الباب التاسع

أنواع الخلايا والانسجة النباتية

CELL AND TISSUE TYPES

الخلية النباتية هى الوحدة فى تكوين النبات. فى أبسط أنواع النباتات يتكون النبات كلية من خلية واحدة تقوم بجميع وظائف النبات كما فى الخلية البكتيرية وبعض الطحالب الوحيدة الخلية مثل كلاميدومو ناس *Chlamydomonas* (شكل ٨٧) . والبعض الآخر من النباتات البسيطة يتركب من عدد من الخلايا المتشابهة والتى تحتفظ كل خلية منها باستقلالها بمعنى أنها تقوم بجميع وظائف الحياة وذلك كما فى طحلب سبيروجيرا *Spirogyra* (شكل ٩٠) الذى يوجد خلاياه فى صف واحد وكما فى طحلب باندورينا *Pandorina* (شكل ٨٨) الذى يوجد خلاياه فى شكل مستعمرة كروية أو بيضاوية من خلايا متشابهة تقوم كل منها بأوجه النشاط الحيوى .

فى النباتات الأرقى نجد هناك تخصص فى خلايا النبات ، فطحلب فولفوكس *Volvox* (شكل ٨٩) عبارة عن مستعمرة كروية من الخلايا معظم خلاياه خضرية جسدية somatic cells تقوم بوظائف الحياة العامة عدا التكاثر حيث توجد خلايا أخرى مختصة بالتكاثر ، فتوجد خلايا تتكاثر لاتزاوجيا تسمى خلايا جونيدية gonidia وخلايا تكاثر ذكرية antheridia وخلايا تكاثر أنثوية oogonia .

فى النباتات الراقية يزداد الوضوح فى التخصص وتظهر الخلايا المتخصصة فى

صورة بجاميع من الخلايا ، ويطلق على كل مجموعة من الخلايا تؤدى وظيفة واحدة النسيج tissue . والعضو النباتى يتكون من أنسجة مختلفة وتظهر أهمية التخصص فى النباتات الراقية فى أن النسيج الواحد لا يعيش مستقلا بل يعتمد فى حياته على الأنسجة الأخرى . والنسيج قد يكون نسيجا بسيطا simple tissue إذا تكون من نوع واحد من الخلايا ويقوم بوظيفة واحدة كالنسيج البرنشيمى الذى يتكون من خلايا برنشيمية وقد يكون النسيج مركبا complex tissue إذا تكون من أكثر من نوع من الخلايا كنسيج الخشب xylem الذى يتركب من قصبات وقصيبات وألياف وخلايا برنشيمية .

أولا : الخلايا والأنسجة المرستيمية : Eristems

الخلايا المرستيمية هى خلايا حديثة لها القدرة على الانقسام ، وتوجد فى القمم النامية مكونة النسيج المرستيمى الطرفى apical meristem وتكوّن الكامبيوم فى الحزم الوعائية الذى يسمى أيضا بالنسيج المرستيمى الوعائى vascular meristem وتكوّن النسيج المرستيمى الفلينى phellogen الذى يوجد فى البريديوم periderm . والأنسجة المرستيمية قد تنشأ من استمرار النشاط المرستيمى لأنسجة الجنين وتسمى أنسجة مرستيمية ابتدائية primary meristems أو قد تنشأ من خلايا بالغة استعادت نشاطها الانقسامى مثل النسيج المرستيمى الفلينى وتسمى مثل هذه الأنسجة بالأنسجة المرستيمية الثانوية secondary meristems :—

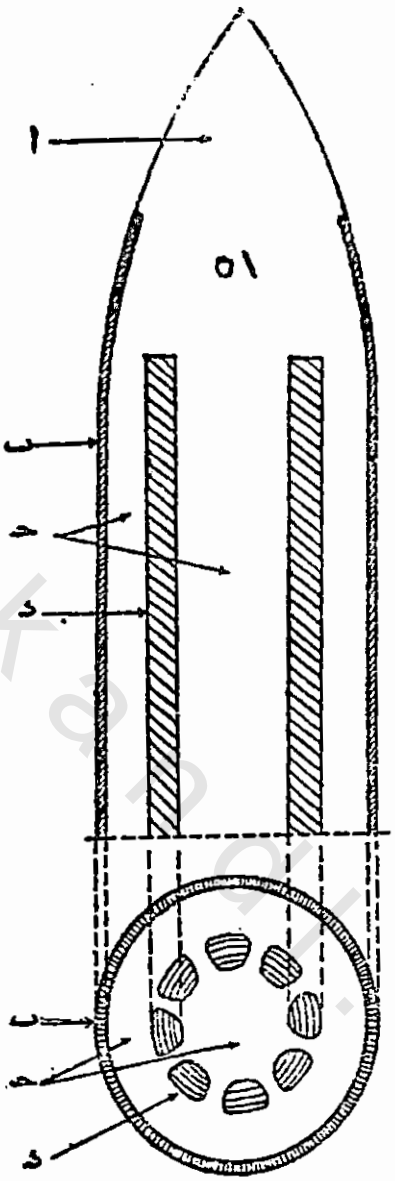
١ — النسيج المرستيمى القمى :

هو نسيج مرستيمى ابتدائى ينشأ عن استمرار انقسام خلايا الجنين ويوجد فى قمم الساق والجذور والأزهار ومبادىء الأوراق

leaf primordia وفى منطقة القمة النامية ، التى تلى القلنسوة فى الجذور . فى بعض الأحيان لا يكون النسيج المرستيمى القمى نسيج ابتدائى بل نسيج ثانوى وذلك عند ما ينشأ من تحول خلايا بالغة إلى خلايا مرستيميه كما فى المرستيم القمى للجذور العرضية . خلايا المرستيم القمى عديد الأضلع polyhedral متساويته تقريبا . جدرها رقيقة وتحتوى على نواة بيضاوية كبيرة نسبيا كما تحتوى على فجوات مختلفة الحجم وقد تحتوى على ميتوكوندريات وبلاستيدات ومواد مخزنة . النسيج المرستيمى القمى لا تتميز خلاياه فى المبدأ ويسمى بالنسيج الإنشائى الأولى promeristem ، وبعيدا عن القمة قليلا يتميز المرستيم القمى إلى ثلاثة أنسجة (شكل ٥١) وهى نسيج منشىء البشرة protoderm وهو يمثل الطبقة الخارجية للقمة النامية وتعطى بانقسامها فى مستويات عمودية على سطح النبات خلايا البشرة epidermis ونسيج منشىء النسيج الأساسى ground meristem وهو يمثل معظم الخلايا المرستيمية بالنسيج القمى ويعطى بانقسام خلاياه القشرة cortex والنخاع pith والأشعة النخاعية pith rays والنسيج الثالث هو منشىء الكامبيوم procambium ويوجد فى القطاع العرضى بشكل كتل منعزلة من الخلايا فى حلقة وأحيانا تكون حلقة متصلة procambium cylinder ، خلايا منشىء الكامبيوم تكون فيما بعد أنسجة الحزم الوعائية الإبتدائية . هذا ويتميز فى النسيج المرستيمى القمى للجذور فى جهة القلنسوة نسيج منشىء القلنسوة calyptrogen الذى تنشأ عنه القلنسوة .

ب — النسيج المرستيمى الوعائى :

ويسمى بالكامبيوم cambium وينشأ عن استمرار انقسام بعض خلايا منشىء الكامبيوم ، أو قد ينشأ عن تجدد نشاط بعض الخلايا البرنشيمية ويعطى



(شكل ٥١)

شكل تخطيطى للنسيج المرستيمى القمى

ا - النسيج الإنشائى الأولى .

