أهمية النبات للانسان

ترجع الأهمية الكبرى للنباتات الى كونها المصدر الرئيسي لتجهيز الغذاء والاوكسجين لجميع الكائنات الحية . لذلك يكون من الضروري دراسة علم النبات لتجنب الإضرار بهذا النظام الحيوي . وبالإضافة الى هاتين الفائدتين الكبيرتين للنبات ، فانها استغلت في الكساء والماوي والعلاج ، وقد استخرج من النبات الاف المواد والمركبات الطبية مثل مادة الكيونين Quinine المستعملة في علاج الملاريا ومادة المورفين Morphine المسكنة للالآم والتي تستعمل في العمليات الجراحية وتستخرج من نبات الخشاش والمضادات الحيوية مثل البنسلين Pencilline المكتشفة عام 1929 من قبل العالم الانكليزي Fleming والمستخرجة من فطر البنسليوم Pencillium notatum ومادة الستربتوماسين Streptomycine المستخرجة من فطريات اخرى. ونجح البحث في اكتشاف العديد من المواد الطبية والزراعية كالمبيدات .... ولا يقتصر اعتمادنا على النباتات في غذائنا وملبسنا بل شمل جوانب متعددة للحياة واصبحت الزراعة في الصناعة فهي التي تجهز المواد الخام الأولية للصناعة كالياف (القطن والجوت والكتان...) والخشب والفلين والمطاط والصمغ والشمع والأصباغ ومواد الأدوية والورق والمواد العطرية والزيوت. إضافة إلى اعتماد المنتجات الحيوانية على المعطيات النباتية والزراعية .

* إن استعمالنا للمواد النباتية قديم قدم الإنسان وبفضل البحث تمكن الإنسان من أن يستفيد من المواد النباتية في مئات الطرق التي لم يكن يحلم بها من قبل . ان الاستعمالات الجديدة للمواد النباتية قد أحدثت تغيرات واسعة في الاقتصاد البشري ، وان التطور في علم النبات قد أثر تأثيرا كبيرا على فن الزراعة في تربية النباتات والحيوانات باستخدام الطرق والوسائل الحديثة مثل تقنية زراعة الأنسجة النباتية Plant tissue culture وتقنية التعديل او التحويل الوراثي Transgenic مما أدى إلى إنتاج أنواع جديدة تتميز بكثرة إنتاجها وزيادة مقاومتها للأمراض والظروف غير الملائمة.

* والعالم اليوم أما هذا التوسع البشري الهائل في تعداده السكاني بحاجة إلى تطوير مستمر في معطياته النباتية والحيوانية التي وهبها الله سبحانه وتعالى له لكي يستمر بالحياة وتستمر نهضته الحضارية ، فلا بد من أن يوجد طرق لتربية وتحسين النباتات والحيوانات تحت ظروف مسيطر عليها من اجل إنتاج عال وتكاثر سريع وتحسين مكونات الإنتاج في الجانب الزراعي ، وتحسين المواد الغذائية في مكوناتها الرئيسية من الكاربوهيدرات والزيوت والبروتينات والفيتامينات .

التنظيم الخلوي للنبات وتركيبه الكيميائي

عندما تشاهد على النبات توزيع الأوراق والأزهار والأعضاء الأخرى ... يتبادر إلى ذهنك نوعا من التنسيق والتنظيم التركيبي لهذه الأجزاء . وعند الفحص الدقيق بالمجهر لتلك التراكيب يظهر لنا بوضوح الدرجة العالية من تنظيمها الداخلي الدقيق وتناسقها مكونة من خلايا وكل خلية مكونة من تراكيب خلوية صغيرة جدا (تسمى العضيات منتظمة ومنسقة في غاية الدقة وهي بشكل وحدات تركيبية متخصصة الأداء وظيفة معينة في الخلية وهي في الحقيقة مكونة من تجمعات جزيئية منظمة تتكون بدورها من ذرات تتصل مع بعضها بواسطة أواصر Bonds . وعلى هذا الأساس ، فان أي نبات يتكون اساسا من مجموعة مستويات تنظيمية يكون فيها كل مستوى كقاعدة او اساسا للمستوى الذي فوقه فهناك مثلا مستوى تحت ذري Subatomic يليه مستوى ذري Atomic ثم جزيئي Molecular يليه تجمع جزيئي Molecular aggregate والذي يعطي تركيبا خلوية Cellular structure (مثل العضيات كالبلاستيدات والمايتوكوندريا والنواة والكروموسومات) مكونة بمجموعها الخلية cell ، ثم نسيج Tissue ثم عضو organ ثم نظام عضويorgan system ثم كائن حي organism وتجتمع هذه الكائنات الحية بدورها لتكوين مجتمعات بايولوجية Biological communities كالاعشاب والاشجار ونباتات صحراوية اوغابات.

مجالات علم النبات Fields of Botany

يتظمن علم النبات عدة فروع أو مجالات أهمها :

1- علم الشكل الظاهري plant Morphology

يدرس الشكل الظاهري للنباتات في مختلف مراحل نموها وعلاقة أجزاء النبات ببعضها.

2- علم تشريح النبات Plant Anatomy

يدرس التشريح الداخلي للنبات وعلاقة أجزائه مع بعضها .

3- علم الخلية Cytology

يبحث في تركيب الخلية ، مكونات الخلايا وانواع الخلايا وانقساماتها .

4- علم تصنيف النبات Plant Taxonomy

يبحث في تشخيص وتسمية النباتات وتصنيفها إلى مجاميع تبين علاقتها مع بعضها .

5- علم الفسلجة او علم وظائف الأعضاء النباتية Plant Physiology

يدرس نشاط ووظائف الأعضاء النباتية والعمليات الحيوية المختلفة التي تحصل على مستوى فسلجة العضو النباتي والأنسجة والخلايا فيه.

6- علم البيئة النباتية Plant Ecology

يبحث في العلاقة المتبادلة بين النباتات والمحيط الذي تعيش فيه .

7- علم أمراض النباتات (علم الوقاية) plant pathology

يدرس الأمراض النباتية من حيث مسبباتها ودورة حياتها وكيفية مقاومتها .

8- علم وراثة النبات Plant Genetics

يبحث في المعلومات الوراثية وكيفية انتقال الصفات الوراثية عبر الأجيال والتغيرات الحاصلة عليها.

9- علم النباتات المتحجرة Paleobotany

يبحث في النباتات المتحجرة التي كانت نامية في العصور الجيولوجية المختلفة .

10-علم البكتريا Bacteriology

يدرس أنواع البكتريا من حيث تركيبها وأشكالها وطرق تكاثرها وفعاليتها وأهميتها السلبية والايجابية .

11-علم الفطريات Mycology

يدرس مظهر الفطريات الخارجي وتركيبها الداخلي وتصنيفها وتكاثرها وأهميتها الاقتصادية والطبية.

12- علم الطحالب Phycology

يهتم بدراسة الطحالب المختلفة من حيث مظهرها وتركيبها وتصنيفها وتكاثرها ودورة حياتها وأهميتها الاقتصادية .

في دراستنا لعلم النباتات سنتناول علم الشكل الظاهري Morphology وعلم التشريح الداخلي Anatomy وجانب من علم الخلية Cytology وعلم الفسلجة physiololgy للتعرف على بعض وظائف مكونات الخلية وتشريح النباتات.

الخلية النباتية

The plant Cell

ان كلمة Cell هي باللغة اللاتينية Cellula وتعني الحجرة الصغيرة واول من استعمل هذا اللفظ العالم الانكليزي روبرت هوك Robert Hook في القرن السابع عشر عند فحصه لقطعة من الفلين بواسطة مجهر مركب صنعه بنفسه ، ولاحظ أن نسيج الفلين يتكون من وحدات خلوية تشبه خلايا النحل اطلق عليها اسم Cells ولاحظ انها تختلف عن الخلايا الحية الأوراق النباتات باحتواء الأخيرة على عصير خلوي اسماه Juice عرف فيما بعد بالبروتوبلاست وبعد ذلك توالت الاكتشافات المكونات الخلية المختلفة فقد اكتشف

العالم الانكليزي روبرت براون النواة عام 1833 في خلايا بشرة الأوركيد واكتشف انطوان فان ليفنهوك (1876) أجسام خضراء عرفت بالبلاستيدات الخضراء. في سنة 1839 وضع العالمان شلايدن و شوان Schleiden and Schwan نظرية الخلية Cell Theory (وهي ان الخلية تمثل الواحدة الأساسية في الكائن الحي وتقوم بجميع العمليات الحيوية وانها تنشأ من انقسام خلايا أخرى).

وبعد اكتشاف المجهر الإلكتروني ، عرف تركيب الخلية النباتية بدقة واصبحت تعرف ((بانها وحدة البناء والوظيفة في جسم النبات تتم فيها معظم التفاعلات الكيميائية والحيوية)) وتتكون من :

1- جدار الخلية The Cell Wall2- برتوبلاست الخلية The Protoplast والذي يتضمن :

أ- مكونات حية Living Components تسمى البروتوبلازم Protoplasm ويشمل :

1- السايتوبلازم cytoplasm كأرضية للبروتوبلازم
2- العضيات الحية organells التي تنغمر في السايتوبلازم مثل النواة والبلاستيدات ، المايتوكوندريا ، وجسم كولجي والرايبوسومات والجسم الحال lyoosome والجسم المركزي، والاجسام الكروية و الانابيب الدقيقة والشبكة الاندوبلازمية ...

ب- مكونات غير حية Non Living Components وهي نواتج العمليات الأيضية لمكونات الخلية الحية وتشمل : مواد عصير الخلية و الكاربوهيدرات (حبيبات النشا ، السليلوز) ، البروتينات ، الدهون ، البلورات ، الراتنج، قلويدات ، الصمغ والبكتين واللكنين.....الخ) .

البروتوبلازم Prtoplasm

هو المادة الحية للخلايا وهو مادة هلامية Gel غير متجانسة (ليست محلولا حقيقيا) بل هو نظام غروي المحلول متجانس نسبيا هو السايتوبلازم مع الجسيمات الخلوية organelles الأكثر لزوجة من السايتوبلازم ويتضمن هذا النظام الغروي (البروتوبلازم) العديد من المكونات العضوية واللاعضوية مثل الماء (75-85%) والكاربوهيدرات (10%) والدهون (2-3%) والبروتينات (1-2%) والأحماض النووية والامينية (1%) ، وتكون البروتينات مجزأة بدقة ومنتشرة في الماء مكونة محلولا غرويا شبه مستحلب مما يكسب البروتوبلازم الخصائص التالية :

1 - خاصية اللزوجية والادمصاص .

2 - الحركة الانسيابية streaming للسايتوبلازم والتي تكون بعدة اتجاهات داخل الخلية نفسها وبين الخلايا عبر الروابط البلازمية .

3- الحساسية Irritability وهي قدرة البروتوبلازم للاستجابة للمؤثرات الخارجية سواء ميكانيكية او كهربائية او طبيعية يمكنها تقليل او زيادة حركة البروتوبلازم .

أهم وظائف البروتوبلازم هي :

1- القيام بالتمثيل الغذائي Metabolism ويشمل عمليات البناء

Anabolism كالبناء الضوئي وتكوين البروتينات واللبيدات والجدران الخلوية ، وعمليات الهدم Catabolism لتحرير الطاقة .

2- القيام بعمليات النمو Growth كما يحصل في القمم النامية للساق والجذر وينتج عنه زيادة حجم النبات وتكشفه .

3- القيام بعمليات التكاثر Reproduction وينتج عنه انقسام البروتوبلازم وتكوين خلايا جديدة لحفظ النوع النباتي من جيل لآخر .

واهم المكونات البروتوبلازمية الحية هي :

1- السايتوبلازم Cytoplasm والاغشية البلازمية .

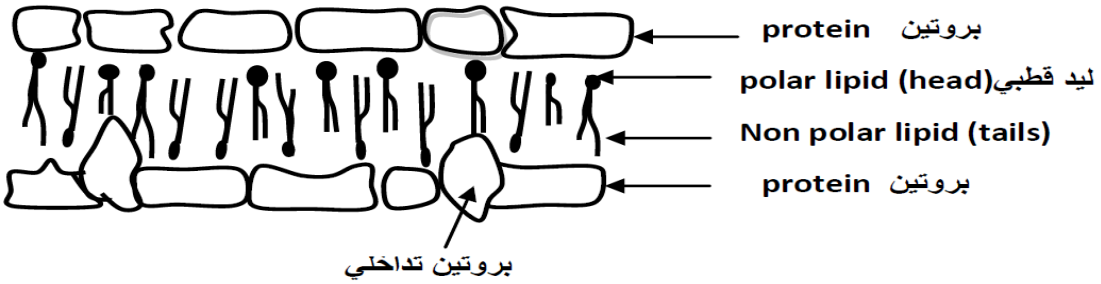
السايتوبلازم هو المادة الأساسية لمكونات البروتوبلازم يتكون من بلازما الاساس ground plasma وهو عبارة عن نظام معقد التركيب متجانس نسبيا ، سائل القوام اكثر لزوجة من الماء حيث يشكل الماء فيه نسبة 80 - 90 % في الخلايا النشطة فسيولوجيا بينما يقل الى15 -20% في الخلايا الكامنه مثل خلايا البذور الجافة، ويتضمن السايتوبلازم الى جانب الماء بروتينات ودهون واحماض نووية وعضوية وسكريات واملاح معدنية في حالة ذائبة بنسب مختلفة حسب نوع وعمر الانسجة .

وتتجلى وظيفة السايتوبلازم بكونه:1- محل تواجد جميع الانزيمات اللازمة لتفاعلات الخلية الحيوية 2- محل بناء البروتينات والأحماض الشحمية 3- محل حدوث تفاعلات التحلل السكري .

الاغشية الخلوية Cellular membrane

هي من مميزات السايتوبلازم ومكوناته الحية (كالنواة والبلاستيدات والمايتوكوندريا والفجوات ...) واهم الاغشية هو غشاء البلازما plasma membrane او يسمى بلازمالماPlasmalemma او يسمى بالاكتوبلاست Ectoplast : وهو غشاء منفرد بشكل طبقة خارجية تحيط البروتوبلازم من الخارج ويبطن جدار الخلية من الداخل ، كما يعتبر غشاء الفجوة العصارية tonoplast غشاءأ منفردا بينما يكون غشاء النواة والبلاستيدات والمايتوكوندريا غشاء مزدوجة سمكه (200-300 A) بينما يبلغ سمك الغشاء البلازمي المفرد حدود (75 A) وتمتاز الاغشية البلازمية بمرونتها ومقدرتها على الالتئام وتجديد ما يتلف منها وكذلك قابليتها على الانتخاب و التفاضلية. ويعتمد مرور المواد خلال الأغشية على حجم وطبيعة المواد المارة وطبيعة الغشاء نفسه والظروف الفسلجية والبيئة للسايتوبلازم .

تحت المجهر الإلكتروني : يظهر غشاء البلازما كخطين غامقين هما طبقتين من البروتين سمك كل منهما A20 بينهما طبقة رائقة سمكهاA40 وهي عبارة عن طبقتين من الدهون متداخلتيتن مع بعضهما ، ووجد أن طبقة البروتين تتكون من جزيئات بروتين منفصلة وهنالك جزيئات بروتين تتخلل طبقتي الدهن بشكل تداخلي ، اما طبقتي الدهون فتتكون من جزيئات دهن متراصة مع بعضها في صفين او طبقتين وكل جزيئي يتكون من راس head وهو لبد قطبي polarlipid محب للماء hydrophilic head ، وذيل بشكل لبد غير قطبي non polarlipid كاره (نافر) للماء hydrophobic tails . وتكون الرؤوس للخارج باتجاه البروتين بينما تكون الأذناب النافرة للماء مقابلة لبعضها البعض نحو داخل الغشاء .

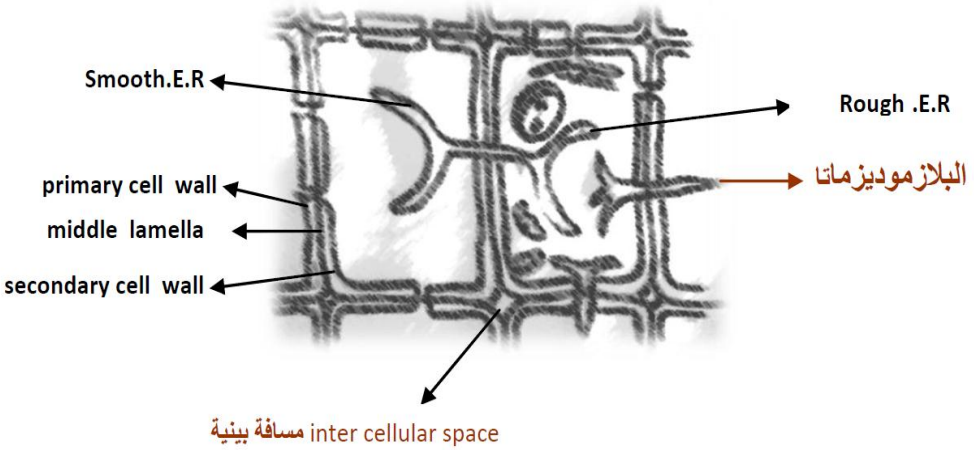


2- البلازموديزماتا Plasmodesmata

هي الروابط أو الخيوط البروتوبلازمية ، وهي قنوات غشائية تمتد بين الخلايا ، قطرها يصل إلى (400-500 A) تمر عبر النقر في جدار الخلية النباتية .

وظيفتها : 1- توصيل الخلايا مع بعضها لتسهيل نقل ومرور المواد الحية والايونات الغذائية .

2- الاتصال بالشبكة الاندوبلازمية مكونة النظام الحيوي المسمى Symplast نتيجةالاتصال سايتوبلازم الخلايا الحية المتجاورة .



3- الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticulum

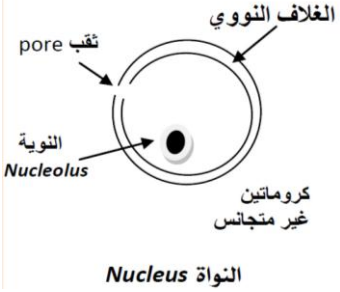
هي شبكة من أنابيب وحويصلات دقيقة قطرها 300-400 A. وهي تراكيب غشائية تشبه غشاء البلازما في التركيب متشابكة ومنتشرة في البلازما الاساس الارضي خاصة في الجزء الداخلي من السايتوبلازم الأساس لذا تسمى بالشبكة الاندوبلازمية وهي بانتشارها في السايتوبلازم تجزئه الى عدة غرف مما يسهل فصل الأنزيمات وحدوت التفاعلات الحيوية المنتظمة والمختلفة عن بعضها البعض . والشبكة الاندوبلازمية تكون على نوعين تبعا لنشاطها الفسيولوجي : 1- الشبكة الاندوبلازمية الخشنة Rough Endoplasmic Reticulum لانها تحمل على سطحها الخارجي جسيمات الرايبوسوم(التي يكون حجمها100-150 A مكونة من 50% بروتين و 50% RNA) 2- الشبكة الاندوبلازمية الملساء Smooth Endoplasmic Reticulumوهي خالية من الرايبوسوم.

واهم وظائف الشبكة الاندوبلازمية :

1- تكوين الغلاف النووي خلال عملية انقسام الخلية الميتوزي .
2- خزن المواد كوظيفة رئيسية مثل خزن البروتينات المصنعة من قبل الرايبوسومات حيث يتجمع البروتين في تجويفها او ينقل خلالها الى جهاز كولجي او يرشح الى السايتوبلازم بواسطة تبرعم الشبكة وانفصال حويصلات خازنة او ناقلة تشتق من الشبكة الملساء.
3- النقل والافراز وذلك بسبب امتداد الشبكة الاندوبلازمية في السايتوبلازم واتصالها بين غشاء البلازما واغشية اجسام كولجي وغلاف النواة مما يسهل نقل المواد وافرازها.
4- محل حدوث بعض العمليات الحيوية كصنع البروتين لوجود البروتينات والأنزيمات على سطحها .
5- الإسناد والدعم الميكانيكي للسايتوبلازم .

3- النواة The Nucleus

هي جسم كروي او بيضوي الشكل يقع في وسط الخلية (كما في الغلاف النووي الخلايا المرستيمية) أو في احد جوانبها (كما في الخلايا البالغة) اعتمادا على شكل الخلية ووظيفتها وحجم فجوتها .



النواة *Nucleus*

- شكل النواة يعتمد على شكل الخلية ووظيفتها.
- عدد الأنوية عادة واحدة وأحيانا عدة انويه.
- حجم النواة مختلف ويعتمد على عدد الكروموسومات فيها وحجم السايتوبلازم.
- قطر النواة يكون بين (5-10مايكرون) في الخلايا المرستيمية .
- وزن النواة يتراوح بين (10-18%) من وزن الخلية.

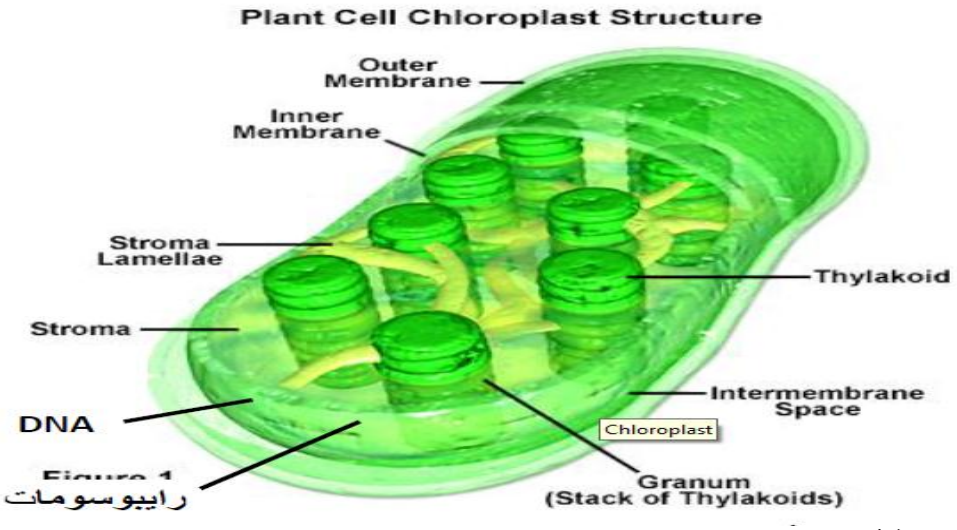
تعتبر النواة من أهم اجزاء الخلية لأنها تسيطر على جميع الفعاليات الحيوية في الخلية كنقل المعلومات الوراثية لاحتوائها على الحوامض النووية DNA و RNA. يحيط النواة غلاف مزدوج الغشاء هو **الغلاف النووي Nuclear envelope** او يسمى karyotheca وهو يشبه غشاء البلازما في تركيبة، وسمك كل من غشائية (90-95 A) ويفصل بينهما مجال بين الأغشية سمكه (100-150 A) غالبا الخارجي خشن واكثر سمكا لوجود الرايبوسومات عليه . وينشأ الغلاف من الشبكة الاندوبلازمية في الطور النهائيTelophase من الانقسام الخيطي. يوجد في الغلاف عدد من الثقوب pore بنسبة 5-15% من مساحة سطح غلاف الخلية

والى الداخل يوجد العصير النووي Karyolymph او يسمى Nuclear sap كمادة هلامية كثيفة مكونة من : حبيبات بروتينية واملاح وحوامض امينية وحوامض عضوية نووية مهمة هي DNA و RNA منتشرة ضمن الكروماتن او الشبكة الكرومانية .

وتوجد النوية Nucleous داخل النواة كجسم كروي كثيف غير محاطة بغشاء مكونة اساسا من RNA وبروتينات وقليل من DNA . **وظيفة النوية** انها تعمل مركزا لتكوين ال RNA والبروتينات وتعمل مركزا لصنع الرايبوسومات وذلك بإتحاد RNA مع البروتينات المتكونة في النوية وهذه الرايبوسومات تعبر من الغلاف النووي الى السايتوبلازم .

5- البلاستيدات The Plastides

اجسام بروتوبلازمية ثنائية الغشاء تتواجد في سايتوبلازم الخلايا النباتية فقط لها القدرة على الانقسام والتولد الذاتي فهي تنشأ من بلاستيدات اولية proplastide موجودة في الخلايا المرستيمية وخلايا الجنين النامي .



وهي ثلاثة أنواع :

1- **البلاستيدات الخضراء Chloroplast** : وتكون باشكال قرصية او محدبة صغيرة الحجم كثيرة العدد في خلايا النبات الراقية بينما تكون واحدة شريطية او بشكل فنجان في النباتات الواطئة مثل طحلب السبايروجيرا. تتكون البلاستيدات الخضراء من غشاء مزدوج مشابه لغشاء البلازما من حيث التركيب وتحتوي البلاستيدات الخضراء على صبغة الكلوروفيل بداخل تراكيب غشائية بهيئة اقراص منضدة على بعضها البعض تسمى بأغشية **الثليكويد thylakoid** او **الكرانا Grana(البذيرات)** ومفردها granum وتتصل أكداس الكرانا مع بعضها بواسطة صفائح ما بين الكرانا intergrana lamella او **صفائح الستروما stroma lamella** او تسمى **الفريت fret**) كما يوجد DNA حلقي ورايبوسومات وحبيبات نشوية واخرى زيتية تسمى كرات البلاستيدة تقوم بخزن الزيوت الزائدة عن حاجة البلاستيدة ، وتنغمس كل هذه التراكيب في حشوة البلاستيدةmatrix (السدى stroma) والمكونة من وسط مائي به بروتين اساسا .

وظيفة البلاستيدات الخضراء تحويل الطاقة الضوئية لاشعة الشمس الى طاقة مخزونة في الغذاء على صورة سكريات ونشويات بعملية البناء الضوئي photosynthesis وتتم عملياته في حشوة البلاستيدات الخضراء.

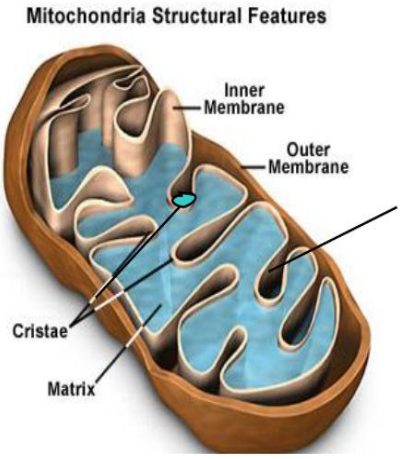
$$6CO2 + 6H_20 \rightarrow C_6H_{12}0 + 60_2 + Anergy$$

2- **البلاستيدات الملونة Chromoplasts** : وتكون بأشكال مختلفة : قرصية ، كروية ، عصوية ، شريطية ، حلزونية. وتمتاز بقدرتها على التمدد لكي تلائم شكل بلورات الصبغات التي قد تتبلور بداخلها. ألوانها مختلفة : فقد فتكون بلون أصفر ، برتقالي ، احمر ، (عدا الأخضر) اعتمادا على كمية الصبغة الكاروتينية ونوعها. **وظيفتها** : اعطاء اللون الازهار والثمار مثل ثمار الطماطة وجذور الجزر ... الخ.

3- **البلاستيدات عديمة اللون leucoplasts :** لا تحتوي على صبغات توجد في الخلايا الغير مكتملة النمو الغير معرضة للضوء كدرنات البطاطا والبذور والجذور . لها قدرة عالية على التمدد والمطاطية. **وظيفتها** الخزن والتحول الى الانواع الاخرى من البلاستيدات . عندما تخزن النشا تسمى Amyloplast التي تحول السكر إلى نشا اختزاني reserve starch يمتاز بكبر حبيباته وقلتها وهو يختلف عن نشا البلاستيدات الخضراء الذي يسمى نشا انتقالى صغير الحجم والذي يختفي في الظلام بسبب تحوله إلى سكر واستهلاكه من قبل النبات .

6- المايتوكوندريا Mitochondria

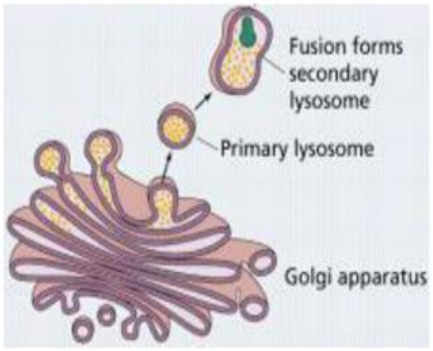
Mito تعني خيط ، chondrion تعني حبيبة او جسم وهي عضية بروتوبلازمية حيوية مهمة توجد مبعثرة في السايتوبلازم على شكل عصيات اوليفات او حبيبات او كريات بأشكال مختلفة وكثيرا ما تقع قرب الغشاء البلازمي او حول النواة وعادة في المناطق التي تحتاج إلى طاقة كمناطق البناء والنقل .



تحت المجهر الإلكتروني تظهر مكونة من غشائين : خارجي أملس يليه مجال يفصل الغشائين هو الردهة الخارجية ثم ياتي الغشاء الداخلي والذي يكون خشن والذي له طيات او لفات تسمى الاعراف Cristae وتكون الأعراف بطياتها هذه تجاويف داخلية تسمى بالردهة الداخلية Innerchamber والتي تكون مملوءة بمادة بينية كثيفة من حبيبات تدعي الحشوة matrix . كما ويمتاز الغشاء الداخلي بوجود جسيمات دقيقة تسمى subunits لها رؤوس كروية وساق اسطواني مجوف وقاعدة تتصل بالغشاء. كما يوجد في المايتوكوندريا DNA دائري ذو افرع ملتف بشدة (ويشبه DNA البكتريا الحلقي) وطوله يصل الى5 مايكرون كما يوجد رايبوسومات خاصة وكذلك الRNA بانواعه الثلاثة لذلك فان المايتوكوندريا تشبه الكلوروبلاست في امتلاكها المقومات الوراثية في صنع البروتينات والانزيمات وبالتالي قدرتها على الانقسام والنمو . كما أن المايتوكوندريا تكون غنية بالبروتينات والدهون وتشكل نسبة 80% من وزنها الجاف .

وظيفة المايتوكوندريا : المايتوكوندريا هي عضو التنفس في الخلية والتي بداخلها تتاكسد المواد الغذائية الى Co2 و H2O لتحرير كمية كبيرة من الطاقة الحرة لبناء مركبات غنية بالطاقة اهمها مركب الأدينوسين ثلاثي الفوسفيتAdenosine triphosphate(ATP) .

7- جهاز كولجي Golgi Apparatus



اول من عرفه العالم Golgi عام 1903 في الخلايا الحيوانية . وعند اختراع المجهر الالكتروني ثبت وجوده في الخلايا النباتية وسمي بالدكتيوسيوم Dictyosome . وهو مجموعة اقراص جوفاء بهيئة اكياس غشائية مسطحة تسمي حويضات cisternae قطرها 1-3 مايكرون وعددها 3-8 قرص مرتبة بشكل طبقات او اكداس فوق بعضها تفصلها مجالات او فراغات بسمك (60- A100) وهي مساوية السمك القرص نفسه، يتصل باطراف هذه الاقراص انابيب عديدة ومتفرعة ومتشابكة تنتهي بحويصلات vesicles صغيرة وكبيرة تنفصل بالتبرعم من أطراف الأنابيب محملة بمواد افرازية من مواد كاربوهيدراتية وبروتينية ومواد افرازية عديدة تحتاجها مواقع البناء مثل بناء جدار الخلية وفي كثير من الخلايا تطرح الافرازات عبر غشاء البلازما الى خارج الخلية كخلايا النبات المختصة بالافراز مثل خلايا قلنسوة الجذر الفارزة لماد هلامية سكرية لتساعد على سهولة انزلاق الجذر في التربة .

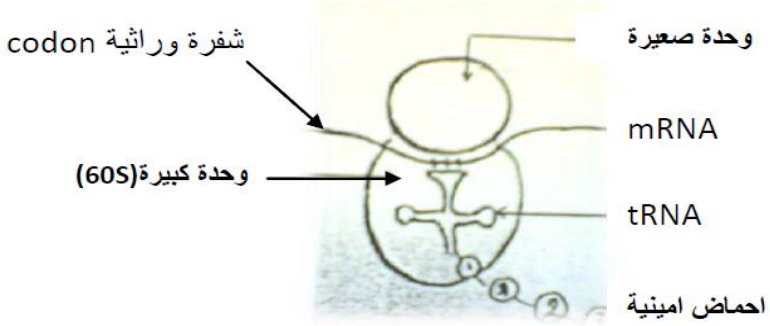
وظيفة جهاز كولجي :

1- يشترك في بناء غشاء البلازما والجدار الخلوي والصفيحة الوسطى والفجوة حيث تتحرك حويصلات كولجي في السايتوبلازم لتندمج مع غشاء البلازما لتضيف محتوياتها فيه من البروتينات وغيرها . فتزيد من مساحة سطح غشاء البلازما ، وعندما تفرز محتوياتها خارجالغشاء فان المواد الكاربوهيدراتية والبكتين تدخل في تركيب جدار الخلية والصفيحة الوسطية .

2- الافراز : ويتم بتبرعم الحويصلات المحملة بالمواد الافرازية وانتقالها في السايتوبلازم لطرحها على سطح الأغشية مثل غشاء البلازما و غشاء الفجوة او خارجها واحيانا في السايتوبلازم لنقل الانزيمات والبروتينات التي قد تحتاجها بعض مواقع البناء .

8-الرايبوسومات Ribosome

جسيمات صغيرة قطرها 200-300 A لها غشاء وتتكون من وحدتين تسمى كل منهما subunits . تتركب الرايبوسومات من بروتينات و RNA . وتوجد متصلة بالشبكة الاندوبلازمية الخشنة أو حرة في السايتوبلازم او بشكل مجاميع تسمي polysome او polyribosome أي عديد الرايبوسوم والذي يمثل محل تخليق البروتين في الخلية بواسطة التصاق الوحدات الصغيرة من الرايبوسومات بm-RNA باصرة هيدروجينية في الوقت الذي يقوم tRNA الناقل بنقل حامض أميني واحد معين إلى موقع ارتباط m-RNA مع الوحدة الصغيرة لتكوين معقد البدأ باشتراك انزيم (aminoacyl-t-RNA synthetase) ثم ربطها مع الوحدة الكبيرة ،



ويحمل m-RNA الشفرة الوراثية المكونة من 3 قواجد نتروجينية تسمى الكودون messenger codon يتم ترجمتها وينقلها translation التي يقوم بهاt-RNA والذي ينقل الشفرة المتممة ويكون بروتين البدأ ويستمر نقل الاحماض الامينية وتكوين البروتينات

وظيفة الرايبوسومات الرئيسية هي تكوين البروتينات كما ذكر اعلاه .

9- الأنابيب الدقيقة Microtubules

هي تراكيب غشائية عصوية الشكل تختلف في حجمها كثيرا فتظهر كتراكيب مستقيمة متوازية عديمة التفرع او التحوصل ولها غشاء مفرد . تتراوح أبعادها بين (170-400A) طولا حسب نوع الخلايا وقطر تجويفها الداخلي بحدود (80-100A). الفحص المجهري الدقيق يبين انها تتكون من وحدات كروية الشكل كثيرة ملتصقة مع بعضها مكونة تركيبا أجوف انبوبي الشكل يجاوره انبوبا اخر قد يكون اصغر منه حجما وكل منهما يسمى subtubule يتواجدان بشكل ازواج و تخرج منهما أذرع وامتدادات لتعطي تركيبا متماسكا ممتدا في السايتوبلازم لتعطيه شكله وهيئته cytoskeletal مما يجعلها تتحكم في شكل الخلية النهائي .

وظائفها لا زالت مدار النقاش ، لكن تبين الابحاث ان لها وظائف مهمة هي :

1- تحديد مكان انقسام النواة .

2- تحديد اتجاه حركة انسياب السايتوبلازم .

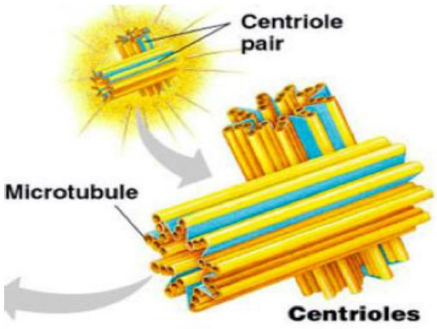
3- تحديد هيكل السايتوبلازم cytoskeletal فتعطيه هيئته وشكله .

4- تلعب دورا مهما في ترتيب الليفات السيليلوزية الصغيرة micofibril في جدار الخلية الابتدائي وبذلك تتحكم في شكل الخلية النهائي .

