المقدمة

يدعى علم النبات باللغة اللاتينية Botanica وهو الدراسة العلمية للحياة النباتية، ويعتبر علم النبات أحد فروع علم الأحياءويشار له أحيانًا باسم البيولوجيا النباتية، يغطي علم النبات مجالاً واسعاً من التوجهات العلمية التي تدرس نمو، وتكاثر، وتطور شكل النبات، بالإضافة إلى علم أمراض النبات، وعلم البيئة، وعلم نشوء النبات.ظهرت الكتابات الأولى عن النباتات في كتابات تلميذ أرسطو" ثيوفراستوس" في ليسيوم في أثينا القديمة حوالي 350 قبل الميلاد، وتعتبر هذه نقطة انطلاق لعلم النبات الحديث.

ومن أهم العلماء الذين كان لهم الفضل في تطور علم النبات:

1- ليفنهوك Leeuwenhoek(1632 – 1732) م والذي قام بصنع العدسات المركبة واكتشف البكتيريا ورسمها وتعرف على تكاثرها.
2- وروبرت هوكRobert Hooke (1632 – 1703) موالذي عرف الخلية ووصفها بانها وحده التركيب في النبات.
3- مالبيجي Malpighi(1628 - 1694) م والذي اكتشف الثغور في الأوراق وعرف فائدتها كما اكتشف ان النباتات تتنفس وأكدأهمية الأوراق في صنع الغذاء ونشر مؤلفا في تشريح النبات سنه 1675 م.
4- كوماريوسCama Marius(1665 – 1721) والذي حدد أعضاء الجنس في النبات فتعرف على ان الاسدية هي الأعضاءالذكرية وان المبيض والقلم يمثلان الأعضاء الانثويه وان البذور لا تتكون الا بإخصاب البويضات بحبوب اللقاح التي تحمل على الاسدية.
5- لينيوسLinnaeus وهو العالم السويدي الذي قسم النباتات على أساس أعضائها الجنسية وابتدع نظام التسمية الثنائية حيث سمى كل نبات باسمين يدل أولهما على اسم الجنس Genusفي حين يدل الثاني على اسم النوعSpecies.

أهمية النباتات للإنسان

ترجع الأهمية الكبرى للنباتات الى كونها المصدر الرئيسي لتجهيز جميع الكائنات الحية بالغذاء والأكسجين فاذا ما أردنا ألمحافظه على هذا النظام الحيوي علينا أن ندرس النباتات لنتجنب الإضرار بهذا النظام فبالاضافه إلى استعمال النباتات للغذاء فقد استغل ككساء ومأوى، كما استخدمت النباتات في العلاج، فمثلا Quinine(الذي يعالج ويمنع داء الملاريا) والذي يوجد في قلف شجره نبات السنكونا Cinchona وهي عبارة عن شجره صغيره توجد طبيعيا في الجبال المرتفعه لامريكا الجنوبية وتنمو حاليا بكثرة في الهند، ومادة المورفين وهي المادة المسكنة للآلام والتي تستخرج من ثمار نبات الخشخاشPapaver الذي ينمو بكثره في الصين والهند، والمضادات الحيوية التي امكن استخراجها حديثا من الفطريات مثل البنسلين Penicillin الذي اكتشفه العالم الانجليزي فلمنج Fleming سنه 1929 واستخرجه من الفطر ويستعمل حاليا هذا الفطر على نطاق واسع في مجال الادوية،فبالاضافهإلى فطريات اخرى من نوع أخر للجنسPenicillium.

وتستخدم أنواع اخرى من الكائنات الحية البسيطة لاستخراج الستربتومايسين Streptomycin ومنذ اكتشاف البنسلين بدأ البحث عن كائنات حيه أخرىأو فطريات اخرى تستعمل كمضادات حيوية وتكلل هذا البحث باكتشاف العديد من المركبات التي تستعمل كمضادات للإحياء كما ادى البحث عن النباتات التي تصلح لأغراض الانسان المختلفة الى اكتشاف أجزاء مختلفة من العالم ونذكر في هذا المجال اكتشاف أمريكا عندما كان كولومبوس يبحث عن الأرض التي تنبت التوابل.

ولا يقتصر اعتمادنا على النباتات في غذائنا وملبسنا ومسكننا واستخراج الادوية فقط بل يتعدد ليشمل جوانب أخرى كثيرة كصناعه المطاط والورق والمواد العطرية والإصباغ وكثيرا غيرها.

ان استعمال المواد النباتية قديم كقدم الإنسان وبفضل البحث تمكن الإنسانأن يستفيد من المواد النباتية في مختلف المجالات. ان الاستعمالات الجديدة للمواد النباتية والاستفادة منها قد احدث احدث التغيرات واسعة في الاقتصاد البشري والعلاقة النباتات بالزراعة لابد لنا من أن نبين إن تطور علم النبات قد اثر تأثيرا بالغا على فن ألزراعه في تربية النباتات والحيوانات حيث تمكن الإنسان أن يحصل على انواع جديدة تتميز بكثرة محصولها وزيادة مقاومتها للأمراض والظروف غير الملائمة، فالزراعة تعتبر الصناعة التي تجهزنا بالغذاء وكثير من المواد الخام كالألياف والخشب والفلين والمطاط والصمغ والراتنج والزيوت الاساسية وكثيرا من الزيوت النباتية والشمع والمنتوجات الحيوانية حيث تعتبر الصناعة الاساسية لجميع دول العالم فالعالم يحصل على مواده الضرورية من النباتات والحيوانات ومن الواضح ان في العالم اليوم مايقرب من 3635 مليون كائن بشري بحاجة الى غذاء فالكائنات البشرية هذه لا يمكنها ان تعتمد على جذور وبذور النباتات البرية وعلى الحيوانات التي تصطاد أو تعيش في الغابات بل عليها أن تزرع النباتات وتربي الحيوانات تحت ظروف مسيطر عليها حتى يمكنها الحصول على إنتاج عالي وتكاثر سريع وترجع أهمية النباتات كمصدر للغذاء لاحتوائها على المادة الخضراء الكلوروفيل التي تمكنها من صنع مواد غذائية معقده من مواد اولية بسيطة،والأغذية بصوره رئيسيه تشمل الكربوهيدرات (السكر والنشا) والزيوت والبروتينات في الإنسان والحيوانات، وجميع الحيوانات تعتمد في غذائها على النباتات وبجانب المواد الغذائية يعتمد الانسان على النباتات باعتبارها المصدر الرئيسي للفيتامينات.

مجالات علم النبات Fields of Botany

1- علم الشكل الظاهريPlant Morphology: وهو العلم الذي يبحث في الشكل الظاهري للنباتات في مختلف مراحل نموها وعلاقة اجزائها ببعضها.
2- علم تشريح النباتPlant Anatomy: ويبحث في التركيب الداخلي للنبات.
3- علم الخلية Cytology: يبحث في تركيب الخلايا وأنواعها وانقساماتها.
4- علم تقسيم النباتPlant Taxonomy: وهو العلم الذي يبحث في تشخيص وتسمية النباتات وتصنيفها الى مجاميع تبين علاقتها مع بعضها.
5- علم وظائف اعضاء النباتPlant Physiology: ويبحث في نشاط ووظائف الأعضاء والعمليات الحيوية المختلفة التي تقوم بها.
6- علم البيئة النباتية Plant Ecology: يبحث في العلاقة المتبادلة بين النبات والمحيط الذي يعيش فيه.
7- علم النباتات المتحجرة Plant Pathology:يهتم بالنباتات المتحجرة أو التي كانت نامية في العصور الجيولوجية المختلفة.
8- علم أمراض النباتPlant Pathology: يشمل الأمراض النباتية من حيث مسبباتها ودورات حياتها ومقاومتها.
9- علم وراثة النباتPlant Genetic: يبحث عن كيفية انتقال الصفات في الأجيال المتعاقبة والتغيرات التي تحدث عليها في النباتات والأسس التي يتضمنها ذلك.
10- علم الفطرياتMycology: يهتم بدراسة الفطريات المختلفة من حيث المظهر الخارجي لها وتركيبها وتصنيفها وتكاثرها وأهميتها الاقتصادية والطبية.
11- علم الطحالبPhycology: يبحث في الطحالب المختلفة من ناحية مظهرها الخارجي وتصنيفها وتكاثرها ودوره حياتها واهميتها الاقتصادية.

12- علم البكتيرياBacteriology: ويتضمن دراسة وتركيب الأنواع المختلفة للبكتيريا وأشكالها وطرق تكاثرها وفعالياتها وأهميتها.

النباتات كائنات حية

الكائنات الحية هي الكائنات التي لها القدرة على النمو والتكاثر ويتناولها بالبحث والدراسه علم الحياة Biology وتتميز الكائنات الحية الى نباتات ويختص بدراستها علم النبات وحيوانات ويختص بدراستها علم الحيوانZoology، وأهم الفروقات بين النباتات والحيوانات هي:

1- يتكون الجدار الخلوي في معظم النباتات من ماده كربوهيدراتية معقده هي السيليلوز بينما تخلو الخلية الحيوانية من هذه المادة.
2- تتميز معظم النباتات باللون الأخضر وذلك لوجود ماده الكلوروفيل في أوراقها ومعظم أجزائها الهوائية اما الحيوانات فليس فيها كلوروفيل ولونها في الغالب غير اخضر وفي الحالات النادرة التي تتلون فيها باللون الأخضر فيرجع ذلك الى وجود صبغات غير صبغه الكلوروفيل.
3- تتمكن النباتات من صنع غذائها بنفسها وذلك من مواد كيميائيه بسيطة تاخذها من الهواء والتربة وبمساعدة ضوء الشمس والكلوروفيل وبعملية تعرف بعملية التركيب الضوئيPhotosynthesis، ومثل هذه النباتات يطلق عليها بالنباتات ذاتية التغذية Autotrophic plants بينما تعتمد الحيوانات على النباتات في تغذيتها وذلك اما مباشره مثل الحيوانات اكلة الحشائشHerbivorous animals او بطريقه غير مباشره مثل حيوانات اكلة اللحوم Carnivorous animals علما بانه توجد بعض النباتات لا تتمكن من صنع غذائها بنفسها مثل الفطريات ومعظم انواع البكتيريا نتيجه لفقدانها الكلوروفيل وبذلك فهي اما ان تعيش متطفله او بحاله رمية.
4- تمتاز الحيوانات بسرعة حركتها من مكان الى اخر نتيجة لوجود العضلات والأعصاب والهيكل العظمي في الحيوانات الراقية اما النباتات وحركتها فتكون محدوده اذا انها ترتبط بالتربة حيث يوجد الغذاء هذا مع ملاحظه ان بعض النباتات الواطئه تمتاز بسرعة حركتها.
5- النمو يكون مستمر في النباتات ويمكن وصفه بانه نمو مفتوح حيث يحصل هذا النمو عن الانقسامات المتتاليه لمجموعه من الخلايا الصغيره للنسيج المرستيمي الموجود في القمم الناميه لكل من الساق والجذر اما الحيوانات فانها تنمو نمو محدودا فعندما يصل الحيوان الى اقصى نمو له تتوازن النسبه بين الاجزاء الحيه وغير الحيه وعليه تستعمل الخلايا الحديثه في تعويض الخلايا التي تفقد اثناء الفعاليات الحيوية.

انواع النباتات

تختلف النباتات اختلافا واضحا في الحجم والشكل ودرجه التعقيد والسلوك في وظائف الأعضاء فمن حيث الحجم توجد نباتات غاية في الدقة مثل البكتيريا التي قد يصل حجم بعض افرادها نصف ميكرون طولا وخمس مايكرون عرضا المايكرون يساوي (1000/1) ملم بينما توجد بعض الحشائش البحرية يصل طولها الى مئات الاقدام وكذلك اشجار الخشب الاحمر بولاية كاليفورنيا بامريكا California red wood يصل ارتفاعها الى اكثر من 100 متر وقطرها عند القاعدة حوالي 12 متر بينما يصل وزنها الى حوالي 2100 طن. ومن البديهي ان النباتات المختلفة تتدرج في الحجم من البكتيريا الى مثل هذه الاشجار الضخمه كنباتات الحزازيات والسرخسيات والفطر الاعتيادي وشجر البلوط ونباتات الذرة الصفراء ومئات الالاف غيرها وتظم مجموعة النباتات البذرية اكبر الافراد النباتيه حجما الا ان هذا لا يمنع وجود افراد صغيره الحجم جدا تتبعها مثل نبات عدس الماء الذي لا يتعدى طوله جزء صغيرا من الأنج وبذلك لا يعتبر حجم النبات مقياسا للتطور.

تختلف النباتات من حيث الشكل أذ يبلغ ما نعرفه حتى الان حوالي 400,000 نوع من الانواع المعروفه ولكل نوع صفاته الخاصة وتركيبه الخاص علاوة على ما يضمه النوع الواحد من اصناف متعدده في اغلب الاحوال وتختلف الانواع اختلاف واضح من حيث النمو والتركيب والتكاثر الى غير ذلك مما يعطي لكل منها مميزات خاصة ففي بعض النباتات يسهل تمييز الجذور والسيقان والاوراق وفي اخرى توجد اوراق حرشفيه صغيره بينما لا توجد في غيرها، واحيانا يكون جسم النبات بسيطا لا يتميز الى مثل هذه الاعضاء.

اما من حيث الاختلاف في وظائف الاعضاء فبالنسبةللنباتات الصحراوية اغلبها تكون صغيره الحجم وتتحمل العطش والرياح الشديدة على عكس نباتات المناطق الحارة الرطبة التي تنمو بدرجه اكبر ولا تتحمل الجفاف كذلك يمكن لبعض النباتات ان تعيش على قمم الجبال حيث الحرارةالمنخفضة بينما يعيش البعض في مياه الينابيع الساخنة وتعيش بعض النباتات في ضوء الشمس والاخرى تحتاج الى الظل، كما ان البعض ينمو في تربه حامضية بينما يفضل البعض الاخر التربة القلوية.

ومن الاختلافات في وظائف الاعضاء الواضحة في النباتات ما يحدث في تحول نواتج التركيب الضوئي،فبعضها يحول المواد السكرية الى نشا يخزن في مناطق الخزن والبعض يحولها الى مواد دهنية، ويكون البعض أحماض عضويه مثل حامض الستريك والاوكساليك بينما يكون البعض الاخر كميات من الزيوت العطرية.

وتختلف النباتات من حيث طول مده الحياة ففي الوقت الذي تعيش فيه بعض افراد البكتيريا مده تتراوح بين 20 - 30 دقيقه تعمر بعض الاشجار الكبيرة الى اكثر من 3500 سنه وبصورة عامه فمعظم النباتات المزروعة قد تكون اشجاراTrees او شجيرات Shrubsاو اعشابHerbs ومنها ما هي حوليهAnnuals plants او ثنائيه الحول Biennials plants او معمره Perennials plantsوتختلف النباتات ايضا من حيث التكاثر والطبيعة المتغيرة لاجزائها التكاثرية، ان هذه الاختلافات التكاثرية مع الاختلافات في التركيب هي الادلة الرئيسية المستعملة من قبل علماء النبات لتقسيم النباتات الى مجاميعها المختلفه فقد قسم علماء النبات النباتات الى مجموعتين رئيسيتين هي الثالوسيات Thallophyta و الجنينياتEmbryphyta تشمل الثالوسيات النباتات البسيطة كالبكتيريا وبعض النباتات البحرية والفطريات والفطر الاعتيادي وكثيرا غيرها، اما الجنينيات فتشمل الحزازيات القائمة والمنبطحة واشجار الصنوبر وغيرها من اشجار معرات البذور والاف من انواع النباتات الزهرية ، ان افراد النباتات الجنينية تتكون من نبات صغير متكون من عدد من الخلايا يدعى الجنين الذي على الاقل ولفتره قصيرة يكون محاط بتركيب وقائي متكون من عدد كثير من الخلايا، اما الثالوسيات فلا يكون لها اجنه، ان كل من الثالوسيات والجنينيات تتكون من عدد من المجاميع الصغيرة او الاقسام.

القسم المتقدم من النباتات الراقية والمتطورة من الجنينيات هو قسم مغطاة البذور او النباتات المزهرةAnthophyta or Angiospermsوالتي يبلغ عددها 200,000 نوع. واقل تخصصا من مغطاة البذور هي معراة البذور او النباتات حاملة البذور غير المزهرة او الصنوبريات Coniferophyte التي تشمل الصنوبرPine والسرو cypressوغيرها، ولاهمية النباتات البذرية والتي هي اكثر النباتات انتشارا فوق مساحات كبيرة من الارض ولأهميتها للانسان سوف ندرسها بالتفصيل اكثر من غيرها من المجاميع النباتية.

علم الخلية النباتية

وهو احد فروع علوم الحياة يختص بدراسة الخلية من حيث تركيبها وطبيعة مكوناتها وطرق انقسامها والمحتويات المختلفة لها سواء كانت حية Protoplasmic او غير حية Non protoplasmic ويسمى هذا الفرع بعلم الخلية Cytology.

وفيما يلي شرح موجز لتركيب الخلية النباتية مع التأكيد على تركيب جدار الخليةبالنظر لما لهذا التركيب من اهمية خاصة بالنسبة لتشريح النبات.
وتعتبر الخلية هي الوحدة الحيوية العامة لجميع الكائنات الحية وان كانت هنالك حالات خاصة كما في بعض الطحالب لا يتركب جسم النبات من خلايا وانما يتكون من قنوات متصلة على شكل مدمج خلوي Coenocyte تنتشر الانوية داخله خلال السيتوبلازم دون وجود جدر او حواجز داخلية كما ان هنالك بعض النباتات الاولية التي يتركب فيها جسم النبات من خلية واحدة تقوم بجميع الوظائف الحيوية.
وتتركب الخلية النباتية باستثناء بعض الحالات القليلة كالامشاجGametesمن جدار يحيط بالبروتوبلازم يسمى بروتوبلاست Protoplastبحيث يمكن اعتبار الخلية مكونة من جزئين رئيسيين هما الجدار والبروتوبلاست.
ويعتبر وجود جدار صلب غير حي يحتوي على مادة السيليلوز عادة صفة مميزة للخلايا النباتية حيث ان الخلايا الحيوانية تفتقر لمثل هذا الجدار الحقيقي بل تكون محاطة بغلاف او غشاء بلازمي حي كما ينعدم الجدار في بعض الخلايا النباتية كخلايا السبورات المتحركةMotile sporesفي الطحالب والفطريات وخلايا الامشاجGametes في سائر النباتات وبالرغم من ان جسم النبات يبدو وكانه مكون من وحدات منفصلة عن بعضها هي الخلايا الا انه قد ثبت ان الخلايا الحية جميعها تكون متصلة فيما بينها بواسطة خيوط بروتو بلازمية دقيقة تمر خلال جدر الخلايا تسمى الروابط البروتوبلازميةPlasmodesmataويعتقد انه عن طريق هذه الروابط تعتبر المادة الحية في جسم النبات وكانها وحدة مستمرة ومتصلة. ويحتوي البروتوبلاست على مكونات حية ومكونات غير حية وتتركب المكونات الحية للخلية مما ياتي:

1- السيتوبلازمCytoplasm.
2- النواةNucleus.
3- البلاستيداتPlastids.
4- المايتوكوندريا Mitochondria.
5- الشبكة الاندوبلازميةEndoplasmic reticulum.
6- الرايبوسومات Ribosomes.
7- الديكتوسوماتDictyosomes (أجسام كولجي Golgi bodies).

وتضم المكونات غير الحية للخلية:

1- الجدار الخلويCell wall.
2- الفجوة العصاريةVacuole.
3- حبيبات النشاStarch grains.
4- الحبيبات البروتينية (الأليرونية) Aleurone grains.
5- قطرات الدهن Oil droplets.
6- البلوراتCrystals.

