المحاضرة الأولى
الخلية النباتية

مقدمـــــة:

الخلية الوحدة التركيبية والوظيفية الأساسية للحياة . وفي الكائنات وحيدة الخلية تعتبر الخلية كائن حي كامل بينما في الكائنات الراقية عديدة الخلايا فأنه يوجد تجمع لعدد كبير من الخلايا المختلفة والتي تنظم بكل دقة لتكون نسيجا والأنسجة المختلفة تكون عضوا ، والأعضاء المختلفة تكون الكائن الحي من خلال النمو Growth والتطور Development سواء كان نبات او حيوان فخلال عملية النمو والتى يحدث خلالها تفاعلاتها كيماوية وتخصصات وظيفية . تؤدي التغير الشكلي Morphogensisالمتعدد الأوجه. وبالرغم من تعدد النواتج التخصصية والوظيفية للخلايا إلا أن الخلايا متشابهه الي حد كبير في احتوائها على عديد من العضيات التي يتم فيها التفاعلات الكيماوية كذلك تتشابه و DNA في الأغشية البلازمية والأحماض النووية والتي تعمل كمكونات أساسية في ميكانيكية نقلRNA المعلومات في جميع الخلايا.

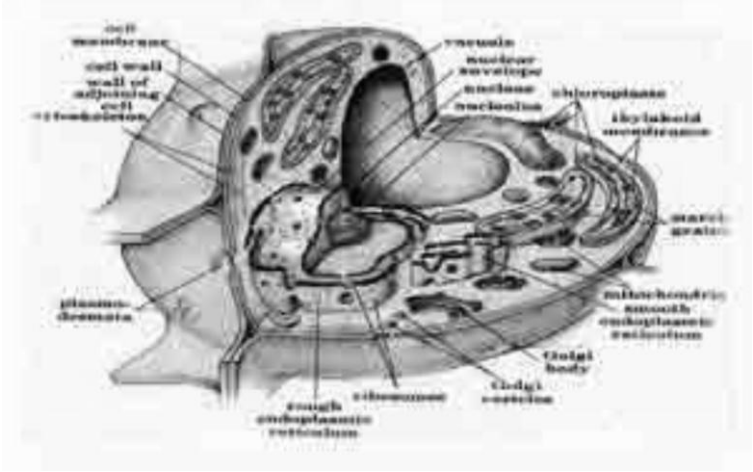
وكذلك في Prokaryotes وهذه الكائنات الأولية ذات الخلايا غير المحتوية على أنوية محددة عادة ما تشترك في الكثير من Eukaryotes الكائنات ذات الخلايا المحتوية على أنوية محددة

الخصائص العامة للكائنات الحية .

نظرية الخلية والصفات العامة للمادة الحية:

تشترك كل الكائنات الحية في انها تتكون من خلايا **و الخلية الحية تستطيع بمفردها ان تكرر موادها الوراثية وان تستخدم المعلومات الوراثية بها لبناء البروتين وان تستهلك وتنتج الطاقة.**

وهكذا تكون الخلية هي الأساس لكل صور الحياة بالرغم من ان لكل خلية دور ووظيفة حيوية تختص بها . ولهذا تعرف الخلية : **بأنها وحدة النشاط الحيوي والتي تحاط بغشاء حي شبة منفذ والتي يمكنها ان تكرر نفسها بالانقسام الخلوي عندما تعزل علي بيئة مغذية مناسبة** . او تعرف بانها اصغر جزء من الكائن الحي والذي يحوي الخواص والصفات المميزة للمادة الحية .



لا وجود للخلية النباتية النمطية إلا أن الخلايا النباتية الحية تتشابه فتركيب الخلية الحيـــــة يتميز بوجود جدار خلوي يليه غشاء سيتوبلاسمي يحيط بمساحة داخلية تحتوي علي البروتوبلازم والذي يتكون من سيتوبلازم ونواة ويطلق اسم البروتوبلاست Protoplast على تلك المكونات البروتوبلازمية داخل الغشاء البلازمى.

ويوجد داخل السيتوبلازم نواة تحاط بغشاء معقد يعرف بالغلاف النووي ،والعضيات السيتوبلازمية مثل الميتوكوندريا والبلاستيدات والريبوزومات وتراكيب غشائية تعرف بالشبكة الاندوبلازمية وجهاز غولجي الذي يجاور في العادة النواة.

وتتميز الستوبلاسم بطبيعته الغروية علي الرغم من وجود كثير من المواد الذائبـــة فيها وترجع هذه الطبيعة الغروية للبروتوبلازم **لوجود البروتينات** حيث تتيح البروتينات سطوح مساحية غير محدودة للتفاعلات اللازمة للحياة وعلى هذا يعتبر النظام الغروي أساس لمظاهر المادة الحية.

١- جدار الخلية Wall Cell :

تحتاج الكائنات الحية الي دعامات ميكانيكية لكي يكون لها شكلها المحدد ففي عالم الحيوان تعود الصلابة لتلك الكائنات عن طريق الجهاز العظمي أما في النباتات ونتيجة عدم احتوائها على مثل ذلك الجهاز وإنها اقل رقيا من الحيوان فالتدعيم لا يكفى أن يكون من خلال **ضغط الامتلاء المائى** داخل الخلايا والذى يساعد بالطبع على **التدعيم الميكانيكى** لذلك يعتمد النبات في التدعيم بشكل أساسي في بناء الجدار الخلوي الصلب السليلوزي ولا يقتصر دور الجدار في التدعيم فقط بل يتعداه للقيام **بوظائف أخرى:**

١ - الجدار يشترك في امتصاص وانتقال الماء والمعادن

٢- في الإفراز وفي بعض النشاط الأنزيمي .

٣- الجدر الخلوية ومكوناتها تلعب دورا هاما في مقاومة المرض بإعاقة اختراق الطفيليـــــات.

وتقوم البروتوبلاست الحيـــة بإنتـــاج مكونـــــات الجدار الخلوي . وهناك خلايا لا يدوم فيها البروتوبلاست طويلا مثل تلك المتخصصة في وظائف التوصيل والتدعيم مثل الخشب . وينتج

البروتوبلاست مكونات الجدار الخــلوي ويرسبها ملاصقـــــة للسطح الخارجي للغشاء البلازمي.
والمركب الرئيسي للجدار هو السيليلوز وتشكل المواد البكتينية والهيم سيليلوز واللجنين والسوبرين والبروتينات مواد الترسيب التي تشكل الجدر الثانوية المانحة لصلابة الجدر الخلوية . ثم تأتي الصفيحة الوسطى والتي تلصق الخلايا مع بعضها وتتكون من حمض البكتيك واملاح غير ذائبة لحمض البكتيك مثل بكتات الكالسيوم والمغنسيوم وكميات ضئيلة من البروتوبكتينات وترجع صلابة الصفيحة الوسطى في المراحل المتأخرة من تكوين الجدار الخلوي لوجود أملاح الكالســيوم والمغنسيوم لحمض البكتيك وكذلك السكريات المركبة مثل السيليلوز وفي بعض الاحيان اللجنين.

مراحل تكون الجدار الخلوي: يمر الجدار الخلوي بعدة مراحل خلال تكونه :

أولاً – الجدار الاولي Wall Primary :

بمجرد تكوين الصفيحة الوسطى تزداد الخلية في الحجم وتستطيل ويصحب هذه الاستطالة ويتبعها تشرب الصفيحة الوسطى بثلاث أنواع من المركبات هي:

(السيليلوز) (الهيميسيليلوز) تجمع (كربوهيدرات + بروتين) وتبلغ سماكته٣ ميكرون وتتوضع على السطح الداخلي للصفيحة الوسطى والسطح الخارجي للغشـــاء البلازمي بما يعرف بالــجدار الابتدائي أو الاولي.

وهناك العديد من الخلايا النباتية تحتوي فقط علي الجدار الابتدائي مثل الخلايا الميرستيمية وخلايا البشرة والخلايا المشتركة في التمثيل الغذائي . والجدر الابتدائية تتميز بمطاطيتها نتيجــة لمرونـــة تركيبها ولكن عندما يرسب عليها مكونات جديدة للجدر تفقد جزءا من مرونتها.

ثانياً – الجدار الثانوي Secondary Wall :

بمجرد تكوين الجدار الثانوي في الخلايا البارانشيمية تتوقف الخلية عن الاستطالة . بينما في خلايا أخرى مثل القصيبات فان الجدار يستمر في تغلظه بعد توقف استطالة الخلايا وذلك بترسيب طبقات من السيليلوز واللغنين لتكوين الجدار الثانوي . ويتراوح سمك الجدار الثانوي بين ٥–١٠ مبكرون وبنهاية ترسيب الجدار الثانوي يفقد الجدار الكثير من مرونته ويصبح في النهاية غير مطـاط تماما وقد يؤدي تغليظ الجدار الثانوي ويشغل معظم حجم الخلية ويسبب هذا موت وتحلل البروتوبــلازم كثير من الجدر الثانوية تحتوي على اللغنين وتتواجد في الجدر مع الهيميسيليلوز ومركبات اخري ترتبط بالسيليلوز.

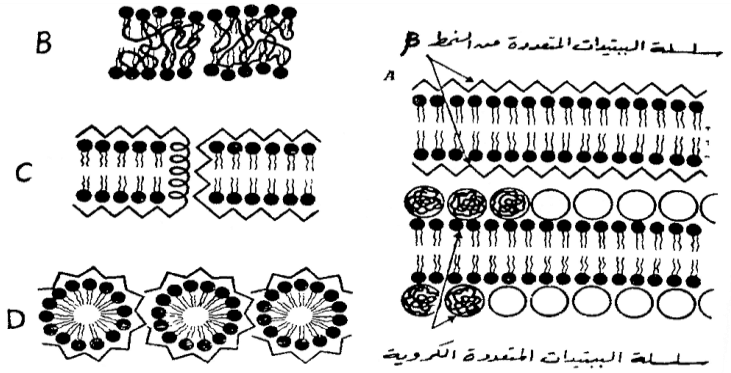
واللغنين يحتل المركز الثاني من حيث السيادة بعد السيليلوز بين مركبات النبات وترجع أهميته الي انه يضيف ويزيد من صلابـــة التراكيب التي يكونها ، الا انه في بعض النباتات قد يغلب ترسيب السيليلوز النقي في طبقات الجدار الثانوي مثل الياف القطن. وبعض جدر الخلايا النباتية قد تغطي

بالكيوتين او تتشبع بالسوبرين او الشموع وذلك للحماية من فقد الماء. تخترق الجدر أثناء تكونها بالخيوط البلازميةPlasmodesmata التي تعمل كطرق موصلة في غاية الأهمية للماء وللمواد الأخري عبر الخلايا. وتشكل النقر في الجدر ،والخيوط البلازمية قد توجد متجمعة في حزء من الجدار يعرف بحقول النقر الأولية وهي مساحات رقيقة في جدر الخلايا . والنقر التي تقابل بعضها البعض في الجدر الابتدائية للخلايا المتجاورة تعرف بالنقر الزوجية .وفي الخلايا التي لها جدر ثانوية فان النقر تكون بسيطة .