5- في الكائنات الواطئة تشترك في تكوين الأسواط كما في البكتريا . لوحظ أن الأنابيب الدقيقة تنشأ من مراكز خاصة بها تسمى منواة nucleating centers وتنمو خلال ثمانية دقائق وتعيد تكوينها .

10- المريكز او السنتريول Centriole

جسم بروتوبلازمي بروتيني يتواجد قرب النواة ، يظهر تحت المجر الالكتروني كاسطوانة مجوفة طولها (A5000-3000) وقطرها حوالي (A2000) مكونة من انابيب مرتبة حولها بشكل تسع مجاميع ثلاثية التركيب (كل مجموعة هي 3 انابيب، وكل انبوب فيها قطره 200 A) . ويحيط المجموعة الثلاثية جدار مشترك وللمجموعة قاعدة مشتركة وتمتد انابيب الشكل الثلاثي متوازية مع بعضها على طول المركز . وتخرج من قاعدة التركيب الثلاثي انابيب الغزل الدقيقة بشكل متعامد مع انابيب التركيب الثلاثي للمركز . في وسط المركز يوجد تجويف محوري بداخله شريط لولبي من ال DNA (ب8-10 لفات) يلامس القدم الثلاثي الموجود مع كل قاعدة ثلاثية ومن الجهة الأخرى يلامس الصفيحة النهائية الموجودة في نهاية اسطوانة المركز . وتخرج من التجويف المحوري تسعة أذرع شعاعية انبوبية ممتدة نحو قاعدة التركيب الثلاثي فيظهر المريكز وكانه دولاب عجلي لوجود هذه الأذرع .



وظيفة المريكز : يعتبر المركز ماكنة انتاج انابيب المغزل الدقيقة وذلك الوجود شريط DAN في المركز، وعمومافان المركز يتصل بالانابيب الدقيقة للمغزل عند انقسام الخلية لضمان عمله في تنظيم انقسام الخلية والمساعدة في حركة الكروموسومات نحو اقطاب الخلية عن طريق انزلاق المراكز الحركية (السنتروميرات) للكرموسومات فوق انابيب الغزل.وفي خلايا النباتات الراقية لوحظ امتداد خيوط الغزل من منطقتين كثيفتين اللسايتوبلازم قرب قطبي النواة ويسميان بالمنطقة القطبية polar regiens.

11- الأجسام الكروية الحالة (Spherosome (Lysosomes هي أجسام بروتوبلازمية كروية الشكل صغيرة الحجم قطرها (0.5 مايكرون) ، توجد في الخلايا النباتية وتشابه اللايسومات Lysosomes الموجودة في الخلايا الحيوانية .

يتكون الجسم الحال من حشوة كثيفة بروتينية محاطة بغشاء منفرد محكم وهي غنية بالانزيمات كانزيمات التحلل المائي hydrolytic Enzimes و انزيمات،phosphatase, protease, esterase ribonuclease لهضم البروتينات والمركبات الحيوية ذات الطاقة مثل ATP .

يعتقد ان الجسم الكروي الحال ينشا من الغشاء البلازمي او من الشبكة الاندوبلازمية او من جسم كولجي او كليهما .. وان الانزيمات تكونها الرايبوسومات الموجودة على الشبكة الاندوبلازمية .

وظيفة الجسم الكروي Spherosome :

1- هضم البروتينات وتحويلها الى ثنائي الببتيد .
2- هضم الكاربوهيدرات وتحويلها الى سكريات احادية Monosacchrid.
3- تشترك في عملية انبات البذور وتكوين البذور والبادرات من خلال هضم البروتينات والنشا فيها ز
4- المحافظة على بعض انسجة النبات من خلال تمزق اغشية السفيروسوم وانتشار انزيماتها في

الخلايا التالفة .او عند كبر عمرالخلية للتخلص منها أو موتها لتؤدي وظيفة اخرى ، مثل ما يحدث في الأوعية والقصيبات والالياف عند اكتمال نضجها.

ملاحظة : ملم = 1000 مايكرون(M)

مايكرون =1000 ملي مايكرونmμ (وmμ = النانومتر nm)

ملي مايكروني m = A10 انكستروم

مايكرون = A 10000

12- الاجسام الدقيقة Micrbodies

هي اجسام سايتوبلازمية بشكل حويصلات صغيرة قطرها حوالي (1-2 ميكرون) بداخلها محلول متجانس من البروتينات والانزيمات ومواد حبيبية او بلورية ولها غشاء منفرد . وهي على نوعين Glyoxysomes و perxysomes ينشاءان كنمو خارجي من الشبكة الاندوبلازمية او من تبرعم عضيات اخرى في الخلية وتؤخذ انزيماتها من الرايبوسومات سواء الحرة او الموجودة على الشبكة الاندوبلازمية . ويختلف النوعان بما يلي:

اجسام الكلايوكس Glyoxysomes	اجسام البيروكسي peroxysome
شخصت في الخلايا النباتية خاصة الخلايا الخازنة للدهون في سويداء البذورالزيتية او الفلق.	شخصت في الخلايا الحيوانية لأول مرة ثم شخصت في خلايا النبات قرب البلاستيدات الخضراء.
غنية بانزيمات دورة الكلايوكس والبيروكسي وكذلك بعض انزيمات دورة كربس لذا فان انزيماتها موجودة في المايتوكونريا ومنها Aconitase و Malate synthetase	غنية بانزيمات عديدة من أهمها انزيم البيروكسدير peroxidase وانزيم ال urate oxidase و catalase و D.amino acid oxidase
وظيفتها	**وظيفتها**
1- تحويل الدهون الى كاربوهيدرات في الأنسجة الخازنة للدهون اثناء الانبات بعملية حيوية هي دورة الكلايوكسي	1- تحويل اوهدم الكليكولات glycolate (المنتج في البلاستيدات من خلال عملية التنفس الضوئي)، تزداد في مرحلة الشيخوخة
2- تحطيم بيروكسيد الهيدروجين H،0 السام للخلية بواسطة انزيم الكتاليز	2-حطيم بيروكسيد الهيدروجين ،HO السام لاحتوائها انزيم catalase كما انها تشترك في ايض البيورينات purines لوجود أنزيم حامض اليوريا.

المكونات غير البروتوبلازمية

تحتوي الخلية النباتية على مكونات اخرى غير حية Non-Living Components تتواجد في السايتوبلازم بشكل مركبات كيميائية عضوية ولا عضوية على هيئة بلورات او مواد غير ذائبة عادة وقسم منها تنتقل وتتجمع في العصير الخلوي للفجوات بهيئة ذائبة وغير ذائبة ، وتمثل نواتج العمليات الأيضية لمكونات الخلية الحية و تسمى بنواتج النبات الطبيعية وهي نوعين:

1- **نواتج النبات الابتدائية Primary plant products** : هي التي يحتاجها النبات بشكل اساسي لاستمرار نموه ومن أهمها السكريات المكونة للكاربوهيدرات (النشا والسليلوز) ، والأحماض الأمينية المكونة للبروتينات والانزيمات ، والأحماض الدهنية المكونة للبيدات، والأحماض العضوية ، والاحماض النووية مثل DNA و RNA ومركبات الطاقة مثل ATP .

2- **نواتج النبات الثانوية Secondary plant products** : هي مواد مهمة ايضا مثل الهورمونات النباتية ،والفيتامينات والصبغات (كالكلوروفيل والكاروتين والفلافون) ، والمطاط Rubber ،والمواد المخاطية mucilage والمواد الدباغية tannins ، والحليب النباتي Latex ،والقلويدات Alkaloids وغيرها من المواد التي لم تعرف وظائفها بدقة ... اضافة الى مركبات لا عضوية مهمة مثل الاملاح التي تتوجد بهيئة بلورات او ايونات عناصر اوحوامض وقواعد ضعيفة وغازات مثل**O2, Co2 والماء**

ومن اهم المكونات غير الحية في الخلية هي :

1- العصير الخلوي Cell sap للفجوات Vacuoles

العصير الخلوي Cell Sap : هو محلول مائي يعتبر الماء المكون الرئيسي فيه وتتواجد المواد الأخرى فيه من بروتينات ونشا واحماض عضوية مثل حامض الماليك Malic acid والاوكزاليك وسكريات مختلفة احادية وثانوية ومتعددة ومواد دهنية وفينولات مثل التانين Tanine وبعض الصبغات مثل الانثوسيانين التي تعطي اللون الأحمر والبنفسجي والازق حسب pH العصير الخلوي ، وصبغات الفلافون Flavone ذات اللون الأصفر والأبيض، وبعض المواد المعدنية مثل الكلوريدات والنترات .

وعادة يتواجد العصير الخلوي داخل الفجوة العصارية ، وتحتوي الخلية النباتية على **فجوة عصارية** واحدة او اكثر تبعا لنوع الخلية وعمرها ففي الخلايا المرستيمية تكون الفجوة صغيرة الحجم كثيرة العدد وبتقدم عمر الخلية تندمج الفجوات الصغيرة لتكوين فجوة واحدة تحتل وسط الخلية دافعة السايتوبلازم ومحتوياته مع النواة نحو جدار الخلية كشريط محاذ للجدار مع بقاء بعض الروابط السايتوبلازمية تمر منها المواد . للفجوة غشاء رقيق يشبه غشاء البلازما **يسمى بغشاء التونوبلاست tonoplast يؤدي الوظائف التالية :**

1- يفصل عصير الخلية عن السايتوبلازم فيحميه من بعض المواد الضارة (كحاجز داخلي)
2- يؤدي وظيفة النقل الفعال Active trnsport للايونات لانه يمتاز بالنفاذية الاختيارية.
3- يعيق تسرب بعض المواد والصبغات المتجمعة داخل الفجوة مثل صبغة الانثوسيانين الحمراء

أما وظائف الفجوة العصارية:

1- مكان لتجمع نواتج التفاعلات الحيوية للمكونات الحية كالسكريات وبعض الأحماض العضوية والمركبات الفينولية وغيرها . وهي بذلك تؤدي وظيفة الخزن للمواد النافعة والضارة وتقوم بتجهيز الخلية بالمواد النافعة كالسكريات والمركبات والايونات اللازمة لفعاليات الخلية الحية وفي الوقت نفسه منع تسرب المواد الضارة الى السايتوبلازم فتؤدي بذلك وظيفة الإفراز secretion والاخراج excretion لمثل هذه المواد

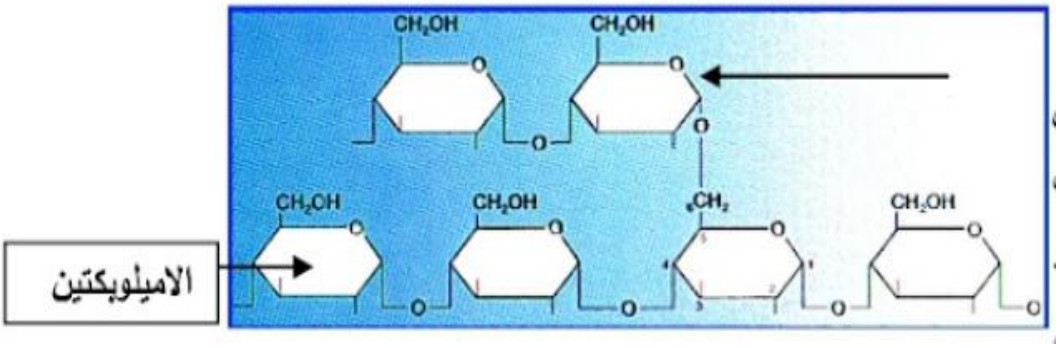
2- تحافظ على الضغط الانتفاخي turgor pressure للخلية بسبب ازدياد المواد الازموزية الأملاح والسكريات) في عصير الفجوة والذي يجعل الماء اكثر سالبية (يقل الماء) مما يزيد من الضغط الازموري ويسبب ذلك دخول الماء الى الخلية (الفجوة) فيزيد انتفاخها وهذا يمكن الخلية من اداء وظائفها الحيوية ويعطي صلابة للنبات على عكس حالة فقد الماء وانكماش الفجوة وحصول عملية البلزمة التي تسبب انكماش السايتوبلازم وتقطع الخيوط السايتوبلازمية وموت الخلايا .

2- حبيبات النشا Starch grains

يعتبر النشا من اهم المكونات غير الحية في الخلية النباتية ، يوجد بهيئة حبيبات مختلفة الأشكال والاحجام حسب نوع النبات وعادة يتكون النشا في البلاستيدات الخضراء عند زيادة تراكم السكر المنتج بعملية البناء الضوئي ويخزن كغذاء في الدرنات والثمار والفلق وسويداء البذور endosperms تتكون حبيبات النشا بشكل حلقات متداخلة حول مركز تكون الحبة المسمى بالسرة Helium بسبب ارتباط جزيئات سكر الكلوكوز عند الاصرة (الفا-1، 6) و(الفا-1، 4) ويتضمن النشا جزئين رئيسيين هما :

1. الاميلوز Amylose : يشكل نسبة 20% تقريبا من النشا على هيئة سلسلة طويلة غير متفرعة من جزيئات الكلوكوز المرتبطة باواصر الكلوكوسايدا (الفا، 1- 4) والملتفه بشكل حلزوني وكذلك الفة فيها 6 جزيئات كلوكوز .

2. الأميلوبكتين Amylopectine : يشكل نسبة 80 % تقريبا على هيئة سلسلة طويلة متفرعة بعد ارتباط (12) وحدة من جزيئات الكلوكوز مع بعضها بشكل اعتيادي (ألفا ،1-4) يحصل التفرع عند أصرة الكلوكوسايد (ألفا، 1-6) وذلك بارتباط ذرة الكاربون السادسة لكلوكوز الفرع الرئيسي مع ذرة الكاربون الأولى لكلوكوز الفرع الجديد وهو سلسلة الاميلوز المتكونة من وحدات كلوكوز ملتفة بشكل حلزوني مكونا بهذا الارتباط حبيبات النشا والتي تظهر بشكل حلقات متداخلة بسبب تبادل حلقات غنية بالماء (في الاميلوز مع حلقات غنية بالنشا (الأميلوبكتين) وتعتبر السرة جزء غني بالماء . أي بسبب اختلاف امتصاصهما للماء (الاميلوز اكثر امتصاصا للماء من الاخر واكثر ذوبانا منه). يعتبر النشا المتكون في البلاستيدات الخضراء نشا انتقالي لانه يتحول الى سكريات ذائبة في حالة قلة المحتوى السكري في الخلية وخاصة في الظلام . بينما النشا المتكون والمخزون في البلاستيدات عديمة اللون يعتبر نشا اختزاني ويمتاز بكبر حجم حبيباته وقلة عددها.



واهم انواع حبيبات النشا :

أ- حبيبات نشا بسيطة Simple Starch grains وفيها تترسب جميع طبقات النشا حول مركز تكون الحبة السرة Helium) وهي بثلاثة أنواع :

1- مركزية : كما في البطاطا والبزاليا .....

2- لا مركزية (جانبية) : كما في القمح والموز .....

3- مشققة : كما في حبة الفاصوليا .....

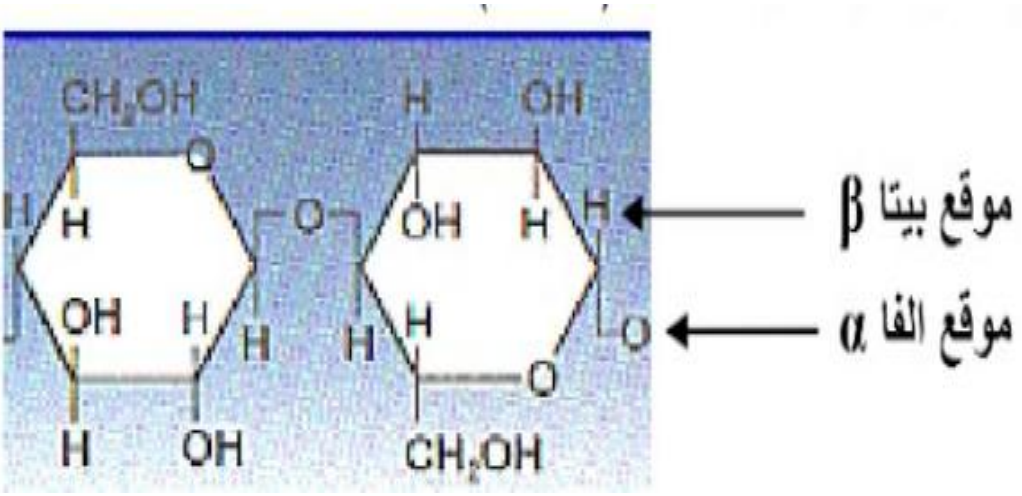
ب- حبيبات نشا مركبة Compound starch grains وهي التي تحتوي على اكثر من سرة واحدة ولكل منها طبقات نشوية خاصة بها ولكن يجمعها غشاء واحد فتكون الحبة مركبة كما في حبوب الشوفان والذرة.... وقد تكون شبه او نصف مركبة عندما تشترك ببعض الطبقات النشوية ...

3- السيليلوز Cellulose وأنصاف السيليلوز

يعتبر السيليلوز واحد من اكثر المركبات العضوية وجودا في الطبيعة وذلك لانه عنصر ذو وظيفة تركيبية Structural polysachride فهو يدخل في تركيب جدار الخلية النباتية وخاصة في خشب السيقان والجذوع مشكلا نسبة 50% من مجموع الكاربون في المواد الخضراء خاصة جدران الأنسجة الخشبية ، وتعتبر الياف القطن من انقى مصادر السيليلوز لاحتوائها على نسبة 90% منه .

يتكون السليلوز من ارتباط وحدات الكلوكوز (عشرة الاف او اكثر) مع بعضها باصرة بيتا كلوكوسايد (B،4-1) glucosyl linkages وهي مختلفة عن اواصرة الفا-كلوكوسايد الموجود في الأميلوبكتين او الاميلوز المكونان للنشا . والسيليلوز عادة ينفذ الماء والذائبات بصورة تامة . ويتلون بلون ازرق عند معاملة الجدران بمحلول اليود +H2SO4 بنسبة (65 %) .

