2. الخلايا المرافقة Companion cells

تعتبر الخلايا المرافقة من الصفات المميزة للحاء مغطاة البذور حيث انها تكون معدومة في عاريات البذور والنباتات الوعائية الواطئة .

وهي خلايا برنكيمية متخصصة ذات بروتوبلاست فعال تحتوي على سايتوبلازم ونواة وغيرها من المحتويات وترتبط الخلايا المرافقة مع وحدات الانابيب المنخلية ارتباطا وثيقا في الموقع والمنشأ والوظيفة حيث تقترن بكل وحدة انبوب منخلي خلية مرافقة او اكثر . اما من حيث المنشأ فتنشأ من نفس الخلية المرستيمية التي تنشأ منها وحدة الانبوب المنخلي فتحصل انقسامات محيطية Periclinal في الخلية الامية لتعطي خليتين الاولى كبيرة وهي وحدات الانبوب المنخلي والثانية صغيرة هي الخلية المرافقة . وقد تعاني الخلية الصغيرة انقسامات مماسية اخرى وتعطي خليتين مرافقتين لنفس وحدة الانبوب المنخلي. اما من ناحية الوظيفة فان موت الخلية المرافقة يؤدي الى فقدان الخلية المنخلية لوظيفتها.

اما في بعض عاريات البذور (المخروطيات مثلا) توجد خلايا شبيهة بالخلايا المرافقة تدعى خلايا الالبومين الزلالية Albuminous cells تختلف عن الخلية المرافقة بالنقاط التالية :-

الخلايا المرافقة	خلايا الالبومين
توجد في مغطاة البذور	توجد في عاريات البذور
الخلية المرافقة ووحدات الانبوب المنخلي تنشأ من نفس المنشأ	تختلف بمنشأها عن الخلايا المنخلية
تقع ضمن النظام المحوري Axial system	خلايا الالبومين تقع ضمن النظام الشعاعي ray system
لاتحتوي	خلايا الالبومين تحوي نسبة عالية من الزلال

3. برنكيما اللحاء Phloem parenchyma

توجد البرنكيما في اللحاء الابتدائي والثانوي ففي اللحاء الابتدائي فتوجد بشكل مفرد او مجاميع اما في اللحاء الثانوي فتوجد في نظامين محوري Axial وشعاعي Radial . وظيفة الخلايا البرنكيمية في اللحاء هي الخزن فتخزن النشا والدهون والمواد الدباغية او الراتنجية والبلورات وعند موت اللحاء اما ان تبقى الخلايا البرنكيمية بجدران ابتدائية او تتحول الى جدران ثانوية فتتحول الى سكلريدات .

4. الياف اللحاء Phloem fiber

وتوجد في اللحاء الابتدائي والثانوي لمغطاة البذور ويكون مفقود في لحاء عاريات البذور وتوجد الالياف في اللحاء الابتدائي خارج نسيج اللحاء بصورة مجتمعة اما في اللحاء الثانوي فتوجد موزعة بطرق مختلفة داخل نسيج اللحاء.

اللحاء الثانويSecondary phloem

وتنتظم عناصره في نظامين:

1- النظام المحوري او العمودي Axial or vertical system وتنشأ من اصول مغزلية:
2- النظام الشعاعي او الافقي Radial or horizontal system وتنشأ عن اصول شعاعية.

ويظم الترتيب المحوري العناصر المنخلية وبرنكيميا اللحاء والالياف اما النظام الشعاعي فيظم برنكيما اشعة اللحاء.

تختلف خلايا اللحاء الثانوي المتكونة في اول موسم النشاط عن تلك المتكونة في نهاية الموسم فالاولى تكون رقيقة الجدران وخلاياها واسعة عكس الثانية والتي تبدو متغلظة الجدران لذلك يمكن ان يكون هذا الاختلاف في شكل الخلايا حلقات نمو واضحة في نسيج اللحاء ولكنها اقل وضوحا مما عليه في الخشب الثانوي و بعد مرور بضعة سنوات يتضائل وضوح هذه الحلقات بأندثار هذه العناصر المنخلية تدريجيا ولا يمكن اعتماد الحلقات السنوية في اللحاء دليلا على عمر النبات للسبب المذكور اضافة الى عدم انتظام تجمعات اللالياف من حيث العدد مع تعاقب المواسم المختلفة وبسبب التغيرات التي تطرأ على العناصر كنظام الخلايا البرنكيمية.

اللحاء الثانوي في عاريات البذور

ويكون بسيط التركيب حيث يتكون النظام العمودي من خلايا منخلية Sieve cells وخلايا برنكيمية بما في ذلك الخلايا الزلالية Albuminous cells اما اشعة اللحاء فتتكون من خلايا برنكيمية فقط وقد تظم احيانا خلايا زلالية ايضا.

اللحاء الثانوي في مغطاة البذور

يكون معقد التركيب عكس عاريات البذور ويحتوي على عدد كبير من العناصر اللحائية والنظام المحوري يظم وحدات الانابيب المنخلية Sieve tube والخلايا المرافقة Companion cells وبعض الخلايا البرنكيمية المحورية Axial parenchyma والياف اللحاء Phloem fibers . ويتكون النظام الافقي او القطري من اشعة مختلفة الاحجام ما بين وحيدة الصف الى عديدة الصفوف الا انها تحتوي خلايا برنكيمية فقط . بالاضافة الى ذلك فقد يظم النظامان خلايا متصلبة التراكيب افرازية او انقراضية او تراكيب حليبية .

تنتظم الياف اللحاء الثانوي في النباتات المختلفة بطرق مختلفة ففي بعض النباتات تؤلف الالياف الجزء الاكبر من اللحاء وتنتشر بقية عناصره بين هذه الالياف في نباتات اخرى كالعنب توجد الالياف على هيئة اشرطة مماسية تتبادل مع مجموعات من العناصرالاخرى وفى التبغ يوجد القليل من الالياف منتشرة بين عناصر اللحاء الا ان هنالك نباتات لا يحوى لحائها على الالياف .

اللحاء الثانوي في عاريات البذور	اللحاء الثانوي في مغطاة البذور
يكون بسيط التراكيب	يكون معقد التراكيب
النظام العمودي او المحوري يتكون من خلايا منخلية Sieve cells وخلايا برنكيمية بما في ذلك الخلايا الزلالية Albuminous cells	والنظام المحوري يظم وحدات الانابيب المنخلية Sieve tube والخلايا المرافقة Companion cells وبعض الخلايا البرنكيمية المحورية Axial parenchyma والياف اللحاء Phloem fibers
النظام الشعاعي او الافقي فيتكون من خلايا برنكيمية فقط وقد تنظم احيانا خلايا زلالية ايضا	ويتكون النظام الافقي او القطري من اشعة مختلفة الاحجام ما بين وحيدة الصف الى عديدة الصفوف الا انها يحتوي خلايا برنكيمية فقط
لايحتوي	يظم النظامان خلايا متصلبة التراكيب افرازية او انقراضية او تراكيب حليبية

