النمووالتكشف : 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 والتكنلوجيا 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 ترافها العديد من الثغرات الفيزيائية والكيميائية تؤدي إلى تكوين خلايا واعضاء 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 .

فالتكشف 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 السايتوبلازم , أي تضاعف ذاتي للمادة الحية في الخلية والبعض الاخر 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 متناهين 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 فتية 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 البيني .

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 , ومايتوكندريا 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 :-

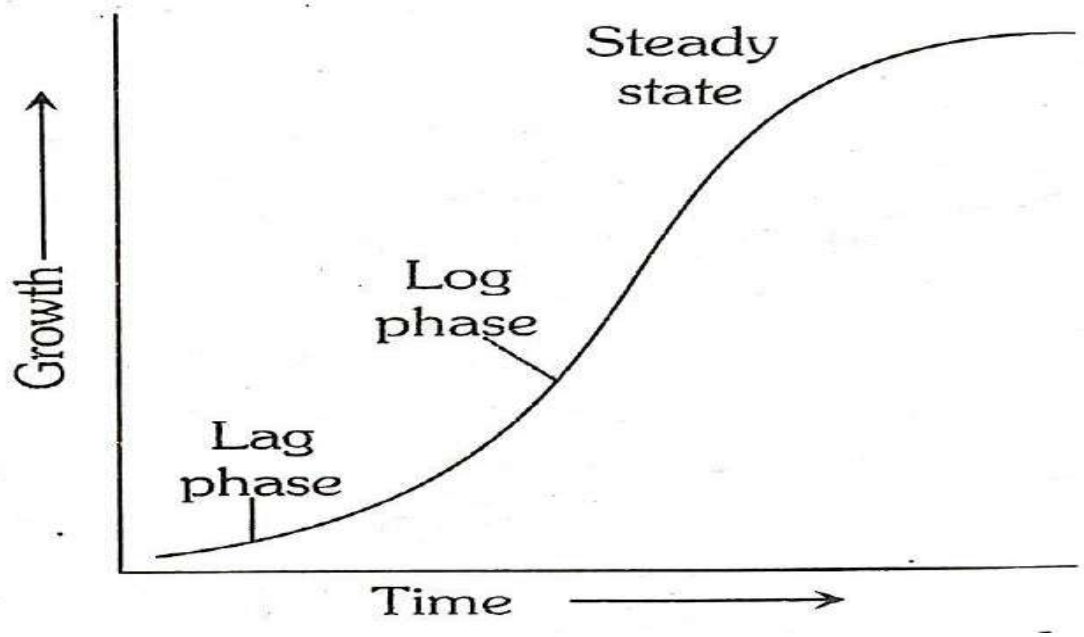
1 – يكون معدل النمو بطيئاً في المرحلة الاولى .

2 – يسرع النمو في الفترة الثانية حتى يصل اقصاه .

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

واذا 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 الاولية 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 لتركيب 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 .

تاقت النمو Growth Periodicity

هو تكرار النمو بصفة منتظمة إلى حد ما تحدث فيه اختلافات منتظمة في المعدل يومياً وموسمياً ولهذا يحدث تاقت 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 التاقت الموسمي في النباتات الخشبية النامية في المناطق المعتدلة حيث تكون الاستعادة الدورية للنمو في كل ربيع واضحة . والتاقت الموسمي يكون محكوماً بعوامل بيئية (خارجية) واخرى وراثية او هورمونيه (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 التكاثرى Reproductiv Growth

وهي العمليات التي تتضمن بصفة عامة تكوين الازهار والثمار والبذور وفي النباتات البذرية وتتأثر بتوفر المواد الغذائية والعوامل الداخلية والتي تلعب الهورمونات 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 .

فسيولوجيا الإزهـار والـتأقت الـضوئى

لقد درس العديد من العلماء العمليات الضوء حيوية التى تحدث وتتم فى خلايا النبات ومـن بينهـا التمثيـل الضوئى ـ تمثيل الـ كلوروفيل ـ الإنتحاء الضوئى ـ الإنبساط الورقى ـ تنبيط إستطالة ـ الساق ـ التزهير

ـ التأقت الضوئى.

والمقصود بالتأقت الضوئى هو إستجابة النبات لطول فترة الضوء والظلام المتعاقبة. وقد أظهرت كثير مـن التجارب أن النباتات المختلفة تحتاج إلى نهار له طول معين لتدخل فى طور الأزهار وبالتالى قسمت النباتات تبعا لتأثير طول فترة الإضاءة الطبيعية فى نموها التكاثرى إلى:

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

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

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

وبالرغم من أن هناك طولا أمثل للنهار (optimum day – length) للإزهار فى نباتات " النهار الطويـل " ونباتات "النهار القصير"، فإن الإزهار يحدث على مدى كبير حول هذا الطول الأمثل، وعلـى هـذا فنباتـات "النهار القصير" لها فترات إضاءة حرجة (critical photoperiod)، ولا يحدث الإزهار فى هذا النوع مـن النباتات الا 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 فى مدى معين فى نباتات كل من المجموعتين، فمن المحتمل أن يكون هناك نوع من التداخل، أى قد يكون طول معين لفترة الإضاءة مناسبا للإزهار فى نباتات "النهار القصير" وكذلك فى نباتات "النهار الطويل" أما النباتات غير المحدودة فتشبه نباتات "النهار الطويل" فى أنها لا تزهر إلا فى مجال من طول النهار أطول من الفترة الحرجة، إلا أن فترات الإضاءة الحرجة فيها تكون بصفة عامة أقصر منها فى نباتات "النهار الطويل".

٤ ـ النباتات الوسطية

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

اهمية فترة الضلام

ثبت مما لا يدع مجالا للشك أن التزهير فى كل من نباتات النهار الطويل والقصير تتأثر أستجابتها 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 المنشئات الزهرية)

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

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

ملحوظة: Pfr مهمة جدا فى أزهار كل من نباتات النهار الطويل أو القصير ويجب معرفة أن كى تحدث أزهار فى نباتات طويلة النهار لابد من تركيز عالى من صبغة Pfr. ولكى يحدث الإزهار فى النباتات قصيرة النهار فلابد من تركيز منخفض من صبغة Pfr.

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

ضلام
pfr ـــــــــ يتحول ويتراكم على شكل Pr ونقص المحتوى من Pfr يشجع إزهار نباتات النهار القصير بينما تظل نباتات النهار الطويل فى حالة نمو خضرى.

ودور فترة الظلام إنها تقدم الوقت للتحول 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 تزهير نباتات النهار القصير. ولابد أن نضع فى الإعتبار أن صورة (Pfr) لازمة لتزهير كل نباتات النهار القصير والطويل.

الهرمونات النباتية Phytohormones

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

١ ـ منظمات النبات regulators plant هى مركبات عضوية غير المغذيات والتى بكميات صغيرة تشجع promote أو تثبط inhibit أو تحور modifyالعلميات الفسيولوجية فى النبات.

٢ ـ الهرمونات النباتية phytohormones هى مواد تنتجها النباتات والتى بكميات صغيرة تنظم العمليات الفسيولوجية النباتية وهى تتحرك خلال النبات من أماكن تخليقها إلى أماكن عملها

.٣ ـ منظمات النمو regulators growth أو مواد النمو substances Growth هى مواد تؤثر علـى النمو.

٤ ـ هرمونات النمو hormones Growth هى الهرمونات التى تنظم النمو.

٥ ـ منظمات التزهير regulator Flowering هى المنظمات التى تؤثر على الأزهار.

٦ ـ هرمونات التزهير hormones Flowering هى الهرمونات التى تشجع منشئات الأزهار وإنمائها.

٧ ـ الأوكسين Auxin هى مواد لها القدرة على تنشيط استطالة الخلايا فى الاتجاه الطولى زيادة غير عكسي

هرمون الأكسين ما هي وظيفة هرمون الأكسين؟

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

وظيفة هرمون الأكسين

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 فى 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 تثبيت 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 الرئيسة 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 وتطوير النبات، ويمكن إنتاجه صناعيًا عن طريق بيروكسيد الدهون، بينما يقوم النبات بإنتاج هرمون الإيثيلين بعد أن يتم إنتاج هرمون الأكسين والسيتوكينين، واللذان 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 بالذبول، ويمكن أن يساهم في منع الإصابه به من الأصل. يساهم هرمون الإيثيلين في تنشيط بعد المركبات الكيميائية مثل اللاتكس، والذي يعد آلية دفاعية للنبات، وبساهم بجعله 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 يشكل رئيس في تنشيط عملية إنتاج اللاتكس.

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

حمض الأبسيسيكAbscisic 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 الآنف 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.

التغذية المعدنية Mineral Nutrition of Plant

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 وKnop وHoagland.

مكونات النبات غير العضوية

الماء 80-90% اما المادة الجافة فتكون 10-20% من الوزن الطري. مركبات الكربون والاوكسجين 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, O_2, N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Mo, Zn, B, Co, Cl, Si, Al وعناصر اخرى.

