الباب السابع

الســـاق

يقصد بالساق محور النبات وفروعه التى تحمل الأوراق والبراعم والأزهار والثمار ، وتختلف السيقان كثيراً فى صفاتها المورفولوجية والتشريحية ولكنها تتفق جميعاً فى صفات معينة يمكن تلخيصها فى الآتى :

1- يحمل الساق الأوراق والبراعم والأزهار والثمار.

2- يتكون محور الساق من عقد وسلاميات.

3- قد توجد على الساق ندب ورقية أو ندب حراشيف برعمية.

4- الأفرع على الساق خارجية المنشأ.

5- السيقان ذات إنتحاء أرضى سالب ، عادة ، فتتجه فى نموها إلى أعلى.

6- لا تغلف القمة النامية للساق بقلنسوة.

7- الحزم الوعائية فى الساق ، عادة ، جانبية ، وقد تكون مركزية.

وللساق وظيفتان رئيسيتان ، الوظيفة الأولى هى حمل الوراق ووضعها فى الموضع الملائم لحدوث عمليتى التمثيل الضوئى والنتح ، وحمل الأزهار ووضعها فى المكان المناسب لحدوث عمليتى التلقيح والإخصاب ، الوظيفة الثانية للساق هى توصيل الغذاء غير المجهز من الجذور إلى الأوراق والبراعم والأزهار والثمار ، وكذلك توصيل الغذاء العضوى المجهز من الأوراق إلى مختلف أجزاء النبات. كذلك فإن السيقان الخضراء والتى تحتوى خلاياها على بلاستيدات خضراء يمكنها المساهمة فى القيام بعملية التمثيل الضوئى وتصنيع الغذاء العضوى.

الفصل الأول
مورفولجيا الساق

تنمو سيقان النباتات الزهرية ، عادة ، فوق سطح التربة ، ولكنها فى حالات أخرى تنمو تحت سطح التربة.

تتميز السيقان إلى عقد nodes وسلاميات internodes. العقد هى أماكن إتصال الأوراق بالساق ، والسلاميات هى المسافات بين العقد. تنمو فى آباط الأوراق براعم تعرف بالبراعم الإبطية axillary buds ، تمييزاً لها عن البراعم الطرفية terminal buds التى توجد فى نهايات الساق والأفرع والتى تعرف أيضاً بالقمم النامية. تنمو البراعم الإبطية والطرفية لتكون أفرعاً خضرية أو أفرعاً خضرية زهرية.

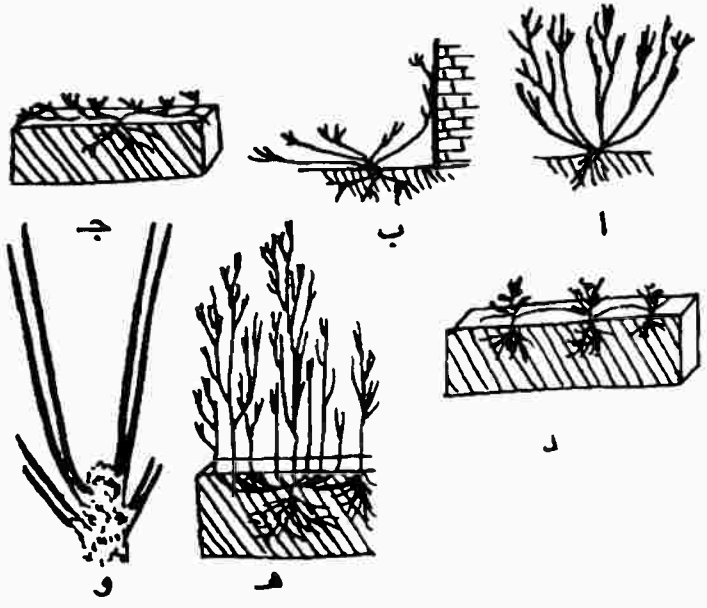
توجد على السيقان المتساقطة الأوراق ندب تبين مواضع سقوط الأوراق وتعرف بالندب الورقية leaf scars ، ويمكن تمييز النباتات المختلفة بشكل هذه الندب. وبالفحص الدقيق يشاهد بكل ندبة ورقية ندب دقيقة تمثل آثار الحزم الوعائية.

تنشأ الساق الابتدائية من تكشف ونمو المرستيم القمى للريشة ، ويحدث التفرع عادة فى النباتات الزهرية نتيجة لتكشف ونمو البراعم الإبطية. وقد يحدث التفريع نتيجة لانقسام المرستيم القمى إلى قسمين وينتج عن ذلك التفرع الثنائى الشعبة ، وهو نادر الحدوث فى النباتات الزهرية ويشاهد فى ساق نخيل الدوم *Hyphaene thebaica* ، وقد شاهد المؤلفان هذا التفريع فى بعض نباتات كتان الألياف.

طبيعة نمو الساق

السيقان النموذجية للنباتات الزهرية هى سيقان هوائية قائمة erect ، وتنمو رأسياً إلى أعلى فى إتجاه الضوء وفى عكس إتجاه الجاذبية الأرضية ، كما فى كثير من الأشجار والشجيرات والأعشاب (شكل 1/7 أ)٠

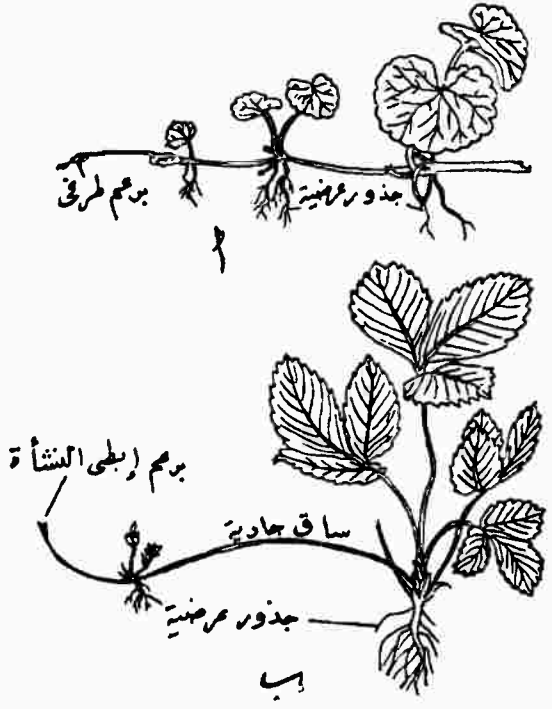
بعض السيقان قد تكون ضعيفة لا تستطيع النمو الرأسى ، فهى تنمو فى بدء حياتها رأسياً لمسافات قصيرة ثم تسقط على الأرض وتنمو أفقياً على سطح التربة ، وتسمى هذه السيقان بالسيقان الزاحفة prostrate stems (شكل 1/7 جـ) ، كما فى البطيخ والخيار والحبى علم ، وبعض النباتات التى تنمو زاحفة ، تعطى سيقانها الأفقية جذوراً عرضية تنمو فى التربة ، وتعرف فى هذه الحالة بالسيقان الجارية



(شكل 1/7) : طبيعة النمو فى الساق

أ) ساق قائمة	ب) ساق متسلقة	جـ) ساق زاحفة
د) ساق جارية	هـ) ساق ريزومية	و) ساق قزمية

rummers (شكل 1/7 د)٠ وتعطى الساق الجارية ، عادة ، أفرعاً قصيرة ، قائمة قد تنتج من البراعم الإبطية ، وتوصف الساق الجارية فى هذه الحالة بأنها صادقة المحور monopodium ، وذلك كما فى نبات الليبيا *Lippia* ونبات حبل المساكين الأرضى (شكل 2/7 أ)٠ وقد يحدث أن البرعم الطرفى للساق الجارية ينمو إلى أعلى بعد فترة من النمو الأفقى مكوناً مجموعاً خضرياً ، ويتجدد النمو الأفقى بنشاط البراعم الأبطية ، وتوصف السيقان الجارية فى هذه الحالة بأنها كاذبة المحور sympodium كما فى الفراولة (شكل 2/7 ب)٠ وقد يحدث النمو الأفقى للسيقان تحت سطح التربة وتسمى السيقان فى هذه الحالة بالريزومات (شكل 1/7 هـ)٠



(شكل 2/7) : سيقان جارية

أ) حبل المساكين الأرضى (صادقة المحور) ب) الفراولة (كاذبة المحور)

بعض السيقان الهوائية لا تستطيع تلقائياً النمو رأسياً ، ولكنها تستطيع ذلك فى وجود دعامة تتسلق عليها ، وتسمى هذه السيقان بالسيقان المتسلقة climbing stems ، وذلك كما فى العنب والعليق (شكل 1/7 ب).

معظم السيقان تكون أفرعاً طويلة ، إلا أن بعض النباتات تكون أفرعاً قصيرة رفيعة ذات عقد متقاربة ، ولهذا فتسمى تلك الأفرع بالسيقان القزمية dwarf stems، وذلك كما فى نبات الصنوبر (شكل 1/7 و). والبعض الآخر يكون سيقاناً سميكة وقصيرة وتسمى سيقاناً قصيرة short stems وذلك كما فى الفجل والبنجر واللفت (شكل 3/6) ، أو تسمى سيقاناً قرصية كما فى البصل (شكل 6/7 ب).

تقسيم النبات حسب الوظيفة

بعض السيقان تقوم بوظائف أخرى بجانب وظائفها الأصلية وهى حمل الأوراق والبراعم والأزهار والثمار ونقل الغذاء من الجذر إلى الأوراق وبالعكس. وتقسم السيقان حسب ما تقوم به من وظائف إلى ما يأتى :

1- سيقان تمثيلية

أوراق النبات هى الأعضاء الأساسية فى النبات التى تقوم بعملية التمثيل الضوئى ، إلا أن معظم السيقان الهوائية تقوم أيضاً ، بنسبة بسيطة ، بعملية التمثيل الضوئى لاحتوائها على بلاستيدات خضراء. فى حالات خاصة نجد أن السيقان النباتية قد تحورت للقيام أساساً بعملية التمثيل الضوئى بدلاً من الأوراق ولذلك فهى تسمى سيقان تمثيلية photosynthetic stems ، ويحدث ذلك عادة فى كثير من النباتات الجفافية حيث تختزل الأوراق كثيراً وقد تتحور إلى حراشيف أو أشواك ، وتصبح السيقان منبسطة خضراء اللون تقوم أساساً بعملية التمثيل الضوئى للنبات. ويساعد هذا التحور على تقليل النتح لأن الثغور توجد فى السيقان بأعداد أقل بكثير من أعدادها فى الأوراق ، كما أن مساحة السطوح للسيقان أقل بكثير من مساحتها فى الأوراق.

السيقان التمثيلية والتى تسمى أيضاً بالسيقان المتورقة قد تكون محدودة النمو cladodes كما فى السفندر والاسبرجس ، وقد تكون غير محدودة النمو phylloclodes كما فى المهلنبيكيا والتين الشوكى.

فى نبات السفندر *Ruscus* يتكون ساق أصلى أسطوانى ينمو رأسياً ، وتوجد عليه أوراق حرشفية ، تخرج من آباطها سيقان منبسطة ورقية الشكل محدودة النمو، ويوجد بمنتصف السطح العلوى للساق الورقية أوراق حرشفية ، تخرج من آباطها زهرة أو أكثر (شكل 3/7 جـ).

وفى نبات المهلنبيكيا *Muehlenbeckia* تخرج من الساق الأصلية العادية ، من آباط أوراق حرشفية أفرع متورقة غير محدودة النمو ، شريطية خضراء اللون مقسمة إلى عقد وسلاميات واضحة ، وتحمل كل عقدة ورقة حرشفية قد يخرج من إبطها فرع متورق ، وهكذا (شكل 3/7 ب).

وفى نبات التين الشوكى *Opuntia* تكون الساق الأصلية وكذلك فروعها عصيرية خضراء اللون ، بيضاوية ذات سطحين منبسطين ، وتمثل العقد بوسائد مستديرة areoles تحمل الأوراق المحورة إلى أشواك أو المختزلة إلى أوراق خضرية دقيقة تبعاً لنوع النبات ، كما تحمل عدداً كبيراً من الأشواك الدقيقة ، ولا تعتبر هذه الأشواك الدقيقة أوراقاً (شكل 3/7 أ).

2- سيقان للحماية

تحدث فى بعض النبات تحورات بالسيقان للحماية protecting stems ضد عوامل البيئة الضارة ، فتتحور بعض السيقان إلى أشواك thorns تحمى النبات من الحيوانات آكلة الأعشاب ، كما قد يفيد هذا التحور أيضاً فى تقليل مساحة السطح الناتج ، لهذا فإن هذا التحور يكثر فى النباتات الجفافية مثل نبات العاقول *Alhagi*. تخرج الساق الشوكية من إبط ورقة ، وكثيراً ما تحمل الشوكة أوراقاً خضرية صغيرة أو أوراقاً حرشفية ، كما قد تحمل أزهاراً ، ويشاهد ذلك فى نباتات العاقول

(شكل 3/7) : سيقان تمثيلية وسيقان للحماية

أ) تين شوكى ب) مهلنبيكيا جـ) سفندر د) جهنمية

والجهنيمة *Bouainvillca* (شكل 3/7 د) ، وقد تكون الأشواك مجرد نموات زائدة على الساق prickles كما فى ساق الورد.

وقد تكون الحماية بطريقة أخرى كما فى نبات سيلين *Silene nutans* حيث أن النبات ينتج أزهاراً وتفرز رحيقاً لجذب حشرات طيارة معينة لعملية التلقيح. قد تزحف على سيقان النبات حشرات متجهة للأزهار وتكون غير ذات فائدة لعملية التلقيح ، ولذلك يفرز ساق النبات مادة صمغية لزجة تلتصق بها تلك الحشرات وتصبح غير قادرة على الحركة.

3- سيقان متسلقة

السيقان المتسلقة climbing stems سيقان ضعيفة لا تستطيع بذاتها النمو الرأسى ، ولكنها تستطيع بتحورات خاصة فى سيقانها أن تتسلق على دعامات. فالسيقان النامية رأسياً بالالتفاف حول دعامة تسمى بالسيقان الملتفة twining stems كما فى نباتات العليق *Convolvulus* وست الحسن *Ipomea* (شكل 4/7 أ).

(شكل 4/7) : سيقان متسلقة

أ) العليق ب) العنب جـ) العنب البرى

وإذا كونت النباتات أعضاء خاصة بالتسلق سواء كان أصلها جذوراً أو سيقاناً أو أوراقاً سميت بالمتسلقات climbers. وهذه الأعضاء الخاصة بالتسلق قد تكون محاليق أو أشواك.

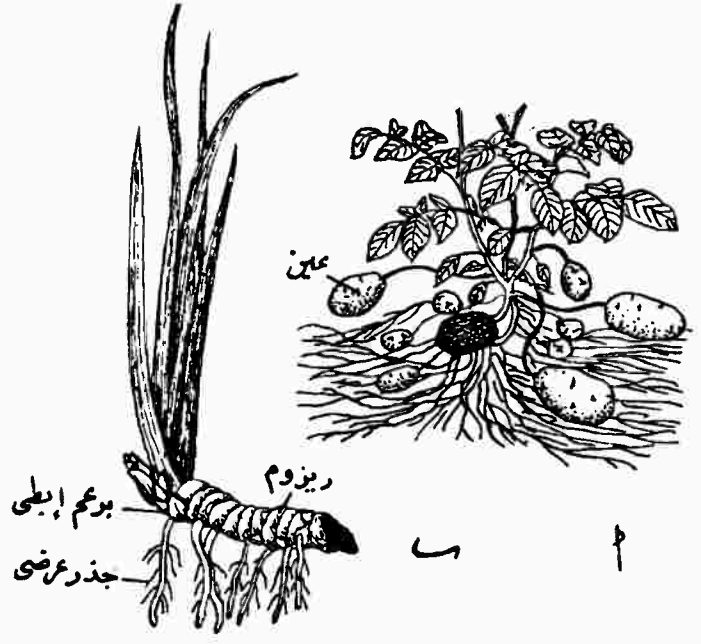
المحاليق tendrils هى تراكيب أسطوانية حساسة باللمس ، فإذا لامست أية دعامة التفت حولها كما فى العنب. ومحلاق العنب متحور عن ساق لأنه ناتج عن نمو برعم طرفى كما أنه متفرع وقد يحمل أوراقاً صغيرة تقسمه إلى عقد وسلاميات (شكل 4/7 ب). قد يكون المحلاق ناتج عن برعم إبطى كما فى الباسيفلورا *Passiflora* ، وقد يتحور الجزء الطرفى من محور النورة إلى محلاق يساعد النبات على التسلق كما فى أنتيجونن *Antigonon*. فى بعض أنواع العنب البرى تتفرع المحاليق وتكون نهاياتها قرصية تلتصق بسهولة بالأسطح الملساء (شكل 4/7 جـ). تساعد الأشواك أيضاً على التسلق بتثبيتها للساق الأصلية فى الدعامة ، زيادة عن فائدتها فى الحماية وذلك كما فى الجهنمية والورد.

السيقان المتسلقة ذات أصل إستوائى ، فهى تنمو ، عادة ، حيث توجد الأشجار المتكاثفة والتى تحجب ضوء الشمس عن النباتات أسفلها ، ولذلك تلجأ هذه النباتات ذات السيقان الضعيفة إلى التسلق على الأشجار لكى تصل إلى إرتفاعات تمكنها من الحصول على الضوء الكافى. وبالرغم من الأصل الاستوائى لهذه النباتات فإنها توجد فى المناطق الأخرى محافظة على خاصية التسلق ، إذ أصبحت صفة داخلة فى تركيبها الوراثى.