Plant Anatomy

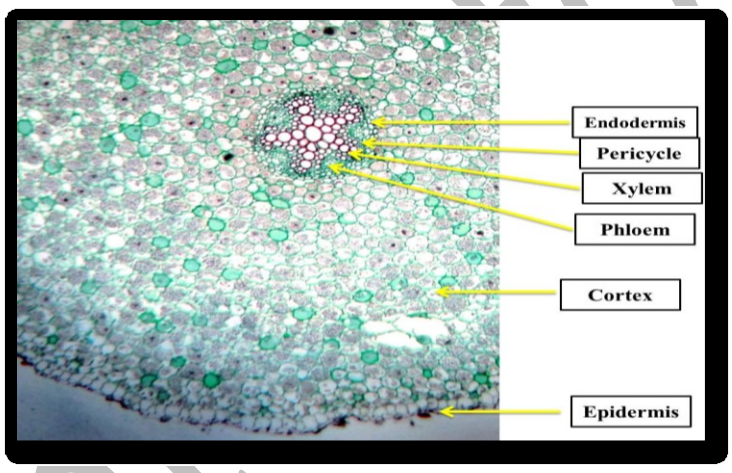
الحزم الوعائية (Vascular Bundles)

عند اقتران الخشب واللحاء في نطاق معين، يطلق على هذا الاقتران (الحزم الوعائية). وتختلف الحزم الوعائية باختلاف أعضاء النبات ، وحسب وجود الخشب واللحاء. وعلى هذا الأساس تقسم الحزم الوعائية الى ثلاثة أنـــــواع هي :-

1- الحزم الوعائية القطرية (Radial Vascular Bundles).
2- الحزم الوعائية الجانبية (Collateral Vascular Bundles).
3- الحزم الوعائية المركزية (Concentric Vascular Bundles).

الحزم الوعائية القطرية (Radial Vascular Bundles)

في هذا النوع من الحزم يُلاحَظ وجود الخشب على نصف قطر واللحاء على نصف قطر آخر، أي يقعان على أنصاف أقطار متبادلة . ويوجد هذا النوع من الحزم في الجذر الابتدائي، حيث ينتظم الخشب واللحاء في الجذر الابتدائي على أنصاف أقـطار متبادلة وتكون فيها عناصر الخشب الأولي (proto xylem) تتجه نحو الخارج أما الخشب التالي (meta xylem) فيتجه نحو الداخل، أي أن الخشب حينئذٍ يكون خارج الخشب الأول (exarch).



***Ranucuculus* root T.S in root, Radial vascular bundle**

الحزم الوعائية الجانبية (Collateral Vascular Bundles)

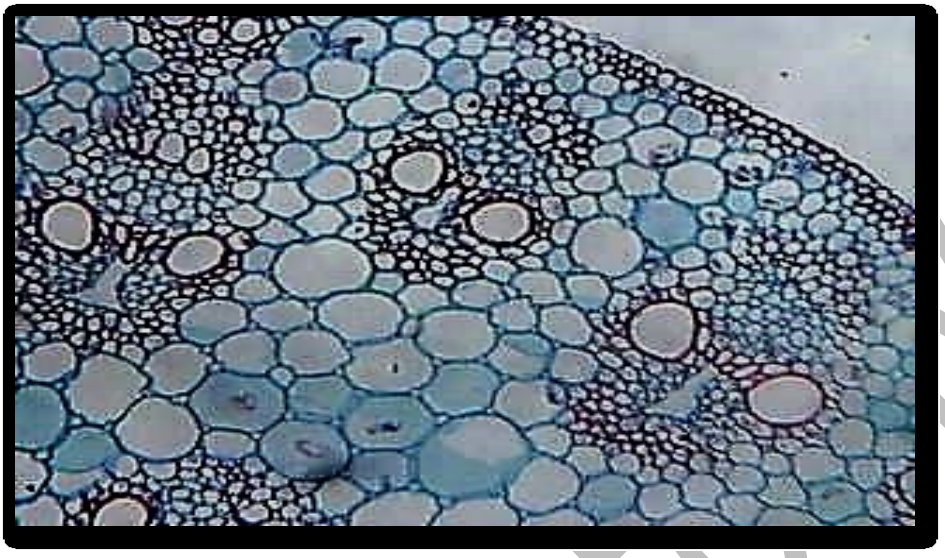
في هذا النوع من الحزم يوجد الخشب واللحاء على نفس نصف القطر، حيث يُلاحَظ في الساق وجود الخشب نحو الداخل واللحاء نحو الخارج . أما في الأوراق فيوجد الخشب نحو الخارج واللحاء نحو الداخل.

والحزم الجانبية في الساق تُقسَم الى نوعين نسبةً الى وجود أو عدم وجود الكامبيوم :-

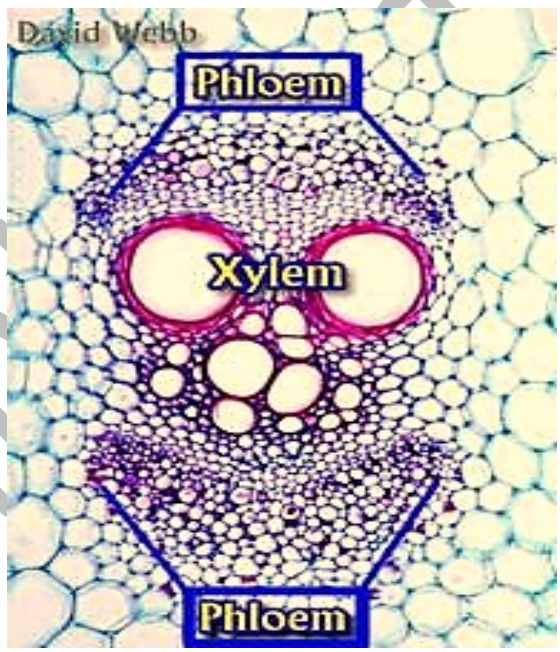
1- **حزمة وعائية جانبية مغلقة (Closed Collateral Vascular Bundles):** وتمتاز بعدم وجود الكامبيوم. وهذا النوع من الحزم يوجد في سيقان نباتات ذوات الفلقة الواحدة يكون فيها الخشب مرتب على شكل حرف (V) أو (Y).
2- **حزمة وعائية جانبية مفتوحة (Open Collateral Vascular Bundles):** ويمتاز هذا النوع من الحزم بوجود الكامبيوم الحزمي بين الخشب واللحاء وفي هذا النوع من الحزم يترتب الخشب على شكل صفوف .

ويقسم هذا النوع من الحزم حسب وجود اللحاء الى :-
أ- حزمة وعائية جانبية ذات لحاءٍ واحد (Collateral Vascular Bundle).
ب- حزمة وعائية جانبية ذات لحائيين (Bi-Collateral Vascular Bundles).