العناصر االمعدنية الموجودة في النبات

أولا: 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,O_2,N,P,K,S,Ca,Mg
2. المغذيات الصغرى Microelements وهي العناصر التي يحتاجها النبات بكمية قليلة جدا 100-1 ppm وتشمل Fe, Mn, Cl, B, Zn, Cu, Mo, Co. البعض يستعمل مصطلحات Minor اوTrace اوRare للاشارة للمغذيات الصغرى.

ثانيا: 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. العناصرمثل Fe,K,Ca تبقى بشكل اكاسيد في الرماد اما العناصر في المركبات العضوية مثل C,H,O_2 فتفقد بشكل CO_2 وبخار الماء والاوكسجين . ولايمكن تقديرN 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 بتراكيز واطئة.
مراعاة النقاط التالية في المزارع المائية:
1. الاملاح نقية 2. تذاب جيدا بالماء المقطر 3. توضع في اواني زجاجية (بايركس) 4. العنصر المراد دراسته يحذف 5. يعوض العنصر المحذوف بملح اخر للمحافظة على الازموزية فمثلا عند حذف N يجب اضافة KCL بدل من KNO_3 6.تهوية المحلول 7. منع اختراق الضوء 8. المحافظة على الحامضية 9. تغيير المحلول 2-3 مرة خلال الموسم.

من الناحية العملية طُور Hoagland وArnon محلولين غذائية (1) و (2) ويستعملان حديثا للبحث والدراسة:

محلول (1)		محلول (2)	
الملح	سم3في لتر من المحلول المغذي	الملح	سم3في لتر من المحلول المغذي
M KH_2PO_4	1	M $NH_4H_2PO_4$	1
M KNO_3	5	M KNO_3	6
M $Ca(NO_3)_2$	5	M $Ca(NO_3)_2$	4
M $MgSO_4$	2	M $Mg\ SO_4$	2

ويضاف لكل من المحلولين الغذائيين المحاليل المكملة الحاوية على العناصر الغذائية الصغرى بحالة محلول A ومحلول B (محلول A يجهز البورون والمنغنيز والزنك والنحاس والمولبدنيوم ويضاف بنسبة 1سم3 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 $MnCl_2.4H_2O$	1.81
كبريتات الزنك $ZnSO_4.7H_2O$	0.22
كبريتات النحاس $CuSO_4.5H_2O$	0.08
محلول المولبديك $H_2MoO_4.H_2O$	0.02

محلول (B) يضاف الحديد بشكل ترترات الحديد 0.5% وبمعدل 1سم3 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 لاتبقى 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 Ethylenediaminetetra Acetic Acid (EDTA) 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 ذائبا
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 الكيمياوية حيث تتحرك الايونات من الجهة ذات التركيز العالي الى الجهة ذات التركيز الواطئ.
2. القوة الناشئة عن منحدر الطاقة الكهربائية. الايونات الموجبة تتجه باتجاه الجهه المشحونة بشحنة سالبة بينما الايونات السالبة تتحرك باتجاه الجهه المشحونة بشحنة موجبة. اى 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 Passivee او نشطة Active استعمل الفسيولوجيون معادلة Nernst الاتية

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

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

$Cation_o$ 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
لايحتاج 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. ألانتشار. 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 Equlibrium
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 ولاجل ان 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 النتح 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 تتخصص 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 والسايتوبلازم او الفجوة
5. غالبا مايطلق 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 تمرعبر 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.

$$\text{Carrier} + \text{ATP} \xrightarrow{\text{Kinase}} \text{Carrier-P} + \text{ADP}$$

$$\text{Carrier-P} + \text{Ion} \rightarrow \text{Carrier-P-Ion}$$

$$\text{Carrier-P-Ion} \xrightarrow{\text{Phosphatase}} \text{Carrier} + \text{Ion} + H_3PO_4$$

$$\text{Ion} + \text{ATP} \rightarrow \text{Ion} + \text{ADP} + H_3PO_4 \quad \text{Overall Reaction}$$

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 السايتوكروم في عدة عمليات حيوية كالتركيب الضوئي والتنفس والامتصاص النشط. اوضح Burstrom عام 1933 كيفية تعلق السايتوكروم في النقل النشط للايونات السالبة بالفرضية المسماة مضخة السايتوكروم Cytochrome Pump وصرح بوجود علاقة بين امتصاص الايونات السالبة وعملية التنفس حيث لاحظ ان معدل التنفس وكذلك الامتصاص يزدادعند نقل النبات من الماء العذب الى محلول ملحي ودعيت هذه الظاهره بالتنفس الملحي Salt Respiration وافترض ان حامل الايونات السالبة هو السايتوكروم وان امتصاص الايونات السالبة لايعتمد على امتصاص الايونات الموجبة.

2. مركبات ال Phospholipids

وضع Bennet-Clark فرضية لامتصاص المغذيات حيويا بمساعدة ATP واقترح ان مركبات الفوسفوليبيدات في الاغشية االخلوية قد تؤدي دور الحامل في نقل الايونات السالبة والموجبة

3.الحامل المعتمد على الطاقة ATP

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

$$\text{ATP} \rightarrow AD^- + (O=P(OH)_2)^+$$

Phosphoryl Cation

هذه الطاقة تستعمل في نقل الايونات السالبة والموجبة

اهمية العناصرالغذائية

النيتروجين

1. يدخل النيتروجين في تركيب جزئي البروتين حيث يدخل اولا في صورة مجموعة امين بتركيب الحامض الامينى, وعليه فهو يدخل في تركيب كل المركبات التي تتكون منها الاحماض الامينية مثل الانزيمات الذي يشكل البروتين الجزء الاساسى في بناؤها.

2. يدخل النيتروجين في بناء الاغشية الخلوية حيث تحتوي على جزء بروتيني. 3 يدخل في بناء الاحماض النووية لوجود القواعد النيتروجينية في تركيبها مثل قواعد البريميدين والبيورين. 4. يدخل في بناء المرافقات الانزيمية لانه 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 السايتوكرومات اللازمة لأتمام عمليات التأكسد الطرفي في التنفس والتي تقوم بدور مضخة لامتصاص للانيونات من التربة اثناء الامتصاص النشط للاملاح.

6.يدخل النيتروجين في بناء المركبات الحاملة للطاقة والمانحة لها مثلATP .

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 اي مركب من مركبات الخلية النباتية او من المركبات العضوية بالنبات الا ان له دور هام جدا في فسيولوجيا النبات منها:

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

2. البوتاسيوم منشط اساسي للأنزيمات المصاحبة لتمثيل الروابط الببتيدية, فعند نقصه يضعف تكوين البروتين مما يؤدي الى ان تتراكم الكربوهيد رات والذي يجب ان تستهلك في بناء البروتين " حيث ان البروتين يتكون من هيكل كربوني يأتي من الكربوهيد رات 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 المواصلات داخل النبات فهو المنظم لحركة الذائبات بدأ بالماء الحر الى الكربوهيد رات من الأوراق والى الثمار والأزهار والدرنات لذلك نقصه يؤدي حتما الى نقص المحصول وتساقط الأزهار والثمار لنقص المدد الكربوهيد راتى والهرموني الذي يساعد البوتاسيوم في نقله.

الكالسيوم

1. يدخل فى 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 الأنقسام الميتوزي حيث ينشا الأنقسام الشاذ نتيجة نقص الكالسيوم. 4. له دورا في تنشيط بعض الانزيمات مثل Adenosine triphosphatas وAriginen kinase.

الكبريت

1. يدخل في تركيب البروتين في صورة الأحماض الأمينية الحاملة للكبريت مثل السستئين و السستين والمثيونين. 2. يقوم بالربط بين البروتينات عن طريق رابطة ثنائية الكبرتيد. 3. يدخل الكبريت في بعض الفيتامينات مثل البيوتين والثيامين والمرافق الانزيمى 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 الكربوهيدراتى. 3. منشط للأنزيمات التي تصاحب تمثيل الأحماض النووية. 4. يعتقد ان دوره التنظيمي يكون من خلال ارتباطه بكل من ATP والأنزيم ليكون معقد مخلبي (الأنزيم ، المغنسيوم ، البيروفوسفات). فى بعض الحالات يحل المنغنيز محل المغنسيوم كمعاون انزيمي. 5. يقوم بدور العامل المساعد في تفاعلات تثبيت ثاني أوكسيد 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 حديديك 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 oxalasuccinc. 2. يلعب دورا في اختزال النترات حيث يعمل كمعادل أنزيمي لأنزيم nitrite reductase و hydroxylamine reductase. 3. له دور في هدم او أكسدة الأوكسين الطبيعى حيث يعمل كمعاون انزيمى لأنزيم indole-3- acetic acid oxidase. 4. يدخل في أنتقال الألكترون من الماء الى جزيئة الكلوروفيل في تفاعلات الضوء للتمثيل الضوئي.

