تج ٤٩ : افحص قطاعات من نخاع السمبوكوس ولاحظ شكل الخلايا المينة وحجمها وكذلك غلظ الجدران فيها وآثارها .

تج ٥٠ : هيئ قطاعات عرضية وطولية من خشب عود ثقاب ولاحظ غلاظة الجدران الخلوية وآثارها وافحص بالطريقة ذاتها قطعا أخرى من الأخشاب المتداولة .

تج ٥١ : اقطع شرائح رقيقة من الاوراق أو أى جزء أخضر من النبات وافحص الخلايا ولاحظ أن الاخضر ليس سببا عن اخضرار العصارة الخلوية بل عن وجود بلاستيدات كلورية صغيرة عديدة خضراء .

الفصل العاشر

تشريح الساق والجذر والورقة

نريد فى هذا الفصل أن نتناول بالبحث أنواع الانسجة العادية فى مختلف أعضاء النبات من حيث ترتيبها العام وصفتها النباتية ونذكر عرضا فوائدها فى تدبير النبات . فأما شرح العمليات الفيسيولوجية فانا تاركوها الى ما يأتى من الفصول .

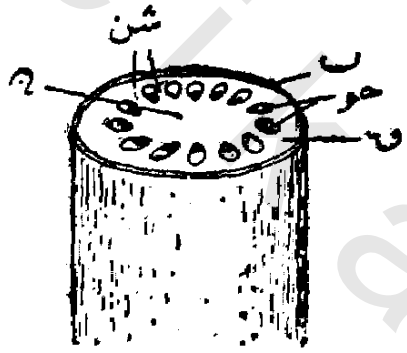
الساق

١ — السوق العشبية من ذوات الفلقتين .

يشتمل جزء عظيم من السوق العشبية من ذوات الفلقتين على نسيج شحم طرى مطمورة فيه عدة من أشرطة (Strands) نحيلة صلبة القوام ليفية تسمى "الحزم الوعائية" (Vascular Bundles) وهذه تعطى للساق صلابة ولكن وظيفتها الكبرى ايصال العصارة الى أجزاء النبات كافة .

ويغطى سطح الساق نسيج رقيق من الخلايا يسمى "البشرة" أو "الإپيدرم" (Epiderm) ويطلق على باقى الأنسجة أى على الكل ماعدا البشرة والحزم الوعائية اسم "النسيج الأساسى" (Ground Tissue).

فى القطاع العرضى من الساق ترى الحزم الوعائية جنبا لجنب على خط دائرى (شكل ٤٩) وذلك الجزء من النسيج الأساسى الذى تحتويه حلقة الحزم الوعائية يقال له "النخاع" (Pith) (ن) والجزء الكائن خارج الحلقة المذكورة يسمى "القشرة" (Cortex) (ق) أما الأشرطة الصغيرة الضيقة الجارية على استقامة نصف القطر بين الحزم وتصل القشرة بالنخاع فتسمى "بالأشعة النخاعية" (شن) (Medullary Rays).



(شكل ٤٩)

رسم بيانى يرى توزع الأنسجة المهمة فى ساق ذات فلقتين ؛ ب = بشرة ؛ حو = حزم وعائية ؛ ق = قشرة ؛ ن = نخاع ؛ شن = أشعة نخاعية.

ويتكون من الحزم الوعائية والأشعة النخاعية والنخاع كتلة اسطوانية من الأنسجة تعرف "بالأسطوانة الوعائية" (Vascular Cylinder) أو العمد وهذه تمتد فى النبات من طرف الساق الى النقطة النامية من الجذر.

(١) البشرة — نسيج سمكه فى العادة خلية واحدة وهى بمثابة كساء واق للنبات تمنع سرعة فقدان الماء منه. وكذلك تحمى الخلايا الداخلة من الأضرار المسببة عن المطر والبرد والصقيع والحشرات وخلايا هذه البشرة أنبوبية منبسطة مرصوفة بعضها الى جانب بعض وصفا محكما إلا حيث توجد المنافذ المسماة "الثغور" (Stomata). وبما أن هذه الثغور توجد

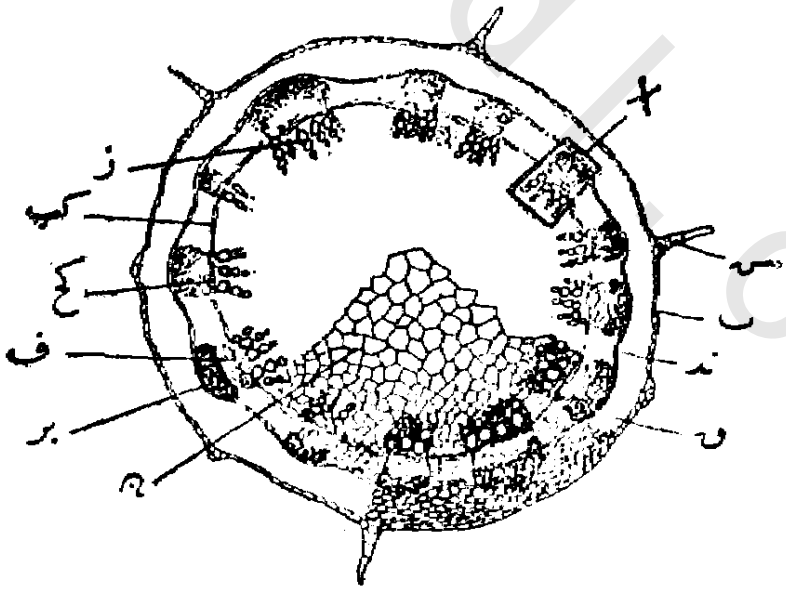
بكثرة على بشرة الورق فان البحث فى تركيبها مؤجل الى صـفحة (١٢٦) وفى العادة يكون الجدار الخارجى من البشرة أسمك من الجدران الجانبية والجدار الداخل وهى ثلاث طبقات تسمى الطبقة الخارجة المعرضة للجو " بالأديم " (Cuticle) والأديم يتكون من مادة تسمى "الكيوتوز" يستعصى فيها مرور الميـاه وهى جسم ثابت جدّا قابل لمقـاومة تأثير المحللات الشـــتى التى تذيب السلولوز . ويرى على أديم السوق والاوراق من نبات الكرنب وقصب السكر وأنواع كثـيرة من الغلال والنجيليات الأخرى وكذلك على ثمـار الأعناب والبرقوق طبقة رمادية اللون هى نتيجة افراز الخلايا البشرة ويشـتمل على جزئيات من الشمع إما مستديرة الشكل أو مستقيمته على شكل قضيب و إما حرشفية .

وسطوح مختلف أجزاء النبات المغطاة بهذه الطبقة الشمعية تفقد من المـاء أقل ممـا تفقده الأجزاء التى أزيلت عنهـا بالحك و يظهر أن هـذه الطبقـة الشمعية هى كوقاية جزئية من غشيان الفطريات والحشرات وتشتمل خلايا البشرة على المعتاد من المحتويات الخلوية (Cell contents) إلا البلاستيدات الخضيرية فانها فى العادة مفقودة وهذه الخلايا تكون ملأى بالعصارة بصفة خاصـة وهذه العصارة تكون دائمـا قرنفلية اللون أو حمراء أو قرمزية بفعل مادة يظهر أنها تقى خلايا القشرة شر الضوء المفرط وفى بعض النباتات (ان لم نقل كلها) تكون العصارة فى خلايا البشرة بمثابة مخزن للمـاء تستمد منه الخلايا الباطنة من الساق عند الحاجة .

ولا يخفى أن سطوح السوق وغيرها من أجزاء النباتات تكون مغطاة فى الغالب بشعر وهذا الشعر منسوب الى البشرة وكل شعرة فى أبسط أشكالها

ليست سوى خلية بسيطة نمت أطول من جاراتها على أن بعض الشعر هو امتدادات عديدة الخلايا من البشرة ش . (شكل ٥٠) وقد يكون على أشكال عدّة كما هو الحال فى الشعرة الواحدة الخلية .

والشعر يكون خشن الملمس أحيانا ويكون بمثابة واسطة للدفاع ضدّ الحشرات وضدّ الحيوانات على وجه الاجمال ومن وظائفه أن يكون كوقاء يمنع سرعة خروج الماء من النبات ويكون أشبه شئ بحائل دون شدّة ضوء الشمس . والشعر فى سوق النباتات الصبيّة وفى براعمها يحمى الأجزاء الغضة من الأضرار والصقيع وبعض الشعر يكون بمثابة آلات مفرزة ، ولذلك تسمى "غددا" (Glands) تفرز مركبات زيتية وراتينجية لها — كما فى النعنع



(شكل ٥٠)

قطاع عرضى من ساق عباد الشمس (مكبر مائة أقطار) × جزء يشمل حزمة وعائية ؛ ب = بشر ؛ ش = شعر ؛ ق = قشرة ؛ ند = اندودرم ؛ ز = زيلم ؛ ف = فلويم ؛ كح = كامبيوم حزمى ؛ كب = كامبيوم بينى حزمى ؛ بر = الياف بريسيكلية ؛ ن = نخاع .

وحشيشة الدينـار وغيرهما من النباتات — رائحة خاصة . وكثير من هـذه الحواصل المفرزة من مثل هذا الشعر يكون لزجا يمنع مثل النمل من الحشرات من تسلق الساق والوصول الى عسل الزهرة أو الرحيق .

(٢) القشرة (Cortex) — قشرة الساق ممتدة من البشرة الى الاسطوانة الوعائيـة ويشتمل جزء عظيم منهـا على خلايا بارنشيمية حية تشـتمل على بلاستيدات خضـيرية كثيرة وخلايا الجزء الواقع تحت البشرة مباشرة تكون جدرانها فى الغالب ثخينة فى أركانها وتكون مايسمى "بالنسيج الكولنشيمى" (Collenchymatous) ووظيفة هـذا النسيج تقوية البشرة وإمداد الساق جميعها بالمتانة . والطبقة الأخيرة من خلايا باطن القشرة تكون غمدا مستمرا محيطا بالاسطوانة الوعائية ويسمى "الاندودرم" (Endoderm.) أو "البشرة الداخليـة" (ند . شكل ٥٠) وليست خلاياها مباينة لجاراتها من الخلايا المجاورة لهـا مباينة كثيرة ولكنها تشتمل فى العادة على كثير من الحبيبات النشوية تجعلها واضحة فى قطاعات بعض السوق .

(٣) الاسطوانة الوعائية أو العمد — تشتمل على كل الأنسجة الواقعة داخل الاندودرم وهى الحزم الوعائية الآتى وصفها والنخاع والأشعة النخاعية (شـكل ٥٠) وتعرف الطبقة الخارجيـة المجاورة للأندودرم مباشرة "بالپريسيكل" (Pericycle) أو "الطبقة المحيطة" وقد تشتمل هذه على طبقة واحدة من الخلايا أو أكثر وفى بعض السوق تكون خلايا "الپريسيكل" رقيقة الجدر ومنها تنشأ أغلب الجذور والفراخ العرضية .

والأشعة النخاعية مكونة من خلايا بارنشيمية رقيقة الجدران وتحفظ خلايا الأشعة النخاعية محتوياتها الحية مدة طويلة ولكن خلايا النخاع لا تعيش إلا مدة قصـيرة .

واذا انتخبنا حزمة وعائيـة واحدة فى سلامية أى نبات ذى فلقتين وتتبعنا سيرهما الى أعلى نجد أنها تخرج من الاسـطوانة الوعائيـة مارّة بالقشرة الى الأوراق حيث تتفرع وتكوّن العروق وتسمى مثل هذه الحزم الوعائية المشتركة بين الساق والورق "بالحزم المشـتركة" ويسمى جزؤها الموجود فى الساق "بذر بها الورقى" (Leaf-trace) وقد تدخل حزمة أو أكثر من كل ورقة الى الساق واذا اتبع سـيرها الى أسفل وجد أن نزولها عمودى من سلاميـة أو أكثر ثم تتحد فى النهـاية بالحزم التى دخلت الساق من الأوراق التى هى أكبر منها عمرا والتى هى موجودة تحتها والحزم فى نزولها تكون كلها على مسافة واحدة من المركز ولذلك فانها اذا نظرت فى قطاع عرضى تظهر مرتبـة على شكل دائرى .

وهناك اختلاف كبير فى طريقة تفرع الحزم واتحادها فى النباتات المختلفة وفى مقدار هذا التفرع ولكن نظامها يكون بحيث ان الحزم الوعائيـة فى الأوراق والسوق والجذور تكوّن دائمـا جهازا مستمرا موصلا من أنسـجة متواصلة مهيأ خصيصا لتسهيل ايصال العصارة الى جميع أجزاء النبات .

