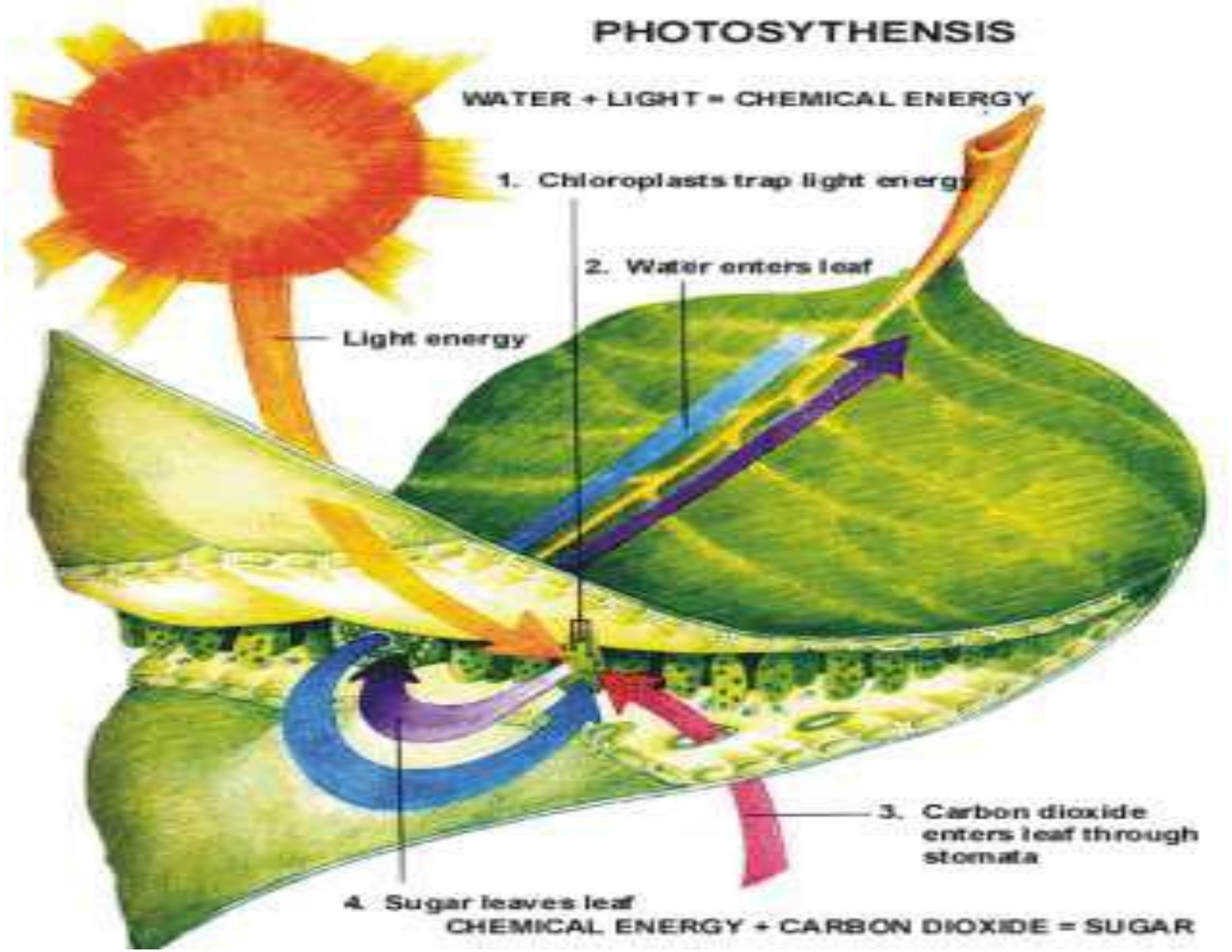
Plant physiology



Plant physiology

علم وظائف الاعضاء

هو فرع من فروع علم النبات يعنى بدراسة وظائف الأعضاء المختلفة للنباتات وشرح طرق قيام تلك الأعضاء بوظائفها. ويتضمن كيفية قيام النباتات بإنتاج الغذاء واستغلاله، وكيفية مساعدة الخلايا المتنوعة للنباتات في نموها وتكاثرها وكيفية استجابة نبات ما إلى العالم الخارجي

Crop Physiology

علم فسيولوجيا المحاصيل هو العلم الذى يبحث فى علاقة نمو وتكشف نباتات المحاصيل ، ألأحتياجات الغذائية والمائية للمحاصيل تحت الظروف البيئية المختلفة خلال دورة حياتها ، بالعوامل البيئية المحيطة بها تحت ظروف النمو الطبيعية فى الحقل سواء كانت عوامل مؤثرة او عوامل محددة والتى لايمكن تحديدها الا بعد أخضاعها للبحث والدراسة خلال مراحل النمو المختلفة للنبات .

وبتقدم علم فسيولوجيا المحاصيل تطورت دراسة

- فسيولوجيا المبيدات، ولقد تركزت على مبيدات الحشائش،
- دراسة منظمات النمو،
- دراسة الزيادة فى المادة الجافة المتكونة والتى هى دليل على كفاءة عملية التمثيل الضوئى أو صافى عملية التمثيل الضوئى . والتى تطورت بعد ذلك الى حساب معدل النمو النسبى Relative Growth Rate والتى أظهرتها تجارب Balls ١٩١٩ ثم أعقب ذلك تجارب Watson ١٩٤٩ والتى انتهت الى ايجاد العلاقة بين مساحة الاوراق والمساحة التى يشغلها النبات من الأرض فيما عرف بدليل مساحة الاوراق Leaf Area Index .

تأخذ النباتات مواداً من الأرض ومن الهواء وتحولها إلى غذاء. يستخدم هذا الغذاء في إنتاج الطاقة المستخدمة في نمو النباتات وكذلك في إنتاج المواد اللازمة لبناء جسم النبات النامي. وتسمى هذه العمليات بالأيض

لمحة تاريخية

في نهاية القرن الثامن عشر تقدم علما الفيزياء والكيمياء تقدماً مذهلاً على يدي العالم لافوازيه (١٧٤٣-١٧٩٤) Lavoisier، إذ أمكن تحديد طبيعة الهواء والعناصر الرئيسة في الكيمياء والمبادلات الغازية للنباتات.

ونشر العالم دوسوسور (١٧٤١-١٨٠٩) De Saussureمجموعة من الأبحاث الكيمياوية عن المزروعات، وبيّن أن الهواء والماء مهمان لتغذية النبات ولكنهما غير كافيين لتأمين النمو الكامل له وتكاثره، واستطاع تركيب محاليل للعناصر الملحية استنبت عليها النباتات، وتحليلها مع وسط الاستنبات في إطار التغذية المعدنية والنفاذية.

ومنذ عهد دوسوسور وحتى عهد ليبيگ (١٨٤٠) Liebig،ظهر علم الخلية وتقدمت المعرفة في الكيمياء بخطى واسعة،

كما أوضح العالم دوتروشيه (١٧٧٦-١٨٣٧) Dutrochet ظاهرة الحلول (الأوزموزية) Osmosis وقياسها ودورها المهم في حركات النسغ صعوداً أو هبوطاً في النباتات وتبعاً لنمط النمو، وأثار الانتباه إلى ظاهرة الانتشار Diffusion

وفي عام ١٨٨٦، تمكن العالمان ڤيلفارت Wilfarth وهلريگل Hellriegelفي ألمانيا من توضيح أن جذور البقوليات تحمل عقداً فيها أنواع خاصة من البكتريا تؤدي دوراً مهماً في تثبيت الآزوت الجزيئي من الهواء.

وفي عام ١٩٠١، تمكّن العالم بايرنيك Beijernick من عزل بكتريا من جنس الآزوتوباكتر Azotobacter القادرة على تثبيت الآزوت الجوي وتوضيح ظاهرتي النترزة (تحول الأمونياك إلى نتريت) والنترجة (تأكسد النتريت إلى نترات) باستخدام الطاقة الكيمياوية.

