

جامعة ديالى
كلية التربية للعلوم الصرفة

فلسفة 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 وتربطها مع بعضها البعض ودراسة علاقة هذه العمليات بالمحيط الخارجي الذي يحيط بالنبات، ويرتبط هذا العلم بعلم تشريح النبات وبيئة وتصنيف النبات ووراثة النبات بالإضافة الى علم الامراض لأن فسيولوجيا النبات يجعلنا قريبين من كيفية الدفاع عن النبات ووقايتها من الامراض.

كما يدرس في هذا العلم التفاعلات الكيميائية الحياتية لمعرفة وضايف 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 للأشعة المرئية، حيث ينفذ الضوء خلال اعماق الماء ليصل الى الطحالب الموجوده هناك كي تستطيع القيام بعملية البناء 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 واحدة مع ذرة اوكسجين ومتوسط الزاوية بينهما ١٠٥ درجة.

٨- ان جزيئة الماء قطبية ذات جانب موجب الشحنة H^+ وجانب سالب الشحنة 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 الحيوية كالتنفس والبناء الضوئي وعملية التحلل المائي للنشا بواسطة انزيم الاميليز وهو مهم ايضا في عملية ايض النترجين
- ٨- له نفاذية جيدة عبر الاغشية الخلوية الحية

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 الترسيب ولكي تبقى منتشرة بصورة متجانسة وهذا على حساب الطاقة الحركية للمذيب.

تكون المحاليل على نوعين:

- ١- محاليل ناتجة من اذابة مادة غي متأينة مثل السكر في الماء وتبقى كاملة
- ٢- محاليل ناتجة من اذابة مادة متأينه كالمح 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 السكر لغرض انجاز الذوبان بصورة جيدة.

الطاقة الحركية الانتقالية :

تعتبر الطاقة الحركية الانتقالية ذات اهمية خاصة بالنسبة لعمليات الانتشار وبالنسبة للنباتات، لانها القوة المحركة والمسؤولة 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 للانتشار، كما معروف عند الطلبة المبتدئين في دراسة العلوم النباتية، فانه صافي حركة المادة من المنطقة ذات التركيز العالي الى منطقة ذات التركيز الاقل نتيجة الحركة الانتقالية العشوائية لجزيئات او ايونات او ذرات تلك المادة.

انتشار الغازات: Diffusion of gases

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

عند فتح زجاجة العطر، فأن جزيئات العطر تنبخر من سطح السائل وتنتشر خلال جزيئات الهواء وفي النهاية تختلط بجزيئات الهواء بصورة متجانسة، وجزيئات العطر قادرة على الانتشار لانها ايضا في حالة حركة دائبة، 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 فإن :

$$\Delta G = G_2 - G_1 = -$$

ومن هنا يرمز الى الضغط بالأشارة السالبة.

في حالة المواضيع الفلسجية عادة لا يتم التعامل بالضغط فيعبر عنه بالجهد الكيميائي Chemical potential ولهذا يمكن ان يعرف الانتشار ب (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 السابقة ب (١٠) درجات مئوية.

$$Q_{10} = \frac{V_T}{V_{T-10\text{ }^{\circ}\text{C}}}$$

وفي حالة التفاعلات البايولوجية تستخدم المعادلة

$$\text{Log } Q_{10} = \left(\frac{10}{T_2 - T_1} \right) \text{Log } \frac{K_2}{K_1}$$

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

T1 = تمثل درجة الحرارة المنخفضة عند معدل التفاعل K1

والغرض من استخدام المعامل الحراري ، هو لمعرفة نوع وطبيعة التفاعل هل هو فيزيائي ام كيميائي، فإذا كانت قيمة $Q_{10} = 1$ او اكثر 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 كراهم قانونا سمي بقانون كراهم لتفسير كيفية تأثير كثافة الجزيئات على معدل الانتشار وينص على ان:

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

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}}$$

حيث ان :-

r_1 = تمثل معدل انتشار الغاز الاول

r_2 = تمثل معدل انتشار الغاز الثاني

d_1 = كثافة الغاز الاول

d_2 = كثافة الغاز الثاني

ولتوضيح هذه المعادلة نأخذ المثال التالي :

لو اخذنا غاز الهيدروجين وغاز الاوكسجين وارادنا معرفة اي من الغازين اكثر سرعة في الانتشار

$$\frac{r_h}{r_o} = \frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}} = \frac{\sqrt{16}}{\sqrt{1}} = \frac{4}{1}$$

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 معينه 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 فعادة 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 المنتشرة وعلى المسافة بين نقطتي الانتشار.

* تؤثر هذه العوامل على انتشار السوائل بنفس الطريقة

كلية التربية للعلوم الصرفة

فلسفة 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 لا يطرأ عليها 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 باتجاه المحلول.

ثالثا: المحلول واطى التركيز Hypotonic Solution

يكون تركيزه اقل من تركيز العصير الخلوي، فعند وضع خلية نباتية فيه، نلاحظ انتقال جزيئات الماء من المحلول باتجاه 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 :

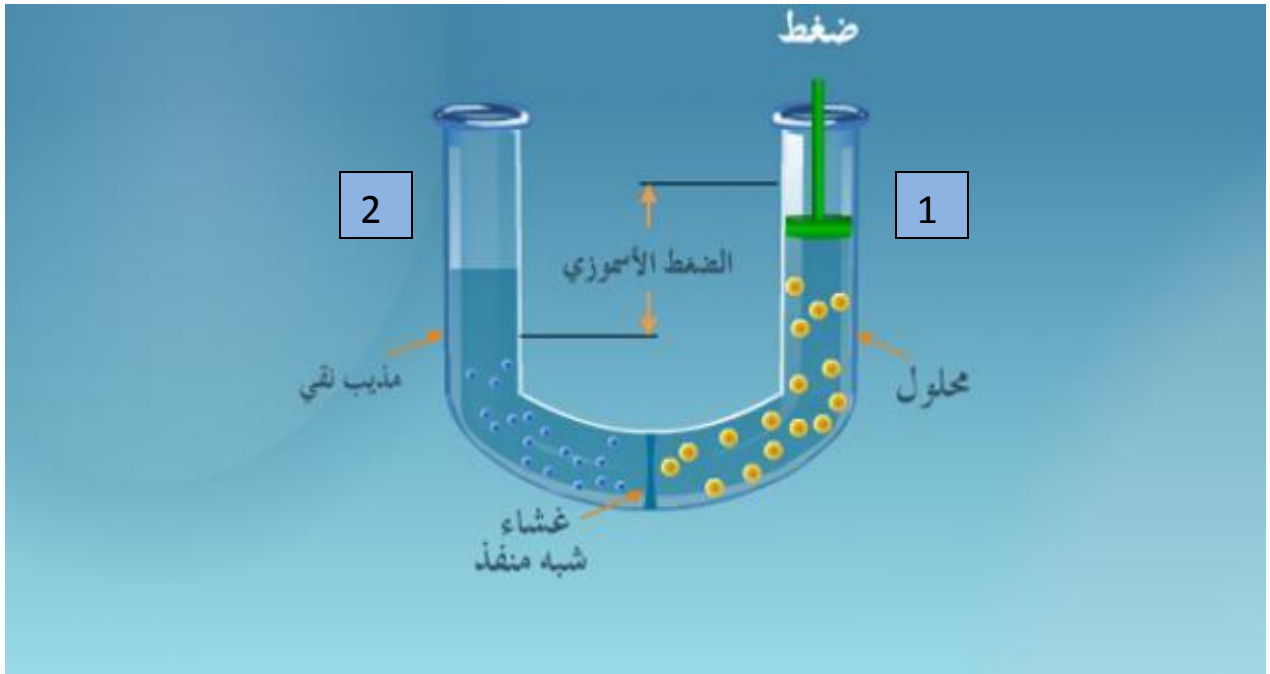
يمكن توضيح وقياس الجهد الازموزي بجهاز الـ (Osmometer) والمكون من جزئين مفصولين بغشاء ذو نفاذية اختيارية، ولنفرض ان هذا الغشاء يسمح بمرور الماء فقط وليس الذائبات مثل السكروز، فأذا وضعنا محلول السكروز في الانبوب 1 وماء نقي في الانبوب 2 نلاحظ ان الماء ينتقل من والى كل الوعائين، الا انه في البداية يكون معدل حركة الماء نحو الوعاء ٢ اكبر من الكمية الخارجة منه، لان الجهد الكيميائي 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 الظروف فإن الماء يزداد ويرتفع في الوعاء (1) وبأستمرار تراكم الماء فإن 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 فإن القوة المستخدمة 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 تركيز الذائب وبما ان الماء النقي لا يحوي اي ذائب فيكون ((صفرا)) وكما زاد التركيز تزداد السالبية وترمز له بقيمة سالبة



ثانيا: الجهد المائي: Water Potential (Ψ_w)

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

$$\Psi_w = M_w - M_w^0 = RT \ln e/e^0$$

$\ln e/e^0$ = صفر عندما يتساوى e مع e^0 وعليه فان الجهد المائي للماء النقي = صفر

اما في الانظمة البايولوجية ، فان قيمة الضغط البخاري النسبي اقل من صفر مما يجعل قيمته تساوي قيمة سالبة، وهذا ينعكس على جهد الماء في الانظمة البايولوجية ويعبر عنه بقيمة سالبة

$$\Psi_w = M_w - M_w^0 = -$$

* R = ثابت الغاز

T = درجة الحرارة المطلقة

e = ضغط بخار المحلول في النظام عند درجة الحرارة T

e^0 = ضغط بخار الماء النقي عند نفس الدرجة

ثالثا: الجهد الضغطي: Pressure Potential

او الضغط الامتلائي Turgor Pressure (Ψ_P)

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 لا تنفجر لوجود الجدار الخلوي وتولد الضغط الجداري Wall pressure (Ψ_S) المعاكسة له بالاتجاه ومساوية بالمقدار.

اي ان (Ψ_P) = (Ψ_S) بالمقدار وتعاكسه بالاتجاه

وبالتالي تحدد العلاقة الرياضية بين المصطلحات السابقة بالشكل التالي :

$$- \Psi_w = - (\Psi_S) + (\Psi_P)$$

رابعاً : جهد الحشوة Ψ_m Matric Potential

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

Ψ_m

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-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 جداً، فنلاحظ في بذور النباتات يكون الجهد المائي ذو سالبية عالية جداً، 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 اخيراً مساوياً لذلك في الماء الخارجي وعند هذه النقطة يحصل اتزان وتوقف التشرب.

ليس من الضروري ان تنتشر 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 تترافق مع بعضها ترافقا 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 بارتفاع 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 .

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

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

١-البلمزة 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- البلمزة الدائمة : 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 النبات Water absorption and translocation

يمتص النبات كمية كبيرة من الماء ولكن يفقد جزء منه بعملية النتح وجزء منه يحافظ على امتلاء الخلايا والجزء الأكبر يستخدم للفعاليات الأيضية للنبات وأن عملية انتقال الماء من محلول التربة إلى خلايا المجموع الخضري تعتمد على الفرق في الجهد المائي لمحلول التربة وخلايا الجذر، فضلا عن كون الأجزاء الخارجية لخلايا الجذر تمتاز بتركيزها العالي للأكسجين لذلك فإن 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 أن تمر العناصر الغذائية من تيار الماء نحو الداخل ويصعب رجوعها بالاتجاه المعاكس ولهذا ينتقل الماء من خلايا الجذور إلى قنوات الخشب ثم إلى الأوراق حيث تتم عملية البناء الضوئي، أما 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

أ- تقل حركة الماء بأنخفاض درجة الحرارة

ب- تزداد لزوجة السائتوبلازم فيصبح أقل نفاذية للماء

ج- يحصل توقف لنمو الجذور ويقل بدوره امتصاص الماء

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

٣- تهوية التربة (توفر الأكسجين): أن تهوية التربة عامل أساسي لنمو الجذور نموا طبيعيا لأن وجود الأكسجين مهم لتنفس الجذور وتحرير الطاقة، تساعد الجذور على القيام بالفعاليات الحيوية ومنها امتصاص الماء ولذا عند سقي الماء بغزارة يسبب طرد الهواء ونقص الأكسجين ويتوقف التنفس وينخفض معدل أيض الجذور وقدرته على امتصاص الأملاح فتتراكم الأملاح ويؤثر على امتصاص الماء وخاصة عندما تكون التهوية رديئة والنتج سريع فيحدث ذبول للأوراق وقد يموت النبات بالرغم من غمر التربة بالماء.

٤- تركيز CO_2 (زيادة): أن زيادة تركيزه وتراكمه له تأثيرا مثبطا لامتصاص الماء نتيجة لعدم توفر الأكسجين وأيضا زيادة تركز ثنائي أكسيد الكربون يسبب لزوجة البروتوبلازم وانخفاض في نفاذية الجذر للماء وبالتالي إعاقة 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 الفيزيائية 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 الفيزيائية (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 لا يستطيع النبات امتصاصه.

تختلف PWP و FC باختلاف النباتات وانواع الترب فمثلا في التربة الطينية تكون كلاهما عالية، اما الرملية فتكون كلاهما اطنة وتختلف PWP باختلاف 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 لامتناس 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 الامتناس والقوى الهيدروستاتية).

* في النهار يقل الماء القريب من الجذر بسبب النتج العالي والتبخر فتزداد سالبية TSMS اما في الليل تقل سالبية 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 بالاووعية 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 اشربة 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 السايوبلازمي 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 . فضلا عن ذلك ان تقدير قابلية الضغط الجذري في دفع الماء إلى الارتفاعات العالية لا يأخذ 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 التشريرية لنسيج الخشب يمكن ان يصعد إلى اعلى النبات بهيأة اعمدة غير منقطعة ... لا بد لنا الآن 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 .

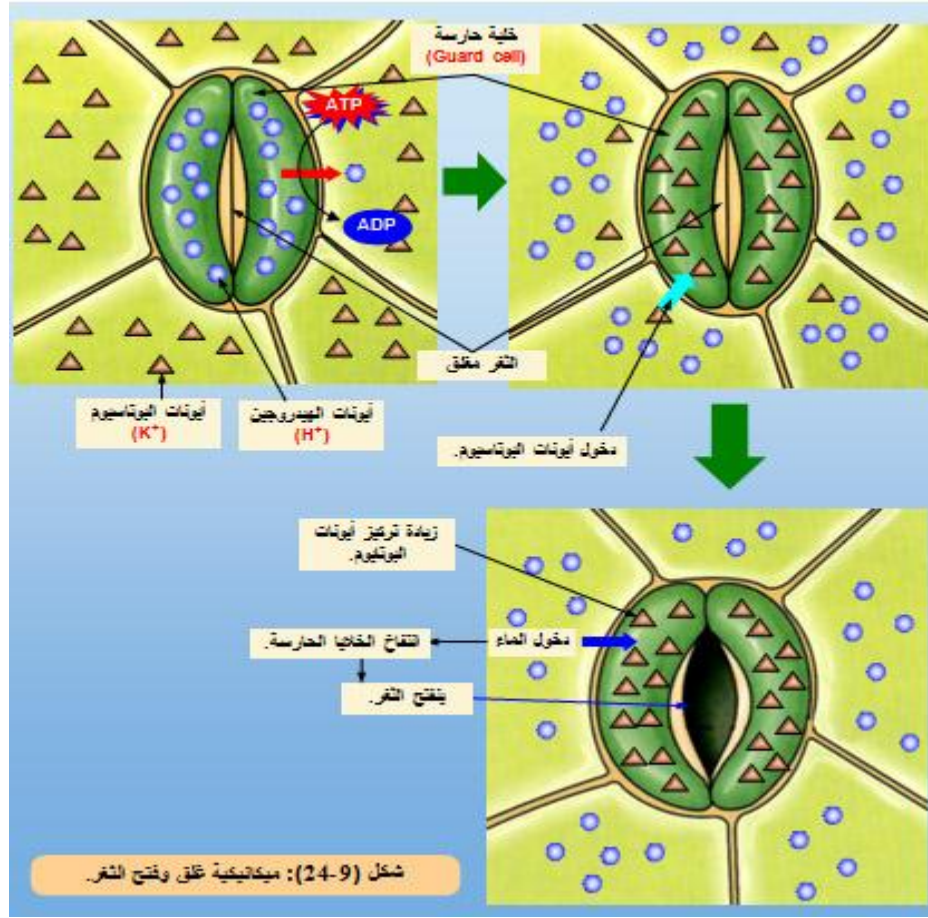
وعلى الرغم من النتح يعد الآلية المسؤولة بالدرجة الأولى عن الفقد الغزير للماء من النباتات ، هناك عمليات أخرى مثل الادماغ (Guttation) والإفراز (Secretion) والإدماغ (Bleeding) تسهم في هذا الفقد .

ويمكننا ان نتصور تيار النتح (Transpiration Stream) ، كما لو كان عموداً متصلاً من الماء مسحوباً من التربة خلال الجذور إلى أعلى 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 (الكيوتيبي) (Cuticular Transpiration) .

