كلية الزراعة – جامعة الانبار قسم المحاصيل الحقلية

محاضرات فسلجة نبات
الجزء النظري

د. بشرى شاكر جاسم العبيدي

المحاضرة الاولى

مفردات المنهج

- نبذة تاريخية - الخلية النباتية
- العلاقات المائية للنبات – اليات امتصاص الماء –الانتشار- الازموزية - النفاذية - الجهد المائي للخلية
- صعود الماء- عصارة الخشب
- العصارة اللحائية
- النتح
- التمثيل الضوئي
- تغذية النبات
- الانزيمات
- التنفس
- نمو وتطور النبات الهرمونات النباتية

فسلجة النبات Plant Physiology

هو العلم الذي يدرس كيفية قيام النبات بوظائفه الحيوية، ويشمل فهم عمليات النمو والأيض والتكاثر. كما انه يرتبط بباقي العلوم الزراعية في تفسير تأثيرات البيئة والوراثة على وظائف وتركيب الخلايا والانسجة والاعضاء النباتية. ان الهدف من دراسة هذا العلم هو اكتشاف العمليات التي تجري اثناء حياة النبات واهميتها ودراسة الظروف المؤثرة فيها.وعلم فسلجة النبات لايكتفي بدراسة ظواهر حياة النبات دراسة وصفية بل يتعدى ذلك الى معرفة الاسباب وايجاد التحليالت لها.وعند معرفة طبيعة العمليات الفسلجية واهميتها وتاثيرها على النبات يصبح من السهولة التحكم بها وبالتالي التحكم بنمو النبات.

يعود تاريخ هذا العلم الى تاريخ اكتشاف الخلية النباتية الذي يعود للباحث Robert Hooke عام 1665، وفي القرن التاسع عشر درست عملية امتصاص وانتقال المواد الأولية والماء في النبات، وفي عام 1894 بين Dixon و Joly نظرية الشد المتماسك ودور النتح في صعود الماء والمذابات الى قمة النبات، ووصف Hartig عام 1837 الأنسجة اللحائية من الناحية التشريحية والفسيولوجية، وشخص Wilhelm عام 1880 الخلايا المرافقة و دورها الفسيولوجي في النقل اللحائي، واكتشف العالم Kreb تفاعلات التنفس الهوائي داخل المايتوكوندريا عام 1947، اما عملية البناء الضوئي ودور الضوء والصبغات فقد ابتدأ البحث منذُ بدايات القرن الثامن عشر ولازال مستمراً لحد اليوم، لاحظ Priestly عام 1771 تحرر الأوكسجين من النباتات، و درس Engelmann عام 1888 دور اليخضور Chlorophyll في عملية البناء الضوئي، واكتشف Blackman عام 1905 تفاعلات الضوء والظلام، وغيرهم من الباحثين الذين اسهموا في كشف الكثير من الحقائق العلمية في مجال علم فسيولوجيا النبات لحد الأن.

الخلية النباتية
وصفها ، تركيبها ، انقسامها ، وظيفتها

الخلية النباتية الاولية تتركب من جدار خلوى يحيط بمساحة داخلية تحتوى على البروتوبلازم والذى يحتوى على السيتوبلازم والنواة وهما يكونان ما يعرف بالبروتوبلاست .

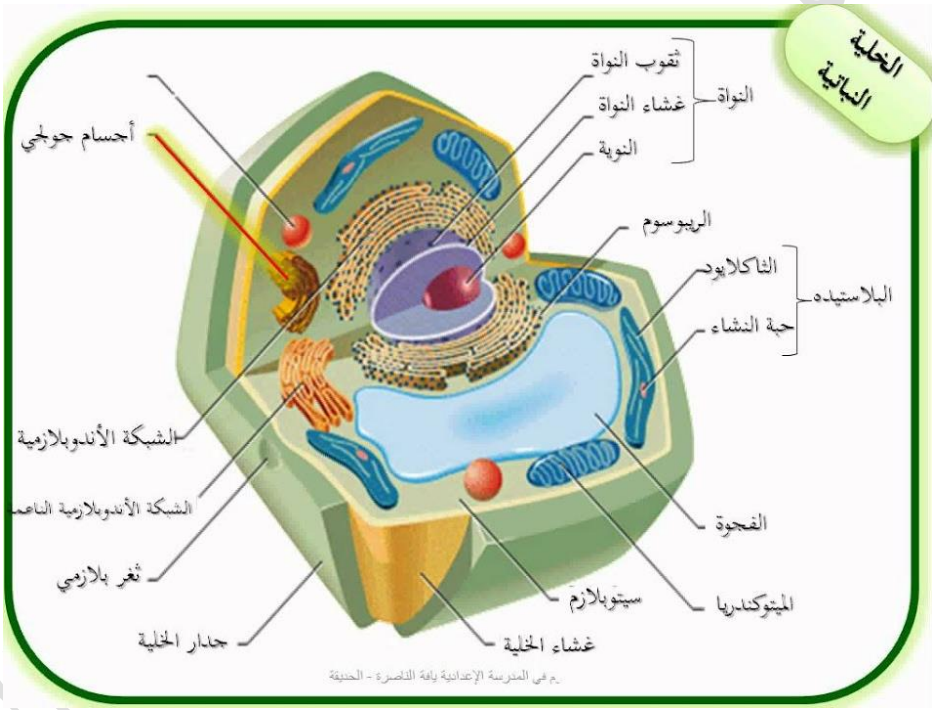
يحيط السيتوبلازم غشاء يعرف بالغشاء البلازمى كما تحاط النواة بغشاء معقد يعرف بالغشاء النووى ويوجد داخل السيتوبلازم العضيات السيتوبلازمية والتى تتضمن الميتوكوندريا والبلاستيدات والريبوزومات والانبيبات الدقيقة والجسيمات الدقيقة .

على الرغم من وجود مواد ذائبة كثيرة فى البروتوبلازم الا ان البروتوبلازم ذو طبيعة غروية ويتميز بخصائص المواد الغروية وترجع الطبيعة الغروية للبروتوبلازم الى وجود البروتينات .والبروتينات المنتثرة فى البروتوبلازم تساعد على وجود الظروف الضرورية والملائمة للادمصاص والحركة الكيميائية ومن ثم التفاعلات اللازمة للحياة ،وعلى ذلك يعتبر النظام الغروى اساسى لمظاهر المادة الحية . كما توجد فى السيتوبلازم الفجوات وهى عبارة عن مساحة محاطة بغشاء مملوءة بسائل مائى يعرف بالعصير الخلوى وتوجد الفجوات مبعثرة فى السيتوبلازم فى الخلايا النباتية حديثة السن بينما فى الخلايا النباتية كبيرة الحجم البالغة فأن الفجوة تتميز بكبر حجمها ووجودها فى مركز

الخلية. ويحتوى العصير الخلوى على مواد كيماوية ذائبة والتى تتضمن السكريات والأملاح والصبغات ونفايات نواتج عملية التمثيل الغذائي (الايض) وحتى البلورات.

أجهزة جولجى : Golgi Apparatus

تتشابه أغشية أجسام جولجى الى حد ما مع الشبكة الاندوبلازمية ، واجهزة جولجى لم تعزل بحالة نقية حتى الآن ،وعلى ذلك كل من اجسام جولجى والشبكة الاندوبلازمية تلعبان دوراً هاماً فى تكوين الجدار الخلوى للخليه .

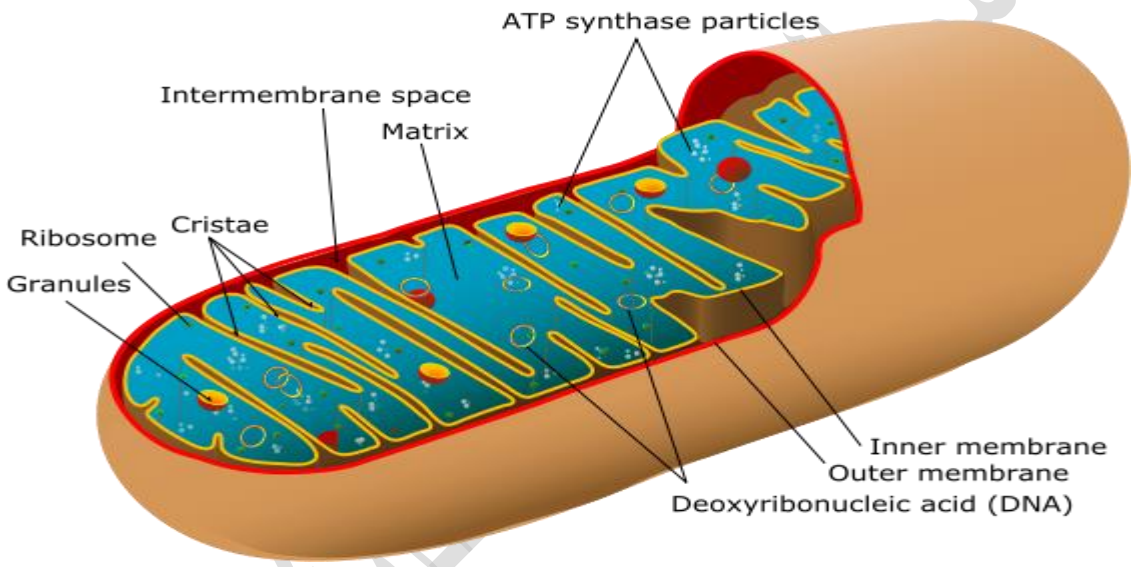


الشكل (1) تركيب الخلية النباتية

الميتوكندريا : Mitochondria

وهى اجسام متعددة الاشكال والصور ، تبرز منها العديد من الزوائد (الثنيات او الطيات) من الغشاء الداخلى بعمق الحشوة ، وبعض هذه الزوائد من الاستطالة بمكان بحيث أنها تعبر كاملة الجسم الداخلى للمتوكندريا ،وتظهر تلك الزوائد كما لوكانت متصلة بالغشاء الداخلى المتقابل ، وتسمى تلك الزوائد البارزة للغشاء الداخلى مجتمعة بالكريستا (الازرع البارزة) . وتتكون المتوكوندريا من الفسفوليبيدات والحمضين النوويين DNA, RNA وإنزيمات دورة كربس ، ومركبات مختلفة من نواتج التفاعلات الانزيمية والسيتوكرومات ، ومكونات اخرى لنظام نقل الالكترونات . وتختص

المتوكوندريا بإنتاج الطاقة المستخدمة فى الخلية ، لذلك فعندما تكون الخلية نشطة فإن الميتوكندريا تكون كثيفة ، ومثال ذلك فأن الخلايا المريستيمية تسود فيها الميتوكندريا . ونستطيع تفسير معنى ان الميتوكوندريا تمد الخلايا بالطاقة فى انه عند تحلل الدهون والكربوهيدرات فى السيتوبلازم فإن المنتجات الناتجة تتأكسد مع تحرر ثانى اكسيد الكربون ،والماء والطاقة ، وفى الميتوكونريا تختزن الطاقة المنفردة فى صورة روابط فوسفاتية غنية بالطاقة اكثرها أهمية مركب الادينين ثلاثى الفوسفات ATP ، وتفيد تخزين الطاقة فى هذا المركب الى إمكانية انفرادها واستهلاكها بسهولة لكى تدخل فى تفاعلات الخلية المستهلكة للطاقة .



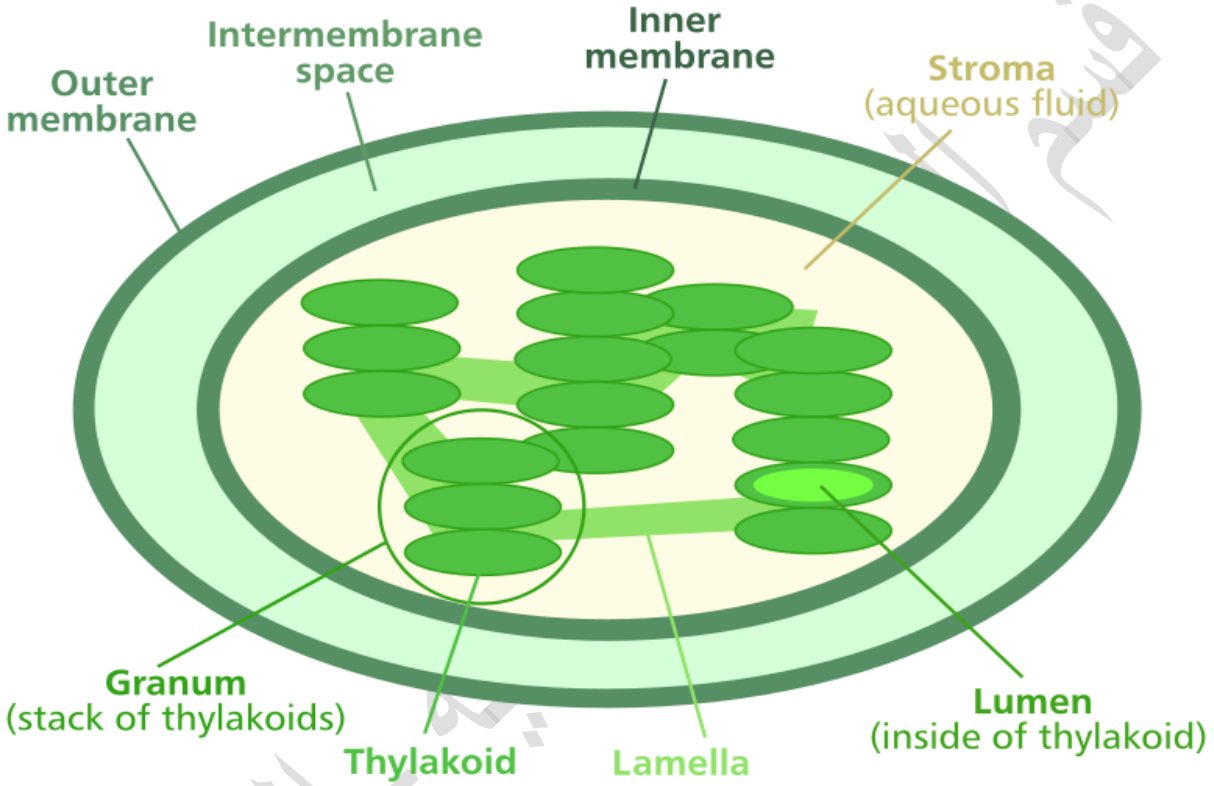
الشكل (2) تركيب المايتوكوندريا

البلاستيدات: Plastids

هى عبارة عن أغشية من العضيات الخلوية المميزة للنباتات وهى عامة مستديرة أو بيضاوية أو أجسام قرصية الشكل وتتعدد البلاستيدات الى بلاستيدات اولية ، وبلاستيدات عديمة اللون ، والبلاستيدات النشوية ،والبلاستيدات الخضراء ،البلاستيدات الملونة والبلاستيدات الأولية تنمو وتتحول الى بلاستيدات عديمة اللون خالية من الصبغة اى لا يوجد بها كلورفيل والكاروتينات وتوجد فى خلايا اعضاء معينة من النباتات ،وهى تلعب دوراً هاماً فى تمثيل النشا ،كما هو الحال فى خلايا البطاطس وأندوسبرم حبوب الذرة فهى تسمى البلاستيدات النشوية ، اما البلاستيدات عديمة اللون التى تنتج البروتينات ، والزيوت ، ومواد اخرى يمكنها ان تتطور وتصبح بلاستيدات خضراء عند تعرضها للضوء. والبلاستيدات الملونة هى تلك البلاستيدات التى تحتوى على الصبغات الكاروتينية فقط .وهى مسئولة عن تلون اوراق الاشجار اثناء الخريف والازهار والثمار ،واثناء نضج الثمرة أو

قشرة الثمرة ، وعلى سبيل المثال فإن كلوروفيل البلاستيدات الخضراء يفقد بينما تتراكم الكاروتينات لتكوين البلاستيدات الملونة ، والمثل المألوف والمعتاد على ذلك هو تحول البلاستيدات الخضراء فى ثمرة الطماطم إلى اللون الأحمر .

والبلاستيدات الخضراء هى اهم البلاستيدات نظراً لأنها تعضد الحياة كلها وذلك لوظيفتها فى تجميع الطاقة الضوئية وتحولها الى طاقة كيماوية أثناء عملية التمثيل الضوئي . وتوجد أغشية أخرى في البلاستيدات الخضراء تكون كومات وهى عبارة عن اكياس مفلطحة تسمى الجرانا .



الشكل (3) تركيب البلاستيدات الخضراء

الريبوزومات: Ribosomes

وهى اما توجد مصاحبة للشبكة الاندوبلازمية او حرة فى السيتوبلازم او فى الميتوكوندريا او البلاستيدات كجزيئات تحت الميكروسكوب . وتوجد الريبوزومات اما مصاحبة للشبكة الاندوبلازمية او توجد فى صورة عنقودية عادتاً او تتلاحم فى الشكل السبحى وهى الاماكن النشطة فى تمثيل البيتيدات ،ونادراً إن لم يكن من المستحيل ان تقوم الريبوزومات بمفردها بتخليق البروتين فى الخلايا الحية .

الفجوات Vacuoles

توجد الفجوات فى الخلايا الحديثة غير الناضجة كتلك التى توجد فى الخلايا المريستيمية ،فأن الخلية تمتلىء عامة بالسيتوبلازم الكثيف . وتوجد فى هذا السيتوبلازم العديد من الفجوات الصغيرة المبعثرة تلك التى تظهر تحت الميكروسكوب كقطيرات صغيرة صافية وبكبر الخلية ونضجها تتلاحم هذه الفجوات الصغيرة لتكون فجوة كبيرة تتوسط الخلية حيث تحتل فى الغالب 90 % من الحجم الكامل للخلية وعندما تحتل الفجوة وسط الخلية يندفع السيتوبلازم ملاصقاً لجدار الخلية ويشكل طبقة رقيقة تحيط بالفجوة .وهو غشاء فردى يعرف بالتونوبلاست (اى الغشاء الفجوى او الداخلى) . ومن خواص هذا الغشاء انة إختيارى النفاذية الاانة يحيط بمحلول بة العديد من المواد التي تعرف مجتمعة بالعصير الخلوى .

ومن الوظائف الهامة للفجوة هى :

1. استمرارية ضغط الامتلاء الهام للتركيب الدعامى والتحكم فى حركة الماء .
2. تخزين المواد الأساسية اللازمة للنشاط الايضى الخلوى .
3. تراكم كل من المنتجات الايضية الخلوية الثانوية والمركبات الدفاعية الخلوية والمواد السامة ، وعلى ذلك يحتوى العصير الخلوى على المواد السكرية والاحماض العضوية والاملاح المعدنية والغازات والصبغات (الانثوثيانينات) والقلويدات والدهون والزيوت والتانينات وفى بعض الاحيان البلورات على سبيل المثال بلورات الكالسيوم .

وعلى ذلك فإن العصارة الخلوية حامضية الا ان ال pH للعصارة الخلوية يترواح بين 1,0الى 7,0 وهذا المدى الواسع يعتمد على المكونات الموجودة بالفجوة وعلى ذلك فإن العصير الخلوى معقد الدراسة السيتولوجية والكيموحيوية وذلك لان المركبات الذائبة فى الفجوات العصارية وإنخفاض ال pH تتداخل مع التحليلات الإنزيمية والمنتجات المستخلصة .

الانبيبات الدقيقة : Microtubules

الاجسام الدقيقة : Microbodies

الجليوكسيزومات : Glyoxysomes

البيروكسيزومات : Peroxisomes

الاسفيروزومات : Spherosomes

النواة : Nucleus

لقد اجتذبت النواة إهتمام وفضول كثير من العلماء والباحثين وكان هذا الأهتمام ينصب على حقيقة دورها المؤثر والمتحكم فى التوريث والنشاط الخلوى فالنواة تتحكم او تدير تمثيل جميع البروتينات التى تتضمن الإنزيمات التى تساعد على معظم ان لم يكن جميع التفاعلات الايضية فى

الخلية . والنواة فى الخلية غير الناضجة عبارة عن جسم كروى مطمورة فى سيتوبلازم الخلية . وفى الخلية الناضجة تسكن النواة بصفة عامة إحدى جوانب الخلية حيث تدفع الى جوار الجدار الخلوى بتأثير التكوين الخلوى . وتحاط النواة بغشاء مزدوج يعرف بالغلاف النووى والدراسات الميكروسكوبية الدقيقة بأستخدام الميكروسكوب الالكترونى أوضحت ان الغلاف النووى لة صورتين هامتين جداً فى تركيب الغلاف النووى حيث ان هذا الغلاف مستمر مع الشبكة الاندوبلازمية كما ان الغلاف النووى يحتوى على ثقوب . ويظهر ارتباط مباشر بين السيتوبلازم والعصير الخلوى .

