الخلية النباتيه: تركيبها ووظائف اعضائها

علم فسلجة النبات:

وهو العلم الذي يبحث في كيفية تأدية النباتات لوظائفها الحيوية المختلفة ذات العلاقة بنمو وتطور النبات ويرتبط مع باقي العلوم الزراعية في تفسير تأثيرات البيئة والوراثة على وظائف وتركيب الخلايا والأنسجة والأعضاء النباتية.

تعتبر الخلايا النباتية اللبنة الاساسية التي تكون البناء المحكم لجسم النبات وتمثل في نفس الوقت الوحدة الاساسية لكل وظائفه وهي تختلف بـ:

1.الحجم: إذ توجد الخلية بأحجام مختلفة منها الصغيرة جدا بحيث لا ترى الا بالمكرسكوب والكبيرة التي ترى بوضوح بالعين المجردة.

2.الشكل: يوجد منها المستدير الشكل والانبوبي والابري والمتفرع والعديد الاوجه وغيرها من الاشكال الكثيرة.

3. درجة التعقيد: فقد تكون الخلية بدائية أو قد تكون متطورة.

4. الطول: احيانا لايزيد طول الخلية عن المايكرون وفي اخرى يبلغ عدة سنتمترات او امتار.

الميكرون= 10^{-3} ملم

الميكرون= 10^{-6} م

الميكرون= 10^{3} ملي مايكرون =1000 ملي مايكرون.

الميكرون= 10^{4} انكستروم.

تقوم الخلية بعملها الفسيولوجي المعين اما طول فترة حياتها او خلال جزء منها كما وان بعض الخلايا تقوم بانجاز أدوارها وهي حية في حين أنواع أخرى تقوم بأداء واجباتها بعد موتها مثل خلايا النسيج الفليني او انسجة الخشب عموما ظاهرة الحياة في النبات هي عبارة عن مجموع ما تقوم به الخلايا مجتمعة من واجبات والتي يرتبط بعضها مع البعض من اجل الحفاظ على النبات وديمومته في الوجود.

انواع الخلايا:

النبات قد يكون من النوع البسيط (البدائي) أي يتكون من خلية واحدة تقوم بكافة العمليات الحيوية الخاصة به كما في حالة البكتريا الخضراء المزرقة او قد يكون من النوع المعقد(المتطور) حيث يتكون من مجموعة من الاعضاء والتي تتكون من مجموعة من الانسجة والاخيرة بدورها تتكون من مجموعة من الخلايا التي تتشابه بالشكل والوظيفة عادة كما في النباتات الراقية.

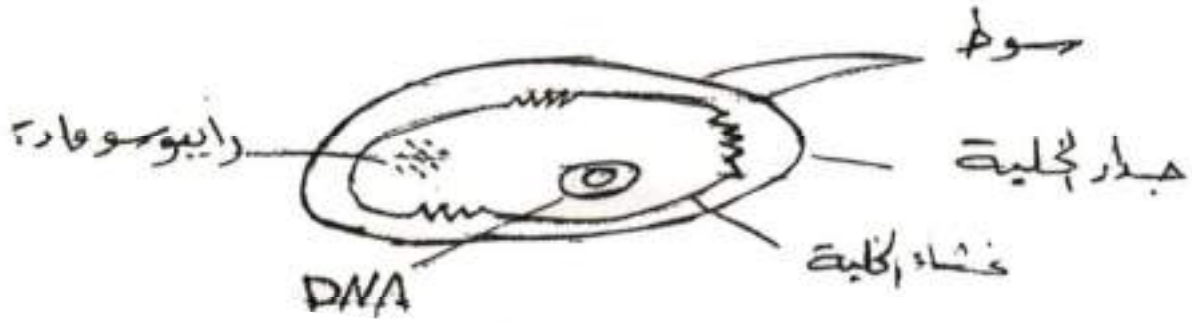
1- الخلايا البدائية: Procaryotic cell

وهي خلايا ذات تنظيم و تركيب بسيطين (شكل1) وتوجد في الكائنات الاولية أي التي تعد بدائية في سلم التطور مثل البكتريا والطحالب الخضراء المزرقة وتتميز هذه الخلايا بانها:

أ- تحتوي على انوية غير محددة.

ب- المادة الوراثية والمتمثلة بالـ DNA المسؤولة عن خزن المعلومات الوراثية ونقلها تكون موزعة في بروتوبلازم الخلية وغير منفصلة عن بقية أجزاء الخلية بنظام غشائي .

ج- تستغل غشاء البلازما والتراكيب النامية منه لانجاز معظم وظائفها الحيوية من دون تجزئيه هذه الوظائف الى عمليات صغرى



شكل (1): خلية بدائية

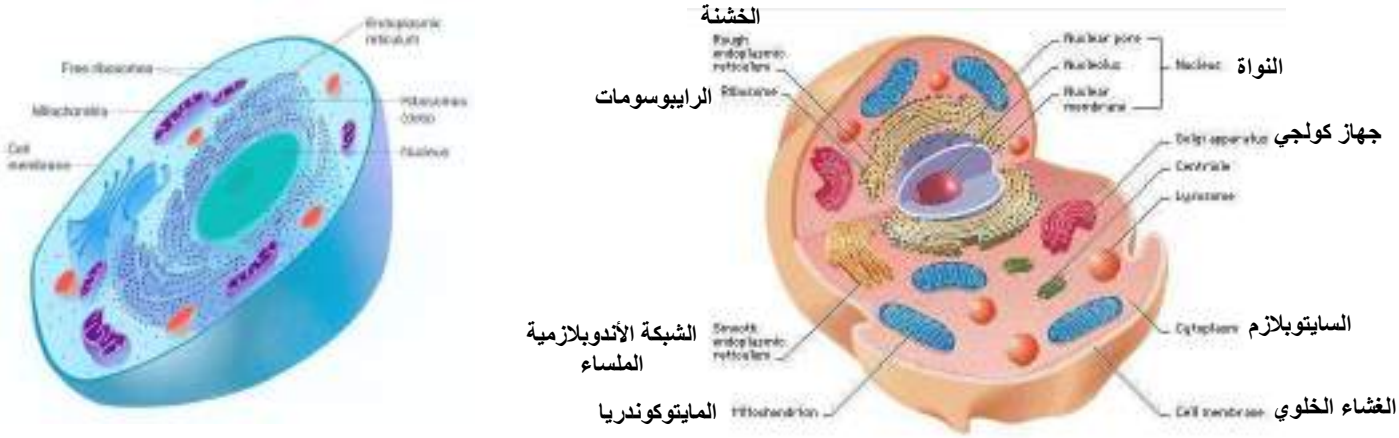
2- الخلايا المتطورة: Eucaryotic cell

وهي خلايا ذات تركيب وتنظيم معقدين (شكل2) توجد في الكائنات المتطورة مثل الانسان والحيوانات والنبات وتتميز هذه الخلايا بأنها:

أ- تحتوي انوية محدودة .

ب- المادة الوراثية والمتمثلة بالـ DNA تتركز في النواة وتكون مفصولة عن باقي اجزاء الخلية بنظام غشائي.

ج- تحتوي خلاياها على عدة اعضاء تسمى cell organelles يختص كل منها بأداء واجب معين فالتركيب الضوئي مثلا يحدث في اجزاء تسمى البلاستيدات الخضراء والتنفس في أجزاء اخرى تسمى المايتوكندريا وغيرها من الأعضاء التي تقوم بواجبات متعددة اخرى سوف يرد ذكرها لاحقا بالتفصيل.



شكل (2) : الخلية المتطورة

الفروقات بين الخلية النباتية والحيوانية

1- تحتوي الخلية النباتية بلاستيدات خضراء تقوم بصنع الغذاء من خلال عملية التركيب الضوئي.

2- تحوي الخلية النباتية على فجوة كبيرة أو عدة فجوات صغيرة تسبب انتفاخ الخلية.

3- تمتاز الخلية النباتية بقدرتها على التجدد وتكوين نبات جديد عند توفر الظروف الملائمة للنمو والتكاثر وتسمى هذه الظاهرة Totipotency .

4- تحتوي الخلية النباتية على جدار سليلوزي عادة ماعدا الكميتات في المراحل الأولى من اتحادها .

5- الخلية النباتية لا تحتوي على الجسم المركزي.

6- عموما الخلية النباتية اكبر حجما من الحيوانية .

مكونات الخلية النباتية :

على الرغم من تعدد الوظائف التخصصية للخلايا النباتية إلا أنها تتشابه إلى حد كبير في مكوناتها الكيمياوية وخصائصها التركيبية وعلى الرغم من تطور الأجهزة والآلات في يومنا هذا وخاصة المجاهر الالكترونية إلا أن تركيب الخلية لازال موضع جدل واسع وغير معلوم بشكل كامل حتى يومنا هذا ، ولكن على العموم تتكون الخلية من :

أولا: البروتوبلاست protoplast ويشمل:

أ- **مكونات بروتوبلازمية (البروتوبلازم):** ويشمل السايتوبلازم الذي يتكون من (البلازما الأساس ، الشبكة الأندوبلازمية، الأغشية البلازمية ، الخيوط السايتوبلازمية) ، الرايبوسومات ، النواة ، البلاستيدات ، المايتوكندريا ، جهاز كولجي ، الأجسام الكروية ، الأجسام الدقيقة والأنابيب الدقيقة.

ب- **مكونات غير بروتوبلازمية** : وتشمل الفجوات والمواد غير الحية (النشاء،البروتين، دهن ، بلورات ، تانينات، أشباه القلويات ، صبغات).

ثانيا: جدار الخلية Cell wall : وهو الغلاف القوي الذي يحيط ببروتوبلاست الخلية.

أ- المكونات البروتوبلازمية (البروتوبلازم) Protoplasm :

يقصد بالبروتوبلازم المادة الحية للخلايا وهو عبارة عن مادة هلامية غير متجانسة تتكون من محلول غروي متجانس نسبيا يعرف بالسايتوبلازم ومكونات أخرى أكثر كثافة من السايتوبلازم وتسبح فيه تسمى أعضاء الخلية cell organelles وتشمل:

(1) النواة .
(2) الرايبوسومات.
(3) البلاستيدات .
(4) المايتوكندريا.
(5) جهاز كولجي .
(6) الأجسام الكروية.
(7) الأجسام الدقيقة .
(8) الأنابيب الدقيقة.

يتميز البروتوبلازم بطبيعته الغروية على الرغم من وجود كثير من المواد الذائبة فيه وترجع هذه الطبيعة الغروية للبروتوبلازم لوجود البروتينات حيث تتيح البروتينات سطوح مساحية غير محدودة والتي تساعد في توفير الظروف الضرورية للادمصاص والحركة الكيمياوية ومن ثم انجاز التفاعلات اللازمة للحياة وعلى هذا يعتبر النظام الغروي أساس لمظاهر المادة الحية (البروتوبلازم).

يملأ البروتوبلازم جميع أجزاء الخلية الفتية في حين يكون على شكل شريط مبطن لجدار الخلية من الداخل في حالة الخلايا البالغة وتتوسطه فجوة عصارية واحدة كبيرة أو عدة فجوات صغيرة .

يمتاز البروتوبلازم بـ:

1- حركته الانسيابية حيث يتحرك في عدة اتجاهات داخل الخلية ومن خلية إلى أخرى خلال الخيوط أو القنوات السايتوبلازمية التي تربط الخلايا مع بعضها البعض.

2- مقدرته على التحسس والاستجابة للمؤثرات الخارجية كالمؤثرات الميكانيكية والطبيعية والكهربائية وغيرها.

س: ما هي ميزات البروتوبلازم ؟

1- الحركة الانسيابية .....

2- الإحساس والاستجابة.....

وظائف البروتوبلازم:

1- القيام بكافة عمليات التحول الغذائي Metabolism والتي تشمل كل من عمليات البناء anabolism وعمليات الهدم Catabolism بفعل الأنزيمات المتواجدة فيه.

2- القيام بعمليات النمو Growth في مناطق النمو كالقمم النامية للسيقان والجذور والكامبيوم الوعائي والفليني والتي ينتج عنها زيادة حجم النبات طولا وعرضا وحجما.

3- القيام بعمليات التكاثر Reproduction والتي ينتج عنها زيادة وحدات البروتوبلازم وإنتاج وحدات حية مشابهه للنوع النباتي وبذلك تساعد على حفظ النوع (زيادة عدد النباتات).

المكونات الكيمياوية للبروتوبلازم ونسبها:

1- الماء يشكل 75- 80 ٪ من المكونات.

2- البروتينات تشكل 1- 20٪.

3- الدهون تشكل 2-3٪.

4- الكربوهيدرات تشكل 10٪.

5- الاملاح وبعض المواد العضوية الاخرى كالفيتامينات والهرمونات والحوامض النووية وتشكل 1٪.

على الرغم من ان الماء يشكل النسبة الكبرى من مكونات البروتوبلازم الا ان البروتين يعتبر المكون الاكثر اهمية لانه يعطي البروتوبلازم خصائصه المميزة وذلك بسبب دخوله في تركيب (السايتوبلازم , النواة , البلاستيدات , المايتوكندريا , الانزيمات , الاغشية الخلوية) اما الدهون فتلعب دور في تركيب الاغشية الخلوية في حين تمثل الكربوهيدرات مصدر للطاقة .

المكونات العضوية للبروتوبلازم وتشمل :

أولا : السايتوبلازم cytoplasm

وهو المادة الأساسية المكونة للبروتوبلازم ويتكون من :

أ- البلازما الأساسي ground plasm (السايتوبلازم الشفافcleare cytoplasm).

ب- الاغشية البلازمية plasma membranes (الاغشية الخلوية cellar membranes).

ج- الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticulum .

د- الخيوط السايتوبلازمية (القنوات السايتوبلازمية) plasmodesmata .

أ - البلازما الاساس :عبارة عن محلول غروي حقيقي يختلف في لزوجته باختلاف :

1- الخلية . 2- نوعها . 3- عمرها .

ويحتوي على الماء بنسبة عالية تتراوح مابين 85-90٪ في الخلايا النشطة فسيولوجيا في حين تنخفض نسبة الماء فيه إلى حد 15-20٪ في الخلايا غير النشطة فسيولوجيا كخلايا البذور وقد تصل إلى حد 4 % وفي هذه الحالة يفقد السايتوبلازم خاصية الانسياب التي يمتاز بها بالإضافة إلى الماء يتكون البلازما الأساس من أنواع مختلفة من البروتينات والدهون في حالة غروية وسكريات وأملاح في حالة ذائبة وهو يمثل المحلول الذي ينغمس فيه بقية أجزاء السايتوبلازم و **الخلية** .

العوامل المؤثرة على فعالية السايتوبلازم :

1- درجة الحرارة : أن ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة يؤدي إلى قلة فعالية السايتوبلازم وربما انعدامها وذلك بسبب تأثيره على هيئة وتركيب البروتين المكون للسايتوبلازم وحركة جزيئات الماء فيه.

2- توفر الاوكسجين: تنعدم فعالية السايتوبلازم وخاصة الحركة الانسيابية بغياب الاوكسجين.

3- المواد السامة والمخدرة : تعمل على تقليل أو انعدام فعالية السايتوبلازم .

4- تغير الـ PH : بما أن السايتوبلازم يتكون من البروتينات فانه يحمل شحنه كهربائية وهذه تتغير بتغير الـ PH وكما موضح ادناه :

$$R-\underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH}-COOH \xleftarrow[\text{زيادة ايون } H^+]{\text{انخفاض رقم الـ PH}} R-\underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH}-COO^- \xrightarrow[\text{زيادة جذر } OH^-]{\text{ارتفاع رقم الـ PH}} R-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COO^-$$

نقطة التعادل الكهربائي (PH=4.5 – 5)

فعند نقطة التعادل الكهربائي للسايتوبلازم والتي تتراوح مابين 4,5-5 لمعظم الخلايا يكون السايتوبلازم متعادل الشحنة ولما كان الـ PH لمعظم الخلايا النباتية يتراوح مابين 6,8 – 7,5 لذا فان سايتوبلازم معظم الخلايا النباتية يحمل شحنة سالبة .

وظائف السايتوبلازم :

1- محلا لحدوث تفاعلات التحلل السكري(إحدى مراحل التنفس) والفسفرة الضوئية (إحدى مراحل التركيب الضوئي) .

2- محلا لحدوث تفاعلات تكوين الكربوهيدرات والبروتينات والأحماض الشحمية (دهون).

ب- الأغشية البلازمية : plasma membranes (الأغشية الخلوية Celler membranes) :

وهي عبارة عن اغشية تتواجد في الخلايا تتميز بانها رقيقة حية اختيارية النفاذيةاي لها القدرة على التحكم في دخول الذائبات والمذيبات وذلك لاحتوائهاعلى أنزيمات وحاملات ايونات وفوسفوليبدات وجزيئات تساعد على نفاذ ايونات وجزئيات خاصة في اتجاه عكسي بالنسبة للاتجاه الطبيعي لمنحدر التركيز وذلك تبعا لاحتياجات الخلية وهذا ما يعرف بالنقل النشط، كما تتميز الأغشية الخلوية بمرونتها وقدرتها على تجديد ما يتلف منها . تتواجد الاغشيه البلازميه حول أعضاء السايتوبلازم اما بصورة مزدوجة كما في حالة النواة ، البلاستيدات ، المايتوكندريا و جهاز كولجي أو بصورة مفردة كما في حالة الجسام الكروية ، الأجسام الدقيقة والأنابيب الدقيقة وبذلك تفصلها نسبيا عن ما يحيط بها من السايتوبلازم وبالإضافة إلى ما سبق تتواجد الأغشية الخلوية اما بصورة مفردة كما في مناطق تلامس السايتوبلازم مع الجدار الخلوي وتكون مغلفة له من الخارج وتعرف بالأغشية البلازمية الخارجية (plasma lemma or ectoplast) او بصورة مزدوجة كما في مناطق تلامس السايتوبلازم مع الفجوات العصارية وتحدده من الداخل وتعرف بالأغشية البلازمية الفجوية Tonoplast أي ان السايتوبلازم يكون مغلف من الخارج والداخل بالأغشية البلازمية الخارجية والفجوية على التوالي(شكل3):

شكل(3):الغشاء البلازمي الخارجي وغشاء الفجوة (الغشاء البلازمي الداخلي).

تصميم الأغشية البلازمية (الأغشية الخلوية) :

من الناحية الكيمياوية تتركب الأغشية البلازمية من البروتين والدهون (ليبيدات) إذ يقوم الجزء البروتيني من الغشاء بتنفيذ الماء والمواد القطبية بينما ينفذ الجزء الدهني المواد غير القطبية فقط.

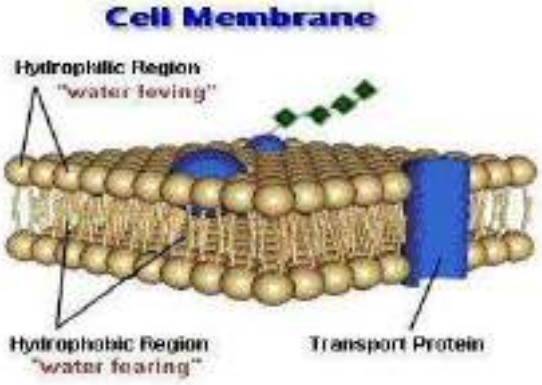
لقد اقترحت عدة نماذج لتفسير كيفية تركيب الاغشية الخلوية لكن أكثرها رواجا هو:

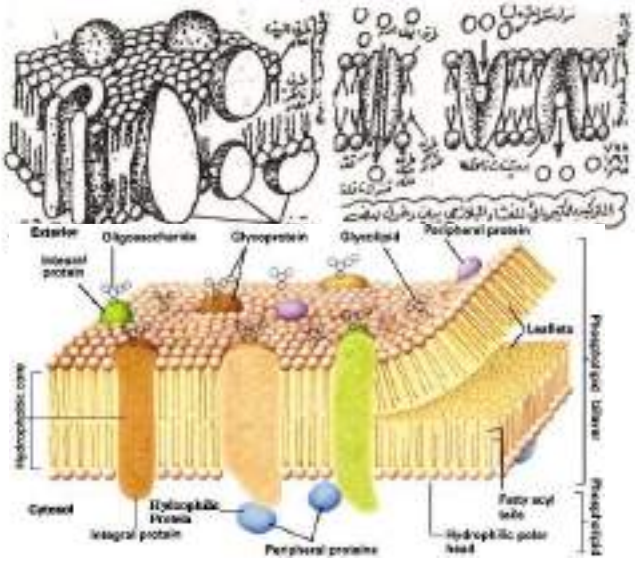
أ-) نموذج الغشاء الساندويجي الموضوع من قبل danielli and darson عام 1935 الذي يصور الاغشية الخلوية على شكل طبقتين من البروتين تحصر بينهما طبقتان من الدهن وبشكل يشبه الساندويج (شكل4) وبموجبه تسمح الدهون (الليبيدات) الموجودة في الغشاء بمرور المواد اللاقطبية Nonpolar (التي لا تحمل شحنة على سطحها) في حين تسمح طبقتي البروتين بمرور المواد القطبية (التي تحمل شحنة على سطحها) وهذا النموذج لا يوجد في جميع التراكيب الغشائية كما انه لا يفسر ديناميكية التغيرات في نفاذية الاغشية إلا انه يمدنا بقواعد تقودنا لفهم تراكيب الاغشية.