المحاضرة الثانية

٢- الأغشية Membranes :

ان معظم الأنشطـة الخلويـــة تعتمد على تنظيم مختلف المكونات الكيماوية داخل الأغشيـــة المرتبطة او أغشية العضيات الخلوية والشبكة الاندوبلازمية . أول من اقترح نموذج للأغشية هو Danielle سنة ١٩٤٣ وهو نموذج يفسر كثير من وظائف الغشاء الخلوي وفي هذا النموذج يقترح دانيل وجود طبقتين من الدهون ويحيط بهما من الخارج والداخل طبقتين من البروتين وتسمح الليبيدات الموجودة بالغشاء بمرور المواد اللاقطبية .لا تحمل شحنة على سطحها كما ان وجود طبقتي البروتين تسمح بمرور المواد القطبية او التي تحمل شحنة على سطحها . وهناك نموذج اكثر قبولا الآن للغشاء وهو المبرقش السائل ويحتوي الغشاء على طبقتين من الفوسفوليبيدات بذيولها الهيدروكربونية الكارهة للماء والمتجهة للداخل . والبروتينات الكروية والتي تنتشر داخل الفوسفوليبيدات والتي تشبه كرات مختلفة الأوزان داخل سائل لزج.



شكل (7)

بعض النماذج في تفسير بنية الأغشية البلاسمية

A ـ حالتان لنموذج الأغشية الأساسية .
B ـ نموذج الطبقة المضاعفة التي تتخللها سلاسل البيتيدات المتعددة
C ـ نموذج الطبقة المضاعفة التي تجتازها سلاسل البيتيدات المتعددة في مناطق محددة .
D ـ النموذج الكروي، حيث تحيط سلاسل البيتيدات المتعددة بالفتيتات الليبيدية .

والمركبات البروتينية يمكن أن تكون تركيبية او أنزيمات وتختلف جوهريا من عضو لآخر او من غشاء لآخر او بين وجهي نفس الغشاء . وهذا النموذج أوضح وجود مكونات غشائية أخرى مثل مشتقات الكربوهيدرات والبروتينات و ان الأغشية تحتوي على أنزيمات وحوامل ومضخات بروتون ومركبات ذات طاقة عالية تسهل إخراج وتحرك العناصر والكيماويات لداخل وخارج الخلية . ومما لا شك فيه أن كمية الدهون والبروتين والمكونات الأخرى للأغشيةومن المحتمل ان تتغير من لحظة لأخرى بالتغير النسبي للمجاميع المحبة والكارهة للماء . لذلك فالأغشيةاي انها تنظم خاصية مرور المواد المختلفة وفق النفاذية الاختيارية للغشاء .

ويعرف **النقل السلبي** للأغشية بأنه مرور المواد عبر الأغشية دون حاجة الي الطاقة الناتجة من عمليات التحول الغذائي للخلايا . واهم مظاهره الانتشار Diffusion لتدفق الكتلي Mass Flow و Ion Exchange والتبادل الايوني .

أما النقل **النشط او الفعال (Transport Active)**وهو التحرك للمواد عكس منحدر التركيز عبر الأغشية,و يحتاج لطاقة حيوية . ووجود مستقبلات او حوامل يؤدي الى تجمع المواد في الخلية او تهرب الي البيئة الخارجية.

الغشاء البلازمي الداخليPlasma lemma :

رغم ان الجدار الخلوي يبدو انه يفصل الخلية عن الوسط الخارجي إلا إن العديد من المواد تنتقل خلاله عن طريق المسام والبلازموديزماتا او عن طريق الفعل التشربي للماء . ويتاخم هذا الجدار الخلوي غشاء رقيق مرن يعرف بالغشاء السيتوبلازمي او الغشاء البلازمي الخارجي وهو يغلف السيتوبلازم ويضم المكونات الخلوية وينظم عبور المواد من وإلى الخلية . ونظرا لتشابه الغشاء السيتوبلازمي والسيتوبلازم يصعب التميز بينهما بالميكروسكوب الضوئي ولكن باستعمال صبغات معينة وباستعمال الميكروسكوب الالكتروني يمكن رؤية الغشاء السيتوبلازمي.

التركيب الكيميائي للسيتوبلازم

يدخل في تركيبها العديد من المركبات الكيميائية المتجانسة وغير المتجانسة وتشكل نظاماً معقداً باستمرار تفاعلها الخلوي وتحتوي نسبة كبيرة من الماء ومركبات السيتوبلاسم تتأثر فيما بينها وبين الوسط الخارجي فهي تمتص من الوسط مواد محددة وتطرح مركبات أخرى و تتكون من ٧٥-٨٥% ماء ومن ١٠-٢٠% بروتينات و ٢-٣ لبيدات و ١% مواد لاعضوية

وتعد البروتينات الأساس الهام للسيتوبلاسم وخاصة البروتينات المعقدة كالبروتينات النووية – البروتينات اللبيدية،البروتينات السكرية وتصل نسبة البروتينات إلى ٦٥-٧٠% من الوزن الجاف

الحالة الفيزيائية للسيتوبلازم : هي معقد ليبونوكليد بروتيني وهي معقد غروي

١- المذيب أو وسط الانتشار أو الطور المستمر Continuous Phas

٢- المواد المجزأة أو الطور المنتشر Dispersed Phas :

أ- مشتقات كبيرة الحجم وهي مواد أكبر من (٠.١ من الميكرون) وهي إما معلقات Suspense's والمواد المنتشرة صلبة أو سائلة

ب- الجمل الفردية تكون المواد المبعثرة (٠.١-٠.٠٠٠٢ MKM)

ت- المحاليل الحقيقية أقل من (٠.٠٠٠٢) ويمكن أن تشكل الجمل الفردية شوارد وجزيئات إما أن تكون هلاله (SOL) أو هلامة (GEL)

والسيتوبلاسم هي حلالات مائية (Hydrosols) والمتناثرات الغروية تملك(جمل موجبة أو سالبة) لذلك تتصادم فيما بينها ويكسبها نوع من الثبات ويعيق تخثرها فأي تعديل كيميائي أو فيزيائي يؤدي لتخثرها أو حالة وتكون بشكل **هلامة** في الخلية النباتية النشطة لذلك تتحمل درجات حرارة عالية كالبذور وتتحمل درجات الحرارة المنفضة(– ٢٠ م)

صفات السيتوبلاسم : حدد العالم(**B.Korty 1772**) بعض الصفات وهي:

أ- حركة دائمة وأهم شروط الحركة الأوكسجين والحرارة إما باتجاه أو عكس عقارب الساعة وهي دورانية كما في نبات الايلوديا وحيث وجود الفجوة الواحدة

حركة شبكية: عدة فجوات تؤدي لحركة عشوائية شبكية

ب- النفاذية الاصطفائية للماء بشكل كامل إما للمواد الصلبة هنا تلعب الاغشية دور هاماً في النفاذية وفق قوانين الحلول والانتشار والنقل الفعال .

٣- الشبكة الاندويلازمية(Endoplasmic Reticulum (ER)

يتشابك سيتوبلازم الخلية بنظام غشائي مرتبط متقن يعرف بالشبكة الاندوبلازمية وتظهر الحويصلات وعندما تلتصق الريبوزومات بالشبكة Cisternae كفجوات محاطة ممتلئة وتسمي السسترنات الاندوبلازمية فإنها تكون جزءا من الشبكة يعرف بالشبكة الخشنة Rough Endoplasmic وفي هذه المصاحبة فان الريبوزومات تشترك في تمثيل البيبتيدات العديدة اي تمثيل البروتينات ، وعندما لا تصاحب الريبوزومات الشبكة الاندوبلازمية تسمي بالشبكة الاندوبلازمية الملساء وهي تلعب دورا أساسيا في تمثيل وتجميع الجليكوليبيدات) وهي المركبات التي تتكون من كحولات واحماض دهنية وكربوهيدرات وطبقا لملاحظات عديد من العلماء فان تجويف الشبكة الاندوبلازمية يتصل بالغلاف النووي وتمتد لتصل لسطح الخلية وقد وجد ان هناك أغشية من هذا النظام موجودة في الجدر الابتدائية لبعض الخلايا بل وتمتد الى الخلايا المتجاورة . كما ذكر بعض العلماء ان اتصال الغشاء النووي مع الشبكة الاندوبلازمية يزيد من سطوح الاتصال بين المكونات النووية وسيتوبلازم الخلية . وعندما تمتد الشبكة الاندوبلازمية الى الخلايا المتجاورة فهذا يعني اتصالا مباشرا بين انوية الخلايا المتجاورة وهذا قد يفسر انتظام عمل النسيج الواحد في الكائن الحي واذا تصورنا الشبكة الاندوبلازمية وتفرعها داخل السيتوبلازم فهذا يعني تقسيم سيتوبلازم الخلية الى حجرات عديدة وصغيرة . وداخل هذه الحجرات (Dictyosomes) : تتراكم أنزيمات معينة و مركبات عديدة و هذا التقسيم يؤدي الى حدوث تفاعلات عديدة داخل سيتوبلازما الخلية بدون تعارض بين هذه المركبات.