البورون

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

الزنك

1. يلعب الزنك دورا أساسيا في تمثيل التربتوفان وهو منشأ الاوكسين وبالتالى في تمثيل الأوكسين الطبيعي في النبات. 2. له دور منشط للعديد من الأنزيمات مثل carbonic anhydrase الذي يحلل حامض الكربونيك الى ثاني أوكسيد الكربون والماء. 3. له دور مع أنزيمات الأكسدة والأختزال وفى الأنزيمات الناقلة للفوسفات مثل hexose kinase .4. له دور في العمليات المؤدية لأنتاج البروتينات فى عملية الترجمة والنسخ وتكوين الجديد منmRNA.

النحاس

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

المولبيدنيم

1. يلعب دورا هاما في تثبيت غاز النيتروجى. 2. يلعب دورا هاما في أختزال 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 كالكاربوهيدرات والبروتينات والدهون على حساب الطاقة الضوئية والماء (أي تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيمياوية) وهذه الطاقة الكيمياوية تستغل بعملية هدمية (تأكسدية) تدعى التنفس اذ تنطلق الطاقة الكامنة من السكريات وغيرها كما في المعادلة الآتية:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + energy$$

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 الكاربوهيدرات) إلى مركبات ابسط منها تركيباً كثاني اوكسيد الكاربون والماء .

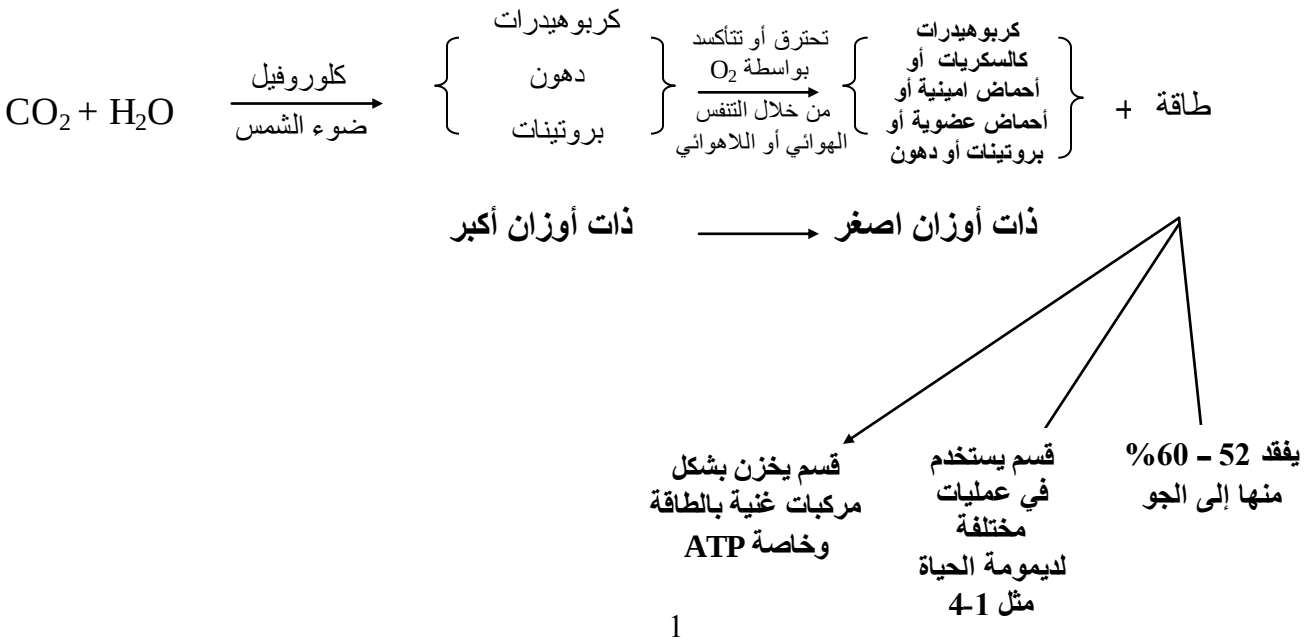
3- تحرير الطاقة .

4- تكوين بعض المركبات الوسطية 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.



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 الكاربون في الطبيعة.

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

الجواب :

1- الكاربوهيدرات (نشأ أو سكريات).

2- الأحماض العضوية (الأمينية).

3- البروتينات .

4-الدهون.

لكن عادة يستخدم النبات الكاربوهيدرات 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.

$$\mathbf{C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{طاقة (686 كيلو سعرة)}}$$

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

$$\mathbf{C_6H_{12}O_6 \longrightarrow CO_2 + 2C_2H_5OH + \text{طاقة (56 كيلو سعرة)}}$$

كحول اثيلي

مراحل التفاعلات الحيوية في التنفس:

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

أ – المرحلة غير الهوائية Anaerobic respiration

وتتكون من عدة تفاعلات حيوية لهدم السكر أو النشأ إلى مركب ثلاثي الكاربون 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 السايتوبلازم 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 الكاربوهيدرات خلالها يكون غير كامل.

6- تتضمن هذه المرحلة نوعان من التفاعلات هما:

1- التحلل السكري Glycolysis:

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

2- التخمر الكحولي Alcoholic fermentation:

وهي مجموعة التفاعلات غير الهوائية المبتدئة بالكلوكوز أو الفركتوز أو السكروز أو النشأ والمنتهية بالكحول الاثيلي و CO_2.

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

أن جميع التفاعلات الكيمياوية 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 البزاليا 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:

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

1- تطلبها للأوكسجين .

2- حدوثها في المايتوكوندريا .

3- تحريرها الطاقة بشكل ATP بنسبة أكثر من السابقة (36 ATP) .

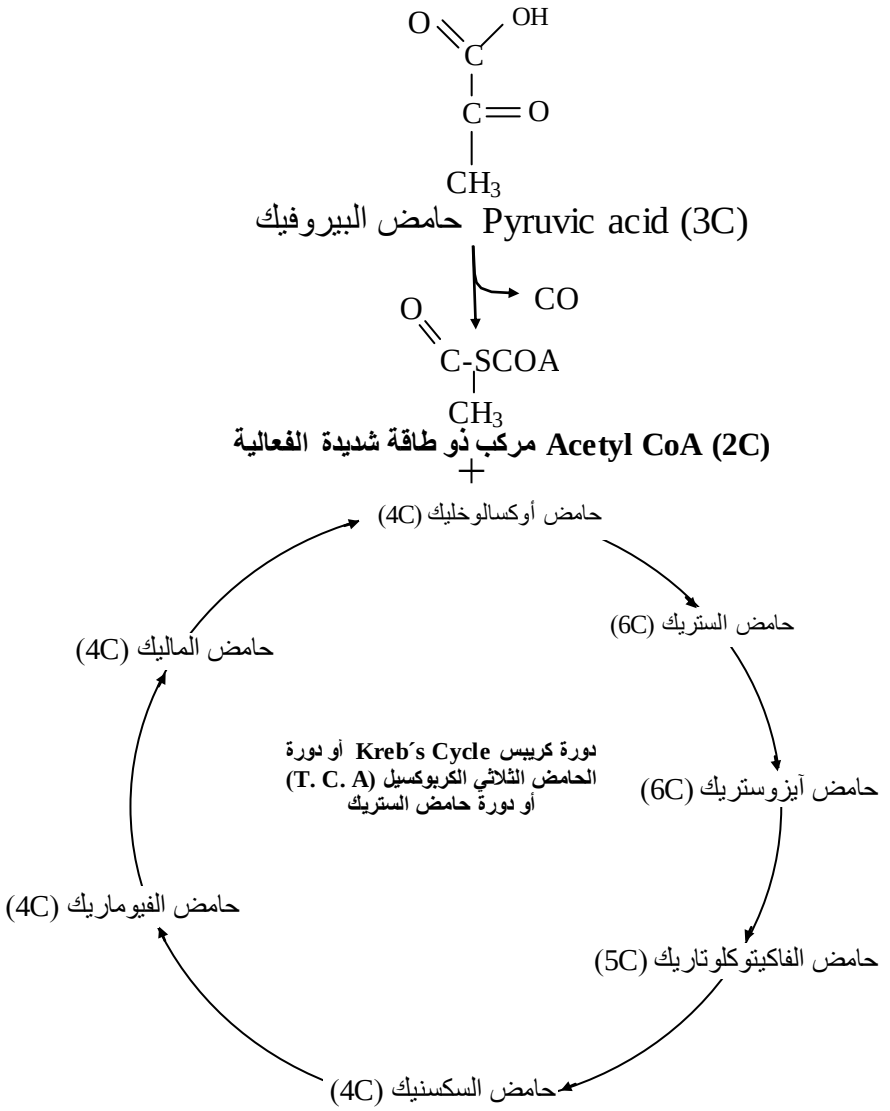
4- نواتجها غير سامة.

5- يحدث خلالها تأكسد (الكاربوهيدرات أو الأحماض العضوية.....إلخ) بصورة كاملة .