ان كمية الماء المفقود عن طريق النتح الاديمي 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 ضرراً 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) المنتشرة 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 بذى قيمة ، لأنها قليلة جداً عند مقارنتها بالنتج 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 شكلاً كلوياً . وعادة تحوي 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 ، فإن 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 فإن 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

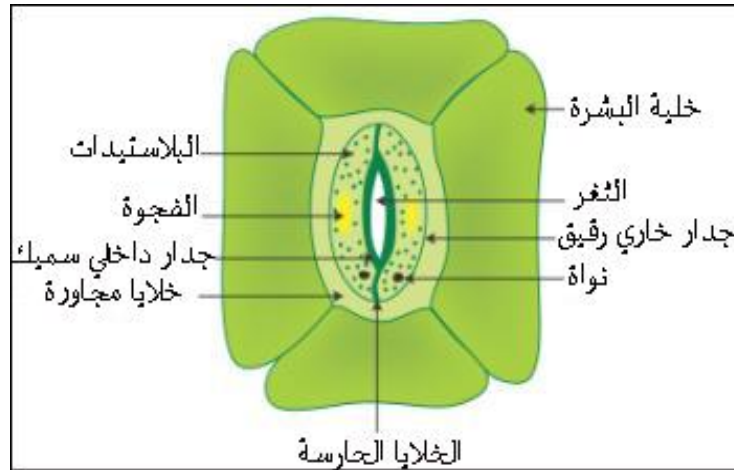
ان ما يشجع عملية فتح وغلق الثغور هو التركيب الذي تتميز به الخلايا الحارسة ، اذ تمتاز الجدران المواجهة لفتحة الثغر بكونها سميكة (لوجود لويقات سليلوزية) وهذه الالياف السليلوزية تتداخل نهاياتها مع بعضها بحيث تجعل جزء الخلية الحارسة المقابلة لفتحة الثغر سميكا ، في حين ان الجهة البعيدة من الخلية الحارسة يبقى الجدار رقيقاً (لعدم وجود هذه الألياف السليلوزية) ، 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 السلمي عند السطح المقابل للخلية الحارسة اخرى والترتيب الشعاعي للويقات الدقيقة السليلوزية 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 ممثلة 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 سالبية 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 سالبية 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

فلسفة النبات

قسم علوم الحياة

المرحلة الرابعة

محاضرة -4-

مدرس المادة

ا.م.د. نغم سعدون العزاوي

العوامل المؤثرة على حركة الثغور:

١- الضوء Light :

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 باختلاف 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.

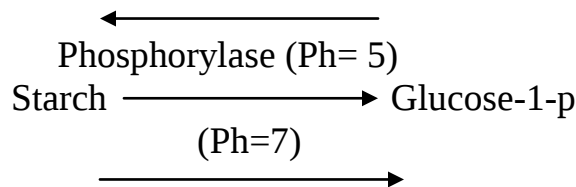
*اللية عمل الضوء :

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 سالبيه ، عنده ستنقل 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 فتنحول المواد الكربوهيدراتية الى مواد نشوية .

ايضا يؤثر الضوء على الرقم الهيدروجيني PH :-

فعندما يتعرض النبات للضوء يزداد الرقم الهيدروجيني باتجاه القاعدية وفي الضلام ينخفض الرقم الهيدروجيني ويصبح الوسط حامضيا وهذه العملية مرتبطة بنشاط بعض الانزيمات كإنزيم Phosphorylase الذي 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 المالك 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 عندها سوف تتكون مركبات عضوية نشطة ازموزيا، اي تجعل الجهد المائي للخلايا الحارسة اكثر سالبية وبالتالي انتقال الماء من الخلايا المجاورة باتجاه 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 الكربون الى جو خالي من هذا الغاز لم تفتح ثغورها مباشرة وعند تعرض النبات الى الضوء وقيامها بعملية البناء الضوئي واستهلاك غاز ثنائي اوكسيد الكربون 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 يؤثر فيه على الانزيمات المسؤولة عن العمليات الابضية المختلفة عندها ستغلق الثغور.

٤-نقص الماء وتكون حامض الابسيسك (ABA):

عندما تكون معدلات النتج 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 النتج:

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 النتج ولهذا فأن زيادة حجم المجموع الجذري يعني زيادة في معدلات الامتصاص والحالة معكوسة بالنسبة للمجموع الخضري اي ان كلما زاد المجموع الخضري زادت معدلات النتج، ولهذا تتباين النباتات في هذا المجال فيلاحظ ان نبات الذرة البيضاء تتمتع بمجموع جذري افضل من المجموع الجذري للذرة الصفراء وهذا مايؤثر على معدلات النتج.

B-المساحة الورقية Leaf Area:

كلما زادت المساحة الورقية هذا يعني زيادة في عدد الثغور اي زيادة في معدلات النتج الا انه لوحظ في النباتات الصغيرة ان معدلات النتج فيها اعلى من النباتات الكبيرة وهذا يرجع الى تباين المجموع الجذري وقد لوحظ ان النباتات المقلمة تنتج 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 النتج فيها لحصول عملية توازن ما بين فقد الماء وامتصاصه.

C -تركيب الورقة : Leaf Structure

يؤثر تركيب الورقة في معدلات النتج 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 تغطي فتحات الثغور ايضا لتقليل تعرضها للهواء ورفع المحتوى الرطوبي للهواء المحيط بفتحة الثغر. كل هذه التحورات من شأنها التقليل من عملية النتج.

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 م 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 طالبت 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 وبطي 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 اتران 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 الشيء 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 اتران دونان :

يحصل اتران دونان عندما يتساوى حاصل ضرب الانثيونات والكتثيونات في المحلول الداخلي ، وحاصل ضرب الانثيونات والكتثيونات في المحلول الخارجي ، وطبقاً للمعادلة التالية :

$$[Ci +] [Ai -] = [Co +] [Ao -]$$

(Ci⁺) = تركيز الكتثيونات في الداخل (Co⁺) = تركيز الكتثيونات في الخارج

(Ai⁻) = تركيز الأنثيونات في الداخل (Ao⁻) = تركيز الأنثيونات 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 النتج لا بد ان يسبب زيادة في امتصاص الايونات ، وحدث ذلك يعد مقبولاً بصفة عامة " الا ان تأثير النتج هل هو مباشر او غير مباشر ما زال غير واضح "

ويرى بعض الباحثين ان النتج يؤثر تأثيراً غير مباشراً 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 بواسطة النباتات ومن الصعب جدا اثبات او عدم اثبات ايا من النظريتين .

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

ويتضح من الدراسات السابقة انه في الاقل ، ان جزء من الملح الكلي يمتص بواسطة 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 أيضاً محتملاً بمساعدة الشد او السحب النتحي . وان جميع هذه الاليات تحدث في غياب الطاقة الايضية .

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

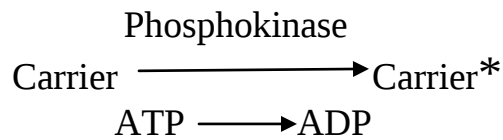
وهو نوع من الامتصاص يلجأ النبات في الى صرف طاقة ويتأثر هذا النوع من الامتصاص بانخفاض درجة الحرارة والشد الاوكسجيني والمثبطات الايضية، فلو وضع نسيج نباتي في محلول ملحي سوف ينتقل جزء من الايونات من المحلول الى خلايا النسيج وعند وضع هذا النسيج في ماء سوف يفقد جزء من الايونات الممتصة ويبقى الجزء الاخر، فجزء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

من اهم اليات النقل الفعال :

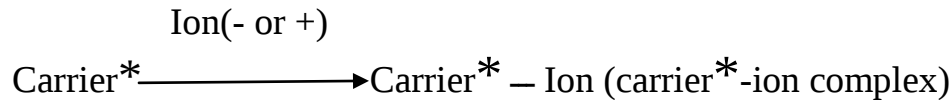
اولا:- مفهوم الحامل Carrier

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.

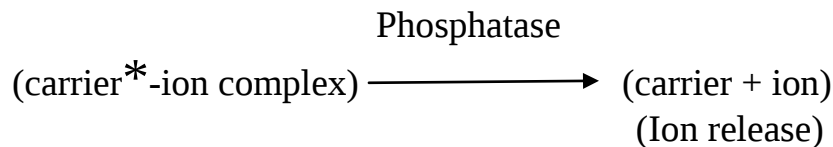
١- عملية تنشيط الحامل بوجود انزيم الفوسفوكاينيز وجزيئات الـ ATP فيكون حامل منشط



٢- يقوم الحامل المنشط بالارتباط بالايون سواء كان موجب او سالب



٣- ازالة الايون



هناك ثلاث ادلة على وجود النقل النشط وتؤيد مفهوم الحامل :

١- تبادل النظير Isotopic 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 $CaSO_4$ ، وب نفس 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 اختياريّاً " 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

فلسفة النبات

قسم علوم الحياة

المرحلة الرابعة

محاضرة -5-

مدرس المادة

م.د. نغم سعدون العزاوي

ثانياً:- 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 ما بين امتصاص الانيونات وزيادة التنفس، حيث يزداد معدل التنفس الطبيعي ويطلق عليه بالتنفس الملحي Salt Respiration او التنفس الانيني.

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

وهذه الفرضيات :-

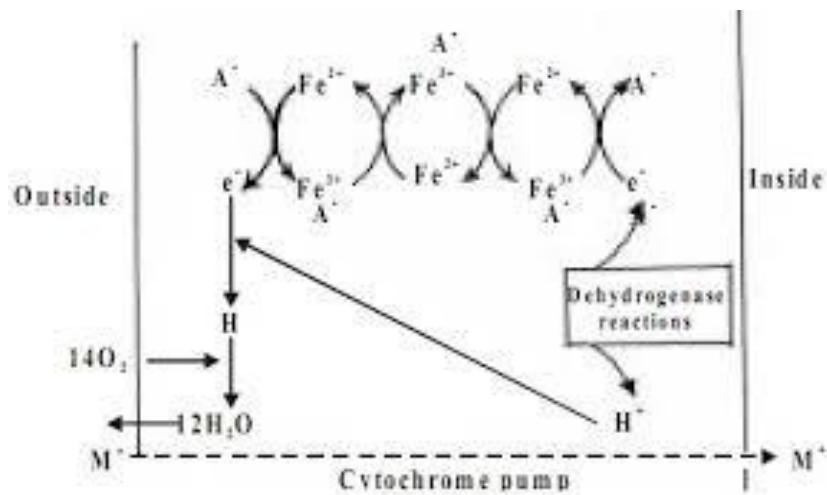
١- ان امتصاص الانيونات يكون مستقلاً عن امتصاص الكاتيونات ويجري بأليات مختلفة.

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 السايتركرومية وبناءاً على هذه الفرضيات استطاع لنديكارد

وضع نموذج للمضخات السايتركرومية Cytochrome pumps

ويوضح الشكل مخطط لنظرية السايتركروم لنديكارد في امتصاص الملح



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

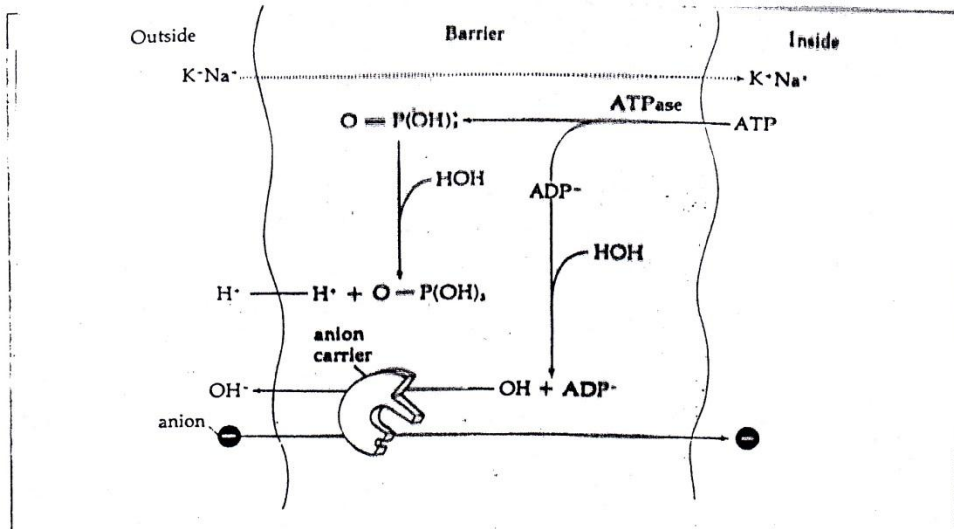
ان نقل الانيونات يتم بفعل المضخات السايتركرومية ، وان اساس عملها يعتمد على تفاعلات ازالة الهيدروجين (Dehydrogenase Reactions) اذ يتم ازالة ايون الـ H^+ ويحرر الالكترون . فالالكترون المتحرر ينتقل إلى سلسلة النقل السايتركرومي متجها إلى الخارج . وفي الوقت ذاته يتم التقاط الانيون السالب من الخارج إلى داخل 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 السايتركرومي إلى داخل الغشاء ، اما الحديد المؤكسد فيتم اختزاله بالالكترون المتحرر من تفاعل ازالة الـ وبهذه الطريقة يتم التقاط الانيونات من الوسط الخارجي ونقلها إلى الفراغ الداخلي .

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

ثالثاً:- الية عمل الـ ATP

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



مخطط يوضح دور الـ ATP في نقل ايون الهيدروجين

يرتكز على انزيم الـ ATPase ،الذي يعمل على تحلل الـ ATP إلى كـتأيون الفوسفوريل $O = P (OH)_3^+$ وانيونات ADP^- ويتحد كـتأيون الفوسفوريل مع الماء وينتج عنه ايونات الهيدروجين ، والذي تتبادل مع الكـتنيونات خارج الغشاء ، ونتيجة لتبادل H^+ مع الكـتنيون يتم ضخ ايونات الـ H^+ للخارج ودخول الكـتنيونات إلى داخل الغشاء . ويحصل ايضا تفاعل لأنـيونات الـ ADP^- مع الماء ليحرر مجاميع الهيدروكسيل OH^- والذي يحصل لها تبادل مع الانـيونات ايضا اذ يخرج الـ OH^- إلى خارج الغشاء وتدخل الانـيونات السالبة بعملية التبادل ، وهذا ما يوضح الية عمل الـ ATP .

رابعاً:- 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 الالكترودات (Electrodes) وجهاز قياس الجهد الكهربائي Voltmeter ووضعت معادلة نرنست (Nernst Equation) لحساب جهد الغشاء ، لغرض معرفة اي من الايونات تمتص امتصاصا سلبيا ، واي منها يمتص امتصاص نشطاً .

$$E = W_i - w_0$$

حيث ان $E =$ جهد الغشاء الناقل (ملي فولت)

W_i و $W_0 =$ الشحنة الكهربائية الداخلية والخارجية على التوالي

وهناك طريقتين لحساب جهد الغشاء :

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

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

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

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 D كانت سالبة ، فان الايون السالب يمتص امتصاصاً نشطاً .

اما اذا كانت قيمة D موجبة فيعني ان الايون السالب يمتص امتصاصاً سلبياً

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 الهيدروجين pH:** ان التغير الحاصل في pH التربة يؤثر في امتصاص الاملاح من قبل النباتات فمثلا (p) الاحادي سهل الامتصاص في pH 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 الغازات CO_2 , O_2 وبالتالي 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 امتصاص K يتأثر بوجود تراكيز عالية من Ca , Mg.

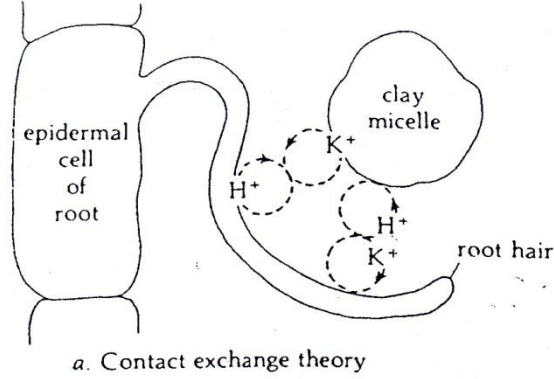
٦- **النمو:** ان نمو النسيج او الخلايا يزيد من المساحة السطحية وعدد الخلايا وبناء مواقع ارتباط جديدة او حوامل جديدة وهذا كله يحفز امتصاص الملح كما في الخلايا المرستيمية.

امتصاص وانتقال الاملاح Absorption & Translocation of Salts

كيف تنتقل الاملاح في النبات ؟

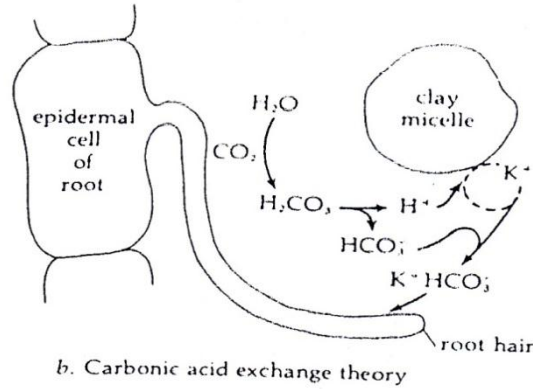
لقد وضعت تفسيرات لكيفية الامتصاص والانتقال من بين اكثرها قبولاً هي :

١ – نظرية التبادل باللامسة Contact Exchange Theory



تؤكد هذه النظرية على ان عملية الانتقال للأيونات من التربة إلى النبات تتم عن طريق التبادل باللامسة ، 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 أيون الـ H^+ الممدص على الشعيرات الجذرية تتبادل مسافته التذبذبية مع أيون 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 الكربونيك Carbonic Acid Exchange Theory



توضح هذه النظرية ان عملية انتقال الايونات إلى النبات تحصل نتيجة لتكون حامض الكربونيك ، والذي ينتج من تفاعل CO_2 الناتج من عمليات التنفس ، التي تقوم بها النباتات ، اذ يتفاعل مع الماء مكونا حامض الكربونيك 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 الكربونات .

