جامعة ديالى

كلية التربية للعلوم الصرفة

فسلجة النبات

قسم علوم الحياة

المرحلة الرابعة

محاضرة -1-

مدرس المادة

ا.م.د. نغم سعدون العزاوي

(فسلجة النبات) Plant Physiology:

هو فرع من فروع النبات والذي يختص بدراسة الفعاليات الحيوية المختلفة وترابطها مع بعضها البعض ودراسة علاقة هذه العمليات بالمحيط الخارجي الذي يحيط بالنبات، ويرتبط هذا العلم بعلم تشريح النبات وبيئة وتصنيف النبات ووراثة النبات بالأضافة الى علم الامراض لأن فسيولوجيا النبات يجعلنا قريبين من كيفية الدفاع عن النبات ووقايته من الامراض.

كما يدرس في هذا العلم التفاعلات الكيميائية الحياتية لمعرفة وضائف النبات وكيفية مساعدة هذه الوضائف في عمليات النمو وتكوين الازهار والثمار والبذور.

الماء Water:

الخواص الفيزيائية والكيميائية للماء واهميته للنبات :

يشكل الماء ٩٠% من المحتوى الكيميائي لكثير من الكائنات الحية ويتميز بخواص فريدة، اهمها :

١- ذات حرارة نوعية Specific heat اي ان الانسجة تمتص او تفقد الماء دون حدوث تغير كبير في درجة حرارتها

٢- له حرارة تبخر عالية Evaporation heat اي ان تبخر الماء يصاحبه عملية تبريد للنبات وفقدان كبير للطاقة.

٣- يكون الماء اقل كثافة في حالته الصلبة عنه في حالته السائلة ولذلك يطفو الثلج فوق سطح الماء وهذا مهم جدا للحياة المائية حيث يحافظ على الطحالب والاسماك في الانهار والبحيرات.

٤- ترتبط جزيئات الماء مع بعضها بخاصية التماسك كما انها ترتبط بالسطوح المختلفة بخاصية التلاصق وكلاهما يعمل على رفع الماء داخل جسم النبات وتعرف بخاصية التماسك والتلاصق Cohesion and Adhesion

٥- الماء شفاف للاشعة المرئية، حيث ينفذ الضوء خلال اعماق الماء ليصل الى الطحالب الموجوده هناك كي تستطيع القيام بعملية البنلء الضوئي .

٦- يمتلك الماء درجة انصهار عالية، اي يحتاج الى درجة حرارة عالية لكي ينصهر وهذا يساعد على عدم ذوبان الثلج بسهولة.

٧- جاءت الخواص التي ذكرت اعلاه من كون ان جزيئة الماء تتكون من ذرتي هيدروجين وترتبطان من جهة واحده مع ذرة اوكسجين ومتوسط الزاوية بينهما ١٠٥ درجة.

٨- ان جزيئة الماء قطبية ذات جانب موجب الشحنه H^+ وجانب سالب الشحنه O^- ويرتبطان بأصرة هيدروجينية، اما ارتباط ذرتي الهيدروجين مع بعضهما البعض يكون بأصرة تساهمية، والاواصر الهيدروجينية مسؤولة عن الصفات الخاصة بالماء كالحرارة النوعية وحرارة التبخر والتماسك والتلاصق.

٩- ان الماء مذيب عام، وله القابلية لتكوين محاليل مع عدد كبير من المركبات لقدرته على تكوين اواصر هيدروجينية والطبيعة القطبية للماء تجعله مذيب جيد لكثير من الاملاح بهيئة ايونات موجبة وسالبة حيث يعمل الماء على النقل داخل النبات.

١٠- ان الماء ناقل ووسط لجميع المركبات الغروية وينتقل بين انسجة النبات بأليات مختلفة والتي هي :

{A- Diffusion B- Osmosis C- Imbibition}

الأهمية الفسلجية للماء :

١- غلق وفتح الثغور
٢- يدخل في عملية البناء الضوئي
٣- مهم لعملية انبات البذور وزيادة معدلات التنفس فيها
٤- له دور في امتلاء الخلايا وتوسعها
٥- يؤثر في عملية توازن البروتوبلازم ومكوناتها
٦- يعتبر مذيب جيد للغازات والعناصر المعدنية والذائبات الاخرى
٧- مهم جدا في التفاعلات الحيويه كالتنفس والبناء الضوئي وعملية التحلل المائي للنشا بواسطة انزيم الاميليز وهو مهم ايضا في عملية ايض النتروجين
٨- له نفاذية جيدة عبر الاغشية الخلوية الحيه

المحاليل Solution:

المحلول مزيج متجانس من مادتين او اكثر حيث تنتشر جزيئات الذائب بين جزيئات المذيب بصورة متجانسة، وحركة جزيئات كل من الذائب والمذيب تحكمها الطاقة الحركية للمذيب ضمن المحلول والتي تكون اقل من الطاقة

الحركية لنفس الكمية من المذيب النقي لان هذه الطاقة تستخدم لمنع جزيئات المذاب من الترسب ولكي تبقى منتشرة بصورة متجانسة وهذا على حساب الطاقة الحركية للمذيب.

تكون المحاليل على نوعين:

١- محاليل ناتجة من اذابة مادة غي متأينة مثل السكروز في الماء وتبقى كاملة
٢- محاليل ناتجة من اذابة مادة متأينه كالملح في الماء اذ يتأين الـ Nacl الى Na^{+} و Cl^{-} وهذا يتطلب طاقة اكبر من الحالة الاولى حيث جزيئات المذيب تتعامل مع نوعين من الايونات وتحتاج طاقة اكبر مرتين مما في حالة السكروز لغرض انجاز الذوبان بصورة جيدة.

الطاقة الحركية الانتقالية :

تعتبر الطاقة الحركية الانتقالية ذات اهمية خاصة بالنسية لعمليات الانتشار وبالنسبة للنباتات، لانها القوة المحركة والمسؤوله عن الحركة المستقيمة لجزيئات الغازات والسوائل والمحاليل.

في درجات الحرارة فوق الصفر المطلق تكون كل مكونات المادة في حالة حركة، اي ان الجزيئات تمتلك كمية معينة من الطاقة الحركية الانتقالية، وهذه الحركة تكون عشوائية، اذ تتحرك الجزيئات والذرات في جميع الاتجاهات وفي كثير من الحالات تصدم مع بعضها.

الانتشار:Diffusion

ان ابسط تعريف للأنتشار، كما معروف عند الطلبة المبتدئين في دراسة العلوم النباتية، فانه صافي حركة المادة من المنطقة ذات التركيزالعالي الى منطقة ذات التركيز الاقل نتيجة الحركة الانتقالية العشوائية لجزيئات او ايونات او ذرات تلك المادة.

انتشار الغازاتDiffusion of gases:

تعتبر اكثر المواد قدرة على الانتشار نتيجة المسافات الواسعة بين الجزيئيات مقارنة مع جزيئات الملدة السائلة او الصلبة.

عند فتح زجاجة العطر، فأن جزيئات العطر تتبخر من سطح السائل وتنتشر خلال جزيئات الهواء وفي النهاية تختلط بجزيئات الهواء بصورة متجانسة، وجزيئات العطر قادرة على الانتشار لانها ايضا في حالة حركة ذائبة، والعملية التي تسمح بتوزيع جزيئات العطر في الهواء هي عملية الانتشار.

ايضا يمكن توضيح الضغط الجوي (ضغط الغاز) من خلال ملئ بالون مطاي بالهواء، ففي الحالة الطبيعية تكون جزيئات الهواء متباعدة فيما بينها وهذا يعني ان فرصة تصادم الجزيئات فيما بينها تكون ضعيفة، وعند ملئ البالون بالهواء هذا يعني ان فرصة تصادم جزيئات الهواء تكون اكبر وذلك لانحباس الهواء داخل البالون ونتيجة لتصادم هذه الجزيئات سوف تتولد قوة على جدران البالون من الداخل مما يؤدي الى انتفاخ البالون فتخرج الجزيئات بسرعة مولدة ما يعرف بضغط الغاز، فلو رمزنا الى طاقة الجزيئات داخل البالونه G1 ويكون G2 طاقة الجزيئات خارج البالون وتكون الطاقة داخل البالون اعلى من الطاقة خارجه وعليه فأن :

$$\Delta G = G2 - G1 = -$$

ومن هنا يرمز الى الضغط بالأشارة السالبة.

في حالة المواضيع الفسلجية عادة لايتم التعامل بالضغط فيعبر عنه بالجهد الكيميائيChemical potential

ولهذا يمكن ان يعرف الانتشاربـ (هو صافي حركة المادة من منطقة ذو جهد كيميائي عالى الى منطقة ذو جهد كيميائي واطي نظرا للحركة العشوائية الانتقالية للجزيئات او الايونات او الذرات)

العوامل المؤثرة في معدل انتشار الغازات Factors effecting on gases diffusion:

١-درجة الحرارة Temperature :

يؤدي ارتفاع درجات الحرارة الى زيادة معدلات الانتشار نظرا لزيادة الطاقة الحركية للجزيئات بأرتفاع درجات الحرارة وعادتا يستخدم المعامل الحراري Temperature Coefficient ومختصره (Q10).

Q10 : هو النسبة بين سرعة التفاعل عند درجة حرارة معينة الى سرعة ذلك التفاعل عند درجة حرارة اقل من من السابقة بـ (١٠) درجات مئوية.

$$Q10 = \frac{VT}{VT-10\ C^{\circ}}$$

وفي حالة التفاعلات البايلوجية تستخدم المعادلة

$$\text{Log } Q10 = \left(\frac{١٠}{T2-T1}\right) \text{Log } \frac{K2}{K1}$$

حيث ان T2= تمثل درجة الحرارة العليا او المرتفعة عند معدل التفاعل K2

T١= تمثل درجة الحرارة المنخفضة عند معدل التفاعل K١

والغرض من استخدام المعامل الحراري ، هو لمعرفة نوع وطبيعة التفاعل هل هو فيزيائي ام كيميائي، فأذا كانت قيمة Q10 = ١ اواكثر بقليل فهذا يعني ان التفاعل هو تفاعل فيزيائي اما اذا كانت قيمته تساوي اكثر من (٢) فهذا يعني ان التفاعل هو تفاعل كيميائي.

٢- كثافة الجزيئات المنتشرة Density of diffusing molecules :

تؤثر كثافة الجزيئات على معدل انتشار الغازات وقد وضع العالم كراهام قانونا سمي بقانون كراهام لتفسير كيفية تأثير كثافة الجزيئات على معدل الانتشار وينص على ان:

((معدل انتشار الغازات تتناسب عكسيا مع الجذر التربيعي لكثافة هذه الغازات))

$$\frac{r1}{r2} = \frac{\sqrt{d2}}{\sqrt{d1}}$$

حيث ان :-

r1= تمثل معدل انتشار الغاز الاول

r2=تمثل معدل انتشار الغاز الثاني

d1= كثافة الغاز الاول

d2=كثافة الغاز الثاني

ولتوضيح هذه المعادلة نأخذ المثال التالي :

لو اخذنا غاز االهيدروجين وغاز الاوكسجين واردنا معرفة اي من الغازين اكثر سرعة في الانتشار

$$\frac{rh}{ro} = \frac{\sqrt{d2}}{\sqrt{d1}} = \frac{\sqrt{١٦}}{\sqrt{١}} = \frac{٤}{١}$$

بما ان كثافة الاوكسجين هي (١٦) مرة بقدر كثافة الهيدروجين فان معدل انتشار غاز الهيدروجين يكون (٤) مرات معدل انتشار غاز الاوكسجين.

٣- قابلية الذوبان في وسط الانتشار Solubility in diffusion medium:

كلما زاد قابلية المادة على الذوبان في وسط الانتشار كلما زادت سرعة انتشارها في ذلك الوسط الا ان درجة الحرارة تؤثر في قابلية ذوبان الغازات والسوائل ، فكلما ارتفعت درجة الحرارة كلما قلت قابلية الذوبان في السوائل نتيجة لزيادة الطاقة الحركية في الجزيئات ولهذا تستخدم درجات الحرارة في تخليص السوائل من الغازات، وقد وضع العالم هنري قانونا Henry's Law لانتشار الغازات، والذي ينص على ان :

((كتلة الغاز القليل الذوبان الذي يذوب في كتله معينه من السائل عند درجة حراره معينة تتناسب مع الضغط الجزئي لذلك الغاز)) الا ان هذا القانون لاينطبق على الغازات الشديدة الذوبان في الماء مثل غاز الامونيا وغاز ثاني اوكسيد الكبريت NH_3 و SO_2.

تستخدم طريقة هنري بأضافة بعض الغازات الى بعض المشروبات الغازية فعادةً يضغط غاز CO_2 عند ضغط جو (٥) وعند فتح غطاء القنينة سوف ينخفض الضغط الى جو (١) مما يؤدي الى خروج الغاز على شكل فقاعات ويطلق عليها بالفوران.

٤- تدرج (ممال) الجهد الكيميائي Chemical potential gradient :

تزداد سرعة انتشار الغازات من منطقة الى اخرى بزيادة تدرج الجهد الكيميائي بين المنطقتين وهذا يعتمد على تركيز الجزيئات المنتشره وعلى المسافة بين نقطتي الانتشار.

* تؤثر هذه العوامل على انتشار السوائل بنفس الطريقة

كلية التربية للعلوم الصرفة

فسلجة النبات

قسم علوم الحياة

المرحلة الرابعة

محاضرة -2-

مدرس المادة

م.د. نغم العزاوي

انواع المحاليل نسبة لتأثيرها على الخلايا النباتية:

اولا: المحلول سوي الازموزية Isotonic Solution

هو المحلول الذي يتساوى تركيزه مع تركيز العصير الخلوي ، فعند وضع خلية نباتية في مثل هذا المحلول لايطرأعليها اي تغيير.

ثانيا : المحلول العالي التركيز Hypertonic Solution

ويكون جهده الازموزي اكثر سالبية من الجهد الازموزي للعصير الخلوي، فعند وضع خلية نباتية فيه سيؤدي ذلك الى انكماشها بسبب خروج جزيئات الماء من الخلية يأتجاه المحلول.

