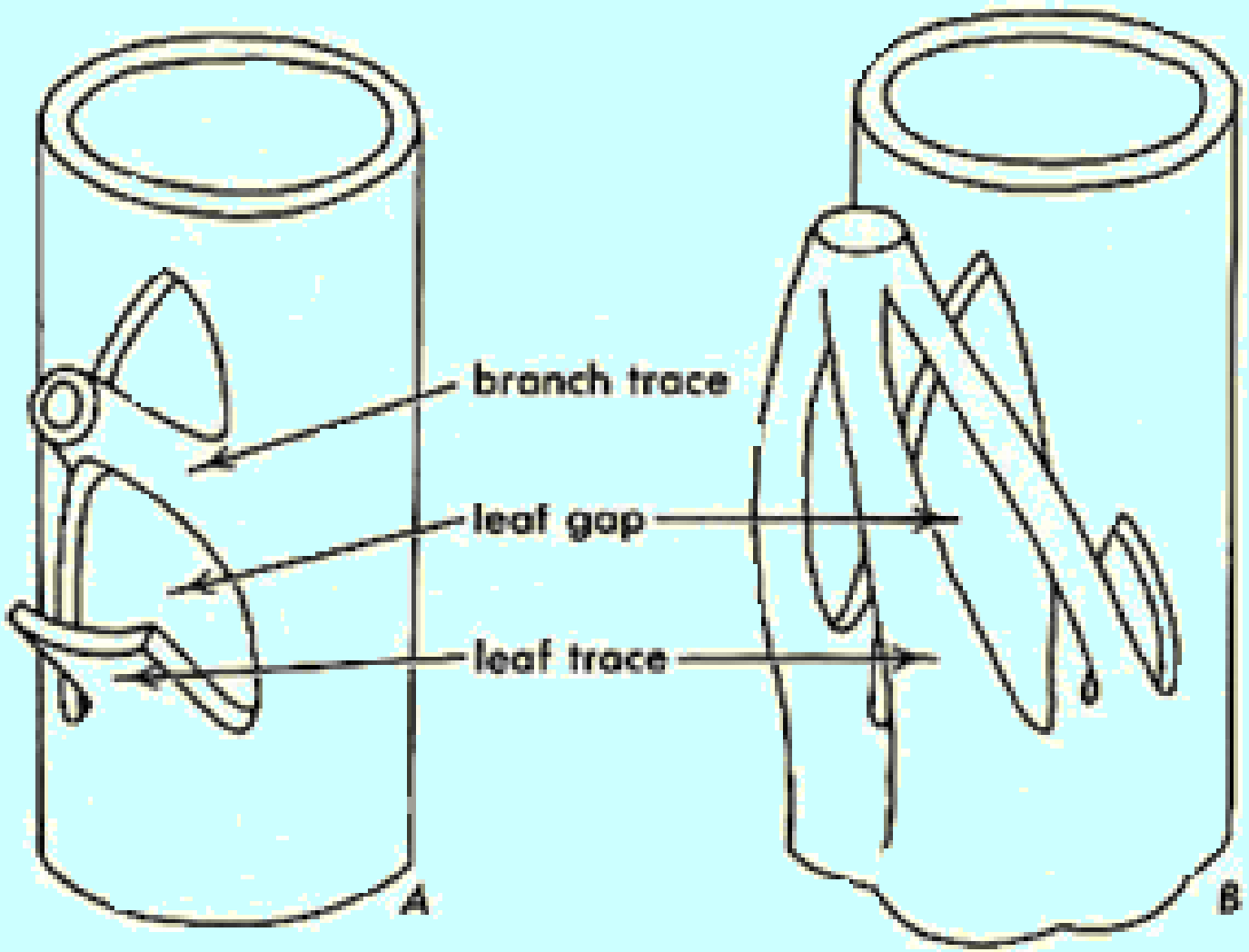
Vascular transition between root and stem التحول الوعائى بين الجذر والساق