تفاعل الواصلة link reactions/ وفيها يتهدم حامض البايروفيك Pyruvate كليا داخل غشاء المايتوكوندريا الداخلي بسلسلة تفاعلات تبتدئ بانتزاع مجموعة الكاربوكسيل من حامض البايروفيك Pyruvate وتحويل ماتبقى من المركب إلى مركب ثنائي الكاربون يسمى Acetyl CoA

دورة كربس Krebs cycle:

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



دورة كريبس Kreb´s Cycle أو دورة الحامض الثلاثي الكربوكسيل (T. C. A) أو دورة حامض الستريك

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 اول مركب في هذه الدورة أو يطلق عليها ايضاً اسم دورة الحامض الثلاثي الكربوكسيل Tricarboxylic acid cycle (T.C.A) بسبب احتواء الدورة على بعض الحوامض العضوية المحتوية ثلاث مجاميع كاربوكسيلية.

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 ketoglutaricacid) قد يتحول الى الحامض الاميني Aspartic acid وبذلك تتكون البروتينات .

3- مصدر لتكوين القوة الاختزالية(NADH2) 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 $FADH_2$ والناتجة من التحلل السكري glycolysis ودورة كريبس Krebs cycle لاتستطيع 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 السايتوكروم Cytochromes system لقيام بروتينات السايتوكروم في نقل الالكترونات أو بإسم السلسلة التنفسية Respiratory chain لاشتراك الأوكسجين في اخذ الالكترونات من المركبات المختزلة.

جـ- 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 المايتوكوندريا 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 كيمياوية بصورة ATP فعند

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 الكلوكوز في التنفس الهوائي إلى CO_2 و H_2O و 38ATP.

يوضح الجدول (جدول1) الطاقة الكلية الناتجة من جزيىء جلوكوز عند اكسدته اكسدة كاملة . حيث يتم انتاج عشرة جزيئات NADH وجزيئين $FADH_2$ واربعة جزيئات ATP . وعند الاخذ بالاعتبار انه ينتج3 جزيئات ATP لكل جزيئ NADH وجزيئين ATP لكل جزيئي$FADH_2$ وذلك في نظام نقل الالكترونات الموجود في اغشية المايتوكندريا ولذلك يوجد ناتج صاف هو 38 جزيئATP من الاكسدة الكاملة لجزيئ الجلوكوز. ينتج عن دوره تحلل الجلوكوز تكوين NADP وهذه تكون 2 جزيئ ATP وليست ثلاثة ولذلك فان صافي الناتج الكلي لاكسدة جزيئ جلوكوز واحد هو 36 جزيئ ATP فقط

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

الخطـوة	NADH او NADPH	$FADH_2$	ATP	صافي ATP
دورة تحلل الجلوكوز	2	صفر	2	8
تحول 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 ماقل مخزون المصادر الكاربوهيراتية المتمثلة في المواد السكرية والنشوية، فأن الخلايا النباتية تبدأ بأكسدة المواد البروتينية وتحليلها الى الحوامض الامينية والتي تتحول فيما بعد الى المركبات المكونة لدورة كريبس والتخمر واذا مااستمر نقص المواد النشوية والسكر في النبات ، تبدأ الاوراق بالاصفرار وتتجزأ معظم البروتينات والمركبات النيتروجينية داخل البلاستيدات الخضراء .

2- **درجة الحرارة:** ان للحرارة تأثيرات واضحة على معظم التفاعلات البايولوجية وخاصة تلك التي تتحكم فيها الانزيمات (مابين درجة الصفر المئوي – 30مه) 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 مابين 20 – 80 ٪ . كما ان اصابة النباتات بالامراض الفطرية غالباً 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 للابقاء 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 ٪ تقريباً 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 (R.Q)The Respiration Quotient :-

ويمثل النسبة مابين حجم الاوكسجين المستهلك من قبل الخلية وثاني أوكسيد الكاربون 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

$$C6H12O6 + 6\ O2 \rightarrow 6\ CO2 + 6\ H2O$$

$$R\ .Q = 6CO2 / 6O2$$

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

$$C18H34O2 + 25.\ 5O2 \rightarrow 18CO2 + 17\ H2O$$

$$R.\ Q = 0.71$$

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

مرافقات أنزيمية تنقل الهيدروجين

1- NADH : مختزل نيكوتين امايد ادنين ثنائي النيوكليوتيد.

2- FADH : مختزل فلافين ادنين ثنائي النيوكليوتيد .

حوامل للهيدروجين تنقل الهيدروجين

3- GTP : كوانوسين ثلاثي الفوسفات.

4- ATP : ادينوسين ثلاثي الفوسفات.

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 المايتوكوندريا	1	تحدث أغشية الكرانا grana للكلوروبلاست (البلاستيدة الخضراء).
2	تحدث ليلا ونهارا	2	تحدث في النهار فقط
3	مصدر الالكترونات هو المواد المختزلة ويتكون فيها الماء	3	مصدر الالكترونات هو الماء ولذا تستهلك الماء

ملاحظات عامة عن التنفس :

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

الأكسدة : تعني إزالة أو فقدان الالكترونات من المركب ، وهي تلازم أو ترافق إزالة الهيدروجين فمثلاً عند تأكسد NADH إلى NAD فان الالكترونات المنطلقة تفقد من الطاقة مايكفي لتكوين ثلاث جزيئات ATP ، أما عند تأكسد $FADH_2$ إلى FAD يفقد مقدار من الطاقة يكفي لتكوين جزيئتين من ATP .

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

تفهم عملية الأكسدة Oxydation على أنها إعطاء الكترونات

$$Fe^{+2} \longrightarrow Fe^{+3} + e^{-}$$

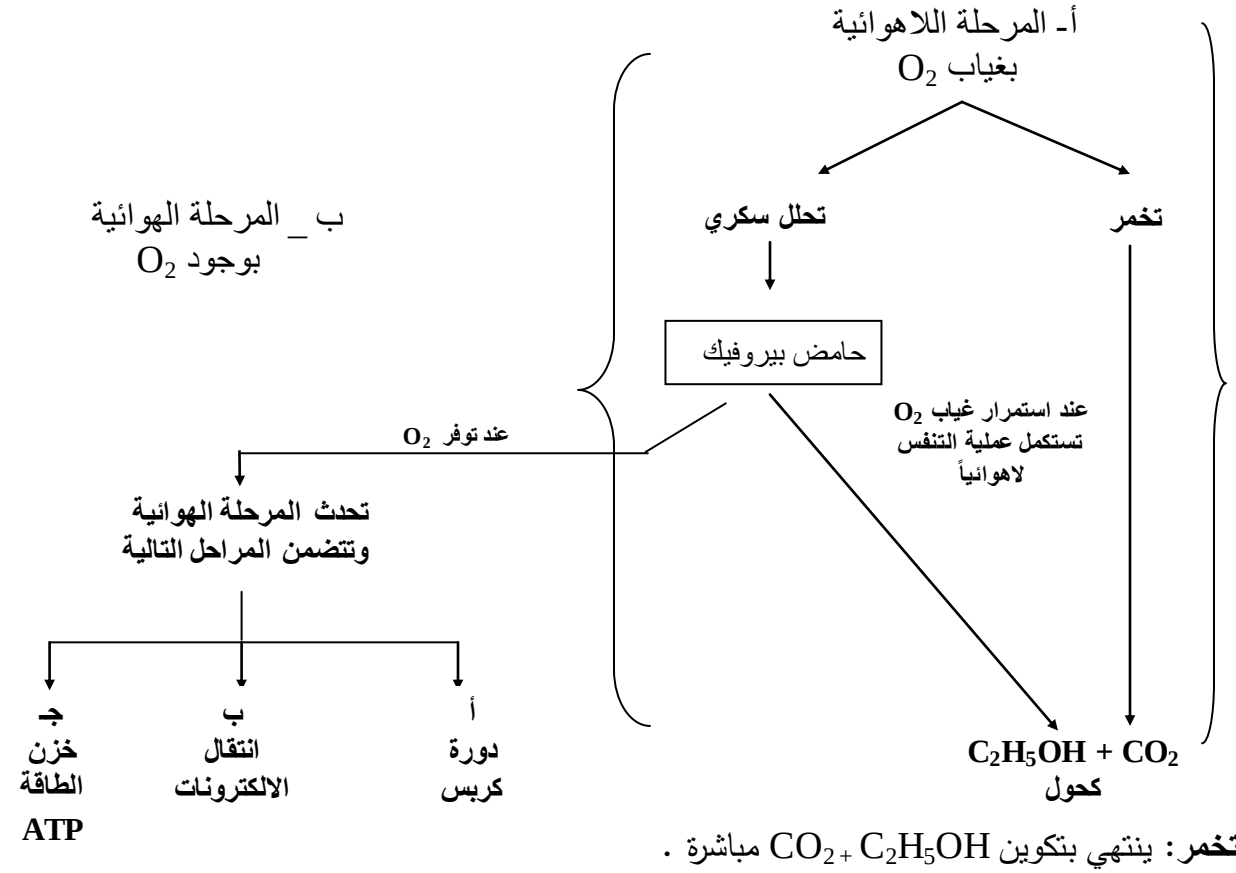
وعملية الاختزال على أنها اخذ أو امتصاص للالكترونات.

$$2e^- + O_2 \longrightarrow O^{-2}$$

ويجب توفر مستقبل ACCEPTER لمعطي (مانح) الالكترونات 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



التخمر: ينتهي بتكوين $CO_2 + C_2H_5OH$ مباشرة .

