٥ ـ السكلريدات النجمية
Astrosclereids or star-shaped sclereids

ويتميز هذا النوع بخلايا كثيرة التشعب (شكل ٥ـ٦ ب) وتوجد بشكل مثالي في أعناق وأنصال أوراق نبات زنبق الماء Nymphaeae (water lily) وفي قشرة ساق نبات تروكودندرون Trochodendron وأوراق نبات الشاي وفي أوراق بعض المخروطيات مثل سودوتسوكا Pseudotsuga taxifolia

الخشب
XYLEM

نسيج معقد وظيفته الرئيسة نقل الماء والاملاح المعدنية المتصة من التربة خلال الجذر فالساق فالاوراق حيث يتم صنع الغذاء . ويقترن نسيج الخشب عادة مع نسيج اللحاء Phloem ـ المعني بنقل الغذاء ـ فيكون النسيجان معا ما يسمى النسيج الوعائي Vascular tissue او النظام النسيجي الوعائي Vascular tissue system الذي يشكل شبكة متصلة تمر عبر الاعضاء النباتية المختلفة وتفرعاتها . وتقسم النباتات على أساس وجود النسيج الوعائي أو عدمه الى نباتات وعائية Vascular plants (Tracheophyta) ونباتات غير وعائية Non-vacular Plants Atracheophyte). ويقوم نسيج الخشب الى جانب وظيفة النقل بوظيفة ميكانيكية حيث يكسب الاعضاء دعامة وقوة نظرا لوجود عناصر ميكانيكية صرفة ضمن هذا النسيج (كالالياف) وللطبيعة القاسية لجدران العناصر الناقلة فيه (القصيبات والاوعية) .

ان الطبيعة الشكلية البارزة لنسيج الخشب ، وكونه يحتفظ بكيانه التركيبي لفترة طويلة من الزمن ، وبقاءه على الجسم النباتي بصورة مستمرة يجعل هذا النسيج مهما ليس فقط بالنسبة لتشخيص الاعضاء أو المجاميع النباتية الحاضرة ، بل يتعدى ذلك ليشمل النباتات المنقرضة Extinct plants حيث يحتفظ هذا النسيج بكيانه في متحجرات الكثير

من تلك النباتات ، مما ساعد على القاء الضوء على العديد من المشـــكلات المتعلقة بالعلاقات التطورية للنباتات Phylogenic relanahip ، والتناظر تركيبي Homology لبعض الاعضاء النباتية ، وما الى ذلك .

يتركب نسيج الخشب في معظم مغطاة البـــذور Angiosprems من قصيبات Tracheids وأوعيـــة Vessels والليـــاف Fibres وخلايا برنكيمية Parenchyma cells . وقد توجد في هذا النســيج اضافة لذلك بعض الخـــلايا الافرازية او السكلريدات Sclereids أو غيرها .

١ ـ القصيبـــات Tracheids

تمثل كل قصيبة خلية مستقلة ذات جدار ثانوي خـال من الثقوب لكنه حاوٍ على نقر Pits . والقصيبات خلايا مستطيلة تموت عنـــد النضج وظيفتها الرئيسة مرتبطة بنقل الماء والاملاح المعدنية الذائبة فيه كما انها تقـــوم بوظيفة التدعيم . وتتميز نهايتـــا القصيبة بكونهما مدببتين نوعا ما ، لكنهما ليستا مستدقتين بصورة كبـيرة ومنتظمة ، بل يقتصر ذلك على اتجاه واحد أو مستو واحد . وتكون الجدران النهائية للقصيبات مائلة عادة وحاوية على نقر . وتبدو القصيبات مضلعة في المقطع المستعرض ، غير انها قد تميل احيانا الى الاستدارة . وتختلف طريقـــة توزيع النقر ـ وهي من النوع المضفوف غالبا ـ باختلاف جدران القصيبة، حيث تكون وفيرة عادة في الجدران النهائية Radial Walls بينما تقل نسبيا أو تنعدم في الجدران المماســـية Tangential walls ويتم انتقال الماء والمواد المذابة فيه من قصيبة لاخرى عن طريق النقـــر الموجودة في الجدران الفاصلة بينها . وعندما تكون النقر مضفوفة وحاوية على تخت Torus فان مرور الماء يتم عن طريق الجزء الرقيق من غشاء النقرة الذي يقع خارج التخت وفي حالة النقر المرتشقة Aspirated pits يندفع التخت جانبيا مما يؤدي الى غلق فتحة النقرة المضفوفة ، وبذلـــك