4- سيقان أرضية للتكاثر والتعمير

وهى سيقان معمرة تنمو تحت سطح التربة ، يتجدد بها النمو الخضرى موسماً بعد آخر ، فتحافظ على حياة النبات فى الأوقات التى تموت فيها أجزاؤها الخضرية لعدم ملاءمة الظروف البيئية فوق سطح التربة للنمو أو لانتهاء موسم النمو الخضرى والزهرى ، ومن ذلك الريزومات والدرنات والكورمات والأبصال. جميع هذه السيقان يمكن استخدامها فى تكاثر تلك النباتات خضرياً ، ومن أنواعها ما يأتى :

أ) الريزومات Rhizomes : الريزومات سيقان تنمو أفقياً تحت سطح التربة تظهر عليها عقد تخرج منها جذور عرضية. وتحمل العقد أوراقاً حرشفية تنمو من أباطها براعم. وقد تنمو هذه البراعم الإبطية رأسياً معطية أفرعاً هوائية خضرية ، ويستمر البرعم الطرفى فى النمو الأفقى معطياً النمو الكامل للريزوم ، وذلك كما فى ريزوم نبات الأوكساليس *Oxalis*. ويعرف الريزوم فى هذه الحالة بأنه ريزوم صادق المحور monopodium. وغالباً ما يحدث النمو الهوائى نتيجة لتغير إتجاه نمو البرعم الطرفى فيصبح رأسياً بعد فترة من النمو الأفقى معطياً نمواً هوائياً خضرياً ، وفى هذه الحالة يكمل نمو الريزوم نتيجة لنشاط برعم أو أكثر من البراعم الإبطية وذلك كما فى النجيل *Cynodon* والكانا *Canna* والسوسن *Iris* ويعرف الريزوم فى هذه الحالة بأنه كاذب المحور sympodium (شكل 5/7 ب).



(شكل 5/7) : الدرنات والريزومات

أ) درنات البطاطس ب) ريزوم السوسن

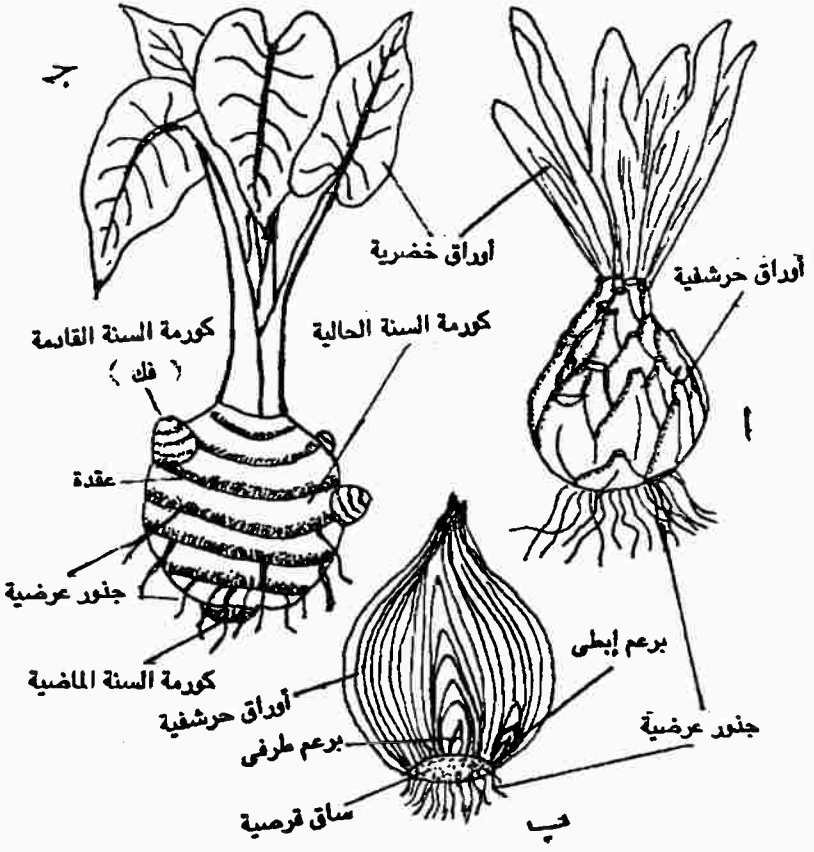
ب) الدرنات Tubers : الدرنات هى سيقان منتفخة لاختزان الغذاء بها ، وتتميز بوجود عيون تمثل عقد الساق وذلك كما فى نبات البطاطس *Solanun tuberosum* تتكون درنات البطاطس تحت سطح التربة عادة كانتفاخات فى نهاية أفرع ريزومية تنمو من الجزء السفلى للساق الهوائية تحت سطح التربة (شكل 5/7 أ). وقد تخرج الأفرع الريزومية من آباط أوراق على السيقان الهوائية. توجد على الدرنات عيون eyes ، عبارة عن إنخفاضات على سطح الدرنة ، تحتوى كل عين على برعم ، وعند كل عين توجد ورقة حرشفية تسقط مبكراً فى الأطوار الأولى من نمو الدرنة ، عدا العين المحتوية على البرعم الطرفى والتى توجد فى الناحية الطرفية للدرنة فى الجهة المقابلة للطرف القاعدى الذى يتصل بالريزوم فلا توجد عنده ورقة حرشفية. يموت النبات وتنفصل الدرنات عن بعضها وعن النبات الأم. فى الموسم التالى عند توفر الظروف الملائمة للنمو تنمو البراعم الموجودة بالعيون أو بعضها ، معطية أفرعاً هوائية ، وهذه تعطى أفرعاً ريزومية تنمو تحت سطح التربة وتنتهى بالدرنات ، وهكذا. وتحت ظروف خاصة قد تتكون درنات هوائية فى آباط الأوراق الخضراء.

يزرع البطاطس بتقسيم الدرنات إلى أجزاء يحتوى كل منها على عين أو أكثر.

جـ) الكورمات Corms : الكورمات هى قواعد سيقان إنتفخت لإختزانها الغذاء ، تظهر بها عادة سلاميات قصيرة وعقد واضحة ، تنمو عادة رأسياً تحت سطح التربة وتنتهى ببرعم طرفى تنمو منه أفرع هوائية. توجد أوراق حرشفية أو قواعد أوراق خضرية على عقد الكورمات. وتوجد فى آباط الأوراق براعم إبطية ، كما تخرج من العقد جذور عرضية. ومن الأمثلة على ذلك كورمات القلقاس *Colocasia antiqorum* ، التى يتكون على عقدها براعم وهذه البراعم قد تنمو وتكبر فى الحجم لتكون كورمات صغيرة تعرف بالفكوك وهى تمثل كورمات السنة التالية ، لأنها تنمو فى الموسم التالى مكونة كورمات جديدة (شكل 6/7 جـ).

يزرع القلقاس بتقسيم الكورمات إلى أجزاء يحتوى كل منها على برعم أو أكثر.

د) الأبصال Bulbs : تتكون الأبصال من ساق قرصية تحمل الأوراق ذات القواعد الحرشفية والعصيرية ، وتخرج منها جذور عرضية. تختلف الأبصال عن الكورمات فى أن الغذاء يخزن بقواعد أوراق الأيصال. فى حين يخزن الغذاء فى السيقان بالكورمات. يوجد فى قمة الساق القرصية برعم طرفى ، كما توجد فى آباط قواعد الأوراق براعم إبطية.



(شكل 6/7) : سيقان التكاثر والتعمير

أ) بصلة الزنبق ب) بصلة البصل جـ) كورمة القلقاس

يوجد نوعان من الأبصال ، الأبصال المغلفة والأبصال الحرشفية. تتميز الأبصال المغلفة coated bulbs بأن قاعدة كل ورقة تغلف البصلة كلياً وتوجد متداخلة كما فى البصل *Allium cepa* ، وتمثل قواعد الأوراق فى هذه الحالة بقايا الأوراق الخضرية (شكل 6/7 ب). وتتميز الأبصال الحرشفية scaly bulbs بأن الأوراق الحرشفية ضيقة لا تغلف كل منها على حدة البصلة وذلك كما فى نبات الزنبق *Lilium* حيث تتكون الحراشيف الخارجية من قواعد أوراق أما الحراشيف الداخلية فهى أوراق كاملة مختزلة (شكل 6/7 أ).

يستخدم الغذاء المخزن فى أوراق الأبصال فى نمو البراعم والأوراق الخضرية وتكوين الأزهار ، ثم فى نهاية الموسم تخزن وتستخدم المواد الغذائية الجديدة المتكونة فى الأوراق فى تكوين بصلة أو أكثر كما فى التيوليب Tulip. أما نبات البصل فيشذ عن ذلك لأنه ثنائى الحول فعند زراعة بصلة ينتج عنها شمراخ زهرى أو أكثر وتتكون البذور ثم يموت النبات. وبزراعة البذور فى الموسم التالى تتكون الأبصال. هذا ومن البصل أصناف معمرة تكون بصيلات يمكن استخدامها فى التكاثر.

هـ) الفسائل Offsets : الفسائل هى فروع تنمو من براعم إبطية على الساق الأصلية ، تحت سطح التربة عادة ، وتكون جذور عرضية خاصة بها وهى ملتحمة بالنبات الأم. تنمو تلك الأفرع فوق سطح التربة مكونة نباتات جديدة ملتصقة بالنبات الأم ويمكن فصل هذه النباتات ونقلها بعيداً عن النبات الأم ، وذلك كما فى الموز والنخيل.

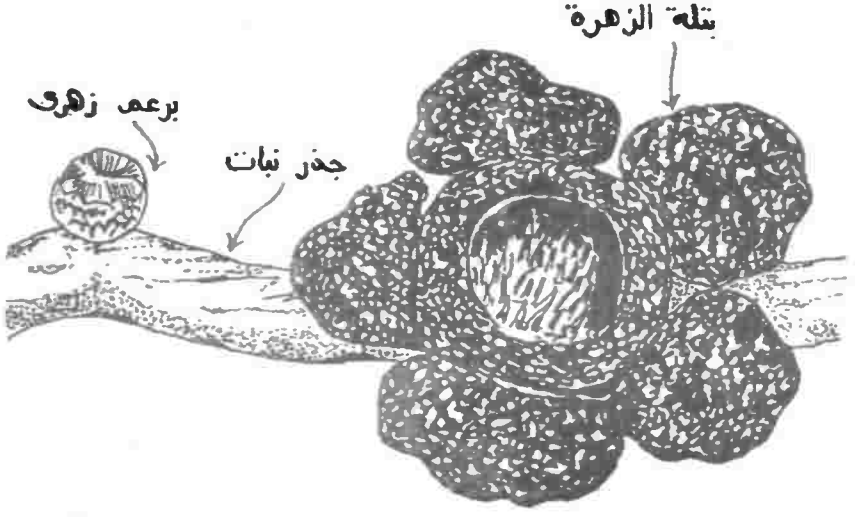
5- سيقان مخزنة

السيقان المخزنة storage stems هى سيقان متشحمة تقوم بتخزين الغذاء لاستعماله فى موسم نمو تالى لتكوين نباتات جديدة كما فى الريزومات والدرنات والكورمات. كذلك توجد السيقان المخزنة فى النباتات الجفافية التى تقوم بتخزين

الماء أساساً بالإضافة إلى المواد الغذائية. وهذه السيقان تكون عادة مغطاة بطبقة سميكة من الكيوتين لتقليل النتح كما فى سوق نبات التين الشوكى (شكل 3/7 أ).

6- سيقان طفيلية

السيقان الطفيلية parasitic stems هى سيقان مختزلة إلى خيوط دقيقة تشبه هيفات الفطر وتنمو داخل أنسجة عائلها لتمتص منه الغذاء ، وتصبح الأوراق دقيقة، شبه حرشفية ، كما فى نبات رافليزيا *Rafflesia* الذى يتطفل على جذور نبات العنب البرى. وفى النوع أر نولدى *R. arnoldi* نجد أن الجزء الذى يظهر فوق سطح التربة هو عبارة عن زهرة كبيرة قطرها يصل إلى حوالى المتر (شكل 7/7) ووزنها يصل إلى 9 كيلو جرام وهى تعتبر أكبر زهرة معروفة حتى الآن.

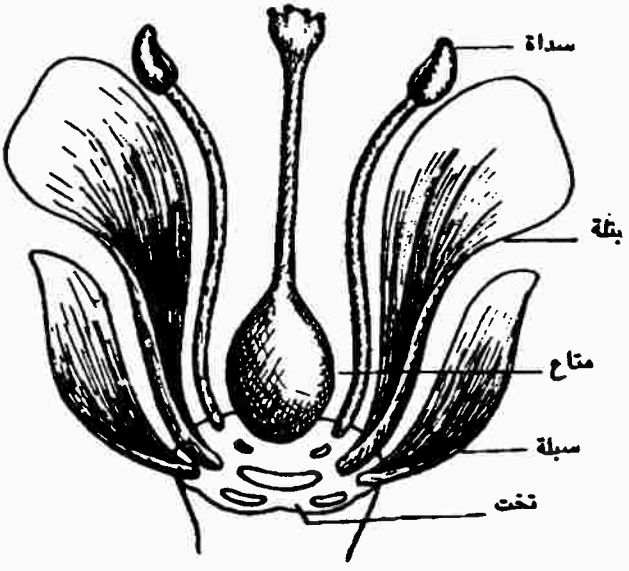


(شكل 7/7) : سيقان طفيلية

جذر نبات عليه برعم زهرى وزهرة نبات رافليزيا أرنولدى

7- سيقان زهرية

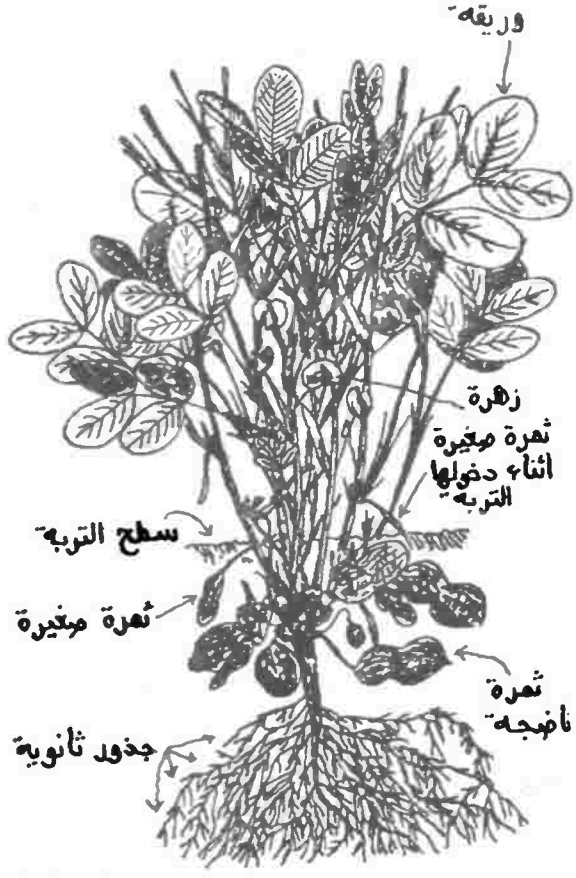
تدخل السيقان الزهرية flowering stems فى التركيب الزهرى ، فهى عبارة عن ساق قصيرة تسمى بالتخت torus ، تتكون من سلاميات قصيرة وعقد متقاربة تحمل الأوراق الزهرية. تتكون على الساق الزهرية عادة أربعة عقد دائرية تحمل من الخارج إلى الداخل محيطات الكأس والتويج والطلع والمتاع (شكل 8/7).



(شكل 8/7) : رسم توضيحى لزهرة

8- سيقان لدفع الثمرة فى التربة

فى نبات الفول السودانى نجد أن عنق وتخت الزهرة يستطيلان بعد الإخصاب ليدفع الثمرة الصغيرة إلى داخل التربة حيث يتم نضجها وهى تحت سطح التربة (شكل 9/7) وإذا لم تدفن الثمرة الصغيرة فى التربة فإنها تذبل وتموت.



(شكل 9/7) : سيقان لدفع الثمرة فى التربة

نبات فول سودانى يوضح كيفية دخول الثمار الصغيرة فى التربة

البـراعم

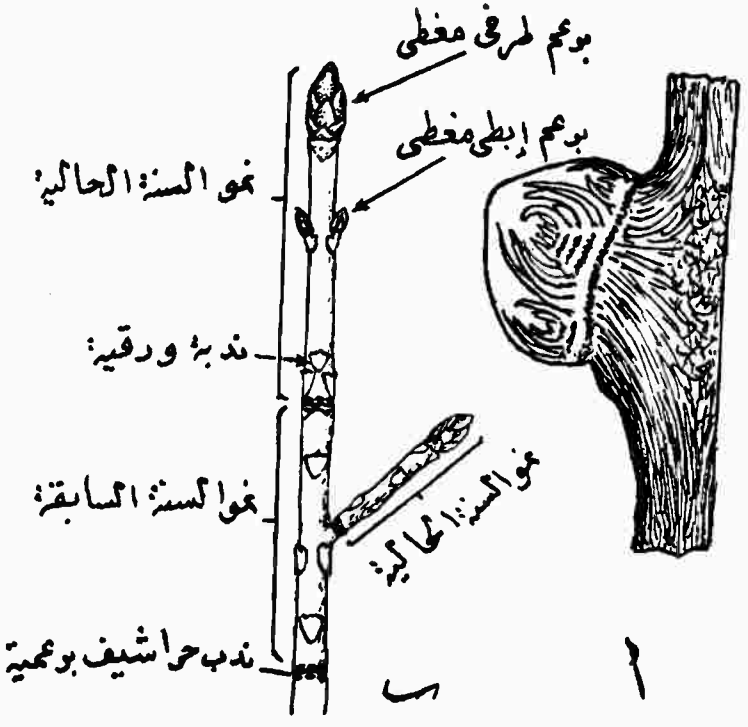
البراعم buds هى سيقان قصيرة غير متكشفة ، عقدها متقاربة وأوراقها صغيرة. توجد البراعم إما طرفياً فى الساق وتعرف بالبراعم الطرفية terminal buds ، أو توجد فى آباط الأوراق وتعرف بالبراعم الإبطية axillary buds. البرعم الطرفى هو المسئول عن نمو الساق فى الطول ، والبراعم الإبطية هى المسئولة عن تفرع الساق. وعادة يوجد برعم واحد فى إبط الورقة. وترتيب البراعم على الساق يشابه ترتيب الأوراق على الساق فإذا تكون على العقدة الواحدة برعم واحد كانت البراعم فى وضع متبادل alternate كما فى أشجار الجوز *Juglans*. وإذا تكون على العقدة الواحدة برعمان ، كل فى إبط ورقة كانت البراعم متقابلة opposite كما فى نبات الليلاك *Syringa vulgaris* ، أما إذا تكون على العقدة الواحدة أكثر من برعمين فى آباط أكثر من ورقتين كانت البراعم سوارية whorled كما فى الدفلة *Nerium*.