Plant Anatomy

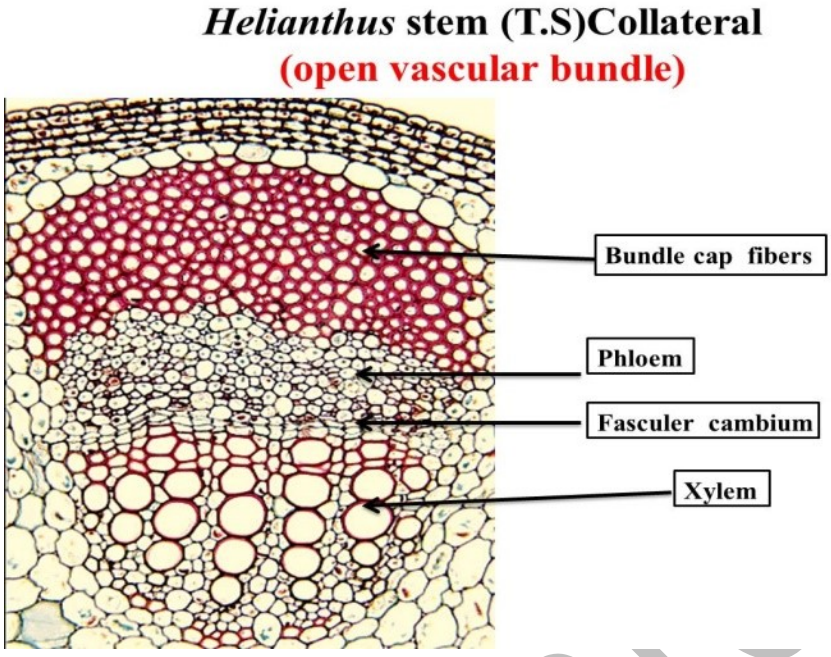


***Zea mays* stem (T.S)** Collateral Vascular Bundle
(closed vascular bundle)



Bi-Collateral Vascular Bundles

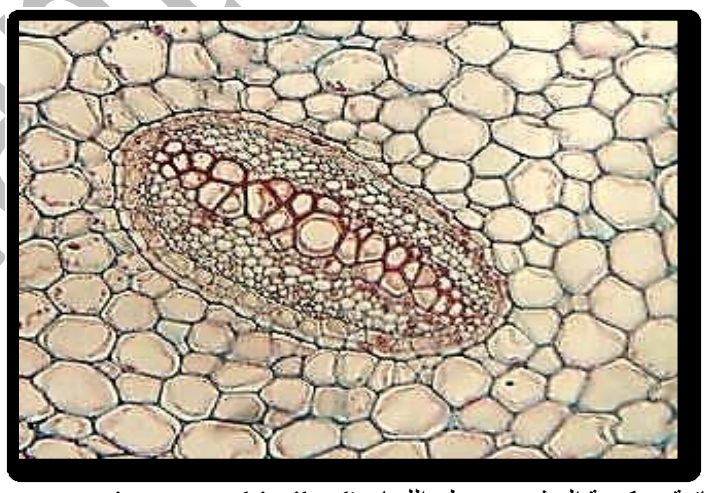
Plant atomy



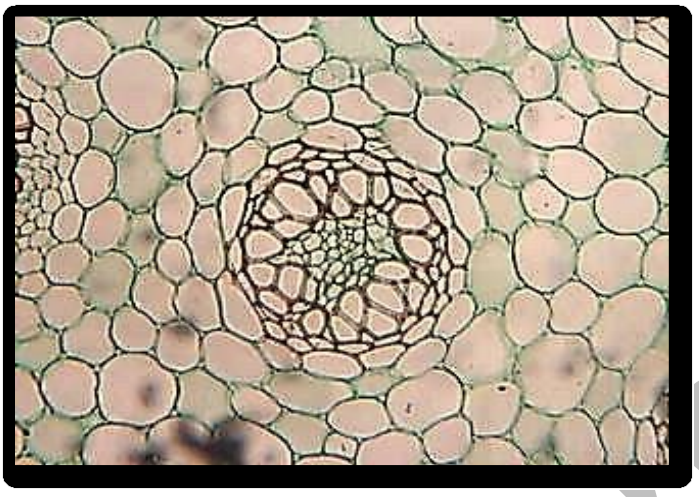
الحزم الوعائية المركزية (Concentric Vascular Bundles)

في هذا النوع من الحزم تنظم الأنسجة الوعائية بشكل مركزي ، حيث اما أن يكون الخشب بالمركز ويحيط به اللحاء أو بالعكس (اللحاء في المركز ويحيط به الخشب) ، وعلى هذا الأساس تنقسم هذه الحزم الى:-

1. حزم وعائية مركزية الخشب محيطه اللحاء (xlem concentric or amphicribral)، حيث يحيط اللحاء بالخشب وحينئذٍ يكون الخشب في المركز كما في سيقان السرخسيات وبعض النباتات المائية .
2. حزمة وعائية مركزية اللحاء محيطه الخشب . وفي هذا النوع يحيط الخشب باللحاء فيسمى (Amphivasal)، محيطية الخشب أو مركزية اللحاء (phloem concentric) كما في سيقان بعض النباتات ذوات الفلقة الواحدة مثل نبات السعد (*Cyperus*) وساق الدراسينا (*Dracaena*) .



حزم وعائية مركزية الخشب محيطه اللحاء (xlem concentric or amphicribral)



حزمة وعائية مركزية اللحاء محيطيه الخشب(Amphivasal)

التشريح الداخلي للنبات

1 – البنية التشريحية للجذر

عند عمل قطاعات مستعرضة في منطقة الشعيرات الجذرية بالجذر يلاحظ أن الجذر يتكون من أنسجة عديدة تظهر من المحيط إلى المركز كالتالي :

- **البشرة Epidermis:**

هي الطبقة الخارجية من الجذر وتتكون من صف واحد من الخلايا المتراصة الدقيقة الجدر الخالية من الكيوتين غالباً . وفي منطقة الشعيرات تستطيل بعض الخلايا مكونة الشعيرات الجذرية ولهذا تعرف طبقة البشرة في هذه المنطقة بالطبقة الوبرية Rhizoderms، وتقوم الشعيرات الجذرية بامتصاص الماء والأملاح من التربة .

- **القشرة Cortex:**

وهي منطقة واسعة من خلايا برنكيمية ذات جدر رقيقة ومسافات بينية واسعة وتقوم هذه المنطقة بثلاث وظائف هي تهوية الأنسجة الجذرية وتوصيل الماء والأملاح إلى أنسجة الخشب وتخزين المواد الغذائية وعند جفاف وسقوط طبقة الشعيرات الجذرية تتعرض أول طبقات القشرة للخارج وتسمى الإكسوديرم **Exodermis** وجدران هذه الخلايا مغلظة بالسوبرين ويتراوح سمك الأكسوديرم من طبقة إلى عدة طبقات.

وأخر طبقات القشرة للداخل تعرف بالأندوديرم **Endodermis** ويميز خلايا هذه الطبقة وجود ترسيب لمادة السوبرين يوزع على الخلية بشكل شريط يحيط بالجدر الشعاعية للخلية ويسمى بشريط كاسبار **Casparian strip** الذي يعمل كمادة لاصقة لخلايا الأندوديرم ويمنع مرور الماء خلاله . ولذا فإن مرور الماء من القشرة إلى الإسطوانة الوعائية يتم خلال خلايا خاصة في طبقة الإندوديرم تعرف بخلايا المرور passage cells وهي خلايا رقيقة الجدر تخلو من مادة السوبرين وتكون هذه الخلايا مقابلة للخشب الأول . الإسطوانة الوعائية **vascular cylinder** تتكون من نسيج الدائرة المحيطية **Pericycle** ونسيج الخشب **Xylem tissue** ونسيج اللحاء **Phloem tissue** ونسيج النخاع (اللب) **Pith**.

Plant Anatomy

- **الدائرة المحيطية Pericycle:**

يتكون عادة من صف واحد من خلايا برنكيمية رقيقة الجدران قد تستعيد قدرتها على الإنقسام ومن هذه الطبقة تنشأ الجذور الجانبية .