تفقد الاخيرة وظيفتها في نقل المـــواد . وفي بعض النباتات يكون غشاء النقرة المضفوفة مثقبا كما في بعض الصنوبريات مثل لاركس Larix وسيكويا Sequoia

وتتغلظ ،جدران القصيبات بصورة مختلفـــة كالتغلظ الحلقي Annular، والحلزوني (Spiral (helical ، والشبكي Reticular والسلمي Scalariform ، هـــذا اضافة الى النوع النقري Pitted الذى ينشأ عن وجود النقر المضفوفة أو البسيطة (شكل ٥ـ٧) .

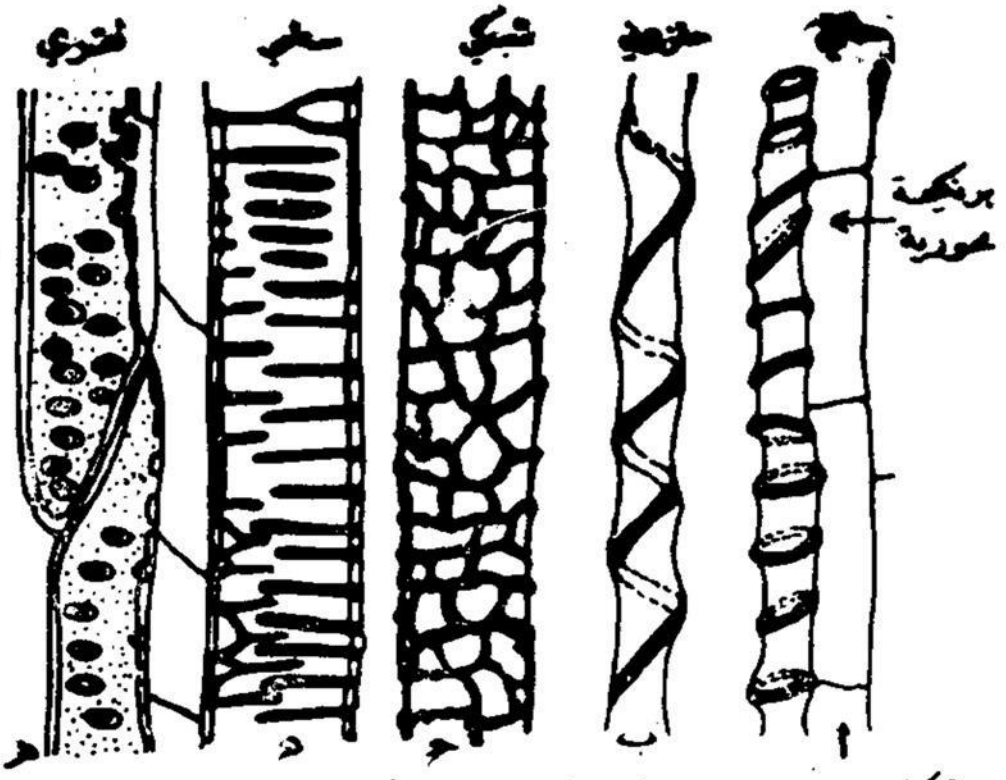
ومما تجدر الاشـــارة اليه انـــه في خشـــب عاريات البـذور Gymnosperms تمثل القصيبات العناصر الناقلة الوحيدة في الخشب عادة ، وكذا الحال بالنسبة للنباتات الوعائية الواطئة Lower vascular plants

٢ ـ أوعية الخشب Vessels

يمثل الوعاء تركيبا انبوبيا متعدد الخلايا ، ينشأ من سلسلة مـــن الخلايا تتصل مع بعضها البعض عند نهاياتها ، ويطلق على كل خلية منها وحـدة الوعـاء Vessel element or Vessel member وضمـــن الوعاء الواحد تكون الجدران النهائية (المستعرضة) لوحدات الاوعيـــة مثقبة Perforated أو ذائبة بصورة كلية ، وتتعين نهـــــــاية الوعاء بالجدار النهائي الخالي من الثقوب والحاوي على نقر فقط . وكالحـال في القصيبات فان وحدات الوعاء تموت عند النضج وتكون حاويـــة على العصارة Sap المؤلفة من الماء والاملاح المعدنية المذابة فيه . كما ان جدرانها الثانوية الملكننة قـــد تكون هى الاخرى منقـــرة Pitted أو حاوية على تغلظات مختلفة كالحلقي والحلزوني والشبكي والسلمي . وبالنظر لوجود الثقوب في الجدران النهائية لوحدات الاوعية فان العصارة تمر خلالها بحرية ضمن الوعاء الواحد ، بينما يقتصر مرور العصارة خلال الجدران الفاصلة بين وعـاء واحر على النقـــر الموجودة في تلك الجدران .