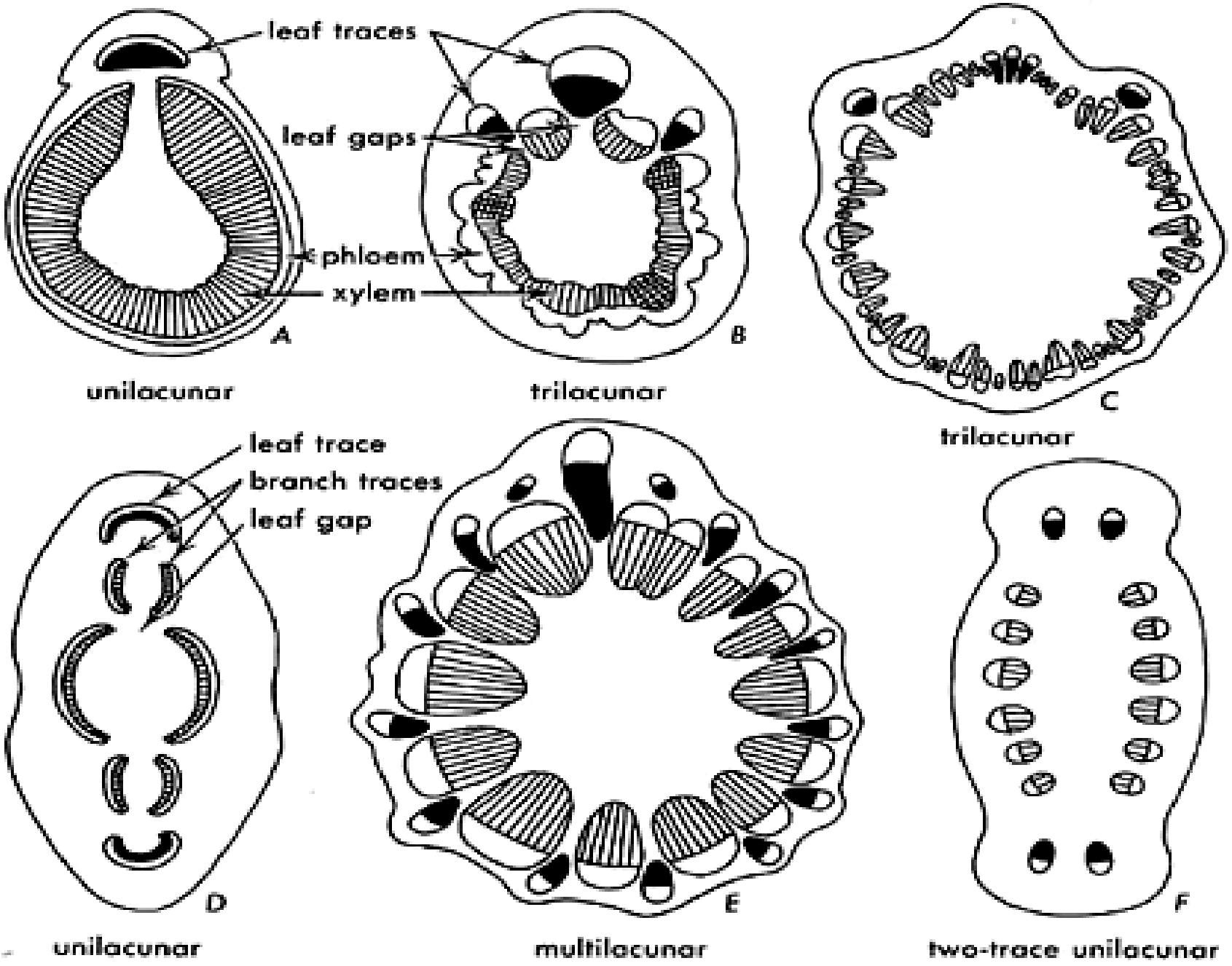


الإتصال الوعائى بين الساق وكل من الأوراق والأفرع

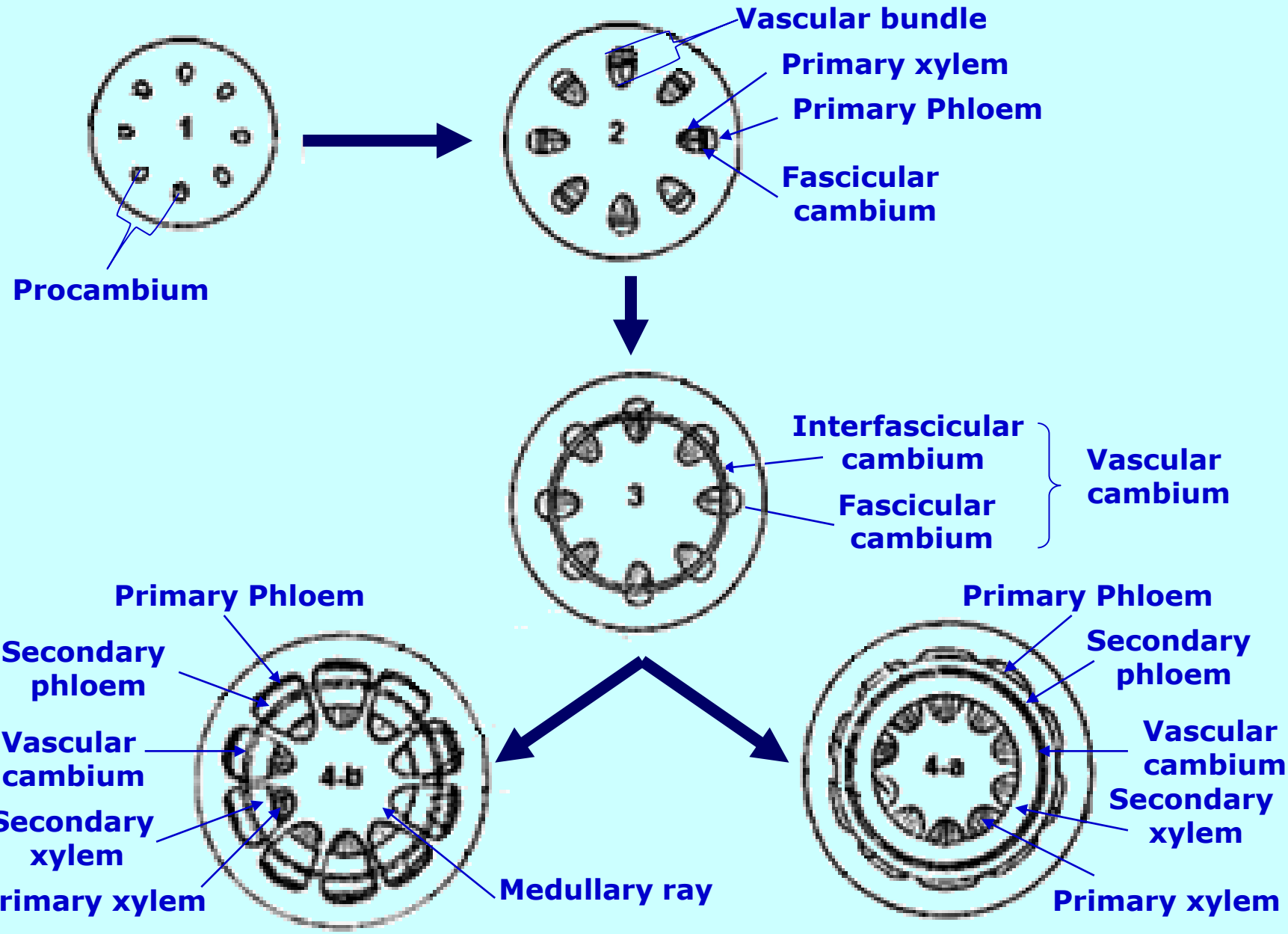
مع بداية تكوين بدايات الأوراق تنشأ خيوط من البروكامبيوم Procambial strands أسفل قواعدها كإمتداد للبروكامبيوم الموجودة أسفلها فى أنسجة الساق , تمتد تلك الخيوط داخل بدايات الأوراق وتتشكل بداخلها أثناء تشكل باقى أنسجة الورقة مكونة الأنسجة الوعائية للورقة والتى تكون متصلة مباشرة بالأنسجة الوعائية للساق ولهذا نجد أن الأنسجة الوعائية عند عقد الساق (مكان خروج الأوراق على الساق) تبدو كأنها تنحنى وتبرز للخارج لتكون الأنسجة الوعائية للورقة ومن ثم تظهر الأنسجة الوعائية للورقة كتفرعات للأنسجة الوعائية الموجودة بالساق أسفل مكان خروج الورقة . ويسمى الجزء من الأنسجة الوعائية الذى يصل مابين الأنسجة الوعائية فى قاعدة الورقة ومنطقة الإشتقاق من الأنسجة الوعائية للساق بالأثر الورقى Leaf trace والأنسجة الوعائية التى تغذى الورقة الواحدة قد تكون أثر ورقى واحد أو أكثر , فهى تتراوح عادة مابين 1 : 3 أثار ورقية فى النباتات ذات الفلقتين وتكون أكثر من ذلك فى النباتات ذات الفلقة الواحدة . إنحناء وبروز الأثر الورقى عند خروجه من الأنسجة الوعائية للساق إلى قاعدة الورقة يحدث فصل للأنسجة الوعائية للساق فى تلك المنطقة وتتكون مكانه منطقة من خلايا بارنكيمية تصل القشرة بالنخاع مباشرة فى سيقان النباتات ذات الفلقتين وتسمى هذه المنطقة بالفجوة الورقية Leaf gap ولهذا يوجد فى إبط كل أثر ورقى فجوة ورقية فإذا كان للورقة ثلاثة أثار ورقية مثلا يكون هناك ثلاثة فجوات ورقية واحدة فى إبط كل أثر ورقى . وفى القطاع العرضى للساق فى منطقة العقد يظهر الأثر الورقى كنسيج وعائى بارز للخارج ومنفصل عن الإسطوانة الوعائية للساق ويقابل الفجوة الورقية التى تشغل مكانه فى الإسطوانة الوعائية.

كذلك عند تكوين أفرع جديدة فإنه تتكون لها أنسجة وعائية تكون متصلة بالأنسجة الوعائية للساق كما يحدث فى الأوراق , ولهذا تظهر الأنسجة الوعائية للأفرع كتفرعات من الأنسجة الوعائية للساق أسفلها ويسمى الجزء من الأنسجة الوعائية الذى يصل مابين الأنسجة الوعائية فى قاعدة الفرع ومنطقة إشتقاقها من الأنسجة الوعائية للساق بالأثر الساقى Branch trace ويختلف عدد الأثار الساقية فى النباتات المختلفة كما يكون لكل أثر ساقى فجوة ساقية كما فى الأثر الورقى.


branch trace
leaf gap
leaf trace
A
B


leaf traces
leaf gaps
phloem
xylem
A
B
C
unilacunar
trilacunar
trilacunar
leaf trace
branch traces
leaf gap
D
E
F
unilacunar
multilacunar
two-trace unilacunar

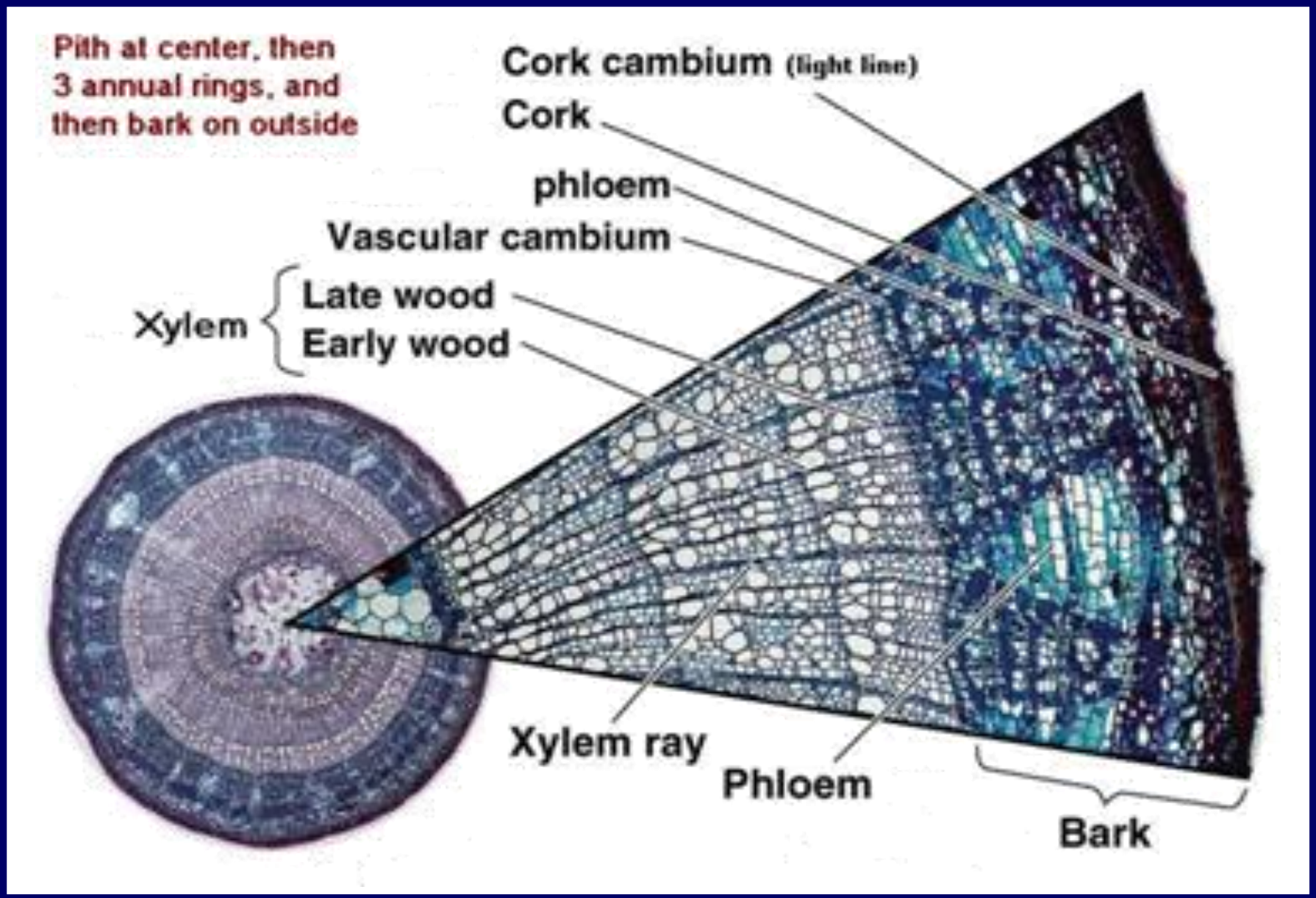
Secondary growth in stems النمو الثانوى فى السيقان