- **الحزم الوعائية Vascular bundles:**

تتكون الحزم الوعائية من أذرع من الخشب الإبتدائي **Primary xylem** تتبادل مع كتل من نسيج اللحاء الإبتدائي **Primary phloem** على أنصاف أقطار متبادلة (حزم قطرية) ويفصل بين الخشب واللحاء مجموعة من خلايا مرستيمية غير متشكلة تقوم بوظيفة الكامبيوم الوعائي في جذور النباتات التي تتغلظ ثانوياً (غالباً نباتات ذوات الفلقتين) وتصبح خلايا برنكيمية بالغة أو سكلرنكيمية في الجذور التي لا تتغلظ ثانوياً (نبات ذوات فلقة واحدة) ويتكون ذراع الخشب من خشب أول للخارج وخشب تالي للداخل وأوعية الخشب الأول ضيقة ذات تغلظ حلقي أو حلزوني وأحياناً سلمي ، أما الخشب التالي فأوعية واسعة وتغليظها يكون شبكياً أو منقرا وعدد أذرع الخشب يتراوح عادة بين 2 – 8 في جذور ذوات الفلقتين بينما يزيد على ذلك في جذور نباتات ذوات الفلقة الواحدة حيث تصل 8-25 ذراع.

ويتكون اللحاء الإبتدائي أيضاً من لحاء أول للخارج ولحاء تالي للداخل وتكون الأنابيب الغربالية للحاء الأول أضيق من الأنابيب الغربالية للحاء التالي .

- **النخاع (اللب) Pith:**

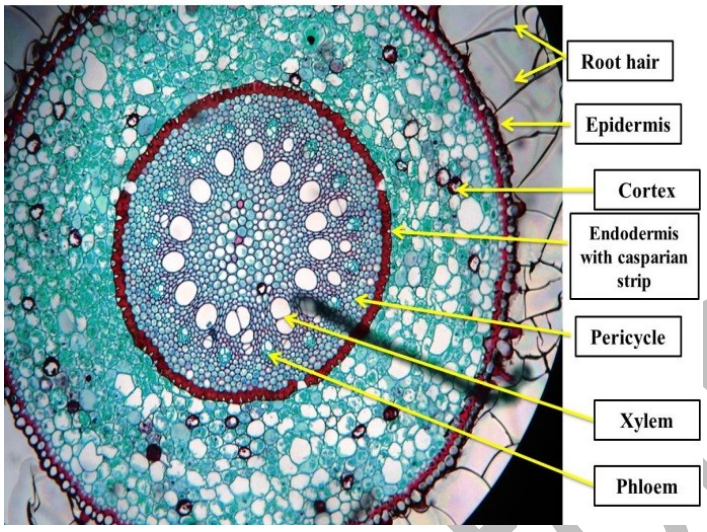
يتكون النخاع من خلايا برنكيمية تشغل مركز القطاع تظهر عادة في جذور نباتات الفلقة الواحدة لتباعد أذرع الخشب ، بينما يلتقي الخشب التالي لجميع الحزم ويلتحم في مركز الجذر فلا يترك مكانا للنخاع في جذور ذات الفلقتين .

مقارنة بين جذر فلقتين وجذر فلقة واحدة

جذر فلقتين	جذر فلقة واحدة
1 – القشرة عريضة 2 – الحزم الوعائية محدودة العدد من (2-8) 3 – عدد الأوعية الخشبية في الحزمة الوعائية كبير 4 – النخاع ضيق وقد يكون غير موجود 5 ـ وجود الكامبيوم الوعائي	1 – القشرة ضيقة 2 – الحزم الوعائية عديدة (أكثر من 8) 3 – عدد الأوعية الخشبية في الحزم الوعائية قليل 4 – النخاع متسع 5 ـ انعدام الكامبيوم الوعائي

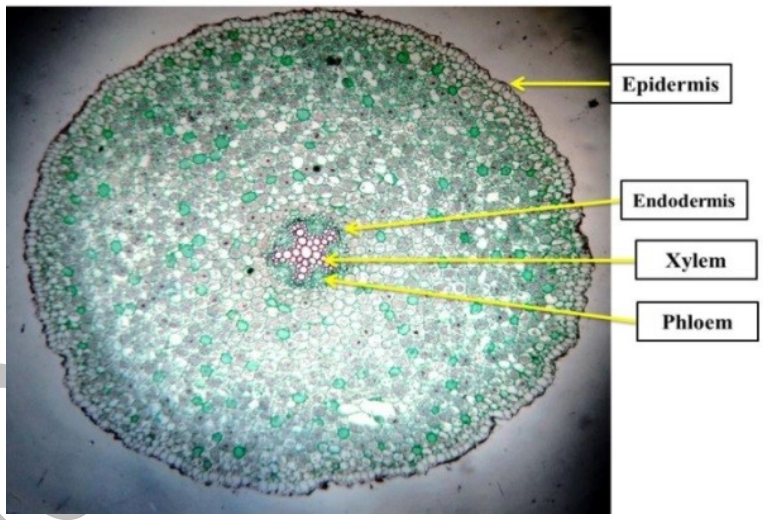
Plant Anatomy

Zea mays root (T.S)



جذر ذوات الفلقة الواحدة

Ranucuculus root T.S



جذر ذوات الفلقتين

البنية التشريحية للساق :

أولاً : ساق نبات ذوات الفلقتين :

لدى فحص قطاع مستعرض في ساق حديث من نباتات ذوات الفلقتين نجد أنه يتكون من الأنسجة التالية من المحيط إلى المركز :

- **البشرة Epidermis:**

تتكون من طبقة واحدة من الخلايا المتراصة تغطى بالكيوتين وتوجد بين خلايا البشرة ثغور أقل عدداً مما هو عليه في الأوراق ، قد تمتد من خلايا البشرة زوائد وحيدة الخلية أو عديدة الخلايا .

- **القشرة Cortex:**

مجموعة من الطبقات تلي البشرة إلى الداخل وتغلف الإسطوانة الوعائية ، وهي تتكون من خلايا برنكيمية يوجد بها بلاستيدات خضراء ، كما يوجد خلايا كولنكيمية والطبقة الأخيرة من القشرة تسمى بالغلاف النشوي لاحتواء خلاياها على نشا مدخر يظهر بلون أزرق عند صبغ القطاع بصبغة الايودين وفي كثير من الأحيان نلاحظ وجود أنسجة إفرازية داخلية كالقنوات الراتنجية واللبنية متخلله نسيج القشرة .

- **الاسطوانة المحيطية Pericycle :**

وهي مجموعة من الخلايا السكلرنكيمية فوق الحزمة الوعائية وتحديدا فوق منطقة اللحاء متمثلة بالياف قبعة الحزمة.

- **الحزم الوعائية Vascular bundle:**

الحزم من النوع الجانبي المفتوح فهي جانبية لأن الخشب واللحاء على نصف قطر واحد ، وهي مفتوحة لأن الكامبيوم الوعائي الحزمي يوجد بين الخشب واللحاء ويتكون اللحاء دائماً للخارج والخشب للداخل . والخشب التالي ذو الأوعية الواسعة للخارج جهة الكامبيوم والخشب الأول ذو الأوعية الضيقة للداخل الجهة النخاع . ويتكون الكامبيوم الوعائي من صف من الخلايا المرستيمية تنقسم معطيه خشب للداخل ولحاء نحو المحيط .

- **النخاع والأشعة النخاعية (اللب والاشعة اللبية) Pith & Pith ray**

يكون النخاع الجزء المركزي من الساق ، كما تتصل القشرة بالنخاع بواسطة أشعة نخاعية. وهي تتكون من خلايا برنكيمية . وفي بعض سيقان النباتات العشبية مثل الفول والبرسيم يوجد تجويف وسطي في موضع النخاع نتيجة تمزق وتحلل النخاع أثناء النمو .

