الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي
جامعة الشام الخاصة
كلية الصيدلة

مقرر البيولوجيا 2

لطلاب السنة الأولى صيدلة

أ.د. محمد سليمان

فهرس المحاضرات

رقم	عنوان المحاضرة
1 و 2	الخلية النباتية
3	الأنسجة النباتية
4 و 5	الشكل الظاهري للنبات
6 و 7	علاقات النبات بالماء :

1. الحياة وتحولات الطاقة (التركيب الضوئي)
2. عمليات انطلاق الطاقة (التنفس)
3. - التغذية المعدنية للنبات

8	الفيروسات والبكتريا
9 و 10	الوراثة الجزيئية
11	الهندسة الوراثية

المحاضرة الأولى والثانية

الخلية النباتية

أ.د.محمد سليمان

الخلية النباتية Plant Cell

مقدمة وتعريف:

الخلية هي وحدة الكائن الحي نباتاً كان أم حيواناً، ومن الكائنات الحية ما صغر تركيبها حتى تقتصر على خلية واحدة تقوم بشتى الوظائف الحيوية من تكاثر وتغذية واستقلاب وإخراج وحركة...

تعرف مثل هذه المخلوقات بوحيدة الخلية $Unicellular$ كالبكتريا والأميبا وبعض الطحالب

أما الكائنات الراقية فتتركب من عدد متفاوت من الخلايا تبعاً لنوع الخلايا، وتعرف هذه الكائنات بعديدة الخلايا $Multicellular$

من الخلايا المتشابهة تتكون الأنسجة ومن مجاميع الأنسجة تتكون الأعضاء ومن مجاميع الأعضاء يتركب جسم الكائن الحي الراقي ... فإذا وضعت هذه الحقيقة في الأذهان اتضح أن لدراسة الخلية أهمية خاصة، لتفهم طبيعة عمل الخلية والأعضاء، والكائن الحي ككل، مضافاً إلى ذلك أن الصفات الوراثية التي تنتقل في الأحياء من جيل إلى جيل محمولة على مواضع معينة داخل خلايا الكائن

حجم الخلايا:

للخلايا أحجام مختلفة تبعاً لنوع الكائن ومكانها فيه والوظيفة التي تقوم بها، وأغلب الخلايا المجهرية غير أن بعض الخلايا يصل طولها إلى عدة سنتيمترات لذا ترى بالعين المجردة مثل شعيرات القطن السيللوزية وبيض الطيور

شكل الخلايا:

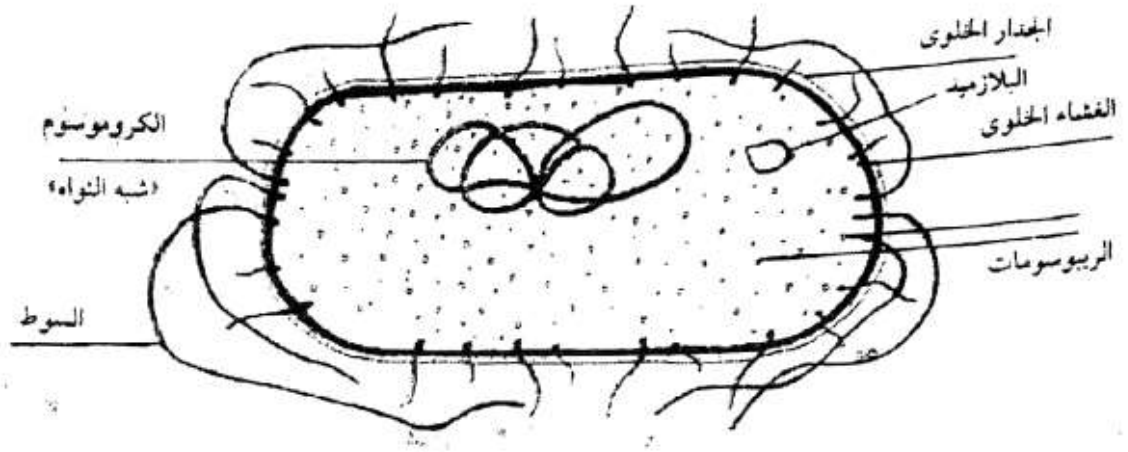
شكل الخلية متباين تبعاً لنوع الكائن ومكان ووظيفة الخلية فخلايا عضلات الجسم والعظام مثلاً منتظمة على شكل صفائح مسطحة للقيام بوظيفة المقاومة الميكانيكية وتلعب دور الوظيفة دوراً هاماً في تحديد شكل الخلية

فكريات دم الإنسان الحمراء تتخذ شكلاً كروياً عند النظر إليها من الأعلى وهي مفلطحة مقعرة حين ترى من الجانبين ويساعد مثل هذا التركيب على قيام الكريات بعملية التبادل الغازي نظراً لاتساع سطح الكرية وسهولة انزلاقها داخل الشعيرات الدموية، كذلك فإن شعيرات الجذور ذات شكل أنبوبي مستطيل تتعرض لأكبر قدر ممكن من سطح التربة كما أن جدرها رقيقة مما يساعد على انتقال الماء والأملاح من محلول التربة إلى داخل الجذور، وهكذا يرتبط التركيب بالوظيفة ويتلاءم مع حسن أدائها فالخلايا الوعائية أنبوبية الشكل منتظمة فوق بعضها البعض لتكون قنوات شعرية مستطيلة لنقل العصارة من الجذر إلى الأوراق العليا مهما بلغ ارتفاع ساق النبات

الخلايا بدائية الأنوية – والخلايا حقيقية الأنوية

1-خلايا بدائية الانوية:

وهي خلايا بسيطة التركيب مثل البكتريا (شكل 1) والطحالب الخضراء المزرقة والتي تعرف حالياً باسم بكتريا الخضراء المزرقة ولكن تركيبها كاف لأداء الوظائف الحيوية، وتحاط غالبية خلايا بدائية الأنوية بجدر خلوية تتركب من سكريات ببتيدية $Peptidoglycin$ ويرجع تأثير بعض المضادات الحيوية مثل البنسيلين $Pecillins$ والفايكوميسن$Phycomycin$ على البكتريا إلى قدرة هذه المضادات على تثبيط تكوين الجدار الخلوي



التركيب العام للخلية البدائية

وتقسم البكتريا إلى موجبة الغرام وسالبة الغرام حيث يختلف التركيب الكيميائي للجدار في الحالتين

يبطن الجدار الخلوي غشاء بلازمي وتوجد أسواط في بعض أنواع البكتريا تساعدها على الحركة

الميزة:

أكثر ما يميز الخلية البكتيرية بدائية النواة هي المادة الوراثية حيث أنها توجد على هيئة جزيء واحد من الدنا DNA ملتف حول نفسه وهو عار لعدم وجود جزيئات مرتبطة به ولا يحيط به غشاء نووي أي أنها لا تحتوي على نواة حقيقية وتعرف باسم شبه النواة

وتنتشر في داخل السيتوبلاسما ريبوزومات ولا تحتوي السيتوبلاسما على عضيات.

وفي بعض أنواع البكتريا يوجد كروموسوم حلقي إضافي مكون من مادة الدنا يعرف باسم البلازميد $Plasmid$ يستخدم في نقل الجينات في الهندسة الوراثية

2-خلايا حقيقية الأنوية *Eucaryotes*

توجد في بقية الكائنات الحية وهي تحتوي على نواة حقيقية تتركب من المكونات المعروفة للنواة وهي: الغشاء النووي، المادة الكروماتينية، والنوية، والسائل النووي، وبالإضافة إلى العضيات السيتوبلازمية.

جدول مقارنة بين الخلايا بدائية وحقيقية الأنوية		
الصفات	**بدائية الأنوية**	**حقيقية الأنوية**
الكائن	بكتريا	فطريات وكائنات راقية
قطر الخلية	1-10 ميكرون	10-100 ميكرون
عضيات محاطة بأغشية	لا يوجد	يوجد
ريبوسومات	يوجد	يوجد
موقع *DNA*	في السيتوبلاسما	في النواة
DNA	جزيئ واحد حلقي	جزيئات مرتبطة بالبروتين
طول ال*DNA*	قصير	طويل جداً
انتظام الخلايا	خلية أو مستعمرة	خلية واحدة أو عديد الخلايا

تركيب الخلية:

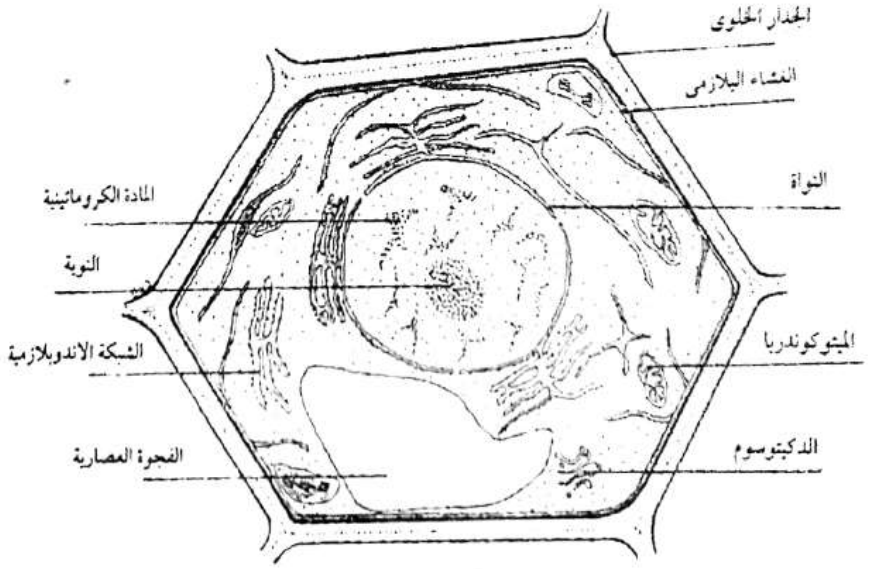
هناك اختلاف أساسي بين تركيب الخلية النباتية وتركيب الخلية الحيوانية فالأولى يحيط بها جدار خلوي أما الثانية فعارية منه إلا أن كثيراً من الخلايا التناسلية للنبات عارية بلا جدار خلوي هي الأخرى

- **الجدار الخلوي:**

يقتصر وجوده على الخلية النباتية دون الحيوانية ويتكون من مواد عضوية غير حية، ويعتبر منفذاً لجميع المحاليل الحقيقية ووظيفته تحديد شكل الخلية وحمياتها (شكل 2)

- **كيفية تكوين الجدار الخلوي:**

يبدأ تكوين الجدار الخلوي بعد الطور النهائي $Telophase$ للانقسام إذ تتكون صفيحة سيتوبلاسمية بين النواتين في منتصف الخلية



رسم تخطيطي للتركيب العام للخلية النباتية

وتترسب فيها مواد بكتينية وتعرف عندئذ بالصفيحة الوسطى $Niddle\ Lamella$ وتترسب على كلا جانبي الصفيحة الوسطى طبقة رقيقة من مادة السيلولوز يفرزها سيتوبلاسما الخليتين النويتين الناتجتين عن الانقسام. وتكون ما يعرف بالجدار الأولي أو الابتدائي فالجدار الخلوي يتكون نتيجة إفرازات سيتوبلاسمية يحملها السيتوبلاسم على سطحه الخارجي لتحميه ولتحدد معالمه.

و يعتبر وجود السيلولوز في الخلية النباتية ذا أهمية قصوى فيما يختص بانتقال الماء والعصارة من التربة إلى خلايا النبات ومن الخلايا بعضها إلى البعض الآخر .

وللسيلولوز تركيب فيزيائي خاص يمكنه من تشرب الماء والعصارة وتترسب على طبقتي السيلولوز الرقيقتين مواد أخرى عادة مثل اللجنين $Lignin$ والسوبرين $Suberin$ ويتكون بذلك الجدار الثانوي للخلية النباتية

ويختلف التركيب الكيميائي للجدار الخلوي في النباتات الدنيا $Lower\ Plants$ عنه في النباتات الراقية $Higher\ Plants$ فلا يدخل السيلولوز في تركيب جدار خلايا البكتريا عادة وإنما تحل محله أساساً مواد أخرى مثل الببتيدوجليكانات واللبيدات، كما تتكون جدر الخلايا في غالبية الفطريات من مادة الكيتين $Chitin$ ويتفق علماء الوراثة على أن عوامل وراثية معينة هي التي تتحكم في التركيب الكيميائي والطبيعي للجدار الخلوي ولدراسة هذه العوامل أهمية كبيرة من النواحي الاقتصادية والعلمية.

حيث يتضح ذلك من دراسة تربية نبات القطن $Cotton\ Breading$ على سبيل المثال حيث يهتم الباحثون بدراسة العوامل الوراثية التي تتحكم في الصفات الطبيعية للألياف السيللوزية الداخلة في تركيب جدر شعيرات القطن

النقر:

يتخلل الجدار الخلوي مجموعة من الثقوب تعرف باسم النقر $Pits$ وتتكون النقر نتيجة عدم ترسيب مواد الجدار بانتظام تاركة مساحة محدودة منخفضة عن بقية الجدار وتمر عادة السوائل والمواد السائلة بسرعة من خلال هذه النقرة وقد تتخلل هذه النقر خيوط من السيتوبلاسما تعرف باسم البلازمودسماتا $Plasmodesmata$.

- **الغشاء البلازمي:**

وهو غشاء يبطن الطبقة الخارجية للخلية الحيوانية ولا يمكن رؤيته بالمجهر الضوئي لدقته ولا يمكن إثبات وجوده إلا بالمجهر الإلكتروني

- **التركيب الكيميائي للغشاء البلازمي**

يتركب الغشاء البلازمي كيميائياً من البروتينات والفوسفوليبدات والأخيرة عبارة عن مركبات عضوية يتكون كل جزيء منها من الجليسيرين وحامضين دهنيين ومجموعة فوسفات وقاعدة نيتروجينية ولذلك تتميز هذه الليبيدات بأن للجزيء طرفين أحدهما محب للماء $Hydrophillic$ والآخر كاره للماء $Hydrophobic$

وتترتب هذه المركبات بنظام خاص يطلق عليه اسم النموذج الفيسفسائي السائل $Fluid\ Mosaic\ Model$ ويتكون هذا النموذج من طبقتين من الفوسفوليبيدات بحيث تتجه الأطراف المحبة للماء من الجزيئات تجاه السطح الخارجي والأطراف الكارهة للماء تجاه وسط الغشاء أما البروتين فينتشر بصورتين الأولى وهو ما يعرف باسم النوع المتغلغل $Intergral\ Protine$ ويوجد في داخل الغشاء ويمكن أن يظهر على سطحي الغشاء.

أما النوع الثاني من البروتين فيعرف باسم البروتين السطحي $Peripheral$ والذي يوجد على أي من سطحي الغشاء وقد توجد كمية من السكريات التي ترتبط بالسطح الخارجي لليبيدات والتي تعتبر هامة حيث تلعب دوراً في تعرف الخلايا على بعضها البعض

ويمكن للبروتين المتغلغل أن يتحرك بحرية في الليبيدات مما يدل على أن الغشاء سائلاً ويرتبط التركيب الكيميائي للغشاء البلازمي بوظيفته ارتباطاً وثيقاً، فترتيب الجزيئات بالشكل الذي سبق الإشارة إليه يفسر دوره في النفاذية كما أن وجود الجزيئات البروتين يعطي المرونة التي تميز الغشاء البلازمي وللبروتينات دور هام في نقل المواد عبر الغشاء وفي إنجاز تفاعلات بيوكيميائية هامة

وظيفة الغشاء البلازمي $Function\ Of\ Plasma\ Membrane$

يتحكم الغشاء البلازمي في مرور الجزيئات والأيونات من داخل الخلية إلى الخارج وبالعكس ومن أهم خصائص الغشاء البلازمي هي النفاذية الانتقائية $Selective\ Permeability$

إذا يسمح بمرور جزيئات بعض المواد دون غيرها ويفقد الغشاء البلازمي هذه الخاصية إذا ما عوملت الخلية بالسموم أو بالغليان حيث تتغير طبيعته ويصبح منفذاً لجميع المواد بلا استثناء

وعملية نفاذية الجزيئات من خلال الغشاء البلازمي تتم بطرق عديدة

- **السيتوبلازم *Cytoplasm***

هو السائل الذي يملأ معظم فراغ الخلية وهو هلامي القوام نصف سائل معقد التركيب الكيميائي ويملأ السيتوبلازم تجويف الخلايا الإنشائية النباتية تماماً بينما يمثل طبقة رقيقة مبطنة جدران الخلايا البالغة

- **التركيب الكيميائي للسيتوبلازم**

يحتوي السيتوبلازم على نسبة عالية من الماء (80–90)% مذاباً فيه مواد عضوية كثيرة بنسب متفاوتة تتأثر بالحالة الفيزيولوجية

ولقد أثبت التحليل أن السيتوبلازم يحتوي على مواد كربوهيدراتية وبروتينات وأحماض أمينية وليبيدات ومواد معدنية عديدة

ويمكن القول أن السيتوبلازم مركز لتخليق مواد كيميائية وأخرى حيوية مثل تكوين الخيوط المغزلية وغيرها

- **العضيات السيتوبلازمية *Cytoplasmic Organelles***

يظهر فحص السيتوبلازم وجود أجسام عديدة سابحة فيه يعرفها العلماء باسم العضيات *Orgaelles* ذات أشكال وأحجام مختلفة تؤدي وظائف حيوية للخلية وللكائن الحي ككل ومن بين هذه العضيات المعروفة نذكر

1–الشبكة الإندوبلاسمية: *Endoplasmic reticulum*

وهي جهاز غشائي متفرع داخل السيتوبلازم. تكون أغشيته أنابيب متفرعة داخل السيتوبلازم تتصل في بعض الأحيان بالغشاء البلازمي وكذلك الغشاء النووي وتظهر الشبكة الإندوبلازمية تحت المجهر الإلكتروني ولا تظهر بالجهر الضوئي

وتوجد الشبكة الإندوبلازمية في جميع خلايا النبات والحيوان فيما عدا كريات الدم الحمراء للثدييات والخلايا الغربالية في النبات

وتختلف كمية الشبكة الإندوبلازمية تبعاً لنوع الخلية والوظيفة التي تقوم بها.

تحتوي خلايا البنكرياس والغدة اللعابية وبعض خلايا الأعصاب كمية كبيرة منها إلا أن خلايا العضلات والخلايا الأنبوبية بالكبد تحتوي على كمية قليلة ويتغير شكل الشبكة الإندوبلازمية تبعاً للحالة والوظيفة الفسيولوجية للخلية

- تركيب الشبكة الإندوبلازمية يشبه تركيب الأغشية الخلوية الأخرى إذ تتركب من وحدات غشائية مكونة البروتينات والليبدات
- وتظهر الشبكة الإندوبلازمية إما على شكل أنابيب أو أكياس مفلطحة أو حويصلات والأخيرة تنفصل عن أنابيب الشبكة الإندوبلازمية

- **أنواع الشبكة الإندوبلازمية:**

1- **النوع الحبيبي أو الخشن:** وترجع خشونة مظهرها إلى وجود حبيبات دقيقة منتشرة على الأسطح المواجهة للسيتوبلازم وتسمى الحبيبات بالريبوزومات والتي تعتبر مراكز لتكون البروتينات وتكثر وجودها في الخلايا المتخصصة التي تفرز البروتينات

2- **النوع الأملس أو اللاحبيبي:** يخلو هذا النوع من الريبوزمات ولذلك تظهر على أغشيته ملساء أو لا حبيبية وينتشر هذا النوع في الخلايا البارنشيمية وفي الخلايا التي تبنى فيها المواد الدهنية والفوسفوليبدات والمواد التربينية $Terpenoids$ وقد يوجد النوعان في نفس الخلية وقد يحدث تحول من نوع إلى آخر

- **وظيفة الشبكة الإندوبلازمية:**

تقوم الشبكة الإندوبلازمية بعدة وظائف حيوية وتتم إما على أسطح الشبكة أو بين الفراغات المتواجدة بينها ومنها:

1-تعمل الشبكة الإندوبلازمية كجهاز لنقل المواد والأنزيمات خلال أنابيبها من مكان إلى آخر بالخلية وفي بعض الأحيان تختزن وتتراكم هذه المواد بداخلها وتتحرك إلى أجزاء أخرى عن طريق تكوين حويصلات تنفصل عن الشبكة الإندوبلازمية

2-للشبكة الإندوبلازمية الحبيبية علاقة وثيقة بعملية تخليق البروتينات وذلك لوجود الريبوزومات على أسطحها الخارجية

3-تلعب الشبكة الإندوبلازمية الملساء دوراً هاماً في تخليق المواد الدهنية والجليكوجين وكذلك تحول الأنزيمات الموجودة بها بعض المواد مثل المبيدات أو المواد المسرطنة إلى نواتج ذائبة في الماء والتي يمكن أن تخرج من الخلية

2- جهاز غولجي ***Golgi apparatus***:

أوعية ملساء متراصة فوق بعضها البعض متصلة أحياناً بالشبكة السيتوبلاسمية وكذلك يوجد على هيئة حويصلات أو فجوات كبيرة

وظيفته:

الإفراز : يفرز جهاز غولجي عدة أنواع من الجزيئات الكبيرة في كل من الخلايا الحيوانية والنباتية ولذلك يوجد الجهاز بوفرة في الخلايا الإفرازية الحيوانية مثل الغدة النكافية أو الكظرية ويفرز المواد البكتينية في الخلايا النباتية والتي تقوم بتكوين الصفيحة الوسطى في نهاية انقسام الخلية ويفرز المواد المخاطية الكربوهيدراتية في القمم النامية للجذور والتي تساعد الجذر في التغلغل بين حبيبات التربة، وفي الخلايا الحيوانية يوجد بكثرة في الخلايا الإفرازية مثل الغدة النكفية أو الكظرية

2- تجميع وتخزين المواد مثل المواد الليبيدية و الأنزيمات

3- تكوين الحويصلات ونقلها من مكان لآخر في الخلية

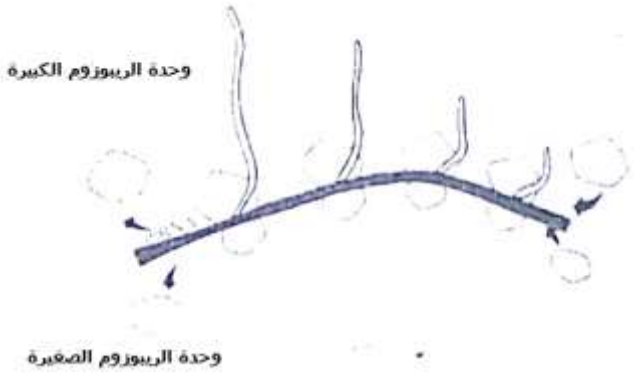
حيث يلعب جهاز غولجي دوراً في نقل المواد المختلفة المختزنة منها وإلى أماكن أخرى في الخلية وذلك عن طريق تبرعمات من جهاز غولجي تحتوي على المواد المختزنة المراد نقلها

ثم تنفصل هذه التبرعمات لتكون حويصلات وتتحرك هذه الحويصلات إلى الأماكن التي تحتاجها الخلية

3- الريبوزومات $Ribosomes$:

تظهر الريبوزومات بالمجهر الإلكتروني على هيئة جسيمات دقيقة مستديرة على سطح الشبكة الإندوبلازمية ولا يمكن رؤيتها بالمجهر الضوئي وتوجد الريبوزومات أيضاً منتشرة سابحة في وقد اثبتت وجودها في كل من الميتوكوندريا والبلاستيدات وتظهر أحياناً تحت المجهر الإلكتروني على هيئة مجموعات متصلة ببعضها البعض بخيط رفيع هو عبارة عن $mRNA$ الرسول ويعرف هذا التركيب بعديد الريبوسومات

وتتركب الريبوسومات أساساً من حامض الريبوكليك الريبوسومي $(rRNA)$ وتعتبر الريبوزومات مركزاً لتحليق المواد البروتينية ويتم التخليق طبقاً لنظام محدد بواسطة رسائل خاصة يحملها جزيء خاص منقول من النواة وهو $mRNA$ الرسول وسيشرح ذلك لاحقاً



4-الليزوزومات $Lysosomes$:

توجد في أغلب الخلايا الحيوانية بصورة واضحة وكذلك في الخلايا النباتية بصورة أقل والتي تعرف باسم السفيروسوم $Spherosome$ وتوجد على شكل جسيمات صغيرة أما الليسوسومات التي توجد في الخلايا الحيوانية فهي عبارة عن فجوات محاطة بغشاء من الخارج ولا ترى الليسوسومات إلا بالمجهر الإلكتروني في الخلايا الحيوانية

شكل وتركيب الليسوسوم:

يظهر الليسوسوم على هيئة فجوة محاطة بغشاء وتحتوي على أنواع عديدة من الأنزيمات والتي تعرف باسم الأنزيمات الهاضمة أو أنزيمات التميؤ

ولهذه الأنزيمات القدرة على تحليل المواد المختلفة مثل الأحماض النووية والبروتينات وغيرها من المواد المعقدة وتحويلها إلى مواد أبسط تركيباً ومن الأنزيمات الموجودة بها أنزيم الليبيز $Lipase$ الذي يقوم بتحليل الليبيدات إلى أحماض دهنية وجليسيرين والبيروتيز $Perotease$ الذي يقوم بتحليل البروتينات إلى أحماض أمينية و النوكليز $Nuclease$ الذي يقوم بتحليل الأحماض النووية

وظيفة الليسوسومات:

الليسوسومات لها علاقة بعمليات هضم المواد التي تدخل الخلية أو القضاء على المكونات غير المرغوبة

1- حماية الخلية من الأنزيمات الهاضمة: تعزل الليسوسومات الأنزيمات الهاضمة التي تحتويها كي تحمي مكوناتها من التحلل الذاتي $Autolysis$ وفي حالة موت الخلية تتحطم الليسوسومات فتتحرر الأنزيمات المحبوسة داخلها مما يؤدي إلى التحلل الذاتي

وقد توجد بعض المواد الكيميائية التي تتساعد على تثبيت الليسوسومات وتجعلها تقاوم التحلل الذاتي مثل مادتي الكوليسترول $Cholestrol$ والكورتيزون والبعض الآخر له القدرة على هدم هذه الليسوسومات مثل زيادة فيتامين أ

2- هضم المواد الغريبة التي تأتي من خارج الخلية: تدخل المواد الغريبة إلى داخل الخخلية بواسطة عمليتي الالتهام والارتشاف $Pinocytosis\ and\ Phagocytosis$

فتهاجمها الليسوسومات وتحتويها بداخلها ثم تبدأ الأنزيمات في عملها بداخل الليسوسوم حتى تنتهي من هضم الجسم الغريب يخرج بعدها نتاج المواد المهضومة إلى السيتوبلازم حيث تستفيد منها الخلية وبذلك يساهم الليسوسوم في الدفاع عن الخلية

3- هضم أجزاء غير مرغوب بها داخل الخلية: يقوم الليسوسوم بمعالجة بعض أجزاء غير مرغوب فيها موجودة بداخل الخلية مثل الميتوكوندريا المسنةوكذلك بقايا من الشبكة الإندوبلازمية وأجزاء أخرى وتتم هذه العملية عن طريق التفاف جزء من الشكبة الإندوبلازمية والأجزاء المرغوب في هضمها ثم تتكون الأنزيمات الهاضمة على الريبوسوم ويتحرك في أنابيب الشبكة الإندوبلازمية المحيطة بهذه الأجزاء ثم تعبر هذه الأنزيمات أغشية الشبكة الإندوبلازمية لتختلط بالأجسام المراد هضمها وتتفاعل معها إلى أن تتم عملية الهضم ويطلق على هذه العملية بالالتهام الذاتي $Autophag$

وتتم هذه العملية بصورة واضحة اثناء تشكيل الجنين

- **اشكال الليسوسومات:**

يوجد ثلاثة اشكال لليسوسومات تبعاً للحالة الوظيفية كما يلي

1- الليسوسوم الأولي او الابتدائي $Primary\ Lysosome$

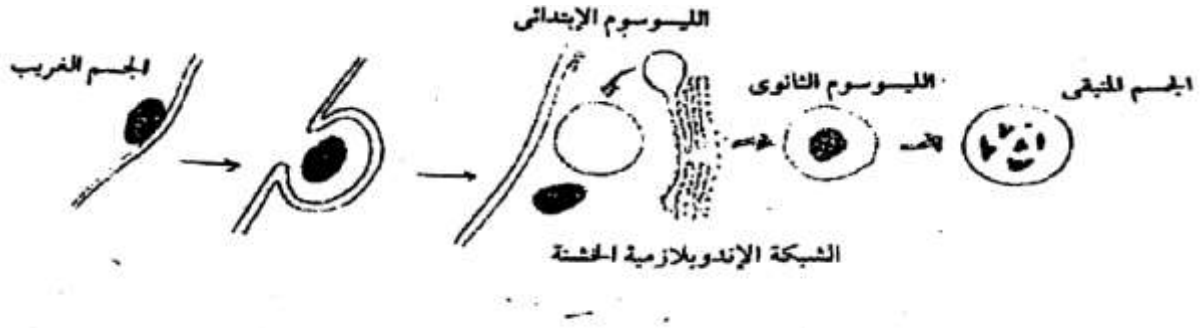
ويتمثل بالحويصلة الكثيفة التي تنفصل عادة عن الشبكة الإندوبلازمية وتحتوي على أنزيمات هاضمة نشطة وقد تنفصل أيضاً من جهاز غولجي

2- الليسوسوم الثانوي $Secondary\ Lysosome$

وهي عبارة عن فجوة الليسوسوم وبها كل من المواد المراد هضمها والأنزيمات معاً حيث يتم خروج نواتج الهضم إلى السيتوبلازم كي تستفيد الخلية منه

3- الجسم المتبقي $Residual\ Body$

وتتمثل في الليسوسوم الثانوي بعد إتمام عملية الهضم وخروج نواتج المواد المهضومة وتحتوي على المواد غير القابلة للهضم ويمكن للخلية أن تتخلص من هذه الأجسام بطريقة مشابهة لعمليتي الالتهام والارتشاف ولكن بصورة عكسية أي دفع الغشاء إلى الخارج



رسم تخطيطى يوضح الصور المختلفة الليسوسومات

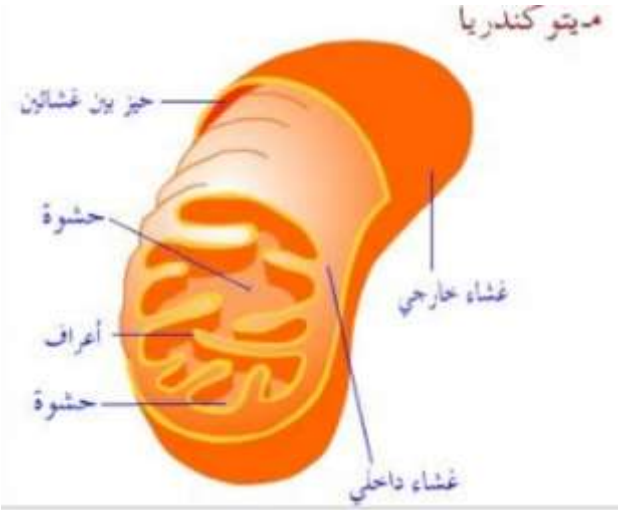
5- **الميتوكوندريا :**

عبارة عن جسيمات صغيرة الحجم سابحة في سيتوبلازم الخلية الحيوانية أو النباتية. ويمكن رؤيتها بوضوح بالمجهر الضوئي غالباً إلا أن بعضها دقيق للغاية بحيث لا يرى إلا بالمجهر الإلكتروني.

يختلف شكلها تبعاً لحالة الخلية الفسيولوجية والظروف المحيطة بها، وهي عصوية أو بيضاوية أو حبيبية الشكل كما أنها متميزة واضحة وكثيرة العدد عندما تكون الخلية في أوج نشاطها، بينما لا تكون كذلك إذا كانت الخلية خاملة وبالمثل يكثر عددها ويزداد عددها في وجود الأوكسيجين وتقل عدداً وتصغر حجماً في غيابه

- **تركيب الميتوكوندريا:**

مكونة من غشاء مزدوج ، الخارجي منه أملس، والداخلي متميز إلى زوائد، قد تطول وتظهر على شكل أنابيب طويلة بالرشراشات أو الأعراف $Cristae$ تعمل الزوائد على زيادة مساحة السطح الداخلي للميتوكوندريا مما له صلة بوظيفة الجسيمات حيث يتم عليه التفاعلات الكيميائية اللازمة لعملية التنفس ويمتلئ الفراغ الداخلي للميتوكوندريا بسائل يعرف بالحشوة $Matrix$ مكون من بروتينات ذائبة، وأغشية الميتوكوندريا مكونة أساساً من الفوسفوليبيدات والبروتينات



- **وظيفة الميتوكوندريا:**

لقد اثبت أن الأنزيمات المشاركة في تفاعلات التنفس موجودة على السطح الداخلي للميتوكوندريا وهي مرتبة ترتيباً طبيعياً يؤدي إلى إتمام التفاعلات في نظام متعاقب منظم. أي أن تفاعلات هذه العملية الهامة وعمليات التنفس عمليات هدم المواد عضوية كالكربوهيدات والدهون تتم على خطوات وتنتج عنها طاقة يستخدمها الكائن الحي في أداء وظائفه الحيوية المختلفة

ويمكن القول أن الميتوككوندريا مركز لعمليات هدم المواد العضوية وخزن الطاقة الناتجة عنها، بينما تمثل الريبوزومات مركزاً لتخليق البروتينات

وتحتوي الميتوكونديا على DNA وهي مادة وراثية بداخل الميتوكوندريا إلا أن كميتها ضئيلة ويقوم هذا الDNA الحامض بتحكمه في إظهار صفات معينة محدود بداخل الميتوكوندريا أي أن الميتوكوندريا لها مادة وراثية خاصة بها وتتحكم في صفات معينة وتنتقل هذه الصفات من جيل إلى آخر

ولكن طريقة توارثها تختلف تماماً عن طريقة توارث الصفات الأخرى التي تتحكم فيها جينات موجودة بداخل النواة أي أنها تختلف عن طريق التوارث المندلي

ويطلق على توارث صفات الميتوكوندريا بالتوراث السيتوبلاسمي ، إلا أن تكوين الميتوكوندريا وكذلك الغالبية العظمى للأنزيمات الموجودة بداخلها يكون تحت تاثير الجينات الموجودة

بداخل النواة و المادة الوراثية في الميتوكوندريا موجودة في جزيء وحيد DNA دائري مما حدى بالعلماء للاعتقاد بأن أصل الميتوكوندريا بكتريا بدائية عاشت في قديم الزمن داخل خلايا بدائية بصورة متكاملة

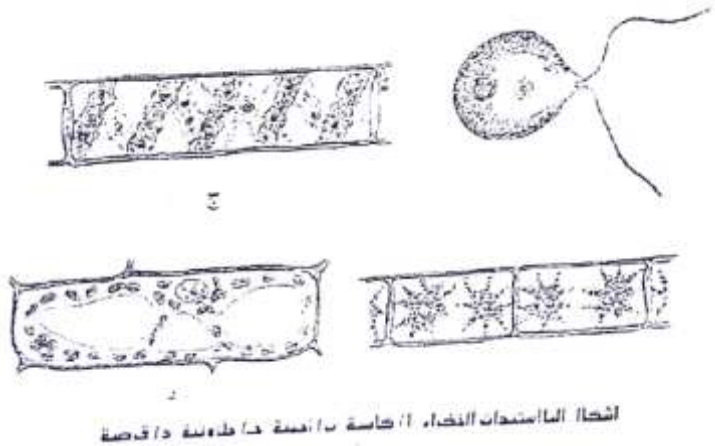
6- البلاستيدات $Plastides$:

يقتصر وجودها على النباتات الخضراء دون الحيوانات وهي مثل باقي العضيات عبارة عن جسيمات صغيرة مغمورة بالسيتوبلازم وهي إما ملونة أو غير ملونة

- غير ملونة $Leucoplast$: وهي خالية من الأصباغ $Pignets$
- ملونة $Chromoplast$ أو الخضراء $Chloroplst$ لوجود أصباغ اليخضور و الكلوروفيل $Chlorophyll$ أو الحمراء $Rhodoplast$ أو بنية اللون $Phaeoplasts$

يمكن للبلاستيدة أن تتحول من صورة إلى أخرى تحت ظروف معينة حيث تتحول البلاستيدات الخضراء في بعض الثمار والازهار الصغيرة إلى بلاستيدات ملونة كالثمار الناضجة كما في حالة البندورة، وتتحول البلاستيدات عديمة اللون إلى خضراء في البطاطا عند تعرضها للضوء

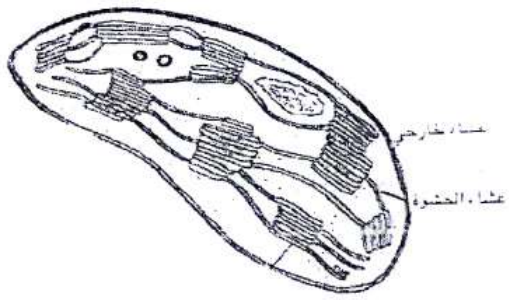
أشكال البلاستيدات: كاسية الشكل كما في الكلاميدوموناس وحلزونية في السبيروجيرا أو نجمية الشكل في زجنيما $Zygnema$ أو قرصية الشكل كما في النباتات الراقية



اشكال البلاستيدات الخضراء: أ- كاسية بالغمة ب- طحلبية ذات قرص

التركيب :

تتركب البلاستيدة الخضراء من غشاء خارجي يتكون من مادة ليبوبروتينية



رسم تخطيطي
لتركيب البلاستيدة الخضراء

وتحتوي البلاستيدة على سائل يعرف بالحشوة ويوجد داخل البلاستيدة قطرات دهنية وحبيبات نشوية ويمتد بعرض البلاستيدة أغشية رقيقة مغمورة في المادة السائلة، وتتميز الأغشية بأنها رقيقة وتعرف بغشاء الحشوة وتكون أكثر سمكاً في مناطق في البلاستيدة وتعرف بأغشية البذيرة ويتمع كل غشائين منها مكون ما يعرف بالقرص أو الثايلاكوئيد $tylakoid$ وكل مجموعة من الأقراص تكون البذيرة $Grana$ وأما الكلوروفيل فيوجد محمولاً على أماكن محددة من البذيرة أو الغرانا

وتحوي البلاستيدة على دنا حلقي كما في الميتوكوندريا، وتتحكم هذه المادة بعدد من الصفات بداخل البلاستيدة، أما البلاستيدة ككل وكذلك الأنزيمات والصفات الأخرى تقع تحت تأثير جينات النواة أما صفات البلاستيدة فتتوارث بنظام خاص تتبع توارث السيتوبلاسمي وتحتوي البلاستيدة عادة على عدد من حبيبات والنشاء مغمورة في الحشوة كذلك قطرات من الزيت وطبقاً للنظرية المذكورة سابقاً(في الميتوكوندريا) يعتقد ان البلاستيدات ليست سوى بكتريا خضراء مزرقة عاشت متكاملة عن خلايا بدائية في الماضي السحيق

- **النواة $Nucleus$**

تعتبر النواة أحد مكونات الخلية وهي توجد بجميع الخلايا الحية وقد تحتوي الخلية الواحدة على نواة أو أكثر إلا أن كريات الدم الحمراء المسنة والخلايا الغربالية المسنة لا تحتوي على نواة واضحة مميزة بنفس الصورة الموجودة بها في خلايا النباتات أو الحيوانات الراقية

وقد تحتوي خلايا بعض الفطريات والطحالب على أكثر من نواة في داخل الخلية وفي هذه الحالة يطلق على الخلية اسم المدمج الخلوي $Coenocyte$

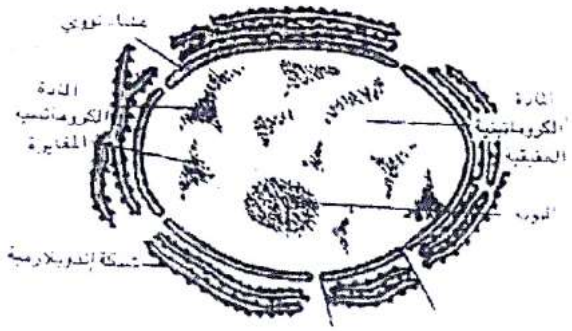
وقسم الكائنات تبعاً لتركيب النواة إلى نوعين :

1-كائنات بدائية الأنوية $Prokaryptes$ وتتميز هذه الكائنات بعدم وجود غشاء يفصل المادة الوراثية عن السيتوبلازم مثل أنوية البكتريا والبكتريا الخضراء المزرقة

2-كائنات حقيقية الأنوية $Eukaryptes$ وتتميز هذه الكائنات بوجود نواة مميزة واضحة

- **تركيب النواة في الخلايا حقيقية النواة**

تتركيب النواة من الغشاء النووي والمادة الكروماتينية والنوية والسائل النووي



رسم تخطيطي لتركيب النواة الحقيقية

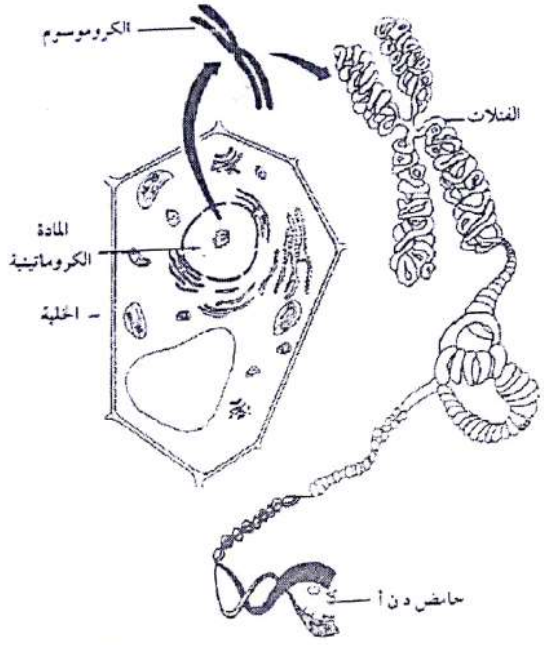
- **الغشاء النووي:**

غشاء مزدوج يحيط بالنواة مكون من الليبوبروتينات، الطبقة الخارجية مزودة بثقوب متصلة بأنابيب الشبكة الإندوبلاسمية والتي تتصل بدورها من أطرافها الأخرى بالغشاء البلازمي ومنه تخرج الرسائل الوراثية من النواة عن طريق هذه الثقوب إلى الريبوزومات خلال الشبكة الأندوبلاسمية وتوجد ثقوب من نوع آخر تصل ما بين محتويات النواة و السيتوبلاسما وهذه الثقوب مزودة بمادة لزجة تسمح بمرور مواد معينة مثل البروتينات والرنا بالمرور من النواة إلى السيتوبلازم وبالعكس

- **النوية $Nucleolus$:**

تظهر داخل النواة على شكل جسيمات مستديرة وتتركب من الرنا ومن فوسفوليبيدات وبروتينات وتنشأ من مكان معين على صبغي، يسمى هذا المكان منشأ النوية وتعتبر النوية مركز تجميع حامض الريبونيوكليك RNA مع البروتينات لتكوين الريبوسومات

- **السائل النووي *Nuclear sap*** يملأ السائل النووي فراغ النواة ويتركب كيميائياً من مواد كثيرة ذائبة مثل البروتينات وسكر الريبوز وحمض الفوسفور والقواعد النيتروجينية التي تدخل في تركيب الأحماض النووية ، ويحدث تبادل مستمر في هذه المواد بين السائل النووي والسيتوبلازم عن طريق الثقوب
- **المادة الكروماتينية:** تظهر في الطور البيني *Interpase* على شكل شبكة تعرف بالشبكة الكروماتينية سرعان ما تتقلص إلى أجسام عصوية سميكة نسبياً تعرف باسم الصبغيات (الكروموسومات) *Chromosomes* والمادة الكروماتينية نوعان: إما حقيقية أو مغايرة، والمغاير يختلف عن الحقيقي، حيث أن الحقيقي يكون على شكل خيوط رفيعة بينما المغاير على هيئة كتل كروماتينية تأخذ صبغة أو أكثر والمادة الكروماتينية الحقيقية هي التي تحمل الجينات والأخرى خاملة وسوف نتناول الصبغيات والبنية الصبغية والوظيفة لاحقاً.