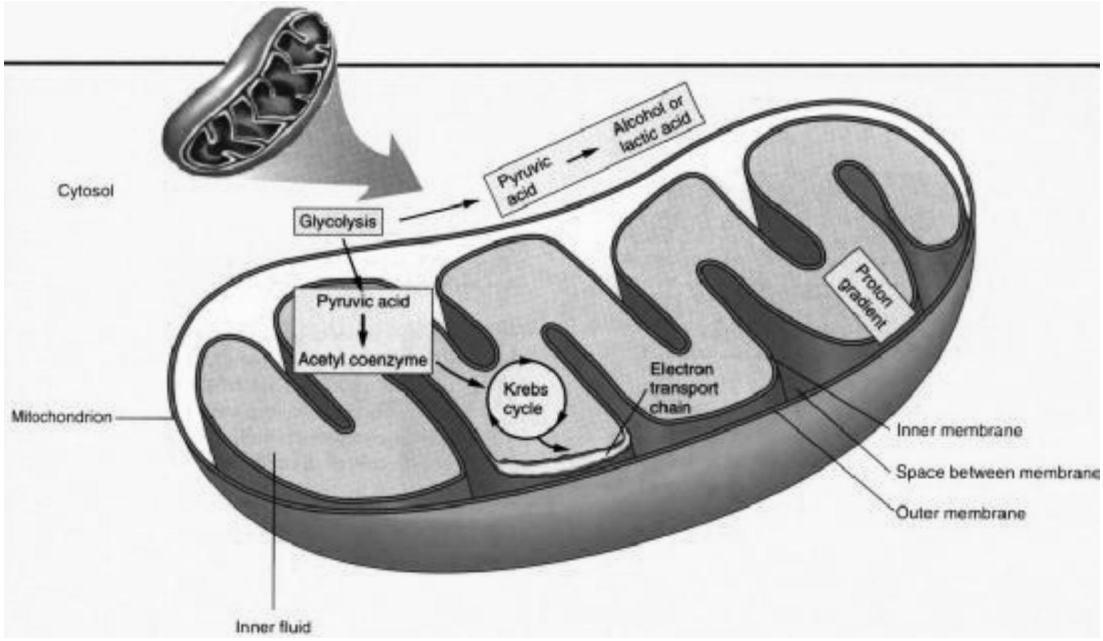
٤- جهاز غولجي Golgi Apparatus

تبدو جهاز غولجي في الميكروسكوب الالكتروني إنه عبارة عن كومة مكدسة من٥ -١٥ من

الأغشية المرتبطة والمفلطحة والمنبسطة وعديد من الحويصلات الكروية الصغيرة تظهر كمجموعة حول هذه الأغشية ويطلق علي هذه الأوعية والحويصلات أجهزة غولجي .وتتشابه أغشية اجسام غولجي مع أغشية الشبكة الاندوبلازمية . . وتحوي الحويصلات على فقاعات اللازمة لبناء الجدار الخلوي تحوي عديدات التسكر وبروتينات ومركبات اخري (وهذه المركبات تتراكم داخل الحويصلات) ثم تنتقل عند إتمام الانقسام الميتوزي الي الصفيحة الوسطي او سطح الخلية وترسب مواد الجدار الخلوي على السطح البيني . وبناء على ذلك تلعب اجسام جولجي والشبكة الاندوبلازمية دورا هاما في تكوين الجدارالخلوي.

٥-الميتوكوندريا Mitocondria :

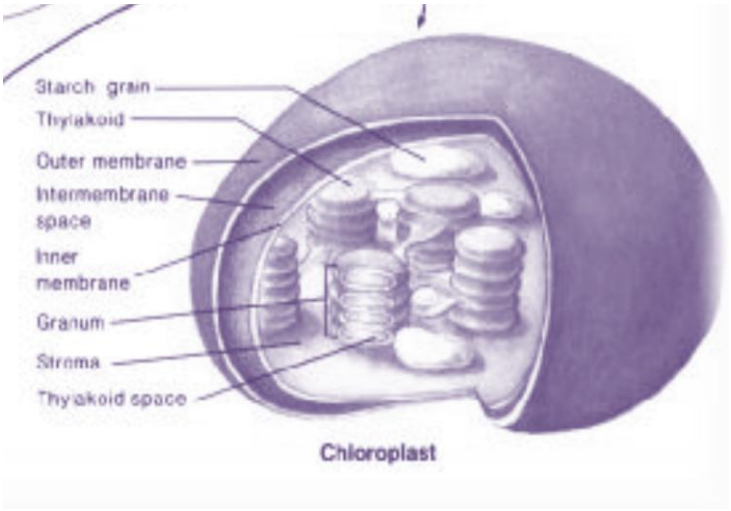
أجسام لها عديد من الأشكال والصور محاطة بوحدتين Mitochondrion الميتوكوندريا مفردها وأنزيمات دورة كربس ومركبات عديدة من نواتج RNA غشائيتين يضمان بداخلهما الحشوة و ال التفاعلات الأنزيمية والسيتوكرومات مما يبين ان وظيفتها هي القيام بعملية التنفس . فهي تختص بإنتاج الطاقة المستخدمة في الخلية ولذلك يلاحظ كثافة الميتوكوندريا في الخلايا النشطة مثل الخلايا الميرستيمية حيث تسود بها الميتوكوندريا . ويعني ان الميتوكوندريا تمد الخلايا بالطاقة عندما تتحلل الدهون والكربوهيدرات في السيتوبلازم ينتج عن أكسدة هذه المواد ثاني أكسيد الكربون وماء وطاقة وهي التي تخزن في الميتوكوندريا في صورة روابط فوسفاتية غنية بالطاقة مثل ال ATP فان لها القدرة علي الانقسام نظرا لاحتواء الميتوكوندريا علي DNA .



٦- البلاستيدات Plastids وهي عدة انواع:

* **البلاستيدات الخضراء**Chloroplasts : وهي بلاستيدات تحوي صبغات الكلوروفيلات تظهر بلون :اخضر لتغلب لون الكلوروفيل ولزيادة تركيزه وتقوم بالتمثيل الضوئي وهي عضيات مميزة للنبات وهي مستديرة او بيضيه او قرصية الشكل قطرهـــا حوالي ٤-٦ ميكرون.

وتحاط بغشاء مزدوج وبداخلها حشوة تحاط البلاستيدات بغشاء مزدوج يسمي الغلاف البلاستيدي وتحوي البلاستيدات على بنيات خاصة تدعى الاستروماStroma مع تراكيب أخرى في الحشوة و تسمى الغرانات هي حوالي٥٠ من الأكياس المفلطحة وهي التي تحوي الكلور وفيلات والبلاستيدات ولها شكل أقراص . تتكاثر مستقلة عن انقسام الخلية لوجود RNA و DNA .



* **البلاستيدات عديمة اللون** Leucoplastids : لا تحتوى على الكلوروفيل

* **البلاستيدات الملونة** Chromoplasts : تحوي الأصبغة الحمراء والصفراء

٧- الريبوزوماتRibosomes :

توجد الريبوزومات في الخلية اما بمصاحبة الشبكة الاندوبلازمية او حرة في السيتوبلازم او في الميتوكوندريا او البلاستيدات

وتحتوي علي ٥٠ -٦٠ %- البروتين ويتراوح قطرها بين.١.-٣ ميكرون ويشكل RNA ٥٠ % من بروتين يوجـــد (r- RNA) الريبـــوزومي RNA الرســـول المشتركـــان في بناء الريبـــوزوم الريبوزومات عادة تكون في مجاميع عنقوديـــة او في شكل سبحي بشكل عديدات الريبوزومات.

٨-الفجواتVacuoles :

هي عبارة عن مساحة محاطة بغشاء مملوءة بسائل مائي او عصير خلويCell sap الفجوات العصارية مبعثرة في السيتوبلازم في الخلايا الحديثة الميرستيمية حيث تمتلئ الخلية بالسيتوبلازم الكثيف وعند نضج الخلية تتجمع هذه الفجوات مع بعضها لتكون فجوة واحدة كبيرة في وسط الخلية وتكون محاطة بغشاء Tonoplast هو جزء من الغشاء البلازمي الداخلي اختياري النفاذية وتدفع

الفجوة عند تجمعها عدد من الفجوات الصغيرة السيتوبلازم ليلاصق الجدار كطبقة رقيقة ومن وظائف الفجوة المحافظة علي استمرارية ضغط الامتلاء للخليةTurger pressure وهو هام جدا للتركيب الدعامي وللتحكم في حركة الماء. كما أن من مهام الفجوة تخزين المواد الأساسية اللازمة للنشاط التمثيلي للخلية وتخزين منتجات التمثيل الثانوية والمركبات الدفاعية للخلية والسامة وهكذا يحتوي العصير علي مواد كالسكريات والأحماض العضوية والأملاح المعدنية والغازات والصبغات والقلويدات والدهون والتانينات وأحيانا البللورات وعادة يكون ال pH للعصير الخلوي حامضيا حسب مكوناته . من الناحية السيتولوجية والكيموحيوية . والغشاء المحيط بالفجوة يلعب دورا هاما في النشاط الكيميائي للخلية مثل تراكم أيونات الهيدروجين وتخزين المواد السامة والسماح بعبور بعض المواد في اتجاة واحد من الخلية للفجوة . ووجود الصبغات بالفجوة مثل الانثوسيانين هوالذي يلون عديد من الأزهار والثمار والأوراق . و تغيره في اللون حسب(ph) العصارة.

٩-الأجسام الدقيقةMicro bodies :

، تلك الجسيمات يطلق عليها الأجسام الدقيقة وقطرها ٢-١ انجستروم يحيط بها غشاء فردي وهي لا تشابه البلاستيدات او الميتوكوندريا حيث لا يشاهد بها اي تراكيب غشائية الا انها تحتوي علي بروتينات داخلية كثيفة جدا وهي الجليوكسيزومـــــات والبيروكسيزومات وتوجد الجليوكسيزومات في انسجة البذور الزيتية حيث يتحول الدهن الي كربوهيدرات وتلك العمليـــــة يصاحبها أنزيمات دورة الجليوكسلات وتوجد كلها في الجليوكسيزومات . اما البيروكسيزومات فهي تشابه مظهريا الجليوكسيزومات وتحتوي على عدد من نفس أنزيماتها ولها دور في تمثيل الجليكولات المنتجة بواسطة البلاستيدات الخضراء وتبين الملاحظات ان البيروكسيزومات تصاحب عملية التمثيل الضوئي في بعض النباتات . والاسفيروزومات اي الأجسام الكروية ما هي الا أجسام صغيرة وأنزيمات تحليل مائي أخرى مثل Hydrolases وجسيمات تحتوي على أنزيمات مثل أنزيمات تحليل الأحماض.

المحاضرة الثالثة

الانتشار والحلول والتشرب

Diffustion , Osmosis ,and Imbibition

إن علاقة الخلية بالوسط المحيط يتحكم بها قوانين انتشار الغازات والماء والمغذيات وهذه القوانين ليست فقط محصورة بين الخليـــة والوسط الخارجي بل بين الخلايـــا فيما بينها وانتقال هذه المواد والماء والغازات تتحكم به ديناميكيـــة تحولات الطاقـــة والقوانين الفيزيائيـــة والكيميائية لهذه المواد وسندرس أهم هذه القوانين:

أولاً- الانتشار Diffustion:

هو حركة المواد من منطقة تركيز مرتفع إلى منطقة تركيز منخفض وهذا القانون يتحكم بانتقال الجزيئات والأيونـــات والذرات بفعل الطاقة الذاتيـــة الحركية لها فحركة انتقال الغازات وفقاً لهذا القانون مرتبط بمجموعة عوامل كالضغط والحرارة وتركيبه الجزيئي وكثافته النوعية وانتشار الغاز من منطقة تركيز عليا إلى أقل تركيزاً يأخذ منحى من الضغط العالي باتجاه الضغط المنخفض به حتى يتم الاتزان .