فى بعض الحالات يوجد أكثر من برعم فى إبط الورقة الواحدة ، برعم واحد أصلى هو الذى ينمو عادة ، أما البراعم الأخرى فتعرف بالبراعم الإضافية accessory buds كما فى الدورنتا ، والبراعم الإضافية لا تنمو عادة إلا إذا حدث ضرر للبرعم الأصلى. أحياناً نجد أن البراعم الموجودة فى إبط ورقة واحدة تحاط جميعاً بحراشيف مشتركة مكونة برعماً واحداً مركباً وذلك كما فى العنب حيث يحتوى البرعم المركب على ثلاثة براعم (شكل 10/7 أ).

تختلف البراعم حسب طبيعة تكشفها فإذا تكشف البرعم إلى ساق خضرية عرف البرعم بالبرعم الخضرى vegetative bud ، أما إذا أعطى فرعاً زهرياً أو زهرة فيعرف بالبرعم الزهرى floral bud ، وقد يعطى البرعم فرعاً خضرياً وأزهاراً فى نفس الوقت فيعرف بالبرعم المختلط mixed bud. وأحياناً يصعب التمييز بين البراعم الخضرية والبراعم الزهرية ، إلا أنه من الممكن فى بعض النباتات التمييز بينهم بالشكل ، ففى التفاح نجد أن البراعم الزهرية أكبر حجماً من

البراعم الخضرية ، وفى اللوز نجد أن البراعم الزهرية أطول وأرفع من البراعم الخضرية. كذلك يمكن التمييز بين البراعم الزهرية والخضرية بالموضع ، ففى المشمش يوجد فى إبط الورقة الواحدة ثلاثة براعم ؛ البرعم الوسطى خضرى والجانبيان زهريان.

قد تغلف البراعم بأوراق خضراء صغيرة وتعرف بالبراعم العارية وهى براعم نشطة وتوجد عادة فى النباتات العشبية الحولية كما فى القرع والطماطم. وقد تغلف البراعم بحراشيف تنشأ من الأوراق أو قواعد الأوراق أو الأذينات ، وهذه



(شكل 10/7) : البراعم والندب

أ) برعم عنب مركب مغطى ب) فرع نبات متساقط الأوراق

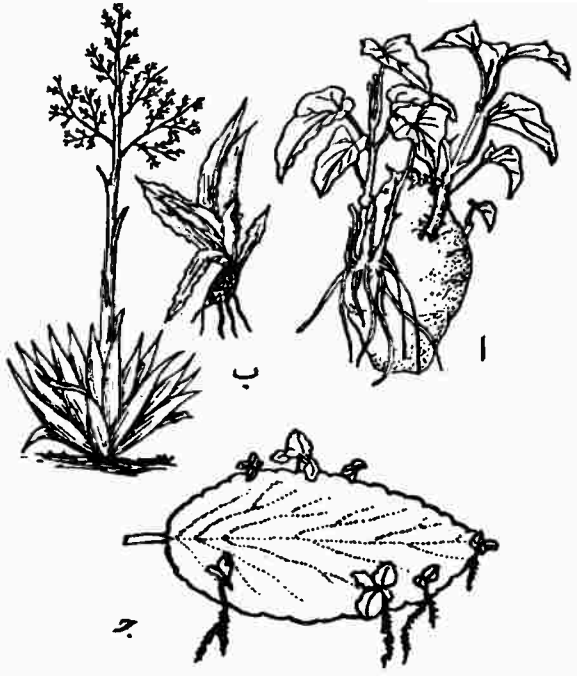
الحراشيف سميكة جلدية بنية اللون ومغطاة عادة بنسيج وقائى فلينى ، وقد تكون عليها شعور أو شمع أو مواد صمغية أو صبغية أو هلامية ، وتعرف بالبراعم المغطاة covered buds ، وهى براعم ساكنة توجد أساساً فى الأشجار المتساقطة الأوراق كما فى الزان والبلوط والعنب والحور والتوت. وعند نمو البراعم المغطاة تتساقط الحراشيف تاركة علامات تعرف بندب الحراشيف البرعمية bud-scale scars ، وهذه الندب صغيرة جداً وتوجد متجاورة ، ويمكن بها معرفة النمو السنوى للساق ، فالمسافة بين مجموعتين من هذه الندب تمثل نمو سنة. يعرف نمو السنة الأخيرة بالمسافة بين البرعم الطرفى النامى وأول مجموعة ندب حراشيف برعمية أسفله (شكل 10/7 ب).

مما سبق يتضح أن وظيفة البراغم هى تكوين الأفرع الخضرية والزهرية للنبات النامى ، إلا أنه فى بعض الحالات تقوم البراعم بوظيفة التكاثر للنبات ، وتقسم البراعم التى تقوم بالتكاثر إلى الأنواع الآتية :

1- البراعم العرضية

البراعم العرضية adventitious buds هى البراعم التى تنشأ فى أى مكان من النبات ما عدا قمم السيقان والأفرع وآباط الأوراق ، فقد تتكون على السيقان فى غير المواضع السابقة أو على الأوراق أو على الجذور. تنشأ البراعم العرضية على أوراق نبات البيجونيا أو على أوراق نبات البريوفيللم. فتنشأ البراعم العرضية على حواف أوراق البريوفيللم حيث توجد أنسجة مرستيمية ، فعند سقوط الأوراق ، وهى تسقط عادة وهى فى حالة عصارية نشطة ، تتكون من الأنسجة المرستيمية براعم عرضية ، تنمو إذا توفرت الظروف الملائمة مكونة مجموعاً خضرياً ومجموعاً جذرياً عرضياً (شكل 11/7 جـ). تتغذى البراعم العرضية أثناء نموها من المواد الغذائية الموجودة بالورقة.

وقد تتكون البراعم العرضية على الجذور كما فى جذور البطاطا (شكل 11/7 أ) والجوافة (شكل 4/6 هـ).



(شكل 11/7) : البراعم العرضية والبلابل

أ) نمو براعم عرضية على جذر بطاطا ب) نبات صبار . وبلبل ساقط مكبر
جـ) براعم عرضية على ورقة بريوفيللم

2- البلابل (البصيلات)

البلابل عبارة عن براعم إبطية bulbils متشحمة نتيجة لاختزانها الغذاء ، ولها القدرة على النمو بعيدة عن النبات الأم ومعطية نباتات جديدة. وذلك كما فى نبات الصبار *Agave Americana* ، وهو نبات معمر يزهر مرة واحدة ثم يموت. ويتكاثر أساساً بالبلابل (شكل 11/7 ب) كذلك فإن نبات الودنة *Kalanchoe* يكون على حواف أوراقه براعم عرضية تنمو إلى بلابل ، تنفصل عن النبات الأم وتنمو إلى نباتات مستقلة.

نبات الثوم له ساق قرصية يتكون على سطحها العلوى براعم إبطية تتشحم وتختزن المواد الغذائية وتغلف كل منها بغلاف خاص متحولة إلى بلابل ، كما تغلف البلابل كلها بقواعد أوراق حرشفية مشتركة. بعد موت المجموع الخضرى وتوفر الظروف الملائمة فإن كل من هذه البلابل ينمو مستقلاً معطياً نباتاً جديداً.

3- البلابل الكامنة

تشبه البلابل الكامنة hibernacula البلابل الأخرى إلا أنها تنشأ من براعم طرفية ، وذلك كما فى نبات الألوديا *Elodea canadensis* ، ونبات هيدروكاريس *Hydrocharis* هما من حشائش الماء. البلبل الكامن فى نبات هيدروكاريس يتكون من أوراق حرشفية تحيط بالقمة النامية ، كما يتكون عليه جذور عرضية. عند سقوط البلابل الكامنة فى ماء البركة فإنها تغطس إلى القاع لثقلها نتيجة لاحتوائها على نسب عالية من النشا المخزن ، وتمضى فترة الشتاء فى حالة كمون ، ثم عند تحسن الظروف البيئية تطفو ثانية إلى سطح الماء وذلك لتكون فقاقيع غاز بأنسجتها نتيجة لاستنافها عملية التمثيل الضوئى وزيادة سرعة التنفس ، وتنمو بعد ذلك إلى نبات جديد.

التفريـــع

تختلف النباتات عن بعضها فى نظم تفرع سيقانها ، ويتوقف ذلك ، على موضع البراعم النشطة سواء كانت طرفية أم إبطية ، وعلى نظم وضع الأوراق على الساق حيث أن ذلك يتوقف عليه توزيع البراعم الإبطية على الساق.

كذلك تؤثر طبيعة تكشف البراعم سواء أكان خضرياً أم زهرياً أم مختلطاً على نظم تفرع السيقان.

ويمكن تقسيم أنواع التفريع فى السيقان إلى ما يأتى :

1- تفريع غير محدود النمو (صادق المحور)

فى التفريع غير محدود النمو monopodial branching يستمر البرعم الطرفى فى نموه مكوناً محوراً رئيسياً مقسماً إلى عقد وسلاميات. وكل عقدة عليها ورقة أو أكثر ، أحد براعمها نشط عادة . وقد تنشط البراعم الإبطية معطية أفرعاً أصغر من الساق الرئيسية. وفى هذا النوع من التفريع نجد أن أصغر الأفرع أقربها إلى قمة النبات وأكبرها أبعدها عن القمة ، ويعرف هذا النظام بالتعاقب القمى acropetal succession (شكل 12/7 أ). وفى هذا النوع نجد عادة أن البراعم الطرفية تمنع نمو البراعم الإبطية التى تحتها لمسافة ما ، ويعتقد أن ذلك راجع إلى تأثير الهرمونات المفرزة من البرعم الطرفى. وهذه الظاهرة تعرف بالسيادة القمية apical dominance ، بحيث أنه إذا مات البرعم الطرفى أو قطع فإن البراعم الإبطية أسفله مباشرة تنشط وتنمو ، وهذا ما يحدث عند تقليم الأشجار.

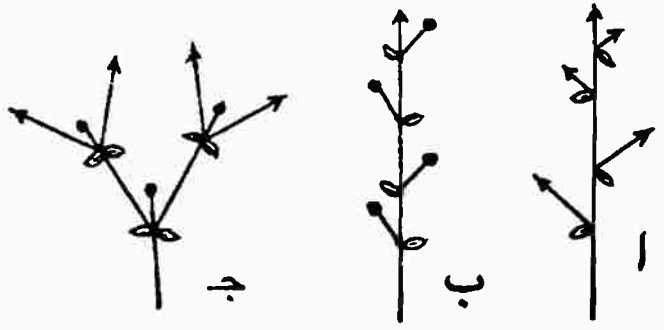
قد يحدث فى التفريع غير المحدود أن ينمو الساق الرئيسى رأسياً ويقل سمكه كلما اتجهنا ناحية القمة ، ويعطى عند العقد أفرعاً أفقية تقريباً ، ويقل طول هذه الأفرع كلما اتجهنا إلى أعلى ، ويعطى بذلك سيقاناً مخروطية excurrent stems ، ونباتات هذا النوع دائمة الخضرة ، عادة ، كما فى أشجار الأرز *Cedrus* والأروكاريا *Araucaria*.

معظم الأشجار تعدى ساق رئيسى يتفرع بدون نظام ، وبذلك تعطى سيقانا غير منتظمة النمو ، وذلك كما فى شجيرات وأشجار الموالح والمانجو والتوت.

فى بعض الأحيان لا تنمو البراعم الإبطية ، ويرجع النمو الكلى للنبات إلى نشاط البرعم الطرفى فقط ولا يحدث تفرع بتاتاً ، وتعرف مثل هذه السيقان غير المتفرعة بالسيقان الأسطوانية columnar stems ، كما فى أشجار نخيل البلح.

2- تفريع ثنائى

فى التفريع الثنائى dichotomous brenching يحدث النمو الأساسى للنبات نتيجة لتكشف ونشاط المرستيم القمى وذلك بأن ينقسم المرستيم القمى بعد فترة من نموه إلى قسمين يعطى كل منهما فرعاً ، ثم بعد فترة من نموهما ينقسم المرستيم القمى فى كل منهما معطياً فرعين آخرين ، وهكذا. والتفريع الثنائى شائع الحدوث فى النباتات اللازهرية مثل طحلب فيوكس *Fucus* والنبات الحزازى ماركانتيا *Marchantia* والنبات التيريدى سيلاجينيلا *Selaginella* ، ونادر الحدوث فى النباتات الزهرية مثل الدوم *Hyphaene thebaica* ، وقد شاهد المؤلفان ذلك فى بعض نباتات الألياف.



(شكل 12/7) : التفريع فى السيقان

ا) تفريع غير محدود النمو
ب) تفريع محدود وحيد الشعبة
جـ) تفريع محدود ذو شعبتين

3- تفريع محدود النمو (كاذب المحور)

فى التفريع المحدود النمو sympodial branching يقف نمو الفرع الرئيسى نتيجة لتحول البرعم الطرفى إلى زهرة أو محلاق أو شوكة ، ثم تكملة النمو الطولى بواسطة البراعم الإبطية. وتوجد أنواع مختلفة من التفريع المحدود .

أ) تفريع محدود وحيد الشعبة Monochasium : وفيه يتحول البرعم الطرفى إلى عضو مستديم ، زهرة أو محلاق أو شوكة ، ويستمر النمو نتيجة لنشاط برعم واحد إبطى أسفل البرعم الطرفى مباشرة ويعطى ساقاً تنمو على استقامة الساق السابقة ، دافعة العضو المستديم جانباً. بعد فترة من نمو الساق الناتج عن تكشف البرعم الإبطى يتحول برعمها الذى أصبح طرفياً إلى عضو مستديم ويكمل النمو برعم إبطى آخر ، وهكذا ، وينتج عن ذلك محور كاذب sympodium كما فى العنب (شكل 12/7 ب).

ويمكن تمييز المحور الصادق عن المحور الكاذب بأن الزهرة أو المحلاق أو الشوكة تخرج من إبط ورقة فى الحالة الأولى ، وتقابل الورقة فى الحالة الثانية .

ب) تفريع محدود ذو شعبتين Dichasium : وفيه يتحدد نمو البرعم الطرفى، ثم ينمو أسفله من إبط ورقتين متقابلتين برعمان ينموان لمسافة ما ويكونان فرعين ، ثم يتحدد نمو برعميهما الطرفيين وينمو من أسفلهما فرعان ، وهكذا. يتحدد البرعم الطرفى عادة بزهرة كما فى سيلين *Silene* ، (شكل 12/7 جـ).

جـ) تفريع محدود عديد الشعب Polychasium : وفيه يتحدد نمو البرعم الطرفى ثم ينمو من أسفله من آباط ثلاثة أوراق أو أكثر فى وضع سوارى ، ثلاثة براعم أو أكثر وبعد فترة من نمو الأفرع الناتجة يتحدد نمو براعمها الطرفية ، وتنمو أسفلها البراعم الموجودة فى آباط الأوراق معطية أفرعاً وهكذا ، وذلك كما فى نبات أم اللبن *Euphorbia poplus* الذى يكون تفريعه فى المبدأ ثلاثى الشعب ثم يعطى تفريعاً ثنائى الشعب بعد ذلك. ويتحدد هنا البرعم الطرفى بزهرة عادة.

الفصل الثانى

تشريح الساق

يختلف التركيب النسيجى لسيقان النباتات حسب أنواع تلك النباتات ، وكذلك تختلف فى النبات الواحد حسب مناطق الساق ، فمنطقة القمة النامية للساق تختلف عن منطقة الأنسجة الابتدائية ، وهذه تختلف عن منطقة التغليظ الثانوى.

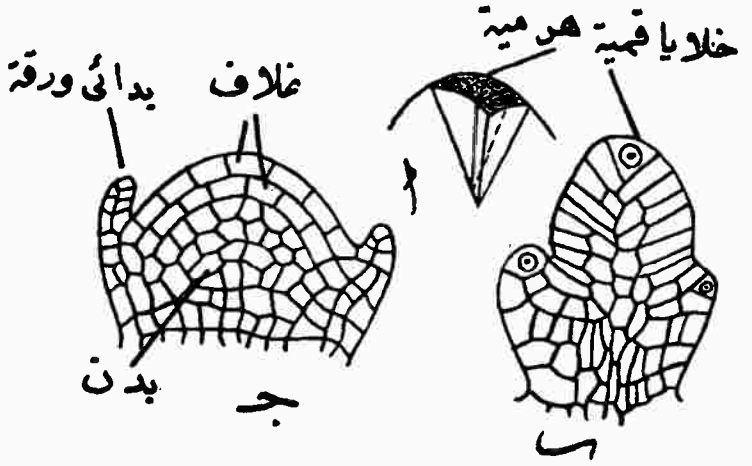
القمة النامية للساق

بفحص النمو الطرفى للساق نلاحظ وجود قمة مخروطية إلى نصف كروية فى الشكل ، تعرف بالمرستيم الإنشائى الأولى promeristem ، وتظهر على جوانبها السفلى نتوءات صغيرة تزداد طولاً كلما اتجهنا إلى أسفل ، وتعرف هذه النتوءات بمبادىء الأوراق leaf primordia. المرستيم الإنشائى الأولى بالإضافة إلى الأنسجة المرستيمية أسفله والتى لم تتشكل بعد إلى أنسجة ابتدائية وما يحيطها من مبادىء الأوراق يسمى بالمرستيم القمى apical meristem. ويعرف المرستيم القمى بالقمة النامية ، وتعرف القمة النامية بما تغلفها من أوراق صغيرة بالبرعم الطرفى apical bud.