لولبة المادة الكروماتينية وتحولها الى كروموسوم

- **المحتويات الأخرى في الخلية *Other cell contets*** بالإضافة إلى العضيات السيتوبلاسمية السابق ذكرها والتي تمثل المكونات الحية بالخلية تضم الخلية كميات كبيرة جداً من مواد أخرى هي عبارة عن نواتج عمليات الاستقلاب

وتوجد هذه المواد إما مذابة في العصير الخلوي الذي يتكرر في الفجوات العصارية أو انها توجد داخل السيتوبلاسما في صور غير ذائبة أو على هيئة بلورات وسنعرض في بعض هذه المواد فيما يلي

- **الفجوة العصارية *Vacuoles***

توجد في الخلية النباتية ونادراً في الخلية الحيوانية وتشغل الفجوة في الخلايا النباتية 90% من حجمها وتحاط بغشاء وتحتوي على العصير الخلوي *CellSap* المكون من مواد عضوية مثل البروتينات والسكريات والدهون ومواد غير عضوية وكذلك مواد صبغية مثل الأنتوسيانين والزانتين والتي تعطي اللون المميز للأزهار والثمار وقد تحتوي الفجوة على أنواع مختلفة من البلورات

في البداية تكون الفجوات صغيرة الحجم وذلك في الخلايا الميرستيمية ثم تتجمع مع بعضها لتصبح فجوة كبيرة تملأ معظم حجم السيتوبلازم في الخلايا اليافعة

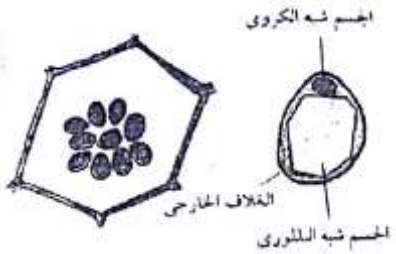
حبيبات النشاء *Strach grans*: يعتبر النشاء من أهم نواتج استقلاب الخلية النباتية التي تتكون في داخل البلاستيدة (الصانعة) الخضراء وهو إما أن يوجد بصورة انتقالية أي يتحول إلى سكر ذائب عند حاجة الخلية له أو يظل اختزانياً حيث يبقى على هيئة حبيبات مختلفة الحجم والشكل تبعاً لنوع النبات وتظهر حبيبات النشاء على هيئة طبقات متتابعة تتكون حول سرة وقد تكون السرة مركزية في القمح أو لا مركزية في البطاطا

أشكال حبيبات النشا في البطاطس

وقد تظهر هذه السرة على هيئة شق بسيط أو متفرع كما في البازلاء (البسيلة) والفاصولياء وقد تجتمع أكثر من حبيبة بسيطة كل منها يحتوي على سرة وتحاط جميعها بحلقات مشتركة وتسمى في هذه الحالة بالحبيبية نصف المركبة وقد تجتمع أكثر من حبيبة دون تكون حلقات تحيط بها جميعها وتسمى حبيبية مركبة وتوجد هذه الأنواع في البطاطا والأرز وقد تتكون حبيبات النشاء داخل البلاستيدات عديمة اللون، وقد يختزن داخلها النشاء في الخلايا البارانشيمية للدرنات والثمار والفلقات والإندوسبرم والريزومات

حبيبات النشا في الأرز والفاصوليا

- **البروتين *Proten*** : يركب البروتين داخل السيتوبلاسما وهو أساسي في تركيب مكونات الخلية وخصوصاً الأنزيمات ويمكن أن يوجد بشكل مركب اختزاني وفي هذه الحالة يظهر على هيئة حبيبات تعرف باسم حبيبات الأليرون وتوجد بصورة واضحة في حبة القمح وبعض البذور مثل بذور الخروع وحبيبات الأليرون في حبة القمح توجد في طبقة الخلايا الخارجية للخلايا الخارجية للخلية وتتكون حبيبات الأليرون في بذرة الخروع من غلاف خارجي بروتيني وبداخلها يوجد جسمان أحدهما كبير مضلع يعرف باسم الجسم شبه البللوري والآخر صغير وكروي ويعرف باسم الجسم الكروي



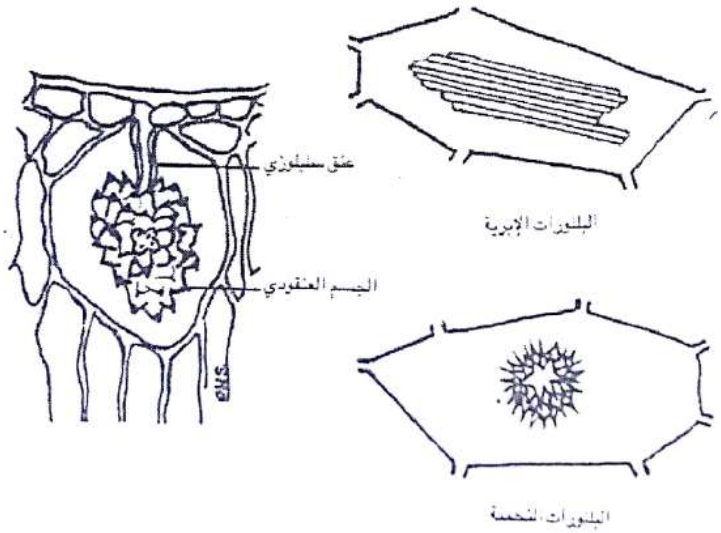
حبيبات الأليرون في الذرع

- **البلورات** ***Crystals*** :

تترسب بعض المواد الكيميائية الناتجة من عملية الاستقلاب على شكل بلورات مختلفة الشكل والتركيب، تأخذ بلورات أوكسالات الكالسيوم مثلاً اشكالاً مختلفة:

- على هيئة أبر متراصة فوق بعض في ساق نبات الدراسينيا والترادسكانيا
- على هيئة نجمية في نبات البيجونيا

وقد تتكون البلورات من كربونات الكالسيوم وتأخذ البلورات شكل عنقود له عنق في خلايا بشرة أوراق نبات تين المطاط$Ficus\ elastica$ ويطلق على هذا النوع من البلورات اسم الحوصلة الحجرية $Cystolith$



الحوصلة الحجرية

اشكال بللورات اوكسالات الكالسيوم

مواد أخرى مختزنة:

توجد الكثير من المواد المختزنة بداخل الخلية النباتية مثل التانينات $Tannins$ وهي عبارة عن مشتقات من الفينول والتي توجد عادة في كثير من الخلايا الميتة وبعض الخلايا الحية مثل الأنسجة الميرستيمية واليافعة

- القلويدات $Plkaloids$ لها قيمة طبية كبيرة مثل الكافين $Caffeine$ الذي يؤثر على الجهاز العصبي وتوجد بكثرة في بذور البن $Caffea\ arabica$ وأوراق الشاي والأفيون الذي ينتج من الثمار وغير الناضجة لنبات الخشخاش $Papaver, Somniferum$

والكيتين والذي يستعمل في علاج الملاريا ويوجد بكثرة في قلف نبات الكينا
$cinchona\ Sp$ وكثير من النباتات تحتوي على أصبغة نباتية الذائبة منها وغير الذائبة وقد توجد إما داخل البلاستيدات الخضراء أو الملونة أو ذائبة في الفجوة العصارية والتي تكسب الأزهار والثمار والجذور ألوانها المميزة مثال ذلك: مادة الأنتوسيانين التي تعطي اللون الأحمر ومواد صباغية أخرى مثل صبغة الغلافون المسؤولة عن الألوان الفاتحة الصفراء والعاجية.

المحاضرة الثالثة

الأنسجة النباتية

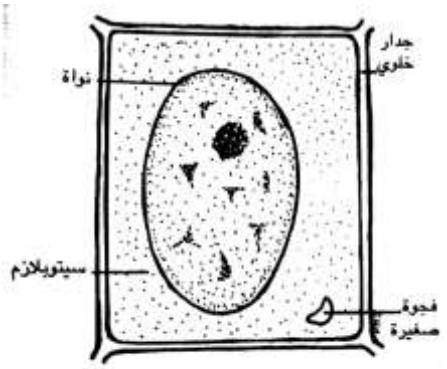
أ.د.محمد سليمان

الأنسجة النباتية

Plant Tissues

يتكون جسم النبات الزهري من خلايا ، تختلف من حيث الحجم والشكل والوظيفة ، وتنتظم الخلايا ذات الوظيفة الواحدة لتكون النسيج Tissues . وكما تنتظم مجموعة الأنسجة لتكون الأعضاء النباتية .

وتوجد الأنسجة في نظم مختلفة تبعاً للعضو النباتي ونوع النبات سواء كان ورقة أو ساقاً أو جذراً حديثاً أو خشبياً أو من ذوات الفلقة الواحدة أو من ذوات الفلقتين . وعلى ذلك يمكن تعريف النسيج بأنه مجموعة من الخلايا تشترك لأداء وظيفة أساسية واحدة . ويمكن تقسيم الأنسجة إلى نوعين أساسيين تبعاً لقدرة الخلايا على الانقسام : **أنسجة مرسيتمية أو إنشائية** Meristematic لها القدرة على الانقسام



شكل (٣-١) الخلية المرستيمية

وأنسجة مستديمة أو غير مرستيمية فقدت قدرتها على الانقسام وتحولت إلى خلايا يافعة .

<u>أنواع الأنسجة المرستيمية</u> :

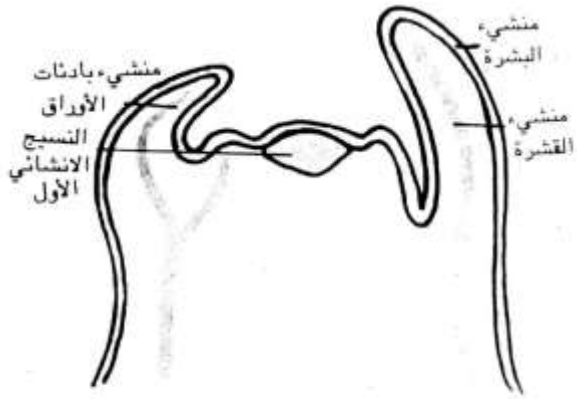
تقسم الخلايا المرستيمية تبعاً لمنشأ المرستيم إلى :

أ- مرستيم ابتدائي : الذي ينشأ من نسيج **مرستيمي أولي** من خلايا الجنين ، ينقسم ليكون مجموعة من الأنسجة المرستيمية ، كما في الأنسجة المرستيمية في قمم الجذور والسيقان ومنشيء الأوراق .

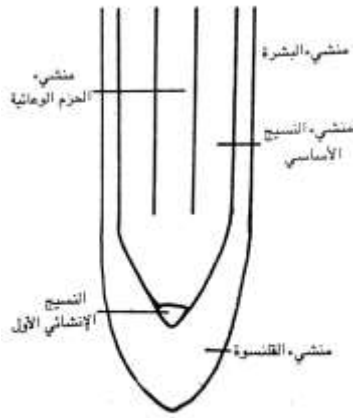
ب- أنسجة مرستيمية ثانوية : هي التي نشأت إما من خلايا لها القدرة على الانقسام ثم توقفت واستعادت قدرتها على الانقسام مثل **الكامبيوم الحزمي** أو تنشأ من خلايا بالغة استعادت قدرتها على الانقسام وغالباً ما تكون خلايا بارنشيمية كما هو الحال في **الكامبيوم بين الحزمي** والكامبيوم الفليني .

كما تقسم الخلايا المرستيمية تبعاً لموضعها في النبات إلى :

أ- أنسجة مرستيمية قمية Apical Meristems إذا وجدت في القمم النامية للجذور والسيقان وبعض منشئات الأوراق .



شكل (٢-٣)
قطاع طولي في القمة النامية للساق



شكل (٢-٢)
قطاع طولي في القمة النامية للجذر

ب- أنسجة مرستيمية بينية Intercalary Meristems والتي توجد عند قواعد الأوراق .

ج- أنسجة مرستيمية جانبية Lateral Meristems حيث تنقسم الخلايا بجدر موازية لمحيط النبات مما يؤدي إلى زيادة في سمكه مثال الكامبيوم الحزمي والكامبيوم الفليني .

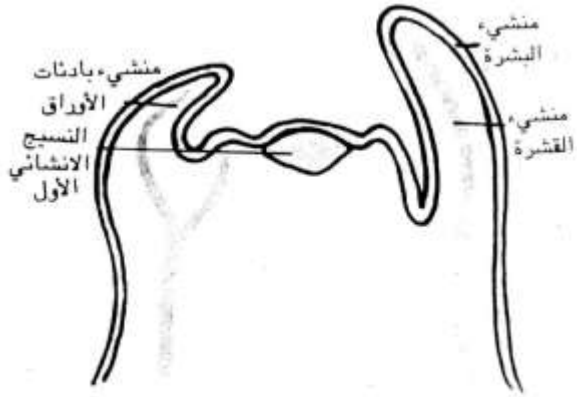
1- أنسجة مرستيمية قمية Apical Meristems : توجد هذه الأنسجة في القمم النامية للجذور والسيقان ، والتي تؤدي إلى زيادة عدد الخلايا وبذلك يستطيل العضو النباتي وتنشأ من الأنسجة الميرستيمية القمية مجموعة من الأنسجة الميرستيمية الابتدائية وهي:

أ- الأنسجة الميرستيمية الأولية أو (النسيج الإنشائي الأول)

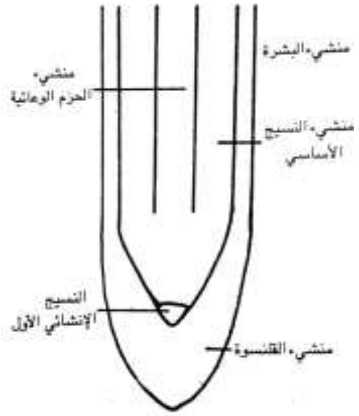
ب- الانسجة الميرستيمية الأساسية أو (منشئ الأنسجة الأساسية)

ت- الأنسجة الكامبيومية الأولية (أو منشئ الحزم الوعائية)

ويؤدي انقسام ونمو هذه الأنسجة إلى تكوين الأنواع المختلفة من الانسجة الابتدائية



شكل (٢-٣)
قطاع طولي في القمة النامية للساق



شكل (٢-٣)
قطاع طولي في القمة النامية للجذر

2- أنسجة الكامبيوم الوعائي أو الحزمي Vascular Cambium : توجد هذه الأنسجة في الحزم الوعائية وعادة بين الخشب واللحاء . ويؤدي نشاط هذا الكامبيوم عند انقسام الخلايا القمية إلى تكوين أنسجة ابتدائية للخشب واللحاء .

3- الكامبيوم الفليني Cork Cambium : يتكون هذا الكامبيوم في الأعضاء النباتية البالغة وعادة يوجد في المناطق الخارجية للسيقان والجذور ليحل محل أنسجة البشرة والقشرة المتمزقتين نتيجة زيادة سمك النبات ، والكامبيوم الفليني مسؤول عن تكوين طبقة الفلين في النباتات الخشبية . والأنسجة الناتجة من انقسام الكامبيوم الفليني تعتبر من الأنسجة الثانوية .

4- الأنسجة المرستيمية البينية Intercalary Meristems : توجد هذه الأنسجة عند قواعد الأوراق للنباتات ذات الفلقة الواحدة بالقرب من العقد وتؤدي عند انقسامها إلى زيادة في طول الساق .

الأنسجة المستديمة (Non-meristematic tissues) Permanent Tissues :

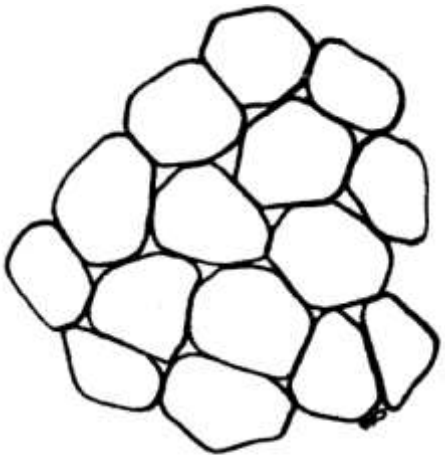
تنشأ خلايا هذه الأنسجة من انقسام ونمو الخلايا المرستيمية حيث تكبر الخلية المرستيمية وتزداد الفجوات العصارية وتتحول إلى خلية بالغة . وتتخذ هذه الخلايا أشكالاً وأحجاماً مختلفة تبعاً لوظيفة الخلايا . وقد تتكون هذه الأنسجة من نوع واحد من الخلايا وتعرف في هذه الحالة باسم الأنسجة المستديمة البسيطة Simple Tissues . أو تتكون من أكثر من نوع من الخلايا وتعرف باسم الأنسجة المستديمة المركبة Complex Tissues .

أولاً : الأنسجة المستديمة البسيطة Simple Tissues :

تتكون خلايا النسيج من نوع واحد من الخلايا، فكل نوع له وظيفة وشكل معين يتلاءم مع الوظيفة التي يقوم بها النسيج ومن بين هذه الأنسجة

1-الأنسجة البارانشيمية Parenchyma Tissues

تتكون من الخلايا البارنشيمية ، وهي أكثر الخلايا انتشاراً حيث توجد تقريباً في معظم أجزاء النباتات الراقية . وهي عبارة عن خلايا رقيقة الجدار ، مضلعة أو بيضية أو مستديرة أو مستطيلة الشكل ، تتخللها فراغات بينية



شكل (٣-٤)
خلايا الأنسجة البارنشيمية

وتتركب جدرها أساساً من مادة السليلوز وهي خلايا حية بها سيتوبلازم وبها فجوات عصارية ، وجدرها ابتدائية .

ووظيفة الخلايا البارنشيمية توصيل المواد الغذائية والماء نظراً لرقة جدرها وتختزن أحياناً المواد الغذائية كالنشا والبروتين والدهون . وقد تحتوي على بلاستيدات خضراء .

في هذه الحالة يطلق عليها اسم الخلايا الكلورنشيمية Chlorenchyma . وكثيراً من الخلايا البارنشيمية قد تستعيد قدرتها على الانقسام وتصبح خلايا مرستيمية ثانوية ولذللك فهي هامة في تكوين الأنسجة الثانوية والتئام الجروح وتوجد هذه الخلايا في القشرة والنخاع والنسيج الوسطي للأوراق وكذلك في أنسجة الخشب واللحاء ، وقد تتغلظ الخلايا البارنشيمية في أنسجة الخشب بمادة اللجنين .

2- الأنسجة الكولنشيمية Collenchyma :

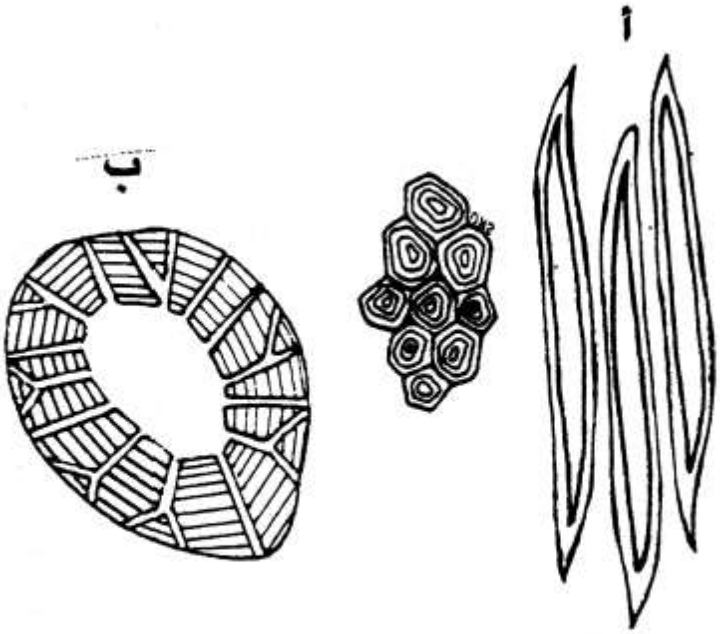
تتكون من خلايا كولنشيمية وهي خلايا حية . مغلظة الجدر بطريقة غير منتظمة ويزداد التغلظ عند الأركان بمواد السيليلوز والبكتين

شكل (٢-٥)
خلايا الأنسجة الكولنشيمية

وتوجد على هيئة طبقات تحت البشرة أو على هيئة تجمعات في السيقان وأعناق الأوراق وفي أعلى وأسفل عروق نصل الورقة ذات الفلقتين . ووظيفتها إعطاء الدعامة والمرونة للنباتات الخضراء نظراً لتغلظ جدرها . ولا توجد الأنسجة الكولنشيمية في الجذور الأرضية وسيقان وأوراق نباتات ذات الفلقة الواحدة ، وقد توجد في الجذور المعرضة للضوء . وقد تحتوي على بلاستيدات خضراء وفي بعض الأحيان تستعيد قدرتها على الانقسام متحولة إلى خلايا مرستيمية ثانوية .

3- الأنسجة الاسكلرنشيمية Sclerenchyma :

وهي تتكون من خلايا اسكلرنشيمية معينة ذات جدر مغلظة تغلظاً شديداً بمادة اللجنين وبها نقر بسيط .



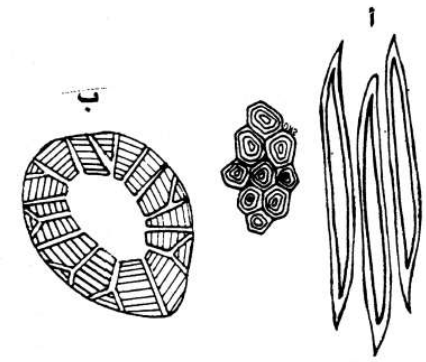
شكل (٢-٦)

خلايا الأنسجة الاسكلرنشيمية (أ) الألياف ، (ب) الخلايا الحجرية

ولذلك تعتبر من الأنسجة الدعامية للنبات . ويوجد نوعان من الخلايا الاسكلرنشيمية تختلف من حيث الشكل والمنشأ وهما الألياف Fibres والخلايا الحجرية Sclereids .

أ- الألياف Fibres :

الألياف طويلة نسبياً تتميز بأن جدرها ثانوية مغلظة بمادة اللجنين وقد يكون التغلظ بمادة السليولوز ، ومدببة الأطراف في القطاع الطولي

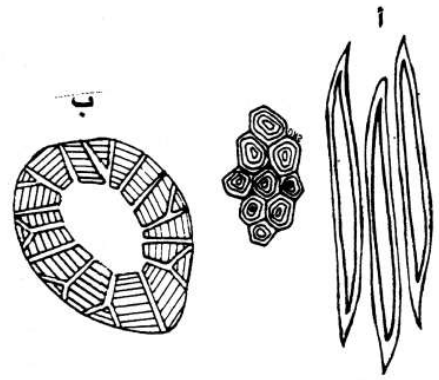


شكل (٢-٦)
خلايا الأنسجة الاسكلرنشيمية (أ) الألياف ، (ب) الخلايا الحجرية

وتنشأ الألياف من أصل مرستيمي . وهي هامة لإعطاء الأعضاء النباتية الدعامة . وتوجد الألياف بصورة عامة على هيئة تجمعات مبعثرة أو حلقات مستديرة داخل القشرة . كما توجد حول الحزم الوعائية مكونة غمد الحزمة في النباتات ذات الفلقة الواحدة وفي الخشب واللحاء . وفي بعض نباتات ذات الفلقتان توجد على هيئة تجمعات أعلى الحزم الوعائية مكونة البريسيكل وللألياف قيمة اقتصادية حيث أنها مصدر للألياف الطبيعية مثل القطن والكتان الذي يدخل في صناعة المنسوجات .

ب- الخلايا الحجرية Sclereids :

هي خلايا ذات أشكال مختلفة كروية أو مضلعة أو مستطيلة وقد تكون متفرعة ذات جدر سميكة جداً وبها نقر متفرعة



شكل (٢-٦)
خلايا الأنسجة الاسكلرنشيمية (أ) الألياف ، (ب) الخلايا الحجرية

ولذلك تساهم في دعامة العضو الذي توجد به الخلايا . وهي قصيرة وغير مدببة الأطراف في القطاع الطولي وتنشأ من خلايا مستديمة بارنشيمية . وتوجد الخلايا الحجرية إما فرادي أو على هيئة تجمعات من عدد من الخلايا منتشرة داخل القشرة ، وتكثر في أغلفة بعض بذور البقوليات . وكذلك في الأجزاء الصلبة لثمرة البندقة وثمار الكمثرى (Pyrus Communis) والتفاح (Pyrus malus) والجوافة (Psidium guajava) .

4- الأنسجة الإفرازية Secretory Tissues :

هي عبارة عن أنسجة تقوم بإفراز بعض المواد الناتجة عن عمليات الاستقلاب . وقد تستخدم المواد المفرزة في خدمة النبات ، أو قد تكون عبارة عن مواد تتراكم داخل الخلايا إلى حين إخراجها من النبات .

وتتكون هذه الأنسجة من غدد تفرز مواد مختلفة مثل الرحيق في الأزهار والزيوت الطيارة في نبات النعناع (Mentha viridis) أو المواد الراتنجية في أشجار الصنوبر (Pinus pinea) .

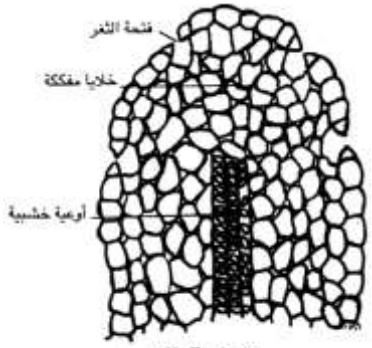
ويمكن تقسيم الأنسجة الإفرازية إلى نوعين هما :

أ- الأنسجة الإفرازية الخارجية External Secretory Tissues :

تتكون الأنسجة الإفرازية الخارجية من بعض خلايا البشرة ، وقد تشمل بعض الطبقات أسفل البشرة وتقوم بإفراز الرحيق المميز للأزهار مثل الغدد الرحيقية ، وقد تقوم بإفراز بعض الأنزيمات والمواد اللزجة ، كما في أوراق نباتات آكلة الحشرات التي تقوم باصطياد الحشرات وتحليلها والاغتذاء على نواتج هضمها .

وتوجد أنواع خاصة من الأنسجة الإفرازية تختص بعملية **الإدماع** Guttation ، وهو خروج الماء من النبات على صورة سائلة ، وتعرف باسم الثغور المائية . وتوجد هذه الثغور في حواف أوراق بعض النباتات مثل الطماطم (Lycopersicon) والشعير (Hordeum vulgare) والذرة (Zea maize) حيث يخرج الماء من تلك الثغور المفتوحة دائماً .

ويحدث ذلك عادة في النباتات التي تنمو في وجود رطوبة جوية عالية وامتصاص سريع للماء

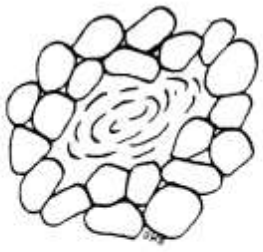


شكل (٢-٧)
رسم تخطيطى يوضح الثغر المائى

ب- الأنسجة الإفرازية الداخلية Internal Secretory Tissues :

تتكون هذه الأنسجة من خلايا متخصصة لإفراز مواد معينة وهذه إما تحفظ في داخلها أو في تجاويف خارجها . ويوجد ثلاثة أنواع من هذه الأنسجة هي :

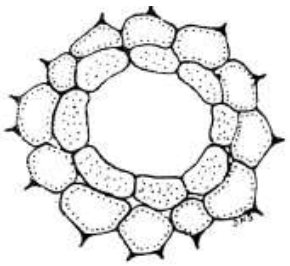
الغدد الانقراضية Lysigenous Glards :



شكل (٢-٨)
رسم تخطيطى يوضح الغدة الانقراضية

وتنشأ عن طريق انقراض بعض الخلايا وتحللها فيتكون تجويف تتجمع فيه المواد المفرزة والناتجة من الخلايا المتحللة وتحاط الفجوة ببقايا الخلايا المتحللة . ومن أمثلتها الغدد الموجودة في أغلفة ثمار الموالح

الغدد الانفصالية Schizogenous Glands :



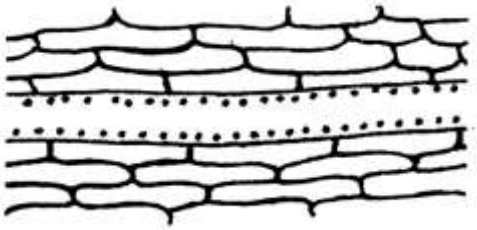
شكل (٢-٩) رسم تخطيطى
يوضح الغدة الانفصالية

وتنشأ هذه الغدد من انفصال بعض الخلايا عن بعضها البعض ، وذلك نتيجة ذوبان الصفائح الوسطى الفاصلة واتساع

المسافات البينية ثم انقسامها لتكون طبقة من الخلايا المنتظمة التي تحيط بالفجوة

الغدد اللبنية Laticiferous Ducts :

الغدد اللبنية هي عبارة عن غدد داخلية ، تنشأ من التصاق خلايا مستطيلة تتلاشى جدرها العرضية ، مكونة أنبوبة تعرف باسم الأوعية اللبنية . وقد تتفرع هذه الأنابيب داخل أنسجة النبات



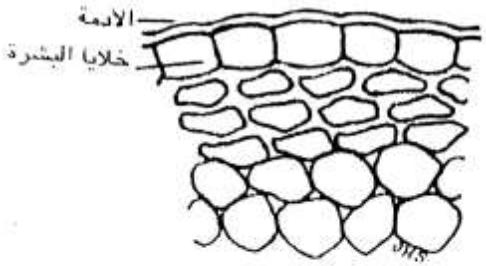
وتقوم هذه الخلايا بإفراز سائل يعرف باسم اللبن النباتي Latex . الذي يتجمع داخل الفجوات العصارية ، وهو يمثل نواتج عمليات الاستقلاب ومن أمثلة الأوعية اللبنية تلك التي توجد في نبات المطاط (Hevea brasiliensis) .

وقد تقتصر الغدد اللبنية على خلية واحدة تستطيل لدرجة كبيرة ، وتنمو بين خلايا النبات وتحتوي على عديد من الأنوية وقد تتفرع الخلية اللبنية كما في نبات بنت القنصل (Euphorbia pulcherima) ، وقد تكون غير متفرعة كما في نبات الونكة (Vinca rosea) . واللبن النباتي له أهمية اقتصادية كما في حالة نبات المطاط حيث يحتوي اللبن على نسبة كبيرة من المطاط . وكذلك يستخرج الصمغ من اللبن النباتي لنبات بلاكوينم Palaquinum .

5- أنسجة البشرة Epidermis :

يطلق على الطبقة الخارجية من الخلايا للأعضاء النباتية الحديثة اسم البشرة Epidermis . وتمثل طبقة واقية للأسطح الخارجية للنبات . وتتكون البشرة عادة من طبقة واحدة من الخلايا المستطيلة الشكل المتراصة . وتظهر خلايا البشرة في المنظر السطحي ذات جدر

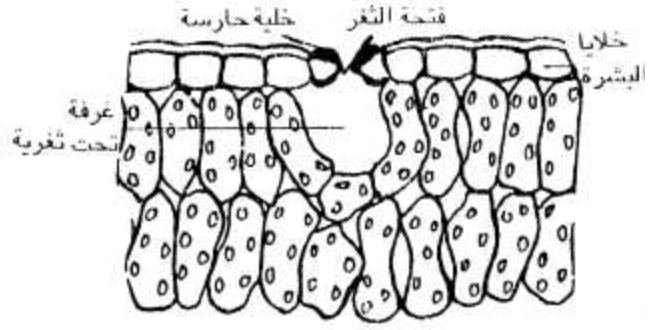
متعرجة . ولا تحتوي عادة على بلاستيدات . وفي بعض النباتات يصبح سمكها أكثر من طبقة وخاصة في نباتات الجفاف مثل التين وبعض أعضاء من الفصيلة الباذنجانية وتفرز معظم خلايا البشرة **مواد** شمعية تسمى الكيوتين لتكون طبقة شمعية تعرف باسم الأدمة Cuticle



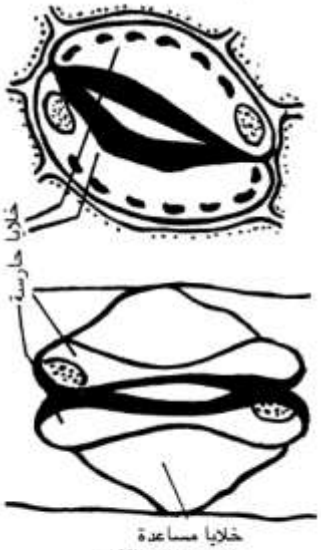
شكل (٢-١١)
رسم تخطيطى يوضح خلايا البشرة

الثغور Stomata :

وتخلل خلايا البشرة فتحات هي الثغور التي تحاط بخلايا متخصصة هي الخلايا الحارسة وتؤدي فتحة الثغر إلى فراغ يطلق عليه اسم الغرفة تحت الثغرية



شكل (٢-١٢)
الثغور كما تظهر فى قطاع عرضى

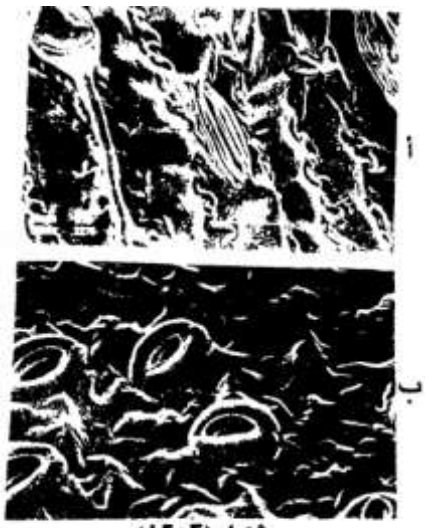


شكل (٢-١٣)
رسم تخطيطى لأنواع الثغور
(أ) كلوى ، (ب) صولجانى

وتختلف الخلايا الحارسة تبعاً لنوع النبات . فنباتات ذات الفلقتين تظهر الخلايا الحارسة فيها كلوية الشكل في حين تظهر الخلايا

الحارسة في نباتات ذات الفلقة الواحدة مثل النجليات مستطيلة صولجانية الشكل

وجدر الخلايا الحارسة مغلظة تغلظاً غير منتظم حيث أن الجدر البعيدة عن فتحة الثغر رقيقة نسبياً ، في حين أن بقية الجدر سميكة وتتميز الخلايا الحارسة بأنها تحوي بلاستيدات خضراء وقد توجد خليتان صغيرتان تعرفان بالخلايا المساعدة



شكل (٣-١٤)
الثغور كما تظهر تحت المجهر الالكتروني الماسح (أ) كلوي ، (ب) صولجاني

الشعيرات وزوائد البشرة Trichomes :

هي عبارة عن امتدادات لخلايا البشرة مختلفة الشكل والحجم وقد تغطي سطح النبات كله أو جزءاً منه . وتظهر هذه الزوائد إما وحيدة الخلية أو عديدة الخلايا .

شكل (٢-١٥)
الشعيرات وزوائد البشرة

وقد تكون هذه الزوائد إفرازية أو غير إفرازية ، والزوائد لها جدر سليلوزية ، ومغطاة بطبقة من الكيوتين وقد تكون مشبعة بمادة السليكا أو كربونات الكالسيوم

شكل (٢-١٦)
الشعيرات وحيدة الخلية كما تظهر
تحت المجهر الالكتروني الماسح

ومن أمثلة الزوائد البشرية ألياف القطن (Gossypium hirsutum) والشعيرات اللاسعة لنبات الحريق (Urtica sp) . وتخرج من البشرة في الجذور شعيرات جذرية ، وهي تمثل امتدادات أنبوبية الشكل للجدار الخارجي لخلية البشرة الجذرية وهي غير مغطاة بالكوتين .

ثانياً : الأنسجة المستديمة المركبة Complex Tissues :

تضم الأعضاء النباتية أنسجة يحتوي كل منها على أكثر من نوع من الخلايا تعرف في هذه الحالة باسم الأنسجة المركبة ، ومن أمثلة تلك الأنسجة ، الخشب Xylem ، اللحاء Phloem والتي تقوم بوظائف توصيل الماء والمواد الغذائية إلى مختلف أعضاء النبات .

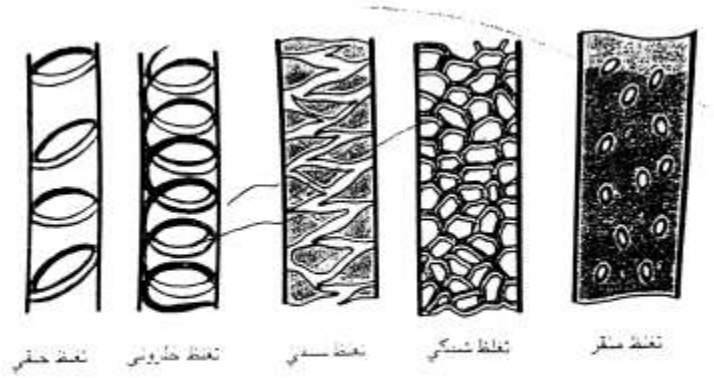
بالإضافة إلى نسيج البيريديرم Periderm والذي يتكون من أنسجة الفلين في النباتات الخشبية المسنة .

1- أنسجة الخشب Xylem :

وهو من الأنسجة المركبة التي تتكون من **أوعية الخشب** Xylem Vessels **وقصيبات** Tracheids ، وألياف ، وبارنشيما الخشب . ووظيفته الأساسية هي توصيل المواد والأملاح والماء من التربة إلى بقية أجزاء النبات . ونظراً لأن جميع مكونات الخشب مغلظة الجدر فهي تساعد في تدعيم النبات .

أ- الأوعية الخشبية Vessels :

يتكون الوعاء الخشبي من خلايا ميتة متراصة طولياً فوق بعضها تذوب فيها جدرها العرضية لتصبح وعاءً طويلاً قد يصل إلى عدة أمتار أو بطول ساق النبات . وجدر الأوعية مغلظة تغلظاً ثانوياً بمادة اللجنين . وتختلف الأوعية تبعاً لنوع وعمر النبات ، من ناحية الطول وكيفية تغلظ الجدر . ففي المراحل الأولى لعمر النبات ، تكون الأوعية ضيقة مكونة الخشب الأول Protoxylem . وعندما ينضج النبات تكون الأوعية الخشبية أكثر اتساعاً لتكون **الخشب التالي** Metaxylem . ويختلف تغلظ الجدر تبعاً لطريقة ترسب مادة اللجنين



شكل (٢-١٧) رسم تخطيطي يوضح أوعية الخشب

فقد تكون حلقياً Annular أو لولبياً (حلزونياً) Spiral وخاصة في أوعية الخشب الأول وهذه الأوعية قابلة للاستطالة . وقد يكون التغلظ سلمياً Scalariform أو شبكياً Reticulate أو

منقراً Pitted أي يكون الجدار مغلظاً ما عدا أماكن للنقر في حالة أوعية الخشب التالي .
وفي بعض الأحيان قد يوجد أكثر من نوع من التغلظ في الوعاء الواحد .

ب- القصيبات Tracheids :

تشبه الأوعية في أنها خلايا ميتة ومغلظة بمادة اللجنين إلا أن أطرافها مدببة ولا تذوب فيها الجدر المستعرضة الفاصلة بينها ، والتي تظهر عادة مائلة ولذلك تكون الخلايا ذات أطراف مدببة نسبياً . وتنشأ القصيبة من خلية كمبيومية واحدة . وتحتوي جدرها على نقر لتسمح بمرور الماء من خلية إلى أخرى . وجدار القصيبة يكون حلزوني أو سلمي أو شبكي التغلظ وتوجد القصيبات بكثرة في نباتات مغطاة ومعراة البذور .

ج- ألياف الخشب Xylem Fibres :

وهي تشبه الألياف في الخلايا الاسكلرنشيمية فهي خلايا ميتة ومغلظة بمادة اللجنين ، التي تتخللها نقر بسيطة . وتقوم الألياف بوظيفة دعامية للنبات .

د- بارنشيمية الخشب Xylem Parenchyma :

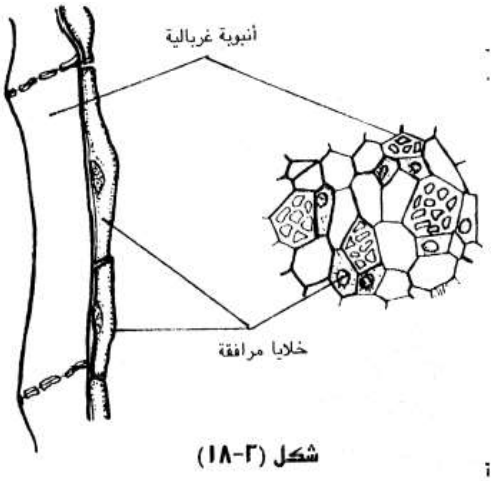
تشبه الخلايا البارنشيمية إلا أنها عادة تكون مستطيلة ، وقد تتغلظ جدرها بمادة اللجنين ، وتخللها نقر بسيطة أو مضفوفة . ولا يوجد فراغات بينية . ووظيفة البارنشيمة هي تخزين المواد الغذائية والمساهمة في توصيل العصارة .

2- نسيج اللحاء Phloem :

نسيج مركب يتركب من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وألياف وخلايا بارنشيمية . ووظيفته نقل العصارة الناضجة .

أ- العناصر الغربالية Sieve Tube Elements :

خلايا حية ، جدرها مكونة من مواد سليلوزية متراصة بعضها فوق البعض طولياً مكونة الأنابيب الغربالية . تحتوي الجدر العرضية على ثقوب تعرف بالثقوب الغربالية Sieve Pores لتكون الصفيحة الغربالية Sieve plate



شكل (٢-١٨)
رسم تخطيطي يوضح عناصر اللحاء
(أ) قطاع عرضي ، (ب) قطاع طولي

وقد توجد الثقوب أيضاً في الجدر الجانبية إلا أنها تكون أصغر واضيق . ويتصل سيتوبلازم الخلايا المتجاورة من خلال هذه الثقوب .