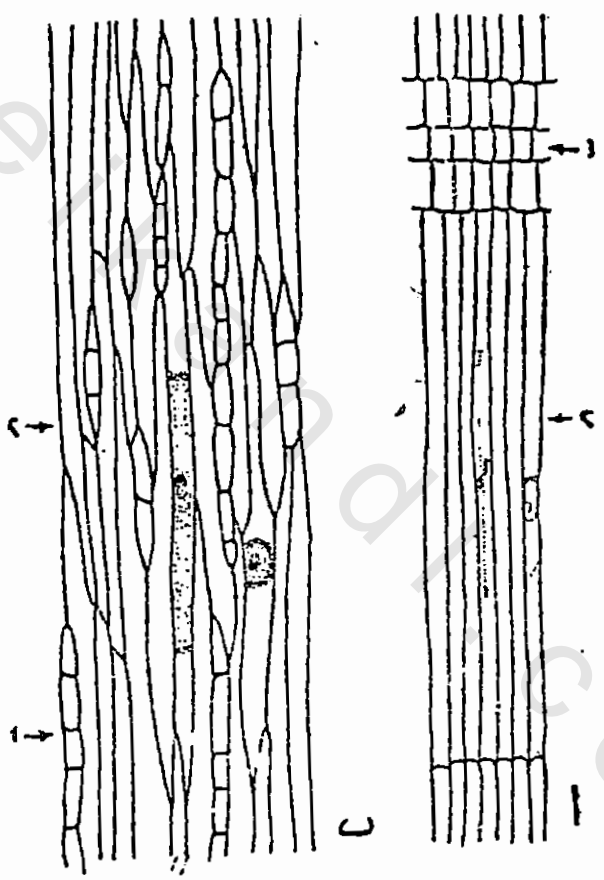
ب — نسيج منشىء البشرة .

حـ - نسيج منشىء النسيج الأساسى .

د — نسيج منشىء الكامبيوم .

obeikandl.com

بانقسامه اللحاء الثانوى والخشب الثانوى . يوجد نوعين لخلايا الكامبيوم (شكل ٥٢) وهما الخلايا المغزلية fusiform initials وهى طويلة مدببة تعطى خلايا الخشب واللحاء . والنوع الثانى هو الخلايا الشعاعية ray initials



(شكل ٥٢) : أشكال خلايا الكمبيوم

ا - قطاع طولى قطرى لنسيج مرستيمى وعائى

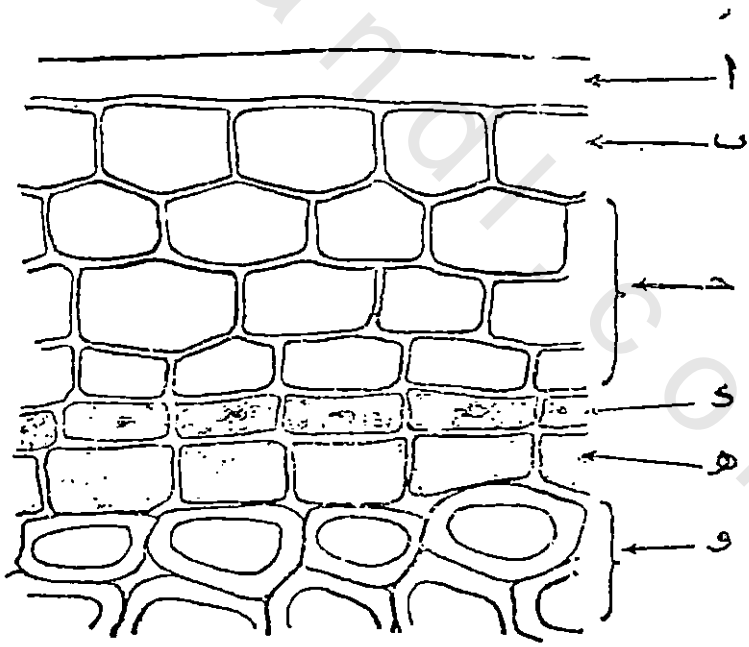
ب - قطاع طولى وترى للنسيج المرستيمى الوعائى

(١ - خلايا شعاعية ٢ - خلايا مغزلية)

وهى خلايا صغيرة متساوية الأقطار تقريباً تعطى خلايا الأشعة التى قد تفصل بين مجاميع الخشب أو اللحاء . خلايا المرستيم الوعائى تحتوى على نسبة عالية من الفجوات العصارية وقد تحتوى على مواد مخزنة .

حـ — النسيج المرستيمى الفللينى :

ينشأ عن تجدد نشاط بعض خلايا البشرة أو الطبقات الخارجية من القشرة وأحيانا ينشأ من اللحاء أو البريسيكل ، وتظهر فى القطاع العرضى بشكل خلايا مستطيلة وأحيانا تكون غير منتظمة الشكل تحتوى على فجوات عصارية بنسبة عالية وقد تحتوى على بلاستيدات ومواد تانينية . بانقسام خلايا المرستيم



(شكل ٥٢) : انقسام المرستيم الفللينى

ا ـ الكيوتين ب ـ البشرة حـ ـ خلايا فللينية

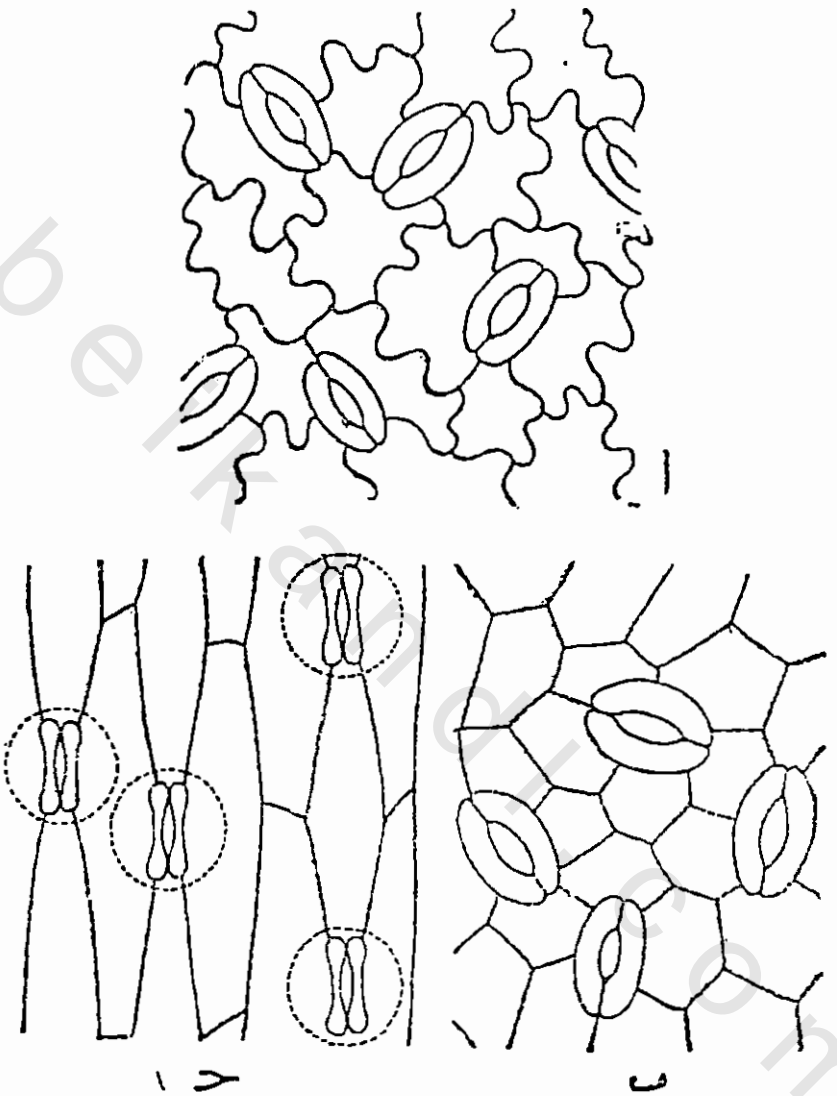
ى ـ كمبيوم فللينى هـ ـ قشرة فللينية و ـ قشرة ابتدائية

الفلليني (شكل ٥٣) تعطى للخارج خلايا فللين phellem وللداخل خلايا قشرة فللينية phelloderm .

ثانياً : خلايا ونسيج البشرة : Epidermis

خلايا البشرة هى خلايا حية بالغة تنشأ من تحول خلايا منشىء البشرة إلى خلايا بالغة . وتظهر هذه الخلايا فى القطاع العرضى بشكل صف واحد من خلايا ليس بينها مسافات بينية عادة ، مستطيلة الشكل . جدارها الخارجى أغلظ من باقى الجدر ويغطى بطبقة السيوتيكل cuticle . يختلف شكل خلايا البشرة فى المنظر السطحى (شكل ٥٤) فقد تكون ذات جدر متعرجة كما فى بشرة ورقة الفلفل أو متطاولة كما فى بشرة ورقة السوسن أوقد تكون فى شكل مضلع متساوى الأقطار تقريبا كما فى بشرة ورقة العنب والاكسالس *Oxalis* . خلايا البشرة الناضجة عديمة اللون عادة، وتحتوى على نسبة ضئيلة من المادة الحية تبطن جدار الخلية، أما باقى فراغ الخلية فهو عبارة عن فجوة بها المادة العصارية وهى خالية من الكلوروفيل ما عدا الخلايا المحيطة بالثغور stomata والتى تسمى بالخلايا الحارسة guard cells أو فى خلايا البشرة النامية فى الظل أوفى الماء . قد يكون بالبشرة أكثر من نوع من الخلايا خلاف الخلايا الحارسة فنى بشرة بعض النباتات النجيلية Gramineae يوجد بخلاف الخلايا الطويلة العادية نوعين آخرين من الخلايا القصيرة وهى خلايا السليكا silica cells وخلايا الفللين cork cells والنوع الأول يوجد بداخله أكسيد السليكون والثانى جدره مسوبرة ويحتوى على مواد عضوية صلبة .