الوظيفة :

الخلية هى الوحدة الاساسية للحياه وفى النباتات والحيوانات وحيدة الخلية تعتبر الخلية كائن حى كامل ، وفى الكائنات الراقية عديدة الخلايا تجميع عدد من الخلايا المختلفة وترتيبها يحدد شكل وحجم الكائن المكونة له هذه الخلايا . فعلى سبيل المثال فأن الخلايا المكونة للانسجة الموصلة فى النبات معدة للقيام بهذه الوظيفة المعدة تركيبياً لوظيفة النقل السريع للماء والمغذيات . لذلك فأن فهم العلاقة البنائية والوظيفية للخلية يساعد من غير شك على فهم العلاقات الفسيولوجية للنبات والتى تعتمد فى الاساس على النواتج التخصصية والوظيفية للخلايا التى تتشابه الى حد كبير فى تركيبها وفى كيمياء تفاعلاتها .

المحاضرة الثانية

العلاقات المائية Water Relation

أولآ: علاقة الماء بالخلية Cell Water Relation

ثانيآ: علاقة النبات بالماء Plant in Relation

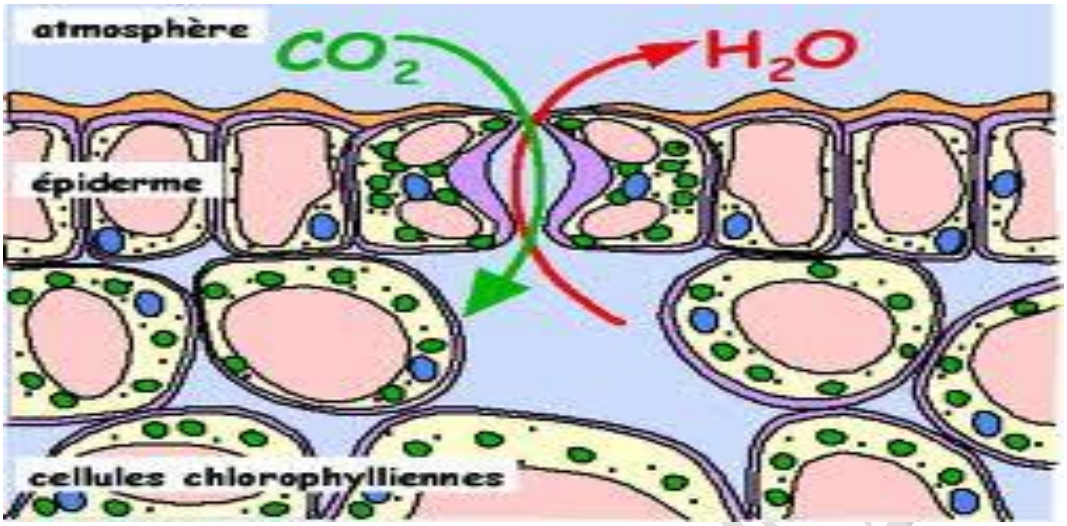
علاقة الماء بالخلية تفسر العلاقات بين الخلية والخلايا المجاورة.

وهناك عدة عوامل تتحكم في علاقة الماء بالخلية والنبات الكامل من اهمها :

1- الانتشار: وهو عبارة عن حركة الجزيئات عشوائيآ من منطقة عالية التركيز إلى أخرى ذات تركيز منخفض .

اهمية الانتشار : انتقال الغازات CO_2

انتشار بخار الماء خلال النبات



أنتشار بخار الماء وغاز ثاني اكسيد الكربون من وإلى داخل الخلية النباتية وخارجها

العوامل المؤثرة على سرعة الانتشار :

1) منحدر التركيز والمسافة المقطوعة
2) كثافة الغاز: سرعة انتشار الغازات تتناسب عكسيآ مع الجذر التربيعي لكثافة الغاز
3) درجة الحرارة : تؤدي زيادة الحرارة على سرعة الانتشار من خلال زيادة الطاقة الحركية لجزيئات المادة وبالتالي زيادة سرعة حركة جزيئات الدقائق
4) تركيز وسط الانتشار: كلما زاد تركيز وسط الانتشار كلما زاد ت سرعة انتشار جزيئات المادة .

2- الاسموزية :

هي حركة الماء خلال غشاء شبه منفذ من التركيز العالي إلى التركيزالمنخفض

تقسم الأغشية حسب قابليتها للنفاذية:

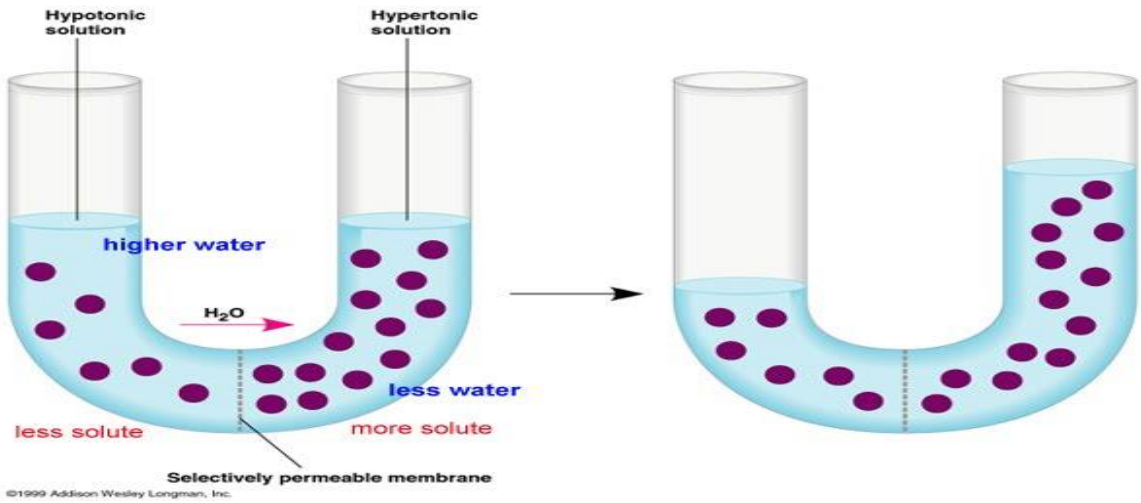
1- اغشية تسمح لجزيئات المذيب والمذاب بالنفاذية وهذه تسمى بالأغشية النفاذة مثل: ورق الترشيح

2- أغشية تسمح بمرور جزئيات المذيب بالمرور ولكن لاتسمح لجزئيات المذاب وهذه تسمى بالأغشية شبه المنفذة مثل: ورق السلوفان

3- أغشية لاتسمح لأي من الجزئيات بالنفاذية وهذه تسمى أغشية غير منفذة مثل: الزجاج الانسجة المتكونة من السوبرين واللكنين.

حركة الماء بين الخلايا :

اوضحنا فيما سبق عن حركة الماء داخل الجهاز الأسموزي حيث أن الماء ينتقل من الخلية ذات الضغط الأسموزي المنخفض إلى الخلية ذات الضغط الأسموزي المرتفع بالعصارة الخلوية عبر غشاء شبه منفذ حتى الوصول إلى نقطة الاتزان حيث يقف انتقال الماء ويتساوى عندها الضغط الهيدروستاتيكي والأسموزي داخل الخلية.



حركة الماء من الضغط الأسموزي المنخفض إلى الضغط الأسموزي المرتفع عبر غشاء شبه منفذ

حركة الأملاح داخل الخلية النباتية:

نظراً لاحتياج النبات من الأملاح في نموه فإن الأملاح تدخل إلى الخلية عبر الغشاء البلازمي من منطقة التركيز العالي إلى منطقة التركيز المنخفض وهذا يسمى بالنقل السالب أي ان عملية النقل لاتحتاج طاقة بعكس النقل النشط الذي يحتاج إلى طاقة وأن الأيونات تنتقل حسب احتياج النبات.

ما الذي يمنع الخلية من الإنفجار نتيجة استمرار الماء ؟؟

** وجود جدار الخلية الذي يعمل على إحداث ضغط في الاتجاه المعاكس لإتجاه دخول الماء والذي يسمى الضغط الانتفاخ . وهذا يكسب الخلية الإمتلاء التام الذي يحافظ على شكلها ويضمن بقاء الأنسجة والأعضاء النباتية حية .

العوامل التي تتحكم في حركة ونفاذية الجزيئات الكبيرة مقارنة بحجم ثقوب الغشاء البلازمي :

1- منحدر التركيز : تتحرك الجزيئات من تركيز عالي إلى تركيز منخفض

2- معامل التوزيع : نسبة ذوبان مادة في الدهون إلى ذوبانها في الماء, فالمادة التي يكون ذوبانها سهلاً (عالياً) في الدهون ولاتذوب في الماء . فإن معامل توزيعها يكون عالياً .

مثال : مرور الكحول خلال الغشاء البلازمي لسرعة ذوبانه في الدهون المكونة للغشاء

3- منحدر الجهد الكهربائي: تقوم الأيونات ذات الشحنات السالبة بالانتقال والاندفاع من حيث هي عالية التركيز إلى حيث هي منخفضة التركيز وكذلك بالنسبة للشحنات الموجبة ويستمر انتقال الشحنات حتى الوصول إلى حالة توازن الشحنة السالبة أو الموجبة على الجانبين.

4- نفاذية الذائبات المتأينة : هناك العديد من العوامل التي تؤثر على نفاذية الذائبات المتأينة كما يلي:

أ- درجة التأين : يتوقف نفاذية الذائبات على درجة تأينها في الوسط التي توجد فيه .
فالذائبات المتأينة يقل فرصة نفاذيتها عن الذائبات الغير متأينة .
(التأين: شحنة كهرائية)

وتعتمد درجة التأين على الرقم الهيدروجيني للمحاليل , فالوسط الحامضي يزيد من نفاذية الأيونات عن الوسط القاعدي لأنه يعمل على عدم تأين المواد أي بقيت دون ان تحمل شحنة كهربية

ب- تكافؤ الأيون: كلما كان تكافؤ ايونات الكاتيونات كبيراً قلت فرصة دخولها إلى الخلية .
فالكاتيونات احادية التكافو مثل Na^+ و K^+ دخولها للخلية اكبر من ثنائية التكافؤ مثل Ca^{++} و Mg^{++} وهذه اسرع من ثلاثية التكافؤ Fe^{+++} وكذلك بالنسبة للأنيونات فنجد أن الأيون أحادي التكافؤ مثل الكلوريد Cl^- اسرع نفاذية من الأيونات ثنائية التكافؤ مثل $SO4^{--}$.

5- تضاد وتعاون الأملاح : يسمى منع أوتعطيل نفاذية أيون ذو تكافؤ اقل بواسطة آخر ذو تكافؤ أعلى يحمل نفس نوع الشحنة بالتضاد

مثال: كلوريد الكالسيوم $CaCl^{--}$ ثنائي التكافئ يبطئ نفاذية كلوريد البوتاسيوم KCl^- احادي التكافؤ

التعاون : إسراع نفاذية أيون ذو تكافؤ اقل بواسطة ايون ذو تكافؤ اعلى يحمل نفس الشحنة

مثال : كاتيونات الكالسيوم Ca^{++} تسرع من نفاذية كاتيونات البوتاسيوم K^{+}

4- التشرب Imbibition :

عبارة عن مقدرة المادة الصلبة (الغروية) على امتصاص الماء

مثال : البذور _ التربة

ولحساب جهد الماء الذي يعمل عل حركة الماء من الخارج إلى الداخل نتبع المعادلة التالية:

جهد الماء (Ψ) = جهد الضغط (Ψ^{P}) + الجهد الأسموزي (ΨS) + جهد المادة الجافة (Ψ^{m})

ويعتبر جهد المادة الجافة أهمية في حساب جهد الماء بالنسبة للمواد الجافة إلا أنه يساوي صفر في الأنسجة النباتية كالأوراق مما يجعلنا نتجاهلها في مثل هذه الحالات.

المحاضرة الثالثة

امتصاص الماء Water absorption

خلال دورة حياة النبات تمتص كمية كبيرة من الماء باستمرار من التربة وتنتقل خلال النبات الان معظم الماء الممتص يفقد من النبات خلال عملية النتح وهناك كمية محدودة من الماء تستخدم في العمليات الفسلجية تبقى داخل النبات.

يقصد بعملية الامتصاص دخول الماء وما به من ذائبات من محلول التربة الى النبات .في النباتات الواطئة مثل الطحالب لاتوجد أعضاء متخصصة لامتصاص الماء بل ان عملية الامتصاص تحدث من خلال بعض أو كل الأجزاء النباتية التي هي على اتصال بالماء .وفي الحزازيات توجد بعض التراكيب التي تعرف باسم أشباه الجذور تقوم بامتصاص الماء والأملاح.أما في النباتات الراقية توجد أعضاء متخصصة تسمى الجذور تقوم بامتصاص الماء من التربة.ولبعض النباتات الراقية جذور هوائية ولكن مساهمتها في امتصاص الماء قليلة مقارنة بالجذور النامية في التربة .أما النباتات المائية فيحدث فيها الامتصاص خلال الساق والأوراق والجذور وتوجد في النباتات المتسلقة جذور عرضية على السيقان تعمل على امتصاص الماء بالاضافة الى التثبيت. يمتص الماء من خلايا الجذور في منطقة معينة تعرف بمنطقة الامتصاص التي تمتاز بأنها رقيقة الجدران خالية من المواد الشمعية والفلينية التي تعيق نفاذ الماء .تمتد جدران خلايا الجذر في التربة مكونة الشعيرات الجذرية التي تزيد من سطح الامتصاص . ان منطقة الشعيرات الجذرية هي المنطقة الجذرية التي يحدث خلالها امتصاص الماء وتمتاز بأنها من أكثر مناطق الجذر نفاذية. لو عملنا مقطعا عرضيا في

منطقة الامتصاص في جذر حديث لنرى الأنسجة المختلفة التي يمر بها الماء عند انتقاله من محلول التربة فسوف نجد أولا طبقة البشرة التي هي عبارة عن اسطوانة سمكها خلية واحدة تغلف الجذر وتخرج منها معظم خلايا الشعيرات الجذرية (النباتات المائية أو النباتات التي تزرع في محاليل مائية لاتتكون على جذورها شعيرات جذرية) . الشعيرات الجذرية هي عبارة عن تراكيب رقيقة وحيدة الخلية توجد بها فجوة عصارية كبيرة مملوءة بمحلول له جهد مائي معين وطولها يتراوح من 1– 8 مليمتر وتبقى حية لبضعة أيام ثم تموت وتتكون بدلها شعيرات جذرية بأستمرار نتيجة لنمو الجذر. جدران الشعيرات الجذرية تكون مغطاة بطبقة مخاطية تزيد من درجة التصاقها بحبيبات التربة. تلي طبقة البشرة طبقة القشرة التي هي خالية من اي مادة تمنع نفاذ الماء وتتكون من عدة صفوف من الخلايا واخر طبقات القشرة تسمى الاندوديرم أو القشرة الداخلية Endodermis وهي مكونة من صف واحد من الخلايا المتلاصقة تماما وتكون طبقة تفصل بين القشرة ولاسطوانة الوعائية .خلايا طبقة الاندوديرم مغلفة من الاعلى والاسفل والجوانب ولهذا يدخل الماء عن طريق الجدران الداخلية والخارجية الخالية من شريط كاسبر (Casparian strip هو شريط مكون من مواد كايتينية وفلينية تمنع نفاذ الماء) من القشرة الداخلية الى ان يصل الى الخشب. عناصر الخشب Xylem elements تتضمن خلايا حية واخرى ميتة وتعد الأوعية والقصيبات أكثر عناصر الخشب فعالية في نقل الماء وتتميز خلاياهما باستطالتها وسمك جدرانها اذ تترسب على الجدار الثانوي مادة اللكنين ونظرا لان كل من القصيبات والأوعية تعد خلايا ميتة لذلك سوف لايلعب البروتوبلاست الموجود في الخلايا دورا يذكر في عملية امتصاص الماء. الأوعية يكون موقعها داخل النبات على شكل انبوب وعائي ، حيث تكون متصلة عن طريق نهاياتها المثقبة أما القصيبات فأنها تتراكم بعضها على بعض وحيث ان نهاياتها مسدودة فان الماء سوف ينتقل خلال النقر Pits فقط من قصبة الى أخرى وبذلك فان حركة الماء في القصيبات تكون بطيئة لانها غير مباشرة .من عناصر الخشب الأخرى هي بارنكيما الخشب التي هي عبارة عن خلايا حية وظيفتها خزن الغذاء ، اذ تقوم بخزن النشأ في نهاية موسم النمو ثم يستعمل أثناء نشاط الكامبيوم خلال موسم النمو القادم كما يعتقد بأن خلايا بارنكيما الخشب لها دور فعال في نقل الماء .ومن عناصر الخشب الألياف ووظيفتها الاسناد وقد تلعب دورا في مرور الماء عن طريق الثقوب الموجودة فيها .

ميكانيكية امتصاص الماء

1.الامتصاص السلبيPassive absorption

عندما يتبخر الماء من خلايا النسيج الوسطي للورقة بفعل عملية النتح تقل قيمة جهدها المائي (يصبح أكثر سالبية) هذه الخلايا تسحب الماء من الخلايا المجاوره لها وهكذا الى ان يصل السحب

الى الأوعية الخشبية والورقة . هنا يتعرض الماء في هذه الأوعية الى قوة سحب من الأعلى ولما كان الماء في الأوعية يكون عمود متصل من الورقة الى الجذر فان قوة السحب هذه سوف تنتقل الى أسفل خلال عمود الماء كله ، وعندما تصل قوة السحب الى الماء في القنوات الخشبية للجذور يبدأ الماء بالانتقال الى هذه القنوات من الخلايا الحية (بارنكيما الخشب الملاصقة لها) فتقل قيمة جهدها المائي وبذلك ينتقل اليها الماء من الخلايا المجاورة حتى يصل السحب الى منطقة الشعيرات الجذرية التي بدورها تسحب الماء من محلول التربة .سميت هذه الآلية بالامتصاص السلبي لان امتصاص الماء يحدث نتيجة لفعاليات في الساق (عملية النتح)، والجذر يقوم فقط بدور السطح الماص ومما يؤيد ذلك ان الساق يستطيع ان يمتص الماء خلال جذور ميته ولربما تكون عملية الامتصاص أسرع . معظم الماء الممتص من قبل النبات يحدث عن طريق هذه الآلية.

2. الامتصاص الايجابي (النشط Active absorption)

يسمى أحيانا الامتصاص المباشر وفي هذا النوع من الامتصاص يحدث انتقال الماء بوسيلة فيزياوية هي الازموزية ، اذ يعتقد بأن الماء يتحرك من التربة الى داخل الجذر نتيجة لوجود فرق في الجهد المائي وهذا يعني ان الماء يتحرك خلال الجذر وقشرته خلال قنوات الخشب بسبب زيادة تركيز الأملاح من خلايا الجذر الخارجية الى خلايا الجذر الداخلية. ان امتصاص الأملاح وتجمعها بواسطة الجذر يحتاج الى طاقة تنفسية ولقد اقترح الباحثان Broyer and Crafts نظرية مفادها ان هناك نقص في كمية الأوكسجين وزيادة في كمية ثاني أوكسيد الكاربون كلما تقدمنا من القشرة الداخلية الى الاسطوانة الوعائية وبذلك فان الفعاليات الحيوية سوف تكون منخفضة في الخلايا الداخلية في منطقة الأوعية الخشبية . وحيث ان الطاقة ضرورية لغرض تراكم الأملاح ضد منحدرات تركيزها ، فان خلايا الاسطوانة الوعائية تفضل فقد الأملاح على عكس خلايا القشرة .ونظرا لأن الانتشار الى الخلف غير ممكن بسبب وجود شريط كاسبر لذلك سوف يحدث فقد للأملاح باتجاه واحد الى فراغ الأوعية الخشبية وعلى ذلك فان الماء سوف يتبع هذا الطريق في اتجاه واحد منتشرا من المنطقة ذات الجهد الازموزي المرتفع الى المنطقة ذات الجهد الازموزي المنخفض (عصارة القنوات الخشبية في الاسطوانة الوعائية) . أحيانا يقال بأن هناك امتصاص ايجابي أو نشط أو فعال للماء لايعتمد على آلية ازموزية بل يعود بطريقة ما الى عملية التنفس ، حيث وجد ان عملية امتصاص الماء تتأثر بتوفر الأوكسجين وكذلك درجة الحرارة المنخفضة والسموم التنفسية ولكن من الظاهر ان درجة الحرارة الواطئة وقلة الاوكسجين والسموم التنفسية تزيد من مقاومة السايتوبلازم لحركة الماء ولذلك فان الملاحظات التي أظهرت تأثر عملية الامتصاص بهذه المعاملات لاتثبت بأن

التنفس له دور مباشر في العملية ويعتقد بان الامتصاص الايجابي أو النشط أو الفعال للماء بوسائل غير ازموزية لايلعب دورا كبيرا في عملية امتصاص الماء.