ان اصرة السليلوز (B،1-4) لا يمكن تحللها بواسطه انزيم الفا-اميليز المحلل للنشا ولا يوجد أي انزيم قادر على تحليل السيليلوز في الأمعاء لذا لا يمكن هضمه او امتصاصه عدا بعض الحيوانات المجترة الاحتواء معدتها على انزيم السيليليز Cellulase. عند تحلل السيليلوز ينتج سكر ثنائي هو السليبايوز Cellobiose والذي يمثل وحدة اعادة بناء السيليلوز، بينما التحلل الكامل ينتج عنه سكر أحادي هو الكلوكوز .



اما انصاف السيليلوزHemicellulose :

فهي سكريات متعددة ايضا ولكنها تتكون من ارتباط مجموعة سكريات غير متماثلة مثل الزايلان Xylane والمانان mannane والكالاكتان calctane والكلوكان Glucans ويتواجد الهيميسليلوز في جدران الخلايا ايضا وخاصة في جدران البذور مثل بذور نخيل التمر. لا يعتبر الهيميسليلوز من مشتقات السيليلوز . فهو يتكون من ارتباط وحداته كالزايلوز بالاصرة (B، 1-4) مع بعضها .

الكالوس Callose : مادة كاربوهيدراتية مكونة من كلوكوز مرتبط باصرة B، 1-3 يتواجد في الأنابيب المنخلية وانابيب حبوب اللقاح . يتلون بلون ارزق عند معاملته بصبغة Lacmoid او ازرق ريسورسين Recorcin Blue ..

4- البروتينات Proteins

تتكون البروتينات نتيجة لنشاط الرايبوسومات واشتراك كل من RNA بانواعه الثلاثة والـ DNA بعملية تعرف بعملية صنع البروتين في الخلية والتي تتضمن ارتباط مئات او الآف الاحماض الامينية مع بعضها باصرة الببتايد peptide linkage وهي ارتباط مجموعة الكاربوكسيل COOH لحامض اميني مع مجموعة الامين NH2 لحامض اميني اخر مع فقد ايوني OH وH لتكوين جزيئة ماء .

وقد عرف 20 حامض اميني تتكون منها ملايين البروتينات (مثل حروف اللغة) .

تتواجد البروتينات على هيئتين : **هيئة تركيبية** لدخول البروتين في تركيب الأغشية الخلوية والكروموسومات ومكونات البروتوبلازم الحية المختلفة . وكذلك في **هيئة خازنة** بشكل حبيبات تعرف **بالحبيبات الاليرونية Aleuron grains** والتي تتكون من جسمين احدهما كبير مكون من بروتين نقي يعرف **بالجسم شبه البلوري Crystalloid** وقد سمي بهذا الاسم لان البروتين النقي المنتظم التكوين أي البلوري يجمع صفتي التبلور والحالة الغروية للبروتين . لذلك سمي شبه بلوري . و والجسم الاخر هو صغير كروي الشكل وغير متبلور ويعرف **بالجسم الكروي globoid** ويحاط الجسمان بغلاف خارجي من البروتين ايضا ومثال ذلك ما °° solo يلاحظ في **سويداء بذور الخروع .....**

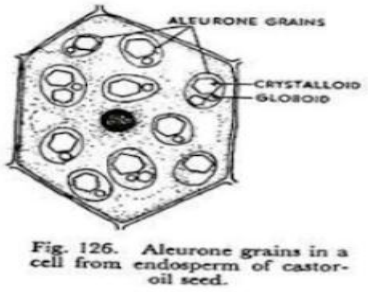
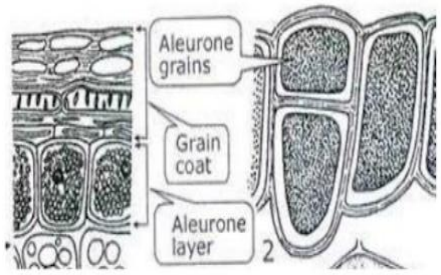


Fig. 126. Aleurone grains in a cell from endosperm of castor-oil seed.



وفي الحبوب كالحنطة والشعير... توجد حبيبات الأليرون بشكل طبقة تحيط سويداء البذرة وتكون مسؤولة عن انبات البذور وذلك - لاحتوائها على انزيمات التحلل المائي مثل (amylase + Protenase) التي يحفزها هورمون الجيرلين GA المتحرر من الجنين عند تشرب البذرة بالماء اثناء الانبات .

اما منشأ حبيبات الأليرون فيعتقد انها تنشا كحوصلة تتفصل من اغشية - الشبكة الاندوبلازمية وتكتسب بروتيناتها من نشاط الرايبوسومات الموجودة على الحويصلة حيث يتجمع البروتين النقي ويزداد حجمه داخل هذه الحويصلة ليكون الجسم شبه البلوري من البروتين بعد تكون الجسم الكروي فيها (وظيفته ربما يساهم في استقطاب جزيئات البروتين وتجميعها بالشكل البلوري) .

5- اللبيدات أو الدهون والزيوت Fats and Oils

اللبيدات مواد عضوية لا تذوب في الماء ولكنها تذوب في المذيبات العضوية مثل الكازولين والايثر والبنزين ورابع كلوريد الكاربون ولكنها تكون مستحلبات غير قطبية مثل الحليب المتجانس وهي توجد كمستحلبات في الخلايا الحية.

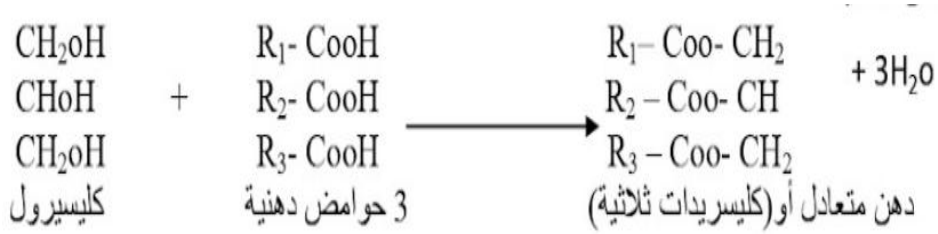
واهم الوظائف العامة للدهون في الكائن الحي :

1- تدخل كمكونات أساسية في غشاء الخلية وجدرانها .
2- تواجد بهيئة خازنة للطاقة
3- احد المكونات الواقية لجدران الخلايا وخاصة الأنسجة الخارجية مثل اوراق النبات .
4- مصدر للاحماض الدهنية الأساسية faty acid .

تصنف اللبيدات الى ثلاث انواع :

الشحوم أو الدهون fats ، والشمع wax ، واللبيدات المفسفرة phospholipids .

أ- **الدهون Fats:** هي مركبات تتكون من جزيئة واحدة كليسترول Glycerol مع ثلاث جزيئات من الحوامض الدهنية



ومثال الكليسريدات الثلاثية البسيطة هو دهن الستيارين المكون من جزيئة واحدة كليسرول مع ثلاث جزيئات من حامض الستياريك مرتبطة بأصرة استر Ester linkage . واغلب الدهون الطبيعية هي خليط من الكليسريدات الثلاثية بسبب ارتباط احماض دهنية مختلفة في جزيئة الكيلسرول ، وتختلف الدهون تبعا لهذا الارتباط باختلاف احد الحوامض الدهنية على الاقل .

اذا كان الدهن سائلا في درجة حرارة الغرفة يسمى زيتا oil ، واغلب دهون النبات هي من نوع الزيوت كزيت الذرة والسمسم والقطن وزيت الزيتون ، والزيوت عادة تكون غير مشبعة unsaturated بينما تكون الدهونة الصلبة مشبعة saturated ونظرا لاحتواء الدهون على هيدروجين بنسبة أكبر من الأوكسجين مقارنة بالكاربوهيدرات فان الدهون لها طاقة أكثر ويحتوي الغرام الواحد من الدهن طاقة سعرات) هي ضعف السعرات التي يحتويها غرام واحد من الكاربوهيدرات .

ب- **الشمع Wax :** الشمع يشبه الدهون في خصائصه الكيميائية خاصة من ناحية ذوبانه بالمذيبات العضوية غير القطبية مثل البنزين ورابع كلوريد الكاربون والايثر والكلوروفورم. لكنه يختلف عن الدهن في عدم وجود الكليسرول وانما تتحدد الحوامض الدهنية مع كحولات طويلة السلسلة بحدود 24-36 ذرة كاربون منتهية بمجموعة . OH .

يوجد الشمع في النبات بصورة رئيسية كاحد مكونات جدار الخلية . ومثال ذلك **مادة الكيوتين الشمعية Cutin** التي تغطي بشرة الأوراق والسيقان والثمار ، و**مادة السوبرين suberin** المانعة لفقد الماء والتي تتواجد في جدران خلايا نسيج الفلين . وتستعمل الشموع المستخرجة من النباتات في صناعة دهون ممتازة للاثاث والارضيات والسيارات ... الخ .

ج- **اللبيدات المفسفرة phospholipids:** اللبيدات المفسفرة تشبه الدهون في اشتقاقها من الكليسرول والحوامض الدهنية باستثناء تعويض احد الأحماض الدهنية بحامض الفسفوريك والذي يسمى بحامض الفوسفاتيدك Phosphatidic Acid . وعلى هذا الأساس تكون اللبيدات المفسفرة ثنائية القطب Dipolar لانها تجمع خاصية الدهون في عدم حب الماء Hydrophobic مع خاصية حب الماء Hydrophylic التي تتميز بها مجموعة الفوسفات . ومن المحتمل أن تكون وظيفة اللبيدات المفسفرة هي موازنة مناطق بيئية معينة داخل الخلية لقابلية هذه الجزيئات على توجيه نفسها بين الدهن ومناطق الماء. توجد اللبيدات المفسفرة في جميع أنسجة النباتات وكثيرمن انسجة البادرات والبذور لكن بكميات قليلة .

6- البلورات Crystals

هي مواد غير حية يمكنها أن تتحول الى الحالة البلورية مشابهة لتبلورالانزيمات والبروتينات والسكريات وحتى الفيروسات ... حيث تترتب الجزيئات المكونة للبلورة في نظام هندسي دقيق يعتمد على المادة نفسها ويمكن استغلال شكل البلورة في تشخيص المادة وتمييز المركبات عن بعضها البعض بان شكل البلورة يعتمد على التركيب الكيميائي للمادة .**والبلورات على نوعين :**

اولا : بلورات عضوية Organic crystals وتشمل:

أ- **بلورات بروتينية :** والتي تظهر على شكل مكعبات صغيرة ناتجة من تراكم جزيئات البروتين وتسمى Crystaloid وتوجد مثل هذه البلورات في البذور غالبا .

ب- **بلورات سكرية :** وتظهر بشكل كريات مكونة من تراكم جزيئات سكر الفركتوز لتكوين بلورة الانيولين Inulin كما في درنات نبات الداليا .

ثانيا : بلورات لا عضوية Inorganic crystal : وهي بلورات أملاح الكالسيوم وتشمل :

أ- **بلورات اوكزالات الكالسيوم :** وهي من أكثر البلورات المتكونة في النبات وخاصة في الفجوات وغالبا تتكون من اتحاد الحوامض المذابة في العصير الخلوي مع الكالسيوم لتكوين أملاح الكالسيوم ويعتبر حامض الاوكزاليك الداخلة في تركيب البلورات حامض مميت للخلية اذا ما زاد تركيزه عن حد معين ، لذلك فان تكوين البلورات على هذا الأساس يقلل من تركيز الحوامض المميتة للخلية . **ومن اهم بلورات اوكزالات الكالسيوم هي :**

1- **البلورات الابرية : Raphides crystals :** وتتكون بشكل حزم ابرية داخل الفجوة العصارية ويعتقد بانها تنشأ في البداية من تجمع اوكزالات الكالسيوم في انبعاج غشائي يقع قرب غشاء الفجوة مكونا جسما يسمى بالجسم الرافيدي Raphidosome ثم يزداد حجمه ويكون نظام غشائي مع الفجوة ويعمل على ترتيب بلورات الفجوة على هيئة صفوف طويلة تشبه الابر. يمكن مشاهدة البلورات الابرية في ساق الدراسينا او ساق الصبير او جذور الاسبرجس وفي اوراق العنب .

2- **البلورات النجمية Druses crystalse :**وهي نوع آخر من بلورات اوكزالات الكالسيوم تلاحظ بشكل تجمعات ذات زوايا مدببة. تتواجد في اعناق

اوراق نبات البيجونيا واوراق الدفلة وكذلك في جذور وسيقان نبات القطن وفي ساق نبات التليا **Tilia 3**

2- البلورات المنشورية Prismatic crystals :وهي تتواجد بشكل هندسي منتظم في كثير من الخلايا واحيانا تسمى بالمعينية. وممكن مشاهدتها في اوراق البصل الحرشفية الانبوبية . او في اوراق الدفلة Cycls leaf . وقد تتواجد البلورات في أي جزء من أجزاء النبات ومنها خلايا اللب والقشرة او البشرة سواء في عصير فجوات الخلايا واحيانا خارج الفجوات ، وقد تتكون في خلايا متخصصة تسمى بالخلايا المنفردة Idioblasts والتي تسمى بلورتها بالبلورة المنفردة Solitary.

ب- **بلورات كاربونات الكالسيوم : وتعرف بالبلورة المعلقة او العنقودية cystolith** وهي توجد بشكل عناقيد متدلية من جدار الخلية التي تتميز بكبر حجمها عن الخلايا المجاورة. حيث تتكون البلورة من ظهور نتوء سيليلوزي من جدار خلايا البشرة يمتد في تجويف الخلية وتترسب في نهايته املاح من كاربونات الكالسيوم مكونا جسم البلورة المسمى بالحوصلة الحجرية Cystolith وتعرف الخلية المحتوية على الحوصلة الحجرية بخلية الحوصلة الحجرية Lithocyst

كما تحتوي الخلية مواد اخرى غير حية ولكنها تؤدي وظائف مهمة للنبات بصورة مباشرة أو غير مباشرة منها :

7- الصبغات Pigments

هي مواد عضوية تتواجد في خلايا النبات في مواقع معينة لذلك **قسمت حسب مواقع تواجدها إلى :**

1- **صبغات موجودة في البلاستيدات الخضراء** : وتكون ذائبة في الدهون fat soluble ويمكن استخلاصها بالمذيبات العضوية مثل الكحول . ومن أهمها صبغات الكلوروفيل والكاروتين الاصفر والزانيوفيل البنى وتشترك هذه المجموعة من الصبغات بوظيفة امتصاص اشعة الضوء مباشرة وبصورة غير مباشرة وتحويلها الى طاقة قادرة على دمج H2O و CO2 لتكوين سكر الكلوكوز في عملية البناء الضوئى .

2- **صبغات موجودة في الفجوات العصارية** وتكون ذائبة في الماء وتشمل صبغات الفلافون التي تتاكسد الى الانثوسيانين الأحمر او الازرق او البنفسجي معتمدة على درجة الحموضة (pH) فتكون حمراء في الوسط الحامضي وزرقاء في الوسط القاعدي وهي المسؤولة عن لون الأزهار والثمار وبعض الجذر كثمار الرمان وجذور البنجر.

8- المواد الدباغية Tannins

هي مواد من مشتقات الفينول توجد في جميع الانسجة خاصة الخشب الصميمي وتوجد داخل الخلايا في السايتوبلازم والفجوات العصارية والنواة وفي الجدران الخلوية واحيانا توجد في تراكيب خاصة تدعى بالاكياس الدباغية Tannin sacs . وعندما يزداد تكون المواد الدباغية تظهر بشكل كتل خشنة ذات احجام مختلفة وبلون احمر او اصفر او بني . **وظيفتها :**

1- حماية البروتوبلازم من الجفاف وذلك لقابليتها العالية في امتصاص الماء بما يشبه الغرويات.
2- مضادة للتاكسد antioxidant.
3- تمنع الاصابة بالكائنات الحية الدقيقة فتحمى النبات من التعفن والتفسخ .
4- لها علاقة بعملية الإبدال الحيوي لمادة النشا وتغيرات السكريات وانتقالها .
5- تستعمل في دباغة الجلود عندما تستخرج من مصادر غنية بها مثل البلوط والعفص.

9- القلويدات أو أشباه القلويات Alkaloids

هي مركبات نتروجينية معقدة التركيب لها تأثيرات فسيولوجية واضحة. دخلت بشكل واسع في مجال الطب لأهميتها الدوائية ومنها الكافين Caffeine المؤثر في الجهاز العصبي المركزي ويوجد في اوراق الشاي وبذور البن، والاتروبين Atropine المسبب اتساع حدقة العين . والأفيون المخدر المستعمل في العمليات الجراحية والمستخرج من نبات الخشخاش ، وغيرها الكثير .... .

10- المركبات البكتية Pictic Compound

هي مواد غروية محبة للماء غير متبلورة تدخل في تركيب جدار الخلية وخاصة الصفيحة الوسطى middlelamila على هيئة بكتات الكالسيوم والمغنيسيوم وتوجد على ثلاثة أشكال :

بكتين أولي propectin وبكتين pectin وحامض البكتيك pectic acid .

11- اللكنين : Lignin

مادة صلبة متعددة الكاربون مختلفة عن الكاربوهيدرات تتكون من وحدات الفينايل بروبانويد Phenyl propanoid units. ويتلون بلون اصفر عند معاملة الجدران بمحلول كبريتات الأنيلين. يوجد اللكنين في الصفيحة الوسطى والجدار الابتدائي والثانوي الاوعية وقصيبات الخشب والخلايا السكلرنكيمية . وظيفته اللكنين الرئيسية هي دخوله كمكون تركيبي مهم و اساسي في جدار الخلية . يتميز بصلابته مما يكسب الخلايا الملكننة قوة وتماسك.

12- الحليب النباتي Latex

هو مستحلب الخليط من مواد بروتينية ومخاطية وصمغية ودباغية ومطاطية واشباه قلويدات . يتميز بلونه الابيض او الابيض المصغر ، ويتجمد عند تعرضه للهواء . يوجد في انسجة النبات في انابيب خاصة تعرف بالتراكيب الحليبية Laticifers. يستعمل الحليب النباتي في مجالات صناعية عديدة منها صناعة المطاط من الحليب المستخرج من نبات المطاط وفي مجالات طبية عديدة مثل المورفين المستخرج من حليب نبات الخشخاش ...

13- الصمغ Gum

مواد ذات علاقة بالمركبات البكتية ، تنتفخ بالماء، ويظهر كنتيجة مرضية او فسلجية من تحطم جدران الخلايا ومحتوياتها . وهناك مركبات أخرى عديدة منها الجيلاتين (وهو مادة بروتينية توجد في الجدران الثانوية للالياف في بعض النباتات والثمار والبذور)،وكذلك الراتنج والسيلكا .