ثالثا: المحلول واطئ التركيز Hypotonic Solution

يكون تركيزه اقل من تركيز العصير الخلوي، فعند وضع خلية نباتية فيه، نلاحظ انتقال جزيئات الماء من المحلول بأتجاه الخلية مسببا امتلائها .

انتشار الماء، الازموزية والتشرب Diffusion of water, Osmosis and Imbibition:

الازموزية :- هو نوع خاص من الانتشار، ويتضمن حركة الماء من خلال اغشية ذات نفاذية اختيارية.

التشرب :- نوع خاص من الانتشار مبني على اساس الادمصاص او التجمع السطحي.

***لفهم الازموزية لابد من التعرف على المصطلحات الاتية:**

اولا: الجهد الأزموزي Osmotic potential :

يمكن توضيح وقياس الجهد الازموزي بجهاز الـ (Osmometer) والمكون من جزئين مفصولين بغشاء ذو نفاذية اختيارية، ولنفرض ان هذا الغشاء يسمح بمرور الماء فقط وليس الذائبات مثل السكروز، فأذا وضعنا محلول السكروز في الانبوب 1 وماء نقي في الانبوب 2 نلاحظ ان الماء ينتقل من والى كل الوعائين، الا انه في البداية يكون معدل حركة الماء نحو الوعاء ٢ اكبر من الكمية الخارجه منه، لان الجهد الكيمياوي للماء النقي يكون اعلى وبهذا تكون طاقته الحركية الانتقالية اعلى مما لمحلول السكروز.

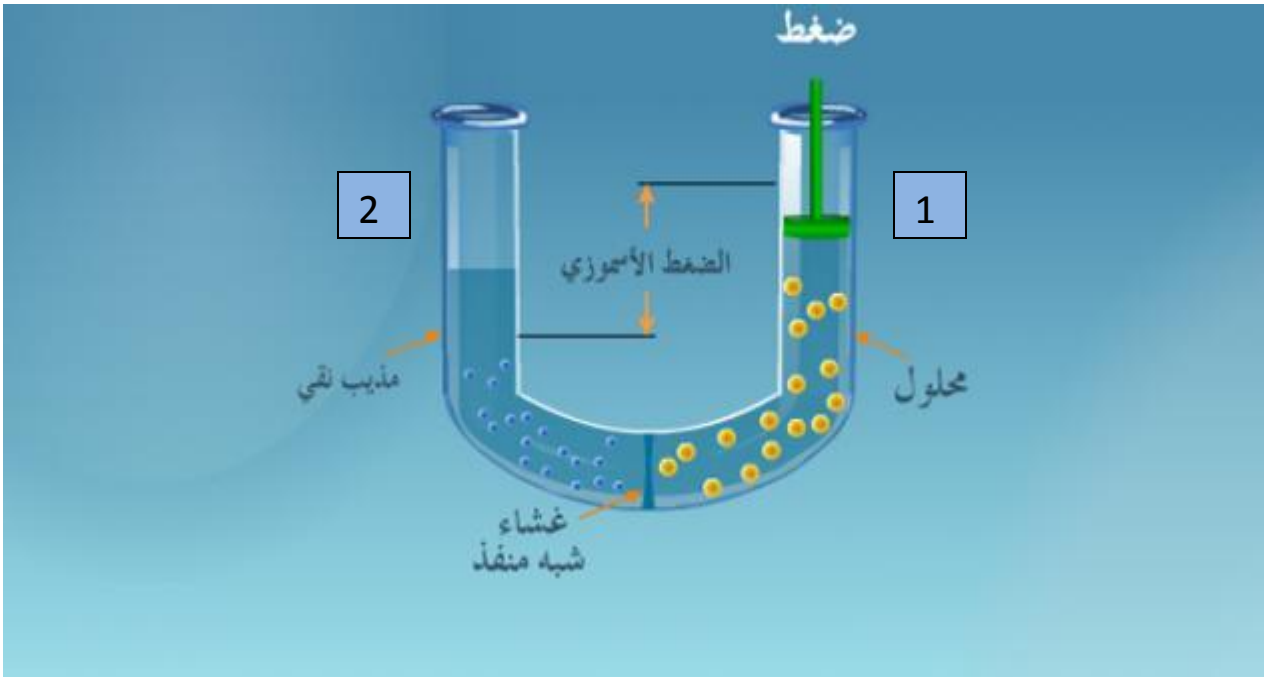
اما في محلول السكروز فان قسما من الماء مشتركا في تفاعل مع دقائق الذائب مختزلا بهذا عدد جزيئات الماء الحرة، وبذلك تنخفض الطاقة الحركية الانتقالية الكلية له، وتحت هذه الضروف فأن الماء يزداد ويرتفع في الوعاء (1) وبأستمرار تراكم الماء فأن محلول السكروز في الوعاء (1) يصبح اكثر تخفيفا وبموجب ذلك يحصل انخفاض

في معدل الماء المتحرك نحو الوعاء (1) وبأستمرار تقدم العملية يقل الفرق في الجهد الكيميائي بين الماء النقي وبين المحلول السكري.

وعلى فرض وجود مكبس في الوعاء (1) وبأستخدام قوة دفع هذا المكبس لمنع الماء من الدخول في الوعاء فأن القوة المستخدمه هذه تكون مساوية الى اقصى ضغط ممكن ان يتولد نتيجة دخول الماء في هذا المحلول السكري ضمن نظام مغلق وان الضغط الازم توليده في المحلول لاجل زيادة الجهد الكيميائي لذلك المحلول يسمى بـ الضغط الازموزي (Osmotic pressure)والذي يعرف على انه :

((هو الضغط الازم استخدامه لوقف انتشار الماء النقي الى المحلول تحت الظروف الازموزية المثالية))

يتناسب الضغط الازموزي طرديا مع مع تركيز الذائب وبما ان الماء النقي لايحوي اي ذائب فيكون ((صفرا)) وكلما زاد التركيز تزداد السالبية وترمز له بقيمة سالبة



.

ثانيا: الجهد المائي: Water Potential (Ψw)

هو الفرق بين الجهد الكيميائي للمحلول والجهد الكيميائي للماء النقي في اي نقطة من النظام وتحت ظروف ثابتة

$$\Psi W = Mw - Mw^o = RT \text{ Lin } e/e^o$$

Lin e/e^o = صفر عندما يتساوى e مع e^o وعليه فان الجهد المائي للماء النقي = صفر

اما في الانظمة البايلوجية ، فان قيمةالضغط البخاري النسبي اقل من صفرمما يجعل قيمته تساوي قيمة سالبة، وهذا ينعكس على جهد الماء في الانظمة البايلوجية ويعبر عنه بقيمة سالبة

$$\Psi W = Mw - Mw^o = -$$

* R = ثابت الغاز

T = درجة الحرارة المطلقة

e = ضغط بخار المحلول في النظام عند درجة الحرارة T

e^o = ضغط بخار الماء النقي عند نفس الدرجة

ثالثا: الجهد الضغطي :Pressure Potential

او الضغط الامتلائي Turgor Pressure (ΨP)

وهو ضغط حقيقي يتولد داخل الخلية نتيجة لدخول الماء اليها في العملية الازموزية وهذا يعمل على دفع الغشاء البلازمي نحو الجدار ويحصل انتفاخ بسيط في الخلية ولكن لاتنفجر لوجود الجدار الخلوي وتولد الضغط الجداري Wall pressure (ΨS)المعاكسة له بالاتجاه ومساوية بالمقدار.

اي ان (ΨP) = (ΨS) بالمقدار وتعاكسه بالاتجاه

وبالتالي تحدد العلاقة الرياضية بين المصطلحات السابقة بالشكل التالي :

$$-\Psi W = -(\Psi S) + (\Psi P)$$

رابعا : جهد الحشوة Matric Potential Ψm

هو الفقد في الطاقة (بالنسبة للماء النقي) اثناء دخول الماء وتفاعله مع المواد الاخرى في وسط الانتشار ويرمز له **Ψm**

التشرب : Imbibition

التشرب هو نوع خاص من الانتشار بسبب محصلة حركة الماء على منحدر (ممال) الانتشار، الا انه يتضمن الية لادمصاص.

هناك شرطان اساسيان لحدوث التشرب وهما :

١-وجوب وجود ممال لجهد الماء بين سطح المادة المتشربة وبين سائل التشرب
٢- وجود ميل خاص بين مكونات المادة الادمصاصية ومادة التشرب

ان الجهود المائية للمواد النباتية الجافة تكون سالبة جدا، فنلاحظ في بذور النباتات يكون الجهد المائي ذو سالبية عالية جدا، فقد تصل الى (-٩٠٠ بار)
وعند وضع هذه المادة في ماء نقي يحصل انحدار شديد في ممال الجهد المائي وبذا يتحرك الماء بسرعة الى المادة المتشربة.
وباستمرار ادمصاص الماء على المادة المتشربة يصبح جهد الماء في المادة المتشربة اقل سالبية وحتى يصبح اخيرا مساويا لذلك في الماء الخارجي وعند هذه النقطة يحصل اتزان وتوقف التشرب.
ليس من الضروري ان تتشرب المادة الادمصاصية كل انواع السوائل، فعلى سبيل المثال، لا يحدث انتفاخ ملحوظ عند وضع مواد نباتية جافة في (الايثر)، في حين يتشرب المطاط بالـ (الايثر)، وينتفخ بصورة ملحوظة اذا غمر فيه.
ومع هذا لايتشرب المطاط بالماء، ومن الواضح وجود قوى جذب معينة بين مكونات كل من المادة المتشربة ومادة التشرب.

العوامل المؤثرة على معدل ومدى التشرب:

يتأثر معدل التشرب بصورة رئيسية بدرجة الحرارة وبالجهد الازموزي لمادة التشرب (سائل التشرب)، ولا تؤثر درجة الحرارة على كمية الماء الممدص من قبل المادة الادمصاصية ، ولكن لها تأثير مؤكد على معدل التشرب، فالزيادة في درجة الحرارة تزيد معدل التشرب.

وتتأثر كل من كمية المادة المتشربة ومعدل التشرب بالجهد الازموزي لمادة التشرب. فأضافة ذائب الى ماء نقي تجعل جهد الماء اكثر سالبية. وهذا له تأثير على تغير ممال (تدرج) جهد الماء بين ماء المحلول ومادة الادمصاص، اذ يكون اقل انحدارا من ممال جهد الماء الذي يمكن ان يتولد اذا ماغمرت نفس المادة الادمصاصية في ماء نقي.

نواتج عملية التشرب :

١- **زيادة الحجم والوزن:** يزداد حجم مادة الادمصاص نتيجة التشرب الا ان الحجم الكلي للنظام التشربي (حجم الماء المغمور فيه المادة الادمصاصية زائدا حجم المادة الادمصاصية نفسها) يكون دائما بعد التشرب اقل من بدء التشرب.

ويمكن توضيح هذه الحقيقة بسهولة بوضع بذور مجففة بالهواء في اسطوانة مدرجة تحوي ماء ويسجل الحجم الاصلي ثم يقارن مع حجم النظام بعد توقف التشرب.

ان الفرق في الحجم يعود الى ان جزيئات الماء التي تجمعت تجمع سطحي على سطح المواد الغروية الموجودة في مادة الادمصاص تكون مرتبطة بقوة، وبالتالي فالجزيئات تتراصف مع بعضها تراصفا شديدا وبهذا تشغل حيزا اقل مما كانت عليه في الماء الحر. وبهذا يحصل تقلص في حجم النظام التشربي

٢- **ارتفاع درجة حرارة النظام او الماء:** نتيجة لعمليات الادمصاص من قبل الماء حول الدقيقة الغروية يفقد الماء طاقته الحركية بعد حدوث التشرب على شكل طاقة حرارية تظهر بأرتفاع الحرارة.

٣- **تولد ضغط :** يسمى هذا الضغط بالضغط او الجهد الضغطي او التشربي ويحدث عندمل يكون النظام مغلق اي كما يحدث في وضع البذور المتشربة في قالب من الجبس وبعد التشرب تكبر بالحجم وتشقق الجبس .

*تكمن اهمية التشرب في ان البذور تحصل على الماء بألية التشرب لتنشيط كثير من الانزيمات في البذور وتحول النشا الى سكرلينمو الجنين ،لتحدث عملية الانبات.

البلزمة Plasmolysis: تحدث البلزمة عند فقدان الماء من الخلايا، وتكون على نوعين:

١-البلزمة الابتدائية : تحدث عند وضع الخلية في محاليل متعادلة اي عند وضع الخلية في محلول يقارب او يساوي تركيز المحلول في العصير الفجوي. ويمكن ارجاعها الى وضعها الطبيعي عند وضعها في ماء نقي.

٢- البلزمة الدائمية : تحدث عند وضع الخلية في محاليل عالية التركيز بالنسبة للذائبات ولا يمكن ارجاعها الى حالتها الطبيعية حتى لو وضعت في ماء نقي لتقطع الروابط البلازمية الموجوده بين الخلايا.

كلية التربية للعلوم الصرفة

فسلجة النبات

قسم علوم الحياة

المرحلة الرابعة

محاضرة -3-

مدرس المادة

ا.م.د. نغم سعدون العزاوي

امتصاص الماء وانتقاله في النباتWater absorption and translocation

يمتص النبات كمية كبيرة من الماء ولكن يفقد جزء منه بعملية النتح وجزء منه يحافظ على امتلاء الخلايا والجزء الاكبر يستخدم للفعاليات الايضية للنبات وان عملية انتقال الماء من محلول التربة الى خلايا المجموع الخضري تعتمد على الفرق في الجهد المائي لمحلول التربة وخلايا الجذر، فضلا عن كون الاجزاء الخارجية لخلايا الجذر تمتاز بتركيزها العالي للاوكسجين لذلك فأن كمية الطاقة المتولدة على السطح الخارجي لخلايا الجذر تستخدم في عملية الامتصاص (امتصاص الماء والعناصر الغذائية المعدنية من محلول التربة).

وفي الداخل يقل محتوى الطاقة وبهذا يكون من السهل ان تمر العناصر الغذائية من تيار الماء نحو الداخل ويصعب رجوعها بالاتجاه المعاكس ولهذا ينتقل الماء من خلايا الجذور الى قنوات الخشب ثم الى الاوراق حيث تتم عملية البناء الضوئي ، اما الماء الزائد فيتم التخلص منه عن طريق الثغور بعملية النتح.