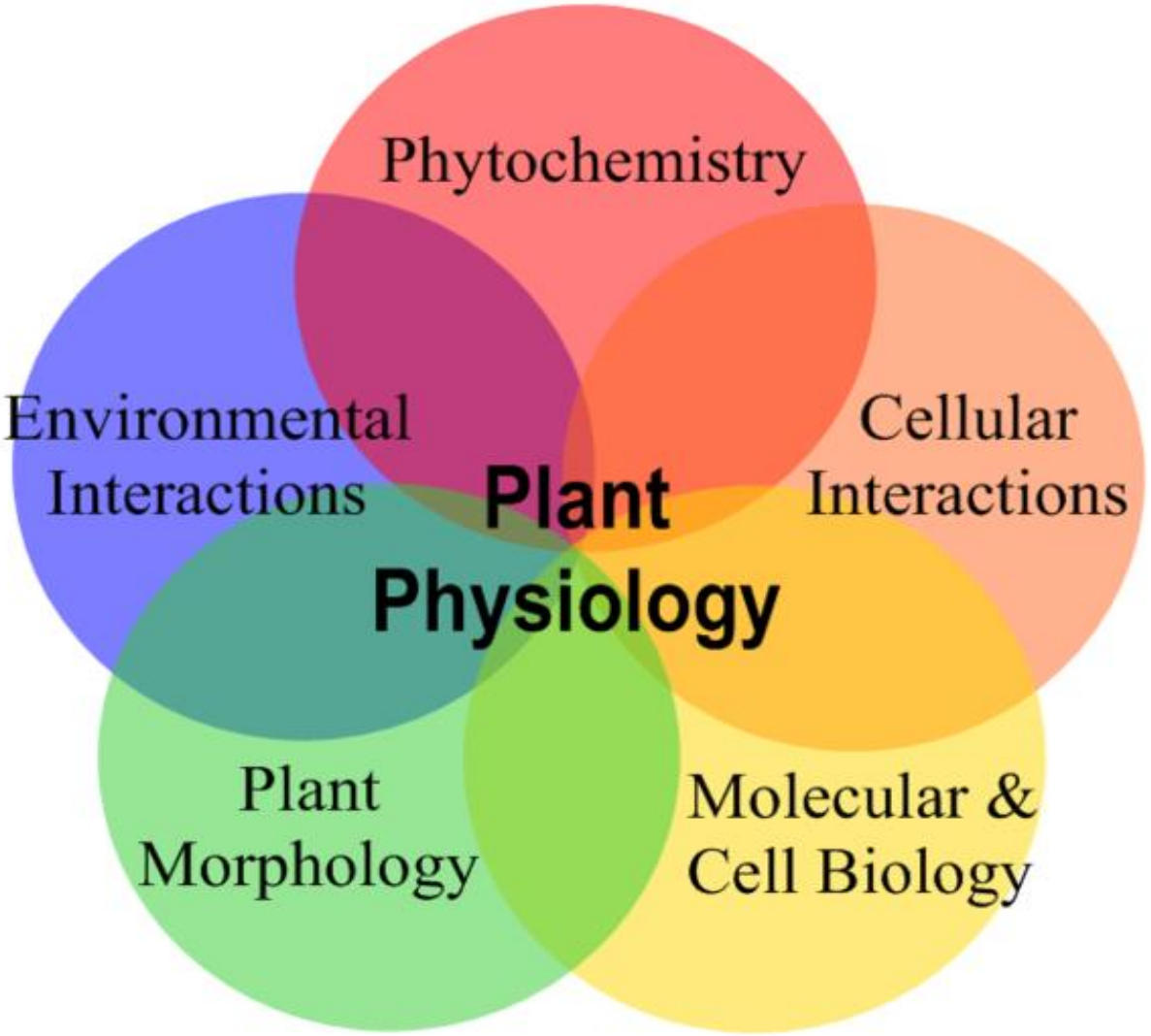
ويعدُّ ساكس (١٨٣٢-١٨٩٧) Sachsمؤسس علم Plant physiologyوفق مفهومها الحديث ومؤلف أول كتاب في Plant physiologyالذي يعدّ نقطة انطلاق للمعرفة والتجريب والتمييز بين مختلف المواد النباتية من بنائية matières plastiques أو كحاملة للقوى المسماة بالمواد الوظيفية matières fonctionnelles، وعلاقة ذلك بالخلايا المختلفة والمجموعة الجذرية.

اهمية فسيولوجيا النبات

أسهمت الفسيولوجيا النباتية بدورها الرئيسي في حلّ المشكلات التي تواجه العاملين في الزراعة، وكانت ومازالت عوناً لهم في تعليل ما يدور من انحرافات في نمو النبات عموماً. وصارت العلم الذي يمكّن من تحديد ما يتطلبه كل نوع من النباتات من العناصر المغذية الكبرى الصغرى

كذلك يعتبر علم فسيولوجيا النبات من العلوم التطبيقية العملية المهمة، فكثيراً من علماء النبات يعتبرونه المدخل أو الأساس العلمي لجميع أفرع علم النبات المختلفة

علاقة فسيولوجيا النبات بالعلوم الاخرى



علاقة فسلجة النبات ونمـــو النبات The Plant Growth

النمـــو The Growth

تعريف النمو: هو عبارة عن الزيادة المستمرة غير العكسية فى حجم أو وزن أو طول النبات كله أو عضو معين به.

الظواهر التى تصاحب النمو:

يصاحب النمو واحداً أو أكثر من الظواهر الآتية:

زيادة عدد الخلايا.

زيادة كمية البروتوبلازم (زيادة الوزن).

زيادة حجم الخلايا أو العضو النباتى كله.

زيادة كمية بعض مكونات الخلية مثل زيادة عدد البلاستيدات الخضراء وحجمها أو زيادة حجم الفجوة العصارية أو زيادة عدد الميتوكوندريا.

مراحل نمو الخلية النباتية:

١- المرحلة الأولى :مرحلة الإنقسام (زيادة العدد) Cell division

٢- المرحلة الثانية :مرحلة الإستطالة (النمو فى حجم الخلية) Cell enlargement

٣- - المرحلة الثالثة :مرحلة التمييز أو التكشف (التخصص) Cell differentiation

مناطق النمو فى النبات

يحدث النمو فى النبات نتيجة لنشاط الأنسجة المرستيمية وينحصر النمو فى النبات فى مناطق محددة يطلق عليها المناطق المرستيمية وهى مناطق النمو مثل قمم الجذور وقمم السيقان والكامبيوم .

مظاهر النمو الكمية هى زيادة يمكن قياسها بطرق مختلفة واما مظاهر النمو النوعية قد تعطى الخلايا المرستمية سوق مورقة او تعطى ازهار فى اوقات اخرى

مراحل نمو النبات

١- مرحلة إنبات البذور.

٢- مرحلة النمو الخضرى.

٣- مرحلة التزهير والأثمار.

العلاقات المائية للنبات

أهمية الماء في حياة النبات

الماء أحد مكونات البروتوبلازم (الماده الحيه في الخليه) ومكون اساسي لأجسام النبات حيث يشكل نسبة ٨٥ -٩٥% من الوزن الطري للكائن الحي. كما أنه يعمل كمذيب تحدث فيه كثير من التفاعلات البيوكيميائيه المختلفه. والمواد الغذائيه تنتقل داخل الخلايا في حاله ذائبه.

أيضا يقوم الماء بتنظيم درجة حرارة النبات حيث يمتص الحرارة المتولدة من العمليات الكيموحيويه، كما أن تبخر الماء من اسطح النبات يعمل على تقليل التأير الناتج من الارتفاع الشديد في حراره الجو. اضافة الى ذلك الماء يعد ماده خام اساسيه لعميه البناء الضوئي (بناء المواد الكربوهيدراتيه).

ارتباط النبات بالماء

ترتبط حياة النبات بالماء إرتباطا وثيقا ، والعثور على اى نوع من النباتات فى مكان ما يدل دلالة قاطعة على وجود الماء فى المكان . لذا تقسيم النباتات تبعا لإحتياجتها من الماء.

ا ـ النباتات المائية Hydrophytes وتنقسم ألى ثلاثة اقسام هى :

١ –النباتات المغمورة (Submerged Hydrophytes) ومن اشهر انواعها نباتات الألوديا (*Elodea*) والسراتوفيلم (*Ceratophyllum*) .

ب ـ النباتات الطافية (Floating Hydrophytes) ترسل اوراقها فوق صفحت الماء ، وبعض هذه المجموعة يثبت جذوره فى طين القاع وتسمى لذلك طافية مثبتة (Fixed-Floating Hydrophytes) كنبات البوتاموجيتون (*Potamogeton nodulus*) ، بينما البعض الآخر يعيش طافيا وحرا (Free-Floating Hydrophytes) ومن اشهرها نبات ورد النيل (*Eichornia crassipes* Water Hyacinth or .

ج- نباتات الجذور المائية (Immersed Hydrophytes) وهى التى تغمس جذرها فقط فى الماء بينما ترسل سيقانها واوراقها فى الهواء، ومن اشهرها نباتات المستنقعات مثل نبات التيفا و السيبرس (Typha & Cyprus) ،والأرز. - النباتات الوسطية Mesophytes

وهى النباتات التى تعيش فى تربة تحتوى من الماء ما يكفى لحياة النباتات النامية بها ،ويتبع هذه المجموعة كل نباتات المحاصيل والحدائق والخضر والفواكه .

٣- النباتات الجفافية Xerophytes

وهى التى تعيش فى تربة يندر فيها الماء وتؤثر ندرته عاى الوظائف الحيوية للنبات .

من خلال ذلك وجب معرفة صفات الماء وعلاقة النبات بالمحاليل المائية لمعرفة طرق انتقال الماء واليات امتصاصه من قبل النبات وبالتالي صعود المواد الغذائية للنبات

الصفات الخاصة للماء

يحتوى النبات على٨٥ – ٩٥% ماء (H2O).

- فى درجة الحرارة المناسبة فسيولوجيا يحتفظ بحالته السائلة.
- اللزوجة المنخفضة نسبياً.
- من الجزيئات صغيرة الحجم نسبياً.
- التركيب القطبى للماء يساعد على تميه (hydration) الكتيونات والأيونات.
- الخمول التفاعلى (inert) تجعله وسطاً مثالياً لعمليات الانتشار (diffusion).
- وقدرته على التوصيل الحرارى عالية أيضاً وبذلك يعتبر وسطاً مثالياً.
- عدم قابليته للانضغاط إلا فى حدود ضيقة يساعد في نجاح الإمتلاء الأسموزى.
- ويرجع إلى قدرة جزيئات الماء على تكوين الروابط الهيدروجينية (hydrogen bonds) معظم الصفات الخاصة مثل التماسك بينها (أعلى ما يكن في حالة التجمد وأقل قيمة في حالة البخار).

الصفات الكيموحيوية للماء BIOCHEMICAL PROPERTIES

الماء يشارك كمادة متفاعلة فى كثير من التحولات الكيموحيوية (biochemical transformation).

فالماء يشارك فى إتمام التفاعلات الضوئية فى البناء الضوئى.

والماء مصدر الأوكسجين المتصاعد أثناء عملية البناء الضوئى.

وفسفرة مادة (ADP) أساسها نزع جزئ الماء dehydrate من جزئ الـ ADP.

التفاعل المضاد أى تحول ATP يتم بالتميه hydration حيث يستهلك جزء الماء.

وأثناء عملية التحلل المائى يضاف فى كل مرة جزئ من الماء لإنتاج المركبات الصغيرة السلسلة .