وتوجد أيضاً في السرخسيات خلايا غربالية اسطوانية الشكل ، طويلة ذات جدر طرفية مائلة متراكبة عند الأطراف ، ولا تحتوي على صفائح غربالية . ولا تحتوي العناصر الغربالية على نواة وتبطن جدرها كمية من السيتوبلازم ولذلك يساعد الخلية الغربالية على أداء نشاطها خلايا مرتبطة بها تعرف بالخلايا الزلالية Albuminous cells ، ويساعد الأنابيب الغربالية على أداء نشاطها خلايا مرافقة Companion Cells .

ب- الخلايا المرافقة Companion Cells :

هي خلايا أصغر من خلايا العناصر الغربالية ، وتحتوي على نواة واضحة ومملوءة بالسيتوبلازم ، عادة تكون ملاصقة للأنابيب الغربالية . وجدرها رقيقة سيلولوزية وبها نقر بسيطة . تنشأ الخلايا المرافقة من نفس الخلية المرستيمية (الكامبيومية) التي تتكون منها العناصر الغربالية . حيث تنقسم الخلية المرستيمية الأم طولياً إلى نصفين غير متساويين ، أحدهما كبير يكون الخلية الغربالية ، والأخرى تتحول إلى خلية مرافقة . وقد تنقسم الخلية الصغيرة لتعطي خليتين مرافقتين . وتقوم الخلية المرافقة بمساعدة الأنبوبة الغربالية في عملية توصيل المواد الغذائية . وتوجد الخلايا المرافقة في لحاء مغطاة البذور فقط ولا توجد في معراة البذور .

ج- ألياف اللحاء Phloem Fibres :

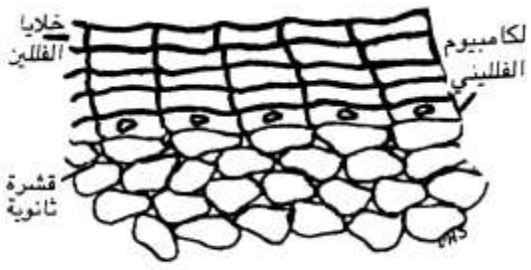
تتخلل العناصر الغربالية ألياف اللحاء وتوجد إما متجمعة أو منفصلة داخل عناصر اللحاء ، وهي تقوم بوظيفة دعامية .

د- بارنشيمة اللحاء Phloem Parenchyma :

تشبه الخلايا البارنشيمية ، ولكنها تميل إلى الاستطالة . جدارها من مادة السليلوز ، تتخلله نقر بسيطة ، تقوم بتخزين المواد الغذائية ، وقد تتغلظ بمادة اللجنين في اللحاء الثانوي في الأنسجة المسنة . ولا توجد بارنشيمة اللحاء في لحاء نباتات ذات الفلقة الواحدة .

3- نسيج البيريديرم Periderm :

تتكون الأنسجة الثانوية ، ويزداد النبات في السمك ، مما يؤدي إلى تمزق الطبقات الخارجية ليحل محلها نسيج ثانوي يعرف بالبيريديرم Periderm . وهو نسيج مركب يتكون من فلين وخلايا كمبيونية وخلايا بارنشيمية . وتنشأ من تحول بعض خلايا البشرة أو القشرة أو البيريسيكل إلى خلايا كامبيونية تعرف باسم **الكامبيوم الفليني** ، تنقسم لتعطي خلايا الفلين للخارج خلايا بارنشيمية للداخل

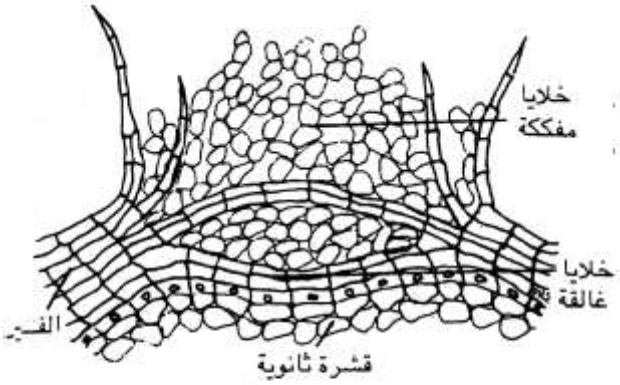


شكل (٢-١٩)

رسم تخطيطى يوضح نسيج البريديرم

. ويتم ذلك بأن تنقسم الخلية الكامبيومية إلى قسمين أحدهما تظل كمبيومية ، والأخرى تتحول إما إلى فلين للخارج أو خلية بارنشيمية للداخل . ويتكرر انقسام الخلية الكمبيومية مرة أخرى لتكون نسيج الفلين إلى الخارج ونسيج القشرة الثانوية للداخل ، وتعمل طبقة الفلين

على حماية الأنسجة الداخلية للنبات ، وتترسب على جدرها مادة السوبرين ، لتمنع نفاذ الماء والهواء . ولذلك يتخلل طبقة الفلين فتحات مكونة من خلايا مفككة تعرف باسم **العديسات** Lenticels ، وظيفتها تبادل الغازات .



شكل (٢-٣٠)

رسم تخطيطى يوضح شكل العديسة

المحاضرة الرابعة والخامسة

الشكل الظاهري للنبات

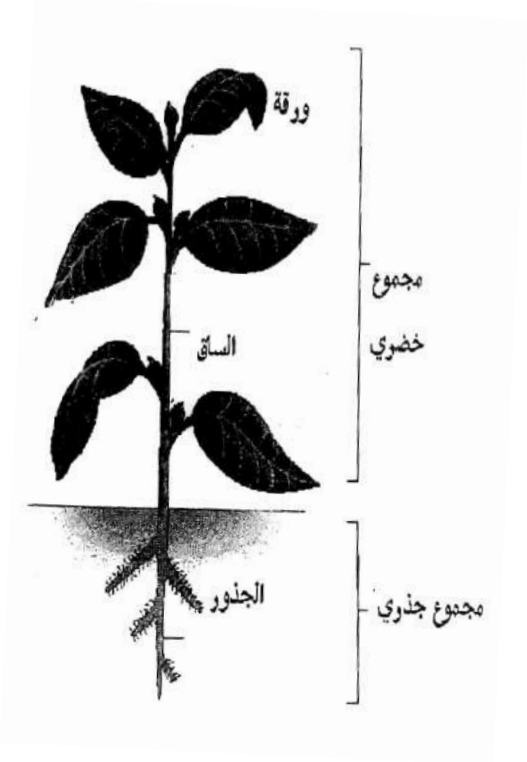
أ.د.محمد سليمان

النباتات الراقية الشكل الظاهر

الجذر

المنشأ:

ينشأ الجذر نتيجة نمو الجذير في الجنين عند استنبات البذرة، يكوّن الجذر الابتدائي $Primary\ root$ يتفرع هذا الجذر يكون جذوراً جانبية أو ثانوية والتي بدورها تكوّن أفرع جانبية حتى يتكون المجموع الجذري



التغلغل:

تختلف النباتات من حيث درجة تغلغل الجذور داخل التربة تبعاً لنوع وخصائص التربة، يتراوح تغلغل الجذر بين عدة سنتيمترات إلى عدة أمتار

الجذور في الباتات الصحراوية: ينمو الجذر بشكل سريع ويتوغل أعماق كبيرة حتى تصل إلى مصادر المياه في أعماق التربة

وظيفة الجذور:

1-تثبيت النبات في التربة

2-امتصاص الماء والمواد المذابة وتوصيلها إلى الساق

3-تقوم بتخزين المواد الغذائية في كثير من الأحيان

4-القيام بوظائف مخصصة بعد التحوير بذلك

5-إنتاج العديد من الهرمونات من قبل الجذور والتي يعتمد عليها المجموع الخضري في نموّه مثل السايتوكينات $Cytokines$

مناطق الجذر

يتكون الجذر من:

1-القلنسوة:

تتكون من الخلايا البارنشيمية التي توجد في قمة الجذر

وظيفتها: حماية خلايا القمة النامية من التمزق أثناء اختراق جذر التربة، يقوم جهاز غولجي بإفراز مواد مخاطية تقوم بتسهيل امتداد الجذر في التربة وكذلك تكون وسطاً مناسباً لنمو بعض البكتريا المفيدة

خلايا القلنسوة دائمة التجدد بواسطة الخلايا الميرستيمية الأولية التي تنقسم بصورة دائمة لتعطي خلايا القلنسوة

2-المنطقة النامية:

تتكون من نسيج ميرستيمي أولي تتميز عادة إلى ثلاث مناطق ميرستيمية وهي:

- منشئ البشرة
- منشئ النسيج
- منشئ الحزم الوعائية

3-مطقة الاستطالة:

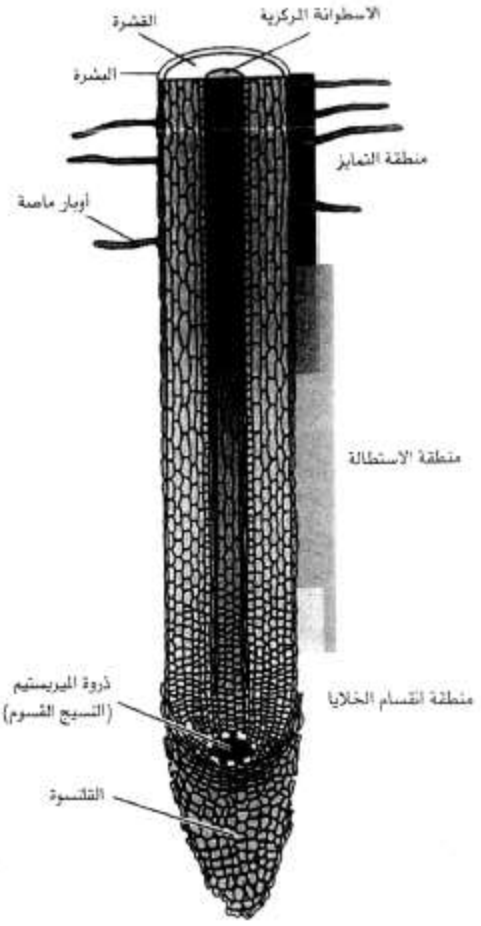
فيها تستطيل الخلايا الميرستيمية وتفقد قدرتها على الانقسام وتصبح خلايا بالغة تحتوي فجوات عصارية واسعة

4-منطقة الشعيرات الجذرية

امتدادات لخلايا البشرة مكونة من الشعيرات الجذرية

5-المنطقة الدائمة

تظهر في هذه المنطقة الجذور الجانبية



أنواع الجذور

1-الجذور الوتدية: تنشأ من الجذير بعد إنبات البذرة قد تتحور لتؤدي وظيفة الاختزان يسمى عندها وتدي درني ويأخذ شكل مغزلي أو مخروطي أو لفتي ...

2-الجذور العرضية: تنمو من مواضع أخرى على النبات مثل ظهورها عند العقد أو السيقان أو الأوراق

تحور الجذور

سبب التحور القيام بوظائف متخصصة غير الوظائف الأساسية التي يتميز فيها الجذر مثلاً

1-القيام بوظيفة التكاثر في نبات البطاطا الحلوة والداليا حيث تحتوي هذه الجذور على براعم عند نموها تكون نبات كامل

2-قد تنشأ جذور ليفية في نبات القمح

3-الجذور الدعامية أو المساعدة: في نبات الذرة البالغ تظهر جذور عرضية، تنشأ عند العقد القريبة من سطح التربة، تنمو حتى تصل إلى التربة، تزيد من دعامة الساق، وتعرف باسم الجذور الدعامية أو المساعدة

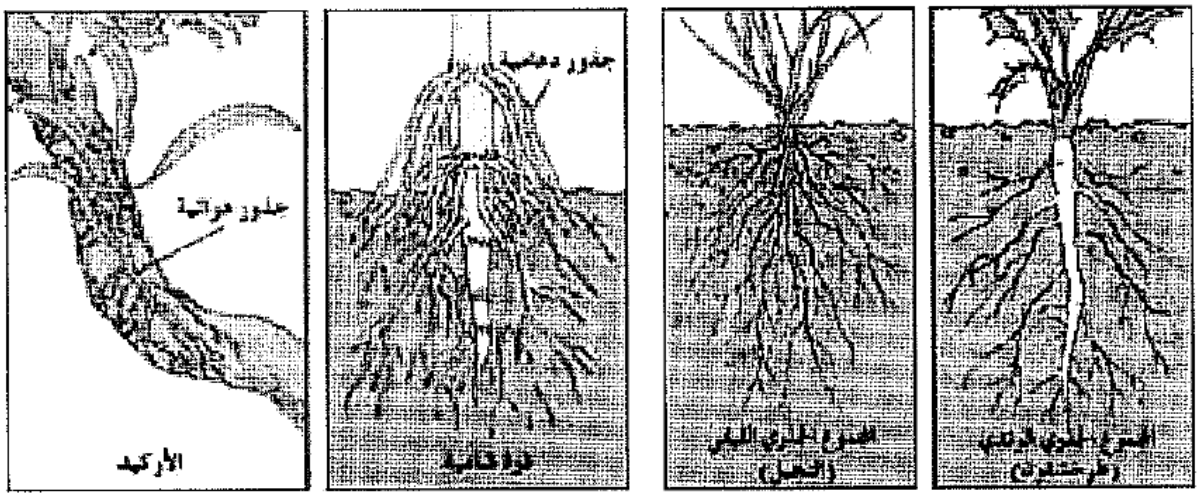
4-الجذور التسلقية: في بعض النباتات تؤدي الجذور العرضية وظيفة التسلق وتقوم بتثبيت السيقان بالجدران كما في نباتي حبل المساكين

5-الجذور الهوائية: تنشأ من الأفرع الهوائية تقوم بامتصاص الماء من الجو وقد تنمو هذه الجذور لتصل إلى سطح التربة لتتحول إلى جذور دعامية كما في نبات التين البنغالي

6-جذور شادة: في بعض الأبصال والزنابق تتكون جذور لها القدرة على التقلص مما يؤدي إلى شد البذور والسيقان

7-الجذور التنفسية تخرج جذور من الأفرع تحت سطح الماء إلى أعلى محتوية على عديسات وفراغات هوائية تساعد النبات على التنفس كما في نبات الشورى و القرم

8-التطفل: تخترق الجذور أنسجة الخشب واللحاء، تستفيد من المواد الممتصة كما في نبات الحامول يتطفل على سيقان نبات البرسيم نبات الهالوك على جذور النباتات البقولية مثل الفول



الأهمية الاقتصادية للجذور:

يعتمد الإنسان في حياته اعتماداً كبيراً على العديد من جذور الأنواع النباتية حيث تستخدم العديد من الجذور كغذاء في كثير من بقاع العالم نظراً لاحتوائها على كميات كبيرة من السكريات والنشاء من أهمها: البطاطا والجزر والفجل واللفت

ولبعض الجذور أهمية طبية حيث أنها تنتج مركبات أثناء استقلابا الخلوي

أمكن استخلاص وتعريف عدد هائل من المركبات الهامة من الجذور من أهمها القلويدات:

1-الكولشيسين: من نبات اللحلاح تستخدم في علاج الروماتيزم مثلا

2-الهايوسيامين: من جذور نبات السكران(البنج) وهي مادة مهدئة

3-التروبين: من جذور نبات بلادونا

4-أميتين: من جذور نبات الداتورا

5-ليكوريس من جذور نبات عرق السوس لإكساب النكهة والطعم

6-جينسيانا من جذور نبات الجينسينغ الصيني وهو منشط

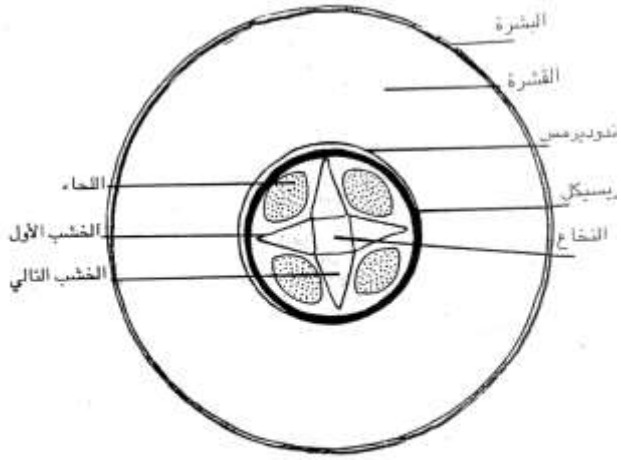
7-مادة التانينات من جذور نبات الحميض تستخدم في دبغ الجلود

8-كما يستخرج العديد من الصبغات الصناعية من الجذور مثل صبغة مادور $Maddor$ الحمراء من ذجور نبات روبيا وصبغة الكانا $Alkanna$ البنفسجية من جذور نبات $Alcanna\ Tinctoria$

التركيب التشريحي للجذور الحديثة *Anatomy of Young Rootت*

التركيب التشريحي للجذور ذوات الفلقتين: *Anatomy of Dicot Rootts*

عند فحص قطاع عرضي لأحد جذور النباتات ذوات الفلقتين يلاحظ وجود الأنسجة الابتدائية التي تنتظم على هيئة مجموعة من الطبقات والأنسجة وهي (البشرة الوبرية) والقشرة والأسطوانة الوعائية



شكل (٣-٩)
رسم تخطيطي لقطاع عرضي في جذر نبات من ذوات الفلقتين

البشرة *Epidermis*

تتكون البشرة من طبقة واحدة من الخلايا مغطاة بطبقة رقيقة جداً من الكيوتين وتمتد بعض خلايا البشرة لتكون الشعيرات الجذرية وخاصة في منطقة الشعيرات الجذرية ولذلك تعرف طبقة الشعيرات بالطبقة الوبرية

وعندما تتمزق الطبقة الوبرية تحل محلها طبقة خارجية لحماية الأجزاء الداخلية للجذر تعرف باسم الاكسوديرمس *Exodermis* حيث تسور الطبقة الخارجية لمنطقة القشرة

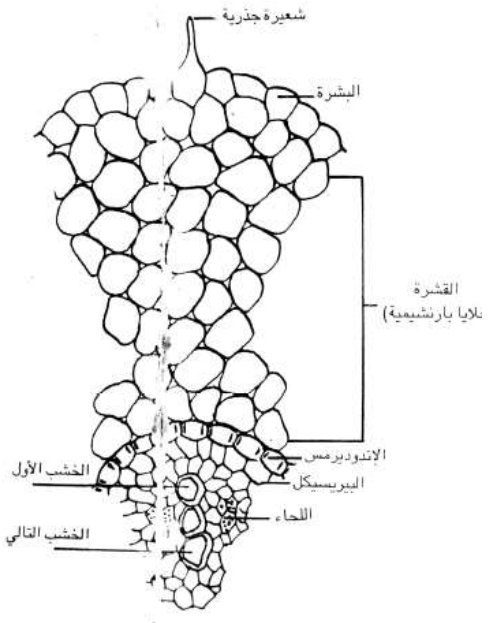
القشرة *Cortex*

تتكون من عدة طبقات من الخلايا البارانشيمية، يوجد بينها فراغات بينية ووظيفتها أساساً تخزين الغذاء، وتوصيل الماء والأملاح المعدنية

وهي منطقة واسعة في الجذور ذات الفلقتين وتنتهي القشرة بطبقة واحدة من الخلايا مغلظة بطريقة مميزة في بعض جدرها تعرف باسم **الأندوديرمس** $Endodermis$

ومادة التغلظ هي السوبرين $Suberin$ ويحدث التغلظ على هيئة شريط، إما في الجدر الداخلية والجدر القطرية، أوقد تتغلظ جميع الجدر وتعرف شرائط التغلظ باسم **شريط كاسبار** $\boldsymbol{Casbarian\ Strin}$

ويلتحم السيتوبلازم بشريط كاسبار مما يحول دون مرور الماء خلال الجدر ويجعلها تمر في اتجاه معين بين الجانبين الخاليين من الشريط. ولذلك توجد بعض الخلايا دون تغلظ تسمى خلايا المرور $Passage\ Cells$ تسمح بمرور الماء من خلايا القشرة وتقع مقابل أنسجة الخشب



شكل (٣-٠٠)
رسم تفصيلي لقطاع عرضي في جذر فلقتين حديث

الأسطوانة الوعائية $\boldsymbol{Vascular\ Cylinder}$

تلي طبقة القشرة ويتكون من ثلاثة أنسجة هي نسيج البريسكيل ونسيج الخشب ونسيج اللحاء

أ- البريسكيل $Pricyle$ وهو ملاصق للأندوديرمس ويتكون من طبقة واحدة من الخلايا البارانشيمية. وأهمية البريكسيل هي أن يحتفظ بقدرته على الانقسام ليقوم بتكوين الجذور الجانبية $LateralRoots$ وكذلك الكامبيوم الوعائي $Vascular\ Cambium$ الذي يتكون أثناء تغلظ الجذر في نباتات ذات الفلقتين

ب- الحزم الوعائية $\boldsymbol{Vascular\ Bundles}$

تتكون الحزم الوعائية من أنسجة الخشب الابتدائي واللحاء الابتدائي ويوجد الخشب الابتدائي واللحاء الابتدائي على أنصاف أقطار متبادلة. وتعرف الحزمة الوعائية بأنها حزمة قطرية

$Radial\ Bundle$ وعدد الحزم الوعائية في الجذور ذات الفلقتين محدود، يتراوح بين اثنين وثمان

ويتركب الخشب من خشب أول $Protoxylem$ وعادة يوجد تجاه الخارج، أما الخشب التالي فيتوجه ناحية الداخل لذلك توصف الحزمة الوعائية بأنها خارجية الخشب الأول $Exarch$

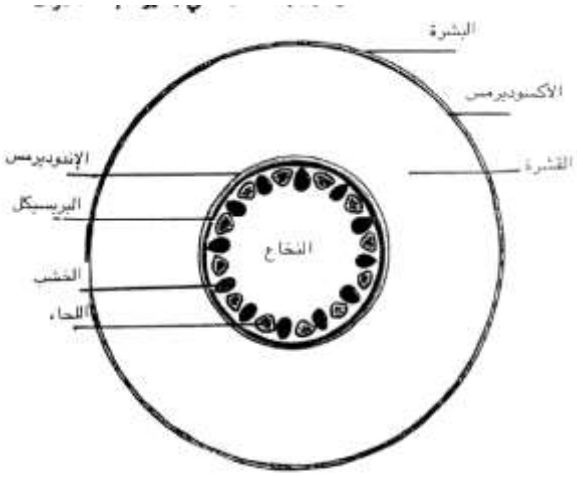
ويوجد اللحاء الابتدائي بين أذرع الخشب ويتكون اللحاء من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وألياف لحاء وبرانشيمة لحاء. وفي النباتات ذوات الفلقتين توجد كمية من الخلايا البارانشيمية تقع بين أذرع الخشب واللحاء، وتلعب هذه الخلايا البارانشيمية دوراً هاماً في متابعة النمو الثانوي للجذر

النخاع $Medulla$

يحتل النخاع المنطقة التي فيمركز الجذر ويتركب من خلايا بارانشيمية وهي ضيقة جداً في النباتات ذوات الفلقتين وقد تخلو جذور بعض النباتات من النخاع

التركيب التشريحي لجذور نباتات ذوات الفلقة الواحدة *Anatomy Of Monocot Roots*

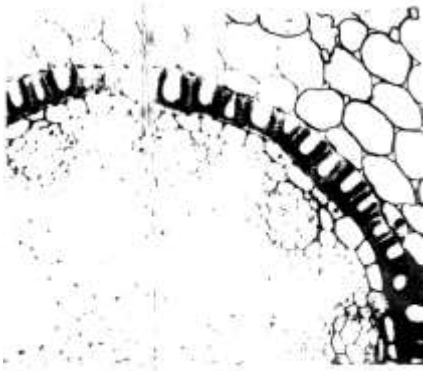
تترتب الأنسجة في جذور النباتات ذوات الفلقة الواحدة بنفس ترتيب الأنسجة في جذور النباتات ذوات الفلقتين



شكل (٣-١١)
رسم تخطيطي يوضح التركيب التشريحي لجذر فلقة واحدة

وهناك بعض الصفات التي تميز الجذور في ذوات الفلقة الواحدة وهي

- عدد أذرع الخشب الابتدائي واللحاء الابتدائي يكون عادة كبيراً (من 8- 12)
- يوجد نخاع واسع واضح
- طبق القشرة ضيقة مقارنة بالقشرة في نباتات ذوات الفلقتين
- لا يوجد بارنشيمة لحاء
- تتميز طبقة الإندوديرمس بتغلظ الخلايا تغلظاً شديداً ويكون التغلظ في الجدر الداخلية والجدر قطرية
- عدم تكوين أنسجة ثانوية



شكل (٣-١٢)
قطاع عرضي في جذر لنبات من ذوات الفلقة الواحدة
موضحاً شريط كاسبار في الإن... ديرمس

جدول يبين الفروق التشريحية بين جذور نباتات ذوات الفلقتين ونباتات ذوات الفلقة الواحدة

الصفات الرئيسية لجذور ذوات الفلقة الواحدة	الصفات الرئيسية لجذور ذوات الفلقتين
القشرة ضيقة نسبياً	القشرة متسعة نسبياً
الأذرع الخشبية عديدة أكثر من ثمانية	الأذرع الخشبية معدودة لا تزيد عن ثمانية

النخاع متسع نسبياً	النخاع ضيق نسبياً وقد لا يكون موجوداً
عدم وجود بارنشيمة لحاء	وجود بارنشيمة لحاء

الساق

الشكل الظاهري للساق

الساق هو المحور الرئيسي للنبات الذي ينشأ من نمو الريشة عند إنبات البذرة يحمل فروعاً جانبية وأوراقاً وبراعم وأزهاراً وثماراً

تتميز الساق إلى عقد تخرج منها الأوراق وسلاميات تفصل بين كل عقدتين متتاليتين

توجد على الساق براعم تختلف من حيث موقعها على الساق وهي عبارة عن ساق جنينية تؤدي عند نموها إلى نمو الساق إلى أعلى أو تكوين السيقان الجانبية

وظيفة الساق في النباتات الزهرية:

حمل الأوراق والأزهار ونقل الماء والأملاح من الجذر إلى أعلى وكذلك تكوين المواد العضوية واختزانها في بعض النباتات

شكل السيقان

تختلف من حيث الشكل الخارجي والتركيب الداخلي تبعاً لنوع النبات مثل: العشبية والخشبية

العشبية: عادة ضعيفة وخضراء وتكون أنسجة خشبية، بسيطة وذات قطر صغير وعادة هذه النباتات حولية أي تنهي دورة حياتها خلال موسم نمو واحد

الخشبية عادة في النباتات المعمرة

ومن حيث الشكل تكون السيقان:

مصمتة أو جوفاء أو اسطوانية أو مضلعة أو ملساء أو على سطحها أشواك

ولمعظم النباتات سيقان طويلة لطول السلاميات ولكن سيقان بعض النباتات قزمية حيث تكون السلاميات والعقد متقاربة

المجموع الخضري: الساق وما يحمله من أفرع وأوراق

ومن أنواع السيقان

- **السيقان الهوائية:** التي تنمو فوق سطح التربة
- **السيقان الأرضية:** التي تنمو تحت سطح التربة في النباتات الزهرية تكون السيقان بصفة رئيسة هوائية قائمة في بعض أنواع النباتات الأخرى، وقد تكون ضعيفة لذا تعتمد على دعامات من أجل تعريضها للضوء، وقد تكون متسلقة على دعامة عن طريق الالتفاف أو تكوين محاليق أو تكون زاحفة مثل البطيخ أو جارية مثل الشليك

البراعم:

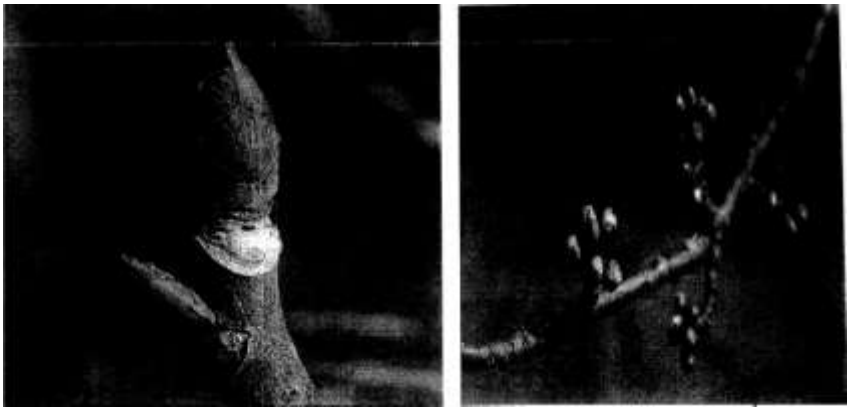
البراعم عبارة عن ساق صغيرة قصرت فيها السلاميات وتقاربت العقد وتراكبت الأوراق الخضرية الصغيرة فوق بعضها لتحمي منطقة نمو إنشائية

أنواع البراعم حسب الموقع

1-براعم طرفية أو قمية زيادة موسمية في طول السوق

2-براعم إبطية أو جانبية تؤدي لأفرع جانبية أو أزهار أو ثمار

3-براعم عرضية مثل المجودة على درنات البطاطا الحلوة



تفرع الساق

من المميزات الأساسية للساق قدرتها على التفرع (وذلك فيما عدا بعض النباتات ذات الفلقة الواحدة) مثل القصب والنخيل والذرة

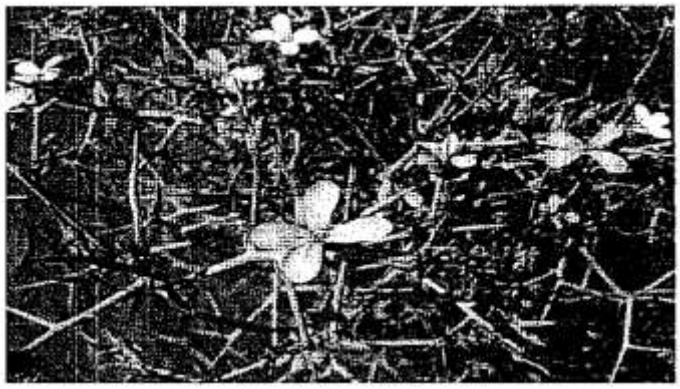
والتفرع إما أن يكون قمياً أو جانبياً وقد يتحور البرعم الطرفي إلى زهرة أو محلاق فيتوقف نمو المحور الرئيسي عن هذا البرعم ثم يقوم أقرب برعم إبطي إلى البرعم الذي تحور بمواصلة النمو ليعطي جزءاً جديداً يضاف إلى المحور الرئيسي وما تلبث نهاية هذا الجزء "برعمه الطرفي" في التحور ليتسنى للبرعم الجانبي الذي يليه استئناف النمو ثم تتكرر العملية كما في نبات العنب ويعرف هذا النوع من التفرع بكاذب المحور

تحور السيقان

1-**سيقان ورقية:** تتحور الساق لتأخذ شكل ورقة لتقوم بوظيفة البناء الضوئي كما في نبات السفندر

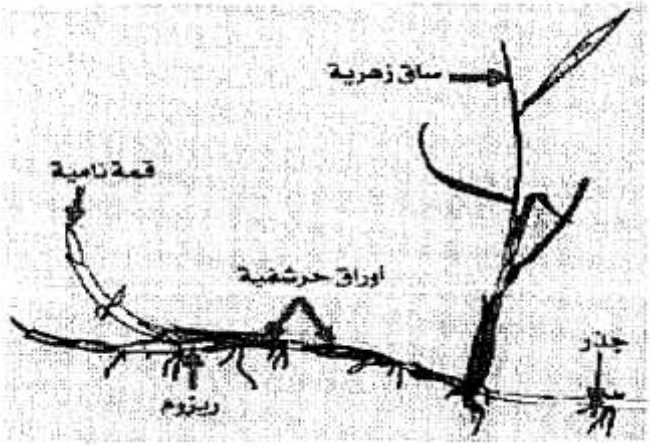
2-**سيقان عصيرية:** في البيئات الصحراوية يتضخم الساق وتختزن بداخله كمية كبيرة من الماء ويقوم بالبناء الضوئية مثل التين الشوكي

3-**سيقان شوكية:** يتحور الساق إلى شوكة وظيفتها الحماية وتقليل الماء المفقود في عملية النتح مثل نبات العاقول ونبات السلة



4-سيقان محلاقية: يتحور أجزاء من الساق إلى محاليق تقوم بمساعدة المجموع الخضري على التسلق أو يتحول البرعم الطرفي إلى محلاق كما في نبات العنب

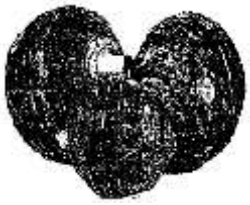
5-الريزومات: وهي ساق تحت أرضية تمتد أفقياً وتحمل أوراق حرشفية وبراعم إبطية وهي مقسمة إلى عقد وسلاميات ويتحول البرعم الطرفي إلى فرع هوائي يحمل أوراقاً خضراء ثم تستمر الريزومة في النمو نتيجة البرعم الجانبي الذي يلي البرعم الطرفي مثال النجيل والكانا ويوجد الكثير من الجذور العرضية عند العقد



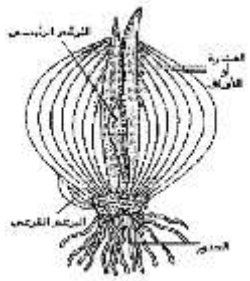
6-الدرنة:

وهي ساق تحت أرضية مملوءة بالمواد الغذائية مثل البطاطا

7-الكورمة: ساق تحت أرضية منتفخة مثل نبات القلقاس



8-البصلة: تعتبر برعماً كبيراً محمولاً على ساق قرصية قزمية مثل نبات البصل



التركيب التشريحي للسيقان الحديثة *Anatomy Of Young Stems*

1-التركيب التشريحي للسيقان في ذوات الفلقتين *Dicot Stem*

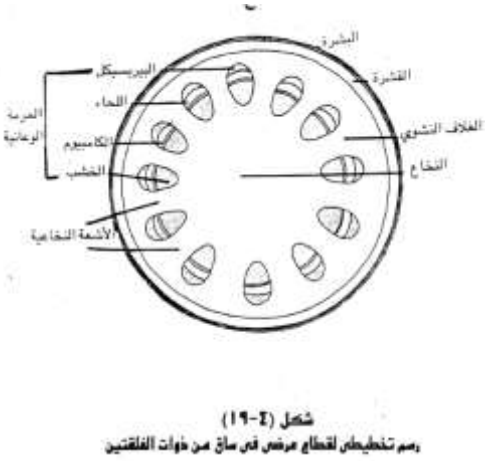
تتميز سيقان النباتات ذوات الفلقتين بأن النسيج الأساسي مميز إلى قشرة ونخاع، والحزم الوعائية منتظمة على هيئة أسطوانة

وقد توجد بعض الخلايا الاسكليرانشيمية مكونة البيريسكل.

وقد توجد في بعض السيقان طبقة من الخلايا التي تحيط بالاسطوانة الوعائية، تحتوي على كميات من النشا، لتكون الغلاف النشوي، وتتميز الحزمة الوعائية باحتوائها على كامبيوم بين

الخشب واللحاء، واللذان يقعان على نفس القطر. ودائماً ينتظم الخشب التالي تجاه البشرة والخشب الأول تجاه النخاع.

تركيب الأنسجة وتوزيعها في نبات عباد الشمس وهو أحد النباتات ذوات الفلقتين والتي تتكون من البشرة والقشرة والبريسيكل والاسطوانة الوعائية والنخاع



شكل (٤-١٩)
رسم تخطيطي لقطاع عرضي في ساق من ذوات الفلقتين

البشرة *Epidermis*

تمثل الطبقة الخارجية للنباتات العشبية أو هي عبارة عن خلايا متراصة من طبقة واحدة ولا يوجد بينها مسافات بينية مغطاة من الخارج بطبقة من الكيوتين غير منفذة للماء، لتكون ما يعرف باسم طبقة الأدمة عادة توجد مواد شمعية في طبقة الأدمة وهي سميكة في النباتات الصحراوية

ويتقوم طبقة الأدمة بحماية المحتوى المائي الداخلي وحماية الأنسجة الداخلية من مهاجمة بعض الفطريات والبكتريا

وقد تتخلل طبقة البشرة بعض الثغور

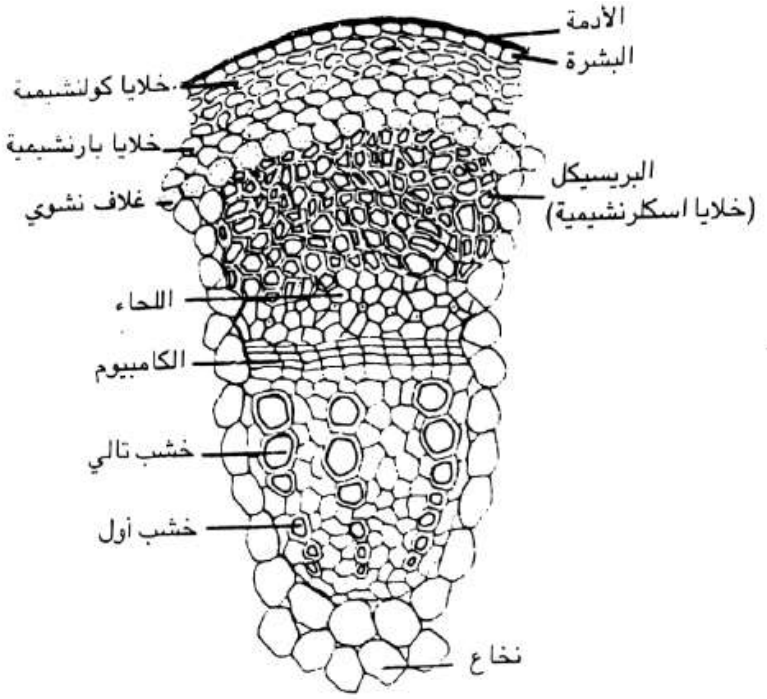
القشرة *Cortex*

تتكون من عدة طبقات من الخلايا، تلي البشرة وتحيط بالاسطوانة الوعائية. وتتكون غالباً من الخلايا البارانشيمية التي قد تحتوي على بلاستيدات خضراء وفي كثير من الأحيان يحتوي الجزء الخارجي للقشرة على خلايا كولانشيمية، وقد تتركز عند الأركان في السبقان المضلعة. وتتميز آخر طبقة من طبقات القشرة باحتوائها على كميات من النشا وتعرف بالغلاف النشوي *Strach Sheath*

البريسكيل *Pericycle*

وهي المطقة التي تلي الغلاف النشوي وتوجد في المنطقة الخارجية للاسطوانة الوعائية وتتكون من طبقة أو أكثر من الخلايا الاسكليرانشيمية ويطلق عليها ألياف البريسيكل ولوجود

هذه الألياف أهمية بالنسبة للحزمة الوعائية إذ أنها تقي خلايا اللحاء من تأثير الضغط الخارجي

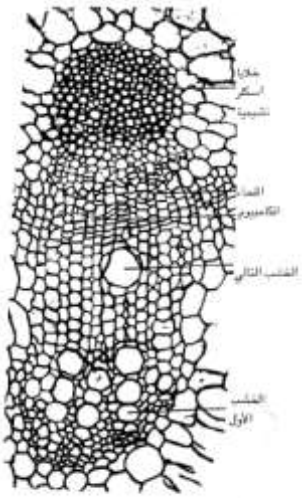


شكل (٤-٣٠)
رسم تفصيلي لقطاع عرضي في ساق من ذوات الفلقتين

الأسطوانة الوعائية $Vascular\ Cylinder$

تتكون من عدد من الحزم الوعائية، التي تترتب على هيئة حلقة واحدة غالباً وقد توجد الحزم في حلقتين في كثير من النباتات. وتتركب الحزمة الوعائية من خشب ولحاء بينهما كامبيوم ويتجه اللحاء نحو البشرة والخشب نحو النخاع على قطر واحد، ولذلك تعرف هذه الحزمة بأنها حزمة جانبية $Collatoral$ وتوصف الحزمة الوعائية بأنها مفتوحة نتيجة وجود الكامبيوم بين الخشب واللحاء. وفي بعض النباتات مثل سيقان القرعيات قد يوجد لحاء ثاني يلي الخشب باتجاه النخاع

ويتكون نسيج الخشب من الخشب التالي $Meaxylum$ ويتجه للخارج تجاه البشرة ويتكون من أوعية واسعة خشبية أو منقرة التغلظ والخشب الأول $protoxylum$ ويتجه تجاه النخاع ويتكون من أوعية ضيقة ذات تغلظ حلقي وحلزوني



شكل (٤-٢١)
قطاع عرضي مار بحزمة وعائية في نبات عباد الشمس

وتوصف الحزمة التي يوجد بها الخشب الأول تجاه النخاع بأنها داخلية الخشب $Endarch$ وهي مميزة للسيقان

ويتركب الكامبيوم من طبقة أو أكثر من خلايا إنشائية مستطيلة، بالإضافة إلى وجود قصيبات وألياف وبارانشيمة الخشب. ويتكون اللحاء من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وخلايا بارنشيمية وألياف لحاء

النخاع *Pith* يشغل الحيز المركزي للساق ويتكون من خلايا بارنشيمية كبيرة الحجم بينها فراغات بينية واضحة وفي بعض الأحيان يكون النخاع أجوفاً كما في سيقان الفول والبرسيم

الأشعة النخاعية *Meduullary Rays*

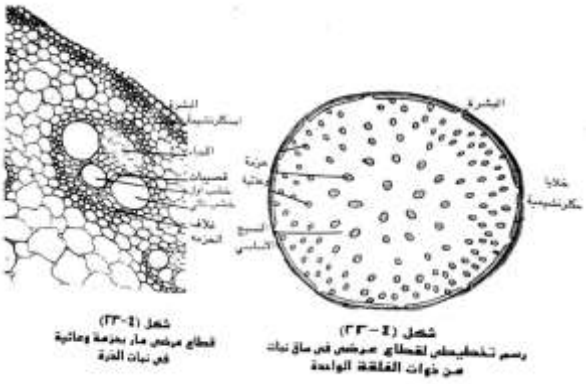
في السيقان التي تنتظم فيها الحزم الوعائية على هيئة أسطوانة توجد مسافة بين هذه الحزم تتكون من خلايا بارنشيمية لتصل بين خلايا القشرة والنخاع تعرف باسم الأشعة النخاعية

التركيب التشريحي للسيقان في النباتات ذوات الفلقة الواحدة *Monocotstems*

توزيع الأنسجة داخل الساق لنبات ذي فلقة واحدة وليكن نبات الذرة ($Zea\ mays$) حيث نجد في المقطع العرضي للساق أنه يتكون من بشر ونسيج أساسي وحزم وعائية

البشرة *Epidermis*

تتكون من طبقة واحدة من الخلايا مغطاة بطبقة من الكيوتين تليها طبقة أخرى تسمى طبقة تحت البشرة مكونة من خلايا اسكليرانشيمية تقوم بتدعيم البشرة ويتخللها مجاميع من خلايا البارنشيمية



شكل (٤-٢٣)
قطاع مرضي ماز بحزمة وعائية في نبات الذرة

شكل (٤-٢٣)
رسم تخطيطي لقطاع عرضي في ساق نبات من ذوات الفلقة الواحدة

النسيج الأساسي *Ground Tissue*

يتكون من خلايا بارنشيمية توجد بها حزم وعائية صغيرة وتكون هذه الحزم أكثر ازدحاماً في الجزء الخارجي من النسيج الأساسي

الحزم الوعائية *Vascular Bundles*

توجد مبعثرة داخل النسيج الأساسي ومحاطة بخلايا اسكليرانشيمية لتكون غمد الحزمة $Bundle\ Sheath$ وفي الحزم الخارجية يكون هذا الغمد مندمجاً مع الخلايا الاسكليرانشيمية التي يتكون منها نسيج تحت البشرة

ويوجد الخشب واللحاء على نصف قطر واحد ولا يوجد كامبيوم يفصلهما ولذلك يطلق على هذه الحزمة بأنها حزمة مغلقة $Closed\ Bundle$

وينتظم الخشب على هيئة حرف V أو Y حيث تمثل الشعبتان الخشب التالي

أما الخشب الأول فيتكون من وعاء واحد أو اثنين عند قاعدة الشعبتين ويوجد في النبات البالغ فجوة في الخشب الأول نشأت من تمزق هذه الأوعية بسبب النمو في الطول وتعرف هذه الفجوات بفجوات الخشب $Xylem\ Cavities$ ويتكون اللحاء من خلايا غربالية وألياف وخلايا مرافقة ولا يحتوي على بارنشيمة لحاء

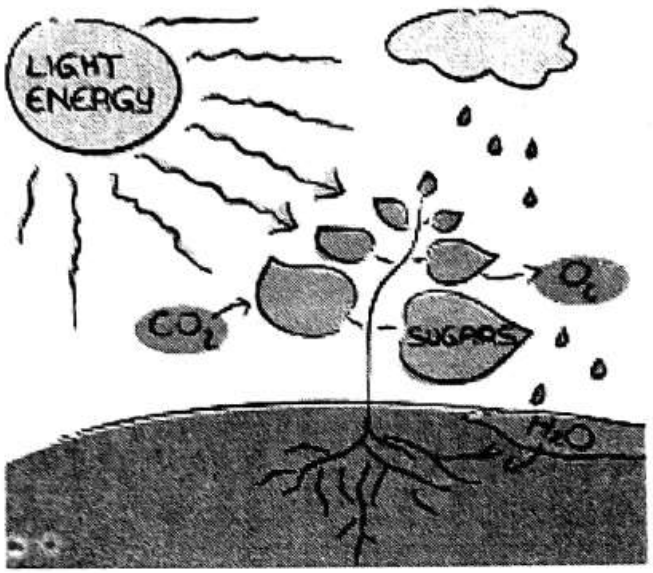
مقارنة بين السيقان في ذوات الفلقة وذوات الفلقتين

الصفات الرئيسة للسيقان في ذوات الفلقة الواحدة	**الصفات الرئيسة للسيقان في ذوات الفلقتين**
النسيج الأساسي غير مميز إلى قشرة ونخاع	النسيج الأساسي مميز إلى قشرة ونخاع
الحزم الوعائية جانبية مغلقة	الحزم الوعائية جانبية مفتوحة
الحزم الوعائية مبعثرة في النسيج الأساسي	الحزم الوعائية مرتبة في حلقة واحدة وأحياناً في حلقتين
عدم وجود بارنشيمة لحاء	وجود بارنشيمة لحاء
عناصر الخشب على شكل $\boldsymbol{V, Y}$	عناصر الخشب مرتبة في صفوف قطرية
قد يوجد تجويف خشبي بين خلايا الخشب الأول	
وجود غمد اسكليرانشيمي يغلف كل حزمة وعائية	

الورقة

الشكل الظاهري للورقة

تعتبر الأوراق من أهم أجزاء النبات الزهري الراقي، تقوم بعملية التركيب الضوئي حيث تستطيع اقتناص الطاقة الشمسية وفي وجود ثاني أكسيد الكربون ومادة الكلوروفيل يستطيع النبات تركيب غذائه العضوي بنفسه.

