ANATOMY OF A PLANT

2020م

theoretical

أ.م.د ايمان محمد عبد الزهرة
جامعة البصرة كلية العلوم

جدار الخلية النباتية The cell wall

جدار حقيقي ميت يتكون من مادة السليلوز الذي تخلو منه خلايا الكائنات الأخرى وهو من نشاط البروتوبلاست وهي جدار ميت بالرغم من تمدد الجدار واتساعه اثناء نمو الخلية اذ ان هذا التمدد ليس دليلاً على حيويته لأنه عادة يكون في هذه المرحلة رقيقا" وقابلا" للتمدد. يظهر الجدار بعد الانقسام مباشرة بشكل منطقة داكنة عند استواء المغزل Equator تسمى هذه المنطقة Phragmoplast وخلال هذه المنطقة تظهر صفيحة رقيقة تسمى الصفيحة الخلوية Cell plate التي تظهر في وضع مركزي اولا" ثم تمتد تدريجيا نحو الخارج Centrifugal حتى تصل جدران الخلية الأم وعندما تصل الى جدران الخلية الأم تسمى عندها بالصفيحة الوسطى Middle lamella التي تتكون من بكتات الكالسيوم والمغنسيوم .

ثم يبدا نشاط البروتوبلاست بترسيب غشائيين رقيقين على جهتي الصفيحة مكونة ما يسمى بالجدار الابتدائي Primary cell wall ، عندما يكتمل نضج الخلية يندمج الجدار الابتدائي بالصفيحة الوسطى ليكون الصفيحة الوسطى المركبة Compound middle lamella وبذا تكون الصفيحة المركبة ثلاثية الطبقات . وفي خلايا كثيرة يبدا تغلظ اخر للجدار فوق الجدار الابتدائي عندما يكتمل نضج الخلية تسمى الجدار الثانوي Secondary cell wall الذي يتكون في بعض الخلايا دون غيرها . في بعض الحالات لا يمكن تميز الجدار الابتدائي عن الثانوي فتسمى عندئذ الصفيحة الوسطى المركبة على الجدارين وهي تكون الصفيحة خماسية الطبقات .

طبقات الجدار Wall layers

1- الصفيحة الوسطى Middle lamella

تسمى ايضا" المادة البينية Intercellular تربط الجدارين الابتدائيين المرتبطين بها مكوناتها : بكتات الكالسيوم والمغنيسيوم الا انها قد تحوي كلكلنين في عناصر الخشب وهي غير فعالة ضوئيا" optically inactive او متجانسة isotropic

2- الجدار الابتدائي Primary cell wall

وهو اول جزء من الجدار يضاف من نشاط البروتوبلاست على الصفيحة الوسطى ويضاف والخلية لا زالت حية وفي مرحلة نمو للسطح والحجم مكونات الجدار الابتدائي :

1- مواد بكتينية Pectic substance 2- سليلوز cellulose 3 مواد غير سليلوزية متعددة السكريات Non - celulosic polysaccharide

مادة السليلوز فعالة ضوئيا" optically active او غير متجانسة ضوئيا" Anisotropic بسبب وجود الياف السليلوز المرتبة بشكل منسق مما يؤدي الى انحراف الضوء المستقطب عند مروره خلالها.

السليلوز يكون على هيئة حزم من ليفيات يطلق عليها الليفيات الكبيرة Microfibrils وكل حزمة كبيرة تتكون من مجموعة وحدات اصغر هي الليفيات الدقيقة Microfibrils تتكون من سلسلة جزيئات السليلوز فالسليلوز لتبلور تنتظم فيه الليفيات الدقيقة بشكل متوازي عكس السليلوز غير المتبلور . في الخلايا التي تميل لاستطالة تكون الليفيات الدقيقة بصورة مستعرضة. أما الخلايا ذات الشكل الكروي تكون الليفيات على هيئة شبكة متداخلة تقلل من فاعليتها لانحراف، الضوء المستقطب أما في الجدران الثانوية تكون الليفيات الدقيقة متوازية ومائلة على اتجاه المحور الطولي. وكل ليفة دقيقة تتكون من حزمة من الوحدات وكل وحدة عبارة عن سلسلة من جزيئات السليلوز. في الجدار الابتدائي نسبة السليلوز المتبلور Crystalline cellulose قليلة مقارنة مع السليلوز غير المتبلور Amorphous cell لذا فانه طبيعته مرنة على العكس من الجدار الثانوي الذي تكون فيه نسبة السليلوز المتبلور حتى تصل 90% من مجموع السليلوز .

الجدار الابتدائي يتواجد في سائر الخلايا النباتية الا انه يبقى الوحيد في الخلية في حالة الخلايا المريستيمية Meristematic cell والخلايا البرنكيمية والكولنكيمية ومعظم خلايا البشرة .

3- الجدار الثانوي Secondary cell wall

يضاف على الجدار الابتدائي بعد اكتمال نمو الخلية السطحي والحجمي اي ان الجدار الثانوي يبدا بعد ان تصل الخلية الى حجمها النهائي كما انه يزداد سمكه دون أن يحدث زيادة في سطح الجدار . يتركب الجدار الثانوي من السليلوز cellulose + سكريات متعددة غير سليلوزية noncellulosic polysaccharide +سوبرين subrine لا أنه خالي من البكتين + لكنين lignin يقترن الجدار الثانوي بالخلايا الميتة غالبا" خلافا" مع الجدار الابتدائي والثانوي والبروتوبلاست ما زال حيا" وعند موت الخلية لا تحدث أي زيادة في سمك الجدار .

يعتقد وجود الجدار الثانوي على الانسجة التالية :

1- العناصر الناقلة للخشب Tracheary elemenys مثل الأوعية Vessels والقصيبات Tracheids
2- النسيج السكلرنكيمي Sclerenchyma مثل الألياف fibers والخلايا الحجرية stone cell
3- بعض الخلايا البرنكيمية في الخشب
4- النسيج الفليني cork tissue

5- بعض طبقات البشرة في الصنوبريات وخلايا الفيلامين (خلايا مثخنة الجدران في بشرة الأوكيدات) النقر Pits

انواع النقر

1- حقول النقر الابتدائية Primary pit fields

بداية نشوء النقر على هيئة حقول النقر الابتدائية تظهر في الجدار الابتدائي نتيجة تمدد البروتوبلاست وزيادة حجمه تظهر بما يشبه السبحة حيث يتكون الجدار الابتدائي في مناطق رقيقة تمثل حقول النقر ومناطق سميكة ، تتمثل هذه النقر في الخلايا الحية التي لم تعاني تغلظا" وتتميز بوجود روابط بلازمية Paswoole swati.

2-النقر البسيطة Simple pits

عندما يبدا الجدار الثانوي بالتغلظ تظهر النقر البسيطة على هيئة تجاويف او انخفاضات متقابلة مع بعضها في الخلايا المتجاورة ويفصلها غشاء رقيق عبارة عن الصفيحة الوسطى يسمى هذا الغشاء pit membrane اما التجويف فيسمى pit cavity اذان مكونات النقر البسيطة

1- غشاء النقرة pit membrane صفيحة الوسطى وجدار ابتدائي .
2- تجويف النقرة pit cavity بين الغشاء وتجويف الخلية
3- فتحة النقرة pit aperture تقع في نهاية تجويف النقرة تتواجد في الخلايا البرنكيمية الحاوية جدار ثانوي وكذلك العناصر الناقلة للخشب والالياف.

2- النقر المضفوفة Bordered pit

عندما ينفصل الجدار الثانوي عن غشاء النقرة ويمتد الى داخل الخلية متدرجا" في الرقة مكونا" ما يعرف بالضفة ولا تلتقي حواف الضفة في الوسط بل تظل متباعدة لتكون فتحة مركزية هي فتحة النقرة كما أن غشاء النقرة قد لا يظل رقيقا" بل يتغلظ في الوسط مكونا" ما يسمى بالتخت (tours) ويتخلف ما بين الصفيحة والغشاء فراغ يسمى (غرفة النقرة pit chamber) ويكون فقط التخت اكبر من قطر الفتحة قليلا"

(التخت عبارة عن جدار ابتدائي).

تتواجد النقر المضفوفة في:

1- رتبة الصنوبريات Coniferales
2- رتبة العلديات 3 Gentales

3- رتبة الجنكوالات Ginkgoales

(التخت يتواجد في النقر المضفوفة الوجهين 4 Bordered pit pair)- النقر المتشعبة Ramiform or Boranched

تظهر عندما يزداد سمك الجدار زيادة كبيرة والنقر تصبح عميقة وتتخذ شكل قنوات تصل ما بين تجويف الخلية وسطحها كما في الخلايا الحجرية Brachy sclereids (stone cell)

. اقتران النقر Pit combination

عندما تقترن نقرة على جانب من الجدار بواحدة او أكثر من النقرة المماثلة أو المختلفة لها على الجانب الاخر ويطلق على النقرتين المقترنتين بالزوج النقري Pit pair ومن اهمها

1- الزوج النقري البسيط Simple pit pair

تقترن نقرة بسيطة على جانب من الجدار بأخرى مماثلة لها على الجانب الاخر كما في الخلايا البرنكيمية ذات الجدران الثانوية.

2- الزوج النقري المضفوف Border pit pair

تقترن نقرة مضفوفة من جانب مع اخرى مضفوفة من الجانب الاخر كما في الجدران الفاصلة بين عنصرين ناقلين من عناصر الخشب

3- الزوج النقري نصف المضفوف Half bordered pit pair او Semi bordered pit pair

تقترن نقرة مضفوفة من جانب مع اخرى بسيطة من جانب اخر كما في الجدران الفاصلة بين عنصر ناقل من الخشب مع خلية برنكيمية اذ تكون النقرة المضفوفة على جانب القصيبة او الوعاء والنقرة البسيطة على جانب الخلية البرنكيمية

4- التنقر مركب الجانب Unilaterally compound pitting

تقترن نقرة واحدة من جانب مع اكثر من نقرة من جانب اخر .

5- النقرة العمياء Blind pit

تكون النقرة من جانب غير مقترن بنقرة من الجانب الاخر كما في النقر التي تقابلها مسافة بيبنية .

الروابط البلازمية Plasmodesmata

خيوط بروتوبلازمية تربط ما بين بروتوبلاست خلية وبروتوبلاست خلية متجاورة وهناك ادلة على أن هذه التراكيب حية ذات طبيعة بروتوبلازمية منها:ـ

1- وجودها في جدران الخلايا الحية فقط.

2- تشابه هذه التراكيب مع بقية السايتوبلازم من حيث ميلها للاصطباغ بالصبغات الخاصة بالسايتوبلازم

3- تعطي تفاعلات موجبة مع انزيمات الأكسدة oxidases كما يفعل السايتوبلازم.

عندما تتبلزم الخلية يبتعد عن الجدار الا في مناطق معينة من الجدار يبقى فيها السايتوبلازم مرتبطا به تتمثل هذه المناطق موضع مرور الروابط البلازمية . تلعب دورا في نقل الماء والمواد الأخرى من بروتوبلاست خلية اخرى .

المكونات الغير حية

1- الفجوات Vacuoles

تحتوي معظم الخلايا الحية على فجوات تحتوي بداخلها على سائل يطلق عليه العصير الخلوي Cell sap ايفصلها عن السايتوبلازم غشاء يطلق عليه غشاء الفجوة Vacuole membrane او (Tonoplast) تحتوي الفجوات محتويات اخرى مثل البلورات او الحبيبات النشوية اي انها تختزن نواتج ايضية . وغشاء الفجوة ذو نفاذية اختيارية differentially permeable اي انه يسمح لبعض المواد بالمرور ولا يسمح الغيرها اي انه غشاء ا" حقيقيا".

عدد الفجوات يختلف باختلاف عمر الخلية ونوعها والمنطقة التي توجد فيها ، الفجوة تكون صغيرة ومتعددة في المراحل المبكرة من النمو وعندما يكبر حجمها يقل عددها . ففي الخلايا المرستيمية الفجوات صغيرة وكثيرة العدد . الفجوة اما عديمة اللون او لونها معينا" والعصير الخلوي يتكون من الماء والأملاح والسكريات والأحماض العضوية والأحماض الأمينية ومركبات بروتينية ودهنية وقد توجد مواد دباغية tannins وصبغات الانثوسيانين anthocyanin والعصير الخلوي لزج الا انه اقل لزوجة من السايتوبلازم قد يكون حامضيا" او قاعديا". اهمية الفجوات:ـ

1- تلعب دورا هاما في العمليات الحيوية خاصة العلاقة المائية بين النبات والمحيط الخارجي.

2- تعزيز الية انتقال المواد المختلفة من منطقة إلى أخرى في جسم النبات.

3- ان الخلية لكي تقوم بنشاطها على اكمل وجه يجب ان تكون في حالة امتلاء turgidity وهذا يعتمد على الفجوة .

4- تقوم الخلية الممتلئة باعطاء التقوية للنبات من الناحية الميكانيكية خاصة الأجزاء الفتية .

2البلورات Crystalls

تراكيب غير حية متباينة في شكلها وتركيبها الا انها تتركب عموما" اما اوكسالات الكالسيوم او كربونات

بالنسبة للنوع الأول أهمية كبيرة حيث يخلق الخلية من حامض الأوكزاليك السام لذا فالخلية تحوله الى بلورات غير ذائبة لتقلل من سمية هذا الحامض .

انواع البلورات :-

1- بلورات مفردة Solitary crystall مثل البلورات المنشورية Prismatic c

2 بلورات متجمعة .Masses c

مثل البلورات النجمية .Druses c والبلورات الأبرية .Raphides c والبلورات الرملية . Sandy c

3 هناك نوع ثالث هو البلورات المعلقة او الحويصلة الحجرية .Cystolith c تتكون من جسم البلورة body الذي هو عبارة عن كاربونات الكالسيوم والعنق stalk الذي يتكون من مادة السليلوز حيث يتدلى من الجدار المماسي الخارجي لخلايا البشرة . والخلية الحاوية الحويصلة الحجرية تسمى Lithocyte او كيس الحويصلة Lithocyst تتواجد في خلايا الفصيلة القرعية Cucurbitaceae و التوتية Moraceae كما في التين المطاط . *Ficus elastica*

بلورات كروية .Sphaero c

توجد في درنات نبات الداليا *Dahlia* وهي عبارة عن مادة (inulin). 3)- الحبيبات النشوية Starch grain

مادة كربوهيدراتية متعددة السكريات تمثل سلسلة طويلة من جزيئات الكلوكوز تتكون في البلاستيدات الخضر عديمة اللون .

هناك اشكال مختلفة من حبوب النشا نتيجة لاختلاف :-

1 - موقع وشكل مركز وتكوين الحبة السرة hilum

2 وجود او عدم وجود الطبقات layers

3 حجم وشكل الحبيبات النشوية .

4طبيعة هذه الحبيبات من حيث كونها بسيطة أو مركبة .

تؤثر الظروف الفسيولوجية وكمية سكر الكلوكوز ودرجة الحرارة والانزيمات على تكوين الحبيبة النشوية .

يختلف شكل السرة فهي اما :ـ 1- دائرية

2- مشققة cracked

اما بالنسبة لموضع السرة فهي اما

1- مركزية concentric كما في الزاليا

2-لا مركزية excentric كما في الموز

اما من حيث عدد الطبقات فهي

1- بسيطة تترتب الطبقات حول سرة واحدة

2- شبه مركبة semicompound لها سرتان تترتب عليها طبقات مشتركة

3- مركبة compound اكثر من سرة مع طبقات تترتب على كل سرة بصورة مستقلة

4- الحبيبات الاليرونية Aleuron grain

مادة بروتينية في الخلايا النباتية والحيوانية وهي من أهم المواد الغذائية اذ انها المادة الرئيسية للمادة الحية كما انها المادة الأساسية التي تؤلف الانزيمات وتدخل في تركيب الكروموسومات والنواة والسايتوبلازم تختزن البروتينات على هيئة حبيبات تسمى الحبيبات الأليرونية. تتكون الحبيبة في اندوسبيرم الخروع وجسم شبه بلوري Crystalloid وهو بروتين (البومين متبلور) وجسم كروي globoid عبارة عن بروتين (كلوبيولين) متحد مع ملح مزدوج هو فوسفات الكالسيوم والمغنسيوم . في الباقلاء والبزاليا تكون الحبيبات الاليرونية صغيرة غير متبلورة وتكون الحبيبات الاليروني ممزوجة مع حبيبات النشا في نفس الخلية. اما في القمح فتوجد طبقة تحت غلاف الحبة تسمى الطبقة الاليرونية Aleuron layer تحتوى خلاياها حبيبات البرونية تليها للداخل الطبقات النشوية Starch layers تحوي حبيبات نشوية اضافة الى هذه المكونات الغير حية يمكن ان تتواجد احماض عضوية واصباغ وعطور .

الأنسجة النباتية Plant tissues

النسيج عبارة عن مجموعة من الخلايا المقترنة تركيبيا" والمكيفة لاداء وظيفة معينة . تتميز الانسجة الى نوعين رئيسين هما :ـ

الأنسجة المرستيمية Meristematic tissues

الأنسجة المستديمة Permanent tissues

❖ الأنسجة المرستيمية Meristematic tissues

هي تلك الأنسجة التي لم تتشكل بعد لتقوم بوظيفة معينة ولذلك فهي قادرة على الانقسام ثم النمو والتشكل حسب الوظيفة التي ستقوم بها ، تتميز خلايا هذه الأنسجة بعدة صفات تميزها عن خلايا الأنسجة المستديمة فهي صغيرة الحجم ، رقيقة الجدران ،ذات قدرة كبيرة على الانقسام وفيرة السايتوبلازم وذات نواة كبيرة انسبيا " كما انها عديمة الفجوات العصارية ، وان وجدت فتكون صغيرة الحجم ، ويشذ عن ذلك بعض الخلايا المرستيمية كخلايا الكمبيوم التي تكون غنية بالفجوات ، وقد تحوي بعض الخلايا المرستيمية على بلاستيدات لا لون لها او بلاستيدات اولية proplastids كذلك تتميز هذه الخلايا بعدم وجود المسافات البينية فيما بينها ، وان وجدت فانها غاية في الصغر .

تقسم الأنسجة المرستيمية بالطرق التالية :ـ

A–حسب منشائها Origin تقسم الى

1– انسجة مرستيمية ابتدائية Primary meristem

وهي الأنسجة التي تقوم ببناء الاجزاء الابتدائية في جسم النبات باستثناء الكامبيوم الوعائي او الحزمي وتنشا مباشرة من النسيج الاولي promeristem وتشمل القمة النامية للساق والجذر والخلايا المنشئة للاوراق .

2– الأنسجة المرستيمية الثانوية Secondary meristem

وهي الأنسجة التي تقوم ببناء الأجزاء الثانوية في جسم النبات وتنشا من خلايا مستديمة يعاودها النشاط والقدرة على الانقسام مثل الكامبيوم الفليني وخلايا الدائرة المحيطية في الجذر . والكامبيوم الوعائي

B – حسب موقعها في جسم النبات :ـ

1– انسجة مرستيمية قمية Apical meristem

توجد في القمم النامية للسيقان والجذور واحيانا" الأوراق .

2– انسجة مرستيمية بيبنية Intercalary meristem

توجد بين انسجة بالغة مستديمة بعيدا عن القمم النامية كتلك الموجودة في قواعد الاوراق او فوق العقد في السيقان خاصة ذوات الفلقة الواحدة، ويعزى النمو السريع او الزيادة في الطول في سيقان النجيليات وغيرها الى نشاط هذا المرستيم ويتواجد ايضا في بعض النباتات الواطئة مثل *Equisetum*.

3-انسجة مرستيمية جانبية Lateral meristem

وهي انسجة تتواجد موازية لسطح البشرة وتقسم لتعطي خلايا جديدة تضاف الى سمك الساق والجذر مثل الكمبيوم الفليني والكمبيوم الوعائي .