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

فلسفة النبات

قسم علوم الحياة

المرحلة الرابعة

محاضرة -6-

مدرس المادة

م.د. نغم سعدون العزاوي

البناء الضوئي Photosynthesis

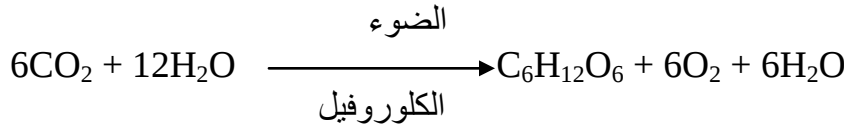
* لاحظ العلماء أن الزيادة في كتلة النبات مصدرها ثاني أكسيد الكربون الذي يتحول إلى كربوهيدرات في عملية البناء الضوئي

* 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 والنااتجة في عملية البناء الضوئي



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

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

٢- لها القدرة على التضاعف وبناء نفسها وبناء بروتيناتها

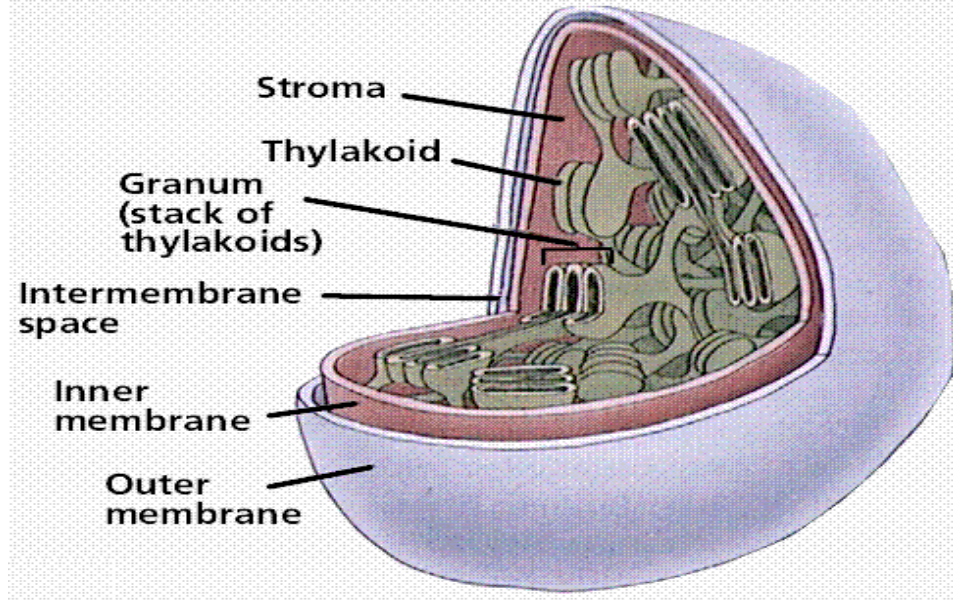
- لها القدرة على بناء انزيم RNA وادخال حوامض امينية لبناء البروتين

* 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 وتتنظم هذه الأقراص بطريقة تسمح لها بامتصاص الحد الأقصى من الضوء.

* تحتوي أعشية 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 ورايبوسومات اللازمة لعملية البناء الضوئي



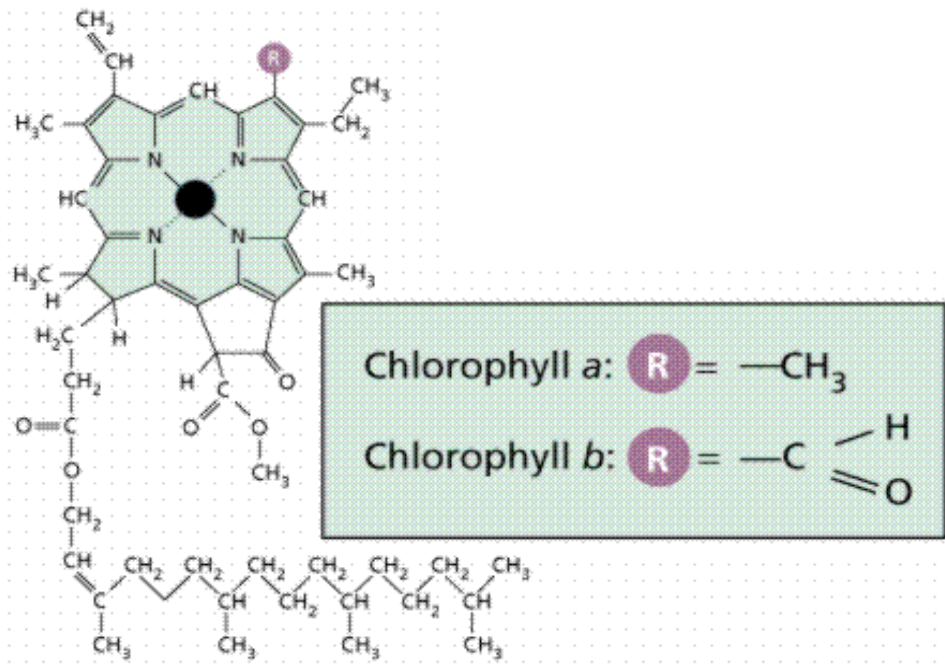
الصبغات التي تشترك في عملية البناء الضوئي :

١ - صبغات اليخضورات (الكلوروفيلات)

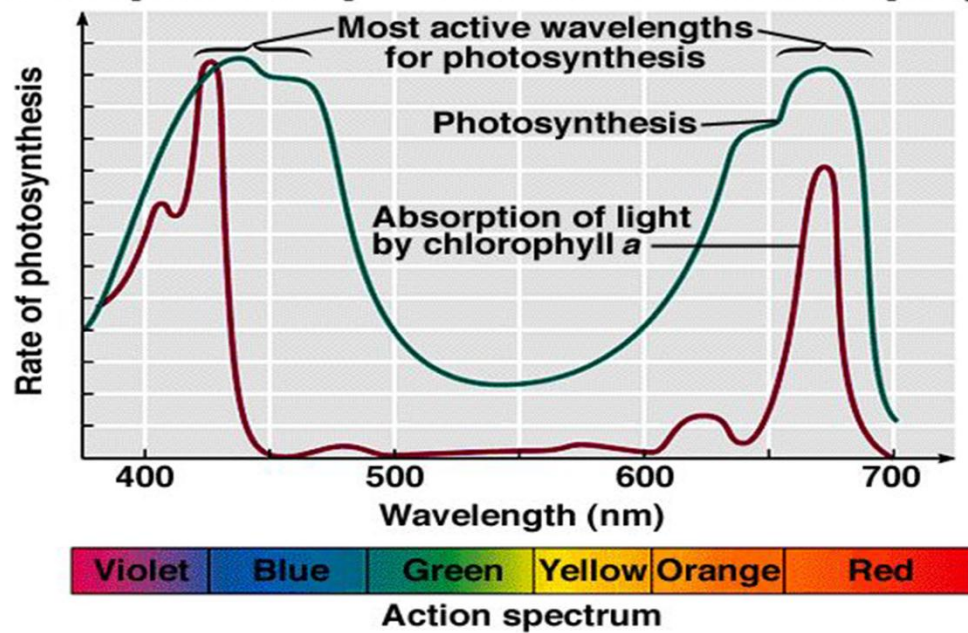
هي من أهم الصبغات وتتميز إلى تسعة أنواع أشهرها أ ، ب والكلوروفيلات تعمل على امتصاص الطاقة الضوئية لإتمام عملية البناء الضوئي.

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 أيضاً 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 و b



Absorption Spectrum of Chlorophyll a



٢- الصبغات الشبيهة بالكاروتين Carotenoids :- وتقسم الى مجموعتين

١- الكاروتينات :- وتشمل α - carotene و β - carotene والليكوبين Lycopene .

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

- منع الأكسدة الضوئية للكلوروفيلات بوجود الضوء .
- امتصاص الضوء اللازم لعملية التمثيل الضوئي ونقله إلى مناطق الاستغلال .

٣- الفايكوبيلينات phycobilines :-

تقسم إلى ثلاثة أنماط من الصبغات وهي :-

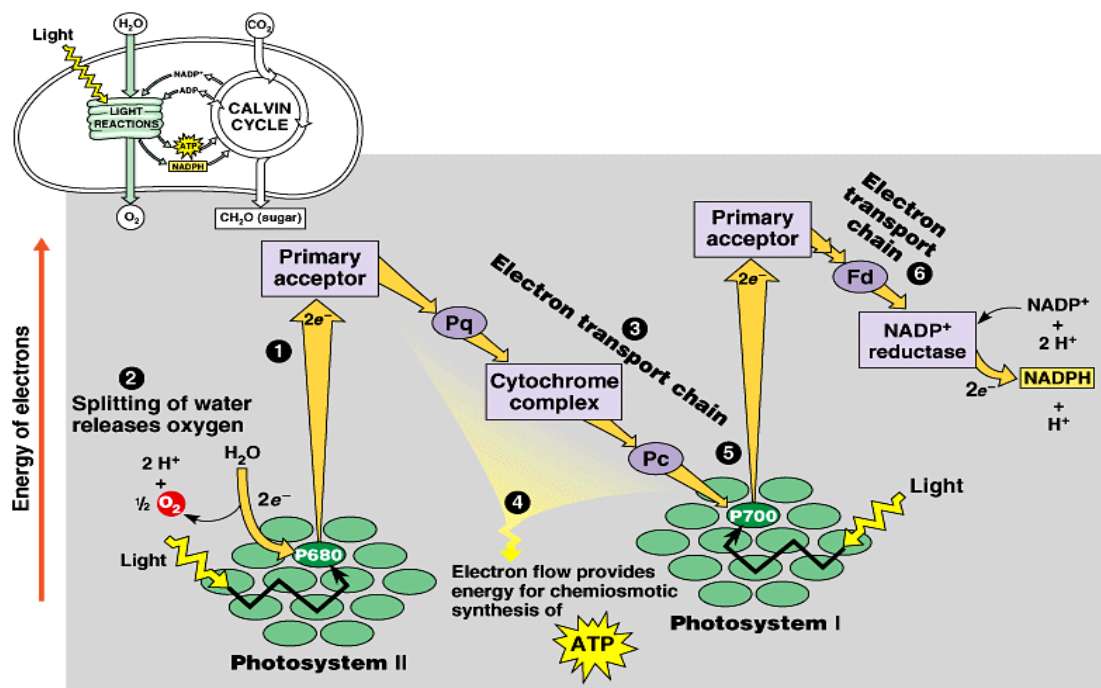
الفيكوارثرين	ذو اللون الأحمر
الفيكوسيانين	ذو اللون الأزرق
الوفيكوسيانين	ذو اللون الأزرق

الفسفرة الضوئية :-

المقصود بها هي عملية إنتاج 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 الإلكترونات من النظام الصبغي الثاني بنواقل الإلكترونات وتحديدًا عند نقل الإلكترونات من السايتركروم b إلى السايتركروم a وهذه العملية تتطلب النظامين لكي تتحقق عملية الانسياب الإلكتروني .

الفسفرة الضوئية الدائرية :- تحدث عند تعرض البلاستيدات الخضراء إلى ضوء بطول موجي أكثر من ٦٨٠ ملي مايكرون فحينها ينشط النظام الصبغي الأول دون حدوث أكسدة للماء وتحرير الإلكترونات أي حدوث عملية البناء الضوئي .



وظيفة تفاعلات الضوء :-

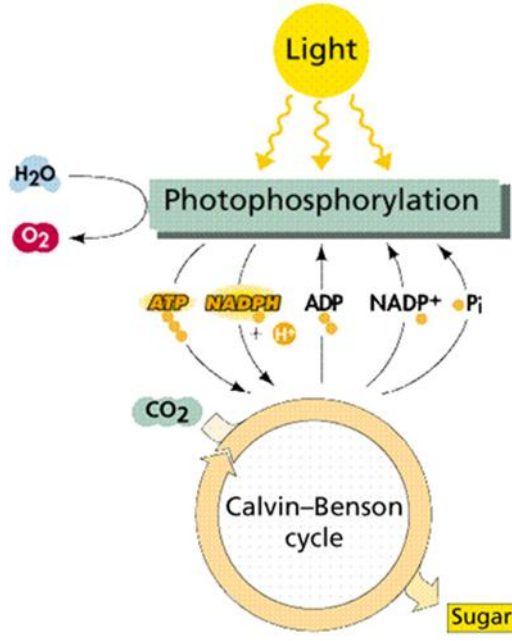
تحرير الاوكسجين اللازم لادامة الحياة .

تكوين المركب الاختزالي NADPH_2 اللازم لتفاعلات الظلام والتفاعلات الاخرى في الخلية .

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

ملاحظة :- لقد وجد ان لتثبيت مول واحد من CO_2 يحتاج النبات الى ٣ مولات من ATP ومولين من

NADPH_2



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) نانوميتر وعند 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 مكتشفها كالفن وبنسن من جامعة كاليفورنيا واهم ما جاءت به هذه الدورة ما يلي :-

- أول مركب بعد تثبيت CO₂ هو مركب ثلاثي الكربون وهو حامض الكليسيريك المفسفر (PGA) وهو مختصر لـ Phosphoglyceric acid ويتكون من اتحاد غاز CO₂ مع المركب خماسي الكربون Ribulose diphosphate
- تتكون في دورة كالفن مركبات كربوهيدراتية ثلاثية ورباعية وخماسية وسداسية الكربون
- الدورة مهمة لتثبيت CO₂ والمحافظة على نسبته في الجو .
- الدورة مهمة لتكوين المركبات الكربوهيدراتية 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 الكربون (C3)** سميت بهذا الاسم لان أول مركب يتكون بعد تثبيت غاز CO₂ هو مركب ثلاثي الكربون (PGA) و يتم ذلك في دورة كلفن و كما اسلفنا سابقا

٢- **مجموعة نباتات رباعية الكربون (C4)** سميت بهذا الاسم لان أول مركب يتكون بعد تثبيت CO₂ هو 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 بايروفات Phospho 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 البايروفات 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 لذلك 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 الضوئي

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 البناء الضوئي.

أولاً: الضوء

- يتأثر معدل عملية البناء الضوئي بشدة الضوء وأطوال الموجات الضوئية

***شدة الضوء**

- يزداد معدل البناء الضوئي بازدياد شدة الضوء حتى يثبت معدل البناء الضوئي في نقطة تدعى بنقطة التعويض Compensation Point اذ يتساوى فيها ثنائي اوكسيد الكربون المتحرر من عملية التنفس مع كميته المستهلكة 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 الضوئي Photorespiration ان التنفس الضوئي مشابه للتنفس الاعتيادي من حيث استهلاك اوكسجين وطرح ثنائي اوكسيد الكربون الا انه لا يتحرر فيه طاقة ATP.

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

ثانيا : تركيز ثاني أكسيد الكربون

- تركيز CO_2 في الهواء يصل إلى 0.039%

- يزداد معدل عملية البناء الضوئي بازدياد تركيز CO_2 إلى 0.5 % حتى يثبت معدل البناء الضوئي
- استمرار زيادة تركيزه عن هذا الحد (0.5%) لمدة محدودة يؤدي إلى ثبات معدل عمليات البناء الضوئي

ثالثا : درجة الحرارة

- تختلف درجة الحرارة المثلى لعملية البناء الضوئي من نبات لآخر
- المدى الحراري الملائم لمعظم النباتات في الأجواء المعتدلة ($10-35^{\circ}C$)

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

٢ - العوامل الداخلية

وتشمل :- أولا :- 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 الكربوهيدريية الناتجة من عملية البناء الضوئي في الأوراق يؤدي إلى بطء العملية .

فسيولوجيا الإزهار والتأقت الضوئي

لقد درس العديد من العلماء العمليات الضوء حيوية التي تحدث وتتم في خلايا النبات ومن بينها التمثيل الضوئي - تمثيل الكلوروفيل - الإلتحاء الضوئي - الإنبساط الورقي - تنبيط إستطالة - الساق - التزهير

- التأقت الضوئي.

والمقصود بالتأقت الضوئي هو إستجابة النبات لطول فترة الضوء والظلام المتعاقبة. وقد أظهرت كثير من التجارب أن النباتات المختلفة تحتاج إلى نهار له طول معين لتدخل في طور الأزهار وبالتالي قسمت النباتات تبعاً لتأثير طول فترة الإضاءة الطبيعية في نموها التكاثرى إلى:

١ - نباتات "النهار القصير" (Shorrt – day plants) وهى تزهر فقط إذا تعرضت لفترات إضاءة طولها ١٢ ساعة أو أقل، مثل الشبيط (Cooklebur: Xanthium) والشليك (strawberry).

٢ - نباتات "النهار الطويل" (Long – day plants)، وهى تحتاج للأزهار إلى فترة إضاءة طولها ١٢ ساعة أو أكثر، مثل السبانخ (Spinach) والبنجر (beet) والفجل (radish).

3- النباتات غير المحدودة (indeterminate or photoneutral plants)، وفيها لا يعتمد الإزهار على طول النهار، مثل الطماطم (tomato) والقطن (cotton).

وبالرغم من أن هناك طولاً أمثل للنهار (optimum day – length) للإزهار في نباتات "النهار الطويل" ونباتات "النهار القصير"، فإن الإزهار يحدث على مدى كبير حول هذا الطول الأمثل، وعلى هذا فنباتات "النهار القصير" لها فترات إضاءة حرجة (critical photoperiod)، ولا يحدث الإزهار في هذا النوع من النباتات إلا إذا تعرضت لفترات إضاءة

أطول من الفترة الحرجة. وبالمثل، فإن نباتات "النهار الطويل" لها فترة إضاءة حرجة، ولا يحدث الإزهار بها إلا إذا تعرضت لفترات إضاءة يومية تزيد عن الفترة الحرجة.

ونظرا لحدوث الإزهار في مدى معين في نباتات كل من المجموعتين، فمن المحتمل أن يكون هناك نوع من التداخل، أى قد يكون طول معين لفترة الإضاءة مناسباً للإزهار في نباتات "النهار القصير" وكذلك في نباتات "النهار الطويل" أما النباتات غير المحدودة فتشبه نباتات "النهار الطويل" في أنها لا تزهر إلا في مجال من طول النهار أطول من الفترة الحرجة، إلا أن فترات الإضاءة الحرجة فيها تكون بصفة عامة أقصر منها في نباتات "النهار الطويل".