توجد أنواع عديدة من القمم النامية تختلف باختلاف النبات فقد تتكون القمة النامية من خلية واحدة قمية ينتج عنها النمو وذلك كما فى كثير من الطحالب والنباتات الحزازية وبعض النباتات التيريدية. وتوجد أشكال عديدة للخلية القمية أكثرها شيوعاً النوع الموجود فى الطحلب البنى ديكتيوتا *Dictyota* الذى ينمو من خلية قمية عدسية الشكل تنقسم لتكون باقى جسم النبات وهذا الطحلب يعطى تفريعاً ثنائياً. والنوع الثانى للخلية القمية يوجد فى النبات التيريدى أكويسيتم *Equisetum* ،

والخلية القمية فيه هرمية الشكل ، قاعدتها إلى أعلى ، وقمتها إلى أسفل ، ولها أربعة أسطح ، سطح علوى أفقى وثلاثة أسطح جانبية ، ويحدث إنقسام الخليـــة القمية بجدر موازية للأسطح الثلاثة الجانبية مسبباً زيادة ساق النبات طولاً وسمكاً (شكل 13/7 أ ، ب)٠

توجد نظريات مختلفة لتفسير طريقة التكشف فى سيقان النباتات الزهرية٠ أكثر هذه النظريات قبولاً تعرف بنظرية الغلاف والبدن tunica corpus theory٠ وتفترض هذه النظرية أن المرستيم الإنشائى الأولى للساق يتكون من جزئين هما الغلاف tunica والبدن corpus يتكون الغلاف من طبقة أو أكثر من الخلايا تكون الجزء الخارجى الطرفى من القمة النامية٠ تنقسم خلايا الغلاف بجدر عمودية على السطح الخارجى للقمة النامية مسببة زيادة السطح الخارجى للقمة النامية٠ يتكون الغلاف عادة ، من طبقتين إلى أربع طبقات فى النباتات ذات الفلقتين ومن طبقة واحدة إلى طبقتين فى النباتات ذات الفلقة الواحدة٠ كذلك نجد أن عدد طبقات الغلاف قد تختلف فى النبات الواحـــد فهى أكثر عدداً فى الأفـرع الرئيسية عنها فى



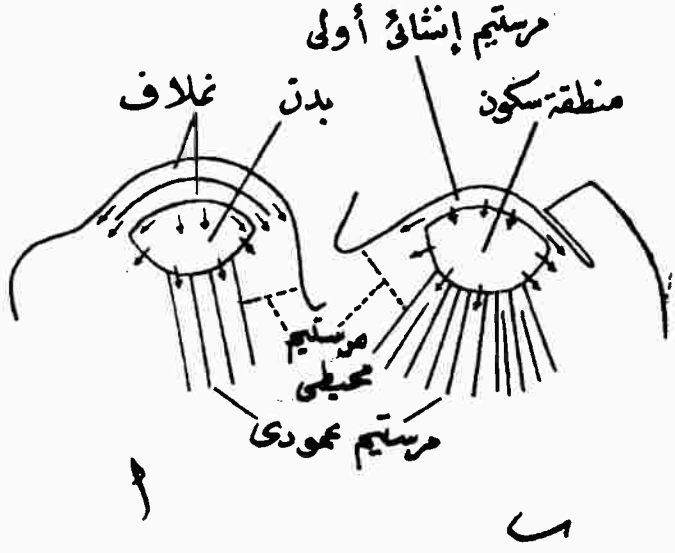
(شكل 13/7) : أنواع القمم النامية

أ) خلية قمية هرمية منقسمة
ب) قمة نامية للنبات التيريدى اكويستيم
جـ) قمة نامية مكونة من غلاف وبدن

الأفرع الجانبية. يحيط الغلاف بالبدن الذى يتكون من كتلة من الخلايا المرستيمية التى تنقسم فى جميع الاتجاهات مسببة كبر القمة النامية فى الحجم (شكل 13/7 جـ).

ويؤدى الاختلاف فى سرعة نمو كل من الغلاف والبدن إلى تكوين مبادىء الأوراق ، حيث نجد فى بعض الحالات أن مبادىء الأوراق تنتج من إنقسام الغلاف فقط ، لهذا فإن زيادة النمو السطحى للغلاف عن معدل النمو الحجمى يسبب تكوين مبادىء الأوراق.

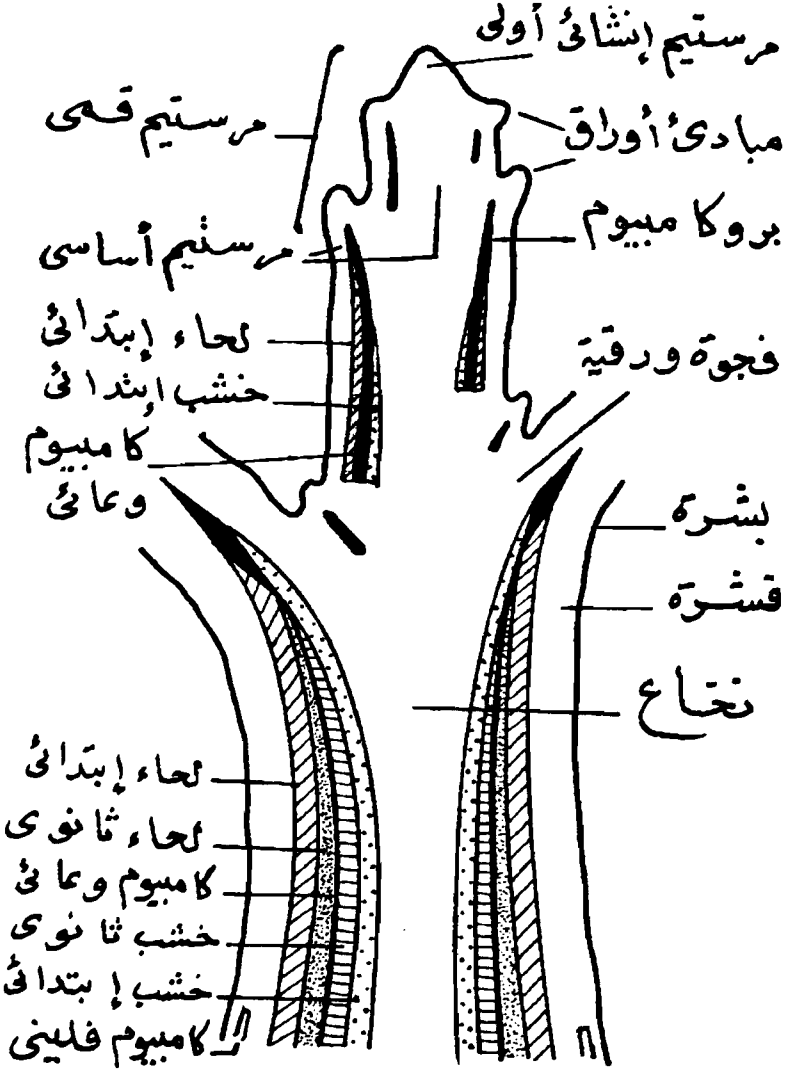
فى بعض الحالات يكون التمييز غير واضح بين الغلاف والبدن ، وفى هذه الحالة نجد أن الغلاف ينقسم بجدر عمودية على السطح وأحياناً موازية للسطح ، ويحدث ذلك فى كثير من النباتات عاريات البذور مثل الصنوبر. وقد لا يتميز المرستيم الإنشائى الأولى إلى غلاف وبدن حيث تنقسم الخلايا الخارجيـــة الطرفية



(شكل 14/7) : تكشف المرستيم الانشائى
أ) فى حالة عدم وجود منطقة سكون
ب) فى وجود منطقة سكون (الصنوبر)

للقمة النامية بجدر عمودية وموازية للسطح ، وذلك كما فى بعض السرخسيات والأنواع البدائية من النباتات عاريات البذور كالسيكادات.

أسفل منطقة الغلاف والبدن توجد منطقة وسطية يبدأ فيها تخصص الأنسجة المرستيمية فسيولوجياً ، فالطبقة الخارجية من الغلاف تكون منشىء البشرة protoderm والذى يستمر فى الانقسام بجدر عمودية على السطح الخارجى مكونا البشرة. وتنقسم باقى الطبقات الداخلية للغلاف إن وجدت فى اتجاهات مختلفة مكونة مرستيم محيطى peripheral meristem ، ويتكون بقية المرستيم المحيطى من الجزء الجانبى من البدن. والمرستيم المحيطى هو المسئول عن زيادة القمة النامية فى السمك والطول. يتكشف المرستيم المحيطى بعد ذلك إلى الجزء الخارجى من المرستيم الأساسى ground meristem الذى يعطى بانقسامه وتشكله نسيج القشرة والأشعة النخاعية ، والبروكامبيوم procambium الذى يعطى بانقسامه وتشكله الحزم الوعائية. الجزء الوسطى من البدن يعطى مرستيم عمودى rib meristem وذلك بانقسام خلاياه بجدر عمودية على السطح الخارجى فيعطى صفوفاً رأسية من الخلايا ، التى تكون الجزء الداخلى من المرستيم الأساسى وهو المسئول عن النمو الطولى للقمة النامية ، والذى يعطى بانقسامه وتكشفه نسيج النخاع (شكل 14/7 ، 15/7). يحدث معظم الانقسام فى منطقة البدن فى الجوانب والقاعدة ، وأقلها فى الجزء المركزى ، وفى بعض النباتات كالصنوبر توجد فى منطقة البدن منطقة سكون ثابتة لا تنقسم خلاياها ، وينشأ المرستيم المحيطى والعمودى من الخلايا المرستيمية المحيطة بقاعدة وجوانب هذه المنطقة (شكل 14/7 ب)



(شكل 15/7) : قطاع طولى فى نبات

مبيناً المرستيم القمى وترتيب تكشف الأنسجة الابتدائية والثانوية

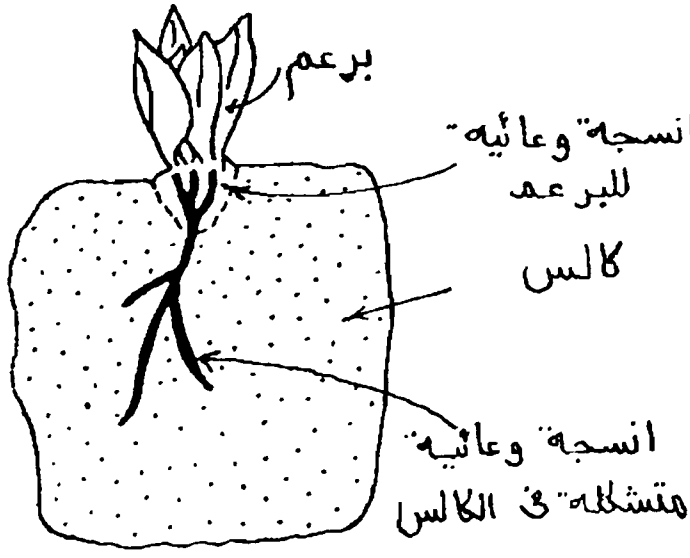
تركيب الأنسجة الابتدائية للساق

تتكون الأنسجة الابتدائية نتيجة لتمام تشكل أنسجة المرستيم القمى. ويلاحظ فى منطقة القمة النامية عدم تمييز العقد والسلاميات بالعين المجردة نتيجة لشدة تقارب مبادىء الأوراق. ونتيجة لنشاط الأنسجة المرستيمية بين قواعد مبادىء الأوراق تكبر المسافات بين العقد وتتميز السلاميات. ترجع الاستطالة فى السلاميات وهى صغيرة إلى إنقسام الخلايا ، ثم بعد ذلك إلى نمو الخلايا واستطالتها. وقد يحدث النشاط الإنقسامى على أجزاء السلامية بالتساوى ، ولكن كثيراً ما يكون النشاط الانقسامى أكثر فى قاعدة السلامية عنه فى قمتها. وفى بعض الحالات يحافظ الجزء القاعدى على خاصية الانقسام لفترة طويلة ، فى الوقت الذى يتم فيه تشكل باقى أنسجة السلامية مكونة الأنسجة الابتدائية ، وذلك كما فى ساق الذرة وغيرها من النباتات النجيلية ، وتعرف الأنسجة المرستيمية الموجودة بقاعدة السلامية فى هذه الحالة بالمرستيم البينى intercalary meristem.

لا يتم تكشف الأنسجة الابتدائية للساق فى وقت واحد ، وعادة ، تكون البشرة هى أول الطبقات تشكلاً ونضجاً. ويبدأ التشكل والنضج فى الحزم الوعائية بنسيج اللحاء ثم بنسيج الخشب. ويبدأ نضج اللحاء من الخارج إلى الداخل أى من اللحاء الأول إلى اللجاء التالى ، أما الخشب فيبدأ نضجه من الداخل إلى الخارج أى من الخشب الأول إلى الخشب التالى (شكل 15/7).

وقد وجد أن تكشف اللحاء والخشب ناتج عن مركبات هرمونية تنتج فى الأوراق وتنقل إلى الأنسجة النامية لتسبب تكشفها. مما يثبت ذلك أنه عند وضع برعم خضرى من نبات الشيكوريا *Cichorium intybus* على نسيج كالس فإنه يتكون فى هذا النسيج أنسجة وعائية على إمتداد الأنسجة الوعائية للبرعم الخضرى (16/7). وإذا لم يوضع على نسيج الكالس برعم فإنه يبقى كما هو ولا تتكون أنسجة وعائية.

يختلف التركيب التشريحى للأنسجة الابتدائية فى سيقان النباتات ذات الفلقتين عن سيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة إختلافات واضحة.



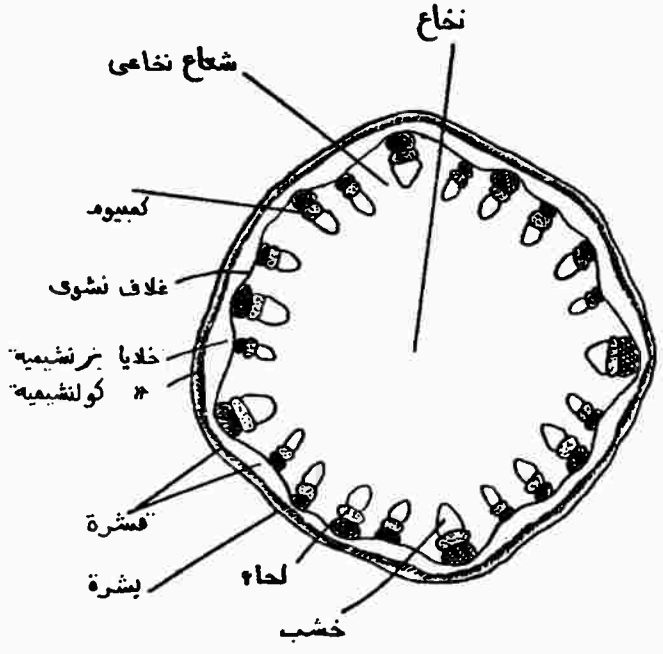
(شكل 16/7) : تكون أنسجة وعائية فى الكالس

الأنسجة الابتدائية لسيقان النباتات ذات الفلقتين

بفحص منطقة الأنسجة الابتدائية لسيقان النباتات ذات الفلقتين نجدها تتكون من الأنسجة الآتية ، من الخارج إلى الداخل (شكل 17/7 ، 18/7)٠

البشـــرة

تتكون البشرة epidermis من طبقة واحدة من الخلايا المتراصة ، الجدر الخارجية للخلايا سميكة ومغطاة بالأدمة ، توجد بين خلايا البشرة ثغور ، ولكن عددها يقل عن أعدادها فى الأوراق٠ لا تحتوى خلايا البشرة عادة على بلاستيدات خضراء ، عدا الخلايا الحارسة٠ قد تمتد من خلايا البشرة زوائد قد تكون وحيدة الخلية ، وقد تكون عديدة الخلايا٠



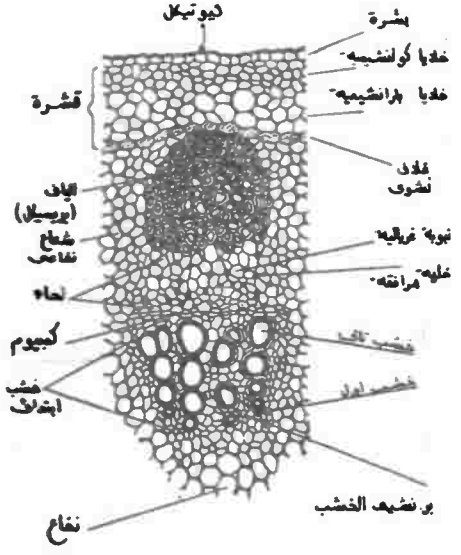
(شكل 17/7) : قطاع عرضى تخطيطى فى ساق عباد الشمس

القشـــرة

تلى القشرة cortex البشرة للداخل ، وسمكها أقل عادة من سمك قشرة الجذر وتتكون أساساً من خلايا برنشيمية تحتوى عادة على بلاستيدات خضراء ، فى كثير من الأحيان يحتوى الجزء الخارجى من القشرة على خلايا كولنشيمية مكونة كتلاً منفصلة أو طبقة مستمرة.