فسيولوجيا النبات والمحاليل

المحاليل SOLUTIONS

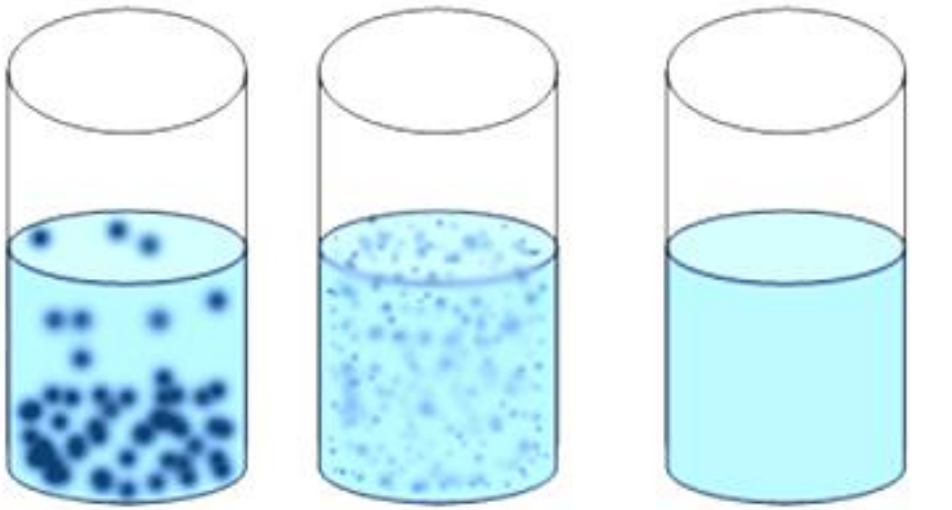
تشكل المحاليل المائية عموماً نتيجة إذابة المواد في الماء ، وبالتالي نحصل على إحدى الأنواع التالية:

١- المحاليل الحقيقية : تتكون من مادة مذيب كالماء ومادة مذابة ويتراوح قطر دقائقها مابين ٠,١ و ٥ مليميكرون وتمتاز بانها ثابتة لاتترسب مهما طال الوقت ومقدرتها على النفوذية من خلال ورق الترشيح. مثل ملح الطعام _ السكر

٢- المحاليل المعلقة والمستحلبة : تتراوح حجم دقائقها مابين ٢٠٠ مليميكرون و ٢ ميكرون وتكون عالقة بالماء لفترة من الوقت ثم تترسب تدريجياً وتطلق كلمة المعلق على دقائق السوائل في الماء (الزيت) (والرمل) في الماء ويمكن رؤية دقائق الملق والمستحلب بالمجهر العادي ولايمكن النفوذ من خلال ورقة الترشيح.

٣- المحاليل الغروية: تتراوح حجم دقائق الغروي مابين ٥ مليميكرون إلى ٢٠٠ مليميكرون أي وسط بين المحلول الحقيقي والمعلق ويمكن روئية دقائق الغرويات بالمجهر الدقيق وتتميزبمقدرتها على المرورمن خلال ورقة الترشيح كالطمي _ الجيلاتين _ بروتوبلازم الخلية

أنواع المحاليل



خواص الغرويات :

١_ ظاهرة تندال : تقوم الدقائق المنتشرة على عكس وتشتت الضوء الساقط عليها وذلك لأن الدقائق تكون جزيئات كبيرة مقارنة بجزيئات وسط الإنتشار.

٢_ الحركة البراونية : عند مرور حزمة ضوئية قوية عبر محلول غروي على مجهر دقيق ذو حقل مظلم ونظرنا في اتجاه عمودي على مسار تلك الحزمة الضوئية فإننا نرى أن مسار الضوء يتكون من نقاط لامعة ذات حركة اهتزازية مستمرة غير منتظمة الاهتزاز تسمى بالحركة البراونية. وتعزى هذه الحركة الى دفع الدقائق الغروية دفعا غير منتظمة من نواحيها المختلفة بواسطة جزيئات السائل (وسط الانتشار) بفعل طاقتها الحركية واذا رفعنا درجة حرارة المحلول الغروي فان درجة الحركة البرورانية تزداد نظرا لزيادة طاقة جزيئات السائل المذيب .

٣_ الانتشار : نظراً لأن دقائق الغروي تستطيع النفوذ عبر ورقة الترشيح فقد استغلت هذه الخاصية في تنقية الغرويات من شوائب المحاليل الحقيقية العالقة بها وتسمى هذه الظاهرة بالفصل الانتشاري. وبذا يمكن بهذه العملية فصل دقائق المحاليل الغروية الموجودة في محلول ما وتسمى هذه العملية الترشيح الدقيق ويطلق على هذا المرشح اسم المرشح الدقيق ولا تستطيع الدقائق الغروية ايضا ان تنتشر خلال الاغشية الصناعية كالكلوديون والسلوفان مع ملاحظة ان هذه الأغشية تسمح بانتشار جزيئات المحاليل الحقيقية خلالها ، ويستفاد من هذه الخاصية في فصل المحاليل الحقيقية عن المحاليل الغروية وذلك بوضع الخليط في كيس غشائي وغمس هذا الكيس في ماء نقي يجدد من وقت لآخر في ماء جارى بأستمرار وتسمى هذه العملية بالفرز الانتشاري للذائبات.

٤_ الضغط الاسموزي: يتوقف الضغط الأسموزي لمحلول ما على عدد دقائقه ، فكلما كانت الدقائق كبيرة الحجم كلما قل عددها وقل ضغطها الأسموزي كالبروتينات . مقارنة بالدقائق الصغيرة والتي يزيد عددها ويزداد الضغط الأسموزي. ومن المعروف ان الضغوط الأسموزية للمحاليل الغروية لا تتعدى كسر صغير من الضغط الجوي

٥_ الشحنة الكهربية : تحمل الدقائق الغروية شحنات كهربية نتيجة لتأين بعض جزيئات الغروي مثل تأين جزيئات البروتين إلى شحنات سالبة وموجبة ويسمى مثل هذا الأيون ثنائي القطبية ويستفاد من هذه الظاهرة عند تعرض محلول غروي على مجال كهربائي فإن دقائقه ستتحرك كل حسب شحنتها إلى القطب المضاد في الشحنة .وتسمى هذه بالحمل الكهربي. فمثلا وجد ان القوة الترسيبية للايونات الموجبة + Na، ++ Mg، على الدقائق الغروية هى كنسبة ٥٠ : ٧ : على التوالى ، ويلاحظ انه من الفوائد التى تنتج عن اضافة المركبات الجيرية الى التربة الطينية انها تجمع دقائق الطين الغروى السالبة للشحنة الكهربائية بفعل ايونات الكالسيوم الموجبة فتزداد مسامية التربة وتجود تهويتها وتصبح اكثر ملائمة لنمو النبات ، كذا تتكون دلتا الانهار عند التقاء ماء النهر المحمل بالطمى الغروى بمياة البحر المحتوية على أملاح ذائبة متاينة فتتعادل شحنات الطين الغروى السالبة مع الأيونات المضادة فى الشحنة فيترسب الطين و تتكون الدلتا

٦_ التجمع السطحى او الادمصاص Adsorption: إذا مزجنا مسحوق فحم وماء فستنتشر دقائق الفحم في جزيئات الماء وتتكون اسطح بينية بين دقيقة الفحم وجزيئات الماء ، فاذا اضفنا صبغة فإن دقائق الصبغة تدمص على السطوح البينية. وتستخدم هذه الطريقة في تكرير السكر من الشوائب الملونة تعتمد كفاءة الأدمصاص على مساحة السطح للمادة التي يتم عليها الأدمصاص ، فكلما كبرت زادت الكفاءة ولذلك فالدقائق الصغيرة كفاءتها اكبر نسبة لكبر مساحة سطحها . واذا كان لدينا سائلان لا يمتزجان فان الحد الفاصل بينهما معرضا لقوتين جاذبيتين فجزيئات الطبقة السطحية لاحد السائلين تكون معرضة لجذبها نحو الداخل من جزيئات السائل نفسه وجذب نحو الخارج من جزيئات السائل الأخر ويكون الفرق بين هاتين القوتين هو ما يعبر عنه بالتوتر البينى ، وتؤثر المواد الذائبة فى السائل على قيمة توتر سطحة الملامس لاى طور اخر لا يمتزج به فبعض المواد تميل الى التجمع على السطح الفاصل من توتر السطح ويطلق على ظاهرة تجمع المواد الذائبة الخافضة للتوتر البينى التجمع السطحى وهذه المواد التى تعمل على خفض التوتر السطحى او البينى فيطلق عليها المواد النشطة على السطح ومن امثلتها اغلب المواد العضوية وهناك مواد تجذبها جزيئات الماء الى الداخل ولا تتراكم على السطح وهذه يطلق عليها المواد الغير نشطة على السطح واحيانا تعمل على زيادة التوتر السطحى للماء بدرجة قليلة مثل الأملاح والسكريات ولما كانت الغرويات تتميز بكبر المساحات الكلية لسطوحها وبذا تكتسب قدرة كبيرة على التجمع السطحى

ومن المعروف ايضا ان معدل الادمصاص ينخفض بارتفاع درجة الحرارة وهذا راجع الى زيادة الطاقة الحركية للمواد المتجمعة سطحيا فيسهل هروبها من السطح . وتلعب ظاهرة التجمع السطحى دورا كبيرا لاهميه الكائنات الحية ففى خلايا النبات يوجد عدد كبير ن السطوح البينية فهناك رآى يقول ان الأغشية البلازمية فى الخلية تتكون نتيجة لتجمع البروتينات والمركبات الدهنية تجمعا سطحيا عند سطح الأنفصال وعلى ذلك فالغشاء البلازمى الخارجى يتكون عند سطح الانفصال بين الجدار الخلوى المشبع للماء و البروتوبالزم اما الغشاء البلازمى الداخلى فيتكون عند سطح الانفصال بين الفجوة العصارية والبروتوبلازم وحيث ان تركيب المحاليل العصارية تختلف عادة عن تركيب المحاليل المبللة للجدر الخلوية و المتصلة بها اتصالا مباشرة بالسيتوبلازم فمن المتوقع اذن ان يغير الغشاء البلازمى الخارجى من حيث تركيبية وخواصه الغشاء البلازمى الداخلى وكلما كان البروتين له بعض الخواص الكهربائية فانه لا يعتبر من المواد النشطة على السطح عند مقارنته بالمواد الدهنية لذا فانه فى البروتوبلازم الحى تكون المواد الدهنية على سطحة بتركيز المواد البروتينية وطبيعة تكوين هذه الاغشية البروتوبلازمية لها اهميتها فى نفاذية السيتوبلازم وتلعب ظاهرة الادمصاص دورا كبيرا فى وظائف الخلية فظاهرة التشرب لها اهمية فى علاقة الخلية بالماء تشمل ادمصاص الماء وعمل الانزيمات من الوجة العامة تعرف بانها تشمل ظاهرة الادمصاص كما انه بواسطة استعمال الصبغات امكن الحصول على معلومات كثيرة عن الخلية حيث ان هذه الصبغات يختلف تجمعها السطحى باختلاف مركبات الخلية

تقسم الغرويات بالنسبة لجذبها اوطردها لجزيئات المذيب إلى نوعين :

١_ غرويات كارهة للمذيب (وسط الانتشار) Lyophilic colloids:
وجود تنافر بين جزيئات المذيب والمذاب
مثال : المحاليل الغروية لبعض المعادن وبعض الأملاح المعدنية .