بعض أنواع النباتات تتكون بشرتها من أكثر من صف واحد من الخلايا يقال لها بشرة متضاعفة multiple epidermis وتنتج من انقسام خلايا منشىء



(شكل ٥٤) : أنواع من خلايا البشرة فى المنظر السطحى

ا ــ خلايا بشرة ورق الفلفل

ب ــ خلايا بشرة ورق العنب

حـ ــ خلايا بشرة ورق السوسن

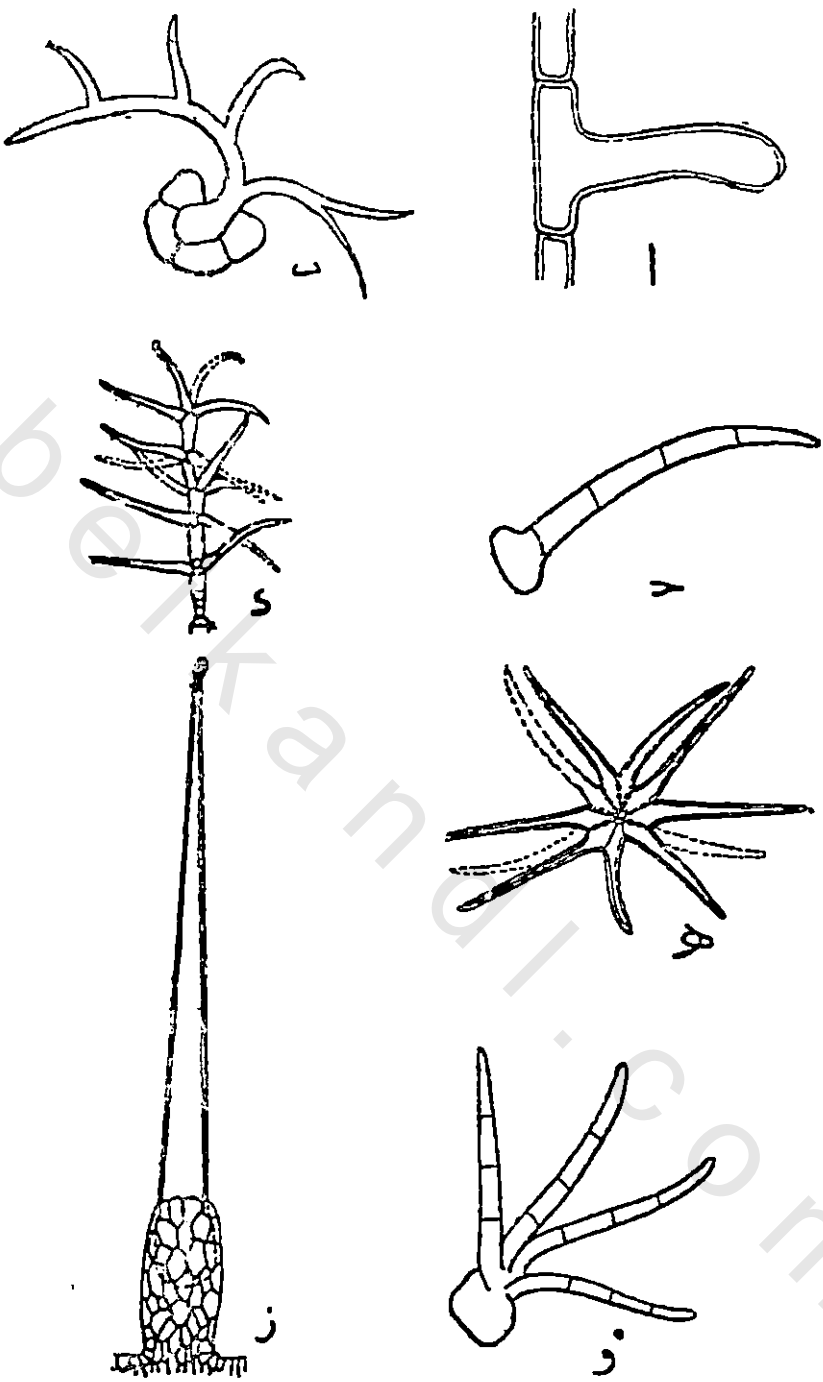
البشرة فى اتجاهين عمودى على سطح النبات وموازٍ له . وتشاهد البشرة المتضاعفة فى أوراق نبات التين المطاط *Ficus elastica* . والدفلة *Nerium oleander* ، بعض خلايا البشرة قد تمتد وتنمو وينشأ عنها زوائد تختلف فى الشكل والحجم تسمى زوائد البشرة trichomes . تنشأ زوائد البشرة كبروز لخلايا البشرة تستطيل وقد تنقسم مكونة عدة خلايا . جدر زوائد البشرة سليلوزية ومغطاة بالكيوتيكل وقد تكون ملجننة وقد تكون مشبعة بمادة السليكا أو كربونات الكالسيوم . زوائد البشرة ما عدا الزوائد الغدية تكون مفرغة لدرجة كبيرة . وأهم أنواع زوائد البشرة ما يأتى : —

١ — الشعور : Hairs

الشعور تتكون عادة من قاعدة وجسم ، والقاعدة تقع بين خلايا البشرة . والجسم يتكون خارجياً . وتنقسم الشعور إلى : —

١ — شعور وحيدة الخلية : وهذه قد تكون غير متفرعة كما فى الشعيرات الجذرية root-hairs وكما فى شعر القطن الذى هو امتداد من خلايا بشرة بذرة القطن ، وشعر القطن له جدر سليلوزية مغلظة ومغطى بطبقة رقيقة من الكيوتين . وهذه الشعور عند تمام نضجها تكون ميتة وملتفة ومليئة بالهواء . أوقد تكون متفرعة كما فى نبات المنثور Matthiola (شكل ٥٥) .

٢ — شعور عديدة الخلايا : وقد تكون خلاياها فى صف واحد كما فى نبات البلارجونيوم *Pelargonium* أو قد تكون متفرعة والتفريع يأخذ أشكالا مختلفة فقد يكون شجرى كما فى نبات البلاتانس *Platanus* وقد يكون نجمى كما فى نبات سيدا *Sida* وقد يكون راحى كما فى نبات أبوتيلون *Abutilon* (شكل ٥٥) .



(شكل ٥٥) : أنواع الشعور

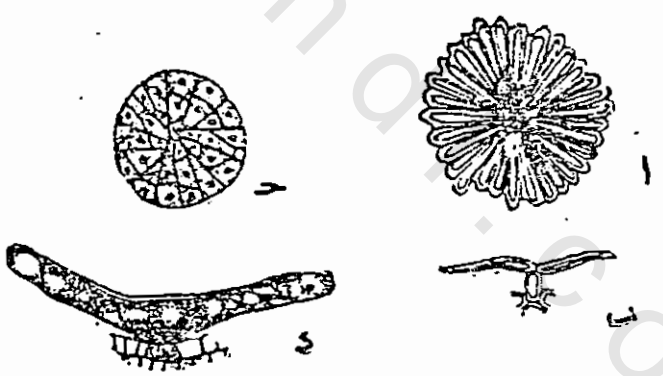
ا ـ شعيرة جذرية
ب ـ شعرة من نبات المتنور
ح ـ شعرة من نبات البلارجونيوم
د ـ شعرة من نبات بلاتانس .
هـ ـ شعرة من نبات سيدا
و ـ شعرة من نبات أبو تيلون
ز ـ شعرة غدية من نبات الحريق .

obeikandl.com

ب — الحراشيف : Scales

وتسمى أيضا شعور درعية peltate hairs وهى تتكون من صفيحة قرصية تتركب من عدد من الخلايا وتحمل على ساق قصيرة كما فى الزيتون *Olea* أو تكون جالسة كما فى نبات هيوميولس *Humulus* (شكل ٥٦) .