من الصعب تحديد نهاية القشرة وبداية الأسطوانة الوعائية وذلك لعدم وجود طبقة الأندوديرمس المميزة بشريط كاسبار ، إلا فى حالات نادرة ، كما فى قشرة ساق نبات أبو خنجر *Tropaeolum* ، ولكن تتميز قشرة كثير من السيقان الصغيرة السن باحتواء آخر طبقات قشرتها على كميات كبيرةمن النشا المخزن ولذلك تسمى هذه الطبقة بالغلاف النشوى starch sheath. ويمكن تحديد هذه الطبقة بمعاملة القطاع بمحلول يود مخفف ، فتأخذ هذه الطبقة اللون الأزرق.

وفى كثير من الأحيان نلاحظ وجود أنسجة إفرازية داخلية كالقنوات الراتنجية واللبنية متخللة نسيج القشرة.



(شكل 18/7) : جزء من قطاع عرضى تفصيلى لساق عباد الشمس

الأسطوانة الوعائية

تتكون الأسطوانة الوعائية vascular cylinder من طبقة البريسيكل التى تغلف عادة الحزم الوعائية والتى توجد مرتبة فى حلقة غالباً. وقد توجد الحزم الوعائية فى حلقتين كما فى كثير من نباتات العائلة القرعية والعائلة الباذنجانية والعائلة العليقية ، وتوجد أشعة نخاعية تفصل ما بين الحزم الوعائية. يوجد النخاع فى مركز الأسطوانة الوعائية.

1- البريسيكل Pericycle : البريسيكل هو مجموع الخلايا المغلفة للحاء والناتجة عن إنقسام ونمو وتشكل الجزء الخارجى من البروكامبيوم. وعادة تتكون هذه الخلايا من ألياف أو خلايا إسكليزيدية ، قد تكون حلقة كاملة فى القطاع العرضى كما فى نبات أريستولوخيا أو تكون متقطعة تفصلها خلايا برنشيمية كما فى البرسيم وعباد الشمس.

ويعتقد الكثير بعدم وجود بريسيكل فى سيقان كثير من نباتات كاسيات البذور وأن الألياف التى يظن البعض أنها تنتمى إلى البريسيكل هى ألياف اللحاء الابتدائى ، وذلك لأنها قد تنشأ من اللحاء الأول protophloem نتيجة لتلف وسحق باقى نسيج اللحاء أو أنها تنشأ من المرستيم المكون اللحاء كما فى البلارجونيم ، وقد تنشأ من الطبقات الداخلية للمرستيم الأساسى المنشىء للقشرة فتسمى بألياف محيطة بالأنسجة الوعائية كما فى القرع وأريستولوخيا.

2- الحزم الوعائية Vascular bundles : الحزم الوعائية لسيقان النباتات ذات الفلقتين غالباً من النوع الجانبى المفتوح open collateral vascular bundle، فهى جانبية حيث يكون الخشب واللحاء على نصف قطر واحد ، ومفتوحة لأن الكامبيوم الوعائى الحزمى يوجد بين الخشب واللحاء. يكون اللحاء دائماً للخارج والخشب للداخل. قد تحتوى الحزمة الوعائية على لحائين أحدهما خارجى والآخر داخلى ويحصران بينهما الخشب ، ويوجد الكامبيوم الوعائى الحزمى بين

اللحاء الخارجى والخشب ، ويسمى هذا النوع من الحزم بذات الجانبين المفتوحة open bicollateral vascular bundle كما فى اللوف والقرع.

يتكون اللحاء فى النباتات كاسيات البذور من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وألياف لحاء وبرنشيمة لحاء ، وقد يحتوى اللحاء على خلايا أسكليريدية. وفى النباتات عاريات البذور لا توجد الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة ، ولكن توجد بدلاً منها خلايا غربالية.

يتكون الخشب فى الحزم الجانبية من صفوف قطرية من أوعية الخشب ، ويكون الخشب التالى ذو الأوعية الواسعة للخارج جهة الكامبيوم والخشب الأول ذو الأوعية الضيقة للداخل جهة النخاع ، ولذلك يعتبر الخشب داخلى المنشأ endarch، بعكس الخشب فى الجذر فهو خارجى المنشأ exarch. ويتكون نسيج الخشب أيضاً من قصيبات وألياف وبرنشيمة خشب.

يتكون الكامبيوم الوعائى من صف واحد من الخلايا المرستيمية إلا أنه ينتج عنه للداخل والخارج ، خاصة أثناء التغيظ الثانوى ، طبقات من خلايا لم يتم تكشفها بعد إلى خشب ولحاء وتعرف بمنطقة الكامبيوم cambium zone (شكل 22/7).

3- الأشعة النخاعية Medullary rays : تتكون الأشعة النخاعية من خلايا برنشيمية تصل ما بين القشرة والنخاع وتفصل ما بين الحزم الوعائية ، وقد تكون الأشعة النخاعية عريضة أو ضيقة غير واضحة.

4- النخاع Medulla : يتكون النخاع من خلايا برنشيمية كبيرة الحجم تشغل مركز الساق. والنخاع فى سيقان النباتات ذات الفلقتين يشغل حيزاً كبيراً نسبياً إذا قورن بالنخاع فى جذور هذه النباتات. فى بعض الحالات كما فى سيقان بعض النباتات العشبية مثل الفول والبرسيم يوجد تجويف وسطى فى موضع النخاع ينتج عن تمزق وتحلل خلايا النخاع أو بعض منها أثناء النمو.

الأنسجة الابتدائية لسيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة

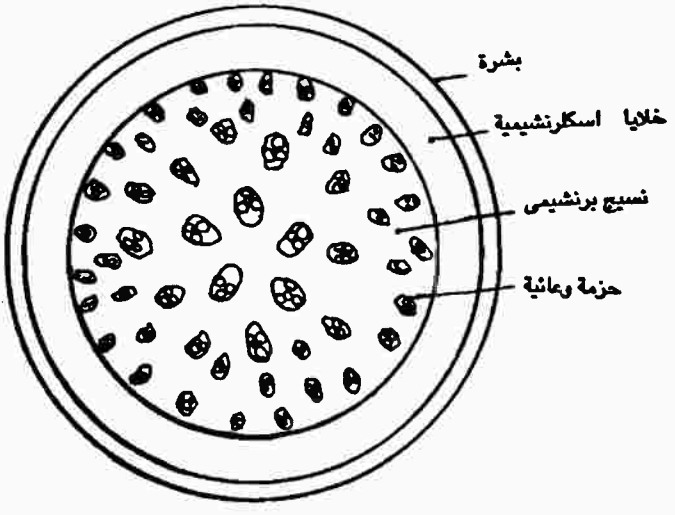
بالفحص التشريحى لسيقان حديثة للنباتات ذات الفلقة الواحدة نجدها تتكون من الأنسجة الابتدائية الآتية من الخارج إلى الداخل (شكل 19/7 ، 20/7)٠

البشـرة

تتكون البشرة من صف واحد من الخلايا المتراصة التى يعلوها طبقة من الكيوتين وتتخللها الثغور ، وقد تحتوى على زوائد بشرة ، وتشبه خلايا البشرة مثيلاتها فى سيقان النباتات ذات الفلقتين٠

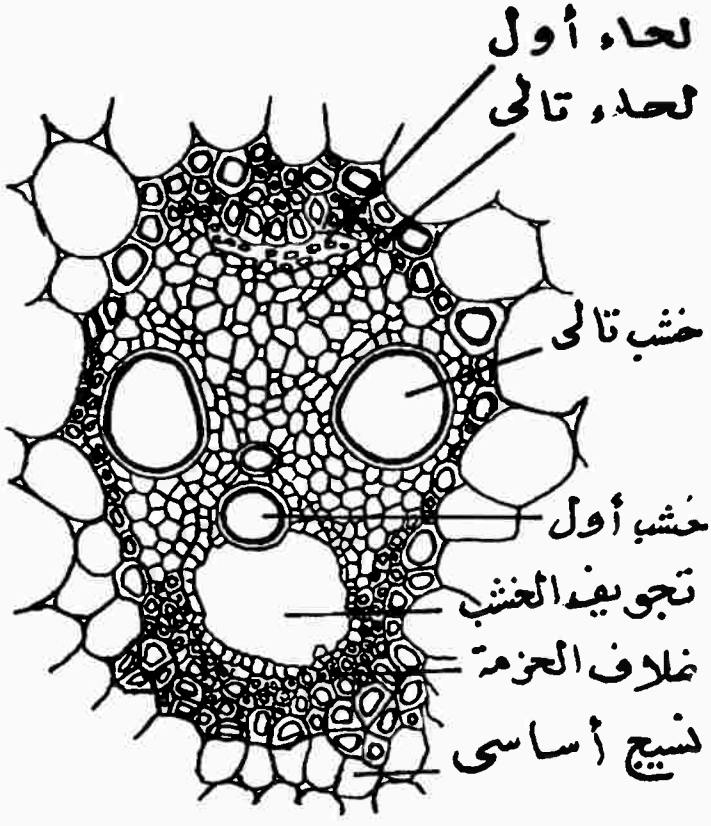
النسيج الأساسى

تختلف سيقان نباتات الفلقة الواحدة عن سيقان نباتات الفلقتين فى عدم وجود نسيج محدد للقشرة يختلف عن نسيج النخاع ونسيج الأشعة النخاعية ، بل يوجد بدلاً منهم نسيج واحد يلى البشرة مباشرة تتناثر فيه الحزم الوعائية٠ ويعرف هذا النسيج



(شكل 19/7) : قطاع عرضى تخطيطى لساق الذرة

بالنسيج الأساسى ground tissuc. يتكون النسيج الأساسى ، عادة من خلايا برنشيمية وقد تتكون الطبقات الخارجية من النسيج الأساسى من خلايا اسكلرنشيمية كما فى كثير من نباتات العائلية النجيلية. وفى بعض الحالات وخاصة فى السيقان الريزومية يوجد نسيج قشرة ينتهى بالإندوديرمس ويحيط الإندوديرمس بالنسيج الأساسى الذى يحتوى على الحزم الوعائية المبعثرة.



(شكل 20/7) : قطاع عرضى فى حزمة وعائية لساق الذرة

الحزم الوعائية

الحزم الوعائية عديدة فى القطاع ومبعثرة وقد تزداد عدداً وتصغر فى الحجم ناحية البشرة ، وتقل فى العدد وتكبر فى الحجم ناحية مركز القطاع كما فى الذرة.

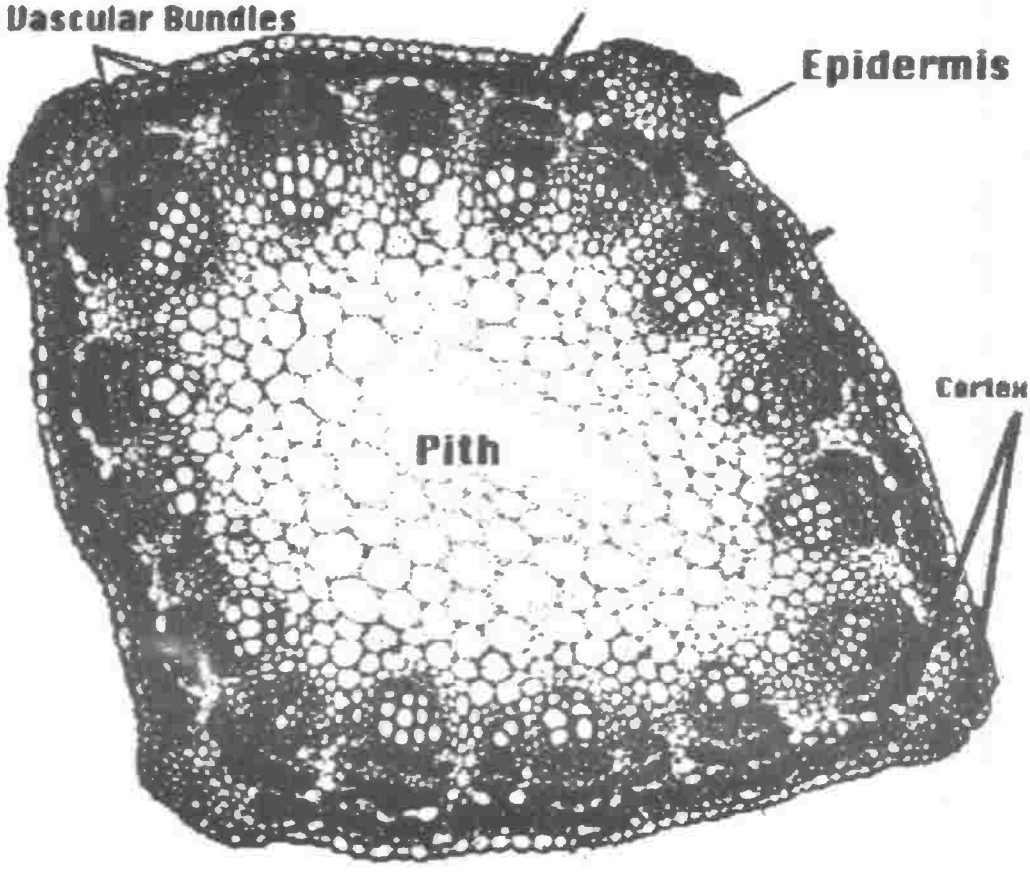
الحزم الوعائية من النوع المقفول ، أى أنها لا تحتوى على نسيج كامبيوم وعائى حزمى ، وهى عادة جانبية ، ولكنها قد تكون مركزية.

تحتوى الحزم الوعائية عادة على وحدات لحاء وخشب أقل مما تحتويه حزم السيقان ذات الفلقتين. وتتركب الحزمة الجانبية من لحاء وخشب على نصف قطر واحد ، اللحاء للخارج والخشب للداخل. يتكون اللحاء من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وقليل من الخلايا البرنشيمية ، وهو يتكون من لحاء أول للخارج منضغط أو ممزق أو غير موجود ، ولحاء تالى للداخل مميز وواضح. ويتكون الخشب من عدد محدود من أوعية الخشب مرتبة عادة على شكل حرف Y أو حرف V بحيث يشغل الخشب التالى ذراعى الحرف للخارج ، ويوجد الخشب الأول الذى قد يتكون من عدد من القصيبات الملجننة المضغوطة للدخل وذلك علاوة على الأوعية الخشبية. وقد توجد فجوة كبيرة للداخل من الخشب الأول تعرف بتجويف الخشب تنتج عن النمو السريع للساق فى الفترات الأولى من عمر النبات وتمزق بعض أوعية الخشب الأول ، وأحياناً تشاهد بقايا هذه الأوعية فى التجويف.

تغلف الحزم الوعائية فى كثير من سيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة بطبقة أو أكثر من الألياف تعرف بغلاف الحزمة bundle sheath ، وقد تتصل أغلفة الحزم الخارجية بألياف النسيج الأساسى الخارجية فى حالة وجودها كما فى الذرة.

الحزم الوعائية المركزية concentric bundles قد تكون مركزية اللحاء amphivasal bundles وفيها نجد اللحاء فى مركز الحزمة ويحاط بالخشب ، وتشاهد الحزم مركزية اللحاء فى سيقان نبات الدراسينا *Dracaena* (شكل 29/7) وفى السيقان الريزومية لنبات البردى Cyperus papyrus. وقد يشاهد هذا النوع

من الحزم فى قليل من سيقان النباتات ذات الفلقتين مثل البيجونيا. وقد تكون الحزم مركزية الخشب amphicribral bundles ، وفيها يوجد الخشب فى مركز الحزمة ويحاط باللحاء ، ويوجد فى سيقان نبات الألوديا *Elodea* (شكل 2/9 أ) ، وكذلك يوجد هذا النوع ، عادة ، فى النباتات التيريدية مثل ريزوم كسيرة البئر.

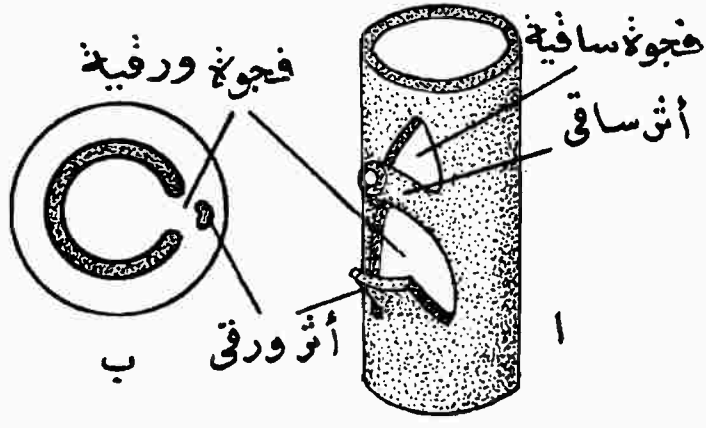


قطاع عرضى فى ساق برسيم حجازى (ذات فلقتين)

الأثر الورقى والأثر الساقى

مع تكون مبادىء الأوراق تنشأ خيوط بروكامبيومية procambial strands أسفل قواعدها ، كامتداد لأنسجة وعائية أسفلها (شكل 15/7) ، تمتد تلك الخيوط داخل مبادىء الأوراق وتتشكل بداخلها ، ولهذا نجد أن الأنسجة الوعائية عند عقد الساق تنتحى وتبرز للخارج لتكون الأنسجة الوعائية للورقة • وتبدأ الأنسجة الوعائية للورقة فى الظهور كتفريع لأنسجة وعائية أخرى أسفل الورقة ، وقد تمتد منطقة التفريع إلى عدة سلاميات أسفل الورقة ، ويسمى الجزء من الأنسجة الوعائية الذى يصل ما بين قاعدة الورقة ومنطقة الاشتقاق من الأنسجة الوعائية للساق بالأثر الورقى leaf trace• والأنسجة الوعائية التى تغذى الورقة الواحدة قد تتكون من أثر ورقى واحد ، وقد تتكون من أكثر من أثر ورقى (شكل 21/7)•

إنحناء وبروز الأثر الورقى عند خروجه من الأنسجة الوعائية للساق إلى الورقة يحدث فصلاً للأنسجة الوعائية للساق فى تلك المنطقة ، وتتكون مكانها منطقة ذات خلايا برنشيمية تصل القشرة بالنخاع مباشرة فى النباتات ذات الفلقتين ،



(شكل 21/7) : الأثر الورقى والأثر الساقى

أ) رسم مجسم لجزء من أسطوانة وعائية تبين الأثر الورقى والساقى والفجوة الورقية والساقية
ب) قطاع عرضى فى ساق يوضح الأثر الورقى والفجوة الورقية

وتسمى هذه المنطقة بالفجوة الورقية leaf gab ، ولذلك نجد فى إبط كل أثر ورقى فجوة ورقية ، فإذا كان للورقة ثلاثة آثار ورقية مثلاً فإنه يتكون فى آباطها ثلاث فجوات ورقية. وفى القطاع العرضى للساق يظهر الأثر الورقى كنسيج وعائى بارز للخارج ومنفصل عن الأنسجة الوعائية للساق ويقابل الفجوة الورقية (شكل 21/7).