٢_ غرويات محبة للمذيب (وسط الانتشار) Lyophobic colloids وجود قابلية شديدة وتجاذب بين الدقائق المنتشرة ووسط الانتشار
مثال : البروتين _ البروتوبلازم

وتتلخص اوجة الخلاف فى الخواص المميزة لكل من النوعين فى ما ياتى :-

١- **الفحص الميكروسكوبى** تشاهد الحركة البراونية بوضوح فى حالة فحص محاليل الغرويات الكارهة لوسط الانتشار اما فى النوع الاخر فيمكن مشاهدة خاصية تندال ولكن يتعزر رؤية الحركة البراونية بوضوح نظرا لوجود أغشية حولها من سائل وسط الانتشار

٢- **اللزوجة Viscosity** لا تختلف لزوجة المحلول الغروى الكارهة لوسط الانتشار أختلافا محسوسا عن لزوجة وسط الانتشار اما الغرويات المحبة للمذيب فان لزوجة محاليلها تكون عادة اكبر من لزوجة وسط الانتشار وتزداد لزوجتها زيادة محسوسة بزيادة تركيزها وتعزى الزيادة فى هذه الحالة الى تشبع الدقائق المادية بسائل وسط الأنتشار فيترتب على زيادة تركيز الطور المنتشر نتيجة خفض كمية السائل الحر النسبية نظرا لاتحاد جزء كبير منه بالدقلئق الغروية وهذا من شانه ان يقل من سيولة المحلول اى يرتفع من لزوجته وتتاثر لزوجة جميع السوائل بما فيها المحاليل الغروية بدرجة الحرارة فتقل بارتفاعها وتزيد بانخفاضها كالجيلاتين والاجار والنشا سواء بزيادة الطور المنتشر او خفض درجة الحرارة ادى ذلك الى تغير حالتها الطبيعية فيتماسك المحلول الغروى ويصبح قوامه شبه صلب اى يتحول من حالة السيولة الى حالة الصلابة او الحالة الهلامية وهذا التحول هو نتيجة لأنعكاس اطواره الذى قد يكون مرده الى تقارب دقائق الطور المنتشر المشبع بالسائل وذلك بسبب زيادة عددها فى حالة زيادة الطور المنتشر او زيادة سمك أغشيتها فى حالة خفض درجة الحرارة حيث ان هذه تعمل على ازدياد التوتر السطحى للسائل المغلف للدقائق بعضا ببعض فى صورة شبكة تملا عيونها أجزاء منفصلة من وسط الأنتشار ويسمى الماء الذى يغلف الحبيبات **بالماء المرتبط** اما الماء الذى يكون وسط الانتشار فيسمى **الماء الحر**

وتتشرب الغرويات المحبة للماء بكميات كبيرة من الماء ويطلق على هذه الظاهرة ظاهرة التشرب Imbibition وفيها تتجمع أغشية كبيرة من الماء حول الدقائق الغروية وتتوقف كمية الماء الذى تتشرب به المادة على مدى قوة التماسك بين وحدات المادة حيث ان أغشية الماء تعمل على تباعد وحدات المادة عن بعضها فاذا كانت قوة التماسك بين وحدات المادة ضعيفة تشربت بكميات كبيرة من الماء حيث ينتهى الأمر الى تكوين محلول غروى وخاصية التشرب هذه اكثر وضوحا فى حالة انبات البذور تتشرب بكميات كبيرة من الماء اللازم لعملية الانبات

٣- الترسيب Precipitation يرجع ثبات الغرويات الكارهة لوسط الأنتشار لعامل واحد هو الشحنة الكهربائية الموجودة على الدقائق الغروية و التى تسبب تنافرها وتحول دون تجمعها الى دقائق اكبر واذا عودلت هذه الشحنات او قللت قيمة هذه الشحنات عن حد معين فان الدقائق الغروية تترسب فى الحال وهذا يفسر شدة حساسية هذه المحاليل للذائبات الكهربائية ويكون الترسيب فى هذه الحالة غير عكسى اى لا يمكن اعادة الدقائق الغروية الى حالتها الطبيعية

آما محاليل الغرويات المحبة لوسط الانتشار فيرجع ثباتها الى عاملين :

أ - الشحنة الكهربائية

ب - التشرب بسائل وسط الانتشار

وهى ان تحاط كل دقيقة بغشاء وهذه الأغشية تمنع الدقائق الغروية من أن تلامس بعضها البعض وبذلك تظل معلقة فى وسط الانتشار ويكفى توافر أحد هذين العاملين لكى يبقى المحلول الغروى ثابت

فسيولوجيا النبات والمحاليل

الحالة الغروية Colloidal State

من المعروف ان الخلية ه الوحدة الأساسية لتركيب الكائن الحي وأنها وحدة النشاط الحيوي
فية
بروتوبلازم الخلية هو مركز جميع العمليات في الخلية

تركيب البروتوبلام

مركب اساسيا من مواد موجودة على حالة غروية
تنسب لهذه الحالة الغروية الخواص الطبيعية الكيماوية للبروتوبلازم
كما ان كثيرا من العمليات الفسيولوجية التي تحدث في النبات تتم بواسطة عوامل مساعدة
عضوية تعرف باسم الانزيمات وهذه الأخيرة موجودة أيضا على حالة غروية ، ويعزى كثير
من خواص الأنزيمات الى كون وجودها على حالة غروية
من اجل كل هذا يجب ان ندرس الحالة الغروية وبعض خواصها الهامة .

وقد قسمت المواد من حيث علاقتها بالماء إلى بلورات Crystalloids وغرويات Colloids،

فالأولى هي المواد التي تكون عند خلطها بالماء محاليل حقيقية وسميت بلوريات لأنها تتبلور ، ومن خواص هذه المواد أن جزيئاتها تنفذ عادة خلال الأغشية الصناعية المعروفة كالبارشمنت ،

أما الغرويات فهي المواد التي تكون عند خلطها بالماء محاليل غروية وهى لا تتبلور وتشبه الغراء من حيث عدم تبلورها ولا تنفذ حبيباتها خلال الاغشية الصناعية المذكورة .

إلا أن ذلك التقسيم خاطئ فقد اتضح الآن أن كثيراً من المواد التى تكون الماء محاليل غروية كبعض البروتينيات يمكن الحصول عليها بحالة بلورية كما أن معظم البللوريات أمكن الحصول عليها بحالة غروية ولكن تحت ظروف خاصة يتضح من ذلك أن المحاليل الحقيقية أو الغروية أو المعلقات أو المستحلبات ليست محاليل لأنواع معينة من المواد ولكنها محاليل ذات تركيب معين يختلف بعضها عن بعض فقط من حيث حجم الدقائق فى السائل المذيب .

العلاقات المائية في النبات

Water Relation in Plant

أهمية الماء في حياة النبات

الماء أحد مكونات البروتوبلازم (الماده الحيه في الخليه) ومكون اساسي لأجسام النبات حيث يشكل نسبة ٨٥-٩٥% من الوزن الطري لجسم النبات.

يعمل كمذيب تحدث فيه كثير من التفاعلات البيوكيميائيه المختلفه كما ان المواد الغذائيه تنتقل داخل الخلايا في حاله ذائبه.

يقوم الماء كذلك بتنظيم درجة حرارة النبات حيث يمتص الحرارة المتولدة من العمليات الكيموحيويه،

أن تبخر الماء من اسطح النبات يعمل على تقليل التأثيرالناتج من الارتفاع الشديد في حرارة الجو.