الشعور والحراشيف قد تكون غدية glandular ويظهر الجزء الغدى غالبا فى صورة رأس منتفخة محمولة على حامل كما فى نبات الدخان *Nicotiana* وأحيانا تكون النهايات مدببة كما فى الشعور اللاذعة stinging hairs لنبات الحريق *Urtica* حيث تتكون من أنبوبة شعرية تنتهى من القاعدة بمثانة غدية وتغطى من أعلى بقمة كروية تكسر بسهولة عند اللمس تاركة النهاية المدببة .



(شكل ٥٦) : الحراشيف

ا — منظر سطحى لحرشفة نبات الزيتون

ب — قطاع رأسى بها

حـ — منظر سطحى لحرشفة نبات هيوميولس

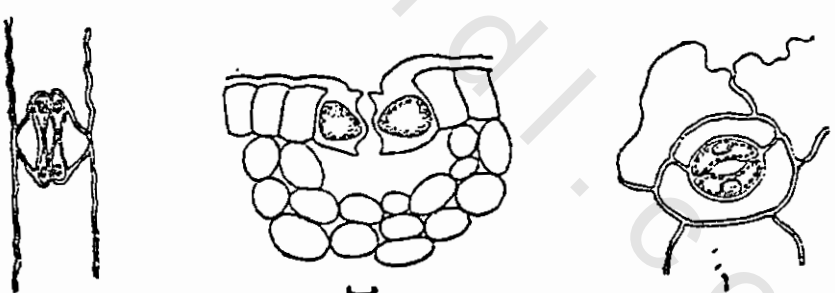
ى — قطاع رأسى بها

حـ — المثانات : Bladders

وهى خلايا بشرية امتدت وكبرت فى الحجم وتخصصت لتخزين الماء كما فى نبات الحى علم *Mesembryanthemum* .

الثغـــور : Stomata

الثغور هى فتحات فى البشرة تحاط كل منها بخليتين متخصصتين تسميان بالخليتين الحارستين guard cells ، وكثيراً ما يطلق اسم الثغر stoma على الفتحة والخليتين الحارستين المحيطتين بها . فى كثير من الأحيان توجد خليتان أو أكثر تحيطان بالخليتين الحارستين وتختلفان فى الشكل عن باقى خلايا البشرة وتسميان بالخلايا الإضافية subsidiary cells (شكل ٥٧) .



(شكل ٥٧) : الثغـــور

ا ـ منظر سطحى لخليتين حارستين تحيط بهما خليتين مساعدتين فى نباتات ذات الفلقتين .

ب ـ قطاع رأسى فى ثغر مبينا الغرفة الهوائية تحت الخليتين الحارستين .

حـ ـ منظر سطحى لخليتين حارستين فى النباتات النجيلية مبينا الخلايا الحارسة الدمبلية الشكل والخلايا المساعدة .

وتعتبر الثغور نهاية شبكة المسافات البينية فى النبات وتنشأ عادة فى جميع أجزاء النبات الهوائية بما فى ذلك الأجزاء الزهرية . وتكثر الثغور فى بشرة الأوراق وخاصة السطوح السفلى . وتكون الثغور فى أوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة والأوراق الابرية للنباتات المخروطية مرتبة فى صفوف متوازية ، أما فى النباتات ذات الفلقتين فتكون الثغور مبعثرة (شكل ٥٤) .

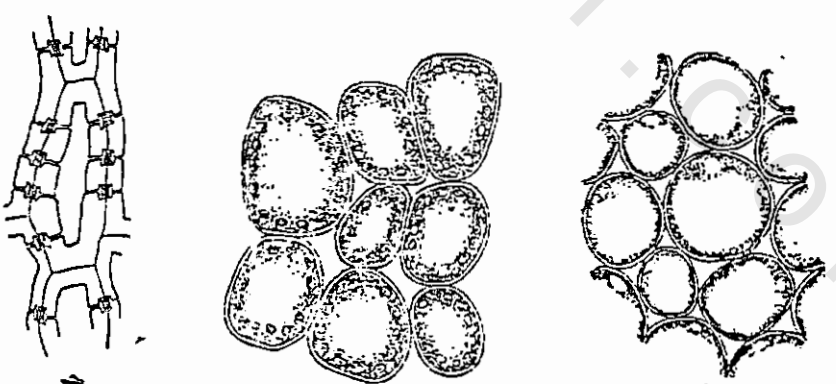
الخلايا الحارسة عادة كلوية الشكل جدرها مغلظة تغليظا غير متساوى فالجدر المتجهة ناحية فتحة الثغر تكون أكثر تغليظا من باقى الجدر ، وكثيراً ما يسبب التغليظ بروز فى السطحين العلوى والسفلى أو العلوى فقط للخلايا فى إتجاه فتحة الثغر . وقد تكون الخلايا الحارسة دمبلية الشكل dumbbell shaped (شكل ٥٧) أى تظهر فى المظهر السطحى بشكل مستطيل ينتهى بانتفاخين كما فى نباتية النباتات النجيلية ، وفى هذا النوع يكون الجزء الوسطى غليظ الجدر أما الانتفاخان فجدرهما رقيقة . تختلف الخلايا الحارسة عن باقى خلايا البشرة فى احتوائها على بلاستيدات خضراء وفى أن بروتوبلازمها عادة أكثف من بروتوبلازم خلايا البشرة الأخرى .

الثغور لها القدرة على التحكم فى فتحاتها فعندما تكون الخلايا الحارسة منتفخة turgid تكون الفتحات الثغرية فى أوسع مجالاتها أما عندما تكون الخلايا الحارسة مترهلة Flaccid فتكون الفتحات مغلقة . ويرجع انتفاخ وترهل الخلايا الحارسة إلى التغيرات فى الضغوط الأسموزية وذلك يعود إلى تكوين المواد الكربوايدراتية فى الخلايا الحارسة وتحولاتها وانتقالاتها . ففى وجود الضوء تحدث عملية التمثيل الضوئى فى الخلايا الحارسة فيزداد المحتوى السكرى بالخلايا ، أى يزداد تركيز العصارة فى الخلايا الحارسة وبالتالى يزداد الضغط الأسموزى فينتقل الماء من الخلايا المجاورة الى الخلايا الحارسة فتنتفخ وتتكور الخلايا ناحية

الأجزاء الرقيقة أى البعيدة عن فتحة الثغر فينفتح الثغر . أثناء الليل عادة تتحول السكريات الذائبة بالخلايا الحارسة إلى نشا فيقل الضغط الأسموزى فينتقل الماء من الخلايا الحارسة إلى الخلايا المجاورة فترهل وتقفل الثغور ، وعموما فهناك عدة عوامل أخرى تتحكم فى فتح وقفل الثغور منها الحرارة والرطوبة النسبية للجو .

ثالثا : الخلايا والأنسجة البرنشيمية : Parenchyma

الخلايا البرنشيمية خلاياحية بالغة لها القدرة على التحول إلى خلايا مرستيمية تختلف فى الشكل فقد تكون كروية أو مكعبة أو مضلعة تظهر فى القطاع العرضى بشكل مضلع متساوى الأقطار تقريبا وفى القطاع الطولى بشكل يميل إلى الاستطالة (شكل ٥٨) وقد تكون الخلايا البرنشيمية مستطيلة وذات أطراف مدببة فتسمى فى هذه الحالة بالخلايا البروزنشيمية Prosenchyma.



(شكل ٥٨) : بعض أنواع من الخلايا البارنشيمية

ا ـ خلايا برنشيمية عادية ب ـ خلايا كلورنشيمية

حـ ـ خلايا برنشيمية مغلظة الجدر من إندوسبرم بذرة البلح

جدر الخلايا البرانشيمية عادة رقيقة سليلوزية ولكنها قد تتغلظ بدرجة واضحة كما فى أندوسبرم بذرة البلح وفى بعض الأحوال تتلجنن الخلايا البرنشيمية كما فى برنشيمة الخشب الثانوى . جدر هذه الخلايا ذات نقر بسيطة وتحتوى على فجوات عصارية كثيرة تقوم بتخزين المواد الغذائية بها وقد تحتوى على بلاستيدات خضراء كما فى النسيج الأساسى للورقة وفى هذه الحالة قد يطلق على الخلايا اسم الخلايا الكلورانشيمية chlorenchyma .