العوامل المؤثرة على انتشار الغازات :

١- **الحرارة :** يزداد انتشار الغازات بزيادة درجة الحرارة حيث تعمل الحرارة على زيادة الطاقة الحركية الداخلية لجزيئات الغاز .

٢- **كثافة الجزيئات المنتشرة :** إن معدل انتشار الغازات تحت ظروف ثابتة يختلف من غاز لآخر تبعاً لنوع الغاز وكثافته وقد لخص ذلك قانون غراهام لانتشار الغازات والذي ينص : " أن معدل انتشار الغازات يتناسب عكساً مع الجذر التربيعي لكثافة الغاز" مثال كثافة (H هي ١) في حين كثافة (O هي ١٦) بمعنى أن معدل انتشـــــــار الهدروجين أسرع بأربع مرات من الأوكسجين

٣- **قابلية الذوبان في وسط الانتشار:** كلما زادت سرعة ذوبان الغاز في وسط الانتشـــار زاد معدل انتشارها و ومن الجدير بالذكر أن قابلية الذوبان للغازات تقل كلما ارتفعت درجـــة الحرارة

فالأوكسجين عند الدرجة (. م) للماء يذوب بمعدل ٠,٥ لتر من الأوكسجين في ١ لتر ماء تقل إلى ٠,٤ عند الدرجة ١٠ م و٠,٣ عند درجة ٢٠ م .ولوحظ أن كمية الغازات الذائبة في السوائل تتناسب طرداً مع زيادة الضغط الجوي المطبق عليها .

الماء وخواصـــه : يدخل الماء في تركيب الخلايا والاعضاء الحيوية بنسبة تصل لأكثر من ٩٠% ويمتلك الماء خواص فريدة من نوعها تفسر دوره الحيوي .

أ- **التركيب الجزيئي والرابطة الهدروجينيـــــــة:** يتكون المـــاء من ذرتي هدروجن ترتبطان برابطـــــة تشاركية مع ذرة أوكسجين وبزاوية غير حادة مما يفسر إمكانية امتصاص كميـــــــة كبيرة من الحرارة دون أن تتحلل هذه الرابطـــة والماء جزيء قطبي فلـــــه سطح مشحون بقطبين حيث يمثل الهدروجن قطب موجب والاوكسجين قطبـــه الســالب الذي يجذب الالكترونات ونتيجة لهذا التوزيع فإن جزيئـــــات الماء ترتبط مع بعضـها وتبلل المركبـــات الأخرى وتلتصق بالمواد الأخرى أيضاً ولهذه الخاصية أهمية خاصـــة في حركة الماء وذوبان وانتقال العناصر الغذائيـــة فيه . إن انجذاب ذرة الهدروجين الموجبة لجزيء ماء مع ذرة أوكسجين ذات شحنة سالبة لجزيء ماء آخر ينتج عنه رابطة هدروجينية تعتبر أقوى لتجميع الجزيئات مما تتيح تماسك كتلة جزيئات الماء مع بعضها بقوى تسمى قوة الشد التماسك الجزيئي .

خواص الماء المهمـة للنبات : إن الروابط الهدروجينية للماء وخواصه القطبية تتيح للمـــــاء تكوين خاصة شبكية شعرية ، وهي المسؤولة بنفس الوقت عن ارتفاع حرارة الانصهار وارتفـــاع حرارة البخر اللازمة لتفكيك هذه الروابط ، لإضافة إلى الحرارة النوعيـة للماء مقارنة بجزيئـــــات من البنزين أو الإيتانول وهذه الرابطـــة تفسر قدرة الماء على الالتصاق بالسطوح مثل الزجـــــاج والسللوز وحبيبات الطين ، وتفسر الروابط الهدروجينيـــة انخفاض كثافة الماء عند تحولـــه للجليد ودوره الأساسي هنا هو المحافظة على الكائنات الحيـــة التي تعيش في البحيرات المتجمدة ولعل خاصية الماء الأساسية كمذيب عام يفسر الأهمية الحيوية للخلية الحيـة و وتشكيله مع مركبـات عديدة محاليل مائية مثل ذوبان السكريات والأحماض الأمينيـــة إضافة لذلك فإن الماء وبروابطه الهدروجينية قادر على تأين الأملاح الذائبـــة فيه وبالتالي فإن الذوائب تخضع لقانون الانتشـــــار والتشرب إضافة إلى الخواص الأسموزية للماء .

ب- انتشار الماء ، الأسموزية والتشرب Osmosis,and Imbibition:

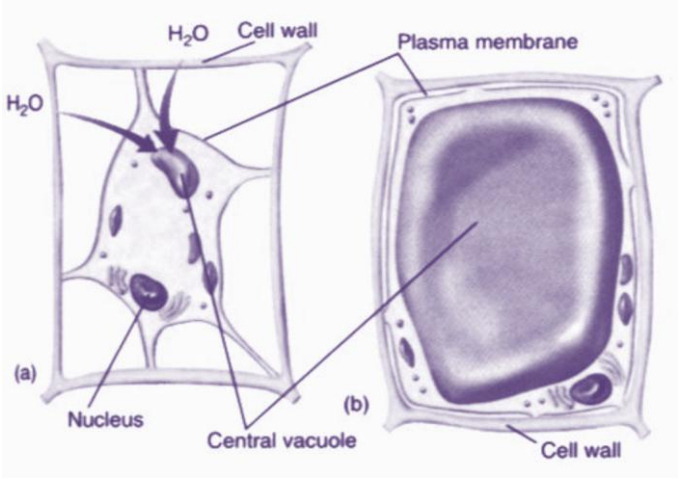
تعتبر الأسموزية صفات خاصـــــة بالماء حيث تعرف بأنها" تحرك الماء خلال غشاء نصف نفوذي الأقل تركيزاً إلى الوسط الأعلى تركيزا .

أما التشرب فهو نوع من الانتشار ويظهر عند دخول الماء من الوسط الى الأجزاء الجافـــــة كالبذور والأخشاب الجافـــة حيث تمتص كمية كبيرة من المـــاء ويتولد داخلها ضغط كبير قد يصل لـ ١٠٠٠ بار تؤدي إلى تشقق غلاف البذور القاسيةوتفتت الصخورالتي تخترقها الجذور .

العوامل المؤثرة على التشرب :

يتأثر معدل التشـــرب بالحرارة والجهد الأسموزي للمادة المتشربـة فزيـادة الحرارة تزيد من معدل التشرب وهذا ما يفسر نقع البذور الجافـــة في ماء ساخن، ونقاوة الماء تزيد معدل التشرب لأن الماء النقي يقل أقل ضغط اسموزي من الماء الحاوي على أملاح ومواد أخرى.

الضغط الأسموزي: هوالضغط للمحلول اللازم لوقف انتشار الماء النقي الى المحلول اوإلى داخل الخلايا نتيجة وجود العناصر المنحلة في الفجوات الخليوية ووجود الأغشية السيتوبلاسمية حول الفجوات ويكون الضغط سلبيا اي جاذب للمـاء من الوسط المحيط حتى يتم التوازن بين الخليـــة والوسط الخارجي. وتملك الخليـــة النباتية بفضل جدارها الخلوي وغشائها السيتوبلاسمي صفات خاصة ومميزة تجعلها تتحمل مدى واسع من التراكيز الأسموزيـــة بعكس الخلية الحيوانية فحين وضع الخلية النباتيـــة في ماء نقي فإن الخليـــة النباتيـــة لا تنفجر بل تنتفخ وذلك بسبب الجهد الأســموزي الخـــلوي للمحلول الفجوي إذ يتحرك المـــاء نحو الخليـــة و يسبب دفع الغشـــــاء السيتوبلاسمي باتجاه الجدار الخلوي ويسمى هذا الضغط بضغط الامتلاء ويصبح الجار الخلوي قاسياً ويظهر ضغطاً مساوياً لضغط الامتلاء ولكنه معاكس ونسميـه بضغط الجدار ونتيجة لهذا التبادل فإن الخلية النباتية تكون ممتلئـــة " منتبجـــة" وفي حال نقص الماء يظهر عليها أعراض الذبول نتيجة لنقص ضغط الجدار والشكل يوضح ذلك :



البلزمة Plasmolysis

عندما تكون الخلية النباتية في محلول له ضغط أسموزي لمـا هو في العصير الخلوي فإن شكل ومظهر الخلية لا يتغير لكن إذا كـــان العصير الخلوي اقل تركيزاً والمحيط أكثر تركيز (أكثر سلبية) فإننا نلاحظ تغيرات في الخليـــة إذ ينكمش الغشاء البلاسمي بعدياً عن الجدار ويخرج العصير الخلوي إلى الوسط المحيط وتسمى هذه الحالة " انكماش الغشاء البلاسمي " البلزمة وهنا نميز ثلاث حالات منها:

* **بلزمة مؤقتة** : وتحصل نتيجـة لشدة النتح وقلة الماء الممتص تعود الخلية لوضعها الطبيعي عند زوال السبب " نقص الماء"

* **بلزمة دائمـة:** وتحصل هذه الحالـة في حال الفقد الشـديد للمحتوى الخلوي المـــائي وتخثر العضيات الخلوية عند هذه الحالة لا تعود الخلية لوضعها الطبيعي بزوال السبب .

امتصاص وانتقال الماء في النبات

يمتص النبات كميات كبيرة من الماء في التربة عبر مجموعه الجذري ويفقد الكميـة الكبرى منه عبر عملية النتح ولا يستخدم النبات في عملياته الفيزيولوجية المختلفة سوى كمية قليلـة منـــه والسؤال المطروح كيف تم آلية انتقال الماء من التربة إلى أشجار شاهقـة الارتفاع ؟ ولعل تدرج الجهد المائي للخلايا النباتية والصفات الخاصة بالماء المرتبطة بمجموعة عوامل متعلقـة بالجو والتربة تفسر آلية حركة الماء .

عوامل التربة المؤثرة على امتصاص الماء

أولاً – الحرارة : تعتبر حرارة التربة ذات أثر كبير على معدل امتصاص الماء فعند درجـــة

الحرارة المنخفضة للتربة ترتفع لزوجة الماء الممتص وتزاد صعوبة امتصاصه وتقل من حركته عبر الجذور عدا عن ذلك فإن نمو الجذور يتوقف وقد لوحظ أن تغطية سطح التربة المحيطة جذور بعض النباتات النشطة بالجليد تظهر علائم الذبول على النبات .