اضافة الى ذلك الماء يعد ماده خام اساسيه لعمليه البناء الضوئي

تقسم النباتات حسب ثبات محتواها من الماء الى:

١- نباتات متغيرة المحتوى المائي مثل النباتات البدائية كالطحالب والاشنات

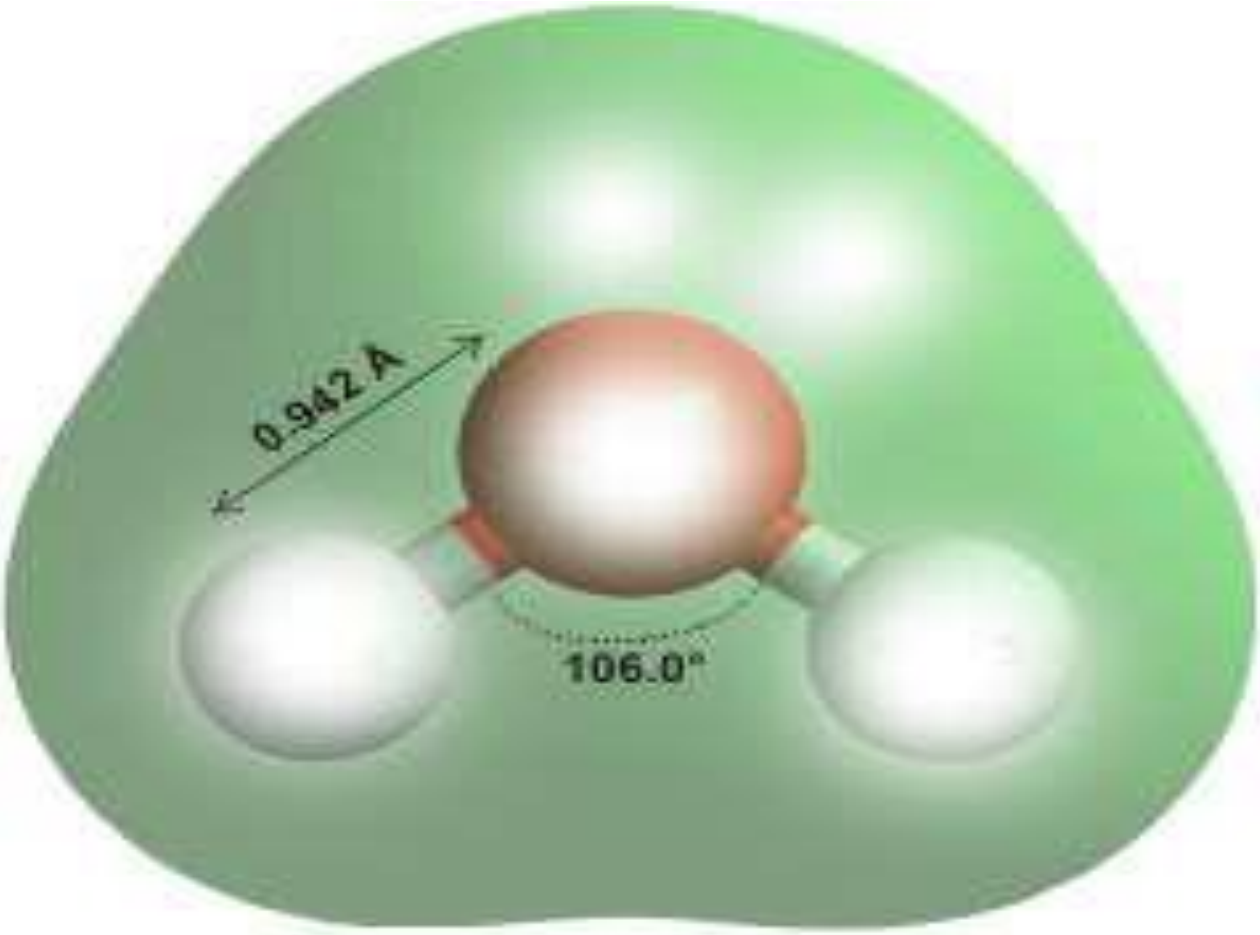
(لا تحتوي على فجوات مائية – انكماشها غير منتظم عند فقد الماء --- لا تتاثر مكونات الخلية نتيجة فقدان الماء)

٢- نباتات ثابتة المحتوى المائي مثل النباتات الراقية (وجود الفجوات المائية يعمل على المحافظة على المحتوى المائي داخل الخلية ما دام تأثير الظروف الخارجية ضمن الحدود الملائمة لكن انها لا تتحمل الجفاف

الصفات الخاصة للماء

- الماء جزيئي قطبي Polar لذلك يعتبر سطحة مشحون
- فى درجة الحرارة المناسبة فسيولوجيا يحتفظ بحالته السائلة.
- اللزوجة المنخفضة نسبياً.
- من الجزيئات صغيرة الحجم نسبياً.
- التركيب القطبى للماء يساعد على تميه (hydration) الكتيونات والأيونات.
- الخمول التفاعلى (inert) تجعله وسطاً مثالياً لعمليات الانتشار (diffusion).
- قدرته على التوصيل الحرارى عالية أيضاً وبذلك يعتبر وسطاً مثالياً.
- عدم قابليته للانضغاط إلا فى حدود ضيقة وهذا يساعد في نجاح الإمتلاء الأسموزى.
- تعود معظم صفات الماء مثل التماسك بين جزيئات الماء (أعلى ما يكن في حالة التجمد وأقل قيمة في حالة البخار) وكذلك قوى التلاصق الى قدرة جزيئات الماء على تكوين الروابط الهيدروجينية (hydrogen bonds) والتوزيع الفراغي لجزيئاته Molecules configuration

ومن الواضح أن الماء مادة ذات قطبين حيث يعتبر H أما القطب الآخر فهو O قطب موجب فهو سالب الشحنة نتيجة لخاصية الأوكسجين في جذب الإلكترونات Electrophilic اما الزاوية بين ذرتي الهيدروجين المرتبطتين في ذرة الاوكسجين فهي ١٠٤.٥الى ١٠٩ درجة.



Cohesion and adhesion التجاذب والتلاصق

يؤدي تجاذب (Cohesion) جزيئات الماء مع بعضها البعض من خلال الروابط الهيدروجينية إلى اكساب الماء صفات قوة التوتر السطحي العالية والتي تمكنه من تحمل أوزان بعض الأثقال التي توضع عليه كما يمكنه تحمل اوزان الحشرات التي تسير على السطح وان هذه الصفة هي المسئولة عن الشكل المستدير الذي تأخذه نقطة الماء على اسطح اوراق النبات وغيرها، كذلك هي المسؤولة عن القوة المطاطية العالية للماء مما تجعل الماء كعمود متصل يتحمل قوة شد عالية تصل إلى ٣٠ ميجا باسكال

Surface Tension

Water striders “skate” along, supported by the surface tension of the water that is their home.

أما بالنسبة للتلاصق (Adhesion) فإن تجاذب جزيئات الماء بعضها مع البعض تعمل ايضا على جذبها الى اسطح جزيئات المادة الصلبة وهي المسؤولة عن رفع الماء بواسطة الخاصية الشعرية داخل الاوعية الضيقة وكذلك التصاق قطرات الماء على السطوح القائمة دون ان تسقط بفعل الجاذبية الارضية

الصفات الكيموحيوية
BIOCHEMICAL PROPERTIES

- الماء يشارك كمادة متفاعلة فى كثير من التحولات الكيموحيوية (biochemical transformation).
- فالماء يشارك فى إتمام التفاعلات الضوئية فى البناء الضوئى.
- والماء مصدر الأوكسجين المتصاعد أثناء عملية البناء الضوئى.
- فسفرة مادة (ADP) أساسها نزع جزئ الماء dehydrate من جزئ الـ ADP.
- التفاعل المضاد أى تحول ATP يتم بالتميه hydration حيث يستهلك جزء الماء.
- وأثناء عملية التحلل المائى يضاف فى كل مرة جزئ من الماء لإنتاج المركبات الصغيرة السلسلة .

صور الماء في التربة

١- ماء الجاذبيه الأرضيـة

هو كميــه الماء التي ترشح من التربه بعد ريها بفعل الجاذبيه الأرضيه أي أنه بعد سقوط المطر أو الري تتشبع الطبقه السطحيه للتربة ويتسرب الماء الزائد لأسفل بفعل الجاذبيه الارضية

وهو الماء الذي لا تستطيع التربه الاحتفاظ به ويستمر في التسرب حتى يصبح جزء من المياه الجوفية

٢- الماء الشعري

هو ماتحتفظ به التربه من ماء بعد رشح ماء الجاذبيه الأرضيه بين حبيباتها الدقيقه التي تعرف بالثقوب الشعرية على شكل اغشية رقيقة تغلف حبيبات التربة وتملأ مسامها الصغيرة الشعرية (أي هو الماء الذي يستفيد منه النبات)

٣-الماء الهيدروسكوبي (المقيد)

هو ماتحتفظ أو تمسك به التربه حول حبيباتها الدقيقة (غشاء رقيق يلتصق بجزيئات التربه ولايتحرك بصورة سائلة) ولا يفقد هذا الماء إلا إذا ارتفعت الحرارة إلى ١٠٠ – ١٥٠ درجة مئوية (أي لا يستفيد منه النبات)

حركه الماء في النباتات

١-امتصاص الماء

٢- صعود العصاره

٣- النتــح

امتصاص الماء

يتم امتصاص الماء عن طريق المجموع الجذري (منطقه الشعيرات الجذريه) حيث ينتشر الماء إلى الشعيرات الجذرية نتيجه للتدرج في الجهد المائي (الفرق في جهد الماء بين محلول التربة والشعيرات) أي كلما كان الجهد المائي للعصير الخلوي لخلايا الجذر أكثر سالبيه عن محلول التربه يستمر الماء في الدخول [والزياده في تركيز المذيبات في الخلايا سوف يسبب سالبيه أكثر للجهد المائي للعصير الخلوي وبالتالي زياده الامتصاص].

يمتص الماء بالشعيرات ثم يتحرك إلى خلايا القشره وتتحكم في حركة الماء التدرج في جهد الماء حيث ينتقل من الخليه ذات الجهد المرتفع (أقل سالبيه) الى الجهد المائي المنخفض (أكثر سالبية) حتى يصل إلى البشرة الداخليه (endodermis) حيث يترسب على جدار بعض الخلايا مادة السوبرين (يعرف بشريط كاسبر) فيمر الماء من القشره إلى الاسطوانه الوعائيه عبر خلايا المرور وهي مواجهه لأوعيه الخشب في الجذر (الخشب هو الذي يمر فيه الماء وينتقل لأجزاء النبات المختلفه). نسيج الخشب للجذر يتصل مباشره بنسيج الخشب للساق فيتحرك الماء من الجذر للساق، ويتشعب الخشب عدة مرات لتكوين شبكه معقده من الانسجه الموصله للماء وتنتهي أخيرا في العروق الورقيه (الحزم الوعائيه للورقه).