ثانياً: ساق نبات ذو فلقة واحدة :

لدى فحص قطاع مستعرض من ساق حديث لنبات من ذوات الفلقة الواحدة نجد أنه يتكون من الأنسجة التالية:

- **البشرة Epidermis:**

و تتكون من صف واحد من الخلايا المتراصة التي يعلوها طبقة من الكيوتين و تتخللها الثغور ، و قد تحتوي على زوائد بشرة .

- **النسيج الأساسي Ground tissue:**

يلي البشرة و يملأ القطاع و يتكون من خلايا برنكيمية وتتبعثر فيه الحزم الوعائية و قد تكون الطبقات الخارجية من النسيج الأساسي خلايا سكلرنكيمية كما في كثير من النباتات النجيلية .

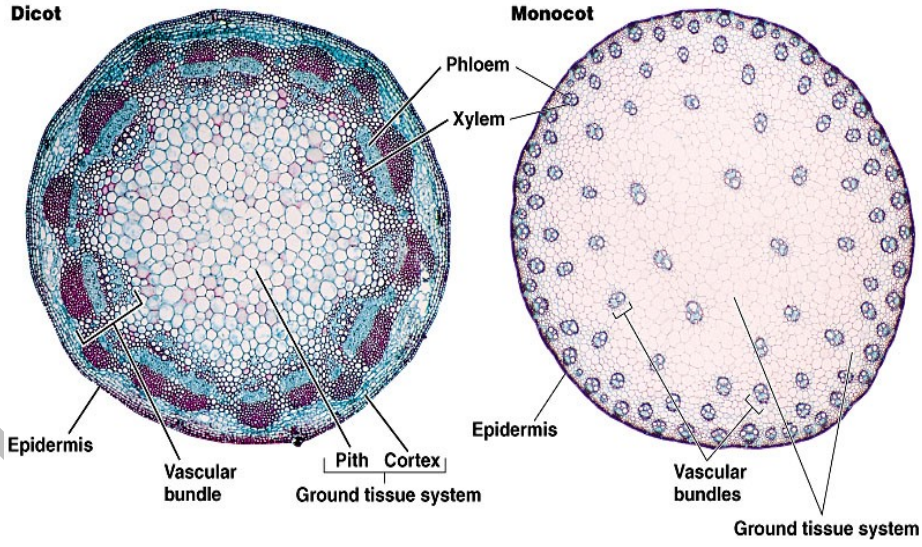
Plant Anatomy

- **الحزم الوعائية Vascular bundles:**

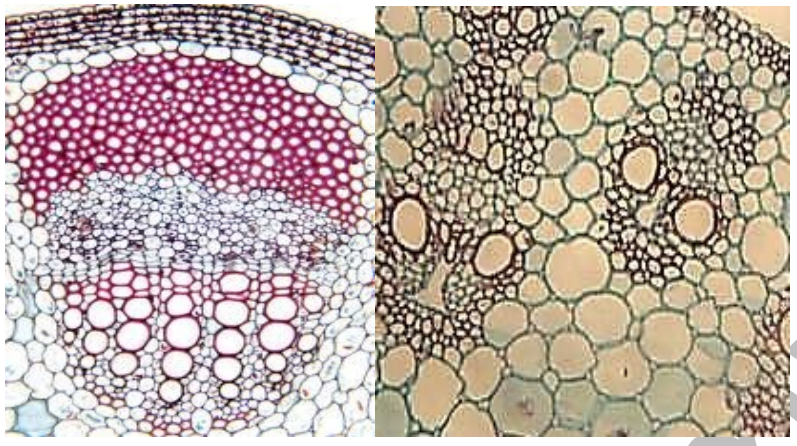
وهي عديدة مبعثرة في النسيج الأساسي وهي عادة حزم جانبية مغلقة أي أن اللحاء والخشب على نصف قطر واحد ولا تحتوي على نسيج كامبيوم وعائي بين الخشب و اللحاء . ويتكون الخشب من عدد محدود من أوعية الخشب مرتبة على شكل حرف Y أو حرف V والخشب التالي للخارج والأول للداخل . و قد تتمزق بعض أوعية الخشب الأول مكونة فجوة تعرف بتجويف الخشب الاول. وعادة تغلف الحزم بطبقة أو أكثر من الألياف تعرف بغمد الحزمة **Bundle sheath**.

مقارنة بين ساق نبات ذوات الفلقتين و ساق نبات ذوات الفلقة واحدة

ساق نبات ذوات الفلقتين	ساق نبات ذوات الفلقة واحدة
1 – النسيج الأساسي يتميز إلى قشرة و نخاع و أشعة نخاعية	1 – النسيج الأساسي لا يتميز إلى قشرة و نخاع و أشعة نخاعية .
2 – الحزم الوعائية مرتبة في دائرة أو دائرتين	2 – الحزم مبعثرة في النسيج الأساسي
3 – الحزم الوعائية جانبية مفتوحة	3 – الحزم الوعائية جانبية مغلقة
4 – يوجد غلاف نشوي	4 – لا يوجد غلاف نشوى
5 – اللحاء يحتوي على برنكيمة لحاء	5 – اللحاء لا يحتوي على برنكيمة لحاء أو يحتوي على قليل منها
6 – أوعية الخشب في صفوف قطرية مستقيمة	6 – أوعية الخشب على شكل حرف أ و Y
7 – يحتوي على الكامبيوم الوعائي	7 – لا يحتوي على الكامبيوم الوعائي
8-وجود النسيج الكولنكيمى تحت البشرة	8-وجود النسيج السكلرنكيمى تحت البشرة



Plant Anatomy



الفرق بين تشريح الساق والجذر			
	تشريح الساق		تشريح الجذر
1	التفرعات الثانوية خارجية المنشأ	1	التفرعات الثانوية داخلية المنشأ
2	القمة النامية طرفية الموقع لانعدام القلنسوة	2	القمة النامية تحت طرفية لوجود القلنسوة
3	وجود الادمة في منطقة البشرة	3	انعدام طبقة الادمة
4	وجود النسيج الكولنكيمي	4	وجود النسيج السكلرنكيمي وانعدام الكولنكيمي
5	الحزم الوعائية جانبية او مركزية Collateral or concentric	5	الحزم الوعائية من النوع القطري Radial vascular bundle
6	موقع الخشب التالي للخارج والخشب الاول للداخل Endoarch	6	موقع الخشب التالي للداخل والخشب الاول للخارج Exarch
7	عدم تميز النسيج الاساس في ذوات الفلقة الواحدة الى قشرة ولب	7	جذور ذوات الفلقة والفلقتين يتميز فيها النسيج الاساس الى قشرة ولب
8	ينشأ الكامبيوم الفليني في ساق ذوات الفلقتين من منشأ خارجي من الطبقات الخارجية للقشرة	8	ينشأ الكامبيوم الفليني من جذور ذوات الفلقتين من منشأ داخلي اي من Pericycle
9	لاتتميز القشرة الداخلية عادة في الساق وانما يوجد بدلا منها الغلاف النشوي في بعض النباتات	9	تنتهي القشرة في الجذر بطبقة القشرة الداخلية Endodermis .