٤ - النباتات الوسطية

وبالإضافة إلى المجموعات الثلاثة السابقة، فهناك مجموعة رابعة تسمى النباتات "الوسطية (intermediate plants)" ، وهى التى تزهر فقط في مجال معين من أطوال النهار، ولا تزهر في فترات الإضاءة الأطول أو الأقصر من ذلك، أى أن لها فترتين من الإضاءة الحرجة، فلا تزهر في أطول النهار الأطول من الفترة الحرجة القصوى ولا في أطول النهار الأقصر من الفترة الحرجة الصغرى. ومن النباتات التى تنتمى لهذه المجموعة: الفاصوليا البرية

أهمية فترة الضلام

ثبت مما لا يدع مجالا للشك أن التزهير في كل من نباتات النهار الطويل والقصير تتأثر استجابتها لطول فترة الإظلام عن تلك لفترة الإضاءة، ومعنى ذلك أن نباتات النهار القصير تزهر بعد تعرضها لفترة إظلام أكبر من فترة حرجة أما نباتات النهار الطويل تزهر بعد تعرضها لفترة إظلام أقل من فترة حرجة. من ذلك نصل إلى طول فترة الإظلام أكثر أهمية لتشجيع التزهير إلا أن فترة الإضاءة لها تأثير كمى على التزهير . (عدد المنشآت الزهرية)

كما أن طول فترة الظلام تحدد إنشائية المنشآت الزهرية الأولية إلا أن طول الفترة الضوئية يؤثر على عدد تلك المنشآت الأولية.

ويمكن المحافظة على النباتات في حالة خضرية لاتزهر على الرغم من تعرضها لدورة الحث الضوئي وذلك بكسر او تجزئة فترة الضلام المستمر بطول فترة اضاءة قصيرة Light break.

الفيتوكروم

صبغة الفيتوكروم توجد في صورتين، صورة الفيتوكروم الممتص للضوء الأحمر (Pr) وصورة الفيتو كروم الممتص لضوء الأحمر البعيد (Pfr) هي الصورة النشطة والفعالة فسيولوجيا. والصورتان تتحولان فيما بينهما كيموضوئيا. كما أن صورة (Pfr) تتحول ببطء إلى صورة (Pr) في الظلام أو تتحول إلى مركب غير معروف غير نشط. والتحول الإظلامى لصورة (Pfr) إلى صورة (Pr) يظهر أنها محصورة في ذوات الفلقتين.

ملحوظة: Pfr مهمة جدا في أزهار كل من نباتات النهار الطويل أو القصير ويجب معرفة أن كي تحدث أزهار في نباتات طويلة النهار لابد من تركيز عالى من صبغة Pfr. ولكي يحدث الإزهار في النباتات قصيرة النهار فلا بد من تركيز منخفض من صبغة Pfr.

Pfr — فوق مستوى معين تشجيع للإزهار في نباتات النهار الطويل بينما يحدث تثبيط لإزهار نباتات النهار القصير في وجود هذا التركيز المرتفع من Pfr.

ضلام
pfr — يتحول ويتراكم على شكل Pr ونقص المحتوى من Pfr يشجع إزهار نباتات

النهار القصير بينما تظل نباتات النهار الطويل في حالة نمو خضرى.

ودور فترة الظلام إنها تقدم الوقت للتحويل الظلامى من صورة (Pfr) إلى صورة (Pr). تحت المستوى الحرج لصورة (Pfr) فإن نباتات النهار الطويل تظل فى الحالة الخضرية أى لا تزهر. وبمعنى آخر فإن وجود (Pfr) فى مستوى أقل من المستوى الحرج فإن ذلك سوف يشجع تزهر نباتات النهار القصير. ولابد أن نضع فى الاعتبار أن صورة (Pfr) لازمة لتزهر كل نباتات النهار القصير والطويل.

الهormونات النباتية Phytohormones

لوحظ أن معظم الاستجابات الفسيولوجية في النباتات ترجع إلى مركبات ذات نشاط أوكسيني ومن هذه الاستجابات: استطالة خلايا السيقان والأوراق والجذور و تكشف الخلايا والأعضاء في تكوين الأزهار ونمو الجنين و تساقط الأوراق والأزهار و الإنباتات و تكوين الثمار اللابذرية و السيادة القمية .والهormونات والأوكسينات مواد عضوية كيميائية تتواجد بصورة طبيعية في الأنسجة النباتية ومنها ما هو منشط ومنها ما هو مثبط. كما أمكن أيضاً استحداث مركبات كيميائية لها نشاط مشابه للهormونات الطبيعية .ونظراً لكثرة عدد هذه المواد أمكن وضع بعض التعريفات العلمية والتي تحدد نشاط تلك المواد ومن هذه التعريفات:

١ - منظمات النبات regulators plant هي مركبات عضوية غير المغذيات والتي بكميات صغيرة تشجع promote أو تثبط inhibit أو تحور modify العمليات الفسيولوجية في النبات.

٢ - الهormونات النباتية phytohormones هي مواد تنتجها النباتات والتي بكميات صغيرة تنظم العمليات الفسيولوجية النباتية وهي تتحرك خلال النبات من أماكن تخليقها إلى أماكن عملها

٣ - منظمات النمو regulators growth أو مواد النمو substances Growth هي مواد تؤثر على النمو.

٤ - هormونات النمو hormones Growth هي الهormونات التي تنظم النمو.

٥ - منظمات التزهير regulator Flowering هي المنظمات التي تؤثر على الأزهار.

٦ - هormونات التزهير hormones Flowering هي الهormونات التي تشجع منشآت الأزهار وإنمائها.

٧ - الأوكسين Auxin هي مواد لها القدرة على تنشيط استطالة الخلايا في الاتجاه الطولي زيادة غير عكسي

هormون الأوكسين ما هي وظيفة هormون الأوكسين؟

هormون الأوكسين auxin ، ويطلق عليه أيضاً اسم حمض الأندول الخلي، وهو ينتمي إلى مجموعة من الهormونات المحفزة للنمو، ويتم إفراز هormون الأوكسين في العديد من أجزاء النبات منها الساق، الجذور والبراعم، ويعد هormون الأوكسين واحد من أهم الهormونات للنباتات، وكان الدافع ليكتب عالم النبات تشارلز داروين وابنه كتابهما قوة الحركة في النباتات، وذلك بعد أن أصيب العلماء بالحيرة اتجاه هormون الأوكسين لأكثر من مئة عام.

وظيفة هormون الأوكسين

يعد هرمون الأكسين من الهرمونات المحفزة للنمو، وبذلك فهو يقدم العديد من الفوائد لنمو النبات، وفيما يأتي وظيفة هرمون الأكسين: يساهم هرمون الأكسين في دعم استطالة الجذور والساق. يدعم هرمون الأكسين العمليات الأيضية للكربوهيدرات بداخل النبات والتي يطلق عليها اسم استقلاب الكربوهيدرات. يساهم هرمون الأكسين في قتل بعض الأعشاب الضارة. يمكن أن يساهم هرمون الأكسين الصناعي في مساعدة ساق النبات على النمو بعد عملية التطعيم. يستخدم هرمون الأكسين الصناعي في البيوت البلاستيكية لتعزيز نمو الثمار ومنع سقوطها قبل حصادها. يعد هرمون الأكسين من الهرمونات التي تحفز نمو جذور النباتات والساق، وهو واحد من أهم الهرمونات للنبات.

هرمون السيتوكينين ما دور هرمون السيتوكينين في اصفرار الأوراق؟

ينتمي هرمون السيتوكينين cytokinin إلى مجموعة الهرمونات المحفزة لنمو النبات، ويتميز هرمون السيتوكينين بأنه لا يُفرز من النباتات فقط، حيث إن بعض أنواع البكتيريا، والفطريات والعديد من حقيقيات النوى قادرة على إفرازه، ويعد هرمون السيتوكينين أحد الهرمونات المنتجة لغاز النيتروجين، وتقوم النباتات بإنتاجه في الجذور، ومن ثم ينتقل من خلال النسيج الخشبي للنباتات حتى يصل إلى الأوراق والفاكهة.

وظيفة هرمون السيتوكينين

يساهم هرمون السيتوكينين في العديد من الوظائف بداخل النبتة، حيث يعتبر من الهرمونات المحفزة للنمو، وفيما يأتي بعض النقاط التي تشرح وظيفة هرمون السيتوكينين: يساهم هرمون السيتوكينين في نمو الخلية النباتية وتمايزها. يعمل هرمون السيتوكينين مع هرمون الأكسين لدعم عملية انقسام الخلية النباتية، وبالتالي فهو يمنع ذبول النبات. يساهم هرمون السيتوكينين في تأخير اصفرار الأوراق عن طريق تثبيث البروتين، وإنتاج كميات أكبر من البلاستيدات الخضراء. يساهم هرمون السيتوكينين في إنتاج كميات أكبر من البلاستيدات الخضراء والكلوروفيل، وبالتالي يؤخر من عملية اصفرار الأوراق نتيجة الشيخوخة.

هرمون الجبرلين أين يتركز هرمون الجبرلين في النباتات؟

هرمون الجبرلين Gibberellin هو هرمون تم اكتشافه لأول مرة عن طريق نوع من الفطريات التي يطلق عليها اسم جبريلا فوجيكوروي *Gibberella fujikuroi* ، وهو هرمون محفز لنمو النباتات، وتفتقر إليه بعض النباتات كالأرز، ويتضمن هرمون الجبرلين العديد من الأنواع أشهرها هو حمض الجبريليك، ويمكن العثور عليه في النباتات الوعائية، وأكثر جزء يحتوي على هرمون الجبرلين في النبات هو البذور.

وظيفة هرمون الجبرلين

مع أن هرمون الأكسين يساهم في نمو النباتات بعد عملية التطعيم ولكن هرمون الجبرلين يختلف عنه في هذا المجال، حيث أنه لا يساهم بشكل رئيس في هذا الجانب، ولكنه يقدم العديد من الفوائد الأخرى للنباتات، وفي النقاط الآتية توضيح لوظيفة هرمون الجبرلين: يساهم هرمون الجبرلين في تعزيز نمو الساق الرئيسة للنبات. يعزز هرمون الجبرلين استطالة بعض الثمار

التي تنمو في جذور النباتات مثل الجزر. يمكن أن يساهم هرمون الجبرلين مع هرمون الأكسين في مكافحة شيخوخة وذبول النبات في بعض الظروف. يعزز هرمون الجبرلين نمو ساق النباتات الرئيسية واستطالة الثمار التي تنمو في جذور النباتات، ومثال على هذه الثمار الجزر.

هرمون الإيثيلين ما هي العلاقة بين هرمون الإيثيلين ومادة اللاتكس؟

هرمون الإيثيلين Ethylene هو أبسط هرمون نباتي، وهو أحد الهرمونات المعززة لنمو وتطور النبات، ويمكن إنتاجه صناعيًا عن طريق بيروكسيد الدهون، بينما يقوم النبات بإنتاج هرمون الإيثيلين بعد أن يتم إنتاج هرمون الأكسين والسيتوكينين، والذان يقومان بدورهما في تحفيز العمليات الحيوية التي تكون هرمون الإيثيلين، وبالتالي تتضاعف كميته، ومن الجدير بالذكر أن كمية هرمون الإيثيلين تختلف من نبات إلى آخر، بالإضافة إلى ذلك يتغير تركيز هرمون الإيثيلين في داخل النبات من موسم لآخر.

وظيفة هرمون الإيثيلين

ينتج النبات هرمون الإيثيلين عن طريق القيام ببعض العمليات الحيوية على بعض المركبات العضوية مثل الماثيونين أو حمض الكربوكسيل [٥]، ويساهم هرمون الإيثيلين في العديد من الوظائف، وستوضح كل نقطة من النقاط الآتية وظيفة هرمون الإيثيلين: يساهم هرمون الإيثيلين في دعم نمو الأوراق، الأزهار والفواكه، ويتعاون مع العديد من الهرمونات الأخرى لنفس الغرض. يقلل هرمون الإيثيلين من معدل إصابة النبات بالشيخوخة أو الذبول، ويمكن أن يساهم في منع الإصابة به من الأصل. يساهم هرمون الإيثيلين في تنشيط بعد المركبات الكيميائية مثل اللاتكس، والذي يعد آلية دفاعية للنبات، وبسبب جعله أكثر مقاومة للحشرات بالإضافة إلى التقليل من معدل تبخر المياه من النبات. تكمن وظيفة الإيثيلين في دعم النمو وتقليل الذبول، كما أن العلاقة بين هرمون الإيثيلين واللاتكس تكمن في أنه يساهم بشكل رئيس في تنشيط عملية إنتاج اللاتكس.

حمض الأبسيسيك هل يعتبر حمض الأبسيسيك محفز للنمو أو مثبط للنمو؟

حمض الأبسيسيك Absciscic hormone ، والذي يطلق عليه أيضًا اسم حمض التسقيط، وهو حمض مثبط للنمو أكثر بكثير من كونه محفز لنمو النباتات، ووجده عالم فسيولوجيا النبات أديكوت وفريقه في أوائل الستينات، ويتم تصنيعه جزئيًا في أوراق النبات، الساق والفواكه، وفي الفقرة الآتية وظيفة حمض الأبسيسيك.

وظيفة حمض الأبسيسيك

يساهم حمض الأبسيسيك في العديد من الوظائف الحيوية في داخل النبات، ولكنه يعد هرمون هدم، وذلك على العكس من هرمونات البناء الأنف ذكرها، وفيما يأتي بضع النقاط التي توضح وظيفة حمض الأبسيسيك: إغلاق الثغور: حيث يساهم حمض الأبسيسيك في التقليل من معدل خسارة المياه وخصوصًا في فصل الجفاف. خمول البذور: ويقصد بذلك أن حمض الأبسيسيك يساهم في تأخير نضج البذور، وهذا بغرض تحفيز البذور على تصنيع المزيد من البروتينات. مقاومة الهرمونات الأخرى: حيث يقاوم حمض الأبسيسيك معظم التأثيرات والتغيرات المحيطة

به، وهذا يشمل هرمونات النمو اللتي سبق ذكرها في هذا المقال. يعد حمض الأبسيسيك من هرمونات الهدم، والتي تقوم بتكسير أو إغلاق أو دعم خمول جزء محدد من النبات لأغراض إيجابية.

Mineral Nutrition of Plant

التغذية المعدنية

صرح ارسطو ان النباتات تحصل على غذائها من الارض مباشرة. اما Van Helmont عام 1640 استنتج ان الماء وليس التربة هي مصدر نمو النبات وذلك من تجربته على نبات الصفصاف. وفي القرن التاسع عشر صنعت الاسمدة. بعدها طورت المحاليل المغذية من قبل Sack و Knop و Hoagland.

مكونات النبات غير العضوية

الماء 90-80% اما المادة الجافة فتكون 10-20% من الوزن الطري. مركبات الكربون والاكسجين تكون 80-90% من المادة الجافة. المواد المعدنية التي تظهر عند الحرق بشكل رماد فتكون 5-15% من المادة الجافة. نسبة الرماد في الانسجة المرستيمية الفعالة وكذلك في الاوراق عالية قد تصل 15% من الوزن الجاف. اما سيقان وجذور النباتات النجيلية فيصل فيها الرماد 4-5% من الوزن الجاف وفي البذور يكون الرماد 3%.

وجد من تحليل انسجة النباتات الطرية والجافة ومن تحليل الرماد ان العناصر المكونة هي C, H, O₂, N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Mo, Zn, B, Co, Cl, Si, Al وعناصر اخرى.

العناصر المعدنية الموجودة في النبات

أولاً: العناصر الضرورية لنمو النبات Essential Elements for Plant Growth

هناك ثلاث اسس مهمة تحدد العناصر الضرورية للنبات هي:

1. يتوقف النمو الطبيعي والتكاثر او كلاهما بغياب ذلك العنصر
 2. وجود العنصر في المحلول شرط اساس لنمو النبات وان نقصه يسبب اعراض مرضية لاتزول الا باضافة ذلك العنصر
 3. يعد العنصر اساسي اذا كان احد مكونات الجزيئات الداخلة في العمليات الفسيولوجية المهمة للبناء
- تقسيم العناصر حسب الكميات التي يحتاجها النبات:

1. المغذيات الكبرى Macroelements وهي العناصر التي يحتاجها النبات بكمية 100ppm او اكثر لغرض حدوث النمو الطبيعي وتشمل C, H, O₂, N, P, K, S, Ca, Mg

2. المغذيات الصغرى Microelements وهي العناصر التي يحتاجها النبات بكمية قليلة جدا 1-100 ppm وتشمل Fe, Mn, Cl, B, Zn, Cu, Mo, Co والبعض يستعمل مصطلحات Minor او Trace او Rare للإشارة للمغذيات الصغرى.

ثانياً: العناصر غير الضرورية Non-Essential Elements

وهي العناصر التي توجد في بعض النباتات ولكن لم يثبت ضرورتها للنبات لحد الان فقد يكون لها تأثير منشط لبعض العمليات الحيوية كالصوديوم والسيلكون واليود والالمنيوم والسلينيوم والفلور والفناديوم. النبات قد يحتاج بعضها بكمية ضئيلة جدا يحصل عليها من الشوائب الموجودة في بيئة الجذور.