عوامل التربة المؤثرة في امتصاص الماء:

١- **درجة الحرارة:** حيث بأنخفاضها يقل الامتصاص وذلك لزيادة لزوجة الماء

ا- تقل حركة الماء بأنخفاض درجة الحرارة

ب- تزداد لزوجة السايتوبلازم فيصبح اقل نفاذية للماء

ج- يحصل توقف لنمو الجذور ويقلل بدوره امتصاص الماء

٢- **الجهد المائي لمحلول التربة**: ان امتصاص الماء يحدث نتيجة لوجود تدرج في الجهد المائي لمحلول التربة والجهد المائي للعصير الفجوي لخلايا الجذر.

٣- **تهوية التربة (توفر الاوكسجين):** ان تهوية التربة عامل اساسي لنمو الجذور نموا طبيعيا لان وجود الاوكسجين مهم لتنفس الجذور وتحرير الطاقة، تساعد الجذور على القيام بالفعاليات الحيويه ومنها امتصاص الماء ولذا عند سقي الماء بغزارة يسبب طرد الهواء ونقص الاوكسجين ويتوقف التنفس وينخفض معدل ايض الجذور وقدرته على امتصاص الاملاح فتتراكم الاملاح ويؤثر على امتصاص الماء وخاصة عندما تكون التهوية رديئة والنتح سريع فيحدث ذبول للأوراق وقد يموت النبات بالرغم من غمر التربة بالماء.

٤- **تركيز CO_2 (زيادة):** ان زيادة تركيزه وتراكمه له تأثيرا مثبطا لامتصاص الماء نتيجة لعدم توفر الاوكسجين وايضا زيادة تكيز ثنائي اوكسيد الكاربون يسبب لزوجة البروتوبلازم وانخفاض في نفاذية الجذر للماء وبالتالي اعاقة امتصاص الماء.

٥- توفر ماء التربة (جاهزيته): لا يعد كل الماء الموجود في التربة متيسرا للنبات فعندما يستنزف الماء من جزء التربة المحيط بالنظام الجذري يصبح (امتصاص الماء بواسطة النبات) اكثر صعوبة نتيجة للنقص في التدرج للجهد المائي بين الجذور والتربة ولذا فان العوامل الفيزياوية التي تمسك الماء بالتربة اقوى من العوامل التي تسهم في امتصاص النبات للماء.

مجموعة من العلاقات بين ماء التربة والنبات:

١-السعة الحقلية Field Capacity (FC) : ويقصد به محتوى التربة من الماء بعد سقيها وصرف الماء الزائد منها بفعل الجاذبية الارضية مباشرة تاركا فقط الماء المرتبط بحبيبات التربة بفعل العوامل الفيزياوية (المحتوى المائي للتربة بعد تشبعها بالماء وصرف الماء الزائد منها مباشرة).

٢- نسبة الذبول الدائم Permanent wilting percentage (PWP): ويقصد به النسبة المئوية لماء التربة المتبقي عندما تظهر اول اعراض الذبول على النبات، اي الماء الذي لايستطيع النبات امتصاصه.

تختلفPWP و FC بأختلاف النباتات وانواع الترب فمثلا في التربة الطينية تكون كلاهما عالية، اما الرملية فتكون كلاهما واطئة وتختلفPWP بأختلاف النباتات لان عوامل ازموزية النبات التي تحدد PWP اكثر من عوامل التربة نفسها، فمثلا في النباتات المعتدلة Mesophytes تكون ذات جهد ازموزي -٣٠ بار بينما النباتات الصحراوية Helophytes لها جهد ازموزي -٣٠٠ بار وهذا دليل على اختلاف النباتات في قدرتها على امتصاص الماء اي ان PWP تعتمد على العلاقات المائية في داخل النبات بالنسبة لامتصاص الماء وليس على رطوبة التربة .

٣- الاجهاد والشد الكلي لرطوبة التربة Total Soil Moisture Stress(TSMS): هو مجموعة الجهد الازموزي لمحلول التربة والشد الرطوبي للتربة ويقصد بالشد الرطوبي (هي تلك القوى التي تمسك الماء بالتربة مثل الجاذبية وقوى الامتصاص والقوى الهيدروستاتية).

* في النهار يقل الماء القريب من الجذر بسبب النتح العالي والتبخر فتزداد سالبيةTSMS اما في الليل تقل سالبيته نتيجة تحرك الماء من باقي اجزاء التربة والبعيدة عن الجذر نحو سطح التربة القريبة من الجذر، اما الجهد المائي فيكون ايضا اكثر سالبة في النهار نتيجة لعملية التبخر ولكن تبقى سالبية الجهد المائي اكثر من سالبية TSMS

وهذا ضروري لأستمرار امتصاص النبات للماء.

وان جفاف التربة المستمر يزيد من سالبية TSMS حتى يصل الى مستوى مساوي في المقدار الى الجهد المائي في الاوراق، وفي هذه الحالة يكون ضغط الامتلاء للاوراق مساويا لصفر ، اي حالة ذبول دائم وان اعادة الامتلاء للاوراق غير ممكن اي ان ماء التربة وصل الى حالة PWP وفي هذه الحالة يعرف بـ :

((محتوى التربة من الماء الموجود عندما تحصل حالة اتزان بين الجهد المائي للنبات وبين TSMS ويكون ضغط امتلاء الاوراق صفرا)).

مرحلة امتصاص الماء Absorption of water :

١-حركة الماء خلال الجذر: يتم امتصاص الماء عن طريق المجموع الجذري وخاصة الشعيرات الجذرية نتيجة لاختلاف الجهد المائي بين التربة وبين العصير الفجوي لخلايا الجذروالذي يجب ان يكون اكثر سالبية من الجهد المائي للتربة فيتحرك الماء من البشرة فالقشرة فالبشرة الداخلية ثم الدائرة المحيطة حتى يصل اوعية الخشب وينتقل الماء الى داخل خلايا الخشب بألية الازموزية نتيجة لاختلاف الجهد المائي ، وهذه الاوعية الخشبية بالجذر ترتبط بالاوعية الخشبية للساق وهكذا. وهناك مصطلحين مهمين هما:-

A-المكون الغير حي Apoplast: وهي الاستمرارية لمرور الماء خلال القشرة عن طريق نظام ارتباط الجدران الخلوية وعبر المسافات البينية وحتى وصوله الى اشرطة كاسبر في البشرة الداخلية وتتضمن جميع الخلايا الغير حيه والجدران الخشبية والمسافات البينية في المجموع الجذري والخضري، والانتقال يتم فيها بالخاصية الشعرية.

B- المكون الحي Symplast : ويمثل انتقال الماء خلال الخلايا الحية والتي تشمل الروابط البلازمية والغشاء السايتوبلازمي ويكون بالألية الازموزية.

٢-مسار الماء خلال الورقة : يصل الماء الى خشب الساق ثم الحزم الوعائية في الورقة ثم يصل الى العروق ويتحرك الى ميزوفيل الورقة ثم يستخدم قسم منه بالفعاليات الحيوية وقسم منه يخرج عن طريق الثغور بعملية النتح.

٣-امتصاص الماء بواسطة الاجزاء الهوائية: يحدث بصورة محدودة جدا ويعتمد على:-

A - **الجهد المائي لخلايا الورقة**: فاذا كان اكثر سالبية من الجهد المائي للمحيط الخارجي فان الماء ينتقل من الخارج الى داخل الورقة وبالعكس.

B-**نفاذية طبقة الكيوتكل** : كلما كانت رقيقة كلما سمحت لنفوذ الماء خلالها فوجود طبقة رقيقة بكتينية ذات قدرة امتصاصية للماء لينقل منها الى العروق ثم الى انسجة الخشب.

نظريات تفسير صعود الماء إلى قمم الاشجار العالية:

اولاً :- نظرية الضغط الجذري Root Pressure Theory :

يعرف الضغط الجذري : بانه الضغط الذي يتولد في عناصر القصيبات للخشب بسبب النشاط الايضي للجذور ، لذا يشير إلى الضغط الجذري بوصفه عملية نشطة ، وان حركة الماء في الساق نتيجة للامتصاص النشط للملح بواسطة الجذور.

ان امتصاص الماء بهذه الطريقة لا يتطلب صرف مباشر للطاقة ، والطاقة التي تصرف هنا هي في امتصاص وتراكم الاملاح ، مع ذلك ان الجهد المائي هو القوة الدافعة المسؤولة عن امتصاص الماء.

حاول بعض الباحثين الاوائل تفسير صعود الماء في النبات على اساس ونتيجة للضغط الجذري ، الا ان العلماء المعاصرون يرون ان قيمة هذا الضغط المتولد غير كاف لدفع الماء إلى الارتفاعات الشاهقة في معظم الاشجار . وفضلا عن ذلك ان تقدير قابلية الضغط الجذري في دفع الماء إلى الارتفاعات العالية لا ياخذ في الحسبان مقاومة الاحتكاك في الماء خلال اعمدة الخشب.

ثانيا-النظرية الحيوية Vital theory: وتعتمد على صعود الماء خلال الخشب (بفعل تأثير الفعاليات الحيوية للخلايا الحية) للخشب مثل برنكيما واشعة الخشب وهذه لم تعزز بأدلة حيث ان السيقان التي قتلت بالسموم تستطيع ان تنقل الماء الى الاعلى.

ثالثا - نظرية التماسك والتلاصق (نظرية السحب النتحي) Cohesion- Tension : وهي اكثر النظريات قبولا حيث ينتقل الماء خلال الخشب بهيئة اعمدة مائية تمتد من قاعدة النبات في الجذور الى اعلى النبات في الاوراق وبفعل التماسك والتلاصق ، اي ان جزيئات الماء تتماسك مع بعضها البعض وفي نفس الوقت تتلاصق وجدار الانبوبة الزجاجية ، لذلك لا ينقطع عمود الماء ما لم تتغلب قوى الجذب الارضي على قوى التماسك والتلاصق للعمود او من خلال انقطاع العمود بالفقاعات الهوائية.

وعلى افتراض اننا اقتنعنا ان الماء بسبب خواصه التماسكية والتلاصقية ، وايضاً الخواص التشريحية لنسيج الخشب يمكن ان يصعد إلى اعلى النبات بهيأة اعمدة غير منقطعة ... لا بد لنا الأن نتساءل

هل تستطيع قوة الشد للماء ان تدعم عمود الماء الذي يلزم وصوله إلى القمم العالية للأشجار ؟

الاجابة تكون ..... نعم

فقد الماء Water Loss

النتح : Transpiration

هي عملية فقد الماء من النباتات بصورة رئيسية على هيئة بخار من الثقوب (الفتحات) المجهرية والتي تسمى (Stomata) ، ويوفر الترتيب السائب (المفكك لخلايا النسيج المتوسط الرقيقة الجدران وفرة في المسافات البينية مما يهيئ ظروفاً مثالية لتبخر الماء من السطوح الداخلية للأوراق إلى المحيط الخارجي .

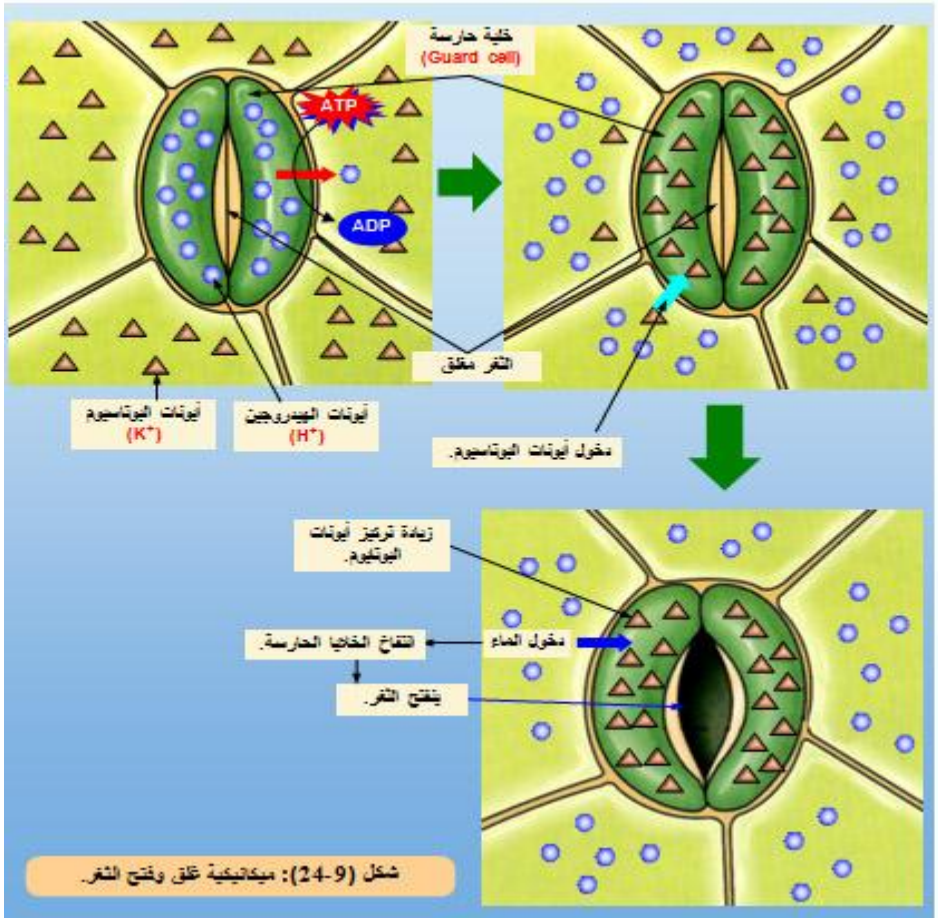
وعلى الرغم من النتح يعد الالية المسؤولة بالدرجة الاولى عن الفقد الغزير للماء من النباتات ، هناك عمليات اخرى مثل الادماع (Guttation) والإفراز (Secretion) والإدماء (Bleeding) تسهم في هذا الفقد .

ويمكننا ان نتصور تيار النتح (Transpiration Stream) ، كما لو كان عمودا متصلا من الماء مسحوباً من التربة خلال الجذور إلى اعلى قنوات الخشب ومنها إلى خلايا النسيج المتوسط ثم إلى اسطح الخلايا ثم إلى المسافات البينية على هيئة بخار من خلال الثقوب الثغرية إلى المحيط الخارجي .