البنية التشريحية للورقة

أولا : ورقة نبات ذوات الفلقتين :

بالفحص التشريحي لنصل ورقة نبات ذو فلقتين يلاحظ أنها تتركب من النسج التالية وذلك من الأعلى إلى الأسفل :

- البشرة العليا upper epidermis :

صف واحد من الخلايا المتراصة خالية من الكلوروفيل فيما عدا الخلايا الحارسة المحيطة بفتحات الثغور التي تحتوي على الكلوروفيل و تغطي الجدر الخارجية لخلايا البشرة طبقة الكيوتين .

Plant Anatomy

- النسيج الوسطى Mesophyll:

و هو من الأنسجة الموجودة بين البشرة العليا و السفلى باستثناء الحزم الوعائية و يمثل النسيج الوسطى للورقة و يتميز إلى :

1. نسيج عمادي Palisade layer: و يوجد تحت البشرة العليا مباشرة و يتكون من صف أو أكثر من خلايا برنكيمية أسطوانية متعامدة على خلايا البشرة وغنية بالبلاستيدات الخضراء .

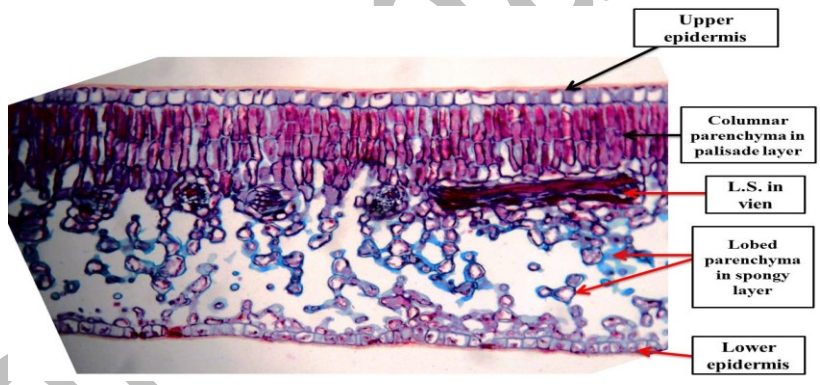
2. نسيج إسفنجي spongy layers: يوجد أسفل النسيج العمادي جهة البشرة السفلى و تكون من عدة طبقات و خلاياه غير منتظمة الشكل تفصلها مسافات بينية واسعة و تحتوي على بلاستيدات خضراء و لكن بنسبة أقل منها في خلايا النسيج العمادي .

- الحزم الوعائية vascular bundles:

توجد الأنسجة الوعائية في نصل الورقة في نظام متشابك مكونه عروق الورقة (تعرق شبكي Reticulate venation) وتقع الحزم الوعائية الرئيسية في العروق الوسطى و تتكون من خشب و لحاء و لاتوجد كامبيوم عادة ويوجد الخشب جهة البشرة العليا ويتكون من أوعية خشبية مرتبة في صفوف وقصيبات وألياف وبرنكيمية خشب ويكون الخشب الأول إلى الأعلى و الخشب التالي إلى الأسفل و يوجد اللحاء جهة البشرة السفلى و يتكون من أنابيب غربالية و خلايا مرافقة و برنكيمية لحاء والحزم الوعائية الفرعية أبسط تركيبا من الحزمة الرئيسية و تحاط الحزم عادة بطبقة أو أكثر من خلايا برنكيمية أو كلورنكيمية متراصة بجانب بعضها مكونة غلاف الحزمة . كما يلاحظ وجود خلايا كولنكيمية أعلى و أسفل العرق الوسطى تعمل كنسيج وعائي في الورقة .

- البشرة السفلى lower epidermis:

تشبه خلايا البشرة العليا إلا أن جدر خلايا البشرة السفلى أقل سماكة و تحتوي عادة على ثغور بعدد أكبر من عددها في البشرة العليا .



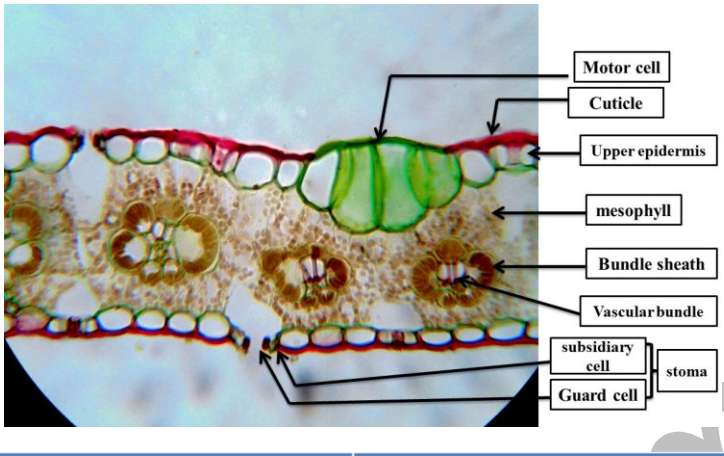
ثانيا: ورقة نبات من ذوات الفلقة واحدة :

بالفحص المجهري لنصل ورقة نبات ذو فلقة واحدة نجد انها تتكون من ما يلي :

- البشرة العليا Upper epidermis: تتكون من طبقة من الخلايا المتراصة تتغطى بالكيوتين و يوجد فيها ثغور وكثيرا ما يتميز بالبشرة مجموعة من الخلايا المتراصة والكبيرة الحجم ورقيقة الجدر تنثني عندها الورقة و تعرف بالخلايا الحركية أو اللافة .
- النسيج الأساسي Mesophyll: و يتكون من خلايا كلورانكيمية تقوم بعملية التمثيل الضوئي و لا يتميز هذا النسيج في معظم نباتات ذات الفلقة الواحدة إلى نسيج عمادي و آخر اسفنجي .
- الحزم الوعائية Vascular bundles: توجد الأنسجة الوعائية في نظام متوازي عادة لأن تعرق الأوراق متوازي parallel venation في ذوات الفلقة الواحدة .

تظهر في القطاع المستعرض الحزم الكبيرة في الوسط والصغيرة عند الحافة . و الحزم جانبية مغلقة يوجد الخشب بها من جهة البشرة العليا مكونا حرف Y أ و V و يوجد اللحاء من جهة البشرة السفلى و يلاحظ وجود خلايا سكلرنكيمية تحت البشرة مباشرة خاصة حول الحزم الرئيسية تعمل كنسيج دعامي للورقة .

- البشرة السفلى lower epidermis: تشبه البشرة العليا .



ورقة ذوات الفلقة	ورقة ذوات الفلقتين
1. تحتوي على الخلايا المحركة motor cell	1. لا تحتوي
2. يكون من خلايا برنكيمية لا يتميز الى نسيج عمادي واسفنجي	2. يتكون من خلايا برنكيمية عمادية واخرى اسفنجية
3. العروق متوازية	3. العروق شبكية
4. توجد الانسجة الوعائية في نظام متوازي لان تعرق الاوراق متوازي	4. توجد الانسجة الوعائية في نظام متشابك مكون من عروق الورقة. تقع الحزمة الوعائية الرئيسية في العرق الوسطي
5.اوعية الخشب على شكل حرف V أو Y	5. اوعية الخشب على شكل صفوف قطرية مستقيمة
6. مثال نبات الحنطة	6. مثال نبات العنب

Plant Library

التركيب الداخلي للنباتات وعلاقته بالبيئة

يختلف التركيب الداخلي للنبات اختلافاً كبيراً مع تغير البيئة، وقد يصحب هذا التغير (الاختلاف) تغير في الشكل االخارجي للنبات. كذلك يطلق على النباتات التي تعيش في بيئة معتدلة من حيث توفر الماء ودرجة الحرارة **نباتات البيئة المتوسطة** (Mesophytes) أما النباتات التي تعيش في البيئة الصحراوية القاحلة والتي تتعرض الى ندرة المياه فتسمى **نباتات البيئة الجافة** أو نباتات الجفاف (Xerophytes). أما النباتات التي تعيش في البيئة المائية والتي يطلق عليها **النباتات المائية** (Hydrophytes). ويطلق على النباتات القادرة على العيش في بيئات ملحية مصطلح **النباتات الملحية** (Halophytes) .