طرق دراسة تغذية النبات

1. تحليل الرماد Ash Analysis. تستخدم لمعرفة نوعية وكمية العناصر الغذائية في انسجة النبات وذلك بتعريض النسيج لدرجة حرارة عالية 600 م وتحويله الى رماد. العناصر مثل Fe, K, Ca تبقى بشكل اكاسيد في الرماد اما العناصر في المركبات العضوية مثل C, H, O₂ فتفقد بشكل CO₂ وبخار الماء والاكسجين. ولا يمكن تقدير N بدقة لان بعض المركبات العضوية النتروجينية تتطاير بشكل امونيا او غاز النتروجين. فعلى سبيل المثال نجد النسب التالية في رماد نبات الذرة عند تحليل الرماد: النتروجين 1.46% البوتاسيوم 0.92% الكالسيوم 0.23% الكبريت 0.21% الفسفور 0.20% المغنسيوم 0.18% الحديد 0.083% المنجنيز 0.35%.

2. المزرعة المائية Water Culture or Solution Culture

يزرع النبات في محلول مائي يحتوي على المغذيات الكبرى والصغرى يسمى المحلول المغذي Nutrient Solution. يجب ان يحتوي المحلول المغذي على ثلاث عناصر غذائية كبرى بصورة ايونات موجبة مثل Mg, K, Ca وكذلك ثلاث مغذيات كبرى بشكل ايونات سالبة مثل النترات والفوسفات والكبريتات. وعادة تضاف بشكل املاح نترات البوتاسيوم ونترات الكالسيوم وفوسفات البوتاسيوم وكبريتات المغنسيوم كما ان المغذيات الصغرى يجب ان تضاف بتركيز واطنة. مراعاة النقاط التالية في المزارع المائية:

1. الاملاح نقية
2. تذاب جيداً بالماء المقطر
3. توضع في اواني زجاجية (بايركس)
4. العنصر المراد دراسته يحذف
5. يعوض العنصر المحذوف بملح اخر للمحافظة على الازموزية فمثلاً عند حذف N يجب اضافة KCl بدل من KNO₃
6. تهوية المحلول
7. منع اختراق الضوء
8. المحافظة على الحمضية
9. تغيير المحلول 2-3 مرة خلال الموسم.

من الناحية العملية طور Hoagland و Arnon محلولين غذائية (1) و (2) ويستعملان حديثاً للبحث والدراسة:

محلول (2)

سم ³ في لتر من المحلول المغذي	الملح
1	M $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$
6	M KNO_3
4	M $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
2	M Mg SO_4

محلول (1)

سم ³ في لتر من المحلول المغذي	الملح
1	M KH_2PO_4
5	M KNO_3
5	M $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
2	M MgSO_4

ويضاف لكل من المحلولين الغذائيين المحاليل المكملية الحاوية على العناصر الغذائية الصغرى بحالة محلول A ومحلول B (محلول A يجهز البورون والمنغنيز والزنك والنحاس والمولبدنيوم ويضاف بنسبة 1 سم³ من هذا المحلول الخليط لكل لتر من المحلول المغذي رقم (1) او رقم (2))

المادة	عدد الغرامات في لتر واحد من الماء
حامض البوريك H_3BO_3	2.86
كلوريد المنغنيز $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1.81
كبريتات الزنك $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.22
كبريتات النحاس $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.08
محلول المولبدنيك $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0.02

محلول (B) يضاف الحديد بشكل تترترات الحديد 0.5% وبمعدل 1 سم³ لكل لتر واحد من المحلول المغذي او أي مركب اخر عضوي يحتوي على الحديد.

3. المزرعة الرملية Sand Culture

يزرع النبات في الرمل النظيف المغسول بحامض الهيدروكلوريك المخفف كي لا تبقى اي اثار للعناصر الغذائية ثم يغسل الرمل بعدها بالماء المقطر ويجب ان يكون الرمل ناعم للمحافظة على الماء وحدوث التهوية وقد استعمل رمل Quartz او مادة Perlite المغسولة.

المواد المخلبية Chelating Agents

تضاف العناصر المغذية الموجبة الشحنة الى المحاليل الغذائية بشكل مركب معقد مع مادة عضوية تسمى Chelates او Ligand مؤلفة بذلك ايونا معقدا بحالة ثابتة وبذلك تمنع ترسب العنصر المغذي الصغير وعلى سبيل المثال وجد ان المادة المسماة (EDTA) Ethylenediaminetetra Acetic Acid تتميز بانها مادة مخلبية مع الزنك.

خصائص المواد المخلبية

1. يجب ان تقاوم فعل الاحياء المجهرية الدقيقة
 2. يجب ان تكون مركبا معقدا مع ايون العنصر المغذي الصغير وليس مع ايون العنصر المغذي الكبير
 3. ان تكون المادة المخلبية مع ايون العنصر المغذي الصغير مركبا معقدا ذاتيا
 4. ان تكون معقدا عديم او سالب الشحنة حتى يسهل اختراق جدران الخلايا (السالبة الشحنة) او طبقة الكيوتكل في الاوراق خصوصا عند رش المغذيات على الاوراق. حيث ان ايونات المغذيات الصغرى الموجبة الشحنة سوف تترسب في جدران الخلايا او طبقة الكيوتكل ولا تنفذ الى داخل الخلايا اذا ما استعملت بدون المادة المخلبية على الاوراق.
- وقد وجد ان مادة EDTA لها الفة قوية مع الكالسيوم لذا استبدلت بمادة عضوية اخرى تتحد مع الحديد وهي Fe-EDDH (Ethylenediamine di,O-hydroxyphenol Acetic Acid)

امتصاص العناصر المغذية

تحدث اكثرية امتصاص العناصر المغذية خلال مدة النمو الفعالة للنبات. امتصاص الاملاح يتعرض لقوتين هما:

1. القوة الناشئة عن منحدر الطاقة الكيماوية حيث تتحرك الايونات من الجهة ذات التركيز العالي الى الجهة ذات التركيز الواطئ.
2. القوة الناشئة عن منحدر الطاقة الكهربائية. الايونات الموجبة تتجه باتجاه الجهة المشحونة بشحنة سالبة بينما الايونات السالبة تتحرك باتجاه الجهة المشحونة بشحنة موجبة. اي الحركة تعتمد على فرق الطاقة الكهربائية. الخلايا تكون مشحونة بشحنة سالبة مقارنة بالوسط الخارجي لذا فان حركة الايونات عبر الغشاء البلازمي وغشاء الفجوة

تعتمد على فرق الشحنات الكهربائية وفرق التركيز بين داخل وخارج الخلية وتتوقف الحركة عند حصول التوازن. للدلالة ماذا كانت الايونات تنتقل بصورة حرة Passive او نشطة Active استعمل الفسيولوجيون معادلة Nernst الاتية

$$E_i - E_o = \Delta E = (2.3 R T / ZF) \text{Log} (Cation_o / Cation_i) \text{ or } \text{Log} (Anion_i / Anion_o)$$

E_i الشحنة الكهربائية للوسط الداخلي او الساييتوبلازم E_o الشحنة الكهربائية للوسط الخارجي او المحلول المغذي
R معامل الغاز T الحرارة المطلقة Z حاصل الشحنة على الايون F ثابت فردي

$Cation_o$ تركيز الايونات الموجبة خارج الخلية $Cation_i$ داخل الخلية

اذا كان $Anion_i / Anion_o$ اقل من واحد أي في حالة التوازن بين داخل وخارج الخلية يكون تركيز الايونات الموجبة داخل الخلية اكثر من الخارج

اما اذا كان $Cation_o / Cation_i$ اقل من واحد فان تركيز الايونات السالبة خارج الخلية سيكون اكثر من داخلها. وبعبارة اخرى تتجمع الايونات الموجبة داخل الخلية اكثر من خارجها دون الحاجة الى صرف طاقة حيوية لدخول الايونات الموجبة الى داخل الخلية (امتصاص حر).

أهم طرق الامتصاص

اولا: الامتصاص الحر او السالب او الفيزيائي Passive Absorption لا يحتاج الى طاقة وان الايونات تصل في النهاية الى حالة توازن ديناميكي بين داخل وخارج الخلية. الامتصاص غير متخصص جدا بالنسبة للايونات وان تبادل الايونات يحدث فيما يسمى بالفراغ الحر او الخارجي. يحدث بعدة وسائل

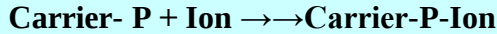
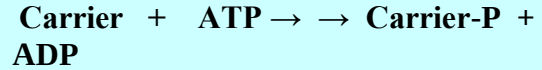
1. الانتشار. مرور المواد من وسط اكثر تركيز الى الوسط الاقل تركيز. الانتشار عن طريق الفراغ الحر (أي جدران الخلايا والمسافات البينية بين الخلايا علما ان حجم الفراغ الحر يقارب 7-10% من حجم النسيج).
2. تبادل الايونات Ion Exchange الايونات الموجبة او السالبة في محلول التربة قد تمر الى داخل الخلايا او الفراغ الحر وتحل محل ايونات اخرى موجبة او سالبة ملتصقة على سطح الاغشية الخلوية او جدران الخلايا. فمثلا البوتاسيوم يتبادل مع ايونات الهيدروجين والنترات تتبادل مع ايونات الهيدروكسيل. هذه الطريقة يحدث بها الامتصاص اكثر من الانتشار.
3. اتزان دونان Donnan Equilibrium اذا كانت ايونات سالبة قد ثبتت في الخلية وعند انتشار اعداد متكافئة من ايونات سالبة او موجبة الى داخل الخلية لذا يكون توزيع الايونات على جانبي الغشاء غير متساوي ونتيجة لذلك يكون تركيز الايونات السالبة في الداخل اكثر من الخارج ولان يتم التوازن الكهربائي يجب ان تمر ايونات موجبة اضافية عبر الغشاء الخلوي لمعادلة الايونات السالبة وبذلك يكون تركيز الايونات الموجبة في الداخل اكثر.
4. النقل الكتلي. يفترض بعض الباحثين ان الايونات قد تتحرك الى الجذور مع الماء بعملية الجريان الكتلي وان اية زيادة في النتج ستسبب زيادة في معدل الامتصاص.

ثانيا: الامتصاص النشط او الحيوي Active Absorption

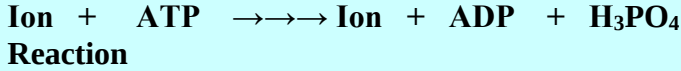
هذه العملية المهمة تجري في اغشية الخلايا النباتية وتعد الفجوة المحل المهم الذي تتجمع فيه الايونات المختلفة السالبة والموجبة وبكميات متكافئة كهربائيا. ومن اهم خصائص الامتصاص النشط:

1. العملية تتطلب طاقة حيوية لدفع الايونات الى داخل الخلية (تعتمد الطاقة على توفر O_2 والمواد المثبطة والحرارة)
2. العملية متخصصة في امتصاص بعض الايونات بكمية اكثر من الاخرى
3. تمتاز بتجمع الايونات في الخلية اكثر مما في الخارج أي عدم الوصول في النهاية الى حالة التوازن الديناميكي بين داخل وخارج الخلية
4. تحدث في الجزء الداخلي من الخلية Inner Space كالاغشية والساييتوبلازم او الفجوة
5. غالبا ما يطلق على العملية بنظرية الحامل Carrier Hypothesis أي فرضية المركب الحامل والتي تفترض ان الايونات او الجزيئات المنقولة بمساعدة الطاقة تتحد مع المركب الحامل الذي هو اهم مكونات غشاء الخلية وتكون مركبات معقدة ثم تمر عبر الغشاء الخلوي الى داخل الخلية ومن ثم يتحلل المركب المعقد ليترك الايونات او الجزيئات داخل الخلية. بعد ذلك يجب اعادة المركب الحامل الى هيئته الاولى الى خارج الغشاء وتزويده بالطاقة الحيوية ليكون جاهزا للدورة مرة اخرى.

Kinase



Phosphatase



Overall

طبيعة المركب الحامل

اقترحت عدة مركبات لتقوم بدور الحامل منها:

1. Cytochrome وهو مركب بروتيني ذو صبغة يحتوي على مجموعة Prophyrin والتي يوجد في وسطها حديد. يشترك الساييتوكروم في عدة عمليات حيوية كالتركيب الضوئي والتنفس والامتصاص النشط. اوضح Burstrom عام 1933 كيفية تعلق الساييتوكروم في النقل النشط للأيونات السالبة بالفرضية المسماة مضخة الساييتوكروم Cytochrome Pump وصرح بوجود علاقة بين امتصاص الأيونات السالبة وعملية التنفس حيث لاحظ أن معدل التنفس وكذلك الامتصاص يزداد عند نقل النبات من الماء العذب إلى محلول ملحي ودعيت هذه الظاهرة بالتنفس الملحي Salt Respiration وافترض أن حامل الأيونات السالبة هو الساييتوكروم وأن امتصاص الأيونات السالبة لا يعتمد على امتصاص الأيونات الموجبة.

2. مركبات ال Phospholipids

وضع Bennet-Clark فرضية لامتصاص المغذيات حيويًا بمساعدة ATP واقترح أن مركبات الفوسفوليبيدات في الأغشية الخلوية قد تؤدي دور الحامل في نقل الأيونات السالبة والموجبة

3. الحامل المعتمد على الطاقة ATP

يظن بوجود انزيمات ATPase في الأغشية الخلوية وخاصة غشاء البلازما. هذه الانزيمات تحلل الـ ATP



Phosphoryl Cation

هذه الطاقة تستعمل في نقل الأيونات السالبة والموجبة

اهمية العناصر الغذائية

النيتروجين

1. يدخل النيتروجين في تركيب جزئي البروتين حيث يدخل أولاً في صورة مجموعة أمين بتركيب الحامض الأميني، وعليه فهو يدخل في تركيب كل المركبات التي تتكون منها الأحماض الأمينية مثل الانزيمات الذي يشكل البروتين الجزء الأساسي في بناؤها.

2. يدخل النيتروجين في بناء الأغشية الخلوية حيث تحتوي على جزء بروتيني. 3 يدخل في بناء الأحماض النووية لوجود القواعد النيتروجينية في تركيبها مثل قواعد البيريميدين والبيورين. 4. يدخل في بناء المرافقات الانزيمية لأنه يدخل في بناء الفيتامينات وهي الشق النشط في المرافق الانزيمي. 5. يدخل النيتروجين في Prophyrins والتي تكون مركبان غاية في الأهمية للنبات الأول هو جزئي الكلوروفيل الهام لعملية التمثيل الضوئي والثاني في تكوين الساييتوكرومات اللازمة لتمام عمليات التأكسد الطرقي في التنفس والتي تقوم بدور مضخة لامتصاص للأيونات من التربة أثناء الامتصاص النشط للاملاح. 6. يدخل النيتروجين في بناء المركبات الحاملة للطاقة والمالحة لها مثل ATP .

الفسفور

1. يوجد كمكون أساسي للأحماض النووية والتي تحتوي على شق قاعدي هو القواعد النيتروجينية وسكر خماسي وحامض الفوسفوريك. 2. يدخل في تكوين الفوسفوليبيدات والمرافقات الأنزيمية مثل NAD , NADP . 3. يدخل في بناء المركبات الغنية بالطاقة مثل ATP.

البوتاسيوم

لا يدخل البوتاسيوم في تركيب أي مركب من مركبات الخلية النباتية أو من المركبات العضوية بالنبات إلا أن له دور هام جداً في فسيولوجيا النبات منها:

1. للبوتاسيوم دور في فتح وغلق الثغور وبالتالي فهو المتحكم في التوازن المائي داخل النبات.

2. البوتاسيوم منشط أساسي للأنزيمات المصاحبة لتمثيل الروابط الببتيدية، فعند نقصه يضعف تكوين البروتين مما يؤدي إلى ان تراكم الكربوهيدرات والذي يجب أن تستهلك في بناء البروتين " حيث أن البروتين يتكون من هيكل كربوني يأتي من الكربوهيدرات في صورة الأحماض الكيتونية التي يتم تركيب مجموعات الأمين عليها ".

3 يعمل كمنشط للعديد من الأنزيمات التي تصاحب تمثيل الكربوهيدرات ونجد ان السيادة القمية تختفي عند نقص البوتاسيوم.
4. يعتبر البوتاسيوم وزير الموصلات داخل النبات فهو المنظم لحركة الذانبات بدأ بالماء الحر الى الكربوهيدرات من الأوراق والى الثمار والأزهار والدرنات لذلك نقصه يؤدي حتما الى نقص المحصول وتساقط الأزهار والثمار لنقص المدد الكربوهيدراتي والهرموني الذي يساعد البوتاسيوم في نقله.

الكالسيوم

1. يدخل في تركيب الصفيحة الوسطية والتي تتركب كيميائيا من بكتات الكالسيوم. 2. هام لتكوين الاغشية الخلوية. 3. اقترح أن الكالسيوم يشترك في تنظيم الكروماتين على المغزل أثناء الانقسام الميتوزي حيث ينشأ الانقسام الشاذ نتيجة نقص الكالسيوم. 4. له دورا في تنشيط بعض الانزيمات مثل Adenosine triphosphatas و Arigenen kinase.

الكبريت

1. يدخل في تركيب البروتين في صورة الأحماض الأمينية الحاملة للكبريت مثل السستين و السستين والمثيونين. 2. يقوم بالربط بين البروتينات عن طريق رابطة ثنائية الكبريتيد. 3. يدخل الكبريت في بعض الفيتامينات مثل البيوتين والثيامين والمرافق الانزيمي A. 4. يمثل الكبريت المركز النشط لكثير من الأنزيمات التي يكون احدى مراكزها مجموعة السلفاهيدريل. 5. له دور في التمثيل الضوئي وأيض النيتروجين.