قمة الجذر Root apex

يشبه المرستيم القمي في الجذور المرستيم القمي في الساق الا انه لا ينتج انسجة الى الداخل فقط وانما للخارج ايضا" وتبعا" لوجود القلنسوة فان موقع المرستيم لا يكون نهائيا بل تحت نهائي subterminal اي تحت القلنسوة، كما انه يختلف ايضا" في انه لا يكون اعضاء جانبية كالفروع والأوراق التي تتكون بداياتها عند القمة في حالة الساق. اما التفرعات الجذرية التي تظهر عادة بعيدا عن منطقة النمو فهي داخلية الأصل Endogenous حيث تنشا من الدائرة المحيطية ويطلق لفظ المرستيم الأولي promeristem على المرستيم القمي في الجذر كما هو الحال في الساق وبعد المنطقة المرستيمية في الجذر يمكن تميز منطقتين هما الاسطوانة المركزية والقشرة وهما يمثلان منطقة الكامبيوم الأولي Procambium في المركز يحيط به المرستيم الاساسي Ground meristem المسؤول عن تكوين القشرة

القمة النامية في الساق Shoot apex

تختلف الخلايا المرستيمة في القمة النامية للساق في عددها وتركيبها وطرق انقسامها، نشأت فكرة المرستيم القمي لأول مرة عندما قدمها العالم Wolff عام 1759 ووصف هذه المنطقة بانها عبارة عن منطقة غير متميزة واقعة في منطقة قمة الساق ينشا منها جميع الأنسجة والأعضاء النباتية المحمولة على الساق وهناك عدة نظريات متعلقة بالمرستيم القمي تبين القمم النامية في الساق.

أولاً: نظرية الخلية القميه Apical Cell Theory

تفترض هذه النظرية أن قمة الساق تحوي خلية واحدة تمثل الخلية الانشائية الرئيسية التي ينشأ عن انقسامها وانقسام الخلايا الناتجة عنها جميع انسجة واعضاء النبات الموجودة في الساق . وعلى هذا الأساس يمكن رجوع جميع الخلايا المشتقة الى خلية واحدة تقع عند قمة الساق او الفرع الذي توجد فيه وقد استنبطت هذه النظرية من دراسات اجريت على بعض النباتات الواطئة مثل *Pteridophyta* و *Bryophyta* والطحالب Algae وفي هذه النباتات امكن بسهولة تتبع الخلية القمية ومشتقاتها . الخلية القمية قد تكون عدسية الشكل مثل Dictyota وفي هذه الحالة تنقسم الخلية في اتجاه واحد وبتوالي الانقسام بعد ذلك لتكون طبقة واحدة أو

بضع طبقات وقد تكون الخلية القمية هرمية الشكل Pyramidal كما في نبات ذيل الحصان *Equisteum* حيث تكون الخلية ذات اربعة اوجه Tetrahydral ، يمثل ثلاثة أوجه

منها جوانب الهرم ويمثل الوجه الرابع قاعدته ويكون متجها إلى الخارج والاوجه الثلاثة متجهة الى الداخل ويحدث الانقسام على التوالي من الجوانب الثلاثة الداخلية للخلية الهرمية بجدر موازية لهذه الجوانب ، وبهذه الطريقة يزداد العضو النباتي في الحجم والمساحة معا" ، بينما لا يحصل انقسام يوازي السطح الخارجي مما يحافظ على ابقاء الخلية القمية في موقعها عند قمة الساق وقد أمكن تطبيق هذه النظرية على نباتات بسيطة التركيب كالطحالب والحزازيات وبعض النباتات الوعائية الواطئة ، ولا يمكن تطبيقها على القمم النامية المعقدة الموجودة في النباتات البذرية سواء كانت عاريات البذور او مغطاة البذور .

ثانياً: نظرية الغلاف والبدن Tunica - Corpus Theory

بناء على هذه النظرية التي قدم اسمها الأول العالم Schmidt يمكن تمييز منطقتين مختلفتين في المظهر والتركيب في القمة النامية للساق هما :ـ

أ- البدن Corpus :ـ

وهي منطقة تقع وسط المرستيم القمي وتمتاز بكبر حجم خلاياها كما انها تنقسم عدة اتجاهات وبذلك تزداد قمة الساق في الحجم ، تكون انقساماتها مختلفة عمودية او موازية للسطح او مائلة ، وبتوالي الانقسامات تتكون الاسطوانة الوعائية والقشرة معا" ، والبدن له منطقة انشائية واحدة .

ب-الغلاف Tunica :ـ

وهي طبقة تغلف البدن وخلاياها اصغر من خلايا البدن كما انها تنقسم في اتجاهات محورية على السطح بحيث ينتج عنها زيادة في السطح كما انها قد تتكون من طبقة واحدة فأنها قد تنتج البشرة فقط او البشرة وبعض الطبقات الأخرى بداخلها واذا كانت من عدة طبقات تنتج البشرة والقشرة معا" اما بصورة كلية او جزيئية وذلك تبعا" للعضو النباتي ، ويتراوح عدد الطبقات في الغلاف 1-3 في ذوات الفلقة الواحدة ومن 25 في ذوات الفلقتين ويكون كل طبقة من الطبقات مناطقها الانشائية الخاصة بها وتنطبق هذه النظرية على قمة الساق وليس لها علاقة بالجذر كما انها قد تنطبق على كثير من القمم النامية للساق في الغالبية العظمى في نباتات مغطاة البذور وبما في ذلك ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين .

ثالثاً: نظرية نشوء الانسجة Histogen Theory

وصفها هانشاتين Hanstein اذ يمكن تميز القمة النامية للساق الى مناطق تكشف تقوم بتكوين طبقات او مناطق محددة وتسمى هذه المناطق المميزة لمنشات الانسجة Histogenous وهي

1- منشا البشرة Dermatogen يكون البشرة.

2- منشا القشرة Periblem يكون القشرة.

3- منشا الاسطوانة الوعائية Plerome يكون الحزم الوعائية + النخاع واللب.

4- في الجذر يوجد منشأ اخر هو منشأ القلنسوة Calyptrogen يكون القلنسوة Calyptera

رابعاً: نظرية المرستيم الأولي Promeristem

وفيها تتميز لمناطق المرستيم الأولي إلى ثلاثة مناطق.

1- البشرة الأولية Protoderm

عندما ينقسم انقسام عمودي يكون البشرة في الساق وعندما ينقسم انقسام موازي يعطي بشرة متعددة الطبقات او منطقة تحت البشرة.

2- الكمبيوم الأولي Procambium

عبارة عن اشرطة مبعثرة في ذوات الفلقة الواحدة او مرتبة في اسطوانة مجوفة في ذوات الفلقتين ، في الجذر تكون على شكل عمود مركزي واحد خشب ابتدائي ولحاء ابتدائي

3- **المرستيم الاساسي Ground meristem**

ينقسم بجميع الاتجاهات ليكون اشعة لبية وقشرة ولب.

الأنسجة المستديمة Permanent issues

وهي انسجة مكونة من خلايا توقف فيها الانقسام واصبحت متميزة بطريقة تلائم مع التخصص الوظيفي المنوط بها. وهذه الأنسجة اما ان تبقى محتفظة بمعظم مكوناتها البروتوبلازمية بما في ذلك النواة والسايتوبلازم، وفي هذه الأنسجة تبقى الخلايا قريبة من الخلايا المرستيمية وغالبا ما تبقى محفظة بقدرتها

على الانقسام بصورة كامنة كما في النسيج البرنكيمي والكولنكيمي والبشرة. وفي جميع هذه الأمثلة يمكن أن تعاني الخلية ظاهرة فقدات التميز فتتحول الى خلايا مرستيمية مرة اخرى. كما يحدث في تكوين الكمبيوم الحزمي والكمبيوم الفليني في التئام الجروح. وفي خلايا العديد من الأنسجة المستديمة الحية يمكن استحثاث الانقسام الخلوي بصورة تركيبية كما يحدث عند نقل الأنسجة الى المزارع النسيجية Tissue culture. وفي انواع من الخلايا تنحل النواة خلال عملية التميز بينما يبقى السايتوبلازم كما في وحدات الأنابيب المنخلية ، وفي بعض انواع الأنسجة تموت الخلايا بعد النضج وتصبح خالية من النواة والسايتوبلازم وفي مثل هذه الحالة تصبح الخلية مكونة من جدار يحيط بتجويف خال من البرتوبلاست كما في خلايا الألياف والفلين والقصيبات. تقسيم الأنسجة المستديمة استنادا إلى:-

اولا: – تقسم الأنسجة تبعا لدرجة تعقيدها Compexity:

1– إذا كان النسيج مؤلف من نوع واحد من الخلايا يسمى النسيج بسيطا" Simplie tissue 2– إذا كان النسيج مكون من أكثر من نوع واحد من الخلايا يسمى النسيج معقدا" Complex tissue كما في اللحاء والخشب. ثانيا":

تقسيم الأنسجة تبعا" للمنشأ

1– Primary tissue: – تنشا من الأنسجة المرستيمية الابتدائية كتلك التي تنشا من البشرة الأولية Epidermis Protoderm

Parenchyma. Collenchyma.Sclernchyma Ground meristem

الخشب واللحاء الابتدائي Procambium

2- Secondary tissue: –

هي الأنسجة التي تنشا من المرستيمات الثانوية فيطلق عليها الأنسجة الثانوية. الخشب الثانوي واللحاء الثانوي + Vasicular cambium

ثالثا– تقسم الأنسجة تبعا" للاستمرار الطوبغرافي Topographic coutinuity

وهو التقسيم الذي عمل به العالم Sachs عام 1875 عندما صنف الأنسجة المكونة للجسم النباتي الى انظمة واجهزة نسيجية Tissue system يمثل كل منها موقعا محددا" في جسم النبات "-

1– النظام النسيجي الضام Dermal.T. system

. ويشمل البشرة Epidermis: بالنسبة لأعضاء النمو الابتدائي

Periderm: لمعظم الأعضاء التي تعاني تغلظ ثانوي

2- النظام النسيجي الوعائي Vasicular.T. system

ويشمل جميع أنسجة الخشب واللحاء الموجودة في جسم النبات سواء الابتدائية أو الثانوية.

3- النظام النسيجي الاساسي Fundemental or Ground T System يضم القشرة واللب والاشعة اللبية.

رابعا: - تقسيم الأنسجة تبعا" للتشابه الوظيفي Physiologic similarity

- الجهاز النسيجي الضام او الوقائي Dermal or Protective T.S

يضم البشرة Epidermis و البريديرم Peridem

2- الجهاز النسيجي الدعامي او الميكانيكي. Supporting or Mechanical T.S

ويضم جميع الأنسجة ذات الوظيفة الميكانيكية التي تكسب النبات متانة وقوة وهي تشمل الكولنكيمي والسكلرنكيمي اللذان يعرفان با Sterome القصيبات

3- الجهاز النسيجي الناقل او الوعائي. Conducting or Vascular T.S

يشمل الخشب واللحاء.

4- الجهاز النسيجي التمثيلي. Photosynthetic T.S

ويضم الأنسجة التي تمارس التركيب الضوئي وتشمل الأنسجة الحاوية على كلوروفيل وتشمل جميع الأنسجة المعرضة للضوء مثل الميزوفيل وبعض الانسجة الواقعة تحت البشرة في ساق النبات التي لا تعاني نمو ثانوي مثل نسيج الكلورنكيمي .

5- الجهاز النسيجي الافرازي او الاخراجي Secretory or Excretory T.S

يضم الأنسجة والخلايا والتراكيب التي تلعب دورا في عمليات الافراز في النبات او في نقل هذه المواد ضمن النبات او الى الخارج. الأنسجة الضامة Dermal Tissue

طبقة واقية تحيط بجسم النبات من الخارج وتحميه من الأضرار الميكانيكية وفقدان الماء الزائد والآفات الخارجية والانسجة الضامة تشمل جميع الأنسجة التي تحيط بجسم النبات بكل اعضائه سوآءا في مرحلة النمو الابتدائي او الثانوي.

تشمل هذه الأنسجة Epidermis (في النمو الابتدائي) Periderm (في مرحلة النمو الثانوي)

البشرة Epidermis: ـ

تمثل الطبقة الخارجية التي تغلف جسم النبات الابتدائي (الجذر والساق والأوراق والبذور والثمار) والتميز بين بشرة الأجزاء الهوائية وبشرة الجذر تسمى بشرة الجذر Epiblem او Rhizodern اما الاجزاء الهوائية فيطلق عليها Epidermis كما تطلق نفس التسمية على بشرة اعضاء النبات كافة في مرحلة النمو الابتدائي.

صفات خلايا البشرة: ـ

1- خلايا حية

2- لها سايتوبلازم رقيق

3 - فيها فجوات واسعة مملوءة بالعصير الخلوي

4- لها جدران ابتدائية فيها حقول النقر الابتدائية Primary pit feilds

5- خالية من المسافات البينية لذا فهي تعيق مرور بخار الماء والغازات الا عن طريق الثغور . الاعضاء الهوائية تكون بشرتها مشبعة بمادة الكيوتين التي بشكل طبقة خارجية مستمرة هي الأدمة Cuticle اما بشرة الجذور فتخلو تماما من الكيوتكل الادمة في النباتات الصحراوية Xerophyte أكثر سمكا من النباتات الوسطية Mesophyte بينما الأدمة رقيقة او معدومة في النباتات المائية Hydrophyte. قد تبقى البشرة محتفظة بوظيفتها طيلة حياة النبات في النباتات التي لا تعاني من نمو ثانوي عدا بعض نباتات ذوات الفلقة الواحدة التي تتساقط فيها البشرة مع سقوط القلف على الرغم من عدم حصول نمو ثانوي.

في الوقت نفسه هناك نباتات تبقى فيها البشرة سليمة عدة سنوات على الرغم من النمو الثانوي مثل نبات الاسفندان **Acer** الذي تبقى بشرته سليمة على الرغم من النمو الثانوي. حيث تنقسم خلايا البشرة بصورة مماسية لتتماشى مع سمك الساق.

* البشرة البسيطة والمتضاعفة

البشرة البسيطة تتألف من صف واحد من الخلايا فيطلق عليها Uniseriate اما عندما تكون مؤلفة من صفين تسمى متضاعفة او متعددة الطبقات Multiseriate كما في العائلة التوتية Moraceae خاصة نبات التين *Ficus* والعائلة الخبازية Mavaceae والعائلة الفلفلية Piperaceae والنخيلية Palmae والسحلبية Orchidaceae حيث يتراوح عدد الطبقات ما بين (2 و 16) اذ تنقسم البشرة بصورة موازية للسطح مما يزيد عدد طبقائها

وظائف البشرة

1- الوقاية Protevtive :- من الأضرار الميكانيكية التي يتعرض لها الرياح والأمطار والرمال ومن الحشرات والآفات اضافة الى حفظ الأنسجة الداخلية من الجفاف . كما ان الافرازات التي تكونها خلايا البشرة تقوم بدور الحماية ايضا" حيث تقفز منها الحيوانات .

2- تنظيم عملية التبادل الغازي exchange of gases حيث تنظم الثغور عملية التبادل الغازي بين الأنسجة الداخلية والمحيط الخارجي في عملية التنفس والتركيب الضوئي، اضافة الى تنظيم خروج الماء من النبات على هيئة بخار في عملية النتح Transpiration

3- تقوم البشرة في الجذور بامتصاص Absorption الماء والأملاح من التربة .

4- تقوم بالبناء الضوئي Photosynthesis إذا احتوت بلاستيدات خضراء.

5- تحتفظ بعض خلايا البشرة بخاصيتها المرستيمية الكامنة Potentially meristematics حيث تساهم في تكوين المرستيمات الثانوية كما في الدفلة *Nerium oleander* والصفصاف *Salix* والعائلة الوردية *Rosaceae* والتفاح *pyrus malus* حيث تفقد التميز وتتحول الى خلايا مرستيمية هي الكمبيوم الفليني Cork cambium) Phellogen).

انواع خلايا البشرة Epidermal cell types

1-الخلايا الاعتيادية للبشرة Ordinary Epidermal cell

خلايا البشرة خالية من البلاستيدات عدا نباتات الظل Shade plant والنباتات المائية تحوي بشرتها على بلاستيدات خاصة البشرة على الأعضاء الهوائية. يتميز الجدار الخارجي من البشرة الى طبقات في النباتات الصحراوية حيث تكون غنية بالكيوتين وخالية من السليلوز وقد يترسب الشمع wax على سطح الكيوتكل كما في العنب وقصب السكر.

2- الخلايا الحارسة Guard cells

وهي خلايا تتواجد على هيئة ازواج ضمن خلايا البشرة الأخرى وكل زوج يحيط بفتحة ويطلق على الخليتين والفتحة اسم الثغر Stoma او الجهاز الثغري Stomatal apparatus وزوج الخلايا يطلق عليه الخلايا الحارسة هذه الخلايا كلوية الشكل Kidney shaped وتحوي بلاستيدات خضراء وسايتوبلازم ونواة وبروتوبلازم أكثر كثافة من خلايا البشرة الأخرى وتكون الجداران الخارجي

والداخلي سميكان بينما الجدران الجانبية رقيقة وهذا الاختلاف في السمك له دور في قيام الخلايا الحارسة بمهمتها الرئيسية وهي فتح وغلق الثغور فعندما تكون الخلايا ممتلئة turgid تنفتح الثغور اما اذا كانت في حالة انكماش Shrinkage نظرا" لفقدان الماء فان الجدران الجانبية الرقيقة تكون في حالة ارتخاء فتلتقي عند الفتحة وتغلق الثغر يقتصر وجود الثغور على بشرة الأجزاء الهوائية كالأوراق والسيقان وتنعدم في بشرة الجذور ولكنها موجودة في السيقان الرايزومية Rhizomes كما تتواجد في بعض النباتات المائية وفي الأجزاء الزهرية الملونة الا انها بدون وظيفة . غالبا" تتواجد عند مستوى البشرة الا انها قد تكون غائرة Sunken كما في الصنوبر وقد تكون عن مستوى سطح البشرة كما في النباتات المائية والفلفل والمطاطة او تكون داخل تجويف Crypt or deression كما في الدفلة

*** يمكن تمييز ثلاثة أنواع من الثغور :-**

1- النوع العادي يطلق عليه ذوات الفلقة الواحدة والفلقتين Dicot type - Monocot

في جميع نباتات ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين عدا فصيلتين هما Gramineae و Cyperaceae حيث تكون الخلايا الحارسة في هذا النوع كلوية الشكل في المنظر السطحي وفي المقطع الراسي تبدو الخلية الحارسة مزودة بجزء قرني الشكل horn like

في الجهة الخارجية

2- النوع الثاني يتواجد في الفصيلتين النجيلية Gramineae والسعدية Cyperaceae حيث تكون الخلايا الحارسة صولجانية او دمبلية bell shaped - dumb حيث تبدو الخلية ضيقة من الوسط ومتسعة ومنتفخة من الطرفين. تكون الجدران الوسطية سميكة الجدار في الخلايا الحارسة بأنواعها والجدران الخارجية المنتفخة رقيقة ويعتمد انتفاخ وانغلاق الثغور على شكل الخلية والتغلظ في الجدران فعند امتلاء الخلية تنتفخ الاطراف رقيقة الجدران دون الجزء الوسطي فينفتح الثغر اما في حالة قلة الضغط الأسموزي فيقل انتفاخ الأجزاء الطرفية وتتقارب الاجزاء الوسطية فينغلق الثغر.