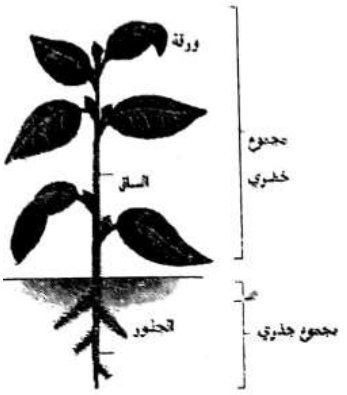


الأوراق زوائد جانبية تخرج من الساق عند العقد وتكون عادة مفلطحة ومسطحة الشكل، ينتشر على سطح الورقة وخاصة السفلي فتحات تعرف بالثغور والتي تقوم بعملية التبادل الغازي.

تقوم الأوراق بعملية النتح وهو فقد لبخار الماء

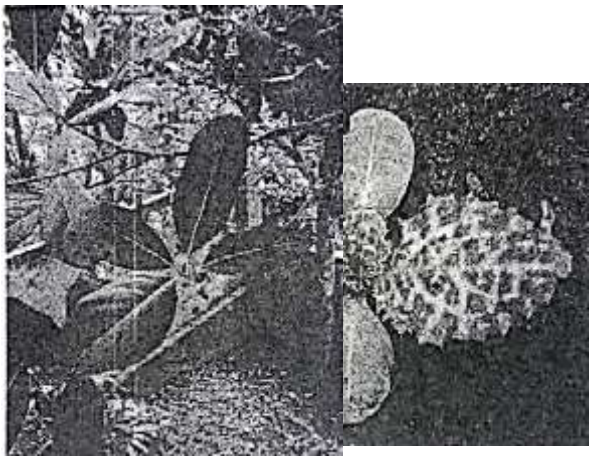
الأوراق من حيث الشكل والحجم والتركيب الداخلي مختلفة

- ورقة واحدة عند كل عقدة يكون الترتيب متبادل



- ورقتان متقابلتان عند كل عقدة...الترتيب متقابل (متوازي أو متعاكس)

- ثلاثة أوراق أو أكثر عند كل عقدة ... الترتيب سواري



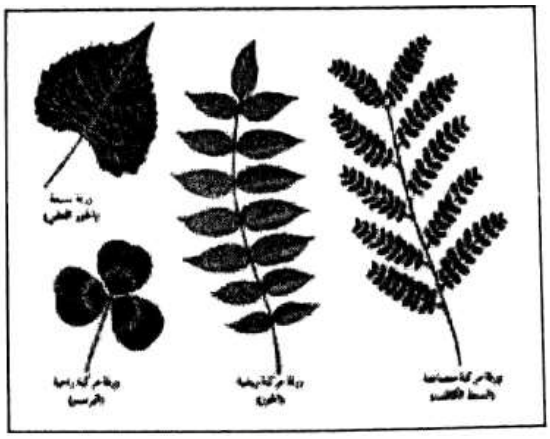
الترتيب الخارجي للورقة:

1. **القاعدة:** مكان ارتكاز الورقة على الساق وقد تمتد القاعدة لتكون غمداً يحيط بالساق كما في النباتات النجيلية مثل القمح والذرة. وأحياناً تزود القاعدة بزوائد جانبية تسمى الأذينات التي عادة تقوم بحماية البراعم وتتخذ الأذينات أشكالاً مختلفة فقد تكون محلاقية أو شوكية أو ورقية
2. **العنق:** جزء أسطواني يحمل النصل بعيداً عن الساق ويساعد في تعريض الورقة للضوء وتحريكها باتجاه الريح دون ضرر
3. **النصل:** هو الجزء الأخضر المفلطح بجهاز واضح من العروق تكون النظام التوصيلي للمواد الغذائية

- **أنواع الأوراق:**

1-بسيطة: إذا كان النصل مكوناً من قطعة واحدة وتختلف الورقة البسيطة من حيث شكل قمة النصل أو الحافة أو القاعدة

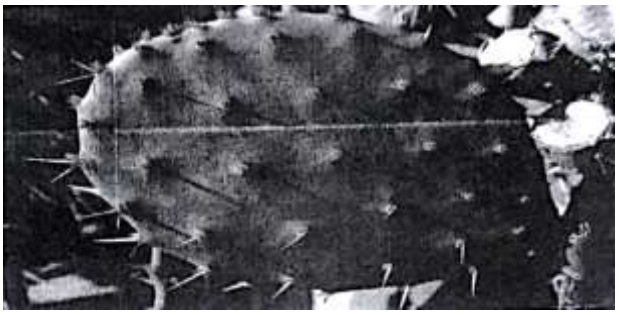
2-مركبة: إذ تجزأ النصل إلى أجزاء مستقلة ويطلق على قطع النصل المنفصلة اسم الوريقات ويميز أشكال وتسميات مختلفة



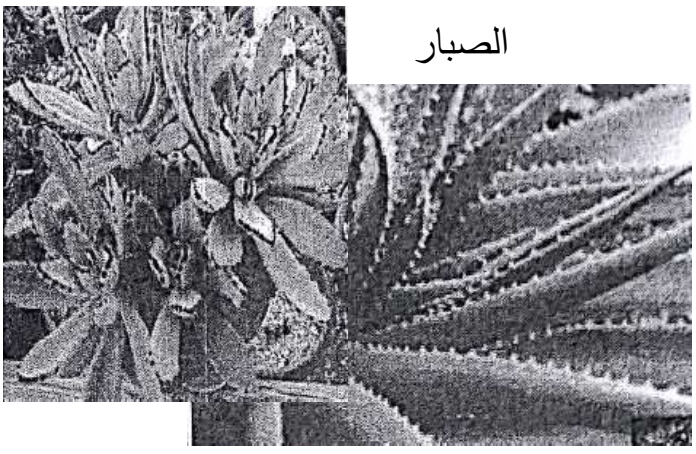
- **تحورات الورقة:** لأداء وظائف متخصصة وعادة استجابة للمتغيرات البيئية

1-الأوراق المحلاقية: تتحور إلى محلاق لتساعد النبات على التسلق كما في بسلة الزهور

2-الأوراق الشوكية: تتحور إلى أشواك في البيئات الجفافية للحماية من فقد الماء في عملية النتح ويحدث هنا البناء الضوئي في السيقان



3-الأوراق المتشحمة: في البيئات الصحراوية تتشحم الأوراق وتقوم باختزان الماء مثل أنواع الصبار

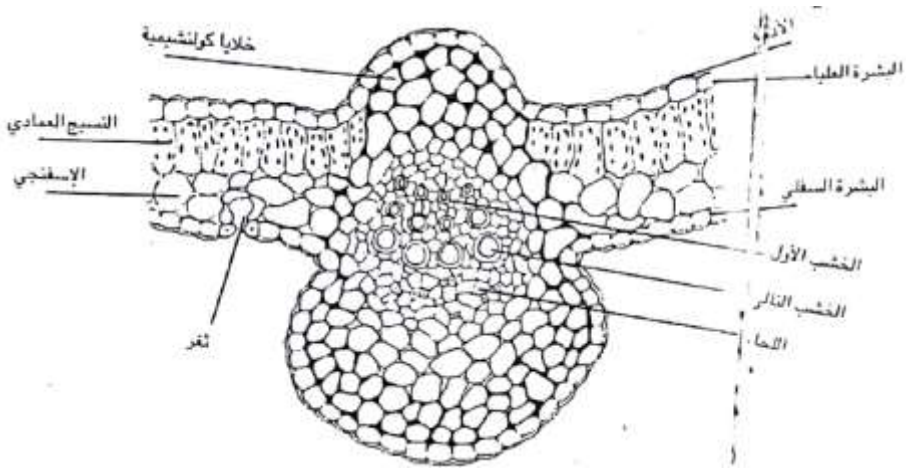


4-الأوراق صائدة الحشرات: تأخذ الأوراق شكلاً يمكنها من اصطياد الحشرات وتحليله والاستفادة منها في تغذيتها إلا أنها لا تتعدى وظيفتها الأساسية وهي البناء الضوئي لاحتوائها على مادة الكلورفيل ولكنها تختلف من ناحية الشكل الخارجي بالإضافة إلى قدرتها على إفراز سوائل هاضمة مع وجود بعض الشعيرات لالتصاق الحشرة بها أو منعها من الحركة، ففي نبات دروسيرا، تتميز الورقة بأنها تحمل على أسطحها الخارجية شعيرات في نهايات غدد قادرة على إفراز سوائل هاضمة، فعند التصاق أي حشرة بها تميل الشعيرات المجاورة على الحشرة وتمنعها من الحركة بالإضافة إلى صب سوائلها الهاضمة على الضحية

أما في نبات الديونيا فللورقة نصل من مصراعين يتحركان على العرق الوسطي فإذا ما استقرت الحشرة على أحد المصراعين انغلق المصراعان على الحشرة وبعدها تبدأ الغدد في إفراز السائل الهاضم الذي يقوم بهضم الحشرة يمتص النبات محتوياتها بعد ذلك ينفرج المصراعان عن بعضهما للتخلص من النفايات غير المهضومة

التركيب التشريحي لورقة من ذوات الفلقتين *Anatomy of Dicot Leaf*

تتركب الورقة في ذوات الفلقتين من البشرة والنسيج الوسطي والأنسجة الوعائية



البشرة $Epidermis$

تتركب البشرة العليا والسفلى من خلايا بشرة مشابهة لما هو موجود في الجذر والساق، فهي عبارة عن خلايا من طبقة واحدة متراصة، لا يوجد بينها فراغات بينية ومغطاة بطبقة الأدمة

تتخللها فتحات بالثغور تقوم بعمليات التبادل الغازي

ويتكون كل ثغر من خليتين حارستين، تتميز بأن جدرها مغلظة تغليظاً غير منتظم، كما أنها تحتوي على بلاستيدات وتختلف أشكالها تبعاً لنوع النبات إن كان من ذوات فلقة واحدة أو فلقتين. وعادة تحتوي البشرة السفلى على عدد أكبر من الثغور مقارنة بالبشرة العليا. وتنتشر على سطح البشرة كثير من الزوائد والشعيرات

النسيج الوسطي $Mesophyll$

تسمى الأنسجة الواقعة بين البشرة العليا والبشرة السفلى بالنسيج الوسطي ويتكون في الأوراق ذوات الفلقتين من نوعين من الخلايا، الأولى والتي تتاخم البشرة العليا تعرف بالخلايا العمادية $Palisade$ وهي خلايا برانشيمية مستطيلة وعمودية على خلايا البشرة العليا، وتحتوي على البلاستيدات الخضراء ولذلك فهو يمثل النسيج الأساسي الذي يقوم بالبناء الضوئي.

والنوع الثاني من الأنسجة وهو النسيج الإسفنجي $Spongy\ Tissue$ وهو عبارة عن خلايا برانشيمية مفككة ذات جدر رقيقة، يفصل بينها مسافات بينية واسعة، وتحتوي على بلاستيدات خضراء اقل مما في النسيج العمادي وظيفتها نقل الماء والغذاء وكذلك تقوم بتخزين هذه المواد

الأنسجة الوعائية $Vascular\ Tissues$

توجد الأنسجة الوعائية وسط النسيج الأساسي في العروق الموجودة في الورقة

وتتميز الورقة من ذوات الفلقتين بوجود عرق وسطي رئيسي وعروق فرعية ولذلك فالأنسجة الوعائية واضحة أكثر في العرق الوسطي.

وتتكون الأنسجة الوعائية من الخشب واللحاء. حيث يقع الخشب في الجزء العلوي واللحاء في الجزء السفلي أي أنها على نفس القطر.

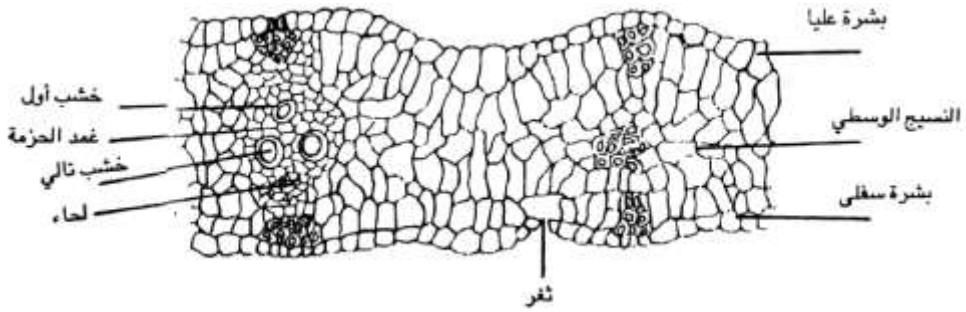
وتوجد خلايا كولنشيمية فوق وأسفل الحزم الوعائية وظيفتها دعامية. بالإضافة إلى وجود خلايا بارانشيمية تحيط بالحزمة الوعائية، وتتصل اتصالاً وثيقاً بالنسيج الوسطي للورقة تعرف باسم غمد الحزمة $Pandle\ Sheath$

وتوجد حزم وعائية في العروق الجانبية، تحتوي على نفس ترتيب أنسجة الحزم الوعائية في العرق الوسطي ، إلا أنها أصغر حجماً وأقل عدداً من حيث الخلايا الوعائية

ثانياً:التركيب الشريحي للورقة من ذوات الفلقة الواحدة $Anatomy\ of\ Morocot\ Leaf$

تتركب الورقة في ذوات الفلقة الواحدة مثل نباتات النجيليات ومنها الذرة من بشرة عليا وبشرة سفلى ونسيج وسطي وحزم وعائية ولا يتميز النسيج الوسطي إلى أنسجة عادية وأنسجة إسفنجية بل يكون النسيج الوسطي كله متجانساً، مكوناً من خلايا بارانشيمية تحتوي على بلاستيدات، يفصل بينها مسافات بينية، ويتميز شكل الثغور في أوراق ذات الفلقة الواحدة بأن الخلايا الحارسة تظهر صولجانية الشكل وتنتظم الحزم الوعائية في وسط النسيج نظراً لأن التعرق متوازي

وتتركب الحزمة من غمد للحزمة الوعائية مكون من خلايا سكليرانشيمية وخشب ولحاء وتنتظم أوعية الخشب على هيئة حرف V أو Y ولا توجد بارنشيمة لحاء



الأزهار والثمار والبذور

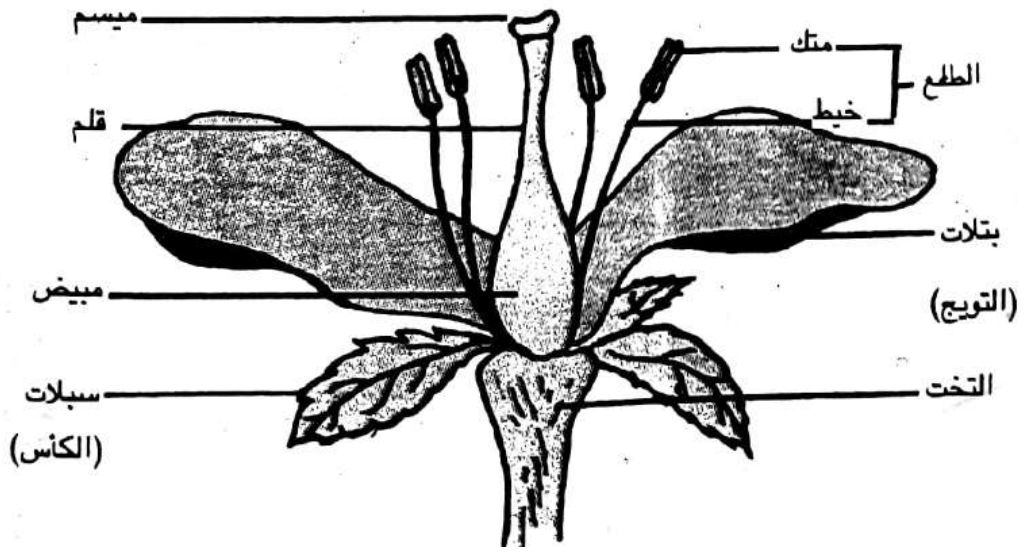
$Flowers, Fruits\ and\ Seeds$

الأزهار

$Flowers$

الزهرة هي العضو الذي يختص بالتكاثر الجنسي وبتكوين البذور في النباتات الراقية وهي تنشأ من برعم إبطي أو طرفي يسمى في هذه الحالة بالبرعم الزهري وتتكون الزهرة غالباً في إبط ورقة تسمى قنابة $Bract$ وقد تختلف في شكلها عن الأوراق العادية كما أنها قد تكون ملونة.

هذا وقد توجد على عنق الزهرة ورقة أو أكثر تسمى قنيبات$Bracteoles$ وتسمى الساق التي تحمل الزهرة بالمحور ويوجد مواجهاً للقنابة وتكون الزهرة محمولة على عنق يسمى عنق الزهرة أو تكون بدون عنق وتسمى جالسة وينتهي عنق الزهرة عادة بجزيء متضخم يعرف بالتخت $Receptacle$ وتنتظم عليه الأوراق الزهرية في محيطات متعاقبة تمثل عادة الكأس والتويج والطلع والمتاع



وهناك نوعان من الأزهار، زهرة خنثى وهي التي تحتوي على أعضاء التذكير والتأنيث معاً وزهرة وحيدة الجنس وهي التي تحتوي على نوع واحد فقط من أعضاء التناسل فعندما تحمل الطلع تعرف بالزهرة المذكرة وعندما تحمل المتاع فتعرف بالزهرة المؤنثة

الكأس $Calyx$

وهو المحيط الخارجي في معظم الأزهار من ذوات الفلقتين ويتركب من أوراق خضراء تسمى السبلات $Sepals$ ويقوم الكأس بحماية الأجزاء الداخلية للزهرة

وقد تكون السبلات سائبة أو ملتحمة

وقد تجف السبلات وتسقط بعد تفتح الزهرة كما في حالة زهرة الخشخاش أو قد تبقى مستديمة ملتصقة بالثمرة كما في الطماطم والباذنجان.

كذلك قد يكون الكأس عبارة عن زوائد صغيرة بارزة على حافة التخت كما في الفصيلة الخيمية

التويج $Corolla$

ويتكون من البتلات $Petals$ التي تكون ملتحمة أو سائبة وتتميز بأنها ملونة وقد تكون لها رائحة وهي تعمل على اجتذاب الحشرات لإتمام عملية التلقيح

وتكون البتلات والسبلات متبادلة في الترتيب على التخت وغالباً ما يذبل التويج ويسقط بعد تكوين الثمرة.

وفي بعض النباتات كما في النباتات ذوات الفلقة الواحدة لا تتميز المحيطات الخارجية إلى كأس وتويج وتكون جميعها متشابهة فيطلق عليها معاً اسم الغلاف الزهري $Perianth$ كما في أزهار الزنبق الملكي

الطلع $Androecium$

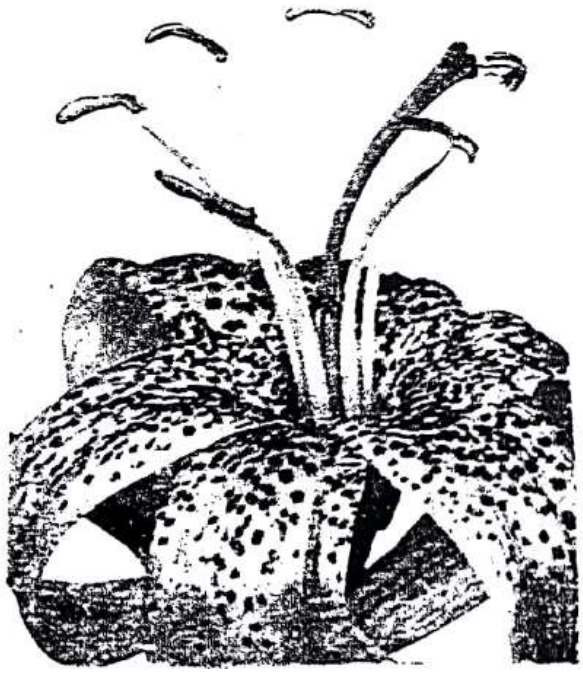
وهو العضو المذكر في الزهرة ويحمل حبوب اللقاح ويتكون من الأسدية وتتركب السداة من خيط رفيع يتصل بالتخت من اسفل وينتهي من أعلى بجزيء منتفخ يسمى المتك $Anther$ ويتكون المتك من فصين يحتوي كل منهما بداخله على حبوب اللقاح وعند النضج يتفتح المتك لينثر حبوب اللقاح

وقد تلتحم الأسدية بخيوطها أو بمتوكها وقد تلتحم الخيوط بالبتلات وتسمى الزهرة في هذه الحالة فوق بتليه $Epipetalous$ أو عدد الأسدية قد يكون مساوياً لعدد البتلات او عدد كبير جداً ويكون وضعها متبادلاً مع البتلات إذا كانت مرتبة في محيط واحد أما إذا كانت في أكثر من محيط فهي تترتب في محيطات متبادلة لعدد البتلات او ضعفها

المتاع $Gynoecium$

وهو عضو التأنيث في الزهرة ويتركب من عدد من الأوراق المتحورة تسمى كرابل $Carpels$ قد تكون ملتحمة أو سائبة وتشغل مركز الزهرة وتكون الكرابل (أو كربلة واحدة) مع بعضها جزءاً سفلياً منتفخاً يسمى بالمبيض $Ovary$ يحتوي بالداخل على البويضات.

ويتصل المبيض بجزيء أسطواني يسمى القلم $Style$ ينتهي بجزيء منتفخ معد لاستقبال حبوب اللقاح ويسمى بالميسم $Stigma$



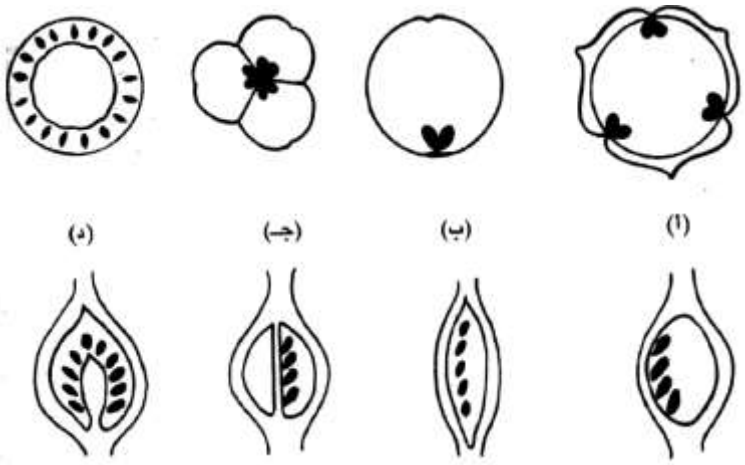
ويتركب المتاع إما من كربلة واحدة أو عدة كرابل منفصلة (كما في الشليك) أو ملتحمة كما في البرتقال

وقد يكون الالتحام إما بالمبايض فقط وتبقى الأقلام والمياسم منفصلة أو يمتد ليشمل الأقلام وتبقى المياسم منفصلة كما في القطن

هذا وقد يكون المبيض مكوناً من حجرة واحدة كما في البقوليات أو متعدد الحجرات إذا التحمت حواف الكرابل في مركز المبيض مكونة حواجز تقسم المبيض إلى عدد من الحجرات

وتترتب البويضات على المحور الوسطي المنتفخ كما في حالة الطماطم والقرع والبرتقال.

وعندما يتكون المبيض من حجرة واحدة فتوجد عدة أوضاع لترتيب البويضات داخل المبيض



الأشكال المختلفة للوضع المشيمي (أ) جداري (ب) قاعدي (ج) قمي (د) محوري سائب

فإذا ترتبت على الجدار يعرف ذلك بالوضع الجداري $Parietal$ كما في حالة الفول والبسلة، وقد تتصل بويضة واحدة بقاعدة المبيض ويعرف ذلك بالوضع القاعدي $Basal$ كما في حالة زهرة عباد الشمس، أما إذا اتصلت البويضة بقمة المبيض فتبدو معلقة في قمة الحجرة ويعرف ذلك بالوضع القمي $Apical$ كما في حالة أزهار الفصيلة الخيمية وفي بعض الأزهار كما في حالة القرنفل تتصل البويضات على عامود يخرج من قاعدة المبيض ولا يصل إلى القمة ويعرف ذلك بالوضع المحوري السائب $Free\ central$ وعندما يصل إلى القمة يسمى بالوضع المحوري $Axial$ وتتصل البويضات بجدار المبيض عن طريق المشيمة ونظراً لاختلاف الوضع المشيمي في كل زهرة فسوف يختلف وضع البويضات والوضع المشيمي في كل زهرة

الثمار

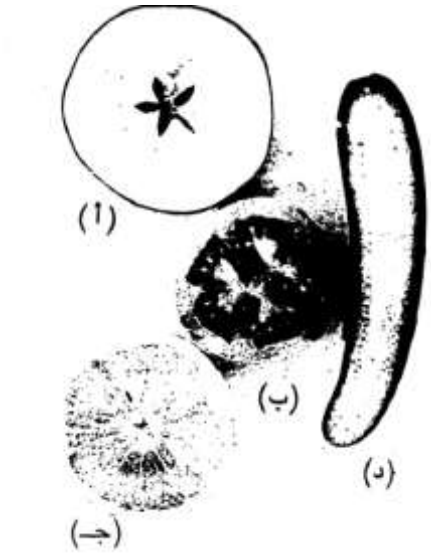
Fruits

تتكون الثمار على الأزهار بعد اكتمال عملية إخصاب البيض. وبمرور الوقت ينمو المبيض المخصب وينضج ليكون الثمرة.

وتحتوي الثمرة على بذرة واحدة أو عدة بذور ويمكن تمييز ندبتين على الثمرة عند طرفيها أحدهما تمثل موقع اتصال المبيض بالنبات الأم والأخرى تمثل بقايا القلم

كذلك فإذا تكونت الثمرة من المبيض المخصب فقط تسمى بالثمرة الصادقة أما إذا اشترك في تكوينها أجزاء أخرى من الزهرة مثل التخت الزهري كما في حالة الكمثرى والتفاح فتسمى الثمرة في هذه الحالة بالثمرة الكاذبة

وتتميز أجزاء الثمرة إلى ثلاثة طبقات هي طبقة خارجية $Exocarp$ وطبقة داخلية $Endocarp$ تحيط بالبذور وبينهما توجد الطبقة الوسطى $Mesocarp$ وتعرف هذه الطبقات الثلاثة مجتمعة بجدار الثمرة $Pericarp$



أنواع الثمار

يمكن تقسيم الثمار إلى ثلاثة أنواع هي الثمار البسيطة والمجتمعة والمركبة

الثمار البسيطة *Simple Fruits*

تنشأ الثمرة من زهرة واحدة تحتوي على كربلة واحدة أو عدة كرابل ملتحمة وعندما يتميز جدار الثمرة بعد النضج إلى طبقاته الثلاث تعرف الثمار في هذه الحالة بأنها ثمار طرية وعندما تبقى الطبقات الثلاث بعد النضج طرية فتسمى في هذه الحالة الثمرة اللبية $Berries$ كما في حالة الطماطم والبرتقال والعنب والبلح أما إذا كان الجدار الداخلي خشبياً فتعرف الثمرة بأنها حسلية $Drupes$ كما في حالة المشمش والبرقوق وجوز الهند

الثمار المتجمعة*Aggregate Fruits*

تنشأ الثمرة من زهرة واحدة تحتوي على عدة كرابل سائبة تنضج على تخت زهري واحد

الثمار المركبة *Compound Fruits*

فيها تنشأ الثمرة الواحدة من عدة أزهار تسمى نورة يكون لها تختاً منفصلاً وتنضج كل زهرة على حدة ثم تتجمع الثميرات لتكون ثمرة واحدة كبيرة ومن أمثلتها التوت

انتشار البذور *Seed Dispersal*

بعد تكون البذور داخل الثمار تبدأ مرحلة جديدة هي مرحلة انفصال البذور عن النبات الأم لكي تنتشر إلى أماكن أخرى

وهناك عدة عوامل تساعد على انتثار البذور منها:

1-الانتثار بواسطة الهواء:

تتميز بذور بعض النباتات بصغر أحجامها وخفة أوزانها وقد يتكون للبذور أجنحة تساعد على حملها بالهواء كما في ثمرة أبو المكارم التي قد يصل انتثارها إلى ستة أميال بعيداً عن النبات الأم

كذلك قد توجد شعيرات على أسطح البذور تساعد على حملها بالهواء لمسافات بعيدة.

2-الانتثار بواسطة الماء

يحدث انتثار البذور والثمار في بعض النباتات بواسطة الماء لمسافات محدودة كما يحدث من خلال مياه الأمطار أو لمسافات بعيدة خلال المجاري المائية أو بواسطة الفيضانات

ومن العوامل التي تساعد على انتثار البذور وجود تحورات في البذور أو الثمار مثل وجود حويصلات هوائية أو أن تكون الثمار اسفنجية أو قد تكون البذور محاطة بطبقة شمعية غير منفذة للماء

3-الانتثار بواسطة الحيوان:

يحدث انتثار البذور في نباتات أخرى بواسطة الحيوانات والطيور بوسائل عديدة حيث تتغذى الحيوانات والطيور على الثمار وبها البذور التي تمر في قنواتها الهضمية دون أن تتأثر ليخرجها الحيوان في أماكن أخرى بعيدة عن النبات الأم وهناك ثمار لنباتات أخرى لها

أشواك وخطاطيف تساعدها على التعلق بأجسام الحيوانات أو الطيور، ومن ثم تنتشر إلى مسافات بعيدة

4-الانتشار الميكانيكي:

تتميز الكثير من النباتات بميكانيكية خاصة لنثر بذورها بعيداً عن النبات الأم.

فعلى سبيل المثال عندما تجف ثمار البقوليات تلتف الثمار بقوة ناثرة بذورها لمسافات بعيدة عن النبات الأم وفي نباتات أخرى يكون انتثار البذور قوياً من داخل الثمار نتيجة التغير المفاجئ في الضغط الداخلي وقد تصل مسافة انتثار بعض البذور بهذه الطريقة إلى 50 قدماً بعيداً عن النبات الأم كما في نبات لوسيانا

البذور والإنبات

Seeds and Seed Germination

تمثل البذور مرحلة هامة في دورة حياة النبات فهي في الواقع المرحلة الأولى لنشوء النباتات الزهرية.

وتتكون البذور داخل الثمار. وتنشأ الثمرة من مبيض الزهرة، حيث يتم إخصاب البويضة بنواة ذكرية ليتكون الجنين والذي ينقسم وينمو لتتكون البذرة

يمكن تعريف البذرة بأنها عبارة عن نبات كامل في صورة جنينية وتختلف أشكال البذور فقد تكون بيضية أو كروية أو غير منتظمة

تركيب البذرة

تتركب البذرة بصورة عامة من ثلاثة مكونات هي الأغلفة والمواد الغذائية المختزنة والجنين. وتنشأ أغلفة البذرة من أغلفة البويضة وتقوم الأغلفة بحماية مكونات البذرة وتختلف طبيعة هذه الأغلفة تبعاً لنوع النبات فقد تكون صلبة ويطلق عليها اسم القصرة $Testa$ وقد تكون رقيقة. وتقوم الأغلفة بحماية البذرة من المؤثرات الخارجية. وقد تلتصق القصرة بجدار الثمرة وتسمى الثمرة في هذه الحالة باسم الحبة

وتحتوي البذرة على مواد مختزنة يتغذى عليها الجنين في المراحل الأولى لعملية الإنبات وتختلف طبيعة المواد المختزنة تبعاً لنوع البذور فقد تكون هذه المواد كربوهيدراتية مثل النشا كما هو الحال في الحبوب أو قد تكون أشباه سيلولوز كما في بذور البلح، أو دهون وزيوت كما في نبات الفول السوداني أو الخروع أو قد تحتوي على بروتينات كما في البقوليات

وتختزن المواد الغذائية عادة في نسيج خاص يعرف باسم الإندوسبرم $Endosperm$ ولذلك يطلق على هذه البذرة بأنها بذرة إندوسبرمية كما في بذرة الخروع أو قد تختزن هذه المواد في داخل الفلقات وتعرف البذرة عندئذ بأنها بذرة لا إندرسبرمية $Exendospermic$

ويتركب الجنين من محور قصير يحمل فلقة أو فلقتين أو أكثر والفلقات هي في الواقع أوراق جنينية ويطلق على النباتات التي تحتوي بذورها فلقة واحدة باسم النباتات ذوات الفلقة الواحدة $Monocotyledons$ مثل نبات الذرة والنخيل.

أما النباتات التي تحتوي بذورها على فلقتين فيطلق عليها اسم ذوات الفلقتين $Dicotyledons$ أما البذور التي تحتوي على أكثر من فلقتين فتعرف باسم نباتات عديدة الفلقات $Polycotyledons$ ويتصل بالمحور من الجزء الأسفل الجذير $Radicle$ والذي ينمو عند الإنبات ليكون الجذر الابتدائي

أما الجزء العلوي من المحور فتتصل به الريشة $Plumule$ التي تنمو إلى أعلى لتكون المجموع الخضري وتعرف المسافة بين نقطة اتصال الفلقات بالمحور والجذير باسم السويقة تحت الفلقية $Hypocotyle$ والمسافة بين نقطة اتصال المحور والفلقات و الريشة باسم السويقة فوق الفلقية $Epicotyle$

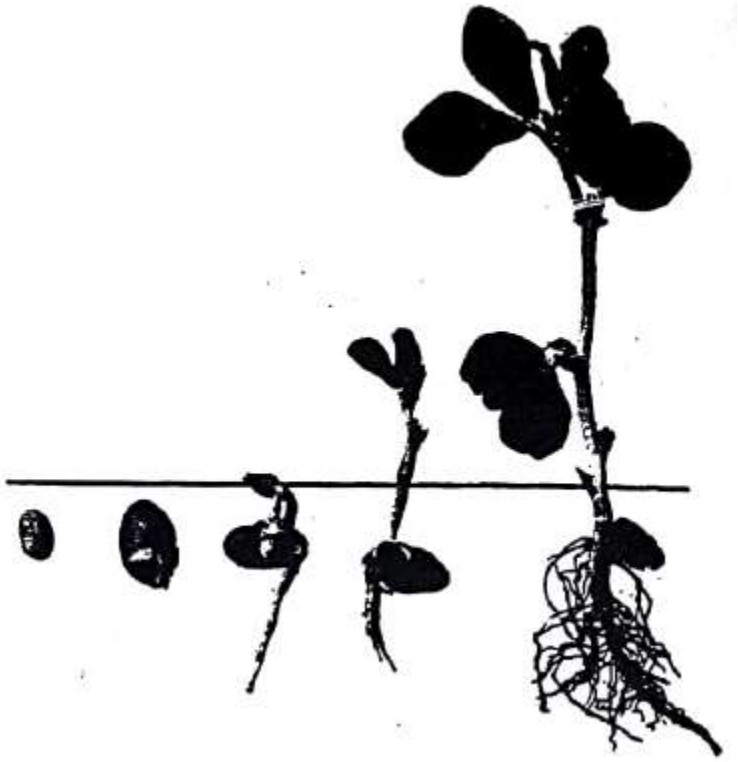
إنبات البذور $Seed\ Germination$

تبدأ البذرة في الإنبات حينما تتوافر لها عدة شروط فتبدأ البذرة في تشرب وامتصاص الماء بكميات كبيرة مما يحفز الإنزيمات على النشاط ويزداد معدل التنفس ونتيجة لامتصاص الماء تنتفخ المحتويات وتتمزق أغلفتها

وتبدأ المواد المختزنة في التحول من الصورة غير الذائبة إلى الصورة الذائبة بفعل الأنزيمات

فعلى سبيل المثال تتحول المواد البروتينية بفعل البروتييزات إلى أحماض أمينية والمواد النشوية بفعل الأميليزات إلى سكريات بسيطة

وتستعمل الطاقة المتحررة عن طريق التنفس بصفة رئيسية في انقسام الخلايا وتضاعفها وبالتالي يبدأ الجذير في النمو وينبثق من البذرة ليكون الجذر الابتدائي الذي لا يلبث أن يكون جذوراً جانبية تساعد على تثبيت البذرة وامتصاص الماء والمواد الغذائية الأولية

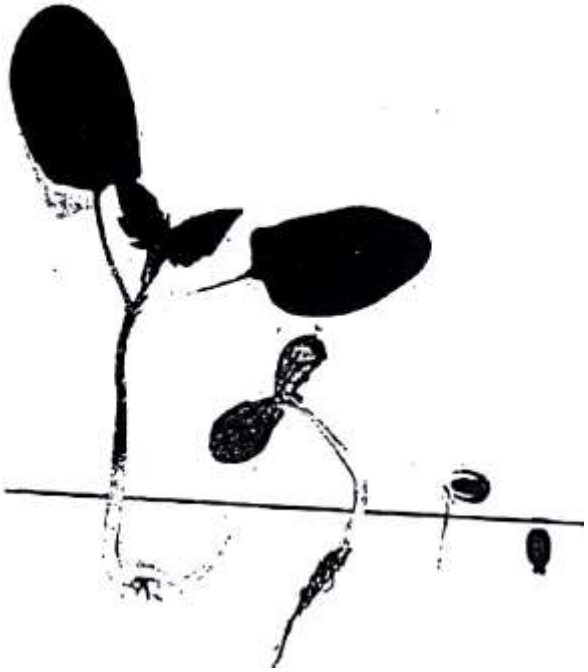


تنمو بعد ذلك الريشة والتي تخرج من البذرة منحنية لحماية القمة النامية لتخترق التربة متجهة إلى أعلى لتبدأ في تكوين المجموع الخضري

هناك نوعان من الإنبات هما الإنبات الأرضي $Hypogeal$ والإنبات الهوائي $Epigeal$

أما الإنبات الأرضي فتظل فيه الفلقات تحت سطح التربة ويزداد نمو السويقة فوق الفلقية لتكون المجموع الخضري مثل بذور نباتات الفول والبسلة والذرة

أما في الإنبات الهوائي فتستطيل السويقة تحت الفلقية حاملة معها الفلقات لتخرج فوق سطح التربة كما يحدث في نبات الفاصولياء والخروع



وحينما تظهر المجاميع الخضرية فوق التربة فإنها تنمو لتكون بقية الأعضاء النباتية الناضجة

كمون البذور

$Seed\ Dormancy$

تمر بذور بعض الأنواع النباتية بعد تكوينها على النبات الأم بفترة تكون فيها غير قادرة على الإنبات حتى عند توافر الظروف الملائمة للإنبات من ماء ودرجة حرارة مناسبة وغيرها وتعرف هذه الفترة من حياة البذور بفترة الكمون $Dormancy$

ويختلف طول فترة الكمون في الأنواع النباتية المختلفة فقد تتراوح بين أسابيع وشهور عديدة وتخرج البذور عادة من كمونها بعد انقضاء هذه الفترة فتكون قادرة على الإنبات وعلى الرغم من كون الكمون ظاهرة عامة إلا أن بذور العديد من نباتات المحاصيل تكون قادرة على الإنبات حال تمام نضجها وانفصالها عن النبات الأم، أي قد لا تمر بفترة كمون على الإطلاق ويرجع ذلك إلى برامج تربية النبات التي أجريت على نباتات المحاصيل والتي تضمنت الانتخاب ضد ظاهرة الكمون عبر الأجيال المتعاقبة

ويظهر ذلك جلياً إذا ما قورنت فترة الإنبات القصيرة لحبوب نبات الشوفان المنزرع $Avena\ Sativa$ بفترة الكمون الطويلة لحبوب الشوفان البري $Avena\ Fatua$

يرجع كمون البذور إلى عد أسباب قد تكون متصلة بحالة الجنين الفسيولوجية كعدم اكتمال نضجه عند نضج البذرة على النبات الأم، ويعرف الكمون في هذه الحالة بالكمون الفسيولوجي $Physical\ Dormancy$ وقد ترجع أسباب الكمون إلى عوامل متصلة بالصفات الفيزيائية للبذرة نفسها أو لقصرة البذرة ويعرف هذا النوع من الكمون بالكمون الفيزيائي

ومن امثلة أسباب الكمون الفيزيائي وجود مادة مخاطية لزجة على قصرة البذرة تمنع دخول الأكسيجين إلى الجنين كما في بذور نبات الخردل، أو احتواء هذه المادة المخاطية على هرمون نباتي مثبط للإنبات كما في بذور الطماطم، أو أن تكون البذرة صلبة وسميكة تحتاج لفترة من الزمن تحتك فيها بحبيبات التربة مما يفقدها قدراً من صلابتها فتسمح بالإنبات

وتجدر الإشارة أيضاً إلى الدور الهام الذي تلعبه بعض العوامل البيئية في كسر كمون البذور. وفي هذا المجال يذكر أن بذور بعض النباتات البرية صغيرة الحجم تدفن في التربة بسهولة فتصبح محرومة من الضوء فتظل كامنة لأنها لا تنبت إلا في وجود الضوء مثل بذور نبات الحريق $Urtica\ dioica$

كما أن لبذور بعض النباتات المنتيمة للبيئات الباردة حاجة لفترة من الصقيع $Chillung\ Period$ لكي تخرج من كمونها مثل بذور التفاح $Pyrus\ malus$ وقد تحتاج البذور الكامنة لفترات متعاقبة من درجات الحرارة المتباينة لتخرج من كمونها ومثال ذلك بذور أنواع كثيرة من جنس الحميض $Rumex\ sp$

هذا وقد تحتاج البذور لمعالجة حرارية قاسية كتعرض البذور للحرائق $Fire$ التي تسبب إزالة القصرة غير المنفذة للماء كما في العديد من بذور الأشجار والشجيرات المنتمية للمناطق تحت الاستوائية والمناطق القاحلة

العوامل اللازمة لإنبات البذور

1-انقضاء فترة الكمون $Seed\ Dormancy$

تنبت بذور النباتات التي تمر بفترة من الكمون بعد انقضاء هذه الفترة الزمنية التي تكمن فيها تلك البذور

وتختلف هذه الفترة طولاً أو قصراً بين الأنواع النباتية المختلفة. فبعض البذور تكمن فصلاً كاملاً أو عدداً من الفصول، وبعضها تظل كامنة لعدة سنوات. وجدير بالذكر مرة أخرى أن بذور بعض الأنواع النباتية لا تمر بفترة كمون على الإطلاق وتنبت مباشرة بعد نضج الثمرة

2-حيوية البذور $Seed\ Vibility$

للبذور الجافة قدرة عالية على تحمل الظروف البيئية القاسية لفترات من الزمن وتحتفظ مع ذلك بقدرتها على الإنبات. هذا وتختلف الفترة التي تحتفظ فيها البذور بحيويتها اختلافاً كبيراً في الأنواع النباتية المختلفة

وتجدر الإشارة هنا إلى أن طول هذه الفترة يعتبر صفة وراثية إلا أنه يتأثر أيضاً بظروف تخزين البذور من حرارة ورطوبة وغيرها من العوامل البيئية الأخرى.