العوامل التي تؤثر في امتصاص الجذر للماء

تتأثر قدرة الجذور على امتصاص الماء من التربة بالعوامل التالية :

1- تركيز محلول التربة : ينخفض معدل امتصاص الماء كلما زاد الضغط الأسموزي لمحلول التربة (زيادة تركيز الأملاح) وقد يتوقف الامتصاص أما إذا كان هذا الضغط الأسموزي للتربة يعادل قوة امتصاص الخلايا الجذرية للماء.

YS للتربة = YC للجذور

وعلى العموم تختلف النباتات حسب قدرتها على التغلب على هذه الاسموزية فهناك بعض النباتات عندها القدرة على مسايرة تراكيز عالية من الملوحة واستمرارية الامتصاص مثل ذلك بعض النباتات الملحية والتي تعيش في تركيزات عالية من الملوحة، تغلب على هذا الإنخفاض في الجهد المائي لمحلول التربة بخفض الجهد الأزموزي بعملية التنظيم الأزموزي Osmoregulation لأنسجة النبات بطريقتين هما:

اولاً-زيادة امتصاص وتراكم الأيونات خصوصاً في الأراضي المالحة لخفض الجهد المائي للنبات، رغم أن أغلب هذه الأيونات سامة وتقلل من انتاجية النبات فضلاً عن صرف النبات طاقة لإمتصاصها من المحيط، ولكن هي وسيلة للبقاء.

ثانياً-هدم البروتينات والكربوهيدرات للحصول على أحماض امينية وسكريات ذائبة نشطة في خفض الجهد المائي وإبقاء تدرج الجهد المائي لصالح النبات(اي دخول الماء للنبات) ويحدث هذا للنباتات المعرضة لإجهاد الجفاف أو الإجهاد الملحي.

س/لماذا تقل انتاجية المحاصيل المعرضة للإجهاد الملحي أو الجفاف؟

2- المحتوى المائي للتربة: يزداد امتصاص الجذور للماء ما دام الماء متوفر في حدود السعة الحقلية(الماء الشعري) وهي كمية الماء المتوفرة الذي يسهل عليه امتصاصه وإذا نقص الماء في هذه الحدود فإن الجذور قد يصعب عليها امتصاص فوجد عندما يصل إلى مرحلة نقطة الذبول الدائم وهذا يختلف بحسب نوعية النبات وكذلك نوعية التربة .

وقد تذبل بعض النباتات عندما يفوق معدل النتح معدل الإمتصاص اثناء الجو الحار(الذبول الأولي).

3- تهوية التربة : زيادة تشبع التربة بالماء يسبب نقص الأكسجين وتراكم CO_2 مما ينتج عنه دخول النبات فى حال ذبول ناتج عن زيادة تشبع الفراغات الهوائية بالماء ونقص الأكسجين وتسمى هذه

الحالة (الجفاف الفسيولوجي) وهذا يختلف عن الذبول الناتج عن نقص الماء (الجفاف) . لذلك فإن امتصاص الماء دائماً أسرع بكثير في التربة جيدة التهوية عنها في التربة رديئة التهوية .

الجفاف الفسيولوجى : الناتج عن زيادة الماء الذي يؤدي إلى نقص في نفاذية الأغشية البلازمية داخل خلايا الشعيرات الجذرية فيسبب نقصاً في امتصاص الماء رغم توفره بكثرة حول جذور النبات ويختلف عن الذبول الناتج عن الجفاف نتيجة نقص الماء .

4- درجة حرارة التربة : يمتص النبات كمية قليلة من الماء عند درجات الحرارة المنخفضة وذلك يعود إلى أن الماء تزداد لزوجته عند درجات الحرارة المنخفضة كذلك تسبب درجات الحرارة المنخفضة زيادة لزوجة البرتوبلازم فيقل بذلك معدل إنفاذه للماء .

5- تركيز CO_2 : تراكم CO_2 في التربة ذو تأثير مثبط على امتصاص الماء كما أنه يسبب زيادة لزوجة البرتوبلازم وبتالي نقص في نفاذية الجذور للماء وبتالي تقل قابلية الجذور على امتاص الماء.

6- معدل النتح في النبات

زيادة معدل النتح تسبب انخفاض في الجهد المائي للنبات وبالتالي فأن تدرج الجهد المائي يكون في صالح دخول الماء الى النبات.

7- خصائص المجموع الجذري

يختلف المجموع الجذري بين النباتات في كونه وتدي متعمق او سطحي متفرع قرب سطح التربة وان مدى اختراقه للتربة وكثافته وخصائصه التشريحية تؤثر كثيراً في عملية الإمتصاص.

المحاضرة الرابعة

صعود العصارة النباتية :

هنالك عدة نظريات طرحت لتفسير صعود الماء أو العصارة في النبات

1.النظرية الحيوية: Vital theory

اعتقد الباحثون الأوائل ان صعود الماء يقع تحت تأثير الأنشطة الحيوية Vital activities في الساق.هذا الاعتقاد مبني على أساس وجود خلايا حية في الخشب وأهمها بارنكيما الخشب . الا ان التجارب التي اجراها الباحثون ادت الى استبعاد النظرية الحيوية لانتقال الماء، اذ وجد على سبيل المثال ان السيقان التي قتلت خلاياها بواسطة امتصاص السموم ما زالت قادرة على نقل الماء.

2.نظرية الضغط الجذري Root pressure theory

ينشأ عن استمرار وصول الماء الممتص الى أوعية الخشب ضغط بالعصير الذي يندفع خلال الأوعية بقوة يعبر عنها باسم الضغط الجذري وتكون مشاهدته بوضوح اذا فصل المجموع الخضري للنبات قرب سطح التربةالتي ينمو فيها اذ سرعان ما يتجمع العصير وينساب من مقطع الساق وتعرف هذه الظاهرة باسم الادماء. Breeding يقدر الضغط الجذري بتوصيل الساق المقطوعة بانبوبة مانومترية وتختلف قيمته باختلاف انواع النبات الا انها من النادر ان تتجاوز 2 بار وتقل عن ذلك كثيرا في انواع من النباتات كما انها تختلف في النبات الواحد باختلاف فصول السنة، حيث تبلغ اعلى قيمة لها مع بداية فصل الربيع قبل اكتمال تكوين الاوراقثم تتناقص قيمته تدريجيا عندما تزداد عملية النتح. وبدون شك فان الضغط الجذري قد يكون في بعض انواع النبات وتحت ظروف معينة من العوامل التي تساعد على صعود العصارة في النبات الا ان هناك اسباب عدية تحول دون اعتباره الالية الاساسية لصعود الماء وهذه الاسباب من بينها

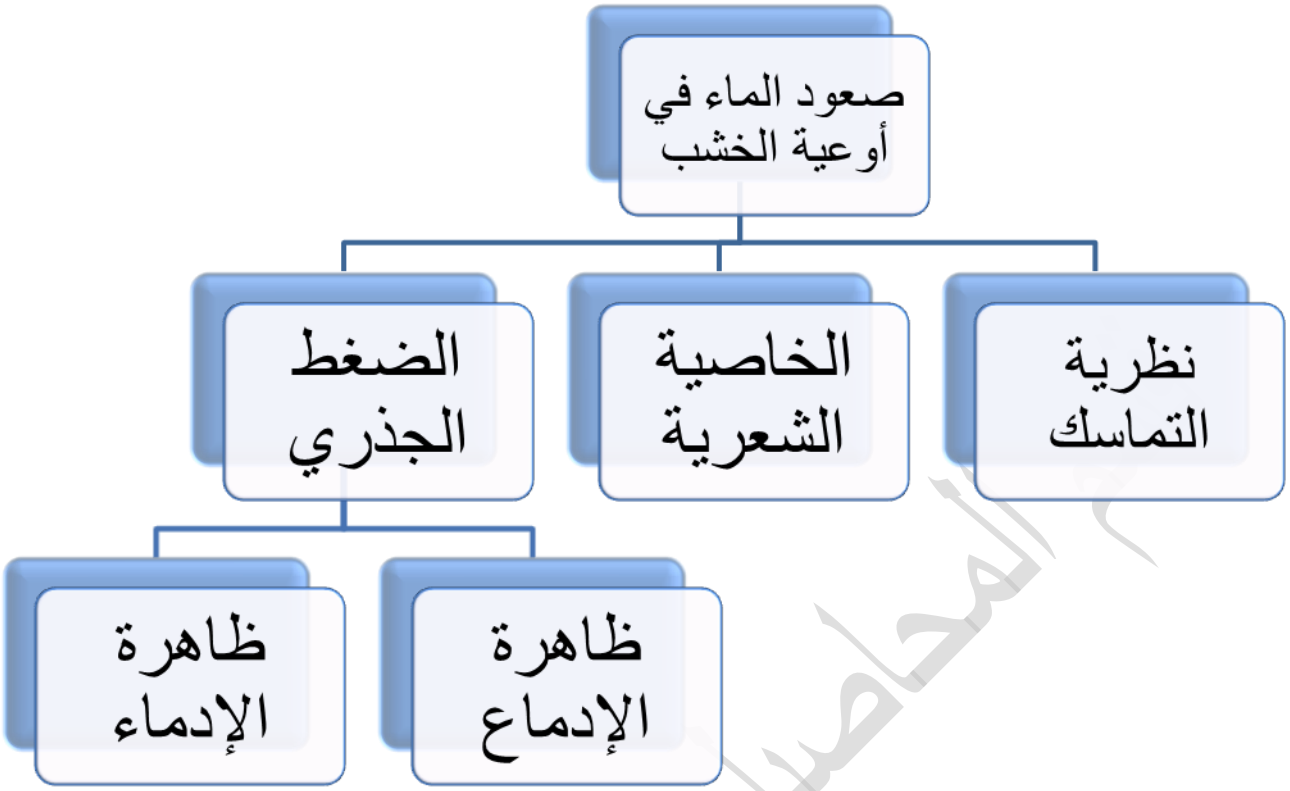
أ –هناك مجموعة من النباتات من بينها المخروطيات لم تشاهد فيها ظاهرة الضغط الجذري على الاطلاق

ب – قلما يكون مقدار الضغط الجذري كافيا لصعود الماء الى قمة النباتات، فالضغط الجوي الواحد يكفي لرفع عمود الماء نحو 11 أمتار الى اعلى اذا لم تكن هنالك مقاومة.

ظاهرة الإدماع –: (Gutation) خروج الماء على شكل قطرات من الأوراق خلال العديسات الموجودة على حواف الأوراق نتيجة الضغط الجذري الذي يزيد على المقاومة التي يلاقيها الماء في حركته داخل النبات وقد يكون هناك ضغط جذري دون حصول إدماع مثل سيقان العنب في بداية الربيع عند قطع ساق العنب بمقص التقليم نلاحظ انسياب ماء من منطقة القطع هذا يعني إن الماء واقع تحت تأثير ضغط الجذور (ضغط موجب) يزيد عن الضغط الجوي.

3.نظرية التشرب والخاصية الشعرية–:

من المعلوم ان الماء يرتفع في الجدران السميكة المحتوية على اللكنين للاوعية الخشبية بخاصية التشرب.غير ان كمية الماء التي ترتفع بهذه القوة ضئيلة جدا ولا تكفي حاجة النبات للماء.وقد ثبت ايضا ان الماء الصاعد يتحرك اساسا في تجاويف الاوعية الخشبية وليس على جدرانها.كذلك قد تساعد الخاصية الشعرية على رفع العصارة في النبات الا ان اتساع الاوعية الخشبية لا يساعد على رفع العصارة الى ارتفاع كبير.



4.نظرية التماسك والشدTheory Tension–Cohesion

تفسر هذه النظرية الطريقة التي ترتفع بها العصارة في النبات مهما بلغ ارتفاعه وذلك عندما تكون القوة التي تعمل على صعود العصارة ناشئة من الورقة وملخص هذه النظرية كما وضعها الباحثان Dixon and Jolly انه نظرا لقوة التماسك بين جزيأت الماء فان أعمدة العصارة التي تملأ تجاويف الأوعية الخشبية ترتفع كوحدة متماسكة الى قمة النبات بقوة سحب عظيمة ناتجة عن النتح .اضافة الى قوة التماسك تعمل قوة أخرى هي قوة التلاصق بين جزيئات الماء وجدران الاوعية الخشبية على ابقاء عمود الماء معلقا. وكما ذكرنا سابقا بأنه عند فقد خلايا النسيج الوسطي في الورقة لبعض مائها اثناء عملية النتح يحدث شد او سحب في عمود العصارة المتصل بالاوعية الخشبية ليعمل على رفعه الى أعلى فاذا كانت قوة تماسك جزيئات الماء كبيرة فان اي فقد من الماء من طرف عمود العصارة في الأوعية الخشبية للورقة يتبعه سحب بقية عمود العصارة الى أعلى كوحدة متصلة تبتدأ بالتربة وعلى ذلك يمكن تصور الماء في النبات كخيط متصل من جدران الخلايا في النسيج الوسطي للورقة الى الشعيرة الجذرية وقد يستمر اتصال هذا الخيط بماء التربة.فاذا جذب هذا الخيط من نهايته في الثغر (بفعل عملية النتح)

فانه يسحب من التربة ويرفع الى الاوراق وهكذا يصل الماء الى قمة النباتات الشاهقة بفعل قوة الشد أو السحب الناتجة من عملية النتح.

المحاضرة الخامسة

صور فقد الماء : Water Losses

90-98% من الماء المُمتص بواسطة الجذور تفقده النباتات بعدة طرق أهمها النتح Transpiration ويتبقى منه 10-2% تستخدمه النباتات في عملياتها الأيضية المختلفة، ويتم فقدان الماء بعدة طرق منها فضلاً عن النتح، ظاهرة الأدماع Guttation والأفراز Secretion والأدماء bleeding.

بالنسبة للأفراز فما هو إلا عملية فقد الماء على صورة محاليل من الغدد glands ومن الغدد الرحيقية Nectaires، أما الأدماء فهو فقد الماء عن طريق الجروح التي قد تصاب بها النباتات، وكمية الماء المفقودة بهاتين الطريقتين تعد بسيطة جداً ولا قيمة لها، أما ظاهرتي الإدماع والنتح فهما الأهم وخصوصاً الأخيرة منهما.

1- الأدماع: Guattation

تحت ظروف التربة الدافئة والرطبة تظهر على طول حواف أو قمم الأوراق نقاط مائية وفقد الماء بهذه الطريقة يسمى الأدماع. العوامل التي تحفز الأدماع هي:-

- الامتصاص العالي للماء.
- الضغط الجذري المرتفع.
- انخفاض أو انعدام النتح لسبب ما.

ان هذه الظروف(الثلاثة) تجعل امتصاص الماء يفوق عملية النتح (التي تعد العملية الأساسية والرئيسة لفقدان الماء)، ولذلك يتم فقدان الماء بواسطة الأدماع عن طريق تراكيب متخصصة تسمى الثغور المائية Hydrothodes توجد في أعلى قمم الأوراق في النباتات المتكيفة لتلك الظروف. ومن المواد التي وجدت في سائل الأدماع نجد معظم الأملاح المعدنية (P, K, Na, Ca, Mg...) وكذلك كثير من السكريات مثل glucose، Fractose، Sucorose ... الخ. وكثيراً من الأحماض مثل glatomic acid، aspartic acid ... الخ، ومواد كثيرة أخرى مثل الدهون والبروتينات ويتراوح PH هذا السائل من 5.0- 6.7 في غالبية النباتات.

النتح Transpiration

من المعلوم ان النباتات تحتاج الى الماءمن اجل نموها وبقاءها وانها تحتاج الى كميات وافرة منه. الا ان النبات لايحتفظ بكل ما يمتصه من ماء بل يفقد جزء هام على هيئة بخار ماء بالجو ومن ثم لايؤدي هذا الجزء اي دور ايجابي في نمو النبات وتطوره ويطلق على فقد الماء من النبات على هيئة بخار ماء بعملية النتح.

أنواع النتح

1.النتح الثغريStomatal transpiration

معظم الماء المفقود في عملية النتح يمر عبر ثقوب دقيقة موجودة في بشرة الاوراق تدعى الثغور stomates بالرغم من ان فتحات الثغور لاتؤلف الا نسبة قليلة من المساحة السطحية للاوراق ويعود السبب في ذلك الى المقاومة القليلة التي تبديها الثغور لحركة بخار الماء قياسا الى مناطق البشرة الاخربوتتحكم الثغور بكمية الماء الخارجة ، فعندما تذبل الاوراق تقل فتحات الثغور أو تغلق كليا فيقل أو يتوقف تبخر الماء عن هذا الطريق.

2.النتح الأدمي Cuticular transpiration هو تبخر الماء بصورة مباشرة خلال بشرة الورقة شاقا طريقه عبر الطبقة الشمعية الكيوتينية المغلفة لسطح البشرة الخارجي.وتختلف نسبة الماء المفقود عن هذا الطريق باختلاف سمك ونفاذية الادمة او الكيوتكل حيث تقل النسبة بزيادة سمك الكيوتكل وزيادة مقاومته.الكيوتكل اكثر سمكا في النباتات الصحراوية ونباتات المناطق الجافة ويقل سمكه في نباتات المناطق المعتدلة والرطبة. وتقدر نسبة الماء المفقود عن هذا الطريق في الاوراق كاملة النضج بحوالي 11 %وتزداد هذه النسبة في الليل عندما يقل أو يتوقف النتح خلال الثغور.

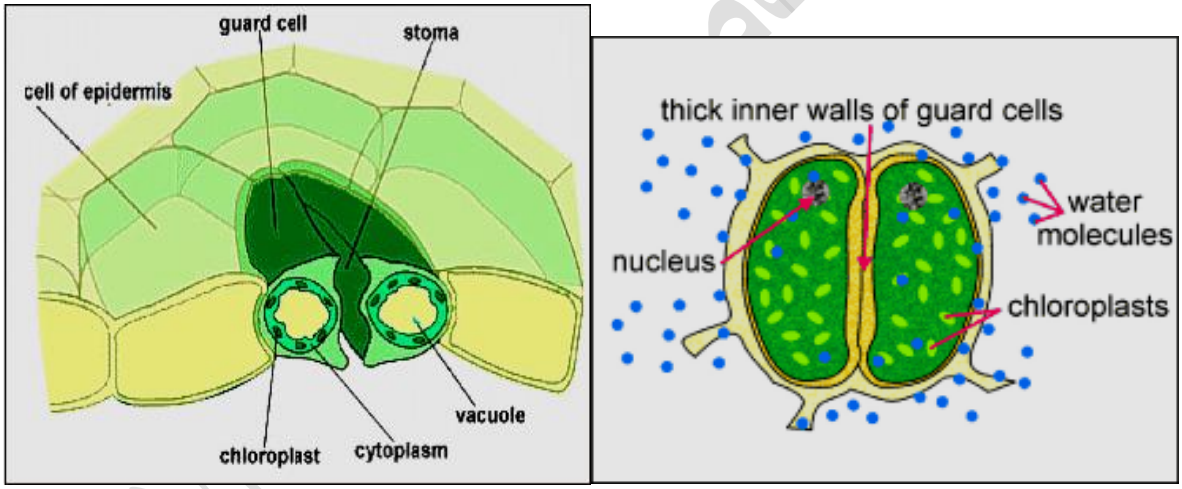
3.النتح العديسيLenticular transpiration

قد يخرج بخار الماء من مناطق اخرى غير الثغور والادمة كالشقوق والفتحات الصغيرة في الانسجة الفلينية التي تغلف سيقان الاشجار.نسبة الماء المفقود بهذه الطريقة قليلة عادتا لان الانسجة الفلينية لاتمثل الا جزء صغير من المساحة السطحية للنبات . يزداد النتح العديسي في فصل الخريف عند سقوط الاوراق لان الاوراق الساقطة تترك طبقة من الخلايا الحشوية معرضة للظروف البيئية السائدة قبل ان تغطيها الطبقة الفلينية بعد فترة من سقوط الاوراق.