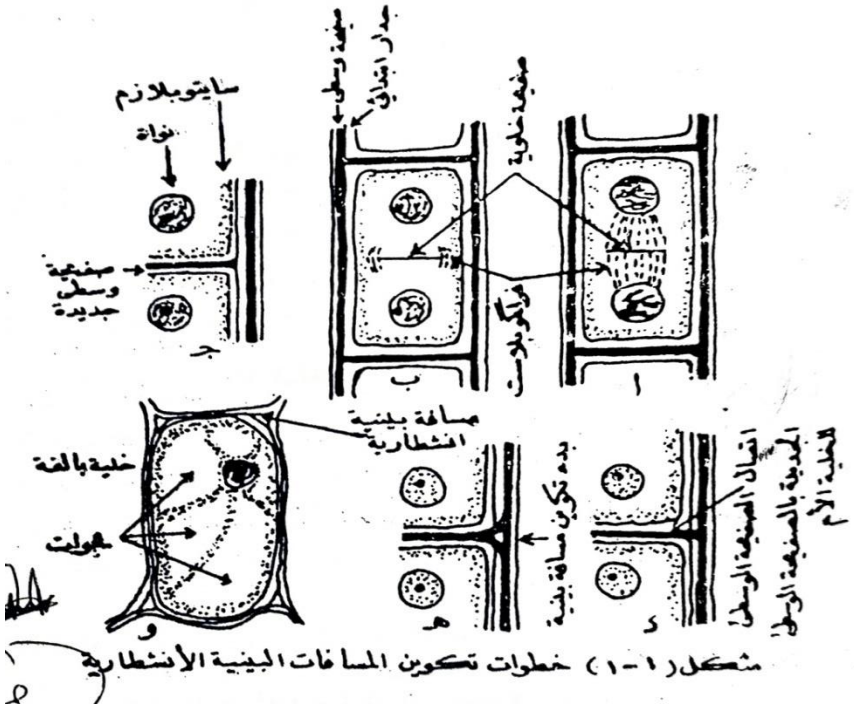
جدار الخلية The Cell Wall

يوصف الجدار في الخلية النباتية بكونه جدار حقيقي ميت يتميز بوجود مادة السيليلوز التي تخلو منها الخلايا غير النباتية ويتكون جدار الخلية نتيجة لنشاط بروتوبلاست الخلية ولكنه من اجزائها الميتة فهو

طبقة غير حية تحيط بالخلية، اما تمدد الجدار وأتساعه اثناء نمو الخلية فلا يعتبر بأي حال من الاحوال دليل على حيويته فهو في هذه المرحلة من عمر الخلية يكون رقيقا وقابلا للتمدد ولذلك فهو يتسع نتيجة لأزدياد حجم ونمو بروتوبلاست الخلية ويكون الجدار عند بدء تكوينه رقيقا للغاية ولكن تحدث له بعد ذلك عدة تغييرات سواء في السمك او في تركيبه الكيميائي.

ويظهر الجدار الخلوي مباشرة بعد الانقسام بشكل منطقة داكنة تتكون عند خط استواء المغزل Equatorويطلق عليها اسم فراكموبلاستPhragmo plast وخلال الفراكموبلاست يظهر الجدار بشكل صفيحة رقيقة تسمى الصفيحة الخلويةCell plate تكون في البداية في وضع مركزي ثم تمتد تدريجيا نحو الخارج Centrifugalالى ان تصل الى جدار الخلية الام وتسمى حينئذ بالصفيحة الوسطىMiddle lamella.

تتكون الصفيحة الوسطى اساسا من بكتات الكالسيوم والمغنيسيوم ويقوم بعد ذلك البروتوبلاست بترسيب غشائين رقيقين على جهتي الصفيحة الوسطى يكونان ما يسمى بالجدار الابتدائي Primary cell wallوعندما تصل الخلية الى كامل نضجها قد يندمج الجدار الابتدائي بالصفيحة الوسطى فيطلق عليه عندئذ اسم الصفيحة الوسطى المركبةCompound middle lamella.



شكل (١-١) خطوات تكوين المسافات البينية الأنشطارية

وللتميز بين الصفيحة الوسطى المتكونة اصلا والمتميزة عن الجدار الابتدائي وتلك التي اندمجت مع الجدار الابتدائي فقد استعمل لفظ الصفيحة الوسطى البسيطة Simple middle lamella للاولى والصفيحة الوسطى المركبةCompound middle lamella للثانية وتكون الصفيحة الوسطى المركبة في هذه الحالة ثلاثية الطبقةlayered -3 وفي حالات كثيرة يحدث تغلظ اخر يضيف الى الجدار وذلك بعد وصول الخلية الى كامل نضجها.

هذا التغلظ يكون جدار اخر فوق الجدار الابتدائي يعرف بالجدار الثانوي Secondary cell wall الذي يتكون في بعض الخلايا النباتية وقد يبدو الجدار الثانوي متميزا بسهولة عن الجدار الابتدائي او عن الصفيحة الوسطى المركبة الا انه في بعض الحالات يندمج الجدار الثانوي ولا يمكن تميزه وعندئذ يمكن ان يطلق اسم الصفيحة الوسطى المركبة على الجدارين معا وتصبح الصفيحة الوسطى المركبة في هذه الحالة خماسية الطبقة5-layered.

طبقات الجدارWall layers

يتميز جدار الخلية النباتية في كثير من الاحيان الى طبقات يختلف بعضها عن البعض في كثير من الوجوه بما في ذلك التركيب الكيماوي وكذلك نسبة الماء وبعض الصفات الفيزيائية كتأثير الضوء المستقطب وعلى هذا الاساس يمكن تمييز الطبقات التالية في الجدار الخلوي:

1- الصفيحة الوسطىMiddle lamella.

ويطلق عليها ايضا المادة البينية Intercellular substanceالتي تقوم بربط الجدارين الابتدائيين المتصلين بها. وتتركب الصفيحة الوسطى بشكل اساس من بكتات الكالسيوم والمغنيسيوم الا انها قد تحتوي على مواد اخرى مثل اللكنين كما في العناصر الناقلة في الخشب وتبعا لتأثيرها على الضوء المستقطبPolarized light توصف الصفيحة الوسطى بكونها غير فعالة ضوئيا Optically inactiveاو متجانسةIsotropic..

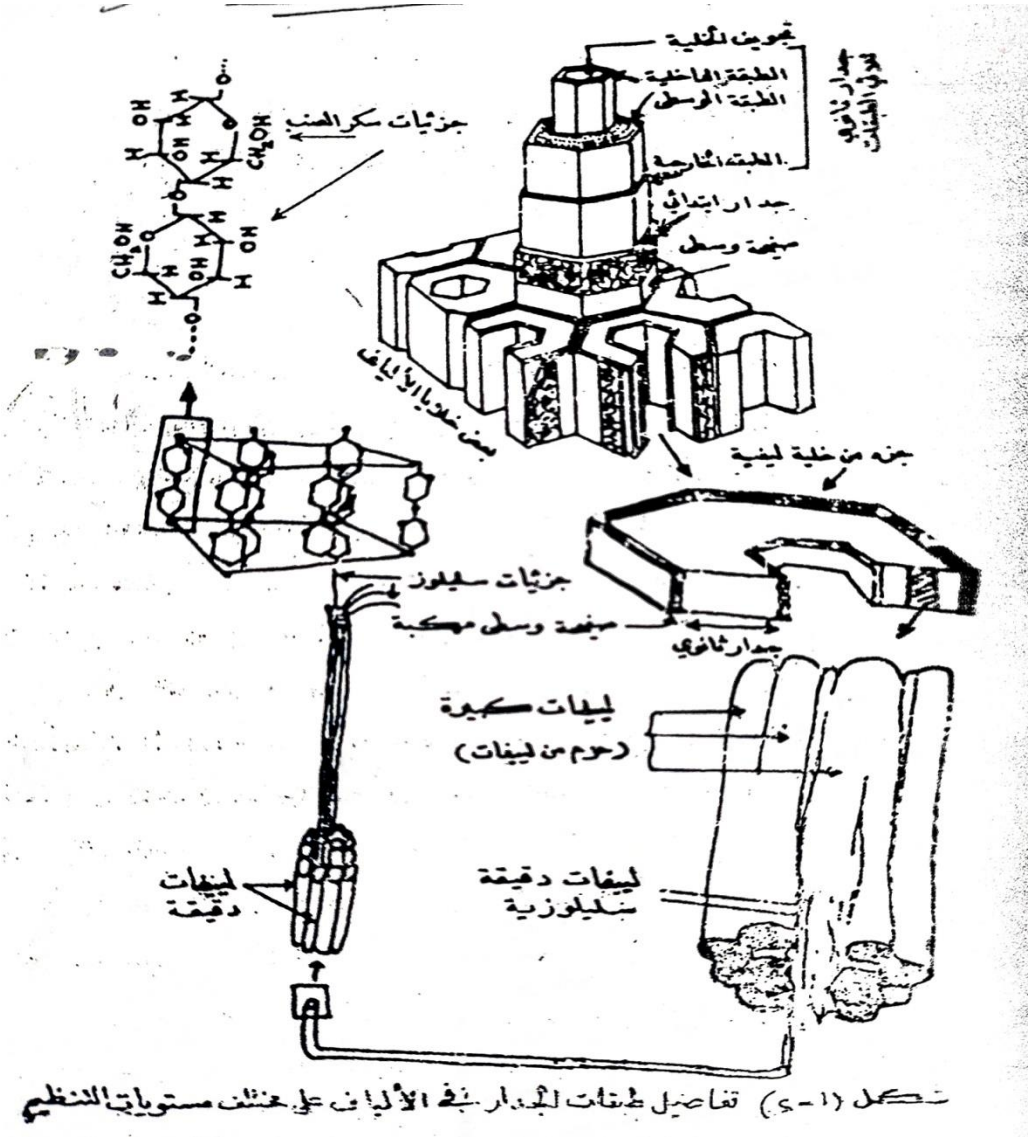
2- الجدار الابتدائيPrimary cell wall

يمثل الجدار الابتدائي اول جزء من الجدار يضاف من قبل البروتوبلاست وتحصل اضافته في المراحل التي تكون فيها الخلايا لا زالت في حالة نمو في السطح وفي الحجم. ويتكون الجدار الابتدائي من مواد بكتيةPectic substances وسليلوز ومواد غير سيليوزية متعددة السكريات Non-cellulosic polysaccharides ومواد اخرى.

وبالنظر لوجود مادة السليلو. في الجدار الابتدائي فانه يوصف بكونه فعال ضوئيا Optically activeاو غير متجانس Anisotropic وذلك بسبب وجود الياف السيليلوز مرتبة بشكل منسق مما يؤدي الى انحراف الضوء المستقطب عند مروره خلالها.

.
لقد اظهرت الدراسات بالمجهر الالكتروني ان السليلوز في الجدار يكون على هيئة حزم من لييفات يطلق عليها الليفات الكبيرةMacro fibers وتتكون الاخيرة بدورها من مجموعة من وحدات اصغر يطلق على كل منها بالليفات الدقيقة Micro fibers ، وفيالسليلوز المتبلور تكون اللييفات الدقيقة متوازية مع بعضها غير انها لا تكون كذلك في السليلوز غير المتبلور.
وفي الجدار الابتدائي للخلايا التي تميل للاستطالة يكون اتجاه اللييفات الدقيقة بصورة مستعرضة في الخلايا التي تميل الى الشكل الكروي فتكون اللييفات على هيئة شبكة متداخلة مما يقلل من فاعليتها لانحراف الضوء المستقطب. اما في الجدران الثانوية فتكون اللييفات الدقيقة متوازية ومائلةعلى اتجاه المحور الطولي كما انها تختلف عادة على الطبقة المختلفة للجدار الثانوي.
وتتالف كل لييفة في دقيقة من حزمة من الوحدات تمثل كل وحدة سلسلة من جزيئات السليلوز.

ان نسبة السيليلوز المتبلورCrystalline cellulose في الجدار الابتدائي تكون قليلة مقارنة مع السليلوز غير المتبلورAmorphous cellulose لذا تكون طبيعته مرنة ، بينما تزداد نسبة السليلوز المتبلور في الجدار الثانوي حتى قد تصل الى 90% من مجموع السليلوز.



شكل (١-٤) تفاصيل طبقات الجدار في الألياف على مختلف مستويات التنظيم

وعلى نفس الاساس تعتبر الصفيحة الوسطى متجانسة ضوئيا Isotropicأو غير فعالة ضوئياOptically inactiveوذلك لكونها مكونة من مادة البكتات التي ليس لها صفات بلورية كما هو الحال في تناسق جزيئات الكلوكوز في مادة السليلوز لذا فلا يحصل انحراف للضوء المستقطب عند مروره خلالها.

ويوجد الجدار الابتدائي في سائر الخلايا النباتية وقد يبقى هو الجدار الوحيد في الخلية كما في حالة الخلايا المرستيميةMeristematic cells ومعظم الخلايا البرنكيميةParenchyma والخلايا الكولنكيمية Collenchyma ومعظم خلايا البشرة Epidermis .

ويتميز الجدار الابتدائي بكونه يحيط عادة بخلايا تبقى حية وفعالة بعد النضج وذلك عندما يبقى هو الجدار الوحيد بالخلية. كما انه يتميز بانه رقيق نسبيا الا في حالات خاصة وعند وجود تراكيب شبيهة بالنقر في الجدار الابتدائي يطلق عليها حقول النقر الابتدائية.

الجدار الثانويSecondary Cell Wall

وهو الجدار الذي يضاف على الجدار الابتدائي في بعض انواع من الخلايا وذلك بعد اكتمال النمو السطحي والحجميللخلية اي ان تكوين الجدار الثانوي يبدأ بعد وصول الخلية الى حجمها نهائي، كما انه يتميز بكونه يزيد في سمك الجدار بصورة مطردة دون ان تحدث زيادة في سطح الجدار.
والمواد التي تدخل في تركيب الجدار الثانوي تتكون من السيليلوزCellulose الذي يؤلف في الغالب الجزء الاكبر من الجدار والسكريات المتعددة غير السليلوزية Non-celllulosic polysaccharidesبالاضافه الى مواد اخرى مثل اللكنينLignin والسوبرين Suberinويتميز الجدار الثانوي بخلوه من مواد البكتين الحقيقية True pectic substances.
ويوصف الجدار الثانوي عادة بأنه مر بتغيرات غير عكسية Irreversible changesفي السمك وفي التركيب الكيميائي خلافا لما يحدث بالجدار الابتدائي حيث يمكن ان يتغير سمك الجدار او تركيبه الكيميائي.
وغالبا ما يكون الجدار الثانوي مقترنا بخلايا تموت بعد تمام نضجها خلافا لما عليه الحال في الجدار الابتدائي ويتميز الجدار الثانوي في كثير من الاحيان الى طبقات متميزة كيميائيا وفيزيائيا ويمكن في احيان كثيرة ملاحظة هذه الطبقات عند فحص الجدار مجهريا بواسطة المجهر المركب الاعتيادي كما انها تختلف عن بعضها في اتجاه الليفات الدقيقة عند فحصها بالمجهر الالكتروني.
والجدار الثانوية وكذلك الجدار الابتدائي يتم تكوينهما والبروتوبلاست ما زالت حية اما اذا فقدت الخلية حيويتها فلا يمكن حدوث اي زيادة في سمك الجدار ولا في تركيبه الكيميائي عادة وخلافه لما عليه الحال في الجدار الابتدائي فان الجدار الثانوية يقتصر وجوده على انسجة وخلايا معينة حيث يوجد في مايلي:

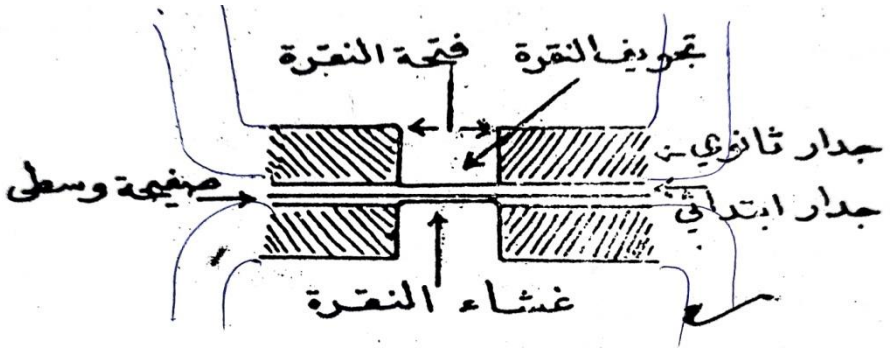
1- العناصر الناقلة في الخشبTracheary elements كالاوعيةVessels والقصيبات Tracheids.
2- النسيج السكلرنكيميSclerenchyma tissue كالالياف Fibersوالخلايا الحجرية Stone cells .
3- بعض الخلايا البرنكيمية كتلك التي في نسيج الخشب.
4- النسيج الفليني Cork tissue.
5- في بعض طبقات البشرة لتلك التي في الصنوبريات والنباتات دائمية الخضرة وخلايا الفلامينVelamen الموجودة في الاوركيداتOrchids والتي تمثل بشرة مركبة تحاط خلاياها بجدران ثانوية وهي موجودة في الجذور الهوائية لهذه النباتات.

النقر Pits

تنشا النقر في بادئ الأمر على هيئه مايسمى بحقول النقر الابتدائيةPrimary pit fields والتي تظهر بالجدار الابتدائي عند تمدده نتيجة نمو البروتوبلاست وزيادته في الحجم ويزداد ظهورها عند ازدياد الجدار الابتدائي في السمك حيث تمثل هذه الحقول مناطق منخفضة في الجدار الابتدائي وعندما يتكون الجدار الثانوي تظهر النقر بشكل واضح على هيئه تجاويف او انخفاضات وعادة تظهر هذه النقر متقابلة في الخلايا المتجاورة ويفصلهما عن بعضهما غشاء رقيق يتألف اساسا من الصفيحة الوسطى ويسمى

التجويف في هذه الحالة بتجويف النقرة. ويسمى الغشاء الذي يفصل بينهما بغشاء النقرة وبعبارة اخرى فان النقرة تتميز فيها التراكيب الاتية:

1- غشاء النقرة Pit membrane: والذي يتكون من الصفيحة الوسطى والجدار الابتدائي.
2- تجويف النقرةPit cavity:والذي يقع بين الغشاء وتجويف الخلية.
3- فتحة النقرةPit aperture: وهي الفتحة الموجودة في نهاية تجويف النقرة عند التقائه مع تجويف الخلية.



انواع النقرTypes of Pits

يمكن تمييز الانواع المختلفة من النقر وكمايلي:

1- حقول النقر الابتدائية Primar Pit Fields

وهذه تظهر بالجدار الابتدائي عند تمدده نتيجة نمو البروتوبلاست وزيادته في الحجم ويزداد ظهورها بازدياد الجدار في السمك وتبدو حقول النقر الابتدائية في المنظر الجانبي بما يشبه المسبحة حيث يتكون الجدار الابتدائي من مناطق رقيقة تمثل حقول النقر الابتدائية ومناطق سميكة على التوالي. وهذه الحقول تظهر بشكل واضح في الخلايا الحية التي لم تتغلظ بعد بجدار ثانوي وتتميز هذه الحقول بوجود روابط بلازمية Plasmodesmataتمر خلالها.

2- النقر البسيطة Simple Pits

يعتبر وجود النقر مميزا للجدران الثانوية فان كانت هذه النقر ذات قطر متجانس تقريبا خلال الجدار اطلق عليها اسم النقر البسيطة وتتميز بها التراكيب السابق ذكرها وهي الفتحة والتجويف والغشاء وتوجد النقر البسيطة في بعض الخلايا البريكيمية المحتوية على جدار ثانوي كما انها موجودة في كثير من العناصر الناقلة في الخشب بالاضافة الى وجودها في الالياف وفي انواع اخرى من الخلايا.