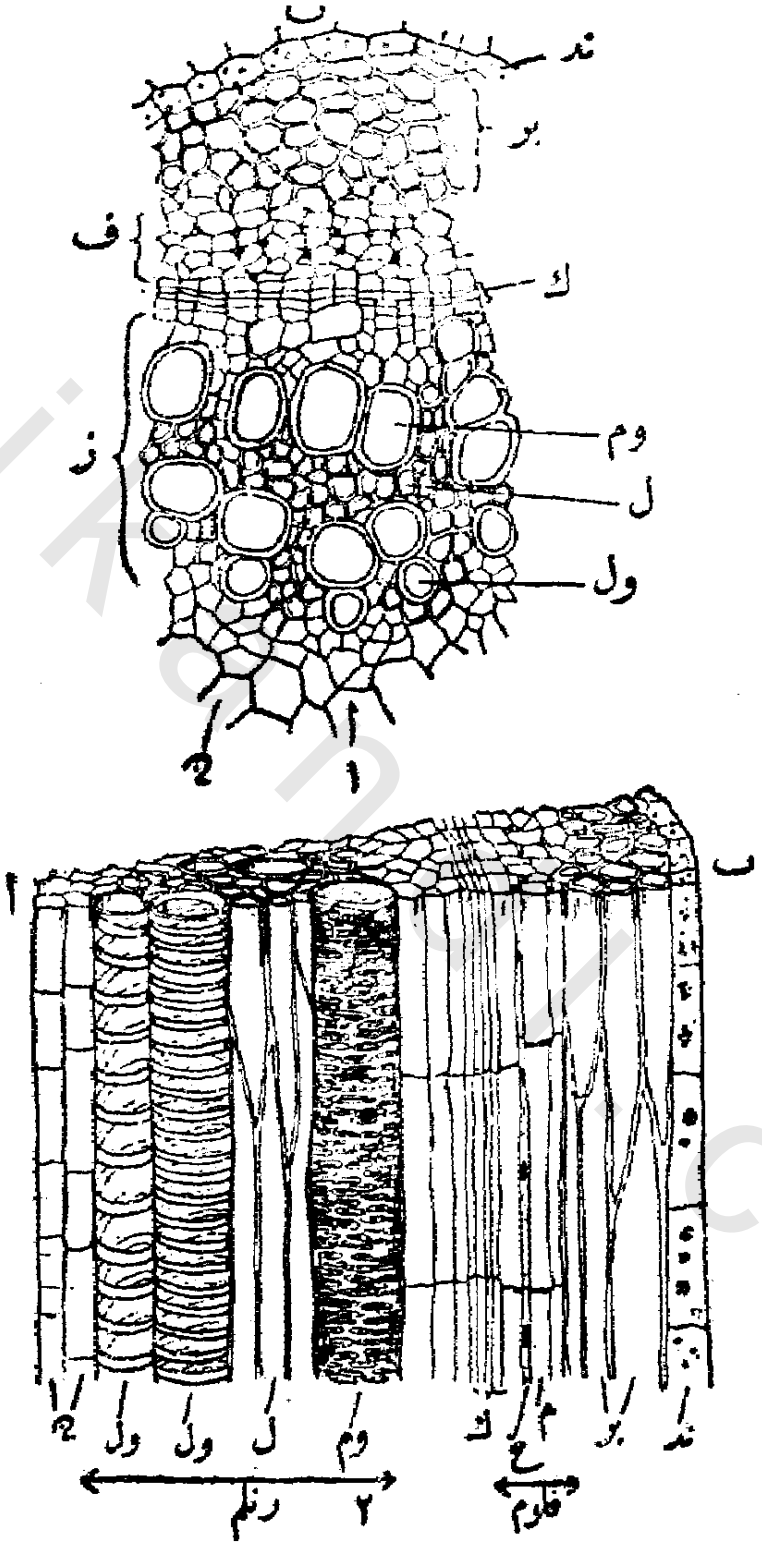
وفى هذا النوع من الساق تشـتمل كل حزمة وعائيـة على ما يأتى من الأنسجة :

(ا) الزيلم (Xylem) أو الخشب (ا ز شكل ٥١) .

(ب) فلويم (Phloem) أو اللحاء (ف شكل ٥١) .

(ج) طبقـة نسيج مرستيمىّ رقيق الجدار تسمى "كامبيوم الحزمة" .

وهـذه الأنسجة مرتبـة بعضها بجانب بعض بحيث انه اذا رسم نصف قطر من مركز قطاع عرضى من الساق الى الخارج مرّ على الأنسجة الثلاثة



(شـــكل ٥١)

(١) قطاع عرضى من حزمة وعائية من ساق عباد الشمس (مكبرا ١٢٠ قطرا) . تكبير فى الشكل السابق . (٢) قطاع طول نصف قطرى فى الحزمة المذكورة . د = نخاع الساق ؛ ز = زيلم ؛ ل = ليفة ؛ وم = وعاء منقر ؛ م = أنبوبة غربالية ؛ خ = خلية مرافقة ؛ بر = ألياف بريسيكلية ؛ ند = اندودرم ؛ ك = كامبيوم الحزمة ؛ ول = وعاء لولبى .

ويقع الكامبيوم بين الزيلم والفلويم والزيلم أقرب الى النخاع . وأما الفلويم فهو بعيد عن النخاع والحزم التى يقع فيها الزيلم والفلويم على ذات نصف القطر تسمى "مجانبة" (Collateral) واذا كانت الحزم تشتمل على كامبيوم كما فى ذوات الفلقتين سميت "مفتوحة" .

(ا) — الخشب أو الزيلم العناصر التى تصادف فى الخشب هى فى العادة (١) أوعية (٢) قصيبات (Tracheids) (٣) الياف وخلايا ليفية (٤) برنشيمة خشبية كلها فى العادة ذات جدران خلوية ثخينة ثابتة تشتمل على مادة الخلووز الملجنن (Lignocellulose) وليست النسبة واحدة فى كل الحزم فان فى بعض الأحيان تكون بعض العناصر مفقودة بتة على أن القصبات (Tracheæ) والقصيبات موجودة دائما فى كل أنواع الزيلم أو الخشب .

الأوعية (ول , وم) ليست خلايا ولكنها أنابيب مستمرة طويلة مفرغة كل منها مكوّن من صف من خلايا بعضها فوق بعض وفيها كثير من جدران خلاياها العرضية قد امتص أو ذاب . وفى بعض النباتات المتسلقة تكون تجاويف الأوعية بطول تسعة أقدام أوعشرة ومتوسط طول الأوعية بحسب مقاسات الأستاذ (Adler) هى فى خشب البلوط ٤٠ بوصة وفى البندق وشجر البتولا خمس بوصات وترى فى جدرانها ثخانات إما حلقية أو لولبية أو شبكية وقد ترى بها نقر والتى تتكوّن فى الحزمة فى أول الأمر تكون ثخاناتها حلقية أولولبية فقط وتكوّن مايسمى "الخشب الأوّلى" (Proto-Xylum)

فى أوّل الأمر تشتمل الأوعية على پروتوبلازم فاذا نمت استعملت المادة الحية فى تكثيف جدران الخلايا فاذا اكتمل تكوينها أصبحت أجساما ميتة خالية تقوم بتوصيل الماء .

والقصيبات (Tracheids) تشبه الأوعية فى صفة جدران خلاياها وفى وظيفتها على أنها ليست أجساما مركبة بل خلايا طويلة مفردة وفارغة . والخلايا الليفية طويلة ومحددة الطرفين وهى تشتمل على مشتملات حية وتكون جدران خلاياها ثخينة ومنقوشة أحيانا بنقر صغيرة . والألياف (ل) هى خلايا غليظة الجدران متشابهة قد فقدت مشتملاتها البروتوبلازمية وأصبحت تشتمل على هواء وماء فقط .

وبرنشيمة الخشب تتركب من خلايا مستطيلة قليلا أطرافها مربعة كليلة وتشتمل الخلايا على مشتملات حية وجدران الخلايا سميكة نوعا وتكون منقرة قليلا وفيها يختزن النشا أحيانا .

(ب) اللحاء أوالفلويم — العناصر المكونة للحاء هى : (١) الأنابيب الغربالية (Sieve-tubes) (م) مع خلاياها المرافقة (Companion-cells) (خ) و (٢) مقدار من برنشيمة اللحاء ذات جدران رقيقة وتتركب جدران خلاياها من السلولوز المعتاد .

والأنابيب الغربالية هى خلايا طويلة رقيقة الجدران مرصوفة طرفا لطرف والجدران العرضية أو الطرفية التى تنفصل الأنبوبة الغربالية من الأخرى لم تزل تماما كما هو الحال فى أوعية الزيلم ولكنها مثقوبة بمسام مفتوحة بواسطتها تكون مشتملات الأنابيب المجاورة فى اتصال دائم بعضها ببعض وهذه الجدران العرضية المثقوبة تسمى "الألواح الغربالية" (Sieve-plates) واذا بلغت الأنابيب الغربالية اشتملت على بطانة (Lining) رقيقة من مادة السيتوبلازم بغير نواة . فأما باقى تجويف الخلية فيكون مملوءا بمادة قلوية مخاطية وافرة المادة البروتيدية وكثيرا ماتشتمل على حبيبات نشوية .

هذه الأنابيب الغربالية تقوم بوظيفة ايصال شتى المواد العضوية ولا سيما ما كان منها ذا صفات بروتيدية .

الخلايا المرافقة — هى خلايا ضيقة طويلة توجد على امتداد الأنابيب الغربالية وهى ملأى بمادة سيتوبلازميه حبيبية تكون فيها نواة دائما وتنشأ الأنبوبة الغربالية وخليتها المرافقة من خلية أم واحدة .

(ج) الكامبيوم (Cambium) — يقع الكامبيوم بين الزيلم (ك . شكل ٥١) وبين الفلويم ويشتمل على طبقة من خلايا مرستيمية رقيقة الجدران كل منها على شكل منشور مستطيل ضيق قائم الزوايا بأطراف محددة مائلة ويكون الكامبيوم فى السوق الصغيرة السن محصورا فى الحزم الوعائية . أما فى السوق الكبيرة السن فينشأ فى الأشعة النخاعية نسيج مرستيمى جديد يشابه ذلك تمام المشابهة ويسمى "بالكامبيوم البينى الحزمى" (Interfascicular Cambium) وهذا يمتد فيها ويصل كامبيوم الحزمة بكامبيوم الحزمة المجاورة لها (كب . شكل ٥٠) ولذلك تجد فى السوق الكبيرة السن اسطوانة رفيعة تامة ذات خلايا منقسمة تظهر فى القطاع العرضى على شكل منطقة ضيقة تسمى "حلقة الكامبيوم" (Cambium Ring) وحلقة الكامبيوم تضيف على الخشب واللحاء عناصر جديدة بالطريقة المشروحة بعد . ولكن فى النباتات العشبية ذات الفلقتين التى لا تعيش طويلا تقف هذه الزيادة فى النمو على عجل وعلى ذلك فلا يكون تأثير هذه الزيادة محسوسا فى هذه النباتات كما هو الحال فى السوق الخشبية المعمرة .

تج ٥٢ : اقطع سوقا طرية صغيرة السن من نباتات عباد الشمس والطرطوفة والفول والبطاطس وأى نبات عشبى آخر شائع وافحص السطوح المقطوعة بعدسة جيب ولاحظ وجود الحزم الوعائية وترتيبها وكذلك النخاع .

تج ٥٣ : ضع بعض سوق صغيرة من نبات عباد الشمس فى مزيج مركب من جزئين من الكؤول الممثل (Methylated spirit) وجزء من الماء وابقها فى هذا المزيج لاستعمالها عند اللزوم . واقطع فى ساق يكون قد مضى عليها فى هذا السائل ثلاثة أو أربعة أيام ، قطاعات عرضية بروسى مبلولة بالسائل المذكور وانقل القطاعات الى زجاجة ساعة فيها ماء وبعد أن تبقيها فيه بضع دقائق خذ قطاعا منها وضعه فى نقطة من الماء على لوحة صغيرة من الزجاج وغطها بالغطاء الشيئى والخصه بأضعف شيئية فى المكروسكوب واعمل رسومات تبين موضع الأجزاء الآتية وصفتها :

(١) البشرة .

(٢) القشرة .

(٣) البشرة الداخلية .

(٤) الحزم الوعائية .

(٥) النخاع ونسيج الأشعة النخاعية الموجودة بين الحزم والخص بعد ذلك بالشيئية القوية واعمل رسومات عن أجزاء صغيرة من الأجزاء المختلفة المذكورة قبل والتفت بنوع خاص الى الخشب والكامبيوم واللحاء وقارن بشكل (٥١) .

وتبين ما اذا كان الكامبيوم البينى الحزمى قد تكون عرضة الأشعة النخاعية .

تج ٥٤ : خذ قطعة من ساق عباد الشمس طولها ربع بوصة تقريبا تكون قد حفظت كما هو مبين فى التجربة السابقة واقطع منها قطاعات طولية حتى يمر القطاع فى حزمة وعائية (ويلاحظ فى قطع القطاعات الطولية أن تمر الموسى من جانب الى جانب لا من طرف الى طرف) .

ثم الخص أولا بالشيئية الضعيفة ثم بالقوية واعمل رسومات عن أشكال الخلايا التى ترى فى البشرة والقشرة واللحاء والكامبيوم والخشب والنخاع على التوالى .

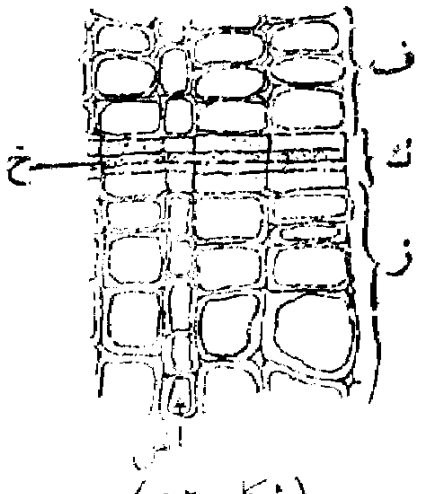
وتبين أى خلايا القطاع الطولى تقابل الخلايا التى نظرت فى القطاع العرضى .

تج ٥٥ : ادرس تشريح الساق من نبات الفول وغيره من النباتات العشبية الشائعة من ذوات الفلقتين .

وابدأ بفحص القطاعات دائما بأصغر قوة أى بالعين المجردة أو بعدسة جيب جيدة وبعد ادراك نظام الأنسجة الشهيرة ادرا كا عاما افحصها بالقوات الكبرى على الترقى .

السوق الخشبية المعمرة من ذوات الفلقتين

(أ) انقسام خلايا الكامبيوم — فى الأدوار الأولى من سوق الشجرات والأشجار يكون نظام الأنسجة وبناؤها مثل ما هو فى النباتات العشبية القصيرة العمر سواء بسواء . فاذا ازداد عمرها زادت فى السمك من سنة الى سنة وفى القطاعات العرضية من مثل هذه السوق السميكة تكون الحزم الوعائية الصغيرة المنعزلة (التى كانت ظاهرة أيام كانت السوق صغيرة السن) رخصة غضة غير ظاهرة مطلقا وأكبر جزء من الجسم المتزايد من الأنسجة فى مثل هذه السوق حاصل من انقسام الخلايا الانشائية (Initial Cells) من حلقة الكامبيوم وكل خلية انشائية من الكامبيوم . (خ شكل ٥٢) تنقسم قسمين بواسطة جدار موازٍ لسطح الساق . وتبقى احدى هاتين الخليتين على الدوام قادرة على الانقسام . وأما الثانية فاما أن تتحول مباشرة الى خلية دائمة أوتنقسم مرة أو اثنتين تبقى الخلايا المتولدة تتغير بعدهما بالتدريج حتى تصبح عناصر دائمة والتغير الى خلية أو خلايا دائمة قد يحصل فى إحدى الاثنتين المتولدتين عن انقسام الخلية الانشائية فاذا كانت الخلية الداخلية تتنوع تضاف الى الخشب (ز) واذا تغيرت الخلية الخارجية زادت حجم اللحاء (ف) وانقسام خلايا الكامبيوم ونموالحواصل الناتجة منها وتكشفها يستمران من الربيع الى الخريف . أما فى الشتاء فان انقسام



(شكل ٥٢)

قطاع عرضى فى جزء صغير من حلقة الكامبيوم فى فرخ صغير من البلاك كارنت (Black currant) ك . حلقة كامبيوم ؛ خ = خلايا انشائية ؛ ز = زيلوم أوخشب ؛ ف = فلويم أو لحاء ؛ ش = أشعة نخاعية (مكبرا ٦٥٠ مرة) .