3. النوع الموجود في النباتات المخروطية Coniferales مثل الصنوبر *Pinus* يسمى هذا النوع Gymnosperm type حيث تكون الثغور غائرة ومزودة بخلايا مساعدة Subsidiary cells حيث الخلايا الحارسة في المقطع الراسي في وضع مائل والجدران مغلظة. قد تكون الخلايا الحارسة متصلة بخلايا البشرة الاعتيادية مباشرة او متصلة بخلايا متميزة عن بقية خلايا البشرة تسمى الخلايا المساعدة Subsidary cell واستنادا لوجود الخلايا المساعدة او عدم وجودها وطريقة اتصالها بالخلايا الحارسة وعددها قسمت الثغور الى الطرز التالية:

1- Anomocytic type او Ranunculaceous لا توجد في هذا الطراز خلايا مساعدة كما في ثبات الباقلاء *Vicia faba*.

2- الطراز متباين الخلايا Anisocytic type او بسمى Cruciferous تتميز بوجود ثلاثة خلايا مساعدة متدرجة بالحجم كما في الفجل *Rhaphanous*

3-الطراز متوازي الخلايا Paracytic type او تسمى Rubiaceous type هناك خليتان مساعدتان نوازي الخلايا الحارسة وفتحة الثغر كما في الخروع *Ricinus communi* والعائلة Convovulaceae

4- الطراز متعامد الخلايا Diacytic type أو Caryophyllaceous هناك خليتان مساعدتان تتعامد على الخلايا الحارسة Dianthus

5- الطراز نجمي الخلايا Actinocytic type يحاط الثغر بعدد من الخلايا المساعدة المنتظمة بشكل نجمي او شعاعي.

البريديرم Periderm

ان حصول النمو الثانوي في عاريات البذور وذوات الفلقتين بسبب الزيادة في سمك العضو النباتي مما يسلط ضغطا" على البشرة والأجزاء الخارجية من القشرة مما يؤدي الى تمزقها وربما تمزق القشرة ايضا" مما يؤدي الى تمزقها وربما تمزق القشرة ايضا" مما يؤدي إلى فقدان وظيفة البشرة كنسيج وقائي لذا من الضروري تعويض البشرة بنسيج اخر يحمي اجزاء النبات الداخلية هذا النسيج هو البريديرم فهو نسيج وقائي ثانوي المنشأ يحل محل البشرة في الأعضاء التي تعاني تغلظا" ثانويا" ويحدث التغلظ احيانا" في النباتات العشبية لذوات الفلقتين وكذلك بعض ذوات الفلقة الواحدة . ويمكن أن ينشا البريديرم في مناطق انفصال الأعضاء النباتية وأسفل الجروح والأنسجة الميتة والفلين غير منفذ للماء والغازات لذا فان الطبقات الواقعة إلى الخارج منه تسقط على شكل قلف بين فترة واخرى قد تتكون البريديرم مرة واحدة وتبقي سطحية مؤدية لوظيفتها الوقائية

طيلة حياة النبات مثل النبات Fagus او يحتفظ الساق بقلفه لمدة 20–30 سنة. اما في الكمثرى والتفاح Pyrus فان البريديرم يبدا بتكوين الطبقة الثانية منه بين السنتين (6 و8) من عمر الساق بينما في نبات الاسفندان *Acer* تبقى البشرة مؤدية لوظيفتها الوقائية دون البريديرم حتى عمر 20 سنة يتميز البريديرم الى ثلاث طبقات.

1– الفلين Phellem or Cork (الطبقة الخارجية)

2– Phyllogen or Cork cambium (الوسطي)

3– Phelloderm or Secondary cortex (الداخلية)

1– الكامبيوم الفليني Phellogen or Cork cambium

وهو مرستيم ثانوي يتكون نتيجة تحول خلايا مستديمة خلال عملية فقدان التميز dedifferentiation كما يعتبر مرستيما" جانبيا" ateral meristem ال انه يوازي البشرة في موقعه وينقسم باتجاه مماسي مما يؤدي الى زيادة سمك الساق كما يفصل الكمبيوم الوعائي يعطي الكمبيوم الفليني عند انقسامه الفلين للخارج والقشرة الفلينية او ما يسمى Phylloderm للداخل يعتبر الكمبيوم الفليني خارجي المنشأ exogenous في الساق وداخلي المنشأ endogenous في الجذر.

يسمى الكمبيوم الفليني خارجي المنشأ في الساق لأنه ينشا من المناطق الخارجية من القشرة او من البشرة احيانا" كما في الدفلة Nerium والصفصاف Salix والبلوط الفليني Quercus suber والتفاح Pyrus malus وبمرور الزمن يتكون كامبيوم فليني فترة بعد فترة حتى يصل مناطق اعمق تصل الى منطقة اللحام الثانوي بل وحتى الخشب احيانا" وفي هذه الحالة يسمى كامبيوم فليني بين خشبي Intraxylary phellogen كما في بعض عوائل ذوات الفلقتين وقد ينشا هذا الكمبيوم من الطبقة تحت البشرة Hypodermis كما في ساق *Geranium* وساق الحور *Populus* اما في الجذور فان سبب النشوء الداخلي الكمبيوم لكونه ينشا من الدائرة المحيطية pericycle كما في التين الشوكي *Opuntia* وقد ينشا من الطبقات الداخلية للقشرة كما في جذور القطن Gossypium الخلايا الحية التي في طريقها إلى التحول الى الكمبيوم الفليني تعاني انقسامين متتالين عن طريق جدارين محيطين Periclinal walls ، ينتج عن الانقسام الاول تكوين خليتين ، الخلية الداخلية تتحول إلى

Phelloderm بينما الخلية الخارجية تبقي مرستيمية حيث تنقسم مرة اخرى بجدار محيطي ايضا" مكونا" خليتين ، الداخلية تبقى احدى خلايا الكامبيوم الفليني بينما تتحول الخارجية منها الى خلية فلينية cork بينما

تبقى الخلية الوسطية مرستيمية (خلية الكمبيوم الفليني) فان كلتا الخليتين الداخلية والخارجية يفقدان قابليتهما المرستيمية ويسيران نحو التميز وتكوين خليتين مستديمتين. وبانقسام خلايا الكمبيوم الفليني بجدران محيطية، تتكون خلايا فلينية نحو الخارج بصورة مستمرة وتنتظم خلايا الفلين هذه في صفوف قطرية وغالبا ما تكون طبقات الفلين أكثر من طبقات الفلوديرم. الكمبيوم الفليني ابسط من حيث التركيب من الكمبيوم الوعائي لأنه يتكون من خلايا متشابهة من حيث الشكل بينما الكمبيوم الوعائي له اصول شعاعية واصول مغزلية تكون خلية الكمبيوم الفليني مضلعة وغزيرة الفجوات.

2- الفلوديرم Phelloderm

خلايا برنكمية حية تحتفظ بمحتوياتها السايتوبلازمية والجدار الابتدائي. لا تختلف عن خلايا القشرة اللي تليها الا في انتظام خلاياها في صفوف قطرية مستمرة في انتظامها، وعادة هي قليلة الطبقات وقد تكون صف واحد وقد تحتوي بلاستيدات خضراء لتقوم بالبناء الضوئي ، كما انها تقوم بوظيفة الخزن.

3- الفلين Cork or phellem

السيج بسيط ذو خلايا متراصة خالية من المسافات البينية ولها جدران ثانوية مسوبرة Suberized خالية من النقر والخلايا موشورية الشكل تموت عند النضج بعد اكتمال تكوين الجدران الثانوية بذلك تصبح مؤلفة من

جدار خلوي يحيط بتجويف الخلية Cell lumen الخالي من البروتوبلاست يقوم الفلين بالوظيفة الوقائية لان وجود مادة السوبرين Suberin الدهنية يجعلها غير منفذة للهواء والوسائل الاخرى. يتكون السوبرين من الحوامض الدهنية بنسبة 35% بينما اللكنين يشكل 20-30% اضافة الى وجود السليلوز Cellulose والتربينات والمواد الباغية Tannis.

السوبرين يكون على شكل صفائح Lamella تضاف للجدار فوق الجدار السليلوز الابتدائي الملكنن ، كما تضاف طبقة سليلوز مع سليلوز مرة اخرى ناحية الداخل ، تجري عملية التسوبر Suberization في الصفائح الوسطية أولا" ثم تتجه نحو مركز الخلية .

Phelloids :- هي خلايا شبه فلينية تبقى دون تسوبر اي لا تتكون على جدرانها مادة التسوبر . ان سبب القابلية على الكفاءة العالية للحماية والوقاية للنسيج الفليني هو :-

1. تسوبر الخلايا بشكل متميز.

2- شدة تماسك الخلايا مع بعضها وانعدام المسافات بينها.

وظائف الفلين :

1- منع النباتات من فقدان كمية كبيرة من الماء عن طريق النتح بعد تحطم البشرة وتعرض الخلايا الداخلية المؤثرات الخارجية.

2- جدر خلايا الفلين المسوبرة تكون بمثابة غلاف واق" حول النبات.

3- بعض خلايا الفلين تحوي هواء تكون بواسطته طبقة عازلة تقي النبات خاصة الأنسجة الداخلية من الحرارة والبرودة الزائدة.

4- قدرة بعض الخلايا على مقاومة الطفيليات لاحتوائها على المواد الدباغية tannis.

Polyderm:- هو نوع خاص من البريديرم يتكون في الجذور والسيقان الترابية وهو موجود في العوائل النباتية Rosaceae و Myrtaceae و Onagraceae وهو يتألف من طبقات محيطية مسوبرة جربه وطبقات اخرى من خلايا غير مسوبرة وقد تصل عدد الطبقات الى 20 طبقة .

Rhytidom :- هي طبقة ميتة متراكمة نتيجة لتكوين البريديرم مرة بعد اخرى في جذور وسيقان النباتات الشجيرية وبقاءها على العضو النباتي . العوامل المؤثرة على تكوين البريديرم

1- العمر (عمر النبات)

2- طبيعة النمو

3- تعرض الساق الى الضوء يعمل من تكوين البريديرم ويحفز الانسجة على تكوين كمبيوم فليني.

النسيج البرنكيمي Parenchyma tissue

نسيج مستديم بسيط يؤلف معظم أجزاء النبات امثال قشرة ولب الساق وميزوفيل الورقة ولب الثمار والبذور.

صفات خلاياه

1- حية تحتفظ بالنواة والسايتوبلازم فترة طويلة

2- السايتوبلازم طبقة رقيقة جدارية

3- تتوسطها فجوة عصارية

4- النواة ذات موقع طرفي او وسطي

5- لها جدار ابتدائي وحقول النقر الابتدائية

6- تتخلل النسيج مسافات بيبنية

7- لها القدرة على فقدان التميز والعودة للحالة المرستيمية في برنيكما الخشب يضاف جدار ثانوي لها الغرض اعطاء الدعم والاسناد وحتى خلايا اللب احيانا" كما في نبات البيلسان *Sambucus* . قد يكون جدار الخلية سميك نتيجة خزن الغذاء فيه مثل سويداء البذور *Phoenix dactylifera*

اشكال الخلايا البرنكيمية

1- ذات شكل متساوي الابعاد او متعدد الأضلاع Polyhydral isometric وهو الشائع في معظم النباتات.

2- الخلايا البرنكيمية ذات الأذرع Armed parenchyma كما في نبات الزنبق Lily 3_الخلايا ذات طيات .Folded pare كما في نسيج الميزوفيل لنبات الصنوبر

4- الخلايا البرنكيمية العمودية Columnar او Elongated كما في النسيج العمادي لورقة نبات *cotina*

5-الخلايا البرنكيمية المفصصة. Spongy paren كما في نبات *Taxus*.

6- الخلايا البرنكيمية النجمية. Stellate pare كما في ميزوفيل نبات فحل الموز *Canna indica*

منشا الخلايا البرنكيمية

للخلايا البرنكيمية منشأين:

1- منشأ ابتدائي Primary origin: - تضم الأنسجة البرنكيمية التي تنشا من المرستيمات الابتدائية مثل المرستيم الاساسي ground meristem (قشرة الساق والجذر) او من الكمبيوم الأولي Procambium (برنكيما الخشب الابتدائي واللحاء الابتدائي).

2- منشأ ثانوي Secondary origin: - تضم الأنسجة البرنكيمية التي تنشأ من المرستيمات الثانوية مثل الكمبيوم الفليني (يكون قشرة الفلين) والكمبيوم الوعائي (برنكيما اللحاء الثانوي وبرنكيما الخشب الثانوي). يمكن تقسيم الأنسجة البرنكيمية تبعا" للوظيفة 1- النسيج البرنكيمي العادي Ordinary parenchyma تتكون خلايا هذا النسيج من برنكيما عادية لم تتخصص لوظيفة معينة ولها جميع الصفات العامة للنسيج من

رقة جدران وامتلائها بالعصير الخلوي ووجود المسافات البينية مثل قشرة الساق والجذر لذوات الفلقتين والقشرة الأساس لذوات الفلقة الواحدة.

2- النسيج الكلورنكيمي المتوسط. Chloranchyma or Mesophyll pare

هو النسيج الخاص بالبناء الضوئي يتواجد في الأجزاء المعرضة للضوء فقط تحتوي خلاياه على كمية كبيرة من البلاستيدات بالنسبة للكلورنكيمي يتواجد في السيقان العشبية والأطراف الغضة اما النسيج المتوسط Mesophyll فيتواجد في الورقة وهو تحور من النسيج الكلورنكيمي كما في نبات البزاليا *Pisum*

3. النسيج البرنكيمي الخازن Storage pare

وهو النسيج البرنكيمي المخصص لخزن المواد الغذائية الناتجة من عملية البناء الضوئي بعد استهلاك جزء منه في الفعاليات الحيوية. والمواد المخزونة اما بروتينية او كربوهيدراتية أو دهون كما في سويداء بذور النخيل *Phoenix dactylifera* .

4-النسيج البرنكيمي الهوائي Arenchyma

خلايا هذا النسيج صغيرة الحجم رقيقة الجدران بينها مسافات بينية واسعة تتصل هذه الفراغات مع بعضها لتكون جهاز التهوية هذا النسيج يخزن الاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون الناتجة من البناء الضوئي والتنفس يتواجد في النباتات المائية Aquatic plant

5. تقوم بعض الخلايا البرنكيمية بوظيفة الافراز Secrection.

6 . تقوم بعض الخلايا البرنكيمية بوظيفة النقل لمسافات قصيرة كما في الاشعة الوعائية Vasicular rays

النسيج الكولنيكمي Collenchyma tissue

يؤلف هذا النسيج مع النسيج السكلرنكيمي النسيج الدعامي او الميكانيكي لاعضاء النبات المختلفة. والنسيج الكولنكيمي يقدم الدعامة للأعضاء الفتية الهوائية وتقوية هذه الاعضاء ضد عوامل الضغط والشد والانحناء لأن جدران الخلايا الكولنكيمية تمتاز بمرونتها كما أن استطالة الاعضاء الفتية تحتاج لمرونة النسيج الكولنكيمي.

مميزات النسيج الكولنكيمى

1-خلايا هذا النسيج حية ذات جدران مثخنة بمواد بكتينية بصورة غير منتظمة.

3- عديمة المسافات البينية.

4- تتواجد في الأجزاء الهوائية فقط تنعدم في الأجزاء الأرضية .

5- خلايا طويلة ونحيفة.

5- تتواجد تحت البشرة مباشرة أو بعدد 1-2 صف من الخلايا البرنكيمية وقد تكون مقترنة بالنسيج الوعائي في اعناق الأوراق.

يقسم النسيج الكولنكيمى الى ثلاثة أنواع تبعا" لطريقة التسمك:ـ

1- النسيج الكولنكيمي الزاوي Angullak collenchymal التمسك يحصل في الجدران الابتدائية عند الأركان مقابل المسافات البينية مثل القرع *Cucurbita* والعنب *Vitis* والتين *Ficus*

2- النسيج الكولنكيمي الصفائحي .Lamellar colle

يقتصر التسمك على الجدران المماسية الداخلية والخارجية وتبقى الجدران القطرية رقيقة وتكون الشحنات بهيئة صفائح متراكبة كما في البيلسان *Sambucus*

3. النسيج الكولنكيمي الفراغي او الانبوبي. Lacunae or Tubular colle

يكون التثخن عند الزوايا الا ان التثخنات لا تكون كاملة تترك مسافات بينية ضمن التثخنات مكونة ما بيشبه الانبوب مثل الخس *Lactuca* و *Salvia* .

النسيج السكلرنكيمى Sclerenchyma tissue:

النسيج مستديم بسيط تموت خلاياه عند النضج، فتصبح مجرد جدار سميك يحيط بتجويف الخلية lumen cell، جدار الخلية مشبع بمادة اللكنين.

Sterome: - وظيفة الرئيسية هي الدعامة Support حيث يكسب الأجزاء النباتية الدعامة الميكانيكية. مصطلح يطلق على النسيجين الكولنكيمي والسكلرنكيمي المختصان بوظيفة التدعيم. * يتواجد هذا النسيج في جميع الأجزاء النباتية الارضية والهوائية والخلايا السكلرنكيمية لها صفة مطاطية elasticity بسبب التغلظ المنتظم للجدران على العكس من النسيج الكولنكيمي يكون فيها التغلظ غير منتظم فيكسبها صفة بلاستيكية plasticity.

قد تبقى الخلايا السكلرنكيمية حية لفترة طويلة كما في الالياف المقسمة Septate fibers حيث تنقسم الخلية بجدران مستعرضة غالبا ما تكون الصفيحة الوسطى في الخلايا السكلرنكيمية غير متميزة عما يجاورها من طبقات الجدار فتسمى الصفيحة الوسطى المركبة Compound middle lamella.

منشأ النسيج السكلرنكيمي :ـ

ينشا من النسيج المرستيمي كالكامبيوم الأولى procambium او من الكمبيوم الوعائي Vasicular cambium او تنشا من الخلايا البرنكيمية بعد تحولها إلى خلايا سكلرنكيمية عن طريق تلكنن جدران الخلايا البرنكيمية وتغلظ جدرانها ثم يموت البروتوبلاست وتتحول الى خلية سكلرنكيمية . Redifferentiation عملية تتحول الخلايا المستديمة الى نوع اخر اكثر تخصص.

الخلايا السكلرنكيمية نوعان :ـ

1- الألياف Fibers

خلايا طويلة نحيفة slender ذات نهايات مستدقة وجدران مطاطية لها القدرة على استرجاع شكلها وطولها الأصلي بعد الشد حيث تتداخل النهايات المستدقة للألياف مع بعضها فتكسب الأجزاء قوة ومتانة. الألياف لها شكل مضلع في المقطع المستعرض وجدران سميكة مع تجويف ضيق، النقر قليلة أو معدومة وهي من النوع البسيط تتواجد النقر المضفوفة في الالياف القصبية fiber tracheid اما النقر البسيطة فتتواجد في الألياف العادية Libriform fiber

الألياف القصيرة يحدث التغلظ في جميع انحاء جدران الليف بينما في الالياف الطويلة مثل القنب Cannabis satival يحدث التغلظ في المناطق الوسطى بينما تستمر النهايات بالنمو الانحشاري intrusive growth حيث تسلك طريقها ما بين الخلايا

انواع الالياف من حيث الشكل :

- الالياف غير المقسمة Non - septate fiber مثل *Magnolia*

- الألياف المقسمة Septate fiber مثل *Zea*

انواع الالياف حسب موقعها :ـ

1- الياف الخشب wood fiber ضمن نسيج الخشب

2- الياف اللحاء phloem fiber

3- الياف الدائرة المحيطية perivascular fiber

4- الياف تحت البشرة وغلاف الحزمة Hypodermal fiber and bundle sheath fibers

5- الياف القشرة cortex fiber تقع خارج اللحاء الابتدائي وتنشا من المرستيم الأساسي. تعد الألياف المقترنة باللحاء المصدر الرئيسي للألياف التجارية commercial fibers ، حيث تنعزل الالياف عما يجاورها من انسجة بطريقة صناعية تسمى التحطين retting شرح الجهود في نبات الكتان Linum unitatssimum يتجمع الالياف مقابل حزمة وعائية خارج اللحاء ويكون منشاها من الكمبيوم الأولي .