3- النقر المضفوفةPits Bordered

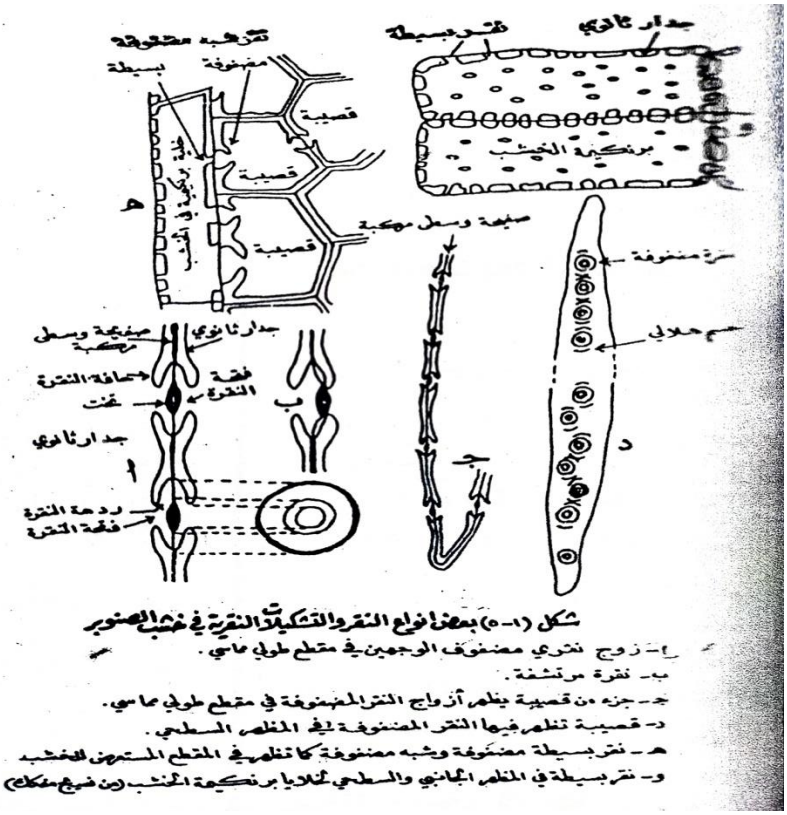
وهي التي ينفصل فيها الجدار الثانوي عن غشاء النقرة ويمتد الى داخل الخلية متدرجا في الرقة ومكونة ما يعرف بالضفةBorder ولا تلتقي حواف الضفة في الوسط بل تظل متباعدة لتكون فتحة مركزيةهي فتحة النقرة كما ان غشاء النقرة قد لا يظل رقيقا بل يتغلظ في الوسط مكونا ما يسمى بالتختTorus ويتكون ما بين الضفةوغشاء النقرة فراغ يعرف بغرفة النقرةPit chamber او الردهة.
ويكون قطر التخت اكبر قليلا من قطر فتحة النقرة ويتكون التخت من مواد جدارية ابتدائية وباستثناء بعض الحالات الشاذة فان وجود التخت في النقر المضفوفة يعتبر صفة مميزة للنباتات التالية:

1- رتبة الصنوبرياتConiferales
2- رتبةالجنتالاتGnetales
3- رتبة الجنكوالاتGinkgoales

ومما تجدر الاشارة اليه انه حتى في نباتات هذه الرتب فان وجود التخت يكون مقتصر على النقر مضفوفة الوجهينBorderd Pit Pairsولا وجود له في النقر نصف المضفوفة.

4- النقر المتشعبة او القينويةRamiform or Branched pits

تظهر هذه النقر عندما يزداد سمك الجدار الخلوي زيادة كبيرة فان النقر تصبح عميقة وتتخذ شكل قنوات تصل ما بين تجويف الخلية وسطحها.
كثيرا ماتكون هذة القنوات متشعبة كما هو الحال في الخلايا الحجرية Brachysciereids) (Stone cells الموجودة بثمار الكمثرى.



شكل (١-٥) بعض أنواع النقر والتشكيلات النقرية في خشب الصنوبر

أ- زوج نقري مضغوف الوجهين في مقطع طولي ماسي.
ب- نقرة مرتشفة.
جـ- جزء من قصيبة يظهر أزواج النقر المضغوفة في مقطع طولي ماسي.
د- قصيبة تظهر فيها النقر المضغوفة في المظهر السطحي.
هـ- نقر بسيطة مضغوفة وشبه مضغوفة كما تظهر في المقطع المستعرض للخشب
و- نقر بسيطة في المظهر الجانبي والسطحي لخلايا برنكيمة الخشب (من شيرمكلان)

أقتران النقرPit Combination

غالبا ما تقترن النقر الموجودة على جانب من الجدار بواحدةأواكثر من النقر المماثلة او المغايرة لها على الجانب الاخر ويطلق على النقرتين المقترنتين معا مصطلح الزوج النقري Pit Pair ، وفيما يلي اهم التشكيلات الناتجة عن اقتران النقر:

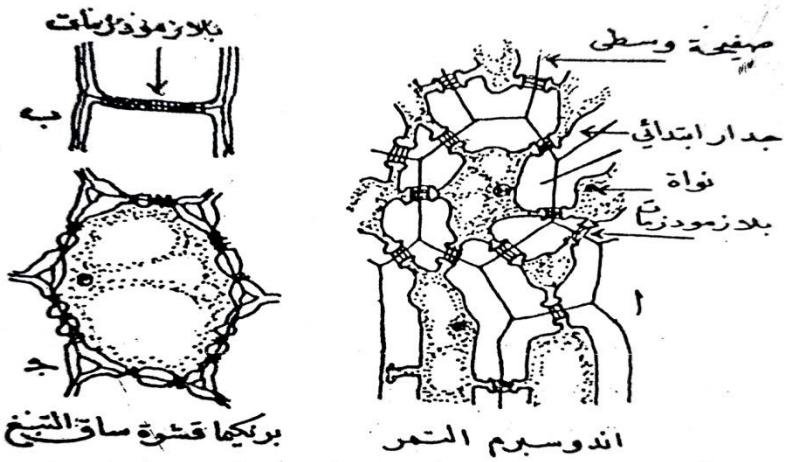
1- الزوج النقري البسيط Simple pit pair: وفيه تقترن نقرة بسيطة على جانب من الجدار باخرى مماثلة على الجانب الاخر كتلك الموجودة في الخلايا البرنكيمية ذات الجدران الثانوية.
2- الزوج النقري المضفوفBorderd pit pair: وفيه تقترن نقرة مضفوفة على جانب من الجدار باخرى مماثلة على الجانب الاخر ويمكن ملاحظة ذلك في الجدران الفاصلة بين عنصرين ناقلين من عناصر الخشب.
3- الزوج النقري نصف المضفوف Half-bordered pit pair: وفيه تقترننقرة مضفوفة على جانب من الجدار باخرى بسيطة على الجانب الاخر ويمكن ملاحظة ذلك في الجدران الفاصلة بين عنصر ناقل من عناصر الخشب (قصيبةأو وعاء) وبين خلية برنكيمية حيث تكون النقر المضفوفة على جانب القصيبة او الوعاء والنقر البسيطة على جانب الخليةالبارنكيمية.
4- التنقر مركب الجانبUnilaterally compound pitting: وفيه تقترن نقرة واحدة في جانب من الجدار بأكثر من نقرة في الجانب الآخر.
5- النقرة العمياء Blind pit: وفيه تكون النقرة الموجودة على جانب من الجدار غير مقترنة باخرى في الجانب الاخر كما في النقر التي تقابلها مسافة بينية او التي تتكون في الجدران الفاصلة بين القصيبات والالياف.

الروابط البلازميةPlasmodesmata

وهي خيوط بروتوبلازمية تربط ما بين بروتوبلاست خلية وبروتوبلاست خلية مجاورة وهنالك عدة ادلة على ان هذه التراكيب حقيقية حيةذات طبيعة بروتوبلازمية منها:

1- وجودها في جدران الخلايا الحية فقط وعدم وجودها في جدران الخلايا الميتة.
2- تتشابههذهالتراكيب مع بقيةالساتوبلازم من حيث ميلها للاصطباغ بالصبغات الخاصة بالسايتوبلازم.
3- تعطي تفاعلات موجبة مع انزيمات الاكسدةOxidases كما يفعل السيتوبلازم.
4- عند تبلزم الخلية يبتعد السايتوبلازم عن الجدار الا في مناطق معينة من الجدار يبقى فيهاالسايتوبلازم مرتبطا بها وتمثل هذة المناطق موضع مرور الروابط البلازمية. ولو وضعت هذه الخلايا في محلول عالي الازموزية حتى تتقطع هذهالخيوط تحصل بلزمة دائمة ويتعذر عندها اعادة الخلية الى حالتها الطبيعية، اما لو بقيت هذه الخيوط سليمة فعندئذ يمكن ان تعود الخلية اذا وضعت في الماء النقي وفي هذه الحالة تكون البلزمة مؤقتةTemporary plasmolysis وتوجد الروابط البلازمية في معظم الخلايا مقترنة بالحقول الابتدائية للنقر في الجدار الابتدائي.

وقد وجدت هذه الروابط في النباتات الراقية كما وجدت في كثير من النباتات الواطئة بما في ذلك السرخسيات PteridophytaوالحزازياتBryophytaوالطحالب الحمر Red algaكما ثبت وجود هذه الروابط البلازمية في جميع الخلايا الحية فقد لوحظت في الخلايا المرستيمية وفي الانسجةالدائمة الحية. اما بالنسبة لوظيفتها فقد وجد انها تلعب دوراهاما في نقل الماء والمواد الاخرى من بروتوبلاست خلية الى خلية اخرى كما تقوم بنقل الحوافز بين الخلايا المتجاورة .



شكل (١-٦) انتشار البلازموذمات في :
ا- ، جـ - يقتصر وجود البلازموذمات على حقول النقر الأبتدائية في ب منتشرة في سائر الجدار

تصنيف النسجة Classification of tissues

تصنف الأنسجة النباتية بطرق مختلفة تبعا للأسس التي يعتمد عليها في التصنيف ومن الامثلة على الصفات المستخدمة كأساس للتصنيف الوظيفة Function ،المنشأ Origin ،التعقدفي التركيب ،طبيعة البروتوبلاست وحيويته، طبيعة الجدار الخلوي وماهية المواد التي تدخل في تركيبه وما الى ذلك وفي ما يلي شرح موجز لبعض نماذج تصنيف الانسجة:

اولا: تصنيف الانسجةحسب درجة تعقدها

يمكن تصنيف الانسجة النباتية تبعا لدرجة تعقدها الى ما يلي:

1- **الانسجة البسيطة Simple Tissues:** وفيها يدخل في تركيب النسيج نوع واحد من انواع الخلايا كما في النسيج الكولنيكيمي ,Collenchyma Tissueوالبرنكيمي Parenchyma Tissue والفليني Cork Tissue.
2- **الأنسجة المعقدة Complex Tissue:**وفيها يدخل في تركيب النسيج نوعين أو اكثر من انواع الخلايا كما في نسيج الخشب Xylemواللحاء Phloem الذان يتكونان كل منهما من عدة انواع من الخلايا كالخلايا الناقلة والخلايا البرنكيمية والخلايا السكلرنكيمية وغيرها.
3- **الأنظمة النسيجية Tissues Systems**: قد تشترك انواع مختلفة من الانسجة والخلايا الدائمية لتكوين وحدات نسيجية كبرى تجمعها وظيفة عامة مشتركة او استمرار تركيبي أو كلتا الصفتين معا، وتسمى هذه الوحدات النسيجية الكبرى بالانظمة النسيجية، فالخشب مثلا نسيج معقد وظيفته الرئيسية نقل الماء والأملاح المعدنية وكذلك الحال بالنسبة للحاء الذي يمثل نسيجا معقدا ايضا وظيفته الرئيسية نقل الغذاء بصوره ذائبة ويقترن النسيجان معا في سائر الأعضاء النباتية تركيبيا في الحزم الوعائيةووظيفيا باشتراكهما في اداء وظيفة النقل وبذلك يكونان معا النظام النسيجي الوعائي Vascular Tissues System، وبعبارة اخرى فان جميع الخشب واللحاء الموجودين في الجسم النباتي يؤلفان معا النظام النسيج الوعائي، ومن الامثلة الاخرى على الانظمه النسيجية النظام النسيج الوقائي الضامDermal Tissue Systemوالنظام النسيجي الاساسي Ground Tissue Systemويشمل البشرةEpidermisوالبشرة المحيطةPeriderm اللتين تحيطان بالاعضاء النباتية ذات النمو الابتدائي والثانوي على التوالي.

أما النظام النسيجي الاساسي Ground Tissue System فيشمل جميع الأنسجة التي تكون أرضيةللأعضاء النباتية المختلفة والممثلة بالقشرة Cortex واللب Pithفي سيقان وجذور كثير من النباتات، والنسيج الأساسيGround tissueلسيقان ذوات الفلقة الواحدةوالنسيج المتوسط Mesophyll tissueللورقة ويمثل النسيج البارنكيمي Parenchyma tissueاكثر انواع الانسجة شيوعا في النظام الأساسي يليه كل من النسيجين السكلرنكيمي Sclerenchyma tissue والكولنكيميCollechyma tissueالذين غالبا ما يساهم احدهما او كلاهما اضافة الى البارنكيما في تكوين النظام النسيج الاساسي، كما وقد توجد في النظام الأساسي خلايا افرازية Secretory cells.

ثانيا: الانسجة المرستيمية والدائمة Meristematic & Permanent Tissues:

يمكن تقسيم الانسجة النباتية تبعا لقدرتها على الانقسام الى مجموعتين رئيسيتين هما الانسجة المرستيمية والانسجةالدائمية:

A- الانسجة المرستيمية Meristematic tissues:وهي تلك الانسجة التي تمتلك خلاياها القدرة على الانقسام بصوره فعالة تحت الظروف الاعتيادية وينتج عن نشاط الانسجة المرستيمية تكوين خلايا جديدة تضاف الى الجسم النباتي بصورة مستمرة مما يؤدي الى نمو النبات وتكوين انسجته واعضاؤه، والخلية المرستيمية تتميز بكونها حية ذات بروتوبلاست يحتفظ بحيويته بصورة مستمرة ولها القابلية على الانقسام بصوره فعالة وذات نواة واضحة نسبيا يحيطها سيتوبلازم قليل الفجوات،ويشذ عن ذلك بعض انواع الخلايا المرستيمية في خلايا الكامبيوم التي تتميز بسيتوبلازم غزير الفجوات، والخلايا المرستيميةتكون محاطة بجدران ابتدائية Primary cell wall تنعدم بينها المسافات البينية Intercellular spaces ولا وجود للجدار الثانوي Secondary cell wallفيها، وتنقسم الانسجة المرستيمية تبعا لموقعها في الاعضاء النباتية الى ثلاثة انواع من المرستيمات (المرستيمات القميه والمرستيمات البينية والمرستيمات الجانبية:

1- المرستيمات القمية Apical Meristems:وهي انسجة مرستيمية واقعة عند الاطراف النهائيةللأعضاء النباتية ومن أهم الامثلة عليها المرستيم القمي للساقShoot Apex والمرستيم القمي للجذرRoot Apex وتمتلك الورقة في المرحلة الفعالة من نموها مرستيما قمياLeaf apex الا ان المرستيم القمي هنا يتميز بنشاطه المحدود عادة الذي سرعان ما يتوقف عند اكتمال نمو الورقة(عدا اوراق بعض انواع السرخسيات) خلافا لما عليه الحال في المرستيم القمي للجذر والساق الذين يتميزان بنشاطهما غير المحدود الذي يستمر طالما بقي النبات او الفرع النباتي مستمرا في النمو الخضري،ومما تجدر الاشاره اليه فأن المرستيمات القمية للسيقان والجذور لا يقتصر وجودها على المحور الرئيسي لهذين العضوين بل تمتد لتشمل نهايات جميع الفروع للسيقان والجذور كما انها موجودة في البراعم بما في ذلك البراعم الزهرية، ويطلق على النمو الناتج عند تكوين الانسجة الابتدائيةبالنمو الابتدائيPrimary growth،ويطلق على النبات الذي تتكون اجزائه من انسجه ابتدائية فقط اسم جسم النبات الابتدائي وفي بعض النباتات تتم فيها دورة حياة النبات كاملة خلال فترة النمو الابتدائي كما هو الحال في النباتات الوعائية الواطئة Lowe vascular plantsومعظم نباتات ذوات الفلقة الواحدة وبعض النباتات العشبية من ذوات الفلقتين، اما النباتات التي يحدث فيها تغلط ثانوي فان الاجزاء الفتيه فيها تتكون من انسجه ابتدائية فقط اما الاجزاء المسنه فتحتوي على انسجه ثانويه تضاف اليها اثناء نموها.

2- المرستيمات الجانبيةLateral Meristems:وهم مرستيمات واقعة بعيدا عن قمم الاعضاء النباتية ويتسبب على نشاطها زيادة في سمك العضو النباتي وقد سميت بالمرستيمات الجانبية بهذه التسمية بالنظر لموقعها في العضو النباتي الذي توجد فيه حيث يكون موقعها جانبيا وبموزاة السطح الخارجي للعضو النباتي، وتشمل المرستيمات الجانبية الكامبيوم الوعائي Vascular cambiumوالكامبيوم الفليني Cork cambiumاللذان يتكونان في الاعضاء النباتية التي تعاني تغلط ثانوي Secondary thickeningكما في سيقان وجذور النباتات عاريات البذورGymnospermsومعظم ذواتالفلقتين Dicotyledons،الا انه نادر الحدوث في ذوات الفلقة الواحدةMonocotyledonsوفي النباتات الوعائية الواطئة.

يطلق على المرستيمات الجانبية ايضا مصطلح المرستيمات الثانوية Secondary meristeme وذلك تبعا لوظيفتها المرتبطة بإحداث النمو او التغلظ الثانوي الذي تتسبب عنه زيادة مطرده في سمك العضو، ويطلق على الانسجة التي تكونها المرستيمات الجانبية بالانسجة الثانوية Secondary Tissues، وهي تشمل الخشب واللحاء الثانوي اللذين يكونهما الكامبيوم الوعائي وكذلك البشرةالمحيطةPeriderm التي تتكون نتيجة لنشاط الكامبيوم الفليني،والكمبيوم الفليني Cork

cambium عبارة عن مرستيم جانبي ايضا وظيفته الرئيسية تكوين البشرة المحيطة التي تحل محل البشر Epidermis بعد تمزق الاخيرة نتيجة لحصول التغلظ الثانوي المتسبب عن نشاط الكامبيوم الوعائي، وتتركب البشرة المحيطة من ثلاث طبقات هي:

1- الفلينCork: ويتالف من عدد من الطبقات التي يكونها الكامبيوم الفليني نحو الخارج، وخلايا الفلين تموت بعد النضج كما ان جدرانها تصبح مسوبرة Suberizedمما يمنع مرور الماء والمواد الاخرى من خلالها وبالتالي يكسبها صفةتلائم وظيفتها الوقائية.
2- الكامبيوم الفليني: ويقع الى الداخل من الفلين على شكل طبقة من خلايا مرستيمية.
3- القشره الثانوية Phelloderm: وهي طبقة من خلايا شبه برنكيمية سمكها في الغالب خلية واحدة تلي طبقه الكمبيوم الفليني من الداخل مباشرة، كما انها تسبق خلايا الفلين في التكوين.