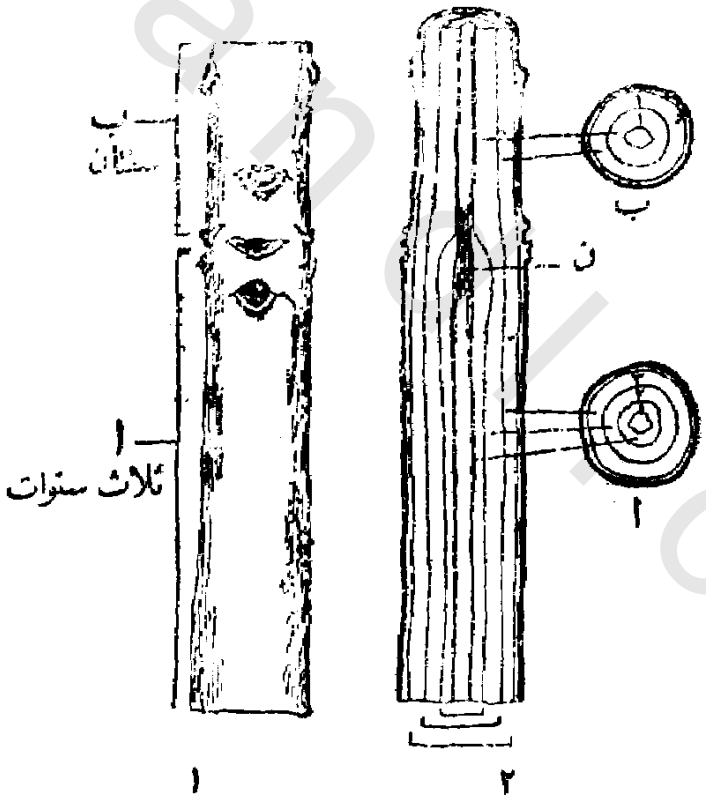
الخلايا يقف أو ينقص نقصانا كبيرا وبما أن الكامبيوم يمتد على شكل اسطوانة مستمرة داخل الساق فان فى كل فصل نمو تضاف أسطوانة خشبية خارج الاسطوانة الموجودة من قبلها ويضاف مثل ذلك على اللحاء من داخله . ومقدار الخشب الذى يولده الكامبيوم هو دائما أكثر من مقدار اللحاء بكثير وزد على ذلك أن نسيج اللحاء يشتمل على الأخص على عناصر رقيقة الجدران وهذه تصبح صفائح رقيقة بواسطة ضغط الخشب المتمدد والقلف المقاوم . أما الخشب فبما له من خلايا جدرانها سميكة وأوعية كذلك لايتأثر إلا قليلا بهذه الطريقة . وفى القطاعات العرضية من الجزوع (Trunks) والفروع من الشجر والشجيرات يظهر الكامبيوم للعين كأنه لا يولد إلا خشبا فقط .

(ب) الحلقات السنوية (Annular Rings) العقد — اذا نشرت شجرة على عرضها ونعم السطح المقطوع بأزميل لوحظ فى الخشب عدد من مناطق حلقية (شكل ٥٣ و ٥٤) هذه المناطق تسمى "الحلقات السنوية" ويمثل كل منها النسيج الخشبى أو الزيلمى الذى أنتجه الكامبيوم أثناء فصل واحد. ومن ابتداء هذا الفصل الى ابتداء الفصل الثانى تمضى فى العادة سنة كاملة ولذلك ففى الساق التى عمرها سنتان يرى حلقتان والتى عمرها ثلاث سنوات ترى ثلاث حلقات وهلمّ جرا (شكل ٥٣) .

وأنه نظرا لوجود بعض فروقات بين الخشب المتكوّن فى بدأ فصل النمو وبين ذلك المتولد فى النهاية يمكننا أن نرى هذه الاضافات السنوية المطردة فى الخشب على شكل أشرطة ظاهرة وإلا فانه اذا كانت العناصر التى يولدها الكامبيوم كلها واحدة الطبيعة طول حياته لم يكن ممكنا أن تعين النقط التى وقف عندها الكامبيوم أو عاود نموه .

واذا عاود الكامبيوم النمو فى الربيع أحدث أوعيـة وخلايا أرق جدرا وأوسع تجويفا من تلك التى يصنعها فى الصـيف والخريف فى كل حلقـة سنوية وعلى ذلك يرى جزءان مبينان أو أكثر هما (أولا) طبقة من خشب الربيع يتكون من أول فصـل النمو و(ثانيا) طبقة ممـا يسمى "بخشب الخريف" يتكون فى أواخر الصيف والخريف .

وخشب الربيع فى العادة رخو القوام باهت اللون وأوعيتـه فى كثير من الأشجار من السعة بحيث تبدو للعين كأنها منطقة من المسام .



(شـــكل ٥٣)

(١) قطعة من ساق شجرة الآش ، ا قطعة عمرها ثلاث سنوات ، ف قطعة عمرها سنتان

(٢) قطاعات طولية وعرضية مما سبق .

أماخشب الخريف فهوأصلب قواما وأقتم لونا وعدد أوعيته قليل بالنسبة لخشب الربيع وتكون صغيرة فلا تراها العين .

وكامبيوم الساق مستمر مع كامبيوم الفروع (شكل ٥٤) واذا قطع قطاع طولى منها وجد أن الاضافة السنوية لخشب الساق مستمرة فى الفروع أيضا وان كان مقدارها المضاف سنويا أقل من الزيادة فى كامبيوم الساق وعلى ذلك فتكون الحلقات السنوية فى فرع ما أضيق منها فى ساق عمرها عمر ذلك الفـــرع .

ويلاحظ من الشـــكل السابق أن الأجزاء القاعدية من أى فرع تصبح مطمورة فى الخشب الذى يضاف على الساق من سـنة الى أخرى ولذلك فبقطع لوحة طولية كما هو مبين فى (ح) فان الجزء المطمور من الفرع يقطع قطعا عرضيا تقريبا ويبدو على شكل عقدة بيضية (ع) .

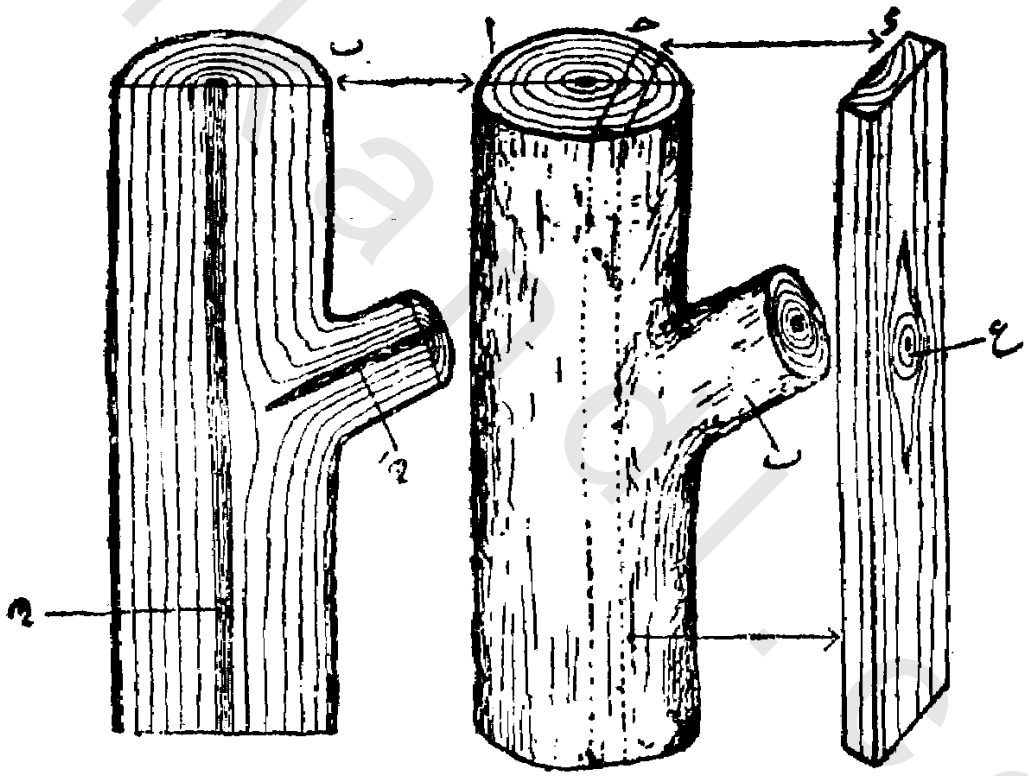
(ج) العناصر التى ينتجها الكامبيوم — الأشعة النخاعية . بما أن الكامبيوم يقع بين الخشب أو الزيلم واللحاء أو الفلويم فظاهر أن الخشب الأولىّ واللحاء الأولىّ من الحزم الوعائية المكونين أولا لابد أن يدفعا بالتدريج بواسطة الخشب الثانوى واللحاء الثانوى اللذين ينتجهما الكامبيوم ولذلك ففى السوق الكبيرة السن يرى الخشب الأولى محيطا بالنخاع فى المركز ويرى اللحاء الأولى بالقرب من الخارج (ج . شكل ٥٦) .

والعناصر المكونة للخشب الثانوى مشابهة لتلك التى تكون الخشب الأولى وهى : الأوعيـة والقصيبات (Tracheid) والالياف والخلايا الليفيـة والبرنشيمة الخشبية على أن الأوعية والقصيبات لاتكون لها لبية الثخانة أوحلقية مطلقا بل ذات نقر مضفوفة وثخانات شبكية .

كل هذه العناصر قد تكون موجودة أو قليل منها فقط . مثال ذلك : زيلم أو خشب شجرة "اليو" (Yew) فانه يشتمل على قصيبات فقط أما جرم الخشب فى الأشجار المخروطيـة فيشتمل على القصبات والبرنشيمة الخشبية أما خشب أغلب ذوات الفلقتين فيشتمل على هذه العناصر جميعها . وعناصر اللحاء الثانوى مشابهة لعناصر اللحاء الأولى أى الأنابيب الغربالية وخلاياها المرافقة والبرنشيمة وفى بعض الأحيان توجد ألياف من اللحاء وخلايا ليفية حية . وبعـد تأدية الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقـة وأكثر برنشيمة اللحاء وظيفتها مدة من الزمن ، وهى توصيل الغذاء ، تصبح فارغة . وفى الأجزاء الكبيرة السن تضغط هـذه العناصر وتكون كتلة غير منتظمة لا يرى فيهـا تجاويف خلوية واذا كثرت الألياف اللحائية ذات الجـدران الغليظة كما فى شجر الليمون وغيره من الأشجار يظهر اللحاء فى القطاعات العرضية على شكل أشرطة حلقية رفيعة .

وفضلا عن ذلك فان بعض خلايا حلقة الكامبيوم تتغير حتى تصبح خلايا أشعة نخاعية (ش . شكل ٥٣) والأشعة النخاعية الأولية الواقعة بين الحزم الوعائيـة المتكونة أولا فى الساق غير السميكة تمتـد بواسطة الكامبيوم البينى الحزمى عنـد ابتداء السماكة فيها ولذلك تمتد دائمـا من النخاع الى ما بعـد اللحاء وتتكون أشـعة نخاعية ثانوية جديدة بعد ذلك بواسـطة بعض خلايا من حلقة الكامبيوم فى فترات متتابعة غير منتظمة أثناء الازدياد فى السماكة وهذه الأشعة النخاعية الجديدة تمتد من الحلقات السنوية من الخشب الذى ظهر فيه أولا الى حلقات اللحاء المقابل فى الجانب الآخر من الكامبيوم ولذلك فهى أى الأشعة النخاعية ذات أطوال مختلفة والأشعة النخاعية يختلف عرضها حتى فى ساق واحدة . ففى بعض الأحوال تكون سماكتها سماكة خلية واحدة وفى القطاعات العرضية لاتكاد تراها العين . أما فى غيرها من أنواع الخشب

فان كثيرا من هذه الأشعة يكون على سماكة عدة خلايا . وفى القطاعات العرضية تلوح على شكل أشرطة نصف قطرية خفيفة اللون ظاهرة وهى فى القطاعات الطولية القطرية ، اذا أمكن رؤيتها ، تظهر كأشرطة عرضية ذات أقطار تجرى من النخاع الى الخارج ويكون للأشعة الأولية أكبر عرض رأسى (شكل ٥٤) .



(شكل ٥٤)

(ا) ساق شجرة عمرها ست سنوات وفيها فرع ب ؛ (ب) قطاع طولى فى نفس الساق يبين كل الحلقات السنوية ماعدا الحلقة الأولى المستمرة فى الفرع ؛ (د) لوحة طولية مقطوعة من أ . (ع) عقدة (قطاع عرضى من الفرع ب) .

وفى القطاعات الطولية المشطورة بالميل على نصف قطر الساق لا يرى إلا أجزاء صغيرة فقط على شكل بقع أشبه بالنخالة وخلايا الأشعة النخاعية هى

على شكل قوالب الطوب وتكون ذات جدران ثخينة منقرة ذات مشتملات خلوية حية تبقى بها مدة طويلة . وهى توصل شيئا من الحاصلات الزادية التى تصنع فى الأوراق وفى الشتاء يخزن بها النشا وغيره من المواد الزادية لاستعمالها فى الفصل التالى ويدور الهواء على كل أجزاء الزيلم والفلويم فى الخلال الخلوية الكائنة بين خلايا الأشعة النخاعية .