يطلق على الجدران النهائية ـ أو المستعرضة ـ الحاوية على ثقوب مصطلح الصفائح المثقبة perforation plates . وتوصف هذه الصفائح بانها بسيطة Simple perforation plate (شكل ٥ـ٧ و ، ز) عندما تكون حاوية على ثقب واحد ، ومركبة Compound perforation plate عندما يوجد بها اكثر من ثقب واحد . وتبعا لاشكال الثقوب وطريقة ترتيبها في الصفائح المثقبة المركبة فانها تصنف الى سلمية Scalariform (شكل ٥ـ٧ أ،ب،جـ) أو شبكية Reticulate (شكل ٥ ـ ٧ د) كما انها قد تكون شبه علندية Foraminate or Ephedronal في حالات نادرة كما في نبات العلندة Ephedra (شكل ٥ـ٧ هـ) (وهو من عاريات البذور الحاوية على اوعية في نسيج الخشب) . وتتكون الثقوب خلال فترة نشوء اوعية الخشب بفعل انزيمات يفرزها البروتوبلاست مما يعمل على اذابة الجدار الابتدائي والصفيحة الوسطى في المواقع من الجدار التى لم يضف عليها جدار ثانوي . وبذلك فانه تبعا لطريقة توزيع المناطق الذائبة يتعين نوع الصفيحة المثقبة . ومن ثم يموت البروتوبلاست وتنحل مكوناته . ومما تجدر الاشارة اليه أن الوحدات الوعائية القصيرة الواسعة تمثل حالة اكثر رقيا من الناحية التطورية من الوحدات الطويلة الضيقة ، كما ان الصفائح المثقبة البسيطة تمثل حالة اكثر رقيا من الصفائح المثقبة المركبة ، ويمثل النوع البسيط اكثر الانواع شيوعا ، يليه النوع السلمي فالشبكي فالدائري . وغالبا ما يقترن الثقب البسيط بالصفائح الناشئة من جدران مستعرضة عمودية على المحور الطولي للوعاء ، بينما تتواجد الصفائح المركبة في الجدران النهائية المائلة .

وبالنظر للتشابه الوظيفي للقصيبات والاوعية فانه يطلق على التركيبين مما مصطلح العناصر القصيبية (أو العناصر الناقلة للخشب) Tracheary elements . ويعتبر وجود الاوعية في الخشب صفة مميزة للنباتات مغطاة البذور ، اما في الغالبية العظمى من عاريات البذور والنباتات الوعائية الواطئة فان العناصر الناقلة في الخشب فيها مقتصرة



شكل (٥-٧) انواع التغلظ الثانوي في جدران العناصر الناقلة في الخشب

على القصيبات عادة ، ولا وجود للاوعية في خشبها . يشذ عن ذلك بعض المجاميع الراقيـــة جدا من عاريات البـــذور ـ كما في رتبـــة النيتلات Gnetales حيث توجد في خشبها الاوعية ، وفي حالات نادرة جـدا في النباتات الوعائية الواطئة كما في نبـــات تريديوم Pteridium . وهو من النباتات السرخسية التي يحتوى الخشب فيها على أوعية .

ومما تجدر الاشارة اليه ان الاوعية تعتبر اكثر رقيا من الناحيـة التطورية من القصيبات ، كما ان التسلسل في تســـمك جدران العناصر الناقلة في الخشب من الحلقي فالحلزوني فالسلمي فالشبكي ثم المنقر يمثل هو الاخر تسلسلا تطوريا يمثل التغلظ النقرى ارقى انواعه . ومما تجدر اضافته ايضا امكان وجود اكثر من نوع واحد من انواع التسمك في الجدران في نفس العنصر الناقل الواحد . ويسمى مثل هذا النوع ، النوع المختلط Uasa mixla .