نباتات الجفاف (Xerophytes)

ان ندرة الماء في البيئة الصحراوية ادت الى ظهور تحورات على جسم النبات سواء كانت هذه التحورات خارجية أو داخلية ويطلق مصطلح نباتات الجفاف (Xerophytes) فقط على تلك النباتات التي تستطيع العيش تحت ظروف الجفاف وتتحملها عن طريق تحورات خلقية في تركيبها الداخلي والخارجي. ومما يجدر الاشارة اليه وأخذه بنظرالاعتبارأنه بجانب المناطق البيئية ذات الجفاف الحقيقي توجد أنواع من البيئة التي تولد ظروف جفافية من الناحية الفسيولوجية كالمستنقعات المالحة (swamps) أو التربة شديدة القلوية، حيث يتعذر على النبات الحصول على حاجته الكاملة من الماء. وفي بيئات أخرى قد يتعذرعلى النباتات امتصاص الماء في فترة معينة من السنة وذلك للانخفاض الشديد في درجة الحرارة في هذه الفترة. تحت هذه الظروف يتعذر على النباتات امتصاص الماء فيتطلب ذلك داخلياً وخارجياً وجود تلك التحورات التي تظهرفي نباتات الجفاف الحقيقية . وفي بعض الحالات لا تتحور النباتات بدرجة كبيرة من أجل أن تتلائم وظروف الجفاف انما تكتفي بمجرد تكوين جذور كبيرة وعميقة أو جذور غزيرة التفرع لكي تحسن قدرتها على امتصاص الماء. ولكن لمعظم نباتات الجفاف تحورات تركيبية Modification. ويمكن تلخيص هذه التحورات فيما يأتي :-

1. تقــوية البشرة:

في معظم نباتات الجفاف تتغلف البشرة بطبقة سميكة من الأدمة (thick cuticle) وذلك بجانب تغلظ جدرانها بمادة الكيوتكل (cuticale) وبالاضافة الى عملية الكيتنة هذه قد تتغلظ الجدران كذلك بمادة اللكنين أو بطبقات شمعية سميكة أحياناً وذلك للتقليل من فقدان الماء الى أقل قدر ممكن.

2. تكوين كميات وفيرة من النسيج السكلرنكيمي :

تتميز نباتات الجفاف بوجود نسب كبيرة من الخلايا السكلرنكيمية ولاسيما في الأوراق مقارنةً بما يوجد في أوراق نباتات البيئة الوسطى، وتوجد هذه الخلايا بشكل طبقة أو طبقتين تقع تحت البشرة والنسيج المتوسط . وتقوم الصفائح أو الأشرطة السكلرنكيمية بمنع فقدان الماء من ناحية ، وكدعامة ميكانيكية عند تعرض النبات للجفاف من ناحية أخرى. وتسمى نباتات الجفاف التي تتكيف عن طريق توفير الأنسجة السكلرنكيمية في أوراقها نباتات الجفاف متصلبة الأوراق (Hard Leaves Xerophytes)

3. وفرة الشعيرات:

تُكَوِن الكثير من نباتات الجفاف شعيرات كثيرة على السطوح السفلية للأوراق أو على الثغور، فتتكون بذلك عن طريق الشعيرات شبكة متماسكة تستطيع أن تحتفظ بالهواء المحيط بالثغور بدرجة عالية من الرطوبة وبهذه الطريقة تقل حركة الهواء المتاخم لسطح الورقة وبالتالي ينعدم التبخر السريع للماء من الثغور، ويدعى هذا النوع من نباتات الجفاف بنباتات الجفاف شعرية الأوراق (Trichophyllous Xerophytes) ومن أمثلتها ورقة نبات الدفله .

4. انطواء الأوراق:

في بعض أنواع الأوراق لا سيما النجيليات تقوم بعملية الانطواء عندما يشتد الجفاف فتعزل الثغور عن الجو الخارجي الجاف وعن التيارات الهوائية كمـــا في ورقة قصب الرمال . وتقوم بهذه العملية مجموعة من الخلايا يطلق عليها اسم (Motor Cell) أو (Bulliform cells).

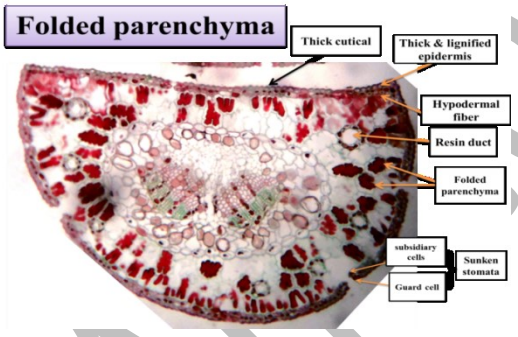
Plant Anatomy

5. الثغور من حيث تركيبها وموضعها :

تعتبرالثغور الممرالرئيسي لخروج الماء من داخل جسم النبات ، ولذلك فان وجود عدد كبير منها يؤدي الى فقدان زائد للمحتوى المائي خلال عملية النتح وعكس ذلك يبقى النبات محتفظ بكميات كبيرة من الماء لذلك فان الثغورفي بعض نباتات الجفاف تقع على مستوى منخفض أي غائر(sunken) تحت تجويف خاص يسمى بالغرف الهوائية الخارجية ، وفي مثل هذه التجاويف يظل الهواء الجوي فيها محتفظاً بدرجة عالية من الرطوبة مما يعمل على خفض معدل النتح في الثغور كما في ورقة نبات هاكنا، وفي حالات أخرى تنتظم الثغور في قاع تجاويف مشتركة تنتشر على سطح الورقة كما في ورقة نبات الدفلة (*Nerium*) . أو قد تكون الثغورعلى جانبي شقوق خاصة تحتفظ بهواء عالي الرطوبة.

6. اختزال سطح (نصل) الورقة :

تلجأ بعض النباتات الصحراوية (نباتات الجفاف) الى تخفيض معدل النتح عن طريق تقليل السطح الناتح، وذلك بحملها لأوراق صغيرة وتسمى هذه النباتات نباتات الجفاف صغيرة الأوراق (microphyllous Xerophytes) مثل أذناب الخيل والصنوبروكشك الماء او الهليون (*Asparagus*)



التشريح الداخلي لمقطع مستعرض في ورقة لنبات البيئة الجافة Xerophytes

نباتات الجفاف اللحمية (Fleshy Xerophytes)

ان التغلب على ندرة الماء لا تُتَخذ عن طريق اعاقة النتح فحسب وانما قد تلجأ بعض النباتات الى الاحتفاظ بكميات كبيرة من الماء داخل جسمها مما يؤدي الى ظهورها بمظهرلحمي في بعض الأحيان ولذلك تسمى نباتات الجفاف اللحمية (Fleshy Xerophytes). وهذه النباتات لها أوراق أو سيقان لحمية تحتوي بداخلها على نسيج برنكيمي خازن للماء ،كما تحتوي بالاضافة الى ذلك على مواد هلامية. ويمكن الاحتفاظ بهذا الماء حتى فترة الجفاف حين يحتاج النبات الى استخدامه . ويتركب النسيج الخازن للماء من خلايا برنكيمية حية كبيرة الحجم وتحتوي على سايتوبلازم خارجي رقيق وفجوة مركزية واسعة مملوءة بالماء أو سائل هلامي. وهذا النسيج الخازن قد يؤدي مهمة سد حاجة النبات الى الماء أثناء الجفاف ، كما أنه يحفظ الأنسجة الداخلية من أشعة الشمس الحارة الساقطة على سطح النبات. والنسيج الخازن للماء يكون موقعه خارجياً أو داخلياً.