(ى) الخشب الصميمى (Heart-wood) والخشب العصيرى (Splint-wood) .

فى السوق القديمة من البلوط والجوز وغيرهما من الأشجار يكون خشب الحلقات السنوية الموجودة فى مركز الشجرة أثقل وأصلب وأقتم لونا وأجف من خشب الحلقات التى هى بالقرب من الكامبيوم ويسمى هذا الخشب القاتم "بالخشب الصلب" أو "الصميمى" ويسمى التالى المحيط به وهو أفتح لونا من السابق وأطرأ قواما "بالخشب الرخو" أو "الخشب العصيرى" وليس عرض الخشب العصيرى أو عدد الحلقات السنوية التى يشغلها واحدا فى كل الأشجار ولا هى سواء دائما فى نفس أفراد نوعها اذا تساوت أعمارها .

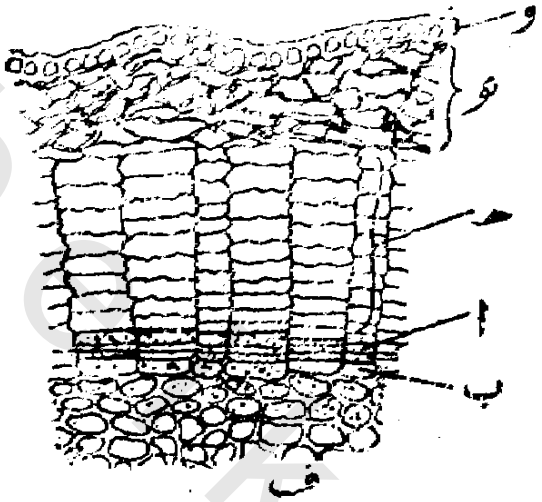
الخشب العصيرى هو الجزء الذى ينقل العصارة وكثير من خلاياه البرنشيمية لاتزال حية . فالنشا والسكر وغيرها من المركبات التى يغشاها الفطر تكون فى العادة مخزونة فيها . ولما كانت عرضة للعفن فهى لاقيمة لها فى الاتجار .

أما الخشب الصلب فهو بمثابة دعام قوى لباقى الشجرة . فأوعيته لم تعد تحمل ماء وبرنشيمة الخشب والأشعة النخاعية قد فقدت مشمولاتها الحية وتجاويف خلاياه قد سدتها أنواع شتى من المركبات الصمغية والراتينجية وقد يوجد فيها كربونات الكلس . وتسد تجاويف الأوعية أيضا نتوءات

أى بروزات أشبه بالأكياس الممتلئة تسمى "تيلوسات". (Tyloses) وتوجد مادة الدباغ (التنين) وغيرها من المواد الملونة فى غشاءات خلايا الخشب الصلب وتجاويفه فى كثير من الأشجار . وبعض هذه المواد يكون بمثابة وقايات من غشيان الحشرات والفطر واليها ترجع صلابة الخشب المذكور . هذا وأنه وان وجد تباين عظيم فى لون الخشب الصلب والخشب العصيرى الرخو فى أشجار البلوط والجوز والتفاح وأنواع شتى من الصنوبر وكثير غير هذه من الأشجار فان هذا الفارق غير ملحوظ للعين فى كثير غيرها من الأشجار ولكن يمكن تمييز الخشب الصلب فى هذه الأشجار من الخشب العصيرى الرخو بجفافه وان كان يوجد فى بعض الاحيان عدد قليل من الخلايا الحية فى الخشب الذى بهذه الصفة ممتدا فى غضون النخاع حتى فى الأشجار الطاعنة فى السن . والأشجار التى من هذا القبيل عرضة لأن تكون مجوفة أكثر من تلك التى يوجد فيها الخشب الصلب ملونا .

(هـ) البريدرم (Periderm) — فى السوق العشبية السنوية والمعمرة تنمو البشرة أو الأبيدرم والقشرة الأولية فى الوقت الذى يكون فيه الكامبيوم آخذا فى زيادة جرم الزيلم والفلويم فى الاسطوانة الوعائية بحيث يبقى غطاء مستمر فى تلك السوق بالرغم من زيادة النمو فى السمك باطنا . حتى فى بعض السوق الخشبية كسوق الميزلتو (Mistletoe) والهولى (Holly) تثابر البشرة على مجاراة الزيلم والفلويم فى نموهما من الداخل عدة سنوات على أن فى غالب السوق الخشبية تمزق البشرة والقشرة بقوة الضغط المسبب عن نمو الزيلم وتحل مكانه أنواع جديدة من الأنسجة تنشأ من انقسام المرستيم وتعرف "بالفلوجن" (Phellogen) أو الكامبيوم

الفلن (ا . شكل ٥٥) قد ينشأ هذا الكامبيوم الفلى فى البشرة نفسها أو فى القشرة وقد ينشأ فى البريسيكل من داخل الاسطوانة الوعائية . ويحصل انقسام خلاياه على نحو انقسام خلايا الكامبيوم ولكن هذه الخلايا تنشئ من داخله نسيجا قلفيا ثانويا أو "فلودرم" (Phelloderm) (ب) وعلى خارجها فلا (جـ) بدلا من انشاء أنسجة زيلم وفلويم . وعلى هذا الفلوجن وحاصلات نموه يطلق لفظ "بريديرم" .



(شكل ٥٥)

قطاع عرضى فى بشرة فرخ صغير من البلاك كارنت . ا = فلوجن ؛ حـ = فل ؛ ب = فلودرم فى حالة تكوّن ؛ ف = فلوية الساق ؛ هـ = قشرة ابتدائية ذابلة ؛ و = أبيدرم (مكبرا ٢٧ قطرا) .

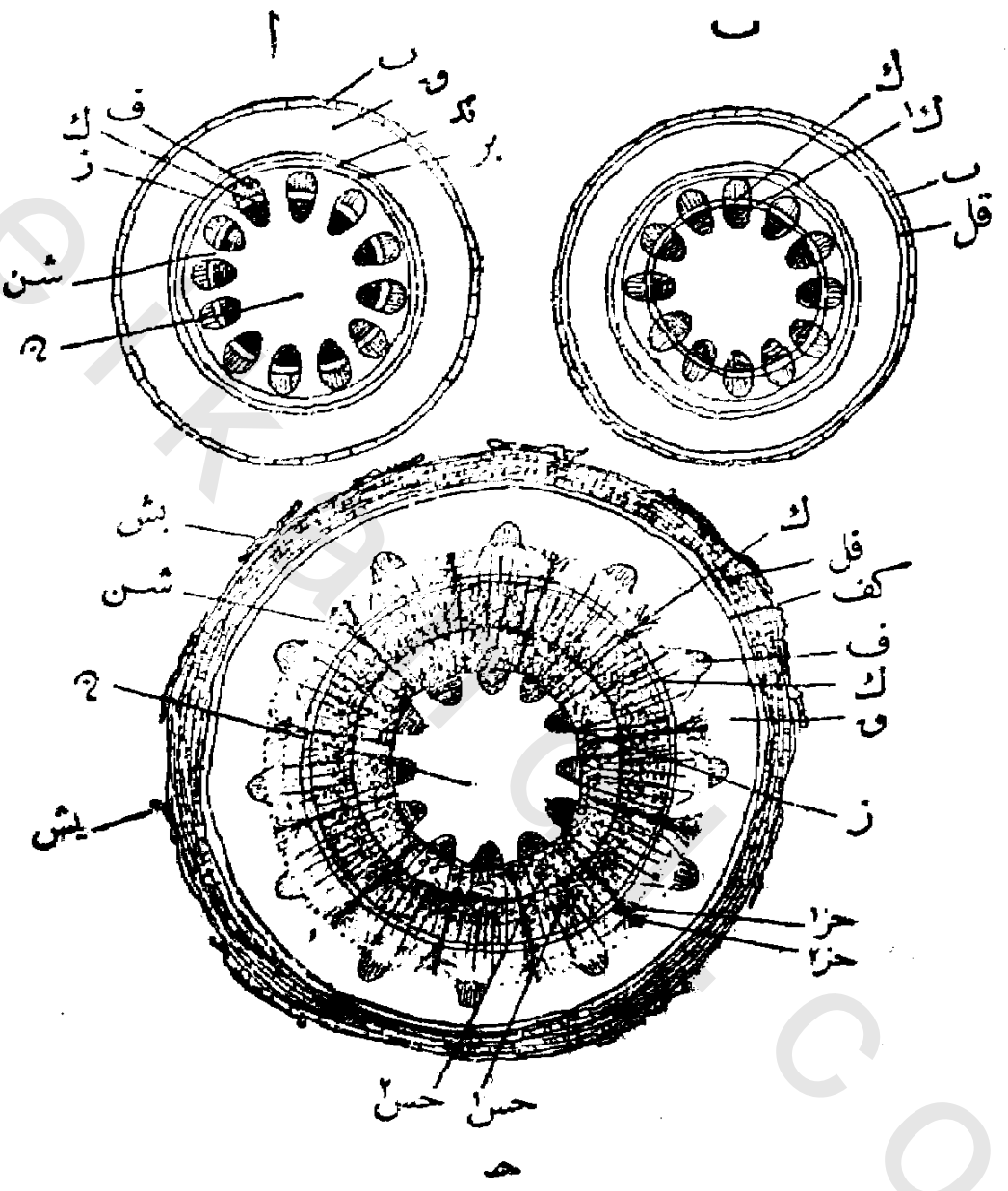
فى غالب السوق الهوائية لا يتكوّن من الفلودرم إلا قليل جدّا وقد لا يتكوّن شئ مطلقا . فاذا كان موجودا منه شئ كانت خلاياه جدران رقيقة ومحتويات بروتوبلازمية وتوجد الكلوروبلاستيدات عادة فى النسيج اذا نشأت بالقرب من سطح الساق .

ونسيج الفل المتكوّن بواسطة الفلوجن يحمى داخل الساق من الأضرار الميخانيكية ويقى الساق أن تفقد ماءها بالنتح . والفل من وجهة أخرى رديء التوصيل للحرارة فهو يحمى الفلوجن والكامبيوم حماية فعلية من الحرارة المفرطة فى الصيف ومن الصقيع فى الشتاء .

وهو يشتمل على عدد من طبقات من الخلايا مكدسة بعضها بجوار بعض على هيئة صفوف شعاعية منتظمة (حـ) وسرعان ماتموت هذه الخلايا وتصبح ملأى من الهواء ، وجدرانها رقيقة فى الغالب ذات لون ضارب الى السمرة ولا تقبل تسرّب المـاء أوالغازات من خلالها والفل الذى يستعمل سدادات للفنانى والدوارق يقتطع من النسيج الفلى السميك من شجر البلوط الفلينى لما ينشأ الفلوجن فى طبقة عميقة من الخلايا الفلّية أو فى البريسيكل تصبح كل الأنسجة الكائنة خارجا عنها مقطوعة عن المـاء والغذاء بواسطة الفل المتكون . وهـذه الأنسجة تجف تبعا لذلك وتكوّن هى والفـل ما يسـمى "بالقلف" (Bark) فى عرف النباتيين وان كان هذا اللفظ انما يطلق فى الكلام المتعارف على كل الانسجة الكائنة خارج كامبيوم الساق .

ويوجد على السطح الخارجى من بريدرم أكثر الفروع والسوق الخشبية بقع صغيرة سمراء اللون أو بيضاؤه منتشرة هنا وهناك وهذه تسمى "بعديسات" (Lenticels) وترى هـذه العديسات واضحة على درنات البطاطس وصغار الفراخ من أشجار التفاح والكمثرى . أما على الفراخ العادية فهى تنشأ فى المواقع التى تحدث فيها الثغور (Stomata) فى البشرة وتكون وظيفتها إذ ذاك ادخال الهواء فى غضون البريدرم حتى يصل الى الخلال الخلوية من الأشعة النخاعية وغير ذلك من أجزاء الساق .

(و) اندمال الجروح على السوق الخشبية — الجروح التى تصيب الأجزاء البرنشيمية الطرية من السوق العشبية ، والأوراق ، والدرنات ، والثمار تندمل بسرعة بتكوّن طبقة من الخلايا الفلية الناشئة من الخلايا التى كشفها الجرح ولم يصبها ضرر . وذلك أنه اذا انكشف الخشب البالغ من ساق أو فرع

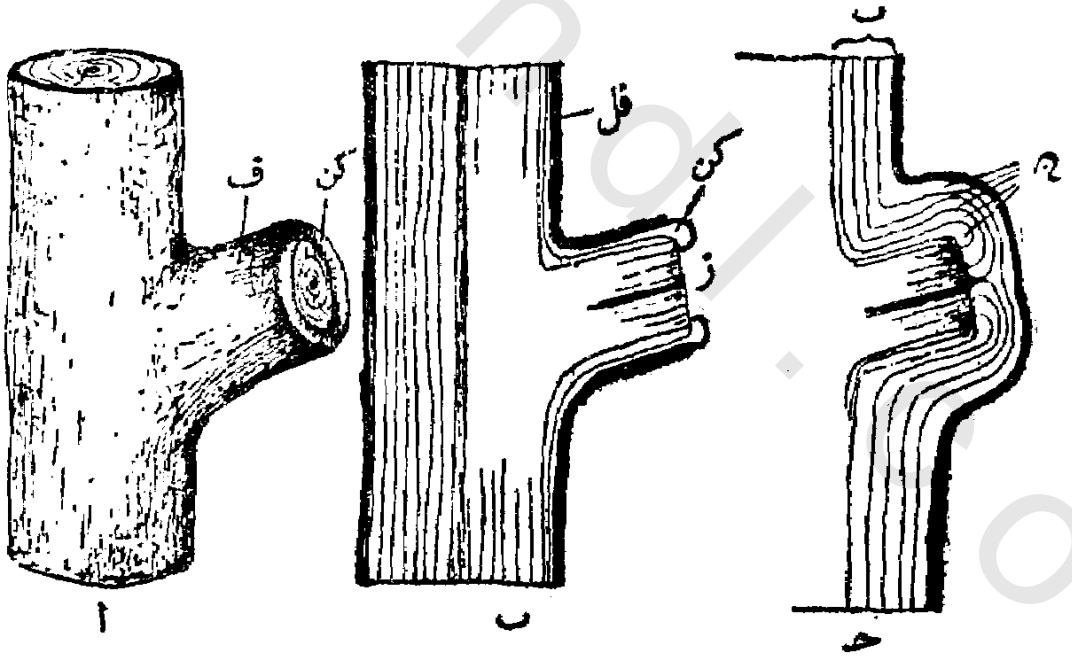


(شـــكل ٥٦)

رسم بيانى يبين النمو الثانوى فى نخانة ساق ذات فلقتين . (ا) ساق صغيرة السن قبل تكون الكامبيوم البينى الحزمى . (ب) بعد تكون الكامبيوم البينى الحزمى . (حـ) الساق نفسها وعمرها سنتان . ب (فى ا ، ب) بش (فى حـ) = بشرة ؛ ق (فى ا) = قشرة ؛ ند = بشرة داخلية ؛ بر = ضيقة محيطة ؛ ز = خشب أولى ؛ ك = كامبيوم ؛ ف = لحاء أولى من حزمة وعائية ؛ ك١ = كامبيوم بينى حزمى ؛ د = نخاع ؛ شن = أشعة نخاعية ؛ كف فلوجن أو الكامبيوم الفلى ؛ فل ، فل ؛ ق (فى حـ) ، قشرة ثانوية ؛ حس١ وحس٢ = حلقات سنوية من الخشب الثانوى ؛ حز١ وحز٢ = حلقات من اللحاء الثانوى .