ان النتح الثغري (Stomatal Transpiration) ليست الطريقة الوحيدة التي يتخلص بها النبات من الماء الزائد ، فقد يفقد الماء ايضاً على هيئة بخار مباشرة من اسطح الاوراق والسيقان العشبية ومن خلال العديسات (Lenticels) ، وهي فتحات صغيرة في النسيج الفليني الذي يغطي اسطح السيقان والأفرع ويسمى بالنتح العديسي (Lenticular Transpiration) . وقد يخرج الماء بشكل بخار عن طريق الفتحات المنتشرة في طبقة الأدمة ، وعندئذ يطلق عليه بالنتح الاديمي (الكيوتيني) (Cuticular Transpiration) .

ان كمية الماء المفقود عن طريق النتح الادمي والعديسي غير ذي قيمة عند مقارنتها بكمية الماء المفقود عن طريق النتح الثغري .

ولكن فقط تحت ظروف الجفاف الشديد ، تكون الثغور مغلقة ، يمكن عد فقد الماء عن طريق الأديم والعديسات مهماً.



الادماع :- Guttation

في بعض النباتات النامية في ترب رطبة دافئة ، وعندما ينخفض معدل النتح الثغري وتزداد عمليات الامتصاص ، اي عندما تكون هذه النباتات ذات ضغط هيدروستاتيكي (Hydrostatic) .

ان امتصاص الماء المطروح عن طريق الثغور المائية (Hydathodes) لا يكون بهيئة بخار ، وانما على هيئة سائل يحتوي املاح مختلفة وعند تبخر الماء تبقى الاملاح مترسبة عند حواف الأوراق وقد يستفيد النبات من هذه الاملاح عن طريق اذابتها مرة ثانية وامتصاصها ، وعموماً فان تركيز الملح يكون عال تحت هذه الظروف ، وربما يسبب ضررا للورقة . وعلى هذا فان الادماع هو " خروج الماء بشكل سائل (غير نقي) عن طريق الثغور المائية التي تنتشر عند القمم وحواف الاوراق ، عندما يكون النبات نامياً في تربة دافئة ذات رطوبة عالية ، وعندما يفوق معدل الامتصاص معدل النتح تحت ظروف الضغط الهيدروستاتيكي العالي " .

الافراز :- Secretion

هو فقد الماء السائل (المحاليل) من الغدد (Glands) والغدد الرحيقية (Nectaries) المنتشر في جسم النبات .

الادماء :- Bleeding

عملية خروج الماء عن طريق الجروح نتيجة الاضرار التي تصيب جسم النبات سواء كانت بفعل الحيوانات او المؤثرات الميكانيكية الاخرى .

وتعد كمية الماء المفقود من خلال هاتين العمليتين ليست بذي قيمة ، لأنها قليلة جداً عند مقارنتها بالنتح الاعتيادي .

الثغور من الناحية التشريحية والسايتولوجية: Anatomy & Cytology Of Stoma

يتكون الثغر من زوج من الخلايا الحارسة (Guard Cells) التي تحيط بفتحة الثغر ، وفي معظم نباتات ذوات الفلقتين تأخذ الخلايا الحارسة شكلا كلوياً . وعادة تحتوي الخلية الحارسة نواة وعدد من البلاستيدات الخضراء ويحيط بالخلايا الحارسة خلايا تسمى بالخلايا المساعدة (المعينة) (Subsidiary) (Accessory Cells) .

يحمل سطح بشرة الورقة عدداً كبيراً من الثغور (Stomata) ويحاط كل واحد بخليتين متخصصتين تدعى بالخلايا الحارسة (Guard Cells) ، تتحكمان في فتح وغلق الثغور ، وعندما يفتح الثغر بالكامل ، فأن فتحة الثغور قد يصل عرضها من (٣ – ١٤) مايكرون (μ) وطولها من (١٠ – ١٤) مايكرون (μ) .

يحتوي سطح الورقة (وحسب نوع النبات) من (١٠٠٠ – ٢٠٠٠٠) ثغر . سم$^{-٢}$.

وبالرغم من العدد الهائل فأن فتحاتها عند الانفتاح الكامل تمثل (١ – ٢ %) فقط من السطح الكلي للورقة .

توجد الثغور في الغالب على السطح السفلي للأوراق ، الا انه في العديد من الانواع النباتية توجد على كلا السطحين ، وكما يتضح من الجدول (عدد الثغور في سم^{٢}) .

Pants	Upper Epldermis	Lower Epldermis
Apple (pyrus malus)	None	38.760
Bean (phaseolus vulgaris)	4.031	*24.806*
Corn (zea mays)	6.047	90922
Orange (Citrus sinensis)	None	44.961
Pumpkin (Cucurbita pepo)	2.791	27.132
Sunflower (Heleanthus annuus)	8.527	15.504
Oak (Querrcus relutina)	None	58.140

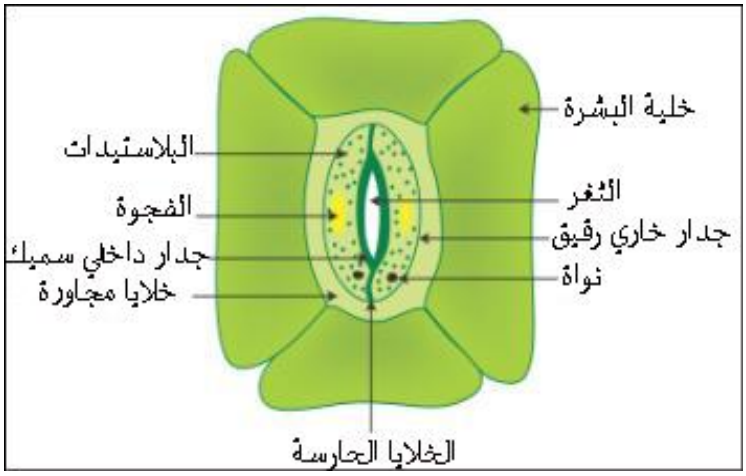
ان ما يشجع عملية فتح وغلق الثغور هو التركيب الذي تتميز به الخلايا الحارسة ، اذ تمتاز الجدران المواجهة لفتحة الثغر بكونها سميكة (لوجود لويفات سليلوزية) وهذه الالياف السليلوزية تتداخل نهاياتها مع بعضها بحيث تجعل جزء الخلية الحارسة المقابلة لفتحة الثغر سميكا ، في حين ان الجهة البعيدة من الخلية الحارسة يبقى الجدار رقيقاً (لعدم وجود هذه الألياف السيليلوزية) ، وتدعى هذه الألياف بـ (التريب الميسيلي الشعاعي Radial Micellation ، لذا عند زيادة ضغط الامتلاء سوف يسبب تمدد المناطق غير السميكة نسبياً والمناطق الاكثر مطاطية من جدار الخلية ، وبالعكس ، ان مقاومة جدار الخلية السملي عند السطح المقابل للخلية الحارسة اخرى والترتيب الشعاعي للويفات الدقيقة السيليلوزية يعرض الخلايا الحارسة إلى الزيادة في الطول والتمدد بعيدا بعضها عن بعض ، وبالتالي تتكون الفتحة (اي فتحة الثغر Stomatal Pore) .

الحركة الثغرية Stomata Movement

هي استجابة مباشرة للزيادة أو النقص في الجهد الازموزي للخلية الحارسة ، فاذا تحرك الماء إلى داخلها فأنها تتسع (اي تصبح ممتلئة Turgid) ، واذا تحرك خارجا منه فأنها تصبح مرتخية (مترهلة Flaccid) .

وعند امتلاء الخلايا الحارسة ينتفخ الثغر . وللتأثير على حركة الماء هذه لابد من ان يحدث تبادل بين الخلايا الحارسة من جهة وكل من خلايا النسيج المتوسط وخلايا البشرة من جهة اخرى .

ان توليد جهودا ازموزية اكثر سالبيه في الخلايا الحارسة يسبب نشوء تدرج الجهد المائي بين الخلايا الحارسة والخلايا المجاورة ، وبالتالي ينتشر الماء إلى داخل الخلايا الحارسة جاعلاً اياها اكثر امتلاء ، في حين ان نشوء جهدا ازموزيا اقل سالبيه في الخلايا الحارسة يسبب تولد في تدرج الجهد المائي في الاتجاه المعاكس ، ولا بد ان يتدفق الماء خارجا من الخلايا الحارسة إلى الخلايا المجاورة لها .



كلية التربية للعلوم الصرفة

فسلجة النبات

قسم علوم الحياة

المرحلة الرابعة

محاضرة -4-

مدرس المادة

ا.م.د. نغم سعدون العزاوي

العوامل المؤثرة على حركة الثغور:

١-الضوءLight :

يؤثر الضوء على عملية فتح وغلق الثغور، فالنباتات المعرضة للضوء ستبقى ثغورها في حالة انفتاح مالم تكن بعض العوامل الاخرى محددة لهذه العملية وقد تتباين النباتات في استجابتها للضوء. وعموما فان كمية الضوء اللازمة لاقصى انفتاح ثغري يكون اقل من كمية الضوء اللازمة لعملية البناء الضوئي.

ايضا تختلف استجابة النباتات بأختلاف الاطوال الموجية، فمثلا لاتفتح الثغور عند تعرض النبات للضوء الاحمر البعيد ، كذلك لاتفتح الثغور عند تعرض النبات للاشعة فوق البنفسجية وكذلك الضوء الاخضر، في حين تفتح الثغور عند تعرض النبات للضوء الاحمر او الازرق من الطيف الضوئي.

*الية عمل الضوء :

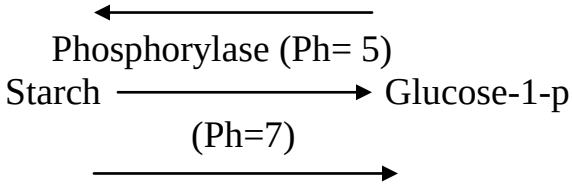
يعمل الضوء على فتح الثغور من خلال مساهمته في **عملية البناء الضوئي** التي تحصل في الخلايا الحارسة،حيث تتكون مركبات نشطة ازموزيا (كالكربوهيدرات) والتي تجعل من الجهد الازموزي للخلية الحارسة اكثر سالبية ، عنده سنتقل الماء من الخلايا المجاورة الى الخلية الحارسة ويفتح الثغر.

كذلك يؤثر الضوء على محتوى النبات من المواد النشوية فيؤدي الضوء الى تحلل النشا وتحوله الى مواد كربوهيدراتية عند تعرض النبات الى الضوء اما في الضلام فتتحول المواد الكربوهيدراتية الى مواد نشوية .

ايضا يؤثر الضوء على الرقم الهيدروجيني PH :-

فعندما يتعرض النبات للضوء يزداد الرقم الهيدروجيني بأتجاه القاعدية وفي الضلام ينخفض الرقم الهيدروجيني ويصبح الوسط حامضيا وهذه العملية مرتبطة بنشاط بعض الانزيمات كأنزيم Phosphorylaseالذي يعمل على

تحول النشا الى سكريات عندما يكون الوسط قاعديا، في حين يكون عمل الانزيم بالاتجاه المعاكس عندما يكون الوسط حامضيا



تأثير الضوء في ضخ البوتاسيوم، الكلور، الهيدروجين والاحماض العضوية:

تؤثر ايونات البوتاسيوم والكلور والهيدروجين والاحماض العضوية في عملية فتح وغلق الثغور ، حيث تنتقل ايونات البوتاسيوم K^+ من الخلايا المجاورة للخلايا الحارسة الى الخلية الحارسة ويصاحب هذه العملية انتقال ايونات الهيدروجين H^+ من الخلية الحارسة الى الخلية المجاورة ونظرا لتحول المواد النشوية الى حامض الماليك تزداد حموضة الخلية الحارسة وهذا يعني زيادة ايونات الهيدروجين الامر الذي يؤدي الى انتقال هذه الايونات من الخلايا الحارسة الى الخلايا المجاورة ولحصول توازن كهربائي تنتقل ايونات الكلور Cl^- الى الخلايا الحارسة وعندها سوف

تتكون مركبات عضوية نشطة ازموزيا، اي تجعل الجهد المائي للخلايا الحارسة اكثر سالبية وبالتالي انتقال الماء من الخلايا المجاورة بأتجاه الخلايا الحارسة مؤدية الى انفتاح الثغر.

٢- تركيز CO_2 :

ان زيادة تركيز هذا الغاز في محيط النباتات بكمية اكبر من تركيزه في الهواء الجوي، وبالتالي يؤدي ذلك الى غلق الثغور. وقد لوحظ من خلال التجارب ان الغاز الموجود في المسافات البينية يكون اكثر تأثيرا من الموجود في محيط النباتات ، اذ ان نقل النباتات التي اغلقت ثغورها بفعل زيادة تركيز ثنائي اوكسيد الكاربون الى جو خالي من هذا الغاز لم تفتح ثغورها مباشرتا وعند تعرض النباتا الى الضوء وقيامها بعملية البناء الضوئي واستهلاك غاز ثنائي اوكسيد الكاربون الموجود في المسافات البينية عندها انفتحت الثغور.

٣- درجة الحرارة Temperature:

يؤدي ارتفاع درجة الحرارة الى زيادة معدل انفتاح الثغور ويستمر الى ان تصل درجة الحرارة الى مستوى تؤثر فيه على الانزيمات المسؤولة عن العمليات الايضية المختلفة عندها ستنغلق الثغور.

٤-نقص الماء وتكون حامض الابسسك Abscicic Acid (ABA):

عندما تكون معدلات النتح اعلى من معدلات الامتصاص عندها سيتأثر النبات حيث يحصل نقص في المحتوى المائي للخلايا الحية مما يؤدي الى انغلاق الثغور، وقد وجد ترابط لتكون حامض الابسيسك اسد عند حصول نقص في المحتوى المائي كما قد وجد ان لحامض الابسيسك دور كبير في عملية فتح وغلق الثغور، فعند تكونه تغلق الثغور وعندما ينخفض تفتح الثغور.