جدار الخلية النباتية The cell wall

اهم ما يميز الخلايا النباتية وجود جدار خلوي سليلوزي صلب يحيط بروتوبلاست الخلية سمكه (13مايكرون). بداية تكونه تحصل في الخطوات النهائية من الطور الانفصالي لانقسام الخلية الميتوزي حيث تتجمع ثلاث مكونات هي : 1- اجزاء من الشبكة الاندوبلازمية. 2- حويصلات صغيرة قطرها 20 مايكرون.3- حويصلات كبيرة قطرها 250 مايكرون تدعى الفراكموسوم . ويعتقد أن الحويصلات يكونها جهاز كولجي . وقد لوحظ أن الفراكموسوم يتواجد في وسط الخلية المنقسمة قبل تكون الصفحة الخلوية ثم يختفي بعد تكونها وانفصال السايتوبلازم الى خليتين بنيوية جديدة .

عند بدأ تكون الجدار تصطف المكونات الثلاثة وسط الخلية المنقسمة لتكوين **الصفيحة الخلوية Cellplate** التي تقسم الخلية الام الى خليتين شقيقتين وتترك خلالها فتحات تمر منها الروابط البلازمية البلازموديزمات). ثم تتطور الصفيحة الخلوية بإضافة بكتات الكالسيوم والمغنسيوم لتكوين **الصفيحة الوسطى Middle lamella** ثم يفرز السايتوبلازم بعض المواد تترسب على جانبي الصفيحة الوسطى لتكوين **الجدار الابتدائي Primary Wall** الذي يتكون اساسا من السليلوز مع خليط من مركبات اخرى مثل الهيميسليلوز والبكتين والبروتين .... والجدار الابتدائي يكون رقيق ومرن وقابل للتمدد والنمو تبعا لزيدة حجم الخلية. وفي الخلايا التي تكون جدار ابتدائي فقط مثل الخلايا البارنكيمية يضيف البروتوبلازم مواد السوبرين والكيوتين الشمعية الى الجدار الابتدائي ليمنع تسرب الماء ويمنحها الصلابة والحماية عند نضج الخلايا وتخصصها يتوقف نموها ويضاف جدار اخر هو **الجدار الثانوي Secondary Wall** والذي يتكون او يضاف من الداخل بشكل ثلاث طبقات تكون الوسطى سميكة والداخلية والخارجية رقيقتان . ويتكون الجدار الثانوي من السيليلوز اساسا مع مواد اخرى غير سليلوزية أهمها اللكنين والسوبرين . **ويختلف الجدار الابتدائي عن الجدار الثانوي** بما يلي:

ت		الجدار الابتدائي	الجدار الثانوي
1	**الألياف السيلوزية**	مبعثرة ، واقل عددا واقل طولا مما في الجدار الثانوي	منتظمة واكثر عددا واكثر طولا
2	**المرونة**	مرونته اكثر من الجدار الثانوي لاحتوائه على نسبة قليلة من السليلوز المتبلور وعالية من السليلوز غير المتبلور	مرونته اقل من الجدار الابتدائي لاحتوائه على نسبة عالية من السليلوز المتبلور وقد يصل الى 90% بتقدم عمرالنبات كما في جدران بعض الألياف

التركيب الدقيق للجدار الخلوي الابتدائي : اظهره المجهر الإلكتروني بانه يتكون اساسا من التحام ما يقرب من مئة سلسلة سليلوزية كل سلسلة مكونة من ارتباط جزيئات الكلوكوز (3-8 الف جزيئة تقريبا) مع بعضها باصرة 4-1،B كلوكوسايد متبلورة ومتوازية مع جزيئات سليلوزية غير متبلورة التكوين ليفة أولية تسمى **مايسيل Micelle** كاصغر وحدة بنائية في جدار الخلية ترى بالمجهر الإلكتروني فقط ثم تتحد ما يقرب من (20) وحدة مايسيل لتكوين **ليفة صغيرة Microfibril** وتتحد حوالي 250 منها لتكوين **ليفة كبيرة Macrofibril** ترى بالمجهر الضوئي . عندما تجتمع الليفات الصغيرة مع الكبيرة تترك بينها فراغات بينيه وحشوية تترسب بين هذه الفراغات مواد مختلفة حسب نوع الجدار والخلية وعمر الخلية، أهمها مركبات البكتين واللكنين والتانين والشمع والكيوتين والسوبرين وكالوس ومعادن مثل Ca والسليكون ، وفي الجدران الثانوية المكونة من سلاسل سليلوزية بحتة تمتلئ الفراغات بالماء ويعتمد ترسيب المواد على نوع وعمر الخلايا فخلايا الخشب والخلايا السكلرنكيمية تمتلئ باللكنين وخلايا البشرة بالكيوتين الشمعية وفي جدران خلايا الفلين يترسب السوبرين . كما أن ترتيب واتجاه الليفات الصغيرة في الجدران الابتدائية والثانوية يختلف حسب نوع الخلايا فالخلايا التي ستصبح متطاوله تكون الليفات متوازية مع المحور الطولي للخلية.

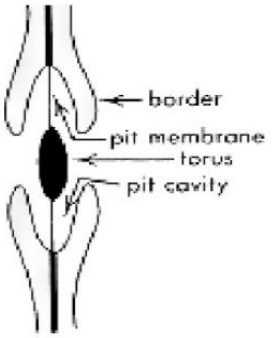
النقر في جدار الخلية The Pits in the Cell Wall

النقر هي عبارة عن انخفاضات او ثقوب في جداران الخلايا لايشملها ترسب المواد المكونة للجدار الثانوي اي لايشملها التغلظ الثانوي وتمر منها الروابط البلازمية Plasmodesmata التي توصل سايتوبلازم الخلايا المتجاوره مع بعضها ، وهي على عدة أنواع.

1- **حقول النقر الابتدائية primary pit**: تظهر عند تكون الجدار الابتدائي فوق الصفيحة الوسطى ، وهي تكثر في الخلايا حديثة التكوين ذات الجدران الابتدائية مثل الخلايا البارنكيمية وكذلك في جدران الأنابيب المنخلية والخلايا المرافقة لها. ونظرا لدقتها يسميها البعض بمبادى النقر Primordial bits . وتمر من حقول النقر الابتدائية البلازموديزماتا التي تكون صغيرة لايمكن رويتها بالمجهر الضوئي ولكن يمكن رويتها بسوله في سويداء بذور البن او نواى التمر .

2- **النقر البسيطة Simple pits**: تظهر عند تكون الجدار الثانوي فوق الجدار الابتدائي وتنشا عادة في منطقة حقول النقر الابتدائية بشكل أزواج متقابلة في الخليتين المتجاورتين وتسمى بزوج النقر Pit pair ، ويعرف الجدار الفاصل بين كل نقرتين متجاورتين

بغشاء النقرة ، وعندما تقابل نقرة بسيطة مسافة بينية في الخلية المجاورة تسمى النقرة عمياء blind pit . تتواجد النقر البسيطة في خلايا البشرة المتغلظة وفي الخلايا البرانكيمية المتغلظة والخلايا السكلرنكيمية وبعض الأوعية والقصيبات. وتسمى النقر البسيطة في الخلايا السميكة الجدران بالنقر القنوية Canal pits وهي انخفاضات عميقة جدا ، تكون احيانا متفرعة ، وتكثر في الخلايا السكلرنكيمية ذات الجدران السميكة والمعروفة بالخلايا الصخرية Stone cell كما في جدران خلايا ثمرة العرموط. يشمل غشاء النقرة كل من الصفيحة الوسطى والجدار الابتدائي ويتكون عادة من لويفات سيليلوزية صغيرة Microfipril كثيرة ومتشابكة مع بعضها وتترك خلالها فتحات تسمح بمرور الماء والعناصر الغذائية الذائبة قيه وتتواجد السرة Torus عادة معلقة في هذه الليفات ويمتاز غشاء النقرة بمرونته التي تسمح بحركة السرة لتسد فتحة النقر .



3- **النقر المضفوفة Bordered pits**: تظهر عندما يضاف الجدار الثانوي إلى الجدار الابتدائي وينفصل عنه ناميا فوق النقره محيطا بغشاء النقرة تاركا فتحة مركزية هي فتحة النقرة Pit aperture والفراغ بين غشاء النقرة والجدار الثانوي يسمى تجويف النقرة Pit cavity يوجد غالبا في منتصف غشاء النقرة تغلط غير منفذ للماء يشبه العدسة المحدبة يسمى بالسرة او التخت او **التورس Torus** ويكون التورس بحجم اكبر من فتحة النقره ويعمل على سد فتحة النقره فيمنع مرور الماء عند حدوث تغير في جهة الماء.

ومن أهم وظائف النقر المضفوفة :

1- تنظيم مرور الماء في الأوعية الخشبية والقصيبات كنوع من صمام الأمان لمواجهة التغير في جهد الماء وذلك من خلال سد فتحة النقرة عند زيادة اندفاع الماء الشديد من خلية الى اخرى بواسطة حركة غشاء النقرة ومعه السرة لتسد فتحة النقرة .

2- تمنع قطع تيار الماء الصاعد في اوعية الخشب والقصيبات الذي تسببه الفقاعات الهوائية وذلك من خلال سد فتحة النقرة لتمنع دخول الهواء مما يسهل حركة الماء بانتظام في اوعية الخشب مما يزيد من كفاءة نسيج الخشب في توصيل الماء والأملاح الى المجموع الخضري .

الأنسجة النباتية

يتكون جسم النبات اما من خلية واحدة تقوم بجميع وظائف الحياة كما في البكتريا Bacteria وبعض الطحالب Algae والفطريات Fungi كالخميرة ... او يتكون جسم النبات من عدة خلايا إما محدودة التمايز ويكون فيها النسيج الخضري والتكاثري متشابهان في الوظيفة والمنشا والشكل أي أن كل خلايا الجسم تشترك في اداء وظائف الحياة للنبات كما في النباتات الواطئة مثل السبايروجيرا الذي يكون بشكل خيط رفيع من الخلايا وطحلب باندورينا Pandorina الذي يكون مستعمرات كروية من الخلايا المتشابهة تقوم بجميع وظائف الحياة بينما في انواع اخرى من الطحالب مثل طحلب الفولفكس Volvox يتجلى التخصص الفسلجي (الوظيفي) بتقسيم العمل لمجموعات من الخلايا بعضها تقوم بوظائف خضرية كالبناء الضوئي والتنفس .... وخلايا اخرى تتخصص لوظيفة التكاثر في النباتات الراقية يتكون جسم النبات من **خلايا عديدة متمايزة Differentiated** فقد يكون جسم النبات معقد ومؤلفا من ملايين الخلايا المتخصصة أي يوجد عدة أنواع من الخلايا **وكل مجموعة من الخلايا المتشابهة في الشكل والتركيب والاصل تؤدي وظيفة معينة** تسمى نسيج Tissue . والأنسجة حسب قدرتها على الانقسام تكون على نوعين :

1- انسجة مرستيمية Meristematic Tissues

2- انسجة دائمية Permanent Tissues

* * * * * * * * * * * * * * * * * * * *

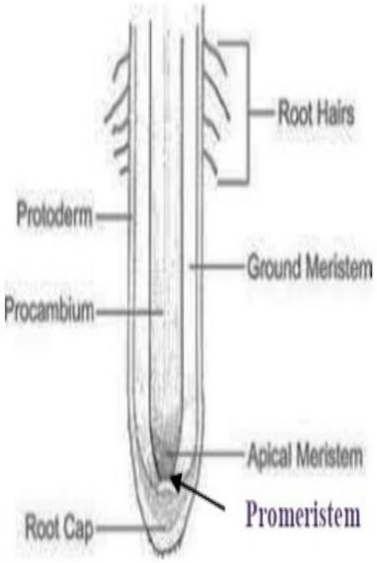
الأنسجة المرستيمية Meristematic Tissues: هي انسجة مولدة فتية سريعة الانقسام. خلاياها صغيرة الحجم مكعبة الشكل او مربعة. رقيقة الجدران تنعدم فيها المسافات البينية غالبا. وبروتوبلازم الخلايا المرستيمية فعال ويحتفظ بحيويته وقابليته على الانقسام بصورة مستمرة فالنواة كبيرة نسبيا ويحيطها سايتوبلازم كثيف والفجوات صغيرة جدا او معدومة. ولها بلاستيدة أولية. تقسم من حيث المنشا الى:

1- انسجة مرستيمية ابتدائية

2- انسجة مرستيمية ثانوية Promeristem

الأنسجة المرستيمية الابتدائية Primary Meristematic Tissues: هي الأنسجة التي تنشا من المرستيم الاول Promeristem الموجود في الجنين والذي تنقسم خلاياه لتعطي

المرستيمات الابتدائية والتي تشمل جميع أنسجة الجنين بما فيها الأنسجة المرستيمية في قمة الساق Shoot Apex وقمة الجذرRoot Apex واطراف البراعم الخضرية وبدايات الأزهار والاوراق Leaf Primordia وتعرف هذه الأنسجة بالمرستيمات القمية Apical meristem وينتج عنها زيادة النمو في طول النبات. وعادة يتميز المرسيم الأول Promeristem الى انسجة مرستيمية ابتدائية منشاة حسب البعد عن المرسيتم الاول ، لذلك يوجد 3 انسجة مرستيمية ابتدائية منشاه هي:



1. **منشئ البشرة Dermatogen** او **بشرة اولية Protoderm** : طبقة من الخلايا المرستيمية يضيفها المرستيم الاول لتحيط القمة النامية للساق والجذر وتكون البشرةepiderm في الأجزاء البالغة من الساق والجذر.

2. **منشئ القشرة Periblem** او**مرستيم اساس ground meristem:** عدة طبقات من الخلايا المرستيمية تلي منشئ البشرة وتكون القشرة في الأجزاء البالغة من الساق والجذر.

3. **منشئ الاسطوانة الوعائية Plerome** او **كامبيوم اولي Procambium :**عدة طبقات من

Promeristem - الخلايا المرستيمية تمثل الجزء الوسطي من المرسيتم الاول لتكون الاسطوانة الوعائية (الخشب + اللحاء) والنخاع (اللب) في الأجزاء البالغة لمرحلة النمو الابتدائية .

4.منشئ القلنسوة Calyptragen (كتلة من الخلايا الشبيهة بالكشتبان): وهي عدة طبقات من الخلايا المرستيمية الخاصة بالجذر وتكون القلنسوة (Root Cap) في الطرف الأمامي لقمة الجذر.

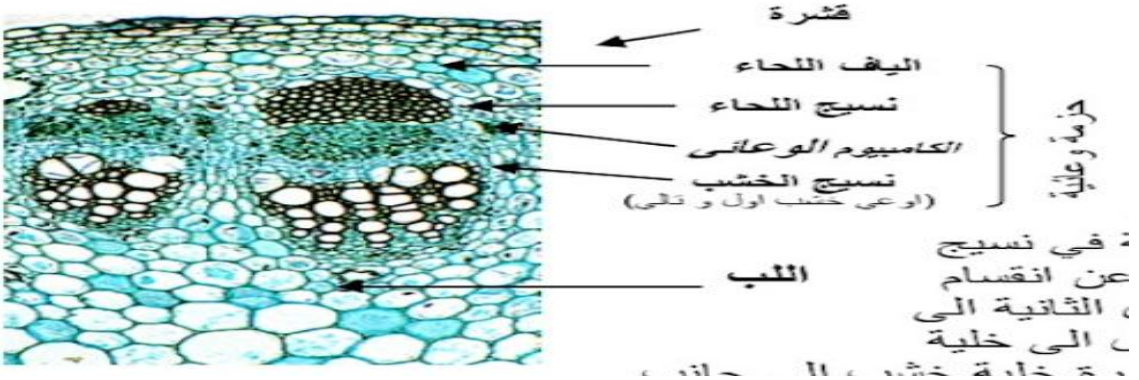
الأنسجة المرستيمية الثانوية Secondary Meristematic Tissues :هي انسجة مرستيمية تنشا اما من انسجة مرستيمية ابتدائية (مثل البشرة الأولية، المرستيم الاساس، الكامبيوم الاولى) او من انسجة مستديمة فقدت خلاياها القدرة على الانقسام لفترة من الزمن ثم عاد اليها النشاط لاحتوائها على نواة وسايتوبلازم (أي انها خلايا كامنة مثل الخلايا البارنكيمية). وسميت بالمرستيمات الثانوية لان وظيفتها مرتبطة بتكوين الأنسجة الثانوية التي تسبب زيادة في سمك العضو النباتي في مرحلة النمو الثانوي ، وتعرف ايضا بالمرستيمات الجانبية Lateral meristem لوقوعها بعيدا عن القمم النباتية ومن امثلتها الكامبيوم الوعائي والكامبيوم الفليني .

1. الكامبيوم الوعائي Vascular cambium : مرستيم ثانوي المنشا، جانبي الموقع، يرتبط نشاطه بتكوين الخشب واللحاء الثانويين ، ويسمى احيانا بالكامبيوم الحزمي Fascular cambium لتواجده ضمن الحزمة الوعائية الواحدة كأشرطة من خلايا مغزلية ويتضمن الكامبيوم الوعائي نوعين من الخلايا المرستيمية هما:

أ- **الأصول او الخلايا المغزلية Fusiform Initials** : وهي خلايا طويلة مغزلية الشكل تكون العناصر الطويلة في نسيج الخشب واللحاء الثانويين (الأوعية والقصيبات) وينتج عن انقسام الخلايا المغزلية خليتين تبقى احدهما مرستيمية وتتحول الثانية الى خلية لحاء اذا كانت خارجية ، واذا كانت داخلية فتتحول الى خلية نسيج خشب وبتكرار الانقسام تعطي مرة خلية لحاء ومرة خلية خشب الى جانب الخلية المرستيمية للكامبيوم الوعائي ، وغالبا يكون معدل تكوين الخشب اكثر من اللحاء .

ب- الاصول او الخلايا الشعاعية Ray Initials: وهي خلايا متساوية الأبعاد تقريبا او متطاولة قليلا تكون العناصر الشعاعية في نسيج الخشب واللحاء الثانويين اشعة الخشب واللحاء) أي تعطي باستمرار انقسامها خلايا بارنكيمية تكون اشعة اللب الممتدة من القشرة الى النخاع في الساق المسن و تعطي الاشعة الوعائية الخشب واللحاء) اذا امتدت امام اذرع الخشب او اللحاء ونظرا لتواجد هذه الخلايا بين الحزم الوعائية في الساق والجذر فان الكامبيوم يدعى بالكامبيوم بين الحزم Interfascular cambium .