(ف . شكل ٥٧) تغطى بما يمتد شيئا فشيئا من نسيج يصنعة الكامبيوم على الأخص. فان الكامبيوم الذى كشفه الجرح ، والخلايا الصغيرة من الخشب واللحاء تنشئ فى المبدأ كتلة من نسيج برنشيمى طرى يسمى "الكنب" (Callus) .

(كن) سرعان مايتكون فى الأجزاء الخارجية منه كامبيوم فلى . أما فى داخله فينشأ كامبيوم يتولد منه خشب ولحاء نهائيا ، ومن ثم تمتد الأنسجة الجديدة التى أنشأها الكامبيوم عاما فعاما الى الداخل شيئا فشيئا فوق الخشب المكشوف.
(ز) حتى تتصل الأطراف بعضها ببعض وبعد ذلك يبقى الكامبيوم

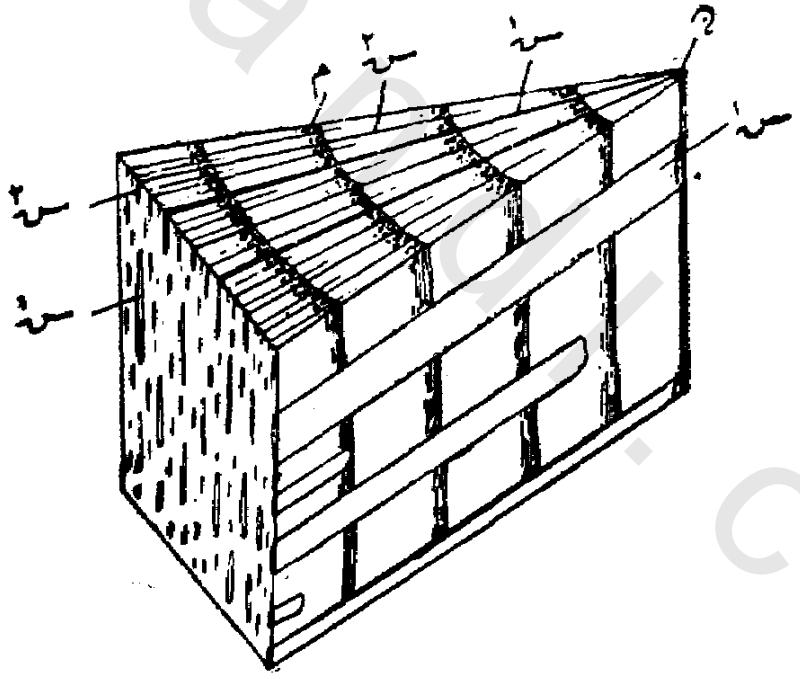


(شكل ٥٧)

(ا) ساق فيها فرع ف مقطوع ، كن = كنب (ب) قطاع طولى من ا ؛ كن = كنب كونه الكامبيوم المكشوف ؛ ز = خشب مكشوف من الفرع .

(حـ) قطاع طولى بعد أن تغطى الخشب المكشوف من الفرع تغطيا كليا بنمو خمس سنوات (د)

كطبقة ممتدة فوق السطح المجروح (ح . شكل ٧٥) واعلم أن الخشب الجديد المتكون إذ ذاك على شكل طاقيّة تغطى جميع الخشب القديم المكشوف (ز) لا يتحد بالفعل مع القديم ولذلك يمكن معرفة موضع الجروح القديمة فى الخشب فى القطاعات . ولو كانت الجروح قد نمت نموا كاملا ودفنت فى الأنسجة التى تكونت بعد ذلك أثناء النمو حتى لم يعد يرى علاقة خارجة تدل على وجودها . ويتوقف طول الوقت اللازم لتغطية جرح ما على حجمه ، وعلى مقدار قوة نمو الكامبيوم وتغذيته . والجروح التى يكون القطع فيها سويا أسرع الى الاندمال من الجروح المفرّضة ، ولذلك يحسن اذا قطعت فروع



(شـــكل ٥٨)

رسم بيانى يرى منظر قطعة من الخشب مأخوذة من شجرة عمرها خمس سنوات : مقطوعة قطعا نصف قطرى ، ومماسيا .

د = نخاع ؛ ش١ = أشعة نخاعية ابتدائية ؛ ش٢ = أشعة نخاعية ثانوية ؛ م = منطقة زيم الربيع الاسفنجى .

كبيرة بالمنشار أن تشـذب الحواف المكشوفة من الكامبيوم أو تقلم بأزميل حاد أوسكين . ويجب فى الجروح التى يكون فيها جزء كبير من خشبها القديم عاريا لايمكن أن ينمو عليه النسيج السابق الوصف فى وقت قصير ، أن يغطى هـذا الجزء من السطح المجروح بالقطران المعروف بقطران استوكهولم أو بمادة معقـمة شبيهة بذلك يدهن بها الجرح ليمنع تعفنه .

تج ٥٦ : اقطع فروع صفصاف مختلفة العـمر بين سنة واثنتين وثلاثة ونعم السطح المقطوع بسكين حاد . ولاحظ الحلقات السنوية فى كل منهـا واعمل قطاعات طولية من عساليج الصفصاف ولاحظ نظام النمو السنوى حيث تتصل قطعة بأخرى أصغر منها بسنة (قارن ذلك بشـكل ٥٣) واعمل ملاحظات كهذه عن غير الصفصاف من الأشجار الشائعة ما استطعت .

تج ٥٧ : افحص ألواحا من أنواع مختلفـة من الخشب . لاحظ نظام الحلقات السـنوية على الجوانب وعلى الأطراف . حاول أن تعين هل قطعت الألواح من قرب وسط الأشجار أم من خارجها ؟ لاحظ أيضا توزع العقد وحجمها .

تج ٥٨ : اقطع كتلا (كما فى شـكل ٥٨) من أنواع شتى من الخشب المعتاد . وافحص كلا منها بالعين المجردة ثم بعدسة الجيب . لاحظ هل توجد بهـا أوعية واسعة فى المنطقة الربيعية من الحلقة السنوية وعدد الأشعة النخاعية وسعتها وغير ذلك من المميزات الأخرى فى قطاعات عرضية وطولية ؟

تج ٥٩ : لاحظ وضوح الخشب الصميمى من القطاعات العرضـية من شجـرة الليخ وغيرها من الأشجار . واختبر ما اذا كان الخشب العصيرى أصلب أو أرخى من الخشب الصميمى .

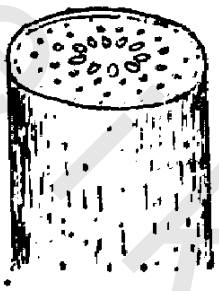
تج ٦٠ : لاحظ نمو الكـنب (Callus) عند حافة الجرح حيث قطع فـرع سميك نوعا من شجرة مشمش أو غيرها .

تج ٦١ : هيئ قطاعات عرضية من ساق نبات قطن صـبى ، وضعها فى نقطة من المـاء أو الجليسرين واعمل عن الأجزاء صورة تخطيطية كما تراها بالشيئية الضعيفة ثم استعمل بعـد ذلك الشيئية الكبرى من المكروسكوب واعمل رسومات عن قطع صغيرة من البشرة والقشرة والفل واللحاء والفلوجن والفلوريم والكامبيوم والزيلم والنخاع والأشعة النخاعية .

اقلع قطعات طولية من ساق القطن المذكورة والخص مختلف الأجزاء واعمل عنها رسوما تخطيطية .

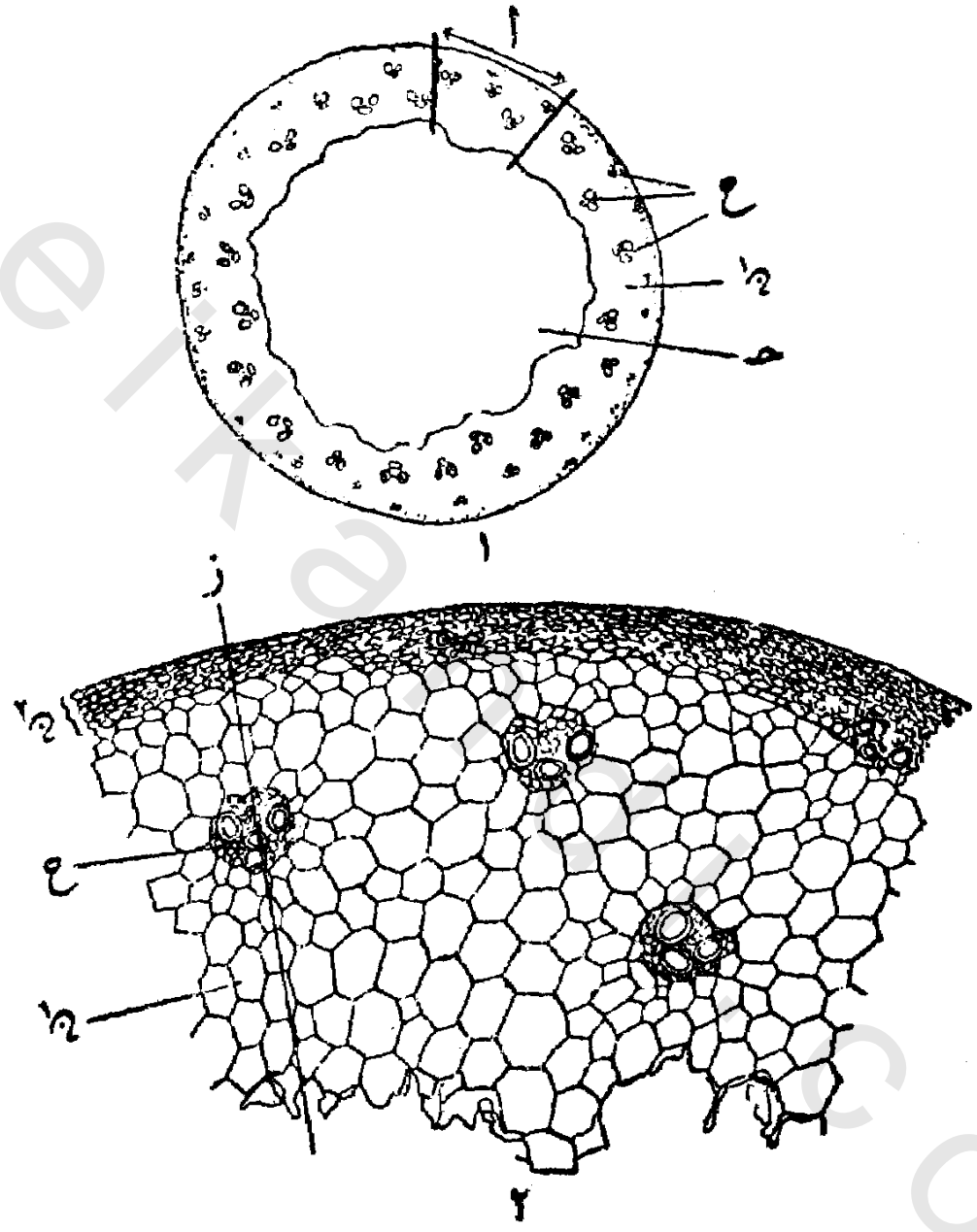
سوق ذوات الفلقة

يرى فى القطاعات العرضية من ساق ذوات الفلقة الواحدة فرق ظاهر فى نظام الحزم الوعائية عما يرى فى ذوات الفلقتين فهى بدلا من أن تكون منتظمة فى حلقة مفردة تبدو مبعثرة فى دوائر عديدة غير منتظمة فى غضون النسيج الأساسى (شكل ٥٩ و ٦٠) والعادة فى القشرة أن تكون ضيقة جدًا وغير ظاهرة وينـدر وجود نخاع متميز . وأما الحزم فهى موجودة فى الورقة والساق كما فى ذوات الفلقتين ولكنها عند دخولها من الورقة تنحنى بالتدريج الى الداخل الى قرب وسط الساق ثم تنحنى الى الخارج ثانيا ، وفى النهاية تتصل بغيرها من الحزم بالقرب من خارج الساق . وفضلا عن هذه الفروق فان القياس يرى أن الأجزاء التى هى أكبر سنا من تلك السوق أى الأجزاء التى وقفت عن الاستطالة لا تكون أسمك من الأجزاء الصغيرة بالقرب من الطرف ومعنى ذلك أن السوق فى أكثر ذوات الفلقة الواحدة لا تزداد فى السمك بمجرد انقطاع نموها فى الطول .



(شكل ٥٩)
قطاع عرضى فى ساق نبات هليون صغير (مكبرا ثلاث مرات) .