ثانياً – الجهد الأسموزي لمحلول التربة: إن امتصاص الماء يتعلق بشكل كبير بتدرج الجهد المائي بين محلول التربة والعصير الخلوي لخلايا الجذر ويعتبر الجهد المائي لمحلول التربة أقل سالبية من العصير الخلوي لكن عند تركيز الأملاح في التربة يصبح أكثر سالبية وبالتالي يخرج الماء من داخل النبات إلى الوسط وتعتبر النباتات الملحية متميزة أكثرمن غيرها بارتفاع الضغط الأسموزي لعصيرها الخلوي وبالتالي لها قدرة على امتصاص الماء من الأراضي المالحة.

ثالثاً – التهوية : عند زيادة إشباع التربة بالماء فوق معدل السعة الحقلية لهذه التربة أو تلك فإن ظروف التهوية تصبح سيئة ويؤدي ذلك لإعاقة امتصاص النبات للماء لأن الجذور تحتاج إلى الأوكسجين اللازم لقيامها بالعمليات الحيوية .

رابعاً – تركيز CO_2: إن تراكم CO_2 في التربة يعتبر من العوامل المؤثرة جداً على امتصاص الماء حيث يسبب زيادة في لزوجة البروتوبلازم ونقص في نفاذية الجذر للماء مما يقلل من عملية الامتصاص ويعتبر أيضاً ذو تأثير سام لذلك ينصح بالتهوية .

خامساً :- طبيعة الماء الموجود في التربة: يتواجد الماء بعدة أشكال في التربة وبنسب مختلفة

أ- الماء الحر : هو الذي ينجذب تحت تأثير الجاذبية الأرضية

ب- السعة الحقلية: نسبة الماء الذي تحتفظ به حبيبات التربة مقاومة للجاذبية وتختلف هذه النسبة باختلاف طبيعة التربة فهي عالية في الترب الطينية ومنخفضة في الترب الرملية .

ج- معامل الذبول الدائم : وهو نسبة من الماء تظهر أعراض الذبول عند انخفاض نسبة الماء لمستواها

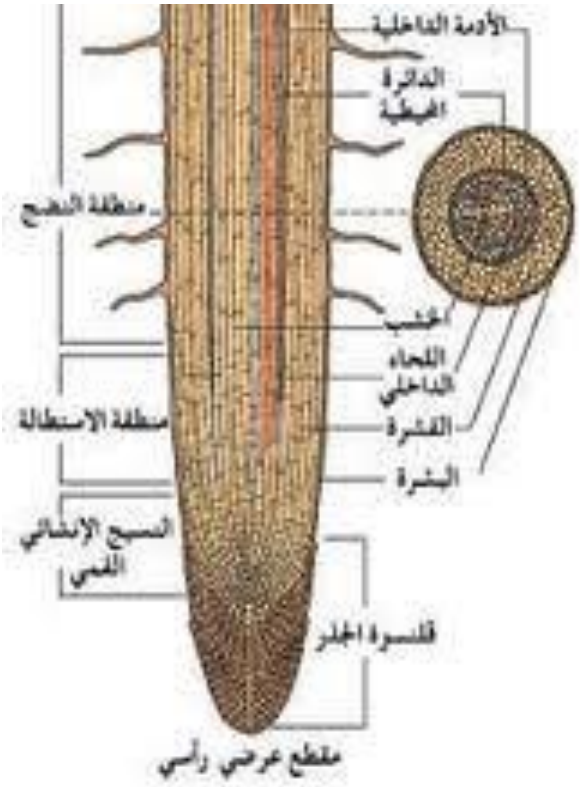
د- الماء الهيكروسكوبي : وهو ماء مرتبط بحبيبات التربة لا يستفيد منه النبات .

والماء المتاح للنبات من كل هذه الأنواع هو الماء المحصور ما بين السعة الحقلية ونقطة الذبول

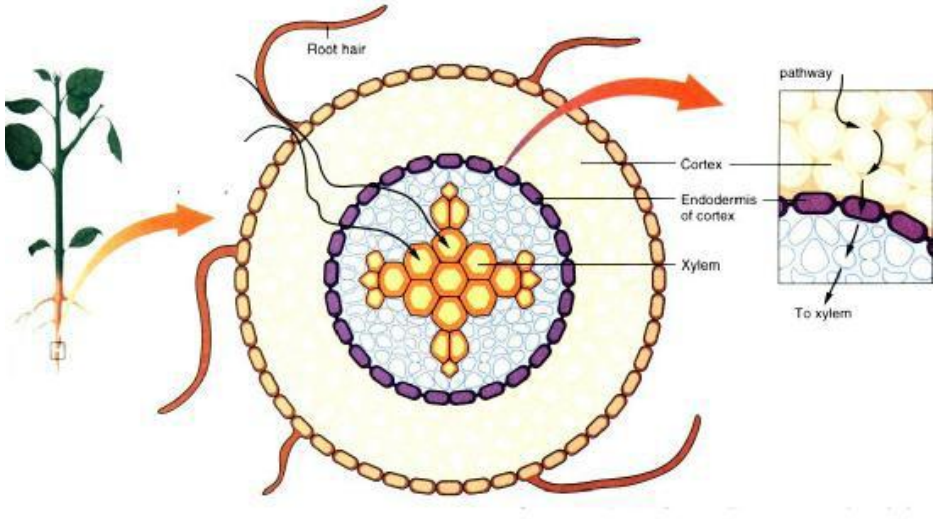
آلية امتصاص وانتقال الماء في النبات

تعتبر الجذور الحديثة وخاصة منطقة الشعيرات الجذرية هي المسؤولة بالدرجة الاولى عن امتصاص الماء حيث ينتقل الماء للشعيرات الجذرية نتيجة لفوارق الضغط المائي والجهد المائي لهذه الخلايا هو أكثر سالبية من محلول التربة وبالتالي فالماء يستمر في الدخول للخلايا

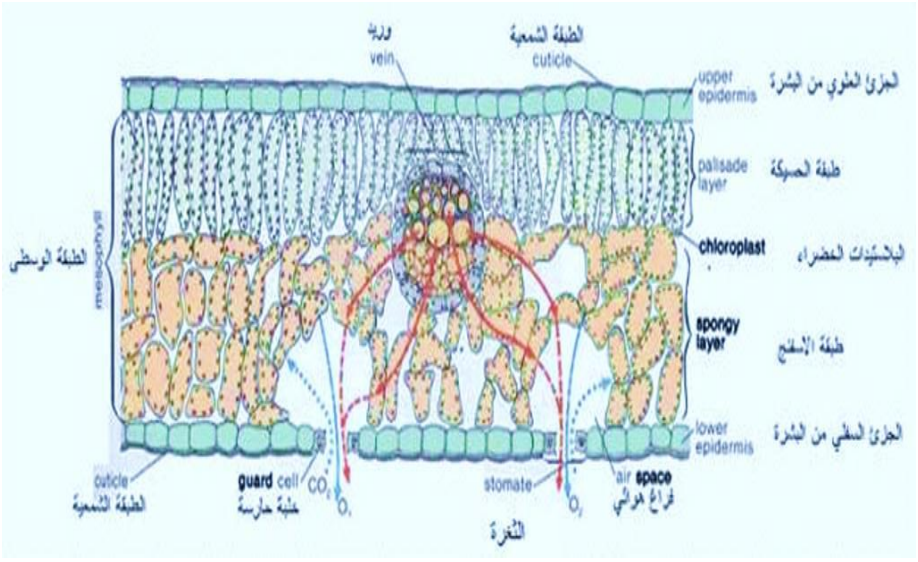
(شعيرات الجذر) ويحدث انتقال تدريجي إلى خلايا القشرة ثم البشرة الداخليـــــة فالمحيط الدائر عبر شريط كاسبـار ثم إلى خلايـــا الخشب وينتقل بعدها من الجذر إلى الســـاق عبر خلايـــا الخشب. وكما هو معروف نسيج الخشب مكون من القصبات والأوعيـــة ذو بنية متخشبـــة ليس لهما بروتوبلازم . أطرافها مثقوبة هذه العناصر متلاصقة مع بعضها البعض بالنهايـات تحوي نقر جانبية تساعد في تركيبها الشعري على حركة الماء عبرها أفقياً وجانبياً بين عناصر الخشب تكون مدعمة هذه الأوعية الخشبية بألياف الخشب ومحاطة ببرانشيم الخشب الحي الجزء الأكبر من الماء المنتقل تنقله الأوعية والقصيبات ليصل عبر الساق إلى الأوراق .



آلية انتقال الماء عبر الجذر (مقطع عرضي)



طريقة انتقال الماء في الورقة: يتشعب الخشب عدة مرات عبر الساق والأفرع ليكون شبكة معقدة من الأنسجة الموصلة في العروق الدقيقة للورقة وهي (الحزمة الوعائيـــة) وخلايا الحزمة الوعائية تختلف بين أحادي وثنائي الفلقة لكنها تؤدي الغرض نفسه ففي ثنائيـات الفلقة كمـا في الشكل تتألف الورقة من : بشرتين عليا وسفلى تتركز في السفلى الثغور التنفسية تحصران بينهما نسيج وسطي يسمى " الميزوفيل" المكون من خلايا برانشيمية عمادية وبرانشيمية اسفنجية يتميز الميزوفيل باحتوائه على مسافات بينيـــة كبيرة مما يتيح أسطح تبخر واسعـــة للماء الذي ينتقل للحجرة تحت الثغريـة ثم عبر الثغور إلى المحيط وجميع آليـات انتقال المـــاء تخضع لظروف الضغط السالب للجهد الخلوي ويحصل هذا الفرق بالضغوط نتيجـة النتح فالنتح هو مضخـــــة السحب وجذب الماء من التربة إلى الشعيرات إلى الورقة وذلك يعود لقوة الشد التماسكي الجزيئي بين ذرات الماء .



إذن يحصل امتصاص الماء وما يحويه من أملاح معدنيـة كنتيجة للنتح عبر المجموع الخضري . وتسمى هذه الآلية للانتقال " الآلية الفيزيائيـة أو غير الحية خاصـــة وأنها تخضع إلى قوانين الأسموزيـــة والانتشـــار (انتقال الذوائب) نتيجـــة لقوى الضغط وفرق التراكيز ، لكن هل هناك آليات انتقال للماء أخرى حيـة أو نشطة ؟؟؟ وجد العلماء أن هناك آليات أخرى لانتقال وصعود الماء في النبات تحت تأثير الضغط الجذري الذي يعتبر الإدمـــاع مظهر من مظاهره الأساسية ويلاحظ على بعض النباتـــات خروج نقاط من المـــاء من أطراف الورقـــة نتيجـة انعدام النتح وامتصاص الجذر لكميـــة من الماء أكبر من النتح لذلك تخرج هذه القطرات عبر الثغور المائية وهذا الضغط ينشأ في أوعية الخشب ولا تقوم الثغور بطرح الماء إنما قنيوات دمعية " غدد مائية" في الورقة . يتميز الماء المطروح بهذه الطريقـــــة باحتوائـــه على الأملاح وبعض الهرمونات النباتية بينما يكون النتح خال من هذه العناصر.