اما في نبات العنب *Vitis* والزيزفون *Tilia* فان الألياف تقتصر على اللحاء الابتدائي بل تشمل الياف اللحاء الثانوي.

الالياف الاقتصادية Economic fiber

تتمثل بألياف اللحاء مثل الياف الكتان والقنب والجوت اما الياف القطن والكرفس فهي ليست الياف حقيقية وكذلك الياف الحزم الوعائية في ذوات الفلقة الواحدة.

المواصفات الجيدة للألياف :ـ

1- زيادة طول الليفة

2- لها قوة شد عالية

3- انتظام سمكها ومرونتها

انواع الالياف الصناعية :

ـ 1- الألياف السطحية Surface fiber على سطح بذور القطن .

2-الألياف الناعمة Soft fiber مثل الياف اللحاء في ذوات الفلقتين.

3- الألياف الصلبة Hard fiber مثل الياف غيرنقية مع انسجة اخرى.

امثلة على هذه الالياف:ـ

1- النوع الأول *Gossypium hirsutum*

2- النوع الثاني *Cannabis sativa* و *Linum*

3- النوع الثالث قنيب مانيلا *Musa tertilis*

السكلريدات Sclereids خلايا مختلفة الأشكال تميل للاستطالة تتميز بوجود الجدار الثانوي ذو النقر البسيطة.

تقسم حسب اشكالها الى:

1- الخلايا الحجرية Brachysclereids or Stone cell

تشبه الخلايا البرنكيمية الا انها ذات جدران ثانوية سميكة ملكننة لها شكل متساوي الابعاد Isodiametric لها نقر متشعبة ramiform pits غالبا" ما تنشا من تصلب الخلايا البرنكيمية ، تتواجد في الكمثرى Pyrus communis

2- السكلريدات العصرية Macrosclereids

اسكلريدات كبيرة تشبه الخلايا العمادية وتتواجد في غلاف البذرة مثل Phaseolus vulgaris و Pisum

3- السكلريدات العظمية Osteosclereids

تشبه العظام تتواجد في الطبقة الواقعة تحت البشرة في بذور الفاصوليا والبزاليا وفي النسيج المتوسط اللاوراق مثل اوراق هاكيا Hakea وفي ثمار نخيل التمر .

4- السكلريدات الخيطية Trichosclereids

خلايا نحيفة متفرعة في النسيج المتوسط للاوراق مثل الزيتون Olea europeae تتفرع بشكل يشبه الألياف.

5- السكلريدات النجمية Astrosclereids

خلايا كثيرة التشعب في اعناق الأوراق مثل N*ympheae*

الخشب xylem

نسيج مستديم معقد يقوم بوظيفة امتصاص الماء والاملاح من التربة يكون مع اللحاء النظام النسيجي الوعائي Vascular tissue system وعلى اساس وجود هذه الانسجة سميت النباتات الوعائية Vascular plant او (Non - Vascular plant) عندما لا يتواجد هذه الأنسجة المتطورة، يؤدي وظيفة الاسناد و الدعامة علاوة على الوظيفة الأساسية كعناصر النقل . يبقى هذا النسيج فترة طويلة من عمر النبات تصل عشرات السنين. يتكون الخشب من العناصر التالية:

1- Tracheids

2- Vessels

3- Xylem fiber

Xylem parenchyma -4

1- القصيبات Tracheids

كل قصيبة تمثل خلية مستقلة ذات جدار ثانوي خالي من الثقوب ولكنه حاوي على نقر pits. القصيبات خلايا مستطيلة تموت عند النضج وظيفتها الرئيسية هي نقل الماء والأملاح المعدنية الذائبة كما انها تقوم بوظيفة التدعيم. تتميز القصيبة بنهايات مديبة نوعا ما. لكنها ليست مستدقة، تكون الجدران النهائية للقصيبات مائلة عادة وحاوية على نقر تبدو القصيبات مضلعة في المقطع العرضي غير انها تميل الى الاستدارة تكون النقر المضفوفة بغزارة في الجدران النهائية والقطرية بينما تنعدم في الجدران المماسية. يتم نقل الماء والمواد المذابة من قصيبة الى اخرى عن طريق النقر الموجودة في الجدران الفاصلة يتم مرور الماء عبر الجزء الرقيق من غشاء النقرة الذي يقع خارج التخت في بعض النقر المضفوفة يكون غشاء النقرة مثقبا" كما في بعض الصنوبريات Larix. تتغلظ الجدران للقصيبات بصورة مختلفة كالتغلظ الحلقي annular والحلزوني spiral والشبكي Reticulate والسلمي Scaliform اضافة الى النوع النقري Pitted الذي ينشا من وجود النقر المضفوفة *أن خشب عاريات البذور Gymnosperm يتمثل بالقصيبات اذ انها العناصر الناقلة الوحيدة في الخشب وكذلك في بعض النباتات الوعائية الواطئة.

5- اوعية الخشب Vesseles

يمثل الوعاء تركيبا" انبوبيا" متعدد الخلايا ينشا من سلسلة من الخلايا تتصل مع بعضها البعض عند نهاياتها يطلق على كل خلية منها وحدة الوعاء vessels elements او vessels member، وضمن الوعاء الواحد تكون الجدران النهائية المستعرضة لوحدات الأوعية مثقبة perfrated او ذائبة بصورة كلية. تموت وحدات الوعاء عند النضج وتكون حاوية على العصارة Sap و العصارة هي ماء واملاح معدنية ذائبة كما أن جدرانها الثانوية الملكننة قد تكون هي الأخرى منقرة pitted او حاوية على تغلضات مختلفة كالحلقي او الحلزوني والشبكي والسلمي، وبالنظر لوجود الثقوب في الجدران النهائية لوحدات الاوعية فان العصارة تمر خلالها لجريه خلال الوعاء الواحد .

بينما يقتصر مرور العصارة خلال الجدران الفاصلة بين وعاء واخر على النقر الموجودة في تلك الجدران يطلق على الجدران النهائية أو المستعرضة الحاوية على ثقوب مصطلح الصفائح المثقبة perforation plates توصف هذه الصفائح بانها بسيطة simple perforation plates عندما تكون حاوية على ثقب واحد ومركبة compound perforation plates عندما يوجد بها أكثر من ثقب واحد. وسبقا" لأشكال

الثقوب وطريقة ترتيبها في الصفائح المثقبة فأنها تصنف الى سلمية scalarifom او شبكية Reticulate او دائرية Forminated

تتكون الثقوب خلال فترة نشوء اوعية الخشب بفعل انزيمات يفرزها البرتوبلاست مما يؤدي الى اذابة الجدار الابتدائي والصفيحة الوسطى في المواقع من الجدار التي لم يضيف عليها جدار ثانوي ومن ثم يموت البرتوبلاست وتنحل مكوناته. أن الوحدات الوعائية الصغيرة الواسعة تمثل حالة أكثر رقيا" من الناحية التطورية من الوحدات الطويلة الضيقة كما ان الصفائح المثقبة البسيطة حالة أكثر رقيا" من الصفائح المثقبة المركبة. نظرا" للتشابه الوظيفي للقصيبات والاوعية فانه يطلق على التركيبين مصطلح العناصر القصبية Tracheary elements ويعتبر وجود الاوعية في الخشب صفة مميزة لمغطاة البذور اما غالبة عاريات البذور والنباتات الواطئة فان العناصر الناقلة مفتقرة على القصيبات. من الجدير بالذكر أن الأوعية أكثر تطور من القصيبات كما أن التمسك في الجدران يتسلسل من الحلقي فالحلزوني فالسلمي فالشبكي ثم النقري الذي يعتبر أكثر تطورا" من البقية.

6- الياف الخشب Xylem fiber

وهي الياف مقترنة بنسيج الخشب وظيفتها ميكانيكية جدرانها ملكننة وأكثر سمكا من القصيبات. هناك ثلاثة انواع رئيسية من الألياف تتواجد في الخشب.

1- الالياف العادية أو المستدقة Eibriform fibers
2- القصيبات الليفية Fiber tracheids
3- الألياف الجيلاتينية Gelatious fibers

تتميز القصيبات الليفية بكونها اقل طولا" وأرق جدرانا" مقارنة بالألياف العادية لنفس الخشب كما انها ذات نقر مضفوفة من نوع خاص. حيث ان الاضافات الثانوية تستمر فوق ضفاف النقرة فتكون بذلك قناة ذات فتحتين.

تتميز القصيبات الليفية عن القصيبات الاعتيادية بكون الأولى أكثر طولا" واسمك جدرانا" كما ان ردهات النقر المضفوفة فيها تكون مختزلة نسبيا مقارنة مع نظيراتها في القصيبات وفي بعض القصيبات الليفية قد تبقى البرتوبلاست حية لفترة من الزمن بعد نضج الجدار الثانوي قد تصل سنوات كما في العنب.

4- برنكيما الخشب xylem parenchyma

الخلايا برنكيمية مقترنة بنسيج الخشب وظيفتها الرئيسية الخزن تقوم بالنقل المسافات قصيرة بالاتجاه الشعاعي تقوم هذه الخلايا بخزن الماء والنشا والزيوت كما أن المواد الدباغية tenniferous. comp والبلورات تعتبر من المحتويات المألوفة في برنكيما الخشب.

قد تتغلظ جدران الخلايا البرنكيمية بجدران ثانوية ملكننة خاصة في الخشب الثانوي وعندها تكون حاوية على نقر بسيطة أو مصفوفة أو شبه مصفوفة تتواجد الخلايا البرنكيمية بنسبة أوقر في الخشب الابتدائي منها في الخشب الثانوي. تتواجد الخلايا البرنكيمية في نظامين هما المحوري Axial system والنظام الشعاعي radial system.

الخشب الابتدائي والثانوي Primary and secondary xylem

ينشأ الخشب الابتدائي من الكمبيوم الأولي Procambium خلال فترة النمو الابتدائي، بينما ينش الخشب الثانوي خلال فترة النمو الثانوي من الكمبيوم الوعائي Vascular cambium، يتألف الخشب الابتدائي من العناصر العامة vessels،Tracheids والبرنكيما والألياف ألا أن الألياف قد تكون معدومة. وتكون هذه العناصر غير منسقة خلافا لما في الخشب الثانوي.

الابتدائي	الثانوي
1-خلال فترة النمو الابتدائي.	خلال فترة النمو الثانوي
2-ينشأ من الكمبيوم الأولي.procmb	ينشأ من الكمبيوم الوعائي vascular
3.يتألف من. par ، .Trach، vess	يتألف من نفس العناصر الا ان الالياف
والألياف بنسبة قليلة او معدومة.	بنسبة أكبر.
4. العناصر غير منسقة في ترتيبه	العناصر منسقة في ترتيبها.
5. الخلايا البرنكيمية لا تنتظم في شكل ا	
وان انتظمت فيها في هيئة اشعة كاذبة se	تنتظم الخلايا البرنكيمية في اشعة حقيقية.
rays.	
6. يتميز الخشب الابتدائي الى خشب	
potoxylem ويتميز الى خشب	لا يتكون الخشب الثانوي الى خشب اولي
metaxylem ينشأ في وقت متأخر بعد.	وانما عناصر غير متميزة

من الجدير بالذكر أن الأوعية أكثر تطور من القصيبات كما أن السمك في الجدران يتسلسل من الحلقي فالحلزوني فالسلمي فالشبكي ثم الثغري الذي يكون أكثر تطورا من البقية.

3-ألياف الخشب Xylem fiber

وهي ألياف مقترنة بالنسيج الخشب وظيفتها مياه شبكية جدرانها ملكته وأكثر سمكا من القصيبات هناك ثلاثة أنواع رئيسية من الألياف تتواجد في الخشب:

1. الالياف العادية والمستدقة Libriform fibers

2.القصيبات الليفية Fiber-tracheid

3.الألياف الجيلاتينية Gelatinous fibers

تتميز القصيبات الليفية بكونها أقل طولا وأرق جدران مقارنة بالألياف العادية لنفس الخشب كما أنها ذات ثغر مصفوفة من نوع خاص. حيث أن الإضافات الثانوية تستمر فوق ضفاف الثغرة فتكون بذلك قناة ذات فتحتين. تتميز القصيبات الليفية عن القصيبات الاعتيادية بكون الأولى أكثر طولا واسمك جدران كم أن ردهات الثغر المصفوفة فيها تكون مختزلة نسبيا مقارنة مع نظيراتها في القصيبات، وفي بعض القصيبات الليفية قد يبقى البروتوبلاست حي لفترة من الزمن بعد فتح الجدار الثانوي قد تصل ستول كما في العنب. وقد تنقسم القصيبات الليفية لجدران مستعرضة رقيقة تمثل جدارة ابتدائية خالية من الحلقات والكثين. يطلق على هذا النوع مصطلح الألياف المعبئة تتواجد القصيبات الليفية في الكثير من ذوات الفلقتين كالعنب وبعض الأثمار الاستوائية.

أما الألياف الجلاتينية Gelatinous fibers تتميز بجدران ثانوية يتقدم فيها الكثين بينما يزداد فيها السليلوز سميت بهذا الاسم كونها ذات مظهر جيلاتيني وهو موجود في الخشب الفعال لبعض نباتات الفلقتين.

أما الألياف العادية للخشب Libriform fibers حاوية على ثغر تتميز بأنها بسيطة خالية الرجهة Chamber وتبدو في المظهر الشكلي شقية Slit-like

اكتمال تمدد العضو النباتي وغالبا ما يتمزق الخشب الأول في السيقان بينما لا يتمزق في الجذور لأنه لا ينضج بسرعة الا بعد انتهاء تمدد الجذور. اما الخشب التالي فيبقى محتفظة بكل مكوناته ويؤدي وظيفة النقل لفترة اطول في معظم اعضاء النبات وفي النبات الذي لا يعاني تغلظ ثانوي يبقى الخشب التالي هو الجزء الوحيد الذي يقوم بوظيفة النقل. كما يخلو الخشب الأول من الألياف بينما يحتوي الخشب التالي

على الألياف. في الخشب الأول التغلظ حلقي annular و spiral وهي لا تقاوم الشد الناتج عن التمدد الريع لعضو النبات. بينما تظهر العناصر الناقلة في الخشب التالي تغلظات حلزونية وسلمية ونقري. تسلسل التغلظات من حيث التطور كالاتي :

Annular اكثر بدائية ← Spiral ← Scalariferm ← Reticulate

و pited اكثر رقي

نسيج اللحاء Phloem

نسيج معقد وظيفته نقل المواد الغذائية في النباتات الوعائية بشكل ذائب ويقترن نسيج الخشب مع اللحاء مكونة النسيج الوعائي Vascular Tissue أو النظام النسيج الوعائي Vascular .T.S ، يتألف اللحاء في مغطاة البذور من أنابيب منخلية Seive tube وخلايا مرافقةcells Companion

وخلايا برنكيمية Parenchyma cells وألياف Fibers . أما في عاريات البذور فيفتقر اللحاء للأنابيب المنخلية وتوجد بدلا منها خلايا منخلية Seive cells وتتعدم الخلايا المرافقة بينما يقتصر لحاء النباتات الوعائية الواطئة على الخلايا المنخلية والخلايا البرنكيمية

لحاء ابتدائي primary phloem	لحاء ثانوي secondary phloem
1.ينشأ من الكمبيوم الأولي.	ينشا من الكمبيوم الوعائي
2.	يكون منسقا في نظام محوري او عمودي ونظام افقي

تستمر الأشعة اللحائية خلال الاصول الشعاعية للكمبيوم مكونة سلسلة شعاعية من الخلايا يطلق عليها الأشعة الوعائية vascular rays وهي صفة للخشب واللحاء الثانويين .

ونظرا للطبيعة غير المتصلبة للعناصر التي تدخل تركيب اللحاء عدا الألياف ولكون هذا النسيج لا يستديم على النبات نظرا لتساقطه بين حين وأخر لذا فإن نسيج اللحاء يكون أقل وضوحا من الناحية الشكلية مقارنة بالخشب. ولا يعتمد عليه في تقدير عمر النبات وفي دراسة المتحجرات خلافا لنسيج الخشب الذي يحتفظ بخصائصه الشكلية ويستديم في النبات عبر السنين.

واللحاء الابتدائي يصنف إلى لحاء أول Proto phloem ينشأ من الكمبيوم الأولي ويتكون قبل استطالة العضو النباتي وإن عناصره كثيرا ما تتمزق وتفقد وظيفتها بعد فترة. أما اللحاء التالي Meta phloem فيتكون

في مرحلة متأخرة وينشأ من الكمبيوم الأولي بعد اكتمال العضو نسبيا وهو يمثل اللحاء الفعال في النباتات التي لا تعاني نمو ثانوي ويؤدي وظيفته لفترة أطول . بينما النباتات التي تعاني نمو ثانوي فإن اللحاء الثانوي يبقى فعال طول حياة النبات.

الأنابيب المنخلية Seive tube

عبارة عن سلسلة من الخلايا تنتظم طولية على هيئة أنبوب وتلتقي الخلايا المكونة للأنبوب مع بعضها عند نهاياتها ويطلق عليها وحدات الأنبوب المنخليةSeive - tube element

تحاط وحدات الأنبوب بجدار ابتدائي رقيق مكون من مادة السليلوز إن وجود الأنابيب المنخلية صفة لمغطاة البذور أما عاريات البذور والنباتات الواطئة فلا تحتوي أنابيب بل خلايا منخلية ولا تتحد الخلايا المنخلية لتكون أنبوب بل كل خلية مستقلة بذاتها.

تعد الأنابيب أكثر رقية من الخلايا ونظرة للتشابه الوظيفي للأنابيب والخلايا المنخلية يطلق مصطلح العناصر المنخلية Seive element لكلا العنصرين.

إن فقدان النواة في الوحدات المنخلية قد يجعل عمرها الوظيفي قصيرة تنتهي عند نهاية موسم النمو أو الموسمين. أما في عاريات البذور فتبقى لعدة سنين.

الخلايا المرافقة Compound cells

خلايا برنكيمية متخصصة ذات بروتوبلاست فعال تحتوي سايتوبلازم كثيف ونواة. ترتبط الخلايا المرافقة مع وحدات الأنبوب المنخلية ارتباطا وثيقا في الموقع والمنشأ والوظيفة إذ تقترن بكل وحدة من وحدات الأنبوب المنخلية خلية مرافقة واحدة أو أكثر تمتد بمحاذاتها وتنشأ من نفس الخلية المرستيمية التي نشأت منها وحدة الأنبوب المنخلية. إن الارتباط الوثيق بين الخلية المرافقة الحاوية على نواة وبين وحدة الأنبوب الخالية من النواة يشير إلى ارتباط وظيفي بينهما ويعزز ذلك أن موت الخلايا المرافقة في اللحاء يؤدي إلى فقدان الأخيرة لوظيفته. الخلايا المرافقة ذات جدران ابتدائية رقيقة حاوية على حقول النقر الابتدائية النواة ويبقى السايتوبلازم. ويتكون من أجسام صغيرة يطلق عليها الأجسام الهلامية Slime bodies التي لا تلبث أن تنتقل إلى العصير الخلوي عندما تمتزج محتويات السايتوبلازم والعصير الخلوي لوحدات الأنابيب المنخلية مع بعضها بعد زوال غشاء الفجوة.

وعند تحضير شرائح نسيج اللحاء تبدو المادة الهلامية متجمعة عند الصفائح المنخلية مكونة السدادة الهلامية Slime plung. وتتميز الأنابيب المنخلية بوجود صفائح منخلية Seive plate في جدرانها النهائية

المستعرضة. وتكون الصفائح بوضع أفقي متعامد مع المحور الطولي للأنبوبة وأحيانا بوضع مائل. والنوع المائل أكثر رقية من النوع الأول.