يحدث امتصاص الماء كـنتيجة لنشاط النتح في المجموع الخضري.
التحرك السريع لأعمده الماء والتي تنتقل من الجـذر يؤدي الى جذب الماء من التربه يصبح الجهد المائي للعصير الخلوي (أكثر سالبيه) فيزيد الامتصاص. قد يقوم النبات بالامتصاص عن طريق المجموع الخضري (فيمتص الرطوبه الجويه وماء الندى عن طريق الاوراق).
اذاً حركه الماء تعتمد أساساً على الجهد المائي فبعد الري او سقوط الامطار ترتفع قيمه الجهد المائي للتربة وتصبح أقل سالبية عن قيمة الجهد المائي في الشعيرة الجذرية، فيتحرك الماء من التربة للخلية الاولى مما يؤدي إلى ارتفاع في قيمـه جهد الماء للخلية
(١) فينتقل الماء الى خلية
(٢) وهـكذا حتى يصل إلى الاسطوانة الوعائية.

الجهد المائي Water Potential (Ψw)

الجهد الكيميائي هو الطاقة الحرة لكل مول (وزن جزيئي) لأي مادة في النظام الكيميائي وبالتالي فإن الجهد الكيميائي للمادة تحت ظروف ثابتة من الضغط والحرارة يعتمد على عدد مولات المادة الموجودة والذي يعبر عنه بالجهد الكيمياوي للماء او الجهد المائي ويرمز له بالرمز Ψw

كلما كان الجهد المائي قليل كلما كان ارتباط الماء بالوسط كبير وكذلك فكلما جف (الوسط) التربة كلما زاد الارتباط بينه وبين الماء أي أن جهده المائي ينخفض وهذا يعتبر ذو اهمية مطلقة في عملية النبات البذري والتي سنتطرق لها لاحقا.

مكونات الجهد المائي

- الجهد الكلي للماء = Ψ_W .
- جهد الأملاح = Ψ_S.
- جهد الضغط = Ψ_P.
- الجهد الحبيبي للبذرة أو التربة = Ψ_M .
- جهد الجاذبية = Ψ_g.

ونظراً لأنه سيكون تعاملنا مع نباتات المحاصيل فإنه يمكن إغفال كل من جهد الجاذبية ، والجهد الحبيبي للتربة والبذور نظراً لقلة تأثيرها على الجهد المائي في النبات .

- في النبات : $\Psi_w^- = \Psi_S^- + \Psi_P^+$.
- في التربة : $\Psi_W = \Psi_s + \Psi_M$.

حيث تم إغفال جهد الضغط نظراً لقلة أهميته في التأثير في الجهد المائي للتربة .

وحدات الجهد المائي

- 1 atm = 1.013 bars
- 1 bar = 0.987 atm = 10^6 alu nes / cm^2
- 1 pascel (ra) = 1 newton / m^2
- 1 mpa = 10^6 pa = 10 bars = 9.87 atm

العوامل المؤثرة على الجهد المائي

- درجة الحرارة ، علاقة طردية .
- وجود الأملاح ، علاقة عكسية .
- الضغط : زيادة الضغط تؤدي إلى زيادة فرق الجهد المائي .
- وجود بعض الجزيئات الصلبة : مثل بعض حبيبات الطين والرمل في التربة أو بعض المواد الليفية والغروية في جدر الخلايا .
- الجاذبية أو الارتفاع : وعادةً تهمل في حالة النباتات القصيرة وقد يكون لها أهمية في الأشجار الطويلة .

العلاقات المائية في النبات

Turgor pressure (Ψ p)

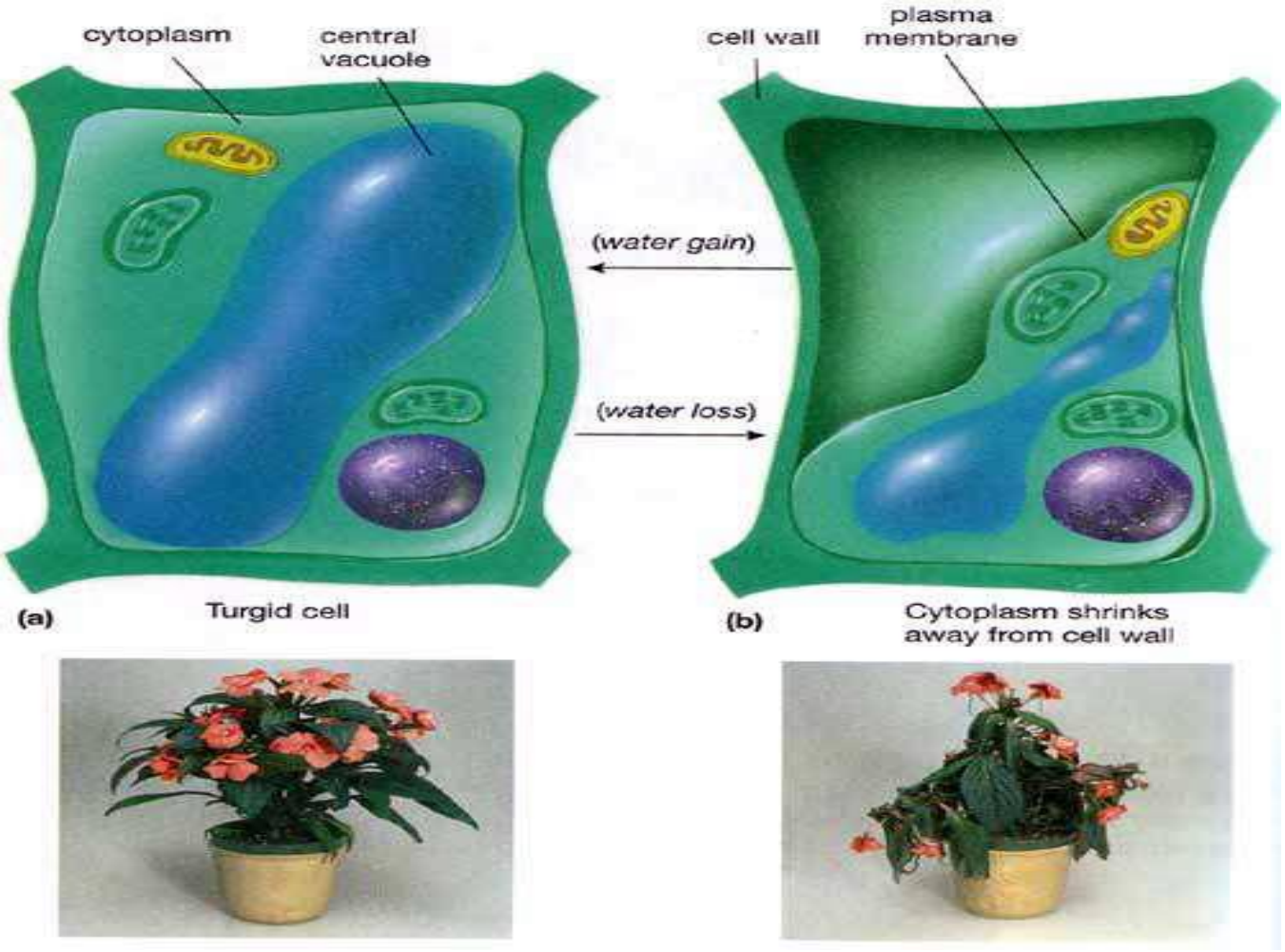
الجدار الخلوي ذو الصلابة والتركيب الغير مطاطي نسبيا يغلف الخلية النباتية وغشائها البلازمي الاختياري النفاذية Plasmalemma

هذه الصفات الفريدة للخلية النباتية تجعلها تعيش دائما تحت مدى واسع من التركيزات الأزموزية بعكس الخلية الحيوانية التي يمكنها أن تعيش فقط في محاليل ذات تركيزات أزموزية متشابهة تماماً.

عند وضع الخلية النباتية في ماء نقي فإنها تنتفخ ولكنها لا تنفجر وبسبب سالبية الجهد الأزموزي لمحلول الفجوة (العصير الخلوي) فإن الماء يتحرك إلى الخلية ويسبب دفع الغشاء البلازمي ناحية الجدار الخلوي.

الكمية الحقيقية للضغط الذي ينشأ يسمى بضغط الامتلاء فالجدار الخلوي يصبح متصلبا ويظهر ضغطا مساويا ولكنه عكسي وهو ما نسميه بضغط الجدار wall pressure ونتيجة لهذا التبادل الفعلي بين هذه القوى فإن الخلية النباتية تحت هذه الظروف يقال عنها أنها منتفخة.

وبالتالي فان عملية الامتلاء تظهر عندما تكون عملية الري والامتصاص جيدة وتظهر الاوراق يانعة ومنتفخة وأول علامات نقص الماء سهلة الملاحظة في النبات وهو نقص امتلاء خلايا الورقة والذي يعطي للأوراق مظهر الذبول.



الجهد المائي Water potential (Ψ w)

الجهد الكيميائي هو الطاقة الحرة لكل مول (وزن جزيئي) لأي مادة في النظام الكيميائي وبالتالي فإن الجهد الكيميائي للمادة تحت ظروف ثابتة من الضغط والحرارة يعتمد على عدد مولات المادة الموجودة، وفي تناولنا لعلاقة النبات والماء فنحن عادة ما نعبرعن الجهد الكيميائي للماء بالجهد المائي **Ψ w**

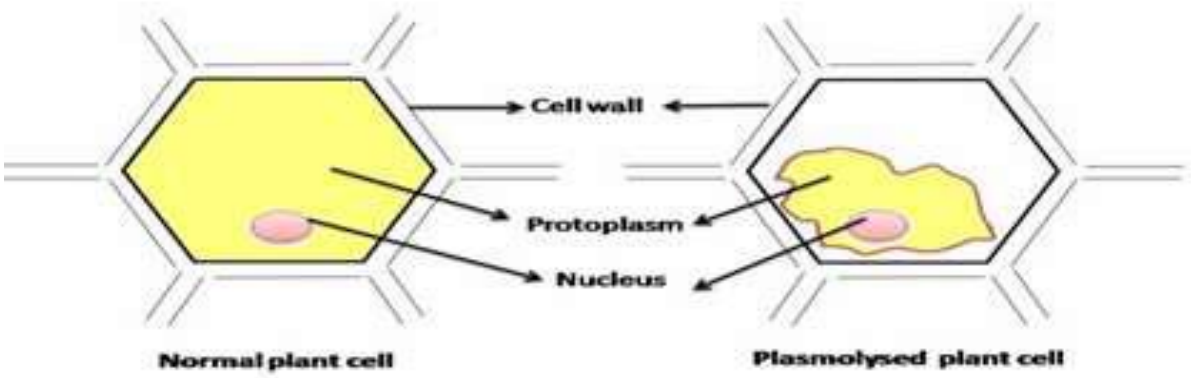
كلما كان الجهد المائي قليل كلما كان ارتباط الماء بالوسط كبير وكذلك فكلما جف الوسط (التربة) كلما زاد الارتباط بينه وبين الماء أي أن جهده المائي ينخفض وهذا يعتبر ذو اهمية مطلقة في عملية النبات البذري

Plasmolysis **البلزمة**

من الناحية الحيوية فإن البلزمة تعني التغيرات التي تحدث للخلية النباتية الحية عندما توضع في وسط ذو تركيز مختلف عن تركيز العصارة الخلوية وخصوصا لو كان الوسط الخارجي ذو تركيز ملحي او سكري مرتفع.