ومن الطريف أن بذور بعض النباتات تحتفظ بحيويتها لسنوات عديدة فبذور نبات عين القط مثلاً ($Anagalis\ sp$) تحتفظ بحيويتها لفترة تقارب ستين عاماً

3-المياه $Water$

يعتبر تشرب البذور للماء أول العمليات التي تحدث أثناء الإنبات. والماء ضروري للإنبات فلا يحدث الإنبات على الإطلاق في غياب الماء وعملية التشرب عملية فيزيائية لا علاقة لها بحيوية البذور ولكنها تتوقف على مكونات البذرة ونفاذية القصرة للماء. وتعد البروتينات المختزنة بالبذرة من أهم المكونات التي تتشرب الماء وهو في ذلك تكون غرويات تنتفخ فتؤدي إلى تمزق القصرة التي تبدي عندئذ قدراً من الليونة نتيجة نقعها في الماء

أما نفاذية القصرة للماء فتعتمد أيضاً بدرجة كبيرة على مكوناتها من الدهون والتانينات فبذور نبات الفول السوداني $Arachis\ hypogea$ تحتوي قصرتها على تانينات وعلى دهون بنسبة 2% تقريباً ولوحظ أن نفاذية هذه البذور للماء تزيد بدرجة كبيرة جداً حوالي 170% إذا ما أزيلت هذه المواد من قصرتها بنقعها في الماء الدافئ

4-درجة حرارة الإنبات $Germination\ Temperature$

لكل نوع من الأنواع النباتية مدى حراري تنبت فيه بذوره ويضم هذا المدى الحراري ثلاثة درجات حرارة رئيسية أولها درجة الحرارة القاعدية $Basal\ Temperature$ وهي درجة الحرارة الدنيا التي لا يحدث إنبات تحتها ودرجة الحرارة القصوى $Maximum\ Temperature$ وهي درجة الحرارة التي لا يحدث إنبات بعدها ودرجة

الحرارة المثلى $Optimum\ Temperature$ وهي درجة الحرارة التي يحدث عندها أعلى نسبة لإنبات بذور نوع نباتي معين

ويختلف المدى الحراري للإنبات في الأنواع النباتية المختلفة فنباتات البيئة الباردة تنبت عند درجات حرارة منخفضة بينما تنبت نباتات البيئات الحارة عند درجات حرارة مرتفعة

5-الأكسيجين $Oxygen$

يعتبر الأكسيجين متطلب أساسي لإنبات البذور بصفة عامة فهو لازم لتنفس أجنتها أثناء الإنبات وعليه فقد لوحظ أن إنبات بذور العديد من الأنواع النباتية ينخفض أو يتوقف تماماً في التربة رديئة التهوية وفي البيئات المفتقرة للأكسيجين

وبالرغم من هذا فإنه من الطريف أن بذور بعض الأنواع النباتية تبدي زيادة في الإنبات إذا ما انخفض تركيز الأكسيجين في الهواء لفترة من الزمن قبل بدء عمليات الإنبات ومثال ذلك بذور بعض أنواع البرسيم مثل $Trifolium\ repens$ التي تزيد نسبة إنباتها إذا ما انخفض تركيز الأكسيجين قليلاً بخلط غاز النيتروجين في الهواء ومثال $Trifolium\ subterraneum$ التي تزيد نسبة إنبات بذوره كثيراً عند حفظها بمعزل عن الأكسيجين لفترة قصيرة من الزمن قبل بدء الإنبات

المحاضرة السادسة والسابعة

علاقات النبات بالماء

أ.د.محمد سليمان

علاقة النبات بالماء

امتصاص الماء Water Uptake :

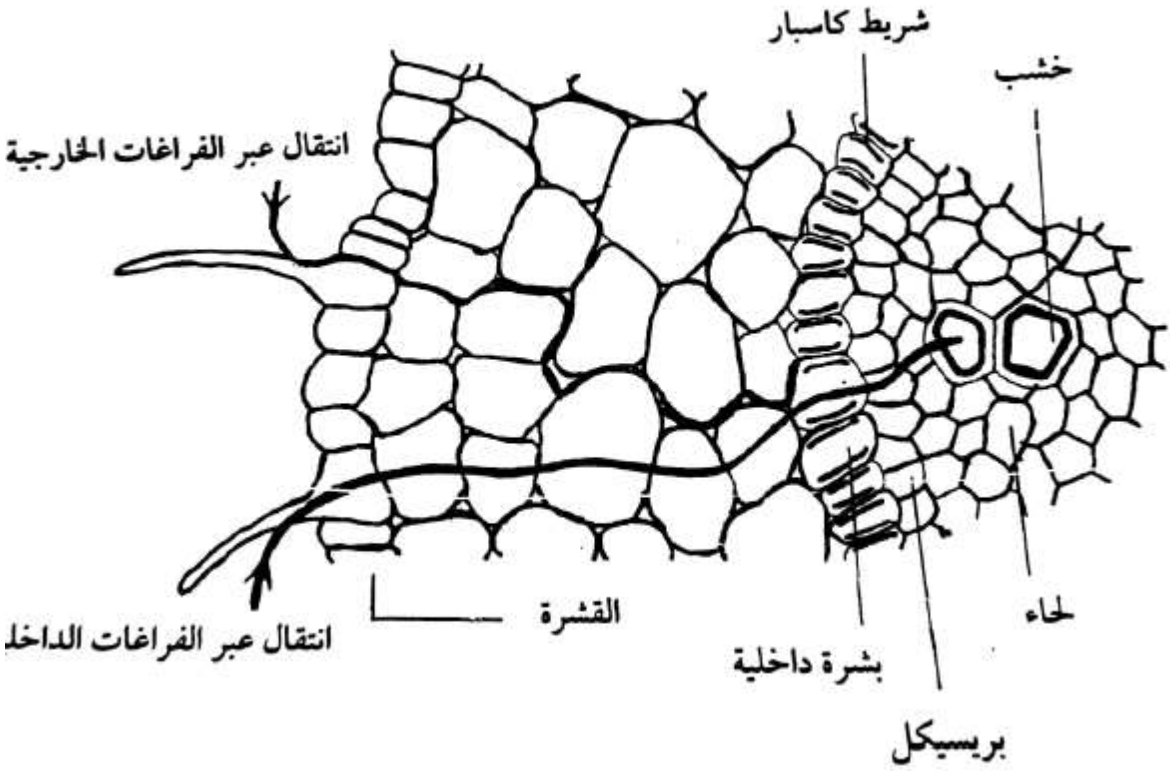
يمتص الماء من التربة بواسطة المجموع الجذري حيث يعمد النبات إلى حل مشكلة امتصاص الماء من التربة بتخصيص 20 – 50% من وزنه الكلي للاستثمار في تكوين الجذور . إلا أن هذا التخصيص قد يرتفع أو ينخفض قليلاً هذا ولكن التحكم في الشكل العام للجذر يكون تحكماً وراثياً Genetic Control فالنجيليات Grasses مثل القمح والذرة مثلاً لها جذور ليفية متشعبة تحت سطح التربة ، بينما معظم النباتات ذوات الفلقتين الخشبية Woody Dicots لها جذور وتدية Tap Roots تضرب في أعماق التربة ويتفرع منها عدد من الجذور الثانوية .

وأكثر مناطق الجذر امتصاصاً للماء **منطقة الشعيرات الجذرية** لما يوجد على هذه المنطقة من أعداد هائلة من الشعيرات الدقيقة ذات الجدر الرقيقة والتي يتم عن طريقها امتصاص الماء حيث أن مناطق الجذر التالية لمنطقة الشعيرات الجذرية يكثر في جدر خلاياها إضافة مادة السوبرين الشمعية التي تمنع مرور الماء . وجود الشعيرات الجذرية يزيد من مساحة سطح الجذر بقدر كبير قد يصل في بعض الأحيان إلى 70% .

يمتص الماء من محلول التربة إلى داخل الشعيرات الجذرية بآلية أزموزية نظراً لتدرج الجهد المائي للعصير الخلوي لخلايا الشعيرات الجذرية أكثر سالبية من الجهد المائي لمحلول التربة .

ويتحرك الماء الممتص بواسطة الشعيرات الجذرية خلال أنسجة القشرة عبر الفراغات بين الخلوية وبواسطة تشرب الجدر السليولوزية لهذه الخلايا للماء فيما يعرف بحركة الماء عبر **الفراغات الخارجية** Apoplastic Transport ، على أن جزءاً من الماء يتحرك أيضاً داخل الخلايا عبر الخيوط البلازمية Plasmodesmata من خلية لأخرى فيما يعرف بحركة الماء عبر **الفراغات الداخلية** للخلايا Symplastic Transport .

وتستمر حركة الماء عبر الفراغات الخارجية لخلايا القشرة حتى يصل الماء إلى **طبقة البشرة الداخلية** Endodermis التي تفصل بين القشرة والاسطوانة الوعائية



وللبشرة الداخلية خلايا مسوبرة الجدر تمنع فيها مادة السوبرين الشمعية المعروفة باسم **شريط كاسبار** Casparian Strip حركة الماء عبر الفراغ الخارجي لخلايا البشرة الداخلية ، لذا فإن الماء ينتقل من منطقة القشرة إلى منطقة الاسطوانة الوعائية بالتحرك عبر الفراغات الداخلية لخلايا البشرة الداخلية أو عبر خلايا المرور غير المسوبرة الجدر .

يساعد التركيب الكيميائي للجدار الخلوي على حركة الماء عبر الفراغات الخارجية حيث يتركب من مواد ذات خواص محبة للماء Hydrophilic مثل السليولوز الذي يعد مركباً مبلمراً من مادة بيتا – د – جلوكوز والبكتينات التي تعتبر بلمرات لحامض ألفا – جلاكتورونيك (حامض البكتيك) ، واللجنين الذي يعد مركباً معقداً من البولي فلافون Polyflavone . أما المواد التي تمنع هذا النوع من حركة الماء عبر الجدر الخلوية فتشمل المواد ذات الطبيعة الكارهة للماء (Hydrophobic) والمكونة من الأحماض الدهنية

والشموع مثل الكيوتين المكون لطبقة الأدمة والسوبرين الموجود في جدر خلايا البشرة الداخلية . وبعد المرور عبر طبقة البشرة الداخلية يصل الماء إلى خلايا البريسيكل ثم إلى الخلايا الموصلة للخشب فتمتلئ بذلك أوعية خشب الجذر بالماء وهي بدورها متصلة بأوعية الخشب في الساق ، التي تنتظم رأسياً على طول محور الساق .

العوامل المؤثرة على معدل امتصاص الماء :

1- درجة حرارة التربة Soil Temperature :

لدرجة حرارة التربة تأثير كبير على معدل امتصاص الماء فعند درجات الحرارة المنخفضة تزيد لزوجة الماء مما يقلل من حركته إضافة إلى أن معدل نمو الجذر عامة يكون منخفضاً عند درجات الحرارة المنخفضة مما يقلل من مساحة سطح الجذر وبالتالي يقلل من كمية الماء الممتص . ويمكن ملاحظة التأثير المثبط لانخفاض درجة حرارة التربة بوضع طبقة من مكعبات الثلج على سطح التربة الموجودة في أصيص يحوي نباتاً نامياً حيث يلاحظ ذبول النبات بسرعة كبيرة .

2- الجهد الأزموزي لمحلول التربة Osmotic Potential of Soil Solution :

سبق التأكيد على أن امتصاص الماء من محلول التربة بواسطة الشعيرات الجذرية يتم بآلية أزموزية أي نتيجة لتدرج الجهد المائي بين محلول التربة والعصير الخلوي لخلايا الجذر . لذلك يلعب الجهد الأزموزي لمحلول التربة دوراً هاماً جداً في امتصاص الماء حتى أن امتصاص الماء يتوقف إذا كان الجهد المائي لمحلول التربة أكثر سالبية من نظيره للعصير الخلوي للشعيرات الجذرية .

3- تهوية التربة Soil Aeration :

تؤدي رداءة التهوية الناتجة عن تشبع التربة بالماء وإحلال الماء محل غازات التربة إلى خلق جو غير مناسب لامتصاص الماء حيث تنخفض معدلات التحولات الغذائية للجذر في مثل هذه الظروف وبالتالي يقل معدل نموه ويقل امتصاص الماء .

4- ميسورية ماء التربة Water Availability :

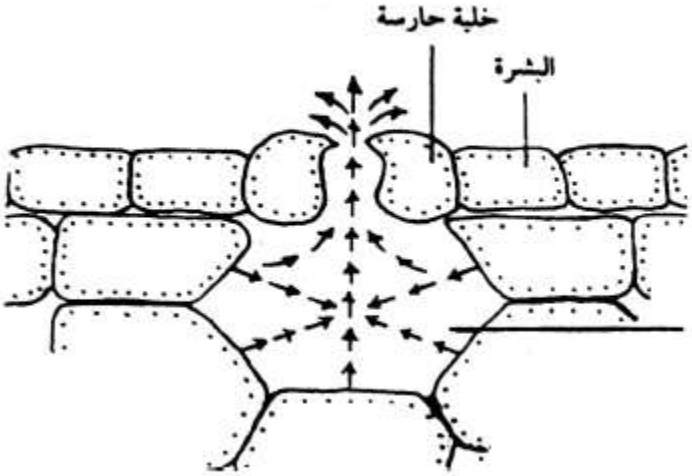
لا يعتبر الماء الموجود بالتربة متاحاً بكامله للنبات . فعند غمر التربة بالماء يتم صرف الماء الزائد عن قدرة هذه التربة للاحتفاظ بالماء ويعتبر الماء المتبقي عندئذ والمرتبط من خلال القوى الفيزيقية بحبيبات التربة متاحاً للنبات ويسمى **بالسعة الحقلية للتربة** Field Capacity ، كما تعتبر النسبة المئوية للماء في التربة عندما يظهر النبات علامات الذبول نسبة غير متاحة للنبات وتعرف **بنسبة الذبول الدائم** Permanent Wilting Percentage .

وقد أثبتت التجارب أن قيمة كل من السعة الحقلية ونسبة الذبول الدائم تختلف باختلاف نوع التربة ، فهذه القيم تكون مرتفعة للتربة الطينية مقارنة بالتربة الرملية ، هذا إضافة إلى أن كمية الماء المتاح بالتربة تؤثر على معدل الامتصاص حيث أن تشبع التربة بالماء يؤثر سلباً على تهويتها وبالتالي يسبب نقص معدل امتصاص الماء .

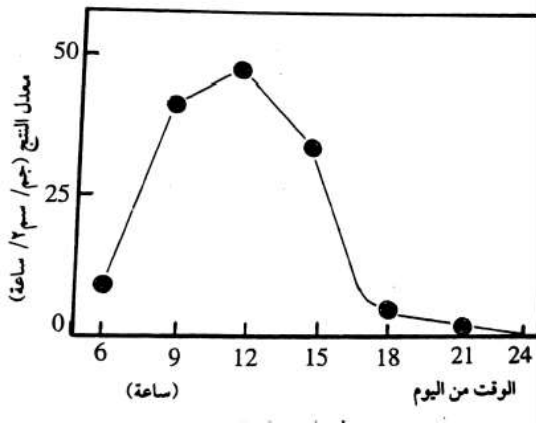
فقد الماء Water Loss :

النتح الثغري Stomatal Transpiration :

على الرغم مما ذكر آنفاً عن كون الماء أكثر المركبات وجوداً في النبات إلا أن جزء يسير من الماء الممتص يستخدم في العمليات الحيوية بينما يفقد كم كبير على صورة بخار في عملية **النتح** . ويفقد بخار الماء من المسافات بين الخلوية لخلايا النسيج الوسطى للأوراق ، ويمر خلال الفتحات المجهرية الدقيقة الموجودة على سطح الأوراق والمعروفة **بالثغور** فيما يعرف **بالنتح الثغري**



عندما تفتح الثغور يسمح بدخول غاز ثاني أكسيد الكربون اللازم لعملية البناء الضوئي ، وتفقد بذلك كمية هائلة من بخار الماء تتراوح بين 10 – 30 جم ماء/ متر^2 / ساعة . هذا ويبدي معدل النتح **إيقاعاً يومياً Diumal Phythm** يشمل تغيرات كبيرة في معدل فقد الماء على مدار اليوم . وفي هذا الإيقاع اليومي يرتفع معدل النتح سريعاً في بداية فترة الضوئية (النهار) حتى يصل إلى أقصى معدل له (منتصف النهار تقريباً) ، ثم لا يلبث أن يأخذ في الانخفاض حتى يصل إلى قيمة منخفضة في نهاية الفترة الضوئية كما تبقى أقل ما يمكن طوال فترة الظلام أي اثناء الليل



آليات التحكم في الثغور :

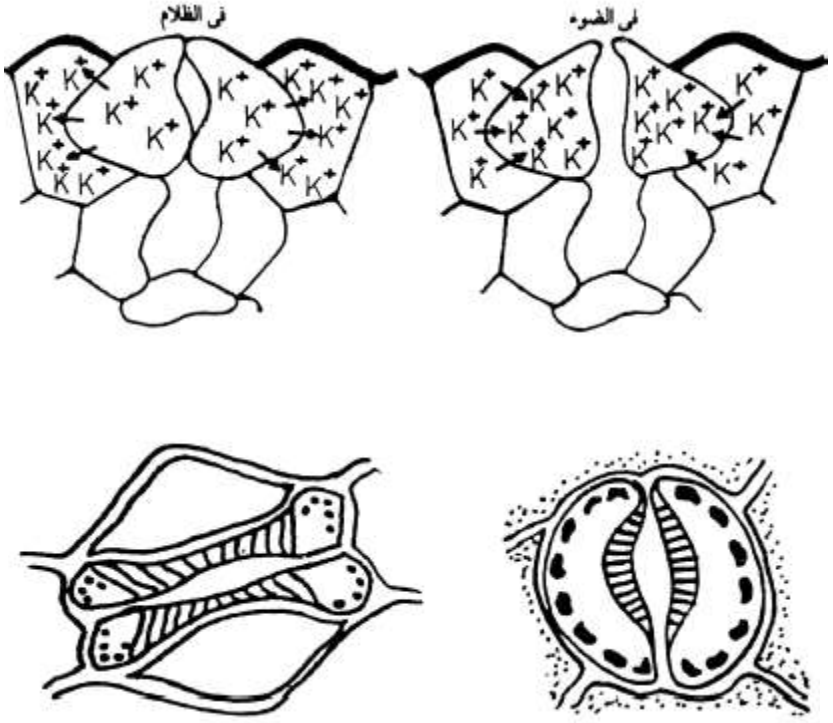
تمثل الثغور عدداً هائلاً من الفتحات المجهرية على سطحي الورقة ، وتحاط كل فتحة بخليتين تتحكمان في فتح الثغر وغلقه . وتختلف أشكال الخلايا الحارسة فتكون كلوية الشكل

كما في النباتات ذوات الفلقتين ، وتكون صولجانية الشكل كما في النباتات ذوات الفلقتين ، وتكون صولجانية الشكل كما في نباتات العائلة النجيلية . ويتفاوت عدد الثغور ، على سطحي الورقة ويتفاوت كذلك من نوع نباتي لآخر ، وقد يصل عدد الثغور إلى عدة آلاف لكل سنتيمتر مربع ، إلا أن مجموع مساحة الثغور لا تتعدى $1-2$ بالمائة من مساحة الورقة الكلية حيث أن فتحة الثغر دقيقة ذات أبعاد مجهرية (قطر 10 ميكرون ، طول 20 ميكرون)، وتوجد الثغور عادة على السطح السفلي للورقة إلا أنها قد توجد على سطحي الورقة في بعض الأنواع النباتية

تستجيب الثغور لتغييرات الجهد الأزموزي للخلايا الحارسة حيث تسبب هذه التغييرات تحرك الماء إلى داخل الخلايا الحارسة أو إلى خارجها . يستحث الضوء النقل النشط لأيونات البوتاسيوم (K^+) من خلايا البشرة إلى الخلايا الحارسة بفعل **الحوامل** الأيونية المطمورة في الغشاء البلازمي للخلايا الحارسة . ويصحب تراكم كاتيونات البوتاسيوم (K^+) داخل الخلايا الحارسة ضخ للبروتونات (H^+) إلى خارج الخلايا الحارسة ، بينما تتراكم أنيونات الكلوريد (Cl^-) أو أيونات المالات $(Malate^-)$ بداخل الخلايا الحارسة كاستجابة لاختلاف الاتزان الكهربي الناجم عن تراكم كاتيونات البوتاسيوم (K^+) .

بذلك يصير الجهد المائي للعصير الخلوي للخلايا الحارسة سالباً جداً نتيجة لتراكم أيونات $Malate^-, Cl^-, K^+$ ، وينشأ عن ذلك منحدر للجهد المائي يسبب تحرك الماء من خلايا البشرة إلى الخلايا الحارسة فتمتلئ .

وتتميز الخلايا الحارسة بزيادة سمك جدرها المواجهة لفتحة الثغر مقارنة بالجدر البعيدة عن فتحة الثغر وبالترتيب الشعاعي للويفات السليولوزية الدقيقة المكونة لجدرها.



لذا فإن الضغط الناشئ عن امتلاء الخلايا الحارسة (ضغط الامتلاء) بسبب توترها وتمدد جدرها السميكة والرقيقة بدرجات متفاوتة وكذلك ينتج شداً في لويفات السيلولوز الشعاعية التي تسبب تباعد الخلايا الحارسة وبالتالي فتح الثغر

هذا ويحدث عكس لاتجاه كل هذه العمليات المذكورة أثناء فترة الظلام (الليل) فترتخي الخلايا الحارسة وتتقارب وتعمل على غلق الثغر

العوامل البيئية المؤثرة على معدل النتح

1-الضوء *Light*

يؤثر الضوء على حركة الثغور حيث أن معظم النباتات تفتح ثغورها في الضوء وتغلقها في الظلام لذلك يحدث النتح الثغري نهاراً ويتوقف اثناء الليل في معظم النباتات باستثناء عدد قليل من النباتات العصيرية المتشحمة

2-رطوبة الهواء *Air Humidity*

يكون الجو الداخلي للورقة جواً مشبعاً أو قريباً من التشبع ببخار الماء بينما يكون الجو الخارجي المحيط بالورقة عادة في حالة غير مشبعة وبالتالي يوجد انحدار في لضغط البخاري بين الجو الداخلي للورقة وبين الهواء المحيد بها، ويسمح هذا الانحدار في الضغط البخاري بانتشار الماء عبر فتحات الثغور من داخل الورقة حيث الضغط البخاري المرتفع وكلما زاد الفرق في الضغط البخاري بين الجو داخل الورقة والهواء زاد الانحدار في الضغط البخاري وبالتالي يزيد معدل النتح

3-درجة الحرارة *Air Temperature*

يسبب ارتفاع درجة الحرارة زيادة معدل النتح بسبب تأثير الحرارة المرتفعة على حركة الثغور فالثغور تغلق عند درجة حرارة الصفر المئوي وتفتح تدريجياً بارتفاع درجة الحرارة فقد لوحظ اتساع قطر فتحة الثغر في كثير ن النباتات مع الزيادة التدريجية في درجة حرارة الهواء حتى درجة حرارة 30 مئوية تقريباً حيث تصل فتحة الثغر إلى أقصى اتساع لها

4- سرعة الرياح *Wind Speed*

يعمل تبخر الماء من خلال الثغور على زيادة الضغط البخاري في طبقة الهواء الملامسة للورقة مما يسبب نقصاً في انحدار الضغط البخاري بين الجو الداخلي للورقة والهواء وبذلك ينخفض معدل النتح إلا أن حركة الرياح تسبب تحرك بخار الماء بعيداً عن الأوراق لذا فإن معدل النتح يرتفع بزيادة سرعة الرياح ولكن يجب ملاحظة أن سرعات الرياح المرتفعة تتسبب في انخفاض معدل النتح مرة أخرى لما تسببه من غلق للثغور نتيجة الحث الميكانيكي الناتج عن التصادم بين الأوراق بفعل الرياح السريعة

النتح الأدمي Cuticular Transpiration :

يحدث فقد للماء على صورة بخار من أسطح الأوراق والسيقان العشبية حيث يخرج بخار الماء من خلال طبقة الأدمة المغطية للسطح الخارجي لخلايا البشرة إلى الهواء مباشرة .

ويختلف معدل **النتح الأدمي** باختلاف سمك طبقة الأدمة في الأنواع النباتية المختلفة ، ففي نباتات البيئات الجفافية تكون هذه الطبقة سميكة وتكون كمية الماء المفقود بالنتح الأدمي قليلة جداً مقارنة بتلك المفقودة من خلال طبقة الأدمة الرقيقة في نباتات البيئات الرطبة . وتجدر الإشارة إلى أن النتح الأدمي يمثل طريقاً ثانوياً لفقد الماء حيث أن قيمته لا تتعدى 10% من الماء المفقود في النتح الثغري .

النتح العديسي Lenticular Transpiration :

تحتوي النباتات الخشبية على تراكيب محددة على سطحها ، تملؤها خلايا مرتبة سائبة تنتشر خلال فللين السيقان المسنة تسمى بالعديسات **Lenticules** وهي تسمح بقدر من تبادل الغازات ولذلك يمكن أن يحدث فقد لقدر قليل من بخار الماء فيما يعرف **بالنتح العديسي** .

الإدماع Guttation :

تظهر على طول حافة الورقة قطرات مائية تحت ظروف خاصة من الرطوبة ودرجة الحرارة المرتفعة . ويعرف فقد الماء من النبات على صورة سائلة **بالإدماع** ، ومن العوامل التي تشجع حدوث هذه الظاهرة ارتفاع معدل امتصاص الماء من التربة المصحوب بانخفاض في

معدل النتح مما يخلق ضغطاً هيدروليكياً في داخل أوعية الخشب يعمل على دفع الماء في هذه الأوعية فيخرج الماء من خلال فتحات موجودة على حافة نصل الورقة تعرف **بالثغور المائية Hydathodes** . وبالرغم من الإشارة هنا إلى فقد الماء خلال الثغور المائية إلا أنه من الجدير بالذكر أن هذا الماء يحتوي على بعض الأملاح المعدنية الذائبة باعتبار أنه في واقع الأمر ما هو إلا العصارة النيئة الموجودة في أوعية الخشب . هذا ويمكن مشاهدة ظاهرة الإدماع بإجراء تجربة بسيطة توضع فيها بادرات نبات الشعير النامية في إصيص والمروية جيداً تحت ناقوس زجاجي (أو داخل كيس من البلاستيك الشفاف) وتترك معرضة لضوء قوي فترة من الزمن حيث يمكن رؤية قطرات مائية عند حواف الأوراق

الحياة وتحولات الطاقة

LIFE AND ENERGY TRANSFORMATIONS

الحياة والطاقة Life and Energy :

تعتمد حياة الكائنات على الطاقة ، حيث تعتمد حركتها وما يتم بداخل خلاياها من نقل للمواد وتخليق للمركبات اللازمة للنمو ، وانقسام خلاياها على هذه الطاقة .

وتستطيع الكائنات استخدام الطاقة ولا تستطيع خلقها ، وعليه فإنه يلزم لحياتها مدخل دائم للطاقة Energy Input .

وباعتبار أن الكائنات تفقد ما تستمده من البيئة من طاقة فإنه يمكن اعتبارها أنظمة طاقية مفتوحة Open System . **فالكائنات النباتية المنتجة للطاقة** Producers تقتنص الطاقة الضوئية (ضوء الشمس) في عملية البناء الضوئي Photosynthesis وتختزنها وقتياً على صورة طاقة كيميائية فيما يتم تخليقه أثناء ذلك من مواد كربوهيدراتية .

وتستهلك النباتات قدراً من هذه الطاقة الكيميائية في تنفسها ، ونموها ، وفي تسيير ما يتم بداخل خلاياها من عمليات حيوية أخرى ، وتحتفظ بقدر من الطاقة مختزناً في خلاياها وينتقل قدر من هذه الطاقة إلى **الكائنات الحيوانية المستهلكة للطاقة Consumers** التي

تتغذى على النباتات ، ثم يصل ما تبقى من هذه الطاقة إلى **الكائنات الدقيقة المحللة** Decomposers والتي تحيا على تحليل بقايا أجسام الكائنات الميتة المنتجة والمستهلكة على حد سواء .

ويعرف انتقال الطاقة على هذا النحو بتدفق الطاقة في **النظام البيئي** Flow of Energy Though The Ecosystem .

عمليات اقتناص الطاقة

Energy – capturing Processes

البناء الضوئي Photosynthesis :

تعتمد حياة النبات على كفاءته في اقتناص الطاقة وتخزينها وتحويلها . وتنفرد النباتات الخضراء بطريقة خاصة لإنتاج غذائها العضوي ، فهي تستمد من بيئتها مواداً غير عضوية بسيطة التركيب لتبني بها مركبات عضوية معقدة تعتمد عليها حياتها .

لذلك فإن النباتات الخضراء تختلف عن الحيوانات والكائنات الأخرى غير الخضراء التي تعتمد في غذائها على النبات الأخضر الحي أو على مخلفاته وبقاياه بعد موته .

وتعتبر الشمس مصدر كل أشكال الطاقة الموجودة في محيطنا الحيوي Biosphere وتقوم النباتات الخضراء بامتصاص طاقة الضوء المرئي Visible Light وتحولها إلى طاقة كيميائية تستخدمها في تسيير مجموعة من التفاعلات المعقدة ينتج عنها اختزال ثاني أكسيد الكربون إلى مواد كربوهيدراتية هي في الواقع التي تمثل مصدر الطاقة في الخلية .

تعرف عمليات اقتناص الطاقة وما يتبعها من اختزال لثاني أكسيد الكربون وتكوين السكريات بعملية البناء الضوئي التي يمكن تمثيلها بالمعادلة العامة التالية :

$$6\,CO_2 + 12\,H_2O \xrightarrow{\text{كلوروفيل+طاقة ضوئية}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 + 6\,H_2O$$

ويعد البناء الضوئي بحق أهم الظواهر البيولوجية على كوكب الأرض ، حيث أنه مصدر المواد العضوية الهامة التي تمثل المصدر الرئيسي لغذاء الإنسان والحيوان على حد سواء ، والمصدر الرئيسي للطاقة ، كما يعتبر أصل تكوين الوقود الحفري Fossil Fuel المختزن في باطن الأرض كالفحم والبترول .

أما كمية الكربون المختزلة في البناء الضوئي سنوياً على الأرض فتقدر بحوالي

1.55×1110 طن من المادة النباتية الجافة ، مما يدل على أهمية هذه العملية لحياة الكائنات الأخرى على كوكب الأرض .

الكلوروفيل وامتصاص الطاقة الضوئية Chlorophyll and Absorption of Energy:

تعرف الأصباغ الملونة بأنها تلك المواد التي تمتص الأطياف الضوئية ذات الأطوال الموجبة المختلفة بدرجات متفاوتة ، وفي هذا الصدد تعتبر أصباغ الكلوروفيل الخضراء Chlorophylls والمشتملة على عدة أنواع أهمها **كلوروفيل أ** ، **وكلوروفيل ب** ، أصباغاً أساسية للبناء الضوئي ، تمتص الأطياف الضوئية في المناطق الزرقاء والحمراء من الطيف المرئي ، هذا وتحتوي النباتات على عدد من الأصباغ الأخرى المساعدة منها **الكاروتينويدات Carotenoids** التي تمتص الضوء عند أطوال موجية غير تلك الخاصة بامتصاص الكلوروفيل .

والكلوروفيل مركب عضوي حلقي (عطري) يسمى بورفرين Porphrin يحتوي في مركزه على ذرة مغنسيوم هي التي تستثار بفعل الفوتونات الضوئية . ويتصل البروفرين بسلسلة هيدروكربونية تسمى فيتول Phytol

تنتظم الكلوروفيلات والأصباغ المساعدة في أغشية الثيلاكويد Thylakoids بالبلاستيدات الخضراء في منظومتين تعرفان بالنظام الضوئي الأول I Photosystem والنظام الضوئي الثاني II Photosystem

ويتكون النظام الضوئي من مجموعة الأصباغ الأساسية والمساعدة وزوج خاص من جزيئات الكلوروفيل يعرف **بمركز التفاعل Reaction Centre** .

يعتمد عمل النظام الضوئي على امتصاص الأصباغ الأساسية والمساعدة للطاقة الضوئية وتجميعها في مركز التفاعل

التفاعلات الكيموضوئية للبناء الضوئي Photochemical Reactions :

تعتمد هذه المجموعة من التفاعلات على وجود الضوء وتتم في داخل أغشية الثيلاكويد بالبلاستيدات الخضراء وينتج منها مركبات عالية الطاقة High – energy Compounds ،

التفاعلات الكيموحيوية للبناء الضوئي Biochemical Reactions :

لا تعتمد هذه المجموعة من التفاعلات على وجود الضوء بطريقة مباشرة إلا أنها تعتمد على مركبات القوة التمثيلية (ATP , $NADPH + H^+$) التي تنتج من التفاعلات الكيموضوئية .

تتم التفاعلات الكيموحيوية في حشوة البلاستيدات الخضراء المعروفة باسم ستروما ، ويتم فيها اختزال ثاني أكسيد الكربون وإنتاج سكريات بسيطة .

وتحدث هذه المجموعة من التفاعلات على شكل دورة تعرف باسم دورة كالفين – بنسون نسبة إلى العالمين الأمريكيين ملفين كالفين Melvin Calvin وآندرو بنسون Andrew Benson

العوامل المؤثرة على البناء الضوئي :

1- الضوء Light .

أ- شدة الاستضاءة Irradiance :

يزداد معدل البناء الضوئي بزيادة شدة الاستضاءة إلى حد معين يصل عنده المعدل إلى نقطة التشبع وعندها يظل معدل البناء الضوئي ثابتاً إلى حد ما يبدأ بعده في الانخفاض بسبب التأثيرات الضارة لشدة الاستضاءة العالية التي تشمل تأثيرات عديدة أهمها الأكسدة الضوئية للكلوروفيل والتي تتضمن إثارة عدد هائل من جزيئات الكلوروفيل وأكسدتها في وجود الأكسجين.

ب- الطول الموجي Wavelength :

يقتنص النبات قدراً صغيراً من الطيف الكهرومغناطيسي الساقط على أوراقه . هذا ويبدي الكلوروفيل ذروة امتصاص في المنطقة الحمراء والمنطقة الزرقاء من الطيف المرئي ، بينما تبدي الكاروتينويدات ذروة امتصاص في المنطقة الزرقاء ، وعليه فإن معظم الضوء المنعكس والنافذ يكون في المنطقة الخضراء معطياً بذلك الأوراق لوناً اخضراً ، وبذلك يكون أعلى معدل للبناء الضوئي عند الأطوال الموجبة في المناطق الحمراء والزرقاء من الضوء المرئي ، وأقل معدل له عند الأطوال الموجبة في المنطقة الخضراء .

2- درجة الحرارة Temperature :

أ- التأثير على التفاعلات الكيموضوئية :

تتركب أغشية الثيلاكويد من ليبيدات وبروتينات ويتبع تركيبها نموذج الفسيفساء السائلي المفسر لتركيب الأغشية البيولوجية بصفة عامة .

ويتسبب ارتفاع درجة الحرارة فوق الحد الأمثل في زيادة سيولة الليبيدات المكونة لأغشية الثيلاكويد مما يجعل الحوامل الإلكترونية المسؤولة عن النقل الإلكتروني عرضة للحركة داخل الغشاء لمسافات وإن كانت متناهية في الصغر إلا أنها تكون كافية لتبعدها بعضها عن البعض بما يسبب تثبيط الانتقال الإلكتروني وانخفاض معدل البناء الضوئي .

ب- التأثير على التفاعلات الكيموحيوية :

تعتبر التفاعلات الكيموحيوية للبناء الضوئي والتي تحدث في حشوة البلاستيدات الخضراء (الستروما) تفاعلات أنزيمية تتأثر تأثراً كبيراً بدرجة الحرارة حيث يرتفع معدل هذه التفاعلات بارتفاع درجة الحرارة في المدى البيولوجي من درجات الحرارة (10- 40 درجة مئوية) ثم ينخفض معدلها بزيادة درجة الحرارة بعد ذلك لما قد يحدث من تغير طبيعة هذه الأنزيمات .

عمليات انطلاق الطاقة

Energy – releasing Processes

التنفس Respiration

التنفس الخلوي الهوائي تفاعل أكسدة واختزال Cellular Respiration is a Redox Reaction :

تعتبر عملية التنفس الخلوي عملية أكسدة واختزال تتم من خلال مسار حيوي معقد يتضمن عدداً كبيراً من التفاعلات تبدأ في السيتوبلازم وتنتهي في داخل الميتوكوندريا .