ميكانيكية حركة الثغور

تمتاز سطوح الاعضاء الهوائية للنباتات الوعائية باحتوائها على ثقوب صغيرة تعرف باسم الثغور التي

يحدث خلالها التبادل الغازي وتمتاز الثغوربانها تختلف كثيرا في الحجم والتوزيع والعدد والتركيب وكل ثغر محاط بخليتين تعرفان بالخلايا الحارسة Guard cells واحيانا خلايا من البشرة اخرى تعرف بالخلايا المساعدة. وتمتاز الخلايا الحارسة عن غيرها من خلايا البشرة بشكلها الخاص واحتوائها على بلاستيدات خضراء وبتغلض جدرانها الخلوية تغلضات موضعية غير منتظمة فجدران الخلايا الحارسة التي تحيط بالثقب الثغري اغلض من جدرانها المضادة وتتوقف سعة الثغر على درجة امتلاء الخلايا الحارسة فعندما تكون الخلية الحارسة ممتلئة فان ضغط الامتلاء الواقع على جدرانها يجعل جانبها الرقيق يبرز اكثر فاكثر نحو الخارج شادا معه في الوقت نفسه الجدار الداخلي الغليض المحيط بالثغر مما يؤدي الى اتساع الثغر وعندما ينخفض امتلاء الخلايا الحارسة يقل ضغط امتلائها فتتكمش جدرانها مما يؤدي الى تقارب الجدارين الغليظين للخليتين الحارستين فتضيق فتحتا الثغر.



من المعلوم ان الثغور تفتح عندما تتعرض للضوء وتغلق عند وضع الاوراق في الظلام وتختلف كمية الضوء اللازمة لبلوغ ذروة الانفتاح الثغري باختلاف نوع النبات ولكنها تقل كثيرا عن الكمية التي تتطلبها عملية البناء الضوئي.بعض النباتات مثل النباتات العصارية تظهر ثغورها سلوكا مغايرا في كون تلك الثغور تفتح ليلا وتقفل خلال النهار. وكان الاعتقاد سابقا هو ان عند تعرض الخلايا الحارسة للضوء فان هناك زيادة في كمية السكريات نتيجة لعملية البناء الضوئي مما يؤدي الى جعل قيمة الجهد الازموزي للخلايا الحارسة عالي بالسالب فتسحب الماء من الخلايا المجاورفتزداد درجة امتلائها وبالتالي

تفتح الثغور. وعلى الرغم نم حصول عملية البناء الضوئي في الخلايا الحارسة الاانها تحدث بسرعة اقل وبالتاكيد فانها غير كافية لحدوث التغيرات في الضغط الازموزي للخلايا الحارسةالتي ترافق استجابة هذه الخلايا للضوء. الكثير من الباحثين لاحظ ان عملية فتح وغلق الثغور حساسة للتغيرات في رقم الحموضة PH وبصورة عامة تكون الثغور مفتوحة عندما تصبح قيمة PH عالية ويحدث العكس عندما تكون قيمة الPH منخفضة. ولقد لاحظ الباحث Sayre سنة 1221 ان الثغور في اوراق نبات ال pumex تستجيب للتغيرات الحاصلة في رقم الحموضة حيث تفتح الثغور عندما يزداد ال PH وتغلق عندما ينقص. تؤثر حموضة محيط الخلية في فعالية الانزيمات المحللة Hydrolyases التي تقوم بتحويل النشا الى سكريات بسيطة حيث تزداد فعاليتها عندما يكون الوسط قاعديا وزيادة السكريات بدورها تقلل من الجهد المائي للخلايا الحارسة فيدخلها الماء من الخلايا المجاورة ويسبب زيادة ضغطها الانتفاخي ويحدث العكس في الظلام ومن اهم الانزيمات المحللة هو انزيم Phosphorylase الذي يساعد في التفاعل التالي:

PH=7

Starch + Pi ----------→ Glucose−1−Phosphate

PH=5

والنشأ غير فعال ازموزيا لانه غير ذائب بينما السكريات فعالة في تغيير الازموزيةوفتح الثغور.وبتحلل النشا ينتج كمية لاباس بها من السكريات الذائبة كافية لخفض الجهد المائي داخل الخلايا الحارسة وفتح الثغور .وتعرف هذه النظرية بنظرية تحول النشا الى سكر ومن الانتقادات الموجهة الى النظرية هو ان عملية فتح وغلق الثغور تتم خلال بضعة ثوان اما عملية تحول النشا الى سكر بطيئة نسبيا .كما ان اوراق بعض النباتات مثل البصل لاتحتوي على النشا بل يوجد الفركتوز بدلا منه ومع ذلك يمكن ملاحظة فتح وغلق الثغور.

المحاضرة السادسة

التفسيرات الحديثة لفتح وغلق الثغور

ولتفسير وفهم هذه العملية سنتطرق إلى:

ما هي العوامل التي تؤثر في عملية الفتح والغلق؟

كيف تتم حركة الثغور للفتح والغلق؟

أولا/ العوامل المؤثرة في عملية الفتح والغلق:

نظام داخلي المنشأ أي ما يمكن تعريفة بالساعة البيولوجية – الثغور عادة تفتح اثناء النهار وتغلق اثناء الليل (بعض النباتات العصارية التي تعيش في المناطق الحارة والجافة لها نظام عكسي وذلك حتى تقتصد في فقد الماء وتحافظ عليه). رغم ذلك فإن الثغور تبقى تفتح وتغلق على مدار 24 ساعة حتى لو عرضت إلى ضوء مستمر. مرحلة الفتح والغلق ممكن أن تتحول أو تتغير في أي وقت من اليوم وذلك بالتحكم في نهاية المرحلة المظلمة.

التوازن المائي: التوازن المائي للنباتات أو مستوى المحتوى المائي يلعب دورا في عملية فتح وغلق الثغور. النباتات الذابلة تغلق ثغورها ويعتقد أن هرمون الأبسسيك (ABA) يلعب دورا وسيطا في هذه الظروف إذ يؤدي إلى الإغلاق حتى في ظروف الفتح العادية. ولوحظ أن نقص الماء الشديد في جذور النبات يمكن أن يرسل عبر أوعية الخشب تأثيره إلى الثغور في الأوراق عبر إشارة حامض الأبسسيك.

المستوى المنخفض من CO_2 يسبب فتح الثغور. وإذا كانت نسبته منخفضة (في هواء الورقة الداخلي) حول الثغور في الظلام ممكن أن يتسبب ذلك في فتح الثغور على غير العادة. والعكس ارتفاع نسبة CO_2 تسبب غلق الثغور.

الضوء: يسبب الضوء فتح الثغور. الحد الأدنى من الضوء لفتح الثغور عند معظم النباتات يتراوح بين33% إلى0.1% من مجمل الضوء وهو الحد الكافي لبدء عمل تمثيل ضوئي كامل. الموجات الزرقاء ذات الأطوال الموجية بين 430–460 nm تعد أكثر فعالية بعشر مرات من موجات الضوء الأحمر ذات الأطوال الموجية 630–680 nm.

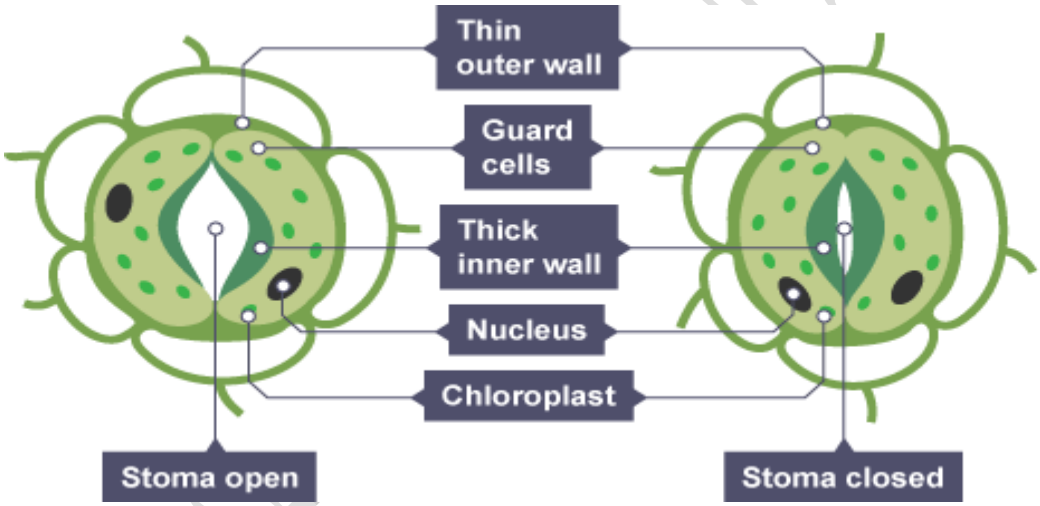
ثانيا/ كيفية حركات الفتح والغلق؟

الموجات الضوئية الزرقاء تمتص بواسطة صبغة zeaxanthin وهـي عبارة عن a) carotenoid pigment) هذا يؤدي الى تنشيط مضخة البروتونات في اغشية الخلايا الحارسة مما يعمل على ضخ البروتونات (ايون او بروتون الهيدروجين) خارج سيتوبلازم الخلايا الحارسة مولدا حركة نشطة للبروتونات أي تدرج كهروكيميائي عبر الغشاء مما يحدث تغيرات كبيرة في pH (إذ تتغير من 4–5 الى 6–7) منتجا توترا عبر الاغشية تصل احيانا الى 120 ملي فولت هذا مايؤدي الى فتح القنوات البروتينية التي تسمح بالتدفق السلبي لايونات البوتاسيوم الموجبة الى داخل الخلايا الحارسة لكي يعادل خروج البروتونات. يتم ايضا دخول ايونات الكلوريد السالبة عن طريق تزاوجها (coupled) مع بعض البروتونات العائدة (حتى يتم معادلة واتزان الشحنات الكهربائية). هذا التراكم الايوني يعمل على خفض الجهد داخل الخلايا الحارسة مؤديا الى انتفاخ الخلايا الحارسة وبالتالي فتح الثغور. هذا التراكم

الايوني وانخفاض الجهد داخل الخلايا الحارسة يزداد مع تقدم النهارعن طريق تكوين السكر الناتج من بدء نشاط عملية التمثيل الضوئي وكذلك فإن الضوء الازرق يعمل على تحلل النشا إلى سكر.

يعتقد بعض العلماء حامض الأبسسيك (ABA) في بعض النباتات يعمل على تغير ضغط الامتلاء دون أن يحدث تغير في الجهد المائي داخل وخارج الخلايا الحارسة وهذا التغير غالبا يؤدي إلى غلق الثغور حيث أن هذا الحامض يلعب دورا في الغلق.

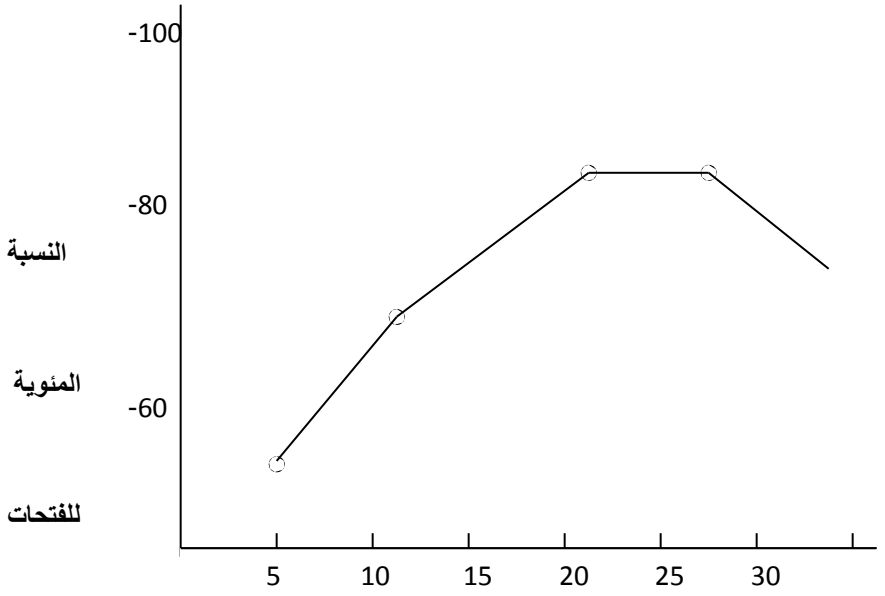
أيضا هناك العديد من المعلومات التي تشير إلى زيادة ايونات الكالسيوم في سيتوبلازم الخلايا المساعدة في حالات الغلق وهذا ربما بتأثير فتح وغلق القنوات الأيونية في الغشاء الحيوي (زيادة نفاذية بعض الايونات عبر الغشاء مثل ايونات الكالسيوم).



هناك بعض الاستثناءات الأخرى بالنسبة للضوء فعلى سبيل المثال:

نباتات مثل البطاطا، البصل، تغلق ثغورها بعد 3 ساعات من غروب الشمس ويمكن أن تغلق في النهار إن عرضت للذبول في حين أن نبات ذيل الحصان Equisetum asvense تظل مفتوحة حتى لو تعرضت للذبول. ثغور بعض النجيليات تفتح ساعة أو ساعتين في النهار. الحرارة أيضاً تلعب دوراً مهماً في عملية فتح وغلق الثغور ويرتبط هذا العامل مع عوامل أخرى مثل الضوء فبدرجة حرارة أقل من (0) حتى في الضوء فإن بعض النباتات تبقي ثغورها مغلقة وعند رفع درجة الحرارة فإن الثغور تفتح وهذا حال نبات القطن. ولكن في درجة حرارة عالية(30س°° فما فوق) فإن فتح الثغور يقل وهذا ناتج عن أن درجات الحرارة العالية تؤثر على تركيز CO_2 إذ يرتفع تركيزه في المسافات البينية وهذا ناتج عن زيادة معدل التنفس. ويعتقد ان التغيرات في الفتح والغلق والمخالفة للتنظيم البيولوجي الطبيعي للنباتات تنتج

بفعل تأثير هرمونات الفتح والغلق اي السايتوكاينين وحامض الابسيسيك بالترتيب إذ ان الثغور تبدو تحت تأثير آلية تشمل الفعل المتعارض لهذين الهرمونين ويتم تشجيع الثغور على الانفتاح وذلك عند تراكيز من السايتوكاينين تتراوح بين 0.01–0.05 μ molor بينما يؤدي حامض الابسسيك إلى إغلاق الثغور عند التراكيز نفسها ، وهذان الهرمونان يعملان على تنظيم فتح وغلق الثغور بناء على تأثيرهما في التدفق الأيوني.



تأثير درجات الحرارة على فتح ثغور ورقة القطن تحت إضاءة ثابتة

العوامل المؤثرة على معدل عملية النتح

أولا. العوامل النباتية

1. نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري عندما يزداد المجموع الجذري عن المجموع الخضري للنبات ووجود الظروف الملائمة للامتصاص والنتح تكون كمية الماء الممتص اكبر من كمية الماء المفقود بالنتح وبالتالي ينمو النبات والعكس عندما يقل المجموع الجذري عن المجموع الخضري يحدث ذبول للنباتات.
2. مساحة الورقة من المعلوم ا زيادة مساحة الورقة يتبعها زيادة الماء المفقود وغالبا ما تنتج النباتات الصغيرة بمعدل اكبر عن النباتات الكبيرة وذلك على أساس وحدة المساحة ولو أن النباتات الكبيرة تفقد

كميات من الماء اكبر إلا أن الماء المفقود بالنسبة لوحدة المساحة يكون اكثر فى النباتات الصغيرة.

3. تركيب الورقة تختلف عدد الثغور الموجودة وسمك طبقة الكيوتين المغطية للأوراق وسطحية وتعمق الثغور على سطح الورقة وتعريق الأوراق باختلاف الأنواع النباتية مما يؤثر على معدل النتح.

ثانيا- العوامل البيئية

1- الرطوبة النسبية في الجو

ارتفاع الرطوبة النسبية في الجو يترتب علية زيادة الضغط البخاري لبخار الماء فى هذا الجو ،ويؤدى ذلك بالطبع إلى تقليل البخر وبالتالي تقليل النتح.

2- الرياح : يتسبب عن حركة الهواء تقليل الرطوبة النسبية بإزالة الهواء الرطب في الجو الملامس مباشرة لسطح الأوراق وبالتالي يزداد النتح . أما عند اشتداد الرياح فان الثغور تقفل ، وبالتالي يقل معدل النتح وتقفل الثغور هنا بسبب فقد النبات لكميات هائلة من الماء تؤدى الى نقص شديد فى انتفاخ البشرة والخلايا الحارسة وبالتالى تقفل الثغور.

3- درجة الحرارة

يؤدى ارتفاع درجة الحرارة الى زيادة البخر وبالتالى الى زيادة النتح وتعتبر عملية النتح عملية تلطف من حرارة النبات لان قدر كبير من الحرارة التى تتعرض لها أسطح الأوراق تستنفذ فى تبخير كميات كبيرة من الماء فى صورة نتح.

4- الضوء

يتجلى دور الضوء من خلال تأثيرة على حركة فتح وغلق الثغور كما ان الضوء الشديد يزيد من درجة الحرارة وبالتالى يزيد من معدل النتح.

5- تييسر ماء التربة

كلما كان ماء التربة محددا كلما قل امتصاص الجذور للماء ويؤثر ذلك بالطبع على التوازن المائى فى النبات وعلى النتح.

المحاضرة السابعة

نقل الغذاء المجهز في النبات

حركة الغذاء الجاهز :

1-يتحرك السكر في اتجاه الجذر إلى أسفل لاستعماله في الغذاء أو خزنه على شكل نشأ.

2-يتحرك إلى أعلى في اتجاه البراعم النامية على قمة الساق أو الأزهار أو الثمار في النباتات التي تسقط أوراقها شتاءاً

3- اللحاء هو المسار الطبيعي للغذاء في النبات.

مما يتركب اللحاء:

1- الأنابيب الغربالية: وهي الجزء الرئيسي في اللحاء من خلالها تحمل الخيوط السيتوبلازمية الغذاء الجاهز وتنقله من مكان إلى آخر عبر الأنابيب.

2- الخلية المرافقة: تكون مركب الطاقة (ATP) في أثناء قيامها بعملية التنفس لتزويد الأنبوبة الغربالية بالطاقة اللازمة لعملية النقل النشط للغذاء الجاهز.

طرق خزن الغذاء المنقول في اللحاء:

يمكن للنبات أن يقوم بتخزين الغذاء المكون خلال عملية البناء الضوئي في أشكال عديدة نذكر منها:

1-على شكل سكروز مثل الشمندر وقصب السكر.

2- على شكل عديد السكريات النشا كما في البطاطس.

3-على شكل مركبات معقدة مثل الدهون والبروتينات والكربوهيدرات تخزن في البذور على شكل سكريات أحادية مثل سكر الفركتوز والجلوكوز في العنب.

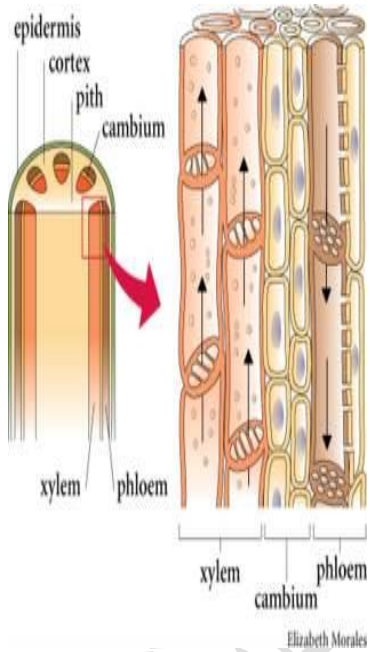
هناك فرضيتان لتفسير آلية نقل الغذاء الجاهز في النبات هما:

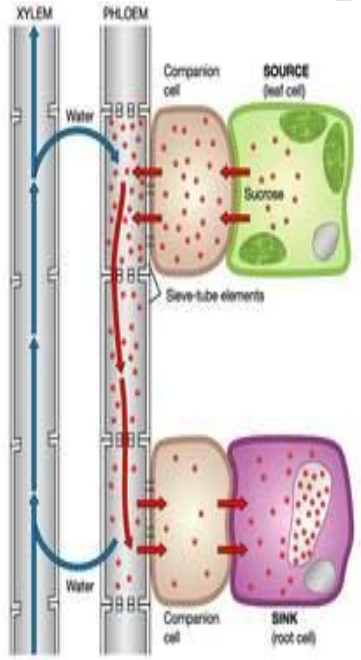
1- فرضية تدفق الكتلة الإسموزية:

بسبب الاختلاف في التركيز بين خلايا الورقة (مكان صنع الغذاء) وخلايا الجذر حيث تنشأ قوة تضخ الغذاء الجاهز من خلايا الورقة (عالية التركيز) إلى خلايا الجذر (منخفضة التركيز) خلال اللحاء.

2- فرضية النقل النشط والحركة السيتوبلازمية.