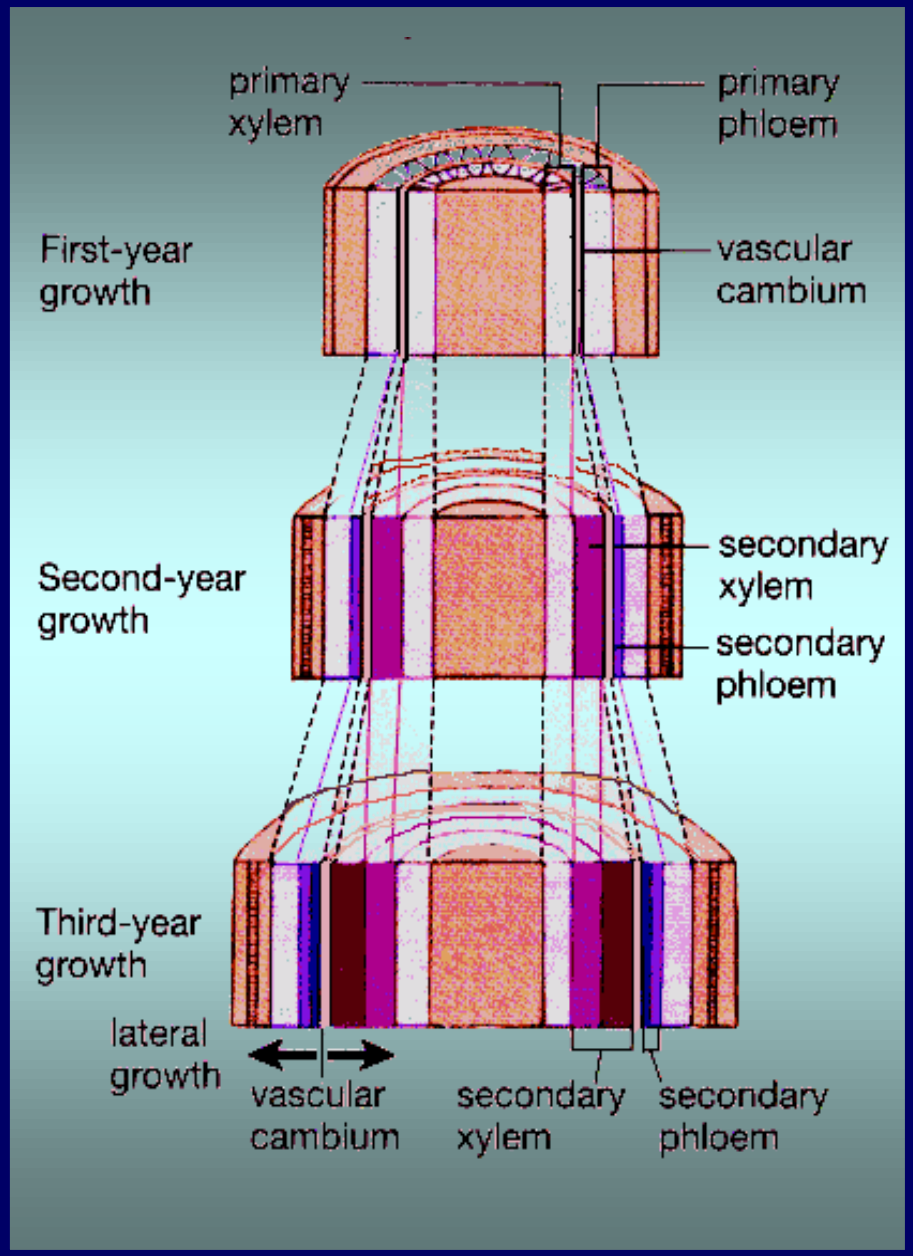
الحلقات السنوية Annual rings

تظهر الحلقات السنوية فى سيقان النباتات الخشبية المعمرة النامية فى المناطق المعتدلة والباردة عند قطع سيقانها عرضيا فى شكل حلقات مركزية متداخلة من الخشب الثانوى وعادة ما يتكون فى كل سنة حلقة واحدة ولهذا تسمى بالحلقات السنوية إلا انه قد تتكون فى السنة الواحدة أكثر من حلقة نتيجة للتغير فى الظروف البيئية ولهذا يفضل تسميتها بحلقات النمو. تتكون حلقات النمو نتيجة لإختلاف نشاط الكامبيوم الوعائى فى فصول السنة المختلفة وتبعا لحاجة النبات, فى فصل الربيع عندما يبلغ نشاط النبات أوجه ينتج عن نشاط الكامبيوم إسطوانة واسعة من خشب ثانوى يعرف بالخشب لربيعى أو الخشب المبكر Spring wood or Early wood, يتميز هذا الخشب بكثرة العناصر الناقلة وبارنكيما الخشب قلة الألياف كما أن العناصر الناقلة (الأوعية والقصيبات) تكون واسعة ورقيقة الجدر نسبيا , أما فى الخريف عندما تسقط لأوراق وتسكن البراعم وتقل حاجة النبات إلى الماء يتكشف عن الكامبيوم إسطوانة ضيقة من الخشب الثانوى تعرف بالخشب الخريفى أو الخشب المتأخر Autumn wood or Late wood الذى يتميز بقلة العناصر الناقلة وكثرة الألياف كما أن العناصر الناقلة تكون ضيقة وذات جدر سميكة. تتكون كلا الإسطوانتين (الخشب الربيعى والخشب الخريفى) فى نفس السنة وعادة يكون إنتقال الكامبيوم من إنتاج الخشب الربيعى إلى إنتاج الخشب الخريفى تدريجيا لذا لا يظهر حد فاصل بين الخشب الربيعى والخشب الخريفى الناتجين خلال نفس السنة بينما يكون إنتقال الكامبيوم من إنتاج الخشب الخريفى فى سنة إلى إنتاج لخشب الربيعى فى السنة التالية سريعا مما يؤدى إلى ظهور حد فاصل واضح بين الخشب الخريفى الذى تكون فى سنة ما والخشب الربيعى الذى تكون فى السنة التالية لها , ولهذا عند عمل قطاع عرضى فى ساق نبات مسن يلاحظ وجود حلقات دائرية متداخلة ى نسيج الخشب الثانوى تحتوى كل حلقة منها على خشب ربيعى وخشب خريفى تكونا فى سنة واحدة وبمعنى أخر فإن كل حلقةمنها تمثل مقدار الزيادة فى الخشب الثانوى التى حدثت فى سنة واحدة, بمكن مشاهدة هذه الحلقات بالعين المجردة فى القطاعات العرضية لسيقان النباتات الخشبية مثل أشجار الزيزفون *Tilia sp.* .