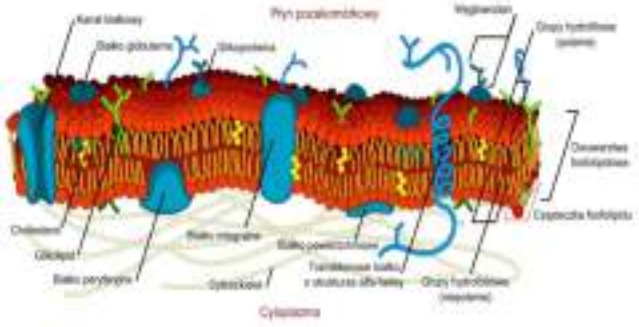
ب-) نموذج الغشاء المبرقش السائل المقترح من قبل colsou and siger عام 1972 وهو الأكثر قبولا في يومنا هذا والذي يصور الاغشية الخلوية على شكل طبقتين هما الدهنية بذيولها الهيدروكاربونية الكارهة للماء المنجهة للداخل والبروتينات ذات الأجسام الكبيرة التي تتواجد على سطح الغشاء وبداخله(شكل4) .

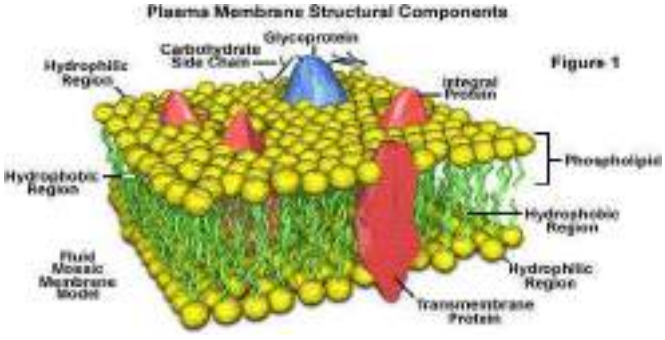
بموجب نموذج الغشاء المبرقش السائل تتكون طبقة الدهن من جزيئات دهن متراصة في صفين بجانب بعضهما البعض ويتخللها جزيئات بروتين في بعض المناطق في حين تتكون طبقة البروتين من جزيئات بروتين منفصلة. امالمركبات البروتينية فربما تكون تركيبية أو إنزيمات وتختلف جوهريا من عضو لاخر أو من غشاء لاخر أوما بين وجهي نفس الغشاء هذا بالإضافة إلى أن كل المكونات وبضمنها المنطقة السطحية ربما تتغير كاستجابة للتغيير في النفاذية والنشاط الأنزيمي على السطح الخلوي وبالتالي فان البروتينات لا تكون مثبتة ولكن ربما طافية في وعلى الدهون وهي التي تتحكم بمرور المواد عبر الغشاء . يوصف هذا الغشاء بأنه شبه نفاذ(اختياري النفاذية) .

شكل(4): النماذج المقترحة لتصميم الاغشية الخلوية







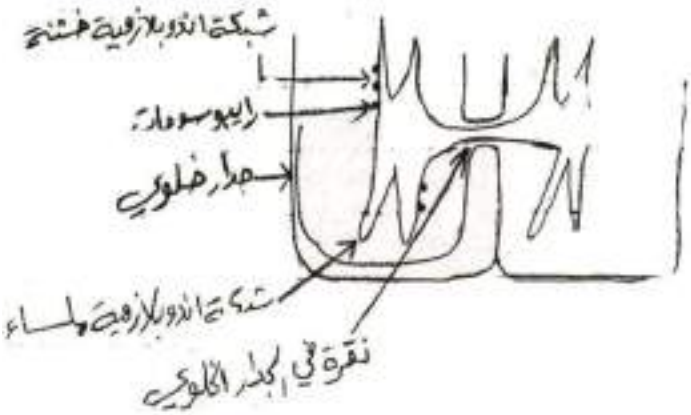


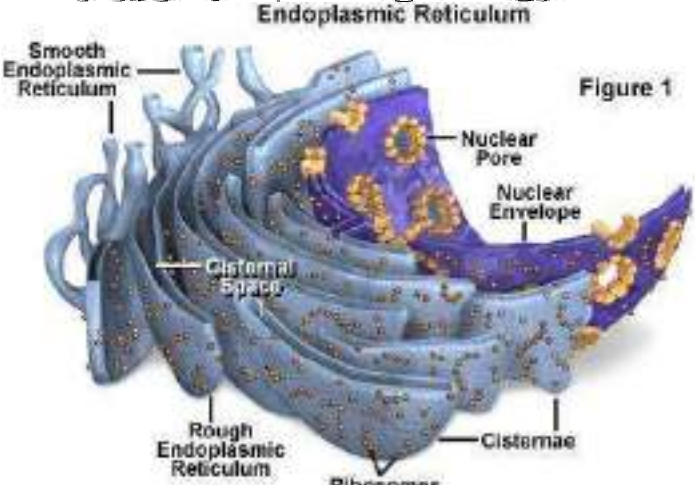
صور توضح تصميم النموذج المبرقش السائل

ج- الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic Reticulum

هي شبكة أنابيب وحويصلات **دقيقة** (شكل5) تنتشر في البلازما الأساس (السايتوبلازم الشفاف) وتجزئه **إلى** العديد من الغرف الصغيرة والذي بدوره يؤدي **إلى فصل الأنزيمات** المختلفة بعضها عن الـبعض مما يسهل حدوث التفاعلات الحيوية بصورة مختلفة.

قد تحمل الشبكة الاندوبلازمية في بعض **أجزائها** الرايبوسومات وبذلك تبدو خشنة الملمـس وبعكسـها تكون ملساء في حالة عدم حملها الرايبوسومات.





شكل (5): الشبكة الاندوبلازمية

وظائف الشبكة الاندوبلازمية :

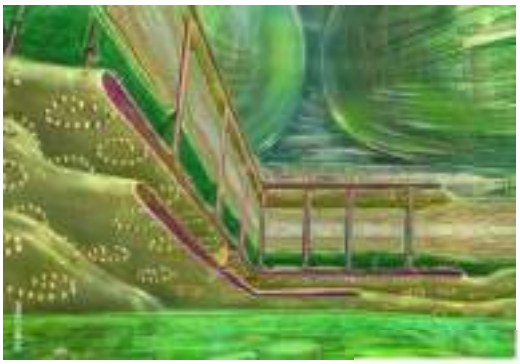
1- يعتقد أنها تكون الغشاء النووي خلال عملية الانقسام الخيطي الرئيسية.

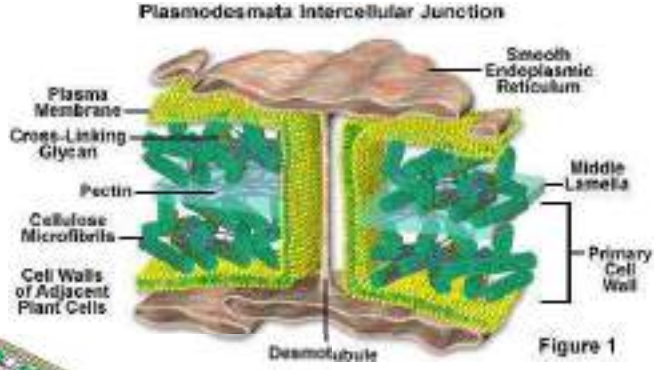
2- توصيل الخلايا مع بعضها البعض من خلال الخيوط أو القنوات السايتوبلازمية التي تخترقها وبذلك تسهل حركة المواد الحيوية والغذائية من خلية إلى أخرى.

3- تصنيع بعض المواد الحيوية كالبروتينات التي تصنع في الشبكة الاندوبلازمية الخشنة من قبل الرايبوسومات .

د- **الخيوط** أو القنوات السايتوبلازمية plasmodesmata

نوع من الخيوط او القنوات التي تخترق الشبكة الاندوبلازمية وتعمل على توصيل الخلايا مع بعضها البعض (شكل 6) وتساعد على نقل المواد الحيوية والغذائية من خلية الى اخرى وبذا تعمل على ربط السايتوبلازم للخلايا المتجاورة مع بعضه .





القناة السايتوبلازمية

جدار الخلية
سايتوبلازم
الغشاء البلازمي الخارجي
القنوات السايتوبلازمية
الصفيحة الوسطى
الفجوة العصارية
غشاء الفجوة

شكل(6): القنوات السايتوبلازمية

س)) أي عضو خلوي يقوم بوظيفة توصيل او ربط سايتوبلازم الخلايا المتجاورة مع بعضه ؟

ج) الخيوط أو القنوات السايتوبلازمية.

ثانيا : الرايبوسومات Ribosomes:

أجسام بروتوبلازمية متناهية في الدقة قد توجد بشكل حر في السايتوبلازم او مرتبطة على أسطح الشبكة الاندوبلازمية الخشنة (شكل5) كما توجد في داخل البلاستيدات الخضراء والانوية والمايتوكندريا. وظيفتها تخليق البروتين.

ثالثا : النواة nucleus:

جسم كروي أو بيضوي يوجد سابح في السايتوبلازم الشفاف (شكل7) وتمثل مركز السيطرة على جميع الفعاليات الحيوية التي تحدث في داخل الخلية وذلك لكونها تسيطر على عملية بناء الانزيمات التي تنشط معظم او ربما كل التفاعلات الحيوية في الخلية وهي تتكون من:

أ-)البرتوبلازم النووي nucleo plasm او مايسمى بالعصير النووي nuclear sap .

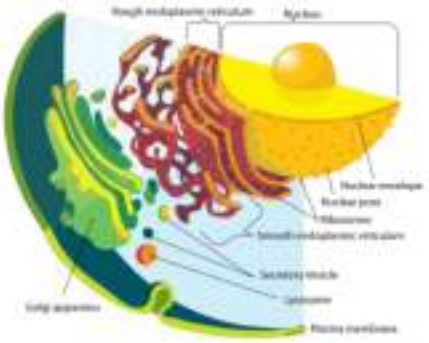
وهو عبارة عن مادة هلامية كثيفة غنية بالبروتينات والبروتينات الدهنية و RNA .

ب-) الغشاء النووي Nuclear Envelope :

وهو غشاء مزدوج يحيط بالعصير النووي اومايسمى بمحتويات النواة ويحتوي على ثقوب يتم من خلاله تبادل المواد بين النواة والسايتوبلازم .

ج-) النوية nucleolus: وهي عبارة عن جسم كروي سابح في العصير النووي وتتكون من الـ RNA والبروتينات وقليل من الـ DNA وهي تمثل مواقع لصنع RNA والبروتينات.

د-) الشبكة الكروماتينية chromatic reticulum: وهي عبارة عن نظام شبكي ذو خيوط دقيقة جدا متداخلة مع بعضها تقوم بتكوين الكروموسومات التي تحمل الجينات (أي العوامل الوراثية).



شكل(7) : نواة الخلية و مكوناتها

وظائف النواة :

1) نقل المعلومات الوراثية من جيل إلى آخر .

2) تتحكم فى جميع العمليات الحيوية التى تحدث فى الخلايا وذلك لاحتوائها على الـــ RNA الـــذي يحدد بناء البروتينات بأنواعها المختلفة وبضمنها الأنزيمات .

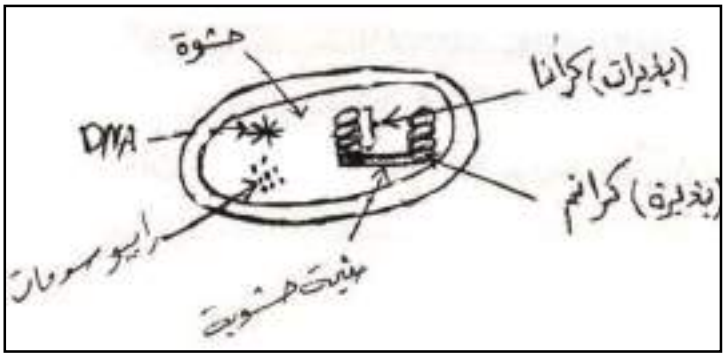
رابعا : البلاستيدات plastids

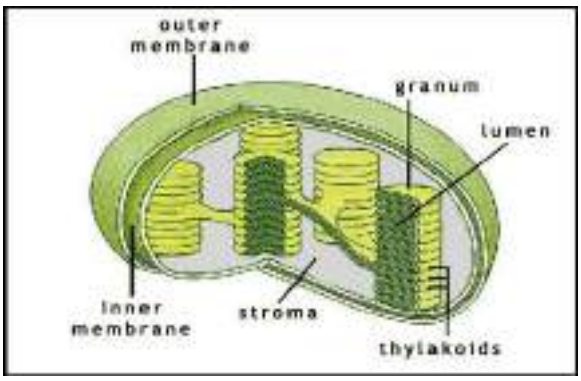
أجسام بروتوبلازمية لها القدرة على الانقسام والنمو دون أن ترتبط بعملية انقسام الخلية الموجودة فيها وتقسم حسب وجود أو عدم وجود الصبغات فيها إلى:

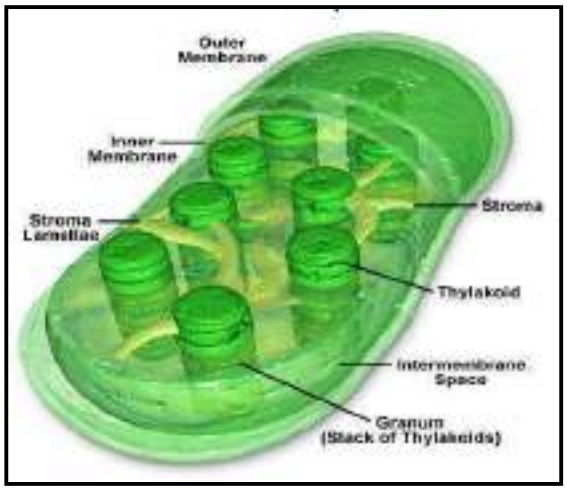
أ- **البلاستيدات عديمة اللون** : وهي بلاستيدات لا تحتوي على صبغات وتوجد فى الخلايا النباتية غير المكتملة النمو وكذلك فى الخلايا غير المعرضة للضوء مثل درنـــات البطاطـــا وظيفتهـــا تكوين وخزن النشا والزيوت .

ب- **البلاستيدات الملونة**: وتكون ذات ألوان مختلفة عدا الأخضر(كالأصفر والبرتقالى والأحمـــر) حيث يتوقف اللون على نوع الصبغة الموجودة فى البلاستيدات وكميتها .هذه البلاستيدات هـــى المسؤولة عن اللون فى الأزهار والثمار والجذور وتلعب دور في عملية التركيـــب الضـــوئي ويعتقد بأنها تساعد فى جذب الحشرات لتسهيل عملية التلقيح .

ج- **البلاستيدات الخضراء**: وتوجد فى اوراق النباتات والاغصان والسيقان الخضراء وتحـــدث فيهـــا تفاعلات التركيب الضوئي وتصنيع الغذاء (شكل8).





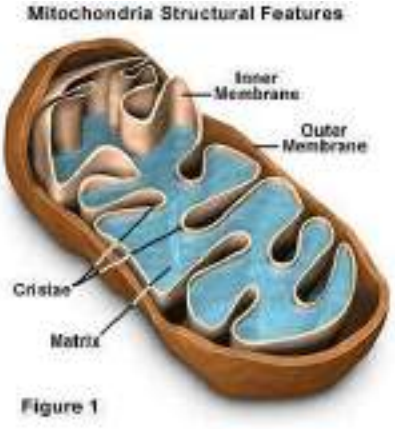


شكل (8) :البلاستيدات الخضراء

خامسا: المايتوكندريا Mitochondria:

اجسام بروتوبلازمية لها القدرة على الانقسام والتكاثر دون ان ترتبط بعملية انقسام الخلية الموجودة فيها وتوجد مبعثرة في السايتوبلازم وتسمى ببيوت الطاقة لان الجزء الاكبر من الطاقة المستعملة في الخلية يتم تحضيرة بواسطتها حيث تتحرر الطاقة منها نتيجة الاكسدة الحيوية للكربوهيدرات والدهون والبروتينات وتخزن بشكل اواصر فوسفاتية ذات طاقة عالية مثل مركب اديتوسين ثلاثي الفوسفات (ATP) والذي يعتبر اكثر المركبات اهمية علما بان فائدة خزن الطاقة في هذه المركبات هو امكانية تحريرها واستغلالها بسهولة عند الحاجة لها لغرض تسيير التفاعلات التي تستهلك طاقة في الخلية.

تحاط المايتوكندريا بغشائين الخارجي املس والداخلي تمتد فية بروزات الى الداخل لتكون مايسمى الرشاشات وعلى الرشاشات يوجد العديد من الجسيمات الدقيقة التي تحتوي الانزيمات اللازمة لتحويل مركب اديتوسين ثنائي الفوسفات ADP الى ثلاثي الفوسفات ATP والانزيمات اللازمة لدورة كربس وكذلك انزيمات نقل الالكترون وانزيمات السايتوكروم والانزيمات اللازمة لهدم الشحوم (شكل9).



المايتوكوندريا

شكل (9) : المايتوكندريا

س) ماهي الانزيمات الموجودة في المايتوكندريا ؟

1- الانزيمات التي تحول المركب الحامل للطاقة ADP الى ATP.

2- الانزيمات اللازمة لدورة كربس.

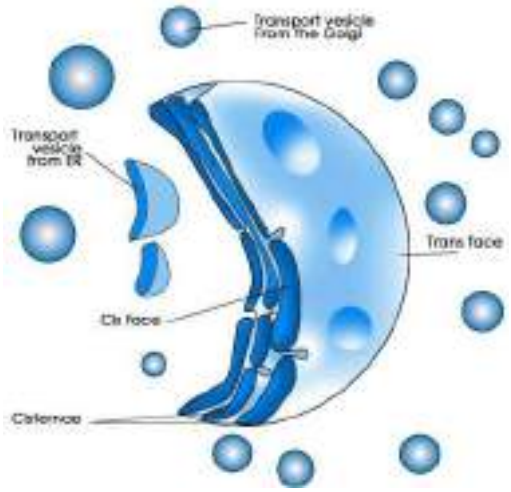
3- الانزيمات التي تقوم بنقل الالكترون .

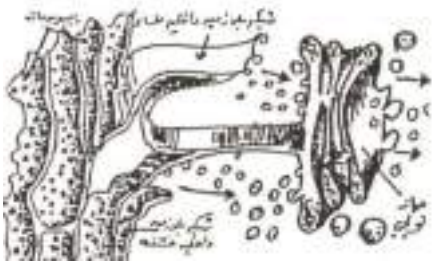
4-انزيمات السايتوكروم .

5- الانزيمات اللازمة لهدم الشحوم .

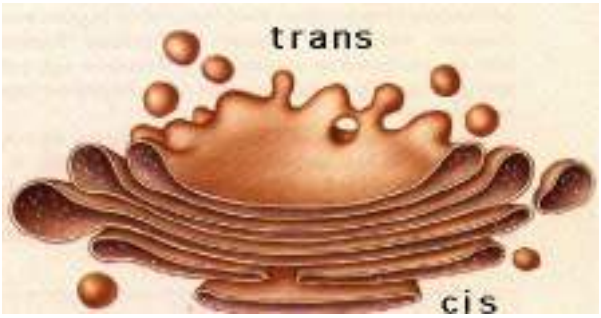
سادسا : جهاز كولجي : Golgi Apparatus

يظهر تحت المجهر على شكل مجموعة من الاجسام تنتشر في البلازما الاساس يتكون كل منهـا من مجموعة اقراص جوفاء تسمى سستراني Cistranae تحتوي بداخلها مركبات عديدة كالبروتينـات والكربوهيدرات (شكل10) والوظيفة الاساسية لجهاز كولجي هي الافراز ويعتقد بان له علاقـة مـع عملية بناء الغشاء البلازمي والجدار الخلوي والفجوة العصارية .





الشبكة الاندوبلازمية جهاز كولجي



شكل (10): جهاز كولجي

سابعا : الاجسام الكروية Lysosomes :

جسيمات بروتوبلازمية كروية الشكل (شكل2) تقوم بتجميع الانزيمات المحللة (الهاضمة) الموجودة في الخلية التي تعمل على تكسير الجزيئات الكبيرة كالشحوم والبروتينات والاحماض النووية ومركبات ATP من اجل ان تمنع تاثير هذه الانزيمات على مكونات الخلية نفسها وعند موت الخلية تنفجر هذه الجسيمات وتخرج محتوياتها الى تجويف الخلية وتحدث التحلل الذاتي للخلية .