٣ ـ اليـاف الخشب Xylem fibers

وهى الياف مقترنة بنسيج الخشـــب وظيفتها ميكانيكية ، جدرانها ملكننة وأكثر سمكا من جدران القصيبات - وهنالك ثلاثة أنواع رئيسية من الالياف التي قد تتواجد فينسيج الخشب هي الالياف العادية Common fehers الالياف القصب Fiber-tracheids والالياف الجلاتينية Gelatinous fibers وقد يوجد اكثر من نوع واحد من هذه الالياف في نفس الخشب . كما توجد الياف عالية التخصص hibriform filaers .

تتميز القصيبات الليفية بكونها أقل طـــولا وأرق جدرانا مقارنة بالالياف العادية لنفس الخشب ، كما انها ذات نقر مضفوفة من نـــوع خاص ، حيث ان الاضافات الثانوية للجدار تستمر فوق ضفاف النقرة ، فتكون بذلك قناة ذات فتحتين . وتكون الفتحة الموجودة عند ضفاف النقرة دائرية الشكل وصغيرة نسبيا ويطلق عليها الفتحة الخارجية Outer aperture ، اما الفتحة الداخلية Inner aperture فتقع عند التقاء القناة بتجويف الخلية . وتتخذ الاخيرة شكلا قمعيا مسطحا flattend funnel لذا فهى تبدو في المظهر السطحي على هيئة شق متقاطع . وتتميز القصيبات الليفية عن القصيبات الاعتيادية بكون الاولى اكثر طرلا واسمك جدرانا ، كما أن ردهات النقر المضفوفة Pit chambers فيها تكـــون مختزلة نسبيا مقارنة مع نظيراتها في القصيبات . وفي بعض القصيبـــات الليفية قد يبقى البروتوبلاست حيا لفترة من الزمن بعد نضج الجـدار الثانوي قد تصل لعدة سنوات كما في العنب Vitis . وقد تنقسم الخلية الام للقصيبات الليفية او الالياف العادية (المستدقة) بجدران مستعرضة فتتكون سلسلة من الخلايا ضمن جدار الخلية الام . وتكون كل خليـــة حاوية على نواة وسايتوبلازم ومفصولة عن التى تليها بجـدار مستعرض رقيق يمثل جدارا ابتدائيا خاليا من التغلظات الثانوية ، وخاليا مـــن اللكنين . ويطلق على هذا النوع من الالياف مصطلح الالياف المقســـمة (أو المحجزة) Septate fibers . وتوجد القصيبات الليفية في كثير

من النباتات خاصة ذوات الفلقتين ، وهى مألوفة في الكروم ـ كالعنب ـ وفي كثير من الاشجار الاستوائية . وبالنظر للطبيعة الحية للالياف المقسمة فانها تقوم بوظيفة الخزن اضافة الى وظيفتها الاصلية وهى التدعيم .

أما الالياف الجلاتينية gelatinous fibres فتتميز بجدرانها الثانوية التى ينعدم فيها اللكنين أو الحاوية على كميات قليلة من هذه المادة ، بينما تزداد في جدرانها نسبة السليلوز . وسميت هذه الالياف بهذا الاسم لكونها ذات مظهر جلاتيني ، وهى موجودة في الخشب الفعال لبعض نباتات ذوات الفلقتين .

اما الالياف عالية التخصص للخشب librilform fibres فتكون هي الاخرى حاوية على نقر تتميز بها قناة ، وتكون الفتحة المواجهة للتجويف ذات شكل قمعي مفلطح ، الا ان النقر هنا بسيطة خالية من الردهة Chamber وهى تبدو في المظهر السطحي شقية slit-like او متقاطعة .

٤ ـ برنكيما الخشب Xylem parenchyma

خلايا برنكيمية مقترنة بنسيج الخشب ، وظيفتها الرئيسة هى الخزن ، ويقوم بعضها ايضا بالنقل لمسافات قصيرة خاصة بالاتجاه الشعاعي . وتختلف طبيعة المواد المخزونة في الخلايا البرنكيمية للخشب ، كما انها تختلف احيانا في طبيعة الجدار . فبالاضافة الى الماء قد تختزن الخلايا النشاء أو الزيوت أو غير ذلك من المواد الايضية ، كما ان المواد الدباغية tanniferous compounds والبلورات تعتبر من المحتويات المألوفة في برنكيما الخشب . وقد تتغلظ جدران الخلايا البرنكيمية بجدران ثانوية ملكننة خاصة في الخشب الثانوي ، وعندها تكون الجدران حاوية على نقر بسيطة أو مضفوفة أو شبه مضفوفة . وقد تنقسم الخلية بحواجز مستعرضة او طولية الى ردهات تحوي كل منها بداخلها بلورة واحدة عادة. ويكون وجود الخلايا البرنكيمية بنسبة أوفر في الخشب الابتدائي منها في الخشب الثانوي ، كما انها تكون في الاخير متواجدة بمجموعات منسقة