Annual rings الحلقات السنوية

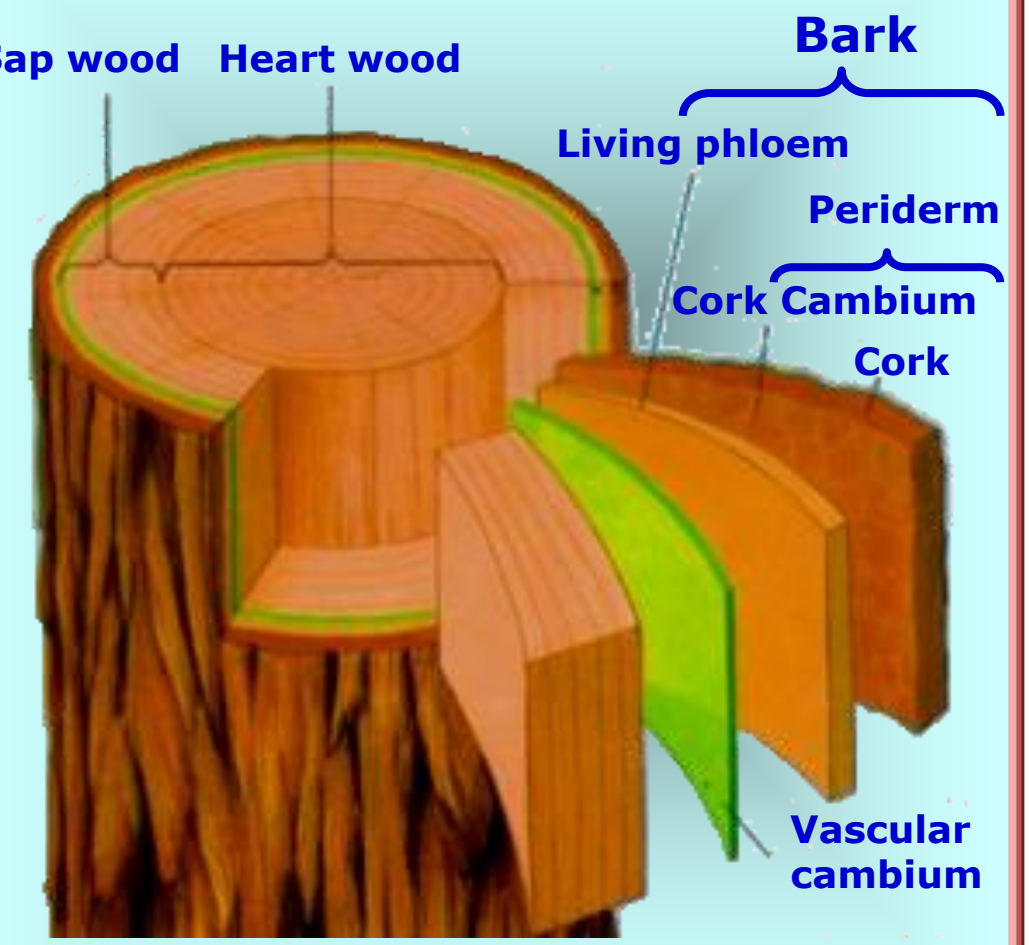


الإتصال الوعائى بين المناطق المختلفة فى ساق مسنة



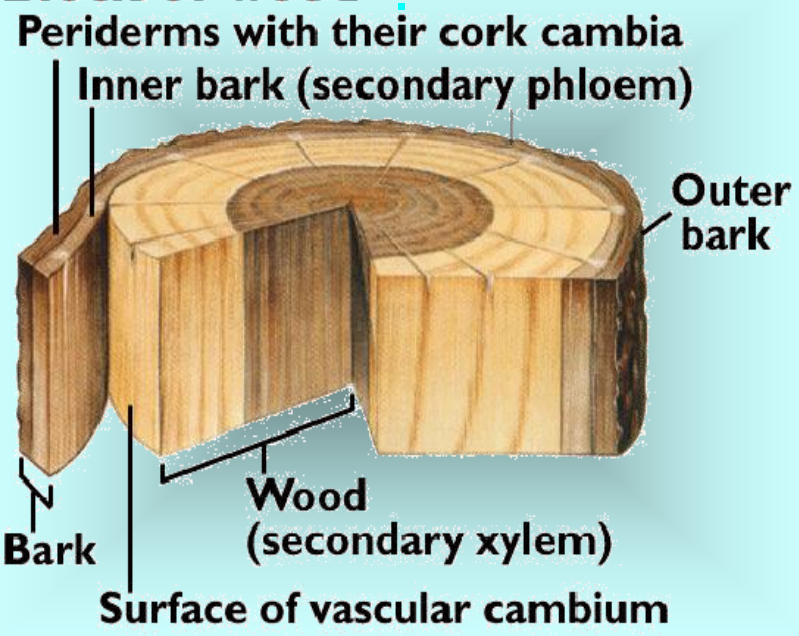
تحتوى الأجزاء السفلى من الساق المسنة على عدد من الحلقات أكثر من الأجزاء العليا(الأصغر سنا) لنفس الساق ورغم ذلك يكون الكامبيوم الوعائى فى الساق متصل طوليا فى أجزاء الساق المختلفة , فإذا كان لدينا نبات خشبى عمره ثمانى سنوات فإن الجزء السفلى من الساق يحتوى على ثمانى حلقات ويكون الكامبيوم الوعائى فى هذا الجزء متصلا بالكامبيوم الوعائى أعلاه حيث يقل عمر أجزاء الساق كلما إتجهنا إلى أعلى إلى إن نصل إلى قرب القمة حيث يكون الكامبيوم الوعائى للأجزاء السفلى من الساق متصل بكامبيوم الجزء الحديث من الساق والذى لم يحدث به نمو ثانوى بعد. ولذلك فإنه يوجد إتصال مستمر للأنسجة الناقلة بطول الساق , فالأنسجة الوعائية الإبتدائية الموجودة فى الجزء العلوى من الساق تتصل بالأنسجة الوعائية الثانوية المتكونة حديثا فى الأجزاء المسنة أسفلها . يساعد هذا الإتصال على سهوله نقل الماء والمواد الذائبة فيه خلال نسيج الخشب من أسفل الشجرة إلى أعلاها دون عقبات , كما يساعد سهولة نقل الغذاء العضوى المجهز فى الأوراق إلى أسفل خلال نسيج اللحاء .

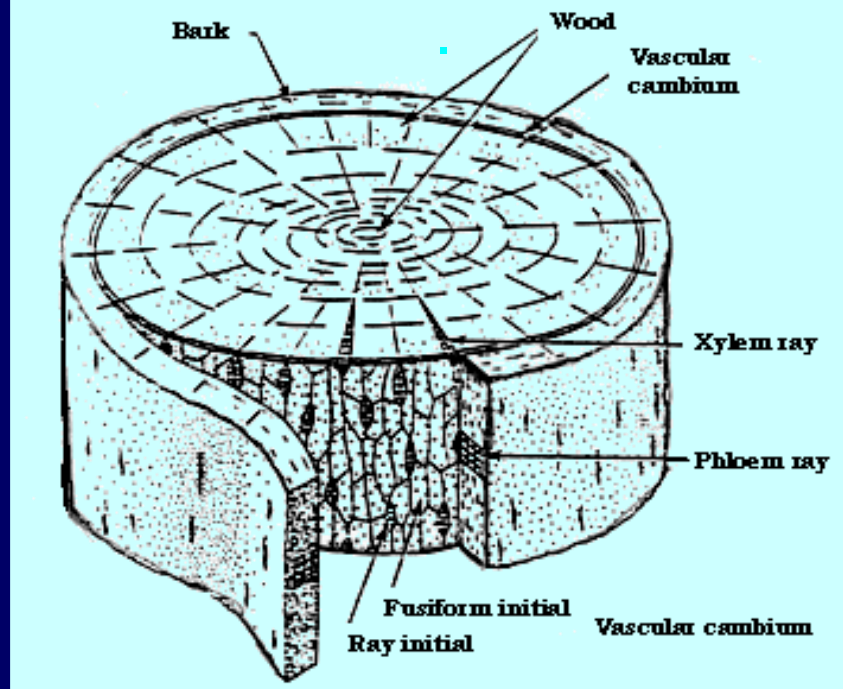
الخشب الصميمى والخشب العصيرى Heart wood and Sap wood



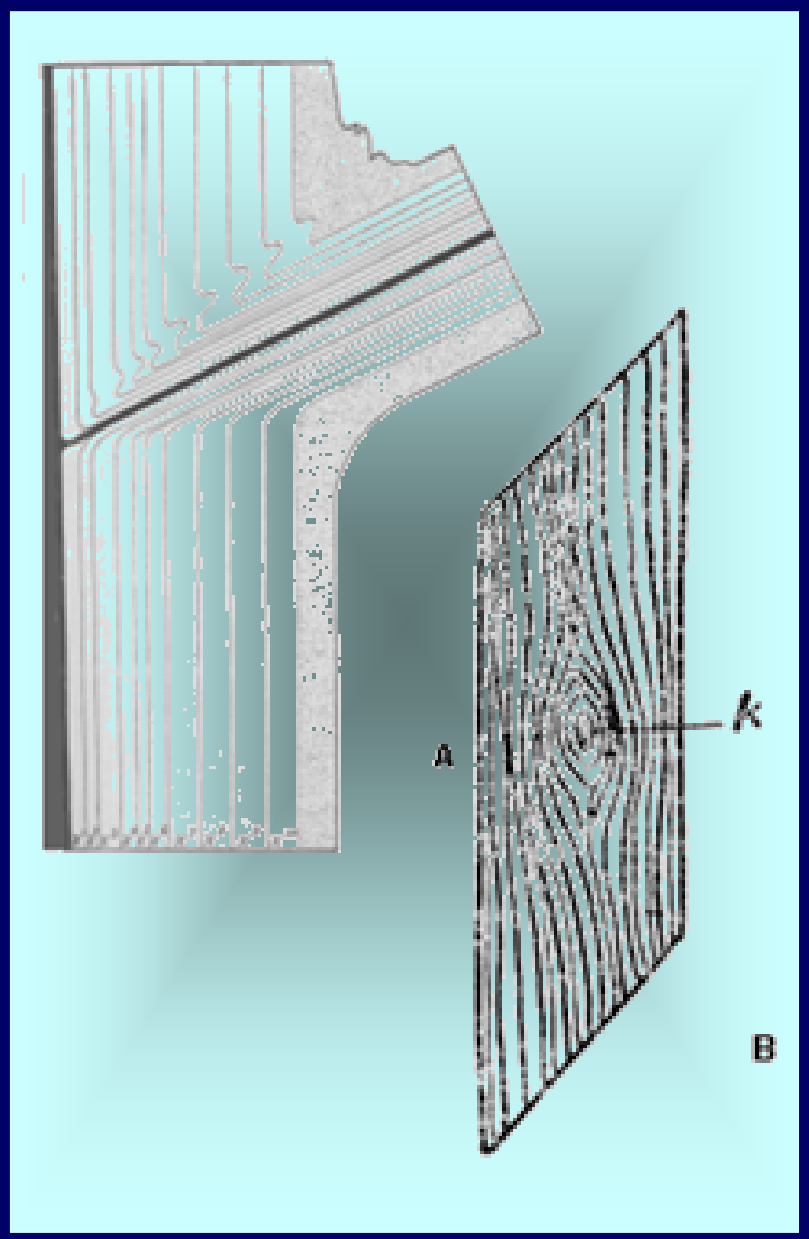
فعند عمل قطاع عرضى فى ساق نبات خشبى نلاحظ وجود حلقات النمو فى نسيج الخشب الثانوى وأن الحلقات الخارجية التى تمثل الخشب الحديث الذى تكون فى السنوات الأخيرة يكون لونها فاتح وخشبها ناعم الملمس ورطب ولذا يعرف الخشب الموجود فى هذه الحلقات بالخشب العصيرى أو الخشب الرخو Sap wood والجزء الخارجى فقط من هذا الخشب هو الذى يقوم بنقل الماء والأملاح الذائبة من الجذر إلى باقى أجزاء النبات كما تحافظ خلاياه البارنكيمية على حيويتها , على النقيض من ذلك نجد أن الحلقات الداخلية من الخشب الثانوى لونها قاتم وخشبها خشن الملمس وقد فقدت خلاياه البارنكيمية حيويتها وتوقفت عناصره الناقلة عن وظيفة التوصيل لتؤدى وظيفة تدعيمية بحتة كما أن جميع خلاياه تحتوى على أصباغ وصموغ وتأنينات ومواد راتنجية تعطى هذا الخشب لونه الداكن كما تحميه من التحلل بفعل الكائنات الممرضة وتزيد من قوة تحمله ولهذا يعرف هذا الخشب الصميمى Heart wood