وهي تفترض أن يتحد السكروز مع مواد ناقلة نشطة وعندما يصلان للحاء يتحلل المركب إلى السكروز ومواد ناقله حيث يتحرك السكروز في اللحاء حركة دائرية باتجاه حركة الدوران السيتوبلازمية فيه ثم عبر الأنابيب الغربالية محمولاً على الخيط السيتوبلازمية . وتزود الخلايا المرافقة الأنابيب الغربالية بمركب الطاقة (ATP) للقيام بعملية النقل النشط للمواد السكرية على الخيوط السيتوبلازمية.





ملاحظة:

(نلاحظ أن عمليتي التحميل والتفريغ للسكروز يلزمها طاقة أما النقل داخل الأنبوب فلا يلزمه طاقة، يتم النقل في اللحاء في جميع الاتجاهات .....)

فرضية ضغط التدفق للعالم منش وتتم كما في الخطوات التالية:

1- يحمل السكروز من مكان تكوينه إلى الأنابيب الغربالية في اللحاء بعملية النقل النشط ، يؤدي ذلك إلى رفع الضغط الأسموزي فيها ، يؤدي ذلك إلى دخول الماء إليها بالخاصية الأسموزية.

2- يتولد ضغط في الأنبوب الغربالي يدفع بمحتويات اللحاء إلى مكان الاستهلاك أو التخزين بالنقل النشط.

3-عند خروج السكروز من الأنابيب الغربالية يقل الضغط الأسموزي فيها.

4- يخرج الماء من الأنابيب حسب الخاصية الأسموزية ويتم استهلاك السكروز وتخزينه في الخلايا التي ينقل إليها ويعود الماء للخشب.

ما الدلالة التي تثبت أن خلايا اللحاء هي المسئولة عن عمليات نقل الغذاء الجاهز ؟

أ- التجارب التي أجريت على حشرة المن

تتغذى حشرة المن على عصارة النبات بواسطة فمها الثاقب الماص ، فتدخل هذه الحشرة فمها إلى أنسجة النبات ويصل إلى الأنابيب الغربالية فتدفق المواد إلى فمها ، وعند فصل فم الحشرة وفحصها أمكن جمع محتويات الأنابيب الغربالية فتبين أنها المواد المصنعة نفسها في الأوراق.

ب- استخدام النظائر المشعة:

عند تعرض النبات لثاني أكسيد الكربون المشع المحتوى على نظير الكربون وقيامها بعملية البناء الضوئي ، تتكون مواد كربوهيدراتية مشعة يمكن تتبعها بواسطة جهاز خاص وتظهر هذه المواد وهي تنتقل إلى الأعلى وإلى الأسفل في داخل النبات عبر أوعية اللحاء.

المحاضرة الثامنة

البناء الضوئي في النباتات Photosynthesis

عملية البناء الضوئي من أهم العمليات الحيوية التي تتم على سطح الكرة الأرضية، ولهذه العملية العديد من الشروط اللازم توفرها في البيئة الخارجية والداخلية للنبات حتى يقوم بعملية التمثيل الضوئي.

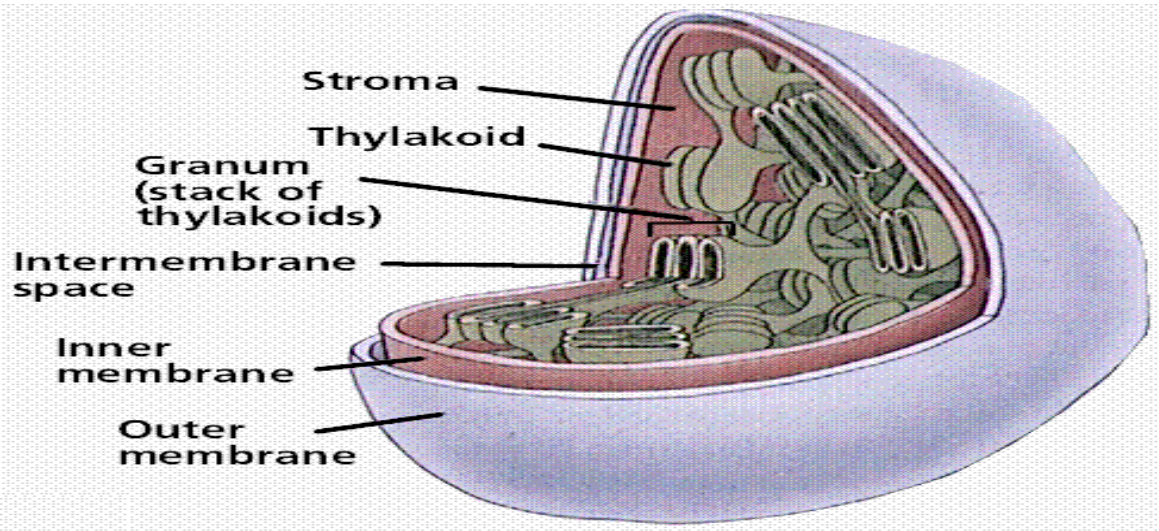
تعريف عملية التمثيل الضوئي :.

مجمل العمليات الحيوية التي تستطيع من خلالها النباتات الخضراء والتي تحتوي على صبغ الكلوروفيل من تصنيع موادها العضوية من مواد لاعضوية وتترافق العملية عادة مع تحرير الأكسجين.

تمثل عملية التمثيل الضوئي المصدر الرئيسي للغذاء والطاقة.

معادلة التمثيل الضوئي

$$CO_2 + H_2O \xrightarrow[\text{Chlorophyll}]{\text{Sun light}} C_6H_{12}O_6 + O_2 + H_2O$$



انواع الصبغات

- تمثل هذه الصبغات مركبات عضوية تقوم بامتصاص الطاقة الضوئية وتحويلها إلي طاقة كيميائية للنبات كي يتمكن من إكمال الجزء الآخر من العملية وهي تكوين المواد الكربوهيدراتية.

تقسم الأصباغ إلى ثلاث مجموعات رئيسية :.

- 1–الصبغات اليخضورية : Chlorophylls
- كلوروفيل (a) الذي تعتبر أهم صبغات التمثيل الضوئي على الإطلاق ويوجد عند جميع النباتات التي تقوم بهذه العملية.
- كلوروفيل (b) الذي يوجد مترافقاً مع اليخضور (كلوروفيل (a)) ومساعداً له،إنما كميته أقل من كمية كلوروفيل (a).
- 2– **الصبغات الشبيه بالكاروتين Carotenoids;**
- تقسم إلى مجموعتين رئيستين :.
- – الكاروتينات :وهي صبغات لا يدخل الأكسجين في تركيبها الكيميائي .
- – الزانثوفيلات : يدخل الأكسجين في تركيبها .
- **3– الفيكو بيلينات phycobilines**
- تقسم إلى ثلاثة أنماط من الصبغات وهي :.
- الفيكوارثيرين ذو اللون الأحمر
- الفيكوسيانين ذو اللون الأزرق
- اللوفيكوسيانين ذو اللون الأزرق

آلية حدوث عملية البناء الضوئي:

1- التفاعلات الضوئية :.

تمثل هذه التفاعلات مجموعات تفاعلات أكسدة و اختزال ويتم خلالها تحويل الطاقة الضوئية الممتصة إلى طاقة كيميائية ولذا فهي تتأثر بالضوء بشكل مباشر.

*يتم تكوين مركبات طاقة خلالها من خلال عملية فسفرة ضوئية وتتم هذه العملية بأحدي الطرق التالية

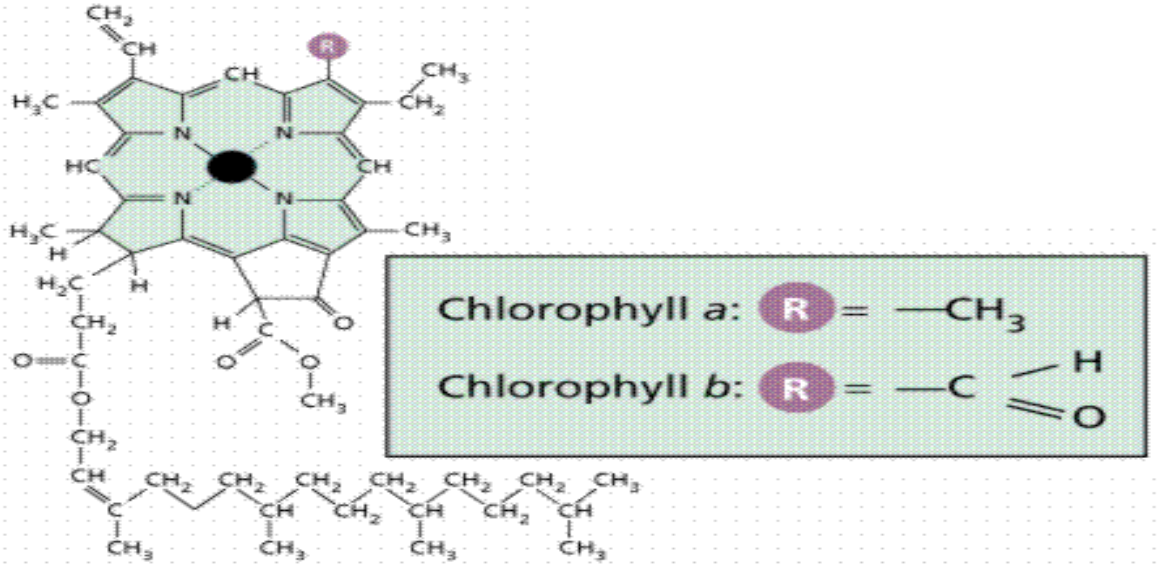
- فسفرة ضوئية حلقية :تنتج خلالها مركبات طاقة علي صورة ATP

- فسفرة ضوئية لاحلقية :تنتج خلالها مركبات طاقة علي صورتي ATP and NADPH+H.

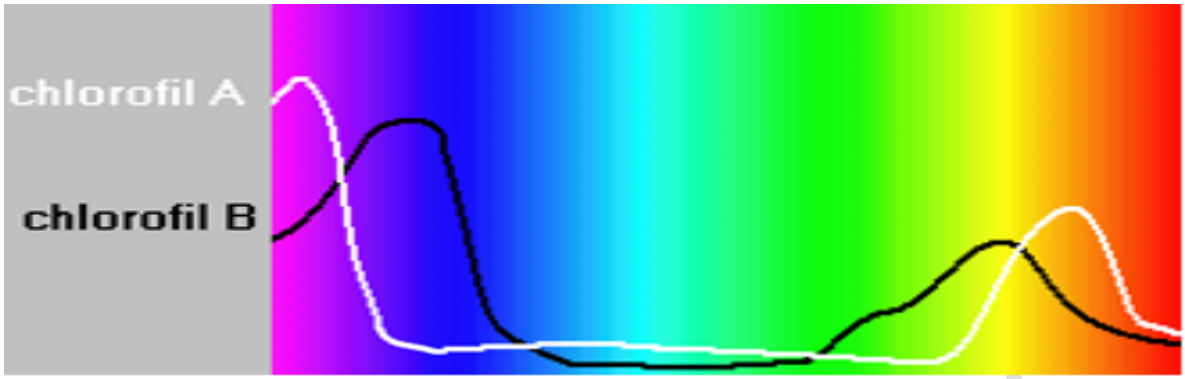
2- **التفاعلات اللاضوئية (حشوة البلاستيدة):-**

تحدث هذه التفاعلات في حشوة البلاستيدة الخضراء دون الحاجة إلي الضوء لكنها تتم متزامنة مع انتهاء التفاعلات الضوئية.

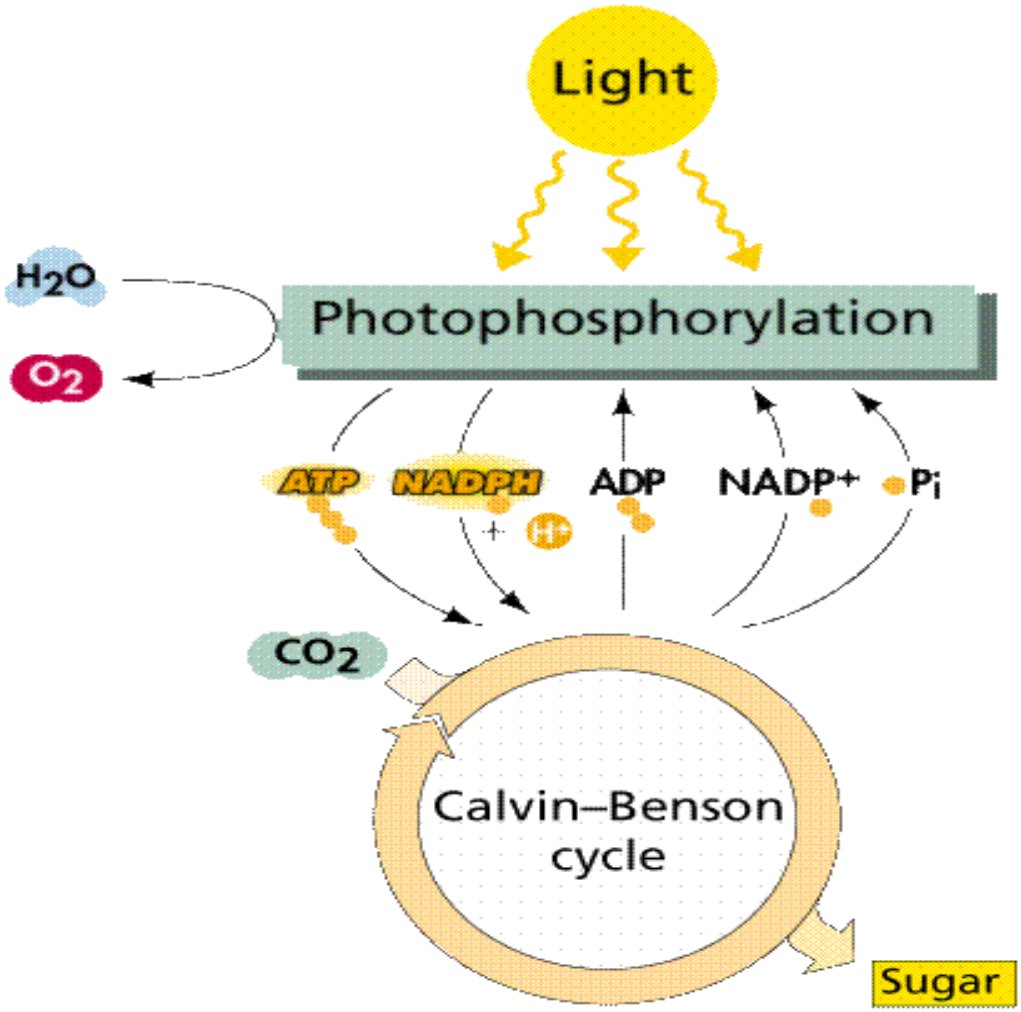
- يتم خلالها تثبيت ثاني أكسيد الكربون واختزاله لتشكيل سكريات بسيطة وذلك عبر حلقة كيميائية تتضمن 13 تفاعلاً إنزيمياً، ويشترك فيها عدد كبير من السكريات الثلاثية والرباعية والخماسية والسداسية والسباعية الكربون ،تدعى هذه الحلقة بحلقة كالفن نسبة إلى مكتشفها.



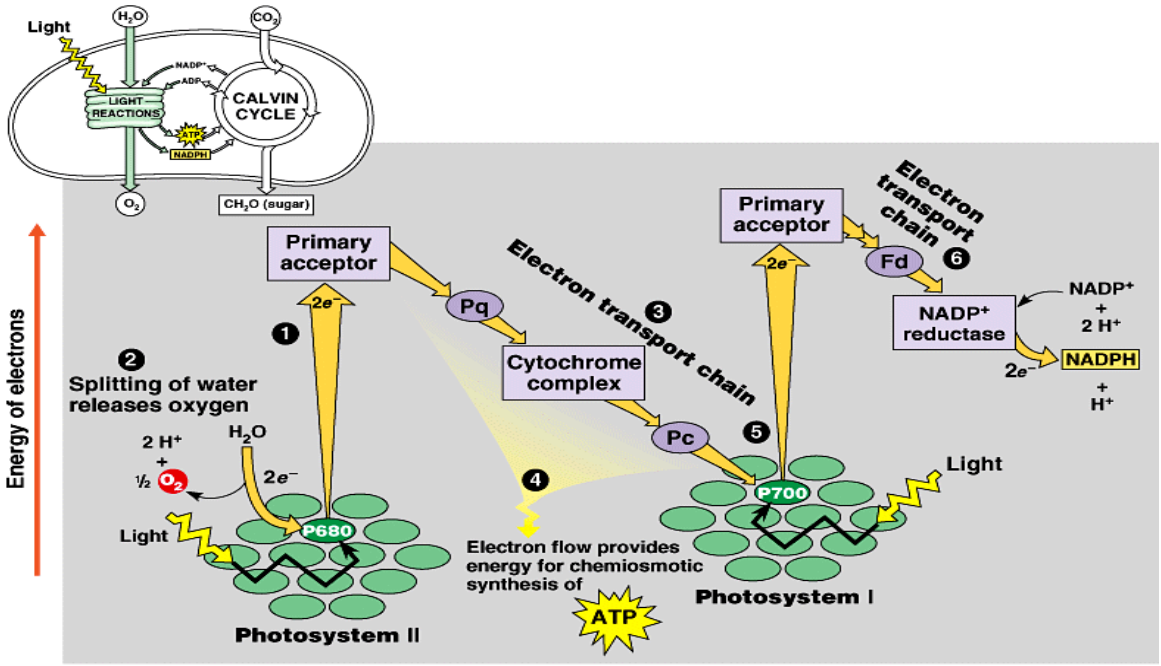
الشكل ( ) التركيب الكيميائي للكلوروفيل a



اختلاف الامتصاصية للطول الموجي حسب نوع الكلوروفيل



ملخص عملية التمثيل الضوئي



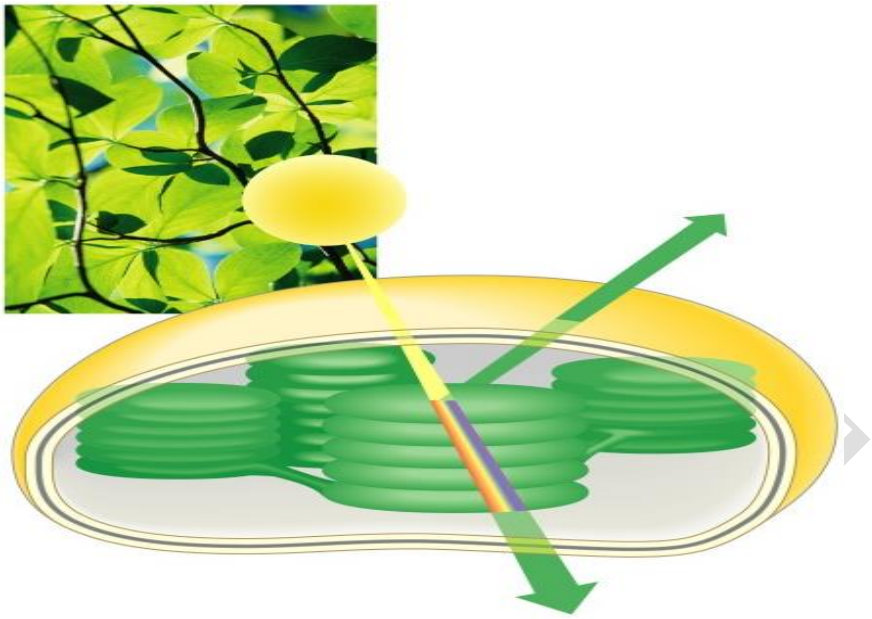
المحاضرة التاسعة

WHY ARE PLANTS GREEN?

Different wavelengths of visible light are seen by the human eye as different colors.