كذلك فإنه عند تكون فروع جديدة فإنه يتكون لها أنسجة وعائية تظهر كتفرعات لأنسجة الساق الوعائية ويسمى الجزء من الأنسجة الوعائية الذى يصل ما بين قاعدة الفرع ومنطقة إشتقاق تلك الأنسجة من الأنسجة الوعائية للساق بالأثر الساقى branch trace . ويكون لكل أثر ساقى فجوة ساقية branch gap كما فى الأثر الورقى تماماً (شكل 21/7 أ).

التغليظ الثانوى للسيقان

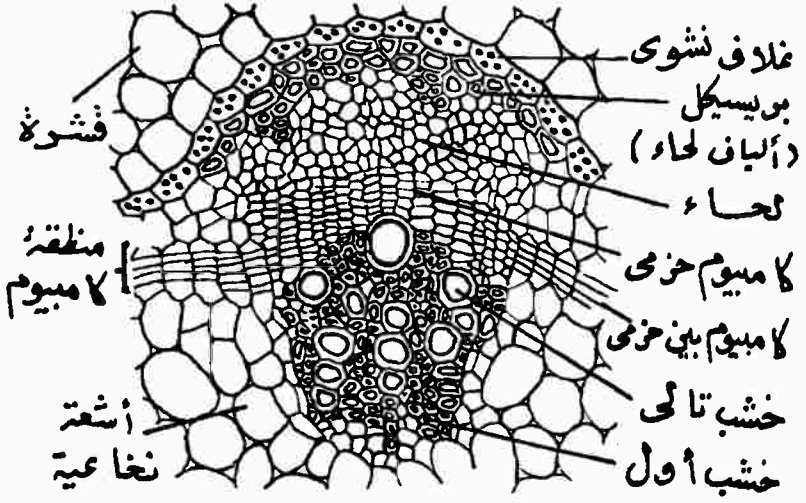
يحدث التغليظ الثانوى للسيقان فى مناطقها التى توقفت عن الاستطالة ، وذلك نتيجة لنشاط الكامبيوم الوعائى وتكوين أنسجة وعائية ثانوية ، ونشاط الكامبيوم الفلينى وتكوين البريديرم . يحدث التغليظ الثانوى فى سيقان النباتات عاريات البذور والنباتات ذات الفلقتين الخشبية وبعض النباتات العشبية مثل البلارجونيم *Pelargonium* ، ولا يحدث التغليظ الثانوى فى سيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة إلا نادراً كما فى نبات الدراسينا.

التغليظ الثانوى لسيقان النباتات ذات الفلقتين

يبدأ حدوث التغليظ الثانوى فى النباتات ذات الفلقتين بانقسام خلايا الكامبيوم الوعائى الحزمى fascicular cambium فى الحزم الجانبية . وعادة ، يحدث فى نفس الوقت أن تستعيد الخلايا البرنشيمية الموجودة بين الحزم الوعائية وفى محازاة الكامبيوم الوعائى الحزمى قدرتها على الإنقسام ، متحولة إلى خلايا كامبيوم وعائى

يعرف بالكامبيوم الوعائى بين الحزمى interfascicular cambium وتتكون نتيجة لذلك حلقة متصلة من الكامبيوم (شكل 22/7 ، 23/7)٠

تنقسم خلايا الكامبيوم الوعائى المغزلية معطية لحاءاً ثانوياً للخارج وخشباً ثانوياً للداخل ، وعادة تكون كمية الخشب الثانوى المتكون أكثر من كمية اللحاء الثانوى ٠ يتكون الخشب الثانوى من أوعية وقصيبات وألياف خشب وبرنشيمية خشب ملجنن ٠ ويتكون اللحاء الثانوى من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وألياف لحاء ، وقد توجد خلايا اسكليريدية ٠ وتعطى خلايا الكامبيوم الوعائى الشعاعية أشعة برنشيمية قد تكون ضيقة وتسمى بالأشعة النخاعية medullary rays إذا نشأت بين الحزم ، وتسمى بالأشعة الوعائية vascular rays إذا نشأت داخل اللحاء الثانوى أو الخشب الثانوى ٠ وإذا نشأت هذه الأشعة الوعائية داخل اللحاء الثانوى تسمى أشعة لحاء وإذا نشأت داخل الخشب الثانوى تسمى أشعة خشب ٠ وعادة ، يكون سمك الأشعة النخاعية أكثر من سمك الأشعة الوعائية ٠ تمتد الأشعة النخاعية

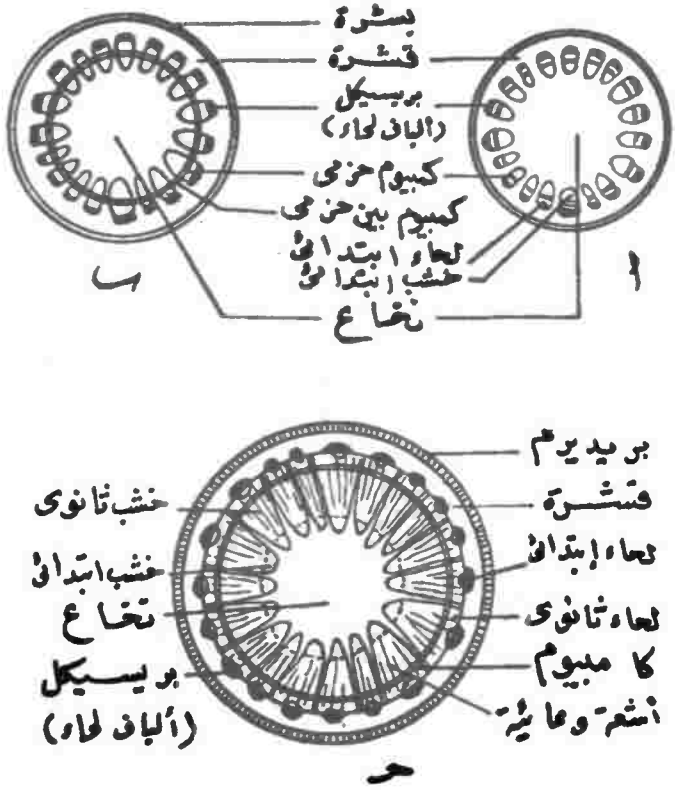


(شكل 22/7) : قطاع عرضى فى حزمة ساق تتغلظ ثانوياً

من القشرة إلى النخاع فى الساق المسن (شكل 23/7 ، 24/7) ، فى حين تنتهى الأشعة النخاعية فى الجذور المسنة مقابل الخشب الابتدائى (شكل 21/6).

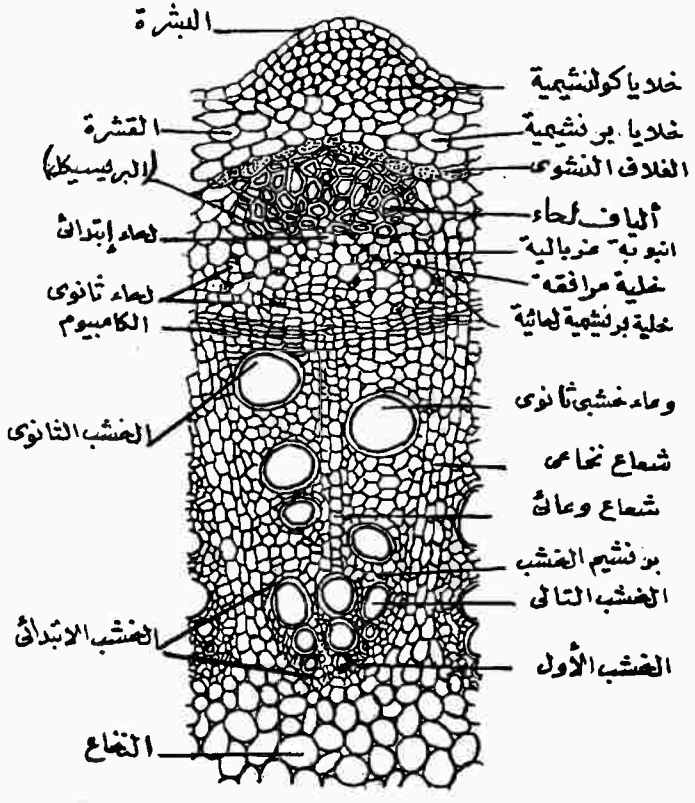
فى بعض الحالات وخاصة فى النباتات المتسلقة الخشبية مثل العنب ، لا يعطى الكامبيوم بين الحزمى لحاءاً وخشباً ، بل يعطى خلايا برنشيمية ، وبذلك فإن الحزم الوعائية تبقى واضحة بعد النمو الثانوى ويفصلها أشعة نخاعية واسعة ذات سمك ثابت.

ونظراً لتكون كل من الخشب واللحاء الثانويين يحدث زيادة فى قطر الساق . ولما كانت عناصر الخشب قوية مغلظة فإن العناصر الخشبية الإبتدائية والثانوية



(شكل 23/7) : خطوات التغليظ الثانوى فى ساق ذى فلقتين

لا تنضغط تحت تأثير الزيادة فى قطر الساق مما يتحتم معه زيادة فى محيط حلقة الكامبيوم ، ويتم ذلك بإحدى طريقتين ، فى الطريقة الأولى تنقسم بعض خلايا الكامبيوم بجدر عمودية على محيط الكامبيوم يتبعه نمو الخلايا الناتجة إلى أحجامها الأصلية ، وفى الطريقة الثانية ، تنقسم خلايا الكامبيوم بجدر محيطية ، ثم تذوب الصفيحة الوسطى بين كل خليتين ناتجتين عن الإنقسام ، ثم تنزلق إحدى الخليتين على الأخرى حتى تصبح مجاورة لها فى إتجاه محيطى بعد أن كانت مجاورة لها فى إتجاه قطرى.



(شكل 24/7) : جزء من قطاع عرضى تفصيلى
فى ساق نبات ذى فلقتين مسن (مغلظ ثانوياً)

يؤثر الضغط الواقع على أنسجة الساق نتيجة النمو فى السمك على الأنسجة الموجودة خارج الكامبيوم فيدفع اللحاء الابتدائى للخارج ، وعادة ، تتمزق خلاياه الرقيقة الجدر وتفقد قدراتها الوظيفية ، وتبقى الألياف • أما خلايا القشرة وكذلك النخاع فقد تبقى حية لعدة سنين • خلايا البشرة والقشرة قد تستعيد قدرتها على الإنقسام متحولة إلى خلايا مرستيمية تنقسم بجدر عمودية على السطح لتقابل الزيادة فى سمك الساق • وكثيراً ما تتمزق البشرة ويحل محلها نسيج البريديرم الذى ينشأ ، عادة ، من أول طبقة خارجية من نسيج القشرة التى تتحول إلى كامبيوم فلينى وقد يبقى البريديرم سطحياً لعدة سنوات كما فى المخروطيات • ولهذا تنقسم خلايا القشرة أسفله لتقابل الزيادة فى السمك ، ونتيجة لاستمرار الزيادة فى السمك يتمزق البريدرم باستمرار ويتكون كمبيوم فلينى آخر من طبقات القشرة السفلى ، وهكذا من طبقات أعمق • وقد يتكون الكامبيوم الفلينى من اللحاء كما فى القرنفل والعنب ، وفى هذه الحالة نجد أن البشرة والقشرة والجزء الخارجى من اللحاء تتمزق وتسقط•

وينتج عن التغليظ الثانوى تكون حلقات نمو سنوية ، ولذلك فالأجزاء السفلى من الساق المسنة تحتوى على عدد من الحلقات أكثر من الأجزاء العليا لنفس الساق، ورغم ذلك فنجد أن الكامبيوم الوعائى فى الساق متصل طولياً فى أجزاء الساق المختلفة • فالكامبيوم الوعائى فى ساق عمره ثمانى سنوات أى أن به ثمانى حلقات نمو فى قاعدته ، متصلة بالكامبيوم أعلاه حيث يقل عمر أجزاء الساق كلما إتجهنا إلى أعلى إلى أن يصل إلى قرب القمة حيث يتصل بكامبيوم الساق الحديثة التى لم يحدث بها نمو فى السمك • كذلك فإنه يوجد إتصال مستمر فى أنسجة الساق الناقلة، فالأنسجة الوعائية الابتدائية الموجودة فى قمة الساق تتصل بالأنسجة الوعائية الثانوية الخارجية للأجزاء المسنة أسفلها • ويساعد هذا الاتصال على سهولة نقل الماء والعناصر الغذائية المختلفة خلال نسيج الخشب دون عقبات من أسفل الشجرة إلى أعلاها ، كما يساعد هذا الإتصال على نقل الغذاء العضوى المجهز فى الأوراق إلى أسفل خلال نسيج اللحاء•

التغليظ الثانوى الشاذ فى نباتات ذات الفلقتين

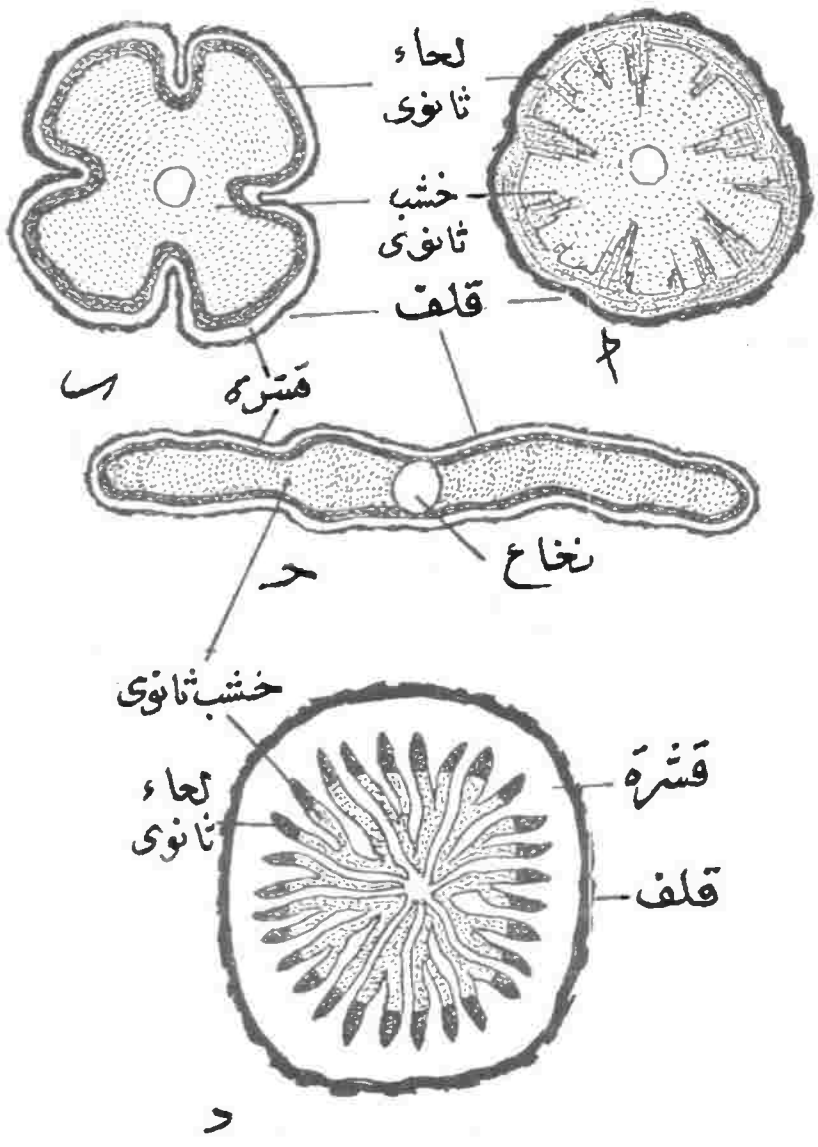
قد يحدث التغليظ الثانوى فى النباتات ذات الفلقتين بطرق أخرى غير التى ذكرت سابقاً • ففى كثير من نباتات العائلة البجنونية Fam, Bignoniaceae نجد أن حلقة الكامبيوم تعطى فى بعض أجزائها كميات متساوية من الخشب الثانوى واللحاء الثانوى ، وتعطى فى أجزاء أخرى كميات كبيرة من الخشب الثانوى وكميات قليلة من اللحاء الثانوى ، كما تعطى فى أجزاء أخرى كميات قليلة من الخشب الثانوى وكميات كبيرة من اللحاء الثانوى ، ولذلك تكون حلقة الكامبيوم الوعائى الناتجة متعرجة كما يصبح الخشب الثانوى مفصصاً (شكل 25/7 أ)•