Block of Wood



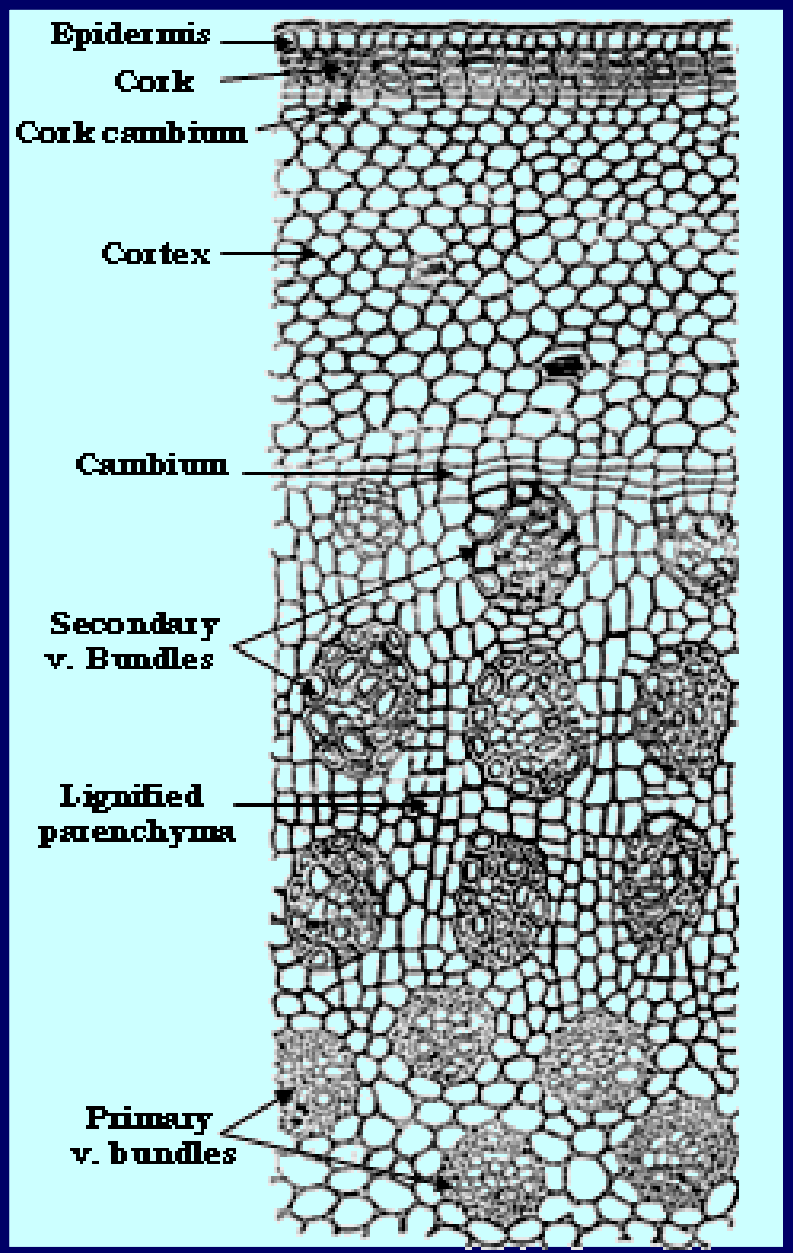


العقد فى الخشب Knots in timber



العقد Knots هى قواعد الأفرع المطمورة فى الخشب الثانوى للساق الرئيسى فى النباتات الخشبية والتى تظهر فى القطاع الطولى المماسى بشكل حلقات مركزية متداخلة محاطة بالخشب الثانوى للساق الرئيسى والذى يظهر بشكل خطوط مموجة تعرف بتجريع أو تموج الخشب . تتكون هذه العقد أثناء النمو الثانوى للساق , فعند إضافة خشب ثانوى للساق فإنه يغطى جزء من قواعد الأفرع ويصاحب ذلك إضافة كميات قليلة من الخشب الثانوى للأفرع فى أجزائها الخارجية فقط , وباستمرار إضافة حلقات سنوية من الخشب الثانوى للساق الرئيسى يزداد دفن قواعد الأفرع فى الخشب الثانوى للساق ولا تضاف حلقات جديدة من الخشب الثانوى للأفرع الحية إلا فى أجزائها الخارجية فقط ولا تضاف إلى الأجزاء المدفونة منها ولذلك نجد أن الجزء المدفون من خشب الفرع فى خشب الساق له شكل مخروطى قمته عند نسيج النخاع للساق الرئيسى . إذا مات الفرع أثناء التغليظ الثانوى فإنه لا يتم إضافة حلقات من الخشب الثانوى للأفرع وفى هذه الحالة يكون الجزء المدفون من خشب الفرع فى خشب الساق ذو شكل إسطوانى ومتماثل السمك فى جميع أجزائه وتكون سائبة ولذلك عند عمل ألواح خشبية من ساق كان عليها أفرع ميتة فإن عقد هذه الأفرع تكون سهلة الإنفصال ويعتبر ذلك من عيوب الخشب , أما عقد الأفرع الحية فتكون ملتصقة بشدة بخشب الساق وهذا النوع من الخشب هو الذى يصلح لصناعة الأثاث , إلا أن وجود العقد الخشبية فى الخشب يعتبر أمر غير مرغوب فيه إقتصاديا .