3. **المرستيمات البينية أو المتداخلة Intercalary Meristems:**وهي مرستيمات ابتدائية تشتق مباشرة من المرستيم القمي ويظهر نشاطها في مناطق بعيدة نسبيا عن القمم النامية، وتتميز المرستيمات البينية بكونها تقع بين خلايا دائمية من الاعلى والاسفل ومن ابرز الامثلة عليها المرستيمات البينية الموجودة في سلاميات كثير من نباتات ذوات الفلقة الواحدة خاصة الحشائش وفي بعض النباتات الوعائية الواطئة، وفي هذه النباتات تقوم القمة المرستيمية للساق بتكوين عقد وسلاميات بصورة اعتيادية الا ان السلاميات لا تبدا بالاستطالة الا بعد ان تصبح على مسافة بعيدة نسبيا من قمة الساق وذلك بفعل نشاط المرستيم البيني فيها وسرعان ما يتحول المرستيم كليه الى انسجة دائمية، وعندما تكون السلامية قد اكتملت استطالتها. وبعبارة اخرى فان المرستيم البيني يمثل مرستيماابتدائيا يتميز بنشاطه المحدود او المؤقت الذي ينتهي حاله اكتمال نمو العضو في الطول. والانسجة المتكونة خلال فتره نشاط المرستيم البيني تمثل انسجه ابتدائيه.

B- **الأنسجة الدائمية Permanent tissues:** وهي انسجة عانت درجات مختلفة من التميزDifferentiationوالتخصص Specialization وتوقفت خلاياها عن الانقسام، وفي النباتات الراقية تؤلف الانسجة الدائمة الجزء الاكبر من الجسم النباتي ففي الورقه الناضجة مثلا تكون مؤلفة بصورة كلية من انسجة دائمية، اما الأعضاء النباتية الاخرى فتالف الانسجة الدائمية فيها القسط الاكبر فيما عدا المناطق المرستيمية الموجودة في قممها او المرستيمات الجانبية والبينية، وتختلف طبيعة التميز في الخلايا والانسجة تبعا لوظائفها كما وتختلف درجاتها باختلاف نوع الخلايا او النسيج ويكون التميز في بعض انواع الخلايا بسيطأ نسبيا بحيث تبقى الخلايا حيه كما في النسيج البارنكيمي (الحشوي)Parenchyma والكولنكيمي Collenchymaوالبشرة Epidermisفي معظم النباتات، وفيما يلي توضيح لأهم انواع الانسجة الدائمة الموجودة في النباتات الراقية والتي هي (النسيج البارنكيميParenchyma tissue والكولينكيمي Collenchyma tissue والسكلرنكيمي Sclerenchyma والبشرة Epidermis والفلين Cork والخشب Xylem واللحاءPhloem).

اولا: النسيج البرنكيمي Parenchyma tissue: وهو نسيج دائمي بسيط مؤلف من خلايا حية تكثر بينها المسافات البينية عادة ويحيط بالخليه الحشوية جدار ابتدائي رقيق في الغالب يظم بداخله نواه وقليل من السيتوبلازم بينما يحتل معظم تجويف الخليةفجوة واسعة او بضعه فجوات تحتوي بداخلها العصير الخلويCell sap،ويؤلف السيليلوز الجزء الاكبر من الجدار بالاضافة الى مواد اخرى كانصاف السيليلوزات والمواد البكتينية وغيرها، بينما يندر وجود اللكنين Ligninوتتميز

جدران الخلايا الحشوية كغيرها من الجدران الابتدائية الاخرى بوجود مناطق رقيقة في الجدار يطلق عليها حقول النقر الابتدائية وتتخلل الجدار الابتدائي روابط بلازمية تربط بين سيتوبلازم الخليتين المتجاورتين وتتمركز عادة في الحقول النقرية الابتدائية وكثيرا ما تحتوي الخلايا البرنكيمية على مواد غير حية كحبيبات النشاوالبلوراتوحبيبات الاليرون والقطرات الزيتية وغيرها، والحبيبات النشوية تكون مخزونة في البلاستيدات الخضراء Chloroplasts وعديمة اللون Leucoplasts ،بينما توجد معظم المواد غير الحية الاخرى في الفجوة وللخلايا البارنكيمية القابلية على التحول الى خلايا اخرى كتكوين انسجة دائمية اخرى كالنسيج الكولنكيمي والسكلرنكيمي او ان تتحول الى خلايا مرستيمية كما يحصل في تكوين الكمبيوم الفليني والكامبيوم ما بين الحزم وفي التئام الجروح وغيرها وعندما تتحول خلايا البرنكيمية او غيرها من الخلايا الدائمة الى خلايا مرستيمية توصف بانها قد فقدت تميزها وتسمى هذه الظاهرة بفقدان التميز Dedifferentiationالتي تتضمن تحول الخلايا من حالة اكثر تميزا وتخصصا الى اخرى اقل تميزا كتحول بعض الخلايا الدائمية الحية الى مرستيمية. بالاضافة الى ما سبق فان الخلايا الحشوية تمثل مراكزهامة تحصل فيها مختلف عمليات الايض الغذائي كما ان البعض منها يقوم بوظائف افرازية.

ثانيا: النسيج الكولنكيميCollenchyma Tissue: وهو نسيج دائم بسيط يشابه النسيج البارنكيمي في معظم صفاته فهو مؤلف من خلايا حية يبقى بروتوبلاستها فعالا لفترة طويلة من الزمن ولخلاياه القدره على التحول الى خلايا مرستيمية وكالحال في الخلايا البرنكيمية فان الخلايا الكولنكيمية تكون محاطة بجدران ابتدائيه كما ان الخلايا كثيرا ما تحتوي على بلاستيدات خضراء تمكنها من القيام بعملية التركيب الضوئي، وجدران الخلايا الكولنكيميه تكون مؤلفه اساسا من السليلوز Celluloseوتكثر فيها المواد البكتينيةPectic substances ،الا انها تكون خالية من اللكنين Lignin ،وعلى الرغم من ان الخلايا الكولنكيمية تكون محاطة بالجدران الابتدائية الا ان الجدران هنا تتميز بتسمكها غير المنتظم Unevenly thickened وبخلوها في الغالب من المسافات البينية التي وان وجدت فتكون صغيرة جدا. والصفتان الاخيرة تميزان الخلايا الكولنكيمية عن البرنكيمية التي غالبا ما تتميز برقة جدرانها وبوجود مسافات بينية واسعة تفصل بين خلاياها ويقتصر وجود الخلايا الكولنكيمية على الاعضاء النباتية الهوائية المعرضة للضوء عاده في السيقان الفتيه ونصول الاوراق Leaf blades واعناقها Petioles،والوظيفة الرئيسية للنسيج ان وجوده في الاعضاء النباتية الفتيةيكسبهاقوة ومتانة دون أن يعيق من نمو هذه الأعضاء وذلك بسبب المرونة العالية لجدرانها Elasticity.

وعند وجود الخلايا الكولنكيمية في عضو من اعضاء النبات فهي اما ان تكون موجوده ضمن النسيج الاساسي او تكون مقترنه بالنسيج الوعائي. وبالاضافة الى الوظيفة الميكانيكية للنسيج الكولنكيمي فان خلاياههذا النسيج تستطيع القيام بسائر الوظائف والفعاليات التي تقوم بها الخلايا البرنكيمية والتي سبقت الاشارة اليها.

ثالثا: النسيج السكلرنكيمي Sclerenchyma tissue: وهو نسيج دائم يتألف من خلايا يموت بروتوبلاستها بعد النضج عادة وتكون محاطة بجدران ملكننةLignified walls وتتميز خلايا هذا النسيج بوجود جدران ثانويةSecondary walls تضاف الى الجدران الابتدائية من قبل البروتوبلاست وذلك قبل موت الاخير. وعند اكتمال نضج الخلايا يموت البروتوبلاست وتصبح الخليه خالية من المادة الحيةProtoplast ومحتلة من قبل تجويف الخليةCell lumen الذي يكون محاطا بالجدار الخلوي Cell wall والوظيفة الرئيسية للخلايا السكلرنكيمية تكون ميكانيكية حيث

تكسب الاجزاء التي توجد فيها قوة ومتانة. كما ان البعض منها قد يقوم بوظيفة وقائية Protective function عندما تكون البشرة مؤلفة من خلايا سكلرنكيمية كما هو الحال في بذور الكثير من النباتات كبذور نباتات العائلة القرنية Leguminoseاوالبقولية وغيرها.

ان خلو الخلايا السكلرنكيمية الناضجة(البالغة) من البروتوبلاست واحتوائها على جدران ثانوية ملكننة Lignified تميزانها عن الخلايا الكولنكيمية التي تبقى حية بعد النضج وتمتلك جدران ابتدائية متسمكة تسمكا غير منتظموخالي من مادةاللكنينLignin، والنسيج السكلرنكيمي موجود في جميع الاعضاء النباتية سواء كانت هوائيةAerialأم ارضيةSubterranean اي انه يمكن ان توجد في الجذور والسيقان والاوراق والازهار والبذور والثمار وغالبا ما يكون النسيج السكلرنكيمي موجود ضمن الانسجة الاساسيةGround tissues او مقترنا بالانسجة الوعائيةVascular tissues وفي حالات معينه قد يؤلف النسيج السكلرنكيمي جزءا من النسيج الضام والبشرة فيقوم بوظيفة وقائية ويضم النسيج السكلرنكيمي نوعين رئيسيين من انواع الخلايا هما الالياف Fibers والخلايا المتصلبةSclereids:

1- الالياف Fibers

وهي خلايا سكلرنكيمية طويلة ونحيفةSlender وذات جدران تتصف بخاصية المطاطيةElastisity تجعل الخلايا قادرة على استرجاع شكلها وطولها الأصلي بعد مطها او شدها وتستدق نهايات خلايا الالياف وتتداخل مع بعضها فتكسب الاجزاء التي توجد فيها قوة ومتانة وتظهر الالياف في المقطع العرضي على شكل مضلع خماسي او سداسي في الغالب بينما يميل شكلهاللأستدارة عندما يكون تجويف الخلية مختزلReduced Lumeny، وتوجد بالجدار نقر بسيطةSimple pits تظهر على شكل قنوات عندما يكون الجدار سميكا. وتعتبر الالياف النباتية ذات اهمية اقتصادية كبيرة حيث يستخدم بعضها في صناعه الانسجةTextile والحبال Cordage، فالانسجة الكتانية التي تؤلف جزء مهم من الانسجة المعروفة تصنع من الياف نبات الكتان Flaxأما حبال الجوت فتستخرج من نبات الجوت Jute، بينما تستخرج حبال القنب من نبات القنب ، اما بالنسبة لالياف القطن التي تصنع منها الانسجة القطنية فلا تمثل الياف بالمعنى النباتي المعروف بل انها مجرد شعيرات تنمو من بشرة بذور نبات القطن Cotton ومع ذلك فان هذه الشعيرات تسمى في الصناعة والتجارة بالياف القطن Cotton fibers، وتختلف طبيعة الالياف النباتية باختلاف مصدرها فهي اما ان تكون طريةSoft او قاسيه Harsh كما انها تختلف في الطول حيث يتراوح طولها بين اجزاء من المليمتر الى عدة سنتيمترات.

2- الخلايا المتصلبة Sclerides

وتتضمن عده انواع من الخلايا السكلرنكيمية التي لا تكون ممعنة في الطول وهي ذات جدران ثانوية شديدة التلكنن Strongly lignified تكثر فيها النقر البسيطه Simple pitsومن أمثلتها الخلايا الصخريةBrachysclereids(Stone cells)التي تتميز بكونها ذات شكل متساوي الابعاد (متساوي الأقطار) Isodiametris تقريبا، وهي موجودة في بعض ثمار النباتات كالعرموط Pearحيث تنتشر الخلايا الصخرية على هيئة مجموعات موزعة بين الخلايا البرنكيمية التي تؤلف الجزء الطري من الثمرة، وقد توجد الخلايا الصخرية ايضا في اجزاء اخرى غير الثمرة كاللحاء Phloem والقشرة Cortex واللب Pith. وبالنظر لزيادة سمك الجدار الثانوي في الخلايا الصخرية فان النقر البسيطة هنا تكون على شكل قنوات تخترق الجدار وكثيرا ما تتفرع بداخله فيطلق عليها

المتشعبةRamiform pits or Branched pits ويرجع القوام الصلب لبذور نبات الفاصوليا والبزاليا وجوز الهند الى وجود الخلايا المتصلبة في اغلفة بذور هذه النباتات.

رابعا: البشرةEpidermis: وهي الطبقة السطحية التي تغطي الاعضاء النباتية في مرحلة النمو الابتدائي كالورقة والجذر والساق الفتيين والزهرة والثمرة والبذرة، وبعبارة اخرى فان البشرة تمثل النسيج الضام Dermal tissue بالنسبه للجسم الابتدائي للنبات والوظيفة الرئيسية للبشرة هي الوقايةProtection حيث تحفظ الانسجة الداخلية من الاضرار الميكانيكية وغيرها من فقدان الماء بكثرة كما ان البشرة في الجذر تقوم بوظيفة الامتصاص Absorption حيث تقوم خلايا معينة فيها بامتصاص الماء والاملاح المعدنية، اما السيقان والجذور التي تعاني تغلضا ثانويا Secondary thickeningفيكون وجود البشرة مقتصرا فقط على المناطق الفتية منها، اما المناطق التي عانت تغلظا ثانويا فتتمزق فيها البشرة عادة ويستعاض عنها بنسيج ضام ثانوي هو البشرة المحيطةPeriderm، وتتالف البشرة في معظم النباتات من طبقه واحده من الخلايا يطلق عليها البشرة البسيطةSimple epidermis وعندما يكون سمك البشرة اكثر من طبقه واحده يطلق عليها البشرة المركبة او المضاعفه Multiple epidermis كما في جنس نبات التين Ficus ،ونباتات عديدة اخرى تنتمي الى بعض الفصائل النباتية كالفصيلة التوتيةMoraceae والفصيلة الختميةMalvaceae وفصيلة السحالب Orchidaceae كما انها موجودة في النخيل Palm ويتراوح عدد الطبقات في البشرة المركبة بين 2- 16 طبقة وهي تكون وحيدة الطبقة في المراحل المبكرة من نشوؤها الا ان خلاياها سرعان ما تعاني انقسامات محيطية(موازيةللسطح) فتتحول الى بشرة مركبة ويختلف عدد الطبقات باختلاف نوع النبات والعضو ومرحلة النمو، كما ان العدد كثيرا ما يختلف حتى في نفس العضو، وتتميز البشرة في الاعضاء الهوائيةAerial organs بوجود طبقة الكيوتكل (الادمة)Cuticle وهي طبقة مستمرة مؤلفة من مادة الكيوتين Cutin الشمعية والتي تحيط بالبشرة من الخارج فتعرقل فقدان الماء من خلالها وطبقة الكيوتيكل غير موجودة عادة في بشرة الجذر وغيره من الاجزاء الارضية كما انها تكون اكثر سمكا في النباتات الصحراويةXerophytes منها في النباتات الوسطيةMesophytes بينما تكون رقيقة جدا او معدومة في النباتات المائيةHydrophytes، وخلايا البشرةحيه يحتفظ بروتوبلاستها بحيويته لفترة طويلة من الزمن وهي محاطة بجدران ابتدائية عادة وفي حالات معينه قد تتكون للبشرة جدران ثانوية كما في اوراق بعض النباتات دائمة الخضرة.

أنواع خلايا البشرة Epidermal cell types

تتميز في نسيج البشرة عدة انواع من الخلايا يختلف بعضها عن البعض الاخر في الشكل والوظيفة وفي بعض التفاصيل المتعلقة بتركيبها ومحتوياتها، وفيما يلي ملخص لأهم انواع الخلايا التي يمكن تواجدها في البشرة:

1- الخلايا الاعتيادية للبشرة Ordinary epidermal cells:وهي الخلايا الاكثر شيوعا في البشرة حيث يؤلف هذا النوع من الخلايا ارضيه نسيج البشرة كما انها تمثل اقل انواع خلايا البشرة تخصصا وفي معظم النباتات الارضيةLand plants تتميز هذه الخلايا بخلوها من البلاستيدات الخضراء ، اما في نباتات الظل shade plants والنباتات المائيةWater plants ومعظم السرخسيات فتكون البلاستيدات الخضراء موجودm في الخلايا الاعتيادية للبشرة في الاجزاء الخضراء من هذه النباتات ويميل شكل الخلايا الاعتيادية للبشرة للاستطالة في الاجزاء النباتية التي

تتسم بالطول كالساق والجذر واوراق معظم نباتات ذوات الفلقة الواحدة، بينما تميل الى الشكل متساوي الابعاد Isodiametric في الاعضاء التي لا تتسم بالطول كما في اوراق معظم النباتات ذوات الفلقتين والجدران التي تفصل خلايا البشرة الاعتيادية عن بعضها خالية من المسافات البينية.

2- **الخلايا الحارسة Guard cells:** وهي خلايا متخصصة كلوية الشكل Kidney shape تقريبا توجد على هيئة ازواج ضمن الانواع الاخرى من خلايا البشرة وتتميز باحتوائها على بلاستيدات خضراء Chloroplasts ويحيط كل زوج من ازواج الخلايا الحارسة بفتحة يطلق عليها الثغر Stoma ويطلق احيانا على الخليتين الحارستين والثغر بينهما معا مصطلح الجهاز الثغري Stomatal apparatus وتتحكم الخلايا الحارسة في عملية فتح وغلق الثغور وبالتالي فانها تقوم بتنظيم عمليه التبادل الغازي Gaseous exchange بين انسجة النبات والمحيط الخارجي ويلعب الضغط الازموزي Osmotic pressure للخلايا الحارسة دورا هاما في آلية فتح الثغور كما ان تسمك جدران الخلايا الحارسة بصورة غير منتظمة يساعد هو الاخر على تحقيق هذه الالية.

ويقتصر وجود الثغور على الاجزاء الهوائية الخضراء من النبات في الاوراق والسيقان الهوائية الفتيه بينما تكون معدومه في الأجزاء التي تنمو تحت سطح التربة كالجذور لكنها موجودة في السيقان الريزومية، اما في النباتات المائية المغمورة Submerged aquatic plantsفالثغور موجودة في بعضها ومعدومة في البعض الاخر، والثغور موجودة ايضا في الاجزاء الزهرية الملونة الا انها كثيره ما تكون عديمة الوظيفه. ويختلف مستوى الثغور بالنسبة لبقية خلايا البشرة باختلاف النباتات وهي اما ان تكون في نفس المستوى او ان ترتفع فوق سطح البشرةProtrude او ان تكون غائرةSunken. والخلايا الحارسة المحيطة بالثغور قد تتصل مباشرة بالخلايا الاعتيادية البشرة او ان يكون الاتصال عن طريق خلايا متميزة يطلق عليها الخلايا المساعدةSubsidiary cells وهي خلايا تتميز عن باقي خلايا البشرة في الشكل وربما في الوظيفة ايضا.

وتختلف الثغور في عددها وطريقة توزيعها تبعا لنوع النبات والعضو والموقع فتكون اكثر عدد في الاوراق الاعتياديةFoliage leaves منها في الاجزاء الاخرى من النبات.