المغنسيوم

1. من مكونات الكلوروفيل. 2. يدخل في تنشيط العديد من الأنزيمات أثناء الأيض الكربوهيدراتي. 3. منشط للأنزيمات التي تصاحب تمثيل الأحماض النووية. 4. يعتقد ان دوره التنظيمي يكون من خلال ارتباطه بكل من ATP والأنزيم ليكون معقد مخليبي (الأنزيم ، المغنسيوم ، البيروفوسفات). في بعض الحالات يحل المنغنيز محل المغنسيوم كـمعاون انزيمي. 5. يقوم بدور العامل المساعد في تفاعلات تثبيت ثاني أكسيد الكربون لكل من انزيمي phospho enol pyruvate carboxylase, Ribulose 1,5 diphospho carboxylase . 6. قد يكون هو عامل الربط لدقائق الريبوسومات عند تكوينها للبروتينات أثناء عملية الترجمة.

الحديد

1. يدخل الحديد الى النبات في صورة حديدك الا أن الصورة النشطة هي الحديدوز حيث يدخل في تركيب السيتوكرومات، تلك المركبات التي تساهم في انسياب الالكترونات في الميتوكوندريا أثناء التنفس الطرفي أو أثناء انتقال الألكترون من النظام الصبغي الأول في عملية التركيب الضوئي. 2. يصاحب الحديد انزيمات تمثيل الكلوروفيل الذي يعتمد في تمثيلة على اما المغنسيوم او الحديد. 3. يوجد الحديد في كل مكونات الفلافوبروتين. المنغنيز

1. من العناصر الصغرى والذي يقوم بدور العامل المساعد للأنزيمات في عمليات التنفس وأيض النيتروجين، فهو على سبيل المثال المساعد co-factor لأنزيم malic dehydrogenase بدورة كربس كذلك decarboxylase oxalalacetic. 2. يلعب دورا في اختزال النترات حيث يعمل كمعادل أنزيمي لأنزيم nitrite reductase و hydroxylamine reductase. 3. له دور في هدم أو أكسدة الأوكسين الطبيعي حيث يعمل كمعاون أنزيمي لأنزيم indole-3-acetic acid oxidase. 4. يدخل في انتقال الألكترون من الماء الى جزيئة الكلوروفيل في تفاعلات الضوء للتمثيل الضوئي.

البورون

يلعب دورا في انتقال الكربوهيدرات داخل النبات حيث يكون مع الكربوهيدرات معقد بوراتي يسهل الانتقال عبر الأغشية الخلوية. لذلك فنقصه يسبب أعراض مشابهة لأعراض نقص السكر وهو موت القمم النامية والجذور وتساقط الأزهار وهي الأعضاء النشطة أيضا. لم يثبت ان له دورا آخر غير انتقال السكريات حتى الان.

الزنك

1. يلعب الزنك دورا أساسيا في تمثيل التريتوفان وهو منشأ الأوكسين وبالتالي في تمثيل الأوكسين الطبيعي في النبات. 2. له دور منشط للعديد من الأنزيمات مثل carbonic anhydrase الذي يحلل حامض الكربونيك الى ثاني أكسيد الكربون والماء. 3. له دور مع أنزيمات الأكسدة والاختزال وفي الأنزيمات الناقلة للفوسفات مثل hexose kinase. 4. له دور في العمليات المؤدية لإنتاج البروتينات في عملية الترجمة والنسخ وتكوين الجديـد من mRNA.

النحاس

1. يعمل النحاس كمكون لأنزيمات phenolases, ascorbic acid oxidase. 2. يعمل كحامل للألكترون في عمليات التمثيل الضوئي. 3. تحتوي البلاستيدات الخضراء على بروتينات بها نحاس تسمى plastocyanin. 4. الدور الأساسي هو عمليات الأكسدة والاختزال التي تقوم بها مجموعة انزيمات phenolases والتي تحرر الفينولات كمادة مقاومة ومهاجمة للكانينات الممرضة وعند الإصابة الحشرية فهي بمثابة الجهاز المناعي لحماية النبات.

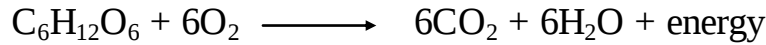
المولبيدينم

1. يلعب دورا هاما في تثبيت غاز النيتروجي. 2. يلعب دورا هاما في اختزال النترات لتكوين الامونيا واللازم لتكوين الأحماض الأمينية أثناء تمثيل البروتين.

التنفس Respiration

مقدمة:

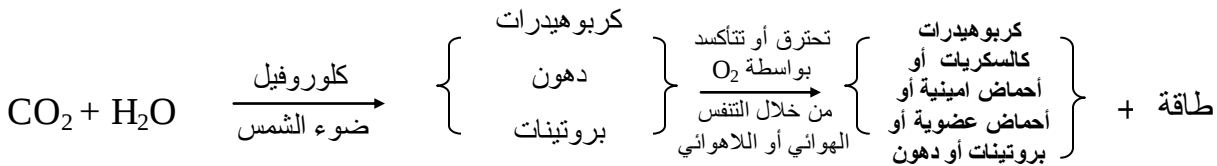
أن عملية التركيب الضوئي البنائية (الاختزالية) تؤدي إلى تكوين المواد العضوية المختلفة كالكربوهيدرات والبروتينات والدهون على حساب الطاقة الضوئية والماء (أي تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية) وهذه الطاقة الكيميائية تستغل بعملية هدمية (تأكسدية) تدعى التنفس اذ تنطلق الطاقة الكامنة من السكريات وغيرها كما في المعادلة الآتية:



أن هذه المعادلة عامة وهي محصلة لعدة تفاعلات لان التنفس هي عملية معقدة تشمل ما يأتي:

- 1- امتصاص الأوكسجين .
- 2- أكسدة الغذاء أي تحويل المادة المعقدة الداخلة في التفاعل (عادةً الكربوهيدرات) إلى مركبات أبسط منها تركيباً كثنائي اوكسيد الكربون والماء .
- 3- تحرير الطاقة .
- 4- تكوين بعض المركبات الوسيطة الضرورية للعمليات الحيوية الأخرى .
- 5- تحرير CO_2 وبخار الماء .
- 6- قلة وزن النبات كنتيجة للتأكسد .

أن التنفس عبارة عن عملية أكسدة يتم بموجبها تبادل O_2 و CO_2 مع بعضها من خلال الثغور ويتم خلالها عمليات هدم للمواد العضوية وتحرير الطاقة التي تستخدم لسد حاجة النبات للقيام بعملياته الحيوية.



ذات أوزان أكبر → ذات أوزان أصغر

قسم يخزن بشكل
مركبات غنية بالطاقة
وخاصة ATP

قسم يستخدم
في عمليات
مختلفة
لديمومة الحياة
مثل 4-1

يفقد 52 - 60%
منها إلى الجو

المحاضرة التاسعة

أهمية التنفس :

1- تحرير الطاقة الكامنة التي تستغل بمختلف العمليات الحيوية كامتصاص المغذيات وانتقالها داخل جسم النبات.

2- تكوين المركبات الحيوية الضرورية لبناء المكونات الخلوية وما يتبعها من نمو خضري وتكاثري.

3- تحرير CO_2 الذي يحافظ على دورة الكربون في الطبيعة.

س/ ما هي المواد المستخدمة كمصدر للطاقة خلال التنفس؟ سلسلها حسب درجة سهولة تقبلها من قبل النبات من الأسهل نحو الأصعب مبيناً السبب:

الجواب :

1- الكربوهيدرات (نشأ أو سكريات).

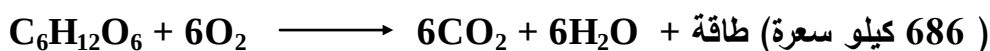
2- الأحماض العضوية (الأمينية).

3- البروتينات .

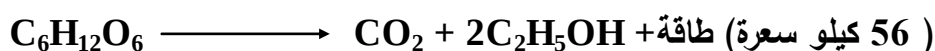
4- الدهون.

لكن عادة يستخدم النبات الكربوهيدرات والأحماض العضوية لتوفرها بكميات كبيرة في أنسجة النبات بالإضافة إلى أنها المفضلة من قبل الأنسجة النباتية كمصدر للطاقة.

أن أعلى قدر من الطاقة يمكن الحصول عليه عندما تحدث عملية التنفس بوجود الأوكسجين ويدعى التنفس في هذه الحالة بأنه هوائي (Aerobic) وتكون النواتج CO_2 والماء لحصول الاحتراق التام للمواد الداخلة في التنفس.



أما في حالة غياب الأوكسجين فيحدث التنفس بشكل لا هوائي (Anaerobic) ويمتاز بأنه أقل كفاءة من التنفس الهوائي من حيث إنتاج الطاقة كما أن نواتجه النهائية عبارة عن كحول الايثيلي + CO_2 وذلك لعدم حصول الاحتراق التام للمواد الداخلة في التنفس.



كحول ايثيلي

مراحل التفاعلات الحيوية في التنفس:

عندما يمتص النبات الأوكسجين فأن الأوكسجين يشترك في أكسدة المواد الحيوية كالسكريات إلى ثاني أوكسيد الكربون وبخار الماء مع تحرير طاقة والحقيقة أن الأكسدة لا تتم في خطوة واحدة بل خلال سلسلة من التفاعلات الفسيولوجية المنظمة المتكاملة مع بعضها ولسهولة دراسة وفهم التنفس تقسم تفاعلاته إلى مرحلتين أساسيتين هما:

المحاضرة التاسعة

أ - المرحلة غير الهوائية Anaerobic respiration

وتتكون من عدة تفاعلات حيوية لهدم السكر أو النشأ إلى مركب ثلاثي الكربون هو حامض البايروفيك Pyruvate وتمتاز هذه المرحلة بما يأتي:

- 1- عدم تطلبها للأوكسجين (على الرغم من أن عدم احتياج الأوكسجين هو غير دقيق وليس دائماً).
- 2- تحدث في الساييتوبلازم أو قد تحدث في غشاء البلازما.
- 3- يتحرر خلالها قسم قليل من الطاقة بشكل ATP (2ATP).
- 4- حدوثها بكثرة في ظروف غير ملائمة لنمو النبات.
- 5- تأكسد الكربوهيدرات خلالها يكون غير كامل.
- 6- تتضمن هذه المرحلة نوعان من التفاعلات هما:

1- التحلل السكري Glycolysis:

وهي مجموعة التفاعلات غير الهوائية المبدئية بالكلوكوز أو الفركتوز أو السكروز أو النشأ والمنتوية بتكوين حامض البايروفيك (Pyruvate).

2- التخمر الكحولي Alcoholic fermentation:

وهي مجموعة التفاعلات غير الهوائية المبدئية بالكلوكوز أو الفركتوز أو السكروز أو النشأ والمنتوية بالكحول الايثيلي و CO_2 .

ومما يذكر أن تفاعلات التحلل السكري والتخمر الكحولي تكون متشابهة باستثناء الخطوة الأخيرة فبدلاً من تكوين حامض البايروفيك Pyruvate في التحلل السكري يتكون الكحول الايثيلي وثاني اوكسيد الكربون في التخمر الكحولي (شكل 1).

أن جميع التفاعلات الكيميائية التي يتضمنها التحلل السكري أو التخمر الكحولي تحدث لا هوائياً ويمكن أن تحدث في الأنسجة النباتية التي اعتادت التنفس لا هوائياً عند تعذر دخول الأوكسجين إليها أو قلته حيث أن بطئ نفوذ الأوكسجين إلى داخل الخلايا يكون شائعاً عند المراحل الأولى من إنبات بعض أنواع البذور كبذور البازاليا والذرة الصفراء والأنواع الأخرى التي تمتلك أغلفة صلبة قوية تمنع التبادل الغازي، كما يحدث التنفس اللاهوائي في جذور النباتات النامية في الترب المشبعة بالماء حيث يقل محتوى الأوكسجين فيها وكذلك مع المحاصيل المخزونة في المخازن المبردة عند قلة الأوكسجين في هواء المخزن .

ب - المرحلة الهوائية Aerobic respiration:

وفيه يتأكسد حامض البايروفيك Pyruvate الناتج من المرحلة السابقة إلى ثاني اوكسيد الكربون والماء وتمتاز هذه المرحلة بما يأتي :

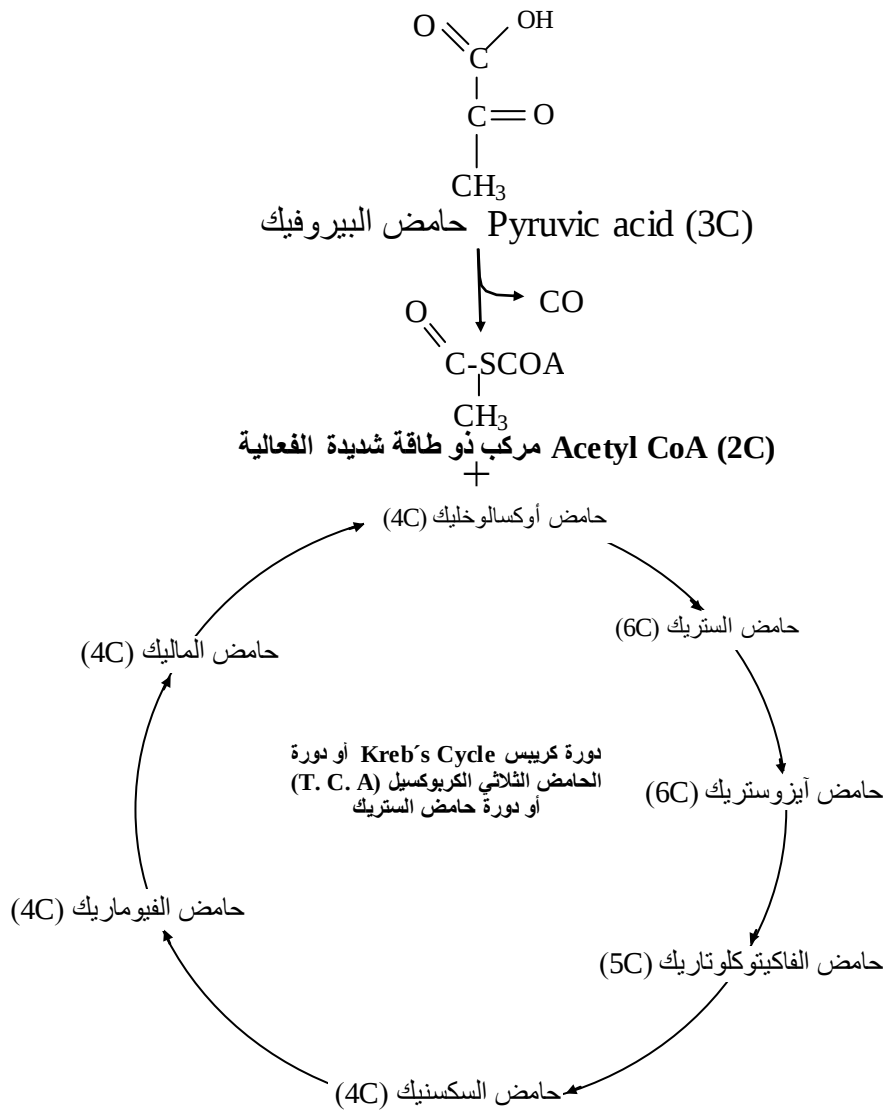
- 1- تطلبها للأوكسجين .
- 2- حدوثها في الماييتوكوندريا .
- 3- تحريرها الطاقة بشكل ATP بنسبة أكثر من السابقة (36 ATP) .
- 4- نواتجها غير سامة.
- 5- يحدث خلالها تأكسد (الكربوهيدرات أو الأحماض العضوية.....إلخ) بصورة كاملة .

المحاضرة التاسعة

تفاعل الواصله link reactions / وفيها يتهدم حامض البايروفيك Pyruvate كلياً داخل غشاء المايكوندريا الداخلي بسلسلة تفاعلات تبندئ بانتزاع مجموعة الكربوكسيل من حامض البايروفيك Pyruvate وتحويل ماتبقى من المركب إلى مركب ثنائي الكربون يسمى Acetyl CoA

دورة كريس Krebs cycle:

ثم يتحد المركب Acetyl CoA مع حامض اوكسالوخليك Oxaloacetate وهو حامض رباعي الكربون ليتكون حامض سداسي الكربون هو حامض الستريك Citrate وتتم التفاعلات بشكل دائرة مغلقة كما موضح بالشكل أدناه علماً بأن حدوث هذه الدورة يتكرر عدة مرات من أجل إنتاج المزيد من الطاقة:



دورة كريس Krebs Cycle أو دورة الحامض الثلاثي الكربوكسيل (T. C. A) أو دورة حامض الستريك

المحاضرة التاسعة

أطلق على هذه التفاعلات اسم دورة كريبس Krebs cycle نسبة إلى مكتشفها (العالم الانكليزي Krebs) غير أن Krebs نفسه يصر على تسميتها باسم دورة حامض الستريك Citric acid cycle بسبب تكون حامض الستريك Citric acid أول مركب في هذه الدورة أو يطلق عليها أيضاً اسم دورة الحامض الثلاثي الكربوكسيل Tricarboxylic acid cycle (T.C.A) بسبب احتواء الدورة على بعض الحوامض العضوية المحتوية ثلاث مجاميع كربوكسيلية.