النمو الثانوى فى سيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة

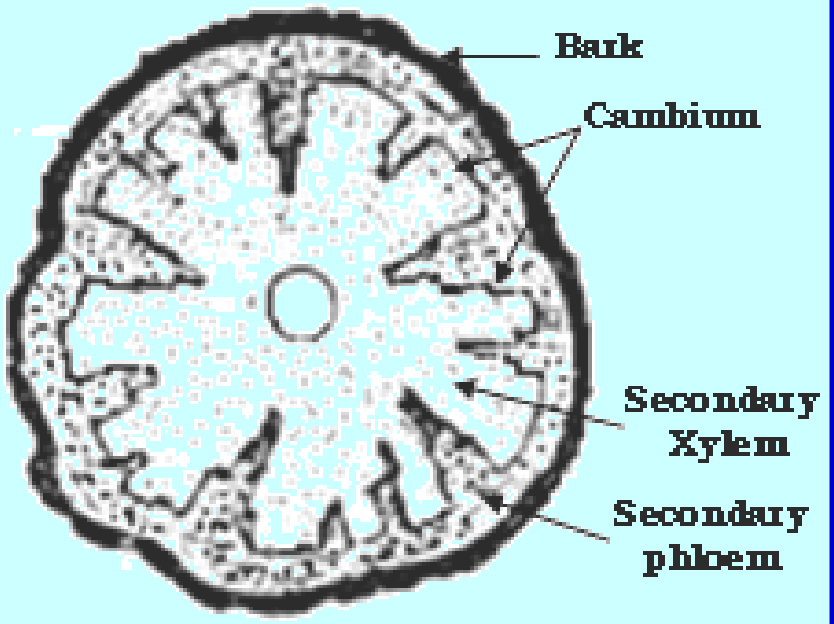


لا يحدث نمو ثانوى فى سيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة إلا فى حالات خاصة نظرا لخلوها من نسيج الكامبيوم , وتحدث الزيادة فى سمك الساق فى مثل هذه النباتات أثناء النمو الطولى (النمو الإبتدائى) وعندما يتوقف النمو الطولى فإن الزيادة التى قد تحدث تكون ضئيلة وتنتج عن إنقسام الخلايا البارنكيمية للنسيج الأساسى بجدر موازية لمحور الساق الطولى ثم كبر الخلايا الناتجة من الإنقسام فى الحجم . يحدث النمو الثانوى فى قليل من نباتات ذوات الفلقة الواحدة مثل الدراسينا Dracaena واليوكا Yucca والصبار Aloe, تتكون الساق الحديثة فى هذه النباتات من بشرة ونسيج أساسى من خلايا بارنكيمية يتميز إلى جزء خارجى يمثل نسيج قشرة محدد وجزء داخلى يحتوى على حزم وعائية مبعثرة , عند حدوث النمو الثانوى تستعيد الطبقات الداخلية من القشرة قدرتها على الإنقسام مكونة طبقة مرستيمية عريضة تحيط بالحزم الوعائية الإبتدائية تمثل كامبيوم وعائى ثانوى , تنقسم خلايا الكامبيوم بجدر محيطية ولكنها لا تعطى لحاءا ثانويا للخارج وخشبا ثانويا للداخل بل تعطى خلايا للداخل تنمو وتتشكل إلى حزم وعائية ثانوية كاملة مرتبة فى صفوف قطرية وتكون منغمسة فى نسيج بارنكيمى ملجنن وتتشكل الخلايا الخارجية وتعطى خلايا بارنكيمية تعتبر قشرة ثانوية . الحزم الوعائية الإبتدائية والثانوية فى ساق الدراسينا حزم مركزية اللحاء ويمكن تمييز الحزم الثانوية عن الحزم الإبتدائية بأن الحزم الثانوية تكون مستديرة الشكل ومرتبة فى صفوف قطرية داخل نسيج بارنكيمى ملجنن بينما الحزم الإبتدائية تكون بيضاوية الشكل ومبعثرة فى نسيج بارنكيمى غير ملجنن . نتيجة الضغط الواقع على البشرة فإنها تتمزق وينشأ كامبيوم فلينى من الطبقات الخارجية للقشرة وينقسم ليكون نسيج البريدرم الذى يحل محل البشرة الممزقة

التغليظ الثانوى الشاذ فى نباتات ذوات الفلقتين

يحدث التغليظ الثانوى فى الغالبية العظمى من النباتات بالنظام العادى السابق إيضاحه , إلا أن هناك بعض النباتات التى يحدث فيها تغليظا ثانويا غير عادى أو شاذ Abnormal or Anomalous بسبب الإختلاف فى وضع الكامبيوم أو نشاطه , وعدم تساوى و إنتظام وضع الأنسجة الثانوية. والحالات الأتية تمثل بعض حالات التغليظ الثانوى الشاذ :

(أ) الكامبيوم طبيعى فى موضعه شاذ فى نشاطه

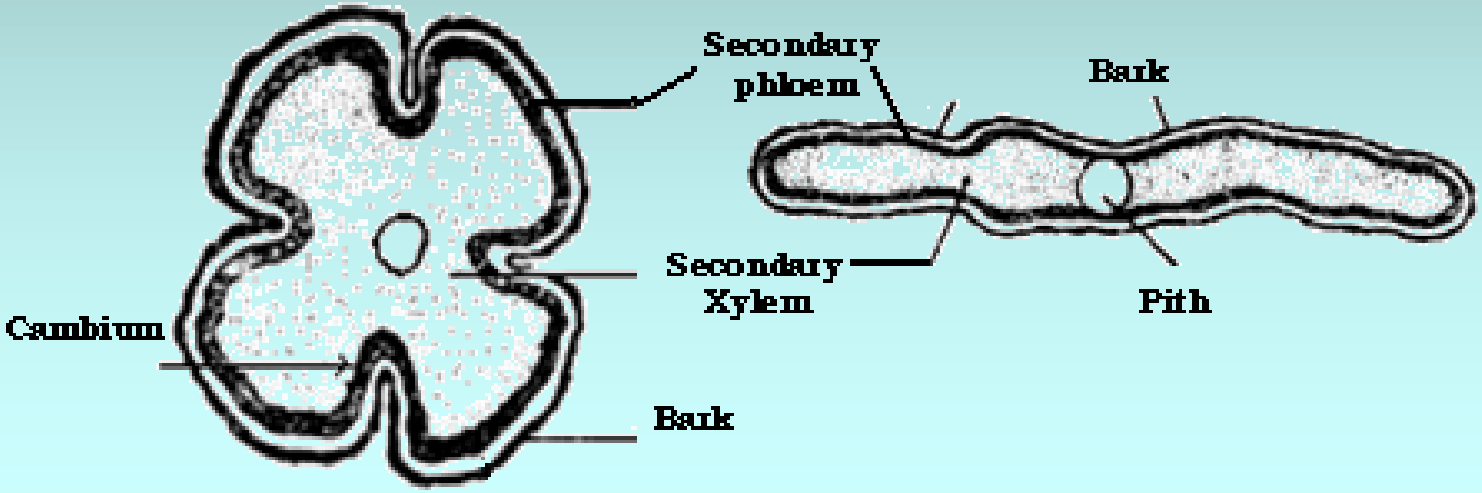


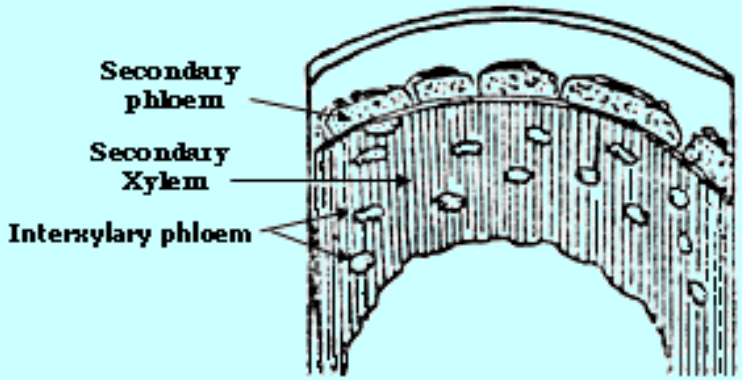
ساق البجونيا Bignonia

تتكون حلقة الكامبيوم الوعائى بالطريقة العادية , إلا أن حلقة الكامبيوم تعطى فى بعض أجزائها كميات متساوية من كل من الخشب الثانوى واللحاء الثانوى وتعطى فى أجزاء أخرى كميات كبيرة من الخشب الثانوى وكميات قليلة من اللحاء الثانوى , كما تعطى فى أجزاء أخرى كميات قليلة من الخشب الثانوى وكميات كبيرة من اللحاء الثانوى ولذلك تصبح حلقة الكامبيوم الوعائى متعرجة كما يصبح الخشب الثانوى مفصص

ساق البوهينيا Bauhinia

تتكون حلقة الكامبيوم الوعائى بالطريقة العادية , إلا أنه فى بعض أنواع البوهينيا تتوقف بعض أجزاء حلقة الكامبيوم فى جانبين متقابلين من الحلقة عن إنتاج الخشب الثانوى بينما تعطى لحاء ثانوى وفى أجزائها الأخرى تستمر فى نشاطها بطريقة عادية حيث تعطى لحاء ثانوى للخارج وخشب ثانوى للداخل ونتيجة لذلك تصبح الساق شريطية . وفى بعض أنواع البوهينيا الأخرى نجد أن حلقة الكامبيوم بعد تكوينها تعطى خشبا ثانويا نحو الداخل ولحاء ثانوى نحو الخارج بطريقة عادية لفترة من الوقت ثم تتوقف بعض أجزاء حلقة الكامبيوم عن إنتاج الخشب الثانوى ويقتصر نشاطها على إنتاج اللحاء الثانوى بشكل منتظم , بينما تستمر باقى أجزاء حلقة الكامبيوم فى إنتاج الخشب الثانوى واللحاء الثانوى بشكل عادى , ونتيجة لذلك تصبح حلقة الكامبيوم متعرجة بعد أن كانت مستديرة وتصبح منطقة اللحاء الثانوى منتظمة السمك بينما تصبح