3- **شعيرات البشرة Epidermal hairs:** وتشمل جميع الشعيرات او الزوائد النباتية التي لها اصل مشترك مع البشرة بغض النظر عن العضو الذي توجد فيه وقد تكون الشعيرات موجودة في سائر الاجزاء النباتية بالنسبة لبعض النباتات بينما يقتصر وجودها في نباتات اخرى على اعضاء معينه فقط، وتختلف الشعيرات في الشكل والتركيب والوظيفة ومن الشعيرات ما هو وحيد الخليه Unicellular ومنها ما هو متعدد الخلايا Multicellular، كما ان البعض منها يكون غديا Glandular بينما البعض الاخر لا يكون كذلك وقد تكون الشعيرات بسيطةSimple او متشعبة Branched. وفي الجذور يقتصر وجود الشعيرات على منطقة معينة من طرف الجذر في منطقه الشعيرات الجذرية Region of root hairs.والشعيرات هنا تمثل امتدادا لخلية واحدة من خلايا البشرة، اما في الساق فالشعيرات اما ان تكون موجودة او معدومةتبعا لنوع النبات وفي حالة وجود الشعيرات في الساق فهي اما ان تكون وحيدة الخلية او متعددة الخلايا كما انها قد تتخذ اشكال مختلفة وقد تكون حاوية على بلاستيدات خضراء وكالحال في الساق فانه اوراق بعض النباتات تكون هي الاخرى حاوي على شعيرات مختلفة التراكيب والاشكال وكذلك الحال في بذور وثمار بعض النباتات وفي الاجزاء الزهرية لبعض الازهار وبالاضافة الى الشعيرات الجذرية والشعيرات الاخرى سابقه

الذكر فان هنالك زوائد مختلفة الاشكال والتراكيب كالحراشف Scales او الشعيرات الدرعية Peltate hairs الموجوده في بشرة اوراق نبات الزيتون Olive والحليمات Papillae الموجودة في بتلات نبات البنفسج بين (ورد الصورة).

4- الخلايا الغذية Glandular cells: تتميز كثير من النباتات بوجود خلايا منفردة او متجمعة تقوم بافراز مواد مختلفة كالصموغGums والراتنج Resin والمواد الدباغيةTannin والزيوت الطيارةVolatile oils والرحيق Nectar والحليب النباتي Latex وغيرها.
وقد تبقى بعض هذه المواد في الخلايا المكونة لها او ان تصب في قنوات Canals او تجاويف Cavities او غير ذلك من التراكيب الغدية، كما ان البعض منها قد يفرز للخارج على شكل مواد افرازيةSecretions، ويمكن ان توجد الخلايا او التراكيب الافرازية في جميع الانسجة النباتية سواء كانت داخلية ام خارجية والخلايا الافرازية للبشرة قد تكون مقترنه بالشعيرات الغديةGlandular hairs او ان لا تكون مقترنه بالشعيرات وفي الحالة الاخيرة تكون الخلايا الافرازية ممثله بتراكيب افرازية خاصه او على هيئة سطوح افرازيه مؤلفه من الخلايا الافرازيه نفسها ومن الامثله على التراكيب الافرازية المقترنة بالبشرة(الثغور المائية)Hydathodes والغدد الرحيقيةNectary glands الموجودة في معظم الازهار والغدد الهاضمةDigestive glands او الزوائد الغذيةTentacles في نباتات اكلة الحشرات Insectivorous plants وكذلك الغدد الرحيقية غير المقترنة بالازهار Extrafloral nectaries والتي توجد على اوراق او اغصان بعض النباتات، والثغور المائيةHydathodesهي فتحات وظيفتها التخلص من الماء الزائد مع بعض المواد المذابة فيه بشكل سائل وذلك في عمليه يطلق عليها الأدماعGuttation.

وغالبا ما تكون الثغور المائية موجودة عند حواف الاوراق كما انها قد تتخذ احيانا شكل الشعيرات وهي واسعة الانتشار في النباتات الراقية غير انها تكون معدومة في عاريات البذور. اما الغدد الرحيقية فتتالف من عدد من خلايا البشرة تفرز سائلا سكريا يطلق عليه الرحيق Nectarيجذب الحشرات الى الازهار مما يساعد في عملية التلقيح Pollenation اما الخلايا الهاضمة الموجودة على اوراق النباتات اكلة الحشرات فتقوم بافراز مواد انزيمية تعمل على هضم الحشرات بعد اقتناصها.

5- انواع اخرى من خلايا البشرة Other epidermal cell types: هنالك انواع اخرى كثيرة من خلايا البشرة ومن الأمثلة عليها الخلايا المتصلبةSclereids التي توجد في قشرة كثير من البذور وفي الاوراق الحرشفيةScaly leaves والخلايا المحركة Motor cellsBulliformcells الموجودة في اوراق الحشائش Grassesوكثير من النباتات ذوات الفلقة الواحدة ما هي الا نوع من انواع خلايا البشرة تتميز بسعة حجمها ورقة جدرانها واحتوائها على كمية كبيرة من الماء ووظيفة الخلايا المحركة هي التفاف الاوراق Folding وكشفها Unfolding عند تغير الرطوبة النسبية في الجو الذي يتعرض اليه النبات حيث تعمل على تكشف الاوراق في الجو الرطب وعلى انطباقها او التفافها في الجو الحار مما يؤدي الى التقليل من عمليه النتح في الحالة الاخيرة وبذلك تحفظ النبات من التعرض الى الذبول Wilting وفي بعض النباتات توجد في البشرة خلايا تتميز بوجود نوع خاص من انواع البلورات تدعى بالحويصلة الحجرية (البلورات المعلقة) كما في جنس التين Ficus ويطلق على الخلايا الحاوية على هذا النوع من البلورات خلايا الحوصلة الحجريةLithoeytes وتتالف البلورة من جسم

مركب من كربونات الكالسيوم$CaCo_3$ وعنق Stalk مؤلف من ماده السيليلوز، وتتصل احدى نهايتي العنق بجسم البلورة بينما تتصل نهايته الاخرى بالجدار ولا يقتصر وجود البلورات المعلقة على خلايا البشرةبل قد توجد في الخلايا البرنكيمية ايضا وقد توجد في خلايا البشرة انواع اخرى من الخلايا كالخلايا المساعدة وخلايا السيليكا والفلين الموجوده في بشرة كثير من نباتات العائلة النجيلية.

النسيج الفليني Cork tissue: وهو نسيج دائمي بسيط مؤلف من خلايا متراصه موشورية الشكل غالبا ذات جدران مسوبرةSuberized خالية من النقر عادة وتنعدم المسافات البينية بين خلايا الفلين كما ان الخلايا تموت بعد اكتمال تكوين الجدران الثانوية فيها فتصبح الخلية عندئذ مؤلفة من جدار خلوي يحيط بتجويف الخلية الخالية من البروتو بلاست وقد تبقى جدران الخلايا الفلينيية رقيقة نسبيا او ان تصبح سميكه بشكل ملموس ، والوظيفة الرئيسية للنسيج هي الوقاية وترجع الصفة الوقائية لخلايا الفلين الى وجود ماده السوبرين الدهنيه في جدرانها مما يجعلها غير منفذه للسوائل والغازات وتؤلف الاحماض الدهنيةFatty acids حوالي 35% من مكونات الجدار بينما تؤلف ماده اللكنين بين (20 – 30)% ، بالاضافه الى مواد اخرى كالسيليلوز والتربينات المتعددة والمواد الدباغية، وتضاف ماده السوبرين على شكل صفائح Lamellae تضاف على الجدار السيليلوزي الابتدائي الذي قد يكون ملكننا.
ان وجود ماده التانين في جدران خلايا الفلين يكسبها لونا بنيا او مصفرا اما التجاويف الخلوية فقد تكون مملوءة بمواد راتنجية او تانينية ملونة او ان تكون مملوءه بالهواء، والفلين المملوء بالهواء يتميز بكونه اخف وزنا واغلى ثمنا من الانواع الاخرى من الفلين كما انه عازلا ممتازا للحرارةThermal insulator كما انه يمنع نفاذ الماء من خلاله بسبب وجود ماده السوبين ويقاوم مرور الزيوت وبالاضافه الى المنافع التي يجنيها النبات من الفلين كنسيج واقي فان للفلين فوائد تجارية كبيرة وذلك بالنظر لاستعماله بكثره في كثير من الجوانب الصناعيةكصنع سدادات القناني والاثاث المنزلي وكمادة عازلةللحرارة كما ان خفة وزنه جعلت منه ماده مناسبة لصنع بعض الاثاث الذي يستعمل في الطائرات والقوارب النهرية، ففي النباتات التي تتغلظ تغلظا ثانويا يتكون الفلين نتيجه لنشاط الكمبيوم الفليني Cork cambiumوذلك ليحل محل البشرة الممزقة ليؤدي وظيفه وقائية في الجذور والسيقان التي عانت تغلضا ثانويا كما يتكون الفلين في مناطق التئام الجروح Wound healthimg وعند مناطق الانفصال Abscission zones بالنسبة للاوراق والثمار والبراعم المتساقطة فيقوم بوقاية الانسجة الداخلية للنبات من فقدان الماء او التعرض للاصابة بالبكتيريا او غيرها من الافات.

نسيج الخشب Xylem

وهو نسيج معقد وظيفته الرئيسية نقل الماء والاملاح المعدنية المذابة فيه خلال الاعضاء النباتية المختلفة، وبالنظر لاهمية هذا النسيج وسهولة تشخيصه بين سائر الانسجة الاخرى فقد استخدم كاساس لتصنيف النباتات الى نباتات وعائية(Tracheophyla) Vascular plants ونباتات لا وعائيةNon-vascular plants، تتضمن هذه التسمية النسيج الوعائي ككل بما في ذلك اللحاء والخشب ، ويدخل في تركيب نسيج الخشب عده انواع من الخلايا يموت بعضها بعد نضج بينما يبقى البعض الاخر حيا وفي ما يلي شرح موجز لأهم انواع الخلايا والتراكيب التي يتالف منها الخشب في معظم نباتات مغطاة البذور Angiosperms:

1- **الاوعية Vessels:** وهي تراكيب متعددة الخلايا وظيفتها الرئيسية نقل الماء والأملاح ويتركب الوعاء من سلسلة طولية من الخلايا تتصل مع بعضها عند نهايتها مكونة تركيبا انبوبيا وتسمى الخلايا التي تشترك في تكوين الوعاء الخشبي بوحدات الوعاء الخشبي Vessel elements والجدران النهائيةEnd walls لوحدات الاوعية تصبح مثقبةPerforated او ذائبة كلية عدا الجدارين الواقعين في نهايتي الوعاء حيث لا يكونونان مثقبين بل توجد بهما النقر Pits، وعلى ذلك فان الماء والمواد المذابة فيه تتمكن من المرور خلال الوعاء الواحد بصوره حرة وعند نضج الوعاء تموت الخلايا المكونه له وتختفي المحتويات البروتوبلازمية فيها تماما. والاوعيه البالغة تكون ذات جدران ثانوية سميكة مكونة من السليلوز Cellulose واللكنينLignin.
والمواد الجدارية لا تضاف على الجدار بصورة منتظمة مما يؤدي الى الحصول على طرز مختلفة من التسمكات الجدارية كالحلقي Annular والحلزوني Spiral والسلميScalariform والشبكي Reticulate والنقري Pitted. والنقر الموجودة في جدران اوعية الخشب يمكن ان تكون بسيطة او مضفوفة ويختلف طول الاوعية باختلاف النباتات ومرحله النمو وغالبا ما يبلغ طولها بضع سنتيمترات بينما قد يصل طولها في الكروم وبعض الاشجار الى عدة امتار.
ويعتبر وجود الاوعية صفة مميزة لخشب نباتات مغطاة البذور Angiosperms التي تشمل ذوات الفلقة الواحدةMonocotyledons وذوات الفلقتين Dicotyledons الا انها معدومة عادة في عاريات البذور Gymnosperms.

2- القصيبات Tracheids: وهي خلايا طويلة ذات جدران ثانوية غنية بمادةاللكنين وظيفتها الاساسية نقل الماء والاملاح كما في اوعية الخشب، وتمثل كل قصيبة خلية واحدة تنعدم الثقوب في جدرانها النهائية بينما تنتشر النقر في سائر جدرانها خاصةالنهائية والقطرية التي تفصل بين القصيبات المتجاورة وبذلك يتم انتقال الماء والأملاح من قصيبة الى اخرى.
وقد يتخذ التغلظ في جدران القصيبات اشكالا او طرزا مشابهةللاوعية الا ان جدران القصيبات في الاعضاء البالغة غالبا ما تكون منقرةPitted عادة بنقر مضفوفة. ان وجود النقر المضفوفة في القصيبات يميزها عن الالياف كما ان القصيبات تكون اقصر نسبيا من الالياف وذات تجاويف اوسع وجدران ارق، وعلى الرغم من ان الوظيفة الرئيسية للقصيبات هي النقل الا انها تمثل عناصر ميكانيكية ممتازة، وتوجد القصيبات في مغطاة البذور وعارياتها كما انها موجودة في السرخسيات Pteridoplytes.

3- برنكيما الخشب (الخلايا الحشوية في الخشب)Xylem parenchyma: وهي خلايا خشبية موجودة ضمن نسيج الخشب تكون اما موزعة بين عناصره المختلفة او موجودة على شكل صفوف قطرية فتكون ما يسمى بأشعة الخشب Xylem ray التي توجد في الخشب الثانوي وتشابه الخلايا البرنكيمية للخشب الخلايا البرنكيمية الاخرى الا انها كثير ما تتكون لها جدران ثانوية ملكننه وتقوم الخلايا البارنكيمية للخشب بخزن الماء والمواد الاخرى.
وفي النباتات المعمرة غالبا ما يتراكمالنشا في هذه الخلايا كمواد مخزونة ليستهلكها النبات في فصل النمو التالي وقد تحتوي هذه الخلايا على مواد اخرى غير حية كالبلورات والزيوت والمواد الدباغية وغيرها.

4- الياف الخشب Xylem fibers: يكثر وجود الالياف في الخشب سواء كان الخشب الابتدائي ام الثانوي حيث تقوم بوظيفة ميكانيكية ويزداد وجود الالياف في الخشب كلما زادت الاوعية

الخشبية فيه، بينما يقل وجوده بزيادة القصيبات لذا فان الخشب في عاريات البذور تنعدم فيه الألياف تماما، والياف الخشب ليس ذات اهمية تجارية كبيرة.
وبالاضافه الى ما ذكر فان هنالك انواع اخرى من الخلايا قد تكون موجودة في الخشب كالخلايا الافرازية والمتصلبةوالكولنكيمية والخلايا المنعزلة او المنفردةIdioblasis.

الخشب الابتدائي والخشب الثانوي Primary xylem & Secondary xylem: يتميز الخشب بالنسبة لنشوؤه الى خشب ابتدائي وخشب ثانوي:

1- الخشب الابتدائي:وهو الخشب الذي يشتق مباشرة من الكامبيوم الأولي Procambium وذلك خلال فترة النمو الابتدائي، وفي معظم نباتات ذوات الفلقة الواحدة والسرخسيات وبعض نباتات ذوات الفلقتين العشبية يمثل الخشب الابتدائي النوع الوحيد من انواع الخشب ولا وجود للخشب الثانوي، ويتميز الخشب الابتدائي الى نوعين هما:

A- الخشب الاول Protoxylem: وهو اول جزء من الخشب الابتدائي يحصل تميزه من الكامبيوم الاولي ويحتل موقعا محددا بالنسبة لبقية الخشب الابتدائي في كل عضو كما انه يتكون في الاجزاء النباتية التي لا تزال في حالة الاستطالةElongationوالتميز Differentiationجاريتين فيها بشكل ملحوظ.

B- الخشب التالي Metaxylem:وهو ذلك الجزء من الخشب الابتدائي الذي ينشا من الكامبيوم الاولي الا ان تميزه لا يتم الا في وقت متأخر اي في المناطق التي اكتملت فيها استطالة العضو النباتي. العناصر الناقلة في الخشب التالي تكون واسعة نسبيا كما انها تبقى دون ان تتمزق غير انها مع ذلك تفقد وظيفتها بعد تكوين الخشب الثانوي.

2- الخشب الثانوي Secondary xylem:وهو ذلك الجزء من الخشب الذي يكونه الكامبيوم الوعائي خلال عملية التغلظ الثانوي وذلك بعد اكتمال نموالعضو النباتي في الطول ويتكون في سيقان وجذور عاريات البذور ومعظم نباتات ذوات الفلقتين بينما ينعدم وجوده في معظم نباتات ذوات الفلقة الواحدة والسرخسيات وفي بعض النباتات العشبية من ذوات الفلقتين. العناصر المكونة للخشب الثانوي شبيه بتلك التي سبق شرحها الا ان العناصر الناقلة هنا تكون عادةأكثر طولا ووفرة في الخشب الثانوي منها في الخشب الابتدائي كما ان التسمك في جدرانها هو من النوع النقري Pitted، اما الخلايا البريكيمية فيكون عددها اقل نسبيا كما ان بعضها او معظمها ينتظم على شكل صفوف قطرية يطلق عليها اشعة الخشب ويتميز في الخشب الثانوي نظامان هما:
1- النظام المحوري (العموديAxial system or vertical system) : ويتالف من عناصر تمتد طوليا بموازاة محور الساق او الجذر الذي توجد به. ويضم النظام المحوري جميع العناصر الطويلة في الخشب وهي العناصر الناقلة والالياف وبعض الخلايا الحشوية التي يطلق عليها الخلايا الحشوية العموديةVertical parenchyma ويشتق النظام المحوري من الاصول المغزليه Fusiform initials لخلايا الكمبيوم الوعائي.

2- النظام الشعاعي (الافقي)HorizontalRadial system or: ويتضمن جميع الخلايا التي تمتد على شكل صفوف شعاعية بحيث يكون المحور الطولي للخلايا عموديا على المحور

الرئيسي للعضو، ويتألف النظام الشعاعي من خلايا حشوية يطلق عليها اشعة الخشب وفي بعض النباتات قد توجد بعض الخلايا الناقلة ايضا في النظام الشعاعي للخشب كما في الصنوبر حيث توجد القصيبات الشعاعيةRay tracheids.

نسيج اللحاء Phloem tissue

وهو نسيج دائم معقد وظيفته الرئيسية نقل الغذاء بصورة مذابة خلال الجسم النباتي وكما في الخشب فان اللحاء يتألف هو الاخر من تراكيب مختلفة تقوم بعضها بوظيفة التوصيل Conduction بينما يقوم البعض الاخر بوظائف اخرى كالخزن والتدعيم كما ان بعض من خلاياه تحتفظ ببروتوبلازم حي بينما يفقد البعض الاخر بعض او كل مكوناته البروتوبلازمية بعد النضج.
واللحاء موجود في جميع الاعضاء النباتية كما انه يقترن عادة مع نسيج الخشب من حيث التركيب والنشوء فيكون النسيجان معا النظام النسيجي الوعائي Vascular tissue system او النسيج الوعائي Vascular tissue.
ان عدم وجود جدران ثانوية ملكننة في العناصر الناقلة للحاء يجعل هذا النسيج اقل وضوحا وأصعب تشخيصا ودراسة من نسيج الخشب وأهم العناصر الموجودة في لحاء مغطاة البذور هي الانابيب المنخلية والخلايا المرافقة والخلايا البراكيمية والالياف.

1- الانابيب المنخليةSieve tubes: وهي تراكيب انبوبية تتألف كل منها من سلسلة من خلايا طويلة تتصل مع بعضها عند نهاياتها مكونة انبوبة طويلة وظيفتها نقل الغذاء بصورة مذابة وتسمى الخلايا التي تشترك في تكوين الانبوبة المنخلية بوحدات الانبوبة المنخليةSieve tube members، وعند نضج وحدات الانبوبة المنخلية تنحل نواتها بينما يبقى السيتوبلازم وتتكون في السيتوبلازم اجسام صغيرة يطلق عليها الاجسام الهلاميةSlime bodies التي لا تلبث ان تنتقل الى العصير الخلوي.
وتتميز الانابيب المنخلية بوجود صفائح منخليةSieve plates في الجدران النهائية للوحدات المكونة لها، وقد توجد الصفائح المنخلية احيانا في الجدران الجانبية لوحدات الأنابيب المنخلية، وتحتوي الصفيحة المنخلية على ثقوب Pores تخترقها خيوط بروتوبلازمية سميكة تشبه البلازمودزمات الا انها تختلف عن الاخيره بسمك قطرها واحاطتها بماده الكالس Calles اثناء اختراقها الصفيحة.
ويطلق على هذه الخيوط البروتوبلازمية بالخيوط الرابطةConnecting strands لكونها تربط بين سايتوبلازم الخليتين المتتاليتين. اما الكالس او الكالوس فهو مادة كربوهيدراتية متعددة السكريات كما انها تتميز باصطباغها باللون الازرق عند معاملتها بازرق الانيلينAniline blue وبمرور الزمن تزداد اسطوانة الكالس المحيطة بالخيوط الرابطة على حساب الخيوط نفسها مما يؤدي الى ان تصبح الاخيرة اكثر نحافة بالتدريج حتى تتلاشى تماماوعندها تفقد الانبوبةالمنخلية وظيفتها الناقلة، وعند موت الانبوبة المنخلية تختفي ماده الكالس تماما وتصبح الصفائح المنخلية ذات ثقوب ظاهرة.
ان وجود الانابيب المنخلية في نباتات مغطاة البذور يعتبر من الصفات المميزة لنباتات هذه المجموعة، اما عاريات البذور والسرخسيات فلا وجود للأنابيب المنخلية في لحائها عادة بل توجد بدلاً من ذلك الخلايا المنخليةSieve cells.