العوامل المؤثرة في عملية النتح:

اولا-العوامل النباتية Plant Factors:

A- نسبة المجموع الجذري الى المجموع الخضري:Root-Shoot Ratio

من المعروف ان المجموع الجذري هو المسؤول عن عملية امتصاص الماء، في حين ان المجموع الخضري يكون هو المسؤول عن فقدان الماء بعملية النتح ولهذا فأن زيادة حجم المجموع الجذري يعني زيادة في معدلات الامتصاص والحالة معكوسة بالنسبة للمجموع الخضري اي ان كلما زاد المجموع الخضري زادت معدلات النتح، ولهذا تتباين النباتات في هذا المجال فيلاحظ ان نبات الذرة البيضاء تتمتع بمجموع جذري افضل من المجموع الجذري للذرة الصفراء وهذا مايؤثر على معدلات النتح.

B-المساحة الورقية :Leaf Area

كلما زادت المساحة الورقية هذا يعني زيادة في عدد الثغور اي زيادة في معدلات النتح الا انه لوحظ في النباتات الصغيرة ان معدلات النتح فيها اعلى من النباتات الكبيرة وهذا يرجع الى تباين المجموع الجذري وقد لوحظ ان النباتات المقلمة تنتح بمعدلات اعلى من النباتات غير المقلمة والسبب يعود الى ان النباتات المقلمة اصبحت ذات مساحة ورقية اقل في حين مجموعها الجذري يمتص كميات كبيرة من الماء وللتخلص من الكميات الفائضة لابد من زيادة معدلات النتح فيها لحصول عملية توازن مابين فقد الماء وامتصاصه.

C -تركيب الورقة : Leaf Structure

يؤثر تركيب الورقة في معدلات النتح فقد لجأت النباتات الى ايجاد بعض التحويرات في تركيب الاوراق للاقتصاد والتقليل من فقد الماء ومن هذه التحويرات هو تكوين طبقة كيوتكل سميكة تغلق بشرة النباتات للتقليل من فقد الماء وايضا تلجأ النباتات الى تكوين ثغور غائرة لتقليل تعرض الثغور الى الرياح وكذلك تكوين شعيرات تغطى فتحات الثغور ايضا لتقليل تعرضها للهواء ورفع المحتوى الرطوبي للهواء المحيط بفتحة الثغر. كل هذه التحورات من شأنها التقليل من عملية النتح.

ثانياً :- العوامل البيئية Environmental Factors

١ – الضوء : Light

تفتح ثغور النبات المعرض للضوء الامر الذي يسمح باستمرار النتح ، وفي الظلام تغلق الثغور مما يؤدي إلى توقف النتح بصفة اساسية ، وفي حالات استثنائية معينة وفي نباتا الـ (CAM) تغلق الثغور في الضوء .

٢ – رطوبة الهواء : Humidity of Air

كلما كانت الرياح المارة على النباتات ذات رطوبة نسبية عالية تنخفض معدلات الفتح وعندما تكون الرياح جافة تزداد معدلات النتح .

٣ – درجة الحرارة : Temperature

ان الزيادة في درجة الحرارة في مدى حراري فسيولوجي معين غالباً تسبب زيادة في معدل النتح ، هذه الظاهرة تكون نتيجة تأثير درجة الحرارة في الحركة الثغرية وتدرج الجهد المائي وتغلق الثغور بصفة عامة عند درجات الحرارة التي تقترب من صفر مْ تقريباً.

٤ – الرياح : Wind

ان الزيادة في معدل النتح نتيجة للرياح لا يتناسب وسرعتها ، واوضحت الدراسات ان تعريض النباتات للرياح فجأة ، يؤدي إلى زيادة حادة في معدل النتح يليها تناقص تدريجي لهذه الزيادة . هذه الظاهرة تشير إلى ان تأثير الرياح في النتح لابد ان تكون معقدة تقريباً .

٥ – جاهزية ماء التربة : Availability of Soil Water

ان امتصاص النبات للماء لفترة زمنية قصيرة ، ربما يقل عن معدل خروج الماء خلال النتح دون ان يؤثر ذلك تأثيراً محسوساً على النبات ، ولو طالت هذه الحالة فان الماء داخل النبات سوف يقل بشكل كبير وسوف يذبل النبات .

امتصاص وانتقال الاملاح المعدنية:

هناك نوعين من انواع الامتصاص :-

اولا- الامتصاص السلبي Passive Absorption

ثانيا- الامتصاص الايجابي Active Transport

اولا- الامتصاص السلبي:- يحدث امتصاص الملح عن طريق التلامس المباشر للمجموع الجذري ومحلول التربة ويعتمد الانتقال على فرق التركيز بين محلول التربة وخلايا الجذر اضافة الى دور عمليات النتح، فعندما يقوم النبات بعمليات النتح يفقد كمية من الماء على شكل بخار ولكي يقوم النبات بتعويض ما فقد من الماء نتيجة لعملية النتح يلجأ الى امتصاص كمية او كميات اضافية من الماء الذي يكون محملا بالعديد من الاملاح.

في هذا النوع من الامتصاص بعض الاملاح تمتص دون ان يحتاج النبات الى صرف الطاقة وهذا ما يقصد به بالامتصاص السلبي وقد وجد عند نقل خلية (او نسيج نباتي) من وسط نمو ذو تركيز ملحي منخفض إلى وسط نمو عالي التركيز نسبياً يحصل امتصاص سريع للأيونات في البداية ، يتبعه امتصاص رتيب وبطئ يكون خاضعاً للتحكم الايضي ولا يتأثر الامتصاص الاولي السريع بدرجة الحرارة او المثبطات اي ان الطاقة الايضية لا تسهم في هذا الامتصاص .

لو اعيد النسيج السابق إلى وسط ملحي منخفض ، ما الذي يحصل ؟

ج// ان بعض الايونات التي امتصت في داخل النسيج سوف تنتشر خارجه إلى الوسط الخارجي . اي ان جزءا من الخلية او النسيج المغمور في المحلول الملحي سوف يكون مفتوحاً للانتشار الحر للأيونات . ويعني ان الايونات تتحرك بحرية إلى داخل او خارج النسيج ، فان جزء النسيج الذي يحدث فيه الانتشار الحر سوف يصل إلى حالة الاتزان بينه وبين الوسط الخارجي. وان ذلك الجزء الذي يسمح بالانتشار الحر يشار اليه بالفراغ الخارجي . وبمعرفة فكرة الفراغ الخارجي ، اتجه الباحثون إلى مهمة حساب حجم هذا الفراغ للخلية النباتية او النسيج فقد غمسوا النسيج في محلول معلوم التركيز وسمح له بالوصول إلى حالة الاتزان ، ثم قدرت كمية الملح الممتص .

س / كيف تراكم الايونات ضد تدرج التركيز (الجهد الكيميائي) دون اسهام الطاقة الايضية ؟

ج / يحتم وجود عدة اليات لحدوث الامتصاص السلبي ، تعرف بالتبادل الايوني، وتأثير واتزان دونان ، والتدفق الكتلي للأيونات وربما هي المسؤولية عن تحرك الايونات ضد تدرج الجهد الكيميائي .

اليات حدوث الامتصاص السلبي:

١-التبادل الايوني : Ion Exchange

٢- تأثير و اتزان دونان :Donnan effect and equilibrium

٣-التدفق الكتلي : Mass flow

١-التبادل الايوني:-

وهي من السمات التي تؤكد حصول الامتصاص السلبي وهذه الحالة تخص الايونات المدمصة على السطح الخارجي لخلايا الجذر كأيونات الهيدروجين والكاتيونات (العناصر الموجب) والانيون (العناصر السالبة).

فأيونات الهيدروجين لها القابلية على ان تتبادل مع كاتيونات موجبة اخرى مثل البوتاسيوم، فعند وضع الجذور في محلول حاوي على ايونات البوتاسيوم سوف تنتقل ايونات البوتاسيوم الى خلايا الجذور وبالمقابل تنتقل ايونات الهيدروجين اي حصول تبادل بين الكاتيونات وهذا الشئ ينطبق ايضا على الانيونات حيث تتبادل ايونات الهيدروكسيل المدمصة على السطح الخارجي لنسيج الجذر والتي لها القابلية ان تتبادل مع اي انيون في المحلول، هذه العملية تحدث دون حدوث اي صرف للطاقة من قبل النبات.

تأثير و اتزان دونان :

يحصل اتزان دونان عندما يتساوى حاصل ضرب الانئيونات والكتئيونات في المحلول الداخلي ، وحاصل ضرب الانئيونات والكتئيونات في المحلول الخارجي ، وطبقاً للمعادلة التالية :

$$[\boldsymbol{Ci}+]\,[\boldsymbol{Ai}-] = [\boldsymbol{Co}+]\,[\boldsymbol{Ao}-]$$

(Ci^+) = تركيز الكتئيونات في الداخل (Co^+) = تركيز الكتئيونات في الخارج

(Ai^-) = تركيز اللاأنئيونات في الداخل (Ao^-) = تركيز الأنئيونات في الخارج

التدفق الكتلي للأيونات Mass Flow of Ions

يرى بعض الباحثين ان الايونات يمكن ان تتحرك خلال الجذور على طول مسار وحركة الماء . وعلى ذلك فان زيادة تيار النتح لا بد ان يسبب زيادة في امتصاص الايونات ، وحدوث ذلك يعد مقبولاً بصفة عامة " الا ان تأثير النتح هل هو مباشر او غير مباشر ما زال غير واضح "

ويرى بعض الباحثين ان النتح يؤثر تأثيراً غير مباشرا في امتصاص الايونات عن طريق ازالة الايونات بعد تحررها إلى قنوات الخشب مسببة بذلك التخفيف زيادة في نشاط امتصاص الايونات ويعارض ذلك الافتراض الذي ينص على ان الايونات تتحرك بطريقة التدفق الكتلي في الماء من محلول التربة خلال الجذور وبالتالي إلى المجموع الخضري .

ان احدى او كلتا هاتين الاليتين ، قد تكون جزءا من الصورة العامة لامتصاص الاملاح بوساطة النباتات ومن الصعب جدا اثبات او عدم اثبات ايا من النظريتين .

ويدعم البحث الذي اجراه (Lopushinsky) على نباتات الطماطه المقطوعة القمة ، بصورة غير مباشرة الرأي الذي ينادي به بأن اي زيادة في النتح تحدث زيادة في امتصاص الملح

ويتضح من الدراسات السابقة انه في الاقل ، ان جزء من الملح الكلي يمتص بوساطة النبات ربما عن طريق الامتصاص السلبي بالانتشار الحر للأيونات إلى داخل الفراغ الحر للنسيج ، وان تراكم الايونات ضد تدرج التركيز يكون محتملاً تحت الظروف السابقة ، نتيجة لآليات التبادل الايوني او تأثير واتزان دونان ، وان التدفق الكتلي للأيونات خلال نسيج الجذر يكون ايضاً محتملاً بمساعدة الشد او السحب النتحي . وان جميع هذه الاليات تحدث في غياب الطاقة الايضية .

ثانيا- الامتصاص النشط او الايجابي (النقل الفعال) :Active Absorption

وهو نوع من الامتصاص يلجأ النبات في الى صرف طاقة ويتأثر هذا النوع من الامتصاص بانخفاض درجة الحرارة والشد الاوكسجيني والمثبطات الايضية، فلو وضع نسيج نباتي في محلول ملحي سوف ينتقل جزء من الايونات من المحلول الى خلايا النسيج وعند وضع هذا النسيج في ماء سوف يفقد جزء من الايونات الممتصة ويبقى الجزء الاخر، فجزء الايونات التي تدخل الى النسيج ثم تخرج منه هذا مايسمى بالانتشار الحر، في حين جزء الايونات المتبقية داخل النسيج تمثل الايونات التي امتصها النبات امتصاصا فعالا ولايمكن لها ان تغادر النسيج وجزء النسيج الذي مرت من خلاله الايونات بالامتصاص النشط يدعى الفراغ الداخلي.

من اهم اليات النقل الفعال :

اولا:- مفهوم الحاملCarrier

يعتقد العلماء ان عملية الانتقال النشط يتم من خلال عدد من الحوامل، حيث ان لهذه الحوامل القابلية على الارتباط بالايونات خارج النسيج ثم اختراق النسيج والتخلص من الايونات داخل النسيج، اي نقل الايونات من الفراغ الخارجي الى الفراغ الداخلي وهذه العملية تتطلب ان يحصل الحامل على عمليات تنشيط لكي يتمكن من اداء عمله وعلى النحو التالي.

١-عملية تنشيط الحامل بوجود انزيم الفوسفوكاينيز وجزيئات الـ ATP فيكون حامل منشط

$$\text{Carrier} \xrightarrow[\text{ATP} \longrightarrow \text{ADP}]{\text{Phosphokinase}} \text{Carrier}^*$$

٢- يقوم الحامل المنشط بالارتباط بالايون سواء كان موجب اوسالب

$$\text{Carrier}^* \xrightarrow{\text{Ion(- or +)}} \text{Carrier}^* - \text{Ion (carrier}^*\text{-ion complex)}$$

٣- ازالة الايون

$$(\text{carrier}^*\text{-ion complex}) \xrightarrow{\text{Phosphatase}} \underset{\text{(Ion release)}}{\text{(carrier + ion)}}$$

هناك ثلاث ادلة على وجود النقل النشط وتؤيد مفهوم الحامل :

١- تبادل النظيرIsotopic Exchange

اوضحت الدراسات ان الايونات التي يتم امتصاصها امتصاصاً نشطاً لا يمكنها ان تتبادل مع الايونات المناظرة لها ، وفي ذلك تمت الاستفادة من النظائر المشعة لإثبات هذه الحقيقة ، اذ اخذت جذور نبات الشعير المفصولة وسمح لها بامتصاص ايونات الكبريتات من محلول كبريتات البوتاسيوم (K_2SO_4) ، وايونات الكبريتات في هذه الحالة من النوع المشع ، ففي مثل هذه الحالة سوف تمتص الجذور ايونات الكبريتات ، وهذا الامتصاص يكون على نوعين امتصاص سلبي وامتصاص فعال .

بعد هذه الحالة وضعت الجذور في محلول كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ وتركت في المحلول لمدة (١٢٠) دقيقة ، وهذه فترة كافية لحدوث ما يسمى بانعكاسات الامتصاص .