تتميز خلايا الكامبيوم الوعائي عن بقية الخلايا المرستيمية باحتواء سايتوبلازمها على فجوات عصارية غزيرة صغيرة متطاولة في الخريف والشتاء وفي بداية الربيع يزداد نشاطها وتمتص الماء وتتحول الى فجوة مركزية كبيرة.



2- الكامبيوم الفليني phellogen او Cork cambium :

مرستيم ثانوي المنشأ جانبي الموقع وظيفته الرئيسية تكوين البشرة المحيطية البريدرم periderm التي تحل محل البشرةepidermis بعد تمزقها نتيجة لحصول التغلظ الثانوي المتسبب عن نشاط الكامبيوم الوعائي. وتتركب البشرة المحيطية من ثلاث طبقات (الكامبيوم الفليني الذي يضيف طبقة الفلين Cork للخارج والقشرة الثانوية نحو الداخل). إن **خلايا الفلين** هي برنكيمية تموت بعد النضج وتصبح جدرانها مسوبرة Suberized مما يمنع مرور الماء والمواد الأخرى من خلالها وبالتالي يكسبها وظيفة الحماية أما خلايا القشرة الثانوية فهي خلايا شبه برانكيمية. والكامبيوم الفليني ابسط تركيبا من الكامبيوم الوعائي لانه يتألف من نوع واحد من الخلايا المرستيمية. **ينشا الكامبيوم الفليني في السيقان** ⇦ من تحول خلايا دائمة حية كامنة إلى خلايا مرستيمية ولايتم ذلك الا بعد بدء نشاط الكامبيوم الوعائي بفترة ، وأول كامبيوم فليني يظهر في الساق ينشا غالبا من المناطق الخارجية للقشرة أو من البشرة نفسها لذا يوصف الكامبيوم الفليني في الساق بأنه خارجي المنشأ على عكس الجذور حيث ينشا من الدائرة المحيطة pericycle لذا يوصف بانه داخلي المنشا.

الانسجة الدائمية :Permanent Tissues

وهي انسجة توقف الانقسام في خلاياها وتخصصت لأداء وضيفة معينة لكن التخصص في بعض انسجتها قد يكون عكسي (كامن) لوجود نواة وسايتوبلازم فيها كما هو الحال في الخلايا البرنكمية ، أي قدرة الخلايا المتخصصة من الرجوع الى الحالة المرستيمية والانقسام من جديد. وقد تكون الخلايا الدائمة غير عكسية ولا يمكنها الرجوع الى الحالة المرستيمية مثل أنسجة الخشب ، وعموما تمتاز خلايا الانسجة الدائمة بقلة السايتوبلازم ، والفجوة العصارية كبيرة نسبيا بسبب نشاطها الوضيفي. و تنشا الانسجة الدائمة اما من انقسام خلايا الانسجة المرستيمية الابتدائية والثانوية او من الخلايا المستديمة الكامنة في النباتات الراقية تولف الانسجة الدائمة الجزء الأكبر من الجسم النباتي فمثلا الورقة الناضجة مولفة بصورة كلية من انسجة دائمة ، والاعضاء النباتية الاخرى معضمها مؤلف من أنسجة دائمية عدا بعض المانطق المرستيمية الموجودة في القمم النامية او كمرستيمات جانبية * درجة التمايز في الأنسجة الدائمية مختلفة من نسيج الى اخر تبعا لوظيفة ونوع الخلايا فيه فالنسيج البارنكيمي (الحشوي) والكولنكيمي ونسيج البشرة تكون بسيطة في تمايزها ويمكنها العودة الى الحالة المرستيمية بينما تزداد درجة التمايز في انسجة اخرى مثل الانسجة الناقلة كالخشب والحاء وبعضها يصل به التخصص الى موت الخلايا لكي

تودي وظيفتها بشكل افضل ومثال ذلك أوعية الخشب واللحاء والقصيبات والفلين والالياف .
تقسم الأنسجة الدائمية من حيث المنشأ إلى :

1- **انسجة اساسية Ground tissues**

2- **انسجة محيطية Dermal tissues**

3- **انسجة ناقلة Conducting tissues**

4- **انسجة افرازية Secretory tissues**

الأنسجة الأساسية Ground or Fundamental Tissues

وهي الأنسجة التي تتشا من المرستيم الاساس ground meristem وتكون القشرة والنخاع والاشعة النخاعية في الجذور والساق ، **وهي ثلاث انواع :**

1- الأنسجة البارنكيمية Parenchyma Tissues (أو الحشوية)

- **هي خلايا حية** بالغة تحتوي على نواة وسايتوبلازم طيلة فتر حياتها .

- **شكلها** غالبا مضلعة عديدة السطوح قد تصل إلى 14 ضلع بأبعاد متساوية فتبدو كروية أو مستديرة في المقطع العرضي . او تكون مستطيلة كما في النسيج العمادي للاوراق وقد يزداد طولها كثيرا كما في برنكيما الخشب واللحاء او تكون نجمية او كليوية ويعتمد ذلك على الوظيفة التي توديها .

- **الجدار ابتدائي** رقيق لوجود السيليلوز غير المتبلور فيه غالبا اضافة الى مواد أخرى مثل الهميسيليلوز ومواد بكتينية ويندر وجود الكنين Lignine ماعدا بعض الجدران الابتدائية السميكة والجدران الثانوية في برنكيما الخشب ، وتمتاز الجدران الابتدائية بوجود حقول النقر الابتدائية التي تمر منها الروابط السايتوبلازمية plasmodesmata بين الخلايا المتجاورة .

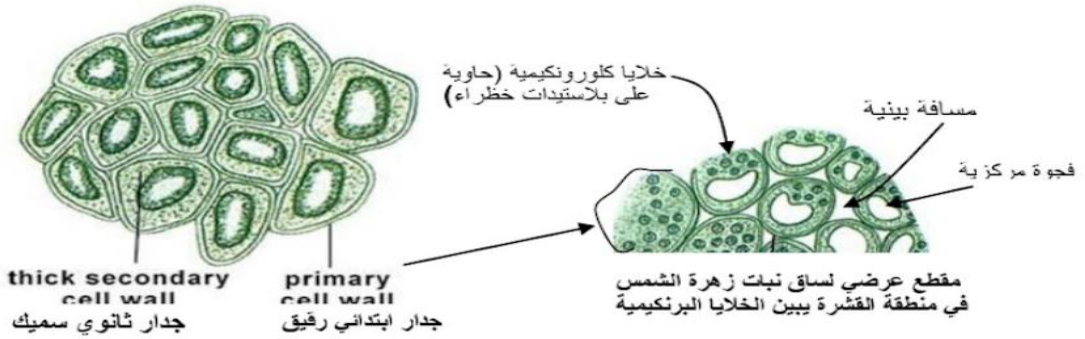
- **المسافات البينية** كبيرة عادة بين الخلايا البرنكيمية كما في قشرة الساق والجذر وقد تكون المسافات البينية صغيرة جدا كما في سويداء كثيرا من البذور .

- **الفجوة العصارية** كبيرة وتقع وسط الخلايا البرنكيمية غالبا .

- **تتواجد** الخلايا البرانكيمية في القشرة والنخاع والاشعة النخاعية والاشعة الوعائية لكل من الجذر والساق كما تتواجد في النسيج المتوسط للوراق وكذلك تتواجد الخلايا البرنكمية ضمن نسيج الخشب واللحاء والقشرة الثانوية .

- **الوظيفة** التي تؤديها الخلايا البارنكيمية بشكل رئيسي هي كونها مركزا هاما لحدوث معظم عمليات الأيض الغذائي فهي تقوم بوظيفة الخزن وصنع الغذاء لاحتوائها على البلاستيدات الخضراء لذا تسمى بالخلايا الكلورونكيمية Chlorenchyma ومن العمليات الأيضية التي تؤديها للنباتات هي التنفس الانتاج الطاقة والبناء الضوئي لانتاج السكر.

- **لها القدرة** على التحول الى خلايا مرستيمية لوجود نواة وسايتوبلازم فيها .



2- الانسجة الكولنكيمية Collenchyma tissues

- **هي خلايا حية** بالغة يبقى فيها البروتوبلازم فعالا لفترة طويلة من الزمن .

- **شكلها** مستطيلة غالبا غير مدببة الاطراف .

- **الجدار ابتدائي فقط** ويمتاز بمرونة عالية Elasticity والتي تمكن الخلايا من التمدد والنمو

ويتكون الجدار من السيليلوز مع نسبة عالية من الهيمسليلوز والبكتين لكن الجدار خالي من اللكنين not lignified . مع وجود نسبة كبيرة من الماء ويحصل تثخن في الجدار الابتدائي وبشكل غير متساوي unevenly thickened ويوجد في الجدار حقول نقر ابتدائية .

- **المسافات البينية معدومة** أو تكون صغير جدا إن وجدت ..

- **تتواجد الخلايا الكولنكيمية** في الأعضاء النباتية الهوائية المعرضة للضوء مثل قشرة السيقان الفتية ونصول الأوراق وأعناقها ، ولا توجد في الجذور الارضية .

- **وظيفتها الرئيسية ميكانيكة** في التقوية والتدعيم للنباتات في مرحلة النمو الابتدائي مما يكسب النباتات النامية قوة ومتانة دون أن يعيق من نمو أعضائها أي **إسناد الأنسجة النامية** .

- **تمتلك الخلايا الكولنكيمية قابلية التحول الى خلايا مرستيمية** لوجود النواة والسايتوبلازم

- **فجوة عصارية كبيرة** وتمتلك القابلية على القيام بجميع الفعاليات الأيضية .

- **تقسم الخلايا الكولنكيمية حسب التغلظ في جدرانها إلى :**

Angular كولنكيما الزاوية Collen.	Lamelar كولنكيما صفائحي Collen.	Lacunar كولنكيما فراغية Collen.
فيها تتغلظ الجدران عند الاركان في محل المسافات البينية بشكل مثلث كامل. كما في قشرة ساق القرع *Cucurbita SP* اوقشرة الخروع *Ricinus communis*	فيها تتغلظ الجدران عند الجوانب الموازية للسطح الخارجي ولاتترك مسافات بينية لان التغلظ يشغل المسافة البينية. كما في ساق نبات البيلسان Sambucus	فيها تتغلظ الجدران عند الاركان في محل المسافة البينية بشكل غير كامل حيث تترك فراغ داخل المسافة البينية. كما في ساق الارستولوكيا او اعناق اوراق السلفيا Salvia

3- الأنسجة السكلرنكيمية Sclerenchyma tissues

- **هي خلايا ميتة** عند اكتمال نضج الخلايا نتيجة لموت البروتوبلازم .

- **شكلها** مختلف فقد تكون طويلة كما في الالياف او قصيرة متساوية الأبعاد كما في الخلايا الصخرية .

- **جدرانها ثانوية** تضاف إلى الجدران الابتدائية وهي جدران متغلظة وملكننة Lignified.

- **المسافات البينية** تكون معدومة .

- **يتواجد النسيج السكلرنكيمي** في جميع الأعضاء النباتية سواء كانت هوائية او ارضية فهي توجد في الجذور والسيقان والاوراق والأزهار والبذور والثمار متواجدة في النسيج الأساس أو مقترنة مع الأنسجة الوعائية وأحيانا توجد في النسيج الضام (البشرة).

- **الوظيفة الرئيسية** للخلايا السكلرنكيمية هي **ميكانيكية للتقوية والتدعم** للاعضاء والانسجة البالغة . كما تقوم **بوظيفة وقائية** عند تواجدها في نسيج البشرة كما هو الحال في بذور بعض النباتات مثل بذور العائلة القرنية Leguminose او في الأوراق الحرشفية للبصل.

- **يشمل النسيج السكلرنكيمي نوعين من الخلايا هما :**

الألياف Fibers	السكلريدات Sclereide (الخلايا المتصلبة)
خلايا طويلة نحيفة مدببة الاطراف ذات جدران مطاطية تجعلها قادرة على استرجاع شكلها وطولها الاصليين . تتداخل نهايات الالياف المدببة مع بعضها مما يكسب الاجزاء التي توجد فيها قوة ومتانة . تظهر في المقطع المستعرض بشكل مضلع خماسي او سداسي ، تتواجد الالياف بشكل حزم متفرقة او بشكل حلقة داخل القشرة كما في ساق القرع... اوبشكل غمد حول الحزم الوعائية كما في سيقان ذوات الفلقة الواحدة مثل ساق الذرة....	خلايا قصيرة غالبا متساوية الابعاد ، جدرانها ثانوية شديدة التلكنن ، تكثر فيها النقر البسيطة والتي تظهر بشكل قنوات تخترق الجدار الثانوي ويسمى **بالنقر القنوية** كما هو الحال في الخلايا الصخرية واحيانا تكون متفرعة . ومن ابرز الامثلة عن السكلريدات هي الخلايا الصخرية **Stone Cell** ذات الابعاد المتساوية والتي توجد في ثمرة بعض النباتات مثل العرموط Pyrus (Pear) قد توجد في اماكن غير الثمرة مثل اللحاء والقشرة واللب والبذور مثل بذور الفاصوليا والبزاليا وجوز الهند ... فتعطي انسجتها القوام الصلب .

تعتبر الالياف النباتية ذات أهمية اقتصادية كبيرة تدخل في صناعة المنسوجات والحبال ومن اشهرها الياف الكتان والياف حبال الجوت Jute والقنب Hemp وتتراوح اطوال الالياف بين ملم إلى عدة سنتيمترات فقد تبلغ (25سم) في ألياف الرامي و (7سم) في ألياف الكتان . وتقاس جودة ألالياف بزيادة طولها وكثرة طراوتها .

الأنسجة المحيطية Dermal tissues

هي الأنسجة التي تحيط بجسم النبات في جميع أعضائه كالساق والجذر والاوراق وتشمل كل من **نسيج البشرة.Epidermal t** ⇦في مرحلة النمو الابتدائي

ونسيج البريدرم Periderm ⇦ خلال مرحلة النمو الثانوي (في الاعضاء المسنة) أو البشرة المحيطية)

نسيج البشرة Epidermis : تنشا البشرة من المرستيم الابتدائي منشئ البشرة Protoderm . والبشرة هي الطبقة السطحية التي تغطي جسم النبات في مرحلة النمو المختلفة للجذر والساق الفتيين وكذلك الاوراق والأزهار والثمار والبذور .. وعادة تتالف البشرة من طبقة واحدة من الخلايا في معظم النباتات فيطلق عليها **بالبشرة البسيطة** وعندما يكون سمك البشرة اكثر من طبقة واحدة يطلق عيها **بالبشرة المضاعفة** Multiple Epidermis وهذه تتواجد في بعض النباتات مثل جنس التين ficus ونباتات اخرى مثل الفصيلة التوتية Moraceae والختمية Malvaceae وكذلك في النخيل Palm ويتراوح عدد طبقات البشرة المضاعفة بين (2-16) طبقة حسب النباتات والعضو النباتي ومرحلة النمو فهي تكون قليلة او طبقة واحدة في المراحل المبكرة ثم يزداد عددها نتيجة لانقسامات محيطية periclinal (موازية للسطح) ، كما أنها تزداد في النباتات ذات المناطق الجافة وخاصة في الأعضاء الهوائية كالأوراق لمنع فقدان الماء وتتميز البشرة في الأعضاء الهوائية بوجود تثخن في جدران خلايا البشرة يسمى **بطبقة الكيوتكل cuticle (الادمة)** وهي طبقة مستمرة من مادة الكيوتين cutin الشمعية غير المنفذة للماء والتي يختلف سمكها باختلاف النباتات والظروف البيئية فهي رقيقة جدا او معدومة في النباتات المائية و غير موجودة في بشرة الجذور الارضية بينما يزداد سمكها في الأعضاء الهوائية كالأوراق والسيقان وتكون أكثر سمكا في النباتات الصحراوية لتمنع فقد الماء.

الوظيفة الرئيسية لنسيج البشرة هي :

1- **الوقاية protection** فهي تحفظ الأنسجة الداخلية من الأضرار الميكانيكية والوقاية من البكتريا والفطريات .
2- **تمنع فقد الماء** لوجود طبقة الكيوتكل غير المنفذ للماء كما أن خلايا البشرة متراصة عديمة المسافات البينية (عدا مناطق الثغور التي تتحكم بكمية بخار الماء المفقودة وتبادل الغازات).
3- تودي **وظيفة الامتصاص** للماء والأملاح المعدنية في الجذور بما عليها من شعيرات جذرية .

أنواع الخلايا في نسيج البشرة : نسيج البشرة نسيج دائمي معقد التركيب وذلك لوجود اكثر من نوع من الخلايا فيه فهو يتضمن ثلاث انواع من الخلايا هي :

1- **خلايا البشرة الاعتيادية Ordinary epidermal cells**
2- **خلايا الجهاز الثغري Stomatal apparatus**
3- **الشعيرات والزوائد السطحية Trichomes (او شعيرات البشرة Epidermal hairs)** .

1- **<u>خلايا البشرة الاعتيادية :</u>** - **خلايا حية** لها نواة وسايتوبلازم رقيق وحيوي. - **لها فجوة عصارية** واسعة مملوءة بالعصير الخلوي- تكون **خالية من البلاستيدات الخضراء** غالبا . - **الجدار ابتدائي** عديم المسافات البينية مما يمنع مرور الغازات الا عن طريق الثغور . واحيانا يتكون جدار ثانوي في بشرة بعض النباتات دائمة الخضرة كالصنوبر واوراق البصل الحرشفية وقصرة بعض البذور .. كما **يحتوي جدار خلايا البشرة** على حقول نقر ابتدائية تمر منها الروابط البلازمية. - كما **تعتبر خلايا البشرة بانها خلايا كامنة** . وفي بعض النباتات تنقسم خلايا البشرة للساق لتتماشى مع التغلظ الثانوي حيث تبقى في الاسفندان لعمر عشرين سنة .. - **شكل خلايا البشرة** يختلف حسب طبيعة الجزء النباتي فهي تكون متساوية الابعاد (مربعة الشكل) في اوراق بعض ذوات الفلقتين كما في (القرنفل واوراق البصل تم ل مني الأنبوبية) أو تكون مستطيلة الابعاد كما في الأجزاء المتطاولة مثل ساق و اوراق با ذوات الفلقة الواحدة وفي اوراق السوسن ، او تكون متعرجة (مضلعة او عدسية نحو الشكل) كما في اوراق الباقلاء والفلفل .....