تتميز الصفائح المنخلية بوجود ثقوب Pores فيها تخترقها خطوط بروتوبلازمية سميكة تشبه البلازمودزمات ألا أنها تتميز بزيادة سمك قطرها وإحاطتها بمادة الكالس Callus في المنطقة التي تخترق فيها خيوط الصفيحة المنخلية ، ويطلق على هذه الخيوط البروتوبلازمية (الخيوط الرابطة) Connecting strand لكونها تربط بين سيتوبلازم الوحدتين التاليتين للأنبوب .

أما الكالس فهو يتألف من مادة كربوهيدراتية متعددة السكريات تسمى callus وهي عبارة عن

جزيئات سكر العنب Glucose. وبمرور الزمن يزداد سمك اسطوانة الكالوز المحيطة بالخيوط مما يؤدي إلى أن تصبح الأخيرة أكثر نحافة حتى تتلاشى الخيوط وتفقد الأنبوبة المنخلية.

وعند موت وحدات الأنبوب المنخلية تختفي مادة الكالوز تماما وتصبح الصفائح ذات ثقوب

ظاهرة لأنها خالية من الخيوط الرابطة. قد تستعيد بعض الأنابيب نشاطها عند تحليل مادة الكالوس في فصل الربيع التالي تتكون الخيوط الرابطة مرة أخرى.

ان الطبيعة الحية لوحدات الأنابيب المنخلية مع قابليتها على تكوين الكالوز وقدرتها على إذابته وكذلك قدرتها على تكوين خيوط الرابطة يعزز الطبيعة الحية لها على الرغم من انحلال النواة عند النضج .

الصفائح المنخلية إما بسيطة Simple sieve plate أي الثقوب منتشرة في الصفيحة من تمييز أو مركبة. Campound S . P تتجمع الثقوب في مناطق منفصلة يطلق على كل منها المساحة المنخلية Sieve area.

وقد توجد المساحات المنخلية في الجدران الجانبية لوحدات الأنبوب المنخلية ألا أنها ذات ثقوب ضيقة جدا مقارنة مع الصفائح المنخلية الاعتيادية.

تتواجد الصفائح المنخلية البسيطة في فصيلة البليلة **Capirfoliaceae** بينما المركبة في الأعشاب والكروم.

تنشأ الخلية المرافقة من نفس الخلية المرستيمية التي تنشأ منها وحدة الأنبوب المنخلية المقترنة. وذلك عند حصول انقسامات خماسية في الخلية الأمية المكونة لها ويكون هذا الانقسام غير متكافئ. إحدى الخليتين كبيرة وهي وحدة الأنبوب والثانية صغيرة وهي الخلية المرافقة.

إن وجود الخلايا المرافقة صفة للحاء مغطاة البذور بينما معدومة في عاريات البذور. ألا أن بعض نباتات عاريات البذور كالمخروطيات *Coniferales* تحوي خلايا شبيهة بالمرافقة تسمى خلايا الألبومين Albuminous cells ألا أنها تختلف عن المرافقة.

الألبومين	المرافقة
1.لا تنشأ من نفس الخلية المرستيمية تنشأ منها خلية الأنبوب المنخلي. 2. تقع ضمن النظام الشعاعي للحاء. 3. تحوي نسبة عالية من الزلال	تنشأ من نفس الخلية المرستيمية. تقع ضمن النظام المحوري للحاء لا تحوي

3-برنكيما اللحاء Phloem paren

السعد من مكونات نسيج اللحاء سواء كان ابتدائية أو ثانوية، في اللحاء الابتدائي تكون

الخلايا البرنكيمية موجودة في اللحاء بصورة مفردة أو على هيئة مجاميع. أما في اللحاء الثانوي اللطم بصورة منسقة في نظام شعاعي ومحوري. الخلايا البرنكيمية تميل للاستطالة وبعضها قد يكون مقسما بحواجز مستعرضة. إن وظيفة الخلايا البرنكيمية هي الخزن إذ تخزن الماء وبعض | المواد الغذائية كالنشا والدهون والمواد الدباغية ولراتنجية وأحيانا قد تمتلئ بالزيت و النشا فقط .

وبعد موت اللحاء إما أن تبقى الخلايا البرنكيمية على جدرانها الرقيقة أو أنها تتغلظ وتصلب الاضافة الجدران الثانوية عليها وبذلك تتحول إلى سكالريدات ذات جدران مثخنة.

4-ألياف اللحاء Phloem fiber

هي إحدى مكونات اللحاء في مغطاة البذور بينما معدومة في عاريات البذور. في اللحاء الابتدائي تكون الألياف إلى الخارج من النسيج بينما تكون الألياف في اللحاء الثانوي موزعة بطرق مختلفة ضمن عناصر اللحاء الأولي. تكون ألياف اللحاء مختلفة عن ألياف الخشب بكونها ذات نقر بسيطة. وفوهة النقرة صغيرة تميل إلى الاستدارة أو تستطيل قليلا. ألياف اللحاء تكون ملكننة عادة وتتداخل نهاياتها المستدقة مع بعضها في المراحل المبكرة من تكوينها مكونة أشرطة من الألياف تكسب الأعضاء متانة وقوة

ألياف اللحاء في ذوات الفلقتين تعتبر المصدر الرئيسي للألياف في التجارة والصناعة . وتتكون السكاريدات في لحاء بعض النباتات نتيجة لحصول التصلب Sclerification في بعض الخلايا البرنكيمية الموجودة في هذا النسيج. ويحصل هذا في المناطق القديمة من اللحاء.

اللحاء الأول	اللحاء التالي
1- ينشأ من الكمبيوم الأول في مرحلة مبكرة قبل استطالة العضو النباتي. 2-يحتل موقعة خارجية من الحزمة الوعائ 3.العناصر المنخلية في اللحاء الأول أ نحافة واقل وضوحه. 4. قد تكون الخلايا المرافقة معدومة او موجودة. 5.العناصر المنخلية تحتوي خلايا طويلة حية مثل بداعات الألياف er primordial تتميز فيما بعد إلى الياف بعد تهشم وح الأنابيب المنخلية وفقدان وظيفة اللحاء. 6. يهشم بعد فترة من تكونه	ينشأ من الكمبيوم الأولي بعد فترة متأخرة موقع محدد في الحزمة الوعائية وبعد استط العضو النباتي. 2.له موقع محدد في الحزمة. 3. وحدات الأنبوب واسعة 4. وحدات الانبوب مقترنة مع الخلايا المرا 5. لها الياف واضحة متميزة حتى قبل فق الأنابيب المنلية لوظيفتها. 6. يبقى مودية وظيفته لفترة أطول

التركيب الداخلي للجذر

هناك نوعان من الجذور في النباتات البذرية هما " الجذور الوتدية Tap roots في ذوات الفلقتين وعاريات البذور والجذور الليفية fibrous roots في ذوات الفلقة الواحدة، يقوم الجذر بوظيفة النقل والامتصاص والتثبيت اضافة الى وظيفة الخزن في بعض الجذور كالجذور الدرنية يعتبر التركيب الداخلي للجذر ابسط الى حد كبير من الساق وذلك لان الجذر لا يحمل اوراقا أو زوائد كالتي توجد في السيقان كما أن الجذر لا ينقسم الى عقد وسلاميات مما يجعل النظام الأنسجة الناقلة وترتيبها داخل الجذور يكاد يكون ثابتة في المستويات المختلفة خلافا لما موجود في الساق. كما أن الجذر يمتاز بتكوين ما يسمى بالقلنسوة Calyptra او ما يعرف Root cap. توجد القلنسوة في جميع الجذور عدا حالات قليله، تقوم القلنسوة بمهمة وقائية للجذر اثناء تقدمه وتعمقه في | التربية، تكون القلنسوة من خلايا برنكيمية متجانسة تتجدد كلما استهلك جزء منها نتيجة احتكاكها بحبيبات التربة وذلك أما عن طريق نشاط مرستيم مستقل وهو منشئ القلنسوة Calyptrogen او من مرستيم مشترك ينتج عن نشاطه تكوين القلنسوة والبشرة معا. ان وجود القلنسوة يجعل المرستيم القمي للجذر تحت نهائياً Subterminal مما يميزه عن الساق الذي يكون موقع المرستيم فيه نهائيا Terminal لعدم وجود القلنسوة.

يتكون الجذر من المناطق التالية:

1- البشرة Epidermis

تتميز البشرة في الجذور عادة لعدم وجود طبقة الأدمة Cuticle كالتي موجودة في بيشة السيقان والاوراق وذلك لان الجذر يقوم بمهمة امتصاص الماء والأملاح من لتربه عن طريق الشعيرات الجذرية، هذه الشعيرات تظهر في منطقة تدعى منطقة الشعيرات الجذرية خلف منطقة الاستطالة مباشرة. تقوم خلايا البشرة بتكوين شعيرات دقيقة يكتمل نضجها عندما يكتمل نضج الخشب، ورغم أن مهمة الامتصاص تقع

على الشعيرات الجذرية لأنه تزيد من المساحة السطحية للامتصاص الا أن خلايا البشرة قد تقوم هي بالامتصاص ايضا تسمى طبقة البشرة نظرا لوجود الشعيرات باسم الطبقة الوبرية Piliferous layer او طبقة الشعيرات الجذرية. ان الشعيرات الجذرية موجودة في جذور معظم النباتات الأرضية، بينما الغالبية العظمى من النباتات المائية خالية من الشعيرات الجذرية . الا انه لو نقلت النباتات المائية الى بيئة طينية سيؤدي الى تحفيز الجذور على تكوين الشعيرات في هذا النبات .

تقوم الشعيرة الجذرية بوظيفتها لوقت قصير عادة بعدها تتمزق ثم تسقط او تتحلل ليحل محلها الشعيرات الاخرى الحديثة. قد تتسوبر بعض الخلايا البشرة التي تتحطم فيها الشعيرات متحولة الى طبقة الاكسودرمس Exodermis كما في بعض جذور بعض النباتات التي لاتمارس التغليظ الثانوي.

2- القشرة Cortex

تمتاز القشرة في الجذور بأتساعها اذا ما قورنت بقشرة السيقان نتيجة لتمركز انسجة الخشب (الأنسجة الدعامية) في وسط الجذر وبالتالي يصبح قادرة على مقاومة عوامل الشد التي يتعرض لها. لذلك فأن قشرة السيقان الأرضية (الرايزومات) لها نفس ميزة قشرة الجذور تعرضها لنفس المؤثرات الميكانيكية التي تتعرض لها الجذور . ونظرا لاتساع القشرة في الجذر فأنها تقوم بوظيفة الخزن لخزن النشأ. في الجذر الحديث تبدو القشرة كمنطقة واسعة ذات خلايا كبيرة مستديرة بينها مسافات بينية واسعة ذات اهمية خاصة في التنفس. عند وجود الشعيرات الجذرية تتكون القشرة من خلايا برنكيمية بصورة كلية. اما بعد ذبول طبقة الشعيرات فتتسوبر عادة الطبقة الخارجية من القشرة لتكون طبقة الأكسودرمس Exodermis . وقد تتسوبر طبقات اخرى من القشرة فتصبح الأكسودرمس متعددة الطبقات قادرة على حماية الجذر .

لا تحوي القشرة في الجذر على خلايا كولنكيمية الا انها قد تحوي الياف كنسيج دعامي. في جذور ذوات القلقة الواحدة تدوم القشرة لفترة طويلة. أما في ذوات الفلقتين وعاريات البذور يحدث تغلظ ثانوي في القشرة سرعان ما تتمزق نتيجة هذا التغلظ، وتقوم طبقة البريدرم بمهمة وقاية الجذر.

يحد القشرة من الداخل طبقة الاندودرمس Endodermis التي تعتبر اخر طبقة للقشرة من الداخل Pericycle مباشرة والاندودرمس واضحة في الجذور أكبر من الساق. تبدو هذه المنطقة أكثر أهمية في الجذر الابتدائي في منطقة الامتصاص حيث يحتوي الجدار الخلوي على مادة سوبرين او كيوتين بشكل شريط يمتد حول الخلية داخل الجدر القطرية والمستعرضة وهذا الشريط يسمى شريط كاسباري Casparian strip وجزء من الجدار الابتدائي وليس مجرد تغلظ للجدار لان مادة السوبرين تتخلل الصفيحة الوسطى ذاتها ويكون البروتوبلاست ملتصقا بالشريط الكاسبري بحيث لا يصبح المرور خلال الاندودرمس ممكنا الا عن طريق السيتوبلازم فقط.

3 – الاسطوانة الوعائية Vascular cylinder

بحد الاسطوانة الوعائية من الخارج الطبقة المحيطة أو Pericycle والتي تمثل الطبقة الخارجية من الاسطوانة الوعائية تليها مباشرة الى الداخل الأنسجة الوعائية

يتميز البريسيكل في الجذر بأنه ضيق نسبية يتكون عادة من طبقة واحدة او طبقتين ويندر أن يكون من عدة طبقات كما في جدر Opuntia. وطبقة البريسيكل مستمرة عادة الا انها قد تصبح غير متصلة عندما تتاخم الأذرع الخشبية.

وكثيرا ما تتعرض خلايا هذه الطبقة الى فقدان التميز اذ تستعيد قدرتها على الانقسام وتصبح منشأ لمرستيمات ثانوية اذ من هذه المنطقة تنشأ الجذور الجانبية كما يتكون منها نسيج Phyllogen او ما يسمى الكمبيوم الفليني الذي ينشأ منه البريدرم . كما أن جزء من الكمبيوم الوعائي ينشأ منه.

ينتظم الخشب واللحاء في الجذر الابتدائي انتظاما قطرية الذي يقعان على انصاف اقطار متبادلة اضافة الى ان عناصر الخشب الأول تتجه الى الخارج اما الخشب التالي فيتجه الى الداخل، اي انه خارجي الخشب الاول exarch.

ان جذر ذوات الفلقتين يحتل نسيج الخشب مركز الجذر تتجه أذرعه باتجاه الدائرة المحيطة محتضننا فيها نسيج اللحاء. أما في جذور ذوات الفلقة الواحدة فيوجد عادة نخاع واسع نسبية خاصة النباتات العشبية.

يكون عدد الأذرع الخشبية قليل يتغاير بين 2–8 ذراع في ذوات الفلقتين، بينما في ذوات الفلقة الواحدة يصل عدد الأذرع الخشبية الة 15 او 20 ذراع.

ونظرا لقلة عدد اذرع الخشب في ذوات الفلقتين فأن عدد العناصر الخشبية في الذراع الواحد يكون كبيرة اذا ما قورن بعددها في الأذرع الخشبية لذوات الفلقة الواحدة. نظرا لقلة عدد أذرع الخشب في ذوات الفلقتين فأن عدد العناصر الخشبية في الذراع في الأذرع الخشبية لذوات الفلقة الواحدة. في الذراع الخشبي الواحد توجد العناصر الوعائية الضيقة وهي عادة الخشب الأول Protoxylem الى الخارج وتنضج مبكرة عن العناصر الداخلية التي تمثل الخشب التالي Metaxylem. ويتكون الخشب الأول من عنصر حلزونية او حلقية او سلمية قادرة على التمدد والاستطالة اثناء نمو الجذر في حين يتكون الخشب التالي من عناصر شبكية او منقرة اقل قابلية على التمدد ويزداد اتساعها باقترابها من المركز.

نضج اللحاء بنفس طريقة الخشب بحيث تتواجد عناصر اللحاء الأول Protophloer للخارج وعناصر اللحاء التالي Metaphloer للداخل اما الخلايا الواقعة بين الخشب واللحاء تكون عدة ذات طبيعة بارنكيمية في الجذور التي تعاني نمو ثانوي اي لها قدرة على استعادة قدرتها على الاستقرار وتكوين كمبيوم وعائي . اما الجذور التي لاتعاني نمو ثانوي تبقي الخلايا برنكيمية بصورة دائمة او تتحول الى خلايا سكلرنكيمية .

التركيب الداخلي للساق

يعتبر التركيب الداخلي للساق معقدة إلى حد ما اذا ما قورن بالتركيب الداخلي للجذر لان الساق يحمل الأوراق والفروع والاعضاء التكاثرية وينقسم الى عقد وسلاميات . الا ان التركيب العام متشابه للحالتين نظرا لوجود الأنسجة الرئيسية الثلاثة وهي الضام والأساسي والوعائي في كل من الساق والجذر، الا ان توزيع هذه الأنسجة يختلف بينهما خاصية الانسجة الوعائية.

ففي السيقان بوجه عام يوجد الخشب واللحاء الابتدائيان على انصاف اقطار واحدة ويكون الخشب الأولي داخلي enarch على العكس مما في الجذور اذ يكون الخشب الأولي وخارجي exarch.

في الصنوبريات وذوات الفلقتين تبدو الأنسجة الوعائية بشكل اسطوانة يحدها من الخارج منطقة القشرة ومن الداخل النخاع وقد تبدو الأسطوانة مجزاة الى خزم متقاربة ومرتبة في حلقة عن بعضها الأشعة النخاعية pith rays (نسيج برنكيمي يعود للنسيج الاساس). أما في ذوات الفلقة الواحدة وكثير من السراخس فتبدو الحزم مبعثرة دون انتظام في النسيج الاساس ولا يتميز النسيج الأساس بشكل واضح الى قشرة ونخاع واشعة نخاعية.

يتألف الساق من الأنسجة التالية:

1-البشرة Epidermis

تتكون البشرة من طبقة واحدة مستمرة من الخلايا تحوي عددا من الثغور stomata التي تقوم بوظيفة التبادل الغازي. تقوم البشرة بحماية النبات من لفقدان الزائد للماء ومن ضرر المؤثرات الخارجية.

تغطى الجدر الخارجية للبشرة بطبقة الكيوتكل cuticle او الادمة لتصبح أكثر كفاءة للقيام بوظيفتها كما انها قد تحمل زوائد مثل الشعيرات وخلايا البشرة حية قادرة على استعادة قدرتها على الانقسام لتساير الزياده في سمك الساق خاصة في وقت تكوين البريدرم.

2 – القشرة cortex

تكون القشرة في السيقان ضيقة عادة إذا ما قورنت بقشرة الجذر وتتميز السيقان الخضر باحتوائها على نسيج كلورنكيمي chlorenchyma يمتد لمنطقة تحت البشرة مباشرة وهو يتكون من خلايا برنكيمية عادة مليئة بالبلاستيدات الخضراء. وقد تحتوي بعض السيقان على خلايا عماديه حقيقية خاصة عندما تختص بعملية البناء الضوئي بصورة رئيسية نتيجة لاختزال الاوراق او عدم وجودها كما في نباتي Calligonum casuarina. أما النسيج الكولنكيمي في القشرة فقد يتخذ شكل طبقة مستمرة كما في

زهرة الشمس Helianthus annus. أو قد يتركز في الأركان خاصة في السيقان المضلعة كما في. الباقلاء Vicia faba والقرع Cucurbita. يعد النسيج الكولنكيمي النسيج الدعامي الأساس و الملائم للسيقان الحديثة و خاصة العشبية منها لانه له القدرة على المقاومة و الانثناء حتى يستطيع الساق مقاومة عوامل الدفع و الانثناء كما أن الساق يستعيد وضعه القائم بعد زوال العوامل المؤثرة بفضل النسيج الكولنكيمي .