المحاضرة الرابعة

أنواع النتح:

أ- **النتح الثغري:** يخرج المـــاء بصورة بخـــار عبر ثقوب الثغور إلى الجو المحيط بالأوراق

ب- النتح العديسي: حيث يفقد الماء بصورة بخار من أسطح الأوراق والســوق العشبيـــة عبر العديسات وهي الفتحات في الأنسجة الفلينية التي تغطي أسطح الأوراق.

ج- النتح الأديمي: ويخرج بخار الماء خلال طبقة الكيوتين وهي الطبقة الشمعيـة التي تغطي أسطح الأوراق ويختلف هذا النتح باختلاف الأنــواع النباتيـــــة وسماكة الكيوتين .كلا النتحين العديسي والاديمي كميتهما قليلة مقارنة بالنتح الثغري .

تقدير النتح : توجد عدة طرق لتقدير" قياس النتح" وجميعها تعتمد إما على حســاب وزن الماء الممتص أو وزن بخار الماء المنتوح على اعتبار أن معدل الامتصاص والنتح متساويـــان في معظم الظروف.

١- **الطريقة الوزنية:** هذه الطريقـــة تعتبر من أبسـط طرق تقدير النتح حيث بوزن نبـات مزروع بأصيص عند بدايو نهاية فترة زمنية محددة مع الأخذ بعين الاعتبار تغطية سطح تربـة الأصيص بمادة مانعة للبخر ثم حساب كميـــة الوزن المفقود خلال هذه المدة الزمنيـــة لكن هذه الطريقـة تقتصر على النباتات الصغيرة ، ويمكن استخدام هذه الطريقـــة في الحقل لجزء نباتي مقطوع مثل الثمار والأوراق حيث يوزن هذا الجزء بعد فصله عن النبلات الأم مباشرة ويوزن مرة ثانية بعد فترة زمنية ويحسب مقدار الفقد .

٢- **طريقة البوتومتر:** هذه الطريقة تعتمد على مبدأ أن معدل الامتصاص = معدل النتح حيث يؤخذ جزء من فرع نبات ويوصل بالوعـــاء الزجاجي للبوتومتر . يراعى عند ملأ الجهاز بالماء عدم وجود فقاعات غازية . وبهذه الطريقـــة يمكن حســـاب معدل النتح بكمية الماء المفقود من خلال حساب النقص في الماء الحاصل في البوتومتر .

٣- **طريقة جمع الماء:** يوضع النبات في وعاء زجاجي مغلق ثم يمرر تيـــــار هوائي معروف الرطوبة ويسحب هذا التيار عبر أنبوبة تحوي مادة ممتصة للبخار مثل كلوريد الكالسيوم والفرق في الوزن لكلوريد الكالسيوم قبل وبعد مرور التيار الهوائي في الحجرة الحاوية على النبات يكون هو مقدار النتح .

٤- طريقة كلوريد الكوبالت: طريقـــــة تبين ظاهرة النتح حيث يتحول هذا المركب من اللون الأزرق عندما يكون جاف إلى اللون الأحمر نتيجة امتصاصه الرطوبة المنتوحة من الورقـــــة.

آلية فتح وإغلاق الثغور التنفسيـة: تملك الثغور التنفسيـــــة بنيات خاصـــة تمكنها من القيام بوظيفتهـــا الحيويـــة المناطـــة بها فالثغر التنفسي هو بنيـــة ميكروسكوبيه تتركز في الأوراق وعلى السطح السفلي للأوراق اذ يتكون الثغر من خليتين ثغريتين تحيطـان بفتحة الثغر تسميـان الخليتين الحارسة والخلية الحارسة تحتوي على الصانعات الخضراء بكميـــة كبيرة مقارنة بخلايا البشرة المجاورة المعدومة الصانعات ويكون الجدارمن ناحية فتحة الثغراسمك من الناحية الأخرى مما يؤدي الى فتح الثغر عند انتباج الخلايا الحارسـة .وفتح واغلاق الثغر مرتبط بزيادة ونقص الجهود الأسموزية للخلايا الثغرية (الخلايا الحارســة) والخلايا المجاورة لها فعند نقص الإمتلاء تغلق الثغور وبالعكس.

العوامل المؤثرة على فتح واغلاق الثغور :

تعبر العوامل البيئيـــة هي المؤثر الأساسي وهي الضوء، البوتاسيوم ،الكلور ،تركيز ثاني أكسيد الكربون ،نقص الماء،حمض لأبسيسيك ،الحرارة.

١-الضوء: تبقى الثغور التنفسيـــة مفتوحـــة وتبقى مغلقـــة في فترات الظلمـــة وتعتبر كميـــة الضوء اللازمـــة لبقاء الثغور مفتوحـــــــة، مختلفـــة باختلاق النوع النباتي ويلعب طول الموجة الضوئيـــــــة مؤثر على فتح وأغلاق الثغور فالأمواج الطويلة والقصيرة لها تأثير سلبي ولوحظ أن افضل انفتاح كان عند المنطقة الحمراء والزرقاء من الطيف المرئي .ويعود تأثير الضوء الى تأثيره على التركيب الضوئي وزيادة المواد النشطـــة أسموزياً وتأثير هذه المواد على قيمة الـph. فعند ارتفاع قيمته تفتح الثغور وعند انخفاض القيمـــة تغلق الثغور ويكون الإرتفاع لقيمة الph. مترافق مع السكريات البسيطة والارتفاع مترافق مع تشكل النشاء .

٢-البوتاسيوم والكلور والهيدرجين: لاحظ العديد العلمـــــاء أن البوتاسيوم يتراكم في الخلايـــا الحارســـة عندما تتعرض للضوء ويؤدي ذلك الى انحلال النشـــاء وتكوين حمض الماليك الذي يؤدي الى زيادة الحموضـــة ويترافق مع k انيون cl الذي يدخل الى الخلايا الحارســـة نتيجـــة للاختلاق الكهربائي الذي نتج عن امتصـــاص البوتاسيوم ويتعادل حمض المـــاليك مع ويتشكل مالات البوتاسيوم ويتحرر بروتون الهيدروجين ومجموعة هذه العوامل تدفع الى ارتفاع أسموزيـــة الخلايا الحارسة وبالتالي زيادة قوة امتصاصها.

٣-تركيز Co2 : تعتبر الثغور حساســـة لتغيرات تركيز CO_2 ولوحظ إغلاق الثغور التنفسية عند زيادة تركيز $C02$ فوق مستوى تركيزه في الهواء الجوي يؤدي إلى إغلاق الثغور وتأثير هذا التركيز لوحظ بانه مرتبط في المسافات البينية داخل انسجة الورقة وليس في الهواء الخارجي فقد وجد أن الأوراق المعرضة لتراكيز عالية من co2 والمغلقة الثغور لا تعود إلى انفتاحها بسرعـــة حتى لو نقلت لجو خالي من CO_2 وهذا ما يؤكد أن التركيز المرتفع للمسافات البينيـة هو الذي يثبط الانفتـــــاح الثغري ويبقى ذلك مستمراً حتى يستهلك هذا الغاز في عملية التمثيل الضوئي

٤- نقص الماء وحمض الأبسيسيك : عندما يزيد معدل النتح عن كمية الماء الممتص من قبل الجذور يحصل ما يسمى أعراض الذبول المؤقت حيث يـــلاحظ إغلاق الثغور عند ذلك ويزداد تركيز حمض الأبسيسيك ويعتقد أن قلة الماء هي المسؤولة عن ارتفاع هذا الهرمون وتلاحظ هذه الظاهرة عند النباتات المحبة للماء لذلك تمت الاستفادة من هذه الحالـــة باستخدام الرش بحمض الأبسيسيك بتراكيز معينة في التخفيف من شدة النتح

٥- الحرارة: عند زيادة درجة الحرارة يزداد فتح الثغور إلى حد معين ويعود ذلك إلى سرعة عملية التركيب الضوئي وزيادة السكريات المختزلة أو البسيطة.

العوامل المؤثرة على معدل النتح: هناك مجموعة عوامل تلعب دوراً في التأثير على معدل النتح وتقسم لمجموعتين: عوامل متعلقة بالنبات وعوامل بيئية

أولاً – العوامل المتعلقة بالنبات :

أ- نسبـــة المجموع الجذري للمجموع الخضري : تعتبر هذه النسبـــة هي المتحكمـــة في معدل النتح فلو كان امتصاص الماء أقل من المنتوح فالنبـــات سوف يقلل من معدل النتح ويعاني من نقص الماء داخله ، وتزداد نسبة النتح بازدياد نسبة الجذور إلى المجموع الخضري.

ب- مساحة الورقة: لا يوجد هناك تناسب بين مساحة الورقة والماء المفقود في وحدة المساحـــة فالنبات الصغيرة تنتح بمعدل أكبر من النباتات الكبيرة ، وأن نزع الأوراق من النبـــات يزيد معدل النتح في الأوراق المتبقية بالنسبة لوحدة المساحة وهذا ما لوحظ أثناء تقليم أشجار الفاكهة إذ كان معدل نتحها أكبر ويفسر ذلك بان المجموع الجذري هو الذي زاد من ذلك نتيجة لقلة عدد الأوراق

ج- تركيب الورقة : إن لتركيب الورقة تأثير كبير فالنباتات الصحراوية تملك تحورات مثل سماكة الادمة والجدر الخلوية والثغور الغائرة ووجود الأوبار على أوراقها كل هذه البنيات تقلل من عملية النتح مقارنـــة بالنباتات التي تعيش في المناطق الرطبـــــة. وقد لوحظ أن الفرق في عدد الثغور

التنفسية ونسبة العروق يزيد من معدل النتح.

ثانياً – العوامل البيئية : إن أكثر العوامل البيئيـــة المؤثرة على معدل النتح هي :

أ– الضوء : وهو أهم العــوامل المؤثرة على النتح فعند تعرض النباتـــــــات للضوء تفتح الثغور التنفسية وفي الظلام تغلق .

ب– رطوبة الهواء: تعتبر الرطوبة النسبية هي من العوامل المؤثرة على النتح فزيادة الرطوبة في الجو المحيط يقلل من النتح وانخفاضها يزيد النتح .

د– الحرارة: لوحظ ان الزيـــادة في الحرارة ضمن المجال الحيوي الفيزيزلوجي لكل نبات يرفع من معدل النتح ووجد ان الثغور تغلق عند الاقتراب من الدرجـــة (٠ م) والدرجة (٣٠) م ووجد أن معدل النتح أعلى ما يمكن في منتصف اليوم عند اشتداد درجات الحرارة.