THE COLOR OF LIGHT SEEN IS THE COLOR NOT ABSORBED

Chloroplasts absorb light energy and convert it to chemical energy

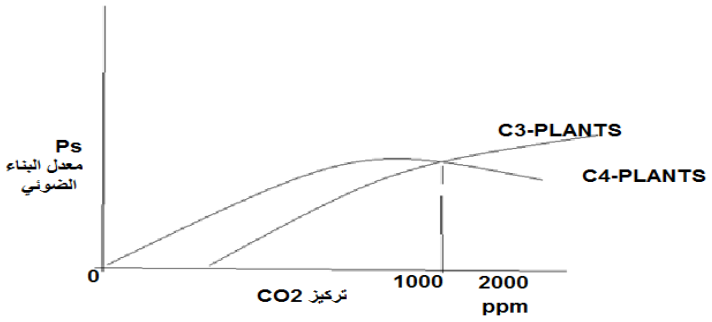


العوامل المؤثرة في عملية البناء الضوئي

أولا – العوامل الخارجية External Factors

1- تركيز Co_2

زيادة تركيز $C0_2$ يؤدي الى زيادة سرعة البناء الضوئي ولكن الزيادة عند حد التشبع قد يسبب انخفاض في عملية البناء الضوئي حيث ان زيادة تراكمCo_2في الانسجة النباتية قد يسبب سمية للبروتوبلازم وكذلك قد يؤدي الى غلق الثغور مما يسبب توقف تبادل الغازات بين النبات والجو المحيط به وعلى العموم فان هذا التأثير يختلف باختلاف نوع النبات ودرجة نموه وكذلك فترة التعرض لزيادة التركيز



2-تركيز O_2

ينتج الاكسجين من التفاعلات الضوئية التي تتم داخل اقراص الثايلاكويد هذا الاكسجين ناتج من انشطار جزيئ الماء لذلك فان له تأثير على عملية البناء الضوئي فزيادة تركيز الاكسجين داخل البلاستيدات الخضراء يسبب تنافس مع Co_2وخاصة في نباتات الثلاثة الكربون مما يؤدي الى فقد في عملية البناء الضوئي نتيجة لتثبيت O_2 وفقد$Co2$ وتسمى هذه الظاهرة بالتنفس الضوئي Photorespiration وهي ظاهره غيرمرغوب فيها لأنها تسبب فقد في الإنتاجيةالزراعية وخاصه في نباتات ثلاثية الكربون

3-شدة الإضاءة

بما ان الضوء هوالمصدر الوحيد للطاقة اللازمة لعملية البناء الضوئي لذلك فان شدة الاضاءة ومدة تعرض النبات للضوء لها تأثير على سرعة عملية البناء الضوئي وتحت الظروف الطبيعية تعتبر شدة الاضاءة من العوامل المحددة للنمو.

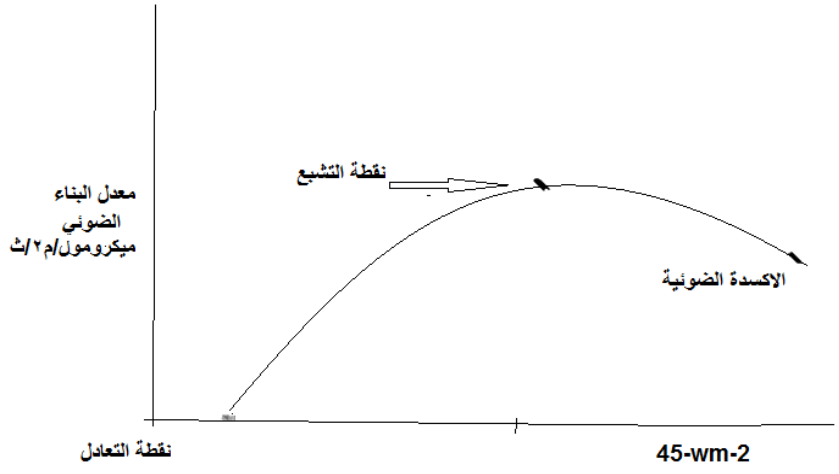
وتختلف النباتات في احتياجاتها الضوئية حسب نوع النبات وكذلك البيئة التي ينمو فيها هذا النبات وكذلك فان النباتات الرباعيةتتأقلم وتتحمل ظروف ضوئية اكبر من النباتات الثلاثة .

وعلى العموم فان عملية البناء الضوئي تتناسب تناسباً طرديا مع شدة الاضاءة حتى تصل لدرجة التشبع بعدها فان أي زياده عن هذه النقطة قد يسبب انخفاض في عملية البناء الضوئي حيث تسبب الاضاءة العالية مايسمى بالأكسدةالضوئية photo oxidation (ظاهرة التشميس)soolarigation حيث ان زيادة شدة الإضاءةالساقطة على الاوراق تسبب ارتفاع درجة حرارة النبات وبالتالي قد تسبب ضرر لمادة الكلوروفيل حيث تفقد الاوراق لونها الاخضر وتتحول الى اللون البني

نقطة التعادل الضوئية light compensation

هي شدة الاضاءة التي تتساوى فيها سرعة التنفس مع سرعة البناء الضوئي

نقطة التشبع light saturation

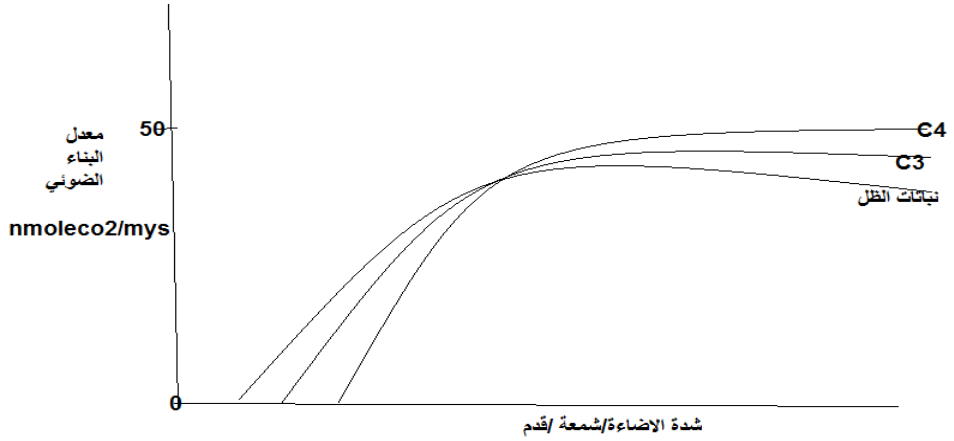


هي شدة الاضاءة اللازمة لكي تصل فيها سرعة البناء الضوئي حده الاقصى تحت ظروف معينه حيث بعد هذ النقط تقل كفاءة الورقة في تحويل الطاقةالضوئية الى طاقه كيميائية

الاكسده الضوئية photo oxidation

(ظاهرة التشميس)soolarigation

هي الظاهرة التي تحدث عندما تزداد الاشعة الساقطة على النبات عن حد معين (نقطة التشبع) حيث تزداد درجة حرارة الورقة مسببه تأكسد الكلوروفيل وبالتالي فقد الورقة اللون الاخضر ما يؤثر على عملية البناء الضوئي .



4 –درجات الحرارة

للحرارة تأثير على عملية البناء الضوئي حيث ارتفاع الحرارة عن حد معين يؤثر على بعض الانزيمات الداخلة في عملية البناء الضوئي وخاصه في تفاعلات الظلام التي يتم فيها تثبيت Co2 وتحويله الى مواد كربوهيدراتية . وعموما فان النباتات تختلف حسب احتياجاتها الحرارية فمثلا ثلاثية الكربون الحرارة المثلى لها(15–25م) بينما رباعية الكربون يزداد هذاالمعدل الى(30–40م)

5–الماءWater

يستهلك النبات في عملية البناء الضوئي كميه بسيطة من الماء لا تتجاوز 1% من النسبة الكلية التي يمتصه النبات من الماء لذلك فان تأثير الماء على هذه العملية قد لا تكون مباشرة حيث ان قلة الماء قد تسبب انخفاض معدل البناء الضوئي وذلك بسبب ما يسببه نقص الماء من التأثر على انغلاق الثغور وبالتالي تبادل الغازات وخاصه Co_2مما يسبب انخفاض في معدل البناءالضوئي

ثانيا العوامل الداخلية:

1– نوع النبات species

تختلف سرعة البناء الضوئي باختلاف النبات وايضا الصنف تحت النوع الواحد

النوع	اعلى معدل للبناء الضوئي $\mu mol CO_2/m^2/g$
C3-PLANTS	10-20
C4-PLANTS	20-40
CAM-PLANTS	0.6-2.4

2- عمر الورقة والحالة الغذائية.

يؤثر عمر الورقة على عملية البناء الضوئي حيث بتقدم العمر يزداد تساقط الاوراق وموتها وبالتالي فان المساحةالورقية تقل مما يقلل من عملية البناء الضوئي . كذلك فان الحالة الغذائية للأوراق أي مدى توفر العناصر الغذائية بها تعتبر عاملاً مهماً في استمراريه الورقة في نشاطها البنائي .

3- الكلوروفيل (اليخضور)

يعتبر عاملا اساسيا في عملية البناء الضوئي وترجع اهميته في البناء الضوئي الى قدرته في امتصاص الطاقةالضوئيةاللازمة لدفع هذه العملية .

ونظرا لتوفر هذا العنصر فانه يندر ان يكون عامل محدد وخاصة تحت الظروف البيئية الاخرى الملائمة مثل توفر الضوء وCO_2.

4- تراكم نواتج البناء الضوئي

اذا كان تراكم نواتج البناء الضوئي في الأنسجة النباتية الخضراء اسرع من انتقالها الى الأنسجة الاخرى فان ذلك قد يؤدي الى ابطاء سرعة البناء الضوئي او توقفها وخاصة في النباتات التي تكون النشاء في اوراقها كمعظم النباتات ذوات الفلقة الواحدة . اما حين تتحول المادة السكرية المتكونة في الورقة الى نشاء فان هذا التراكم للنشاء لا يكون له اثر في عملة البناء الضوئي

5- المادة البروتوبلازميه(العامل البروتوبلازمي)

دلت بعض الابحاث على ان نشاط عملية البناء الضوئي في باردات بعض النباتات (دوار الشمس ، القرع) تبدأ بمجرد تكون المادة الخضراء وفي باردات بعض النباتات الاخرى كالفاصوليا والخروع والذرةيتأخر البناء الضوئي بعض الوقت رغم احتواء البادرات على كميه كبيره من الكلوروفيل لذلك يظهر ان هناك عاملا داخليا اخر غير الكلوروفيل لا يتوفر وجوده في الاطوار الاولى للإنبات وعندما تبلغ هذ البادرات عمرا معينا يكون هذا العامل الداخلي قد توفر وجوده وبالتالي تبدأ هذ البادرات بعملية البناء الضوئي واطلق على هذا العامل اسم العامل البروتوبلازمي ويبدو انه ذو طبيعة انزيميه .

المحاضرة العاشرة

الإنزيمات Enzymes

ان التفاعلات الكيميائية التي تجري داخل الخلايا الحية والتي تشمل عمليات البناء(مثل بناء السكريات والنشأ والسليلوز والبروتينات والمواد الدهنية وغيرها) وكذلك عمليات تحلل تلك المواد، لايمكن لها أن تحدث بدرجات الحرارة الاعتيادية لولا وجود مواد عضوية خاصة يصنعها البروتوبلازم، تسمى الإنزيمات Enzymes هي جزيئات بروتينية تعجل التفاعلات الكيميائية وترتبط مع مواد التفاعل لكنها تخرج من التفاعل دون تغيير خصائصها الفيزيائية والكيميائية.

طاقة التنشيط

المعلوم أن الجزيئات غالباً لاتتفاعل مع بعضها البعض إلا أن تُنشط بطريقة ما، يمكن تنشيط الجزيئات في المختبر بالتسخين مثلاً وهذا يعني زيادة عدد التصادمات بين الجزيئات، وهذه الطاقة الواجب اضافتها للجزيئات حتى تبدأ بالتفاعل تسمى طاقة التنشيط. مثلاً التحلل المائي لبروتين الكازين يحتاج الى طاقة 20600 كيلو سعرة لكل جزيء غرامي، لكن بوجود الانزيم فان طاقة التنشيط تهبط الى 12600 كيلو سعرة لكل جزيء غرامي. ويتم خفض طاقة التنشيط بواسطة الإنزيم بتكوين معقد (الإنزيم–مادة التفاعل).

الإنزيم+مادة التفاعل ⟸ الإنزيم–مادة التفاعل ⟸ النواتج + الإنزيم

يرتبط جزء بسيط من الإنزيم مع مادة التفاعل بموقع يسمى الموقع الفعال Active site وهذا الارتباط يشبه علاقة القفل والمفتاح. وهو ما يحدد تخصص الانزيم بالعمل. يتوقع ان تخفيض طاقة التنشيط يكون عن طريق تكوين معقد الانزيم–مادة التفاعل الذي يشد روابط مادة التفاعل، وبعد اتمام التفاعل فأن النواتج تتحرر ويعود الموقع الفعال لوضعة الطبيعي، وهذا يمكن الخلية من استعمال الانزيم في التفاعلات القادمة ولذلك تحتاج الخلية الى كميات قليلة من الانزيمات لإنجاز التفاعلات.

خصائص الإنزيمات

تختلف الإنزيمات في عدد من الصفات عن العوامل المساعدة غير العضوية منها:-

1- تعمل الانزيمات بسرعة عالية في الظروف العادية قياسا مع العوامل المساعدة غير العضوية مثلا تتحلل البروتينات مائيا بوجود العوامل المساعدة غير العضوية كالاحماض والقواعد القوية عند درجة حرارة 100° س وتحتاج لعدة ساعات في حين تتم هذه العملية بوجود الانزيمات في عدة دقائق وبدرجات الحرارة الاعتيادية كذلك الحال في التحلل المائي للنشا كذلك فان ايونات الحديد

ضمن تركيب انزيم الكاتليز Catalase تعمل على الاسراع في تفكك H_2O_2 بسرعة كبيرة قياسا بالحديد لمفرده.

2- الانزيمات ذات طبيعة بروتينية وهي بذلك تختلف عن العوامل المساعدة غير العضوية وعدم الثبات الحراري واعتماد نشاطها على تركز ايونات الهيدروجين pH ووجود المنشطات او المثبطات وغيرها .

3- تعجل الانزيمات التفاعلات العكسية او غير العكسية حتى الوصول الى حالة الاتزان وفي عدم وجود الانزيم فان التفاعلات تحدث ببطئ شديد للوصول الى الاتزان . اما العوامل المساعدة غير الانزيمية فانها غير معنية بحالة الاتزان بل تسرع في اتمام التفاعلات التي تحفزها .

4- التخصص تتميز الانزيمات بتخصص عالي جدا بتأثير في التفاعلات الكيمائية وهذا لايلاحظ في حالة العوامل المساعدة غير الانزيمية اذ يقوم كل انزيم بتعجيل تفاعل كيميائي واحد او لمجموعة من التفاعلات من نوع واحد وهو من الصفات البارزة للانزيمات ويمكن تفسيره على اساس تطابق التركيب الفراغي للمادة المتفاعلة والمراكز الفعالة وهناك عدة انواع من التخصص:-

أ- تخصص مطلق:- الانزيمات ذات التخصص المطلق تنشط تفاعل خاص مثلا انزيم المالتيز Maltase يساعد على تحلل رابطة الفا كلكوسايد α-glucoside وليس بيتا كلكوسايد β-glucoside .كلك يعمل انزيم اليوريز Urease على تحلل اليوريا Urea وليس المركبات الشبيهة بها مثل الاثيويوريا والمثيل يوريا والبيوريت .

ب- التخصص الكيموفراغي تبدي الانزيمات درجة عالية من التخصص حول توزيع الذرات في مادة التفاعل مثلا انزيم Lactic dehydrogenase الذي يعمل على تحلل L-lactic acid وليس صورة D-Lactic acid .

ج- تخصص مجموعة :- هذه الانزيمات تسرع التفاعلات لجزيئات المواد التي لها المجموعة نفسها مثلا انزيم الببسين (من انزيمات Peptidases) الذي يعمل على تحلل رابطة الببتيد المجاورة لكل الاحماض الامينية الحلقية وكذلك المجاورة للحامض الاميني الليوسين وانزيم التربسين الذي يحلل الرابطة المجاورة للحامضين الامينين ارجنين واللايسين وغيرها.

د- تخصص رابطة:- تعد هذه المجموعة من الانزيمات الاقل تخصصا اذ انها تؤثر في رابطة كيميائية معينة بغض النظر عن نوع المركبات الحاوية على هذه الرابطة مثلا انزيم اللايبيز Lipase يحلل رابطة الاستر مهما كان نوع الكحول والحامض الدهني المكون لهذه الرابطة .

الطبيعة الكيميائية للانزيمات

الانزيمات مواد بروتينية قابلة للذوبان في الماء وفي المحاليل المخففة الملحية والكحولية وهي تترسب من محاليلها المائية باضافة الاملاح او حامض البكريك والفوسفوتينجستك ويمكن تقسيمها الى نوعين:

1- البروتينات البسيطة مثل انزيم الاميليزالذي يحلل النشا وهذه تتالف من احماض امينية فقط.

2- البروتينات المقترنه وهي تكون مرتبطة مع مركبات غير بروتينية ويتكون تركيب هذه الانزيمات من :-

- الجزء البروتيني ويسمى الانزيم المجرد.

- الجزء غير البروتيني تحتاج انزيمات متعددة الى عوامل مساعدة غير بروتينية لتسهيل عملها وتسمى عوامل مساعدة وتكون على نوعين العامل المساعد العضوي يؤدي دورا مهما في ننشيط عمل الانزيمات وقد يكون غير وثيق الاتصال بالانزيم ويسمى المرافق الانزيمي Conzyme مثل NAD^+ وFAD او قد يكون وثيق الاتصال بالانزيم ويسمى المجموعة الاضافية.

وعامل مساعد لاعضوي وهو يكون بشكل مجموعة اضافية وثيقة الاتصال بالجزء البروتيني ولايمكن فصله بسهولة عن الانزيم ووجوده اساسي لعمل الانزيم وفصل هذا الجزء عن الانزيم يوقف النشاط الانزيمي بشكل كامل مثل النحاس والحديد والمنغنيز والزنك والكالسيوم والبوتاسيوم والكوبلت .

الية عمل الانـزيم

تحتاج جميع التفاعلات العادية الى طاقة تنشيط لمادة التفاعل قبل التحول الى نواتج ويكون معدل التفاعل محددا بتكوين المركب الوسطي الذي يحتاج الى طاقة تنشيط عالية لكي يتكون ويكون ذلك عن طريق امداد التفاعل بالطاقة (الحرارة) وبزيادة درجة الحرارة تحصل اعداد كبيرة من مواد التفاعل على قدر كاف من طاقة التنشيط لتكوين المركب الوسطي الذي يتحول تلقائيا الى نواتج.

اما في التفاعلات الانزيمية فيرتبط الانزيم بمادة التفاعل بطريقة تؤدي الى تغيير في تركيب مادة التفاعل لتصبح في الصورة الوسطية وان هذا المعقد(الانزيم–مادة التفاعل) يحتاج الى طاقة تنشيط اقل قياسا مع طاقة التنشيط اللازمة في حالة غياب الانزيم . وعليه فان الانزيم يقوم بخفض طاقة التنشيط اللازمة لمادة التفاعل وهذا يزيد من معدل تكوين الصورة الوسطية الامر الذي يؤدي الى زيادة نواتج التفاعل .

العوامل المؤثرة في النشاط الانزيمي

1– تركيز الانزيم :– يزداد معدل التفاعل الانزيمي زيادة طردية بزيادة تركيز الانزيم الا في حالات شاذة .

2– تركيز مادة التفاعل:– تزداد سرعة التفاعل الانزيمي الى درجة كبيرة بزيادة تركيز مادة التفاعل وتقل بعدها الكمية النسبية للمادة المتفاعلة مع الزمن الا ان زيادة تركيز مادة التفاعل الى درجة كبيرة

يمكن ان يحدث تاثيرا مثبطا للنشاط الانزيمي وقد يكون ذلك بسبب تراكم النواتج النهائية للتفاعل وكذلك فان زيادة تركيز مادة التفاعل يؤدي الى تقليل تركيز الماء (الاجهاد المائي) وهذا يقلل من الطاقة الكامنة للتفاعل الانزيمي .

3 – درجة الحرارة:– تزداد سرعة التفاعل الانزيمي بزيادة درجة الحرارة لحدود معينة وقد وجد ان زيادة درجة الحرارة 10 درجات مئوية تزيد معدل التفاعل الانزيمي 2.5 مرة لغاية 25 ° س تسبب زيادة الحرارة زيادة في الطاقة الحركية لكل من مادة التفاعل وجزيئات الانزيم وزيادة في فرصة الاصطدام بين الانزيم وجزيئات مادة التفاعل نتيجة للحركة الكبيرة. يبدو ان معدل التفاعل يصل الى حده الاقصى عند 45 °س وفي هذه الدرجة تبدأ عملية تغير في التركيب الاساسي لجزيئ الانزيم وفي الحقيقة فان تغير خصائص الانزيم يبدأ من درجة 35 الى 60 ° س .