في ذوات الفلقة الواحدة يقوم نسيج سكلرنكيمي يقع في المنطقة الخارجية عن قشرة الساق بوظيفة الدعامة الساق. نظرا لعدم وجود القشرة الى اعماق الساق يصعب تحديد الطبقة الداخلية منها والمسماة

endodermis على العكس من الجذر الذي يحوي طبقة اندودرمس نموذجية حاوية على اشرطة كاسبر وفي بعض النباتات العشبية تكون الطبقة الداخلية للقشرة متميزة عما يجاورها باحتوائها على حبيبات نشوية وفي هذه الحالة يطلق عليها مصطلح الغمد النشوي starch sheath كما في نبات Delphinium وقد تبدو طبقة الاندودرمس واضحة في بعض نباتات ذوات الفلقتين وحاوية شريط كاسبر كما في زهرة الشمس ونبات اللاتيني Tropaeolum

3-الأسطوانة الوعائية Vascular Cylinder

لدائرة المحيطة وتبدو هذه الطبقة واضحة إذا كانت منطقة القشرة محددة امن الداخل بطبقة الاندودرمس والا فيتعذر مشاهدتها بوضوح.

تتكون طبقة الدائرة المحيطة pericycle آن وجدت من عدة طبقات من خلايا برنكيميه أو سكلرنكيمية

على هيئة حلقات مستمرة وقد يمتد اللحاء الى طبقة الأندودرمس

حينها تصبح الدائرة المحيطة متقطعة

قد تقوم الدائرة المحيطة بوظيفة الخزن أو قد تضم خلايا افرازية.

أما الأنسجة الوعائية Vascular Tissue فتظهر في ذوات الفلقتين على شكل أسطوانة بين القشرة والنخاع وقد تكون الأسطوانة مستمرة أو متقطعه يسبب الأشعة النخاعية pith rays

يوجد الخشب واللحاء على انصاف أقطار واحدة مع وجود الخشب للداخل واللحاء للخارج وهذا الترتيب

للانسجة الوعائية سپى حزم وعائية جانبية Collateral vascular bundle في هذه الحزم يكون الخشب دائما داخلي الخشب ألأولي Endarch . أما في العائلة الفرعية Cucurbitaceae فتحوي الحزم الوعائية على لحاء داخلي الى الداخل من الخشب بالاضافة إلى اللحاء الخارجي عندها تسمى

الحزمة حزمة وعائية ذات جانبين. Bicollateral V

تترتب أوعية الخشب في نباتات ذوات الفلقتين على شكل صفوف في حين تترتب على شكل حرف 7 أو 7 في ذوات الفلقة الواحدة خاصة النجيليات. وغالبا ما ينحل الخشب الأول في ذوات الفلقة الواحدة تاركة فراغ يسمى Protoxylem lacuu. توجد طبقة من الألياف تحيط بلحاء الحزمة من الخارج في معظم ذوات الفلقتين تسمى bundle cap ألا انه في ذوات الفلقة تمتد الألياف لتحيط بالحزمة مكونة غمد الحزمة bundle sheath في سيقان السرخسيات تنظم الحزم الوعائية بشكل خاص حيث يحيط اللحاء بالخشب احاطة كاملة

عندها تسمى حزم من النوع المركزي (مركزية الخشب) Amphicribral أو انه يحيط الخشب باللحاء احاطة تامة عندها تسمى مركزية اللحاء amphivasal كما في رايزومات بعض ذوات الفلقة الواحدة مثل نبات السعد Cyperus.

الى الداخل من الأنسجة الوعائية يوجد النسيج الأساس بشكل Pith (نخاع) يتكون من خلايا "برنكيمية

في ذوات الفلقتين. أما في ذوات الفلقة الواحدة فيصعب التميز بين النخاع والقشرة والاشعة النخاعية فيطلق مصطلح النسيج الاساس؟

<u>التركيب الداخلي في الورقة:</u>

الورقة هي جزء منبسط من جسم النبات ينشأ عند العقدة ويحمل في ابطه برعما ومتكيفة للقيام بعملية

البناء الضوئي والنتح.

على الرغم من أن الورقة تشترك مع الساق في احتوائها إلى حد كبير على نفس الاجهزة النسيجية وهي

الضام Dermal Tissue system والوعائي. Yascular V.S

والدعامي .Mechanical V.S

الا انهما يختلفان من حيث التوزيع النسبي للأنسجة. اذ أن الورقة تتميز بوفرة النسيج الاخضر واتساع السطح وامتداد انسجة التهوية داخلها كمستلزمات العمليات التمثيل والتبادل الغازي.

نشأة الورقة:

تنشأ الورقة من المرستيم القمي للساق كنتوء صغير ينمو ويزداد في الحجم تدريجيا كنتيجة استمرار انقسام الخلايا وتكشفها. ويطلق على هذا النتوء اسم منشئ الوقة Leaf primordium. وخلال تكشف البدايات الورقية تتميز منطقتان منطقة تمثل جزءا قاعدية ومنطقة تمثل مبدأ النصل الورقي. ويصاحب التميز الخارجي للورقة اثناء نشوئها تميز داخلي في أنسجتها. فالطبقات السطحية على جهتي الورقة تتكشف نتيجة الانقسام المستمر الى البشرة العليا والبشرة السفلى في حين تتكشف الانسجة الى الداخل من البشرة الى النسيج المتوسط. وهذا النسيج المتوسط قد يكون متجانسة ومكونة من نوع واحد من: الخلايا كما هو الحال في اوراق النجيليات Gramineae .او قد تتميز الى نسيج عمادي.T Palisade

ونسيج اسفنجي.T spongy كما هو الحال في النباتات الوعائية من ذوات الفلقتين .

تتكون الورقة من الأنسجة التالية :

البشرة : Epidermis

تحتوي البشرة في الورقة عادة على أكثر من نوع واحد من الخلايا فقد تضم بالإضافة الى الخلايا الاعتيادية للبشرة الخلايا الحارسة للثغور Guard cells والخلايا المساعدة Subsidiary cells والتي عادة تصاحب الخلايا الحارسة في العديد من النباتات والشعيرات البشرية. كما أن النجيليات قد تحتوي على الخلايا الفلينية والخلايا السلكية Silica cells. وفي بعض ذوات الفلقة الواحدة توجد خلايا خاصة تسمى الخلايا الحركية Motor cells تؤثر على انطواء الورقة وانبساطها تبعا لتغير درجة الرطوبة في الجو. اما في خلايا التين المطاط Ficus elastic فتوجد خلايا خاصة يطلق عليها Lithocytes تتواجد فيها البلورات المعلقة Cystolith. وتتميز الورقة بوجود الثغور على السطح السفلي فقط او على السطحين العلوي والسفلي معا.

النباتات الواطئة تكون خلايا البشرة الاعتيادية خالية من الكلوروفيل عادة بينما في النباتات المائية وبعض ونباتات الظل فتحتوي خلايا البشرة على الكلوروفيل. اما وظيفة البشرة فهي حلقة واقية للنبات تحيط بجسم النبات عد مناطق الثغور، كما تقلل من عمليات فقدان الماء، كما تقوم البشرة بمهمتها الدعامية كنسيج ضام

النسيج المتوسط Mesophyll Tissue

يطلق لفظ النسيج المتوسط في الورقة على النسيج الاساسي الواقع بين بشرتي الورقة العليا والسفلي والذي يقوم بوظيفة التمثيل الضوئي يتكون هذا النسيج من نسيج برنكيمي رقيق الجدران بين خلاياه مسافات بينية واسعة وهو يتكون في ذوات الفلقتين من برنكيما عمادية Palisade parench وبرنكيما اسفنجية . Spongy paren النسيج العمادي ذو خلايا طويلة (مستطيلة الشكل) متراصة متوازية اما النسيج الاسفنجي فهو مكون من خلايا غير منتظمة الشكل كثيرة المسافات البينية توجد في الجهة السفلى للورقة بينما الطبقة العمادية عند الجهة العليا للورقة . قد تكون عدد صفوف العمادية واحدة أو أكثر حب النوع النباتي. وفي ورقة نبات Eucalyptus و Atriplex شوهد وجود الطبقة العمادية فقط في الورقة ولا وجود للنسيج الاسفنجي.

اما في ذوات الفلقة الواحدة وخاصة النجيليات فلا يتميز النسيج المتوسط الى نسيج عمادي ونسيج اسفنجي بل هناك نوع آخر من الخلايا البنكيمية غزيرة البلاستيدات وذات مسافات بينية واسعة.

قد تكون خلايا النسيج العمادي قمعية الشكل ومرتبة باتجاه فتحة المع الى السطح العلوي كما في اوراق الزئبق Lily. وفي اوراق الصنوبر وبعض المخروطيات لا يتميز النسيج المتوسط الى عمادي واسفنجي انما يتخذ شكلا خاصة هو Folded par (ذو الطيات).

اما النسيج الاسفنجي فتتخذ خلاياه اشكالا مختلفة قد تكون متساوية الأقطار Isodiametric او مستطيلة او غير منتظمة أو ذات أذرع او مفصصه، وهو نسيج غني بالمسافات البينية.

الأنسجة الوعائية بالورقة Vascular Tissue of the leaf

تتوزع الأنسجة الوعائية بالورقة بطريقة يعبر عنها بالتعرق venation مشتقة من كلمة عرق Vein. والعرق قد يتكون من حزمة وعائية واحدة او مجموعة من الحزم الوعائية.

والتعرق يكون شبكي Reticulate venation في ذوات الفلقتين ومتوازي Paralled في ذوات الفلقة الواحدة. وفي التعرق الشبكي تتشابك العروق الرئيسية الى ان تصل الى العروق الدقيقة المسماة Bundle end .اما في التعرق المتوازي فتنتظم العروق الرئيسية بطريقة متوازية وتتصل ببعضها عن طريق العروق الصغيرة .وفي التعرق الشبكي غالبا ما تحوي الورقة على عرق رئيسي كبير في الوسط يسمى العرق الوسطي Mid rib فتتفرع منه العروق الأخرى (الثانوية والثالثية ... الخ).

ان العروق الكبيرة تمثل حيزا كبيرا من نصل الورقة وقد تمتد ما بين البشرة العليا والبشرة السفلى. تكون الحزمة الوعائية في الورقة ذات خشب متجهة الأعلى واللحاء نحو الاسفل. ومكونات أو عناصر الخشب في الورقة لا تختلف عنها في الساق وكذلك اللحاء.

وكلما صغرت العروق صغرت كمية العناصر الخشبية تدريجيا حتى تصبح مكونه من قصيبة واحدة وكذلك اللحاء يتصاغر تدريجيا ليصبح مكون من خلايا برنكيمية فقط عند نهايات العروق أو نهاية الحزمة

الحزمة عادة محاطة بغلاف برنكيمي تحتوي خلاياه على القليل من الكلوروفيل او خالية منه تسمى Bundle Sheath وتكون خلايا رقيقة موازية للعروق. قد يحتوي الغلاف حبيبات نشوية فيمسي غلافا

نشويا. وفي نباتات ذوات القلقتين شوهد وجود النسيج الكولنكيمي والبريكيمي العادي تحت البشرة عند منطقة العرق الوسطي كما أن عدد الحزم الوعائية في العرق الوسطى تختلف باختلاف الأنواع.

ورقة النجيليات Grass Leaf

تتميز اوراق النجيليات التي تعود لذوات الفلقة الواحدة بانفرادها بتركيب خاص تختلف به عن ذوات الفلقتين وهي أن خلايا البشرة فيها تحوي خلايا حركية خاصة تسمى Motor cell تتميز بكبر حجمها ورقة جدرانها وتعتبر مسؤولة عن انطواء وانبساط الورقة مع تغير نسبة الرطوبة كما أن الثغور فيها من الطراز Gramineae - Cyperaceae.

اما النسيج المتوسط فيها فهو عادة غير متميز إلى عمادي واسفنجى كما أن الحزم الوعائية تمتد طوليا بشكل متوازي خلال الورقة يفصلها عن بعضها النسيج المتوسط كما تحتفظ الحزمة الوعائية بحجمها خلال مسارها بالورقة. غالبا ما يصاحب الحزمة الوعائية في ذوات الفلقة الواحدة نسيج سكلرنكيمي على هيئة اشرطة ليفية على الجوانب العليا والسفلى للحزمة يطلق عليها Bundle Sheath Extension.

تحاط الحزمة الوعائية بغمد حزمي من طبقتين الداخلي يكون غليظ الجدران والخارجي رقيق الجدران خالي من الكلوروفيل يمكن تمييزه بسهولة عن النسيج المتوسط.

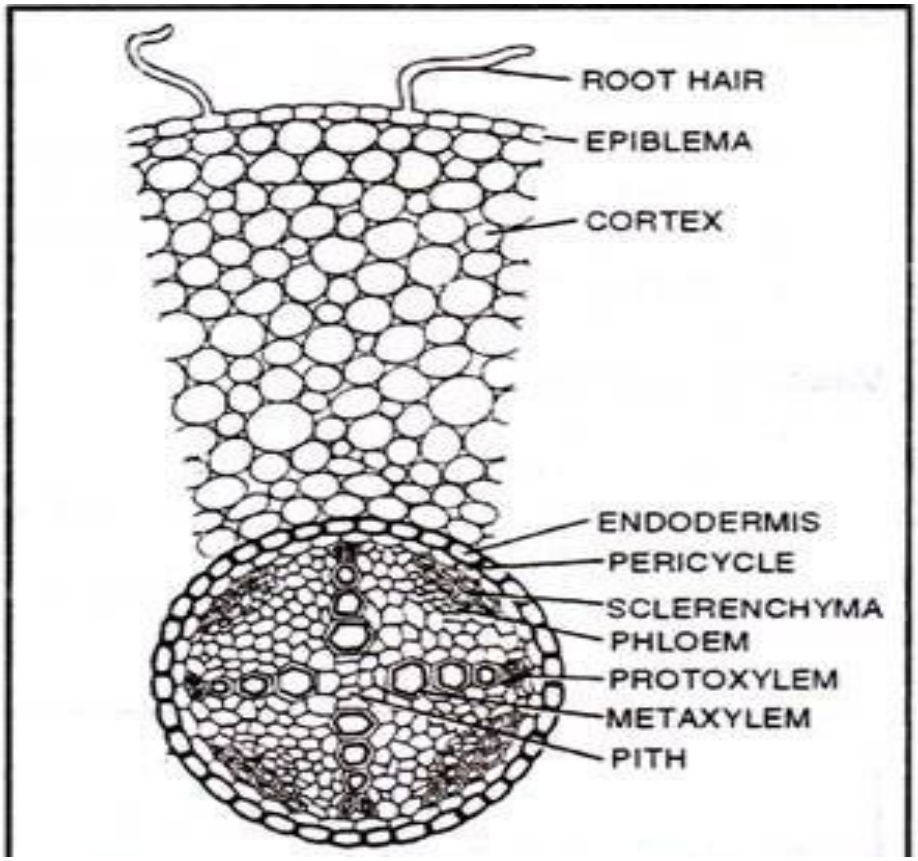
التركيب الداخلي لعنق الورقة Internal Structure of Petiole

قد يتخذ عنق الورقة في بعض الأحيان في المقطع المستعرض شكة دائرية كاملا ولكن الحالة الأكثر شيوعا يكون على شكل دائرة غير كاملة منبسطة أو مقعرة من الجهة العليا مع وجود حافتين بارزتين

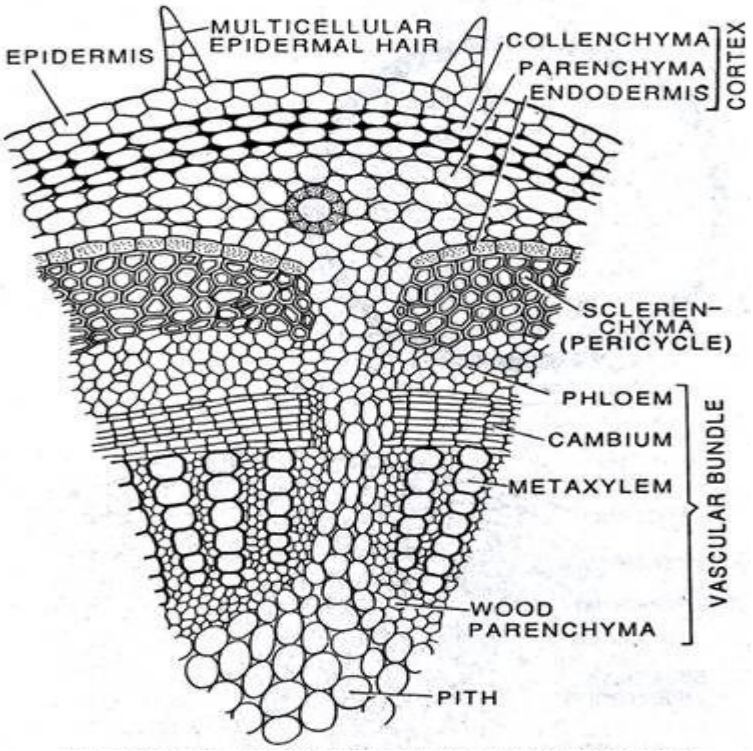
اما الاشرطة الوعائية والمسارات الورقية فتختلف في طريقة انتظامها تبعا لذلك.

ففي الأعناق المستديرة تتخذ الأشرطة الوعائية نفس الوضع الموجود في الساق كما في نبات *Acalypha* أو قد تكون اسطوانة جوفاء كما في ورقة الخروع *Ricinus communis*. اما في الأعناق ذات االسطح العلوي المنبسط او المقعر فقد تتخذ شكل الحزم الوعائية شكل حدوة الحصان كما في *Ziziphus*

وقد تكون الحزم مرتبة في اكثر من حلقة واحدة كما في نبات خف الجمل Bauhinia . أما النسيج الاساس فهو عادة كولنكيمي في اعناق الأوراق لذوات الفلقتين او على هيئة الشرطة سكلرنكيمية في ذوات الفلقة الواحدة. اما بقية النسيج من خلايا برنكيمية رقيقة الجدران تتسع تدريجياً كلما اتجهنا نحو المركز.