ثامنا : الاجسام الدقيقة Microbadies :

جسيمات سايتوبلازمية كثيفة يوجد بداخلها بعض الأنزيمات التي تقوم بتحويل الدهون الى كربوهيدرات وأنزيم الكتاليز catalase الذي يحلل بيروكسيد الهيدروجين ويعتقد بأنها تلعب دور في عملية التنفس الضوئي .

تاسعا : الأنابيب الدقيقة Micro tubules :

وهي جسيمات قضيبية الشكل يعتقد بانها تحدد مكان انقسام النواة وتؤثر في اتجاه الحركة الانسيابية للسايتوبلازم .

س) أي عضو خلوي يؤثر في اتجاه الحركة الانسيابية للسايتوبلازم ؟

ج) الأنابيب الدقيقة .

ب – المكونات غير البروتوبلازمية : وتشمل:

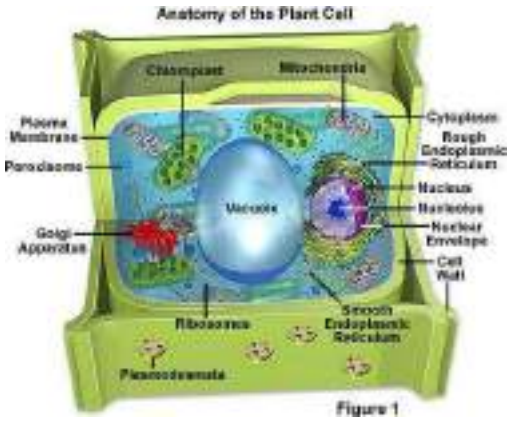
1- **المواد غير الحية** : هي مكونات غير حية لاتدخل في تركيب البروتوبلازم بل توجد فيه بشكل ذائب و غير ذائب في عصير الفجوات او في السايتوبلازم وتشمل نواتج العمليات الحيوية ووجودها في السايتوبلازم غير مرغوب فيه لتأثيرها الضار عليه ومنها مايلي :

1. حبيبات النشا.
2. البروتينات.
3. الدهون والزيوت .
4. البلورات .
5. التانينات .
6. الصبغات .
7. القلويدات (اشباه القلويات).

2-**الفجوات** : Vasscular

تجويف او مجموعة تجاويف في السايتوبلازم مملوءة بسائل يسمى العصير الخلوي. يوجد في الخلايا المرستيمية (الفتية او غير الناضجة) عدة فجوات صغيرة الحجم ويشغل السايتوبلازم في هذه الحالة

معظم حجم الخلية (90٪ من حجم الخلية تقريبا) في حين تتحد هذه الفجوات مع بعضها البعض في الخلايا الهرمة لتكون فجوة واحدة كبيرة تشغل 90٪ من حجم الخلية تقريبا .



شكل(11) :الفجوة العصارية

س) ما هو اسم السائل الموجود داخل الفجوة ؟

ج) العصير الخلوي.

وظائف الفجوة العصارية :

1- تعد المكان الرئيسي لتجمع نواتج التفاعلات الحيوية

2- تعتبر وسيلة من وسائل الافراز والاخراج .

3- تحافظ على الضغط الانتفاخي للخلية وتؤثرعلى الضغط الاوزموزي وبالتالي تلعب دور في دخول الماء وخروجه من والى الخلية وبذلك تتحكم في صلابة الخلية ومن ثم النبات .

ثانيا :الجدار الخلوي Cell wall :

هو الغلاف القوي والنصف متصلب الذي يحيط ببروتوبلاست الخلية ويعتقد بانه غير حي لكن اكتشاف بعض الاحماض الامينية كالبرولين والهايدروكسي برولين في الوقت الحاضر في مكونات الجدار الخلوي ادى الى زيادة احتمالية كونه حي ويمثل جزء من اجزاء البروتوبلازم .

تنتظم المكونات العضوية المكونة للجدر الخلوية بشكل يجعلها قوية الى حد كبير مع احتفاظها بدرجة عالية من المرونة تجعلها قابلة للتمدد والانضغاط او الانثناء دون تصدع اوتكسر ولهذا فان السيقان والاوراق والاعناق الورقية واجزاء النبات الاخرى قد تنحني بفعل الرياح الا انها تعود الى سابق شكلها دون اي تضرر.

يبدأ تكوين الجدار الخلوي في الطور النهائي Telophase للانقسام غير المباشر الميتوزي mitosis حيث تهاجر الانابيب الدقيقة واقسام من الشبكة الاندوبلازمية وجهاز كولجي في اتجاه المنطقة الاستوائية في وسط الخلية وتكون غشاء يفصل بين البروتوبلاستين الناشئين يعرف بالصفيحة الخلوية Cell plate التي تتحول الى جدار بكتيني يعرف بالصفيحة الوسطى middle lamella بعد ان تترسب عليها بكتات الكالسيوم وبكتات المغنيسيوم.

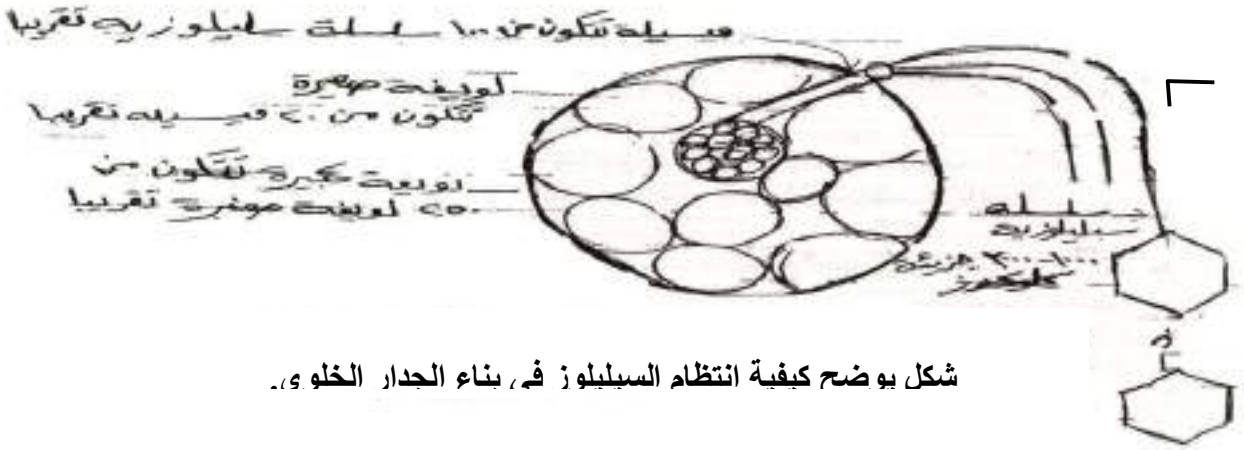
خلال نمو الخلية البنوية (البنتية) تترسب مواد أخرى عن طريق البروتوبلاست في صورة طبقات متتابعة على الصفيحة الوسطى مكونة الجدار الابتدائي primary wall والذي يتكون أساساً من السيليلوز الهيمسيليلوز والبكتين ويتميز بمرونته العالية ورقته وقابليته على الانثناء والنمو والتمدد والتغير في السمك.

في بعض الاحيان قد يتوقف نمو الخلية بعد تكوين الجدار الابتدائي كما في حالة الخلايا البرنكيمية وفي هذه الحالة يرسب البروتوبلازم مواد اضافية في الجدار الابتدائي كالسيوبرين والكيوتين لمنع تبخر الماء ونفاذيته من الخلية الا انه في الكثير من الخلايا النباتية الاخرى يترسب جدار ثانوي secondary wall بواسطة البروتوبلاست على الجدار الابتدائي بعد ان تصل الخلية الى حجمها النهائي ويتميز هذا الجدار بسمكه الذي يفوق سمك الجدار الابتدائي بعدة مرات وقلة (مرونته وقابلية انثناءه) مقارنتا مع الجدار الابتدائي.

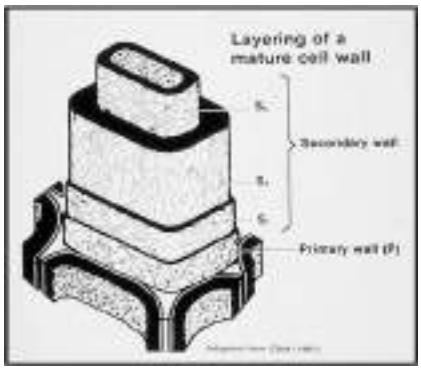
ترجع مرونة الجدر الابتدائية إلى انخفاض نسبة السيليلوز المتبلور فيها وارتفاع نسبة السيليلوز غير المتبلور وبالعكس بالنسبة للجدر الثانوية .

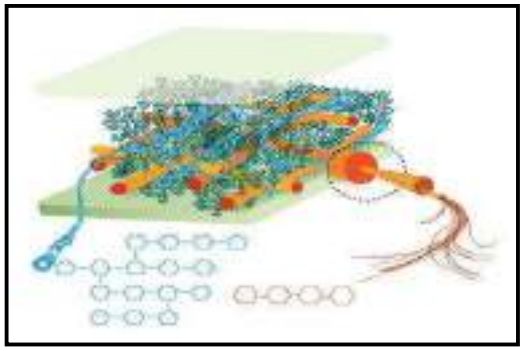
عادة لا يحدث ترسيب الجدار الثانوي بشكل منتظم على جميع أسطح الجدار الابتدائي مما يؤدي إلى تكوين مناطق منخفضة تسمى بالنقر على الجدر الخلوية والتي قد تنتشر على مساحات واسعة من أسطح الجدران الخلوية وتتقابل مع بعضها البعض في الخلايا المتجاورة مما يسهل اتصال هذه الخلايا مع بعضها من خلال الخيوط السايتوبلازمية التي تجتازها عبر هذه النقر .

تعزى الصفات الفيزياوية للجدر الخلوية غالبا إلى السيليلوز الذي يمثل احد المكونات الرئيسية التي تدخل في بناء هيكلها التركيبي وهو عبارة عن مادة عديدة السكر تتكون من جزيئات متكررة من سكر الكلوكوز التي تنظم بشكل سلاسل أو خيوط حيث لوحظ بأن انتظام السيليلوز في الجدار الخلوي يتركز على زيادة التعقيد حيث يبدأ بسلسلة بسيطة من السيليلوز التي تتجمع في حزم تفصلها فراغات لتكون الميسيلة micelle ومن ثم تتجمع هذه الحزم أو الميسيلات في لويفات صغيرة micro fibril تفصلها أيضا فراغات ومن ثم تتجمع اللويفات الصغيرة في الجدر الثانوية في لويفات كبيرة macro fibril تفصلها أيضا فراغات وكما موضح بالرسم ادناه.



شكل يوضح كيفية انتظام السيليلوز في بناء الجدار الخلوي.





شكل يوضح كيفية انتظام السيليوز في بناء الجدار الخلوي .

الفروقات ما بين جدار الخلية الابتدائي والثانوي :

مواد المقارنة	الجدار الابتدائي	الجدار الثانوي
1-المادة المكونة:		
أ-سيليلوز .	نسبة واطئة 10%	نسبة عالية 50%
ب-هيميسيليلوز.	نسبة عالية	نسبة واطئة
ج-بكتين .	نسبة عالية	نسبة واطئة
2- مدى المرونة	نسبيا عالية	نسبيا واطئة
3- تنظيم اللويفات	مبعثرة	مرتبة في طبقات وملتفة حول بعضها
4- طول سلاسل السيليلوز	قصيرة ~0.5 ما يكرون	طويلة ~5-10 مايكرون
5- طريقة إضافة مواد النمو	تراكم سطحي وتداخل	تراكم سطحي

وظائف جدار الخلية :

1- المساندة الميكانيكية للخلية بإعطائها القوة والصلابة .

2- التوسط في تبادل الايونات مابين الخلية والتربة .

3- حماية وحفظ مكونات الخلية من مؤثرات المحيط الخارجي .

4- المساعدة في نمو الخلية عن طريق مرونة جدار الخلية الاولي .

س) ما هو الفرق بين الجدار الخلوي والغشاء البروتوبلازمي ؟

الجواب :

الغشاء البلازمي	الجدار الخلوي
1-رقيق جدا لا يرى إلا تحت المجهر الالكتروني.	1-أكثر سمكا ويمكن أن يشاهد تحت المجهر الضوئي.
2-يتركب من البروتين والشحوم المفسفرة.	2-يتركب من السيللوز والهيميسيليلوز والبكتين.
3-اختياري النفاذية .	3-تام النفاذية .
4- مرن وحي .	4-غير مرن وغير حي .
5-يتواجد في الخلايا النباتية والحيوانية .	5-يتواجد في الخلايا النباتية فقط.
6-وظيفته تنظيم تبادل الماء والمواد الذائبة فيه	6- وظيفته الحماية والمحافظة على البروتوبلازم

مابين الخلية والمحيط الخارجي.	داخل الخلية.
7-سمكه ثابت	7- يختلف سمكه ومكوناته باختلاف النبات ومواضع الخلايا ونشاطها.

يطلب عمل تقرير عن كل مما يلي :

1- رسم الخلية النباتية مع التأشير على الأجزاء .

2- تعداد وشرح بسيط للمكونات الكيمياوية لجدار الخلية .

3- تعداد وشرح المكونات غير الحية في الخلية .

4- تعداد وشرح بسيط للنظريات التي تفسر نمو الخلية .

أهمية البروتينات للخلية النباتية د. عبد العظيم ص11

تعد البروتينات من المكونات الأكثر أهمية لأي خلية للأسباب التالية:

1) تعتبر المركب الأساسي الذي يدخل في تركيب السايتوبلازم، البلاستيدات، النـــواة، المايتوكنـــدريا، الأنزيمات، الأغشية الخلوية وأعضاء أخرى من الخلية.

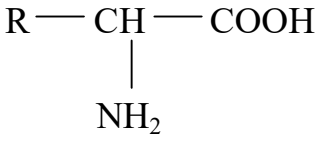
1) تعطي البروتوبلازم خصائصه المميزه كونها غرويات محبة للماء.

2) البروتينات الذائبة والأحماض الامينية تعتبر محاليل منظمة .

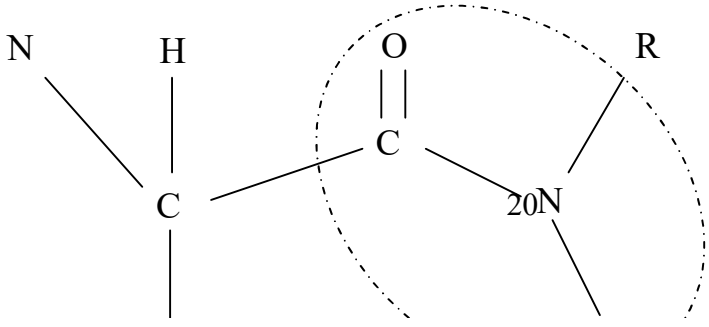
3) تعتبر الأحماض الامينية مواد امفوتيرية أي تستطيع ان تلعب دور حامض او قاعدة حسب ظروف التفاعل.

4) تلعب دور رئيسي في عملية ترجمة واستنساخ المعلومات الوراثية .

تتكون جزيئة البروتين من تجمع الأحماض الامينية والتي يرمز لها:



إذ تتحد الأحماض الامينية مع بعضها من طرف مجموعة الكاربوكسيل COOH لأحد الأحماض مـــع الـــ NH_2 لمجموعة الأمين للحامض الاخر بأصرة ببتيدية.



المحاليل والحموضة والمحاليل المنظمة

تحدث معظم العمليات الفسيولوجية في الخلايا الحية في اوساط مائية مختلفة الطبيعة والتركيز لذلك يجب دراسة وفهم الحالات الفيزياوية و الكيمياوية للماء في الخلية .

انواع المحاليل :
يمكن تقسيم المحاليل الى انواع وذلك حسب :

أولاً – الحاله الفيزياوية لكل من المادة المذيبه والمذابه وكما يلي :

	المادة المذابة	المادة المذيبة	مثال
1-	غاز	سائل	CO_2 أو O_2 في الماء
2-	سائل	سائل	الكحول في الماء
3-	صلب	سائل	سكر او ملح الطعام في الماء
4-	غاز	غاز	CO_2 أو O_2 في الهواء
5-	سائل	غاز	الضباب او الماء في الهواء
6-	صلب	غاز	غبار في الهواء
7-	غاز	صلب	هواء في التربة / هواء في قطعة طباشير
8-	سائل	صلب	حبر في ورق نشاف / ماء في خشبة متشربة
9-	صلب	صلب	السبائك / مزيج من دقائق التربة

ثانياً - حالة وجود المادة المذابة في المادة المذيبة وكما يلي :

1- **المحلول الحقيقي :** وفيه تتجزأ المادة المذابة في السائل المذيب الى جزيئات منفردة مثل السكر في الماء او تتحلل الجزيئات الى ايونات مثل (ملح الطعام في الماء) وتنتشر بصورة منتظمة بين جزيئات المذيب وتختفي فيها تماماً ويكون المحلول الناتج متجانس وتكون جزيئات كل من المذيب والمذاب في حركة عشوائية كاملة يمتاز المحلول الحقيقي بثباته وعدم ترسب ذراته مهما طال الوقت وبمروره خلال ورق الترشيح وذلك لصغر حجم الجزيئات او ايونات المادة المذابة و التي لا تزيد عن مليمايكرون واحد.

2-المحلول المعلق (او المستحلب) : وفيه لاتتأثر المادة المذابة بالسائل أو المذيب عند خلطها به فاذا اختلط الرمل بالماء فسرعان مايترسب لان دقائقه كبيرة الحجم (يسمى المحلول معلقا في حالة كون المذاب مادة صلبة كالرمل ومستحلب في حالة كون المذاب مادة سائلة كالزيت). يمتاز المحلول المعلق او المستحلب بأمكانية ترسبه مع مرور الوقت وبعدم مرور جزيئات المذاب من خلال ورق الترشيح وذلك لكبر حجمها اذ يبلغ حجمها اكبر من 200 مليمايكرون ويمكن ملاحظتها بالعين المجردة .

3-المحاليل الغروية : و فيها تتجزأ المادة المذابة الى وحدات صغيرة متوسطة الحجم مابين المحاليل الحقيقية و المحاليل المعلقة وتظل هذه الدقائق منتشرة في محاليلها و لا تترسب ابدا من تلقاء نفسها . يمتاز المحلول الغروي بعدم امكانية ملاحظة دقائقه بالمجهر العادي لكن ترى بالمجهر الالكتروني واحجامها تتراوح مابين (1- 20) مليمايكرون وهي تمر من خلال ورق الترشيح .

الحوامض والقواعد والاملاح :

ان المحاليل الحامضية والقاعدية والمتعادلة مهمة للخلايا الحية لان كثير من المواد الناتجة من العمليات الحيوية تعد مواد حامضة او قاعدية او متعادلة مثل الحوامض الامينة – الحوامض الشحمية – القواعد العضوية (pyrimidines , purines) وغيرها من المواد الشائعة في الخلايا والتي تلعب دور في تكوين البروتينات ، الدهون و الاحماض النووية . يعرف الحامض بانه اي جزيئة أو ايون يمكنه منح بروتون (H^+) الى أي جزيئة او ايون اخر وتمتاز الحوامض بشكل عام بطعمها الحامض اللاذع و قدرتها على معادلة القاعدة مكونة ملح و ماء اما القاعدة فتعرف بانها أي جزيء او ايون له القدرة على تقبل بروتون وتتميز القواعد بشكل عام بطعمها المر اللاذع وقدرتها على معادلة الحوامض .

قوة الحامض والقاعدة :

مدى سهولة الحامض لاعطاء البروتونات عند تحلله يعد مقياس لقوة الحامض كما ان قوة القاعدة تعتمد على مدى تقبلها او تسلمها للبروتونات . فالحوامض القوية توهب البروتونات بسرعة اما الحوامض الضعيفة فانها توهب البروتونات ببطئ . والقواعد القوية تكتسب البروتونات بسرعة بينما القواعد الضعيفة تكتسب البروتونات ببطئ . الحوامض والقواعد القوية عند ذوبانها في الماء تتحلل تحلل كامل بعكس الحوامض والقواعد الضعيفة التي تتحلل بقلة عند ذوبانها في الماء . من الحوامض القوية الهيدروكلوريك HCL ، الكبريتيك H_2SO_4 ،النتريك HNO_3 ومن الحوامض الضعيفة حامض الخليك CH_3COOH و H_2SO_3 ومن القواعد القوية هيدروكسيد الصوديوم $NaOH$ وهيدروكسيد البوتاسيوم KOH والضعيفة هيدروكسيد الامونيوم NH_4OH .