ووجد بعد اجراء التحليلات على العصارة للنبات ، ان الجذور قد امتصت ايونات الكبريتات من محلول $CaSO_4$ ، وبنفس الوقت وجد في المحلول ايونات الكبريتات المشعة ، ولوحظ ايضا بقاء كمية من هذه الايونات في الجذور .

واعزي وجود ايونات الكبريتات المشعة في المحلول إلى الانتشار الحر (الامتصاص السلبي) ، اما الايونات المتبقية في الجذور ، فتمثل الايونات التي امتصت بالامتصاص الفعال او النشط وهذا ما يؤكد حقيقة ان الايونات التي تمتص امتصاصاً نشطاً لا تتبادل مع الايونات المناظرة لها .

٢- تأثيرات التشبع Saturation Effects

لوحظ عند وضع انسيج النباتي في محلول ملحي مركز ان سرعة الامتصاص لا تأثر بزيادة تركيز الاملاح في المحلول ؟ واعزي سبب ذلك إلى ان الحوامل Carriers التي تكون مسؤولة عن امتصاص الايونات قد تشبعت مواقع الارتباط بالأيونات ، ومهما زاد تركيز الاملاح سوف لا يؤدي إلى زيادة عملية الامتصاص .

ان الحامل الذي يرتبط بالايون ينقله إلى داخل الفراغ الداخلي (Inner Space) وهناك يتم انفصال الايون عن الحامل ثم يعود الحامل مرة ثانية إلى الفراغ الخارجي (Outer Space) ليرتبط بأيون اخر وينقله إلى الفراغ الداخلي ، وهكذا تستمر عملية الامتصاص .

٣- التخصص Specificity

لوحظ من خلال الدراسات ان الحوامل التي تقوم بنقل الايونات عبر الغشاء البلازمي تكون متخصصة ، اي كل حامل يختص بنقل نوع من الايونات ، وهذا التخصص يكون على اشده في الايونات المختلفة .

فمثلاً الحامل الذي ينقل البوتاسيوم ، وهو ايون احادي التكافؤ من الممكن ان ينقل ايون اخر احادي التكافؤ ايضاً ، الا انه لا يرتبط بأيون ثنائي التكافؤ كالكالسيوم ، وهذا ما يؤكد حدوث عملية الامتصاص النشط .

وتقدم فكرة الحامل تفسير معقول للحقيقة القائلة " ان الجذور تمتص الايونات اختيارياً " وهذا ما يدل على وجود الحوامل المتخصصة ، ويكون هذا التخصص شديداً بالنسبة للأيونات ذات السلوك الكيميائي غير المتشابه ، ولكنه يكون ضعيفاً او لا وجود له بالنسبة للأيونات ذات السلوك المتشابه .

كلية التربية للعلوم الصرفة

فسلجة النبات

قسم علوم الحياة

المرحلة الرابعة

محاضرة -5-

مدرس المادة

م.د. نغم سعدون العزاوي

ثانيا:- مضخات الايون : Ion Pump

وجد عند وضع النسيج النباتي في محلول ملحي مركز عدم وجود علاقة بين امتصاص الكاتيونات والتنفس، في حين وجد العالم Landegranhd وجود علاقة مابين امتصاص الانيونات وزيادة التنفس، حيث يزداد معدل التنفس الطبيعي ويطلق عليه بالتنفس الملحيSalt Respiration او التنفس الانيوني.

ويقصد بالتنفس الملحي زيادة معدلات التنفس فوق المعدل الطبيعي ولهذا وضع العالم لنديكارد عدة فرضيات ومن خلالها صاغ نظريته المعروفة بنظرية لنديكارد.

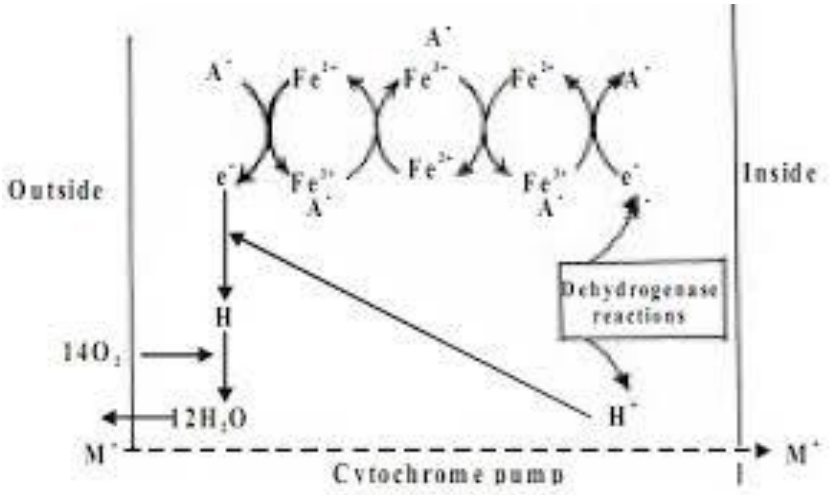
وهذه الفرضيات :-

١-ان امتصاص الانيونات يكون مستقلا عن امتصاص الكاتيونات ويجري بأليات مختلفة.

٢-وجود تدرج في تركيز الاوكسجين من السطح الخارجي الى السطح الداخلي بحيث تحدث عمليات الاكسدة على السطح الخارجي وعمليات الاختزال على السطح الداخلي.

٣- يتم امتصاص ونقل الانيونات بواسطة المضخات السايتوكرومية وبناءا على هذه الفرضيات استطاع لنديكارد وضع نموذج للمضخات السايتوكرومية Cytochrome pumps

ويوضح الشكل مخطط لنظرية السايتوكروم للنديكراند في امتصاص الملح



الانيونات (-) تمتص بصورة نشطة (فعالة) من المضخة السايتوكرومية ، اما الكاتئيونات (+) فتمتص سلبياً.

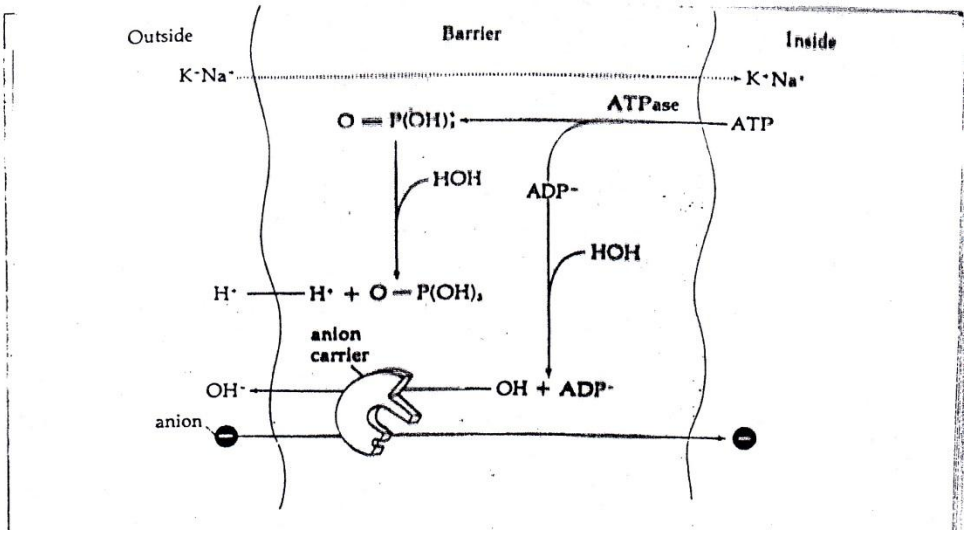
ان نقل الانيونات يتم بفعل المضخات السايتوكرومية ، وان اساس عملها يعتمد على تفاعلات ازاحة الهيدروجين (Dehydrogenase Reactions) اذ يتم ازالة ايون الـ H^+ ويتحرر الالكترون . فالإلكترون المتحرر ينتقل إلى سلسلة النقل السايتوكرومي متجها إلى الخارج . وفي الوقت ذاته يتم التقاط الانيون السالب من الخارج إلى داخل الغشاء . وفي هذه الحالة يتأكسد الحديد المختزل محررا الالكترون والذي يؤدي إلى تفاعل أيون الـ H^+ مع الـ O_2 لتكوين الماء H_2O .

اما الانيون الممتص فينتقل خلال سلسلة النقل السايتوكرومي إلى داخل الغشاء ، اما الحديد المؤكسد فيتم اختزاله بالإلكترون المتحرر من تفاعل ازالة الـ وبهذه الطريقة يتم التقاط الانيونات من الوسط الخارجي ونقلها إلى الفراغ الداخلي .

اما الكتئيونات فيتم امتصاصها سلبيا نتيجة لاختلاف التركيز على جانبي الغشاء البلازمي اوضحت الدراسات ان للـ ATP دوراً بعملية امتصاص الايونات

ثالثا:- الية عمل الـ ATP

وضع العالم (Hodges) نموذجاً لعمل الـ ATP وكما موضح :



مخطط يوضح دورالـ ATP في نقل ايون الهيدروجين

يرتكز على انزيم الـ ATPase ،الذي يعمل على تحلل الـ ATP إلى كتأيون الفوسفوريل $^{+}{}_{3}$ (OH) P = O وانيونات $^{-}$ ADP ويتحد كتئيون الفوسفوريل مع الماء وينتج عنه ايونات الهيدروجين ، والذي تتبادل مع الكتئيونات خارج الغشاء ، ونتيجة لتبادل H^{+} مع الكتئيون يتم ضخ ايونات الـ H^{+} للخارج ودخول الكتئيونات إلى داخل الغشاء . ويحصل ايضا تفاعل لأنئيونات الـ ADP^{-} مع الماء ليحرر مجاميع الهيدروكسيل OH^{-} والذي يحصل لها تبادل مع الانئيونات ايضا اذ يخرج الـ OH^{-} إلى خارج الغشاء وتدخل الانئيونات السالبة بعملية التبادل ، وهذا ما يوضح الية عمل الـ ATP .

رابعا:- جهد الغشاء الناقل ومعادلة نرنست

Transmembrane Potential & Nernst Equation يتولد جهد الغشاء الناقل او جهد التيار الكهربائي Voltage عبر الغشاء ؟ نتيجة لاختلاف تركيز الايونات على كل جانب من هذا الغشاء .

يمكن قياسه بمجموعة من الالكترويدات (Electrodes) وجهاز قياس الجهد الكهربائي Voltmeterووضعت معادلة نرنست (Nernst Equation) لحساب جهد الغشاء ، لغرض معرفة اي من الايونات تمتص امتصاصا سلبيا ، واي منها يمتص امتصاص نشطاً .

$$\mathbf{E = W_i - w_0}$$

حيث ان E = جهد الغشاء الناقل (ملي فولت)

$\mathbf{W_i}$ و $\mathbf{W_0}$ = الشحنة الكهربائية الداخلية والخارجية على التوالي

وهناك طريقتين لحساب جهد الغشاء :

الطريقة الاولى : باستخدام اجهزة خاصة معدة لهذا الغرض (الكترويدات)

الطريقة الثانية : بتطبيق معادلة نرنست Nernst Equation

اذ يتم فيها حساب القوة الدافعة الكهربائية (ق . د . ك) ويرمز لها بالرمز (D) والتي تساوي ، قيمة جهد الغشاء المقاس – قيمة جهد الغشاء المحسوب

$$\mathbf{D = [\ E - Measured\ ] - [\ E - Calculated\ ]}$$

فاذا كانت قيمة D سالبة والايون هو ايون موجب ، فهذا يعني ان الايون الموجب يمتص امتصاص سلبي Passive .

اما اذا كانت قيمة D موجبة ، فيعني ان الايون الموجب يمتص امتصاصاً فعالاً .

اما اذا كان الايون الممتص هو ايون سالب وقيمة Dكانت سالبة ، فان الايون السالب يمتص امتصاصا نشطاً .

اما اذا كانت قيمة D موجبة فيعني ان الايون السالب يمتص امتصاصا سلبيا

والجدول يوضح الارقام النظرية التي تعزز الطريقة المشروحة

Ion	E – calculated	E – Measured	D	Uptake
Cation	- 120	- 80	-40	Passive
Cation	- 120	-175	+ 55	Active
Anion	-120	+ 100	-220	Active
Anion	-120	-100	+20	Passive

العوامل المؤثرة في امتصاص الاملاح:

١-درجة الحرارة: تؤدي زيادة درجة الحرارة الى التسريع في امتصاص الملح ولكن في مدى ضيق نتجة تمسخ البروتين بالحرارة العالية وتوقف فعالية الانزيم.

٢- تركيز ايون الهيدروجينpH: ان التغير الحاصل في pH التربة يؤثر في امتصاص الاملاح من قبل النباتات فمثلا (p) الاحادي سهل الامتصاص فيpH الحامضي بينما في pH القاعدي يصبح P^{+} او P^{++} غير متيسر للنبات

٣- الضوء: يؤثر الضوء بطريقة غير مباشرة نتيجة لتأثيره في عملية غلق وفتح الثغور وتأثر عمليات دخول الغازاتCO_2 ,O_2وبالتالي تأثر عمليتي البناء الضوئي والتنفس.

٤-الاجهاد الاوكسجيني:- بوجود الاوكسجين تحدث عملية التنفس وتنتج ATP وبالتالي ينشط النقل الفعال.

٥-تأثير الفعل المتبادل:ان امتصاص ايون ما يتأثر بوجود ايون او ايونات اخرى فمثلا امتصاصK يتأثر بوجود تراكيز عالية منMg , Ca.

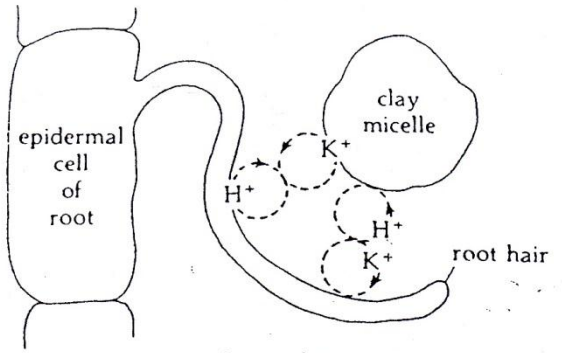
٦- النمو: ان نمو النسيج او الخلايا يزيد من المساحة السطحية وعدد الخلايا وبناء مواقع ارتباط جديدة او حوامل جديدة وهذا كله يحفز امتصاص الملح كما في الخلايا المرستيمية.