2- الخلايا المرافقة Companion cells: وهي خلايا برنكيمية متخصصة ذات بروتوبلاست فعال يحتفظ بسيتوبلازمه ونواته ما دامت الخلايا حية وترتبط الخلايا المرافقة مع وحدات الانبوبة المنخلية ارتباطا وثيقا في الموقع والمنشأ والوظيفة حيث يقترن بكل وحده من وحدات الانبوبة المنخلية خلية

مرافقة واحدة او اكثر تمتد بمحاذاتها وتنشا من نفس الخلية المرستيمية التي نشات منها وحدة الانبوبة المنخلية تلك.
ان الارتباط الوثيق بين الخلية المرافقة الحاوية على نواة وبين وحدة الانبوبة المنخلية الخالية من النواة يشير الى وجود ارتباط وظيفي وثيق بينها ويقتصر وجود الخلايا المرافقة على لحاء مغطاة البذور Angiosperms.

3- الياف اللحاء Phloem parenchyma: تمثل الألياف إحدى المكونات المالوفة في اللحاء سواء كان ذلك بالنسبةللابتدائي او الثانوي وقد توجد الخلايا المتصلبةSclereids جنبا الى جنب مع الالياف في بعض الاحيان او ان تكون موجودة لوحدها في حالات نادرة.
وفي اللحاء الابتدائي تكون الالياف موجود الى الخارج من هذا النسيج بصورة متجمعة بينما تكون الالياف في اللحاءالثانوي موزعة بطرق مختلفة ضمن انواع الاخرى من الخلايا وتؤدي الالياف وظيفة ميكانيكية، كما ان الياف اللحاء في ذوات الفلقتين تمثل المصدر الرئيس للألياف التجارية وبخاصة تلك المستخرجة من السيقان.

4- برنكيما اللحاء Phloem parenchyma: توجد الخلايا البرنكيمية في اللحاء كأحد مكونات هذا النسيج سواء في اللحاء الابتدائي ام الثانوي وتقوم الخلايا البراكيمية هذه بوظيفة الخزن حيث تخزن الماء وبعض المواد الغذائية كالنشا والدهون والمواد الدباغية والمواد الراتنجية وغيرها كما وقد توجد البلورات ايضا.
وتوجد الخلايا البارنكيمية في اللحاء الابتدائي بصورة منفردة او على شكل مجموعات اما في اللحاء الثانوي فتكون الخلايا البارنكيمية متميزة الى مجموعتين تقع الاولى منها ضمن النظام المحوري وتمتد باتجاه العضو النباتي اما المجموعة الاخرى فتؤلف النظام الشعاعي وتمتد على هيئة صفوف شعاعية أو قطرية يطلق عليها اشعة اللحاء Phloem ray.

اللحاء الابتدائي والثانوي Primary and secondary phloem

وكما هوالحال في الخشب فان اللحاء يتميز هو الاخر بالنسبة للمنشا الى لحاء ابتدائي عندما يشتق مباشرة من الكامبيوم الأولي ولحاء ثانوي عندما يشتق من الكامبيوم الوعائي، ويتميز اللحاءالأبتدائي بدوره الى لحاء أول Protophloemولحاء تالي Metaphloemتبعا لنفس الأسس التي ذكرت في تصنيف الخشب الابتدائي الى خشب أول وخشب تالي.
ويتميز اللحاء الأول بصغر قطر الوحدات المنخلية فيه وعدم وضوحها الا انها تكون عديمة النوى بعد النضج وحاوية في مغطاة البذور على صفائح منخلية تحتوي على ماده الكالوس Callose، اما الخلايا المرافقة فهي اما ان تكون موجودة او معدومة وتحصل عملية تميز اللحاء الأول من الكامبيوم الاولي في مرحلة مبكرة من النمو عندما يكون العضولازال في مرحلة نمو سريع في الطول مما يؤدي الى تمزق هذا الجزء من اللحاء وفقده لوظيفته بعد فتره قصيرة من تكوينه.
اما اللحاء التالي Metaphloem فيتميز بسعة عناصره المنخليةوبوجود خلايا مرافقة فيه كما انه يبقى سليما ومؤديا لوظيفته لفترة اطول، وفي النباتات التي لا يحصل فيها نمو ثانوي يكون اللحاء التالي هو الجزء الوحيد الذي يستمر في اداء وظيفة نقل الغذاء في الأعضاء البالغة في النبات، اما اللحاء الثانوي فينشئ في الكامبيوم الوعائي خلال فتره التغلط الثانوي للسيقان والجذور.

ويؤلف اللحاء الثانوي جزء صغيرا من الساق او الجذر او الفرع الذي يتكون فيه اذا ماقورن بحجم الخشب الثانوي المتكون في نفس الفترة، كما ان اللحاء الثانوي القديم لا يلبث ان يتمزق ويفقد وظيفته ثم ينعزل عن بقية الانسجة الداخلية نتيجة لتكون البشرة المحيطة.
بينما يتراكم الخشب الثانوي المتكون في العضو النباتي سنه بعد اخرى دون ان ينفصل عن العضو نجد ان اللحاء الثانوي يفقد بعض اجزاءه بين فتره واخرى بفعل تكوين البشرة المحيطة حيث يسقط دوريا على شكل قلف Bark.
ان اللحاء الثانوي يفقد وظيفته عاده بعد مرور سنة واحدة من تكوينه وعلى ذلك فان اللحاء الثانوي الوظيفي يقتصر على الجزء المتكون خلال اخر فصل من فصول النمو بينما تموت الاجزاء الاخرى منه او تتساقط.

أعضاء جسم النبات

يتكون جسم النبات البالغ من مجموعتين من الأعضاء هما مجموعة الأعضاء الخضرية وتضم الجذر والساق والأوراق ومجموعة الأعضاء التكاثرية وتشمل الإزهار وينتج من الأزهار الأثمار والبذور.

1-الجذورRoots
جزء النبات الذي ينمو غالباً تحت سطح التربة ويقوم بالتثبيت والامتصاص والخزن أحيانا، وينشأ أساسا من جذير الجنين وعندئذ أما أن يستمر بالنمو ليكون الجذر الابتدائي وقد يتفرع ليكون المجموع الجذري الوتدي أو يموت الجذير وتنشأ عوضا عنه مجموعة من الجذور من قاعدة الجنين وتدعى مجموعة الجذور العرضية.

وعليه تمتلك النباتات نظامين جذريين هما:
النظام الجذري الوتدي 1- Tap root system
ويتكون من جذر رئيسي واحد يمتد إلى عمق معين في التربة وتتفرع منه جذور ثانوية وثالثية وهكذا ويعد من مميزات ذوات الفلقتين وعاريات البذور.
2- النظام الجذري العرضيAdventitious root system
وتنشأ بعد موت الجذر الابتدائي من قاعدة الساق وقد تتفرع لتكون ليفية كما في النجيليات، وتمتاز به نباتات ذوات الفلقة الواحدة.

يتكون الجذر من المناطق التالية بدأ من الأسفل باتجاه الأعلى القلنسوة، المرستيم القمي، منطقة الاستطالة، منطقة الشعيرات الجذرية.

2-الساقStem
جزء النبات الذي يقع فوق سطح التربة غالباً تمتاز الساق بوجود العقد والسلاميات تحمل الأوراق عادة عند منطقة العقد, فضلاً عن وجود البراعم وأحيانا الحراشف تقوم الساق بحمل الأوراق وتعريضها إلى أشعة الشمس وتوصل الماء والمواد الأولية من الجذر إلى الأوراق، كما أنها تقوم بتوزيع المواد الغذائية على أجزاء النبات. والتركيب الضوئي عندما تكون خضراء وكذلك خزن المواد الغذائية السيقان تكون بأنواع مختلفة، فقد تكون هوائية (القائمة والصاعدة والضعيفة) أو تكون السيقان أرضية كالأبصال والدرنات والرايزومات وبعض السيقان تكون محورة .

3-الورقة Leaf

جزء النبات الخضري الذي يحمل على عقد السيقان وتمتاز غالباً بكونها واسعة ومنبسطة وتقوم بالتركيب الضوئي والنتح والتنفس و تمتاز الأوراق بصفات مختلفة، فقد تكون جالسة مباشرة على عقد الساق أو محمولة على سويق وقد تلحق بالأوراق زوائد مثل الاذينات والاذينات النصلية.

4- الزهرة Flower

عبارة عن غصن محور يحمل أوراق متخصصة لغرض التكاثر أو المساعدة عليه وهي عضو التكاثر في النباتات الزهرية. تتكون الزهرة النموذجية من أربع حلقات وهي:

الكأس وهي الحلقة الخارجية من الزهرة ويتألف من عدد من الوحدات تدعى السبلات وهو اخضر اللون غالباً

المكونات اللاعضوية في النبات وأنواعها
المكونات اللاعضوية Inorganic Components

أولا: الماءWater

يشكل الماء أعلى نسبة بين المركبات الكيميائية الموجودة في الكائنات الحية حيث يمثل حوالي 60 - 95% من الوزن الكلي لمختلف الخلايا والأنسجة. أن الماء مذيب طبيعي للايونات المعدنية ولا يمكن أن يستغنى عنه في العمليات الايضية التي تتم كلياً داخل محيط مائي كما يكون الماء كوسط انتشار للنظام الغروي للبروتوبلازم حيث أن الماء يمتزج بسهولة مع البروتوبلازم فضلاً عن أن جزيئات الماء تسهم كذلك في العديد من التفاعلات الأنزيمية في الخلية ويمكن أن تنشأ نتيجة العمليات الايضية. ويوجد الماء في الخلية على شكلين:

1- ماء حرFree water :

وهو الماء الذي ينتقل بحرية بين مكونات الخلية ويدخل في عمليات التحول الغذائي (الايض) ويعمل وسطاً للتفاعلات الكيميائية ويشكل نسبة 95% من كمية الماء الموجود في الخلية.

2- ماء مقيد Bound Water:

وهو الماء المتصل بجزيئات البروتين بروابط كيميائية أي انه يدخل ضمن تركيب مكونات الخلية وتقدر نسبته 4-5% من كمية الماء الموجود في الخلية.

يمتلك الماء بعض الخواص الكيميائية والفيزيائية الفريدة والتي جعلته ملائماً جداً للأنظمة البايولوجية ومن أهم الخواص البايولوجية المهمة للماء هي القطبية والآصرة الهيدروجينية ، فيما يتعلق بقطبية جزيئه الماء فأن من صفات الماء امتلاكه قوة تجاذب وتماسك كبيرتين حيث أن كل ذرة من ذرتي الهيدروجين تشترك بزوج من الالكترونات مع ذرة الأوكسجين. ونظراً لان جزيئة الماء متعادلة كهربائياً

فان الشحنات الموجبة والسالبة بعيدة جداً بعضها عن البعض كما أن جزيئة الماء تعد ثنائية القطبية وهذه الحقيقة هي السبب الرئيس المسؤول عن قوة التجاذب بين جزيئات الماء ونظراً للكهربائية السالبة لذرة الأوكسجين ومقدار الزاوية التي تربط بين ذرتي الهيدروجين أصبحت جزئية الماء قطبية فذرة الأوكسجين تحمل شحنة سالبة جزئياً ويحمل كل من ذرتي الهيدروجين شحنة موجبة جزئياً ولكون الماء مركباً قطبياً لذلك يعد مذيباً جيداً للمركبات القطبية ولكنه غير قابل للامتزاج بالمركبات غير القطبية الحاوية على مجاميع كارهة للماء.

لذلك فان الماء يمتلك الصفات التالية:

1- الماء مذيب.

2-يعد الماء متماسكاً ومتلاصقا: تظهر هاتان الصفتان نتيجة للشد السطحي لجزئيات الماء فالماء عبارة عن مادة متماسكة ومتلاصقة والتي تفسر الخاصية الشعرية وقابلية التحرك إلى الأعلى.

3- قابلية استيعاب عال للحرارة: أن أهمية هذه الصفة تعود إلى أن الكائن الحي بإمكانه أن يكتسب أو يفقد حرارة عالية نسبياً بأقل ما يمكن من تغيير قي درجة حرارة الجسم.

4- ارتفاع درجة حرارة التبخر: أن تبخر الماء من السطح يولد تبريداً كبيراً وعليه فان عدداً كبيراً من الكائنات الحية تتخلص من الحرارة الزائدة عن طريق التبخر.
5- درجة انصهار عالية: وتكمن أهمية ارتفاع درجة انصهار الماء في المحافظة على الكائنات الحية من الانجماد فكلما زادت درجة حرارة الانصهار تطلب رفع تلك الدرجة لذلك السائل لغرض تحويله إلى صلب.

ثانياً: الأملاح والايونات Ions&Salt

تعد الاملاح ضرورية للمحافظة على الضغط الازموزي والتوازن الحامضي القاعدي للخلية حيث يزداد الضغط الازموزي داخل الخلية بزيادة تراكيز الايونات مما يؤدي إلى دخول الماء إلى داخل الخلية. أن تراكيز الايونات في السائل الخلوي تختلف حسب نوعية الايونات فمثلاً تكون تراكيز ايونات البوتاسيوم والمغنسيوم داخل الخلية عالية في حين أن ايونات الصوديوم والكلوريد توجد بشكل رئيسي خارج الخلية كما يعد الفوسفات المصدر الرئيسي داخل الخلية.

ثالثاً: الغازات Gases يحتوي برتوبلازم الخلايا على بعض الغازات ومنها:

أ- غاز الأوكسجين الذي يتم الحصول عليه بفعل عملية التنفس أو مع عملية احتراق السكر أو المادة الغذائية.
ب- غاز ثنائي اوكسيد الكربون وهو من نواتج عملية الايض في الكائنات الحية إلا أن أهميته تظهر في النباتات والطحالب لأهميته في عملية البناء الضوئي لتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية متمثلة في بناء المواد الكاربوهيدراتية السكرية في الخلاياوله دور مهم في النبات في عملية فتح وغلق الثغور.تكرار المونوميرات بال بوليمير (متعدد الوحدات) أن اختلاف عدد المونوميرات المكونة لجزيئة كبيرة معينة يؤدي إلى تكوين جزيئات ذات صفات مختلفة منها ومن المكونات العضوية للخلية الكاربوهيدرات والبروتينات والليبيدات والأحماض النووية.

المكونات العضوية Organic component (التركيب والوظيفة)

1- الكاربوهيدرات CH_2O
هي عبارة عن الديهايدات أو كيتونات متعددة الهيدروكسيل وهي مشتقة من عملية تثبيت ثنائي اوكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي وتحويله إلى كربوهيدرات وذلك من خلال عملية البناء الضوئي كالنشا والسليلوز والسكروز وتشترك هذه المواد الأولية في توليد الطاقة أثناء عملية التنفس والطاقة المتولدة ذات فائدة كبيرة.

أهمية الكربوهيدرات

1- تعتبر مصدراً أساسيا كبيراً للطاقة.
2- تدخل في عملية تكوين بعض محتويات الخلية مثل البروتينات والدهون والأحماض النووية والكاربوهيدرات الأخرى.
3- تدخل في بناء جدار الخلية.

تصنف الكربوهيدرات تبعاً لقابليتها على التحلل المائي ونتائجه إلى:

أ-السكريات الأحادية أو البسيطة: وهي السكريات التي لا يمكن أن تتحلل إلى أشكال مبسطة أخرى مثل السكر الخماسي الرايبوز والسكر السداسي الكلوكوز.
ب- السكريات الثنائية: وهي السكريات التي ينتج عن تحللها المائي جزيئتين من سكر أحادي من نوع واحد أو من نوعين مختلفين ومن السكريات الثنائية سكر (اللاكتوز).
ج- السكريات المتعددة: تتكون السكريات المتعددة من سلاسل طويلة جداً محتوية على وحدات بنائية من السكريات الأحادية المتكررة لنوع واحد أو لنوعين مختلفين ومثال على ذلك النشأ الذي يخزنه النبات في البذور والدرنات.

2- البروتينات

وهي تشمل مركبات عضوية ونيتروجينية تدخل في تركيب بروتوبلازم جميع الخلايا وتكثر نسبة المواد البروتينية في الأنسجة الحيوانية عنها في الأنسجة النباتية والوظيفة الأساسية للمواد البروتينية هي بناء الأنسجة لا تخزن المواد البروتينية غالباً إلا في حالات خاصة كما في البقوليات كالفول والعدس. وتحتوي بعض البروتينات على الفسفور وبعض العناصر الأخرى مثل الحديد والنحاس والمنغنيز واليود وتختلف نسبة هذه المواد باختلاف مصادر البروتين وتتكون جزيئة البروتين الطبيعي من سلسلة واحدة أو أكثر من السلاسل الببتيدية التي تتكون من الأحماض الامينية التي ترتبط مع بعضها البعض بروابط ببتيدية وعادة يكون وضع الذرات والمجموعات حول الروابط الببتيدية.

تصنيف البروتينات

أولا: تصنف البروتينات استناداً إلى تركيبها الكيميائي إلى صنفين رئيسين:
1- البروتينات البسيطة:
وهي تلك البروتينات التي ينتج عن تحليلها المائي أحماض امينية فقط أو مشتقاتها مثل الالبومينات.
2- البروتينات المقترَنة (المرتبطة):
وهي البروتينات التي ينتج عن تحليلها أحماض أمينيه ومركبات عضوية وغير عضوية مثل الكربوهيدرات واللبيدات.

ثانياً: تصنف البروتينات استناداً إلى أبعادها الكلية إلى صنفين رئيسيين:

1- البروتينات الحويصلية أو الكروية 2- البروتينات الليفية

ثالثاً: تصنف البروتينات اعتماداً على وظيفتها الحيوية: الأنزيمات والبروتينات الناقلة والهرمونات والاوكسينات والبروتينات الخازنة.

الأنزيمات

وهي محفزات بروتينية تبنى داخل الخلية الحية وتعمل كعوامل مساعدة بايلوجية للتعجيل من معدل سرعة التفاعلات الحياتية وتحوي الخلية الواحدة ما يقارب من (1000) من الإنزيمات المختلفة وهو السبب الذي يجعل الخلية تعمل بكفاءة عالية.

وظائف الأنزيمات

1- لا تستنفذ ولا تتغير بعد تحفيزها للتفاعل.
2- تخفض طاقة التنشيط للتفاعل .
3- تعمل بدرجة عالية من التخصص على جزء معين أو مجموعة جزيئات معينة تنتمي لصنف واحد.

3- اللبيدات

وتتكون من أحماض دهنية ذات الوزن الجزيئي العالي ومواد أخرى مثل الفوسفاتيدات والاستيرولات والكاروتينات وتعرف أيضا بأنها مجموعة المواد الحيوية التي لا تذوب في الماء ولكن تذوب في المذيبات العضوية وهي مواد غير متصلبة.