المواد الالكتروليتية و غير الالكتروليتية :

هي المواد التي توصل الكهربائية عند تحللها في الماء فالتيار الكهربائي المار في المحلول المائي للمواد الالكتروليتية يسبب تحللها وتسمى هذه العملية بالتحلل الكهربائي . تعتبر الحوامض والقواعد والاملاح مواد الكتروليتية وتعزى قابليتها على التوصيل الكهربائي الى تكون ايونات ذات شحنات كهربائية عند ذوبانها في الماء اما السكريات والكحولات فانها لاتتأين عند اذابتها في الماء لذا فهي مواد غير الكتروليتية .

المواد الامفوتيرية (المرتدة) :

هي المواد التي تستطيع ان تتفاعل كحامض او كقاعدة أي تستطيع استلام او تسليم البروتون حسب محيط التفاعل . من امثلتها الماء و الاحماض الامينية .

$$H_2O + HCL \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^-$$ الــماء كقاعدة

$$H_2O + NH_3 \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$ الماء كحامض

المحاليل المنظمة _Buffer Solutions_ :

وهي المحاليل التي تحتوي على حامض ضعيف وملحه او قاعدة ضعيفة وملحها مثل حامض الخليك وخلات الصوديوم او هيدروكسيد الامونيوم وكلوريد الامونيوم . المحلول المنظم يمتاز بانه يقاوم أي تغير في تركيز ايونات الهيدروجين عند اضافة كميات قليلة من حامض او قاعدة تدريجياً الى المحلول . فمثلا عند اضافة كمياة قليلة من هيدروكسيد الصوديوم الى المحلول المنظم المكون من حامض الخليك وخلات الصوديوم فان ايونات الهيدروكسيل سوف تتفاعل مع ايونات الهيدروجين الناتجة من تحلل حامض الخليك .

$$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow CH_3COONa + H_2O$$

و لهذا لايتغير pH اللمحلول المنظم في اول الامر و كذلك عند اضافة كمية اخرى من NaOH لان كمية معادلة من حامض الخليك تتحلل وتعادل القاعدة ويستمر الحال حتى يتأين كل حامض الخليك وعند ذلك فان أي اضافة من NaOH تسبب ارتفاع PH لعدم وجود مايعادلها كذلك الحال عند اضافة حامض HCL فان ايونات الهيدروجين الناتجة من تحلل HCL سوف تتحد مع ايونات الخلات لتكوين حامض الخليك القليل التأين .

$$HCl + CH_3COONa \longrightarrow CH_3COOH + NaCl$$

ولهذا لا يتغير pH المحلول المنظم في أول الامر و كذلك عند اضافة كمية اخرى من HCL لان كمية اخرى من ايونات الخلات تتحول الى حامض الخليك ويستمر الحال حتى تستنفذ كل الخلات وتتحول الى حامض الخليك .
ان الانظمة الحية لاتستطيع مقاومة أي زيادة كبيرة او نقص في تركيز ايونات الهيدروجين **لان تغيير تركيز ايون الهيدروجين يؤثر على نشاط الانزيمات وعلى معدل التفاعلات التي تساهم في هذه الانزيمات وعلى اتجاه التفاعل ومن هنا تظهر اهمية الاحماض الامينية والبروتينات الذائبة في الخلايا النباتية التي ساهم بشكل فعال في الحفاظ على درجة PH الخلية وبالتالي توفر الظروف المثالية لعمل الانزيمات .**

تركيز المحاليل :

يعرف التركيز للمحلول بانه نسبة كمية مادة مافي وحدة الحجم او الوزن لمادة اخرى ويستعمل الوزن الجزيئي الغرامي لتحضير المحاليل بتراكيز مختلفة . الوزن الجزيئي الغرامي لاي مادة هو وزن المادة بالغرامات وهو مساوي عدديا لوزن المادة بالوحدات الذرية فمثلاً وزن سكر الكلوكوز من مجموع الاوزان الذرية لمكوناته 180 فيكون الوزن الجزيئي الغرامي 180 غم .

$$180 = 6 \times 16 + 12 \times 1 + 6 \times 12 = C_6H_{12}O_6$$

يمكن التعبير عن تركيز المحاليل بالطرق التالية :

1- محاليل المولر أو المحاليل الجزيئية الغرامية :
ينتج عند اذابة وزن جزيئي غرامي واحد لمادة قابلة للذوبان في الماء بكمية تكفي ليكون الحجم النهائي الكلي لتر واحد من المحلول و يرمز لتركيز مثل هذا المحلول (1 M) . و عليه فأن محلول المولر لأي مادة قابلة للذوبان في الماء يحتوي على عدد أفوكادرو من الجزيئات للمذاب ($6,02 \times 10^{23}$ جزيئة) بينما عدد جزيئات المذيب تكون مختلفة .

180,6 غم تكمل الى لتر واحد تعطي واحد مول (1M)

360,32 غم تكمل الى لتر واحد تعطي 2 مول (2 M)

2- محاليل المولال :
ينتج عند اذابة وزن جزيئي غرامي واحد في لتر واحد ماء مقطر وعليه فأن حجم المحلول في اغلب الاحيان لايكون مساوي الى لتر وفي هذه الحالة يكون عدد جزيئات المذيب والمذاب ثابت تقريبا.

محلول المولر	محلول المولال
1- الحجم النهائي للمحلول لتر واحد 2- يحتوي المحلول عدد ثابت من جزيئات المذاب يساوي عدد افوكادو. 3- عند تحضيره يكمل حجم المادة الذائبة إلى 1 لتر وذلك بإضافة الكمية اللازمة من المحلول . 4- عدد جزيئات المذيب متغير	1- الحجم النهائي للمحلول اكثر من لتر واحد . 2- يحتوي المحلول على عدد ثابت من جزيئات المذيب و المذاب . 3- عند تحضيره يضاف لتر كامل من محلول المذيب 4- عدد جزيئات المذيب ثابت .

3- محاليل النسبة المئوية :

أ- النسبة المئوية الوزنية / الحجمية : تنتج عند اذابة 1 غم من المذاب في المذيب ويكمل الحجم الى 100 مل اذ يتكون محلول تركيزه 1 ٪ .

ب – النسبة المئوية الوزنية : تنتج عند اذابة 1 غم من المذاب مع 99 من المذيب حيث يتكون خليط تركيزه 1٪ .

4- المحلول العياري :

ينتج عند اذابة الوزن المكافئ للمادة المذابة في لتر واحد من المحلول و يرمز له (1 N) وعند إذابة وزنين مكافئين في لتر واحد يتكون (2 N) .

$$\text{الوزن المكافئ (غم)} = \frac{\text{الوزن الذري}}{\text{التكافؤ}}$$

الانظمة الغروية Colloidal system :

عند خلط كمية قليلة من تربة طينية مع الماء في اناء زجاجي يلاحظ تكون سائل ضبابي ذو لون بني و لو ترك السائل ليركز فسرعان مايظهر رائقا بعض الشئ وذلك بسبب ترسب الدقائق الثقيلة اولا ثم دقائق الاقل وزنا ثانية وهكذا وبعد فترة طويلة نجد ان معظم الدقائق لاتزال عالقة وتبقى كذلك لامد طويل يدعى مثل هذا الخليط بالسائل الغروي العالق ويتكون من دقائق صغيرة من التربة عالقة في الماء. أذ تمثل المادة العالقة في الماء الطور المنتشر (المذاب) اما الوسط الذي تنتشر فيه الدقائق فيدعى وسط الانتشار (المذيب) . لايشترط بوسط الانتشار ان يكون سائل بل يمكن ان يكون صلب او غاز كما يلي:

المذيب	المذاب	مثال
سائل	غاز	الضباب والسحاب
سائل	سائل	مستحلب اللبن - المايونيز
سائل	صلب	الجلاتين
صلب	غاز	غبار في دخان
صلب	سائل	طين في ماء
صلب	صلب	السبائك

غاز	سائل	مشروبات غازية
غاز	صلب	مسحوق الفحم

الغرويات المحبة للماء والغرويات الكارهة للماء:

في الغرويات المحبة للماء يوجد تجاذب بين الطور المنتشر ووسط الانتشار مما يؤدي الى تميؤ تلك الدقائق (انتظام جزيئات الماء حول كل دقيقة منتشرة مكونة غلاف سمكه عدد طبقات مائية) من امثلتها الجلاتين – الاكار- النشأ -الصمغ العربي- البروتين .
اما في الغرويات الكارهة للماء فلا يوجد أي تجاذب مابين الطور المنتشر ووسط الانتشار بل على العكس يوجد تنافر ويقاوم احدهما الاندماج مع الاخر ومن امثلتها المحاليل الغروية لبعض المعادن والاملاح المعدنية مثل هيدروكسيد الحديديك $Fe\ (OH)$ و زرنيخات الكبريت AS_2S_3 .

خواص الانظمة الغروية:

1- ظاهرة تندال: Tyndall phenomenon

هي ظاهرة ضوئية تتميز بها المحاليل الغروية دون المحاليل الحقيقية. فعند مرور شعاع ضوئي في محلول غروي ونظر الى المحلول من الجهة الجانبية وبشكل عمودي على اتجاه الاشعة الضوئية يلاحظ مسار الاشعة الضوئية في المحلول الغروي بسبب اعاقة وتبعثر الاشعة الضوئية وانعكاسها من قبل الدقائق الغروية .

2- الحركة البراونية Browaian Movement:

الدقائق المنتشرة في المحاليل الغروية والمعلقات تتحرك حركة تذبذبية بصورة عشوائية وفي جميع الاتجاهات وتتسبب هذه الحركة عن اصطدام الدقائق الغروية لجزئيات وسط الانتشار (المذيب) وبقوى مختلفة من جميع الجوانب بصورة دائمية مما يؤدي الى حركة الدقائق الغروية .
زيادة درجة الحرارة تؤدي الى زيادة معدل الحركة البراونية بسبب زيادة الطاقة الحركية لجزيئات المذيب.

3- الشحنات الكهربائية Electrical chorges:

تحمل الدقائق الغروية شحنات كهربائية معينة موزعة على سطحها وهذه الشحنات تكون موجبة او سالبة ولكنها تكون من نوع واحد في النظام الغروي الواحد. ان اصل هذه الشحنات الموجودة على الدقائق الغروية ناتج اما من تجمع سطحي للايونات الحرة الموجودة في وسط الانتشار على هذه الدقائق او من تأين او تحلل هذه الدقائق .

4- الترشيح والانتشار خلال الاغشية :

ان الطور المنتشر لايمكن فصله عن وسط الانتشار بأستعمال ورق الترشيح الاعتيادي بيد ان الفصل يحدث بأستعمال ورق الترشيح الدقيق جدا Ultra filter.

5- الادمصاص او التجمع السطحي Adsorption:

يعرف ميل الجزيئات او الايونات الى الالتصاق على اسطح المواد الصلبة او السائلة بالادمصاص .ولما كانت هذه الظاهرة ظاهرة اسطح لذا فان السعة الادمصاصية تتوقف على كمية الاسطح المعرضة وايضا على الطبيعة الكيماوية لوسط الانتشار والطور المنتشر.

6- الترسيب Precipitation:

هدم او استبعاد الشحنة الكهربائية يؤدي الى تقارب وتجمع الدقائق الغروية رويدا رويدا ثم ترسيبها وهذه يمكن اجرائها بإضافة محلول الكتروليتي الذي يؤدي تحلله الى تكوين ايونات تعادل الايونات الموجودة على الاسطح الغروية وبالتالي يؤدي الى ترسيبها .

7- امكانية تحول المحاليل الغروية من حالة صلبة الى سائلة وبالعكس :-

توجد بعض المحاليل الغروية على درجة عالية من السيولة (Sol) وتكون المادة الصلبة المذابة في مثل هذا المحلول موزعة بصورة متساوية في المذيب السائل عند درجة حرارة معينة وعند تبريد مثل هذه المحاليل الى درجة اوطأ فأنها تتحول الى حالة صلبة (Gel) , تعرف عملية تحول الغروي السائل الى صلب بـ Gelation اما العملية المعاكسة بـ Solation .

8- **الضغط الازموزي Osmotic pressure**:

تتصف المحاليل الغروية بقلة ضغوطها الازموزية مقارنة بالمحاليل الحقيقية لان عدد جزيئات المذاب في المحاليل الحقيقية اكثر مما هي عليه في المحاليل الغروية وبالتالي يكون الضغط الازموزي للمحلول الحقيقي اعلى مما في حالة المحلول الغروي.

ثبات الغرويات المائية :

الاسباب الرئيسية لثبات الغرويات المائية يعود الى عاملين اساسيين هما :

1- **الشحنة الكهربائية** :- تتكون الشحنة الكهربائية في الدقائق الغروية نتيجة تسلمها لايون ما او من تأين او تحلل الدقائق الغروية وتتوقف نوعية الشحنة وقوتها على نوعية الدقائق الغروية وعلى الـ PH فالغرويات القاعدية مثل القلويات والصبغات القاعدية وهيدروكسيدات المعادن تكون مشحونة بشحنة موجبة عند اذابتها في الماء.اما الدقائق الطينية عندما تنتشر في الماء تشحن بشحنة سالبة في حين بعض البروتينات تكون اما سالبة او موجبة الشحنة.

2- **التميؤ** :- يقصد به استقطاب جزيئات الماء وانتظامها على السطوح المشحونة للدقائق الغروية يعتمد سمك الغلاف المائي حول الدقيقة الغروية على شدة الشحنات الواقعة على سطحها .
التميؤ يلعب دور اكبر اهمية من الشحنات الكهربائية في ثبات الغرويات لذلك فالغرويات الكارهة للماء قليلة الثبات بسبب عدم وجود الاغشية المائية ويمكن ترسيبها بمجرد اضافة كميات من الالكترونيات اما الغرويات المحبة للماء فلا تترسب بسهولة وتحتاج الى تراكيز عالية من الالكتروليتية لترسبهما لاحتوائها على الاغلفة المائية.

الخواص المزدوجة للانظمة الغروية البروتينية :

تختلف الانظمة الغروية البروتينية عن بقية الانظمة الغروية بكون دقائقها مزدوجة التصرف بمعنى انها تعمل كقاعدة او حامض وتعتمد الخواص الحامضية على مجموعة الكاربوكسيل COOH اما القاعدية على مجموعة الامينو NH_2.

الحالة الغروية للخلية الحية:

ان بروتوبلازم الخلية النباتية هو نظام غرويا معقد التركيب حيث ان معظم مكونات البروتوبلازم خاصة البروتين تكون مجزأة تجزئة دقيقة ومنتشرة في وسط الانتشار (الماء)مكونة محلولا غرويا وبذلك يكسب البروتوبلازم كثيرا من خواصها كاللزوجة والادمصاص .
تتوقف درجة ثبات البروتوبلازم على دقائق الطور المنتشر والتي تحمل كل منها شحنة كهربائية لكن هذا الثبات يمكن تغييره بأضافة احدى المواد الالكتروليتية او تغير الـ PH والذي بدوره يؤدي الى ترسيب البروتوبلازم.

الخلاصة :

امفوتيرية (المرتده) : مثل الماء يلعب كحامض او قاعدة
الالكتروليتية : مثل الحوامض – القواعد - الاملاح
غير الالكتروليتية : مثل السكريات – الكحول
غرويات محبة للماء : مثل جلاتين – اكار – نشا - صمغ عربي – بروتين
غرويات كارهة للماء : مثل زرنيخات الكبريتيد AS_2S_3- هيدروكسيد الحديديك Fe (OH)

اربط الكلمات الموجودة في القائمة أ مع مايلائمها في القائمة ب

أ	ب
مواد الكتروليتية	سكريات / كحول
مواد غير الكتروليتية	حوامض / قواعد / أملاح
مواد امفوتيرية	ماء/ الأحماض الأمينية

علل/ الغرويات الكارهة للماء قليلة الثبات ؟
ج / بسبب عدم وجود الاغشية المائية حولها.

س / ما هو الفرق مابين المولال والمولر؟

العلاقات المائية للنبات water relation of plant

ان علاقة النبات بالماء تشمل النظم التي تحكم دخول الماء الى الخلية النباتية وخروجه منها وحركته من خلية الى اخرى داخل النبات كما وتشمل صعود العصارة الذائبة في الخشب من محلول التربة عبر الجذور حتى الساق والاوراق وكذلك كيفية توزيع المواد الغذائية بعد تصنيعها الى اجزاء النبات المختلفة بالاضافة الى النتح.

بشكل عام عملية امتصاص الماء من قبل الخلية النباتية لا زالت غير مفهومة بشكل متكامل الى حد الان الا انها تتضمن على الاقل عمليتين من عمليات الانتشار Diffusion هما:

أ- الازموزية osmosis

ب- التشرب Imbibition

وكلاهما يحدث في الخلايا النباتية الحية والاجسام الميتة على حد سواء .

الانتشار:

عبارة عن حركة الجزيئات من مكان تكون فيه اكثر تركيزا الى اماكن اخرى حيث تكون اقل تركيزا(سواءا تمت العملية بوجود غشاء او عدمه)، فمثلا اذا سقطت قطعة من السكر في كأس ماء فأن السكر يذوب ببطئ وتتحرك جزيئاته من سطح القطعة حيث التركيز عالي الى مناطق اكثر بعدا حيث التركيز اقل وبعد مرور فترة من الزمن تختفي قطعة السكر وتصبح موزعة توزيعا متساويا في السائل المحيط بها ويصبح النظام في حالة اتزان وعند ذلك تستمر حركة الجزيئات لكن من دون ان يحدث اي تغير في تركيز النظام .

في النبات تساهم عملية الانتشار في نقل بعض المواد الموجودة في المحيط الخارجي للنبات الى داخله وبالعكس فمثلا يدخل CO_2 ويخرج O_2 وبخار الماء من خلال الثغور الموجودة على الاوراق بعملية الانتشار. كما وتساهم هذه العملية في طرح CO_2 وبعض المركبات الاخرى من قبل الجذور الى خارج النبات هذا بالاضافة الى دورها في نقل ايونات الاملاح المعدنية من التربة الى داخل النبات.

أ- الازموزية Osmosis :

يعد الباحث Abbe Nollet (1884) اول من لاحظ ظاهرة الازموزية عندما ملأ مثانة خنزير بالكحول ثم ربط فوهتها ووضعها في الماء فلاحظ انتفاخها بدرجة كبيرة وبعد ذلك ملأ الباحث Dutrochet المثانة بمحلول سكري ووضعها في ماء نقي فلاحظ انتقال جزيئات الماء من الوسط الخارجي اي الماء النقي الى المحلول السكري الموجود في المثانة بمعدل اسرع من انتقالها من داخل المثانة اي المحلول السكري نحو الخارج اي الماء النقي ونتج عن ذلك ازدياد حجم المحلول في المثانة محدثا ضغط على جدرانها الداخلية من هذه التجارب تبين بأن الازموزية هي عملية انتشار لجزيئات الماء خلال غشاء اختياري النفاذية من مكان حيث طاقتها الحرة اكبر(او جهدها المائي اكبر) الى مكان حيث طاقتها الحرة اقل (او جهدها المائي اقل) وعادة يكون مكان الطاقة الحرة الاقل للماء (او الجهد المائى الاقل) هو ذلك الذي

تم تقييد حركة الماء فيه بإضافة جزيئات المذاب التي لاتنفذ خلال الغشاء وبذلك يكون صافي الحركة من المنطقة التي تحتوي تركيز عالي للماء الى المنطقة التي تحتوي تركيز واطئ للماء أي من المنطقة التي تحتوي طاقة حرة أعلى للماء إلى المنطقة التي تحوي طاقة حرة اقل للماء .

من هنا يتضح بان الازموزية ترتبط ارتباطا وثيقا بالاغشية الاختيارية النفاذية (التي تتميز بسماحها لمرور بعض الجزيئات ومنعها لمرور جزيئات اخرى) وليس بالمواد الماره خلال الغشاء.