4– تركيز ايون الهيدرجينpH:– تتأثر سرعة النشاط والتفاعل الانزيمي بتركيز ايون الهيدروجين لوسط التفاعل ويتراوح الرقم الهيدروجيني للحصول على اقصى نشاط انزيمي بين 4.5 الى 7.5 ويسمى الرقم الذي يعطي اقصى نشاط انزيمي بالرقم الهيدروجيني المثالي علما ان هناك انزيمات يكون نشاطها الاقصى عند ارقام هيدروجينة اعلى واقل مما ذكر في اعلاه وبعض الانزيمات لايتاثر نشاطها كثيرا بتغير pH وسط التفاعل مثل Catalase و Dehydrogenase .

5– المنشطات والمثبطات :– المنشطات هي مواد ثابته لاتتأثر بالحرارة ويمكن فصلها بطريقة الفصل الغشائي وبذلك يقل اويتوقف عمل الانزيم ومن امثلتها الايونات المعدنية . وهناك مركبات مثبطة ترتبط بالانزيمات بروابط تساهمية ويكون التثبيط للتفاعل غير العكسي عادة اما اذا ارتبطت بروابط ضعيفة فان التثبيط يكون عكسيا وبعض المثبطات تشبه جزئ مادة التفاعل وتتنافس على الموقع الفعال في الانزيم مع المواد المتفاعلة ويسمى هذا النوع بالتثبيط التنافسي وهناك نوع اخر من التثبيط ترتبط في المثبطات مع جزء الانزيم البعيد عن الموقع الفعال وهذا الارتباط يغير شكل الانزيم ويسمى بالتثبيط غير التنافسي .

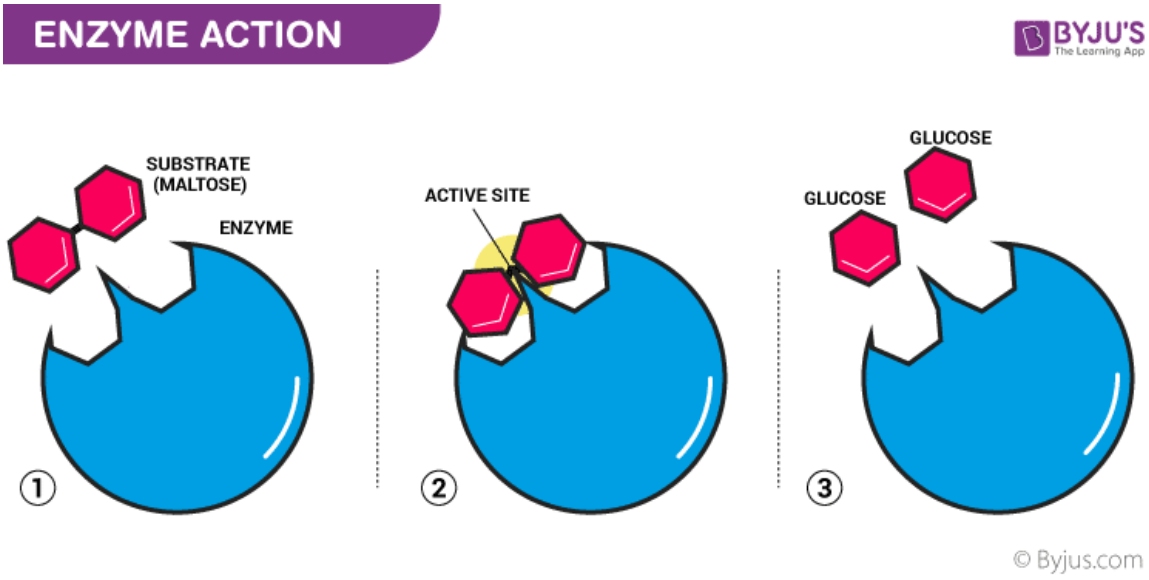
أسئلة طرحها الآخرون

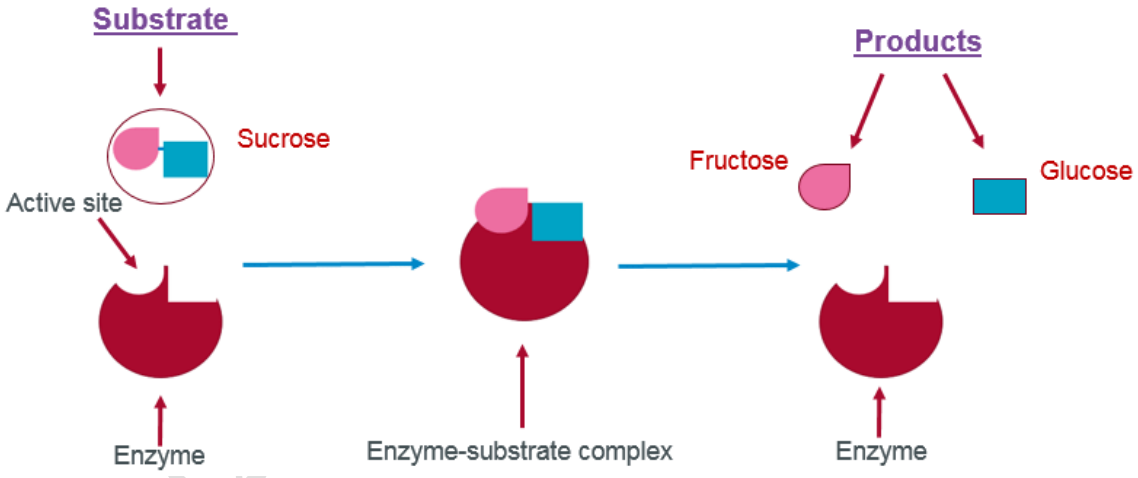
What is enzyme in plants?

How do plants make enzymes?

Why are enzymes important in plants?

Which enzyme can digest plant protein?





المحاضرة الحادية عشر

العناصر الغذائية وتغذية النبات Minerals and Plant Nutrition

تحتاج النباتات الى العناصر الغذائية لبناء انسجتها المختلفة وهو ما يعرف بالتغذية المعدنية **Mineral Nutrition** وعموماً تنقسم الكائنات الحية من حيث التغذية الى قسمين رئيسيين :

– ذاتية التغذية **Autotrophic** :

وهى الكائنات التى تعتمد على نفسها فى تكوين وتصنيع احتياجاتها الغذائية وهذه الكائنات تحتاج الى الموادغير العضوية لتحويلها الى مركبات عضوية وتتميز هذه الكائنات باحتوائها على مادة الكلوروفيل .

. غير ذاتية التغذية Heterotrophic :

وهى الكائنات الحية التى تتطلب أمدادها بالمواد العضوية وغير العضوية اللازمة لها لتغذيتها وهذه لاتستطيع تكوين احتياجاتها من الغذاء ولا تعتمد على نفسها .

وتلعب العناصر الغذائية دوراً مهماً فى حياة النبات ، اذ تدخل فى مكونات المركبات العضوية واهمها الكربوهيدرات ، والبروتينات ، الدهن ، والنيكلوبرتينات ، والأنزيمات ، وغيرها كما تؤدى هذه العناصر الى تحقيق التوازن الأنيونى فى الأنسجة النباتية .كما ان وجود هذه العناصر فى العصير الخلوى للخلية النباتية يؤثر على الضغط الاسموزى للخلية ،ورقم الحموضة للعصير الخلوى ،والأجزاء الاخرى من الخلية ،وتؤثر على تفاعلات الاكسدة والاختزال ،إذ تقوم بمنع أو إستقبال قدر من الطاقة ،وتؤثر على إذابة وصلاحية وحركة بعض المركبات بالنبات ،كما تساعد على إزالة الأيونات ،أو المركبات الزائدة بأنسجة النبات ،بتحويلها الى مواد غير ذائبة .

وتتضمن التغذية المعدنية للنباتات عناصر غذائية ضرورية لحياة النبا ت Essential وهى تنقسم بدورها الى قسمين هما:

عناصر غذائية كبرى Macronutrients

يحتاجها النبات بكمية كبير تركيزها فى النبات > 1000 جزء فى المليون وهي:

1. مصدرها الهواء الجوى وهي C, O, H فى البقوليات N
2. مصدرها التربة وهي N, P, K, Ca, Mg, S

عناصر غذائية صغرى Micronutrients

يحتاجها النبات بكمية صغيرة ويكون تركيزها فى النبات **< 500** جزء فى المليون وتؤخذ جميعها من التربة وهي Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl

عناصر غذائية غير ضرورية لحياة النبات Non–essential وهذه العناصر وجودها يحسن من اداء العمليات الفسيولوجية ويرفع من قيمة المنتج النهائى اى يدخل فى عمليات تحسين الجودة وغيابها لا يؤثر على النبات و لا يعوق اكمال النبات دورة حياته ويستطيع بدونها أكمال دورة حياته.

ويعتبر العنصر ضرورياً إذا توافرت فية الشروط التالية :

1. يؤدى نقص او غياب هذا العنصر الى فشل النبات فى اكمال دورة حياته .

2. يزول هذا التأثير وتختفى أعراض النقص اذا ما امد النبات بهذا العنصر فى الوقت المناسب .
3. لا يقوم اى عنصر آخر محلة فى حالة غيابة .
4. يدخل هذا العنصر بصورة مباشرة فى تركيب النبات ولو بصورة ضئيلة .
5. ان يحدث هذا العنصر تأثيره المباشر على النبات نفسه من حيث ايضه وتغذيته .

وظائف العناصر الغذائية الضرورية في النبات

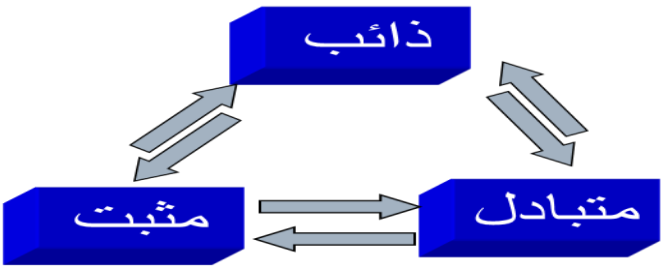
كل عنصر غذائي ضروري له وظيفة او وظائف معينة في النبات الا انه يمكن ذكر الوظائف العامة للعناصر الغذائية في النقاط التالية:

1. بناء بروتوبلازم الخلية الذي يتكون من البروتين والدهون والكربوهيدرات وغيرها
2. تكوين معظم الانزيمات اللازمة للعمليات الحيوية والنمو
3. بناء الانسجة النباتية التي تدعم وتحمي الخلايا
4. العناصر الغذائية تؤثر علي خواص عديدة في الخلايا النباتية مثل الاسموزية ونفاذية الاغشية الخلوية وال pH

العناصر الغذائية فى التربة:

توجد عليها العناصر الغذائية في 3 صور وتكون في حالة من الاتزان بين بعضها البعض

1. الموجودة فى محلول التربة Soil solution
2. الصورة المتبادلة او المدمصة على أسطح الحبيبات Exchangeable
3. الصورة الموجودة فى معادن التربة او المادة العضوية وقابلة للانحلال .



قابلية العناصر للاستفادة بواسطة النبات

من حيث الاستفادة من العنصر – فانه يوجد فى صورتين :

1. **ميسرة او قابلة للاستفادة Available** وهي الصورة التي يمكن للنبات ان يمتص فيها العنصر بسهولة وتشمل صورة العنصر في المحلول وفي صورته المتبادلة بالإضافة الي صورة العنصر المثبتة ولكنها قابلة للانحلال.

2. **غير الميسرة او غير قابلة للاستفادة Unavailable** وهي الصورة التي لا يستطيع النبات فيها الاستفادة من العنصر الموجود.

العوامل التى تؤثر على تيسر العناصر الغذائية

1. درجة الـ pH
2. رطوبة التربة
3. الهواء الارضى
4. المواد العضوية
5. نوع النبات

بعد هذا الاستعراض الموجز لموضوع غاية فى الاهمية الا وهو العناصر الغذائية وتسميد المحاصيل لارتباطة بكمية المحصول الناتج وحالة خصوبة الارض وقدرتها على استدامة الزراعة والانتاج مما يدفعنا الى عدد من الاسئلة التى تتعلق بالموضوع ومنها :

- هل جميع النباتات تحتاج هذه العناصر الغذائية بقدر متساو ؟ وهل كل العناصر على قدر متساو من الاهمية لجميع النباتات ؟ والعناصر الغذائية توجد فى صورة ميسرة يستطيع النبات امتصاصها ؟

المحاضرة الثانية عشر

التنفس Respiration :

هو عملية حيوية تحدث نتيجة لانطلاق الطاقة أثناء تفكك وتحلل المواد المعقدة التركيب الموجودة بداخل الخلايا الى مواد بسيطة يسهل للنبات استخدامها في شتى وظائفه الحيوية .

ويصاحب هذه العملية عادة امتصاص الاكسيجين وانطلاق ثاني اكسيد الكربون .

والتنفس يشمل جميع العمليات التي تؤدي الى انطلاق الطاقة سواء كان نتيجة للتبادل الغازي بين الكائن والبيئة او ناتج في بعض الاحيان عن تفاعلات لا تشمل على تبادل غازات .

والنوع الشائع من التنفس يتم فيه انطلاق الطاقة وذلك نتيجة لأكسدة المواد العضوية مثل المواد الكربوهيدراتية والدهنية والبروتينية ويتطلب ذلك استعمال الاكسيجين الجوي لذلك يعرف هذا النوع من التنفس بالتنفس الهوائي حيث هو الوسيلة العادية لتنفس النباتات .

هذا النوع من التنفس يتطلب امتصاص الاكسيجين وخروج ثاني اكسيد الكربون . هذا وقد تنطلق الطاقة من عمليات اخري غير النوع السابق ومن اهمها تلك التي التنفس اللاهوائي هو تتفكك في

المواد الكربوهيدراتية الى كحول و Co2دون استخدام الاكسيجين الجوي وتعرف هذه العملية بالتنفس اللاهوائي .

عادة الكائنات الاولية مثل البكتيريا تقوم بهذا النوع من التنفس كذلك الخمائر.

التنفس:

هو مجموعة العمليات التي تحدث داخل الخلية والتي بموجبها يتم تحويل الموادالغذائية المعقدة الى مركبات اقل تعقيدا الى التراكيب مع تحرير الطاقة الكامنة الى تلك المواد على دفعات والمواد الغذائية التي تستخدم في التنفس هي النشا والسكروز والجلكوزوغيرها من السكر وكذلك المواد الدهنية والاحماض العضوية. والطاقة المنطلقة جزء ا يتحول الى الطاقة حرارية غالب ما يتنقل الى الجو المحيط بالإشعاع او التوصيل وقد تسبب على بعض الإضاءةورفع درجة حرارة النبات او النسيج.أما الجزء الاخرمن الطاقة الذي يستفيد منة النبات فيتحول الى طاقة كيمياوية تخزن في بعض المركبات علي صورة روابط فوسفاتية غنيه بالطاقة ومن اهما (ادينوزينثلاثي الفوسفات)الذي له المقدرة على استلام او استقبال الطاقة مناخرى التفاعلات ونقل هذه الطاقة لتسير تفاعل اخر وبناء مكونات خلوية .

عملية التنفس هذه هي عملية اكسدة المواد الغذائية واختزال الاكسيجين لتكون الماء

التفاعلات التمهيدية :

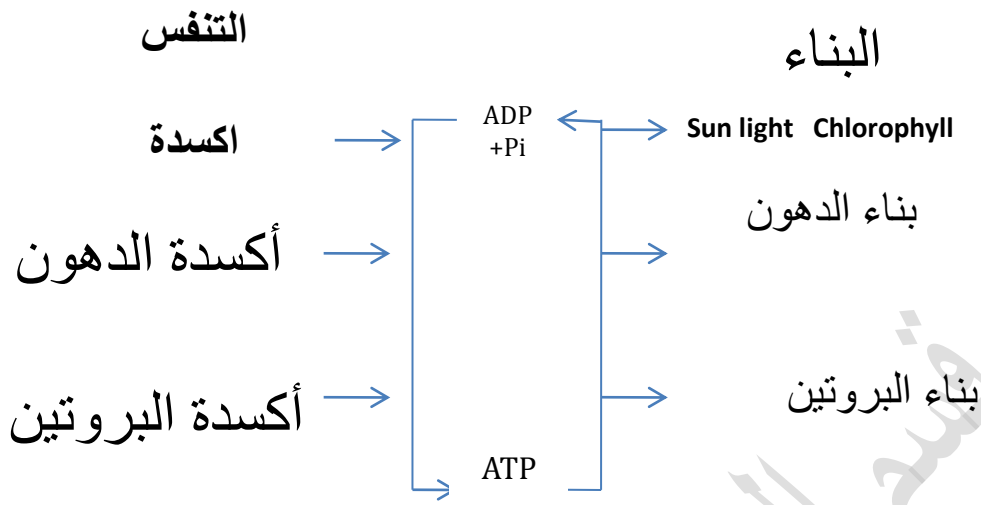
حيث تتحول السكريات المعقدة الى سكريات بسيطة (جلكوز)

$$1\text{-Starch} + \text{many } H_2O \xrightarrow{\text{amylasesenzyme}} \text{many glucose}$$

$$\text{Starch} + Pi \xrightarrow{\text{phosporylaseenzyme}} \text{many glucose -1-P}$$

$$2\text{-Fructans} + H_2O \xrightarrow{\text{fructan-exohydrolaes}} \text{Sereal Frutose} + \text{one sucrose}$$

قبل دخول السكريات التحلل السكري لابد ان يمر بتلك التفاعلات التمهيدية والتي تحول السكريات العديدة والثنائية الى سكريات أبسط ليتم تحليلها مثل (الجلكوز)



كمركب وسيط لنقل الطاقةATP دورة جزئ

ادينوزين ثلاثي فوسفاتATP=

ادينو ثنائي الفوسفات ADP=

فوسفو غير عضوي Pi=

$$CH_2O + O_2 + ATP + Pi \rightarrow CO_2 + H_2O + ATP$$

وظائف التنفس :

1-انتاجATP .

2-يكون العديد من المركبات التي تدخل في بناء انسجة النبات.

- في المرحلة الاولى يتحول سكر الجلكوز الى احماض البارفيك.ولا يتم امتصاص الاكسيجين وانطلاقCO_2

  في المرحلة الثانية ينطلقCo_2نتيجة لتفكك الاحماض البار فيك

- جميع CO_2المطلق المتحرر يأتي من دورة كربس

- في المرحلة الاخيرة (نقل الالكترونات) فتنتج الطاقة Energy حيث 3/2 هذه الطاقة يفقد على شكل حرارة Heatو3/1 فقط من هذه الطاقة يمسك علي شكلATP(مركب فوسفور كامل للطاقة)

–قبل دخول السكريات في المرحلة الاولى (التحلل السكري)لابد ان تكون السكريات العديدة والثنائية (النشا)–السكروز

قد حدث لها تحلل بواسطة بعض الانزيمات الخاصية لتحويل الى سكريات أحادية ليتم تحللها.

تسمى هذه المرحلة بالتفاعلات التمهيدية.

معامل التنفس.

Respiratory Guotien (RG)

Respirator, ratio نسبة التنفسية

وهو مقياس النسبة تحرر CO_2الى استهلاك o_2 في عملية التنفس

$$=RQ \frac{CO2}{O2}$$

فعندما يكون سكر الجليكوز مادة التفاعل في التنفس ويتأكسد كله فإن حجم الاكسيجين المستهلك في هذه العملية يساوي حجم CO_2 المنطلقة ومن هنا فإن النسبة تساوي الوحدة1=.ea وهذا مايلاحظ عند قياس معدل تنفس كثير من البذورالحبوب نظرا لان مخزونها الغذائي عبارة عن مواد سكرية اما في البذور النباتات التي تحتوي على مواد دهنيةفإن النسبة تكون كسرا نظرا لاختلاف مادة التفاعل بالنسبة للتنفس ولان نسبة الكربون والهيدروجين والاكسيجين بالدهون تختلف عن السكريات وهنا فان معامل التنفس يدل على نوع المواد المؤكسدة او ...اي...التأكسد للمادة الداخلة كمادة تفاعل للتنفس.

اذا كانت مادة التنفس سكرا فإن معامل التنفس يساوي 1 اما في الدهون فإنها تتطلب قدرا كبيرا من الاكسيجين لكي يتم تأكسدها الي CO_2 وماء لان نسبة الاكسيجين في جزىء الدهون اقل من جزىء السكر لذلك فإن معامل التنفس للدهون اقل من 1 (السكر)

س: ماذا يدل علية معامل التنفس ؟

يدل على نوع المواد المؤكسدة

العوامل المؤثرة على عملية التنفس :

1– درجة الحرارة :

تؤثر درجة الحرارة تأثيرا ملحوظا في عملية التنفس فالنباتات تستجيب لارتفاع درجة الحرارة في عملية التنفس مثلها كمثل أي عمليه حيوية اخرى فيزداد معدل التنفس بزيادة درجة الحرارة الى حدما كذلك فأن انخفاضدرجة الحرارة قد تسبب انخفاض في عملية التنفس وذلك بحسب نوع النبات والبيئة التي يعيش فيها.