امتصاص وانتقال الاملاح Absorption & Translocation of Salts

كيف تنتقل الاملاح في النبات ؟

لقد وضعت تفسيرات لكيفية الامتصاص والانتقال من بين اكثرها قبولا هي :

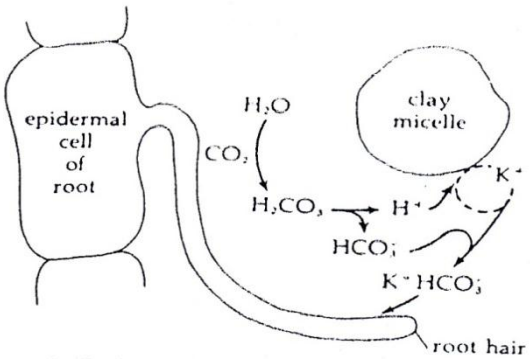
١ – نظرية التبادل بالملامسة Contact Exchange Theory



a. Contact exchange theory

تؤكد هذه النظرية على ان عملية الانتقال للأيونات من التربة إلى النبات تتم عن طريق التبادل بالملامسة ، اذ يوجد بعض الايونات ممدصاً على دقائق التربة وايونات التربة وايونات اخرى مدمصة على الشعيرات الجذرية ، ونتيجة لتبادل المسافات التذبذبية لهذه الايونات مع بعضها يتم الانتقال فمثلاً ايون الـ H^+ الممدص على الشعيرات الجذرية تتبادل مسافاته التذبذبية مع ايون الـ K^+ الممدص على دقائق التربة ، بينما ينتقل أيون K^+ إلى خلايا الجذر ، وفي هذه الحالة ليس لمحلول التربة علاقة بعملية الامتصاص هذه .

٢ – نظرية التبادل لحامض الكاربونيك Carbonic Acid Exchange Theory



b. Carbonic acid exchange theory

توضح هذه النظرية ان عملية انتقال الايونات إلى النبات تحصل نتيجة لتكون حامض الكاربونيك ، والذي ينتج من تفاعل CO_2 الناتج من عمليات التنفس ، التي تقوم بها النباتات ، اذ يتفاعل مع الماء مكونا حامض الكاربونيك الذي لا يلبث ان يتحلل إلى H^+ و HCO_3^- وفي محلول التربة يتم تبادل ايون H^+ مع ايون K^+ .

وتقوم الشعيرات الجذرية بامتصاص البوتاسيوم مباشرة من محلول التربة بشكله الايوني ، او قد يمتص على هيئة زوج من الايونات عندما يرتبط مع الكاربونات .

انتقال ودوران الاملاح Translocation & Circulation of Salts

تمتص النباتات عدد كبير من الايونات عن طريق المجموع الجذري ، اذ تنتقل هذه الايونات إلى مواقع البناء الضوئي ، اذ ينتقل جزء من هذه الايونات الممتصة ، اما الجزء المتبقي منها فقد يقوم النبات بإرجاعه إلى الجذور مرة ثانية لإعادة توزيعه على النبات ، وبهذه العملية تتم حركة ودوران الاملاح في جسم النبات .

أ – انتقال الاملاح في الخشب Translocation of Salts in Xylem

ان الاملاح الممتصة بوساطة المجموعة الجذري تنتقل إلى الاوراق عن طريق عناصر الخشب ، اذ تبدأ هناك عملية البناء الضوئي ما يؤكد انتقال الاملاح في عنصر الخشب هي التجربة التي تم فيها ازالة نسيج اللحاء اسفل القمة النامية للنبات ، فقد لوحظ بعد ازالة نسيج اللحاء توقف نمو القمة النامية نهائياً .

وقد وضعت تفسيرات منها ، من يقول ان توقف القمة النامية هو ليس بسبب انتقال الاملاح الممتصة من الجذر ، وانما هو بسبب ان الاملاح التي انطلقت من الاوراق القريبة من القمة النامية لم تصل إلى قمة النبات بسبب ازالة النسيج من هذه المنطقة .

ب – انتقال الاملاح في اللحاء Translocation of Salts in Phloem

ان الاملاح التي تمتص بفعل المجموع الجذري وتنتقل خلال نسيج الخشب إلى الاوراق فالزائد منها يتم توزيعه عن طريق عناصر اللحاء ، قد وجد ان لعناصر اللحاء القابلية على حدوث حركة ثنائية الاتجاه للأملاح Bidirectional movement ، اي نقل العناصر إلى الاعلى وإلى الاسفل .

ج – انتقال الاملاح في الاوراق (حركة الاملاح الخارجة من الاوراق) Outward movement of Salts from Leaves

تعتبر الاوراق الموضع الاساس الذي تتم فيه عملية البناء الضوئي ، نظرا لاحتوائها على البلاستيدات الخضراء المسؤولة عن هذه العملية ، وقد وجد حصول حركة الاملاح من الاوراق وخصوصاً الاوراق المسنة التي تحصل فيها الشيخوخة ، هذه الاوراق قبل ان تتساقط يحصل فيها انتقال للعناصر منها إلى الاوراق الحديثة ، وايضا وجد ان الاوراق القريبة من القمة النامية للجذر يتم انتقال العناصر منها باتجاه القمة النامية للجذر ، في حين ان الاوراق القريبة من القمة النامية للساق يتم انتقال العناصر منها من هذه الاوراق إلى القمة النامية للساق .

كلية التربية للعلوم الصرفة

فسلجة النبات

قسم علوم الحياة

المرحلة الرابعة

محاضرة -6-

مدرس المادة

م.د. نغم سعدون العزاوي

البناء الضوئي Photosynthesis

*لاحظ العلماء أن الزيادة في كتلة النبات مصدرها ثاني أكسيد الكربون الذي يتحول إلى كربوهيدرات في عملية البناء الضوئي

*الأكسجين الناتج مصدره الماء

*مصدر الطاقة اللازمة لتحلل الماء هو الشمس

*جزيئات صبغة الكلوروفيل الخضراء تقوم بامتصاص الطاقة الضوئية

*تعبر معادلة ماير عن المواد الداخلة والناتجة في عملية البناء الضوئي

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{الكلوروفيل}]{\text{الضوء}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 6H_2O$$

تحدث عملية البناء الضوئي في البلاستيـدات: التي هي عبارة عن عضيات يحيطها غشاء مزدوج ذو نفاذية اختيارية وتمتاز:-

١- لهاDNA, RNA خاص بها ولها تسلسل قواعد نتروجينية تختلف عن تلك التي في النواة

٢- لها القدرة على التضاعف وبناء نفسها وبناء بروتيناتها

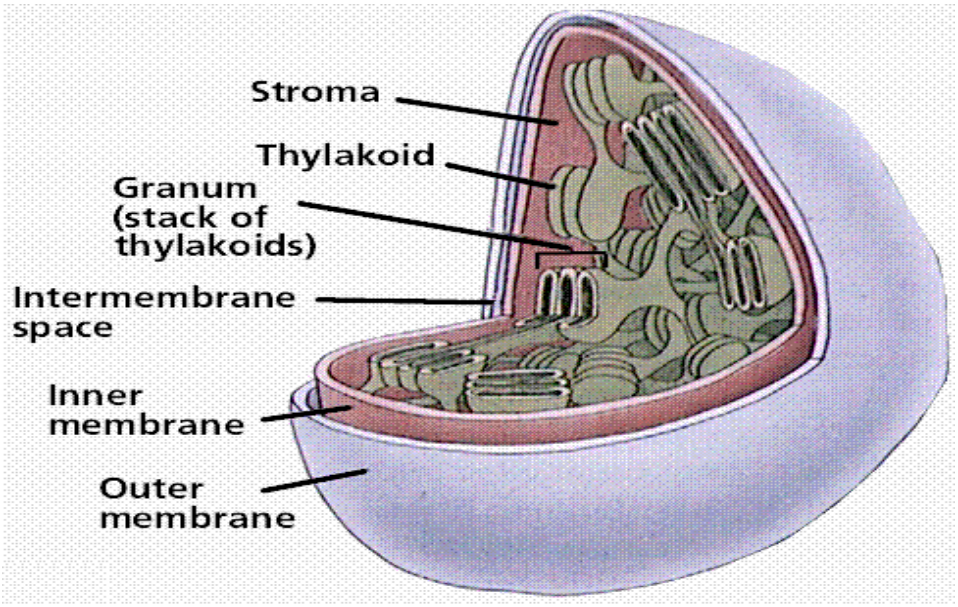
- لها القدرة على بناء انزيمRNA وادخال حوامض امينية لبناء البروتين

*تحاط البلاستيدات الخضراء بغشائين خارجي وداخلي ويعملان على تنظيم انتقال المواد من البلاستيدة وإليها

*الغرانا صفائح غشائية مرتبة على شكل أكياس مسطحة تدعى الثايلاكويدات ، تترتب فوق بعضها على هيئة أقراص ومفردها غرانم وتنتظم هذه الأقراص بطريقة تسمح لها بامتصاص الحد الأقصى من الضوء.

*تحتوي أغشية الثايلاكويدات على أصباغ مختلفة تمتص الطاقة الضوئية وبخاصة صبغة الكلوروفيل ، كما تحتوي على بعض الأنزيمات وعلى نواقل للإلكترونات من أهمها بروتينات ، سيتوكرومات

* (Stroma) :سائل كثيف يوجد بين الغشاء الداخلي للبلاستيدات الخضراء والغرانا وتحتوي على معظم الأنزيمات بالإضافة إلى حبيبات نشوية وجزيئات DNA، RNA وراييوسومات اللازمة لعملية البناء الضوئي



الصبغات التي تشترك في عملية البناء الضوئي :

١- صبغات اليخضورات (الكلوروفيلات)

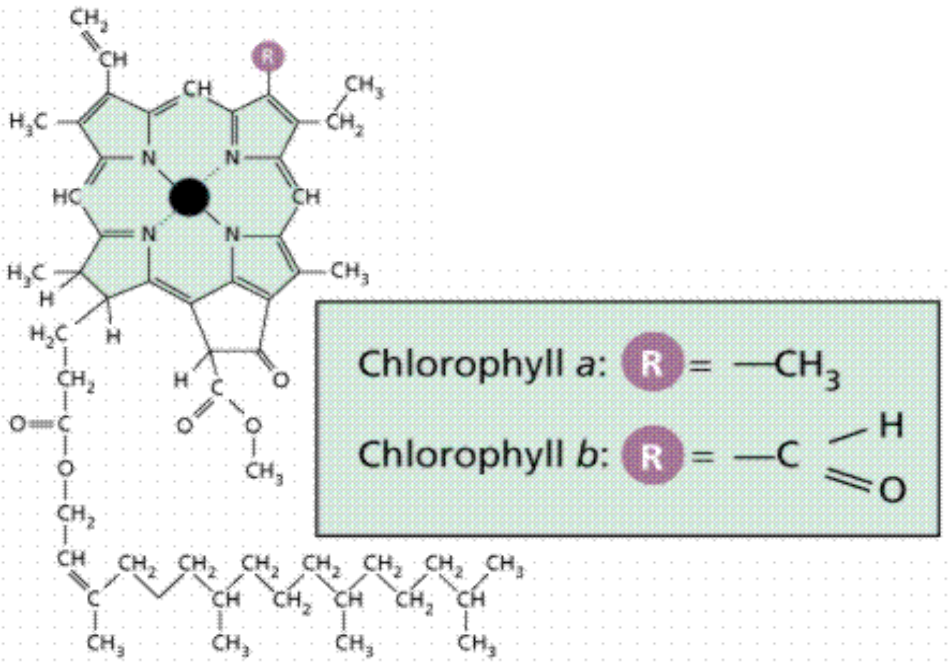
هي من أهم الصبغات وتتميز إلى تسعة أنواع أشهرها أ ، ب والكلوروفيلات تعمل على امتصاص الطاقة الضوئية لإتمام عملية البناء الضوئي.

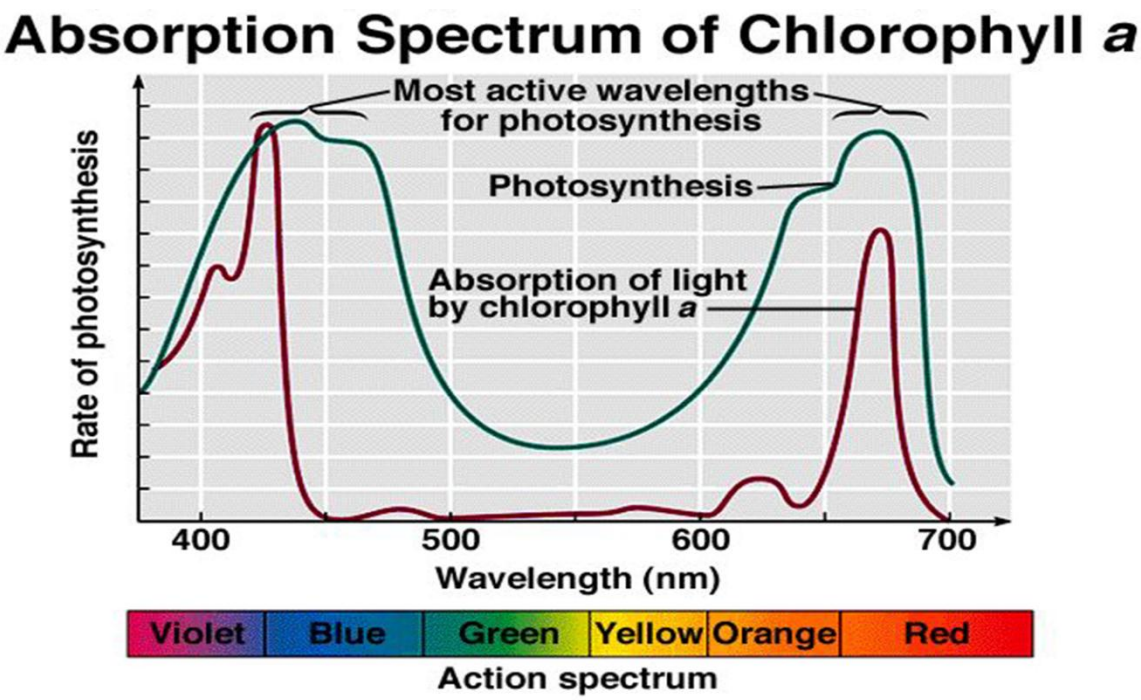
اهم الاختلافات بين كلوروفيل A و B :-

- كمية كلوروفيل a تساوي ٣ اضعاف كمية كلوروفيل b

يختلفا في طيف الامتصاص:- وان اعلى امتصاص يتم في المنطقة الزرقاء البنفسجية من الطيف المرئي وفي المنطقة البرتقالية الحمراء ايضاً في حين تنخفض الامتصاص في المنطقة الخضراء والصفراء من الطيف المرئي اي ان اقل امتصاص يحدث عند الطول الموجي المحصور بين (500 – 600) نانوميتر .