التحلل السكري: ينتهي بتكوين $CO_2 + C_2H_5OH$ أيضاً وذلك في حالة استمرار غياب O_2ولكن 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)

س/ علل/ (ناقش) لايمكن أعتبار التنفس معكوس التركيب الضوئي للأسباب الآتية:

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

مقارنة بين التنفس والتركيب الضوئي

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

جامعة ديالى

كلية التربية للعلوم الصرفة

فسلجة النبات

قسم علوم الحياة

المرحلة الرابعة

محاضرة -1-

مدرس المادة

ا.م.د. نغم سعدون العزاوي

(فسلجة النبات) Plant Physiology:

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

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

الماء Water:

الخواص الفيزيائية والكيميائية للماء واهميته للنبات :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

{A- Diffusion B- Osmosis C- Imbibition}

الأهمية الفسلجية للماء :

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

المحاليل Solution:

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

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

تكون المحاليل على نوعين:

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

الطاقة الحركية الانتقالية :

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

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

الانتشار:Diffusion

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

انتشار الغازاتDiffusion of gases:

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

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

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

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

ومن هنا يرمز الى الضغط بالأشارة السالبة.

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

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

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

١-درجة الحرارة Temperature :

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

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

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

وفي حالة التفاعلات البايلوجية تستخدم المعادلة

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

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

T١= تمثل درجة الحرارة المنخفضة عند معدل التفاعل K١

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

٢- كثافة الجزيئات المنتشرة Density of diffusing molecules :

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

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

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

حيث ان :-

r1= تمثل معدل انتشار الغاز الاول

r2=تمثل معدل انتشار الغاز الثاني

d1= كثافة الغاز الاول

d2=كثافة الغاز الثاني

ولتوضيح هذه المعادلة نأخذ المثال التالي :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

* تؤثر هذه العوامل على انتشار السوائل بنفس الطريقة

كلية التربية للعلوم الصرفة

فسلجة النبات

قسم علوم الحياة

المرحلة الرابعة

محاضرة -2-

مدرس المادة

م.د. نغم العزاوي

انواع المحاليل نسبة لتأثيرها على الخلايا النباتية:

اولا: المحلول سوي الازموزية Isotonic Solution

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

ثانيا : المحلول العالي التركيز Hypertonic Solution

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

ثالثا: المحلول واطئ التركيز Hypotonic Solution

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

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

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

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

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

اولا: الجهد الأزموزي Osmotic potential :

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

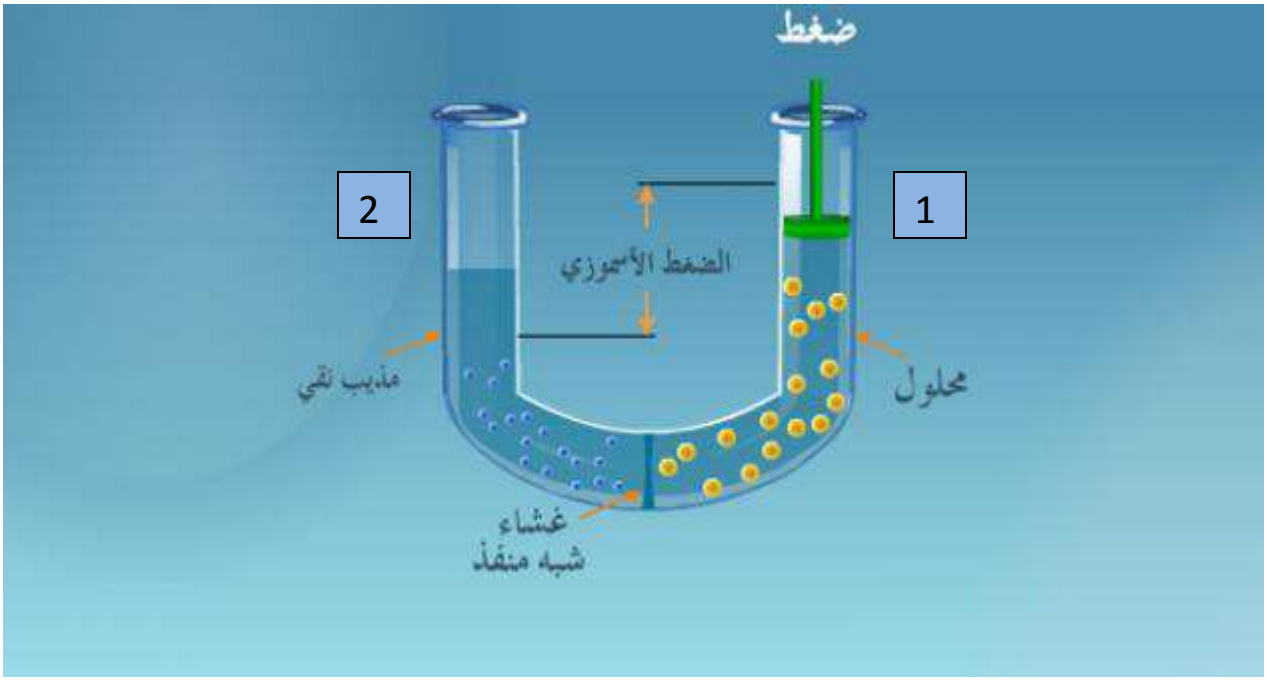
اما في محلول السكروز فان قسما من الماء مشتركا في تفاعل مع دقائق الذائب مختزلا بهذا عدد جزيئات الماء الحرة، وبذلك تنخفض الطاقة الحركية الانتقالية الكلية له، وتحت هذه الضروف فأن الماء يزداد ويرتفع في الوعاء (1) وبأستمرار تراكم الماء فأن محلول السكروز في الوعاء (1) يصبح اكثر تخفيفا وبموجب ذلك يحصل انخفاض

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

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

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

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



.

ثانيا: الجهد المائي: Water Potential (Ψw)

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

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

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

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

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

* R = ثابت الغاز

T = درجة الحرارة المطلقة

e = ضغط بخار المحلول في النظام عند درجة الحرارة T

e^o = ضغط بخار الماء النقي عند نفس الدرجة

ثالثا: الجهد الضغطي :Pressure Potential

او الضغط الامتلائي Turgor Pressure (ΨP)

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

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

وبالتالي تحدد العلاقة الرياضية بين المصطلحات السابقة بالشكل التالي :

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

رابعا : جهد الحشوة Matric Potential Ψm

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

التشرب : Imbibition

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

هناك شرطان اساسيان لحدوث التشرب وهما :

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

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

العوامل المؤثرة على معدل ومدى التشرب:

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

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

نواتج عملية التشرب :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

كلية التربية للعلوم الصرفة

فسلجة النبات

قسم علوم الحياة

المرحلة الرابعة

محاضرة -3-

مدرس المادة

ا.م.د. نغم سعدون العزاوي

امتصاص الماء وانتقاله في النباتWater absorption and translocation

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

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

عوامل التربة المؤثرة في امتصاص الماء:

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

ا- تقل حركة الماء بأنخفاض درجة الحرارة

ب- تزداد لزوجة السايتوبلازم فيصبح اقل نفاذية للماء

ج- يحصل توقف لنمو الجذور ويقلل بدوره امتصاص الماء

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

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

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

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

مجموعة من العلاقات بين ماء التربة والنبات:

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

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

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

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

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

وهذا ضروري لأستمرار امتصاص النبات للماء.