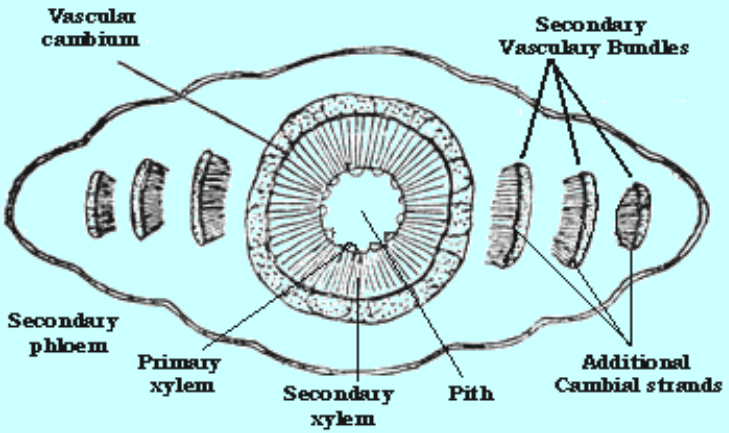




ساق الصم Combretum

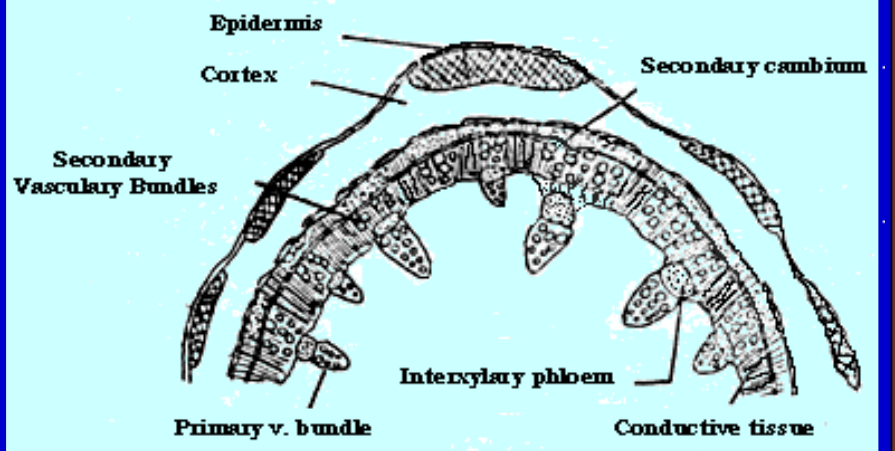
فى مثل هذه الساق تعطى بعض أجزاء حلقة الكامبيوم الوعائى لحاءا ثانويا بدلا من الخشب الثانوى لفترة قصيرة يعود بعدها الكامبيوم لنشاطه العادى منتجا لحاءا ثانويا للخارج وخشبا ثانويا للداخل , وبذلك يطمر اللحاء الثانوى الذى تكون مبكرا فى الخشب الثانوى ويعرف هذا اللحاء باللحاء بين الخشبى Interxylary phloem

(ب) الكامبيوم شاذ فى موضعه عادى فى نشاطه



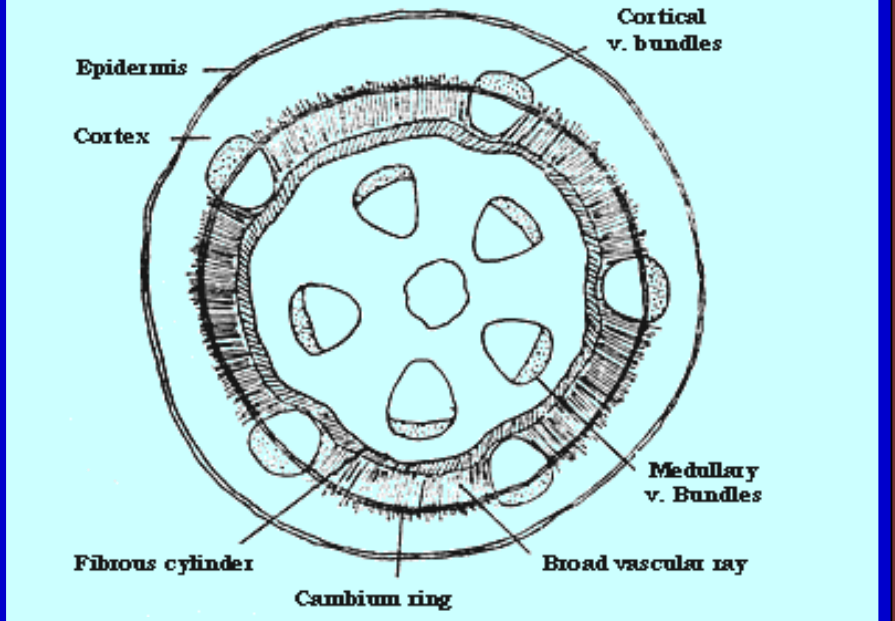
ساق رنكوزيا Rhynchosia

يبدأ تغلظ الساق فى هذا النبات بالطريقة العادية ثم يقف نشاط حلقة الكامبيوم وتظهر أشرطة كامبيومية ثانوية Extra-cambial patches على التوالى فى منطقة القشرة على جانبين متقابلين , وينشط كل شريط ليعطى كمية من الخشب الثانوى نحو الداخل واللحاء الثانوى نحو الخارج , وبعد فترة من النشاط يقف تكوين الخشب واللحاء من هذه الأشرطة الكامبيومية وتظهر أشرطة جديدة مماثلة من الكامبيوم تبدأ فى الإنقسام بنفس الطريقة وتتكرر هذه العملية عدة مرات مما يؤدى إلى تفلطح الساق .



ساق الزربيح (الرمرام) Chenopodium

يتكون الكامبيوم الوعائى فى البداية بالطريقة العادية وينشط لفترة وجيزة يضيف خلالها قليلا من اللحاء والخشب الثانويين ثم يتوقف عن النشاط فجأة ويتحول إلى أنسجة وعائية ويتكون كامبيوم وعائى ثانوى جديد فى منطقة البريسيكل أو فى الطبقات الداخلية من القشرة , ينتج الكامبيوم الوعائى الجديد حزم وعائية ثانوية مطمورة فى نسيج غير وعائى ثم يتوقف نشاط هذا الكامبيوم بعد فترة من الزمن لتتكون بدلا منه طبقة كامبيوم أخرى نحو الخارج تنتج بدورها حزم وعائية ثانوية مطمورة , وهكذا .

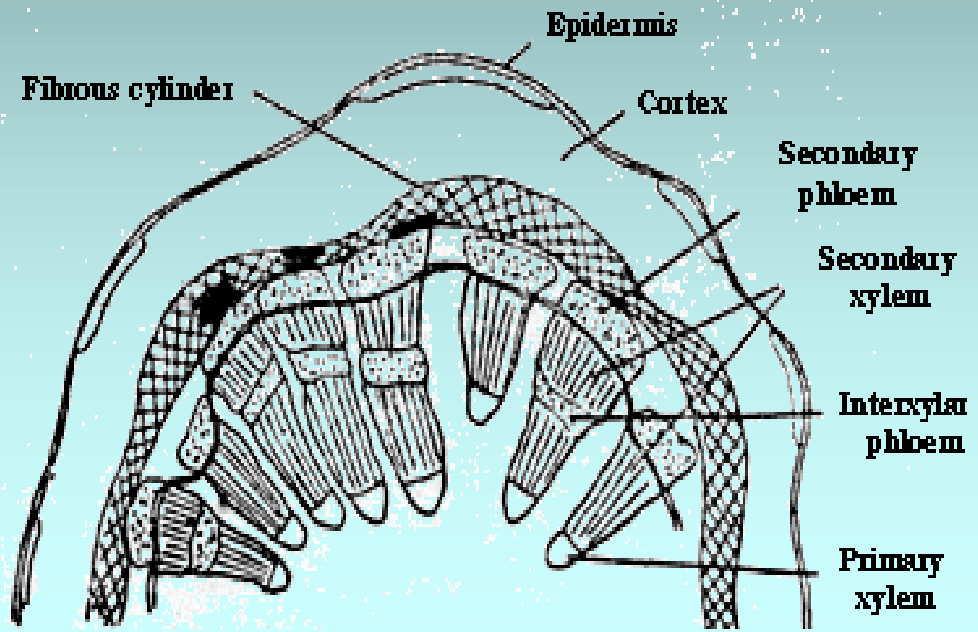


ساق الفلفل الأسود *Piper nigrum*

يرجع التغليظ الثانوى الشاذ فى ساق الفلفل الأسود إلى وجود حلقتين من الحزم الوعائية الإبتدائية , حلقة داخلية من حزم نخاعية medullary bundles وأخرى خارجية من حزم قشرية Cortical bundles , لا يطرأ على الحزم النخاعية سوى تغليظ ثانوى طفيف نتيجة لنشاط الكامبيوم الحزمى وتظل منفصلة ومتباعدة , أما الحزم القشرية فتتصل جانبيا نتيجة تكوين كامبيوم بين حزمى يصل فيما بينها , يعطى الكامبيوم الحزمى لحاء ثانوى نحو الخارج وخشب ثانوى نحو الداخل أما الكامبيوم بين الحزمى فيقتصر نشاطه على تكوين أشعة نخاعية ثانوية .