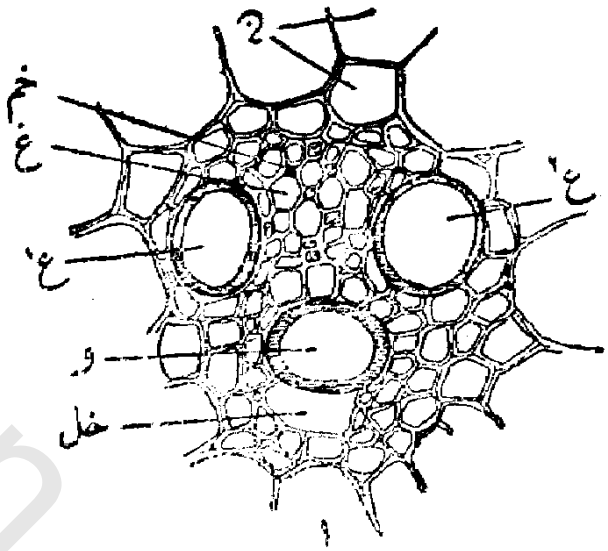
وعدم هذه القدرة على الازدياد فى السمك راجع الى أن الحزم الوعائية خالية من نسيج كامبيومى وأن ليس بها مرستيم يتكون فى النسيج الأساسى إلا فى بعض أحوال خاصة نترك البحث فيها الآن وتسمى الحزم الوعائية التى ليس فيها كامبيوم "بالحزم المقفلة" (Closed Bundles) وفى أكثر نباتات الفصيلة النجيلية تكون أوعية الخشب فى كل حزمة قليلة العدد ، وتبدو فى القطاعات



(شـــكل ٦٠)

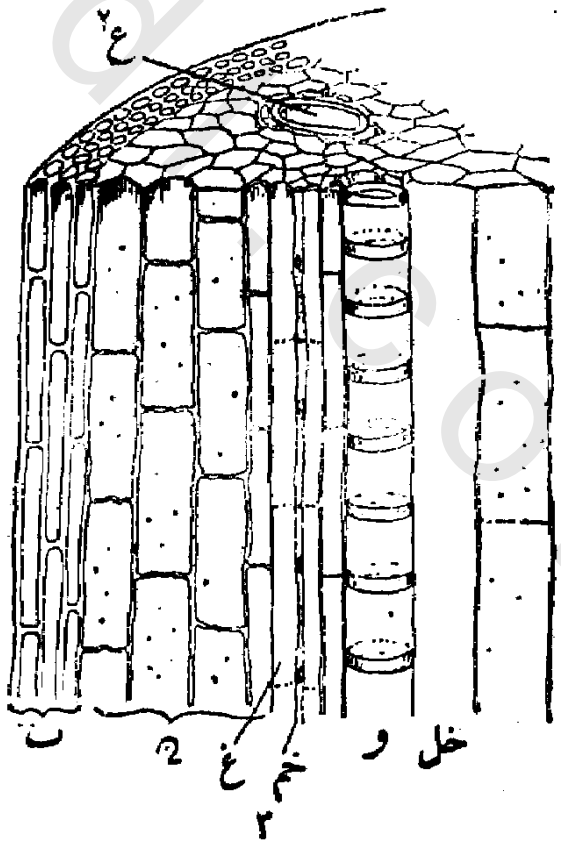
(١) قطاع عرضى فى ساق نبات شعير . ح = حزم وعائية ؛ د١ = نسيج أساسى ؛ حـ = تجويف فارغ (مكبرا أربعة عشر قطرا) . (٢) منظر القطعـة ١ مكبرة . د٢ = خلايا ثخينة الجدران من النسـيج الاساسى والبشرة ؛ د١ = خلايا رقيقة الجدران من النسيج الأساسى ؛ ح = حزمة وعائية (مكبرا ٩٠ قطرا) .

العرضية منتظمة على صورة رقم ٧ (شكل ٦٠ و ٦١) . ويكون الوعاء القريب من مركز الساق حلقيا . وأما باقى الأوعية فتكون ثخاناتها لولبية . فأما



(شـــكل ٦١

(١) قطاع عرضى من حزمة وعائيـة فى ساق شعير (مكبرا ٤٢٠ قطرا) .



(٢) قطاع طولى فى جزء نسيج أساسى ونهاية وعائية على استطالة ز فى الشكل السابق . ب = بشرة وخلايا نسيج أساسى سميك الجدران ؛ د = خلايا نسيج أساسى رقيق الجدران ؛ غ = أنبوبة غربالية ؛ خم = خلية مرافقـة من الخشاء ؛ و = وعاء حلقى ، ع١ ، ع٢ أوعيـة لولبية من الخشب ؛ خل = خلال خلوية .

القصيبات فليست غير شائعة ، وأما البرنشيمة الخشبية الرفيعة الجدر فهى موجودة دائما .

واللحاء الذى يقع بين الأطراف السائبة من الخشب الذى على صورة رقم ٧ يشتمل كلية على أنابيب غربالية وخلايا مرافقة . فأما النسيج الأساسى الذى يحيط بكل حزمة مباشرة فهو فى الجملة سميك الجدر ويكون بمثابة دعام ميكانيكى ووقاية للأجزاء الطريئة من الحزمة ويوجد مثل هذا النسيج الأساسى الغليظ الجدار تحت البشرة بمقدار أكبر من ذلك أو أقل فأما الباقى فيكون نسيجا رقيق الجدران .

تج ٦٢ : اعمل قطاعات من سوق الذرة الشامى والهليون ولاحظ بواسطة عدسة جيب منتشر نظام الحزم الوعائية (شكل ٦٠) .

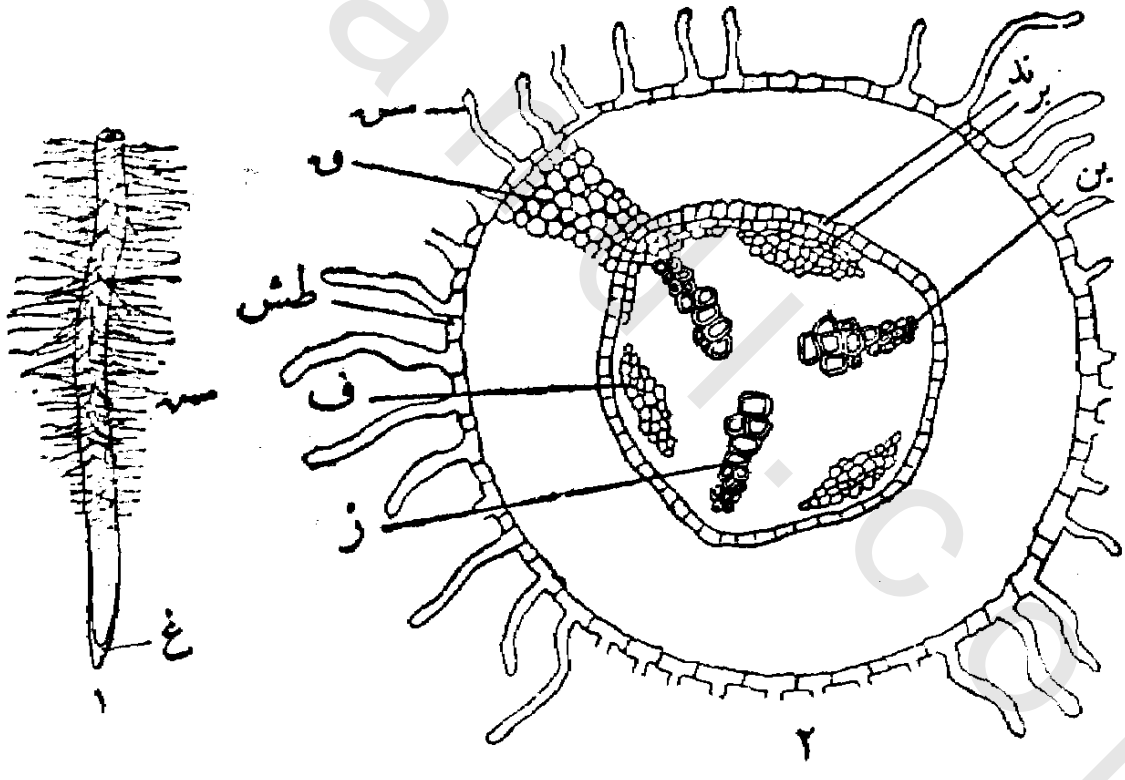
تج ٦٣ : اعمل قطاعات رقيقة عرضية من ساق القمح أو الشعير . والخصها بالشيئية الضعيفة من المجهر ولاحظ سمك الجدران الغليظة من خلايا البشرة والنسيج الأساسى المجاور . لاحظ الحزم الوعائية المنتشرة والمركز المجوف . اعمل رسما تخطيطيا عن حزمة وعائية واحدة كما ترى بالشيئية الضعيفة المجهرية ولاحظ أن لا كامبيوم بها .

خذ قطعتين أو ثلاثا من قش الشعير أو القمح طول كل منهما سنتيمتر تقريبا واكبسها حتى تكون مفرطحة وامسك بها بين أصبعيك ثم اقطع منها قطاعات طولية . يمر بعضها فى حزمة وعائية كاملة وبعضها فى جزء منها ثم افحص القطاعات أولا بالشيئية الضعيفة وثانيا بالشيئية القوية واعمل رسوما تخطيطية عن البشرة وعن النسيج الأساسى الرقيق الجدران والسميكها وعن الأوعية المستديرة أو الحلزونية من الزيلم .

الجـــذر

اخرج جزء من الجذر الصغير السن أى الجزء الذى يقابل بشرة الساق فى وضعه يشتمل على طبقة مفردة من الخلايا تسمى "الطبقة الشعرية"

(Piliferous) وعملها المهم المباشر امتصاص السوائل المائية من التربة . فى قطاع عرضى ٢ . (شكل ٦٢) مأخوذ عند نقطة ليست بعيدة عن الطرف الأقصى من الجذر يرى عديد من خلايا هذه الطبقة زائد الاستطالة ، هذه هى الشعيرات الجذرية التى سبق الكلام عنها فى الفصل الثالث . وجدران الخلايا كلها رقيقة وغير ذات أديم ، ثم هى سريعة الانفاذ للماء ، فتختلف بذلك عن خلايا البشرة التى تغطى الأجزاء الظاهرة فوق سطح الأرض .



(شكل ٦٢)

(١) جذور بازلاء صغيرة السن . ش = شعيرات جذرية من الطبقة الشعرية ؛ غ = غطاء جذرى . (قدرا الحجم الطبيعى مرتين) .

(٢) قطاع عرضى فى جذر بازلاء صغير بالقرب من ش فى ١ . ش = شعيرات جذرية ؛ ف = قشرة ؛ طش = طبقة شعرية ؛ ند = البشرة الداخلية ؛ بر = برضيقة محيطة ؛ ز = شريط خشب ؛ بن = خشب أولى ؛ ف = شريط لحاء . (مكبرا ٤٨ قطرا) .

وتحت الطبقة الشـعرية توجد القشرة (ق) وهى متصلة بنفس النسيج الأساسى الموجود فى الساق . وخلايا القشرة برنشيمية فى العادة رقيقة الجدران كثيرة الخلال الخلوية . أما الكلوروبلاستات فكثيرا ماتكون مفقودة ويعزى الى فقدانها هذا اصفرار اللون فى معظم الجذور الحديثـة وأدخل طبقة من القشرة وهى ماتسمى "البشرة الداخلية" (Endodermis) أو الأندودرم (ند) واضحة الظهور فى الجذور . خلاياها ملتحمة بعضها ببعض على شـكل دائرة منتظمة ، وهو نظام يمنع تسرب الغازات من الخلال الخلوية فى القشرة الى الأنسجة الموصـلة للمـاء فى الأسطوانة المركزية (Central Cylinder) . أما انتقال الماء من الشعور الجذرية والقشرة خلال البشرة الداخلية الى أنسجة الاسطوانة المركزية المشار اليها فلا يعترضه شئ .

والاسطوانة المركزية فى أغلب الجـذور أقصر قطرا منها فى الساق وأقل برنشيمة وان كانت الأولى ممتدة من الأخرى . أما أهم الفروق بين السوق والجذور فهى فى ترتيب الأنسجة فى الأسطوانة المركزية فالطبقة المحيطية (بر) تشتمل على طبقة واحدة من الخلايا أو عدة طبقات كما هو الحال فى الطبقة المحيطية للساق . من هذا النسيج الباطنى تنشأ كل الجذور الثانوية وهذه يتحتم عليها أن تخترق القشرة المحيطة بها حتى تبدو على الجذور من الخارج (أنظر شكل ٩) وكذلك الأجزاء الخشبية (ز) واللحائيـة (ف) من الحزم الوعائيـة فانهـا مرصوفة على التبادل جنبا الى جنب على امتداد أنصاف أقطار منفصلة مرسومة من مركز الجذر وبينهـا شئ من النسيج الأساسى على شـكل شرائط صغيرة وهذا يخالف ما فى الساق اذ الحزم الوعائية فيها مقترنة متصلة .

وزد على ذلك أن أول مايتكون من عناصر الخشب الأولى الضيق الفوهة يكون أقربها الى الخارج . أما فى الساق فانه يكون أقرب الى المركز وتوصف

الجذور تبعا لعدد شرائط الخشب المنفصلة بأنها ثنائية الشرائط أو ثلاثيتها كما فى (شكل ٦٢) أو متعددة الشرائط اذا كانت الشرائط فى الأولى اثنتين وفى الثانية ثلاثة وفى الثالثة أكثر من ذلك .