ففي مثال السكر السابق حدث انتشار كل من جزيئات السكر في الماء والماء في السكر(بعدم وجود غشاء) وادى هذا الشئ الى امتزاجهما بالتساوي بحيث وصلت مستويات الطاقة الحرة الى حالة الاتزان في حين تضمنت ظاهرة الازموزية انتشار جزيئات الماء خلال غشاء اختياري النفاذية differentially permeable والمتمثل بمثانة الخنزير والذي يتميز بأنه غير حي وثابت التركيب في حين تتواجد في الخلية النباتية عدة أغشية حية و اختيارية النفاذية وذات صفات متغيرة مثل الاغشية البلازمية ، غشاء الفجوة، الشبكة الاندوبلازمية والأغشية التي تحيط بالجسيمات السايتوبلازمية وتتواجد في داخلها والتي تلعب دورا في حركة الماء من مكان الى اخر على جانبيها ومن هنا يتبين بأن ظاهرة الازموزية هي التي تحكم حركة الماء داخل اعضاء الخلية الواحدة وما بين خلية واخرى ومابين محلول التربة وخلية الجذر الملاصقة له (بحكم وجود الأغشية الحية الاختيارية النفاذية في الخلية) حيث أن محلول التربة في الظروف العادية يحتوي على مواد مذابة اقل من العصير الخلوي اي يكون تركيز الماء في محلول التربة اعلى نسبيا مما هو عليه في العصير الخلوي وعندئذ تحدث ظاهرة الانتشار ويميل منحدر التركيز(فرق التركيز) الى التعادل اي يحدث الانتقال من التركيز العالي للماء حيث الطاقة الحركية العالية في محلول التربة الى التركيز الواطئ للماء حيث الطاقة الحركية الواطئة في العصير الخلوي. وبنفس الميكانيكية يتحرك الماء من خلية ذات تركيز ماء عالي(تركيز ذائبات قليل) الى خلية ذات تركيز ماء اقل(تركيز ذائبات اعلى).

كثيرا ما يستعمل مصطلح الجهد الازموزي Osmotic Potential للدلالة على الطاقة الحرة النسبية للماء داخل الخلية بقدر تأثرها بكمية المواد المذابة ويعبر عنه بوحدات الضغط الجوي (جو)، وهو يمثل أقصى ضغط يمكن ان ينشأ في محلول ما عند فصله عن المذيب النقي بغشاء اختياري النفاذية مسببا جذب جزيئات المذيب النقي تجاهه اي باتجاه المحلول وهو ذات قيمة سالبة وهو يعادل الضغط اللازم إحداثه على المحلول لمنع دخول المذيب اليه عبر الغشاء .

الجهد الازموزي للماء النقي يساوي صفر وعندما تضاف له المواد المذابة ينخفض تركيز الماء وتبعا لذلك تنخفض طاقته الحرة ويصبح الجهد الازموزي سالبا وبناءا على ذلك فأن الجهد الازموزي للعصير الخلوي ومحلول التربة يكون سالب الشحنة دائما لاحتوائه على الذائبات وان انتقال الماء يحدث من المحاليل ذات الجهود الازموزية الكبيرة الى المحاليل ذات الجهود الازموزية الصغيرة وبما ان الجهود الازموزية للمحاليل سالبة الشحنة دائما لذا يحدث انتقال الماء من المحاليل الأقل سالبية الى الأكثر سالبية كما موضح في المثال التالي:

مثال:

نوع المحلول	قيمة جهد الماء ψ	اتجاه حـركة الماء
ماء نقي	صفر جو	
ماء + 5 غم ملح	-5جو	
ماء +10غم ملح	-10جو	

الامتلاء Turgor :

يتميز الجدار الخلوي الذي يغلف الخلية النباتية وغشائها البلازمي بصلابته وتركيبه غير المطاطي والذي يسمح لها بالعيش دائما تحت مدى واسع من التراكيز الازموزية بعكس الخليـة الحيوانيـة العديمـة الجدار الخلوي والتي لا تستطيع العيش إلا في المحاليل الازموزية المشابهة تقريبا لعصيرها الخلوي لأنـه عند وضعها في المحاليل المائية المخففة تمتلئ وتنفجر.

يتميز جدار الخلية النباتية بأنه منفذ لجميع المواد وعند وضع الخلية النباتية البالغة بوصـفها نظامـا ازموزيا في الماء وبسبب أن الجهد الازموزي للعصير الخلوي يقل كثيرا عن الجهد الازمـوزي للمحلـول الخارجي (بسبب ارتفاع تركيز الذائبات في العصير الخلوي) فسوف يتحرك الماء الى داخل الخلية وبالتالي تمتلئ الخلية بالماء ويزداد حجمها ويحدث ان تضغط محتوياتها وخاصة غشاء البلازما على الجدار الخلوي ويسمى هذا الضغط المسؤول عن دفع محتويات الخلية باتجاه الجدار الخلوي بالضغط الانتفاخي او ضـغط الامتلاءTurgor pressure .

اذاً الضغط الانتفاخي او ضغط الامتلاء: هو الضغط الموجه من المحلول الخلوي للخلية المنتفخة على الجدار الخلوي وهذا الضغط هو الذي يساعد في المحافظة على شكل النبات ويوفر للخلايـا الحديثـة النمو الضغط اللازم لنموها في الحجم.

بالمقابل هناك ضغط يعاكس الضغط الانتفاخي في الاتجاه ويساويه بالمقدار وهـو ضـغط الجـدار السليلوزي غير المرن نسبيا واتجاهه من الخارج نحو الداخل وعلى محتويات الخلية بمـا فيهـا العصـير الخلوي ويسمى بالضغط الجداري Wall pressure.

اذن الضغط الجداري: هو الضغط الموجه من جدار الخلية على محتوياتها والذي يساوي بالمقدار ويعـاكس بالاتجاه الضغط الانتفاخي (ضغط الامتلاء).

جهد الحشوة Matric pressure:

عبارة عن المقاومة التي يلاقيها الماء عند دخوله خلال الغشاء البلازمي الى داخل الخلية وفق العملية الازموزية نتيجة تعامله مع مركبات اخرى مثل مكونات الجدار الخلوي وغيرها مما يؤدي الى فقدان قسم من الطاقة الحرة.

بشكل عام يمكن حساب القوة المسببة لامتصاص الماء من قبل الخلية من المعادلة التالية:-

$$\psi_w = \psi_s + \psi_p + \psi_m \ldots\ldots\ldots(1)$$

حيث ان:-

(ψ_w يسي w): يمثل جهد الماء للعصير الخلوي او الطاقة الكيمياوية الكامنة لماء الخلية .

ψ_s يمثل الطاقة الكيمياوية المتسببة عن الذائبات او الازموزية (الجهد الازموزي) وهي ذات قيمة سالبة دائما.

ψ_p: تمثل الطاقة الكيمياوية المتسببة عن الضغط الجداري او الانتفاخي وهي ذات قيمة موجبة.

ψ_m: تمثل الطاقة الكيمياوية المتسببة عن التشرب او المواد التي تلتصق بالماء كالغرويات وهي ذات قيمة سالبة.

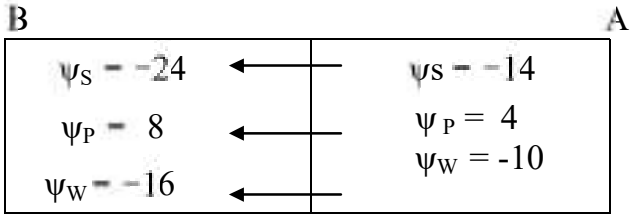
ولما كان جهد الحشوة (ψ_m) صغير القيمة ويصعب قياسه في النظم الازموزية لذلك يمكن حذفه لتصبح المعادلة بالشكل التالي:

$$\psi_w = \psi_s + \psi_p \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

وعلى هذا الاساس فأن دخول الماء الى الخلية النباتية يتأثر بالجهد الازموزي للعصير الخلوي الذي يعمل على زيادة معدل دخول الماء الى الخلية وبالضغط الجداري (الامتلاء) والذي يعمل على تقليل دخول الماء الى الخلية وعلى ذلك فأن الماء يدخل الى الخلية بقوة تساوي الفرق بينهما حيث يلاحظ استمرار دخول الماء الى الخلية مادام الجهد الازموزي للعصير الخلوي اكبر رقما من الضغط الجداري وعندما تصل الخلية الى حالة الامتلاء التام يتساوى كل من الجهد الازموزي والضغط الانتفاخي ويتوقف دخول الماء الى الخلية.

الازموزية بين الخلايا:

لو تخيلنا خليتين ملتصقتين ومحميتين من اي تبخر الاولى(A) لها جهد ازموزي(14) وضغط انتفاخي او جداري (4) والأخرى (B) ولها جهد ازموزي (24) وضغط انتفاخي او جداري(8) ففي أي اتجاه سوف يتحرك الماء و ما هو مقدار جهد الماء الذي عنده سوف تحصل حالة التوازن ؟



$$\frac{-16 + (-10)}{2} = \frac{-26}{2} = -13 \text{ bar}$$

بما ان محلولي الخليتين متصلان فأن الجهود المائية لكل منهما سوف تميل للوصول الى حالة التوازن الذي يحدث عند -13جو(-2/26) ولذلك سوف يتحرك الماء من الخلية(A)التي تمتلك جهد ماء اكبر(اقل سالبية)والذي يساوي(-10) جو الى الخلية(B)التي تمتلك جهد ماء اقل(اكبر سالبية) والذي يساوي(-16) جو.

اهمية الازموزية للنبات:

1- تساعد على حفظ الأنسجة النباتية بحالة ممتلئة ونشطة.

2- تسبب دخول الماء الى داخل النبات ومن ثم نقله وتوزيعه في جسم النبات.

3- تسهم في اكساب الخلايا النباتية الغضة والحديثة النمو كالقمم النامية قوة وصلابة.

4.تسهل إنبات البذور حيث تساعد على خروج الجزء الخضري فوق سطح التربة وتعمل على انتشار المجموع الجذري تحت سطح التربة.

العوامل التي تؤثر على الازموزية في النبات:-

1- تركيز محلول التربة: كلما زادت كمية الماء في التربة قلة سالبية الجهد الازموزي للتربة مقارنة مع النبات مما يؤدي الى انتقال الماء من التربة الى النبات.

2-تركيز العصير الخلوي: الجهد الازموزي لخلايا النباتات سالب الشحنه ويكون في النباتات الملحية اكثر سالبية بسبب عيشها في بيئة ملحية وقد يصل الى-60جو مقارنة مع النباتات المائية حيث يتراوح مابين-2الى -3جو.

3-الرطوبة الجوية:ان فقدان الماء من اوراق النبات بعملية النتح بسبب قلة الرطوبة الجوية يؤدي الى زيادة سالبية الجهد الازموزي لانسجة الورقة وبالتالي يؤدي الى انتقال الماء اليها من باقي اجزاء النبات .

4-الضوء:الضوء من العوامل الاساسية التي تؤثر على عملية التركيب الضوئي وتساهم في صناعة السكريات التي تذوب في المحاليل الخلوية وبالتالي تؤدي الى زيادة سالبية الجهد المائي للعصير الخلوي.
5-درجة الحرارة:تلعب نفس الدور الذي يلعبه الضوء في عملية التركيب الضوئي بالاضافة الى تأثيرها على النتح ونفاذية الغشاء الخلوي.
س : ناقش علاقة العوامل اعلاه مع سالبية الجهدالازموزي.

البلزمة plasmolysis :

اذا حدث ان انتقل الماء من الخلية الى منطقة ذات تركيز مائي(ماء)اقل ولم يكن هناك تعويض للماء المفقود فسوف يحدث تقلص ونقص في حجم البروتوبلاست يؤدي الى انكماش البروتوبلازم وانفصاله عن الجدار الخلوي وبالتالي فقدان الامتلاء للخلية والانسجة وهذا مايسمى بالبلزمة. واذا استمرت البلزمة لفترة طويلة فأنها تؤدي الى موت الخلايا المتبلزمة اما اذا نقلت الخلايا او الانسجة المبلزمة بعد وقت قصير الى محيط يحوي تركيز مائي اكبر مما هو موجود فيها فسوف يتحرك الماء الى الخلايا او الانسجة المبلزمة وتعود الى حالتها الطبيعية.

ب- التشرب Imbibition:

يعتبر التشرب احد صور انتشار الماء في النبات حيث يحدث تحرك الماء من التركيز العالي الى التركيز الواطئ لكن حركة الماء في هذه الحالة تتطلب وجود الجسم المتشرب الذي يمتاز بامتلاكه لقدرة امتصاصية(اي قابلية على سحب الماء تجاهه وتشربه به) ولا يوجد اي حاجة لوجود غشاء يفصل الجسم المتشرب عن الماء،اذ ان التشرب هو عبارة عن امتصاص سائل ما من قبل الجسم المتشرب او المادة المدمصة ودخوله فيها وعلى اسطحها مما يؤدي الى زيادة حجمه وتوليده لضغط يتجه من داخل الجسم المدمص نحو الخارج يعرف بضغط التشرب Imibibition pressure.

فمثلا عند ملامسة قطعة خشب اوجلاتين جاف للماء يحدث امدصاص لجزيئات الماء على اسطح هذه المواد وفي مساماتها مما يؤدي الى زيادة حجمها وتوليد ضغط تشرب هائل يتجه من الجسم المتشرب نحو الخارج وهذا ما استفاد منه قدماء المصريين عند بناء معابدهم ومنشأتهم حيث كانوا يضعون مادة مدمصة للماء وخاصة الخشب في حيز مغلق بين الصخور ومن ثم يسمحون لها بالتشرب بالماء مما يؤدي الى توليد ضغط هائل جدا يعمل على تكسر الصخور الكبيرة.عموما الغرويات الجافة تنتج ما مقداره(-3000) ضغط جو من ضغط التشرب في حالة وضعها بالماء اما الغرويات المشبعة بالماء فيكون ضغط التشرب فيها صفر.لحدوث التشرب يجب توفر عاملين :

أ- وجود فرق في جهد الماء بين الجسم المتشرب والسائل المحيط به فمثلا تظهر بعض مواد النبات الجافة سالبية كبيرة جدا في جهودها المائية فعلى سبيل المثال بعض البذور الجافة لها جهد مائي يساوي (-

900جو) وبالتالي عند وضع هذه البذور في ماء نقي يتحرك الماء تجاهها حتى يتساوى تركيزه مع المـــاء الخارجي وعند هذه النقطة ينشأ الاتزان ويتوقف التشرب .

ب- وجود الفة بين الجسم المتشرب والسائل المحيط به: حيث ان المادة الادمصاصية الميتة لا تتشرب بكل انواع السوائل فمثلا البذور الجافة التي تنقع بالايثر لا تنتفخ بدرجة ملحوظة الا ان المطاط يتشرب بـــالايثر وينتفخ بدرجة ملحوظة لكن المطاط لا يتشرب بالماء.

من الغرويات المحبة للماء والموجودة في الخلية النباتية البروتينات، الليبدات المتعددة، الكاربوهيدرات التي توجدبصورة (سليلوز او نشأ).

س: عدد الغرويات المحبة للماء الموجودة في الخلية النباتية؟

العوامل المؤثرة على معدل ومدى التشرب:-

1- درجة الحرارة: زيادتها تسبب زيادة معدل التشرب لانها تؤدي الـــى تمـــددالمواد المدمصـــة وزيـــادة مساميتهاوزيادة الطاقة الحركية للمادة المدمصة.

2- الجهدالازموزي للمادة المتشربة : كلما زادت سالبية الجهد الازمـــوزي للمـــادة المتشـــربة زاد معـــدل التشرب .

التغيرات التي تحدث عند التشرب :

عند التشرب يحدث فقدان في الطاقة وزيادة في حجم المادة الادمصاصية على الرغم مـــن ان الحجـــم الكلي

للنظام المتشرب(المادة الادمصاصية+السائل المحيط بها) في العادة يكون اقل بعد التشـــرب عنـــه قبـــل ان يبدأالتشرب والسبب في اختلاف الحجم يعود الى ان جزيئات المادة تدمص على اسطح المادة الادمصاصية بشدة وبالتالي فانهما يلتصقان مع بعضهما بشدة مما يؤدي الى نقص في حجم النظام.

س : ماهو الفرق بين الازموزية والتشرب؟

الازموزية	التشرب

1-تتطلب غشاء اختياري النفاذية.	1- تتطلب جسم متشرب.
2- لايتطلب وجود الفة مابين الجسم والسائل المحيط به	2- يتطلب وجود الفة مابين الجسم والسائل المحيط به.
3- يعتمد على وجود ذائبات على طرفي الغشاء.	3- لايتطلب وجود ذائبات .
4- تسبب جهد يسمى الجهد الازموزي وهوعبارة عن أقصى جهد تنشا في محلول عند فصله عن المذيب النقي بغشاء اختياري النفاذية مسببا جذب جزيئات المذيب النقي تجاهه أي باتجاه المحلول.	4- يسبب ضغط يعرف بضغط التشرب يتجه من داخل الجسم المتمص نحو الخارج .
5- تحدث الازموزية الاختيارية في الخلايا الحية فقط.	5- يحدث التشرب في الخلايا الحية والميتة .

النفاذية permeability:

ان حركة الماء على جانبي الاغشية الخلوية او البلازمية لايعتمد فقط على فرق الجهد المائي بين طرفي الغشاء بل ايضا وبشكل اساسي على حالة مرور الذائبات على جانبي الغشاء وذلك لان الاغشية الخلوية من النوع الاختياري النفاذية فهي تسمح لمرور بعض الذائبات من خلالها دون اخرى ولهذا فان التوازن النهائي على جانبي الغشاء الخلوي لايعتمدعلى الجهد المائي (او الطاقة الكيمياوية الكامنة للماء) فقط بل على حالة مرور الذائبات من والى الخلية .

تقسم الاغشية حسب قابلية نفاذيتها الى :

1- الغشاء النفاذ : يسمح لجزيئات كل من المذيب والمذاب بالمرور خلاله مثل ورق الترشيح.

2- الغشاء غير النفاذ : لايسمح لجزيئات كل من المذيب والمذاب بالمرور خلاله مثل الزجاج .

3- الغشاء النصف الناضح : هو الغشاء الذي يسمح لجزيئات المذيب بان تمر خلاله فقط ومن أمثلته غشاء المثانة ، ورق السيلوفان ، البارشمنت ، الكلوديون .

غشاء الخلية النباتية يسمح لمرور بعض المواد المذابة بالإضافة للمذيب ويسمى بالغشاء الاختياري النفاذية Defferentially Permeable Membrane .

العوامل المؤثرة على نفاذية الغشاء البلازمي :

1- النشاط الفسيولوجي للخلية :الخلايا الفعالة او النشطة تمتص او تستهلك كميات كبيرة من المواد الغذائية (ذائبات)مقارنة مع الخلايا غير النشطة وبذلك يحدث اختلاف في تركيز الذائبات داخل وخارج الخلية مما يؤدي الى دخول الماء الى الخلية .

2- المواد المخدرة او السامة : تؤثر هذه المواد كالكلوروفورم سلبيا على حساسية الخلية وتنفسها وكلما كان ذوبانها في الدهون كبير كان تأثيرها على نفاذية الغشاء كبيرا(لان الغشاء الخلوي يتكون من الدهون و البروتين).

3- تأثير الإشعاع : بصورة عامة الاشعاعات تقلل من نفاذية الاغشية ولايعرف بالضبط هل ان الاشعاع يغير حجم فتحات الغشاء البلازمي ام يغير النظم الانزيمية التي تسيطر على نقل الدقائق خلال الغشاء .

4- درجة الحرارة :وجد بان ازدياد درجة الحرارة يسبب زيادة النفاذية حتى حدود معينة وعندما ترتفع الحرارة اعلى من هذا الحد يحصل فقدان النفاذية بسبب فقدان الخصائص البايولوجية للغشاء . وتسمى مثل هذه الدرجة الحرارية بالدرجة المميتة lethal temperature.

5- تأثير الـ PH: ارتفاع او انخفاض الـ PH يؤثر على تأين المواد المارة خلال الغشاء وكذلك على هيئة وتركيب بروتوبلازم الغشاء البلازمي وبالتالي على نفاذيته.

6- ظاهرة التضاد اوتأثير الايونات :يعتقد بان الغشاء البلازمي يتحول من حالة غروية معينة الى حالة غروية اخرى تحت تأثير الايونات التي تدخل من البيئة المحيطة بالخلية فمثلا عند وجود الايونات الاحادية الموجبة الشحنة يحدث تضرر للغشاء البلازمي وتنفذ الايونات من خلاله بسرعة في حين وجود الايونات الاخرى تجعل نفاذية الغشاء البلازمي طبيعية ومن هنا يتبين بان الايونات المختلفة تغير من التركيب الكيمياوي للغشاء وبالتالي نفاذيته .

س: ناقش تأثير ما يلي على النفاذية ؟

النشاط الفسيولوجي للخلية , المواد المخدرة ,.....

قواعد النفاذية العامة:

1- وجد بان نفاذية المواد تزداد بزيادة قابلية ذوبانها بالدهون وذلك لسهولة اختراقها للاغشة الخلوية الحاوية على المواد الدهنية.