النسيج البرنشيمى عادة يكثر بين خلاياه المسافات البنية intercellular spaces ولكن قد تقل أو تنعدم المسافات البينية كما فى حالة اندوسبرم الشيلم *Secale* .

وتوجد الخلايا البرنشيمية فى مناطق كثيرة من النبات فهى تمثل الجزء الأساسى من القشرة وكذلك النخاع والأشعة النخاعية وهى تكون النسيج الأساسى للورقة mesophyll . وتنشأ الخلايا البرنشيمية من أنسجة مرستيمية مختلفة ، فالقشرة والنخاع والأشعة النخاعية والنسيج الأساسى للأوراق تنشأ من منشىء الكامبيوم ، والخلايا البرنشيمية المختلطة بالأنسجة الوعائية الثانوية تنشأ عن انقسام الكامبيوم والبرنشيمة الفلينية تنشأ من الكامبيوم الفلينى .

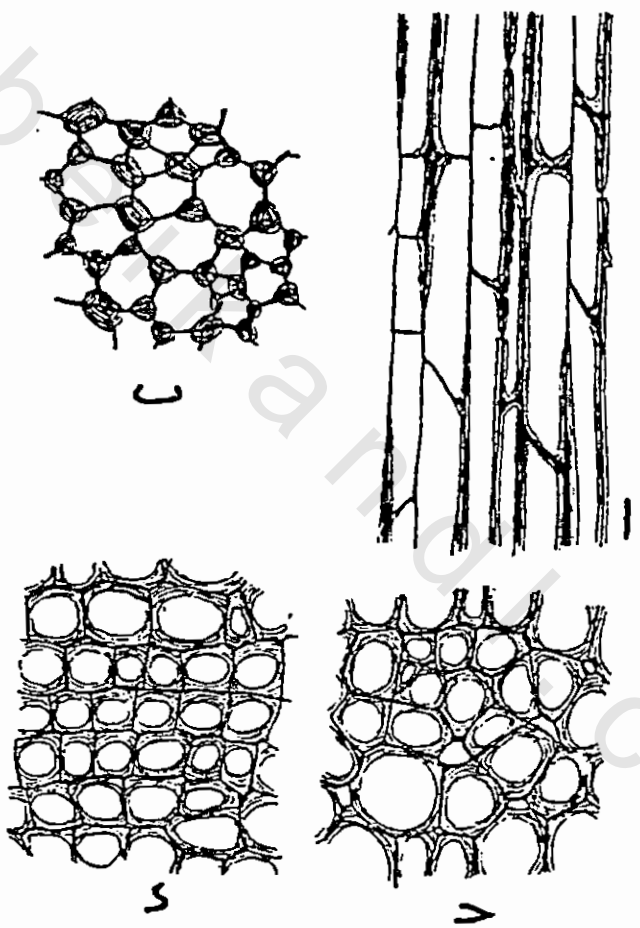
رابعاً : الخلايا والأنسجة الكولنشيمية : Collenchyma

الخلايا الكولنشيمية خلايا حية بالغة دعامية تشبه الخلايا البرنشيمية إلا أنها تظهر فى القطاع الطولى أطول وأرفع غالبا . جدرها ابتدائية مغلظة غلظا غير متساوى ، ويتكون الجدار من سليلوز وبكتين ويوجد منها عدة أنواع (شكل ٥٩) :

١ — الكولنشيمة الزاوية : Angular Collenchyma

يزداد غلظ خلايا هذا النوع فى الزوايا حيث تتقابل الخلايا مع بعضها وبذلك

تتلاشى المسافات البنية ويوجد هذا النوع فى الفرع *Cucurbita* والبنجر *Beta* والعنب *Vitis* .



(شكل ٥٩) : بعض أنواع من الخلايا الكولنشيمية

ا ـ خلايا كولنشيمية زاوية فى قطاع طولى

ب ـ خلايا كولنشيمية زاوية فى قطاع عرضى

حـ ـ خلايا كولنشيمية فراغية فى قطاع عرضى

ء ـ خلايا كولنشيمية صفيحية فى قطاع عرضى .

ب — الكولنشيمة الفراغية : Lacunate Collenchyma

يزداد غلظ خلايا هذا النوع فى الزوايا تاركة مسافات بينية بين الخلايا ويشاهد ذلك فى الخطمية *Althaea* والخس *Lactuca* .

جـ — الكولنشيمة الصفيحية : Lamellar Collenchyma

وفى هذا النوع يكون غلظ الجدر المحيطية tangential أكثر من غلظ الجدر القطرية ويشاهد هذا النوع فى نبات السامبوكس *Sambucus* .

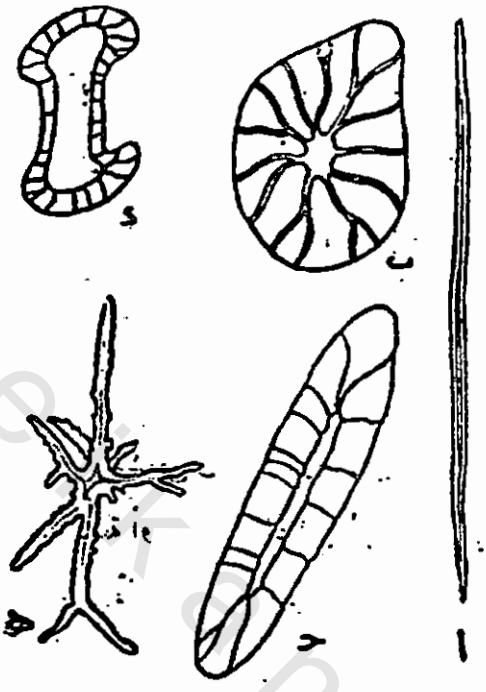
يوجد النسيج الكولنشيمى فى الساق وأعناق الأوراق ويظهر فى القطاع العرضى بشكل حلقة كاملة أو كتلة منفصلة بالجزء الخارجى من القشرة وكذلك توجد على طول عروق الأوراق ، وقد توجد فى قشرة الجذور وخاصة المعرضة للضوء . تنشأ الخلايا الكولنشيمية من منشىء النسيج الأساسى أو من نسيج مرستيمى خاص يشبه منشىء الكامبيوم procambium-like meristem .

خامسا : الخلايا والأنسجة الاسكلرنشيمية : Sclerenchyma

الخلايا الاسكلرنشيمية خلايا ميتة لا تحتوى على بروتوبلازم عند النضج سميكة الجدر مغلظة تغليظا ثانويا . والتغليظ منتظم ، عادة ملجنن . تحتوى على نقر بسيطة وأحيانا متفرعة ـ عدا فى ألياف الخشب حيث توجد نقر مضفوفة . والخلايا الاسكلرنشيمية هى خلايا دعامية ، ويوجد منها نوعان هما الخلايا الاسكلريدية والألياف : —

ا — الخلايا الاسكليريدية : Sclereids

هى خلايا اسكلرنشيمية قصيرة نسبيا نقرها أكثر وضوحا من نقر الألياف وعادة من النوع المتفرع وجدرها ملجننة وتختلف كثيرا فى الشكل والحجم (شكل ٦٠) ، ويمكن تقسيمها إلى الأنواع الآتية :



(شكل ٦٠) : الألياف وأشكال الخلايا الاسكليريدية

ا ـ خلية ليفية　　ب ـ خلية حجرية

حـ ـ خلية عصوية　　ء ـ خلية عظمية

هـ ـ خلية نجمية

١ ـ الخلايا الحجرية Brachysclereids : وهى خلايا متساوية الأقطار تقريبا ، نقرها متفرعة غالبا وتشاهد فى القشرة والنخاع والحاء لسوق بعض النباتات ، وتوجد بكثرة فى لب بعض الثمار مثل الجوافة *Psidium* .

٢ ـ الخلايا العصوية Macrosclerids : وهى تشبه الخلايا السابقة إلا أنها إسطوانية الشكل ، توجد متراصة بشكل الخلايا العمادية مكونة طبقة البشرة لبذور النباتات البقولية .

٣ — الخلايا العظمية Osteosclereids : وهى خلايا اسطوانية ذات نهايات متسعة وتوجد فى الغلاف البذرى لبعض النباتات ذات الفلقتين .

٤ — الخلايا النجمية Astrosclereids : وهى خلايا متفرعة بشكل نجمى غير منتظم وتشاهد فى أوراق النباتات ذات الفلقتين مثل أوراق نبات التروكودندرون *Trochodendron* .