أهم وظائفها: أنها مصدر للطاقة في الجسم ، تعمل عازلة للحرارة في الجسم، تدخل في تركيب الأغشية.

تنقسم الليبيدات على أساس مكوناتها من الاسترات إلى ما يلي:
1- الليبيدات البسيطة: وهي عبارة عن أسترات الأحماض الدهنية مثل الكليسرين.
2- الليبيدات المركبة:وهي أسترات أحماض دهنية مع الكحول ويدخل في تركيبها مركبات أخرى مثل حامض الفوسفوريك.

3- الليبيدات المشتقة:هي الليبيدات التي تنتج من التحلل المائي لليبيدات البسيطة والمركبة.

علم وظائف الأعضاء النباتية

1- البناء الضوئي: Photosynthesis

تعد عملية البناء الضوئي أهم العمليات الحيوية على وجه الأرض ولجميع الكائنات. يمكن القول إن معظم الطاقة التي يستخدمها الإنسان هي من عملية التمثيل الضوئي وبصورة عامة يمكن اعتبار معظم المواد العضوية في النباتات الخضراء على أنها ناتج عملية البناء الضوئي . ففي هذه العملية يتم اخذ الكاربون من Co_2 الموجود بهيئة غاز أو مذاب بالماء ويتكون منه مركب كاربوني عضوي وتعد هذه العملية البداية لعمليات البناء في داخل الخلايا النباتية وتتضمن عملية التمثيل الضوئي اختزال Co_2 ترافقها عمليات أكسدة للماء وتحرر غاز الأوكسجين, ولهذه العملية عوامل تؤثر على سيرها هي:

1- **الماء**: أن للماء تأثير على عملية البناء الضوئي فعند حصول الجفاف الشديد تغلق الثغور وينخفض دخول غاز CO_2 وبالتالي ينخفض البناء الضوئي ، كما أن الجفاف الشديد يؤدي إلى سحب الماء من البروتوبلازم وهذا بدوره يؤثر سليبا في نشاط الأنزيمات في الخلية منها أنزيمات البناء الضوئي .

2- **الأوكسجين**:يعتقد أن الأوكسجين يؤثر في البناء الضوئي من خلال تنافس الأوكسجين مع غاز CO_2 على الهيدروجين عند وجود تراكيز عالية من الأوكسجين ففي هذه الحالة يمنح المركب الاختزالي NADPH2 الهيدروجين إلى الأوكسجين بدل CO_2 وبالتالي تنخفض عملية البناء الضوئي ، كذلك يمكن إن يحدث التأثير من عملية التنفس بصورة كبيرة بسبب التركيز العالي للأوكسجين يؤدي إلى حرمان عملية البناء الضوئي منها وبالتالي إلى خفض معدلها.

3- **ثاني اوكسيد الكربون**:تؤثر كل من عملية انتشار غاز CO_2 وتركيزه في معدل عملية البناء الضوئي ، فقد لوحظ أن انتشار الغاز إلى داخل أنسجة الورقة من خلال الثغور يتأثر بسعة الثغر فهو يتناسب طرديا مع نصف قطر الثغر . كما وجد أن زيادة التركيز تؤدي إلى زيادة التمثيل الضوئي ولكن إلى حد معين بعدها ينخفض المعدل بزيادة التركيز.

4- **الضوء** : انخفاض شدة الإضاءة تؤدي إلى انخفاض معدلات عملية البناء الضوئي.

5- **درجة الحرارة**:تؤثر درجات الحرارة بصورة واضحة في عملية البناء الضوئي فدرجات الانجماد تؤدي إلى تجمد الماء في داخل المسافات البينية ومنع دخول غاز CO2 وبالتالي خفض معدل البناء الضوئي أما درجات الحرارة العالية فتؤثر سلبيا على نشاط أنزيمات تفاعلات الظلام مسببا خفض البناء الضوئي .

أهمية عملية البناء الضوئي:

1- إنتاج الأوكسجين اللازم لعملية التنفس.
2- الحفاظ على ثبات O_2 , Co_2 في الجو.
3- إنتاج مواد عضوية معقدة من مواد غير عضوية أولية بسيطة.

تحدث عملية البناء الضوئي في البلاستيدات الخضراء وهي عضيات خلوية موجودة في السايتوبلازم, وتحتوي على الكلوروفيل الذي يحتوي الصبغة الخضراء Green pigment وهي المسؤولة عن اللون

الأخضر للنبات. وكلما زاد عدد البلاستيدات دل ذلك على نشاطها في البناء الضوئي. المنطقة الشفافة في البلاستيدة تسمىStroma ستروما وهي سائل كثيف يوجد بين الغشاء الداخلي للبلاستيدةوالغرانا وتحتوي على معظم الأنزيمات اللازمة لعملية البناء الضوئي بالإضافة إلى حبيبات نشوية وجزيئات RNA,DANورايبوسومات. أما أغشية البلاستيدة فتسمى Grana غرانا تترتب مثل قطع النقود المعدنية وبزيادة الغرانا يدل على زيادة البناء الضوئي.

آلية البناء الضوئي:

تتضمن عملية البناء الضوئي سلسلة من التفاعلات الكيميائية, يتم فيها امتصاص الطاقة الضوئية وتحويلها إلى طاقة كيميائية تخزن في المركبات العضوية, وتشمل مرحلتين تبعاً لحاجتهما للضوء:

المرحلة الأولى: التفاعلات الضوئية: يتم فيها امتصاص الطاقة الضوئية بواسطة جزيء الكلوروفيل وتحويلها إلى طاقة كيمياوية تخزن موقتاً في جزيئات غنية بالطاقة.
المرحلة الثانية: التفاعلات اللاضوئية أو تفاعلات الظلام : تستخدم الجزيئات الغنية بالطاقة في بناء مركبات سكر ثلاثية الكربون بإضافةCo_2 في سلسلة من تفاعلات تشكل حلقة كالفن ويتم في هذه المرحلةخزن الطاقة في السكريات والمركبات العضوية الأخرى الناتجة منها.

التنفس Respiration

تستمد الكائنات الحية الطاقة المخزونة في المركبات العضوية من خلال أكسدتها وتفتيتها فتنطلق الطاقة المخزنة على حالة طاقة نشطة تستغل في العمليات الحيوية المختلفة وكذلك في تنشيط بعض المركبات الكيماوية لتكوين مركبات جديدة تساهم في زيادة كمية البروتوبلازم, وبالتالي نمو الكائن الحي. وتعرف عملية تفتيت وأكسدة المركبات العضوية وانطلاق الطاقة المخزنة بها على شكل طاقة حرة بعملية التنفس وعلية فالتنفس هو عملية أكسدة واختزال تحدث في جميع الخلايا الحية فتسبب انطلاق الطاقة الكامنة في المواد المتفاعلة على شكل طاقة نشطة وبالتالي فهي عكس عملية البناء المعروفة بالتمثيل الضوئي.
يحدث التنفس في عضيات صغيرة تعرف بالمايتوكوندريا وهي بمثابة بيت الطاقة, حيث تحتوى على أنزيمات التنفس وهى أجسام محاطة بوحدتين غشائيتين يضمان بداخلهما الحشوة و أنزيمات دورة كربس ومركبات عديدة من نواتج التفاعلات الأنزيمية والسيتوكرومات ويلاحظ كثافة المايتوكوندريا في الخلايا النشطة مثل الخلايا المرستيمية حيث تسود بها المايتوكوندريا. ونظرا لاحتواء المايتوكوندريا علي DNAفان لها القدرة على الانقسام دون الاعتماد على النواة

النتحTranspiration

يعرف النتح بأنه فقدان الماء من أنسجة النبات (ساق ، أوراق) على هيئة بخار، يفقد النبات معظم الماء من خلال الثغور.

هناك ثلاثة أنواع من النتح :
النتح الثغري : وهو الماء المفقود عبر الثغور.
النتح الآدمي : وهو الماء المفقود عبر الأدمة من خلال البشرة.

النتح العديسي : وهو الماء المفقود عبر العديسات المنتشرة على سيقان النبات، والماء المفقود من خلالالأدمة والعديسات يعتبر ضئيلاً جداً إذا ما قورن بعملية النتح الثغري.
إن للنتح أهمية كبرى في النباتات فهو المسبب الأساسي لصعود العصارة النباتية (الماءالممتص من التربةو الأملاحالمذابة فيه) للأوراق والساقفي أعالي النباتاتوتعرف هذه الظاهرة بالقوة السالبة. .

فتبدأ بتبخر الماء من النسيج الأسفنجي في الورقة مما يؤدي لزيادة الازموزية في خلاياالورقة مما يؤدي لسحب الماء من الأوعية الخشبية الموجودة في الساق والتي بدورها تسحب الماءمن الأوعية الخشبية الموجودة في الجذور والتي تستمد الماء من التربة وهكذا يتم رفع الماء لأعالي الأشجار. و تعتمد هذه الخاصية على قوة تماسك جزيئات الماء مع بعضها البعض وقدرتها على الالتصاق بجدران الأوعية الخشبية الموجودة بها.

آلية فتح وإغلاق الثغور

للخلايا الحارسة جدار داخلي والمواجه للفتحة الثغرية سميك، مقارنة مع الجدران المقابلة لها أي الخارجية ذات الجدر المرنة. يزداد الضغط الانتفاخي للخلايا الحارسة بدخول الماء إليها من الخلايا المجاورة. بانتفاخ الخلايا الحارسة تتأثر جدرانها الداخلية وهي الارق بشكل أكبر من تأثر الجدران السميكة أي الخارجية ، ولذلك تتمدد إلى داخل خلايا البشرة المحيطة .ويؤدي التغير الحاصل في شكل الخلايا الحارسة إلى زيادة مساحة فتحة الثغر .أما نقصان الانتفاخ في الخلايا الحارسة فيحدث بسبب فقدان الماء، ومن ثم يسمح بتقلص الحجم بأن تستعيد الجدران الداخلية المرنة شكلها الأولي مما يسبب في انغلاق الثغر.

العوامل المؤثرة على النتح

عوامل داخلية : اتساع الفتحات الثغرية وعددها وكمية المحتوى المائي للخلايا.
عوامل خارجية: حركة الهواء - معدل الرطوبة - الحرارة - الضوء.
عوامل نباتية :نسبة المجموع الجذري إلى نسبة المجموع الخضري - مساحة الورقة - عدد الثغور وتركيب الورقة.

الامتصاص Absorption

هو انتقال الماء من التربة إلى الشعيرة الجذرية بآلية أزموزية بسيطة عندما تكون قوة الامتصاص الأزموزية للشعيرة الجذرية أعلى من المحلول الأزموزي للتربة فتزداد درجة امتلاء خلايا الشعيرة الجذرية وتنخفض قوة امتصاصها الأزموزية عن قوة امتصاص خلايا القشرة الملاصقة وهكذا يستمر انتقال الماء من خلية إلى أخرى حتى يصل إلى أوعية الخشب.
ويندفع الماء الممتص إلى داخل أوعية الجذر الخشبية بقوة دافعة تنشأ عن الفرق بين ضغطي محلول التربة والعصارة الخشبية الذي يطلق عليه الضغط الجذريRootpressure.

وهناك قوة أخرى يدخل الماء بواسطتها إلى الجذور وهي قوة الامتصاص السلبي للماء الناتج عن النتح، فعندما تفقد خلايا النسيج الوسطي في الورقة بعض مائها بعملية النتح ترتفع قوة امتصاصها الأزموزية وتسحب الماء من الخلايا المجاورة لها وهذه بدورها ترفع قوة امتصاصها الأزموزية ومن ثم تسحب الماء من الخلايا المجاورة لها، وهكذا إلى أن يصل السحب إلى الأوعية الخشبية للورقة.

وعلى ذلك الأساس يتعرض الماء في هذه الأوعية إلى شد من أعلى، ولما كان الماء في الأوعية الخشبية يكون خيطاً متصلاً من الجذر إلى الورقة فإن قوة الشد تنتقل إلى أسفل خلال عمود الماء **كله، وعندما تصل** هذه القوة إلى عمود الماء في القنوات الخشبية في منطقة الامتصاص يبدأ الماء في الانتقال إلى هذه القنوات من الخلايا الحية الملاصقة لها، فتزداد قوة الامتصاص الأزموزية للخلايا الأخيرة وينتقل الماء إليها من التربة، ويدخل معظم الماء إلى الجذر بآلية الامتصاص السلبي.

العوامل المؤثرة في امتصاص الجذر للماء

1- تركيز محلول التربة
2- المحتوى المائي للتربة
3- درجة حرارة التربة والجو
4- تهوية التربة

اما بالنسبة إلى محلول التربة فإن امتصاص النبات الوسطي للماء يقل بزيادة المحتوى الملحي لمحلول التربة، وتستطيع النباتات الوسطية أن تساير الزيادة في تركيز محلول التربة إلى حدود معينة وبعدها يعجز النبات عن امتصاص الماء.

العوامل المؤثرة في نمو النبات

1- الماءWater

الماء هو العامل الرئيسي لنمو النباتات وتوزيعها ، ويعد من أهم العوامل المحددة لنجاح عملية الزراعة في منطقة ما– وتختلف نسبة الماء في النباتات المختلفة ، فهو يكون أكبر جزء من مكونات النبات.
وتقدر نسبة الماء في النباتات بأكثر من 75%ويؤثر محتوى التربة الرطوبي في كثير من العمليات الفسيولوجية التي يقوم بها النبات, ويستطيع النبات بواسطة الماء نقل المواد الغذائية التي يصنعها في أوراقه إلى سائر أعضاء جسم النبات, بالإضافة إلى ذلك فأن المياه تعمل على ضبط درجة حرارة جسم النبات بعملية النتح. وتختلف احتياجات النباتات من المياه فان المناطق الوفيرة الأمطار تكون غنية بغاباتها الطبيعية فتنمو الأشجار الضخمة ذات الأوراق العريضة, بينما تنمو الحشائش في الجهات القليلة المطر, وتنمو النباتات الصحراوية في الجهات الجافة. ولقد صنفت النباتات الطبيعية حسب حاجتها إلى ثلاثة أنواع:

أ- النباتات الصحراوية: وهي النباتات التي تكيفت للعيش في البيئة الجافة حيث تكون رطوبة التربة منخفضة وتمتاز بما يلي :
1- أوراقها صمغية أو شمعية لتقلل من كمية الماء المفقود بالنتح.
2- ثغورها على السطح السفلي للورقة.
3- أوراقها وسيقانها محتوية على عصارة مائية تخزنها في موسم سقوط الأمطار.
4- جذورها طويلة متوغلة عميقاً في التربة أو تنتشر على مساحة كبيرة لتحصل على اكبر كمية من المياه.
ب- النباتات المائية: تحتاج لنموها إلى كميات كبيرة من المياه وتنمو في الاهوار والمستنقعات وعلى ضفاف الأنهار والبحيرات .

ج- نباتات البيئة المعتدلة الرطوبة: تنمو في جهات تتصف بأمطار وافرة وتربة عميقة جيدة الصرف تحتفظ بالمياه وتساعد على نمو نباتات كثيفة منتشرة في جميع إنحاء المنطقة.
د- النباتات المتغيرة: وهي التي تتغير من فصل لأخر كنباتات الجهات الموسمية التي يتصف مناخها بفصل جاف فتنفض أوراقها خلاله وتتوقف عن النمو لتعاود في فصل سقوط الأمطار نموها من جديد.

2-الحرارةHeat

تعتبر الحرارة عنصراً مناخياً مؤثراً على البيئة الحيوية للنبات فهي مصدر الطاقة للنبات وتؤثر على العمليات الفسيولوجية التي يقوم بها النبات فكل صنف من النباتات يحتاج إلى درجة حرارة معينة ليتم دوره نموه ووظائفه كالتركيب الضوئي وتكوين الأزهار ... الخ.وفضلاً عن ذلك فلكل نبات درجة حرارة ملائمة لنموه فإذا انخفضت فستؤدي إلى توقف نمو النبات وقد يموت إذا استمرت بالانخفاض لفترة طويلة, كما تتأثر نشاطاته إذا تجاوزت درجة الحرارة حدها الأقصى. أن الغابات تنمو عندما يكون معدل درجات الحرارة أكثر من 10م خلال أشهر الصيف, بينما تنمو الحشائش في المناطق المعتدلة الباردة عندما يصبح المعدل اليومي 5-10م. وتنمو الحشائش في المناطق المعتدلة الدافئة عندما يكون المعدل اليومي 15-20م.

ولقد صنفت النباتات حسب مقدار تحملها لدرجات الحرارة إلى الأصناف:
نباتات تنمو في ظروف درجات حرارة عالية وهي المناطق التي ترتفع الحرارة عن 18م.
نباتات تنمو في ظروف درجات حرارة متوسطة وهي المناطق التي تكون درجة حرارة ابرد الشهور من 6-18م.
نباتات تنمو في ظروف درجات حرارة واطئة وهي المناطق التي تكون درجة حرارة ابرد الشهور أكثر من 6م.
نباتات تنمو تحت ظروف درجات حرارة دنيا وهي المناطق التي تكون درجة حرارة أدفئ الشهور اقل من 10 م.

3- الضوء Light

يعتبر الضوء عاملاً مناخياً مؤثراً على البيئة الحيوية للنبات الطبيعي فهو يعتبر عاملاً مساعداً يستفيد منه النبات في صنع غذائه بعملية التركيب الضوئي الذي يتمكن النبات من خلاله من بناء أنسجته وبالتالي يستمر في النمو والحياة, ولذلك يكون النمو النباتي ضعيفاً في المناطق التي يقل فيها الإشعاع الشمسي إلا إذا كان النبات الطبيعي من النوع الذي ينمو في الظل. صنفت النباتات إلى 3 مجموعات تبعاً لاستجابتها للفترة الضوئية وهي :
نباتات النهار الطويل: وهي نباتات تهيء للإزهار إذا توفرت فترة ضوئية طويلة تزيد عن 14 ساعة كالمحاصيل الشتوية مثل البرسيم والقمح والشعير.
نباتات النهار القصير:وهي نباتات تهيء للإزهار إذا تعرضت إلى فترة ضوئية تقل عن 10 ساعات كالمحاصيل الصيفية مثل الذرة.
النباتات المحايدة: وهي النباتات التي لا توجد علاقة بين تزهيرها وطول الفترة الضوئية حيث تزهر تحت أي فترة ضوئية بعد أن تمر بفترة كافية لتكوين المجموعة الخضرية ومن أمثلتها عباد الشمس.

العوامل الداخلية المؤثرة في نمو النبات

1- منظمات النمو:Regulators of plants
عبارة عن مجموعات هرمونية طبيعية التكوين والإنتاج ومختلفة في التركيب الكيميائي ومتباينة في تأثيرها البيولوجي تتكون داخل الأنسجة الحية لأفراد المملكة النباتية الراقية منها والبدائية.
يمكن تقسيم الهرمونات النباتية إلى:

1- منشطات النمو (الأوكسينات ، الجبرلينات ، السيتوكينينات)
2- مثبطات النمو مثل (حمض الأبسيسيك ، الفينولات ، الإيثيلين)

أهم تأثيرات الاوكسينات:
1- زيادة التفرع الجانبي أو نقصانه تبعاً للتركيز المستخدم نظراً لتنظيمها للسيادة القمية للبراعم الطرفية للنباتات.
2- لها دور في استحداث تكوين الجذور العرضية على العقد الساقية.
3- تؤثر على تكوين الثمار العذرية الخالية من البذور.
4- زيادة عقد الثمار**.**

أهم تأثيرات الجبرلينات :
1- كسر سكون البذور الفسيولوجي دون الحاجة للتنضيد في أنواع كثيرة بل ويعوض الجبرلين الاحتياجات الضوئية في أنواع أخرى من البذور .
2- تخفيض مدة الارتباع أو تعويضه في النباتات المحتاجة له.
3- تنشيط نمو البراعم الساكنة ويستفاد من ذلك في كسر سكون براعم درنات البطاطس حديثة النضج.
4- تنشيط انقسام واستطالة الخلايا بالنبات الكامل مما يزيد من النمو الخضري.
5- تسرع المعاملة بالجبرلين من الوصول للطور الزهري ومن ثم إسراع الإثمار كما في الموز.
تزهر نباتات النهار الطويل المعاملة بالجبرلين تحت ظروف النهار القصير.