أهمية دورة كريبس:-

- 1- في حالة عدم تحول ال Suceinyl COA الى المركب Suceinic acid فان النبات يستغل المركب الاول في تكوين المركبات الحيوية للكائنات الحية مثل صبغات Porphyrin كالكلوروفيل وال Cytochromes وال Phytochromes و Phycobilines .
- 2- ان المركب (α ketoglutaric acid) قد يتحول الى الحامض الاميني Aspartic acid وبذلك تتكون البروتينات .
- 3- مصدر لتكوين القوة الاختزالية ($NADH_2$) التي تفيد في تفاعلات بناء المواد الخلوية المهمة .
- 4- مصدر لتكوين الطاقة ATP بعملية الفسفرة التأكسدية .
- 5-

ب- سلسلة انتقال الالكترونات من المواد المختزلة إلى الأوكسجين Electron transport chain:

أن ذرات الهيدروجين الموجودة في مرافق الأنزيم $NADH_2$ أو المجموعة $FADH_2$ والناجمة من التحلل السكري glycolysis ودورة كريبس Krebs cycle لا تستطيع الاتحاد مباشرة مع الأوكسجين وتكوين الماء بل يجب أن تمر خلال سلسلة من التفاعلات قبل تكوين الماء وتسمى هذه السلسلة باسم سلسلة انتقال الالكترونات. ومن الطبيعي أن تنتقل الالكترونات من المواد ذات الطاقة الاختزالية الواطئة إلى المواد ذات الطاقة الاختزالية العالية أي العالية الألفة لكسب الالكترونات كالأوكسجين وقد تسمى هذه السلسلة من التفاعلات باسم نظام الساييتوكروم Cytochromes system لقيام بروتينات الساييتوكروم في نقل الالكترونات أو بإسم السلسلة التنفسية Respiratory chain لاشتراك الأوكسجين في اخذ الالكترونات من المركبات المختزلة.

ج- إنتاج الطاقة بعملية الفسفرة التأكسدية Oxidative phosphorylation:

وهذه العملية تصاحب عملية سلسلة انتقال الالكترونات وخلالها يتم تخزين الطاقة المتحررة من التنفس بشكل مركبات غنية بالطاقة (ATP) ومفيدة للخلايا.

أن التفاعلات الخاصة بسلسلة انتقالات الالكترونات وإنتاج الطاقة متصلة اتصالاً وثيقاً مع دورة كريبس حتى أن بعض الباحثين لا يفصلها عنها وذلك لكونها تحدث في الماييتوكوندريا وتحتاج إلى وجود الأوكسجين حالها حال دورة كريبس ويتكون خلال هذه التفاعلات حوالي 95% من مجمل ATP الناتجة أثناء مراحل التنفس الهوائي (36 ATP) ويتم تكوين ATP هذا من انتقال الالكترونات من المستقبلات الهيدروجينية $FADH_2$ $NADH + H^+$ التي تكونت أثناء عملية التحلل السكري ودورة كريبس، إذ تنتقل هذه الالكترونات الغنية بالطاقة بين مستقبلات الالكترونات ، وأثناء ذلك تتحول طاقة هذه الالكترونات إلى طاقة كيميائية بصورة ATP فعند

المحاضرة التاسعة

تأكسد NADH إلى NAD فان الالكترونات المنطلقة تفقد من الطاقة ما يكفي لتكوين ثلاث جزيئات ATP أما عند تأكسد $FADH_2$ إلى FAD يفقد مقدار من الطاقة يكفي لتكوين جزيئتين من ATP. يبلغ عدد جزيئات الـ ATP التي تتكون عند التأكسد التام لمول واحد من الجلوكوز في التنفس الهوائي إلى CO_2 و H_2O و 38ATP.

يوضح الجدول (جدول 1) الطاقة الكلية الناتجة من جزيء جلوكوز عند اكسدته اكسدة كاملة . حيث يتم انتاج عشرة جزيئات NADH وجزيئين $FADH_2$ واربعة جزيئات ATP . وعند الاخذ بالاعتبار انه ينتج 3 جزيئات ATP لكل جزيء NADH وجزيئين ATP لكل جزيء $FADH_2$ وذلك في نظام نقل الالكترونات الموجود في اغشية الماييتوكوندريا ولذلك يوجد ناتج صاف هو 38 جزيء ATP من الاكسدة الكاملة لجزيء الجلوكوز . ينتج عن دوره تحلل الجلوكوز تكوين NADP وهذه تكون 2 جزيء ATP وليست ثلاثة ولذلك فان صافي الناتج الكلي لأكسدة جزيء جلوكوز واحد هو 36 جزيء ATP فقط

الجدول (1): الناتج النهائي لأكسدة جزيء جلوكوز واحد من NADH و $FADH_2$ و ATP.

الخطوة	NADH او NADPH	$FADH_2$	ATP	صافي ATP
دورة تحلل الجلوكوز	2	صفر	2	8
تحويل البيروفيك الى Acetyl CoA	2	صفر	صفر	6
دورة كريبس	6	2	2	24
المجموع	10	2	4	38

العوامل المؤثرة على التنفس :-

- 1- التجويع : النباتات المتجوعة التي تمتلك مخزوناً منخفضاً من النشأ والسكر تتنفس بمعدل واطئ نسبياً فاذا ما قل مخزون المصادر الكربوهيدراتية المتمثلة في المواد السكرية والنشوية، فإن الخلايا النباتية تبدأ بأكسدة المواد البروتينية وتحليلها الى الحوامض الامينية والتي تتحول فيما بعد الى المركبات المكونة لدورة كريبس والتخمر واذا ما استمر نقص المواد النشوية والسكر في النبات ، تبدأ الاوراق بالاصفرار وتنتجاً معظم البروتينات والمركبات النيتروجينية داخل البلاستيدات الخضراء .

المحاضرة التاسعة

2- **درجة الحرارة:** ان للحرارة تأثيرات واضحة على معظم التفاعلات البايولوجية وخاصة تلك التي تتحكم فيها الانزيمات (ما بين درجة الصفر المئوي - 30م) فكلما ارتفعت درجة الحرارة 10 درجات مئوية يتضاعف معدل التنفس. اما بعد درجة 30 درجة مئوية فالزيادة في درجات الحرارة لها تأثيرات سلبية ومؤذية على الخلية . ففي الدرجات العالية تتحول الانزيمات الى حالة غير فعالة وبذلك ينخفض معدل التنفس .

3- **الجروح والتأثيرات الميكانيكية والمرض :** الجروح التي تحصل للنباتات غالبا ماتسبب زيادة في سرعة التنفس ولكن السبب في هذه الزيادة لم يعرف لحد الان . وحتى الحك البسيط وانحناء الاوراق لبعض النباتات يسبب زيادة التنفس ، وهذه الزيادة تتراوح ما بين 20 - 80 % . كما ان اصابة النباتات بالامراض الفطرية غالبا ماتزيد من سرعة التنفس في أو قرب المناطق المصابة .

4- **الضوء :** الضوء يزيد من سرعة التنفس من خلال تأثير الضوء على تكوين السكريات في عملية التركيب الضوئي بالاضافة الى ان الضوء يسبب زيادة في تكوين حامض الكلايكول في البلاستيدات الخضراء . ان التأكسد السريع لهذا المركب يؤدي الى تحرير CO₂ وامتصاص الاوكسجين .

5- **المحتوى المائي للخلية :** تحت ظروف قلة الرطوبة تنخفض عملية التنفس وبعض الفعاليات الحيوية الاخرى الى الحد الادنى ولكنها تستهلك كمية قليلة من O₂ وتحرر كمية قليلة من CO₂ وكمية صغيرة من الطاقة . ان الطاقة المتحررة تكون ضرورية للبقاء على حيوية البروتوبلازم لخلايا البذرة هذا مايحدث مع البذور الجافة لكن بمجرد اضافة كمية قليلة من الماء الى البذور تحدث عملية التشرب وتنتفخ البذور ويزداد معدل التنفس في خلاياها بصورة سريعة .

6- **الاوكسجين المتوفر :** يؤثر الاوكسجين بشكل كبير على المرحلتين الاخيرتين من مراحل التنفس وهي التي يحدث خلالها تكون 95 % تقريبا من ال ATP بالاضافة الى تأثير قلة أو عدم وجود ال O₂ والذي يؤدي الى تواجه النسيج النباتي للقيام بعملية التخمر والتي يكون مردودها اقل بكثير من التنفس الهوائي .

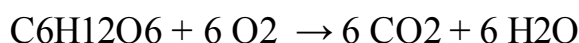
معامل التنفس The Respiration Quotient (R.Q) :-

ويمثل النسبة ما بين حجم الاوكسجين المستهلك من قبل الخلية وثاني أكسيد الكربون المتحرر منها خلال عملية التنفس . ويفيد في معرفة نوعية المواد الغذائية المخزنة في الانسجة النباتية المختلفة.

$$R.Q = CO_2 / O_2$$

لقد درس معامل التنفس في كثير من الخلايا والانسجة الحية النباتية ففي البذور الغنية

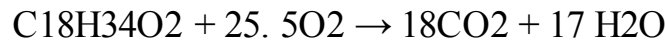
بالكاربوهيدرات لحبوب الحنطة والشعير يلاحظ ان R . Q . تعادل الواحد



$$R.Q = 6CO_2 / 6O_2$$

المحاضرة التاسعة

اما الانسجة الغنية بالدهون كبذور السمسم والكتان فإن R . Q يكون اقل من الواحد لان المواد التي تخزن البذور مختزلة الدهون.



$$R. Q = 0.71$$

س/ ما هي المركبات الخازنة للطاقة التي تعمل خلال التنفس؟

- مرافقات أنزيمية تنقل الهيدروجين
- 1- NADH : مختزل نيكوتين امايد ادينين ثنائي النيوكلبيوتيد.
 - 2- FADH : مختزل فلافين ادينين ثنائي النيوكلبيوتيد .
 - 3- GTP : كوانوسين ثلاثي الفوسفات.
 - 4- ATP : ادينوسين ثلاثي الفوسفات.
- حوامل للهيدروجين تنقل الهيدروجين

علماً بأنه تتحول جميع المركبات أعلاه عند تخزينها في الخلية النباتية إلى ATP لأنه الشكل الفعال في الخلية. بالإضافة إلى ما سبق فإن الفسفرة التأكسدية التي تحدث خلال التنفس تختلف عن عملية الفسفرة

الضوئية (Photophosphorylation) التي تحدث خلال عملية التركيب الضوئي في النقاط التالية:

ت	الفسفرة التأكسدية	ت	الفسفرة الضوئية
1	تحدث في المايكوكوندريا	1	تحدث أغشية الكرانا grana للكلوروبلاست (البلاستيدة الخضراء).
2	تحدث ليلاً ونهاراً	2	تحدث في النهار فقط
3	مصدر الإلكترونات هو المواد المختزلة ويتكون فيها الماء	3	مصدر الإلكترونات هو الماء ولذا تستهلك الماء

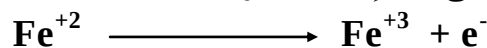
ملاحظات عامة عن التنفس :

التنفس = عمليات أكسدة + عمليات اختزال (أي أنه أي عملية أكسدة يقابلها عملية اختزال).

الأكسدة : تعني إزالة أو فقدان الإلكترونات من المركب ، وهي تلازم أو ترافق إزالة الهيدروجين فمثلاً عند تأكسد NAD إلى NADH فان الإلكترونات المنطلقة تفقد من الطاقة ما يكفي لتكوين ثلاث جزيئات ATP ، أما عند تأكسد FAD₂ إلى FAD يفقد مقدار من الطاقة يكفي لتكوين جزيئين من ATP .

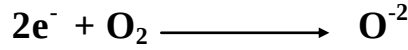
الاختزال : تعني إضافة الكترونات للمركب وتكون هذه العملية مرتبطة بإضافة الهيدروجين .

تفهم عملية الأكسدة Oxydation على أنها إعطاء الكترونات



المحاضرة التاسعة

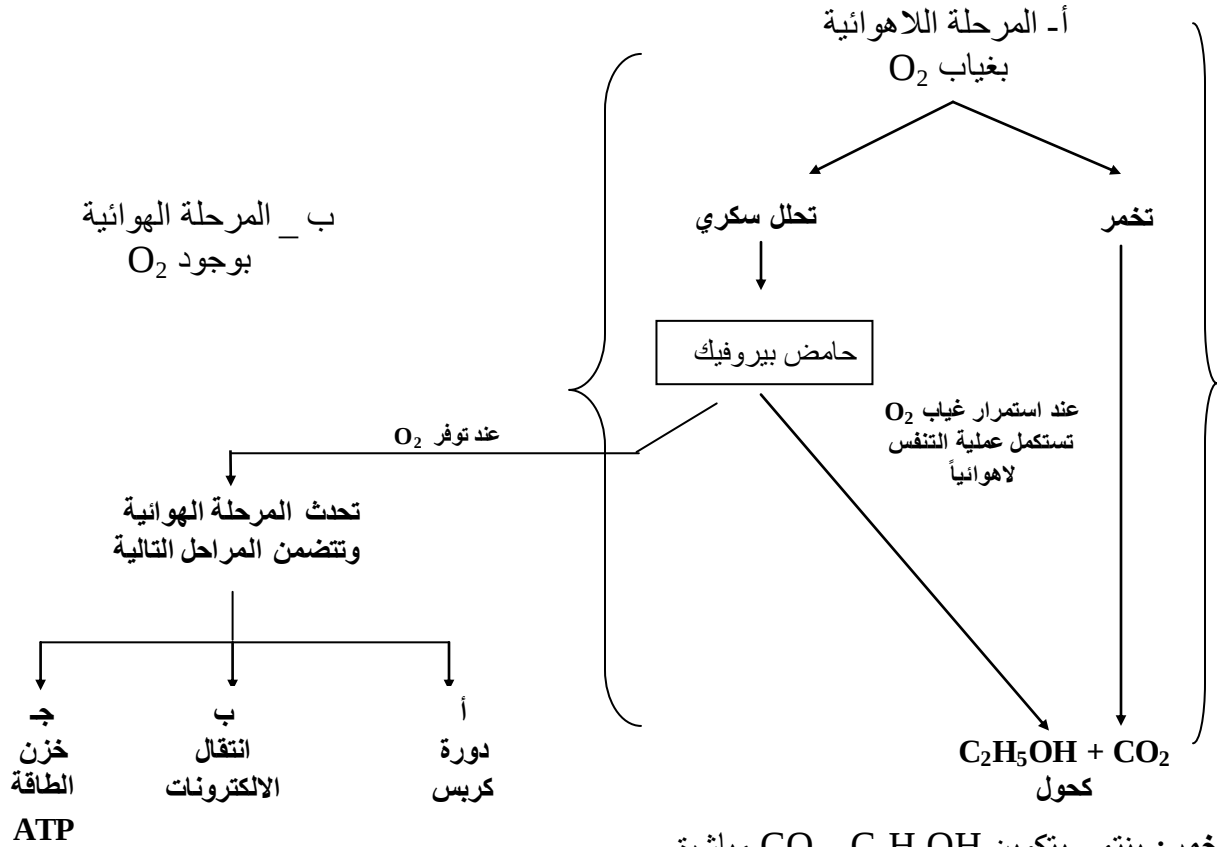
وعملية الاختزال على أنها اخذ أو امتصاص للإلكترونات.



ويجب توفر مستقبل ACCEPTER لمعطي (مانح) الإلكترونات وهذا ما يعني أن كل أكسدة تشترط حدوث اختزال في نفس الوقت.

شكل (1): يوضح ميكانيكية التنفس الهوائي

التنفس الهوائي يتكون من مرحلتين هما: لا هوائية + هوائية



التخمير: ينتهي بتكوين $CO_2 + C_2H_5OH$ مباشرة .

التحلل السكري: ينتهي بتكوين $CO_2 + C_2H_5OH$ أيضاً وذلك في حالة استمرار غياب O_2 ولكن بشكل غير مباشر وذلك بعد المرور بمرحلة وسطية يتكون خلالها حامض البايروفيك.

FAD	Flavine adenine dinucleotide (oxidized form)
FADH ₂	Flavine adenine dinucleotide (reduced form)
NAD ⁺	Nicotine amide adenine dinucleotide (oxidized form)
NADH	Nicotine amide adenine dinucleotide (reduced form)
NADP ⁺	Nicotine amide adenine dinucleotide phosphate (oxidized form)
NADPH	Nicotine amide adenine dinucleotide phosphate (reduced form)

المحاضرة التاسعة

س/ علل/ (ناقش) لا يمكن اعتبار التنفس معكوس التركيب الضوئي للأسباب الآتية:

- ج {
- 1- أن موقع التفاعلات مختلفة بالنسبة للثنتين .
 - 2- أن مواد التفاعل هي مختلفة بالنسبة للثنتين .

مقارنة بين التنفس والتركيب الضوئي

التركيب الضوئي	التنفس	ت
يتحرر O_2	يستهلك O_2	1
يستهلك CO_2	يتحرر CO_2	2
تحدث العملية بوجود الضوء فقط	تحدث العملية ليلاً ونهاراً	3
الضوء ضروري للعملية	الضوء غير ضروري للعملية	4
أثناء التركيب الضوئي تتحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة	أثناء التنفس تتحول الطاقة الكيميائية الكامنة إلى طاقة حركية	5
المواد الأولية للتفاعل هي CO_2 والماء	المواد الأولية للتفاعل هي الكلوكوز والأوكسجين	6
الكلوروفيل ضروري	الكلوروفيل غير ضروري	7
يحدث في الكلوروبلاست (البلاستيدات الخضراء)	يحدث في الساييتوبلازم والميتوكوندريا	8
تمتص طاقة	تحرر طاقة	9
تسبب زيادة وزن النبات	تسبب قلة وزن النبات	10
عملية بنائية	عملية هدمية	11
تحدث فيها عملية إضافة CO_2 (carboxylation)	تحدث فيها عملية نزع CO_2 decarboxylation	12
تتطلب الماء	يخرج منها الماء	13
أثناء تكون مول واحد من الكلوكوز تتطلب 18 مول ATP	أثناء هدم مول واحد من الكلوكوز يتحرر 38 مول ATP	14

النمو والتكشاف : Growth and Development

مقدمة :

يعتبر النمو من اهم المميزات البارزة في الكائنات الحية , ومن اهم صفات النشاط الفسيولوجي ومن الظواهر الطبيعية فيها . وهو الزيادة في حجم الكائن الحي وتكوين اعضاء جديدة للنبات والتغير في شكله اثناء دورة حياته .