وفى بعض أنواع البوهينيا *Bauhinia* يتوقف نشاط الكامبيوم الوعائى فى بعض مناطقه ويصبح الساق شريطياً (شكل 25/7 جـ) ، وفى بعض أنواعه الأخرى يقل نشاط الكامبيوم الوعائى فى بعض المناطق دون الأخرى ويتكون ساق ذات حزوز عميقة (شكل 25/7 ب)•

وفى نبات أريستولوخيا *Aristolochia* ، وهو نبات غالبية أنواعه ذات سيقان متسلقة بالالتفاف ، يتغلظ الساق تغليظاً عادياً ، ولكن تكون أجزاء من الكامبيوم الوعائى خلايا برنشيمية وبكميات كبيرة على هيئة أشعة مسببة تجزؤ الأسطوانة الوعائية بدرجة كبيرة (شكل 25/7)•

النشاط الموسمى للكامبيوم الوعائى

يكون الكامبيوم الوعائى فى الأشجار النامية فى المناطق المعتدل والباردة ساكناً فى الشتاء ونشطاً فى الربيع • ويرجع نشاط الكامبيوم فى الربيع إلى نشاط البراعم ، حيث أن نشاط البراعم فى الربيع ينتج عنه تكون هرمونات بكميات كبيرة وتنتقل هذه الهرمونات إلى الكامبيوم مسببة نشاطه • وينتج عن نشاط الكامبيوم فى الربيع زيادة فى كل من الخشب واللحاء الثانويين وكذلك فى الأشعة النخاعية والوعائية•



(شكل 25/7) : أنواع من التغليظ الثانوى الشاذ لسيقان نباتات ذات فلقتين

أ) بجنونيا ب ، جـ) نوعان من يوهينيا د) أريستولوخيا

ويحدث نشاط الكامبيوم الوعائى على مرحلتين • فى المرحلة الأولى تكبر خلايا الكامبيوم فى إتجاه قطرى وتصبح الجدران القطرية رقيقة ، وفى هذه المرحلة يكون الكامبيوم حساساً لضرر الصقيع • وتحدث المرحلة الثانية بعد أسبوع إلى عدة أسابيع من المرحلة الأولى وفيها تنقسم الخلايا بجدر محيطية •

أثناء فترات السكون تتغلظ جدران خلايا الكامبيوم الوعائى ، كما أن منطقة الكامبيوم تكون ضيقة مع عدم أو وجود قليل من أنسجة الخشب واللحاء المتشكلة•

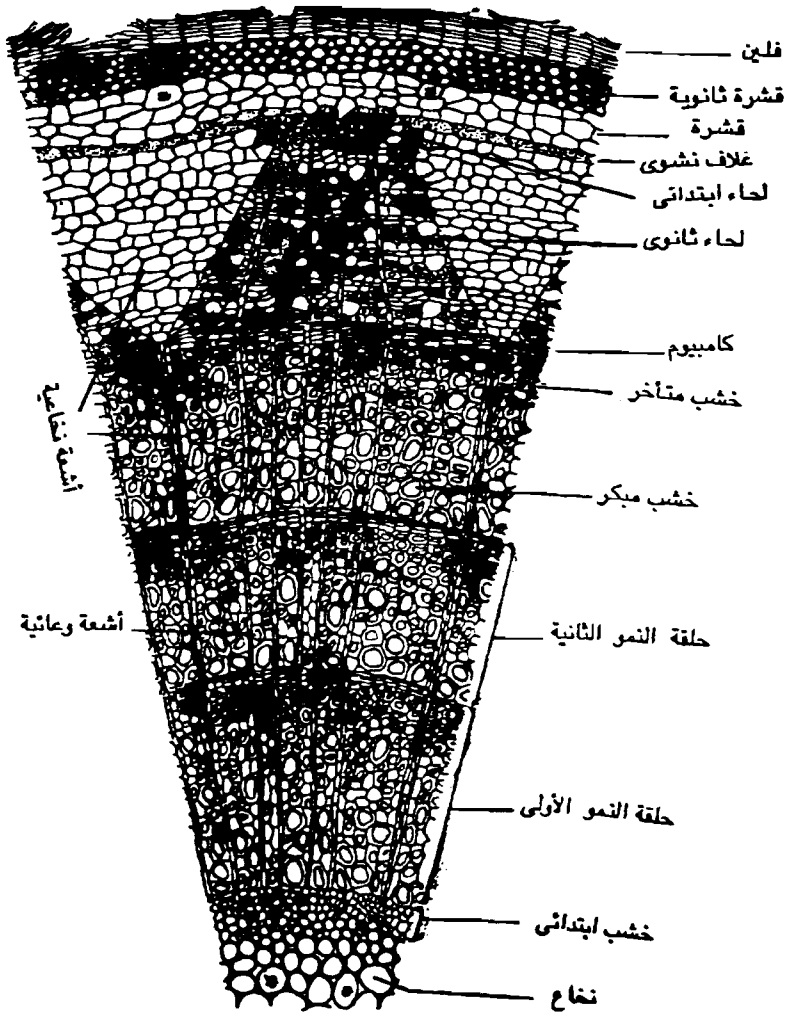
ويعزو البعض توقف نشاط الكامبيوم شتاءاً إلى قصر فترة الإضاءة كما فى نبات روبينيا .*Robinia* sp ، ويعزو البعض الآخر ذلك إلى برودة الجو•

حلقـــات النمـــو

تظهر حلقات النمو growth rings فى سيقان النباتات الخشبية المعمرة النامية فى المناطق المعتدلة والباردة عند قطع سيقانها عرضياً ، بشكل حلقات مركزية متداخلة من الخشب الثانوى • وعادة يتكون فى كل سنة حلقة واحدة ولهذا تسمى بالحلقات السنوية annual rings ، إلا أنه من الممكن أن تتكون فى السنة الواحدة أكثر من حلقة واحدة ، وذاك نتيجة للتغير فى الظروف البيئية ، ولهذا فيفضل تسميتها بحلقات النمو ، ففى أشجار البلوط .*Quercus* sp يبدأ نمو البراعم فى الربيع وتتكون حلقة نمو ، وأحياناً تنشط براعم الأشجار مرة أخرى فى أواخر الصيف فتتكون حلقة نمو أخرى فى نفس السنة ، وتسمى الحلقة الثانية بالحلقة الكاذبة ، ويمكن تمييزها عن الحلقة الأولى بأن مكوناتها أقل تحديداً من مكونات الحلقة الأولى•

وتؤثر ظروف البيئة مثل الحرارة والبرودة ، والجفاف والرطوبة ، والتغيير فى ظروف الصرف ، وبعض العمليات الزراعية كالتقليم الشديد على تكوين حلقات النمو • وبذلك فإن حلقات النمو تعتبر شاهداً على الظروف التى مرت بها الشجرة • ويختلف سمك حلقة النمو فى النبات الواحد ، وكذلك قد يختلف السمك فى الأجزاء المختلفة من الحلقة الواحدة•

وعموماً ، فإن حلقات النمو السنوية ترجع إلى التغيير العام للظروف البيئية على مدار السنة ، ففى الربيع مع نشاط البراعم ينشط الكامبيوم الوعائى ويكون الخشب المبكر early wood والذى يسمى أيضاً بالخشب الربيعى spring wood ، ويمتاز



(شكل 26/7) : جزء من قطاع عرضى فى ساق ڤيزفون *Tilia* مسن

هذا الخشب بأوعيته الخشبية الواسعة ذات الجدر الرقيقة نسبياً ، وبكثرة خلاياه البرنشيمية ، وفى الصيف بعد تمام تكشف البراعم إلى أفرع خضرية وأفرع زهرية يقل نشاط الكامبيوم ويتكون الخشب المتأخر late wood والذى يسمى أيضاً بالخشب الصيفى summer wood ويمتاز هذا الخشب بأوعيته الخشبية الضيقة وجدرها المغلظة بشدة وبكثرة أليافه. أما فى الخريف والشتاء حيث الظروف البيئية غير ملائمة بتاتاً للنمو فإن نشاط الكامبيوم الوعائى يتوقف تقريباً ويقف تكوين أنسجة ثانوية جديدة.

يحدث الإنتقال من الخشب المبكر إلى الخشب المتأخر تدريجياً ، مما يصعب معه تحديد حد فاصل بين كل منهما ، ولكن يوجد حد فاصل بين الخشب المتأخر لنمو سنة مع الخشب المبكر لنمو السنة التالية. ويعتبر مجموع النمو فى الخشب الثانوى المبكر والمتأخر الناتج عن سنة واحدة حلقة نمو سنوية ، أما عن اللحاء الثانوى فنادراً ما يلاحظ به حلقات نمو (شكل 26/7).

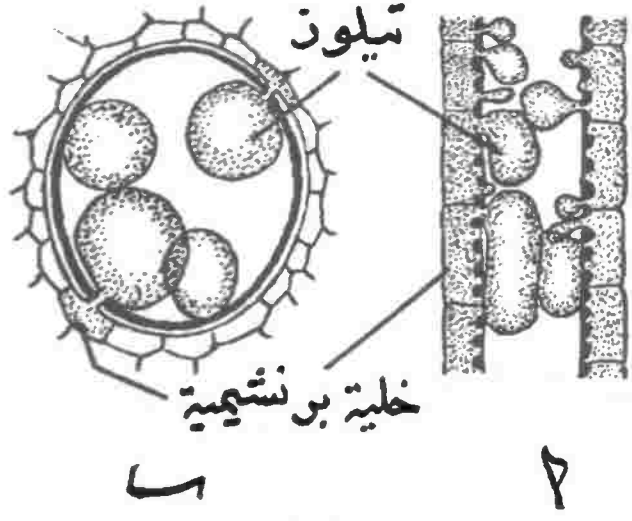
الخشب الصميمى والخشب العصيرى

فى كثير من النباتات الخشبية تؤدى الأوعية الخشبية وظيفتها لسنة واحدة ، وأحياناً يستمر ذلك لعدة سنوات قليلة ، بعدها تفقد وظيفتها ، والخشب الحديث الذى يوجد فى حلقات النمو الخارجية يكون أفتح لوناً وأنعم ملمساً عن الخشب المسن الذى يوجد فى حلقات النمو الداخلية.

ويعرف الخشب الخارجى الفاتح اللون بالخشب الرخو أو الخشب العصيرى sap wood ، كما يعرف الخشب الداخلى الداكن اللون بالخشب الصميمى hard wood. والجزء الخارجى فقط من الخشب العصيرى هو الذى يقوم بوظيفة نقل الماء والغذاء من الجذر إلى باقى أجزاء النبات كما تحافظ خلاياه البرنشيمية على حيويتها ، ويتكون الخشب الصميمى من أنسجة كلها ميتة محتوية على أصباغ وصموغ وتانينات ومواد راتنجية ، تعطى الخشب لونه الداكن (شكل 28/7 أ).

وهذه المواد تحمى الخشب من التحلل بفعل الكائنات المرضية ، كما تزيد من قوة تحمل الخشب ، وفى بعض الأحيان لا يحتوى الخشب الصميمى على هذه المواد المطهرة والمانعة للعفن فيتعفن قلب الشجرة كما فى أشجار الصفصاف المسنة وأشجار الفلفل ذو الورق العريض *Schinus terebinthifolius* .

تنسد الأوعية الخشبية ، غالباً ، فى الخشب الصميمى والخشب العصيرى الداخلى الذى فقد وظيفته بانتفاخات بالونية الشكل تعرف بالتيلوزات tyloses ، تنتج عن امتداد جدر الخلايا البرنشيمية الملاصقة للأوعية الخشبية ونفاذها عبر تجاويف النقر إلى تجاويف الأوعية الخشبية (شكل 27/7). أثناء تكوين التيلوز يتمدد غشاء النقر الموجود بين الخلية البرنشيمية والوعاء الخشبى إلى داخل الوعاء ، ويتبع ذلك ، عادة ، هجرة نواة الخلية وجزء من السيتوبلازم إلى التيلوز ، تختزن التيلوزات المواد غير الحية ، وقد يتكون لها جدر ثانوية ، وقد تتحول إلى خلايا اسكليريدية وعادة لا تتكون التيلوزات إذا قل قطر فتحة النقرة جهة الوعاء عن



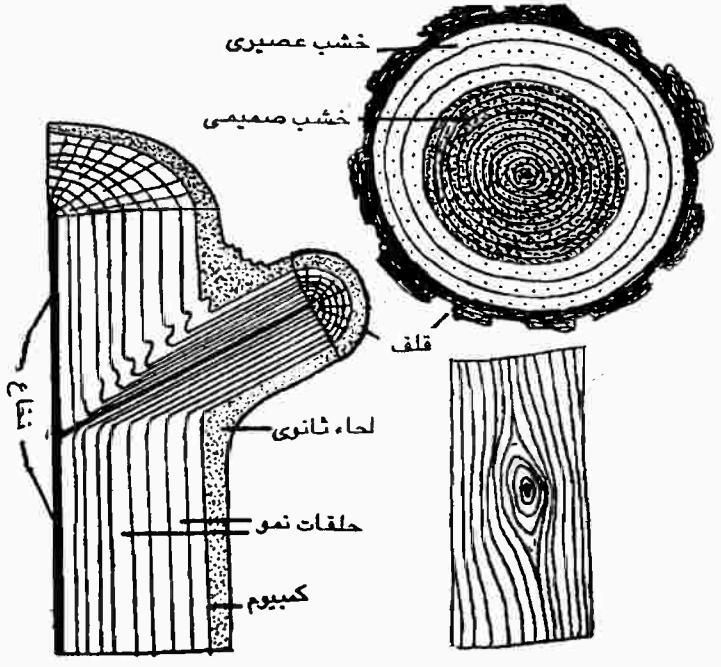
(شكل 27/7) : التيلوزات

أ) قطاع طولى فى وعاء خشبى يبين التيلوزات
ب) قطاع عرضى فى وعاء خشبى يبين التيلوزات

عشرة ميكرونات . ومن النباتات التى تكون التيلوزات بكثرة ، البلوط والتوت والعنب .

وتسبب كثرة وجود التيلوزات غلق الأوعية الخشبية وتقليل نفاذية الخشب ، ولهذا يستخدم الخشب الذى يكثر به التيلوزات فى صناعة البراميل حيث لا ينفذ هذا الخشب الماء والسوائل.

تتكون التيلوزات أيضاً عند حدوث جروح ، وكذلك عند وجود بعض مسببات الأمراض النباتية.



(شكل 28/7) : قطاعات فى سيقان مسنة

أ) قطاع عرضى يبين الخشب الصميمى والخشب العصيرى
ب) قطاع طولى مماسى يبين عقدة والتجزيع بالخشب
جـ) قطاع طولى فى ساق وفرع يبين حلقات النمو

العقـــد فى الخشـــب

عقد الخشب knots هى قواعد أفرع النبات الموجودة فى الخشب الثانوى للساق ، والتى تظهر فى القطاع الطولى المماسى بشكل حلقات مركزية متداخلة محاطة بالخشب الثانوى للساق الأصلية بشكل خطوط مموجة تعرف بتجزيع أو تموج الخشب (شكل 28/7 ب)٠

يحدث تكوين العقد أثناء التغليظ الثانوى للساق ، فعند إضافة خشب ثانوى للساق ، يصحبه إضافة كميات قليلة من الخشب الثانوى للأفرع ، وباستمرار إضافة نموات سنوية من الخشب الثانوى يزداد دفن قواعد الأفرع فى الخشب الثانوى للساق ، ولا تضاف حلقات جديدة للأفرع الحية إلا فى أجزائها الخارجية فقط ولا تضاف للأجزاء المدفونة منها ولذلك نجد أن الجزء المدفون من خشب الفرع فى الساق له شكل مخروطى قمته هى نسيج النخاع (شكل 28/7 جـ)٠ إذا مات الفرع أثناء التغليظ الثانوى للساق ، يغطى النمو فى السمك قاعدة الفرع الميت ، وتبقى قاعدة الفرع مدفونة فى الساق ، ولذلك فإنه عند عمل ألواح خشبية من ساق كان بها أفرع ميتة ، فإن عقد الأفرع الميتة تكون سهلة الإنفصال عن خشب الساق ويعتبر ذلك من عيوب الخشب ، أما عقد الأفرع الحية فتكون ملتصقة بشدة بخشب الساق ، وهذا النوع الأخير من الخشب هو الذى يصلح لصناعة الأثاث٠

اندمال الجروح والتطعيم

عند حدوث جرح فى نبات يتغلظ ثانوياً ، فإن بعض الخلايا البرنشيمية الموجودة بالقرب من منطقة الجرح تنشط وتتحول إلى خلايا مرستيمية تعطى نسيج برنشيمى يعرف بالكالس callus يغطى السطح المقطوع ٠ قد تتسور خلايا الكالس لتحمى السطح المقطوع ، وقد تنشأ الخلايا المرستيمية عن نشاط الكامبيوم الوعائى ، أو قد تستعيد بعض الخلايا البرنشيمية أسفل منطقة الجرح نشاطها المرستيمى مكونة كامبيوم فلينى ومؤدية إلى تكوين نسيج بريديرم٠

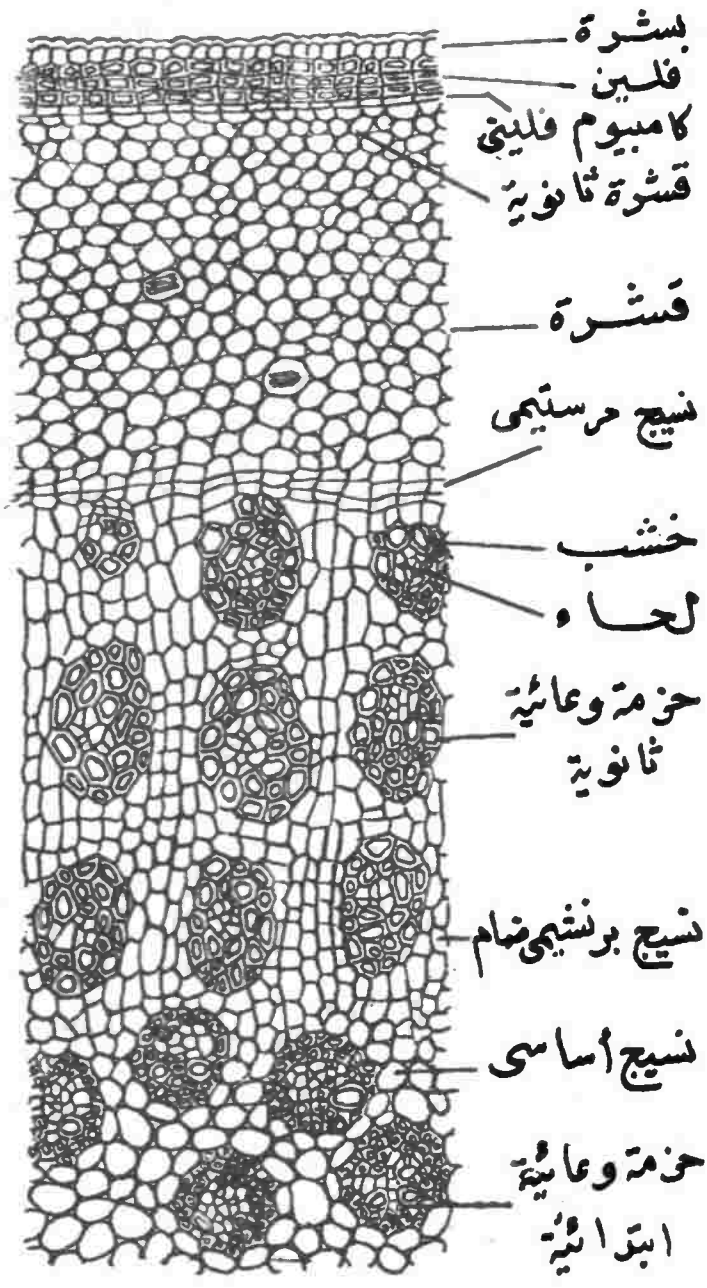
فى حالة حدوث جرح فى أجزاء نباتية لا تتغلظ ثانوياً مثل الأوراق والأفرع الصغيرة ، يكون النبات مركبات خاصة تحمى السطح المقطوع من الجفاف ومن الأضرار الخارجية ، ثم يعقب ذلك تكون البريديرم من الخلايا الحية أسفل السطح المقطوع.