تنشأ الخلايا الاسكليريدية من منشىء البشرة عند وجودها فى الطبقة السطحية لغلاف البذرة وفى الأحوال الأخرى تنشأ من أجزاء أخرى من المرستيم القمى وأحيانا من الكامبيوم أو الكامبيوم الفلينى وكثيرا ما تنشأ الخلايا الاسكليريدية من تغلظ خلايا برنشيمية تغليظا ثانويا وتلجنتها وفقدانها للبروتوبلازم .

ب — الألياف : Fibers

هى خلايا اسكلرنشيمية (شكل ٦٠) طويلة متوسط طولها من ١ — ٢ ملليمتر ولكنها قد تزداد كثيراً فيصل طولها إلى ٤٠ سم فى الكتان *Linum* وإلى ٢٢٠ سم فى ألياف نبات الرامى *Boehmeria nivea* . جدرها غليظة ملجننة غالبا . نقرها بسيطة أو أثرية غالبا وقد تكون مضغوطة قليلا كما فى ألياف الخشب ، نهاياتها مدببة غالبا وقد تكون متفرعة . نهايات الخلايا تتزلق على بعضها overlap مكونة خيوط طويلة من خلايا متصلة أطرافها ببعضها . فراغ الخلية صغير جدا وقد يتلاشى كلية أو فى بعض مناطق الخلية . تعتبر الألياف أهم الخلايا الدعامية فى النبات وتوجد فى كتل مستقلة أو تكون حلقة كاملة فى القشرة ، وقد تكون البريسيكل أو أجزاء منه ، وتوجد كجاميع منفصلة داخل الخشب واللحاء . كما توجد فى أوراق النباتات ذات الفلقة الواحدة .

تنشأ ألياف الخشب واللحاء من منشىء الكامبيوم أو الكامبيوم فى حالة نشوئها من

الكامبيوم تنشأ من خلايا مرستيمية معزليه . وباقى الألياف التى تكون خارج الحزم الوعائية تنشأ من منشىء النسيج الأساسى . الألياف المغلفة للحزم تنشأ جزئيا من منشىء الكامبيوم وجزئيا من منشىء النسيج الأساسى .

سادساً : نسيج الخشب : Xylem

نسيج الخشب هو نسيج مركب يتركب من أوعية أى قصبات وقصيبات وألياف وخلايا برنشيمية، ويختص بنقل الماء والأملاح من الجذور إلى الأوراق كما يختص بالتخزين فى الخلايا البرنشيمية وكما يختص بتدعيم الأعضاء النباتية بواسطة أليافه وأوعيته . ينشأ نسيج الخشب من منشىء الكامبيوم أو من الكامبيوم : —

١ — القصبات (الأوعية الخشبية) :

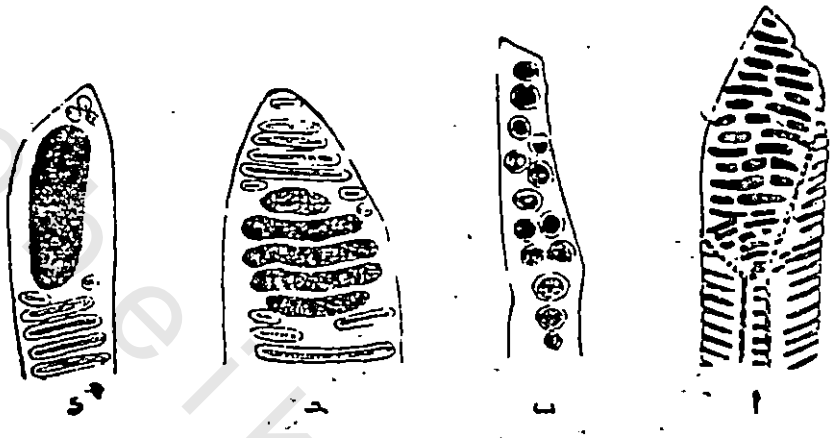
Tracheae (Vessel Elements)

الوعاء الخشبى يتكون من عدد من الخلايا الخشبية متصلة ببعضها طوليا . والخلية الواحدة (القصبة) اسطوانية الشكل عادة جدرها مغلظة ثانويا وملجننة، لاتحتوى عند النضج على بروتوبلازم . نهاياتها مثقبة وتسمى تلك النهايات بالصفائح المثقبة perforation plates . هذه الصفائح (شكل ٦١) تختلف فى طريقة تثقيبها كالآتى : —

١ — صفائح بسيطة primitive وتحتوى على ثقب واحد .

٢ — صفائح سلمية التثقيب scalariform وتحتوى على عدة ثقوب مرتبة فى صف ومتدرجة فى القطر .

٣ — صفائح شبكية التثقيب reticulate وتحتوى على عدة ثقوب موزعة فى نظام شبكى .



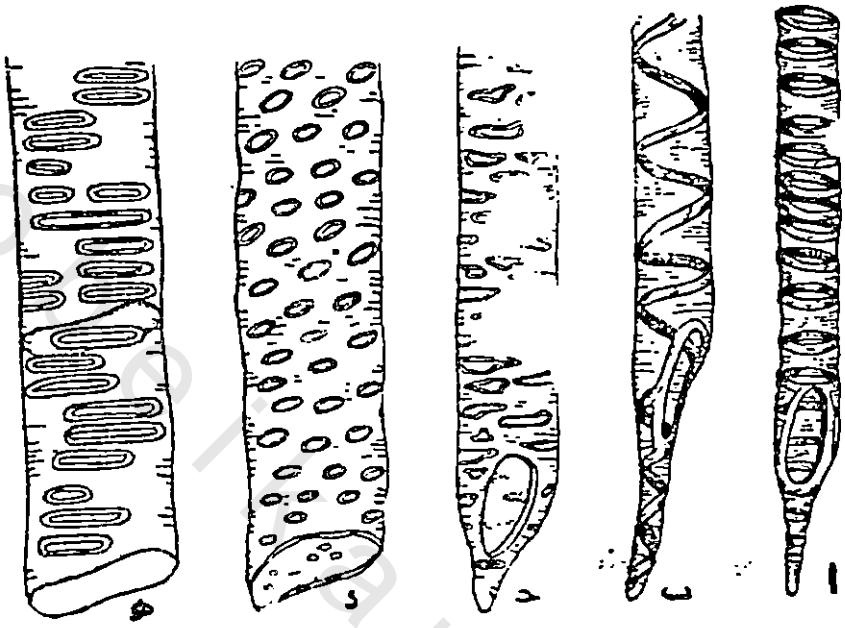
(شكل ٦١) : الصفائح المثقبة وطبيعتها

ا ـ صفيحة شبكية التثقيب ب ـ صفيحة متعددة الثقوب

حـ ـ صفيحة سلمية التثقيب ى ـ صفيحة بسيطة التثقيب

٤ ـ صفائح متعددة الثقوب foraminate وتحتوى على عدة ثقوب مستديرة.

القصبات التى تتكون فى أول عمر النبات والتى تكون الخشب الأولى protoxylem تكون أقل قطرا من القصبات التى تليها فى العمر والتى تكون الخشب التالى metaxylem . والنوع الأول يكون تغليظه حلقيا annular (شكل ٦٢) وينشأ من تكوين جدر ثانوية فى شكل حلقات داخلية ، أو تغليظه لولبيا spiral وينشأ من تغليظ ثانوى داخلى فى شكل حلزونى . قصبات الخشب التالى يكون تغليظها شبكيا reticulate إذا تقارب اللولب بدرجة كبيرة بحيث تتقاطع حلقاته مع بعضها بحيث يصبح التغليظ فى شكل شبكة، أو منقراً pitted والتغليظ اللجنينى فيه يشمل جميع جدران القصبة تاركا مكان النقر . أما إذا استطالت النقر فى اتجاه مستعرض وترتبت فى صفوف منتظمة كان التغليظ سلمى منقر scalariform pitted ، ونوع التغليظ فى قصبات الخشب



(شكل ٦٢) :

أطرق تغليظ جدر كل من أوعية الخشب الأول وأوعية الخشب التالى

ا ـ وعاء خشبي أول حلقى التغليظ ب ـ وعاء خشبي أول حلزونى التغليظ

حـ ـ وعاء خشبي تالى شبكى التغليظ د ـ وعاء خشبي تالى منقر التغليظ

هـ ـ وعاء خشبي تالى سلمى منقر التغليظ

الاول يرجع إلى الاستطالة السريعة للوعاء الخشبي فى حين أن نوع التغليظ فى قصبات الخشب التالى يرجع إلى الاستطالة البطيئة للوعاء الخشبى .