النباتات المائية (Hydrophytes)

تتحورالنباتات المائية أيضاً لكيما تتلائم مع بيئتها الا أن التحورات التركيبية الخاصة بالبيئة المائية قليلة اذا ما قورنت بتلك التحورات الخاصة بالبيئة الجافة، فالعوامل التي تؤثر على النباتات المائية تتضمن أساساً درجة الحرارة والتهوية الكافية والتركيز الأزموزي والسمية وغيرها. ويتوقف العاملان الأخيران على ما يحتويه الماء من مواد مذابة فيه. وتحدث التحورات التركيبية في النباتات المائية عن طريق اختزال الأنسجة الواقية والدعامية والموصلة بالاضافة الى زيادة المسافات البينية خلال الأنسجة الداخلية.
ويمكن تلخيص مميزات النباتات المائية فيما يلي :

Plant Academy

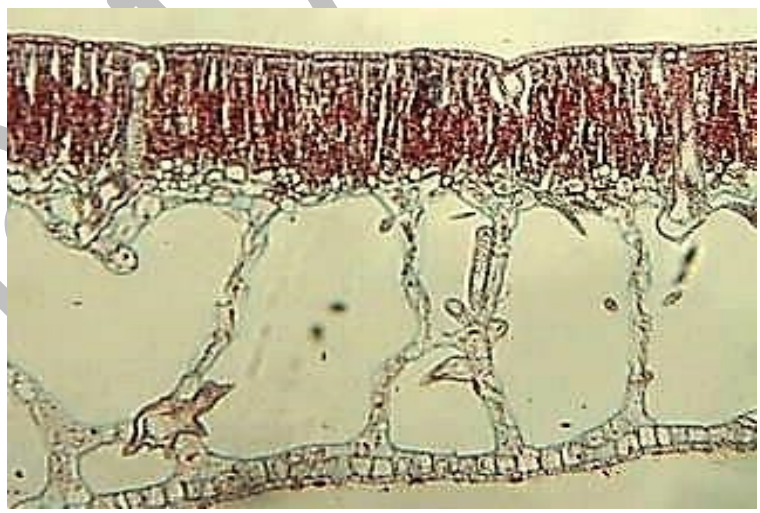
1- البشرة :
تفقد البشرة في النباتات المائية وظيفتها الوقائية ولكنها تقوم عوضاً عن ذلك بامتصاص الماء والغازات والأملاح مباشرةً من المياه المحيطة. وفي النباتات المائية النموذجية يغطي البشرة طبقة رقيقة من الأدمة (cuticle) اضافة الى احتوائها على كلوروفيل بغزارة. أما الثغور فهي بسيطة التركيب وتوجد بوفرة في الأجزاء الطافية وتختفي في الأجزاء المغمورة.

2- الشكل العام للورقة:
يمكن التمييز بين االنباتات المائية بصورة عامة من حيث أنها أما مغمورة تماماً أو طافية وعلى هذا الأساس فالنباتات المغمورة تكون أوراقها جميعاً مغمورة أما النباتات الطافية فهذه تكون لها أوراق طافية وربما أخرى هوائية بجانب الأوراق المغمورة. فالأوراق المغمورة تكون عادةً أما رفيعة للغاية أو مجزأة كما في نبات الحزنبل (*Myriophyllum*) حيث أن الأوراق المجزأة تمتاز بسطح أكبر لامتصاص الماء والغازات . بالاضافة الى أنها أقدر على المقاومة من الناحية الميكانيكية ، اذ تستطيع التيارات المائية أن تنساب بين أجزائها. وفي بعض النباتات المائية توجد ظاهرة التباين الورقي (Heterophylly) ، أي وجود نوعين من الأوراق أو أكثر كما في نبات الشقيق المائي (*Ranunculus agvatillis*) اذ يحمل النبات أوراقاً مغمورة ريشية كثيرة التجزؤ وأوراقاً طافية بسيطة التفصص .

3- العروق الهوائية:
تحتوي النباتات المائية من خلال أنسجتها على مسافات بينية هوائية واسعة ممتلئة بالغازات تقوم بمهمة خزن هذه الغازات. وهذه المسافات أو الغرف الهوائية الواسعة تحيطها من جميع الاتجاهات خلايا برنكيمية رقيقة الجدران صغيرة الحجم وتسمى هذه الخلايا بالـ (**Aerenchyma**).

4- اختفاء النسيج السكلرنكيمي:
يختفي النسيج السكلرنكيمي في النباتات المائية واذا وجد فيكون ضعيف التكوين ويعتمد النبات على الماء ذاته كدعامة له.

5- اختزال الأنسجة الوعائية والماصة :
يحدث امتصاص الماء والأملاح في النباتات المائية على المياه المحيطة خلال السطح المغمور للنبات . ولذلك فالنظام الجذري يكون مختزلاً وتختفي الشعيرات الجذرية تماماً. وكذلك فان عناصر الخشب تختزل هي الأخرى أو قد تختفي تماماً في بعض الحالات ويبقى الخشب عندئذٍ ممثلاً بقناة خشبية (Xylem canal) تتكون بالطريقة الانفصالية (Schizogenously) وتحاط قناة الخشب بخلايا برنكيمية يليها الى الخارج اللحاء.



لتشريح الداخلي لمقطع طولي في ورقة النبات المائي

Plant Anatomy

مناشئ الانسجة

المنطقة او النسيج	المنشأ
البشرة وملحقات البشرة	protodermis
اشعة اللب و النسيج الكولنكيمي والبرنكيمي والالياف تحت البشرة والياف قبعة الحزمة والياف غمد الحزمة.	Ground meristem
الخشب الابتدائي ، اللحاء الابتدائي، الكامبيوم الحزمي وجميع عناصر الخشب واللحاء	Procambium
الخشب الثانوي واللحاء الثانوي وجميع العناصر الخاصة بهم	Vascular cambium
اشعة الخشب واشعة اللحاء	الاصول شعاعية
الفلين، والقشرة الثانوية	الكامبيوم الفليني
الكامبيوم الفليني في الساق	ينشأ من ظاهرة فقدان التمايز لخلايا برنكيمية التي تقع تحت البشرة في الساق .
السكلريدات	من اعادة التمايز لبعض خلايا القشرة والبشرة.
الكامبيوم الفليني للعديسة	ينشأ من فقدان التمايز لخلايا البشرة التي تقع تحت الثغر
الكامبيوم الحزمي	الكامبيوم الاولي procambium
الكامبيوم البين الحزم	من فقدان التمايز لخلايا برنكيمية التي تقع على امتداد الكامبيوم الحزمي
الكامبيوم الفليني في الجذر	ينشأ من فقدان التمايز لخلايا الدائرة المحيطية (منشأ داخلي).

Plant Anatomy