أهم تأثيرات السايتوكينيات:
1- تشجيع تكوين الجذور على عقل بعض الأنواع.
2- الحد من ظاهرة السيادة القمية لمعظم النباتات ويطبق في تشجيع البراعم الجانبية في الورد فتزيد كمية الإزهار.
3- إنهاء طور الراحة في أشجار الفاكهة المتساقطة الأوراق في حالة عدم كفاية برود الشتاء لكسر سكون البراعم.
4- زيادة عقد الثمار في التفاح والتين.

أهم تأثيراتمثبطات النمو:
1- دفع النبات نحو الشيخوخة.
2- تثبيط نمو الفرع.
3- دفع نباتات النهار القصير نحو الازهار.
4- تأخير تفتح الازهار.
5- تشجيع تساقط الأوراق.

6- تشجيع نضج الثمار.
7- تأخير الإنبات.

2- العناصر الغذائية و الغازات

هناك ستة عشر من العناصر الكيميائية المهمة لنمو النبات والبقاء على قيد الحياة. وتنقسم العناصر الغذائية إلى مجموعتين رئيسيتين هما: غير المعدنية والمعدنية.

والمغذيات غير المعدنية هي الهيدروجين(H)والأكسجين(O)، والكربون(C)وتوجد في الهواء والماء. وتتم في عملية التركيب الضوئي، تستخدم النباتات الطاقة من الشمس لتغيير ثاني أكسيد الكربون(CO_2) الكربون والأوكسجين (والماء H2O)والهيدروجين والأوكسجين (إلى لنشويات والسكريات..
أما العناصر الباقية وعدها ثلاثة عشر فهي تأتي من التربة والماء من خلال عملية امتصاص جذور النباتات لها، وغالبا فان التربة الزراعية لا تتوفر فيها كافة هذه العناصر دفعة واحدة لنمو صحي لمختلف أنواع المحاصيل ولهذا يستخدم المزارع والبستاني الأسمدة لإضافة المواد المعدنية للتربة.

*وتقسم العناصر الغذائية المعدنية إلى مجموعتين هي المغذيات الكبرى والمغذيات الدقيقة.

*ويمكن تقسيم المغذيات الكبرى إلى مجموعتين العناصر الأساسية والعناصر الثانوية.

العناصر الغذائية الأساسية هي النتروجين والبوتاسيوم والفسفور وعادة تعاني الترب من نقصهما, لان النباتات تستخدم كميات كبيرة من اجل النمو والبقاء على قيد الحياة.
أما العناصر الغذائية الثانوية فهي الكالسيوم والمغنسيوم والكبريت عادة ما تكون هناك ما يكفي من هذه العناصر الغذائية في التربة تسد حاجة النباتات بحيث لا يتم إضافتهم بشكل دائمي. ويتم إضافة كميات كبيرة من الكالسيوم والمغنسيوم عند إضافة الجير إلى التربة الحامضية لتعديل ال Ph , أما الكبريت فيتم العثور عليه بكميات كافية من التحلل البطيء للمواد العضوية في التربة.

المغذيات الصغرى أو الدقيقةهي تلك العناصر الأساسية لنمو النباتات والتي تحتاجها بكميات صغيرة جدا فقط, وتسمى في بعض الأحيان هذه العناصر بالصغرى أو العناصر النادرة، والمغذيات الدقيقة هي البورون والنحاس والحديد، كلوريد، المنغنيز، الموليبدينوم والزنك.على الرغم من صِغر هذه الكمية في النبات إلا إنها تكفى لإعطاء النمو الأمثل للنبات و المحصول.وتكمن فاعلية العناصر الصغرى في زيادة نمو ونشاط النباتات إلى قدرتها على تغيير تكافؤها داخل النبات مما يزيد من نشاط الإنزيمات اللازمة للعمليات الحيوية المختلفة. وان إعادة تدوير المواد العضوية مثل قصاصات الحشائش وأوراق الأشجار هو وسيلة ممتازة لتوفير المغذيات الدقيقة(فضلا عن المواد الغذائية الرئيسية) لنمو النباتات.

طرائق تصنيف النبات

صنفت النباتات حسبتركيب النبات إلى :
قسم الطحالب عديدة الخلايا: تتواجد في البيئات المائية العذبة والمالحة وفي بقايا الأشجار والصخور التي توجد في التربة الرطبة, وأجسامها لا تتمايز إلى جذور وسيقان وأوراق حيث أن لها أحجام مختلفة فبعضها عبارة عن خيوط (الاسبيروجيرا) وبعضها مستعمرات وبعضها معقد يصل طوله مئات الأمتار.

كما تحتوي على صبغة رئيسية (اليخضور) للقيام بعملية البناء الضوئي وهناك أصباغ أخرى لتعطيها ألوان مميزة. أما الفائض من عملية البناء الضوئي يتجمع فيها **بمراكز على هيئة نشا.**
وتصنف حسب أنواع الأصباغ إلى:

1- قسم الطحالب الخضراء.
2- قسم الطحالب البنية.
3- قسم الطحالب الحمراء.

قسم النباتات الحزازية: تمتاز هذه النباتات بأنها نباتات خضراء أحجامها صغيرة تنمو في المياه والمناطق الرطبة الظليلة, ولا تحتوي على أوراق أو سيقان أو جذور حقيقة ولكن لها أشباه الجذور وسيقان وأوراق. كما أنها لا تحتوي على أنسجة دعامية أو وعائية (خشب - لحاء) وفيها الأمشاج المذكرة متحركة والمؤنثة ساكنة. تشتمل دورة حياتها على ظاهرة تبادل (تعاقب) الأجيال والجيل المشيجي هو السائد على الجيل البوغي. تحافظ الحزازيات على التربة من الانجراف وتكون تربة صالحة للزراعة كما أنها تمتص مياه الأمطار وبالتالي تحافظ على عدم فقدان الماء.

تصنف الحزازيات إلى أ- طائفة الحزازيات المنبطحة ب- طائفة الحزازيات القائمة.

قسم النباتات الوعائية: تحتوي هذه النباتات على انسجه وعائية (خشب ولحاء) وان الجيل البوغي هو السائد على الجيل المشيجي , ويتمايز النبات البوغي إلى جذور وأوراق وسيقان حقيقية وتكون أحجامها كبيرة جداً مقارنة بالحزازيات وتصنف إلى:
1- نباتات لا بذرية (طائفة السرخسيات)
2- نباتات بذرية (عارية البذور - مغطاة البذور)

مغطاة البذور تقسم إلى ذوات الفلقة الواحدة و ذوات الفلقتين.

استعمال العوائل النباتية

ذوات الفلقة الواحدة

1- العائلة النجيلية:النباتات حولية أو معمرة ، عشبية عادة والقليل منها ذو سيقان خشبية قد تصل إلى ارتفاعات كبيرة كما في الغاب. أما النباتات الاقتصادية فيها يستعمل معظمها كغذاء نشوي مثل القمح والشعير والذرة الشامية وقصب السكر الذي يستخدم في استخراج السكر.
2- العائلة النخيلية: النباتات أشجار عادة لها ساق قائمة كبيرة , الأوراق مركبة ريشية كما في النخيل.
3- العائلة النرجسية: النباتات أعشاب معمرة عادة تتكاثر بالريزومات أو الأبصال أو الكورمات.أما النباتات الاقتصادية في هذه العائلة يستعمل اغلبها في الزينة.
4-الرتبة الموزية: نباتاتهاأعشاب معمرة عادة , وتستعمل بعض أنواعه كغذاء للإنسان مثل الموز وأنواع أخرى تستخدم كمصدر للألياف مثل نبات عصفور الجنة الذي يستعمل للزينة.
ذوات الفلقتين :
5- العائلة الصفصافية: النباتات أشجار أو شجيرات ثنائية المسكن عادة, متساقطة الأوراق. ويوجد في هذه العائلة جنسان فقط وهما جنس الصفصاف وجنس الحور وتستعمل أشجار هذين الجنسين للزينة و

كمصدات للرياح, كما يستخرج من قلف أشجار بعض أنواع الحور مركب يستعمل في علاج الروماتيزم وفي الاختبارات البكترويولجية.

6- العائلة التوتية:النباتات أشجار وشجيرات تفرز مادة لبنية, أهم النباتات الاقتصادية فيها التين والتوت الأبيض والتوت الأسود وكلها تستخدم للغذاء كما توجد نباتات تبع الجنس Ficus تستعمل في الزينة كما في التين المطاط.

7- العائلة القرنفلية: النباتات أعشاب حولية أو معمرة , اغلبها نباتات للزينة مثل أنواع القرنفل المختلفة والسيلين والسابوناريا.

8- العائلة الشقيقة:نباتات أرضية عشبية عادة, واغلب نباتاتها للزينة مثل العائق والشقيق والانيمون وحبه البركة الذي يستخرج من بذوره مادة تستعمل في علاج الربو والكحة.

9- الرتبة الخشخاشية: النباتات أعشاب حولية أو معمرة. وكثيراً ماتفرز اللبن النباتي واغلبها نباتات للزينة مثل الاشولزيا والخشخاش الذي يستخرج منه الافيون وهي مادة لبنيه تستخلص من الثمار قبل نضجها الذي يستخرج منه المورفين الذي يستعمل طبياً للتخدير لتخفيف الآلام الناتجة عن الإمراض.

10- العائلة الصليبية:نباتاتها عشبية حولية أو ذات الحولين أو معمرة , والنباتات الاقتصادية بعضها خضراوات مثل اللهانهوالقرنابيط والفجل وبعضها نباتات زينة مثل المنتوروالايبرس.

11-العائلة الوردية: النباتات في هذه العائلة أشجار أو شجيرات و أعشاب وتنتمي لهذه العائلة بعض النباتات الاقتصادية مثل الفراولة وبعض الفواكه مثل المشمش والخوخ والكرز واللوز والتفاح والكمثرى والسفرجل. وكذلك نباتات زينة مثل أنواع الورد.

12-العائلة البقولية: تمتاز نباتات هذه العائلة بأنها أعشاب أو شجيرات أو أشجار وتتكون في جذور بعض النباتات عقد جذرية تحتوي على العقد الجذرية المثبتة للنيتروجين. وتشمل معظم أنواع البقوليات .

13-العائلة الطلحية: اغلب نباتاها تستعمل للزينة مثل الست المستحية وأنواع الاكاسيا التي تستعمل كسياج.

14-العائلة القمية:نباتاتها أشجار وشجيرات تستعمل في الزينة مثل خف الجمل وأنواع الكاسياوبعضها يستخدم للأكل أو كمشروب مثل الخروب والتمر الهندي.

15-العائلة الفراشية: تنتمي لهذه العائلة الكثير من النباتات ذات أهمية اقتصادية فمن محاصيل الحقل البرسيم المصري والفول والعدس والترمس والفول السوداني ومن الخضر الفاصوليا واللوبيا ومن نباتات الزينة بسلة الزهور.

16-العائلة السذبية: نباتات العائلة أعشاب أو شجيرات أو أشجار, بعضها ذات فائدة اقتصادية مثل الحمضيات بجميع أنواعها وبعضها للزينة مثل موريا والسذب والأخير يستخرج منه عقار طبي.

17- العائلة السوسبية: تمتاز نباتاتها بوجود سائل لبني في أنسجة النبات وهي أعشاب أو شجيرات أو أشجار, منها نباتات طبية مثل الخروج والكرتون الطبي ومنها نباتات زينة مثل بنت القنصل ومنها نباتات اقتصادية مثل شجرة الكاوتشوك.

18- العائلة الخبازية: النباتات أعشاب أو شجيرات أو أشجار واهم النباتات الاقتصادية فيها القطن الذي يصنع من التيلة المنسوجات القطنية, ونبات التيل الذي تستخرج منه ألياف تستخدم في صناعة المنسوجات وتحتوي على نباتات زينة مثل الخطمية والخضر مثل الباميا والخبيزة.

19-العائلة الخيمية: النباتات أعشاب عادة ونادرا ما تكون شجيرات واهم النباتات الاقتصادية منها الخضر مثل الجزر والكرفس والبقدونس والشمر أما النباتات الطبية فهي الكراوية .

20- العائلة العليقية: النباتات عشبية عادة وقد تكون أشجار أو شجيرات, أهم نباتات الزينة ست الحسن والعليق الذي تسمى العائلة باسمه وهو نبات غير اقتصادية ويعتبر من الحشائش.

21- العائلة الباذنجانية: النباتات أعشاب أو شجيرات أو أشجار أهم النباتات الاقتصادية فيها الطماطة والبطاطا والفلفل والباذنجان ومنها نباتات زينة مثل البيتونيا ومنها نباتات طبية مثل **البلادونا.**
22- العائلة القرعية:وتشمل نباتات الخيار والبطيخ والرقي وغيرها.
23-العائلة المركبة: تشمل نبات زهرة الشمس وغيرها.
24– الشفوية.

التطور في النبات

تحاليل الحامض الاميني للنباتات التي تعيش اليوم أظهرت أن النباتات الأولى انحدرت عن الطحالب الخضراء التي تنتمي إلى مجموعة .kransalger في الوقت الذي بقي القسم الأكبر من هذه المجموعة في الماء فإن جزء صغير منها تمكن من التلائم مع الحياة على اليابسة. لااحد يعلم شكل النباتات الاولى، وتصور لنا الشكل الخارجي البسيط عنها:أن النبتة التي وصلتنا عبارة عن شرائط عارية بطول بضعة سنتيمترات تنتهي بما يشبه كرات صغيرة للأبواغ. الشرائط تخرج مباشرة عن الأرض وليس لها جذور وإنما لديها مايشبه الخيوط قادرة على امتصاص الغذاء والماء. هذه النبتة كانت مهيمنة على اليابسة.
التحدي الذي كان يقف أمام النبات للتلاؤم مع الحياة على اليابسة كان بالدرجة الاولى بسبب الجاذبية الأرضية. إذ عوضا عن أن تكون النبتة مكتفية بتوجيه جميع قواها نحو الحصول على الغذاء والطعام تصبح مضطرة أيضا إلى الوقوف ضد الجاذبية، لان الماء لم يعد يحملهم إلى الأعلى نحو الشمس. إضافة إلى ذلك يوجد تحدي آخر حيث من الضروري إن تتطور لديها طريقة لرفع الماء من الجذور إلى الأعلى.,القنوات (الأوعية) التي نشأت لديها سمحت بتحقيق نقل المياه من خلال ظاهرة الأوعية الشعرية.
غير أن هذه القنوات الشعرية كانت لها جدران صلبة مما أعطى النبتة قوة على الانتصاب وأصبح بالإمكان رفع الماء بعكس الجاذبية وحمل وزن النبتة في نفس الوقت. الأوعية الشعرية كانت نجاحا حقيقيا نجده باقي اليوم في جميع النباتات التي تنمو على اليابسة.
لذلك تتقاسم جميع هذه النباتات الانتماء إلى مجموعة نباتات الأوعية الشعرية. إلى ماقبل 385 مليون سنة كان طول النباتات نادرا ما يزيد عن نصف المتر، ولكن لاحقا تطورت أنواع جديدة أصبحت أكثر ارتفاعا. الأشجار الحشائشية الاولى كانت تصل إلى بضعة أمتار، وعند بداية العصر الكاربوني قبل 365 مليون سنة وصل ارتفاعها إلى ثمانية أمتار كقاعدة. في ذلك الوقت كان الطقس دافئ ومستقر مما جعل التطور يزدهر.ومن ثم تطورت النباتات وأصبح لها أوراق حقيقية لتظهر أول النباتات الحقيقية من صفوف Lycopsida.
مايجمع هذه الصفوف أن تكاثرهم كان من خلال الابواغ، وهو الأمر ذاته الذي كان يميز النباتات المائية، حيث أن عملية التلقيح تحدث في الماء ولذلك كانت النباتات الاولى لازالت تعتمد على بيئة ذات رطوبة عالية.
لهذا السبب فإن لحظة ظهور النباتات التي تتكاثر بالبذور كان تعبير عن مرحلة تاريخية جديدة وقفزة هائلة , ذلك العصر الذي يعتبر بداية انشقاق القارة إلى قارتين، والبقايا النباتية تشير إلى أن كل منهذه القارات لم تكن تملك الطقس ذاته.على القارة الجنوبية بقيت هناك نباتات ذات الابواغ والتي تحتاج إلى جو رطب ودفئ، في حين كان الطقس على القارة الشمالية بارد وجاف مما سمح للنباتات ذات البذور أن تصبح هي السائدة.

المجموعة الجديدة من النباتات لم تعد مرتبطة بالرطوبة كما أن البذرة كانت محمية بالعديد من طبقات غشائية، بحيث أن النواة قادرة على تحمل الجفاف .النباتات ذات البذور الاولى كانت لاتملك زهور وإنما تنشأ البذور كل واحدة على حدا إما مباشرة على الورقة أو على انساغها.

وعلى الرغم من أن النباتات ذوات البذور امتلكت أفضلية واضحة على سابقتها في إستراتيجية التكاثر إلا أنهم احتاجوا إلى مئة مليون سنة حتى تمكنوا من السيادة على الأرض، ساعدهم في **ذلك**تزايد الجفاف. في العصر الكربوني بدأ الطقس يتجه نحو البرودة وتقل الرطوبة، وفي الطريق إلى نهاية العصر الجيولوجي قبل 245 مليون سنة سادت نباتات التكاثر بالبذور في الغابات الواسع.

اليوم توجد أنواع قليلة باقية من أنواع نباتات الابواغ وأغلبيتهم يعود إلى المجموعة الاولى. نباتات التكاثر البذري نشأ عنها الكثير من الفصائل والأنواع في جميع الاتجاهات.

غير إن قدوم آكلة النباتات يعني عامل جديد يدخل في الانتقاء، وهو الأمر الذي سمح بنشوء فرص جديدة للانتقاء وبالتالي تطور طرق جديدة للتكاثر. لقد تطور أسلوب التكاثر عن طريق الزهور والثنائية التلقيح. هذا الأسلوب خلق عملية الانتقاء من قبل آكلي النباتات أنفسهم، من خلال اختيار التغيرات التي تحمل نشاء أكثر ودهن أكثر، الأمر الذي سمح باستغلال آكلات النباتات لنشر البذور .هذه الطريقة سمحت بإنتاج كمية كبيرة من البذور وبالتالي لم يعد آكلي النباتات تهديد وإنما حلفاء يجري التعاون معهم. وهؤلاء الحلفاء بالذات كانوا أوائل محسني إنتاج الزهور والثمار لدى النباتات.

لايعلم العلماء الوقت الذي نشأت فيه نباتات الزهور والثمار لوجود قطع قليلة للغاية من بقايا النباتات الاولى لهذه الأنواع إضافة إلى أن معطياتها غير دقيقة. على الأغلب نشأت هذه المجموعة قبل 120-130 مليون سنة. إحدى البقايا الحجرية تعود إلى ماقبل 100 مليون سنة ولديها قرابة مع نبتة أوروبية اليوم .غير أنها كانت ناجحة للغاية بحيث أنها انتشرت بسرعة وخلال بضعة ملايين من السنين أصبحت أنواعها تعد بالمئات. في 65 مليون سنة الأخيرة أصبح النباتات ذات الزهور تملك ممثليها في جميع أنحاء الأرض وظروفه على اليابسة.