في نظامين متميزين هما النظام المحوري (أو العمودى) Axial or vertical system والنظام الشعاعي (أو الافقي) radial or horizontal system كما سيرد ذكره فيما بعد عند بحث الخشب الثانوي .

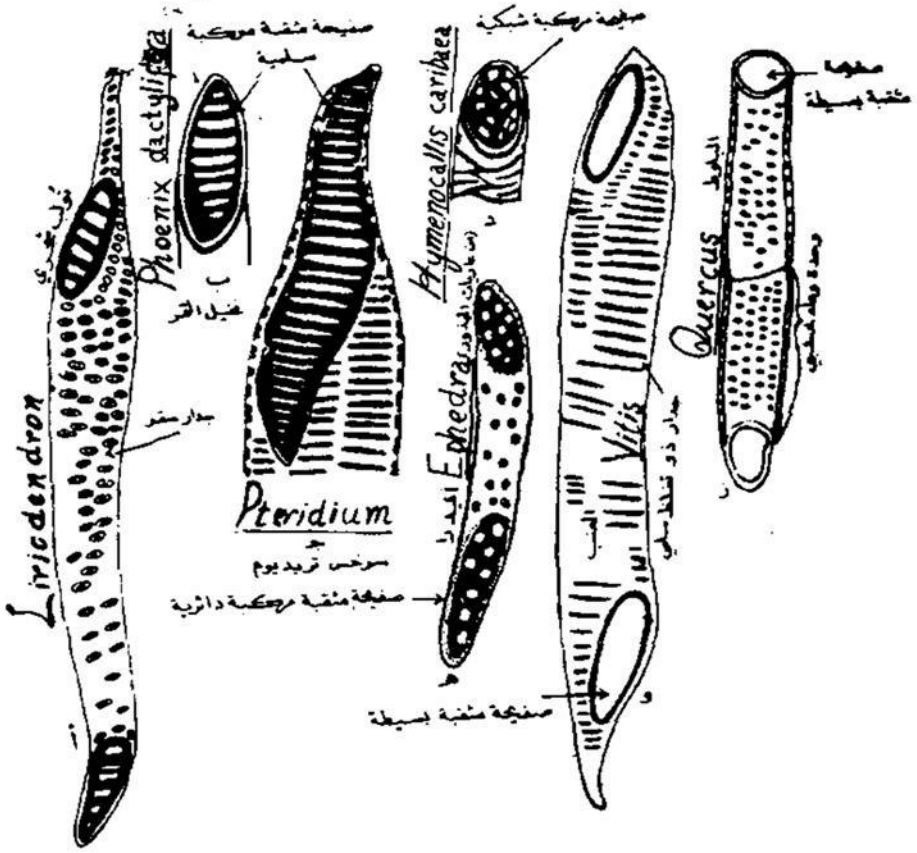
الخشب الابتدائي والثانوي Primary and Secondary xylem

يتميز الخشب تبعا لنشوئه الى نوعين رئيسين هما : الخشب الابتدائي ، والخشب الثانوي . ويتميز الخشب الابتدائي بنشوئه من الكمبيوم الاولى Procambium وذلك خلال فترة النمو الابتدائي للاعضاء النباتية ، بينما ينشا الخشب الثانوي خلال فترة النمو الثانوي حيث تنشأ عناصره المختلفة من الكمبيوم الوعائي Vascular cambium . يتالف الخشب الابتدائي في سائر مغطاة البذور من نفس العناصر العامة للخشب وهى الاوعية Vessels والقصيبات Tracheids والبرنكيميا Parenchyma والالياف Fibers ، غير ان الالياف قد تكون معدومة . وتكون العناصر المختلفة للخشب بما في ذلك البرنكيما غير منسقة في كثير من الاحيان ، خلافا لما هي عليه الحال في الخشب الثانوي ، الذي تكون مكوناته اكثر تنسيقا . وغالبا ما لا تنتظم الخلايا البرنكيمية في الخشب الابتدائي على هيئة أشعة منتظمة ، وفي حالة وجودها بمثل هذه الصورة في هذا الجزء من الخشب يطلق عليها مصطلح الاشعة الكاذبة False rays تمييزا لها عن الاشعة الحقيقية التى يتميز بها الخشب الثانوي . ويتميز الخشب الابتدائي الى خشب أول Protoxylem يتم تكوينه في الفترة التى يكون فيها العضو النباتي لايزال في حالة تمدد او نمو طولي ، وخشب تال Metaxylem يتم تميزه من الكمبيوم الاولى في وقت متأخر ، ولا يتم نضج عناصره بصورة كاملة الا بعد اكتمال استطالة العضو النباتي . ويترتب على ذلك ان بعض عناصر الخشب الاول ـ وخاصة الملكننة منها ـ تفشل في مواكبة التمدد الحاصل في الانسجة المجاورة مما يؤدي في كثير