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

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

مرحلة امتصاص الماء Absorption of water :

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

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

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

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

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

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

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

نظريات تفسير صعود الماء إلى قمم الاشجار العالية:

اولاً :- نظرية الضغط الجذري Root Pressure Theory :

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

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

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

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

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

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

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

الاجابة تكون ..... نعم

فقد الماء Water Loss

النتح : Transpiration

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

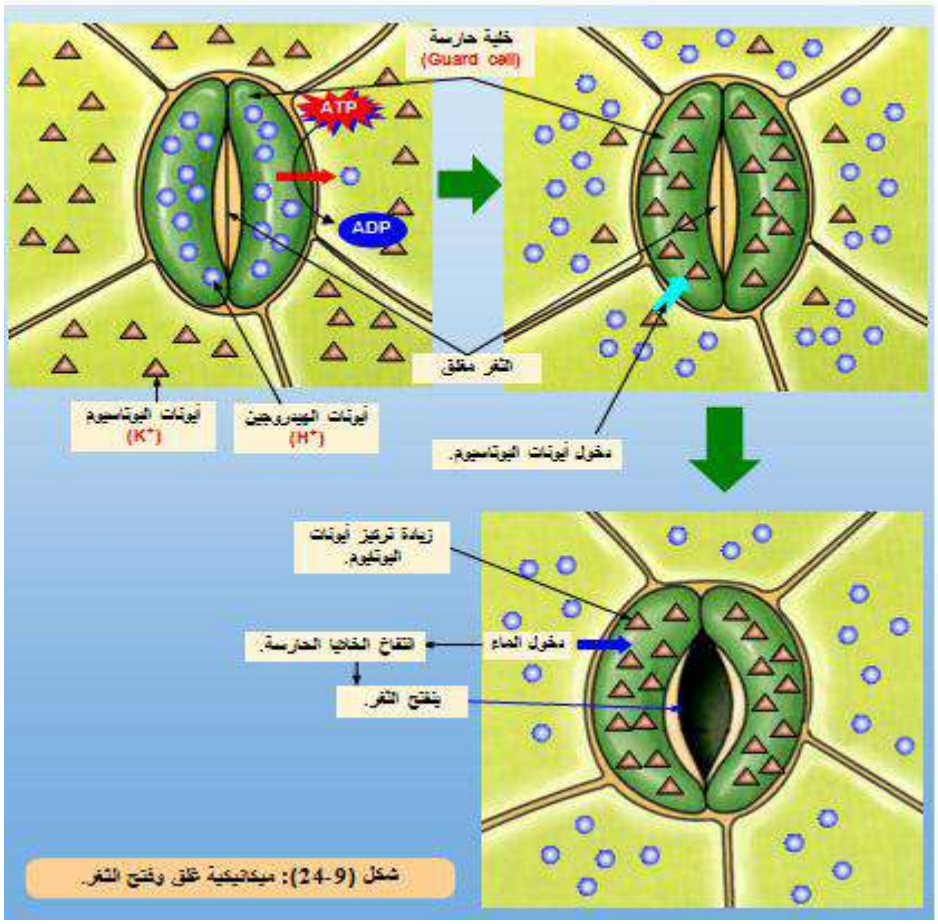
وعلى الرغم من النتح يعد الالية المسؤولة بالدرجة الاولى عن الفقد الغزير للماء من النباتات ، هناك عمليات اخرى مثل الادماع (Guttation) والإفراز (Secretion) والإدماء (Bleeding) تسهم في هذا الفقد .

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

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

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

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



الادماع :- Guttation

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

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

الافراز :- Secretion

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

الادماء :- Bleeding

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

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

الثغور من الناحية التشريحية والسايتولوجية: Anatomy & Cytology Of Stoma

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

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

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

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

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

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

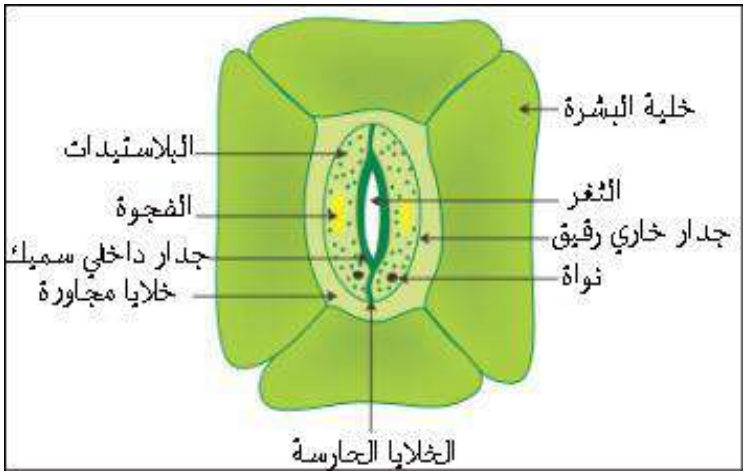
ان ما يشجع عملية فتح وغلق الثغور هو التركيب الذي تتميز به الخلايا الحارسة ، اذ تمتاز الجدران المواجهة لفتحة الثغر بكونها سميكة (لوجود لويفات سليلوزية) وهذه الالياف السليلوزية تتداخل نهاياتها مع بعضها بحيث تجعل جزء الخلية الحارسة المقابلة لفتحة الثغر سميكا ، في حين ان الجهة البعيدة من الخلية الحارسة يبقى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

الحركة الثغرية Stomata Movement

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

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

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



كلية التربية للعلوم الصرفة

فسلجة النبات

قسم علوم الحياة

المرحلة الرابعة

محاضرة -4-

مدرس المادة

ا.م.د. نغم سعدون العزاوي

العوامل المؤثرة على حركة الثغور:

١-الضوءLight :

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

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

*الية عمل الضوء :

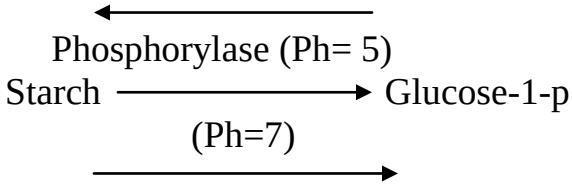
يعمل الضوء على فتح الثغور من خلال مساهمته في **عملية البناء الضوئي** التي تحصل في الخلايا الحارسة،حيث تتكون مركبات نشطة ازموزيا (كالكربوهيدرات) والتي تجعل من الجهد الازموزي للخلية الحارسة اكثر سالبية ، عنده سنتقل الماء من الخلايا المجاورة الى الخلية الحارسة ويفتح الثغر.

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

ايضا يؤثر الضوء على الرقم الهيدروجيني PH :-

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

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



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

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

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

٢- تركيز CO_2 :

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

٣- درجة الحرارة Temperature:

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

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

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

العوامل المؤثرة في عملية النتح:

اولا-العوامل النباتية Plant Factors:

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

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

B-المساحة الورقية :Leaf Area

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

C -تركيب الورقة : Leaf Structure

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

ثانياً :- العوامل البيئية Environmental Factors

١ – الضوء : Light

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

٢ – رطوبة الهواء : Humidity of Air

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

٣ – درجة الحرارة : Temperature

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

٤ – الرياح : Wind

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

٥ – جاهزية ماء التربة : Availability of Soil Water

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

امتصاص وانتقال الاملاح المعدنية:

هناك نوعين من انواع الامتصاص :-

اولا- الامتصاص السلبي Passive Absorption

ثانيا- الامتصاص الايجابي Active Transport

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

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

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

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

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

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

اليات حدوث الامتصاص السلبي:

١-التبادل الايوني : Ion Exchange

٢- تأثير و اتزان دونان :Donnan effect and equilibrium

٣-التدفق الكتلي : Mass flow

١-التبادل الايوني:-

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

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

تأثير و اتزان دونان :

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

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

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

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

التدفق الكتلي للأيونات Mass Flow of Ions

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

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

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

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

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

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

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

من اهم اليات النقل الفعال :

اولا:- مفهوم الحاملCarrier

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

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

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

٢- يقوم الحامل المنشط بالارتباط بالايون سواء كان موجب اوسالب

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

٣- ازالة الايون

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

هناك ثلاث ادلة على وجود النقل النشط وتؤيد مفهوم الحامل :