صورة (1) مقطع عرضي في جذر ذوات الفلقتين



صورة (2): مقطع عرضي في جذر ذوات الفلقة الواحدة

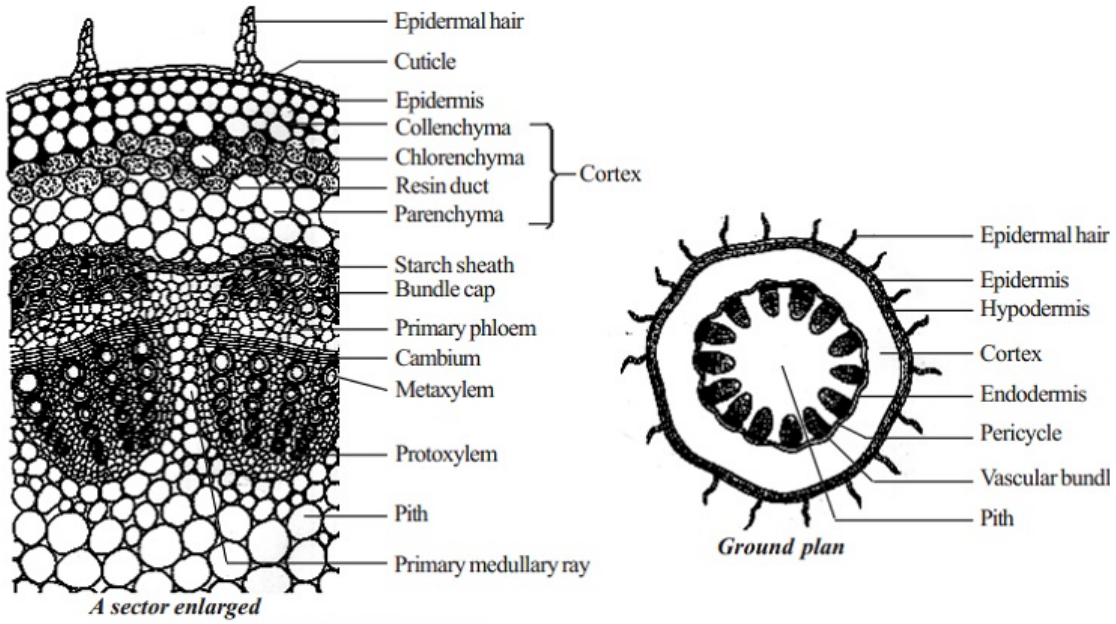
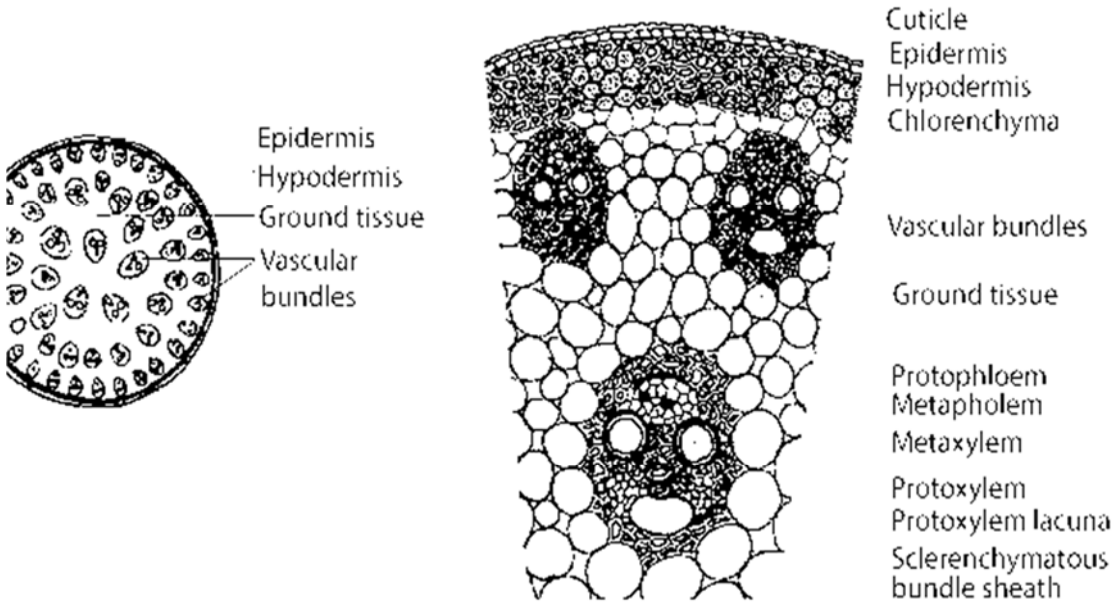
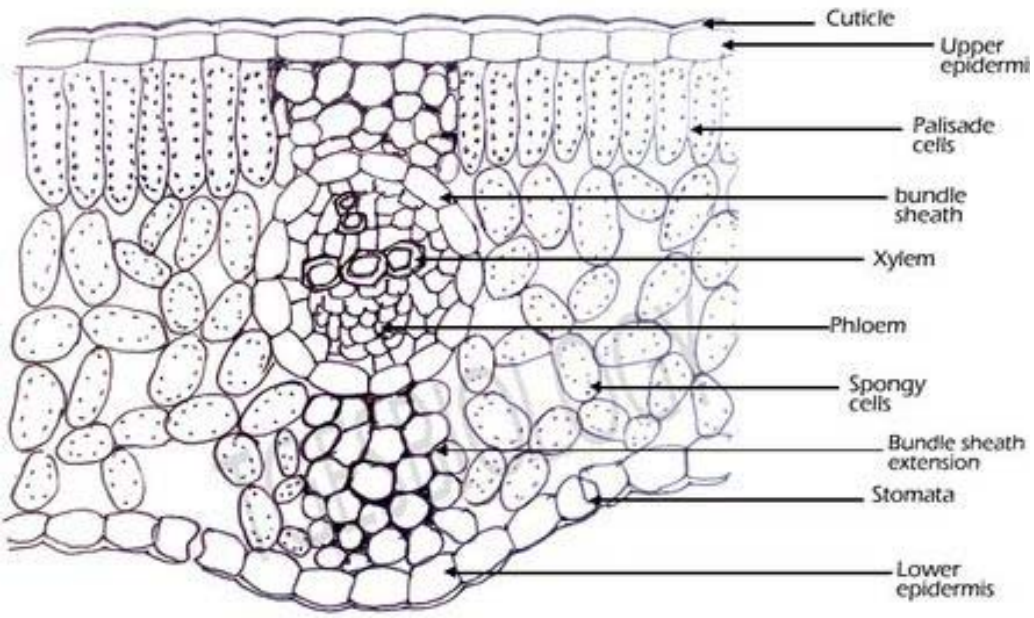


Fig. T.S. of Sunflower stem

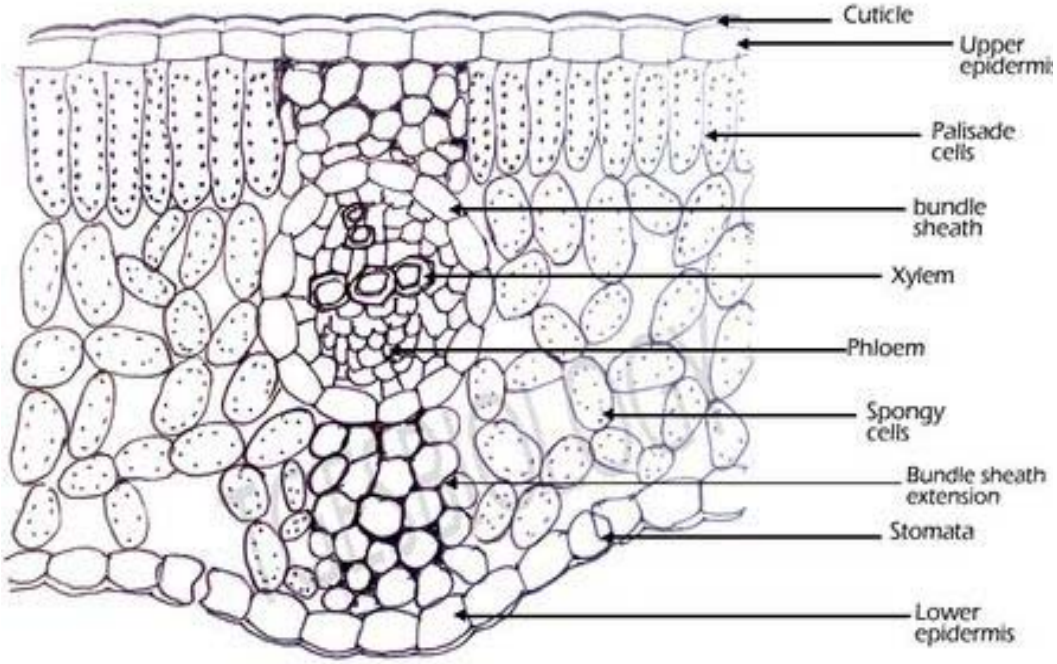
صورة (3): مقطع عرضي يوضح الحزمة الوعائية وترتيب الأسطوانة الوعائية في ذوات الفلقتين



صورة(4) : مقطع عرضي لحزم الوعائية وترتيب الاسطوانة الوعائية الذوات الفلقة الواحدة



صورة(5) مقطع عرضي لورقة نبات ذوات الفلقتين



صورة (6): مقطع عرضي لورقة نبات ذوات الفلقة الواحدة

النمو الثانوي Secondary growth

يعرف بانه الزيادة في سمك النبات والتي تحدث بعيدا عن القمم النامية نتيجة لتكوين أنسجة ثانوية تكون هذه الأنسجة بمجموعها الجسم الثانوي للنبات Secondary plant body. ومع تقدم النمو الثانوي يصبح المحور الهيئة للنبات المسن (الساق والجذر) وفروعهما مكونة من أنسجة ثانوية. بينما تصبح الأنسجة الابتدائية مقتصرة على جزء مقتضب من النبات. إن النمو الثانوي من مميزات نباتات عاريات البذور وذوات الفلقتين. إن الأنسجة الثانوية المتكونة هي بفعل نشاط نوعين من الأنسجة المرستيمية هما الكمبيوم الوعائي Vascular cambium الذي يكون الأنسجة الوعائية الثانوية والكمبيوم الفليني Cork cambium أو يسمى Phellogen الذي يكون البريدرم Periderm .

الكمبيوم الوعائي Vascular cambium

تقوم الأنسجة الوعائية الابتدائية في النباتات الخشبية من ذوات الفلقتين وفي عاريات البذور بوظيفتها. الفترة وتحل محلها فيما بعد الأنسجة الوعائية الثانوية التي تنشأ من الكمبيوم الوعائي الذي يمثل مرسيتمة

جانبية يظهر أما على شكل أشرطة منفصلة أو على هيئة اسطوانة جوفاء. وفي العديد من النباتات العشبية من مغطاة البذور يكون الكمبيوم الوعائي اثرية أو غير موجود . لذلك تقوم الأنسجة الوعائية الابتدائية خلال فترة حياة النبات . وان جميع خلايا الكمبيوم الأولي Procambium تتميز الى أنسجة مستديمة (خشب ولحاء ابتدائيين) ولا يبقى من الكمبيوم شيء ، تعيش هذه النباتات الموسم واحد ولا تعاني نمو ثانوي مثل لسان العصفور Delphinium . في نباتات ذوات الفلقة الواحدة يحدث الشيء ذاته إذا تتميز جميع خلايا الكمبيوم الأولي الى خلايا مستديمة.

أما في سيقان ذوات الفلقتين وعاريات البذور يتميز القسم الأكبر من الكمبيوم الأولي إلى لحاء وخشب ويتبقى قسم غير متميز بين الأنسجة الدائمة من الخشب واللحاء حتى بعد تمام نضجها ويتحول فيما بعد الى كمبيوم الجسم الثانوي وهو المسؤول عن تكوين الأنسجة الثانوية يطلق مصطلح الكمبيوم الحزمي

Fasciculer camb. على ذلك الجزء من الكمبيوم الأولي الذي يقع داخل الحزمة الوعائية الأصلية – على هيئة شريط . قد تبقى أشرطة الكمبيوم الحزمي منفصلة عن بعضها بواسطة بارنكيما النسيج الأساس كما هو الحال في بعض النباتات العشبية كجنس الشقيق Rarunculus. ألا أنها في اغلب الحالات تتصل عن طريق أشرطة كامبيومية أخرى تتكون بواسطة انقسام الخلايا البرنكيميه الواقعة بين حزم الوعائية وهي خلايا الأشعة النخاعية بطريقه فقدان التمييز تحولها إلى خلايا مرستيميه تسمى هذه

الاشرطة الكمبيوم بين الحزمي Inter fascicular cambium . تتصل بذلك أشرطة الكمبيوم الحزمي بأشرطة الكمبيوم بين الحزمي لتكون أسطوانة كمبيومية كاملة تقع الاسطوانة الكمبيومية في معظم ذوات الفلقتين وعاريات البذور بين الخشب واللحاء وتضيف بنشاطها المرستيمي لحاء ثانوية الى الخارج وخشبية ثانوية للداخل ، الا أن نباتات العائلة Chenopodiaceae يكون الكمبيوم إلى الخارج من الخشب واللحاء وبذلك يعتبر النمو الثانوي فيها شاذا anomalous secondary growth .

يتكون الكمبيوم من نوعين من الخلايا:

1-خلايا كمبيومية مغزلية Fusiform initials (من أصول مغزلية)

وهي خلايا مستطيلة ذات أطراف مدببة قد تصل في طولها في الجذوع المسنة الى 8 سم

2-خلايا كمبيومية شعاعية Ray initials (من أصول شعاعية)

وهي خلايا صغيرة متساوية الأبعاد تقريبا. ا تنشأ من الأصول المغزلية العناصر الطويلة رأسية مثل الألياف و الأوعية والقصبات وبارنكيما الخشب وبارنكيما اللحاء . في حين تتكون خلايا الأشعة البرنكيمية والتي تمتد أفقية و عرضية من الأصول الشعاعية.

تمتاز الخلايا الكمبيومية بغزارة فجواتها واحتواء جدرانها على حقول النقر الابتدائية تخترقها الروابط

منه في الأصول

البلازمودزمات وهي وحيدة النواة ويكون حجم النواة في الأصول المغزلية أكبر الشعاعية.

منطقة الكمبيوم Cambial zone

يمكن تمييز نوعين من الكمبيوم على أساس ترتيب وانتظام الخلايا المنزلية في المقطع المماس

1-كمبيوم منضد (مصفف) Storied or stratified cambium

فيه تنتظم خلايا الكمبيوم المغزلية في صفوف أفقية بحيث تكاد تصبح أطرافها في مستوى واحد كما هو الحال في النوع Robinia والأثل Tamarix وتكون الخلايا المنزلية من النوع القصير . يتوالد عن هذا النوع تركيب طبقي في الخشب واللحاء.

2-كمبيوم غير منضد (غير مصفف)

Non - storied or non - stratified cambium

في هذه الحالة تتراكب الخلايا المغزلية جزئياً ولا تنتظم في صفوف أفقية ، تكون في هذه الحالة أطول من خلال الكمبيوم المنضد وأكثرها شيوعا بين النباتات ، الكمبيوم المنضد أرقى تطورا من النوع غير المنضد كما أن الأصول المغزلية القصيرة للكمبيوم هي الأخرى أرقى من الأصول الطويلة .

عندما تنقسم خلايا الكمبيوم ينتج عن انقسامها خليتان متشابهتان مظهرية تتميز إحداهما إلى خلية من. خلايا الخشب الثانوي او الى خلية من خلايا اللحاء الثانوي وتظل الأخرى مرستيمية ويكون تميز الخلايا الداخلية الى عناصر الخشب أما الخلايا الخارجية فتتميز إلى عناصر اللحاء. ونتيجة التغلظ الثانوي يزداد اتساع الاسطوانة الخشبية بالتدرج وتبعا لذلك يزداد أيضا الكمبيوم في المحيط عن طريق إضافة خلايا جديدة. كما أن اتساع اسطوانة الكمبيوم يتبعه تكوين اصول شعاعية جديدة من خلال فقدان أصول مغزلية لتحل محلها الأصول الشعاعية المتكونة بإحدى الطرق التالية:

1-انقسام خلية مغزلية لتعطي على أحد جانبيها خلية شعاعية.

2-اقتطاع خلية شعاعية من طرف خلية مغزلية.

3-تحول خلية مغزلية متضائلة إلى خلية شعاعية.

4-انقسام خلية مغزلية عرضية لتعطي صفة من خلية شعاعية.

النشاط الكمبيومي:

بثائر الشكل للنمو القطري بدرجة كبيرة بمعدل النشاط الكمبيومي فإذا ازداد معدل انقسام خلايا الكمبيوم على معدل تميز الخلايا الناتجة عن هذا الانقسام عندئذ يتسع نطاق منطقة الكمبيوم Cambial zone . أما في حالة تساوي معدل انقسام خلايا الكمبيوم مع سرعة تميز الخلايا الناتجة إلى عناصر الخشب واللحاء فان منطقة الكمبيوم تظل ضيقة وواضحة الحدود. ويعد الكمبيوم الوعائي تغايرا كبيرا من حيث مدة وشدة نشاطه متأثرا بعدة عوامل خارجية وداخلية..

النشاط الموسمي للكمبيوم :

يستمر نشاط الكمبيوم في بعض النباتات طوال فترة حياة النبات أي أن خلايا الكمبيوم تظل تمارس انقسامها بصورة مستمرة وتتميز الخلايا الناتجة عن هذا الانقسام إلى عناصر الخشب واللحاء وهذا ما يتمثل في نباتات المنطقة الاستوائية Tropical zone . أما في المناطق التي يتميز مناخها بتعاقب موسمي واضح ، فيكون نشاط الكمبيوم على أشده في فصل الربيع ثم يتناقص تدريجيا خلال فصل الصيف بينما يتوقف تماما خلال فصلي الخريف والشتاء ويعاود نشاطه مرة أخرى بحلول فصل الربيع التالي .

يختلف دوام الكمبيوم إلى حد كبير من نبات النيات ومن جزء لأخر في نفس النبات ، فقد يبقى الكمبيوم حية وقائما بنشاطه خلال فترة حياة النبات كلها في المحور الرئيسي للنباتات الخشبية المعمرة وهذه النباتات تستطيع أن تحافظ على بقائها لسنوات عديدة . أما في الأوراق و النورات ذات العمر. القصير

فيدوم الكمبيوم لفترة قصيرة إذ يتحول الكمبيوم نفسه إلى نسيج وعائي ويتلاشى وجوده تمام داخل الحزم . الوعائية . ويحدث الشيء ذاته في سيقان معظم النباتات الحولية . وفي بعض النباتات العشبية من ذوات

الفلقتين يقوم الكمبيوم بنشاطه لفترة قصيرة مكونة القليل من الأنسجة الوعائية الثانوية.

تأثير النشاط الكمبيومي على جسم النبات الابتدائي :

نتيجة لقيام الكمبيوم الوعائي بنشاطه في تكوين الأنسجة الثانوية فإن قسما من الأنسجة الابتدائية (النخاع والخشب الابتدائي) يصبح محاطة بالأنسجة الثانوية المتكونة وتنقطع صلته بالأجزاء الخارجية .ويتقدم الزمن تختفي المحتويات الحية لمعظم الأنسجة الابتدائية لاسيما : خلايا النخاع و برنكيما الخشب ويمكن بسهولة تتبع موقع وشكل الخشب الابتدائي في كثير من السوق والجذور المسنة . أما الأنسجة الابتدائية الواقعة خارج الكمبيوم الوعائي والمتمثلة باللحاء الابتدائي فإنها تتفلطح بالاتجاه المماسي وبعضها يتهتك وقد ينقرض تماما ويبدو النسيج كله كشريط ضيق . كما أن الاندودرمس قد تتلاشى ولا يبقى لها أثر أما خلايا القشرة والدائرة المحيطة فقد تعتمد بعض الوقت لقدرتها على النمو البطيء ألا أنها قد تتعرض عوامل أخرى كالجفاف وانقطاع الغذاء وانعزالها عن طريق تكوين طبقات الفلين من الداخل وفي نهاية

امر تسقط هذه الأجزاء عاجلا أم أجلا ليحاط جسم النبات الثانوي بنسيج البريدرم . وقد تبقي القشرة في بعض النباتات عدة سنوات كما في بعض النباتات الخشبية

الخشب الثانوي Secondary xylem

التركيب الخشب الثانوي اساسا من نظامين من العناصر ونظام عمودي قائم Vertical system تمتد

عناصره بمحاذاة المحور الرئيسي للعضو النباتي تتمثل بالقصيبات والأوعية والألياف والبرنكيما الموازية للألياف. أما النظام الثاني فهو أفقي Horizontal or radial system يتمثل بالنظام الأفقي من أشعة الخشب تتمثل بخلايا برنكيمية قد تشترك معها عناصر ناقلة في بعض الصنوبريات إذ تحتوي قضيبات

شعاعية.