يتم في هذه العملية انتقال الهيدروجين من الجلوكوز إلى الأكسجين ، وعليه يتأكسد الجلوكوز ويختزل الأكسجين وينطلق في هذه العملية كم من طاقة الإلكترونات يستخدم في تخليق المركب الهام أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP . كما يتضح من المعادلة التالية :

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O \longrightarrow 6CO_2 + 12H_2O + \text{طاقة}$$

مراحل التنفس الخلوي Phases of Cellular Respiration

يمكن تقسيم مراحل التنفس الخلوي إلى ثلاث مجموعات من التفاعلات تبعاً لمكان حدوثها بداخل الخلية والظروف اللازمة لحدوثها

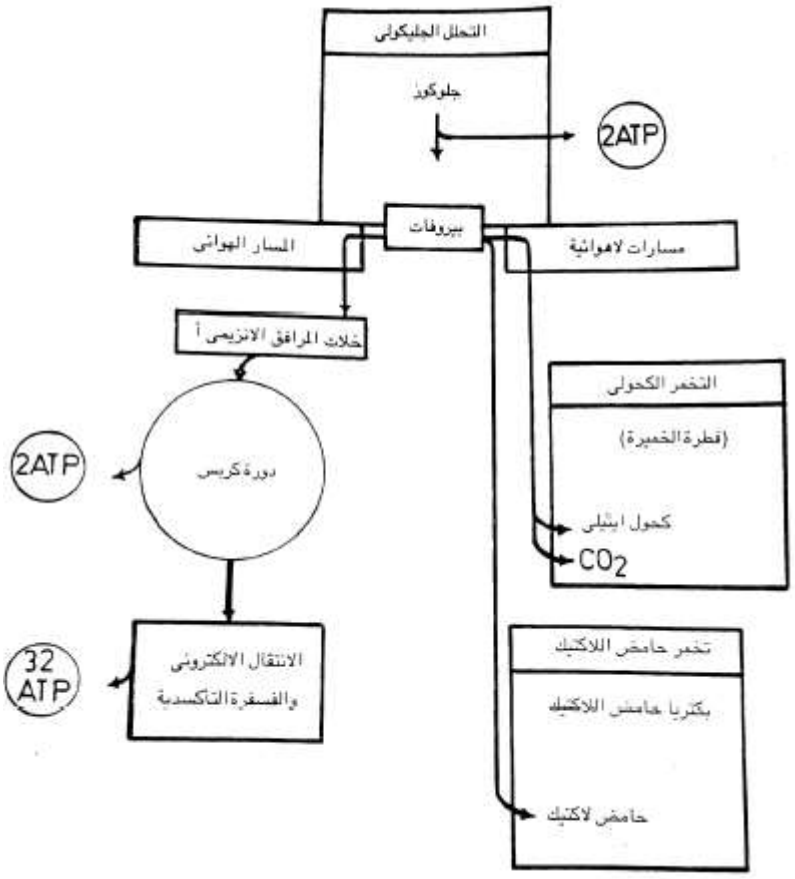
فالتحليل الجليكولي يحدث في السيتوبلازم

وتفاعلات **دورة كربس** في حشوة الميتوكوندريا ،

أما **الانتقال الإلكتروني وتخليق ATP** فيتم في داخل الغشاء الداخلي للميتوكوندريا شكل (12–8) ،

مسارات التنفس وإنتاج الطاقة :

تعتبر مسارات التنفس اللاهوائية أقل كفاءة في إنتاج الطاقة مقارنة بالمسار الحيوي للتنفس الهوائي . فالتخمر الكحولي لفطرة الخميرة ينتج عنه جزيئان من أدينوسين ثلاثي الفوسفات $(2\ ATP)$ ، والكحول الإيثيلي الناتج عنه يمكن أكسدته لإنتاج المزيد من الطاقة . وبالمثل فإن تخمر حامض اللاكتيك لبكتريا حامض اللاكتيك ينتج عنه جزيئات من $(2\ ATP)$ ، كما أن حامض اللاكتيك مركب به ثلاثة ذرات كربون يحوي مزيداً من الطاقة غير المحررة إلا أن هذه الكائنات الدقيقة تكتفي بالقدر من الطاقة المنطلقة في عمليات التخمر ، بينما تعمد الكائنات الهوائية إلى إنتاج المزيد من الطاقة في التنفس الهوائي . وبمقارنة هذين المسارين بالتنفس الهوائي يتضح أن التنفس الهوائي هو المسار الأكثر كفاءة حيث تتم فيه أكسدة الغذاء أكسدة تامة لتتحرر بذلك كل الطاقة المتاحة في الغذاء كما أنه ينتج عنه 38 جزيء من أدينوسين ثلاثي الفوسفات لكل جزيء جلوكوز تتم أكسدته تماماً إلى $H_2O\ ,CO_2$



العوامل المؤثرة على معدل التنفس :

1- درجة الحرارة Temperature :

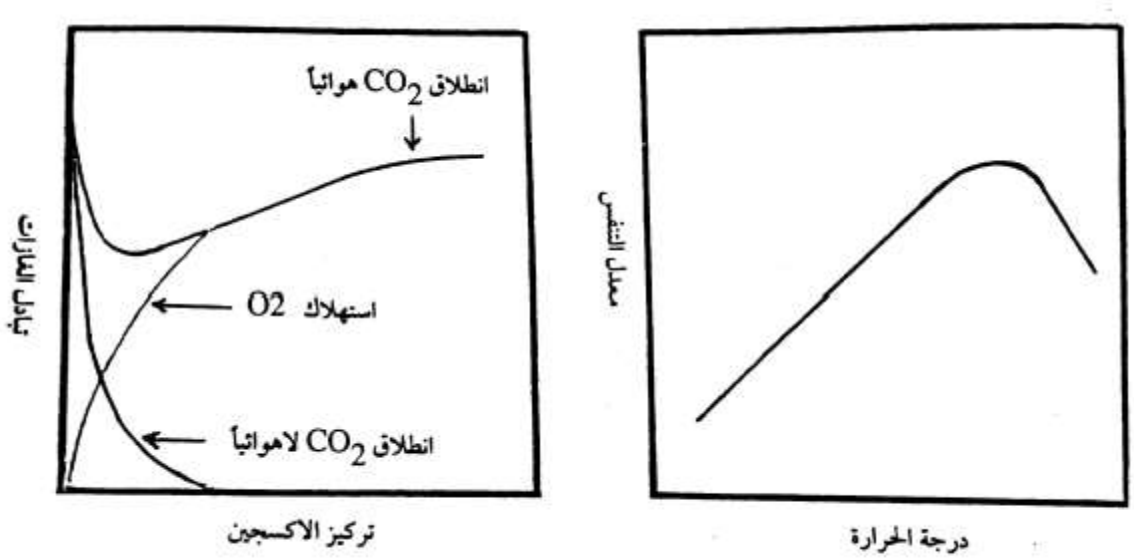
تعتبر معظم تفاعلات التنفس تفاعلات إنزيمية ، لذا فإن لدرجة الحرارة تأثيراً كبيراً على معدلها . ويكون معدل التنفس منخفضاً جداً عند درجات الحرارة المنخفضة ولا يلبث أن يرتفع بارتفاع درجة الحرارة حتى يصل إلى أقصى قيمة له في المدى الحراري 35 – 45 م° تقريباً . هذا وارتفاع درجة الحرارة فيما وراء هذا المدى إلى تغير طبيعة الإنزيمات مما يسبب انخفاض معدل التنفس

2- الأكسجين Oxygen :

إن وجود الأكسجين لازم لحدوث تفاعلات دورة كربس ، كما أن الأكسجين هو المستقبل النهائي للإلكترونات في نظام النقل الإلكتروني ، ولذلك يكون لتركيز الأكسجين أثر كبير على معدل التنفس .

وفي غياب الأكسجين يكون كل غاز ثاني أكسد الكربون المنطلق في التنفس هو في الواقع ناتج الخطوات اللاهوائية ، وعند زيادة تركيز الأكسجين يزداد معدل التنفس الهوائي إلى ان يصل إلى معدل يثبت عنده

مهما زاد تركيز الاوكسيجين وتصل قيمة معامل التنفس عند هذا التركيز إلى الوحدة . وتعرف النقطة التي تصل عندها قيمة معامل التنفس عند تركيز معين للأكسجين بنقطة الانتهاء Extinction Point .



3- ثاني أكسيد الكربون Carbon Dioxide :

لغاز ثاني أكسيد الكربون تأثير مثبط للتنفس ، ويعتقد بأن هذا التأثير المثبط تأثير غير مباشر حيث أن الدراسات الحديثة قد أشارت إلى أن زيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء تؤدي إلى غالق الثغور ومن ثم إلى الحد من تبادل الغازات .

4- الحث الميكانيكي والجروح Mechanical Stimulation and Wounds :

أثبتت الدراسات أن معدل تنفس أوراق النبات يزداد عند لمسها أو عند اصطدامها بشدة ببعضها وبالفروع فيما يعرف بالحث الميكانيكي للتنفس . هذا وقد لوحظ أيضاً أن الجروح التي تحدث بالأعضاء النباتية تزيد من معدل التنفس في أنسجة هذه الأعضاء المجروحة بصفة عامة ، ويتزامن مع هذه الزيادة في معدل التنفس زيادة في النشاط الإنشائي اللازم لالتئام الجروح .

التغذية المعدنية Plant mineral nutrition

تمكن علماء التغذية من معرفة ضرورة وجود عناصر معدنية عشرة لنمو النبات عرفت **بالعناصر الكبرى** Essential Elements وهي الكربون (C) ، والهيدروجين (H) ، والأكسجين (O)، والنتروجين (N) ، والفوسفور (P) ، والبوتاسيوم (K) ، والكالسيوم (Ca) ، والكبريت (S) ، والمغنسيوم (Mg) ، والحديد (Fe) ، ويحتاج النبات في نموه لكميات كبيرة من هذه العناصر الأساسية . إلا أن الدراسات المستمرة في مجال تغذية النبات أثبتت لزوم وجود عناصر خمسة أخرى ولو بكميات صغيرة فعرفت هذه المجموعة **بالعناصر الصغرى** Trace Elements ، وتضم المنجنيز (Mn) ، النحاس (Cu) ، الزنك (Zn) ، الموليبدينوم (Mo) ، والبورون (B) . كما أن هناك عدداً من العناصر الصغرى الأخرى تلزم لنمو بعض وليس كل النباتات وتضم الصوديوم (Na) ، الكلورين (Cl) ، والكوبلت (Co) .

العنصر	الرمز الكيميائي	التركيز في المادة الجافة		الصيغ المتاحة للامتصاص
		مجم/كيلو جرام	٪	
كربون	C	٤٥٠٠٠٠	٤٥	Co_2
أكسجين	O	٤٥٠٠٠٠	٤٥	O_2, H_2O
هيدروجين	H	٦٠٠٠٠	٦	H_2O
نيتروجين	N	١٥٠٠٠	١٫٥	NO_3^-, NH_4^+
بوتاسيوم	K	١٠٠٠٠	١٫٠	K^+
كالسيوم	Ca	٥٠٠٠	٠٫٥	Co^{2+}
مغنسيوم	Mg	٢٠٠٠	٠٫٢	Mg^{2+}
فوسفور	P	٢٠٠٠	٠٫٢	$H_2PO_4^-, HPO_4^{2-}$
كبريت	S	١٠٠٠	٠٫١	SO_4^{2-}
حديد	Fe	١٠٠	٠٫٠١	Fe^{3+}, Fe^{2+}
منجنيز	Mn	٥٠	٠٫٠٠٥	Mn^{2+}
بورون	B	٢٠	٠٫٠٠٢	H_3BO_3
زنك	Zn	٢٠	٠٫٠٠٢	Zn^{2+}
نحاس	Cu	٦	٠٫٠٠٠٦	Cu^+, Cu^{2+}
موليبدينوم	Mo	٠٫١	٠٫٠٠٠٠١	MoO_4^{2-}

امتصاص العناصر المعدنية Mineral Uptake

يتم امتصاص العناصر المعدنية من محلول التربة بواسطة المجموع الجذري ، فتمر العناصر المعدنية خلال جدر الخلايا وعبر الفراغات بين الخلوية مع تيار الماء فيما يعرف بالامتصاص عبر الفرغات الخارجية الحرة Apoplast هذا وتمر العناصر المعدنية أيضاً عبر سيتوبلازم الخلايا وخلال الروابط البروتوبلازمية Plasmodesmata من خلية إلى أخرى فيما يعرف بالامتصاص عبر الفرغات الداخلية Symplast ويستمر امتصاص العناصر على هذين النحوين خلال الشعيرات الجذرية وطبقات القشرة حتى تصل العناصر الممتصة مع تيار الماء إلى طبقة الإندوديرمس . ولوجود شريط كاسبار المكون من مادة السوبرين الشمعية بجدر خلايا الإندوديرمس فإن جدر هذه الخلايا تكون غير منفذة للماء وبالتالي للعناصر المعدنية الذائبة فيه . ومن ثم فإن تيار الماء والعناصر الذائبة لابد وأن تمر عبر الفراغات الداخلية أي خلال سيتوبلازم خلايا الإندوديرمس ثم طبقة البريسيكل ، التي تنقل الماء والعناصر المعدنية إلى عناصر الخشب من أوعية وقصيبات عبر الجدر غير الحية لهذه العناصر الخشبية .

أهمية العناصر المعدنية لحياة النبات Role of Mineral Elements in Plant Life :

تلعب العناصر المختلفة دوراً هاماً في حياة النبات ، وتكون أهميتها تركيبية Structural أو فسيولوجية Physiological . فيوجد كل من الكربون والنيتروجين والأكسجين في كل الجزيئات البيولوجية الهامة مثل الكربوهيدرات والبروتينات والدهون ، كما أن النيتروجين هام لتكوين البروتينات والأحماض النووية والكلوروفيل ، وترجع أهمية الفوسفور إلى دخوله في تركيب الأحماض النووية ، والفوسفولبيدات التي تمثل جزءاً هاماً من تركيب الأغشية الخلوية ، ومركبات الطاقة مثل أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP .

أما الكالسيوم فيدخل في تركيب بكتات الكالسيوم الهامة لتكوين الصفيحة الوسطى Middle Lamella التي تمثل طبقة أساسية في الجدار الخلوي ، كما أن للكالسيوم أهمية فسيولوجية حيث لوحظت أهميته لعمليات النفاذية عبر الأغشية الخلوية . وكمثل النيتروجين فإن المغنسيوم يدخل في تركيب جزيء الكلوروفيل ، أما الكبريت فهام لتركيب بعض الأحماض الأمينية والفيتامينات ، كما يلعب البوتاسيوم دوراً فسيولوجياً هاماً في التنظيم الأزموزي لعمليات فتح وغلق الثغور ، ويلخص جدول (13-2) أهمية العناصر المختلفة لحياة النبات

جدول العناصر المختلفة وأهميتها لحياة النبات

العنصر	الأهمية	الوظيفة
الكربون	تركيبية	تركيب الكربوهيدرات والبروتينات والدهون
الهيدروجين	تركيبية	تركيب الكربوهيدرات والبروتينات والدهون
الأكسجين	تركيبية	تركيب الكربوهيدرات والبروتينات والدهون
النيتروجين	تركيبية	تركيب البروتينات والأحماض النووية والكلوروفيل
الفوسفور	تركيبية	تركيب الأحماض النووية وفوسفولبيدات الأغشية
	وفسيولوجية	هام لعمل مركبات الطاقة مثل ATP
المغنسيوم	تركيبية	تركيب الكلوروفيل
	وفسيولوجية	ضروري لعمل إنزيمات نقل الفوسفات
البوتاسيوم	فسيولوجية	هام للتنظيم الأزموزي وفتح وغلق الثغور
الكالسيوم	تركيبية	تركيب الصفيحة الوسطى بالجدار الخلوي
	وفسيولوجية	ضروري لتنظيم نفاذية الأغشية الخلوية
البورون	فسيولوجية	ضروري لعمليات أيض الكربوهيدرات والأحماض النووية
النحاس	فسيولوجية	ضروري للانتقال الإلكتروني في البناء الضوئي
المنجنيز	فسيولوجية	ضروري لعملية التحلل الضوئي للماء في البناء الضوئي
الحديد	فسيولوجية	ضروري لتفاعلات النقل الإلكتروني للبناء الضوئي والتنفس
الكبريت	تركيبية	تركيب بعض الأحماض الأمينية والفيتامينات
الزنك	فسيولوجية	ضروري لعمل إنزيمات التنفس
المولبدينوم	فسيولوجية	ضروري لعمل إنزيمات أيض النيتروجين

أعراض نقص العناصر المعدنية Mineral Deficiency Symptoms :

تستجيب النباتات لنقص العناصر المعدنية فتظهر أعراض خاصة على المجموع الخضري والمجموع الجذري ، إلا أن أعراض نقص العناصر المعدنية على المجموع الخضري تكون واضحة جلية تمكن الزراع من تحديد نوع وكيفية إضافة السماد المناسب لتعويض النقص وعلاج الأعراض . وتشمل أعراض نقص العناصر المعدنية مظاهر عديدة ، ففي حالات نقص النيتروجين تصبح الأوراق المسنة صفراء ثم تأخذ في الجفاف والتساقط كما يبدي النبات كله حالة من الاصفرار تعرف **بالشحوب العام** General Chlorosis ، كما يتميز النبات النامي تحت ظروف نقص النيتروجين بضعف نمو المجموع الخضري بصفة عامة حتى أن نسبة المجموع الخضري إلى المجموع الجذري Shoot Root Ratio تكون منخفضة جداً . أما نقص الفوسفور فيسبب تأخر نضج النبات وظهور مساحات جافة على الأوراق والأعناق وتكون صبغة أنثوسيانين ذات اللون الأرجواني مما يضفي على الأوراق مظهراً داكناً مشوباً بزرقة . لكون عنصر المغنسيوم أحد مكونات جزيء الكلوروفيل فإن نقصه يسبب ظهور مناطق شاحبة اللون مائلة للاصفرار بين عروق الأوراق فيما يعرف **بالشحوب بين التعريقي** Interveinal Chlorosis . هذا ويؤدي نقص البوتاسيوم إلى ظهور مناطق شاحبة اللون موزعة توزيعاً غير منتظم على الأوراق فيما يعرف **بالشحوب المبرقش** Mottled Chlorosis . كذلك من اليسير التعرف على أعراض نقص الكالسيوم حيث تموت القمة النامية وتتشوه الأوراق الحديثة ويتقزم النبات بصفة عامة لعدم تكون مادة بكتات الكالسيوم اللازمة لتكون الصفيحة الوسطى بالجدار الخلوي . ويلخص الجدول أعراض نقص العناصر المعدنية المختلفة .

جدول (13–3) أعراض نقص العناصر المعدنية على المجموع الخضري

الأعراض	العنصر الناقص
– أعناق قصيرة ، النبات ذو لون أخضر شاحب بوجه عام (شحوب عام) ، أوراق مسنة صفراء أو جافة بنية اللون	النيتروجين (N)
– النبات ذو لون أخضر قاتم مشوب بزرقة نظراً لتكون صبغة إنثوسيانين ، أوراق مسنة عليها بقع حمراء أرجوانية ، أعناق قصيرة	الفوسفور (P)
– لون أخضر شاحب في المناطق بين العروق (شحوب بين تعريقي) ، أوراق مسنة ذات حواف جافة منثنية لأعلى .	المغنسيوم (Mg)
– لون أخضر شاحب في بعض المناطق دون الأخرى (شحوب مبرقش) ، أوراق مسنة ذات حواف ميتة .	البوتاسيوم (K)
– أوراق البرعم الطرفي ذات قمم وحواف ميتة	الكالسيوم (Ca)
– أوراق البرعم الطرفي ذات قواعد شاحبة أو ميتة	البورون (B)
– أوراق حديثة ذابلة ، قمة الساق منحنية غير قادرة على النمو رأسياً	النحاس (Cu)
– أوراق حديثة عليها مساحات ميتة	المنجنيز (Mn)
– أوراق حديثة شاحبة بوجه عام	الحديد (Fe)
– أوراق حديثة ذات عروق شاحبة اللون	الكبريت (S)

المحاضرة الثامنة

الفيروسات البكتريا

أ.د.محمد سليمان

الفيروسات

الصفات العامة :

الفيروسات هي تراكيب لا خلوية تقع على الحد الفاصل بين المادة غير الحية والأحياء . وهي تستطيع أن تصيب شتى الكائنات الحية الأخرى .

والفيروسات تتميز بحجمها الصغير جداً فهي أصغر من البكتريا .

وتحتوي الفيروسات على نوع واحد من الأحماض النووية إما نوع RNA أو DNA . ويستخدم تعبير فيريون $Virion$ للدلالة على جسيم الفيروس خارج الخلية .

الصفات الا حيائية :

- تتميز الفيروسات بأنها كائنات متطفلة إجبارية لا تستطيع النمو والتكاثر إلا داخل الخلايا الحية .
- وتتأثر الفيروسات بالظروف المحيطة من درجة الحرارة والمواد الكيميائية والأشعة فوق البنفسجية وعندما يصيب الفيروس خلية حية فإنه يحتاج إلى فترة حضانة حتى تظهر أعراض المرض
- تبدي الفيروسات تغيرات وراثية مستمرة تعرف باسم الطفرات مما يجعلها صعبة المقاومة .

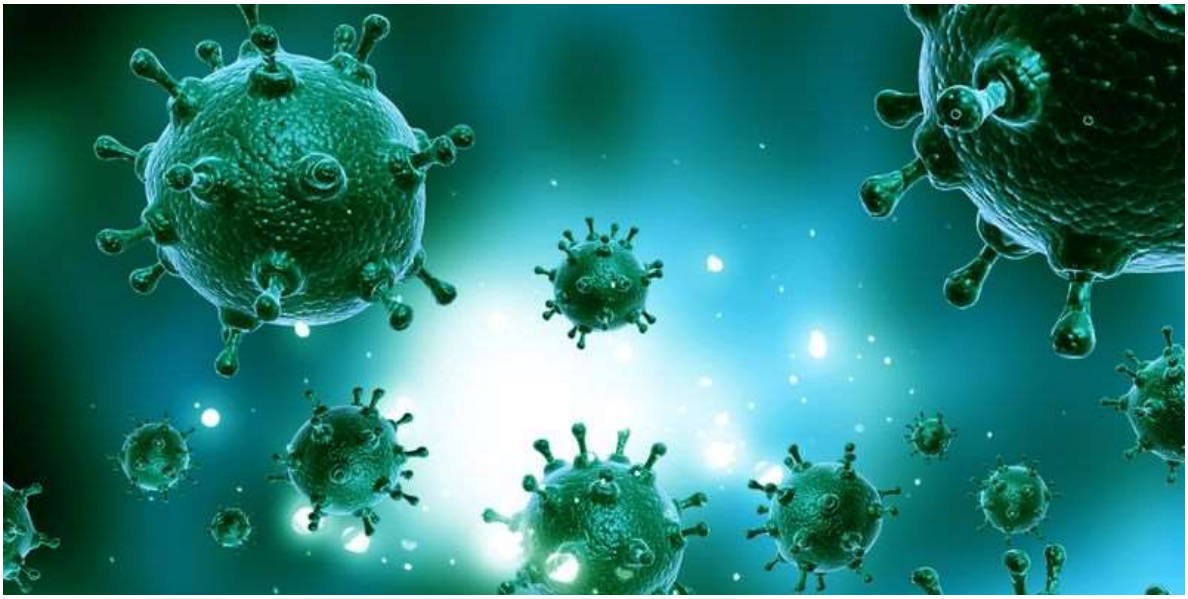
- **الصفات الجمادية :**

- الفيروسات تشبه المواد الكيميائية من حيث إمكانية فصلها على هيئة بللورات وليس لها تركيب خلوي ، ولا تبدي أي نشاط حيوي خارج خلية العائل . وهي تشبه في هذه الصفات عالم الجماد .

أحجام الفيروسات :

تتباين الفيروسات في أحجامها منها ما هو صغير جداً ومنها ما هو كبير الحجم نسبياً يصل إلى حجم أصغر أنواع البكتريا .

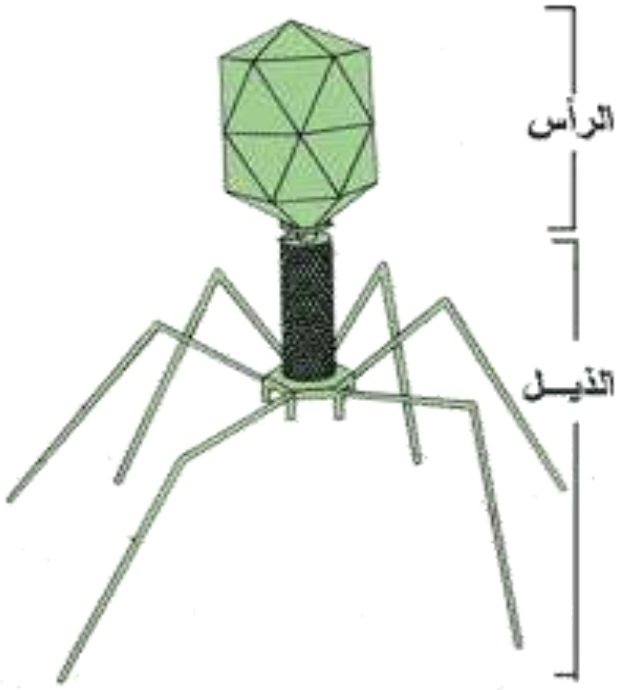
تقاس أحجام الفيروسات بالنانوميتر 10^{-9}=(Nanometer (nm) (ويتراوح حجم الفيروسات بين (20 – 300 نانومتر) وعلى ذلك لا ترى الفيروسات إلا بفحصها بواسطة المجهر الإلكتروني



أشكال الفيروسات :

تختلف أشكال الفيروسات منها ما هو بيضي او كروي أو عديد الأضلاع أو عصوي .

إن معظم الفيروسات التي تصيب البكتريا تكون مميزة إلى رأس وذيل .



تركيب الفيروسات :

أثبتت الدراسات المجهرية الدقيقة والكيميائية أن الفيروسات تتكون من بللورات نيوكليوبروتينية Nucleo protein أي من حامض نووي وبروتين يكونا معاً البللورات وتسمى كل واحدة منهم باسم الفيرون Virion ولا يوجد اتحاد بين البروتين والحامض النووي ولكن يمكن فصلهما ثم إعادة ضمها دون أن يؤثر ذلك على قدرة الفيروس على الإصابة

ويتكون الفيروس البسيط من حامض نووي محاط بغلاف بروتيني .وهناك أنواع من الفيروسات معقدة التركيب تحتوي بالإضافة إلى النيوكليوبروتين على مركبات أخرى مثل الليبتيدات والكربوهيدرات وفي بعض الأحيان كميات قليلة من الأملاح والفيتامينات .

يوجد نوعان من الفيروسات تبعاً لتركيب كل منها :

– فالفيروسات التي تحتوي على الحمض النووي والبروتين فقط تسمى بالفيروسات العارية $Nacked\ viricyes$.

– والنوع الثاني يكون محاطاً بغلاف خارجي يسمى بالفيروسات المغلقة $Erveloped\ viricyes$.

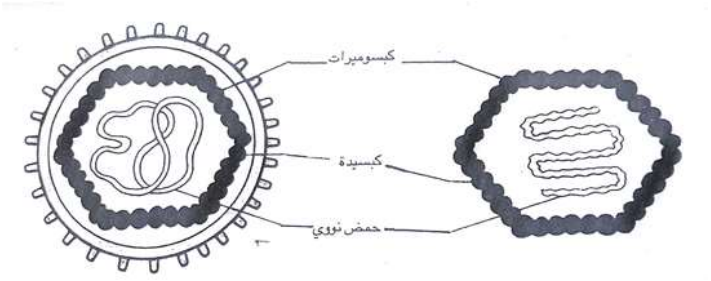
– ويتكون هذا الغلاف من مواد كربوهيدراتية وبروتينية ولا توجد معلومات واضحة على أهمية الغلاف الفيروسي .وقد يبرز من الغلاف زوائد Spikes تساعد على التصاق الفيروس بخلية العائل .

ويحتوي الفيروس على نوع واحد فقط من الأحماض النووية RNA أو DNA . مع هيئة لولب داخل حبيبة الفيروس .

في معظم الفيروسات النباتية يكون الحمض من النوع RNA أما في الفيروسات الحيوانية فهو من النوع RNA أو من النوع DNA أما في الفيروسات البكتيرية فهو من النوع DNA .

– يحاط الحامض النووية بغلاف بروتيني يعرف بالكبسيدة $Capsid$. ويتكون هذا البروتين من وحدات متراكبة تسمى باللبسوميرات $Capsomeres$ وتتركب هذه الوحدات البروتينية في أشكال مختلفة .

تميز أنواع الفيروسات المختلفة



التـركيب العـام للفيروسات (أ) فيروس عاري ، (ب) فيروس مغلف

الشكل A الشكل B

• وقد وجد أن المكون الفعال في الفيروس هو الحمض النووي وعندما يفصل الغلاف البروتيني عن الحامض النووي فإن ذلك يقلل من قدرة الفيروس على إصابة العائل ، ويرجع ذلك إلى تعرض الحامض النووي إلى الأنزيمات التي يفرزها العائل لتحليله وهو أنزيم النوكليز $Nuclease$ وعلى ذلك فإن الغلاف البروتيني يحمي الحاض النووي من تأثير مقاومة العائل.

أنواع الفيروسات :

1- الفيروسات الحيوانية $Animal\ viricyes$:

تصيب الإنسان والحيوان

- ومن أمثلة الفيروسات التي تصيب الإنسان تلك التي تسبب :

الأنفلونزا $Influenza$

الحصبة $Measles$

الغدة النكفية $Mumps$

شلل الأطفال $Poliomyelity$

والسعار (الكلب) $Rabies$

الجدري $Small\ pox$

- من الفيروسات التي تصيب الحيوان :

الحمى القلاعية "مرض القدم والفم"

طاعون الأبقار

نيوكاسل الطيور

2- الفيروسات النباتية $Plant\ viricyes$

فيروسات تصيب النبات مثل :

مرض تبرقش الدخان : Tobacco Mosaic Virus :

وتنتشر أمراض التبرقش في أنواع أخرى من النباتات مثل الفول والقرع والخس والتفاح وقصب السكر .

مرض تقزم البطاطس الأصفر Yellow Dwarfingol Potato .

مرض تجعد الأوراق الأصفر في الطماطم Tomato yellow leaf curl virus .

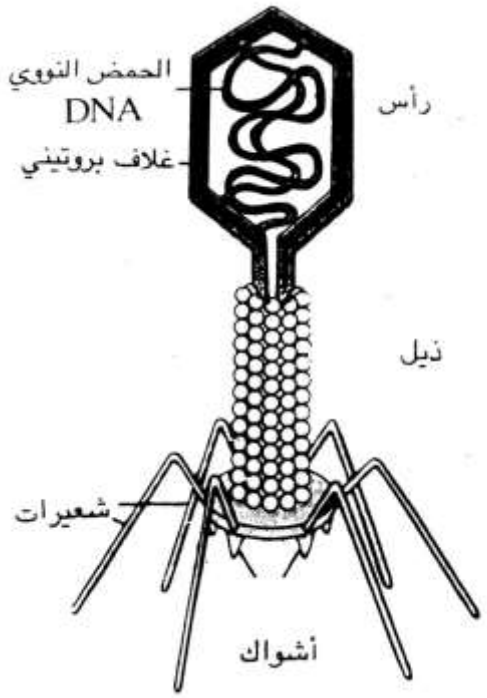
مرض تجعد أوراق القطن : Cotton leaf curl virus

3- الفيروسات التي تصيب البكتيريا $Bacterial\ viricyes$

أنواع من الفيروسات تصيب البكتريا وتعمل على إذابتها وتعرف باسم آكلات البكتريا $Bacteriophages$ أو لاقمات البكتريا .

آكلات (لاقمات) البكتيريا : $Bacteriophages$وتركيب البكتريوفاجات

البكتريوفاجات "أو الفاجات" $phages$ هي نوع من الفيروسات تستطيع التطفل على خلايا البكتيريا وتسبب تحللها وإذابتها . وتمتاز الفاجات بتخصصها الدقيق في إصابة الأنواع من البكتريا .



- وتمتاز الفاجات بتخصصها الدقيق في إصابة الأنواع المختلفة من البكتيريا . وتتميز الفاجات إلى رأس وذيل .

- ويتخذ الرأس شكلاً سداسياً أو عديد الأضلاع أو مستديراً .

- والذيل طويل أو قصير ولا يقوم بوظيفة الحركة في الفاج . والذيل معقد التركيب فهو يحتوي على أنبوبة مجوفة محاطة بغلاف بروتيني له القدرة على الانقباض ينتهي من أسفل بقرص قاعدي . وتتصل

بالقاعدة ستة شعيرات ذيلية . كذلك يوجد في بعض الفاجات أشواك تخرج من القرص القاعدي ذات وظيفة خاصة في تثبيت الفاج بالعائل . .

– ويحتوي الرأس على DNA الذي يحاط بغلاف بروتيني يمتد ليغطي الذيل .

– وتحمل مادة DNA صفات الفاج الوراثية ونشاطه ويعمل البروتين على حماية المادة النووية. تساعد الشعيرات الذيلية على التصاق الفاج على سطح العائل

تكاثر الفاج : $Multiplicational\ phage$

1– الالتصاق $Adsorprion$: يلتصق الفاج في نقطة معينة على سطح الخلية البكتيرية .

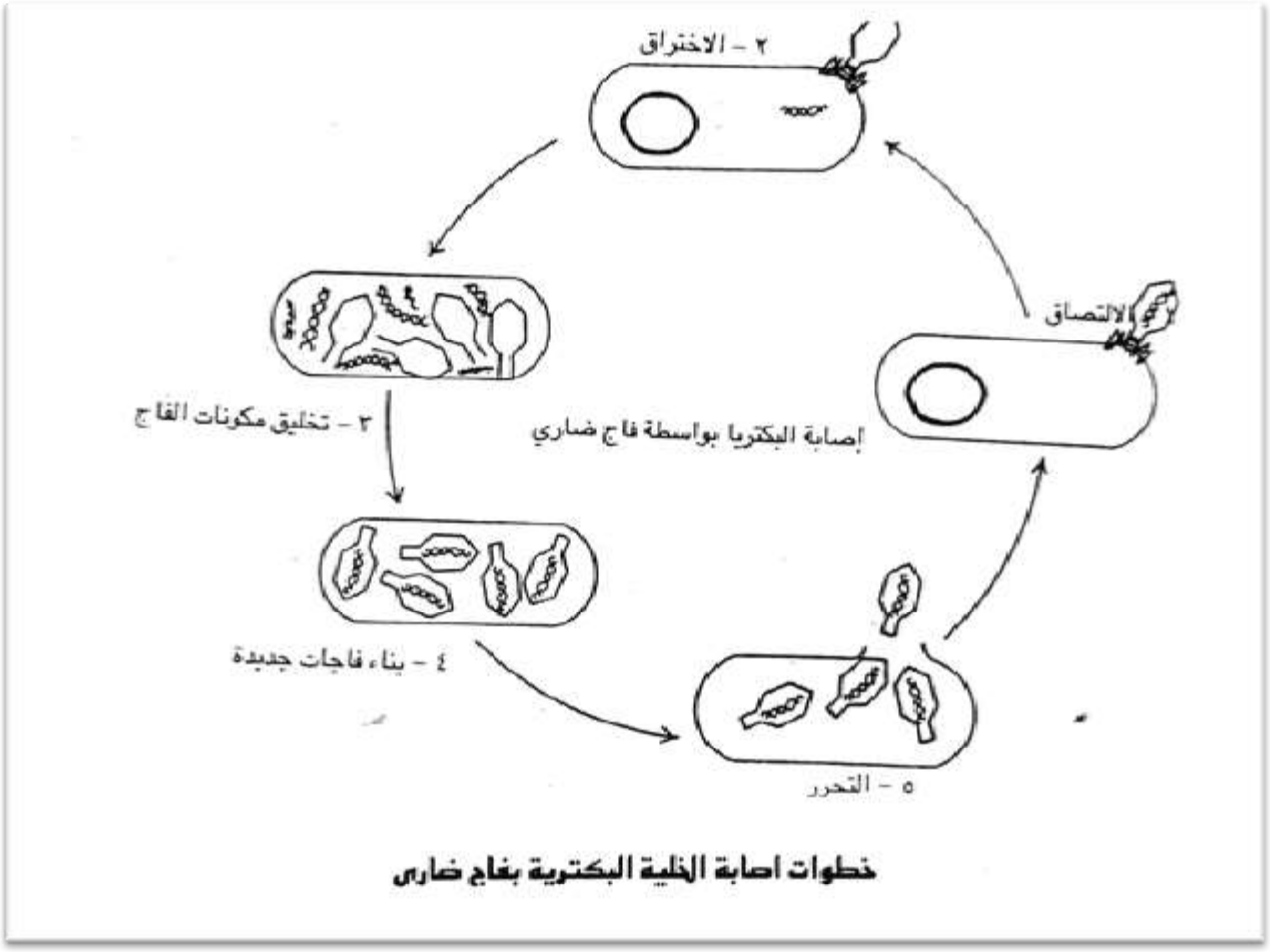
2– الاختراق $Penetration$: تبدأ الشعيرات الموجودة على ذيل الفاج في إفراز أنزيمات تذيب جزء من جدار البكتيريا فيتكون ثقب ينفذ منه الـ DNA إلى داخل الخلية البكتيرية تاركاً في الخارج الغلاف البروتيني .

3– إيقاف نشاط الخلية البكتيرية $Blocking\ the\ cell\ Information$: فور دخول الـ DNA إلى داخل الخلية البكتيرية يسبب تغيراً ملحوظاً في استقلاب الخلية البكتيرية حيث يقف نشاطها تماماً عن تكوين مكوناتها الأساسية مثل DNA البكتيري والبروتين .

4– تركيب "تصنيع" مكونات الفاج :

$Biosynthesis\ of\ phage\ componenty$: تبدأ الخلية البكتيرية في تكوين أنزيمات خاصة بتوجيه من DNA الفاج . وقرب نهاية هذه المرحلة ويبدأ البروتين المتكون في إحاطة DNAلتتكون جزيئات جديدة من الفاجات ، ويستطيع كل فاج يصيب خلية بكتيرية أن يكوّن ما بين 50 – 200 فاج جديد في نهاية مرحلة تكاثره

5– تحرير الفاجات $Release\ of\ phage\ partecles$: تقوم الفاجات بإذابة جدار الخلية البكتيرية لتتحرر إلى الخارج ويبدأ كل فاج ناتج مهاجمة خلية بكتيرية جديدة . وتستمر هذه العملية حتى يتم تحليل المعلق البكتيري . ويستغرق الفاج منذ التصاقه بسطح الخلية البكتيرية حتى تحرر الفاجات الجديدة يسمى بزمن الكمون Latent period ويستغرق 20 – 40 دقيقة وتعرف هذه الدورة بدورة الإذابة



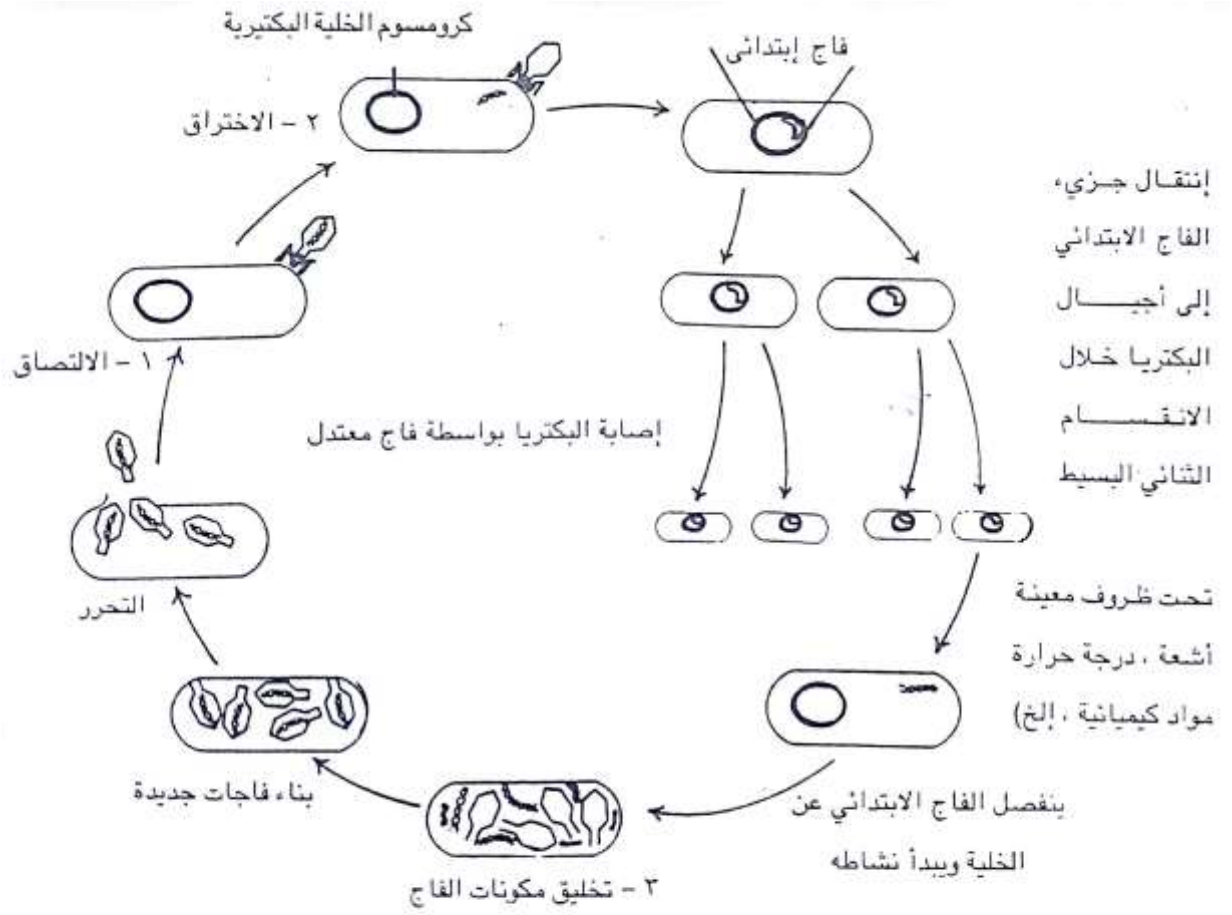
خطوات اصابة الخلية البكترية بفاج ضارى

- <u>الفاجات الضارية</u> $Virulent\ phages$:

بمجرد دخول الفاج الخلية البكتيرية فإنها تبدأ مباشرة في دورة التحلل أو الإذابة $Lytic\ cycle$ وتسمى هذه الفاجات بالفاجات الضارية .

- <u>الفاجات المعتدلة</u> $Temperate\ phage$:

إذا اخترق الفاج الخلية البكتيرية ووقع تحت سيطرة الخلية البكتيرية ولا يستطيع تحليلها وتظل الخلية تعمل بصورة عادية "تكون الفاجات معتدلة هنا" ويلتصق الـ DNAللفاج في كروموسوم الخلية البكتيرية ويسمى في هذه الحالة بالفاج الأولي $Prophage$. ويظل ساكناً ومصاحباً لكروموسوم الخلية البكتيرية خلال مراحل انقسامها وتنتقل نسخة منه من جيل لآخر وتعرف الخلية البكتيرية المحتوية على الفاج الأولي باسم البكتريا المولدة للإذابة وعند تعرض هذه البكتريا لظروف بيئية معينة فإن الفاج الأول يتحول إلى فاج ضاري ليكمل دورة حياته داخل البكتريا إلى أن تتحرر الفاجات الجديدة عن الخلية التي تحلل وتذوب .



خطوات إصابة الخلية البكتيرية بواسطة فاج معتدل

الإنسان والفيروسات :

1- الأمراض الفيروسية :

مرض الأنفلونزا

مرض الجدري

مرض الحصبة

مرض الغدة النكفية

مرض الحمى الصفراء

2- مرض الإيدز : وجد أن هذا الفيروس يستطيع أن يمر بعدة طفرات داخل الخلايا المصابة تفوق في سرعتها ملايين المرات سرعة الطفرات الأخرى التي قد تحدث للكائنات الأخرى .

3- تستخدم بعض الفيروسات في إنتاج الفاكسينات المستخدمة للوقاية من كثير من الأمراض الفيروسية .

4- يسبب بعض الفيروسات أضراراً كبيرة عندما تلوث الأواني المستخدمة للوقاية في صناعة منتجات الألبان والمضادات الحيوية .

5- تستطيع أنواع من البكتيريوفاج إبادة البكتيريا المثبتة للنتروجين الهواء الجوي الموجودة داخل العقد البكتيرية على جذور النباتات البقولية يؤدي لإضعاف المحصول .

6- هناك أنواع أخرى من الفاجات تستطيع إصابة بكتيريا الدفتريا والسل مما يجعلها ذات أهمية خاصة في إبادة هذه البكتيريا البيئية .

البكـتيريـــا

مملكة مونيرا : تحتوي مملكة مونيرا على مجموعة $Kingdem\ Monera$ من الكائنات الحية هي البكتيريا والبكتيريا الخضراء المزرقة .

البكتيريا الحقيقية :

تستطيع البكتيريا الانتشار تحت معظم الظروف البيئية المختلفة فهي توجد في الهواء – الماء – الأنهار – البحار والأتربة والأرض وينابيع المياه الكبريتية وفي مناطق البترول تحت الأرض وأيضاً في الأجسام الحية للنبات والقنوات الهضمية للحيوان والإنسان . وكذلك تستطيع البكتيريا أن تتكيف مع درجات الحرارة المختلفة والبرودة فمنها ما يستطيع الحياة عند درجة حرارة (78 مْ) ومنها أن يقاوم البرودة حتى درجة (−190 مْ)

أحجام وأشكال البكتيريا :

* البكتيريا كائنات حية وحيدة الخلية قطر الخلية فيها يتراوح بين (2.5) ميكرون ومنها ما يصل إلى (80) ميكرون طولاً .