١- تبادل النظيرIsotopic Exchange

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

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

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

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

٢- تأثيرات التشبع Saturation Effects

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

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

٣- التخصص Specificity

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

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

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

كلية التربية للعلوم الصرفة

فسلجة النبات

قسم علوم الحياة

المرحلة الرابعة

محاضرة -5-

مدرس المادة

م.د. نغم سعدون العزاوي

ثانيا:- مضخات الايون : Ion Pump

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

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

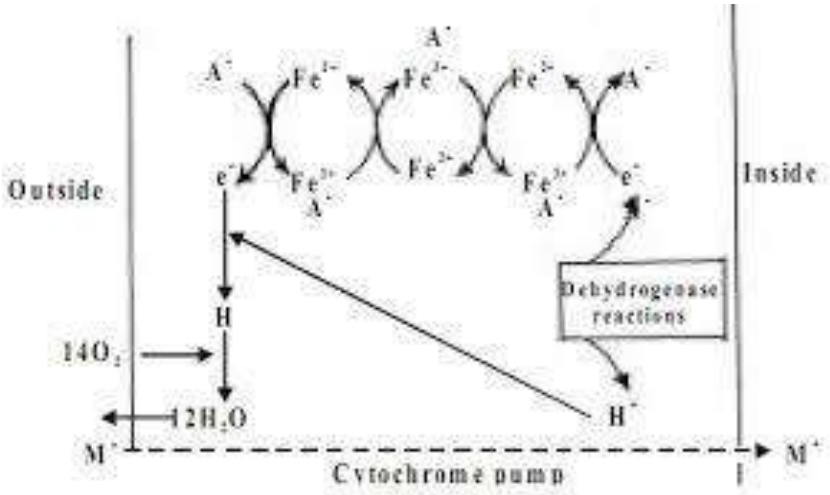
وهذه الفرضيات :-

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

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

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

ويوضح الشكل مخطط لنظرية السايتوكروم للنديكراند في امتصاص الملح



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

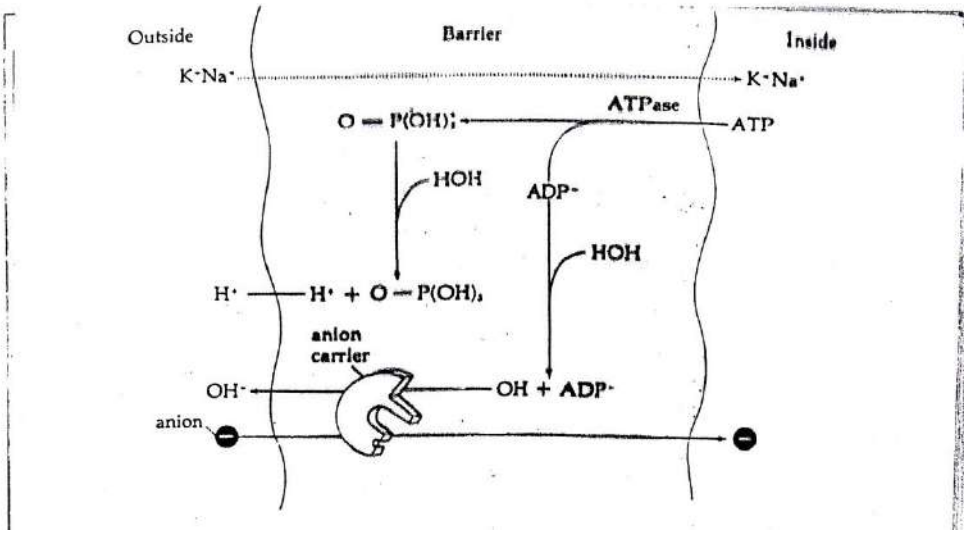
ان نقل الانيونات يتم بفعل المضخات السايتوكرومية ، وان اساس عملها يعتمد على تفاعلات ازاحة الهيدروجين (Dehydrogenase Reactions) اذ يتم ازالة ايون الـ H^+ ويتحرر الالكترون . فالإلكترون المتحرر ينتقل إلى سلسلة النقل السايتوكرومي متجها إلى الخارج . وفي الوقت ذاته يتم التقاط الانيون السالب من الخارج إلى داخل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

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

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

ثالثا:- الية عمل الـ ATP

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



مخطط يوضح دورالـ ATP في نقل ايون الهيدروجين

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

رابعا:- جهد الغشاء الناقل ومعادلة نرنست

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

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

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

حيث ان E = جهد الغشاء الناقل (ملي فولت)

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

وهناك طريقتين لحساب جهد الغشاء :

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

الطريقة الثانية : بتطبيق معادلة نرنست Nernst Equation

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

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

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

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

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

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

والجدول يوضح الارقام النظرية التي تعزز الطريقة المشروحة

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

العوامل المؤثرة في امتصاص الاملاح:

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

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

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

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

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

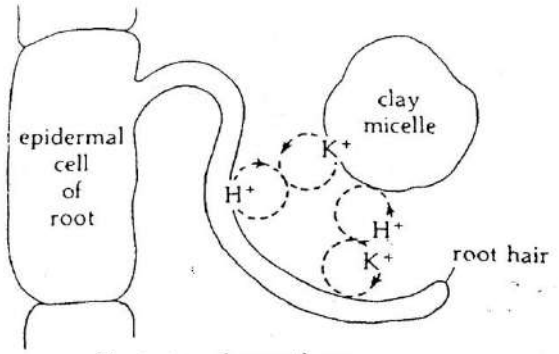
٦- النمو: ان نمو النسيج او الخلايا يزيد من المساحة السطحية وعدد الخلايا وبناء مواقع ارتباط جديدة او حوامل جديدة وهذا كله يحفز امتصاص الملح كما في الخلايا المرستيمية.

امتصاص وانتقال الاملاح Absorption & Translocation of Salts

كيف تنتقل الاملاح في النبات ؟

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

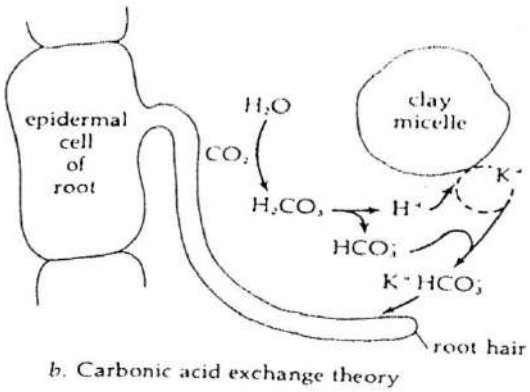
١ – نظرية التبادل بالملامسة Contact Exchange Theory



a. Contact exchange theory

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

٢ – نظرية التبادل لحامض الكاربونيك Carbonic Acid Exchange Theory



b. Carbonic acid exchange theory

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

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

انتقال ودوران الاملاح Translocation & Circulation of Salts

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

أ – انتقال الاملاح في الخشب Translocation of Salts in Xylem

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

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

ب – انتقال الاملاح في اللحاء Translocation of Salts in Phloem

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

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

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

كلية التربية للعلوم الصرفة

فسلجة النبات

قسم علوم الحياة

المرحلة الرابعة

محاضرة -6-

مدرس المادة

م.د. نغم سعدون العزاوي

البناء الضوئي Photosynthesis

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

*الأكسجين الناتج مصدره الماء

*مصدر الطاقة اللازمة لتحلل الماء هو الشمس

*جزيئات صبغة الكلوروفيل الخضراء تقوم بامتصاص الطاقة الضوئية

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

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

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

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

٢- لها القدرة على التضاعف وبناء نفسها وبناء بروتيناتها

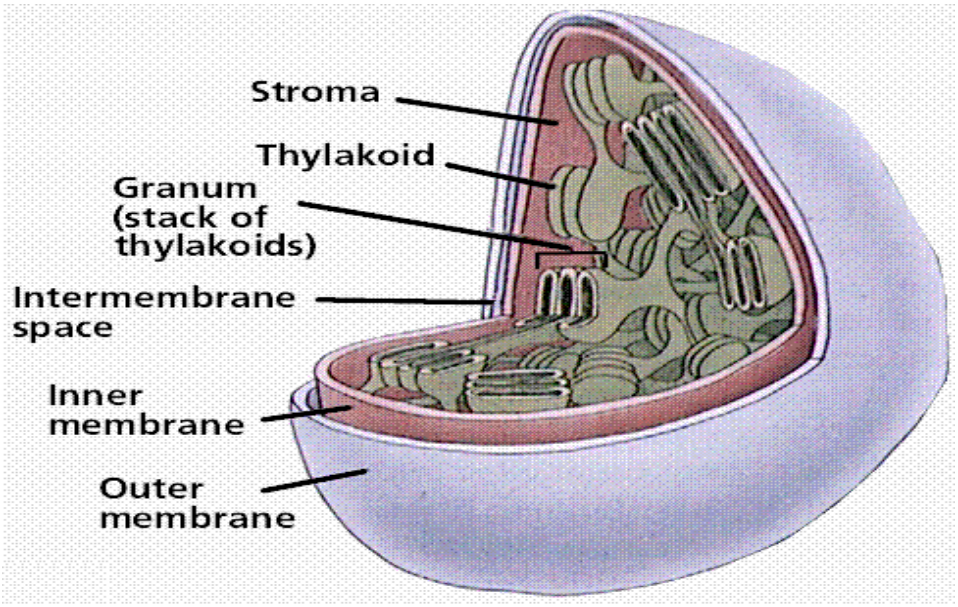
- لها القدرة على بناء انزيمRNA وادخال حوامض امينية لبناء البروتين

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

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

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

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



الصبغات التي تشترك في عملية البناء الضوئي :

١- صبغات اليخضورات (الكلوروفيلات)

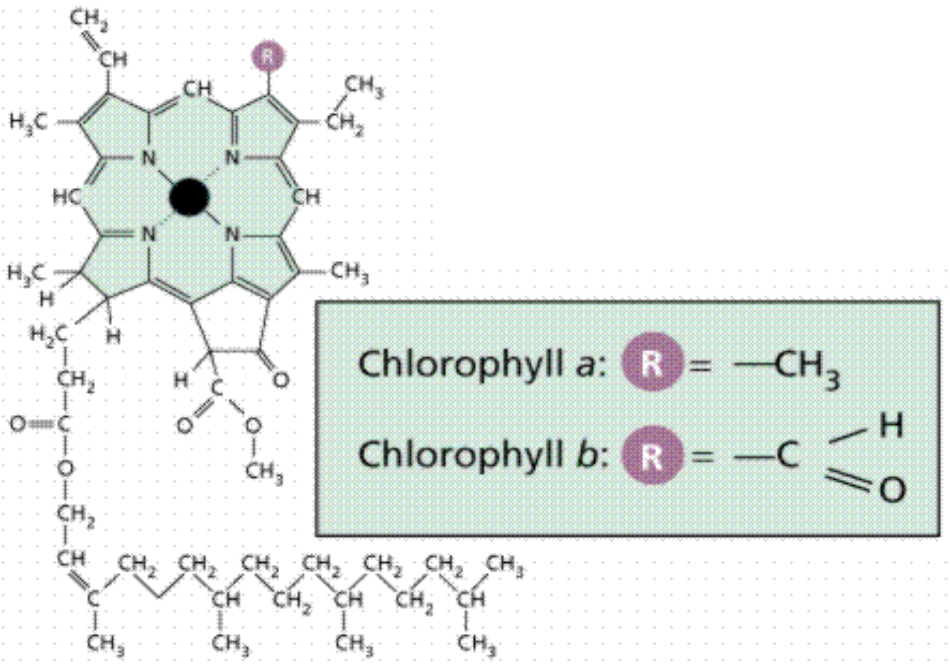
هي من أهم الصبغات وتتميز إلى تسعة أنواع أشهرها أ ، ب والكلوروفيلات تعمل على امتصاص الطاقة الضوئية لإتمام عملية البناء الضوئي.