ان العالم سيواجه في السنين القليلة القادمة زيادة هائلة في عدد السكان وهذا يتطلب ادخال العلوم والتكنولوجيا الحديثة في تنمية وزراعة النبات والتحكم في نموه وقد نجح الكثير إلى حد ما في هذا المجال الا انه يتطلب المزيد من الجهد والتقصي لتحسين نمو وانتاج النبات لسد الحاجة المتزايدة على الغذاء خاصة ان المنتجات النباتية ستصبح بديلة عن الحيوانية لأن الاخيرة لا تفي الزيادة في متطلبات العدد السكاني المرتقب فيما اذا استمرت الموارد الغذائية على هذا النمط وعليه فقد اهتم فريق من علماء فسيولوجيا النبات بدراسة النمو في النبات والعوامل الداخلية والخارجية التي تتحكم فيه واطلق على هذا الحقل من الدراسات ومجموعة الاعمال الاخرى المتناسقة والمتعلقة بالنمو باسم فسلجه النمو Physiology of plant growth .

ومن الجدير بالذكر ان النبات النامي يمر اثناء دورة حياته بسلسلة متصلة من العمليات الحيوية والفسيولوجية المعقدة والتي ترافقها العديد من الثغرات الفيزيائية والكيميائية تؤدي إلى تكوين خلايا واطفاء جديدة .

ولقد قام العلماء بالتفرق عادة بين النمو Growth والكشف او التطور Development ولو ان البعض يجد صعوبة وتداخلاً في ايجاد المفهوم المميز لظاهرة النمو .

فالتكشاف هو : التغير في شكل الكائن الحي او صورة او درجة تنوعه او تعقيد تركيبه .

والنمو هو : تقدير كمي لما يريده النبات او الكائن الحي او مجموعة من الكائنات الحية من مواد بروتينية او كاربوهيدراتية او دهنية او زيادة في وحداته طولية كانت او عرضية خلال فترة زمنية محددة .

وبما ان النمو هو من اكثر العمليات الفسيولوجية تعقيداً , فهو اذن لا يخضع لتعريف دقيق لانه بحد ذاته عملية معقدة ويتم بطريقة ثابتة ومحكمة وبتوافق دقيق في كل خطواته لذلك اطلق بعض علماء علوم الحياة عدة تعاريف ومفاهيم للنمو (Salisbury & Ross , 1969) . فمنهم

من عرف النمو بأنه التضاعف في كمية الساييتوبلازم , أي تضاعف ذاتي للمادة الحية في الخلية والبعض الآخر اطلق على النمو " بأنه الزيادة الدائمة في حجم الخلايا " والتعريف الثالث " بأن النمو هو الزيادة في الوزن الجاف للكائن الحي " في حين عرف فريق رابع " بأنه تضاعف عدد الخلايا الكائن الحي او العضو النامي , اي زيادة في انقسام الخلايا وحجمها .

عوامل وأنواع النمو

يتم النمو بضوابط ودقة متناهية تتحكم فيها ضوابط وعوامل داخلية ومن ضمنها العوامل الوراثية فشكل الاوراق البالغة مثلاً يكون ثابت في كل صنف من النبات , وتخرج الازهار على السيقان وليس على الجذور مما يؤكد دقة وضوابط عمليات النمو والتي غالباً ما تكون حساسة إلى عوامل البيئة المحيطة .

والنمو اما ان يكون محدد (Determinate Growth) اي ان النبات ينمو بحجم معين ثم تتوقف عمليات النمو واخيراً يصل إلى الكبر aging فالشيخوخة فالموت فنمو الاوراق والازهار والثمار هي خير مثال على النمو المحدود والغالبية العظمى من الحيوانات تنمو على هذا النمط .

اما النمو غير المحدود (Indeterminate Growth) فهو يتمثل بنمو الجذور والسوق لأن نمو مثل هذه الاعضاء يتم بواسطة المرستيمات التي تزود نفسها باستمرار بخلايا جديدة فتبقى فنية مثل النبات الصنوبري المسمى بذنب الثعلب (Foxtail pine) ينمو حتى عمر 4000 سنة بعدها ممكن ان تؤخذ منه عقل Cuttings لتنمو واعطاء شجرة جديدة وهكذا .

انواع النمو :

1 - النمو المتناثر Diffuse Growth : وهو مايشاهد في تكوين الثغور والسلاميات في السوق . حيث يكون النمو غير منتظم نتيجة لحدوثه في بعض المواضع وقد يحدث هذا النوع في اوراق بعض النباتات خاصة العشبية نتيجة لوجود المرستيم البيئي .

2 - النمو الشاذ Anomalous Growth : يحدث في بعض النباتات الوعائية بما في ذلك السرخسيات وعاريات البذور ومغطاة البذور وفي ذوات الفلقتين ويحدث النمو الشاذ في هذه النباتات اما نتيجة لتكوين الكامبيوم الوعائي في مواقع غير طبيعية بحيث ينشأ من ذلك توزيع

الانسجة الوعائية بطريقة شاذة , او في بعض نباتات ذوات الفلقة التي ينعدم فيها النمو الثانوي الا ان بعضها يظهر نمو ثانوي خاص يمثل نمواً شاذاً .

3 - النمو المنتظم : لا يحدث دائماً بل يحدث من قطع بعض الاجزاء النباتية او نتيجة للسطوح النباتية المجروحة .

4 - النمو الترابطي Correlative Growth : وهو ما يطلق على تأثير احد أعضاء النبات على نمو عضو او اعضاء اخرى في نفس النبات مثل التحكم في تمايز Differentiation بعض الانسجة كالخشب والكامبيوم , وتمايز الجذور والبراعم وظاهرة السيادة القمية والانتحاءات وظاهرة سقوط الاعضاء .

كذلك تعطل النمو الخضري لكثير من النباتات اثناء فترة الازهار وفترة الثمار . كذلك تأثر المجموع الجذري بعملية البناء الضوئي التي تجري في الاوراق .

5 - التمايز او النمو التمايز Differentiation or Differential Growth : وهي التغيرات التي تطرأ على شكل أو هيئة الخلية او الكائن الحي ككل , او تحدث تغيرات وعمليات حيوية في الخلية او النسيج او الكائن الحي متميز إلى خلايا وأنسجة وأعضاء وان للعوامل الوراثية وخاصة DNA الموجود بوفرة في نواة , ومايتوكوندريا وبلاستيدات كل خلية دور كبير في نمو وتكشف وتمايز الخلية او الكائنات الحية بصورة عامة وعادة ما يتبع التمايز عملية انقسام الخلايا ويمكن مشاهدة ذلك بسهولة في المزارع النسيجية للكالس Callus Culture .

منحنيات النمو Growth Curves

يعبر عن النمو اما زيادة طول النبات او الزيادة في الوزن الطري والوزن الجاف . وعند التعبير عن معدل النمو في صورة منحنى يمثل التغير في النمو الكلي (التراكمي) مع الزمن فان هذا المنحنى يتخذ شكلاً يشبه الحرف الانكليزي S المائل ويسمى بالمنحنى السكمويدي Sigmoid Curve والمنحنى السكمويدي للكائن الحي بأكمله ما هو الا محصلة منحنيات سكمويدية لأعضائه المختلفة وقسم النمو السكمويدي ثلاثة مراحل هي :-

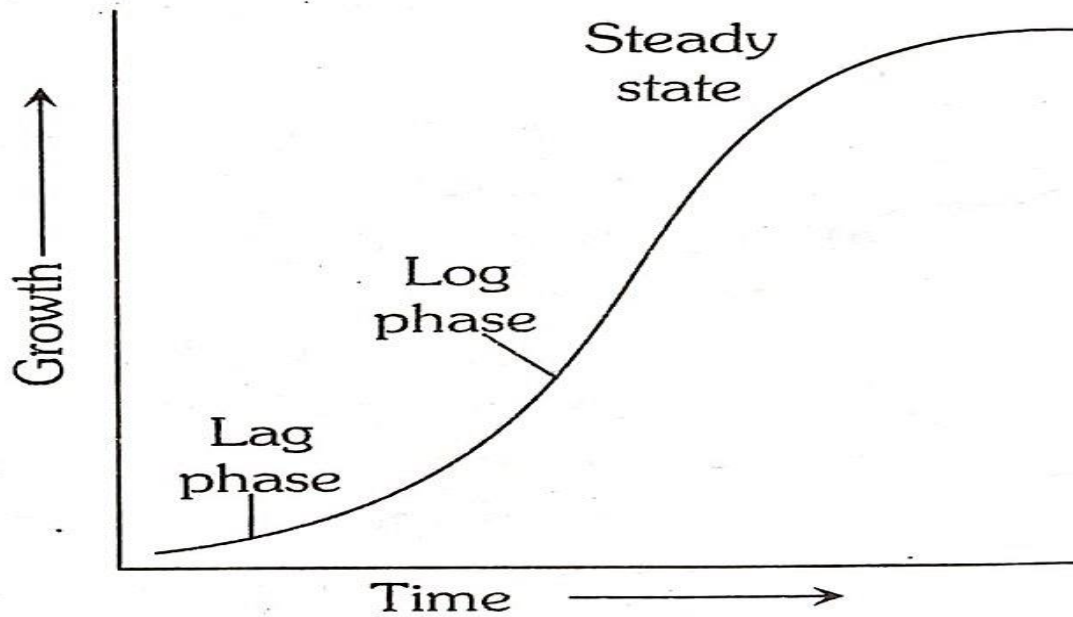
1 - يكون معدل النمو بطيئاً في المرحلة الاولى .

2 - يسرع النمو في الفترة الثانية حتى يصل اقصاه .

3 - يأخذ بالنقصان او يتلاشى نهائياً وعند ذلك يتوقف النمو ويحدث الموت .

وإذا استخدم الوزن الجاف كأحد التعابير عن معدل النمو لبذرة في طور الانبات فان المنحنى السكمويدي يظهر تناقص في الوزن الجاف للنبات بسبب كون معدل التنفس عالياً ولا يكون معدل البناء الضوئي قد بلغ قيمة محسوسة , بعد ذلك تأتي فترة النمو الكبرى , ففي هذه الفترة تزداد مساحة الورقة بشكل سريع مما يؤدي إلى الزيادة في عملية البناء الضوئي التي ينتج عنها زيادة في الوزن الجاف للنبات كله . واخيراً تقل الكفاءة الفسيولوجية للأوراق والتي ينتج عنها انخفاض في المقدرة النباتية وتنتقل معظم الاغذية المجهزة إلى البذور والثمار الناشئة خلال هذه الفترة مما يفسر انخفاض النمو الخضري للنبات كله ويصبح انتاج الاوراق الفتية اقل مما يكفي لتعويض الانخفاض في عملية البناء الضوئي في الاوراق المسنة ثم يدخل النبات في طور الشيخوخة .

عند دخول النبات طور الشيخوخة يفقد في وزنه الجاف ثانية . ولهذا فكلما اقترب الكائن من حجمه النهائي فان معدل نموه لا بد من ان يتناقص . اما ان يصبح الحجم النهائي للكائن الحي محدد يفسر ذلك بسبب استفادة بعض المغذيات الضرورية او ربما بسبب تراكم نواتج التحول الغذائي معوقة للنمو او النشاط بعض الانزيمات او الهرمونات وغيرها .



اماكن (مواقع) النمو Location or Sites of Growth

نموات مرستيمية في مواقع او مناطق مختلفة من الساق والجذور والاعضاء الاخرى وكذلك في المرستيمات البينية (Intercalary Meristem) في قواعد اوراق وسلاميات نباتات ذوات الفلقة الواحدة .

في ذوات الفلقتين وعاريات البذور نتيجة لنشاط مرستيمات وعائية وفيلينية حيث تضيف نمو قطري .

ومن الجدير بالذكر ان النباتات غير محدودة النمو لا يمكن تقسيم حياتها إلى مراحل بينما تلك المحدودة النمو يمكن تقسيم حياتها إلى مراحل .

حركات النمو Growth Movement

تحتوي الخلية 80 – 90% ماء ولهذا يعتبر امتصاص الماء من اهم عمليات النمو فيها لأنه يعمل على انتفاخها مما يزيد من حجمها ويؤثر في تمددها ويرافق الزيادة في حجم الخلية في اغلب الاحيان اثناء وبعد الانقسام بناء مواد ذات اهمية كالأحماض الامينية و النووية والمواد الدهنية والسكرية واملاح بمعدل يوازي تقريباً معدل الزيادة في الحجم حيث تساهم هذه المواد بدورها في بناء جدار الخلية والبروتوبلازم علاوة على توليد الطاقة اللازمة للعمليات الحيوية المختلفة .

حركات النمو Growth Movement

من مظاهر النمو الاخرى والتي تحدث في النباتات هي الحركة الموضعية للأعضاء او الحركة عموماً في النبات وتسمى بحركات النمو واكثرها وضوحاً في النباتات الاولى كالبكتريا وبعض انواع الطحالب مثل الكلاميدوموناس ومن امثلة الحركة في النباتات الراقية تفتح الازهار في الضوء وغلقها في الظلام والتفاف وريقات بعض النباتات وانفرادها في النهار كما في نبات الترمس Lupine وتحرك نورات عباد الشمس طوال النهار لتضل متعامدة مع الشمس وذبول اوراق المستحية Minosa عند لمسها وكذلك حركة نباتات قانصة الحشرات عند تلامسها مع حشرة او مادة بروتينية وتقسم الحركة في النبات إلى :

1 - حركة ذاتية Autonomic Movement : نتيجة لنمو اجزاء معينة من النبات مثل الرايزومات والسوق الجارية Runners اما حركة بعض المحاليق فتسمى بحركة الشد Contractile Movement حيث تلتف هذه المحاليق في الهواء إلى ان تلمس جسماً صلباً فتلتف حوله .

2 - حركة تأثيرية Panasonic Movement : تحدث نتيجة لمؤثر خارجي , اما نتيجة لتركييب خاص بالنبات وتسمى Nastic Movement مثل انضمام اوراق بعض النباتات في الليل , وحركة أوراق قانصة الحشرات . أو تأثير مؤثر خارجي وتسمى بالحركة الانتحائية Tropistic Movement مثل الانتحاء الضوئي , والانتحاء الارضي , والانتحاء الافقي , والانتحاء المائي , والانتحاء الكيميائي , والانتحاء التلامسي , والانتحاء الجرحي .

3 - الحركة القطبية Polar Growth : مثل اتجاه الجذور إلى الاسفل والسيقان إلى الاعلى والسبب الانتقال القطبي للاوكسينات وبعض الهرمونات .

تأقت النمو Growth Periodicity

هو تكرار النمو بصفة منتظمة إلى حد ما تحدث فيه اختلافات منتظمة في المعدل يومياً وموسمياً ولهذا يحدث تأقت يومي في النمو مثل معدل الزيادة اليومية في طول الساق واستطالة الاوراق الفتية واتساعها واستطالة اقطار الثمار النامية وهذه الاختلافات اليومية تؤثر فيها إلى حد كبير العوامل البيئية الرئيسية مثل درجة الحرارة والعلاقات المائية والضوء .

وكذلك التأقت الموسمي في النباتات الخشبية النامية في المناطق المعتدلة حيث تكون الاستعادة الدورية للنمو في كل ربيع واضحة . والتأقت الموسمي يكون محكوماً بعوامل بيئية (خارجية) واخرى وراثية او هورمونية (داخلية) .

الشيخوخة Senescence

هي المرحلة التي تكون فيها العملية الهدمية عالية حيث تؤدي بالأخير إلى انتهاء الحياة الوظيفية للعضو النباتي بصورة عامة ولكون جميع الكائنات الحية منها النباتات تنتهي بالموت الا ان هناك في عدد كبير من النباتات يحدث الموت في بعض من اعضائه قبل ان يتم موت النبات بصورة كاملة وتبدأ مظاهر الشيخوخة بالأوراق السفلى وتسمى بالشيخوخة المتعاقبة Sequential Senescence بعكس الشيخوخة الانية Simultaneous Senescence أو

Synchronous S حيث تسقط الاوراق مرة واحدة وذلك في فصل الخريف نتيجة لتغيرات داخلية وبيئية .

النمو التكاثري Reproductiv Growth

وهي العمليات التي تتضمن بصفة عامة تكوين الازهار والثمار والبذور وفي النباتات البذرية وتتأثر بتوفر المواد الغذائية والعوامل الداخلية والتي تلعب الهرمونات النباتية دوراً رئيسياً فيها واثناء تحول المرستيم الخضري إلى مرستيم تكاثري تحدث تغيرات فسيولوجية وكيموحيوية Biochemical حيث تعتبر اكثر التغيرات الفسيولوجية والتطورية وضوحاً في حياة النبات .

قياس النمو Growth Measurement

يقدر معدل نمو النبات او اي نوع اخر من التعبير الكمي للنمو الذي يقوم به النبات خلال فترة زمنية محددة بقياس الزيادة في :

- 1 – طول بعض اعضائه كالساق او الجذر .
 - 2 – الزيادة في قطر الساق او غير من الاعضاء .
 - 3 – الزيادة في مساحة الاوراق .
 - 4 – الزيادة في حجم البذور او الثمار .
 - 5 – الزيادة في الوزن الطري او الوزن الجاف للنبات كله او لاحد اعضاؤه .
 - 6 – الزيادة في كمية البروتوبلازم او البروتين التركيبي .
 - 7 – الزيادة في عدد افراد مستعمرة من البكتريا او الخمائر او الطحالب وغيرها .
- هذا وقد استخدمت في السنين الاخيرة اجهزة متطورة ودقيقة في قياس وحساب معدلات النمو على مستوى الخلية او العضو النباتي .