* معظم البكتيريا لا تحتوي على الكلوروفيل "إلا أنواع قليلة منها" لذا معظم أنواع البكتيريا يعيش مترمماً أو متطفلاً على المواد والكائنات الحية الأخرى والبكتيريا إما أن تكون متحركة بواسطة أسواط أو غير متحركة . وتتميز الخلية البكتيرية بأنها خلية بدائية لا توجد بها نواة حقيقية ولكنها تحتوي على نواة بدائية .

ويمكن تمييز الأشكال التالية للبكتيريا :

1− الشكل الكروي : وتعرف باسم كوكس $Coccus$ وقد تتجمع الخلايا الكروية بعدة أشكال .

أ− بكتيريا كروية فردية : تنمو البكتيريا منفردة بعد تكونها من عملية التكاثر .

ب− بكتيريا كروية ثنائية : تترتب البكتيريا في أزواج بعد انقسام الخلية الفردية بواسطة جدار عرضي إلى خليتين من أمثلتها البكتيريا المسببة للالتهاب الرئوي $(Streptococcus\ preumonia\ ,preumococcus)$.

ج- بكتيريا سبحة تترتب البكتيريا فيها بشكل مسبحة تنتج من انقسام الخلية الفردية عدة انقسامات وتظل الخلايا الناتجة ملتصقة بعضها بالبعض من أمثلتها البكتيريا المسببة للحمى القرمزية والبكتيريا المسؤولة عن تخمر اللبن الزبادي ($Strptococcus\ Latis$) .

د- البكتيريا الكروية الرباعية : تترتب بشكل رباعيات وهي تتكون من انقسام الخلية الفردية بواسطة جدارين مستعرضين في مستويين متعامدين تعيش مترممة وبعضها متطفلاً على الإنسان .

هـ- البكتيريا الكروية المكعبة : تترتب بشكل مكعب تنتج من ثمان خلايا ثمان خلايا تنتج من انقسام الخلية الفرية بواسطة ثلاث جدر مستعرضة في مستويات متعامدة بعضها على بعض مثل حبنس سرسينا Sarcina . توجد مترممة في التربة والهواء .

و- البكتيريا الكروية العنقودية : تترتب بشكل العنقود وترجع إلى عدة انقسامات للخلية الفردية في مستويات مختلفة فينتج من ذلك مجموعة من الخلايا غير منتظمة الترتيب من أمثلتها البكتيريا المسببة لتلوث الجروح وإصابة الجلد بالدمامل "Staphylococcus aureus" .

2- البكتيريا العصوية : تتميز بالشكل العصوي أو الأسطواني تسمى بالباسيلس $Bacillus$.

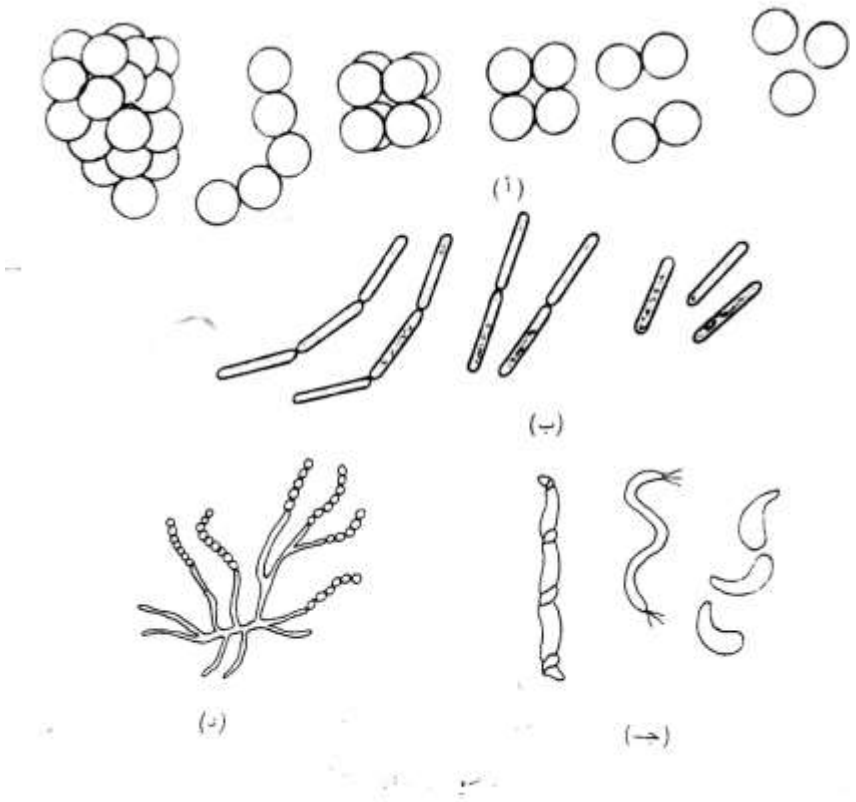
- البكتيريا العصوية الفردية : وهي عصيات منفردة مثل البكتيريا المسببة لمرض التيفود والدفتريا $Typhoid\ Fever\ and\ Diphtheria$.

وتتجمع البكتيريا العصوية في ثنائيات أو شكل سبحي مثل البكتيريا المسببة للحمى مثل حمى عضة الفأر $Rat\ Bite\ Fever$.

وبعضها يأخذ شكل منحني (واوية الشكل) مثل البكتيريا المسببة لمرض الكوليرا $Cholera$.

3- البكتيريا الحلزونية : تلتف على شكل حلزون تتحرك بواسطة أسواط ومنها المتحركة لولبية وتلتف حلزونياً . من أمثلتها البكتيريا المسببة لمرض الزهري $Syphilis$.

4- البكتيريا الخيطية : أكبر حجماً من العصوية وتتفرع وبذلك تشبه الخيوط الفطرية



رسم تخطيطي يوضح أشكال البكتريا. (أ) كروية ، (ب) عصوية ، (جـ) حلزونية ، (د) خيطية

الحركة في البكتيريا :

البكتيريا إما متحركة أو غير متحركة .

تنتقل البكتيريا غير المتحركة بواسطة الهواء أو الماء أو ميكانيكياً من خلال التصاقها بالأشياء.

أما المتحركة في السوائل تتحرك بواسطة أسواط وبحسب الأسواط يميز منها :

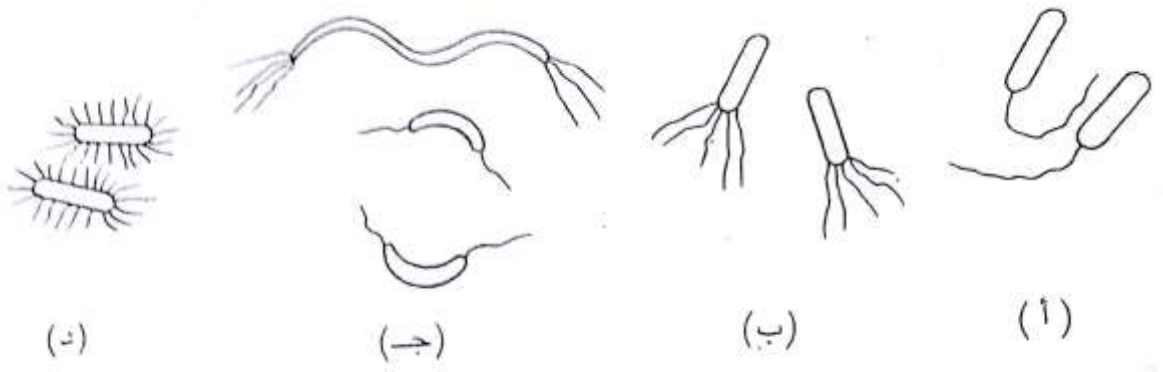
أ- وحيدة السوط : يخرج سوط واحد من أحد أطرافها .

ب- سوطية الطرف : يخرج مجموعة من الأسواط من أحد أطراف الخلية .

ج- سوطية الطرفين : يخرج سوط واحد أو مجموعة أسواط من كلا الطرفين .

د- محيطية الأسواط : تخرج الأسواط من جميع أسطح البكتيريا بالإضافة إلى الأسواط السابقة وجد أن هناك أنواع أخرى كمن الزوائد تخرج على سطح بعض أنواع البكتيريا المتحركة وغير المتحركة وتسمى بالشعيرات ، وأعداد هذه الشعيرات كبير جداً ، وهي أقصر من الأسواط وليس لهذه الشعيرات أي دور في حركة البكتيريا وإنما وجد أن هذه الشعيرات تساعد البكتيريا على الالتصاق بالأسطح كما توجد بعض من

هذه الشعيرات تعمل كقنوات اتصال بين الأنواع المتشابهة من البكتيريا في حالة نقل بعض الصفات الوراثية بينهم خلال عملية تزاوج بدائية تسمى بالشعيرات الجنسية Sexpili



رسم تخطيطي يوضح توزيع الأسواط

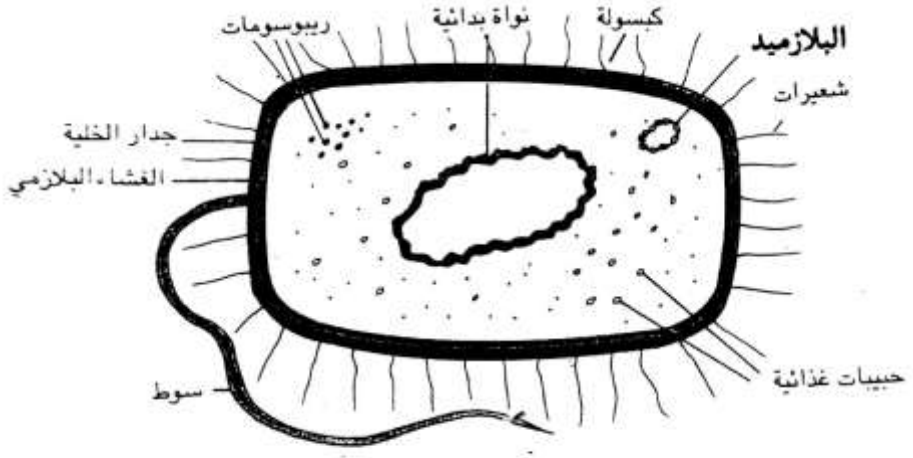
(أ)وحيدة السوط، (ب) سوطية الطرف ، (جـ) سوطية الطرفين ، (د) محيطية الأسواط

تركيب الخلية البكتيرية :

تتركب الخلية البكتيرية من الجدار الخلوي – الكبسولة – الغشاء البلازمي – السيتوبلازم – النواة البدائية .

– الجدار : يحيط بالخلية ويعطيها شكلاً ثابتاً ويقوم بحماية محتوياتها الداخلية ويتركب الجدار من مادتين هما مادة كربوهيدراتية وببتيدات . يتركب الجدار من جزيئات متراكبة من مادتين هما مادة كربوهيدراتية وببتيدات أما الأولى فهي عبارة عن بلمر Polymer من كل حمض استيلموراميك وحمض استيل جلوكوزامين متبادلين . وأما الببتيدات فهي قصيرة وتربط السلاسل الكربوهيدراتية بعضها بالبعض وتسمى هذه المادة بالميورين Murein أو الببتيدوجليكان Peptidoglycan ويلعب الجدار دوراً في تقسيم البكتيريا إلى نوعين موجبة الغرام أو سالبة الغرام بحسب الاختلاف في بنية الجدار وتقبله لنوع من الصبغات المسمى بصبغ جرام Gram ، تعتمد هذه الصبغة على إضافة محلول الكريستال البنفسجي واليود إلى غشاء بكتيري فتنفذ هاتان المادتان من الجدار الخلوي وتكون السيتوبلازم باللون البنفسجي أو الأزرق وعند غسل الخلايا بالكحول فإن بعض هذه الخلايا لا يسمح بخروج

الصبغة مرة أخرى وبذلك تحتفظ باللون البنفسجي أو الأزرق وتعرف هذه البكتيريا بأنها موجبة (غرام $Gram_{+ve}$) أما أنواع البكتيريا التي لا تستطيع جدرها الاحتفاظ بالصبغة ويسمح بخروجها مع الكحول فتصبح عديمة اللون ويمكن صبغتها بعد ذلك بصبغة معاكسة مثل الصفرانين الحمراء ، وتعرف هذه البكتيريا بأنها سالبة لصبغ (غرام $Gram_{+ve}$) وتعتبر صبغة غرام من الصفات الهامة في التعرف على البكتيريا ولها دور مهم في تشخيص الكثير من الأمراض التي تسببها.



رسم تخطيطي يوضح تركيب الخلية البكتيرية

– الكبسولة : يتميز جدار بعض أنواع الخلايا البكتيرية بأنه محاط بطبقة هلامية تكون غلافاً حول الخلية يعرف بالكبسولة . وتتكون مادة الكبسولة في العادة من مادة كربوهيدراتية ، وتقوم هذه الطبقة بحماية الخلية البكتيرية من الظروف البيئية غير المناسبة مثل الجفاف .

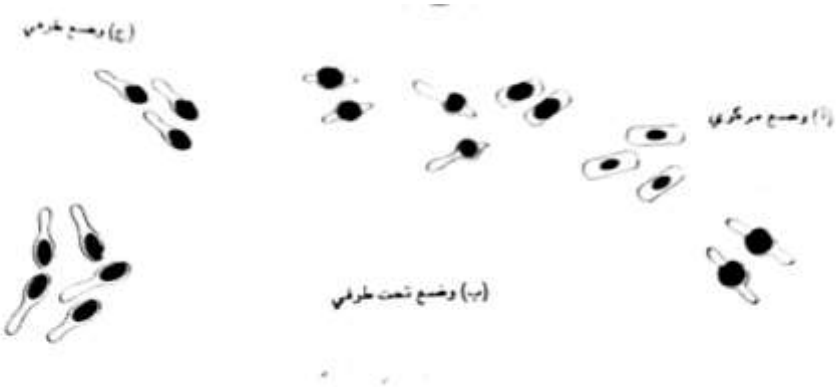
أما عند وجود هذه الطبقة حول خلايا البكتيريا المسببة لبعض الأمراض فيكون دورها حماية الخلية من الإفرازات التي يفرزها الجسم لمقاومة هذه البكتيريا .

– الغشاء البلازمي : يلي الجدار الخلوي ويحيط بالسيتوبلازم الداخلي وهو غشاء رقيق يتكون من الفوسفوليبيدات والبروتينات ويتميز بخاصية النفاذية الاختيارية في الخلية كما أنه ويحتوي على الكثير من الأنزيمات الهامة مثل أنزيمات التنفس .

السيتوبلازم : يتكون من خليط معقد من مواد بروتينية وكربوهيدراتية وأحماض أمينية وأملاح وفيتامينات وتوجد بعض هذه المواد مذابة في الماء أو معلقة فيه ويعتبر السيتوبلازم مركز العمليات الحيوية بالخلية وهو يتكون من حوالي 85% من وزنه ماء و 15% مواد صلبة بالإضافة إلى المواد السابقة يحتوي السيتوبلازم على مواد غذائية مدخرة مثل الحبيبات الفوليوتينية وهي عبارة عن الفوسفات Poly Phosphates وجليكوجين . وكذلك من الممكن أن نجد عنصر الكبريت والحديد كمواد غذائية مختزنة في بعض أنواع البكتيريا .

الجراثيم الداخلية :

تستطيع بعض أنواع الجراثيم العصوية أن تكون نوعاً من الجراثيم الداخلية على درجة كبيرة من مقاومة الظروف المحيطة وتبقى بحالة كمون حتى إذا تهيأت الظروف الملائمة فتمتص الماء وتنتفخ ويتمزق جدار الجرثومة الخارجي وتخرج محتوياتها الداخلية لتنمو إلى خلية جديدة .

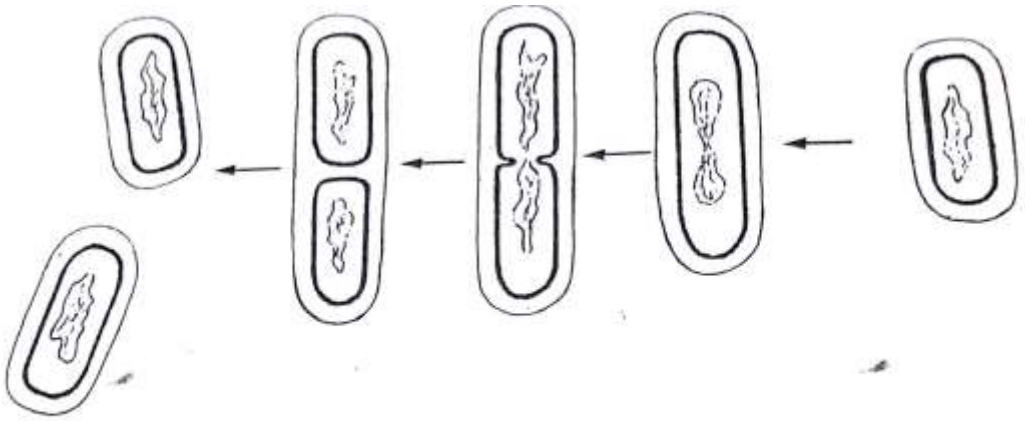


رسم تخطيطي للجراثيم الداخلية (أ) وضع مركزي ، (ب) وضع تحت طرفي، (جـ) وضع طرفي

التكاثر في البكتيريا :

تتكاثر بواسطة الانقسام الثنائي البسيط وذلك باستطالة الخلية ثم ظهور نتوء داخلي يمتد إلى داخل الخلية، يصاحب ذلك انقسام المادة النووية إلى جزأين يتجه إلى أحد النصفين، كل خلية تعطي خليتين بالانقسام الثنائي البسيط كل (20) دقيقة وعلى ذلك فإن الخلية البكتيرية الواحدة تستطيع أن تعطي (70) مليون خلية كل (12) ساعة. ولا يستمر هذا المعدل السريع إلا لمدة قصيرة وتتوقف سرعته لعدة عوامل أهمها نفاذ المواد الغذائية بالوسط ونفاذ الأوكسيجين وتجميع المواد السامة في الوسط .

بالإضافة إلى التغير بالرقم الهيدروجيني كل هذه العوامل تحد من الانقسام المطرد للبكتيريا.



رسم تخطيطي يوضح الإنقسام الثنائي البسيط في البكتريا

التنفس في البكتيريا :

بعضها يتنفس الهواء الجوي "الأوكسيجين" تسمى بالبكتيريا الهوائية $Aerobic\ Bacteria$.

وبعضها لا يستطيع استخدام الهواء الجوي الأوكسيجين في التنفس لذا تعيش في الأماكن الخالية من الأوكسيجين كالمستنقعات وأعماق التربة والمعلبات المحفوظة والأجهزة الهضمية للإنسان والحيوان وتسمى بالبكتيريا اللاهوائية $Anaerobic\ Bacteria$.

التغذية في البكتيريا :

معظم أنواع البكتيريا لا تحتوي الكلوروفيل لذا لا تركب غذائها بنفسها وتتغذى بأحد الطرق :

أ- التطفل : على كائن حي آخر مثل الإنسان والحيوان والنبات وهي أنواع البكتيريا المسببة للأمراض .

ب- الترمم : تحلل المواد العضوية المعقدة للحصول على حاجتها من الغذاء تترمم هذه البكتيريا على أنواع الأغذية وتسبب فسادها .

ج- التكافل : تعيش في حالة منفعة مع كائن حي آخر فهي تحصل من هذا الكائن على الغذاء مقابل القيام بوظيفة مفيدة مثل بكتيريا العقد الجذرية حيث تقوم بتثبيت نتروجين الهواء للنبات .

ومثال : بكتيريا القولون $E.coli$ حتى تعيش في أمعاء الإنسان فهي تمتص الفضلات الذائبة من الجسم كمادة غذائية لها في مقابل أن تمد الجسم بفيتامين B أي تبادل منفعة .

ومن أنواع التغذية في البكتيريا :

1- التغذية الكيميائية : تحصل على الطاقة اللازمة عن طريق أكسدة بعض المواد الكيميائية .

2- التغذية الضوئية : تحتوي على نوع خاص من الكلوروفيل – الكلوروفيل البكتيري – حيث تستطيع استخدام الضوء كمصدر للطاقة .

الإنسان والبكتيريا :

1- تستخدم مجموعة كبيرة من البكتيريا لإنتاج غاز الميتان لاستخدامه كوقود .

2- دور البكتيريا في عملية تحليل المخلفات الطبيعية وتحويلها إلى مواد بسيطة "تجهيز السماد" .

3- تسبب خسائر بإصابة بعض النباتات بأمراض مثل : البطاطس والطماطم والجزر والليمون والقطن وغيرها الكثير .

4- تسبب بعض أنواع البكتيريا أمراضاً للإنسان مثل الدفتريا – السعال الديكي – التهاب السحائي – التهاب المخ – الالتهاب الرئوي .

5- انتقال بعض الأمراض عن طريق الطعام من قبل المعدين للطعام أو الحشرات مثل الكوليرا – الدوسنتاريا – التسمم الغذائي – التيفوئيد .

6- بعض البكتيريا تلوث الجروح . وتسبب أمراض منها التيتانوس .

7- بعض أنواع البكتيريا تسبب السموم في الغذاء أو بدون الهواء في المعلبات .

8- البكتيريا المسؤولة عن مرض السيلان والزهري والجمرة الخبيثة تدخل الجسم عن طريق الأغشية المخاطية .

9- تفيد بعض البكتيريا بمهاجمة بعض الديدان واليرقات التي تهاجم المحاصيل الزراعية .

10- استخدام الكائنات الحية الدقيقة في التخلص من المخلفات السامة للبيئة .

11- تلعب البكتيريا دوراً مهماً في صناعة الألبان والبكتيريا من النوع $Lactobacillus\ acidophilus$ هي بكتيريا توجد طبيعياً في القناة الهضمية تساعد في الهضم والحد من السرطان .

12- تستخدم بعض أنواع البكتيريا في إنضاج بعض أنواع الثمار "الكاكاو – القهوة – أوراق الشاي" .

13- تساهم البكتيريا بتخمر بعض المخلفات النباتية لتحولها إلى علف يعرف بالسيلاج .

14- تستخدم بعض أنواع البكتيريا في تحضير بعض الأحماض الأمينية لينتج سنوياً 7500 طن من حامض الجلوميك يستخدم كمكسب للطعم في الكثير من الأطعمة .

15- بعض أنواع البكتريا في الأمعاء تقوم بإفراز أنزيمات تساعد على هضم الطعام كما يقوم البعض منها بتكوين فيتامينات مفيدة للجسم مثل : B_1 , b_6 , B_{12} .

المحاضرة التاسعة والعاشرة

الوراثة الجزيئية

أ.د.محمد سليمان

الوراثة الجزيئية

Molecular Genetics

من أهم الأهداف لعلم الوراثة هو التعرف على طبيعة المادة الوراثية ، فوضع مندل أسس الوراثة التي تفسر كيفية انتقال الصفات من الآباء إلى الأجيال المتعاقبة ، نتيجة وجود الجينات .

ثم بدأ الاهتمام بموقع تواجد هذه العوامل الوراثية ، حيث أظهرت الدراسات الوراثية والسيتولوجية وجود هذه الجينات على الكروموسومات ، وبتحليل الكروموسومات كيميائياً وجد أنها تتركب أساساً من حامض د ن أ ، ر ن أ وبروتينات .

ثم بدأ الاهتمام بالتعرف على طبيعة الجين وكيفية عمله لإظهار الصفة على المستوى الجزيئي ، مما ظهر علم جديد للوراثة وهو الوراثة الجزيئية .

وقد أثبتت الدراسات على أن المادة الوراثية تتميز بعدة صفات أهمها أن كميتها ثابتة ، ولها القدرة على تكوين صورة طبق الأصل لنفسها ، وأنها تحمل المعلومات الوراثية ، وقد وجد أن حامض د ن أ يحقق هذه المتطلبات ، ولذلك فقد أصبح الآن حامض د ن أ هو المادة الوراثية للغالبية العظمى للكائنات ، فيما عدا بعض الفيروسات فإن مادتها الوراثية هي ر ن أ بدلاً من د ن أ .

فقد وجد أن حامض د ن أ كميته ثابتة في كل خلية جسدية لنفس النوع مهما اختلفت نوعية الخلية ، وكذلك له القدرة على تكوين صورة طبق الأصل لنفسه من خلال التكاثر الذاتي لجزيء د ن أ DNA Replication ، وأنه يحمل المعلومات الوراثية ، خلال ترتيب القواعد النيتروجينية الأربع على طول سلسلة جزيء د ن أ بالتوافيق والتباديل الممكنة مما يسمح بتكوين جمل ورسائل وراثية متنوعة ، وبالتالي إذا اختلفت القواعد سواء بالإحلال أو بالإضافة أو الإزالة لواحد أو أكثر من هذه القواعد ، فإن ذلك يؤدي إلى تغيير المعنى مما يؤدي إلى حدوث تغيير مضمون الرسالة الوراثية وبالتالي تظهر الطفرة ، أما قدرة د ن أ

على التحكم في الصفات الوراثية فتعتمد على طبيعة تغيير الجين لتكوين ناتج له وهو عبارة عن بروتين وفيما يلي سوف نتعرض للتركيب الكيميائي للأحماض النووية وكيفية تعبير وعمل الجين على المستوى الجزيئي .

التركيب الكيميائي للأحماض النووية :

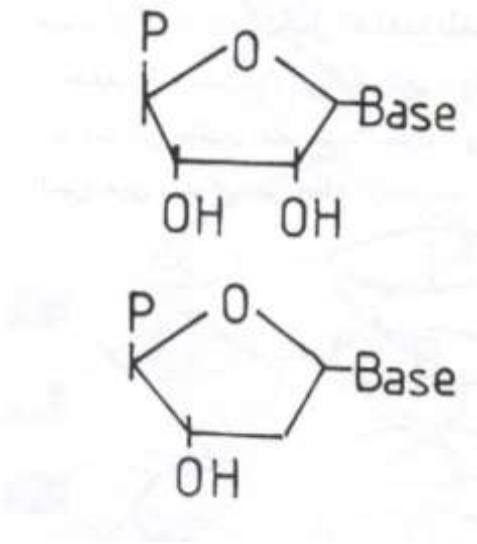
تتركب الأحماض النووية من وحدات تعرف باسم النيكليوتيدات Nucleoatides وتتكون النيكليوتيد من ثلاث مكونات مرتبطة مع بعضها وهم سكر خماسي وفوسفات وأحد القواعد النيتروجينية

ويختلف التركيب الكيميائي لحامض د ن أ من حيث نوعية السكر الخماسي وأحد القواعد النيتروجينية .

ففي حالة حامض د ن أ فإن السكر هو عبارة عن سكر ديوكسي ريبوز في حين أن في ر ن أ يكون السكر هو الريبوز .

أما من ناحية القواعد النيتروجينية فتوجد أربع قواعد نيتروجينية تدخل في تركيب الأحماض النووية .

ففي حالة حامض د ن أ فإن القواعد الأربعة هي الأدنين Adenine الجوانين Guanine السيتوسين Cytosine والثيمين Thymine أما في حالة حامض ر ن أ فالقواعد هي الأدنين والجوانين والسيتوسين واليوراسيل Uracil .

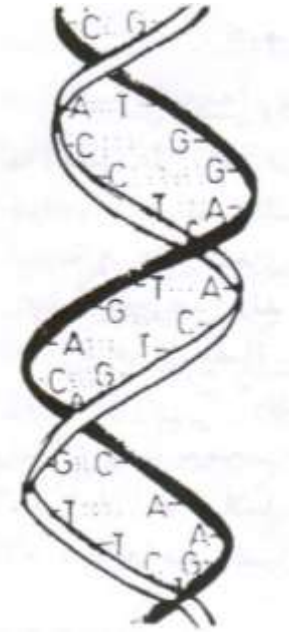


وترتبط النيوكليوتيدات في الأحماض النووية مع بعضها البعض لتكون شرائط مكونة من عديد النيوكليوتيدات ، حيث يرتبط السكر مع جزيء الفوسفات على امتداد الشريط في حين أن القواعد النيتروجينية تتصل بجزيئات السكر .

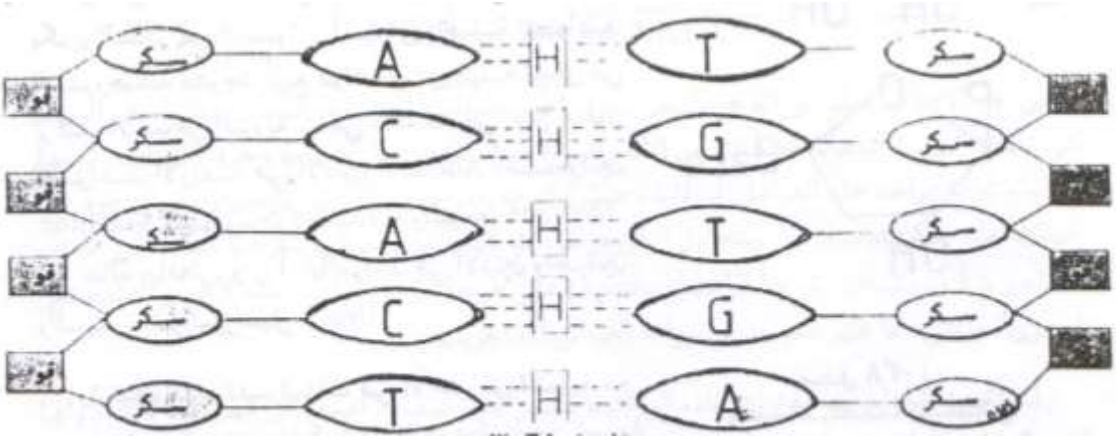
التركيب البنائي لحامض د ن أ :

اقترح واطسن وكريك في عام 1953 نموذجاً يعرف باسم نموذج الحلزون المزدوج لحامض د ن أ DNA Double Helix Model . والذي يتكون من سلسلتين متوازيتين ملتفتين بعضهما على البعض بصورة لولبية .

وتتكون كل سلسلة من اتحاد جزيئات الفوسفات بالتبادل مع جزيئات السكر وتتصل القواعد النيتروجينية بجزيئات السكر اتصالاً جانبياً أي عمودياً على السلسلة الجانبية . وترتبط السلسلتان المتقابلتان من خلال اتحاد القواعد النيتروجينية المتقابلة . حيث تتجاذب مع بعضها



البعض بواسطة روابط هيدروجينية وترتبط كل قاعدتين نيتروجينيتين متقابلتين معاً في جزيء د ن أ وفق نظام خاص في التجاذب يعرف بالتجاذب النوعي حيث أن كل قاعدة تكمل القاعدة المقابلة لها فنجد أن قاعدة الأدنين دائماً تنجذب إلى الثيمين وينجذب السيتوسين إلى الجوانين . وتنتمي القاعدتان الأدنين والجوانين إلى مجموعة البيورين وتتركب من حلقتين غير متجانستين . والقاعدتان الأخريتان وهما السيتوسين والثيمين تتبع مجموعة البيريميدين وتتركب من حلقة واحدة غير متجانسة



وقد توصل واطسون وكريك إلى نموذج الحلزون المزدوج من خلال نتائج الدراسات السابقة التي قام بها العلماء على الأحماض النووية ، فقد وجد أن كمية الأدنين دائماً تساوي كمية الثيمين ، وكمية الجوانين تساوي كمية السيتوسين في العينة الواحدة ، بالإضافة إلى نتائج

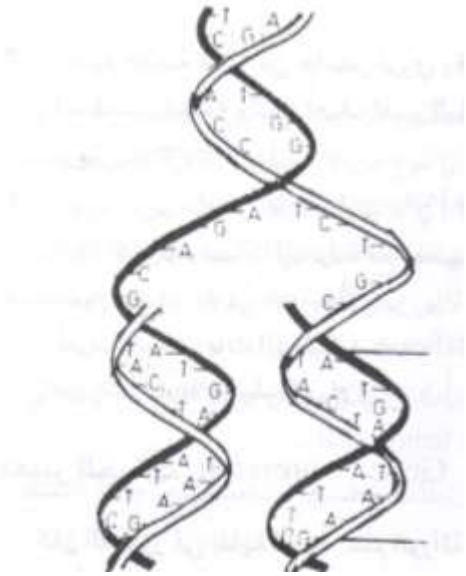
استخدام جهاز انكسار أشعة X على أن جزيء د ن أ على هيئة حلزون ، وأن القواعد المقابلة تتحد مع بعضها بواسطة روابط أيدروجينية .

وقد أوضح واطسن وكريك أن السلسلتين المتقابلتين توجد بصورة معاكسة من ناحية أطراف كل سلسلة ، حيث أن أحد السلاسل تبدأ في الاتجاه 3 إلى 5 والآخر في الاتجاه المعاكس وهو من 5 إلى 3 ، وتمثل هذه الأرقام ، أرقام ذرات الكربون في السكر الخماسي ، حيث أن السكر رقم 5 يرتبط به مجموعة الفوسفات ، والكربون رقم 3 ترتبط بالنيكليوتيد الذي يليه ، وبهذه الصورة فإن أحد السلاسل سوف تنتهي مجموعة الفوسفات عند الكربون رقم 5 ، وتنتهي في الطرف الآخر بمجموعة هيدروكسيل عند الكربون رقم 3 .

التكاثر الذاتي لجزيء د ن أ DNA Replication :

لانتقال الصفات الوراثية من خلية إلى أخرى من نفس الكائن ، لابد من حدوث تضاعف للمادة الوراثية بصورة طبق الأصل ، تتكون نتيجة له صفات مشابهة تماماً للجينات الأصلية بالخلية الأم ، ويتم ذلك خلال الطور البيني في الفترة التخليقية S خلال دورة انقسام الخلية في كائنات حقيقية النواة ، حيث تتضاعف كمية المادة المكونة للجينات وهي حامض د ن أ ، ويتميز التركيب البنائي لجزيء د ن أ بالمقدرة على التضاعف الذاتي ، ولإتمام هذا التضاعف تنفصل السلسلتان المكونتان للجزيء الأصلي لحامض د ن أ بعضهما عن البعض بعد تفكك الروابط الهيدروجينية التي تربط القواعد النيتروجينية المتقابلة ، وتقوم كل سلسلة من السلسلتين بتكوين سلسلة جديدة مكملة لها بحيث تجذب القواعد الموجودة في السلسلة الأصلية قواعد مكملة لها موجودة في العصير النووي طبقاً للتجاذب النوعي ، بحيث ترتبط قاعدة نيتروجينية موجودة بالوسط المحيط مع ما يقابلها ويكملها في سلسلة جزيء د ن أ ، أي أن الأدنين في السلسلة القديمة يجذب إليه قاعدة الثيمين والجوانين يجذب إليه السيتوسين ، وهكذا إلى أن تتكون سلسلة جديدة تحتوي على قواعد نيتروجينية مكملة للسلسلة القديمة وبهذه الطريقة يتكون جزيئان من حامض د ن أ ، كل جزيء مكون من سلسلتين

أحدهما سلسلة قديمة اصلية موجودة في الجزيء الأصلي والأخرى جديدة مخلقة طبقاً للتجاذب النوعي ، ويعرف هذا النوع من التكاثر باسم التكاثر شبه المحافظ – Semi conservative



ومن ذلك يتبين أن جزيء د ن أ الأصلي يعتبر بمثابة قالب لتكوين جزيئين جديدين من د ن أ متشابهين . وبالتالي فإنه عرف ترتيب وتتابع القواعد النيتروجينية في أحد السلاسل ، يمكن استنباط ترتيب القواعد المكملة لها في السلسلة المقابلة ، ويعتبر نظام تتابع القواعد النيتروجينية بمثابة الإرشادات الوراثية والتي يعبر عنها بالشفرة الوراثية Genetic Code .

ويتم التكاثر بطريقة مستمرة في أحد السلاسل والسلسلة المقابلة تتم بطريقة متقطعة وكذلك في الاتجاهين بمعنى أن تتم التكاثر في كل من الاتجاهين من نقطة معينة تعرف باسم منشأ التكاثر .

الأنزيمات الخاصة لعملية التكاثر الذاتي لجزيء د ن أ :

تتطلب عملية تخليق حامض د ن أ مجموعة من المتطلبات تتلخص فيما يلي :

1- وجود الأربع قواعد نيتروجينية على هيئة ثلاثية الفوسفات .

2- وجود أحد سلاسل د ن أ في الجزيء الأصلي والذي يعمل كالقالب يتخلق عليه الشريط الجديد .

3- وجود قطعة مميزة من حامض نووي وغالباً ما تكون قطعة من د ن أ ، لتبدأ عندها تكوين السلسلة الجديدة والتي تعرف باسم البادئ Primer . والذي يقوم بتخليقها أنزيم يُعرف باسم بريميز Priamse .

4- وجود أنزيم حامض يُعرف باسم د ن أ البوليميريز DNA polymerase ، وهو المسؤول عن ربط النيوكليوتيدات المتعاقبة مع بعضها البعض في السلسلة الجديدة .

5- وجود مجموعة من الأنزيمات والبروتينات الأخرى التي تقوم بتفكك لولبة جزيء د ن أ والتي تُعرف باسم أنزيمات الهيليكيز Helicase ، بالإضافة إلى وجود العديد من البروتينات التي تمنع من إعادة ارتباط سلسلتي جزيء د ن أ وغيرها من الأنزيمات .

تحكم الجينات في تخليق البروتينات :

توجد الجينات والممثلة في ترتيب ونوعية القواعد النيتروجينية في حامض د ن أ داخل النواة في حين أن البروتينات تتكون داخل السيتوبلازم على الريبوسومات . وتحتاج عملية تخليق البروتينات إلى ثلاث وسطاء وهم :

أ- وسيط لنقل الرسالة الوراثية بدقة من النواة إلى السيتوبلازم حيث المكان المخصص لتخليق البروتينات وهو الريبوسومات . ويتم ذلك عن طريق نوع من الأحماض النووية يعرف باسم حامض ريبونيوكلييك الرسول Messenger RNA .

ب- وسيط لحمل ونقل الأحماض الأمينية المختلفة التي سوف تدخل في تركيب البروتين المتكون تبعاً للرسالة الوراثية ويتم ذلك بواسطة نوع ثاني من الأحماض النووية هو حامض ريبونيوكلييك الناقل ر ن أ الناقل Transfer RNA .

ج- مكان تتم فيه عملية تخليق البروتين وهو الريبوسومات والذي يدخل في تركيبها الكيميائي نوع ثالث من ر ن أ هو ر ن أ الريبوسومي Ribosomal RNA .

وتتضمن عملية فعل الجينات في تخليق البروتينات خطوتين أساسيتين هما النسخ Transcription والترجمة Translation .

نظرة عامة على تخليق البروتينات :

تمثل عملية النسخ أولى الخطوات لإتمام تخليق البروتينات والتي تتضمن نقل المعلومات الوراثية الموجودة في الجينات الواقعة على جزيء DNA لتكوين حامض ر ن أ الرسول Messenger RNA ، والتي تنقل هذه المعلومات إلى أماكن تخليق البروتينات داخل السيتوبلازم .

الخطوة الثانية هي : الترجمة Translation : والتي تتضمن ترجمة المعلومات الوراثية من حامض ر ن أ الرسول إلى الأحماض الأمينية التي تدخل في سلسلة عديد الببتيدات والتي تمثل ناتج الجين .

وتتم عملية الترجمة على الريبوسومات ، وهي عبارة عن جسيمات معقدة التركيب تتكون من عدد من البروتينات وأنواع مختلفة لحامض ر ن أ الريبوسومي وتتضمن عملية الترجمة وجود ثلاثة أنواع من ر ن أ ، وجميعهم يتم نسخه من قالب د ن أ ، فيوجد بالإضافة إلى حامض ر ن أ الرسول ثلاث إلى أربع أنواع من ر ن أ الريبوسومي ، بالإضافة إلى 40 إلى 60 نوع من أحماض ر ن أ الناقل Transfer RNA ، وتتحد الأحماض الأمينية بأحماض ر ن أ الناقل بمعاونة أنزيم أمينواسيل ر ن أ الناقل سنتثيز .

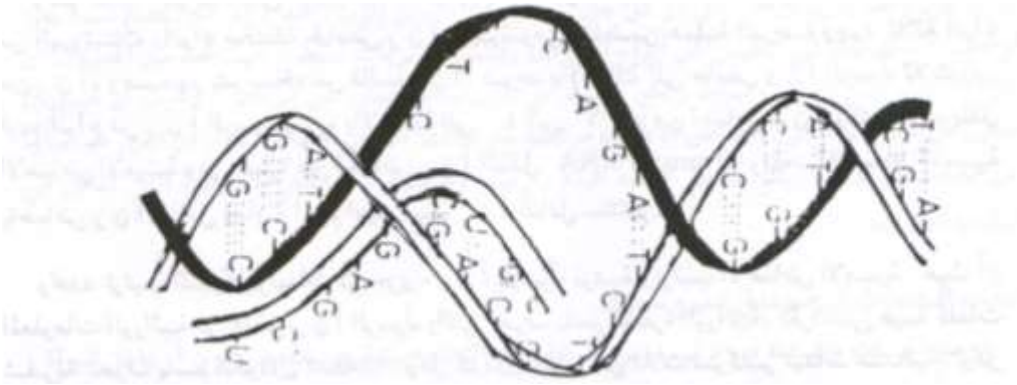
وتحدد ترتيب النيوكليوتيدات في جزيء ر ن أ الرسول نوعية وترتيب الأحماض الأمينية ، حيث أن المعلومات الوراثية في داخل ر ن أ الرسول والتي تعرف باسم الشفرة الوراثية ، تقرأ على هيئة كلمات شفرية تعرف باسم الكودون Codon . وكل كودون عبارة عن ثلاث نيوكليوتيدات متتالية . وكل حامض أميني يحدد بواسطة كودون . وبالتالي فإن الشفرة الوراثية والتي تتكون من أربع قواعد نيتروجينية الخاصة بحامض ر ن أ الرسول ، حينما تقرأ على هيئة ثلاثيات Triplets ، فأنه من المتوقع وجود 64 كودون نتيجة ترتيب هذه القواعد النتروجينية الأربعة بكل التباديل والتوافيق لتكوين الكودونات وتمثل 61 كودون ، كلمات تحدد أحماض أمينية في حين 3 كودونات تحدد مواقف لإنهاء سلسلة عديد النيوكليوتيدات . ويتم تحديد الأحماض الأمينية من خلال وجود ثلاث نيوكليوتيدات توجد في تركيب حامض ر ن أ الناقل والتي تعرف باسم مضاد الكودون Anticodon ، والتي تنجذب مع ما يقابلها من كودونات داخل حامض ر ن أ الرسول ، خلال عملية الترجمة .