تنشأ القصبات من خلايا انقسمت طوليا وفقدت القدرة على الانقسام العرضى ولكن هذه الخلايا تمددت نتيجة لشد الخلايا المجاورة التى تنقسم عرضيا ونتيجة لهذا التمدد والتغليظ الثانوى اللجنينى على الجدر الابتدائية من الداخل تظهر الاشكال المختلفة من التغليظات .

ب — القصيبات : Tracheids

تتركب القصيبة من خلية ميتة طويلة مدببة الأطراف (شكل ٦٣) ، لا تحتوى على بروتوبلازم عند نضجها، وجدرها مغلظة ملجننة مقطعها مضلع وعادة تتزلق الأطراف المدببة لخليتين مع بعضهما مكونة جدارا مائلا تكثر عليه النقر . وتوجد النقر أيضا فى الجدر الجانبية والنقر مضفوفة غالبا وقد تكون بسيطة . ويحدث الإتصال وانتقال الماء والأملاح بين خلايا القصيبات وبعضها خلال النقر والقصيبات تشبه الالياف إلا أن جدر القصيبات أرق والنقر فيها أكثر عددا والفراغ الداخلى lumen أوسع من مثيلاتها فى الألياف . وتشبه القصيبات القصبات فى التغليظ الثانوى فقد يكون حلقيا أو لولبيا أو شبكيا أو منقرا أو سلميا منقرا .

تكون القصيبات خشب النباتات عاريات البذور وخشب النباتات المتحجرة كما توجد فى خشب النباتات كاسيات البذور بجانب الاوعية الخشبية .

(شكل ٦٣) :
طرق تغليظ جدر القصيبات
ا — قصيبة حلقية التغليظ
ب — قصيبة حلزونية التغليظ
حـ — قصيبة منقرة التغليظ.

حـ — ألياف الخشب :

وهى ألياف ملجننة ومدببة الأطراف وفى بعض الأحيان تكون مقسمة بجدر عرضية رقيقة .

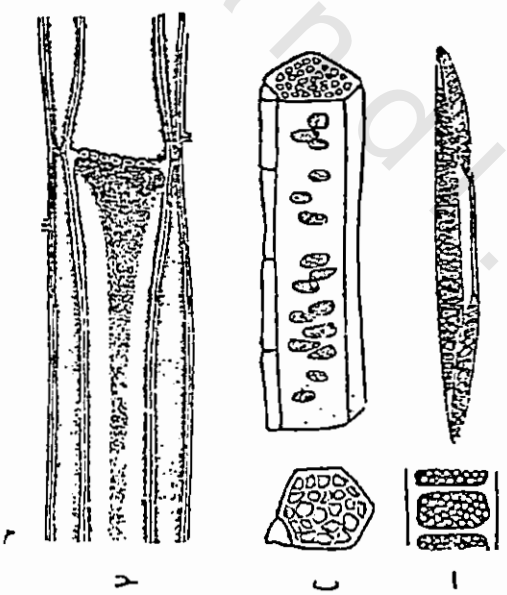
د — برنشيمية الخشب :

وهى خلايا برنشيمية مستطيلة عادة قد

تتغلظ جدرها وتتلجنن وتوجد بين الأوعية الخشبية وخصوصاً أوعية الخشب الأول.

سابعاً : نسيج اللحاء : Phloem

هو نسيج مركب يتكون فى النباتات كاسيات البذور من الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة وبرنشيمية اللحاء واسكلرنشيمة اللحاء ، فى النباتات عاريات البذور لا توجد الخلايا المرافقة ويوجد بدلا من الأنابيب الغربالية الخلايا الغربالية Sieve cells ونسيج اللحاء يختص بنقل الغذاء المجهز من الأوراق إلى أجزاء النبات المختلفة وكذلك يخزن الغذاء فى خلاياه البرنشيمية ، وخلاياه الاسكلرنشيمية تقوم بالدعامة. ينشأ نسيج اللحاء من منشىء الكامبيوم والكامبيوم .



(شكل ٦٤) : بعض مكونات اللحاء وأنواع الصفائح الغربالية

ا ـ خلية غربالية ذات صفيحة غربالية مركبة ،وجزء من الصفيحة مكبر .

ب ـ خلية غربالية ذات صفيحة غربالية بسيطة وملتصق بها أربعة خلايا مرافقة ومنظر سطحى للحاجز الغربالى مكبر .

حـ جزء من أنبوبة غربالية مبينا الحاجز الغربالى فى القاع الطولى .

أ — الأنابيب الغربالية : Sieve Tubes

الأنبوبة الغربالية تتكون من صف من الخلايا الحية تسمى وحدات الأنابيب الغربالية sieve tube elemens وتحتوى كل وحدة على بروتوبلاست وبلاستيدات ومحتويات أخرى ولكنها لاتحتوى على نواة عند نضجها . يفصل الوحدات عن بعضها داخل كل أنبوبة جدار مثقب يسمى صفيحة غربالية sieve plate . وقد توجد الصفائح الغربالية فى الجدر الجانبية . يمتاز البروتوبلاست بالنسبة العالية للفراغ الخلوى الذى يحويه، ويتحرك البروتوبلاست بنشاط دليلا على حيوية الخلايا . وعند مرور السيتوبلازم فى الصفيحة الغربالية يكون خيوطا سيتوبلازمية plasmodesmata تتجمع تحت الصفيحة ويتكون حولها عند نهاية فصل النشاط الخضرى مادة كربوأيدراتية هى الكالاس callus وبذلك تحاط الخيوط السيتوبلازمية باسطوانات من الكالاس وقد يؤدى زيادة ترسيب الكالاس إلى انسداد فتحات الصفيحة الغربالية وبذلك تفقد وظيفتها. يوجد نوعان من الصفائح الغربالية (شكل ٦٤) كالآتى :—

١ — صفيحة غربالية مركبة Compound sieve plate : وتكون الصفيحة مائلة وتحتوى على عدد من المساحات الغربالية sieve areas المثنية يفصلها جدر خالية من الثقوب كما فى العنب .

٢ — صفيحة غربالية بسيطة Simple sieve plate : وتكون الصفيحة عمودية على الأنبوبه أو مائلة قليلا وتحتوى على مساحة غربالية واحدة كما فى سوق اللوف والقرع .

ب — الخلايا الغربالية : Sieve Cells

وهى تميز النباتات معراة البذور وهى خلايا اسطوانية طويلة ذات جدر

نهائية مائلة بشدة ومتراكبة مع جدر خلايا غربالية أخرى . المساحات الغربالية غير محددة وتكثر على الجدر النهائية ولا تتميز بها الصفائح الغربالية .

حـ — الخلايا المرافقة : Companion Cells

الخلايا المرافقة هى خلايا برنشيمية متخصصة ترتبط ارتباطا كبيرا بوحدات الأنابيب الغربالية فهى تجاور الأنابيب الغربالية (شكل ٦٤) وقد يجاور الوحدة الواحدة خلية مرافقة واحدة وأحيانا صف من الخلايا المرافقة والجدر الفاصلة بين الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة تكون إما رقيقة الجدر أو بها مسافات رقيقة تحتوى على مسافات غربالية فى ناحية الأنابيب الغربالية وحقول نقر ابتدائية فى اتجاه الخلايا المرافقة. والخلايا المرافقة تحتوى على نواة وسيتوبلازم حبيبى كثيف .

ى — برنشيمية اللحاء :

هى خلايا برنشيمية عادية أستطالت فى اتجاه موازى للأنابيب الغربالية وقد تستطيل فى إتجاه عمودى على الأنابيب فى حالة تكوينها للأشعة اللحائية .

هـ — ألياف اللحاء :

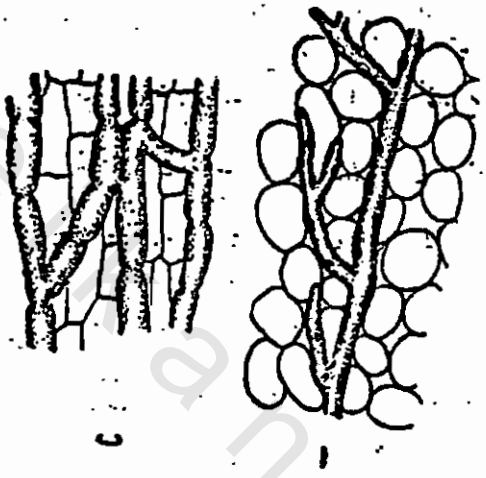
هى ألياف عادية قد تكون ملجننة وقد تكون غير ملجننة وقد توجد مبعثرة فى نسيج اللحاء وقد توجد مكونة لطبقات تتبادل مع طبقات من الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة .

ثامنا : الأنابيب اللبنية : Laticiferous Tubes

هذه الأنابيب تميز بعض النباتات وتنتشر بكثرة فيها . وتحتوى على سائل لبنى أبيض وأحيانا أصفر أو أحمر يسمى اللبن النباتى latex ويتكون من

بروتينات ودهون وسكريات وأصباغ وقلويات وأملاح وأنزيمات. ويكثر وجود الأنابيب اللبنية بين خلايا القشرة والنخاع .

ويوجد نوعان من الأنابيب اللبنية (شكل ٦٥) كالآتى : —



(شكل ٦٥) : أنواع الأنابيب اللبنية

ا ـ خلية لبنية متفرعة ب ـ أوعية لبنية متشابكة

ا ـ الخلايا اللبنية : Latex Cells

وتنشأ من خلايا منفصلة لها أصل فى الجنين وتنمو بنموه وقد تتفرع بكثرة أو تنمو بدون تفرع كأنبوبة طويلة. وتوجد أطراف الخلية بين خلايا الأنسجة المختلفة وتحتوى الخلية على عديد من النوايا التى تنقسم بكثرة قرب الأطراف بدون تكوين جدر عرضية فاصلة وبذلك يكون عدد الخلايا اللبنية فى النبات البالغ هو نفس العدد فى الجنين . وتوجد الخلايا اللبنية المتفرعة فى نبات بنت القنصل *Euphorbia* والفيكس *Ficus* ، كما توجد الخلايا اللبنية الغير متفرعة فى الحريق *Urtica* .

ب ـ الأوعية اللبنية : Latex Vessels

وينشأ الوعاء الواحد من عدد من الخلايا التى زالت جدرها الفاصلة أو ثقبت، وأحيانا يحدث تشابك نتيجة إتصال أنبوبة بأخرى وزوال الجدر الجانبية. وتنشأ الأوعية اللبنية من خلايا موجودة أصلا بالجنين متلاصقة وبنمو الجنين تزول الجدر الفاصلة ثم باستمرار نمو الجنين يضاف للانبوبة خلايا جديدة نتيجة تحول خلايا مرستيمية فى القمة النامية إلى خلايا لبنية تتحد مع الأنبوبة السابقة . وتوجد الأوعية اللبنية الغير متشابكة فى نبات العليق *convolvulus* ونبات الموز *Musa* كما توجد الاوعية اللبنية المتشابكة فى نبات الخس *Lactuca* والخشخاش *Papaver*.

تاسعا : نسيج البريدرم : Periderm

البريدرم هو نسيج واقى يحل محل البشرة عند تمزقها نتيجة النمو فى السمك فى سوق وجذور النباتات عاريات البذور والنباتات ذات الفلقتين ، وكذلك يحدث تكوين البريدرم فى مواضع إنفصال وتساقط الاعضاء النباتية كالاوراق والافرع وكذلك يتكون حول الإصابات المرضية ليوقف انتشارها وأسفل الجروح ليقى الانسجة الداخلية من الميكروبات ويمنع البخر . وقد يتأخر تكوين البريدرم كثيرا بعد النمو فى السمك أولا يحدث بتاتا ، وفى هذه الحالة تساير الانسجة الكائنة خارج الكامبيوم الحزمى بما فى ذلك البشرة النمو الداخلى بنمو وإنقسام خلاياها وذلك كما فى الحضيات *Citrus* والكافور *Eucalyptus* . ويتكون البريدرم من ثلاثة أنسجة هى :

المرستم الفلينى phellogen والفلين phellem والقشرة الفلينية phelloderm.

يتكون المرستيم الفلينى من إستعادة بعض الخلايا البالغة لنشاطها المرستيمى ويتم ذلك فى الأنسجة خارج الكامبيوم الحزمى وغالبا ما يتكون أول نسيج مرستيمى فلينى فى

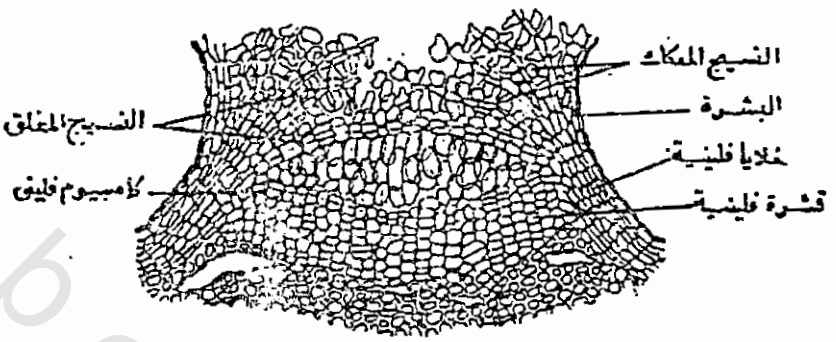
السوق فى الطبقات تحت البشرة وفى حالات قليلة كما فى سوق نبات الدفلة *Nerium oleander* يتكون المرستيم الفلينى من خلايا البشرة وفى حالات أخرى ينشأ المرستيم الفلينى قرب الحزم الوعائية أو من خلايا اللحاء كما فى سوق العنب . فى الجذور ينشأ المرستيم الفلينى عادة من طبقة البريسيكل .

باستمرار نمو الساق يتمزق البريدرم الذى يتكون أولا ويحل محله بريدرم آخر ينشأ من أنسجة أعمق من الأنسجة التى نشأ منها المرستيم الفلينى الأول وهكذا حتى ينشأ من اللحاء الثانوى .

خلايا الفلين phellem هى خلايا ميتة منتظمة عديدة الأضلع تظهر فى القطاع بشكل مستطيلات متراصة خالية من المسافات البينية ، جدرها مسوبرة وخالية من النقر ، والخلايا فارغة من الداخل أو تحتوى على بلورات أو مواد تانينية . وتعمل خلايا الفلين على حماية الأنسجة الداخلية وتنظيم تنح وتهوية النبات .

بعض مناطق الكامبيوم الفلينى لاتعطى أثناء إنقسامها خلايا فلين للخارج بل تعطى بدلا منها خلايا برنشيمية رقيقة الجدر ، يوجد بينها مسافات بينيه وتسمى هذه المناطق بالعديسات lenticels (شكل (٦٦) وهى توجد عادة فى مواضع الثغور وتشاهد بالسوق والجذور ويتعلق عملها بتبادل الغازات . بعض النباتات لاتكون عديسات كما فى العنب.

العديسات الاولى تنشأ عادة تحت الثغور فى السيقان الحديثة فالكامبيوم الفلينى أسفل الثغور بدلا من أن يعطى للخارج فلين يعطى بوفرة نسيجا مفككا من خلايا رقيقة الجدر غير مسوبرة تسمى بالنسيج المتفكك loose or complementary tissue تسبب ضغطا على طبقة البشرة يؤدى إلى تمزقها وبذلك يمر الهواء خلال الخلايا المفككة إلى الداخل . غير أنه فى فصل الشتاء عندما



(شكل ٦٦) : جزء من نسيج البريديرم به عديسة

يصبح الهواء باردا وضارا بانضاجه النبات الحي فان الكامبيوم العديسي بدلا من أن يكون نسيجا مفككا يكون طبقة فلينيه يطلق عليها النسيج المغلق Closing tissue وذلك لانه يمنع اتصال الانسجه الداخليه بالهواء الجوى . وعندما يدفأ الهواء الجوى ثانية يكون الكمبيوم العديسى نسيج مفكك لثانى مرة يمزق النسيج المغلق وبذلك يعود الاتصال بين الجو والانسجة الداخلية كما كان . وتتكرر هذه العملية مرات عديدة فى حياة النبات وبذلك تصبح العديسة فى الساق المسنة مكونة من أشرطه متعاقبه من الانسجه المفككة والطبقات المغلقة الممزقه . وبعد سقوط الفلين المبكر يمكن أن تتكون عديسات جديدة فى أى جزء من حلقة الكامبيوم الفليني النشيط .