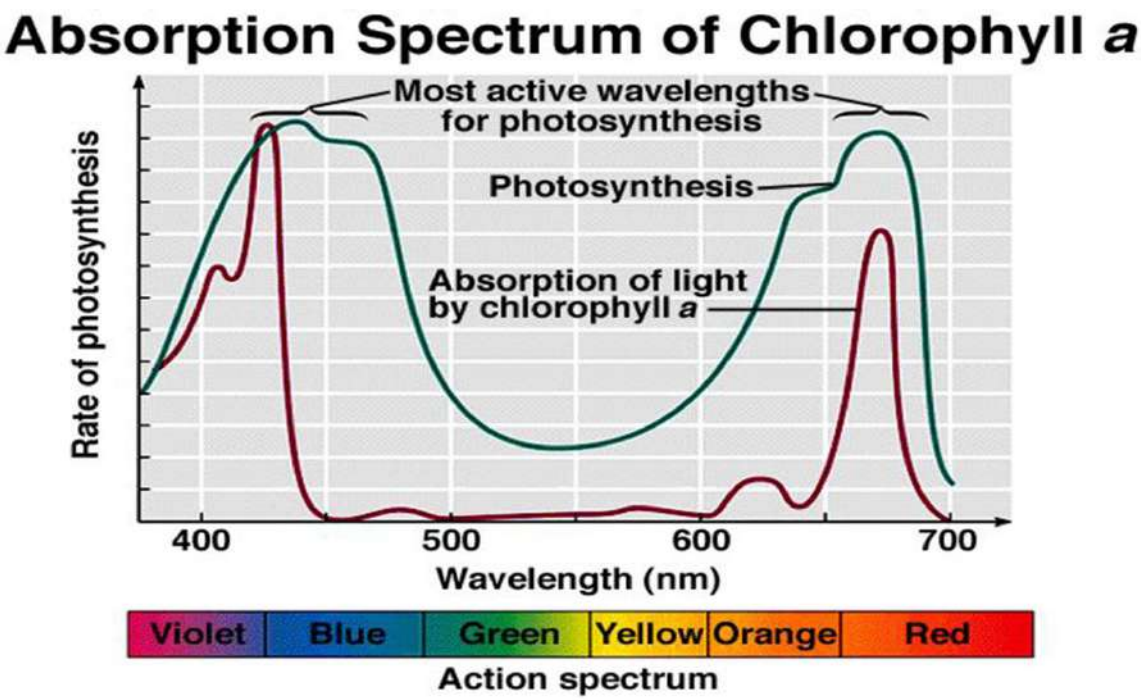
اهم الاختلافات بين كلوروفيل A و B :-

- كمية كلوروفيل a تساوي ٣ اضعاف كمية كلوروفيل b

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

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





٢-الصبغات الشبيهه بالكاروتين Carotenoids :- وتقسم الى مجموعتين

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

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

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

٣- **الفايكوبلينات phycobilines** :-

تقسم إلى ثلاثة أنماط من الصبغات وهي :-

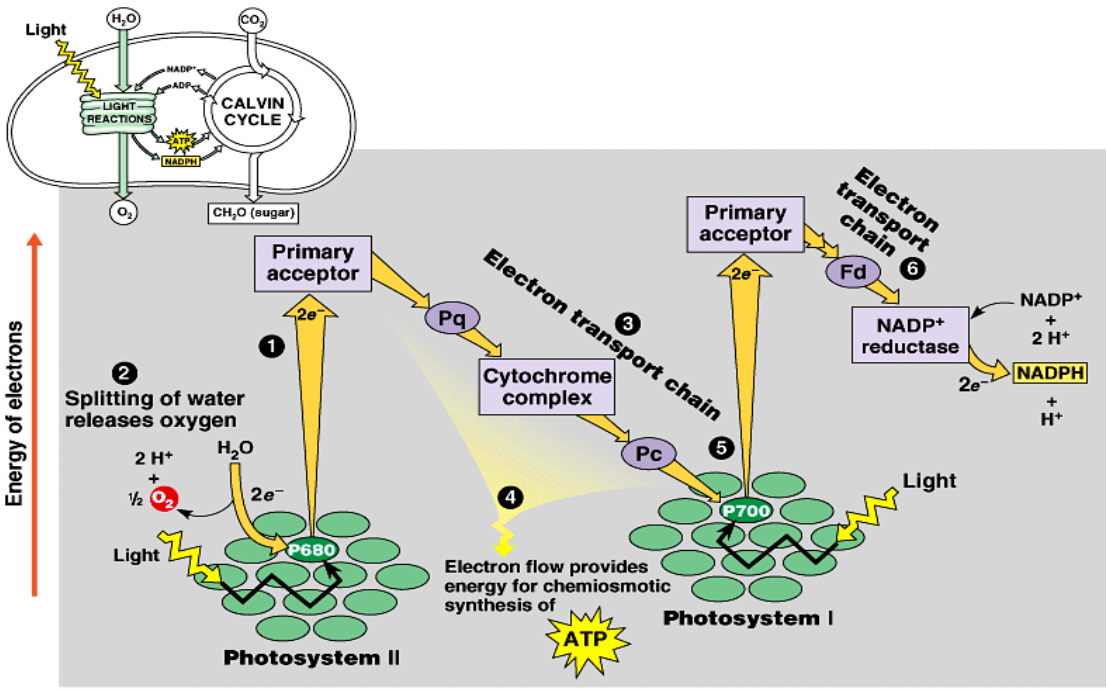
الفيكوارثيرين	ذو اللون الأحمر
الفيكوسيانين	ذو اللون الأزرق
اللوفيكوسيانين	ذو اللون الأزرق

الفسفرة الضوئية :-

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

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

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



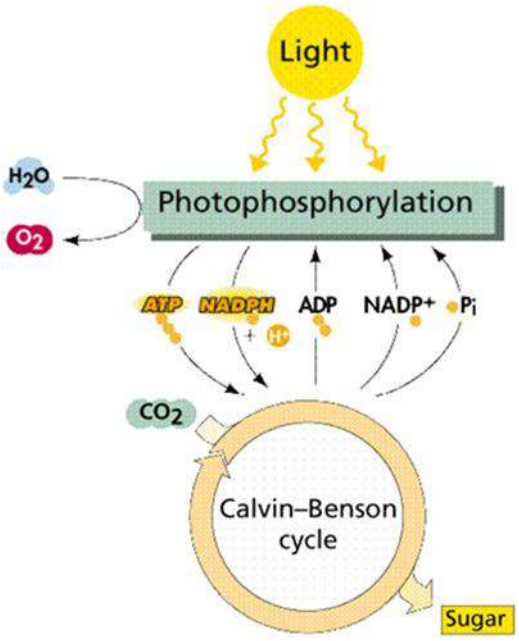
وظيفة تفاعلات الضوء :-

تحرير الاوكسجين اللازم لادامة الحياة .

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

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

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



تأثير امرسون Emerson Effect

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

تفاعلات الظلام Dark Reaction :-

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

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

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

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

طرق تثبيت CO2 في النباتات

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

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

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

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

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

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

العوامل المؤثرة في عملية البناء الضوئـــي

١ :- العوامل الخارجية

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

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

أولا: الضـــوء

- يتأثر معدل عملية البناء الضوئي بشدة الضوء وأطوال الموجات الضوئـية

***شدة الضوء**

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

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

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

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

ثانيا : تركيـز ثاني أكسيد الكربـون

- تركيزCO_2 في الهـواء يصـل إلى 0.039%

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

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

ثالثا : درجة الحرارة

- تختلف درجة الحرارة المثـلى لعملية البناء الضوئي من نبات لآخر

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

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

٢ - العوامل الداخلية

وتشمل :- اولا :- الانزيمات

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

ثانيا:- تركيب الورقة

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

ثالثا:- تراكم المنتجات

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