2- زيادة القطبية تسبب قلة الذوبان في الدهون وبالتالي قلة النفاذية والمقصود بالقطبية ان يتركب جزيء المادة بطريقة تجعل فيه طرفان احدهما له شحنات موجبة والاخر شحنه سالبة والمركبات القطبية هي التي تحتوي على مجاميع قطبية مثل(الهيدروكسيل OH ، الالديهايدCHO ، الكاربونيل CO ، الكاربوكسيل COOH ، الامين NH_2 ، الاميد $CONH_2$ والسلفات المهدرجة SH) حيث ان وجود المجاميع السالفة الذكر في المركبات تؤدي الى زيادة القطبية Polarity وبالتالي قلة القابلية على الذوبان بالدهون مما يؤدي الى انخفاض نفاذية الاغشية الخلوية وسبب ذلك يعود الى تكوين هذه المجاميع لاواصر هيدروجينية مع الماء مما يؤدي الى احاطتها باغشية مائية تزيد من حجمها وتقلل من سرعة نفاذيتها وهذا هو سبب بطيء نفوذ السكريات والاحماض الامينية (بسبب احتوائها على مجاميع NH_2 و OH و COOH....)

3- زيادة طول السلاسل الكاربونية للمركبات يسبب قلة القطبية وبالتالي زيادة قابلية الذوبان في الدهون ومن ثم النفاذية (السلاسل الطويلة لها مجموعة قطبية واحدة ،السلاسل الاقصر لكي تكون بنفس الطول يجب ان تمتلك اكثر من مجموعة قطبية).

4- المواد المتأينة لاتنفذ عبر الاغشية الخلوية بسهولة بسبب كونها مواد قطبية ولما كانت درجة التأين تعتمد على الPH للمحاليل الموجودة في بيئة الخلية لذلك فان اي تغيير في ال PH والذي تؤدي نتيجتة الى قلة التأين سوف يؤدي الى زيادة قابلية الذوبان في الدهون وبالتالي الى زيادة النفاذية وهذا الكلام ينطبق على كل من الاحماض العضوية والهرمونات النباتية .

4- المواد الالكتروليتية (كالحوامض والقواعد والاملاح) لاتنفذ خلال الاغشية الخلوية بسهولة بسبب تأينها الى ايونات حاملة لشحنات كهربائية وان وجود هذه الشحنة يعرقل نفوذ الايونات وكلما كانت شحنة الايون قوية او تكافؤه عالي تقل احتمالية دخوله الى الخلية عبر الغشاء وعلى هذا الاساس ايونات الصوديوم والبوتاسيوم (K^+ ، Na^+)تنفذاسرع من ايونات المغنيسيوم والكالسيوم (Mg^{++} ، Ca^+)والاخيرة اسرع من الحديديك (Fe^{+3}) وكذلك الحال بالنسبة للايونات السالبة فالكلور (Cl^-) والنترات (No_3^-)تدخل اسرع من الكبريتات (So_4^{-2}).

السبب الاخر لبطؤ نفوذ الكتروليتات الى الخلية هو تميؤ الايون اي احاطته بغلاف مائي بسبب قابلية ارتباطه مع جزيئات الماء باواصر هيدروجينية وينتج عن هذا تكون دقائق اكبر من الايونات نفسها.

6- توجد علاقة عكسية مابين معدل النفاذية وحجم الجزيئات المارة ضممن حدود معينة حيث كلما زادت حجم الجزيئات قلت نفاذيتها عبر الاغشية الخلوية .

س1: سلسل الايونات حسب سرعة دخولها في الاغشية مع توضيح السبب ؟

س2 : عدد فقط (مع الشرح البسيط) اربع من قواعد النفاذية ؟

امتصاص الماء

يقصد بامتصاص الماء دخول الماء وما فيه من ذائبات إلى النبات من البيئة المحيطة بالنبات. والذي غالبا ما يكون عن طريق المجموع الجذري و قد يحدث عن طريق المجموع الخضري وذلك في بعض النباتات الأرضية وكل النباتات المائية.

أولا:امتصاص الماء من قبل الجذور:

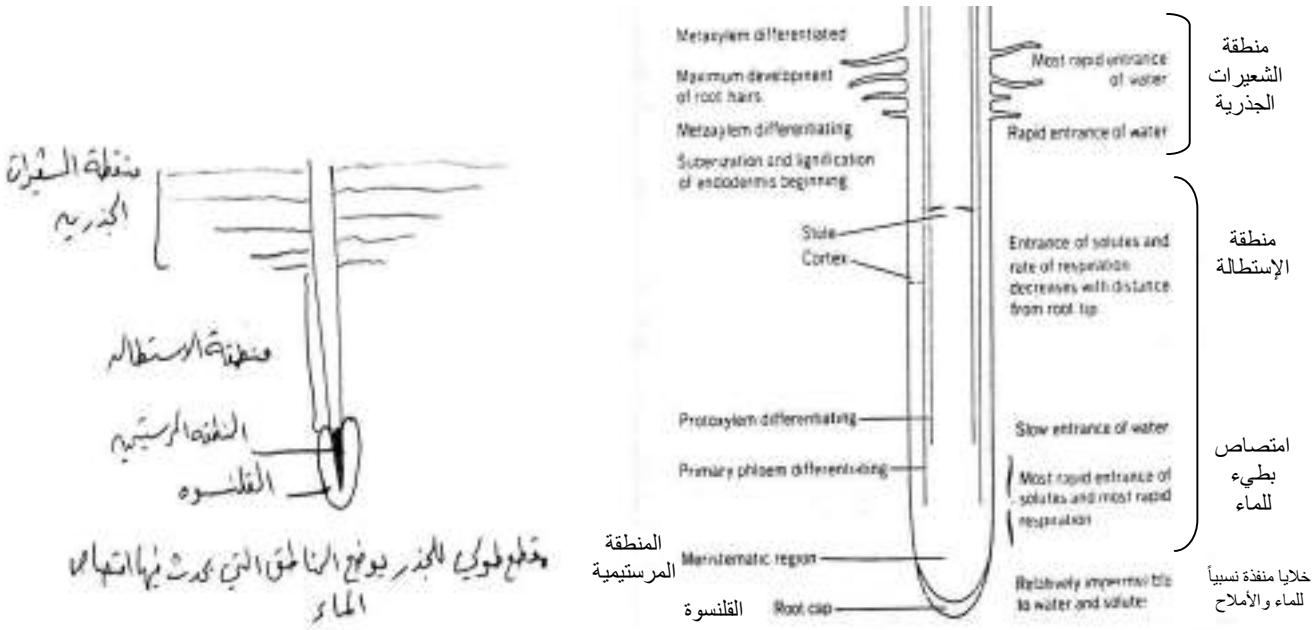
يحدث معظم امتصاص الماء والأملاح المعدنية من قبل الاجزاءالقمية للجذور والتي تتألف من أربع مناطق مميزة وهي:

أ- **القلنسوة**: وهي منطقة قصيرة جدا بيضاء اللون تحيط بالمنطقة التي تليها.

ب- المنطقة المرستيمية : تلي القلنسوة وتكون مغطاة جزئيا بالقلنسوة ولا يزيد طولها عن 0,1 ملم ويكون لونها مصفر و خلايا هذه المنطقة في حالة انقسام خلوي ونمو مستمر.

ج- منطقة الاستطالة: تلي المنطقة المرستيمية ويبلغ طولها بضع مليمات.

د- منطقة الشعيرات الجذرية: يختلف طولها باختلاف الأنواع النباتية وظروف نمو الجذر.



شكل رقم (1) مقطع طولي للجذر يوضح مناطق امتصاص الماء والمواد المذابة.

يحدث الامتصاص الأكبر للماء في منطقة الشعيرات الجذرية ثم منطقة الاستطالة اما كمية الماء الممتصة خلال القلنسوة والمنطقة المرستيمية فقليلة.

ان ميكانيكية امتصاص الماء بما فيه من العناصر الغذائية عن طريق الجذور لازالت مدار نقاش وجدل علمي حتى يومنا هذا لكن عموما يقترح وجود نوعين من الامتصاص هما:

أ- الامتصاص السالب (الحر) للماء Passive Water Absorption

بموجبه يحدث دخول الماء الى الجذورنتيجة فعالية الجزء الجزء الخضري (الاوراق خاصةً)في حين تقوم الجذور نفسها بدور سطح الامتصاص والقناة الناقلة فقط وبموجب هذه الطريقة يتم دخول الجزء الاعظم من الماء الى النبات. إذ ان تبخر الماء من خلايا الاوراق عن طريق الثغور يؤدي الى زيادة سالبية الجهد الازموزي وقلة الضغط الانتفاخي في خلايا الورقة وبالتالي تصبح الطاقة الحرة للماء(جهد الماء) في خلايا الورقة أقل أي أكثر سالبية وعندئذ تمتص خلايا الورقة الماء من الخلايا المجاورة والاخيرة من خلايا حامل الورقة وهكذا حتى يمتص الماء من خلايا الساق فالجذر ثم محلول التربة وعلى الرغم من ان فقدان الماء في عملية النتح هو السبب الرئيسي للقوة السالبة الا ان فقدان الماء بأي طريقة أخرى كدخوله في التفاعلات الحيوية وعمليات النمو يؤدي إلى حدوث الامتصاص السالب للماء.

ب- الامتصاص النشط (الفعال) للماء Active Water Absorption

يحدث امتصاص الماء بموجب هذه الطريقة بسبب نشاط وفعالية خلايا المجموع الجذري للنبات ويتطلب صرف طاقة حيوية يتم تجهيزها من عملية التنفس ويسير اما بآلية ازموزية او غير ازموزية ويكون استخدام الطاقة فيه بشكل مباشر او غير مباشر وكما يلي:

1- **الآلية غير الأزموزية**:

حسب هذه الآلية ينتقل الماء بما فيه من ذائبات من محلول التربة الى خلايا الجذر بمساعدة الطاقة المتحررة من عملية التنفس ويكون اتجاه حركته بعكس منحدر التركيز أي من التركيز الواطئ للماء الى التركيز العالي للماء وهذا يتطلب تجهيز طاقة بشكل مباشر للتغلب على قوانين الانتشار التي تسير بموجب منحدر التركيز وتحدث هذه الحالة عند العطش الشديد للنبات أو جفاف التربة الذي يسبب الذبول المؤقت للنبات أو كلاهما.

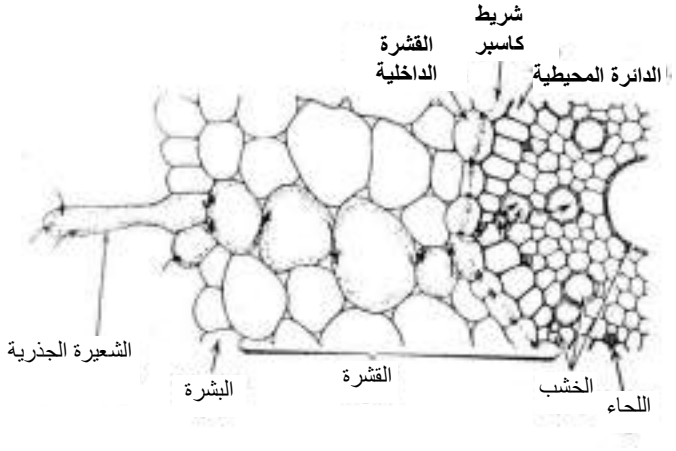
2- **الآلية الازموزية:**

يتم بموجب هذه الطريقة استخدام الطاقة لكن بشكل غير مباشر حيث ان الماء بما فيه من ذائبات ينتقل من التربة الى الاجزاء الداخلية من الجذر طبقا للآلية الازموزية أي من التركيز العالي للماء الى التركيز الواطئ أي الماء ينتقل من خلال بشرة الجذر بمافيها من شعيرات الى القشرة

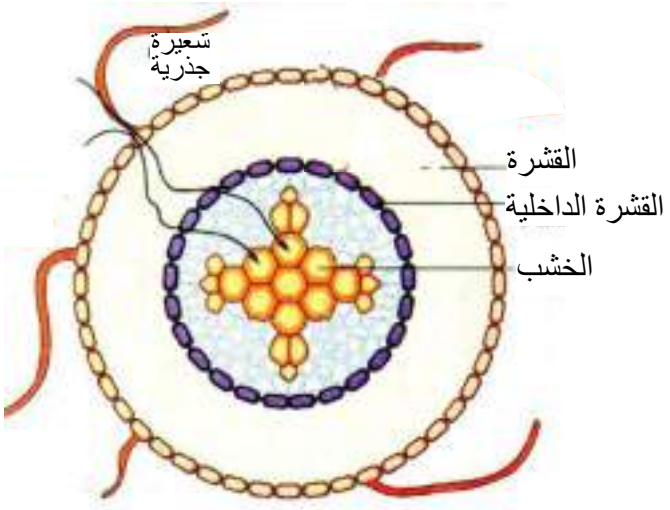
فالقشرة الداخلية ثم الاسطوانة الوعائية فأنسجة اللحاء وأخيرا الى الخشب نتيجة ازدياد تركيز الذائبات كلما تقدمنا نحو الخلايا الداخلية للجذروكماموضح بالمخطط والرسم ادناه.

الشعيرات الجذرية وخلايا البشرة القريبة منها ← انسجة القشرة ← القشرة الداخلية (الاندوديرمز) الحاوية على شريط كاسبر.

خشب ← اللحاء ← الاسطوانة الوعائية الدائرة المحيطة (البريسايكل)



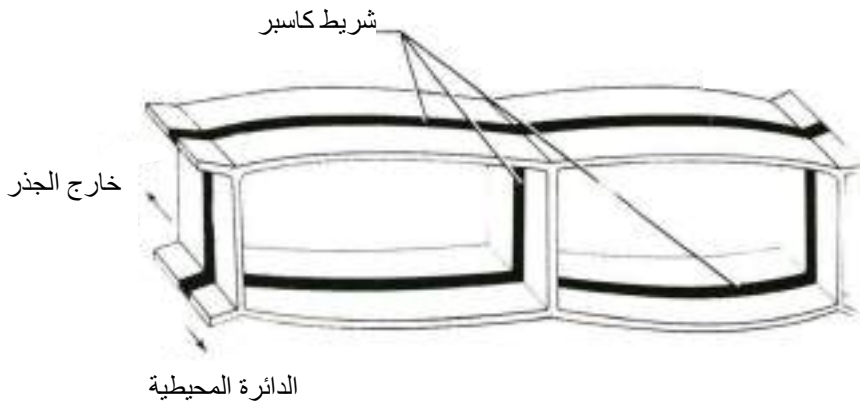
أ



ب

شكل رقم (2)مقطع عرضي للجذر يوضح حركة الماء والأيونات من التربة إلى الأوعية الخشبية وكيفية عبور الشريط الكاسبري.

السؤال المحير حتى يومنا هذا هو لماذا يكون تركيز الأملاح في الخلايا الداخلية للجذر أعلى مما في الخلايا الخارجية علما بان امتصاص الذائبات والاحتفاظ بها في خلايا الجذر يتطلب طاقة حيوية وهذه الطاقة تكون على اقلها في المنطقة الداخلية للجذر وخاصةً قرب القنوات الخشبية بسبب نقصان تركيز الأوكسجين وزيادة تركيز ثاني أوكسيد الكاربون مقارنةً مع الخلايا الخارجية للجذر وخاصةً خلايا القشرة التي تحتوي على مسافات بينية واسعة يتخللها الهواء وكما موضح بالشكل رقم (2). إن عملية فقدان الأملاح من الخلايا الداخلية للجذر بسبب قلة الطاقة وانتشارها نحو القشرة مرة ثانية أمر مستحيل او صعب جدا بسبب وجود الشريط الكاسبري (شكل 3) في خلايا القشرة الداخلية وهو عبارة عن صف من الخلايا الحاوية على تغلظ سوبريني في جدرها العرضية والقطرية وليس التماسية مما يعيق رجوع الماء للخارج لهذا سوف يتحرك الماء دائما نحو فراغات أوعية الخشب.

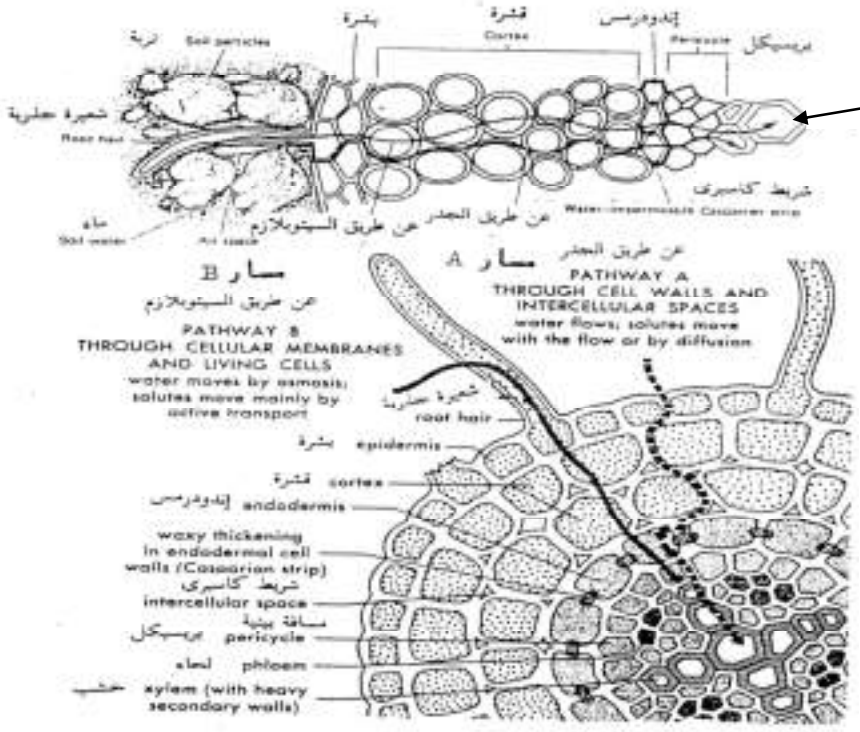


شكل رقم (3) مظهر الشريط الكاسبري في خلايا القشرة الداخلية.

والى حد ألان لا يعرف بالضبط كيف يجري الماء بصورة قطرية من نسيج البشرة حتى أنسجة الخشب لكن النظرية الأكثر قبولا هي نظرية أنظمة الـ Apoplast-Symplast (شكل 4) والتي بموجبها يمثل:

نظام Apoplast: يشمل نظام نقل الماء عبر المسافات البينية بين الخلايا(الفراغات) وجدران الخلايا والأوعية القصبية للخشب المملوءة بالماء أو الهواء والتي تساهم بنقل الماء حتى شريط كاسبر ومن ثم بعد شريط كاسبرخلال الأوعية الخشبية.

في حين يمثل نظام Symplast: نظام نقل الماء عبر محتويات السايتوبلازم للخلية الواحدة ولمجموع الخلايا المتجاورة من خلال القنوات السايتوبلازمية التي تربط الخلايا مع بعضها البعض وبموجبه ينتقل الماء من القشرة الداخلية الحاوية شريط كاسبرحتى أوعية الخشب.



شكل رقم (4): مسار الماء في الجذر بموجب نظام Apoplast (مسار A) و Symplast (مسار B)

ثانيا: امتصاص الماء عن طريق الأوراق

تستطيع اغلب النباتات امتصاص الماء بالحالة السائلة أو البخارية عن طريق الأوراق ومدى امتصاص الماء بهذه الطريقة يعتمد على:

1- جهد الماء أو الطاقة الحرة لعصير خلايا الورقة.

2- مدى نفاذية طبقة الكيوتين للماء.

بعض الباحثين يعتقد بان امتصاص الماء يحدث من ثغور الأوراق ولما كانت معظم النباتات تغلق ثغورها ليلا فان كمية الماء الممتصة عن طريق الثغور تكون قليلة اولاتحدث أساسا وذلك لأنه خلال النهار تكون الثغور مفتوحة لحدوث عملية فقدان الماء بالنتح وليس امتصاصه.

س) ما هي العوامل التي تؤثر على مدى امتصاص الماء من الأوراق ؟

العوامل المؤثرة على امتصاص الماء من قبل النبات:-

1- **درجة حرارة التربة**: عند درجة الحرارة الواطئة للتربة ينخفض معدل الامتصاص لان الماء يكون أكثر لزوجة عند مثل هذه الدرجات وبالتالي اقل قابلية على الحركة كما وان البروتوبلازم يصبح اقل نفاذية بالإضافة إلى ضعف نمو الجذور أو توقفها.

2. **تهوية التربة :** تمتص جذور النباتات الماء من التربة ذات التهوية الجيدة بمعدل أسرع من الترب ذات التهوية المتوسطة أو الرديئة. يعتقد بوجود عدة أسباب لقلة امتصاص الماء من الترب الرديئة التهوية منها:

أ- قلة الأوكسجين في التربة يعمل على خفض معدل التنفس وقلة إنتاج الطاقة في خلايا الجذور وبالتالي انخفاض العمليات الحيوية للجذر وقلة امتصاص الماء.

ب- تراكم ثاني أوكسيد الكاربون في التربة الرديئة التهوية يؤدي إلى ضرر النبات بسبب زيادة لزوجة سايتوبلازم خلايا الجذر وقلة نفاذية الماء مما يؤدي إلى انخفاض معدل امتصاص الماء من قبل الجذور.