ومثال على ذلك لو وضعت خلية نباتية في وسط يحتوي على تركيز مرتفع من السكروز فإن التغيرات التي تحدث هي انجذاب الغشاء البلازمي بعيداً عن الجدار الخلوي وابتعادهما عن بعضها البعض وهذا الابتعاد ناتج عن عدة أسباب هي:-

- إن الماء داخل الخلية له طاقة حرة أعلى من الطاقة الحرة للماء الخارجي وبالتالي ميولاً الى الانسياب للخارج.
- إن الأغشية الفجوية غير مُنفذة للسكروز ولكنها تستطيع نفاذ الماء.
- إن الجدار الخلوي cell wall يسمح بنفاذ السكروز والماء بحرية.



وعلى هذا الأساس فإن الماء ينتقل من الفجوة العصارية إلى المحلول الخارجي أي إلى السيتوبلازم ثم للخارج أي من منطقة ذات جهد مائي أقل سالبية (عالي) إلى منطقة جهدها المائي أكثر سالبية (منخفض)، هذا التحرك يسبب انكماش الفجوة وبالتالي جذب الغشاء الخلوي بعيداً عن الجدار الخلوي وذلك لان ان الجدار الخلوي صلب ولاينجذب بسهولة وهنا يكون ضغط الامتلاء يساوي الصفر تنتج حالة مختلفة لو أن الخلية وضعت في محلول أقل تركيزاً من تركيز العصير الخلوي وهنا سوف تمتلئ الخلية ولكن عادة كمية دخول الماء تكون قليلة وبهذا فالتغيرات في شكل الخلية تكون بسيطة

مثال دعنا نتخيل خليتين ملتصقتين ومحميتين من أي بخار، والعصير الخلوي للخلية A ذي جهد أوزموزي (- ١٤ بار) وضغط إمتلاء يساوي (٤ بار)، أما الخلية B فان جهدها المائي (-١٦ بار) والحالة النهائية لكل خلية يمكن التعبير عنها:

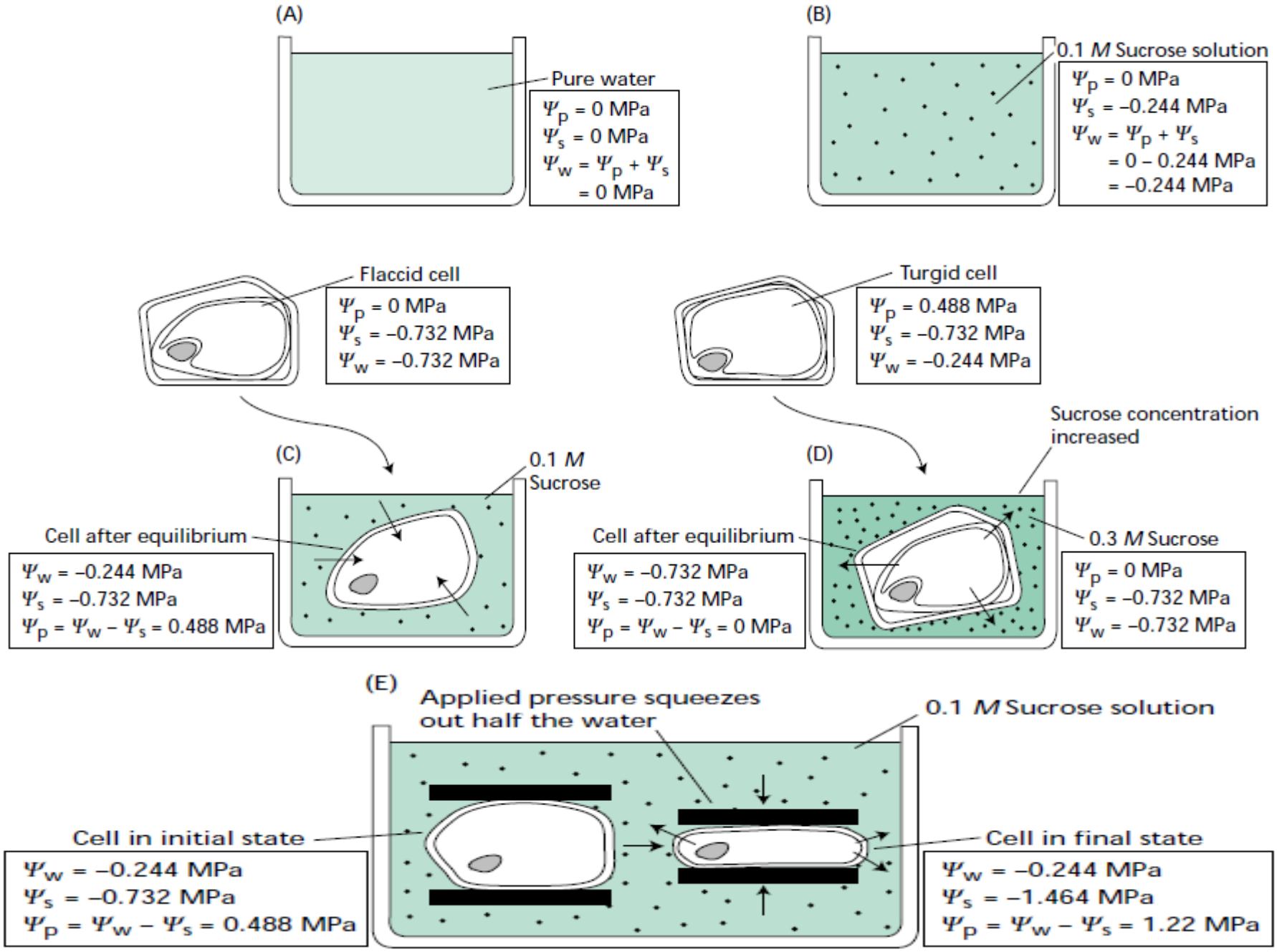
$$\Psi w = \Psi s + \Psi p$$

Ψw = الجهد المائي

Ψs = الجهد الاوزموزي

Ψp = ضغط الامتلاء

Figure 3.9 Five examples illustrating the concept of water potential and its components. (A) Pure water. (B) A solution containing 0.1 *M* sucrose. (C) After a flaccid cell is dropped in the 0.1 *M* sucrose solution, because the starting water potential of the cell is less than the water potential of the solution, the cell takes up water. After equilibration, the water potential of the cell rises to equal the water potential of the solution, and the result is a cell with a positive turgor pressure. (D) Increasing the concentration of sucrose in the solution makes the cell lose water. The increased sucrose concentration lowers the solution water potential, draws water out from the cell, and thereby reduces the cell's turgor pressure. (E) Another way to make the cell lose water is by slowly pressing it between two plates. In this case, half of the cell water is removed, so cell osmotic potential increases and turgor pressure increases correspondingly.


(A)
Pure water
Ψ_p = 0 MPa
Ψ_s = 0 MPa
$\Psi_w = \Psi_p + \Psi_s$
= 0 MPa
(B)
0.1 *M* Sucrose solution
Ψ_p = 0 MPa
Ψ_s = –0.244 MPa
$\Psi_w = \Psi_p + \Psi_s$
= 0 – 0.244 MPa
= –0.244 MPa
Flaccid cell
Ψ_p = 0 MPa
Ψ_s = –0.732 MPa
Ψ_w = –0.732 MPa
Turgid cell
Ψ_p = 0.488 MPa
Ψ_s = –0.732 MPa
Ψ_w = –0.244 MPa
(C)
0.1 *M* Sucrose
Cell after equilibrium
Ψ_w = –0.244 MPa
Ψ_s = –0.732 MPa
$\Psi_p = \Psi_w - \Psi_s$ = 0.488 MPa
(D)
Sucrose concentration increased
Cell after equilibrium
Ψ_w = –0.732 MPa
Ψ_s = –0.732 MPa
$\Psi_p = \Psi_w - \Psi_s$ = 0 MPa
0.3 *M* Sucrose
Ψ_p = 0 MPa
Ψ_s = –0.732 MPa
Ψ_w = –0.732 MPa
(E)
Applied pressure squeezes out half the water
0.1 *M* Sucrose solution
Cell in initial state
Ψ_w = –0.244 MPa
Ψ_s = –0.732 MPa
$\Psi_p = \Psi_w - \Psi_s$ = 0.488 MPa
Cell in final state
Ψ_w = –0.244 MPa
Ψ_s = –1.464 MPa
$\Psi_p = \Psi_w - \Psi_s$ = 1.22 MPa

Imbibition التشرب

يعتبر التشرب إحدى طرق انتشار الماء في النبات وكما هو الحال في الأزموزية يمكن اعتباره نوعا خاصا من الانتشار، إلا أنه في حالة التشرب تدخل المادة الادمصاصية Adsorbant والتي تكون عادة مادة صلبة أو غروية أو جافة

الادمصاص

هو ما يسبق الامتصاص أو الانتشار وهو الانجذاب الذي يحدث بين الشحنات السالبة للمواد المحبة جداً للماء colloides مثل (المواد العضوية والمعدنية) وقطب الماء الموجب.
ان عملية الانجذاب هذه تسمى Electrostatistics

فعند وضع المادة الجافة للنبات في الماء نلاحظ حدوث انتفاخ ملحوظ وبالتالي زيادة في الحجم ويمكن أن ينشأ ضغط هائل لو حُبست المادة الادمصاصية داخل حيز صغير ثم يسمح لها بتشرب الماء، وعلى سبيل المثال قطعة خشب جافة التي توضع في حُفرة صغيرة الحجم بين الصخور في الجبال ثم تسقى بالماء فينتج عن ذلك ضغط هائل يؤدي إلى تكسير الصخور وهذه الطريقة كانت تستخدم لتقطيع الصخور والأحجار في الماضي.