1- النسخ Transcription :

وهي عبارة عن تخليق الأنواع المختلفة من ر ن أ تبعاً لتركيب حامض د ن أ ، ويتم تخليق ر ن أ بداخل النواة بطريقة مشابهة إلى حد كبير لعملية التكاثر الذاتي لجزيء د ن أ ، إذ تتفكك الروابط الهيدروجينية التي تربط القواعد النيتروجينية المتقابلة في سلسلتي جزيء د ن أ ، ثم تتباعد السلسلتان في منطقة الجين المطلوب نسخه . وتقوم سلسلة واحدة فقط من سلسلتي جزيء د ن أ في تخليق سلسلة مقابلة من حامض ر ن أ . ويتم ذلك عن طريق

القواعد الموجودة في سلسلة د ن أ حيث تجذب كل قاعدة من د ن أ ما يقابلها من قواعد طبقاً للتجاذب النوعي بين القواعد والخاصة بحمض ر ن أ أي أن قاعدة الجوانين في د ن أ تجذب السيتوسين وقاعدة الثيمين في د ن أ تجذب قاعدة الأدنين ، أما قاعدة الأدنين في د ن أ فإنها تجذب يوراسيل بدلاً من الثيمين وطبعاً يكون جزيء السكر في النيكليوتيدات المتجاذبة هو الريبوز وليس الديوكسي ريبوز ، ثم ترتبط النيوكليوتيدات المخلقة مع بعضها البعض بفعل أنزيم ر ن أ البوليميريز RNA polymerase لتتكون سلسلة من ر ن أ محتوية على نفس ترتيب ما يقابلها من قواعد في جزيء د ن أ

. وبعد انتهاء نسخ الجين تنفصل سلسلة ر ن أ من سلسلة د ن أ وتترك النواة تتحرك إلى السيتوبلازم . ويتضح من عملية النسخ أن حامض ر ن أ المتكون تترتب فيه القواعد النيتروجينية طبقاً لترتيب القواعد في السلسلة الأصلية لجزيء د ن أ – أي الجين .



خطوات عملية النسخ :

أ– الابتداء Initiation : وتبدأ هذه الخطوة حينما يرتبط أنزيم ر ن أ البوليميريز RNA polymerase ، في منطقة معينة على جزيء د ن أ التي يمثل بداية الجين ، وتعرف هذه المنطقة باسم المبدئ Promotor ، وهذه المنطقة هي التي تحدد أي من السلسلتين من جزيء د ن أ هي التي تحمل الشفرة الوراثية لكي تنسخ وتختلف مكونات هذا المبدئ تبعاً لنوع الخلية إذا كانت بدائية النواة أو حقيقية النواة .

ب- الاستطالة Elongation : حيث يتحرك أنزيم ر ن أ البوليميريز على شريط د ن أ ، مضيفاً القواعد الجديدة لسلسلة ر ن أ المخلقة وبالتالي تستطيل هذه السلسلة التي تحمل القواعد النيتروجينية المكملة للقواعد الموجودة في سلسلة جزيء د ن أ .

ج- الإنهاء Termination : تنتهي عملية النسخ عند مناطق معينة على جزيء د ن أ ، والتي تعرف بإشارات الانتهاء والذي يتعرف عليها أنزيم ر ن أ البوليميريز ، بعدها يتحرر جزيء ر ن أ المتكون من حامض د ن أ ، حيث يعاد ارتباط سلسلتي جزيء د ن أ مرة أخرى ليصبح حلزون مزدوج .

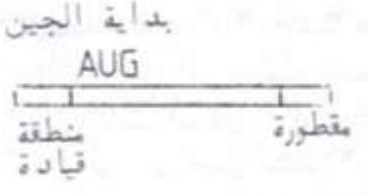
أنواع ر ن أ Types of RNA :

يوجد ثلاثة أنواع من ر ن أ وتخلق بنفس الطريقة السابقة ولكن في أماكن مختلفة على جزيء د ن أ ، هذه الأنواع هي ر ن أ الرسول ، ر ن أ الناقل ، ر ن أ الريبوسومي .

حامض ريبونيوكلييك الرسول Messenger RNA :

وهو المسؤول على حمل ونقل الرسالة الوراثية الممثلة في ترتيب وتعاقب القواعد النيتروجينية من حامض د ن أ ، وهي التي تعرف باسم الشفرة الوراثية ، إلى السيتوبلازم حيث يتم ترجمتها إلى أحماض أمينية . وهي جزيء ذو وزن جزيئي كبير . وتترتب القواعد على هيئة كلمات تعرف باسم الكودون . وكل كلمة مكونة من ثلاث قواعد نيتروجينية متتالية . وكل كلمة تحدد نوعاً واحداً من الأحماض الأمينية . ويتركب حامض ر ن أ الرسول من عدة مناطق ، الأولى وتعرف باسم القيادة Leader ، وهي مسؤولة عن ارتباط ر ن أ الرسول الصحيح بالريبوسوم في بداية عملية ترجمة الرسالة الوراثية ، الثانية هي المنطقة الشافرة Conding sequence ، وهي التي تحتوي على تتابع القواعد النيتروجينية التي تحمل الرسالة الوراثية والتي على أساسها تحدد نوعية الأحماض الأمينية التي تدخل في تكوين البروتين المحدد والخاص بالجين المعني ، ثم منطقة المقطورة Trailer وهي منطقة تمثل نهاية حامض ر ن أ الرسول ، وفي حالة حامض ر ن أ الرسول في خلايا حقيقية النواة .

يضاف غطاء في بداية منطقة القيادة وهي عبارة عن 7 ميثيل جوانوسين ، ويضاف أيضاً عدداً من القواعد الأدنين في نهاية المقطورة وتعرف باسم الذيل Tail



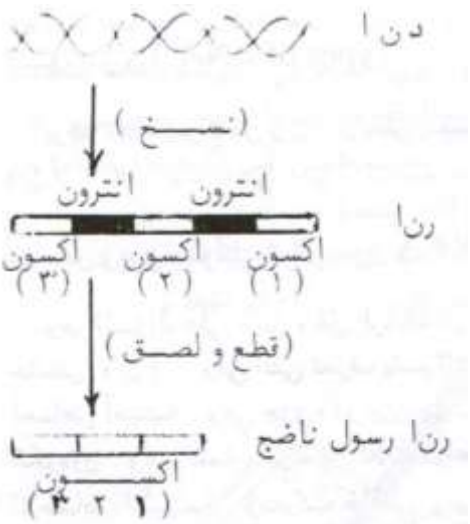
. ويحدث عدة خطوات ليتم تجهيز حامض ر ن أ الرسول المنسوخ مباشرة من د ن أ حيث يتميز حامض ر ن أ الرسول في حقيقية النواة أنه يحتوي على مناطق داخلية غير شافرة Non coding ، تعرف باسم الإنترون Entron ، ومناطق شافرة Coding تعرف باسم الإكسون Exon ، تزال مناطق الإنترون وتلتحم مناطق الإكسون مع بعضها البعض ، ليصبح حامض ر ن أ رسول ناضج

.

حامض ريبونيوكلييك الناقل Transfer RNA :

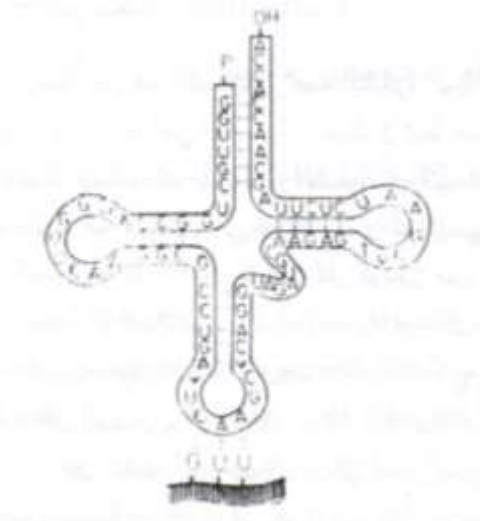
وهو جزيء يحتوي على عدد محدود من القواعد النيتروجينية (من 70–80 قاعدة) ووظيفته نقل الأحماض الأمينية من السيتوبلازم إلى مكان تخليق البروتينات ، ويخلق أيضاً بداخل النواة بواسطة عملية النسخ . بعد تكوينه يتحرك إلى السيتوبلازم ، ليرتبط به حامض أميني لينقله إلى الريبوسوم . ويتميز جزيء ر ن أ الناقل بأنه يحتوي على قواعد نيتروجينية مكملة لبعض القواعد في أماكن مختلفة على طول الحامض مما يسمح لها بالتجاذب ، ولذلك فإنه يظهر على هيئة جزيء ذي سلسلتين متجاذبتين في مناطق معينة ، ومن ثم فإنه يتخذ شكلاً معيناً على هيئة ورقة ذات ثلاث وريقات مثل ورقة البرسيم ، كل وريقة عبارة عن جذع في نهايته حلقة .

ويتميز الحامض بأنه يحتوي على ثلاث حلقات وطرف طليق .



ويساعد شكل وتركيب ر ن أ الناقل على أداء وظيفته . فيرتبط بالطرف الطليق الحامض الأميني . أما الحلقة الأولى فتساعد على ارتباط ر ن أ الناقل بالريبوسوم ، والحلقة الثانية الوسيطة فتحتوي على قواعد نيتروجينية من بينها ثلاث قواعد ، وعن طريق هذه القواعد ينجذب ر ن أ الناقل بالقواعد المكملة لها في الشفرة الوراثية الموجودة في ر ن أ الرسول .

وتعرف هذه القواعد الثلاث في ر ن أ الناقل باسم مقابل الكودون Anticodon . أما الحلقة الثالثة فتقوم بربط ر ن أ الناقل بالأنزيم الذي يساعد على التحام الحامض الأميني بحامض ر ن أ الناقل . وعليه فإن حامض ر ن أ الناقل هو الذي يحدد نوعية الحامض الأميني الذي يحمله إلى المكان المحدد له في الشفرة الوراثية . ويوجد عدة أنواع من ر ن أ الناقل يختص كل واحد بنقل حامض أميني معين ونظراً لوجود ما يقرب من عشرين نوعاً من الأحماض الأمينية فيوجد ما لا يقل عن عشرين نوعاً من أحماض ر ن أ الناقل . حيث يتميز كل حامض بأنه يحمل حامضاً محدداً من الأحماض الأمينية وثلاث قواعد نيتروجينية في الحلقة الوسطية .



حامض ر ن أ الريبوسومي Ribosomal :

وهو يدخل في التكوين الأساسي للريبوسومات ، والتي تعتبر المقر الذي يتم عليه تخليق البروتينات . حيث يجتمع مع البروتينات ليكون الريبوسومات ، ويخلق أيضاً بواسطة د ن أ

الموجود في النواة . وبالنسبة للكائنات حقيقية النواة فتتميز الكروموسومات بأنها تحتوي على مناطق اختناق تعرف باسم منشئ النوية Nucleolar Organizer حيث ترتبط بها النوية

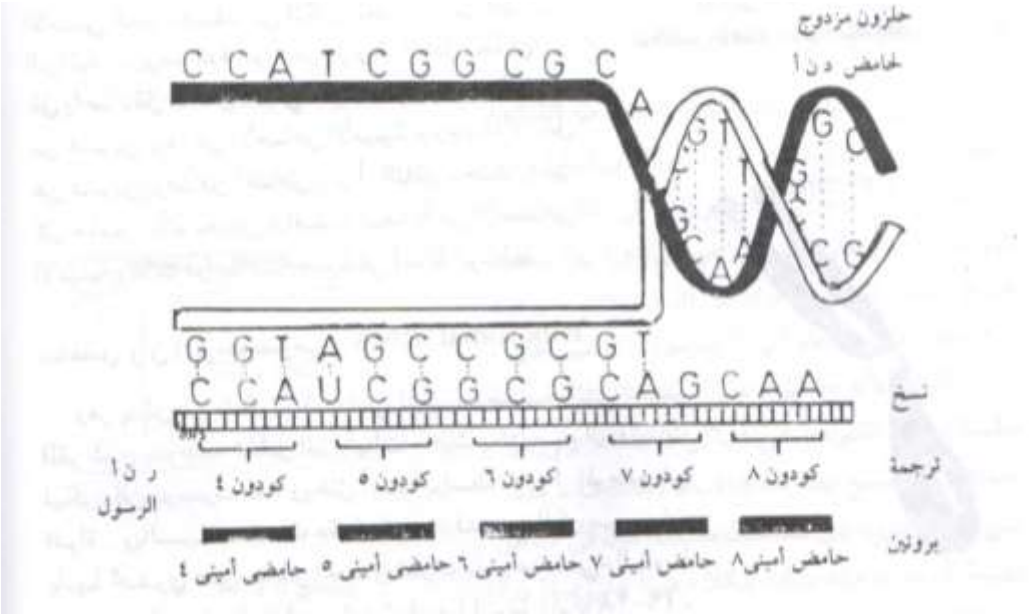
ويخلق ر ن أ الريبوسومي بواسطة د ن أ الموجود في منشئ النوية ، حيث يتحد مع البروتينات داخل النوية مكوناً الريبوسومات ، لتتحرك الريبوسومات من النوية إلى النواة إلى السيتوبلازم .

2- الترجمة Translation :

وتتضمن هذه العملية ترجمة الشفرة الوراثية الممثلة في ترتيب وتعاقب النيتروجينية إلى أنواع من الأحماض الأمينية . حيث ترتبط هذه الأحماض الأمينية مع بعضها البعض لتكون البروتين .

وتعتمد عملية الترجمة على الشفرة الوراثية الموجودة في جزيء د ن أ حيث تنقل بنفس الترتيب وما يقابلها من قواعد إلى جزيء ر ن أ الرسول حيث تقرأ الرسالة على هيئة كلمات شفرية هي الكودون Codon ، ويتكون كل كودون من ثلاث قواعد نيتروجينية ، وفي داخل الريبوسوم ينجذب الكودون الموجود في ر ن أ الرسول مقابل الكودون الموجود على حامض ر ن أ ناقل الذي يحمل حامض أميني معين وذلك من خلال التجاذب النوعي بين الكودون ومقابل الكودون الموجود في الحلقة الوسطى في ر ن أ الناقل .

بعد ذلك ترتبط الأحماض الأمينية مع بعضها البعض لتكون سلسلة طويلة من عديد الببتيدات التي تمثل البروتين وبهذه الصورة تترجم الرسالة الوراثية من قواعد نيتروجينية موجودة في جزيء ر ن أ الرسول إلى أحماض أمينية ليتكون البروتين الخاص بهذه الرسالة



آلية تخليق البروتينات :

1- ينتقل ر ن أ الرسول حاملاً الرسالة الوراثية والذي اشتقها من حامض د ن أ من النواة إلى السيتوبلازم ليرتبط بالريبوسوم .

2- تقوم جزيئات ر ن أ الناقل بنقل الأحماض الأمينية المختلفة الذاتية في السيتوبلاسم لتلتصق بالريبوسوم ، ويتم ارتباط ر ن أ بالحامض الأميني بواسطة أنزيم حامض هو أمينواسيل سيثتينز Aminoacyl synthetase .

3- تبدأ عملية الترجمة من مكان ثابت يمثل بداية الرسالة الوراثية . وهو كودون الابتداء AUG .

4- في داخل الريبوسوم يجذب الكودون الموجود في ر ن أ الرسول حامض ر ن أ الناقل الذي يحمل حامض أميني وليكن رقم (1) من خلال تجاذبه مع القواعد المكملة الموجودة في مقابل الكودون أي لو فرض أن الكودون الأول في ر ن أ الرسول يتكون من ثلاث قواعد

نيتروجينية هي ACC فإنها تجذب وإليها حامض ر ن أ الناقل والذي يحمل القواعد النتروجينية في الحلقة الوسطى التي تمثل مقابل الكودون بالترتيب المكمل وهو UGG ، والذي بدوره يكون حاملاً لحامض أميني محدد وليكن الحامض الأميني رقم (1) . أي أنه يمكن القول أن الذي يحدد نوعية الأحماض الأمينية وترتيبها هي نوعية وترتيب القواعد النيتروجينية الموجودة في جزيء ر ن أ الرسول والمشتقة من د ن أ .

ويتميز حامض ر ن أ الرسول ، أنه يحمل الكلمة الأولى وهي AUG دائماً في كل من بدائية النواة وحقيقية النواة ، والتي تحدد الحامض الأميني ، فورميل مثيونين formyl methionine في حالة بدائية النواة ، والميثونين في حالة حقيقية النواة .

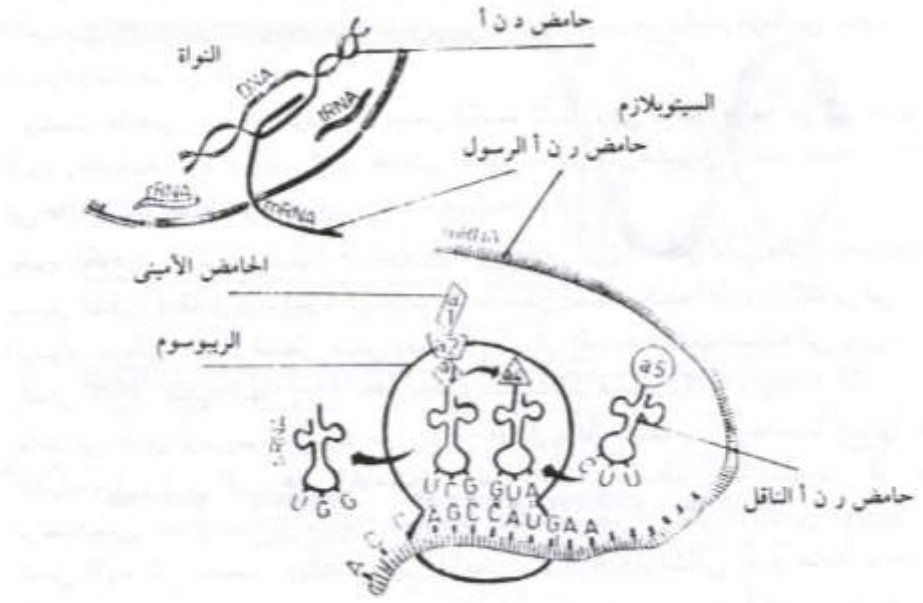
5- يقوم الكودون التالي في ر ن أ الرسول بجذب حامض ر ن أ ناقل ثاني والذي يحتوي على مقابل الشفرة (مقابل الكودون) أي ثلاث قواعد نيتروجينية مكملة للكودون الثاني في ر ن أ الرسول ، ويكون حاملاً لحامض أميني رقم (2) . أي أن القواعد الثلاث التالية في جزيء ر ن أ ولتكن AGC تجذب إليها ر ن أ ناقل يحتوي قواعد مكملة هي UCG .

6- يوجد في داخل الريبوسوم جزيئات من ر ن أ الناقل ، كل منهما يحمل حامضاً أمينياً معيناً بالترتيب 1 ، 2 . ولقرب هذين الحامضين يتحد الحامضان بواسطة رابطة ببتيدية ، هو بتبديل ترانسفيريز Peptidy transferase . بعدها ينفك الحامض الأميني الأول من حامض ر ن أ الناقل الأول الذي يحمله . وبالتالي فإن الحامض ر ن أ الناقل الثاني يكون حاملاً للحامضين الأمينين . بعد ذلك يترك حامض ر ن أ الناقل الأول الريبوسوم . متجهاً إلى السيتوبلازم بعد أن يتحرر من الحامض الأميني الذي يحمله ليقوم بالالتحام مع جزيء آخر من نفس الحامض الأميني مرة أخرى في داخل السيتوبلازم ، ويؤدي نفس الوظيفة بعد ذلك إذا تطلب الأمر ذلك .

7- يتحرك الريبوسوم خطوة واحدة على حامض ر ن أ الرسول، مما يسمح بتحرك الكودون الأول ليخرج من الريبوسوم ليحل محله الكودون الثاني، الذي يحمل حامض ر ن أ الناقل وعليه الحامضين الأمينيين 1، 2 ويدخل الكودون الثالث داخل الريبوسوم

8- تتكرر الخطوات السابقة إذ يقوم الكودون رقم 3 بجذب حامض ر ن أ ناقل ثالث، حاملاً معه حامضاً أمينياً رقم 3 طبقاً للتجاذب النوعي بين القواعد النيتروجينية في الكودون مع ما يكملها من قواعد من مقابل الكودون في ر ن أ الناقل. بعدها يتحد الحامض الأميني رقم 3 مع الحامضين 2 ، 1 ويترك ر ن أ الناقل الثالث الريبوسوم إلى السيتوبلازم. وبالتالي فإن حامض ر ن أ الناقل الثالث يصبح حاملاً لثلاث أحماض أمينية رقم 3،2،1 بأنواع مختلفة وبترتيب معين يتفق مع ترتيب القواعد النيتروجينية بحامض ر ن أ الرسول

وتستمر هذه العملية إلى أن تنتهي ترجمة الرسالة الوراثية وتصل إلى إشارات الانتهاء عملية الترجمة والتي تتميز بوجود كودونات خاصة بالتوقف مع جزيء ر ن أ الرسول حيث لا يستطيع أن يرتبط بها أي من أحماض ر ن أ الناقل بمعاونة عوامل خاصة تعرف باسم عوامل الإنهاء تتحرر بعد ذلك سلسلة عديد الببتيدات من آخر حامض ر ن أ ناقل ، لتصبح بروتيناً ناضجاً في داخل السيتوبلازم ليقوم بوظيفته طبقاً لاحتياج الخلية



المحاضرة الحادية عشر

الهندسة الوراثية

أ.د.محمد سليمان

الهندسة الوراثية

Genetic Engineering

الهندسة الوراثية من العلوم الحديثة التي دخلت على علم الحياة والتي اعتمدت على التقدم المتسارع في كثير من العلوم الآخرى مثل الوراثة– الخلية – الكيمياء الحيوية – الكيمياء – غيرها

ففي بداية السبعينات ظهرت مجموعة كبيرة من الأبحاث التي أدت إلى تغير كثير من المفاهيم الوراثية ، فأصبح بالإمكان التحكم في انتقال الجينات من خلال عزل جين وراثي معين ، ثم تحريكه وغرسه في خلية أخرى، بحيث يستجيب الكائن المستقبل لكي يعمل الجين المنقول بفاعلية. ويعرف التحكم في الجين والتلاعب به ونقله من خلية إلى أخرى بالهندسة الوراثية

وقد بدأت دراسات الهندسة الوراثية على البكتيريا نظراً لسرعة تكاثرها وسهولة تنميتها في بيئة مغذية صناعية، وأنها تقوم بتخليق ما يلزمها من مواد من خلال استغلالها للمواد الغذائية من البيئة الغذائية وجميع هذه العمليات التخليقية تحت التحكم الوراثي للجينات الموجودة بداخل البكتيريا

أساسيات الهندسة الوراثية واستكثار الجين Gene Cloning

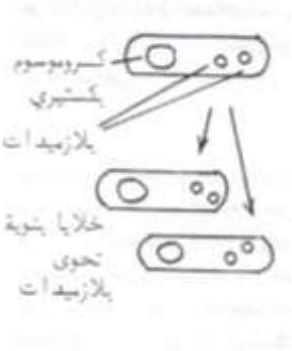
ولكي تتم نجاح عملية نقل الجينات لا بد من تصميم تجارب بطريقة تضمن نقل الجين وسلامة عمل الجين المنقول وإنتاج ناتج هذا الجين وهو البروتين ولتحقيق ذلك الغرض لا بد من عزل حامض د ن أ للكائن المراد زرع مادته الوراثية، ثم قطع هذا الحامض إلى قطع تحتوي على الجين، ثم التعرف على هذا الجين ونقله إلى الخلية المستقبلة باستخدام ناقل مناسب، ثم جعل الجين المنقول يعمل بصورة طبيعية داخل الكائن المضيف وسوف نتناول هذه الأساسيات باختصار كما يلي:

النواقل Vectors

تعتمد عملية استكثار الجين Cloning على وجود ناقل مناسب يمكن حشر الجين المطلوب نقله داخله، وبالتالي فإننا نحصل على حامض د ن أ لهجين يجمع بين الجين المطلوب وحامض د ن أ الناقل وبعرف هذا الحامض باسم د ن أ المطعم أو المهجن Recombinant DNA ويوجد العديد من النواقل والتي تقع تحت طائفتين أساسيتين هما– البلازميدات والفيروسات

البلازميد Plasmid

عبارة عن كروموسوم صغير مكون من حامض د ن أ حلقي الشكل ويوجد بصورة مستقلة عن الكروموسوم الأصلي داخل بعض خلايا البكتريا



ويتميز باحتوائه على جينات خاصة بالمقاومة لبعض المضادات الحيوية ويمكن عزله وفصله بمفرده وإدخاله إلى أي خلية بكتيرية أخرى خالية منه، أي أنها حساسة للمضاد الحيوي مما يجعلها تتحول إلى خلية مقاومة لهذا المضاد الحيوي، وتسمى هذه العملية باسم التحول الوراثي Transformation أو تتميز النواقل بأن لها القدرة على التكاثر الذاتي داخل الخلايا البكتيرية وتكوين صورة طبق الأصل لنفسه بالإضافة إلى احتوائه على بعض الجينات المقاومة لبعض أنواع المضادات الحيوية وهذا يتيح الفرصة لاختيار وعزل الخلايا البكتيرية التي تحتوي على البلازميدات التي تحمل الجين المنقول وذلك بزراعتها في بيئة تحتوي على المضاد الحيوي وبالتالي تنمو في هذه البيئة

الفيروسات

فهي أيضاً تستخدم كنواقل للجينات وأهمها فيروسات البكتيريوفاج Bacteriophage التي تصيب البكتريا وغالبيتها تتكون من حامض د ن أ ويحمل عدداً من الجينات وتتميز الفيروسات بأنه يمكن دمج قطعة كبيرة من د ن أ في الفيروس

أنزيمات القطع أو التحديد أو التقيد Restriction endonucleases

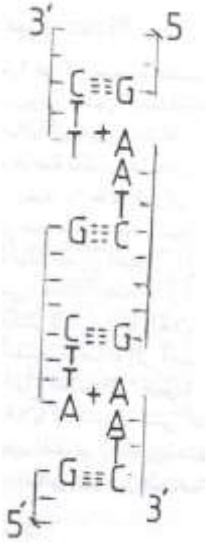
تمكن العلماء من اكتشاف مجموعة من الأنزيمات وتعرف باسم أنزيمات الاندونيو كلييز. التحديد Restriction endonucleases التي تقوم بتكسير د ن أ وقطعة في مناطق معينة، تعرف باسم مناطق التحديد Restriction sites وتوجد هذه الأنزيمات بصورة طبيعية داخل الخلايا البكتيرية والتي تقوم بتكسير حامض د ن أ الغريب الذي يدخل الخلية مثل د ن أ الفيروسات ولذلك سميت باسم الأنزيمات المحددة. وتحمي الخلية البكتيرية نفسها من أنزيمات التحديد الموجودة بداخلها وذلك بتحوير بعض القواعد النيتروجينية في مواقع القطع، وبالتالي تستطيع البكتيريا التمييز بين المواقع التي تحتوي على القواعد المحورة ولا تقطعها في حين أنها تتعرف على مناطق التحديد الغريبة الخالية من هذه القواعد المحورة فتقطعها

وتتميز مواقع التحديد بأنها تتكون من عدد محدود من القواعد النيتروجينية تتراوح بين 4-8 قواعد تترتب بطريقة خاصة عكسية بحيث تقرأ القواعد في أحد سلاسل د ن أ في هذه المنطقة من اليمين إلى اليسار، بنفس القراءة من اليسار إلى اليمين في السلسلة المقابلة في هذه المنطقة كما يلي

CTTAAG GAATTC

ويستطيع أن يتعرف على هذه المواقع أنزيمات القطع وكل أنزيم يتعرف على موقع معين على جزيء د ن أ على سبيل المثال أنزيم التحديد Eco RI والذي يستخلص من البكتريا

ايشريشيا كولاي، يتعرف على موقع التحديد الذي يحتوي على القواعد السابقة ويقطعها عند مناطق غير متقابلة بين القاعدتين A,G وحيث أن السلسلتين المتقابلتين في هذا الموقع تحتوي على نفس القواعد ولكن بصورة عكسية، فكل من السلسلتين ستقطع في الموقع بين القاعدتين G,A ولكن في منطقتين غير متقابلتين وهذا يؤدي إلى قطع جزيء د ن أ إلى قطعتين في هذا الموقع وكل قطعة تحتوي على أطراف وحيدة السلسة تعرف باسم الأطراف اللزجة Sticky ends التي يمكن أن تلتصق مع أطراف لزجة أخرى محتوية على القواعد المكملة



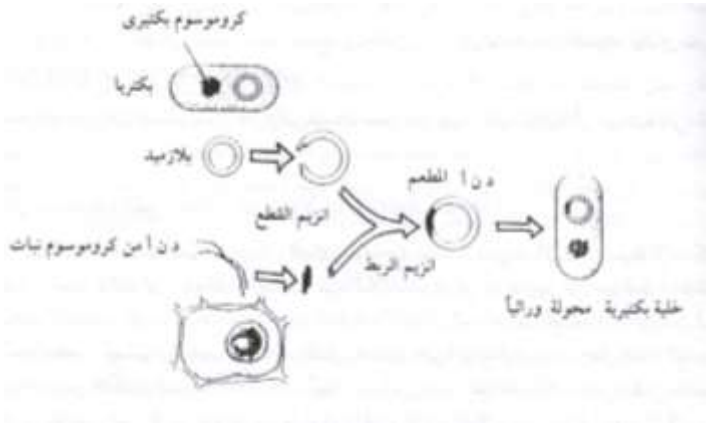
وبالتالي يتكون هجين من قطعتين من د ن أ والذي يعرف باسم د ن أ المهجن

استكثار الجينات (كلونة الجينات) بالبلازميدات Gene Cloning in Plasids

بعد قطع حامض د ن أ المتبرع والمطلوب نقل جينات منه بواسطة أنزيمات التحديد، فإن الخطوة التالية في استكثار الجين هو غرسه داخل ناقل، ويتم ذلك بمعاملة كل من حامض د ن أ، المتبرع و د ن أ البلازميد وهو الناقل في هذه الحالة، بنفس أنزيم القطع وليكن Eco RI الذي يتعرف على نفس مواقع التحديد ويقطعها، مما يؤدي إلى تكوين أطراف لزجة في

كل من د ن أ الغريب و د ن أ البلازميد وعند خلط نواتج القطع لنوعي د ن أ، فإنهما يلتحمان مع بعضهما البعض وذلك نتيجة اتحاد الأطراف اللزجة في د ن أ المتبرع والتي تحتوي على قواعد مكملة لها موجودة في الأطراف اللزجة في د ن أ البلازميد، مما يتكون حامض د ن أ مهجن Recombinant DNA أي خليط من الجين المطلوب نقله والبلازميد

ويتم لحم سلاسل د ن أ بواسطة انزيمات خاصة للربط تعرف باسم د ن أ الليجيز DNA ligase يمكن بعد ذلك إدخال البلازميد وبه الجين المنقول داخل خلية بكتيرية خالية من البلازميد وعند انقسام الخلية البكتيرية ينقسم البلازميد وما به من جين منقول وتتكاثر الخلايا البكتيرية ويزداد عدد البلازميدات الحاملة للجين المنقول لكي نحصل على أعداد كبيرة منه، يعمل الجين بعد ذلك بصورة طبيعية داخل الخلية البكتيرية المستقبلة، وتعرف هذه العملية بالاستنساخ وإكثار الجين بهذه الصورة باسم الكلونة Cloning



ملخص الخطوات الأساسية للهندسة الوراثية

يمكن تلخيص الخطوات الأساسية للهندسة الوراثية في النقاط التالية:

1- الحصول على قطعة من حامض د ن أ والتي تحتوي على الجين المطلوب استكثاره

2- إدخال هذه القطعة ودسها في كروموسوم بلازميد وهو الناقل (والناقل عبارة عن قطعة كروموسومية دائرية صغيرة مكونة من حامض د ن أ)

3- إدخال حامض د ن أ المهجن في داخل الخلية البكتيرية التي لا تحتوي على بلازميد

4- يتكاثر حامض د ن أ المهجن (البلازميد والجين المنقول إليه) في داخل الخلية العائل (البكتيرية) في نفس وقت تكاثر الكروموسوم الأصلي للخلية (البكتيرية) وتعرف هذه العملية باسم الكلونة. ليتكون نسخ ماثلة للناقل وكذلك الجين الذي تم إدخاله

5- تتزايد أعداد جزيء د ن أ المهجن نتيجة لزيادة عملية التكاثر، وبالتالي نحصل على مستعمرة مكونة من خلايا مماثلة من خلايا العائل التي تحتوي كل خلية على نسخة أو أكثر من جزيء د ن أ المطعم (المهجن)

6- يقوم جزيء د ن أ المهجن بإتمام عملية النسخ وتخليق ر ن أ الرسول للجين المنقول والذي يترجم بدوره لإنتاج البروتين الخاص بهذا الجين

وبهذه الطريقة يمكن التلاعب في نقل وتحريك جين معين من خلية راقية نباتية أو حيوانية إلى خلية بكتيرية

استكثار الجينات بالفيروسات Gene Cloning in Viruses

يمكن استكثار الجينات أيضاً باستخدام البكتريوفاج كناقل ، والخطوات الأولى لعملية الاستكثار مشابهة لما سبق ذكره في استكثار الجينات في البلازميد. بمعنى أن يعامل كل من د ن أ المتبرع والفيروسات بنفس أنزيم التحديد لتكوين الأطراف اللزجة ثم خلط نواتج النوعين من د ن أ مع بعضهما البعض ثم غرس الفيروس المطعم الذي يحتوي على الجين المرغوب داخل غطاء البروتين الخاص بالفيروس لتكوين فيروس متكامل مكون من رأس وذيل ثم بعد ذلك تعامل خلايا بكتيرية بهذه الفيروسات والتي تدخل مادتها الوراثية إلى الخلية تاركة الغطاء على سطح الخلية البكتيرية

يتكاثر الفيروس ومعه الجين المرغوب داخل الخلية البكتيرية لتحصل على آلاف من النسخ للفيروس والجين المطلوب

كيفية التعرف على الخلايا التي تحتوي على الجين المنقول المطلوب

Identification of the Presence of the Acquired Desired Gene

عند معاملة محتوى الخلية من حامض د ن أ بواسطة أنزيمات القطع، ينتج قطع عديدة نقوم بإدخال كل قطعة في داخل بلازميد لتحضير د ن أ مهجن ثم إدخال البلازميد المهجن إلى خلية بكتيرية

يتكاثر د ن أ المطعم بعد دخوله الخلية البكتيرية بواسطة البلازميد أو البكتيريوفاج وسوف تحتوي كل خلية بكتيرية على قطعة من د ن أ ، أي بمعنى أنه يوجد عدة آلاف من قطع د ن أ الناتجة من معاملة د ن أ للكائن المتبرع وبالتالي فإننا نحصل على ما يعرف باسم مكتبه للجينات Library Gene

وعندما يكون المطلوب جين مرغوب معين ممثل في قطعة واحدة من آلاف هذه القطع فلا بد من إيجاد وسيلة للتعرف على الخلية البكتيرية التي تحتوي على الجين المطلوب

تطبيقات الهندسة الوراثية في الأمراض الوراثية والمجالات الطبية

إنتاج عقاقير نافعة في الإنسان

أمكن عزل وتنقية الجينات المسؤولة عن إنتاج بعض العقاقير المفيدة في الإنسان وحشرها في ناقل. ثم إدخالها في خلايا بكتيرية حيث تبدأ الجينات المنقولة في التعبير عن نفسها منتجة نواتج هذه الجينات. ويحصد نواتج فعل الجين أي البروتينات والعقاقير الناتجة أمكن استخدامها لخدمة الإنسان وقد تم ذلك بالفعل بإنتاج انسيولين الإنسان

هرمونات النمو للإنسان وتجرى التجارب حالياً لإنتاج لقاحات آمنة ضد العديد من الأمراض مثل الإيدز

التعرف على الأمراض الوراثية في الإنسان

تقدر الطفرات المتنحية التي تتبع الوراثة المندلية والتي تسبب أمراضاً وراثية في الإنسان، ما يقرب عن 500 مرض ويظهر المرض في الأفراد ذات التركيب الوراثي المتنحي المتجانس، وعادة تنشأ من تزاوج أبوان عاديان المظهر ولكنهما يحمل كل منهما الاليل المسبب للمرض أي أن تركيبهما الوراثي غير متجانس وإن دراسة ومسح الخلايا في الجنين تساعد على التعرف عما إذا كان الجنين يحمل المرض مصاباً ام لا

وبذلك يمكن توقف الحمل في وقت مبكر لمنع ولادة طفل مشوه وراثياً وبع عيوب خلقية عديدة

ويمكن التعرف على وجود المرض من خلال وجود ناتج هذا الجين المسبب للمرض الوراثي فقد يكون أنزيماً أو بروتيناً من نوع معين وتستخدم طريقة أخذ عينة من السائل الامنيوني للسيدة الحامل خلال الأسابيع الأولى من الولادة

تحتوي هذه العينة على بعض خلايا الجنين ونواتج جينات الجنين

وممكن زراعة الخلايا ودراسة التركيب الكروموسومي والتعرف على التغيرات الكروموسومية وإجراء التحاليل الكيميائية على السائل للتعرف على وجود ناتج الجين الذي نتبعه، أو أي خصائص بيوكيميائية، ويطلق على هذه العملية اسم البذل الامنيوني Amnionentesis

تقنيات الهندسة الوراثية في المسح الوراثي للأمراض في الإنسان

وقد ساهمت تقنيات الهندسة الوراثية و د ن أ المطعم في زيادة قدراتنا لمسح العديد من الأمراض الوراثية حيث أننا نقوم بدراسة د ن أ مباشرة

وتعتند هذه الطريقة في عزل الجين المشتبه فيه والمراد اختباره وتنقيته والتعرف على تتابع النيوكليوتيدات ومقارنته بالجين الطبيعي وعلى ذلك يمكن تحديد عما إذا كان الجين في الشخص المختبر سليماً أو معطوباً

إلا أن هذه العملية صعبة إلى حد ما ولذلك بدأت بعض التقنيات البسيطة للوصول على نفس الهدف. ويمكن تلخيصها في ثلاث تقنيات والتي تختص في

أ- البحث عن التغيرات التي تحدث في مواقع التحديد نتيجة للمرض نفسه

ب- البحث عن التتابعات المتغيرة باستخدام مسبار من عديد النيوكليوتيدات مكمل للجين المختبر (تحت الاختبار)

ت- أو الارتباط بين الجين الطافر تحت الاختبار ومواقع التحديد

بعض تطبيقات الهندسة الوراثية في الصناعة

ومن أهم تطبيقات الهندسة الوراثية في الصناعة الآتي :

- تكوين كائنات مهندسة وراثياً التي تقوم بأي مما يلي:

1- إنتاج المضادات الحيوية بكميات أكبر ونوعية افضل بأقل التكاليف

2- إنتاج عقاقير مختلفة لها قيمة طبية أو أنزيمات

3- مهاجمة التلوث البترولي من خلال تكسير المركبات الكيميائية أو إزالة التلوث

4- تحويل مخلفات الإنسان إلى غذاء ذات محتوى عالي من البروتين تستخدم كغذاء للحيوان

5- لها قدرة وقابلية على استخلاص بعض المعادن النادرة مثل اليورانيوم

6- لها القدرة العالية على التخمر لإنتاج نواتج التخمر

7- صناعة وإنتاج مواد للطاقة مثل الميثانول، إيثانول – اسيتون وغيرها

التدخل في بعض الأمراض الوراثية في الإنسان "العلاج الجيني "

قد أمكن استخدام الهندسة الوراثية واستكثار الجين في العلاج الجيني من المعروف أن مرض الأنيميا المنجلية يرجع إلى تغير في التركيب الكيميائي لبيتا جلوبين الهيموجلوبين، وحيث أن خلايا كرات الدم الحمراء تتكون في داخل نخاع العظام فإننا يمكننا إزالة نخاع العظام المطلوب وإحلاله بنخاع جديد يحتوي على الجين السليم للهيموجلوبين

ومن الطبيعي والأفضل استخدام نخاع نفس الشخص المصاب لنتجنب طرد الجسم للنخاع المنقول. ولكن كيف يمكن إدخال الجين السليم داخل الخلية المعطوبة. وهنا يأتي الحل في

عملية استكثار الجين (Cloning) فقد تم استكثار جينات الجلوبين للإنسان وأمكن إدخال هذه الجينات مع بقية جينات الإنسان بنفس الطريقة التي يدخل بها الجين في الخلية البكتيرية

آفاق ومخاطر الهندسة الوراثية

بعد نجاح إمكانية نقل الجينات من خلية إلى أخرى ظهرت بعض المخاوف من بينها ما يلي:

- إمكانية إدخال جينات تقوم بتخليق مواد سامة في داخل خلايا البكتريا لم تكن لها هذه القدرة وبالتالي تحويلها إلى بكتريا ضارة
- إدخال أجزاء ضارة من د ن أ من فيروس مسؤول عن استحداث السرطان إلى فيروس آخر إلى بكتريا وبالتالي تنتشر هذه الفيروسات أو البتكيريا المسببة لامراض مثل السرطان
- استخدام البكتريا في البيئة المهندسة وراثياً للمقاومة ضد بعض الآفات قد يؤدي إلى آثار ضارة بالبيئة
- ضياع أو تقليل التنوع الوراثي حيث أن النباتات أو الحيوانات المهندسة وراثياً تكون عادة متجانسة، مما يجعلها عرضة للتأثير بالأمراض البكتيرية – الفيروسية أو غيرها أما في وجود التباين الوراثي فسوف تهاجم البعض تاركة البعض الآخر سليماً مما يحمي ويحافظ على النوع

ومن المعروف أن أمعاء الإنسان معبأة بأنواع مختلفة من البكتريا ويمكن لهذه البكتريا المهندسة وراثياً أن تعيش في أمعاء الإنسان وتزيد من فرص انتشار الأمراض وغيرها.

إلا أن العلماء قد قللوا من هذه المخاوف، وذلك بوضع معايير وضوابط للحد من خطورة التلاعب في الجينات وذلك بتصميم المعمل أو إجراءات مشددة للأمان للباحثين بحيث تمنع من انتشار أو تسرب أي من هذه البكتريا أو الفيروسات التي تحمل جينات غريبة بالإضافة

إلى أن العلماء استطاعوا عزل واختيار أنواع جديدة من البكتريا أو الفيروسات التي لا يمكن أن تعيش خارج البيئة الصناعية التي يعتمد عليها في داخل المعامل وبالتالي تموت فور خروجها وكذلك بدأ العلماء في الاحتفاظ بمصادر لبنوك من الأصول الوراثية للنبات والحيوان لاستخدامها عند الحاجة

وحتى الآن ومع كثرة البحوث في مجال الهندسة الوراثية لم تظهر تأثير مثل هذه المخاوف مما شجع العلماء على الاستمرار والتقدم في مجال بحوث الهندسة الوراثية

وطالما لهذه التكنولوجيا تطبيقات عملية لخدمة الإنسان في مجال الزراعة والصناعة والطب ومنع أو تقليل اثر الأمراض الوراثية فإن رجال البحث العلمي ورجال الصناعة سوف يشجعون دائماً على الاستمرار في هذا النوع من البحث ولتحقيق المزيد من خدمة البشرية

وبالرغم من هذا التقدم في هذا المجال وبالرغم من الاحتياطات التي يتخذها العلماء في معاملهم، إلا أنه ما زال هناك شعوراً بالخطر من استمرار التقدم المذهل في هذا المضمار فقد يؤدي ذلك إلى ضغوط من بعض الحكومات لاستخدام تكنولوجيا الهندسة الوراثية في الحروب كإنتاج أنواع من البكتريا أو الفيروسات المسببة لأمراض معينة أو إدخال جينات في الأمشاج مما سوف يكون له أكبر الأثر في تغيير صفات الفرد وله عواقبه الاجتماعية والبيئية بالإضافة إلى إمكانية استشاح البشر في القريب العاجل