برنكيما الخشب xylem Parenchyma

تتضمن برنكيما الخشب الثانوي نوعين متميزين هما البرنكيما المحورية axial parenchyma والبرنكيما الشعاعية

ray , parenchyma . تنتج البرنكيما المحورية من أصول كمجيومية مغزلية في حين تنتج البرنكيما الشعاعية من أصول كمبيومية قصيرة نسبية . البرنكيما المحورية تكون أقصر من البرنكيما الشعاعية التي تكون عادة طويلة، تقوم هذه الخلايا بوظيفة الخزن (خزن النشا والدهون والمواد الدباغية)

التايلوزات Tyloses

التايلوزات عبارة عن تراكيب مثانية الشكل تظهر داخل الأوعية والقصبيات في الخشب الابتدائي والثانوي الا أنها أكثر شيوعا في الخشب الثانوي ولاسيما مغطاة البذور . وهي قليلة الوجود في عاريات البذور . تتكون التايلوزات نتيجة انتفاخ الجدار الخلوي لخلية برنكيما الخشب أو برنكيما شعاعية مجاورة لوعاء أو القصيبه من خلال النقرة إلى فراغ ذلك الوعاء أو القصيبة . يحدث ذلك عندما يصبح الخشب خامل أو

عند إصابته بضرر . وقد ينتقل إلى التيلوز جزء من سايتوبلازم الخلية البرنكيمية وأحيانا تنتقل النواة اذاتها . قد تكون التايلوزات صغيرة أو كبيرة وقد تكون قليلة أو عديدة لدرجة أنها قد تغلق الوعاء أو القصيبة . قد تتضخم الخلايا الطلائية Epithelial cells المحيطة بالقنوات الراتنجية Resin duct في المخروطيات Coniferales بشكل يشبه التيلوزات وقد تنسد القناة الراتنجية وتسمى هذه الخلايا بأشباه التايلوزات Tylosoids .

الحلقات السنوية Annual Rings:

في النباتات الخشبية المعمرة حيث يقوم الكمبيوم بوظيفة طوال حياة النبات لايكون نشاطه منتظما على مدار السنة إذ يكون نشاطه موسميا ، إذ يكون للكمبيوم مواسم نشاط ومواسم خمول تبعا للتغيرات المناخية فتكون النتيجة لذلك حلقات متوالية من الخشب متميزة يمكن رؤيتها بالعين المجردة في المقاطع المستعرضة يطلق على هذه الحلقات أسم الحلقات السنوية Annual rings أو حلقات النمو Growth rings . وفيها تكون عناصر الخشب المتكونة في موسم الربيع ومستهل الصيف واسعة رقية الجدران نسبية ومعظمها على هيئة أوعية ، أما عناصر الخشب المتكونة في أواخر الصيف معظمها ألياف أما الأوعية فتكون قليلة ضيقة وسميكة الجدران ، وتسمى هذه العناصر على التوالي الخشب الربيعي

Spring wood أو الخشب المبكر early wood والخشب الصيفي Summer wood أو الخشب المتأخر Late wood وتكون المنطقتين مع حلقة سنوية annual ring واحدة . ويكاد يتوقف النشاط الكمبيومي تماما خلال فصلي الخريف والشتاء ويستأنف نشاطه عند حلول موسم الربيع للسنة التالية .

إن الاختلاف في تكوين هذه العناصر يعزى إلى اختلاف حاجة النبات مع تغير الموسم ، إذ تزداد الحاجة في الربيع إلى عناصر خشبية واسعة لتزيد في كفاءة النبات لنقل الماء والأملاح مما يساعد في تكوين الأوراق والفروع الجديدة . أما في الصيف فتزداد الحاجة إلى عناصر خشبية تساعد على تدعيم جسم النبات وفي خلال السنة واحدة لا تكون هناك حدودة واضحة بين الخشب المتكون في موسم الربيع والخشب المتكون في موسم الصيف لنفس السنة. ولكن الخشب الصيفي يتمدد بشكل واضح من الخشب الربيعي المتكون في السنة التالية . كل حلقة سنوية تمثل عاما واحدا من عمر النبات ، ألا أنه قد يحدث احيانا أن تكون حلقات سنوية كاذبة False annual rings ينتج عنها أن يفوق عدد الحلقات السنوية عمر النبات الحقيقي ، فعندما يتعرض النبات الظروف مناخية معينة مثل إصابة النبات بمرض أو أية عوامل أخرى ينتج عنها انخفاض سرعة نمو النبات أو توقف هذا النمو لفترة ما خلال موسم الربيع.

الخشب منتشر المسام والخشب حلقي المسام Diffuse and Ring poraus wood

تنتظم اوعية الخشب الثانوي في ذوات الفلقتين بطريقة خاصة يتميز بها النوع وقد تكون الاوعية متساوية الأقطار تقريبا وموزعة داخل الخشب توزيعة منتظمة حينئذ يقال للخشب أنه منتشر المسام – Diffuse porous .أو عندما يكون متدرجة في حجم وتوزيع الأوعية كما في أشجار النوع *Populns alba* و *Betula* أما إذا احتوى الخشب على أوعية متباينة الأقطار بحيث تظهر الأوعية منة في مستهل الموسم اكبر من تلك المتكونة في الخشب المتأخر فيقال له خشب حلقي المسام ring - porous wood مثل نبات البلوط Quercus . يعتبر الخشب حلقي المسام أكثر تقدما من الناحية التطويرية من الخشب منتشر المسام ، يعد خشب عاريات البذور خشية الامامية wood porous – non لغياب الأوعية فيه .

الخشب الصميمي والخشب الرخو Heart wood Sap wood

بمرور الزمن يتوالى تكوين الخشب الثانوي ويفقد الخشب الواقع في المركز والمتكون منذ فترة بعيدة أهمية بالتدريج ويقوم بوظيفته الخشب الثانوي حديث التكوين . سبب ذلك هو التغيرات الكثيرة التي تحدث للخشب كلما مر به الزمن ولاسيما الخشب الموجود في المركز والذي يصبح ذا قيمه ميكانيكية دعاميه فقط بينما يفقد وظيفته في التوصيل . يسمى هذا الخشب المركزي بالخشب الصميمي Heart wood بينما يدعي الخشب الذي ما يزال يؤدي وظيفته بالخشب الرخو Sap wood وهذا الخشب يحتفظ بجميع وظائفه سواء التوصيلية

أو الدعاميه . إن التغيرات التي تحدث على الخشب الصميمي تتضمن فقدان العناصر الحية لحيويتها ويزداد سمك. جدرانها وتقل نسبة الماء فيها كما تترسب مواد مختلفة في الخلايا مثل الزيوت Oil والأصماغ gums والمواد الدباغية وبعض المواد الصبغية التي تضيف اللون الداكن.

إن هذه المواد المترسبة ترفع من قيمة الخشب من الناحية الاقتصادية لأنها تزيد من متانة وقوة الخشب ومقاومته للحشرات والفطريات مثل أخشاب الجوز Tugluns . ويعتبر الخشب الصميمي أقوى من الخشب الرخو وأصلح للأغراض الصناعية خاصة الأثاث .

اللحاء الثانوي :

تنتظم عناصر اللحاء الثانوي انتظاما متشابها لانتظام عناصر الخشب وذلك في نظامين هما النظام المحوري axial system والنظام الأفقي .radial sy. يمثل النظام المحور اللحاء العناصر الغربالية Seive elements وبرنكيما اللحاء phloem parenchyma وألياف اللحاء phloem fiber . بينما يمثل النظام الأفقي برنكيما أشعة اللحاء phloem ray paren. تكون حلقات النمو اللحاء أقل وضوحا من حلقات الخشب الثانوي بسبب أنه بعد مرور بضعة سنوات يتضاءل وضوح حلقات النمو نتيجة لاندثار العناصر المنخليه تدريجيا لعدم أدائها لوظيفتها كما أن بعض الخلايا البرنكيمية تتضخم وفي الكثير من عاريات البذور ومغطاة البذور تتكون في اللحاء الثانوي تجمعات مماسيه Tangential من الألياف .

ونظرا لعدم انتظام هذه التجمعات من حيث العدد مع تعاقب المواسم المختلفة لذلك

.لا يمكن اتخاذها دليلا على عمر اللحاء . تمتد أشعة اللحاء مقابل أشعة الخشب مكونه أشعة قطرية مستمرة وتكون أشعة اللحاء مساوية لأشعة الخشب في الحجم بالقرب من الكمبيوم ألا أنه في بعض نباتات تزداد أشعة اللحاء اتساعا عن طريق ازدياد الخلايا ذاتها في الحجم أو عن طريق ازديادها في العدد نتيجة لانقساماتها القطرية. قد تحتوي الخلايا البرنكيمية على بلورات مفردة أو متجمعة. أما ألياف اللحاء فتنتظم في بعض النباتات على هيئة أشرطة مماسيه تتبادل مع مجموعات من العناصر النخاعية والخلايا المرافقة والبرنكيما مثل العنب *Vitis* . وقد تؤلف. الألياف الجزء الأكبر من اللحاء وتنتشر بقية عناصره فيما بين الألياف. أما في التبغ *Nicotiana* فتكون الألياف قليلة منتشرة مع بقية عناصر اللحاء

التغلظ الثانوي في السيقان :

في السيقان التي يحدث بها تغلظ ثانوي عادي يتميز. شريط الكمبيوم الأولي إلى ثلاثة أقسام ابتداء من قمة الساق إلى قاعدته وهي القسم الخارجي وتتبين فيه أنسجة اللحاء والقسم الداخلي تتبين فيه أنسجة الخشب

والقسم الأوسط فيظل مرستيمية ولكنه لا يمارس نشاطه إلا عند بدء التغلظ الثانوي . عندما يبدأ التغلظ الثانوي تنقسم خلايا الكمبيوم انقسامات مماسية موازية للسطح وينتج عن كل خلية كمبيومية خليتان متشابهتان ظاهرية تتميز إحداهما إلى خلية خشب أو خلية لحاء وتظل الأخرى مرستيميه بحيث يكون الخشب باستمرار إلى الداخل واللحاء إلى الخارج . وبتوالي الانقسامات تضاف خلايا جديدة إلى الخشب تتميز فيما بعد إلى عناصر الخشب الثانوي وخلايا جديدة إلى اللحاء تتميز فيما بعد إلى عناصر الحاء الثانوي.

في بعض النباتات يظهر الكمبيوم داخل الحزم الوعائية فقط ويتخذ شكل أشرطة منفصلة وبذلك فإن التغلظ الثانوي يقتصر على الكمبيوم داخل الحزم الوعائية ويكون عندها محدودا إلى درجة مسيرة كما يحدث في بعض النباتات العشبية مثل *Ranunculus*. أما في نباتات أخرى فتظهر أشرطة. من الكمبيوم بين . الحزم الوعائية من الخلايا البرنكيمية المكونة بالأشعة النخاعية وتتصل فيما بعد ة الكمبيومية الموجودة داخل الحرم بحيث تكون حلقة كاملة من الكمبيوم . الكمبيوم داخل الحزم بالكمبيوم الحزمي Fascicular cambium والكمبيوم بين الحزم Inter

fascicular can. عندما تشكل حلقة الكمبيوم تنقسم لتعطي خشب إلى الداخل ولحاء إلى الخارج واشعة البرنكيمة تسمى الأشعة الثانوية Secondary rays تمييزا عن الأشعة النخاعية الابتدائية اذا انت الأشعة داخل الخشب سميت أشعة الخشب الثانوي Secondary xylem rays أما إذا كانت داخل اللحاء سميت Secondary phloem par.

التغلظ الثانوي في الجذر:

يحدث التغلظ الثانوي في الجذر في نفس الوقت الذي يجري حدوثه في الساق وذلك لأنه حاجة النبات إلى كفاءة متزايدة بالنسبة إلى التوصيل والتدعيم ولا بد أن يكون النمو في الجذر والساق معا ولكن التغلظ الثانوي في الجذر يختلف عنه في الساق. ففي الجذر الحديث تنتظم عناصر اللحاء على شكل أشرطة تتوزع في المنطقة الخارجية للأسطوانة الوعائية داخل البريسكيل (الدائرة المحيطة) مباشرة وتتبادل مع أذرع الخشب. ويتخذ الخشب أما محورا مركزيا أو شكل أشرطة منفصلة يتبادل مع أشرطة وفي جميع الحالات لا يوجد هناك أي كامبيوم إذ يتحول شريط الكامبيوم الأولي كليه إلى عناصر مستديمة من خشب ولحاء. عندما يبدأ التغلظ الثانوي في الحدوث يظهر الكامبيوم كأشرطة إلى الداخل من أشرطة اللحاء عن طريق استعادة الخلايا البرنكيمية الموجودة في هذه المناطق قدرتها على الانقسام بفقدان التميز وتحولها إلى خلايا مرستيمية ثانوية . تمارس هذه الخلايا نشاطها في الانقسام لتعطي عناصر وعائية ثانوية من خشب ولحاء وتكون عناصر الخشب إلى الداخل واللحاء إلى الخارج في أثناء ذلك تستعيد خلايا الدائرة المحيطة البرنكيمية المقابلة الأذرع

الخشب قدرتها على الانقسام وتتحول إلى مرستيم ثانوي. فيصل بعدئذ بالأشرطة الكمبيومية الأخرى والمتكونة داخل اللحاء لتكون حلقة متعرجة كاملة. ونظرا لأن الأشرطة الكمبيومية الناشئة داخل اللحاء تكون أكثر نشاطا من تلك المتكونة في الدائرة المحيطة فإن عناصر الخشب الثانوي تدفع الحلقة الكمبيومية المنبعجة إلى الخارج وينتج عنه انتظام في الحلقة الكمبيومية في اسطوانة منتظم . تتقسم لتعطي انتظام خشب للداخل ولحاء للخارج مع أشعة وعائية يكونها الكمبيوم المتكون في الدائرة المحيطة .

وفي الجذر المسن تتكون طبقة البريدرم التي تنشأ غالبا من الدائرة المحيطة نتيجة لسقوط القشرة بأكملها من الجذر ولكن قد ينشا البريدرم من طبقات القشرة الداخلية في في بعض نباتات

النمو الثانوي الشاذ في السيقان Anomalous Secondary growth in picot stem

قد يحدث في بعض نباتات ذوات الفلقتين أن ينحرف النمو الثانوي عن طريقة العادي لسببين : 1-يكون الكمبيوم أصلا عاديا من حيث موقعه إلا أن نشاطه أثناء التغلظ الثانوي يكون غير منتظم فيكون خشب ولحاء ثانويين بنسب مختلفة

2-يكون غير عادي في وضعه او قد يتوقف نشاطه لتحل محله طبقات كمبيومية أخرى غير عادية في ترتيبها وتوزيعها.

ومن أمثلة النمو الثانوي الشاذ في السيقان :

1-انبات Bignonia

في سيقان هذا النبات تبدأ عليه التغلظ الثانوي بصورة عادية سواء من حيث الموقع أو النشاط الا أنه بعد

ذلك يختلف نشاطه من منطقة إلى أخرى ليعطي في بعض المناطق خشبة أكثر من اللحاء وفي مناطق . أخرى لحاء أكثر من الخشب مكونة بذلك اسطوانة متعرجة والكمبيوم لا يبقى بشكل اسطوانة منتظمة .

2-نبات خف الجمل Bouhinia

في ساق خف الجمل يختلف نشاط الكمبيوم من جهة الخشب واللحاء معا في مناطق عن مناطق أخرى أي أن نشاطه الانقسامي يكون عالية في بعض المناطق ومنخفضة في مناطق أخرى .

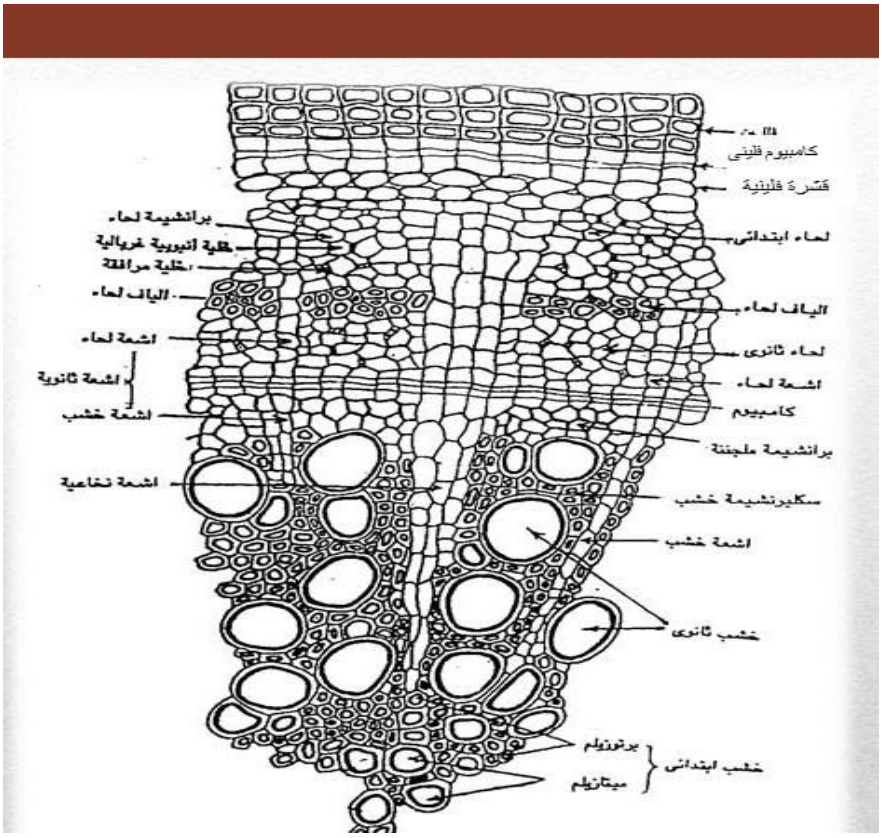
3-نبات الزراوند Aristolochia

م بعض أجزاء الكمبيوم بتكوين برنكيما شعاعية فقط وكلما اتسعت دائرة الكمبيوم تكونت أجزاء جديدة لتعطي برنكيما فقط وبالتالي تتكون اسطوانة ملتوية ومتعرجة في المقطع المستعرض.

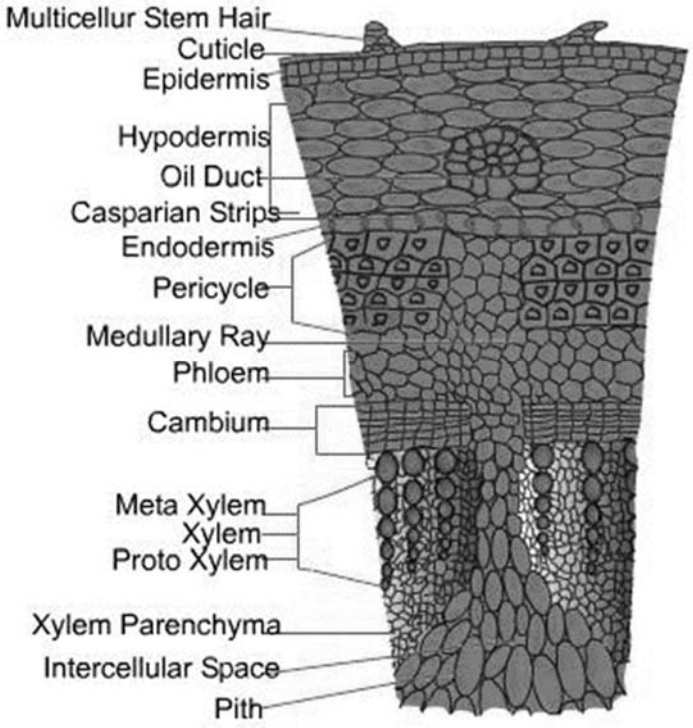
4 ساق الفلفل الأسود Piper nigra

تنتظم الحزم في حلقتين تفصلهما حلقة متعرجة من الألياف . وتحوي الحزم الداخلية على بقايا الكمبيوم أما الحزم الخارجية فتحوي أشرطة الحجم إلى حد معين بينما الى

بن تفصلهما خارجية فتحوي أشرطة كمبيومية كاملة . عند حدوث النمو الثانوي تزداد الحزم الداخلية في الحجم الى حد معين بينما الحزم الخارجية فينشط فيها الكمبيوم بشكل جيد مكونا أنسجة وعائية ثانوية ينشط الكمبيوم الحزمي بينهما مكونا أشعة برنكيمية متعرجة .



مقطع عرضي في حزمة وعائية من ذوات الفلقتين



مقطع عرضي في ساق الزيزفون Tilia