ج- يعتقد أن تجمع ثاني أوكسيد الكاربون في الترب قد يؤدي إلى حدوث تسمم وتوقف عمل الأنزيمات.

3. **تركيز محلول التربة:** قلة تركيز محلول التربة مقارنةً مع تركيز العصير الخلوي يؤدي الى دخول الماء الى النبات بشكل اكبر.

4. **معدل النتح في النبات:** كلما ارتفع النتح في النبات تزداد سالبية الجهد المائي (الطاقة الحرة) للعصير الخلوي في النبات وخاصة الأوراق وبالتالي يزداد معدل امتصاص الماء.

5. **خصائص المجموعة الجذرية :** تختلف المجموعة الجذرية للنباتات المختلفة اختلافا كبيرا في المظهر ومدى اختراقها للتربة فمثلا بعض المجاميع الجذرية تخترق التربة عمقا بينما مجاميع أخرى تؤلف شبكة كثيفة من الجذور المتفرعة التي لا تستطيع اختراق التربة عمقا ولكنها تغطي مساحات كبيرة من التربة وبعمق اقل ولكل منها قدرة معينة على امتصاص الماء لا تشابه الأخرى.

6. **كمية ماء التربة القابلة للامتصاص:** ليس جميع الماء الموجود في التربة يمكن أن يمتصه النبات فعادتا النباتات تمتص الماء من التربة إذا كان محتوى التربة من الماء يقع بين السعة الحقلية ونقطة الذبول أما إذا قلّ المحتوى المائي القريب من الجذور عن هذا الحد فسوف يصبح امتصاص الماء صعبا بسبب تغلب القوى الطبيعية التي تمسك الماء مع دقائق التربة على القوى المسببة لدخول الماء إلى النبات.

انتقال الماء وأملاح العناصر الغذائية في الخشب:

العصارة الصاعدة في الخشبXylem Translocation:

لقد عرف منذ أكثر من قرن أن نسيج الخشب هو الذي يقوم بنقل الماء والمواد الذائبة فيه وسميت العملية التي يتحرك فيها الماء والمغذيات خلال النبات إلى الأعلى بالنسغ الصاعد.

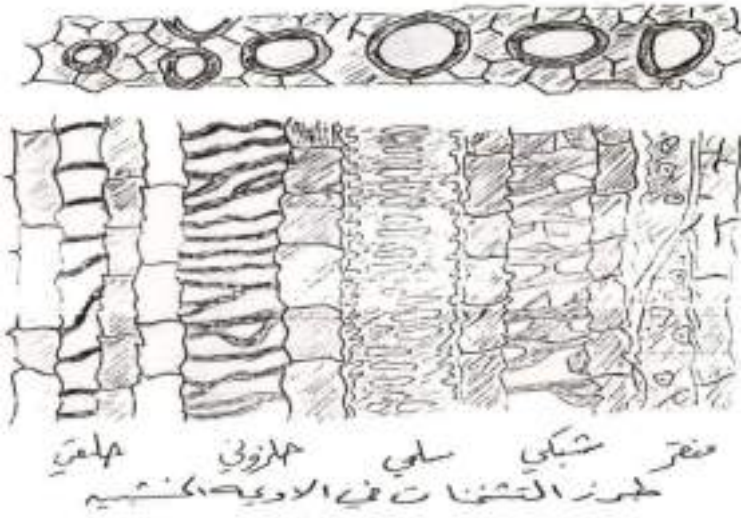
نسيج الخشب Xylem tissue :

نسيج معقد يشمل عدة أنواع من الخلايا يموت بعضها بعد النضج بينما يبقى الاخر حيا. يقوم نسيج الخشب بنقل الماء والأملاح الممتصة من التربة عبر الجذر فالساق فالاوراق حيث يتم صنع الغذاء كما يقوم بوظيفة ميكانيكة اذ يُكسب الأعضاء النباتية دعما وقوة لاحتوائه على الألياف Fibers ولصلابة جدران الاوعية Vessels والقصيبات Tracheids الموجودة فيه والتي تمثل عناصر النقل في النسيج الخشبي.

يتركب نسيج الخشب في معظم مغطاة البذور من الاوعية القصبية والقصيبات والنسيج الحشوي الخشبي وألياف الخشب في حين تغيب الأوعية القصبية في نباتات عاريات البذور.

أولاً: الأوعية القصبية Xylem vessels:

وهي تراكيب أنبوبية متعددة الخلايا وظيفتها الرئيسية نقل الماء والأملاح المذابة. يتركب الوعاء من سلسلة طويلة من الخلايا يتصل بعضها ببعض عند نهاياتها مكونة تركيبا أنبوبيا يطلق عليه الوعاء القصبى أو الخشبى ويطلق على الخلايا المشتركة فى تكوينه بوحدات الوعاء الخشبى وتكون الجدران النهائية لهذه الوحدات منقية او ذائبا كليا. عند نضج الوعاء تموت الخلايا المكونة له، وتختفى المحتويات البروتوبلازمية الموجودة فيها، وعندها يصبح الوعاء قادرا على القيام بوظيفة النقل. تتثخن الجدران الثانوية للأوعية البالغة بمادة اللكنين التى تضاف بشكل يؤدي إلى حصول طرز مختلفة من التثخنات الجدارية كالحلقي ، الحلزوني، السلمي، الشبكي والمنقر شكل (5) .



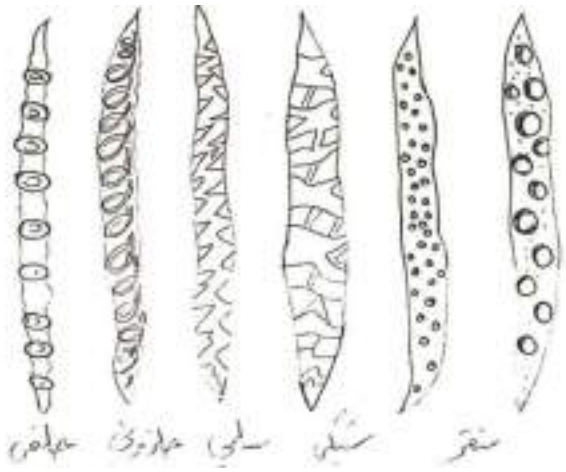
شكل رقم (5) طرز التثخنات في الأوعية الخشبية

يختلف طول الاوعية باختلاف النباتات وغالبا ما يصل طولها بضعة سـنتمترات، الا انها قد تصل الى عدة امتار في بعض الاشجار كالكروم. يعتبر وجود الاوعية صفة مميزة لخشب نباتات مغطاة البذور التي تضم نباتات ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين اذ تكون معدومة فـي خشب معظم عاريات البذور كالصنوبر.

ثانيا: القصيبات Tracheids

وهي خلايا طولية الشكل مدببة الطرفين يموت بروتوبلازمها عند النضج وظيفتهـا الاساسية نقل الماء والاملاح . وتمثل كل قصبة خلية واحدة تحوي جدرانها النهائية والقطرية التي تفصل بعض القصيبات المتجاورة على نقر، وبذلك يتم انتقال الماء والاملاح مـن قصـيبة الـى اخرى. كما هو الحال في الاوعية فأن الجدران الثانوية لهذه الخلايا تتشحن بمادة اللكنين. وبأشكال أو طرزا مختلفة مشابهه لتلك التي ذكرت في الاوعية القصبية شكل (6). توجد القصـيبات فـي خشب نباتات مغطاة البذور وعاريات البذور.

القصيبات:
1- كل قصيبة تمثل خلية.
2- الاتصال عبر النقر.



شكل رقم (6) أنواع الترسبات في القصيبات

ثالثا":النسيج الحشوي الخشبي Xylem Parenchyma

وهي خلايا حشوية حية موجودة ضمن نسيج الخشب، وموزعة بين عناصره كالاوعية والقصيبات او قد تكون موجودة على شكل صفوف قطرية مكونة مـا يعـرف بأشـعة الخشـب Xylem rays في حالة الخشب الثانوي . ان وظيفة الخلايا الحشوية الخشبية النقـل الجـانبي للماء والمواد الغذائية وكذلك تخزين المواد الغذائية أحيانا.

رابعا":الياف الخشب Xylem fibers

وهي خلايا طولية مستدقة وذات جدران ثانوية متشحنة باللكنين تموت عند نضـجها. توجد الألياف ضمن نسيج الخشب الابتدائي وتقوم بوظيفة تقوية النبات ميكانيكياً.

الخشب الابتدائي والخشب الثانوي:

يتميز الخشب بالنسبة الى نشوئه الى خشب ابتدائي وخشب ثانوي وفيما يلي شرح موجز لكلا النوعين:

الخشب الابتدائي Primary Xylem:

هو الخشب الذي يشتق مباشرة من الكمبيوم الاولي Procombium خلال فترة النمو الابتدائي، ويبقى الخشب الوحيد في نباتات ذوات الفلقة الواحدة وبعض نباتات ذوات الفلقتين العشبية اذ لا يتكون خشب ثانوي في نباتات ذوات الفلقتين عادة.

الخشب الثانوي Secondary Xylem

هو الخشب الذي يكونه الكمبيوم الوعائي Vascular Combium خلال عملية النمو الثانوي ويتكون عادة في سيقان وجذور معظم نباتات ذوات الفلقتين وعارية البذور إضافة إلى الخشب الابتدائي الموجود فيها أصلاً.

معدل صعود العصارة

إن معدل حركة العصارة الخشبية يختلف باختلاف النباتات والظروف البيئية. ففي نباتات عارية البذور الخالية من الأوعية القصبية يكون معدل صعود العصارة قليل ويقارب 1,5 م/ساعة أما في نباتات مغطاة البذور الحاوية على الأوعية القصبية المفتوحة نسبياً بالإضافة إلى القصيبات فإن معدل حركة العصارة يكون عالياً يتراوح ما بين 50- 150 م/ساعة.

ميكانيكية صعود العصارة الخشبية في النبات :

أ-الضغط الجذري Root Pressure:

يقصد به الضغط الذي يتولد في العناصر الناقلة للخشب نتيجة الفعاليات الايضية للجذور ويعمل على دفع العصارة الخشبية إلى أعلى النبات حيث يلاحظ عند قطع الساق النباتي انسياب العصارة الخشبية نتيجة الضغط الجذري. بشكل عام يبلغ مقدار الضغط الجذري 2 ضغط جو او اقل باستثناء القليل من الحالات. مع إن الضغط الجذري يفسر تحرك جزء من الماء إلى الأعلى في بعض أنواع النباتات وفي ظروف معينة إلا أن هناك عدة أسباب تحول دون اعتباره الآلية الأساسية لحركة الماء خلال النبات منها ما يلي:

1- لم تلاحظ ظاهرة انسياب العصارة في أنواع كثيرة من النباتات.
2- مقدار الضغط الجذري صغير(عادة 2 جو او اقل) وغير كافي لرفع الماء إلى الارتفاعات التي تصل إليها معظم الأشجار.
3- لم تسجل أي ضغوط جذرية في معظم المخروطيات (معرات البذور) التي تعتبر من اطول الاشجار.
4- ان معدل انسياب العصارة ابطئ بكثير من معدل النتح وان العصير الخشبي في الظروف الاعتيادية يكون تحت تاثير شد وليس تحت تأثير ضغط .

ب-النظرية الحيوية Vital Theories:

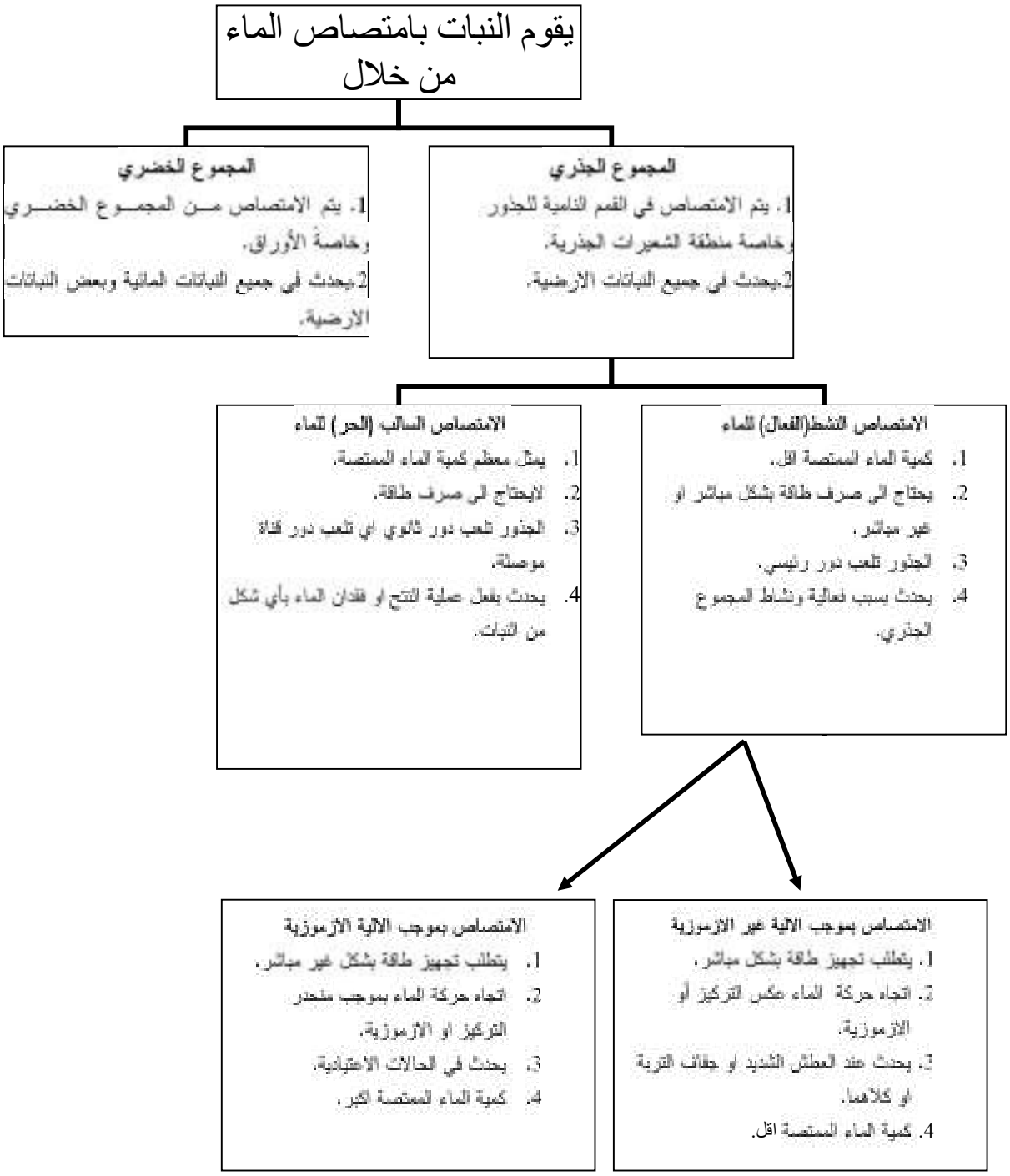
يعتقد بعض الباحثين بان سبب انتقال الماء الى الاعلى في النبات يعود الى تـأثير فعاليـات حيوية (اي فعاليات تحتاج الى طاقة) يتم تجهيزها في خلايا برنكيما الخشب (النسـيج الحشـوي الخشبي) الحية الا انه لاتوجد ادلة تعزز هذه النظرية بالإضافة إلى انه لوحظ عند قتل الخلايـا الحية الموجودة في الساق لم يحدث توقف ارتفاع الماء.

ج- نظرية سحب النتح والتماسك ولتلاصق :

خلاصتها بان الماء وما فيه من ذائبات يرتفع بشكل أعمدة مائية متصلة فـي انسـجة الخشب نتيجة لقوى التماسك بين جزيئات الماء داخل العمود وقوى التلاصق بين الماء وجـدران الاوعية وتداخلها مع قوى السحب المتولدة في الأوراق نتيجة النتح. بموجب هذه النظريـة مـن المفروض بان حدوث اي كسر في اعمدة الماء في الخشب ودخول فقاعة هوائية فيها سوف يسبب توقف حركة الماء خلال الانسجة الخشبية لكن يلاحظ بان حركة الماء تستمر في النبـات علـى الرغم من تكسر غصن او اكثر ودخول فقاعة هوائية فيه كما لوحظ بان ادخـال احـدى المـواد الغريبة داخل الغصن المقطوع لا يؤثر على سيرالعصارة الخشبية وان معدل النـتح لا يتغيـر. فضلاً عن أنه في الشتاء تتجمد العصارة الخشبية ويبقى الهواء المذاب بشكل فقاعات في الجليـد وعند ذوبان الثلج تبقى الفقاعات الهوائية وتعرقل حركة العصارة في حين جريان العصارة فـي الربيع يحدث ويستمر كذلك فان أعمدة الماء قد تتكسر بسبب حدوث اهتزاز النبـات بالريـاح او غيره من العوامل ويتوقف ارتفاع الماء لكن يلاحظ استمرار ارتفاع الماء في النبات على الـرغم من تعرضه لتاثير الرياح .

الخلاصة :

اكبر امتصاص للماء يحدث من خلال الجذور وخاصةً في منطقة القمة النامية وبالذات في منطقة الشعيرات الجذرية ثم الاستطاله.الامتصاص السالب هو الافضل لأنه يحدث من دون الحاجة الى صرف طاقة إذ تلعب الجذور دور القناة الموصله ويحدث بموجبه امتصاص اكبر كمية من الماء مقارنتا مع طرق الامتصاص الاخرى .


يقوم النبات بامتصاص الماء من خلال
المجموع الجذري
1. يتم الامتصاص في القمم النامية للجذور وخاصة منطقة الشعيرات الجذرية.
2.يحدث في جميع النباتات الأرضية.
المجموع الخضري
1. يتم الامتصاص من المجموع الخضري وخاصة الأوراق.
2.يحدث في جميع النباتات المائية وبعض النباتات الارضية.
الامتصاص النشط(الفعال) للماء
1. كمية الماء الممتصة اقل.
2. يحتاج الى صرف طاقة بشكل مباشر او غير مباشر.
3. الجذور تلعب دور رئيسي.
4. يحدث بسبب فعالية ونشاط المجموع الجذري.
الامتصاص السالب (الحر) للماء
1. يمثل معظم كمية الماء الممتصة.
2. لايحتاج الى صرف طاقة.
3. الجذور تلعب دور ثانوي اي تلعب دور قناة موصلة.
4. يحدث بفعل عملية النتح او فقدان الماء بأي شكل من النبات.
الامتصاص بموجب الالية غير الازموزية
1. يتطلب تجهيز طاقة بشكل مباشر.
2. اتجاه حركة الماء عكس التركيز أو الازموزية.
3. يحدث عند العطش الشديد او جفاف التربة او كلاهما.
4. كمية الماء الممتصة اقل.
الامتصاص بموجب الالية الازموزية
1. يتطلب تجهيز طاقة بشكل غير مباشر.
2. اتجاه حركة الماء بموجب منحدر التركيز او الازموزية.
3. يحدث في الحالات الاعتيادية.
4. كمية الماء الممتصة اكبر.

فقد الماء من النبات

على الرغم من ان النباتات تحتاج الى الماء بكميات كبيرة لتحافظ على حياتها وسير العمليات الحيوية فيها، الا ان الدراسات بينت بان كمية الماء المفقودة كبيرة وقد تصل الى 95٪ من كمية الماء الممتص . بشكل عام لكي تحافظ النباتات على محتواها المائي يلزمها ان تمتص كميات من الماء اكثر مما تفقد وتحتفظ بالفرق لبناء الانسجة الجديدة وقد لاتحدث هذه الحالة في كثير من الاحيان اذ ان معدل فقدان الماء في بعض الحالات قد يفوق معدل امتصاصه ويحدث نوع من الذبول في النبات .

طرق فقدان الماء من النبات:

1- الافراز Secretion: يحدث فيهذه العملية فقدان الماء السائل بشكل محاليل من الغدد الافرازية وخاصة الغدد الرحيقية او الصمغية.

2- الادماء Bleeding: يحدث فيها فقدان الماء بصورة سائلة(عصارة) من الجروح التي تحدث في النبات. بشكل عام كمية الماء التي تفقد بموجب العمليتين اعلاه قليلة ولاتعتبر ذات اهمية.