2- **<u>الجهاز الثغري</u> Stomatal Apparatus**

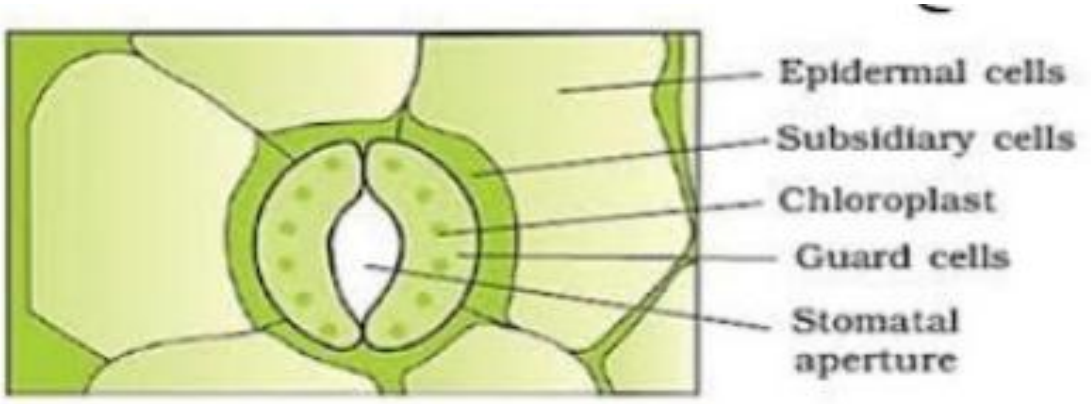
ويتكون من : **الخلايا الحارسة Guard Cell وفتحة الثغر Stoma**

الخلايا الحارسة :

هي خلايا متخصصة جدا مقارنة بخلايا البشرة الاعتيادية التي تكون اقل تخصصا منها ، **تمتاز بشكلها المميز** عن خلايا البشرة الاعتيادية والذي يكون عادة كلوي kidney shape او شكل الدمبلة Dumbell shape ، وتتواجد الخلايا الحارسة بشكل ازواج تحيط فتحة الثغر.

تحتوي الخلايا الحارسة على بلاستيدات خضراء لصنع الغذاء ويعتبر زيادة محتوى السكر المنتج بالنهار سبب Subsidiary cells. الفتح الثغور وذلك لزيادة المادة الازموزية (السكر) Chloroplast ودخول الماء الذي يسبب انتفاخ الخلايا الحارسة لتعطي Guard cells شكلها الكليوي فتنفتح الثغور وبذلك تودي الخلايا الحارسة **وظيفة تنظيم التبادل الغازي** بين أنسجة

النبات والمحيط الخارجي من خلال التحكم بالية فتح وغلق الثغور ويساعدها بذلك كل من الضغط الأزموزي وسمك جدرانها غير المنتظم... وتتصل فتحة الثغر بواسطة قناة لها تخترق البشرة الى غرفة تعرف بالغرفة تحت الثغرية والتي تتصل بالمسافات البينية لانسجة النبات وبذلك يتم التبادل الغازي .



الثغور Stomata : توجد عادة في أجزاء النباتات الخضراء كالأوراق والسيقان الهوائية الفتية وتنعدم في الجذور والأجزاء الترابية عدا السيقان الرايزومية فهي موجودة فيها كما انها توجد في الازهار الملونة ولكنها عديمة الوظيفة . **يختلف عدد الثغور** في السطوح العلوية والسفلية للاوراق وغالبا عددها يكون اكبر بالسطح السفلي للورقة (عدا بعض النباتات مثل القمح والبرسيم) . احيانا تنعدم الثغور في السطوح العلوية كما في التفاح والخوخ (وعادة يبلغ عدد الثغورعدة الاف ثغرة / سم المربع) ، وتتوزع الثغور بشكل عشوائي (مبعثرة) في أوراق ذوات الفلقتين لان التعرق شبكي بينما تكون منتظمة في صفوف متوازية في أوراق ذوات الفلقة الواحدة ذات التعرق المتوازي .

تنشا الثغور Stomata : من انقسام احد خلايا البشرة الى خليتين واحدة كبيرة واخرى صغيرة ثم تنقسم الصغيرة الى خليتين حارستين تكبران وتنتفخ مواد الصفيحة الوسطى بينهما وتنفصل من وسطها مكونة فتحة الثغرة Stoma .

3- <u>الشعيرات والزوائد السطحية</u>(أوالترايكومات Trichomes وتسمى أيضا **بشعيرات البشرة)**

وهي جميع الشعيرات والزوائد التي لها علاقة او اصل مشترك مع البشرة فهي تنشا من البشرة في جميع الاعضاء النباتية كالأوراق والساق والجذر والأزهار والثمار . وتؤدي **وظائف عديدة** حسب أماكن تواجدها فهي قد تكون **إفرازية** في الأزهار والثمار أو **دفاعية** في الأوراق والساق ، وفي الجذور تقوم بوظيفة **امتصاص الماء والغذاء**. وتختلف الشعيرات في شكلها وتركيبها وبذلك تكون على عدة انواع اهمها :-

1- شعيرات وحيدة الخلية غير متفرعة Unicellular hairs

تنشأ كامتدادات غير متفرع لأحد خلايا البشرة كما في بشرة اوراق نبات الذرة او شعيرات بذرة القطن .

2- شعيرات وحيدة الخلية متفرعة Branched unicellular hairs وتسمى **بالشعيرة الخطمية**

تنشا كامتداد متفرع لاحد خلايا البشرة في جزئة الخارجي كما في بشرة اوراق نبات المنثور.

3- شعيرات متعددة الخلايا غير متفرعة Multicellular hairs تتكون من عدة خلايا غير متفرع في **صف واحد** كما في اوراق القرع والطماطة، أو في **عدة صفوف** كما في بشرة نبات الرجلة.

4- شعيرات متعددة الخلايا متفرعة Branched Multicellular.h

وفيها تتكون الشعيرة من عدة خلايا متفرعة كما في اوراق نبات الجيتورا او نبات الفيرباسكم verbascum sp .....

5- شعيرات متعددة الخلايا متفرعة في مستوى واحد (منبسطة) او قرصية وهي زوائد ذات راس منبسط فاذا كان الراس المنبسط جالسا مع خلايا البشرة تسمى حراشف scales واذا كان الراس المنبسط معنقا (له عنق) فتسمى بالشعيرة الدرعية peltate hair كما في الشعيرات الدرعية الأوراق نبات الزيتون.

6- المثانات bladders وهي خلايا بشرة امتدت وكبرت في الحجم وتخصصت لخزن الماء وقد تحمل المثانة على عنق يمتد ضمن خلايا البشرة كما في اوراق نبات اتريبلكس اوقد تكون جالسة.

نسيج البريدرم Periderm tissue أو البشرة المحيطية

نسيج البريدرم : هو نسيج وقائي ثانوي المنشا يتكون خلال مرحلة النمو الثانوي ليحل محل البشرة في الأعضاء المسنة التي تعاني تغلظا ثانويا خاصة السيقان والجذور المستمرة بالتغلظ أو التسمك . كما أن هذا النسيج يتكون أيضا في مواقع انفصال وتساقط الأعضاء النباتية والأوراق وفي مناطق الجروح ليحمي الأنسجة الداخلية من فقد الماء بالتبخر ويمنع الإصابة بالمكروبات كالبكتريا والفطريات . ينشا نسيج البريدرم من الكامبيوم الفليني Phellogen حيث تنقسم خلايا الكامبيوم الفليني إلى خليتين ، الخارجية تستكمل نموها متحولة إلى فلين وتبقى الداخلية مرستيمية والتي بدورها تنقسم لتعطي خلية برنكيما القشرة الثانوية للداخل وخلية مرستيمية للخارج وهكذا يتكرر الانقسام وتكون النتيجة تكوين الفلين Phellen للخارج والقشرة الثانوية Phelloderm للداخل، وعادة يكون معدل تكوين الفلين اعلى من معدل تكوين القشرة الثانوية.

خلايا الفلين :تمتاز بكونها خلايا متراصة مستطيلة او موشورية الشكل في عدة صفوف خالية من المسافات البينية. وخلايا الفلين هي بارنكيمية الاصل تموت عند اكتمال نمو جدرانها الثانوية واضافة مادة السوبرين Suberin الدهنية غير المنفذة للسوائل والغازات، والجداران خالية من النقر. وتجويف الخلية يملا بالهواء مع بعض المواد الراتنجية والتانين .

واهم ظائف خلايا الفلين:

1- حماية انسجة النبات الداخلية سواء ميكانيكية او حماية من الافات .

2- منع فقد الماء من انسجة النبات الداخلية لوجود مادة السوبرين الدهنية.

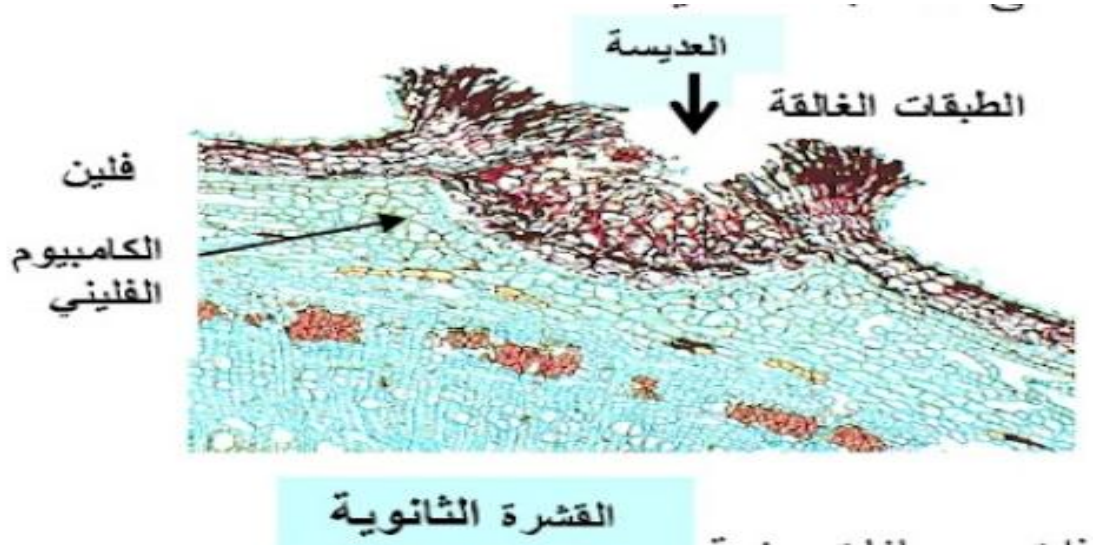
3- تعمل كعازل حراري يقلل من تأثير التغيرات الحرارية الخارجية على الأنسجة الداخلية .

للفلين فوائد تجارية منها دخوله في صناعة سدادات القناني والأثاث المنزلي والعوازل الحرارية. وتزداد أهمية الفلين عند زيادة وجود المسافات المملوءة بالهواء والتي تكسبه خفة مما يستعمل في

صناعة أثاث الطائرات والقوارب النهرية . ونظرا لكون الفلين لاينفذ الغازات مما ينتج عنه صعوبة تنفس انسجة النبات الداخلية فان الكامبيوم الفليني لا ينتج خلايا فلين للخارج دائما بل في بعض المناطق تحت الثغور عادة يعطي بدلا من الفلين نسيج مفكك من خلايا بارنكيمية رقيقة الجدران ذات مسافات بينية واسعه تعرف هده المناطق **بالعديسات Lenticels** تعمل على التهوية وتبادل الغازات.

لكن في الظروف الجوية شديدة البرودة يقوم الكامبيوم الفليني باعادة تكوين طبقة الفلين الخارجية وذلك الحماية الانسجة الداخلية من تغيرات الجو الخارجية وتعرف هذه الطبقة **بالطبقة الغالقة** وعند تحسن الظروف الخارجية ينقسم الكامبيوم الفليني مكونا النسيج المفكك ثانية ويمزقها وهكذا تتكرر العملية.

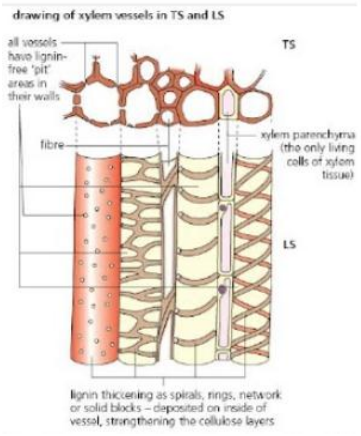
والعديسات تختلف في الحجم فقد تكون مجهرية وقد ترى بالعين المجردة وعادة تبرز إلى الخارج بشكل تمزق في البشرة .



الأنسجة الناقلة Conducting tissues

هي انسجة مستديمة متخصصة لوظيفة النقل والتوصل وتشمل نسيجي الخشب واللحاء اللذين يتوجدان مقترنان مع بعضهما تركيبا ونشوءا من الكامبيوم الوعائي) . ويكون النسيجان معاما يعرف بالنظام الوعائي او النسيج الوعائي Vascular tissue والذي استخدم أساسا لتصنيف النباتات الى نباتات وعائية Vascular plants ونبات لاوعائية Nonvascular plants نظرا لسهولة تشخيص نسيج الخشب عن سائر الانسجة الأخرى .فالنسيج المتخصص لنقل الماء والاملاح من التربة الى أجزاء النبات المختلفة يسمى **بنسيج الخشب** والنسيج المتخصص لنقل المواد الغذائية المصنعة بالأوراق إلى أجزاء النبات المختلفة يسمى **بنسيج اللحاء**

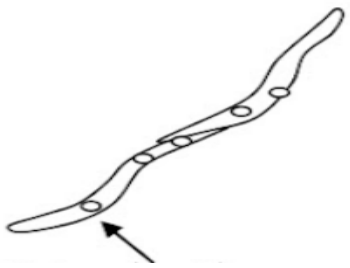
نسيج الخشب Xylem tissue: نسيج معقد التركيب لوجود اكثر من نوع من الخلايا فيه فهو يتضمن **الأوعية والقصيبات وألياف الخشب وبرنكيما الخشب** في نباتات مغطات البذور Angiosperms التي تشمل ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين ، بينما في عاريات البذور Gymnosperms والسرخسيات Pteridophytes تنعدم الاوعية وتمثل القصيبات عناصر النقل الوحيدة في الخشب .



1-الأوعية Vessels : هي تراكيب متعددة الخلايا بشكل أنبوب يتكون من سلسلة طويلة من الخلايا تتصل مع بعضها عند نهاياتها وتكون جدرانها النهائية End walls المستعرضة منحلة بصورة جزئية (مثقبة) أو كلية (عند نضج الوعاء) ، وقد يكون **التثقيب بسيطا** في الجدر المستعرضة الوحدات الوعاء عند وجود ثقب واحد او عديدة التثقيب عند وجود اكثر من ثقب. والجدارين في نهايتي الوعاء الكامل فتوجد بهما نقرPits بدل الثقوب اما جدران الوعاء الخارجية فتكون متثخنة بجدار ثانوي ملكنن اضافة الى السيليلوز ، وان مواد الجدار تضاف بصورة غير منتظمة مما يعطي تغلظا باشكال مختلفة منها التغلظ الحلقي Annular والحلزوني Spiral والسلمي Scalariform والشبكي Reticulate والمنقر Pitted * ويختلف طول الوعاء الخشبي وقطره ونوع التغلظ في جدرانه منظر سطحي يظهر انواع التغلظ في جدران اوعية الخشب باختلاف النباتات و عمرها فقد يكون الوعاء بطول بضع سنتيمترات او يصل إلى عدة أمتار كما في بعض أشجار الكروم Vines .

* تنشا أوعية الخشب في أول عمر النبات (وتسمى خشب ابتدائي Primary xylem) من الكامبيوم الأول Procambium الذي تنقسم خلاياه المرستيمية طوليا ثم تفقد احد الخليتين الناتجتين القدرة على الانقسام وتمتد مع الخلايا المجارة لها ويزداد طولها مع احتفاظ جدارها الابتدائي بسمكة مكونة **أوعية خشب أول Protoxylem** الذي يمتاز بقلة قطر أوعيته ، ثم يستمر تكون أوعية خشب جديدة بتقدم عمر النبات وتسمى **أوعية الخشب التالي Metaxylem** والتي يكون التغلظ في جدانها الخارجية من النوع السلمي Scalariform أو الشبكي Reticulate . او منقرا Pitted وفيه التغلظ يشمل جميع الجدار عدا مواضع النقر. وعادة تكون جداران الأوعية البالغة سميكة مكونة من السيليلوز واللكنين .

* وتزداد كفائة الوعاء الخشبي بتقدم عمر الوعاء بسبب موت البروتوبلازم نهائيا وذوبان الجدار الابتدائي والصفائح الوسطى في أماكن الثقوب للصفيحة المثقبة الموجودة بين وحدات أو خلايا الوعاء الواحد بواسطة الأنزيمات والفجوات العصارية الملتقمة والأجسام الكروية مما يجعل حركة الماء والأملاح أكثر سهولة سواء بين وحدات الوعاء نفسه أو بين الأوعية الخشبية المختلفة على طول النبات .

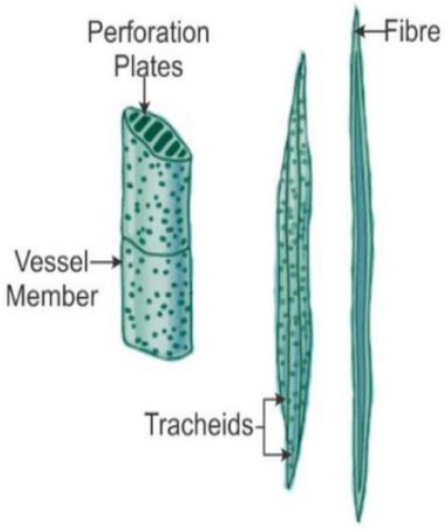


2- القصيبات Tracheids: هي تراكيب وحيدة الخلية ، وكل قصيبه عبارة عن خلية واحدة مستقلة مستطيلة مدببة النهايتين قليلا ، تنعدم في جدرانها النهائية الهقوب بينما تتواجد النقر في سائر الجدران خاصة النهائية والقطرية التي تفصل بين القصيبات المتجاورة ، حيث تنزلق النهايات المائلة على بعضها مكونة جدارا تكثر فيه النقر المضفوفة والتي يتم عن طريقها انتقال الماء والأملاح من قصيبة لأخرى ، ووجود النقر المضفوفة يميزها عن الألياف. تكون القصيبات مشابهة للاوعية من حيث وجود نفس التغلظات عليهما ومختلفة عن الأوعية في كونها أضيق من الأوعية في قطرها كما ان القصيبات تشبه الألياف في شكلها كخلية واحدة لكن القصيبات اقصر أوسع من الألياف في تجويفها الداخلي لان تغلظ الالياف يكون اكبر من القصيبات . والالياف اطول .