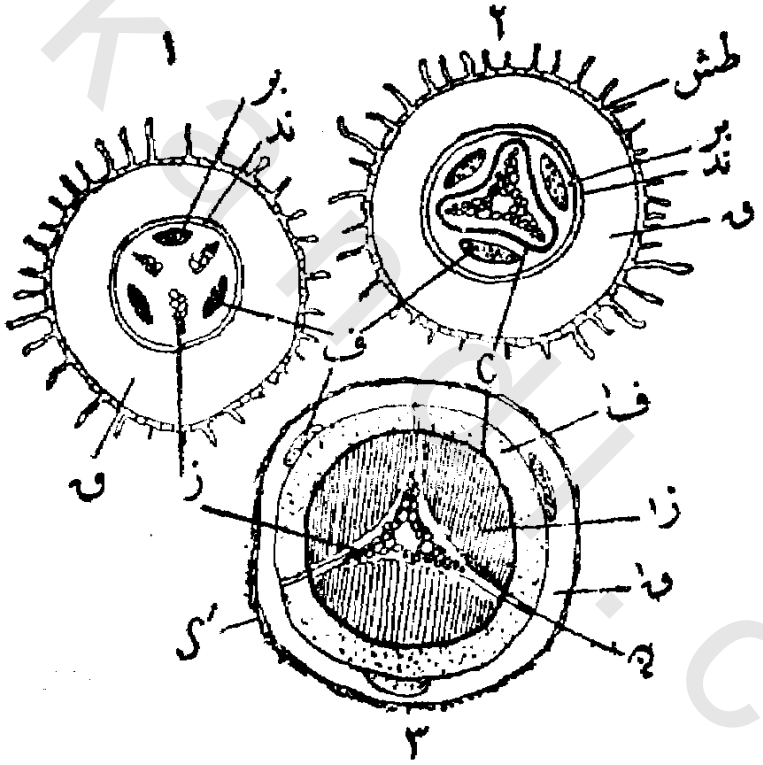
وعدد سطور الجذور الثانوية يطابق فى العادة عدد شرائط الخشب الأولى فى الجذر الأصلى ، كل سطر متكون من الطبقة المحيطية فى موازاة شريط من الخشب وتولد الخشب الأولى فى كل الجذور يسير الى الباطن ويغلب أن يستمر فى ذلك حتى تجتمع الشرائط وتتحد فتكون كتلة المركز وتشغل فراغ النخاع كله . ومع ذلك فان النخاع يوجد فى بعض الجذور ولا سيما جذور ذوات الفلقة الواحدة من النباتات .

وتزداد جذور النباتات المعمرة فى الغلظ فى نفس الوقت الذى تغلظ فيه الساق ولكن نظرا لاختلاف وضع الأنسجة الأولية لايكون أول تكون الكامبيوم فيها كما هو فى الساق . فان الكامبيوم يتكون فى الجذور من النسيج الأساسى على باطن شرائط اللحاء ثم فى الطبقة المحيطية الموازى للخشب الأولى ، وعلى ذلك ففى القطاعات يظهر الكامبيوم فى أول أدوار وجوده كشريط ممتوج من المرستيم (٢ . ك "C" . شكل ٦٣) .

واذا أخذ الكامبيوم فى النمو النشط ضاع الحد المتموج على عجل ولاح كأنه حلقة بسيطة من المرستيم تحدث الخشب الثانوى واللحاء الثانوى . بطريقة مشابهة لاحداث كامبيوم الساق العادية .

وفى الجذور التى تزداد فى الغلظ ينشأ فلوجين فى الطبقة المحيطية وهو ينتج كفلوجين السوق المزدادة فى السمك ، فلا من الخارج وفلودرم من الداخل ويترتب على تكون حلقة من الفل بواسطة الفلوجين ذبول كل الأنسجة

الخارجة بالنسبة له وتكمشها وهى البشرة الداخلية والقشرة الأولية والطبقة الشعرية ، أما الأجزاء التى هى أكبر من تلك سنا فانها بعد أن تصبح مغطاة ببريدرم واق لها تفقد قدرتها الامتصاصية ولا تعمل إلا عمل موصل للحاليل المائية التى تمتصها الأجزاء الحديثة التى لايزال عليها الشعر الجذرى . ولبيان هذا الغطاء الجذرى الخاص الذى يغطى النقط النامية من كل الجذور تقريبا انظر صفحتى ١٦٣ و ١٦٤ .



(شـــكل ٦٣)

رسم بيانى يرى النمو الثانوى فى نخانة جذر ذات فلقتين . (١) قطاع عرضى من جذر صغير السن جدا . (٢) قطاع عرضى من المذكور بعد أن كون الكامبيوم (ك) شريطا متواصلا . (٣) نفسه بعد اذا أخذ الجذر فى النخانة مدة ما . طش = طبقة شعرية ؛ ف = قشرة ابتدائية ؛ ند = بشرة داخلية ؛ بر = طبقة محيطية ؛ ف = لحاء أولى ؛ ز = خشب أولى ؛ ك (C) = كامبيوم ؛ ف١ = لحاء ثانوى ؛ ز١ = خشب ثانوى ؛ ف١ = قشرة ثانوية ؛ شن (S') = أشعة نخاعية أولية .

تج ٦٤ : انقع بعض بزور من البازلاء والشعير فى الماء مدة ست ساعات أو سبع واتركها بعد ذلك تنبت على ورقة نشاف رطبة أو خرقة مبللة كما فى التجربة الثالثة . واذا ظهرت الشعيرات الجذرية فافحصها بعدسة واعمل عنها صورا تخطيطية ملاحظا مكان أصلها على بعد من الطرف النهائى .

واقطع بملقط قطعة من الجزء الخارجى من الجذر حتى تكون الشعيرات فيها وضعها فى ماء وافحصها أولا بالشيئية الضعيفة من الميكرسكوب ثم بالقوية .

تج ٦٥ : اعمل قطاعات عرضية من جذر فولة أو بازلاء صغير السن مارا بالجزء الذى يحمل الشعيرات وضعها مدة ٢٠ دقيقة فى ماء جافيل (تجربة ٧٠) واغسلها ثم ضعها فى جليسرين ثم افحصها أولا بالشيئية الضعيفة من الميكرسكوب . ولاحظ الطبقة الشعرية التى تحمل الشعيرات الجذرية والقشرة البرنشيمية والاسطوانة الوعائية المركزية واعمل عن ذلك صورا ثم افحصها بالشيئية القوية واعمل رسومات عن شرائط الخشب واللحاء وعن الطبقة المحيطية والبشرة الداخلية .

تج ٦٦ : اعمل قطاعات عرضية فى الأجزاء الكبيرة السن من جذور البازلاء أو الفول بالقرب من حيث ابتدأت الجذور الجانبية فى الظهور . واغسلها ووضحها بماء جافيل . وضعها فى الجليسرين واعمل صورة عن قطاع منها يرى الجذور الجانبية وهى تخترق طريقها فى القشرة .

الأوراق الخوصية (Foliage leaves)

تتألف الأوراق من نفس الانسجة التى تتألف منها الساق والجذر أى من البشرة والحزم الوعائية والنسيج الأساسى ولكن نظام هذه الأنسجة وتركيبها فى الورقة مخالف لها فى الساق والجذر فالحزم الوعائية الآتية من الساق تجرى فى الورقة . وفى ذوات الفلقتين تتفرع مرارا فى مستوى واحد حتى تكون شبكة رقيقة من الخيوط . وهذه توصل العصارة الى أجزاء الورقة ومنها وفى نفس الوقت تقوم مقام صقالة يقوم عليها النسيج الأساسى . أما فى ذوات الفلقة المفردة فان الأفرع الأصلية من الحزم وهى التى تدخل الورقة فتسير موازية بعضها لبعض وتربطها خيوط مائلة أصغر من تلك والحزم الوعائية

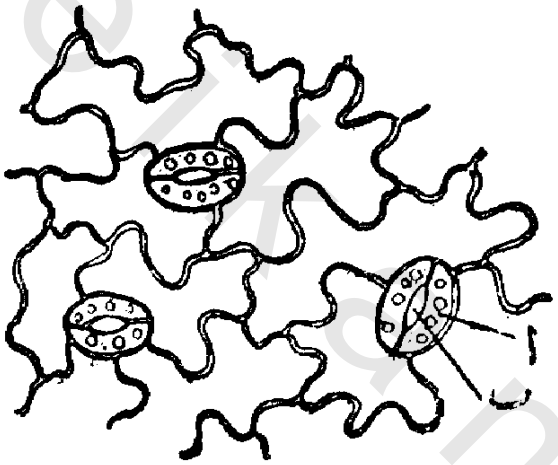
فى الورقة "محدودة" مقفلة دائمـا إذ لا حاجة الى كامبيوم متنشط فى أجزاء النبات التى هى محدودة النمو كهذه الأجزاء وبمـا أن الحزم تنحنى اذ تخرج من الساق داخلة فى الورقة بلا التواء فان الخشب يقع أقرب ما يكون من السطح الأعلى من الورقة واللحاء أقربهـا الى السـطح الأدنى واذا استثنينا فقدان الكامبيوم فان الحزم الوعائيـة الكبرى فى الورقة تشابه تلك التى فى الساق . على أن خشب الشرائط الرفيعة يشتمل على عناصر ذات ثخـانات لولبية فقط والأطراف النهائيـة من الحزم التى تنتهى مقفلة فى خلايا النسيج الأسـاسى من ذوات الفلقتين انمـا تتكون من قصيبات فقط .

أما نسيج اللحاء فيحصل اختزال فى عناصره : كلما اقتربنـا من طرف الحزمة رأينا أن الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقـة يحل محلها خلايا مفردة لا تمتد الى نطاق العناصر الخشبية من الحزمة . ويحيط بكل حزمة من الورق نسيج عمدى من البرنشيمة متصل مع برنشيمة اسـطوانة الساق الوعائية . هذه الأعماد الحزمية توصل المواد الكربوايدراتية من الورقة الى الساق وكثيرا ما تشتمل على حبوب نشوية صغيرة .

والبشرة تغطى كل الورقة وهى كبشرة الساق المتصلة بها تشتمل على طبقة مفردة من الخلايا جدرانها الظاهرة ذات أديم (Cuticle) واق .

واذا نظرت الى السطح (شكل ٦٤) وجدت الخلايا تقع متضامة بعضها الى بعض إلا حيث تكون الثغور . ويشـتمل كل ثغر على خليتين منحنيتين على شكل هلالين منتفخين تسمى كل منهما "الخلية الحارسة" (Guard-cell) وهاتان الخليتان متصلتان بأطرافهما بحيث يبقى بينهما ثقب أشـبه بالشق . ويجرى الثقب فى البشرة الى غرفة هوائية (Air-chamber) كبيرة نوعا .

كائنة فى باطن النسيج الأساسى من الورقة مباشرة . وهذه الغرفة متصله بالمسافات الخلالية المملوءة بالهواء والتى هى منتشرة فى كل ورقة وحصول التغير فى انحناء الخلايا الحارسة ينقص من حجم الثقوب الثغرية أو يزيدها ، فاذا كانت الخلايا شديدة الانحناء كان الثقب متسع الفتحة واذا كانت مستقيمة كان الشق مقفلا . والثغور آلات مهيئة خصيصة بانطلاق بخار الماء فى عملية النتح (Transpiration) وهى متعلقة أيضا بتبادل الغازات ذلك التبادل الذى يجرى بين الجو والهواء الموجود فى باطن النبات أثناء عملية التنفس (Respiration) والتمثيل .

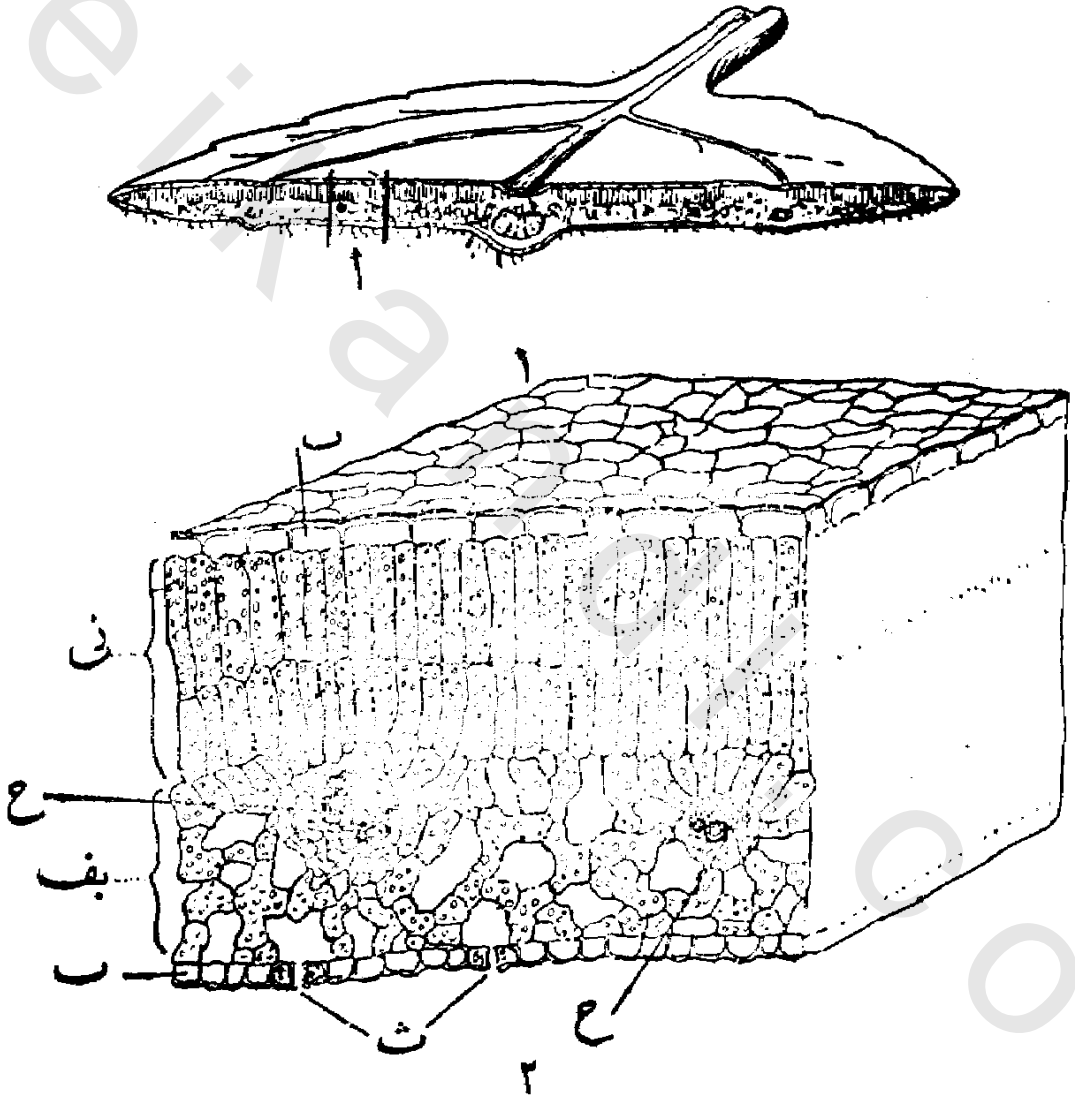


(شكل ٦٤)

منظر سطحى لبشرة ورقة الفول (ا) خليتا الثغر الحارستان ؛ (ب) الفتحة الكائنة بينهما . (مكبرا ٣٢٠ قطرا) .