هـ– الرياح: الزيادة في معدل النتح كنتيجة للرياح لا يتناسب مع سرعتها فقد لوحظ أنه في بداية الرياح يرتفع معدل النتح ثم يعود للانخفاض الحاد نتيجة إغلاق الثغور تحت تأثير فرق الرطوبـة بين الورقة والجو المحيط .

و– توفر الماء في التربة: له مؤشراته الأساسيـــــــة من خلال أعراض الذبول التي تظهر على النباتات عند زيادة او نقص نسبة الرطوبـــــــة في التربة ما بين (نقطة الذبول والسعة الحقلية)

المحاضرة الخامسة

العناصر المعدنية أهميتها للنبات وطرق انتقالها والعوامل المؤثرة على ذلك

حاول الانسان منذ أن عرف الزراعة معرفة العناصر اللازمة لنمو النباتات ،وأدرك ذلك بالتجربة والفطرة فقد لاحظ المزارع البدائي أن إضافة البقايا الحيوانية إلى التربة تزيد من غلة الحاصلات البستانية وظلت تلك المعرفة مقتصرة على التجربة حتى جاء العالم Woodward عام ١٦٩٩ ومن خلال ملاحظاته قال ان النباتات يمكنها العيش والنمو الجيد في الماء الموحل أكثر من ماء المطر هذا القول دفع كثير من العلماء بعده غلى معرفة حاجة النبات من العناصر في التربة وكان من أوائل ذلك العالم De Sausure عام (١٨٠٤) الذي أوضح أن العناصر غير العضوية في رماد النبات يحصل عليها النبات عن طريق مجموعه الجذري وأثبت أن النتروجن وبقية العناصر تتواجد في التربة وهي ضرورية جداً للنبات وفي عام ١٨٣٠ قام كل من Sachs and Knop سلسلة من المحاولات تمكنا من خلالها تجريبيا وباستخدام المزارع السائلة من تحديد العناصر العشر الضرورية التالية للنبات الكربون، الهدروجن، الأوكسجين، النتروجن، الفوسفور، البوتاسيوم، الكالسيوم، الكبريت، المغنيزيوم ، الحديد . وعرفت تلك العناصر بأنها العناصر الضرورية لنمو النباتات ومن ثم بعد ذلك اثبتت التجارب ان العناصر الاخرى هامة ويحتاجها النبات بكميات قليلة وسميت بالعناصر اللازمة للنمو وهي خمسة: المنغنيز، الزنك، البورون، النحاس ، المولبيديوم .وهناك عناصر أخرى ليست ضرورية لكل النباتات مثل : الصوديوم ، السيليسيوم ، الكلور و الكوبالت . أتى بعد ذلك كل من Arnon and Staut ١٩٣٩ وحددا مفهوم العنصر الأساسي ضمن الشروط التالية:

لا يمكن للنبات أن يقوم بعملياته الحيوية بدونه حتى لو توفرت بقية العناصر الأخرى وعند إضافته للنباتات بأي شكل كان تزول أعراض نقصه .

لا يمكن للعنصر أن يستعاض عنه بعنصر آخر بالتالي فهو نوعي بتأثيره وحاجته يدخل العنصر الأساسي من واحد أو أكثر من التفاعلات الحيوية الأساسية في الخلية الحية على سبيل المثال: الفوسفور يدخل في تكوين ATP كما يدخل في تركيب الفوسفولبيدات ، المغنيزيوم يدخل في تركيب اليخضور ويدخل كوسيط في ثبيت شوارد الفوسفور المعدني على ADP.

طرق التقدير والكشف عن العناصر المعدنية :

هناك عدة طرق للكشف عن العناصر المعدنية:

أولاً- تحليل الرماد النباتي: تعتمد هذه الطريقـــة على ترميد النبات في درجة حرارة عاليـة ٦٠٠ م حيث تتحل جميع المركبات العضوية وتخرج على صور غازيـة مثل الكربون والهدروجن والأوكسجين .لا يمكن في هذه الطريقـــة الكشف عن النتروجن لأنه يتصاعد على صورة امونيا وغاز النتروجن أما بقية العناصر الممتصة من التربة فتبقى في الرماد النباتي ،

يعاب على هذه الطريقة :١

١- أنها يمكن ان تسبب تبخر بعض العناصر الاخرى

٢- أغلب العناصر المعدنية تكون بشكل مؤكسد .

٣- يمكن ارتكاب الأخطاء أثناء تحليل الرماد ، لكن تمدنا بصورة جيدة عن تواجد وكمية العناصر التي يقوم النبات بامتصاصها.

ثانياً- طريقة المحاليل(المزارع المائية):

قام بهذه الطريقة العالمانSachs and Knop عام ١٨٣٠وذلك بزراعة النباتات في اوساط سائلة مغذية تحتوي على عناصر غذائية محددة في عدة مكررات حيث يفقد من أحد المكررات عنصر من العناصر الضرورية ويراقب النمو وأعراض نقص هذا العنصر على النباتات . ومن خلال هذه التجارب حددا الأساس الذي اعتمدت عليه دراسة التغذية المعدنية اللازمة للنباتات ، ومهدت الطريق لدراسات لاحقة أكثر تعمقاً واكتشاف نقص العناصر الصغرى ،لكن **يعاب على هذه الطريقة:**

١- من الصعوبة بمكان الحصول على عناصر معدنية غذائية نقية جداً

٢- إن الماء المقطر المستخدم يكون ملوثاً بكميات ضئيلة من النحاس والزنك من أجهزة التقطير

٣- لا بد من تأمين التهوية باستمرار للمحلول الغذائي كي لا تتعفن الجذور

ثالثاً- الطريقة الكيمياحيوية:

هذه الطريقة تعتمد على إدخال عنصر غذائي ومراقبته مخبرياً وما هي المركبات التي يدخل بها ومكان تواجده في الخلية وأهميته الحيوية وتم ذلك من خلال استخدام النظائر المشعة للعديد من

العناصر المعدنية لتحديد وظائفها ، فعلى سبيل المثال : الحديد Fe لوحظ بأنه يدخل في تركيب الفيرودوكسين وحلقة السيتوكروم في الميتوكوندري ، المغنيزيوم Mg يدخل في تركيب اليخضور . ومن خلال هذه الدراسات توصل العلماء وعلى رأسهم العالم Arnon غلى تحديد العناصر وفق مفهومين: عناصر كبرى وهي (C, H, O, N, S, P, K, Ca, MG) يحتاجها النبات بكميات كبيرة وعناصر صغرى ليست بأقل أهمية وضرورية جداً ، لكن الاحتياج إليها أقل وهي (Fe, BO Cu, Mu, Zn,).

الدور العام للأملاح المعدنية في الخلية:

أولاً- الدور الفيزيائي: ويتجلى هذا الدور من خلال :

أ- **الضغط الحلولي الخلوي** : حيث تكون الأملاح المعدنية مسؤولة عن انتباج الخلايا وهو الشرط اللازم لنموها وقيامها بكافة وظائفها الحيوية المنوطة بها.

ب- **تأثيره على Ph الخلية** : من خلال وظيفة كل ملح وطبيعة المركبات الداخلة فيه تحدد درجة تأينه Ph العصارة الخلوية والتي تلعب دوراً وظيفياً دقيقاً وخاصة في التفاعلات الأنزيمية

ج- **التأثيرات الشاردية وقوة التشرب في السيتوبلازم** : إن قوة التشرب للسيتوبلازما وطبيعتها الغروية تتوقف على نوع الشاردات المعدنية التي تدخل في تركيبها ودرجة انتفاخها وامتصاصها للماء مرتبط بنوع الشاردات فيها . فالكاتيونات تعمل على إزالة الشحنة من السيتوبلازما وبالتالي تقلل من الانتباج. أما الأنيونات تكون مشحونة بشحنة مماثلة لشحنة السيتوبلازم يؤدي ذلك لرفع نسبة الانتباج وهذا ما يفسر مقدرة النباتات المالحة على ادخار كمية كبيرة من الأملاح وترفع من الضغط الحلولي لحد كبير وتحافظ بذلك هذه النباتات على حياتها ضمن هذه البيئة الصعبة .

د- **التأرجح البيولوجي للشاردات:** قد تموت الخلية إذا وضعت في ماء نقي وكذلك في محلول لملح محدد واحد مثل غمس الشوندر في ملح كلوريد الصوديوم لكن إن وضعت قطع الشوندر في محلول يحوي ملحي كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم فلا تخرج أصبغة الانثوسيانين وتحافظ الخلية على توازنها الحيوي . ومن هذه الفكرة تم التوصل لحقيقة علمية " أن التغذية المعدنية للنباتات يجب ان تكون تغذية متوازنة " أي تحوي كافة العناصر المعدنية وفق معادلات خاصة

ثانياُ- الدور النوعي للعناصر المعدنية في حياة النبات :

لقد تمكن من خلال الطرق الحديثة في التحليل وتتبع العناصر في التفاعلات الحيوية ضمن النبات من إلقاء الضوء على كثير من غوامض الأمور المتعلقة بدور كل عنصر في حياة النبات لكن الصعوبات التي واجهت ولا تزال العلماء معرفة دور العناصر الغذائية في الأنزيمات إضافة إلى ذلك ، فإن العناصر المعدنية أثناء تأديتها لوظيفة معينة تتداخل مع عناصر اخرى ويأخذ هذا التداخل منحنيين إما تضاد أو تساند .

الأهمية الحيوية للعناصر المعدنية الكبرى

١- **دور C,H,O أو الكربوهدرات** : تعرف كعناصر بنائية ، مصدر للطاقة في الخلية الحية

٢- **دور N** : يعتبر الآزوت عنصراً أساسياً في تكوين البروتينات في كافة أشكالها في الخلية والأسس الآزوتية ، ويدخل في تركيب أشباه القلويات . يأخذه النبات من التربة على شكل نترات ونادراً على شكل أمونيا NH4 ، ويدخل كعنصر اساسي في تكوين الكلوروفيل .

نقصه يؤدي إلى : نمو بطيء ، اصفرار على الأوراق ،احتراق حافة الأوراق السفلية ، ظهور الأصبغة الأنثوسيانينية على نصل الورقة .

٣- **الكبريت S** : يدخل في تركيب الألبومينات وفي تركيب زمر SH وفي الحموض الأمينية مثل السيستين والسيستئين وفي المركبات المسؤولة عن الرائحة في بعض النباتات كمادة السنجرين التي تعطي رائحة البصل والثوم الخاصة بهما ، يمتص الكبريت على شكل كبريتات لكنه يرجع ضمن النبات فور دخوله الخلية النباتية على شكل سلفوهدريل SH .