تتواجد القصيبات في جميع النباتات سواء مغطاة البذور أو عاريات البذور أو السرخسيات . **وتمثل القصيبات عناصر النقل الرئيسية الوحيدة في خشب عاريات البذور والسرخسيات كما أن لها وظيفة ميكانيكية ساندة عند النضج لان لها جدار ثانوي ملكنن و تكون خلاياها ميتة عند النضج .**

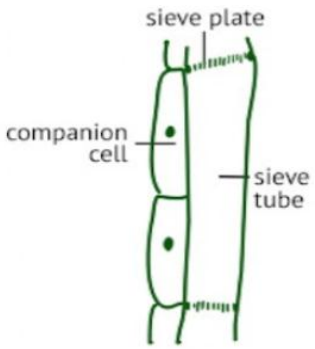
3- الياف الخشب Xylem fibers

خلايا مستطيلة مدببة الأطراف تموت عند النضج بسبب فقدها للنواة والسايتوبلازم لكي تودي وظيفة الإسناد والتدعيم لنسيج الخشب ، وهي تشبه الألياف الاعتيادية ، جدارها سميك سيليلوزي ملكنن ، تكثر الالياف في نسيج الخشب كلما زاد وجود الأوعية فيه وتقل كلما ازداد وجود القصيبات لذلك يقل عددها وقد ينعدم وجودها في عاريات البذور لكثرة وجود القصيبات .



4- برنكيما الخشب Xylem parenchyma خلايا حية تشبه الخلايا البرنكيمية العادية عدا انها مستطيلة الشكل . الهانواة واضحة وسايتوبلازم. وكثيرا ما تتكون لها جدران ثانوية ملكننة ويوجد عليها نقر بسيطة أو مصفوفة. توجد برنكيما الخشب متناثرة بين عناصر الخشب الاخرى او حول الأوعية او توجد بشكل صفوف قطرية في الخشب الثانوي لتكون مايعرف باشعة الخشب Xylem rays. **الوظيفة الرئيسية لها هي خزن الماء والمواد الأخرى مثل النشا والزيوت والبلورات والمواد الدباغية وغيرها في النباتات المعمرة في غرف ليستهلك في فصل النمو التالي.**

نسيج اللحاء Phloem Tissue : نسيج دائمي معقد التركيب يشمل كل من الانابيب المنخلية والخلايا المرافقة والياف اللحاء وبرنكيما اللحاء في مغطات البذور . بينما يتكون في عاريات البذور من خلايا منخلية مع الياف لحاء وبرنكيما الحاء الوظيفة الريئسية لنسيج اللحاء هي نقل الغذاء العضوي المصنع في الأوراق إلى أجزاء النبات المختلفة كما تقوم أليافه بالتدعيم وخلاياه البرنكيمية بالتخزين .



1- الانابيب المنخلية Sieve tubes : هي تراكيب انبوبية متعددة الخلايا، كل انبوب منخلي يتكون من سلسلة خلايا طويلة تتصل مع بعضها عند نهايتها (يسمى كل منها بوحدة الأنبوب المنخليSieve-tube element) ، والجدران المستعرضة لهذه الوحدات او الخلايا تشكل حواجز تعرف بالصفائح المنخلية Sieve plate تتميز بوجود ثقوب Pores فيها تمر منها خيوط بروتوبلازمية سميكة تشبه البلازموديزمات لكنها غير غشائية وتختلف عنها بسمك قطرها واحاطتها بمادة الكالوس Calloose وهي مادة كاربوهيدراتية تعطي الكلوكوز عند تحللها ، وهذه الخيوط تربط سايتوبلازم الوحدات المنخلية مع بعضها وكذلك

توصلها بالخلايا المجاورة وبتقدم العمر تقل كفاءة الانبوب المنخلي بسبب زيادة تكون الكالوس حول الخيوط البروتوبلازمية ويزداد سمكه على حساب سمكها الذي يقل مع انتشار الكالوس حول الصفيحة المنخلية مسببا سد الثقوب فيها وموت او اختفاء الخيوط البروتوبلازم ية وعندها يفقد الأنبوب المنخلي وظيفته الناقلة . لان هذه الخيوط تشترك بوظيفة النقل اللحائي الفعال للسكريات .

تمتاز وحدات الأنبوب المنخلي بكونها خلايا حية ذات جدر ابتدائية رقيقة سليلوزية ، تحتوي على سايتوبلازم ونواة ومحتويات أخرى منها أجسام بروتينية لزجة سميت حديثا با

P-protein bodies وكانت تعرف بالأجسام الهلامية Slime bodies التي تشترك في سد الصفائح المنخلية وذلك عند موت وحدات الأنبوب المنخلي نتيجة لفقد السايتوبلازم بعد اختفاء النواة حيث يتحلل الكالوس وتبقى ثقوب الصفيحة المنخلية مكشوفة فتتجلى أهمية الأجسام البروتينية في سد هذه الثقوب خاصة في الشتاء .

2- الخلايا المرافقة Companion Cells

هي خلايا بارنكيمية حية لها نواة وسايتوبلازم فعال وهي متخصصة توجد مقترنة مع كل وحدة أنبوب منخلي تمتد وترتبط معه ارتباطا وثيقا في الموقع والمنشأ. ووظيفة الخلايا المرافقة هي مساعدة الأنبوب المنخلي في أداء وظائفه الحيوية ويموت الانبوب المنخلي عند موت الخلية المرافقة. تنشا الخلايا المرافقة من نفس الخلايا المرستيمية المكونة للانبوب المنخلي .

3- ألياف اللحاء Phloem Fibers

هي خلايا مستطيلة جدا ، مدببة الأطراف، ميتة عند النضج تشبه الياف الخشب وظيفتها ميكانيكية داعمة النسيج اللحاء تعتبر ألياف اللحاء في ذوات الفلقتين المصدر الرئيسي للألياف التجارية وبخاصة تلك المستخرجة من السيقان .

4- برنكيما اللحاء phloem parenchyma : هي خلايا حية لها نواة وسايتوبلازم تشبه الخلايا البارنكيمية الاعتيادية عدا أنها أكثر استطالة منها، جدرانها ابتدائية سليلوزية رقيقة . تتغلظ الجداران وتتصلب أحيانا متحولة إلى خلايا سكلرنكيمية ملكننة بسبب إضافة الجدران الثانوية عليها . * تؤدي برنكيما اللحاء وظيفة الخزن كخزن الماء والمواد الغذائية كالنشا والدهون والمواد الدباغية والراتنجية واحيانا البلورات ، وقد تكون مقسمة بحدر مستعرضة لخزن هذه المواد .

الأنسجة الناقلة Conducting tissues

الحزم الوعائية Vascular Bundles

الحزمة الوعائية تتضمن كل من نسيج الخشب واللحاء وغالبا ما تحتوي على طبقة واحدة او اكثر من الخلايا المرستيمية تفصل بين الخشب واللحاء تعرف عادة بالكامبيوم الوعائي الحزمي. يختلف موقع وترتيب الخشب واللحاء في الحزم الوعائية باختلاف النباتات - لذلك يوجد ثلاثة أنواع من الحزم الوعائية :

1- الحزم الوعائية المركزية concentric Vascular Bundles

وفيها يقع الخشب او اللحاء بالمركز ويحيط به النسيج الأخر .تكثر في النباتات الواطئة كالسرخسيات وبعض ذوات الفلقة الواحدة تكون على نوعين : إما **مركزية الخشب** كما في محور ورقة الفجير . او **مركزية اللحاء** كما في ساق نبات الدراسينا .

2- الحزم الوعائية الجانبية Collateral Vascular Bundles

توجد في السيقان ، وفيها يقع الخشب واللحاء على نصف قطر دائرة واحدة أي في جانب واحد وهي نوعين :

أ- حزم وعائية جانبية مفتوحة : وتكون بنوعين :

- **مفتوحة الجانب** وفيها يوجد كامبيوم وعائي يفصل بين الخشب واللحاء كما في سيقان ذوات الفلقتين **.**

- **مفتوحة الجانبين** وفيها يوجد كامبيوم وعائي مع لحائين خارجي وداخلي ويفصل الكامبيوم بين اللحاء الخارجي والخشب فقط كما في سيقان ذوات الفلقتين خاصة العائلة القرعية والباذنجانية .

ب- حزم وعائية جانبية مغلقة: وفيها لايوجد كامبيوم وعائي يفصل بين الخشب واللحاء كما في سيقان ذوات الفلقة الواحدة مثل ساق الذرة .

3- الحزم الوعائية القطرية .Radial Vas.Ban

توجد في الجذور عادة ، وفيها يقع الخشب واللحاء على أنصاف أقطار متبادلة (مختلفة) كما في جنور ذوات الفلقة الواحدة مثل الذرة وجذور ذوات الفلقتين مثل جذور نبات الشقائق . ويكون الاختلاف في جذور ذوات الفلقة الواحدة و ذوات الفلقتين في عدد الحزم الوعائية (عدد اذرع الخشب) حيث يكون:

في **ذوات الفلقة الواحدة** = عدد الحزم 8 حزم فأكثر مع وجود اللب في المركز.

وفي **ذوات الفلقتين** = عدد الحزم اقل من 8 حزم (4- 5 غالبا) مع عدم وجود اللب في المركز أي الجذر اصم .

الأنسجة الإفرازية Secretory tissues

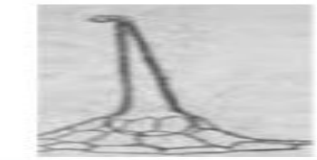
هي تراكيب من خلايا منفردة أو مجتمعة متخصصة لوظيفة الإفراز مثل إفراز الصمغ Gum والراتنج Resin والمواد الدباغية Tannin والرحيق Nectar والزيوت الطيارة Volatile oils والحليب النباتي latex والمطاط ... والإفراز هو مجموع المركبات التي ينتجها السايتوبلازم اثناء عمليات التحول الغذائي لتشترك في التفاعلات المختلفة للخلية كإنتاج الأنزيمات والهورمونات التي تؤثر في النمو . وكثير من الافرازات لم تعرف أهميتها للنبات بدقة مثل الحليب النباتي .. واحيانا ينتجها النبات في ظروف خاصة لاستخدامها استخداما خاصا وباوقات معينة . البعض يفسر الإفراز بأنه إنتاج مركبات مفيدة للنبات وهي ما يطلق عليها بنواتج الايض الثانوي Secondary Products او النواتج الطبيعية المواد المفرزة قد تبقى في الخلايا المكونة لها أو تصب في قنوات Canals او تجاويف غدية متخصصة Cavities . وعموما تقسم الأنسجة الإفرازية إلى تراكيب إفرازية خارجية وأخرى داخلية ، اعتمادا على اماكن تواجدها :

* **التراكيب الإفرازية الخارجية External Secretory Structures** تنشا من خلايا البشرة او زوائد البشرة و احيانا تضم معها بعض الطبقات اسفل البشرة . اغلب هذه التراكيب هي غدية لها القدرة على إفراز نواتجها الى سطح النبات مثل إفراز الرحيق، والمواد الملحية والمواد اللزجة التي تفرزها النباتات آكلة الحشرات وغيرها . ومن أهم أنواع التراكيب الإفرازية الخارجية :

1- الشعيرات الغدية glandular hairs وهي نوعين :

أ- **شعيرات غدية وحيدة الخلية** كما في نبات الحريق ، وتكون الشعيرة قارورية الشكل ذات قاعدة منتفخة ومسحوبة إلى الأعلى بشكل أنبوبة تستدق في طرفها الخارجي الذي يحمل انتفاخ كروي ، وعند لمس الشعيرة تنكسر القمة الكروية تاركة النهاية المدببة للشعيرة بارزة لتسبب جرح في جلد الإنسان والحيوان الملامس لها حيث ينساب الإفراز السام من مركب الهستامين لهذه الشعيرة إلى مكان الجرح تحت تأثير الضغط المسلط على القاعدة

ب- **شعيرات غدية متعددة الخلايا** كما في نبات اللافندر ، وفيها يتجمع الإفراز في التركيب الغدي متعدد الخلايا تحت طبقة الكيوتكل وعند زيادة تجمعه يتمدد الكيوتكل ويتمزق فيتحرر



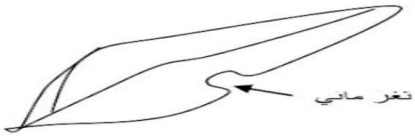
الإفراز للخارج ، كما هو الحال في شعيرات نبات اللافندر وفي النباتات اكلة الحشرات التي تفرز مواد لزجة وأنزيمات هاضمة.

2- الغدد الرحيقية Nectary glands هي خلايا متحورة تشتق من البشرة وقد تشمل عدة طبقاة اسفل البشرة . وتسمى **غدد رحيقية زهرية** - عندما توجد في أجزاء الزهرة (التخت او البتلات او السبلات) وتسمى **غدد رحيقية غير زهرية** - عندما تتواجد في الأجزاء الخضراء (مثل الساق و الأوراق والاذينات).

وظيفة الغدد الرحيقية هي افراز الرحيق nectar وهو محلول سكري مكون من السكروز والكلوكوز والفركتوز . وهنالك علاقة بين كمية اللحاء وكمية السكر بالرحيق فكلما كان نسيج اللحاء هو السائد فان الرحيق يحتوي معدلات عالية من السكر تصل الى 50 % واذا كان الخشب هو السائد قلت نسبة السكر كثيرا في الرحيق . طريقة إفراز الرحيق في الغالب تتم بطريقة تكوين الحبيبات الانفصالية granulo Crine

3) الثغور المائية Hydathodes هي نوع خاص من الانسجة الافرازية المختصة بالاجماع guttation ، توجد الثغور المائية عادة في حواف الأوراق وهي مفتوحة دائما . يحدث الادماع عند وجود رطوبة جوية عالية مع امتصاص سريع للماء من قبل النبات .

ويجب التمييز بين الثغور المائية والجهاز الثغري لان الأول مختص بطرح الماء والأملاح بعملية الادماع وليس له خلايا حارسة أو بلاستيدات خضراء ومفتوح ثغوره دائما، عكس الجهاز الثغري الذي يكون مختصا في التحكم بالتبادل الغازي(CO_2 وبخار الماء) ، وله خلايا حارسة وبلاستيدات خضراء وفيه الية محكمة لفتح وغلق الثغور. *



التراكيب الافرازية الداخلية Internal Secration Structures هي **خلايا إفرازية غير غدية** متخصصة لإفراز مواد معينة ومنها ما يحفظ الافراز داخله كما في القنوات اللبنية، ومنها ما ينقل او يحفظ إفرازه في تجاويف او فجوات إفرازية كما هو الحال في الفجوات الإفرازية للصنوبر والحمضيات . وتشمل كل من :

1- القنوات اللبنية Laticiforous ducts عبارة عن خلايا حية اسطوانية متخصصة لإفراز اللبن النباتي والذي يتجمع داخل الفجوة العصارية وفي حوافي غشائها. واللبن النباتي Latex هو

مادة سائلة لزجة ذات لون ابيض او اصفر مكون من مواد مختلفة منها سكريات او املاح وحوامض واحماض عضوية و تانينات ذائبة وبروتينات ودهون وقد يحتوي على المطاط بنسبة عالية تصل الى 30 % في نبات المطاط ، و الصمغ الذي يستخدم في صناعة الكابلات لعدم توصيله للتيار الكهربائي . ويمثل اللبن النباتي ناتج ثانوي لعمليات التحول الغذائي .

** يوجد نوعان من القنوات اللبنية .

أ- **قنوات لبنية وحيدة الخلية** : تنشا من خلية واحدة غير متفرعة لها أصل في الجنين، تستطيل بشدة وتنمو بين خلايا النبات وتحتوي عدة انويه في سايتوبلازمها، وتمتاز بوجود فجوة عصارية كبيرة بسبب تجمع اللبن النباتي فيها كما في نبات التين البحري (الفيكس) ..... وقد تتفرع القناة اللبنية كمافي نبات أم اللبن Euphorbia .

ت- **قنوات لبنية متعددة الخلايا :** تنشا كل قناة من عدة خلايا ملتصقة مع بعضها ثم تنحل او تتثقب الجدران بينها وقد تتفرع ايضا كما في نبات الشيكوريا او المطاط او تكون غير متفرعة كما في نبات الموز...

2- الفجوات الإفرازية Secretory Cavities : تنشا كفجوات بين الخلايا ، كروية او مستطيلة ، تمتد بشكل قنوات ويتجمع فيها الافراز من خلايا غدية مجاورة محيطة بها. وتتكون الفجوات الإفرازية بطريقتين هما :

أ- الطريقة الانفصالية Schizogenous (فجوات انفصالية) وفيها يتم انفصال بعض الخلايا مبتعدة عن بعضها نتيجة ذوبان الصفائح الوسطى الفاصلة بينها ثم اتساع المسافات البينية بين الخلايا المنفصلة ثم تنقسم الخلايا المحيطة بالمسافات البينية الناتجة مكونة خلايا افرازية رقيقة الجدران ذات سايتوبلازم كثيف تبطن التجويف وتعرف بالخلايا الطلائية كما في الفجوات الافرازية الانفصالية لاوراق الصنوبر ، حيث تتكون فجوات تحتوي على زيت التربنتين .

ب- الطريقة الانقراضية (فجوات تحلية) Lysigenous وفيها يتم تحلل بعض الخلايا فيتكون تجويف تتجمع فيه المواد المفرزة الناتجة من نفس الخلايا المتحللة. وتبطن الفجوات عادة ببقايا الخلايا المتحللة كما هو الحال في الفجوات الانقراضية الأوراق وقشرة ثمار الحمضيات، واحيانا تتكون الفجوة بالطريقتين الانفصالية والتحالية .