وعملية التطعيم تعتمد على خاصية تكوين الكالس فى الجروح الحديثة لكل من الأصل والطعم . فعند ملامسة جرح الأصل لجرح الطعم يملأ الكالس الناشىء من كل من الأصل والطعم المنطقة ما بين الأصل والطعم ، ثم يتصل كامبيوم الأصل مع كامبيوم الطعم نتيجة لتحول بعض خلايا الكالس إلى خلايا كامبيوم . ينقسم الكامبيوم مكوناً أنسجة وعائية تؤدى إلى ربط الأصل مع الطعم تماماً . لهذا فإن وضع كامبيوم الطعم ملامساً لكامبيوم الأصل يزيد من فرص نجاح عملية التطعيم . ومن المشاكل العامة ، عدم توافق الأصل والطعم ، إما نتيجة لعدم تكون الكالس أو عدم تكون أنسجة وعائية من نسيج الكالس .

التغليظ الثانوى فى سيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة

لا يحدث تغليظ ثانوى فى سيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة إلا فى حالات خاصة ، وتحدث الزيادة فى السمك فى النباتات التى لا تتغلظ ثانوياً أثناء النمو الطولى للنبات . وعند توقف النبات فى الطول فإن الزيادة التى قد تحدث فى السمك تكون ضئيلة وتنتج عن إنقسام وكبر الخلايا البرنشيمية للنسيج الأساسى.

يحدث التغليظ الثانوى فى قليل من نباتات الفلقة الواحدة مثل الدراسينا *Draecena* واليوكا *Yucca* والصبار *Aloe* . تتكون الساق الحديثة لهذه النباتات من بشرة وقشرة ثم نسيج أساسى مكون من خلايا برنشيمية مبعثر فيها حزم وعائية . وعند حدوث التغليظ الثانوى تستعيد الطبقات الداخلية من القشرة قدرتها على الإنقسام فتتكون طبقة مرستيمية عريضة من الجزء الداخلى من القشرة تحيط بالحزم الإبتدائية . وتنتظم الخلايا المرستيمية بشكل صفوف قطرية ، وينتج الصف



(شكل 29/7) : جزء من قطاع عرضى فى ساق الدراسينا المسن

الواحد من إنقسام ثلاث إلى أربع خلايا برنشيمية . لا تعطى الخلايا المرستيمية حشب للداخل ولحاء للخارج مثل خلايا الكامبيوم الوعائى ولكن تتشكل وتعطى للداخل حزم وعائية ثانوية كاملة مرتبة فى صفوف عادة ، وتكون الحزم الوعائية منغمسة فى نسيج برنشيمى ملجنن يسمى النسيج الضام conjunctive tissue وتتشكل الخلايا المرستيمية وتعطى للخارج خلايا برنشيمية تعتبر قشرة ثانوية.

الحزم الوعائية الإبتدائية والثانوية فى ساق الدراسينا حزم مركزية اللحاء ، وتتكون الحزمة من حلقة خارجية من الخشب ولحاء فى المركز ، والخشب يتكون فقط من قصيبات وبرنشيمية ملجننة .

ونتيجة للضغط الواقع على البشرة عند حدوث التغليظ الثانوى يتكون كامبيوم فلينى من خلايا تحت البشرة ، ويتكون البريديرم ليقابل الزيادة فى سمك الساق (شكل 29/7).

التغليظ الثانوى فى جذر الدراسينا يحدث بنفس الطريقة حيث تتكون خلايا مرستيمية من آخر طبقات القشرة قبل الأندوديرمس .

منطقة الانتقال بين الجذر والساق

أظهرت الدراسات عن تشريح كل من الجذر والساق وجود اختلافات كبيرة فى تركيب وتوزيع الأنسجة الوعائية لكل من الجذر والساق لنفس النبات ، ونظراً لاتصال الأنسجة الوعائية فى الجذر بمثيلاتها فى الساق كان لابد من وجود منطقة وسطية بين الجذر والساق يحدث فيها تغيير إتجاه وموضع أنسجة كل من الخشب واللحاء تعرف بمنطقة الإنتقال transition zone • ويمكن دراسة ذلك بعمل قطاعات عرضية على مستويات مختلفة فى منطقة الإنتقا ل التى تكون عادة فى منطقة السويقة الجنينية السفلى • وعادة تكون هذه المنطقة قصيرة يتراوح طولها من أقل من ملليمتر واحد إلى حوالى ثلاثة ملليمترات ، وقد تصل فى حالات نادرة إلى عدة سنتيمترات تبعاً لنوع النبات • فى منطقة الإنتقال فى النباتات ذات الفلقتين والنباتات ذات الفلقة الواحدة تحدث تغييرات هامة (شكل 30/7) أهمها ما يأتى :

1- تغيير وضع الخشب واللحاء بعد أن كانا متجاورين محيطياً فى الجذر ليصبحا متجاورين قطرياً فى الساق•

2- تغيير وضع الخشب الأول والتالى فبعد أن كان الخشب الأول خارجى فى الجذر أصبح داخلى فى الساق•

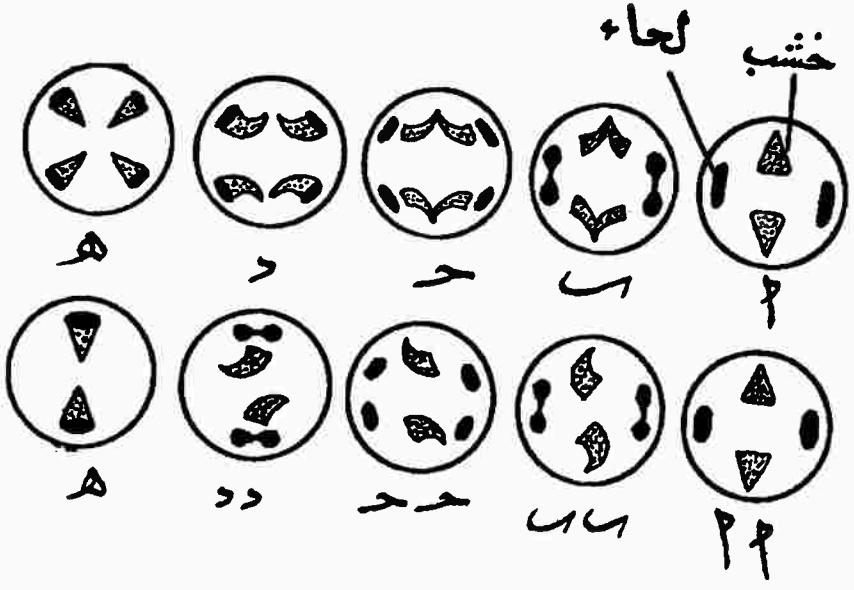
3- منطقة النخاع بعد أن كانت ضيقة أومعدومة فى جذور النباتات ذات الفلقتين أصبحت متسعة فى الساق•

4- قد يحدث تغيير فى عدد الحزم فى كل من الساق والجذر•

ويحدث التغيير أثناء الإنتقال من الجذر إلى الساق بطرق مختلفة نذكر منها طريقتين :

الطريقة الأولى : فى هذه الطريقة يكون عدد حزم الساق (شكل 30/7 هـ) ضعف عدد حزم الجذر (شكل 30.7 أ) ، وتحدث فى نباتات القرع والفاصوليا وأبو خنجر•

فى الأجزاء السفلى من منطقة الإنتقال تستطيل كتل اللحاء وتنقبض كل منها فى منتصفها ، وتتجزأ كل من كتل الخشب إلى جزئين بحيث يتباعد الخشب التالى جانبياً ويبقى الخشب الأول فى موضعه (شكل 30/7 ب) • على مستوى من منطقة الإنتقال أعلى من السابق ، يتم إنقسام كل كتلة من كتل اللحاء إلى كتلتين وبذلك يصبح عدد كتل اللحاء ضعف عددها فى الجذر ، يتباعد جزئى كل كتلة لحاء جانبياً ، ويزداد إنفراج الخشب التالى (شكل 30/7 جـ) • على مستوى من منطقة الإنتقال أعلى من السابق يتم إنفصال الخشب الأول ويزداد إنحناء أذرع الخشب



(شكل 30/7) : منطقة لانتقال بين الجذر والساق

ا ـ هـ) فى نبات الفاصوليا ا ا - هـ هـ) فى نبات بسلة الزهور

وبذلك يصبح عدد أذرع الخشب ضعف عددها الأصلى (شكل 30/7 د) ٠ وفى مستوى أعلى تتم خطوات الإنتقال بأن تكمل أذرع الخشب المنشقة دورانها ، ويصبح الخشب الأول للداخل فى الساق بعد أن كان للخارج فى الجذر وتصبح عدد الحزم الوعائية فى الساق ضعف عددها فى الجذر (شكل 30/7 هـ)٠

الطريقة الثانية : فى هذه الطريقة يكون عدد حزم الساق (شكل 30.7 هـ هـ) مساو لعدد حزم الجذر (شكل 30/7 ا) ، وتشاهد هذه الطريقة فى نباتات البرسيم الحجازى وبسلة الزهور ٠

وفى الأجزاء السفلى من منطقة الإنتقال تستطيل كتل اللحاء وتنقبض كل منها فى منتصفها ، ويلتوى كل من أذرع الخشب حول نفسه (شكل 30/7 ب ب) ٠ وفى مستوى أعلى من منطقة الإنتقال يتم إنقسام كل كتلة لحاء إلى كتلتين وبذلك يصبح عدد كتل اللحاء ضعف عددها فى الجذر ، كما يزداد التفاف أذرع الخشب (شكل 30/7 جـ جـ)٠ وعلى مستوى أعلى يزداد تحرك كل من كتل اللحاء الناتجة عن الإنقسام ناحية أذرع الخشب وتلتحم كل اثنين معاً جانبياً (شكل 30/7 د د) ، وبذلك يعود عدد كتل اللحاء إلى عدده الأصلى ، وتنتج كل كتلة لحاء فى الساق من نصفى كتلتين من لحاء الجذر ٠ وفى مستوى أعلى من الساق تتم خطوات الإنتقال بأن تتم أذرع الخشب دورانها 180 ° بحيث يكون الخشب على نصف قطر واحد مع اللحاء (شكل 30/7 هـ هـ) ، بعد أن كان متبادلاً معه فى الجذر ٠

مقارنة بين تشريح سيقان النباتات ذات الفلقتين والنباتات ذات الفلقة الواحدة

تختلف السيقان ذات الفلقتين عن السيقان ذات الفلقة الواحدة تشريحياً ، ويمكن تلخيص هذه الإختلافات فى الآتى :

1- يتميز النسيج الأساسى فى سيقان النباتات ذات الفلقتين إلى قشرة ونخاع وأشعة نخاعية ، فى حين أن النسيج الأساسى لا يتميز إلى أجزاء فى النباتات ذات الفلقة الواحدة ، إلا فى حالات خاصة حيث توجد قشرة مميزة ثم نسيج أساسى .

2- توجد طبقة بريسيكل فى سيقان النباتات ذات الفلقتين ولا توجد فى سيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة . ولو أن البعض يعتقد فى عدم وجود البريسيكل فى سيقان ذات الفلقتين .

3- الحزم الوعائية مرتبة فى دائرة أو دائرتين فى سيقان النباتات ذات الفلقتين ، ومبعثرة عادة فى ذوات الفلقة الواحدة.

4- الحزم الوعائية مفتوحة أى تحتوى على كامبيوم فى سيقان النباتات ذات الفلقتين ، ومقفولة أى لا تحتوى على كامبيوم فى سيقان النباتات ذات الفلقة الواحدة.

5- أوعية الخشب فى الحزم الوعائية مرتبة فى صفوف قطرية فى سيقان النباتات ذات الفلقتين ، ومرتبة عادة على شكل حرف Y أو V فى سيقان النباتات ذات افلقة الواحدة .

6- لا يوجد للحزم الوعائية غلاف من الألياف ، عادة فى النباتات ذات الفلقتين، فى حين يوجد للحزم الوعائية غلاف من الألياف ، عادة ، فى ذواة الفلقة الواحدة .

7- يحدث تغليظ ثانوى فى كثير من النباتات ذات الفلقتين ، بينما يكون نادراً فى النباتات ذات الفلقة الواحدة ، وإذا حدث فيكون بطريقة مختلفة عنه فى ذوات الفلقتين ٠

مقارنة بين تشريح الجذور والسيقان

1- البشرة فى الجذور قصيرة العمر ، وتكون ، عادة ، شعيرات جذرية ، وعندما تتلاشى يحل محلها طبقة الاكسوديرمس ، فى حين تستديم البشرة فى السيقان التى لا تتغلظ ثانوياً ، ولا تزول إلا فى بعض حالات التغليظ الثانوى ، وقد توجد عليها زوائد بشرة ٠

2- لا تحتوى بشرة الجذور على ثغور بينما تحتوى بشرة السيقان على ثغور ٠

3- القشرة فى جذور النباتات ذات الفلقتين عريضة وتتكون ، عادة ، من خلايا برنشيمية خالية من البلاستيدات الخضراء ، فى حين تكون القشرة فى سيقان النباتات ذات الفلقتين ضيقة وقد تتكون من خلايا برنشيمية وكلورنشيمية وكولنشيمية ٠

4- تنتهى القشرة من الداخل فى الجذور بالأندوديرمس المميز بشريط كاسبار ، فى حين لا يوجد الأندوديرمس ، عادة ، فى السيقان وقد يوجد بدلاً منه الغلاف النشوى ٠

5- يتكون البريسيكل فى الجذور من صف واحد من خلايا رقيقة الجدر فى حين يتكون ، عادة ، فى سيقان النباتات ذات الفلقتين من كتل من خلايا اسكلرنشيمية خارج الحزم الوعائية ٠

6- الحزم الوعائية فى الجذر قطرية ، وفى الساق جانبية غالباً ٠

7- الجذر خارجى الخشب الأول فى حين أن الساق داخلى الخشب الأول ٠

8- الخشب الإبتدائى متبادل مع الخشب الثانوى فى الجذر المسن ، فى حين يكون الخشب الإبتدائى على إمتداد الخشب الثانوى فى الساق المسن.

9- لا يتميز الخشب الثانوى فى الجذور المسنة إلى حلقات سنوية ، فى حين أنه يتميز إلى حلقات سنوية فى كثير من السيقان المسنة.

10- النخاع فى جذور ذوات الفلقتين ضيق وقد يكون الجذر مصمتاً ، فى حين أن النخاع فى سيقان ذات الفلقتين متسع وقد يكون الساق أجوفاً.

11- الأشعة الرئيسية فى الجذر المسن تقابل حزم الخشب الإبتدائى ، فى حين أن الأشعة النخاعية تمتد من القشرة إلى النخاع فى الساق المسن.

12- الأنسجة الدعامية فى الجذر متمركزة فى وسط القطاع لتتحمل الجذور الشد ، فى حين تكون تلك الأنسجة موزعة خارجياً بالقطاع لتتحمل السيقان الإنحناء والثنى.

13- تنشأ الجذور الجانبية داخلياً من البريسيكل ، فى حين تنشأ أفرع الساق خارجياً من المرستيم المحيطى.

14- ينشأ الكامبيوم الفلينى من خلايا البريسيكل فى الجذر المسن ، فى حين ينشأ من البشرة أو من القشرة أو من اللحاء فى الساق المسن.