3- الادماع Guttation : وهي عملية فقدان الماء بصورة سائلة وعلى شكل قطرات من الثغور المائية hydathodes التي تتواجد عند قمم عروق الاوراق (شكل 1) وتحدث عادة تحت الظروف الدافئة الرطبة حيث يكون معدل امتصاص الماء اكبر من معدل فقدانه بالنتح ومن العوامل التي تحفز الادماع هي:

أ-الامتصاص العالي للماء

ب-الضغط الجذري العالي

ج-انخفاض النتح اوانعدامه

حيث انه تحت هذه الظروف امتصاص الماء يفوق النتح وبالتالي يندفع الماء الى الاعلى عبر اوعية الخشب ويخرج من خلال الثغور المائية .الماء المفقود بهذه الطريقة يحوي العديد من المواد الذائبة كالسكريات والاملاح المعدنية والحوامض والقواعد والفيتامينات.

شكل رقم (1) فقدان الماء من النبات بعملية الادماع

4-النتح Transpiration: هي عملية فسلجية يحدث فيها فقدان الماء من النبات بشكل بخار وتحدث بعدة اشكال وكما يلي :

أ-النتح الادمي Guticular Transpiration :

هي عملية انتشار بخار الماء خلال طبقة الادمة والتي تمثل طبقة شمعية من الكيوتكل او الكيوتين تغطي سطح الورقة وتعيق فقدان الماء بشدة وبدونها من المستحيل ان يبقى الماء في النبات .

مدى النتح الادمي يختلف باختلاف الاصناف والانواع وعمر النبات اوعمر الورقة فهو كبير في الاوراق الحديثة التكوين وبشرة السيقان الفتية والغضة لعدم اكتمال تكوين طبقة الادمة او رقتها في حين يقل في الاوراق الكبيرة او البالغة.علما بان طبقة الكيوتين تكون اسمك في الاوراق المعرضة لضوء الشمس المباشر ونباتات البيئة الجافة بالمقارنة مع اوراق نباتات الظل والبيئة الرطبة.

ب-النتح العديسي Lenticular Transpiration :

هي عملية فقدان بخار الماء عن طريق عديسات السيقان والافرع والتي تمثل فتحات دقيقة في الانسجة الفلينية التي تغطي اسطح السيقان والأفرع . على الرغم من ان هذا النوع من النتح ضئيل الاهمية مقارنة مع أنواع النتح الاخرى الا انه يزداد أهمية في حالة سقوط أوراق بعض النباتات عند حلول فصل الشتاء لفقدان إمكانية النتح الثغري في النبات .

ج- النتح الثغري Stomatal Transpiration :

هو تبخر الماء من النباتات عن طريق الثغور الموجودة على الاوراق ويعد من اهم انواع النتح اذ تصل كمية الماء المفقودة بهذه الطريقة الى 95٪ او اكثر من مجموع مايفقده النبات من الماء.

ان كمية الماء المفقودة بواسطة النتح الادمي والعديسي غير ذي قيمة مقارنة مع الكمية المفقودة بالنتح الثغري الا انه تحت ظروف الجفاف الشديد والتي تسبب غلق الثغور يمكن اعتبار الماء المفقود خلال الادمة والعديسات ذات قيمة.

المدى الكمي للنتح:

أن كمية الماء المستعملة فعلا من قبل النبات صغيرة جدا بالمقارنة بكميات الماء المفقودة بعملية النتح فمثلا وجد بان معدل النتح للنباتات العشبية عالي جدا لدرجة انه يتم استبدال جميع الماء الموجود داخل بعض النباتات في اليوم الواحد اذا كانت الظروف مشجعة للنتح . اذ قدر مقدار النتح لنبات واحد من الذرة ولموسم نمو واحد فقط وبلغ 8000غالون ماء/ايكر في اليوم الواحد.

الايكر -4840 باردة

الايكر -4046.24م^2 فدان-4200م^2

تشريح الجهاز الثغري:

يتكون الجهاز الثغري من ثلاث عناصر رئيسية (شكل 2-أ) هي:

أ-الخلايا الحارسة Guard cell:

وهي خلايا محورة من خلايا البشرة حيث تختلف في الشكل عن خلايا البشرة الاعتيادية المجاورة لها وذلك باختلاف درجة تثخن جدرها في المواقع المختلفة مما يتح لها قابلية الحركة التي بنتيجتها تفتح او تغلق الثغور، حيث يكون جدار الخلية المجاورة للثغرة اثخن واقل مرونة من الجدار المجاور لخلايا البشرة العادية المجاورة (شكل2- ب) .علما بانها تتواجد بشكل ازواج متقابلة وتتميز باحتوائها على بلاستيدات خضراء مما يتيح لها القدرة على القيام بعملية التركيب الضوئي وصنع الغذاء.

ب-الفتحات الثغرية Pores or stomata chamber:

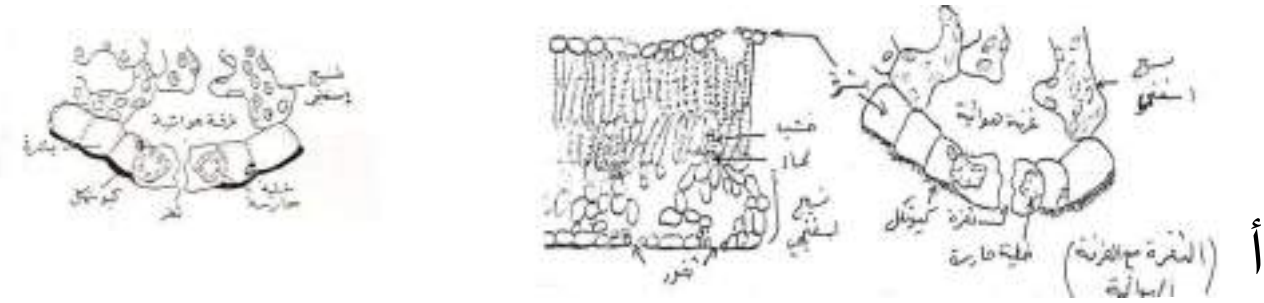
فتحات مجهرية توجد على سطح الاوراق وبأعداد كبيرة وتمثل القناة المنفذة لبخار الماء من المحيط الداخلي للورقة الى المحيط الخارجي للنبات.

ج-الغرف الهوائية Sub stomata chamber:

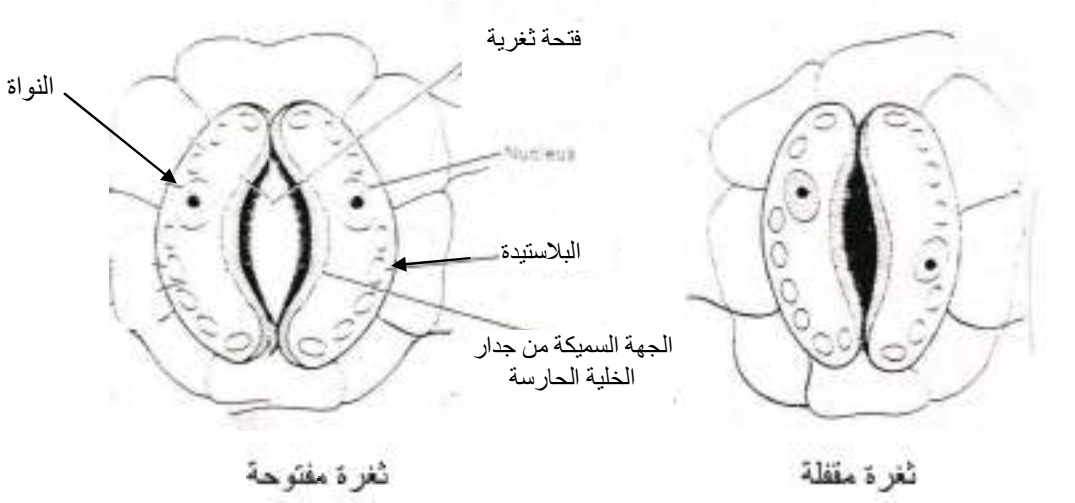
فسح او فراغات هوائية توجد مابين خلايا النسيج المتوسط للورقة وتتميز بكبر مساحتها وبكونها دائمة الابتلال بسبب ما تتشرب به من ماء من الخلايا المجاورة ذات الجدر الرقيقة.

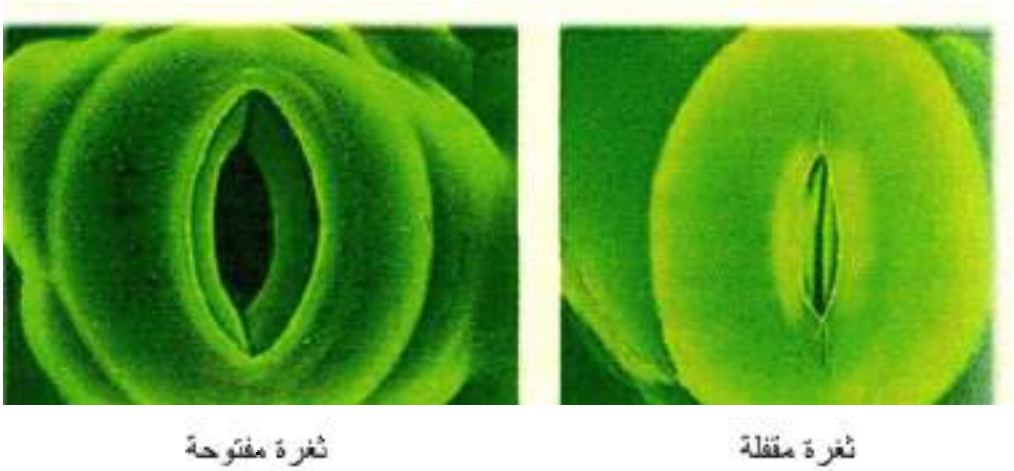
فعند ازدياد المحتويات الازموية في الخلايا الحارسة بسبب صنعها للغذاء لاحتوائها على البلاستيدات الخضراء يصبح جهد الماء في الخلايا الحارسة اكثر سالبية مما في الخلايا المجاورة وينتشر الماء الى داخل الخلايا الحارسة من خلال الخلايا المساعدة التي تجاور الخلايا الحارسة وبالتالي تفتح الثغور ويحدث العكس تماما عند قلة المحتويات الازموزية في الخلايا الحارسة اذ يخرج منها الماء الى الخلايا المجاورة لها وتنكمش الخلايا الحارسة وتغلق الثغور. لقد وجد بان فتح الثغور يستغرق حوالي ساعة بينما غلقها يستغرق اقل من ساعة.

أ



ب





شكل (2): مكونات الجهاز الثغري

توزيع الثغور:

توجد الثغور عادة على السطح السفلي للورقة النباتية وهناك نباتات كثيرة توجد فيها الثغور على السطح العلوي لاوراقها في حين هناك انواع ثالثة توجد الثغور فيها على كلا السطحين لكن يكون عددها في السطح السفلي اكبر من العلوي عادة . يبلغ متوسط عدد الثغور في النباتات ذات الفلقتين حوالي 10000/ سم^2 في

حين يبلغ في النباتات النجيلية وذات الفلقة الواحدة مابين1000-2000 / سم^2 . بشكل عام تقدر مساحة الثغور مجتمعة وهي مفتوحة على اقصاها بحوالي 1-2٪ من المساحة السطحية للورقة.

تسبب بعض العوامل المحيطة بالنبات تأثيرا كبيرا على فتح وغلق الثغور من خلال تأثيرها على الجهد الازموزي منها:

1-الضوء: عادة تفتح الثغور الورقية عند تعرضها للضوء وتستمر مفتوحة تحت ظروف الاضاءة المستمرة مالم تصبح بعض العوامل الاخرى محددة وتشذ عن هذه القاعدة بعض النباتات مثل الصبير والبصل والبطاطس والقرع العسلي حيث تفتح ثغورها ليلا. وجد بانه كلما زاد الضوء الذي تمتصه الاوراق كلما زادت فتحة الثغر اتساعا علما بان بعض الانواع النباتية لها القدرة على النتح حتى تحت ضوء القمر الساطع او تحت تاثير الضوء الصناعي.

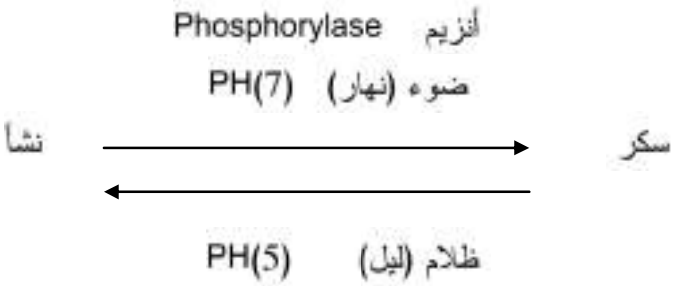
يعتقد بان الضوء يلعب احد الادوار التالية في فتح وغلق الثغور:

أ- يساعد وجود الضوء على حدوث عملية التركيب الضوئي في الخلايا الحارسة وتراكم السكريات فيها مما يؤدي الى زيادة المحتويات الازموزية للخلايا الحارسة ونتيجة لذلك تمتص الماء وتنتفخ ويحدث فتح الثغور. من الانتقادات الموجهة الى هذا التفسير هو ان السكر المتكون في الخلايا الحارسة ليس بتلك الدرجة الكبيرة التي تولد ضغطا ازموزيا يستطيع سحب الماء اليها.

ب- يرجح بان الطاقة الضوئية التي يمتصها النبات تتحول الى طاقة كيمياوية بشكل ATP تستعمل لضخ الايونات مثل البوتاسيوم (K^+) من الخلايا المجاورة للخلايا الحارسة الى داخل الخلايا الحارسة مما يؤدي الى زيادة المحتويات الازموزية في الخلايا الحارسة وبالتالي سحب الماء تجاهها وفتح الثغور.

ج- تحول النشأ الى سكر: يعتقد بان ثاني اوكسيد الكاربون المتجمع في الخلايا الحارسة ليلا(بسبب حدوث عملية التنفس وتوقف التركيب الضوئي) يذوب في الماء مكونا حامض الكاربونيك الذي يسبب انخفاض الPH اي زيادة حموضة المحيط في حين عند حلول النهار (الضوء) يستخدم ثاني اوكسيد الكاربون في التركيب الضوئي ونتيجة لذلك يرتفع الPH ويتحول الوسط الى متعادل او قاعدي ومثل هذه الظروف

ملائمة لعمل انزيم الفسفورليز الذي يحول النشأ الى سكر وبالتالي تزداد المحتويات الازموزية للخلايا الحارسة وتسحب الماء اليها وتفتح الثغور.



2- الحرارة: تبقى الفتحات الثغرية مقفلة عادة عندما تكون درجات الحرارة منخفضة او قريبة من التجمد وتزداد فتحة الثغر اتساعا بزيادة الحرارة حتى تصل حوالي20-30م.

3- المحتوى المائي للنبات والاوراق: تتاثر حركة الثغور بكمية الماء الموجودة في النباتات خصوصا في الاوراق فعندما يقل المحتوى المائي للنبات يصبح الجهد المائي للنبات اكثر سالبية ويزداد العجز المائي للنبات وعندئذ تغلق الثغور حيث وجد بان فقد الماء الشديد من الخلايا الحارسة ينشط التفاعلات الكيمياوية المؤدية الى تكوين النشأ بكميات كبيرة وبسرعة واضحة مما يؤدي الى زيادة سالبية الجهد الازموزي للخلايا الحارسة وبالتالي غلق الثغور.

العوامل المؤثرة على معدل النتح:

اولا:العوامل البيئية:

1-الضوء: يعمل على فتح الثغور وحدوث النتح وبالعكس. لقد وجد بان شدة الاضاءة المناسبة للنتح تتراوح مابين 100- 600شمعة/ قدم علما بان هناك عدد من الانواع النباتية تفتح ثغورها حتى تحت ضوء القمر الساطع وعموما يمكن القول بانه كلما ازداد الضوء الذي تمتصه الاوراق زادت فتحة الثغر اتساعا.ومن الدراسات المختلفة تبين بان كل من الضوء الاحمر(650سليمايكرون) والازرق (440سليمايكرون) يؤثران على حركة الثغور لكن الاخير هو الاكثر تاثيرا.

2-الرطوبة النسبية الجوية (رطوبة الهواء): ان قلة الرطوبة الجوية تزيد من النتح حيث يكون الهواء داخل الغرف الهوائية للاوراق النباتية في حالة تشبع تام بينما يحمل الهواء الجوي الخارجي كمية اقل من بخار

الماء وتكون النتيجة خروج الماء من الغرف الهوائية حيث الضغط البخاري عالي الى الهواء الخارجي حيث الضغط البخاري اقل.

3-درجة الحرارة: عندما تكون جميع العوامل الاخرى ثابتة فان الزيادة في درجة الحرارة ضمن الحدود الفسيولوجية يؤدي الى زيادة النتح بسبب تاثيرها على حركة الثغور(من خلال تغير الازموزية والطاقة الكيمياوية) وفرق الضغط البخاري . عموما تغلق الثغور عندما تقترب درجة الحرارة من الصفرْم وتزداد اتساعا عند ارتفاع الحرارة حتى درجة20ْم.

4-الرياح: لها تاثير معقد على النتح فقد تعمل على زيادته نتيجة استبدال الهواء المشبع الموجود حول الورقة بهواء غير مشبع اوقد تعمل على تقليل النتح لانها تعمل على غلق الثغور الورقية وخاصة في حالة السرع العالية للرياح.

5- توافرماء التربة وكفاءة امتصاصه: حيث يقل النتح عند عدم توفر ماء التربة اوعند ضعف امكانية امتصاصه او للسببين معا وبالعكس.

ثانيا: العوامل النباتية:

1- نسبة المجموع الجذري الى الخضري: يزداد النتح بزيادة هذه النسبة وبالعكس.

2- المساحة السطحية للاوراق(المساحة الورقية): تأثيرها معقد فمن المفروض ان يزداد النتح كلما زادت المساحة الورقية للنبات من الناحية النظرية لكن هذه الحالة ليست ذات علاقة طردية دائما لان عمر الاوراق يلعب دور كبير ايضا في هذا المجال وذلك لان الاوراق الحديثة في السن تنتح بشكل اكبر من الكبيرة السن وذلك لعدم اكتمال تكوين الاوراق .

3- تركيب الاوراق : يلعب تركيب الاوراق دور مهم في تأثيره على النتح وهذا مايظهر خاصة في النباتات الصحراوية حيث تظهر تحورات خاصة في تراكيبها الورقية تساعدها على العيش في مثل هذه الظروف ومن هذه التحورات مايلي :

أ- تكوين كيوتكل سميك.

ب- تكوين خلايا ميزوفيل ذات جدر سميكة وذات نمو جيد ومتطور .

ج- تكوين ثغور غائرة .

د- امتلاكها لشعيرات ميتة تغطي البشرة .

دور النتح في نمو وتطور النبات :

ان دور النتح في نمو وتطور النبات لازال غير واضح لجميع النباتات اذ لوحظ بان بعض الانـــواع النباتية تستطيع النمو في بيئة ذات رطوبة نسبية 100٪ حيث يكون النتح فيها قليلا او معدوما فـــي حـــين نباتات اخرى تنمو بنجاح في بيئة يحدث فيها النتح ومع ذلك يوصي بعض العلماء بوجـــود فوائـــد للنـــتح ولخصوها بالتالي:

1- يساعد على امتصاص الماء بما فيه من ذائبات من التربة.

2- يلعب دور في تبريد الاوراق النباتية وبالتالي النبات ككل.

3- المحافظة على انتفاخ الخلايا.

4- يعتقد بانه يلعب دور في نمو وتطور النبات.

طرق حفظ الماء في النبات(وسائل تقليل فقد الماء من النبات):

1- استئصال الحشائش والنباتات التي تنافس المحصول الرئيسي.

2- زرع مصدات الرياح حول الحقول الزراعية لتقليل تاثير الهواء الجاف .

3- استعمال مضادات النتح (Antitranspirations) وهي عبارة عن مواد اومعاملات مختلفة لها القـــدرة على تقليل النتح عندما تطبق على اجزاء من النبات او النبات ككل ومنها مايلي:

أ- لف النباتات او العقل بالقش او الطحالب الرطبة لتقليل النتح وحمايتها من الجفاف.

ب- رش المجموع الخضري ببعض المواد الكيمياوية التي تعمل علـــى عكس(ارجاع)الاشـــعة الضـــوئية وبالتالي تقلل من تاثير درجات الحرارة والنتح .

ج- تغطية الاوراق بمستحلبات من الشمع او المواد البلاستيكية لتكون غطاء رقيق يمنع فقدان الماء.

ه- رش النباتات بمواد كيمياوية تمنع تفتح الثغور جزئيا او كليا وبالتالي تقلل النتح علما بان بعـــض هـــذه المواد قد تعيق دخول ثاني اوكسيد الكاربون وبالتالي تقلل من كفاءة التركيب الضوئي ومنها مايلي:

1- Phenyl mercuric acetate(PMA) تقلل من النتح الى حد كبير وذات تاثير بسيط على التركيـــب الضوئي.

2- Monomethayl ester of decenyl succinics acid وهي مادة فعالة في غلق الثغور.