أعراض نقصه تظهر على الأوراق الفتية : يظهر الاصفرار على كامل الورقة بما فيها أعصابها

٤- **الفوسفور**P:عنصر بنائي هام جداً في الخلية يدخل في تركيب الأنزيمات مثل ATP والفوسفوليبيدات ، يتراكم في البذور والثمار وهو عنصر متحرك في النبات ، تظهر أعراض نقصه على الأوراق المعمرة ، يحفز الإزهار ويزيد من خصوبة حبوب اللقاح .

اعراض نقصه: يكون النبات بلون أخضر داكن، مزرق ، تظهر تنقرات على الأوراق السفلية .

٥- **البوتاسيوم K**: يلعب هذا العنصر دور هام في النبات ، لا يمكن الاستعاضة عنه ، يتراكم في الأعضاء الفتية كالبراعم والأوراق ونهايات الجذور ، ويقل وجوده في الأعضاء الهرمة ويتواجد بشكل حر ، يساهم في تصنيع البروتينات وفي إرجاع النترات وله دور أساس في لزوجة الخلية ، كما يساهم في عملية تراكم السكريات في الأعضاء التخزينية للنبات .

أعراض نقصه: تظهر على الأوراق الهرمة بشكل إصفرار وسماكة في برانشيم الورقة أعضاء النباتية ، يعدل الحموض العضوية في التربة والخلية ويخفف من أثرها السام على النبات.

٦- **الكالسيوم Ca:** عنصر ساكن غير متحرك لذلك تظهر أعراض نقصه على الأعضاء الفتية يساهم في تركيب البروتينات كوسيط ويساهم في تكوين بكتات الكالسيوم المسؤولة عن متانة الهيكل العام للشجرة

أعراض نقصه: تظهر بشكل تلف أو نخر للمناطق المرستيمية ويموت النبات من الأعلى نحو الأسفل والأوراق الحديثة تلتوي بشكل خطاف .

٧ - **المغنيزيوم Mg** :عنصر أساسي لبناء اليخضور وهو عنصر متحرك له دور في عملية الفسفرة وينشط الأنزيمات مثل أنزيم الكربوكسيلاز والديهيدروجيناز ، يتداخل هذا العنصر مع كل من الكالسيوم والبوتاسيوم فوجود الكالسيوم يخفف من سمية المغنيزيوم ويضبط دخوله للخلايا

أعراض نقصه تظهر على الوراق السفلية: اصفرار وبقع نسيجية ميتة في نصل الأوراق وتلتوي أطراف الأوراق نحو الأعلى مع انتشار الأصبغة الأنثوسيانية بين عروق الورقة.

دور العناصر الصغرى:

١- **الحديد Fe :** يساهم بشكل أساسي في صناعة الكلوروفيل في المرحلة الاولى ولا يدخل في تركيبه،يدخل بتركيب انزيمات الأكسدة كالفيرو دوكسين، له دور في عملية مناقلة الالكترونات ويساهم في صناعة أنزيمات البيروكسيداز والكاتالاز ويقوم بإرجاع النترات فور دخولها للخلية

أعراض نقصه تظهر على الأوراق الفتية: اصفرار ، ويبقى العصب الرئيسي بشكل أخضر وتسمى ظاهرة الاصفرار عند نقص الحديد بالكلوروز

٢- **النحاس Cu :** يساعد مع الحديد في تصنيع اليخضور ، ويدخل في تركيب بعض الأنزيمات كمرافق أنزيمي معدني .

أعراض نقصه: أخضر قاتم على الأوراق ومن ثم سقوطها ويبقى البرعم في إبطها حياً.

٣-**المنغنيز Mn :** يدخل بشكل أساسي في تصنيع الأوكسينات النباتية ويساهم باصطناع اليخضور. أعراض نقصه: تشبه أعراض نقص النحاس مع تقزم السلاميات والأفرع .

٤-**الزنك Zn:**ينشط تشكيل أنزيمات الديهيدروجيناز ،ويساهم في تشكيل أندول أستيك أسيد ونقصه يؤدي لمرض التورد وتكون الأوراق سميكة وتقصر السلاميات وتظهر بقع ميتة بين الأعصاب.

٥- **البورون Bo** : دوره الأساسي يتحدد بتحديد مسار الأنزيمات .

ونقصه يؤدي لتشوه في الخلايا المنقسمة واحتراقـات صغيرة في الأوراق ، وتموت النموات من البراعم الطرفية وتتساقط البراعم الزهرية .

٦- **المولبيديوم Mo:** يدخل بشكل أساسي في استقلاب الآزوت وفي نقل الفوسفات .

أعراض نقصه: اصفرار وتثقبات في نصل الورقة

العمل المشترك للشاردات

لاحظ الكثير من العلماء المهتمين بدراسة التغذيـة المعدنية للنبات تداخل بين الشاردات فيما بينها وكانت هذه التداخـــلات معقدة فالبعض منها كان إيجابياً لكلا العنصرين المتداخلين وسميت هذه العلاقة بالعلاقة التساندية أما في حال كان هذا التداخل معيق سمي بالتضـــــاد . ولوحظ لبعض العناصر أن تداخلاتها عديدة جداً فعنصر المغنيزيوم يتداخل مع الكالسيوم والهدروجن والأمونيوم والبوتاسيوم والمنغنيز . فتداخلـــه مع الكالسيوم يعتبر عنصر إيجابي في حين أن تداخلـــــه مع الهدروجن في الأراضي الحامضية تظهر أعراض نقصه عند ذلك، المغنيزيوم يحد من الأثر السام للمنغنيز توجد علاقة تضاد بين البوتاسيوم والفوسفور،ارتفاع نسبة الكالسيوم في التربة يؤدي إلى نقص الحديد الممتص من قبل جذور النباتات وتظهر أعراض نقصه على النباتات

حركة المواد المعدنية في النباتات

تتحرك المواد المعدنيـــــة في النباتـات من مكان تجمعها في الأوراق حسب طبيعة كل عنصر فالعناصر الثابتة مثل Ca تبقى في الأوراق بنسبة ٩٠% وتتم حركة المواد المعدنية قبل تسـاقط الاوراق وسكون النبات حيث تدخر العناصر المتحركة بعد عودتها من الاوراق في الساق والأفرع المعمرة والجذور وأهـم هذه العناصر: الآزوت ، البوتـــاسيوم ، الفوســـفور ، الحديد ، الكبريت ، المغنيزيوم وتصل نسبة هذه المواد العائـدة إلى ٩٠% من المحتوى الأســـــاسي لها في الأوراق وعلى العموم يمكن تلخيص **حركة المواد المعدنية** تبعاً للآليات التالية:

١- الدخول عن طريق الجذر مع ماء التربة الممتص عبر الشعيرات الجذرية حتى وصولها للأوعية الناقلة.

٢- الصعود بالأوعية الخشبية الناقلة باتجاه معاكس للجاذبية الأرضية غلى الأوراق.

٣ – التحول جزئياً غلى مواد عضوية في الأوراق.

٤- عودة المواد العضوية المعدنية من الأوراق إلى اعضاء النبات المختلفة عبر الأوعية الغربالية

٥-ادخارهذه المواد في الأعضاء والنسج الادخارية لكل من الساق والثمار والأفرع الهيكلية والجذور

٦- إعادة الدوران ثانية عند عودة النشاط للنبات عبر الخشب غلى الأوراق .

آلية امتصاص العناصر المعدنية:

إن مكانيكية دخوال وانتقال العناصر المعدنية إلى النبات متعددة :

١- **الامتصاص السلبي:** ويحدث هذا الامتصاص للأملاح نتيجة ملامسة المجموع الجذري لمحلول التربة حيث تنتقل الأملاح من وسط عالي إلى منخفض التركيز وفق قانون الانتشار بمعنى أن هذا الانتقال آلي دون الحاجة لطاقة وهذا الانتشار هو انتشار حر يستمر حتى يحصل توازن في تركيز الأيونات بين الخلية النباتية والوسط المحيط (محلول التربة)

٢- **التبادل الأيوني:** إن الأيونات على أسطح الجدر الخلوية تتبادل مع أيونات محلول التربة فمثلا الكاتيون K يتبادل مع أيون H المدمص وهذا التبادل الأيوني سوف يسمح بامتصاص كبير لمجموعة عناصر هامة للنبات .

٣- **التدفق الكتلي للأيونات:** يتم ذلك عبر عملية النتح وتأثير عملية النتح تأثيراً مباشراً على ذلك حيث يمتص النبات كمية كبيرة من محلول التربة بما يحويه من عناصر غذائية.

٤- **النقل النشط:** يحصل ذلك بأن تتنقل مجموعة من الأيونات والكاتيونات ضد منحدر تدرج التركيز وقد برهن العالم هوغلاند بأن تركم الأيونات يثبط أو يتوقف عندما يتوقف النشاط التنفسية في النبات نتيجة أي عامل من العوامل لذلك قال:" بأن الطاقة التنفسية ضرورية لعملية النقل من خلال وجود معقد الحامل والأيون" حيث يسمح هذا الحامل أن يعبر الأيون الغشاء البلاسمي بوجود أنزيم خاص لكل أيون ويقوم هذا الأنزيم بمبادلة هذا الأيون مع مواد أخرى لازمة.

العوامل المؤثرة على امتصاص الأملاح:

١- **درجة الحرارة :** تسرع زيادة الحرارة امتصاص الأملاح من خلال تأثيرها على العمليات الفيزيولوجية المختلفة داخل النبات أو حول الجذور .

٢- **تركيز H في محلول التربة:** يتجلى أثر الهدروجن من خلال تأثيره على PH التربة فالفوسفور على سبيل المثال في الوسط القلوي يكون بشكل فوسفات ثنائية التكافؤ ثم ثلاثية وهذه الثلاثية صعبة الامتصاص وفي حال ارتفاع قيمة PH الوسط قلوي يزداد معدل امتصاص الكاتيونات .

٣- **الضوء:** تأثير من خلال تأثيرات على فتح وإلاق الثغور والتمثيل الضوئي والنتح.

٤- **العلاقة المتبادلة بين الأيونات المختلفة:** لوحظ أن بعض العناصر إن ارتفع تركيزهـا تؤثر على عناصر أخرى سلبـــاً أو إيجـــاباً فقد وجد أن للكالسيوم تأثير إيجابي في زيادة امتصاص البوتاسيوم والبروم ويحصل تنافس بين عديد من المركبات على الأماكن النشطـــة للامتصاص " مكان الربط في الحامل" لدرجة التضاد مما يؤثر على انتقال هذا الملح أو ذاك .