- لون كلوروفيل a اخضر مزرق بينما لون كلوروفيل b اضر فاتح
- اختلاف في تركيب جزيئة الكلوروفيل بين كلوروفيل a وb





٢-الصبغات الشبيهه بالكاروتين Carotenoids :- وتقسم الى مجموعتين

١- **الكاروتينات** :- وتشمل carotene -& و الـ B-carotene واللايكوبين Lycopene .

٢- **الزانثوفيلات** :- تتواجد في البلاستيدات الخضر ووظيفتها هي :-

- منع الاكسدة الضوئية للكلوروفيلات بوجود الضوء .
- امتصاص الضوء اللازم عملية التمثيل الضوئي ونقله الى مناطق الاستغلال .

٣- **الفايكوبلينات phycobilines** :-

تقسم إلى ثلاثة أنماط من الصبغات وهي :-

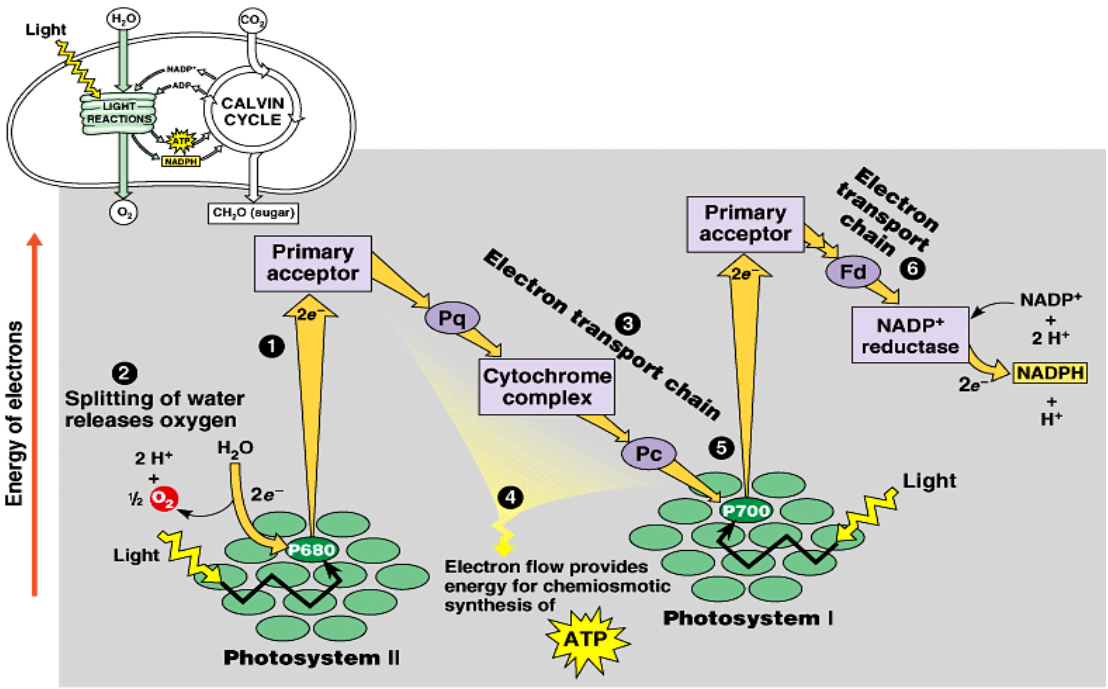
الفيكوارثيرين	ذو اللون الأحمر
الفيكوسيانين	ذو اللون الأزرق
اللوفيكوسيانين	ذو اللون الأزرق

الفسفرة الضوئية :-

المقصود بها هي عملية انتاج المركب العالي الطاقة ATP بوجود الضوء في البلاستيدات الخضراء وتحدث خلال تفاعلات الضوء وتكون على نوعين هما :-

الفسفرة الضوئية الغير دائرية :- وتتكون خلال عملية انتقال الالكترونات من النظام الصبغي الثاني بنواقل الالكترونات وتحديدا عند نقل الالكترونات من السايتوكروم b الى السايتوكروم a وهذه العملية تتطلب النظامين لكي تتحقق عملية الانسياب الالكتروني .

الفسفرة الضوئية الدائرية :- تحدث عند تعرض البلاستيدات الخضر الى ضوء بطول موجي اكثر من ٦٨٠ ملي مايكرون فحينها ينشط النظام الصبغي الاول دون حدوث اكسدة للماء وتحرير الالكترونات أي حدوث عملية البناء الضوئي .



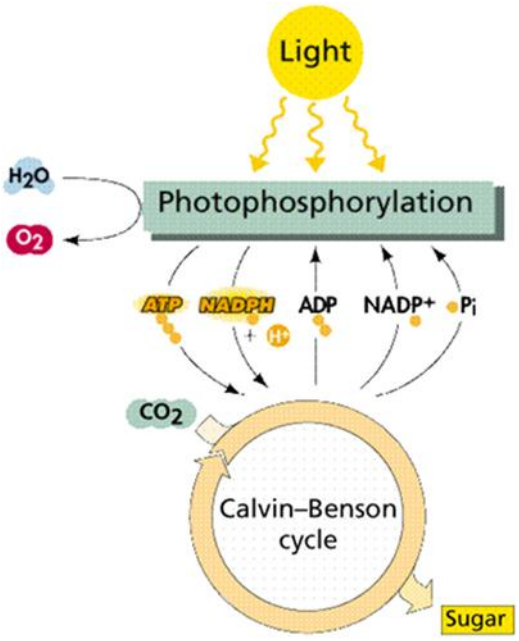
وظيفة تفاعلات الضوء :-

تحرير الاوكسجين اللازم لادامة الحياة .

تكوين المركب الاختزالي NADPH2 اللازم لتفاعلات الظلام والتفاعلات الاخرى في الخلية .

تكوين المركب الطاقي ATP اللازم لتفاعلات الظلام والتفاعلات الاخرى في الخلية .

ملاحظة :- لقد وجد ان لتثبيت مول واحد من CO2 يحتاج النبات الى ٣ مولات من ATP ومولين من NADPH2



تأثير امرسون Emerson Effect

لوحظ ان فعالية كلوروفيل A تكون قليلة في عملية البناء الضوئي عندما يمتص الضوء بمفرده، وان كفاءة الكلوروفيل تزداد بمساهمة الصبغات المساعدة مع كلوروفيل A ووجد ان كفاءة كلوروفيل A في عملية البناء الضوئي تنخفض عند استخدام ضوء ذو طول موجي اكثر من (٦٨٠) نانوميتروعند التحري عن لون هذا الطول الموجي وجد انه يمثل اللون الاحمر في الطيف المرئي ولهذا سمي هذا الانخفاض في عملية البناء الضوئي بالسقطة الحمراء (Red drop)، ولوحظ

تفاعلات الظلام Dark Reaction :-

اهتمت العديد من الدراسات والبحوث لمعرفة المركب الذي ينتج من تثبيت غاز CO2

اعتقدت اولى الدراسات ان CO2 يثبت في مركب الفورمالديهايد والبعض الاخر اعتقد انه يثبت في مركب البايروفيت ولكن جميع هذه الاعتقادات خاطئة .

ساعدت تقنيات كثيرة ومنها تقنية النظائر والكروماتوغراف الورقي من معرفة المركب الاول بعد تثبيت CO2 وكذلك المركبات الاخرى اللاحقة وتبين ان هذه التفاعلات تكون دورة عرفت بدورة كالفن بنسن نسبة الى مكتشفيها كالفن وبنسن من جامعة كاليفورنيا واهم ما جاءت به هذه الدورة ما يلي :-

- اول مركب بعد تثبيت CO2 هو مركب ثلاثي الكاربون وهو حامض الكلسيريك المفسفر (PGA) وهو مختصر لـ Phosphoglyceric acid ويتكون من اتحاد غاز CO2 مع المركب خماسي الكاربون Ribulose diphosphate
- تتكون في دورة كالفن مركبات كاربوهيدراتية ثلاثية ورباعية وخماسية وسداسية الكاربون
- الدورة مهمة لتثبيت CO2 والمحافظة على نسبته في الجو .
- الدورة مهمة لتكوين المركبات الكاربوهيدراتية المختلفة التي تدخل في بناء العديد من المركبات العضوية التي تحتاجها الخلية مثل الدهون والروتينات والفيتامينات وغيرها .

طرق تثبيت CO2 في النباتات

لقد بينت البحوث وجود ثلاث طرق لتثبيت CO2 في النباتات على ضوء ذلك قسمت النباتات الى ثلاث مجاميع حسب طريقة التثبيت لغاز CO2 وهذه المجاميع هي

١- **مجموعة نباتات ثلاثية الكاربون (C3)** سميت بهذا الاسم لان اول مركب يتكون بعد تثبيت غازCO2 هو مركب ثلاثي الكاربون (PGA) و يتم ذلك في دورة كلفن و كما اسلفنا سابقا

٢- **مجموعة نباتات رباعية الكاربون (C4)** سميت بهذا الاسم لان اول مركب يتكون بعد تثبيت CO2هو مركب رباعي الكربون وهو حامض الاوكزالواستيك ورمزه هو (OAA) و يتم ذلك وفق الخطوات الاتية :-

يتم اولا تثبيت غاز CO2 من خلال اتحاد مركب الفوسفواينول بايروفت Phspho enol Pyruvate الموجود بالبلاستيدات الخضراء لخلايا النسيج المتوسط للورقة ليكون OAA الذي يتحول الى الماليت Malate و الاخير يدخل البلاستيدات الخضراء للخلايا المطوقة للحزم بعدها يتحول الماليت الى البايروفيت محررا CO2 الذي يتم تثبيته ثانية في دورة كالفن .

٣- **مجموعة نباتات CAM** والمقصود بالمختصر هو Crassulacean Acid Metabolism والتسمية اطلقت على النوع النباتي التي اكتشفت فيه العملية اولا وهو Crassulacean

يحدث هذا النوع في بعض النباتات العصارية التي لا تفتح ثغورها في النهار لتجنب فقدان الماء بفعل الحرارة العالية لذالك فان غاز CO2 ينفذ الى داخل انسجة الورقة ليلا عندما تكون الثغور مفتوحة و يثبت باتحاده مع مركب Phospho enol pyruvate ليكون بعد ذلك مركب OAA الذي يتحول الى الماليت ويخزن بكميات كبيرة في الفجوات وفي النهار يتحول الماليت الى OAA والذي بدوره يتحول الى Phospho enol pyruvate محررا غاز CO2 الذي يتم تثبيته ثانية في دورة كالفن

العوامل المؤثرة في عملية البناء الضوئـــي

١ :- العوامل الخارجية

- تتأثر عملية البناء الضوئي بعدة عوامل بيئية او(خارجية) منها : الضوء ، تركيز CO_2 ، درجة الحرارة

- عدم توفر أي من هذه العوامل يؤدي إلى وقف عملية البـناء الضوئي.

أولا: الضـــوء

- يتأثر معدل عملية البناء الضوئي بشدة الضوء وأطوال الموجات الضوئـية

***شدة الضوء**

- يزداد معدل البناء الضوئي بازدياد شدة الضوء حتى يثبت معدل البناء الضوئي في نقطة تدعى بنقطة التعويض Compensation Pointاذ يتساوى فيها ثنائي اوكسيد الكاربون المتحرر من عملية التنفس مع كميته المستهلكة في في عملية البناء الضوئي.

ان شدة الضوء العالية تؤثر سلبيا في عملية البناء الضوئي لان الضوء يؤدي الى الاكسدة الضوئي للكلوروفيل وان الضوء العالي يؤدي الى حصول زيادة في معدلات التنفس والذي يطلق عليه بالتنفس الضوئيPhotorespiration

ان التنفس الضوئي مشابه للتنفس الاعتيادي من حسث استهلاك اوكسجين وطرح ثنائي اوكسيد الكاربون الا انه لا يتحرر فيه طاقة ATP.

- ***أطوال الموجات الضوئية** : موجات الضوء الأحمر والأزرق تزيد من كفاءة البلاستيدات الخضراء في امتصاص الضوء.

ثانيا : تركيـز ثاني أكسيد الكربـون

- تركيزCO_2 في الهـواء يصـل إلى 0.039%

- يزداد معدل عملية البناء الضوئـي بازدياد تركيز CO_2 إلى % 0.5 حتى يثبت معدل البناء الضـوئي

استمرار زيادة تركيزه عن هذا الحد(0.5%) لمدة محدودة يـؤدي إلى ثبات معدل عمليات البناء الضـوئـي

ثالثا : درجة الحرارة

- تختلف درجة الحرارة المثـلى لعملية البناء الضوئي من نبات لآخر

- المدى الحراري الملائم لمعظم النباتات في الأجواء المعتدلة (C^o 35 -10)

- ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة عن هذه الدرجة يؤدي إلى انخفاض سرعة البناء الضـوئي بسبب تأثيرها على الإنزيمات المسئولة عن تفاعلات البناء الضوئي

٢ - العوامل الداخلية

وتشمل :- اولا :- الانزيمات

حيث تتوقف عملية البناء الضوئي على توفر الأنزيمات الخاصة بهاو وكفاءتها وحدوث أي خلل بها يؤدي إلى التأثير على معدل العملية

ثانيا:- تركيب الورقة

تتوقف كفاءة عملية البناء الضوئي على التركيب الداخلي للورقة والذي يختلف في ذوات الفلقة عن ذوات الفلقتين.

ثالثا:- تراكم المنتجات

إن تراكم المنتجات الكربوهيدريتية الناتجة من عملية البناء الضوئي في الأوراق يؤدي إلى بطء العملية .