من الاحيان الى تمزقها . وتحصل هذه الظاهرة بصورة خاصة في السيقان الفتية ، اما في الجذور فلا يتمزق الخشب الاول في الغالب لكونه لا ينضج بصورة كاملة الا بعد انتهاء مرحلة التمدد السريع في الجذر . أما الخشب التالي فيبقى عادة محتفظا بكيانه التركيبي ومؤديا لوظيفة النقل لفترة اطول في معظم الاعضاء النباتية . وفي النباتات التى لا تعاني تغلظا ثانوياً ، يبقى الخشب التالي هو الجزء الوحيد الذى يؤدى وظيفة نقل الماء والاملاح المعدنية طيلة حياة النبات . ويخلو الخشب الاول عادة من الالياف بينما قد يحتوى الخشب التالى على بعض الالياف .

ومن المميزات التى يختلف فيها الخشب الاول عن التالى طبيعة التغلظ الحاصل في عناصره الناقلة Tracheary elements (شكل ٥ـ٧) حيث تسود في الاول العناصر ذات التغلظ الحلقي Annular والحلزوني Spiral التى لا تقاوم كثيرا قوة الشد الناتجة عن التمدد السريع للعضو النباتي ، بينما تظهر العناصر الناقلة في الخشب التالي تغلظات من النوع الحلزوني Spiral or helical والسلمي Scalariform والشبكي Reticulate والمنقر Pitted على التوالى وقد توجد هذه الانواع المختلفة من العناصر الناقلة للخشب باية نسبة ، كما قد يوجد نوع واحد منها أو أكثر .

ومما تجدر الاشارة اليه ان اكثر من نوع واحد من التغلظ يمكن ان يلاحظ في نفس الوعاء أو القصيبة . كما ان تسلسل ظهور العناصر الناقلة في الخشب من الحلقي ، فالحلزوني ، فالسلمي ، فالشبكي ، ثم المنقر الذى يلاحظ في الفترات المتعاقبة من نمو الاعضاء النباتية ، يمثل نفس التسلسل التطوري الذى عانته تلك العناصر خلال الاحقاب السالفة من نشوء النباتات الوعائية . وبعبارة اخرى التغلظ الحلقي يعتبر أبسط انواع التغلظ واكثرها بدائية ، بينما يمثل التغلظ المنقر اكثرها رقيا من الناحية التطورية .



(شكل ٥ـ٧) وحدات أوعية خشبية او أجزاء منها توضح أنواع الصفائح المثقبة أ ـ هـ مركبة ، و ـ ز بسيطة

نسيج اللحاء Phloem

نسيج معقد وظيفته الرئيسة نقل المواد الغذائية في النباتات الوعائية بشكل ذائب . ويقترن نسيج اللحاء عادة مع نسيج الخشب في سائر الاعضاء النباتية فيكونان معا ـ كما سبق ـ النسيج الوعائي vascular tissue او النظام النسيجي الوعائي vascular tissue System يتالف اللحاء في مغطاة البذور Angiosperms من أنابيب منخلية Sieve tubes وخلايا مرافقة Companion cells وخلايا برنكيمية Parenchyma Cells والياف Fibers اما في عاريات البذور Cymnosperms فيفتقر اللحاء للانابيب المنخلية ، وتوجد بدلا عنها خلايا منخلية Sieve cells تمثل كل منها خلية مفردة ، كما ان الخلايا المرافقة