2- تركيز O_2:

يزداد معدل التنفس بزيادة تركيز الاكسيجين وكذلك فإن نقص الاكسيجين يسبب انخفاض معدل التنفس وعلى العموم فإن التنفس الهوائي يلزم له وجود الاكسيجين أي في حالة غياب الاكسيجين فإن التنفسيكون لا هوائيا .

3- تركيز CO_2 :

يعتقد ان زيادة تركيز CO_2 الناتج نهائي في عملية التنفس قد يثبط عملية التنفس الا ان هذه التراكيز التي تثبط التنفس عالية أيضا كما ذكر سابقا فإن زيادة تركيز CO_2في الانسجة النباتية قد يسبب الأغلاق الثغور ومن ثم التأثير تبادل الغازات وبالتالي تثبيط التنفس.

جدول مقارنة بين التمثيل الضوئي والتنفس

الموضوع	التمثيل الضوئي	التنفس
الفسفرة	الفسفرة الضوئية تستعمل الطاقة الضوئية	الفسفرة التأكسدية تستعمل الطاقة الكيمياوية
اختزال النيكلتيد	يتكونNADPH بالطاقة الضوئية ويستعمل لاختزال CO_2	يتكون NADH بأكسدة لاختزال CO_2
CO_2	مادة تفاعل	ناتج
الماء	مادة تفاعل	ناتج
O_2	ناتج	مادة تفاعل
المركبات العضوية	ناتج	مادة تفاعل

المحاضرة الثالثة عشرة

منظمات النمو النباتية Plant growth regulators

مدخل لدراسة منظمات النمو النباتية

السيطرة على النمو

يعرف النمو في النبات بأنه زيادة غير عكسية في عدد وحجم الخلايا، أو زيادة المادة الجافة. وهذه العملية تتطلب وجود مواد اولية مثل الماء والعناصر المغذية وثنائي اوكسيد الكاربون، فضلاً عن مركبات عضوية يقوم النبات بتصنيعها وبمساعدة الانزيمات والمرافقات الانزيمية ووجود عوامل بيئية مناسبة للنمو فأن النمو يحدث في النبات كما سبق بيانه بزيادة عدد وحجم الخلايا. والسؤال المطروح هو أين يجب أن يحدث هذا النمو وأين يوقف وكيف يتحدد شكله. يمكن أن أن نضع السيطرة على نمو الخلايا في مستويات ثلاثة:

1-السيطرة داخل الخلية

وهي تختص بعمليات التعبير الجيني للمورثات Gene expression التي تؤثر في الخلية عن طريق تغير انواع البروتينات التي يمكن أن تبنى أعتماداً على اوامر الشفرة الوراثية فالنمو والتطور المنظم للنبات يحتاج الى تعاقب مبرمج من التنشيط الخاص بالمورثات لغرض تكوين بروتينات معينه في الوقت المناسب. ومن المعروف ان المورثات ليست نشطة كلها طوال الوقت لكن يمكن ان تعمل او تتوقف عن العمل اعتمادا على متطلبات حالة النمو للنبات او الاستجابة للظروف البيئية ويمكن القول ان التعبير التفاضلي للمورثات هو بمثابة وسائل اساسية لغرض تعديل العمل الانزيمي في الخلية وبالتالي تعديل المسار الايضي والتميز الخلوي وعملية التعبير الجيني تتم بخمس مراحل اساسية هي تنشيط الموثات والنسخ او الاستنساخ وتعديل RNA والترجمة وتعديل البروتين.

2- السيطرة بين الخلايا

تتم السيطرة بين الخلايا عن طريق التنظيم الهورموني للنمو والتطور طيلة حياة النبات ان منظمات النمو تؤدي دورا مهما في عملية التواصل بين خلايا النبات وذلك عن طريق ارتباطها مع مستقبلات بروتينة خاصة في الاغشية البلازمية او الخيوط البلازمية Plasmodesmata عبر النظام الحي او نظام السايتوبلازم Symplast وكذلك عبر نظام الجدر الخلوية والمساحات البينية Apoplast والهورمونات النباتية تنشط او تثبط او تحور النمو ولها دور كبير في استجابة النبات للظروف البيئية المحيطة.

3- السيطرة خارج الخلايا

يمكن ان تؤثر البيئة في تنظيم نمو النبات فدرجات الحرارة والضوء والجاذبية الارضية والمجالات المغناطيسية والرياح والصوت ومؤثرات التربة مثل رطوبتها ومحتواها من المغذيات والملوحة ومؤثرات تلوث الهواء والماء التي تمثل تحديا بيئيا للنبات بما تسببه من تحورات في نمط النمو والتطور تمثل كلها عوامل محددة او مسيطرة على نمو النبات فالنبات يمتلك وسائل تحسس الاشارات البيئية وتحويلها وايصالها بشكل تغيرات دائمية للايض والكيمياء الحيوية وللهورمونات النباتية دور كبير في تحسس هذه الاشارات البيئية .

منظمات النمو النباتية

هي مركبات عضوية غير مغذية بتراكيز قليلة جدا تنشط او تثبط او تحور النمو (اقل من 1ملي مول) تبنى في مواقع معينة من النبات وتنتقل الى مناطق اخرى لاظهار تاثيرها الفسيولوجي والكيموحيوي الذي ينتج عنه تنظيم عمليات النمو المختلفة وهي ذات اهمية قصوى لاستكمال انشطة النمو وكذلك فهي معنية باستجابة النبات للظروف البيئية وغالبا ماتحدث العوامل البيئية تاثيراتها عن طريق استحثاث ايض الهورمونات النباتية وتوزيعها في جسم النبات .

يمكن ان نضع منظمات النمو في مجاميع وكل مجموعة تظم عدد من المركبات ذات الفعل التنظيمي للنمو وهذه المجاميع هي

1- الاوكسينات Auxins

2- الجبرلينات Gibberellins

3- السايتوكاينينات Cytokinins

4- حامض الابسيسك Abscisic acid(ABA)

5- الاثيلين Ethylene

يعد كل من ABA والاثيلين مثبطات للنمو Growth inhibitors في حين الاوكسينات والجبرلينات والسايتوكاينينات محفزات أو منشطات للنمو Growth promoters فضلا عن عدد من المواد المشخصة حديثا ذات الفعل التنظيمي للنمو ومنها :-

1- عديدة الامين (بولي امينات) Polyamines مثل بيوترسين Putrescine والسبيرميدين Spermidine والسبيرمين Spermine .

2- البراسينات Brassins او ستيرويدات براسين Brassinosteroids .

3- فلوريجين Florigen .

4- كومارين Coumarin .

5-جاسمونات Jasmonates.

6- حامض الساليسيلك Salicylic acid.

7- سيستيمين الببتيد Peptide systemin.

الفرق بين منظمات النمو والهرمونات النباتية

منظمات النمو Growth regulators

وهى مركبات عضوية طبيعية أو صناعية غير مغذية، لها القدرة على التأثير في نمو النبات، بتركيزات ضئيلة. وتتضمن هذه المجموعة المواد التي تشجع Promote أو تثبيط inhibit أو تحور modify النمو، أو أي عملية فسيولوجية أخرى فى النبات.

الهرمونات النباتية Plant hormones أو phytohormones :

وهي منظمات النمو التي تنتج طبيعيا وبكميات ضئيلة، في جزء ما من النبات، ويظهر تأثيرها الفسيولوجى، في غير المكان الذي تكونت فيه، أي تتحرك الهرمونات عادة خلال النبات من أماكن إنتاجها إلي أماكن تأثيرها. وبناء على هذا التعريف، لا يطلق لفظ هرمون على الكيماويات الشبيهة التي تخلق في المعمل والتي هي ذات تأثيرات هرمونية في النبات، أو المركبات المغذية، التي تخلق داخل النبات، وتعد أساسا للنمو ومصدرا للطاقة مثل السكريات والأحماض الأمينية.

أهم وظائف منظمات النمو (عن Nickell ، 1978)

1- تساعد فى تكوين الجذور أوعملية التجذير بصفة عامة.

2- تشجيع تكوين الأزهار أوتأخيرها وكذلك عملية تخليقها.

3- تحوير أوتعديل أوتغير جنس النبات.

4- إحداث خف طبيعى للأزهار والثمار.

5- التحكم فى حجم النبات والعضو النباتى.

6- التحكم فى عقد الثمار وتلونها وإنضاجها وتساقطها.

7- تنظيم التركيب الكيماوى للنبات وتقليل الفقد فى المحتوى المائى.

8- استطالة الخلايا وزيادة مرونة الجدرالخلوية.

9- حدوث عملية السيادة القمية او كسرها.

10- التحكم فى الانتحاءات المختلفة للنبات.

11- انقسام الخلايا وزيادة النمو.

12- زيادة مقاومة النبات وتحملة للعوامل البيئية المختلفة.

13- زيادة مقاومة النبات للآفات الضارة .

التداخل بين الهرمونات النباتية Interaction between plant hormones

هناك أربعة أنواع من التداخلات التى تحدث بشكل عام بين الهرمونات النباتية وهذه التداخلات الأربع محصلتها عملية تنظيم النمو داخل النبات وهى:

1- التأثير للهرمون الأعلى تركيزاً

فمثلا إنخفاض نسبة السايتوكينينات إلى الأوكسينات تؤدى إلى زيادة في نمو الجذر وزيادة هذة النسبة يؤدى لاطلاق نمو البراعم.

2- التأثيرات المتعارضة

قد يكون فعل هرمون يتعارض مع فعل هرمون أخر والسيادة هنا للتركيز ومدى تهيئة النباتات للإستجابة فمثلاً الأوكسين يثبط عملية سقوط الأوراق وظهور الشيخوخة وهذا على العكس من فعل الإثيلين.

3- تأثير هرمون في تركيز هرمون أخر

يمكن لهرمون أن يغير من تركيز هرمون أخر وذلك إما عن طريق تغير البناء الحيوى لهذا لهرمون مثلما يحدث عند المستويات العالية من الأوكسين التى تسبب النشاط الحيوى لإنتاج الإثيلين،أوعن طريق تثبيط هرمون لنقل هرمون أخر حيث نجد الإثيلين يثبط من نقل الأوكسين، فى حين أن الجبرلينات تشجع من حركتة أو قد يحدث هذا التأثير فى التركيز عن طريق تحطيم هرمون لهرمون أخر وهذا ما يحدثة الإثيلين في الأوكسينات.

4- عملية التعاقب أو التتابع التنظيمي

وفية نجد إن العملية الفسيولوجية الواحدة يدخل فيها عدد من الهرمونات بصورة تنظيمية متتابعة مثل نمو غمد بادرة الشوفان إذ إن أنسجة الغمد تدخل فى عدة أطوار تنشيطية هرمونية تبدأ بالجبرلين ثم السايتوكاينين وأخيراً الأوكسين.

تبين الصورة تأثير منظمات النمو في حجم النبات.

المحاضرة الرابعة عشر

مفاهيم فسيولوجية

- النمو Growth:- هو الزيادة غير العكسيه في عدد الخلايا وحجمها، وبالتالي زيادة غير عكسية في حجم ووزن الكائن النبات.
- التمايز (التخصص) Differentiation :- يشير الى اختلافات الخلايا أو الأنسجة أو الأعضاء النامية في خصائصها التشريحية والوظيفية فالخلية المخصبة تنمو وتنقسم باستمرار وتعطي بعض الخلايا جذر وبعضها الآخر ساق وأوراق وبراعم خضرية واخرى ثمرية وهذا يعني انسجة خشب ولحاء وغيرها.
- التطور Development:- هو محصلة النمو والتمايز أي التغيرات التي يمر بها النبات من إنبات البذور الى اكتمال النمو والتزهير والأنتاج وانتهاءً بالشيخوخة.
- منحنى النمو Growth curve:- ويسمى منحنى الحرف S أو Sigmoid curve وهو يمثل ثلاث مراحل من النمو البطيء ثم السريع ثم البطيء أو المفقود.
- السيطرة على نمو النبات Control of Plant Growth: 1-ضمن الخلايا عن طريق عملية التعبير الجيني Gene expression أن التطور المنظم للنبات يحتاج الى تعاقب مبرمج من التنشيط الخاص بالمورثات لغرض تكوين بروتينات معينة في الوقت المناسب. 2-السيطرة بين الخلايا وتحدث عن طريق التنظيم الهرموني للنمو والتطور طوال مدة حياة النبات. 3-السيطرة خارج الخلايا تختص هذه السيطرة بالمؤثرات البيئية التي يمكن أن تنظم عملية النمو ومنها درجة الحرارة والضوء والجاذبية والرياح والصوت.
- التواقت الضوئي Photoperiodism :- هو استجابة النبات لطول النهار (علماً أن طول الليل هو المؤثر في حصول الاستجابة) أن قدرة النبات في كشف طول النهار تجعل بالإمكان لحادثة ما (تفريع أو الإستطالة أو التزهير.....) أن تحدث في وقت محدد من السنة محدثة الاستجابة الفصلية Seasonal response، ويمكن أن تحدث الإستجابة لحادثة ما أثناء اليوم فتحدث الإستجابة اليومية Daily response. وقد قسمت النباتات حسب قدرتها على التزهير استجابةً لطول النهار الى:-

1- نباتات النهار القصير الزهرية Short-Day Flowering Plants(SDPs) :-هي النباتات التي تزداد شدة ازهارها عندما يصبح النهار أقصر من فترة حرجة معينة، ولا تزهر اذا طال النهار عن الفترة الحرجة. وتختلف الفترة الحرجة بين النباتات.

2- نباتات النهار الطويل الزهرية Long-Day Flowering Plants(LDPs) :- :-هي النباتات التي تزداد شدة ازهارها عندما يصبح النهار أطول من فترة حرجة معينة، ولا تزهر اذا قصر النهار عن تلك الفترة الحرجة.

3- النباتات الزهرية المحايدة لطول النهار Day-Neutral Flowering Plants(DNPs) :- هي النباتات التي لا يتأثر تزهيرها كثيراً بطول النهار.

- ❖ الوزن الطري:- هو وزن النبات او الجزء النباتي وهو في الحالة الرطبة أي وزنه بعد قطعه مباشرة.
- ❖ الوزن الجاف:- وهو وزن النبات أو الجزء النباتي بعد انتزاع الرطوبة منه بواسطة الفرن، وهو مقياس لكفاءة عملية البناء الضوئي.
- ❖ التمثيل الضوئي(الكاربوني):- تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية بتحليل H_2O وتثبيت CO_2 في مركب سكر الكلوكوز.
- ❖ تنفس النبات:-عملية اكسدة نواتج التمثيل الضوئي لأنتاج الطاقة التي يمكن أن تستخدم في نمو النبات وصيانته.
- ❖ ارتفاع النبات:- يقاس من نقطة اتصال الساق بسطح الأرض الى أعلى نقطة في النبات.
- ❖ الانبات:- خروج الرويشة أوالأوراق الفلقية والجذير من البذرة بعد تشربها بالماء.
- ❖ البزوغ:- خروج الرويشة أوالأوراق الفلقية من سطح التربة.
- ❖ النضج الفسيولوجي:- هو نضج الثمار بشكل كامل لكن هناك كمية كبيرة من الماء فيها.
- ❖ المساحة الورقيه ودليلها:- هي مجموع المساحات الخضراء التي تقوم بعملية البناء الضوئي(الأوراق). دليل المساحة الورقية هو حاصل قسمة المساحة الورقية على مساحة الأرض التي يشغلها النبات.

وتقاس بطرق متعددة منها 1- استعمال معادلات جاهزة لكل نوع نباتي وتحسب

المساحة الورقية = اقصى طول للورقة × أقصى عرض × معامل التصحيح. ويختلف معامل التصحيح حسب شكل الورقة فهو للحنطة 0.79 وللذرة 0.75 وللرز 0.802 وللقطن 0.77.

2-طريقة الأقراص الورقية:- يستعمل انبوب معدني دائري معروف المساحة ويستعمل في أخذ أقراص(10-15 قرص) من الورقة المراد معرفة مساحتها وتوزن مباشرةً وبذلك نحصل على مساحة معلومة و وزن معلوم ثم نوزن الأوراق للحصول على وزن اوراق كلي وهذا يعني امكانية الحصول على المساحة الكلية من النسبة والتناسب.

3-بواسطة جهاز البلانميتر:- جهاز يقيس المساحة الورقية للنبات مباشرة وهو في الحقل وهذا الجهاز يشبه الماسح الضوئي(Scanner). توضع الورقة النباتية في المكان المخصص ثم يحرك ببطء لمسح المساحة الورقية.

4-هناك طرق اخرى مثل طبع الورقة النباتية على ورق بياني وبحساب عدد المربعات الصغيرة المظللة يمكن معرفة المساحة الورقية.

دليل المساحة الورقية=المساحة الورقية للنبات(م^2)\المساحة التي يشغلها النبات من الأرض(م^2).

هناك دليل مساحة ورقية مثالي مختلف للأنواع المختلفة من النباتات وهذا يعتمد على شكل الأوراق وعددها والزاوية التي تصنعها مع الافق وتوزيعها على الساق وارتفاع النبات. إذا قل دليل المساحة الورقية عن المثالي فهذا يعني أن هناك هدر في الطاقة الشمسية المستلمة في تلك المساحة ويقود الى هدر في الموارد الاخرى، وإذا زاد دليل المساحة الورقية عن المثالي فأنه يحدث هدر في الطاقة المصنعة في الأوراق العليا بأستهلاكها في الأوراق السفلى المظللة عن طريق التنفس.

- ❖ نباتات محدودة النمو: هي النباتات التي يتوقف فيها انتاج البراعم الخضرية وتنتهي مرحلة النمو الخضري عند دخول مرحلة النمو التكاثري.
- ❖ غير محدودة:- هي النباتات التي يستمر فيها انتاج البراعم الخضرية ومرحلة النمو الخضري عند دخول مرحلة النمو التكاثري.
- ❖ الإرتباع Vernalization:- يعني معاملة النبات بدرجات حرارة منخفضة لتعجيل التزهير في بعض النباتات.
- ❖ السيادة القمية Apical dominance:- هي سيادة البرعم الرئيس أو هيمنته على البراعم الاخرى ومنعها من النمو أو التقليل منه بسبب انتاج البرعم الرئيس للأوكسين IAA.
- ❖ دليل الحصاد(Harvest index (HI:- هو حاصل قسمة وزن الحاصل الأقتصادي(الحبوب أو الثمار) على وزن الحاصل البايولوجي(ما موجود من النبات فوق سطح التربة).

- الشد Stress:- أي عامل خارجي(بيئي) يسبب تأثيرات غير ملائمة للكائن الحي وهو بذلك يشير الى الضرر الذي لحق بالنبات، وقد يكون الإجهاد حيوي (بسبب عوامل حيوية مثل الأحياء المجهرية أوغيرها) أو غير حيوي مثل اجهاد الماء أو إجهاد الملوحة أو غيرها.
- مكونات الحاصل:- هي الوحدات الأساسية التي يتألف منها الحاصل الأقتصادي.مثلاً مكونات الحاصل للشعير=عدد السنابل\نبات أو\م^2 × عدد الحبوب\سنبلة× متوسط وزن الحبة المفردة.

مكونات الحاصل للبطاطا=عدد النباتات\م^2 × عدد الدرنات\نبات× متوسط وزن الدرنة.

- مبدأ التعويض:- يمكن توضيحه بأن الزيادة أوالنقصان في احد مكونات الحاصل يقابله نقصان أو زيادة في المكونات الاخرى. فمثلاً قلة عدد حبوب السنبلة يقابله زيادة متوسط وزن الحبة أو زيادة عدد السنابل\نبات وهكذا وقد يزيد مكون على حساب مكونين أومكونين على حساب مكون.
- قانون الغلة المتناقصة:-العائد المتحقق من اضافة كل وحدة من وحدات عنصر الأنتاج يقل مع زيادة عنصر الأنتاج.
- معدل النمو النسبي(RGR):-يمثل الزيادة في الوزن الجاف للنبات بالنسبة الى الوزن الجاف الكلي عند نقطة معينة.

$$RGR = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{(t_2 - t_1)}$$

$\ln W_1$= اللوغاريتم الطبيعي للوزن الأول.
$\ln W_2$= اللوغاريتم الطبيعي للوزن الثاني.
T_1= الزمن الأول الذي اخذت فيه العينة.
T_2= الزمن الثاني الذي اخذت فيه العينة.

قسم المحاصيل الحقلية - الأنبار