ونسيج الورقة الأساسى هو امتداد من قشرة الساق ويسمى "المنطقة المتوسطة" (Mesophyll) . وهو فى الأوراق المفرطحة العادية نوعان مفترقان هما : (١) البرنشيمة العمادية (Palisade Par.) التى توجد تحت البشرة العليا من الورقة و (٢) البرنشيمة الاسفنجية (SpongyPar.) وهذه تمتد بين النوع الأول وبين البشرة السفلى . وفى (شكل ٦٥) صورة قطاع عرضى ورقة . هذا والخلايا المكونة للنسيج العمادى ، اسطوانية نوعا ، خلاياها طويلة على زاوية قائمة مع سطح الورقة وليس بينها من المسافات الخلالية

إلا قليل جدًا . أما خلايا البرنشيمة الاسفنجية فهى مفرطة فى عدم الانتظام فى الصورة وتحتوى خلالا خلوية كبيرة .



(شـــكل ٦٥)

(١) قطاع عرضى بيانى فى ورقة . (٢) منظر مكبر للقطعة أ من القطاع المذكور . ب = بشرة ؛ ث = ثغور ؛ ن = برنشيمة عمادية ؛ بف = برنشيمة أسفنجية ؛ ح = حزم وعائية . (مكبرا ١٦٠ قطرا) .

هذا وخلايا الميزوفيل تشتمل على عديد من الكلوروبلاستات وأكثر ماتكون هـذه فى الخلايا العمادية وهذا مضافا اليه فقـد الخلال الخلوية هو سبب مايرى فى السطح الأعلى من الورقة من الاخضرار الزائد عن اخضرار السطح الأسفل .

تج ٦٧ : اسلخ قطعة من البشرة السفلى من ورقة فول وضعها فى المـاء . أنظر عدم الانتظام فى دايرجدران الخلايا والطريقة التى بها يتصل بعضها ببعض . اعمل عن هذه صورا وعن الثغور وخلاياها الحارسة وافحص بهذه الطريقة أيضـا البشرة السفلى لأوراق اللفت والبرقوق والتفاح والبصل والنجيليات وغير ذلك من النباتات الشائعة . ولاحظ شكل الشعيرات الموجودة .

تج ٦٨ : اقطع خمس قطع أو ستا من نصول ورقة البرقوق بحيث يكون عرض كل قطعة ثمن بوصة تقريبا وطولها نصف بوصة . ضعها بعضها فوق بعض وامسك بها بين أصبعيك . واقطع منها قطاعات عرضية . وثبت بعضا من القطاعات الرقيقة جدا فى المـاء وافحصها أولا بالشيئية الضعيفة من المجهر ثم بالشيئية القوية وافحص الأجزاء التى تراها وهى :

(١) البشرتان العليا والسفلى ونواتهما ومادتهما الأولية (بروتوبلاسم) والعصارة الخلوية الرائقة .
(٢) النسيج العمادى من طبقات عدة .
(٣) البرنشيمية الأسفنجية التى يوجد بها كثير من المسافات الخلالية . وربمـا أمكن رؤية قطاعات ثغر أو اثنين فيها .

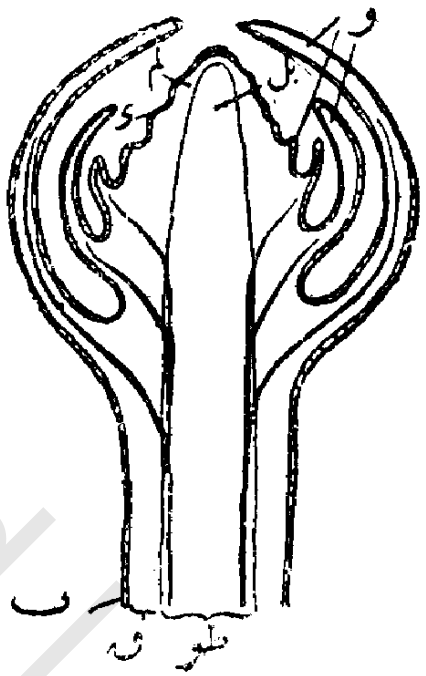
تج ٦٩ : اقطع قطاعات عرضية فى أعيار أنواع مختلفة من الورقة وأعناقها (Petiole) أنظر وارسم موضع الخشب واللحاء من الحزم الوعائية المقطوعة عرضا . ولاحظ صفاتها . وانظر أيضا غلظ جدران الخلايا المحيطة بالحزم وطبيعة محتوياتها وارسم ذلك أيضا .

تج ٧٠ : حضر قليلا من ماء جافيل بأن تذيب أولا أوقيتين من كربونات الصودا فى باينت (٥٧٠ر٠ لتر) من المـاء ثم أضف اليه أوقية من مسحوق التبييض ودع المخلوط يهدأ بعد تحريكه وصف السائل الرائق فى زجاجة محكمة السدادة وابقها بعد ذلك فى ظلام .

واجمع قليلا من الأوراق الرقيقة واقتلها بغمسها فى المـاء الغالى دقيقة واحدة . ثم ضع هذه الأوراق فى شىء من ماء جافيل بضع ساعات ثم اذا ابيضت انتزعها منه واغسلها فى المـاء مدة ساعة أو اثنتين ثم ثبتها بعـد ذلك فى جليسرين وافحصها بالشيئية الضعيفة من المجهر وانظر تشعبات الحزم وأطرافها وكذا عمد الحزم البرنشيمى . ووجه الشيئية فى النظر الى السطح ولاحظ صورة الثغور وعددها وحجمها وكذلك الشعيرات (شكلى ٦٦ و ٦٧) .

نقط النمو فى الساق والجذور

نقط النمو أو المناطق التى يحدث فيها تكوين آلات وأنسجة جديدة كائنة عند أطراف الساق والجذور .



(شـــكل ٦٦)

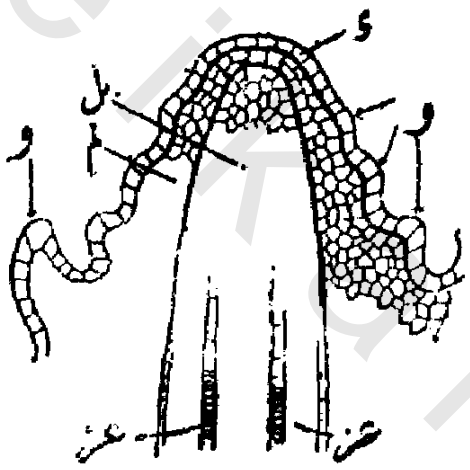
قطاع عرضى بيانى مار بقمة ساق .
ى = الدرماتوجين الذى ينشئ البشرة
ب ؛ ق = القشرة الناتجة من البريبلم لم ؛
طو = الاسطوانة الوعائية الناتجة من
البليروم بل ؛ و = ورق .

(١) **نقطة نمو الساق — قمة الساق محتواة تمام الاحتواء ومحمية بالأوراق** الصغيرة السن (شكل ٦٦) وهى تتركب من كتلة مرستيمية على شكل قبة من المرستيم منها تشتق كل الأنسجة المختلفة التى سبق شرحها فى الساق البالغة والورقة المدركة . والخلايا التى تكون المريستيم منتظمة الشكل فى الحجم والصورة تقريبا خلاياها رقيقة الجدران غنية بمادة البروتوبلاسم .

واذا قطعنا قطاعا عرضيا مناسبا ماژا بنقطة النمو رأينا غالبا **ثلاث طبقات** متميزة بعضها عن بعض (شكلى ٦٦ و ٦٧) فتغطى القمة طبقة مفردة (ى) تسمى "الدرماتوجينة" (Dermatogen) وهذه تنقسم فقط بواسطة الجدران على زاوية قائمة مع السطح وتكون بشرة النبات وتأتى بعد الدرماتوجينة البريبلمة (Periblem) (لم) التى منها تنشأ القشرة . وقد يكون سمك هذه الطبقة عند اعلى القمة سمك خلية واحدة . أما فى الأجزاء التى هى أكبر من ذلك سنا

فإن الانقسام يحدث فى عدة اتجاهات و بذلك تتكون طبقة تحدث من عدة طبقات .

وتشغل مركز نقطة النمو كتلة صلبة من المرستيم تسمى "البليروما" (Plerome) (بل) تنشأ منها الاسطوانة الوعائية . وفى هذه الاسطوانة ، على مسافة قريبة من القمة ، يبتدئ ظهور تباين الحزم الوعائية .

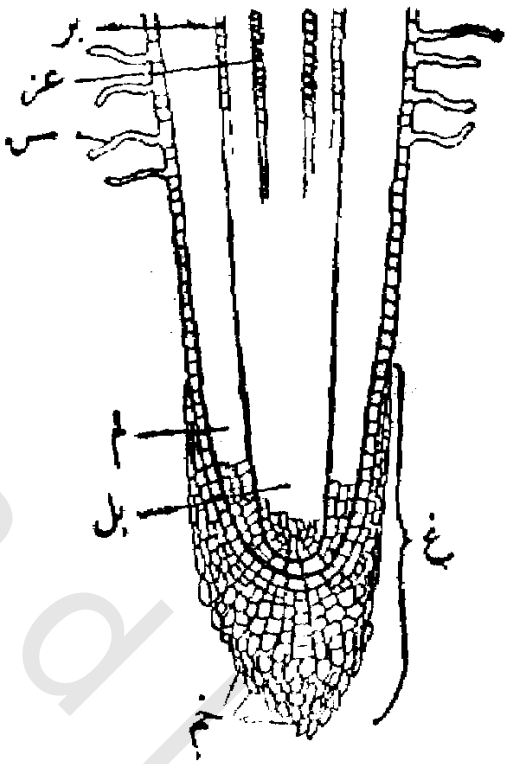


(شكل ٦٧)
منظر مكبر لقمة الساق فى الشكل السابق .
د = درماتوجين ؛ لم = بريبلم ؛ بل = بليروم ؛ عز = أوعية البروتوزيلم ؛ و = أوراق أولية .

وأول ما ترى أوراق النبات على شكل نتوءآت صغيرة (و) على سطح نقطة النمو والأنسجه المشتركة فى تكوين هذه النتوءات هى الدرماتوجينة وجزء البريبلمة . والفروع التى تخرج فى اباط الأوراق تنشأ من الدرماتوجينه والبريبلمة . أما البليروما فليست مختصة بتكوين الأوراق أو الفروع .

(١) نقطة نمو الجذر — تختلف قمة الجذر عن قمة الساق اختلافا كبيرا وذلك أن المرستيمة فى قمة الساق توجد دائما داخل برعم وتكون محمية من المؤثرات الخارجية المؤذية بالأوراق الابتدائية التى تميل محنيه على البرنشيمة على أن الجذور لا تنتج أوراقا وانما يصون الخلايا المرستيمية الغضة الموجودة فى قمة كل جذر غطاء من الخلايا يقال له " القلنسوة الجذرية " (Root-cap) .

وزد على ذلك أنه اذا بلى ظاهر القلنسوة أو مات من أثر التربة التى ينمو فيها الجذر حدثت اضافات خلوية لباطن القلنسوة حيث تتصل مع المرستيمة ويرى فى (شكل ٦٨) أغلب نظام الأنسجة شيوعا عند طرف الجذر .



(شكل ٦٨)

قطاع طولى من قمة جذر . بل = بليروم ؛ م = بريلم ؛ جم = الخلايا الخارجية المنية والآخذة فى الموت من الغطاء الجذرى غ ؛ بر = بريسيكل ؛ عز = أوعية البرتوزيلم ؛ ش = شعيرات جذرية . (مكبرا ٦٠ قطرا) .

الجزء الباطنى من المرستيمة الذى يولد الاسطوانة الوعائية هو البريلومة (بل) وحوله البريلمة (لم) التى تنشأ منها قشرة الجذر الأولية وهذه الأجزاء من المرستيمة والقمة مطابقة من جميع الاعتبارات لتلك الموجودة فى قمة الساق . أما الجزء الخارجى من المرستيمة فهو يسمى "كاليبتروجينة" (Calyptrogen) أو الطبقة المكونة للقلنسوة . وهى بدلا من أن تبقى طبقة مفردة كما هو حالها فى الساق تنقسم بجدران موازية للسطح وأخرى عمودية عليه أيضا وبذلك تتكون قلنسوة (غ) كثيرة الطبقات . وكثيرا ما تصير الطبقة الباطنة المفردة من الخلايا (المتولدة فى الكاليبتروجينة) الطبقة الشعرية التى سبق الكلام عنها . فأما بقية الخلايا التى تتكون دائما نحو الخارج فهى التى تصير القلنسوة الجذرية الأصلية .

تج ٧١ : انقع بعضا من بزور الفول والبازلاء ودعها تنبت . فاذا ظهر طرف الجذير للعين من النقير فانزع قشرة البزرة واقطع قطاعات عرضية من الجذر الصغير . ضعها مدة نصف ساعة فى ماء جافيل (أنظر تج ٧٠) ثم اغسلها فى الماء وثبتها فى جليسرين مخفف . افحص هذه أولا بالشيئية الضعيفة من المجهر ثم بالقوية . اعمل رسما يبين مجمل نظام الأجزاء المنظورة أى قلنسوة الجذر والبايروما والبربلمة .

حاول أن تحضر قطاعات من قمة جذور الذرة والبازلاء وغيرهما من البزور الكبيرة .

تج ٧٢ : اقطع قطاعات فى قمم السوق وهى داخل البراعم الطرفية من الأشجار الشائعة . عالجها وافحصها كما سبق الشرح . لاحظ وارسم الأجزاء المنظورة وارقب أول ابتداءات الأوراق .