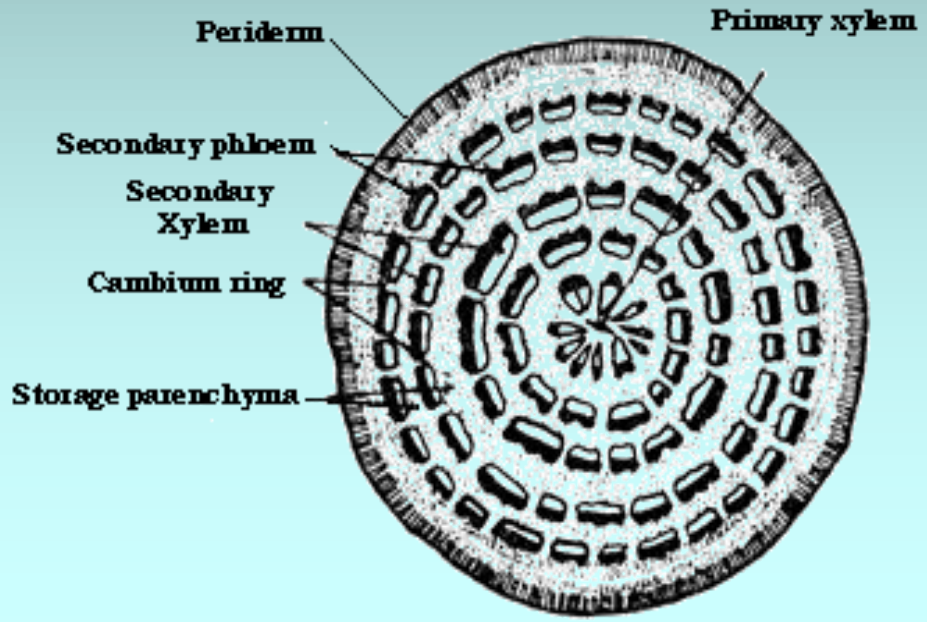
ساق الجهنمية Bougainvillea

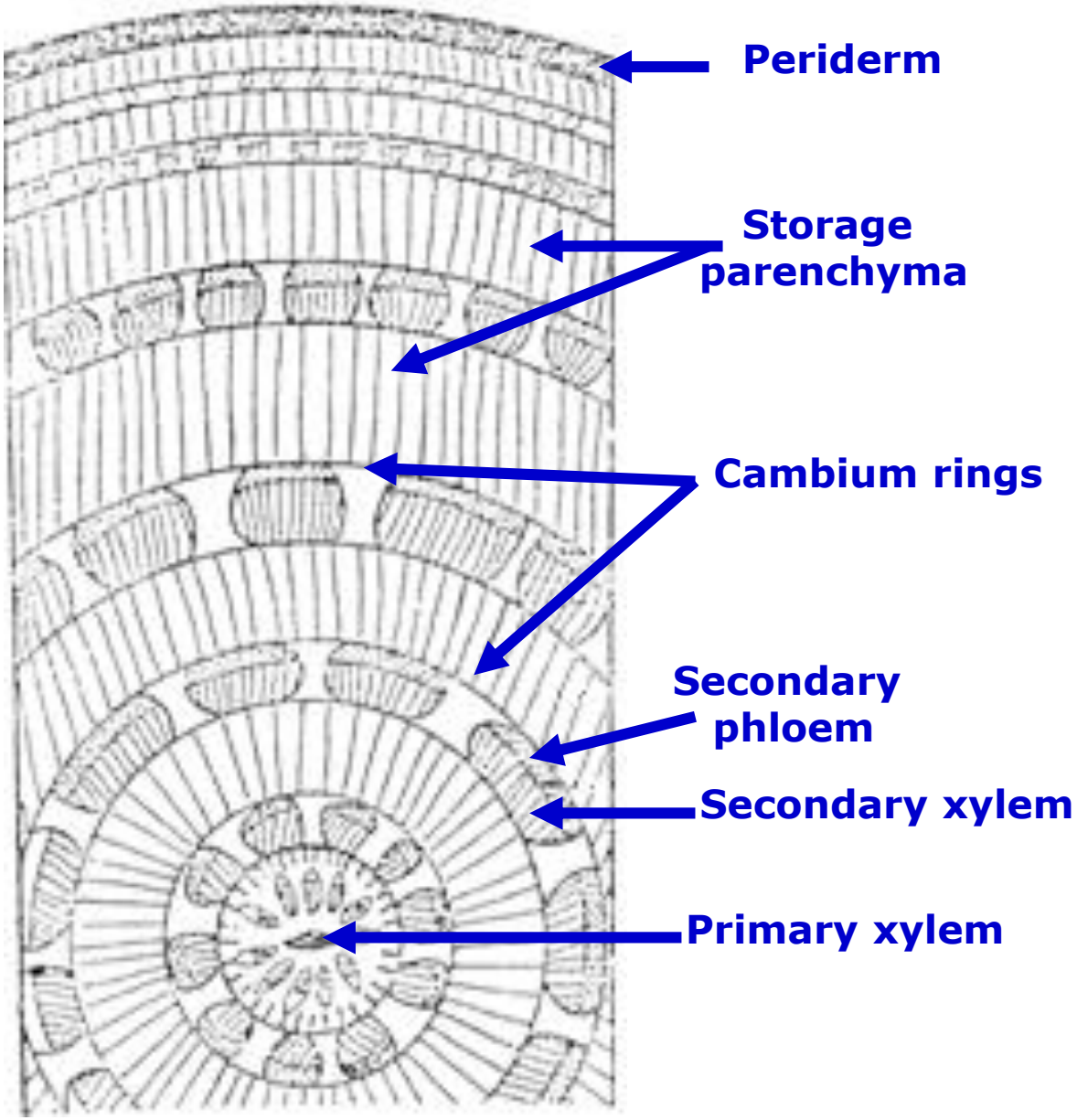
يماثل ساق الصم فى وجود لحاء بين خشبى ولكن يختلف فى الطريقة التى يطمر بها اللحاء فى وسط الخشب , ففى ساق الجهنمية تتوقف بعض أجزاء الكامبيوم عن النشاط وتتحول كلية إلى نسيج وعائى ثم تظهر أجزاء جديدة من الكامبيوم كمرستيم ثانوى فى اللحاء أو البريسيكل على بعد بضعة صفوف نحو الخارج من موضع الكامبيوم الأصلى وتمتد أطراف هذا الكامبيوم الجديد لتتحد مع حلقة الكامبيوم الأصلية ثم تستمر حلقة الكامبيوم فى نشاطها العادى لتعطى لحاءا ثانويا نحو الخارج وخشبا ثانويا نحو الداخل وبذلك فإن الخشب الثانوى يضم فيما بينه أشرطة من اللحاء , تتكرر هذه العملية عدة مرات ويصبح الخشب الثانوى محتويا على عدة أشرطة من اللحاء مبعثرة بداخله بدون نظام.



النمو الثانوى الشاذ فى جذر البنجر *Beta vulgaris*

فى جذور نبات البنجر Beet حيث تختزن كميات كبيرة من المواد الغذائية , يحدث النمو الثانوى بطريقة مختلفة عما يحدث فى جذور النباتات ذات الفلقتين بحيث يلائم هذه الوظيفة , ففى البداية يتكون الكامبيوم الوعائى بالطريقة العادية وينقسم ليعطى لحاءا ثانويا للخارج وخشبا ثانويا للداخل كما يحدث فى جذور ذوات الفلقتين , لكن سرعان ما يتوقف هذا الكامبيوم عن نشاطه وتتكون حلقة كامبيوم جديدة تنشأ من خلايا البريسيكل وتنشط لبعض الوقت فتعطى نسيجا ثانويا على هيئة حزم وعائية ثانوية منفصلة تفصل بينها أشرطة عريضة من خلايا بارنكيميا تعرف بالنسيج التخزينى حيث تخزن فيها المواد السكرية , بعد فترة يتوقف نشاط هذا الكامبيوم وتتكون حلقة كامبيوم جديدة ولكنها تنشأ من الخلايا البارنكيمية الواقعة خارج اللحاء الثانوى الذى كونته الحلقة السابقة وتنشط هذه الحلقة لفترة من الوقت تعطى خلالها نسيجا ثانويا مماثل لما أعطته الحلقة السابقة لها ثم وتتكون حلقة كامبيوم جديدة ... وهكذا تتكرر هذه العملية عدة مرات فتتكون نتيجة لذلك مناطق دائرية يتكون كل منها من حزم وعائية ثانوية تفصلها خلايا بارنكيمية مخزنة مما يؤدى إلى زيادة قطر الجذر زيادة كبيرة .




Periderm
Storage parenchyma
Cambium rings
Secondary phloem
Secondary xylem
Primary xylem

مقارنة بين التركيب الداخلى للجذور والسيقان المسنة لذوات الفلقتين

فى الجذور المسنة يوجد الخشب الإبتدائى يكون متبادل مع الخشب الثانوى بينما فى السيقان المسنة يوجد الخشب الإبتدائى على إمتداد الخشب الثانوى .

لايتميز الخشب الثانوى فى الجذور المسنة إلى حلقات سنوية فى حين يتميز الخشب الثانوى إلى حلقات سنوية فى كثير السيقان المسنة

الأشعة النخاعية الرئيسية فى الجذر المسن تقابل أذرع الخشب الإبتدائى فى حين تمتد الأشعة النخاعية فى الساق المسن من القشرة إلى النخاع .

ينشأ الكامبيوم الفلينى من خلايا البريسيكل فى الجذور المسنة بينما ينشأ من البشرة أو القشرة أو بارنكيما اللحاء فى السيقان المسنة .