العوامل اللازمة للتشرب Condition necessary for imbibition

هناك حالتان لازمتان لكي يحدث التشرب

١- تدرج الجهد المائي لابد أن يقع بين سطح المادة الادمصاصية والسائل المُتشرب وهنا تتم عملية التصاق سطحي المادة الادمصاصية والمُتشربة (سائلة أو غازية) وهذا نتيجة ارتفاع واختلاف في تركيز المواد.

٢- لابد أن يوجد قابلية امتزاجية بين مكونات المادة الادمصاصية والمادة المدمصة او المُتشربة.

تظهر مواد النبات الجافة سالبية جداً للجهود المائية، على سبيل المثال بعض البذور الجافة قد أظهرت جهداً مائيا = - ٩٠٠ بار وبالتالي عند وضع هذه البذور في ماء نقي يحدث انحدار شديد في تدرج الجهد المائي وتمتص نتيجتة البذرة كميات كبيرة من الماء حتى يتساوى جهد الماء الخارجي مع جهد الماء داخل البذرة نظريا وعند هذه النقطة ينشأ الاتزان ويتوقف التشرب وتحرك الماء من وإلى المادة الادمصاصية يكون متساويا في الكمية.

آلية امتصاص الماء والأملاح المعدنية

أهم عوامل التربة المؤثرة على امتصاص الماء هي:
الحرارة،
الجهد الأسموزي للمحلول،
التهوية،
تركيز CO_2،
وميسورية الماء.

وبالرغم من أن للظروف الجوية تأثيرات أيضا، إلا أن التربة تبقى بصفة خاصة هي العامل المحدد في امتصاص الماء بواسطة الجذور النباتية

انتقال الماء داخل النبات فيتم تحت تأثير كل من:
الضغط الجذري،
الخاصية الشعرية،
الجهد المائي للنبات،
والنتح أو ما يعرف بنظرية الشد المتماسك

الضغط الجذري:

إن جذوع الأشجار المتبقية بعد قطع مجموعها الخضري وكذلك سيقان النباتات العشبية المقطوع قممها الخضرية والمتصلة بالجذور، عادة ما تعطي مظهرا مرئيا للضغط الجذري. وعادة ما نلاحظ عصير الخشب تحت تأثير هذا الضغط خارجا من النهايات المقطوعة والمتبقية من تلك الجذوع. لو قطع ساق نبات الطماطم مروى جيدا ووضع على الجذع المتبقى أنبوبة مطاط محكمة التثبيت ووضع في نهايتها أنبوبة زجاجية محتوية على بعض الماء ثم نضع علامة على مستوى سطح الماء في هذه الأنبوبة الزجاجية وتركها فترة من الزمن نلاحظ بعدها ارتفاع مستوى سطح الماء في تلك الأنبوبة الناتج عن قوة الدفع الجذري.

نظرية الشد المتماسك:

إن هذه النظرية التي تفسر صعود العصارة قد تم وضعها من طرف ديكسون وجولي Dixon & Joly سنة ١٨١٤ وكذلك من طرف أسكيناسي Askenasy سنة ١٨٩٥ وخلاصتها أن الماء وما فيه من ذائبات يرتفع بشكل أعمدة مائية متصلة في أنسجة الخشب نتيجة لقوى التماسك بين جزئيات الماء داخل العمود وكذلك قوى التلاصق بين الماء وجدران الأوعية الخشبية ثم الضغط السالب أو السحب المتولد في الأوراق نتيجة عملية النتح.

لقد افترض العديد من الباحثين في الماضي بأن الأملاح غير العضوية يأخذها النبات برفقة الماء بعملية حرة لا تتطلب طاقة، كما افترض بان انتقال المغذيات إلى مناطق النبات المختلفة يعتمد على سحب النتح ولكن بعد ذلك ظهرت عدم كفاية هذه المقترحات في تفسيرها للاختلافات في مكونات الأملاح في النبات مقارنة بمكوناتها في الوسط الذي ينمو فيه النبات. ثم اقترح بان الامتصاص يعتمد على فرق المحتوى الاسموزي وانتقالها مع مجرى النتح.

الجهاز الثغري

الثغورعباره عن ثقوب بيضاويه الشكل توجد على أسطح الأوراق والسيقان وتنعدم في الجذور ويختلف توزيعها على الاوراق حسب البيئه التي تعيش فيها النبات.

يتركب الثغر من خليـتين تسمى الخلايا الحارسه وخلايا مجاوره تسمى المساعده كلويتان الشكل. وتتميز الخلايا الحارسه عن باقي خلايا البشره بما يلي:

جدرغيـر منتظمة التغلظ حيث أن الجدرالمواجهه لفتحه الثغر أكثر تغلظ واقل مرونه وباقي الجدار اقل سمك واكثر مرونه، تحتوي بلاستيدات خضراء وفجوه عصاريه كبيره مقارنه بباقي خلايا البشره، كما أن حجم الخـلايا الحــارسـه أصغر من باقي خـلايا البشـره.

تعمل الثغور كممرات يتم من خلالها تبادل الغازات بين الجو الداخلي للورقة والجو الخارجي (Co2, O2,وبخار الماء)،
ويعتمد فتح الثغور على ضغط امتلاء الخلايا الحارسة والمساعدة، فتفتح الثغورعند امتلاء الفجوة العصارية للخلايا الحارسة حيث الارتفاع في ضغط الامتلاء يؤدي الى=> شد الجدار الخارجي الذي يعمل على شد الجدار الداخلي (الأكثر سمكاً) مما يسبب تحدبه فيؤدي الى=> فتح الثغر . ويرجع التغير في ضغط الامتلاء إلى تغير الجهد الأسموري وهذا بدوره يعتمد على تحول النشاء الى => جلوكوز والعكس، وتغلق الثغورعند فقدها ضغط الامتلاء. ايضاً تفتح الثغور في الضوء وتغلق في الظلام.

العوامل التي تؤثر في معدل النتح

تتأثر عمليه النتح بالعوامل البيئية التي ينمو فيها النبات + وعوامل أخرى مرتبطة بالنبات نفسه

العوامل الخارجية البيئية

الرطوبة . و الحرارة. و الرياح. و الضوء .
ظروف التربة التي تؤثر في إتاحة الماء للنبات (ميسورية ماء التربة).

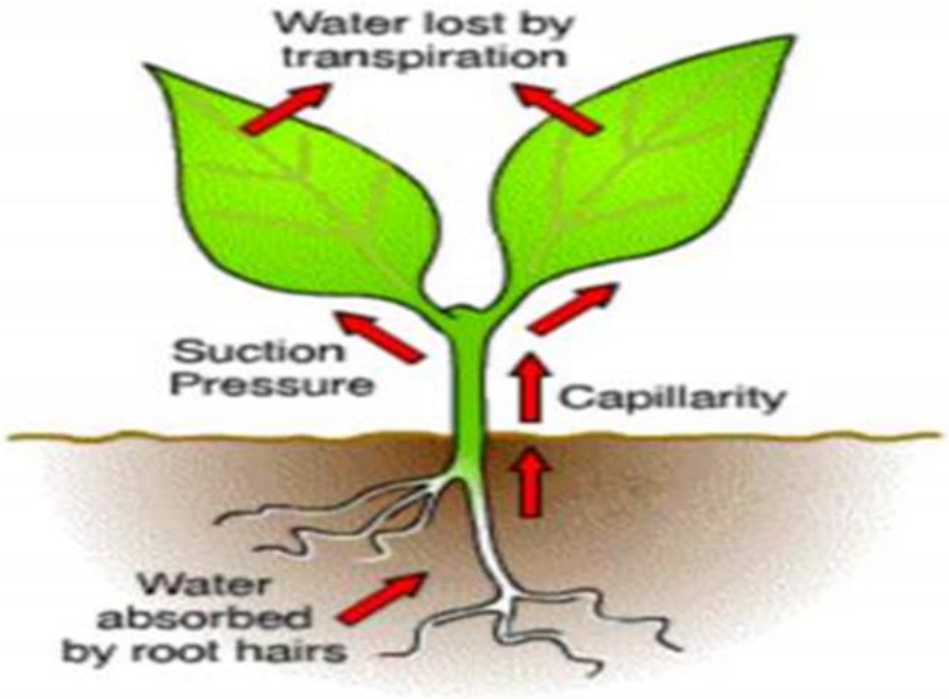
العوامل الداخلية

التركيب الداخلي للورقة : مثل تحور الاوراق، وجود أدمة سميكة، مساحة الورقة، تركيب الثغور، عددها، واماكن تواجدها.

عملية النتح Transpiration

يعبر عن معدل النتح : النسبة بين كمية النتح وكمية المادة الجافة المنتجة بواسطة النبات خلال الموسم.
فكلما زادت هذه النسبة كلما قلت كفاءة استهلاك الماء
تتراوح النسبة بين ٢٠٠ إلى ٥٠٠جرام من الماء لإنتاج ١جرام من المادة الجافة النباتية
يتم استهلاك ١ % من الماء الممتص من قبل النبات في التمثيل الضوئي .

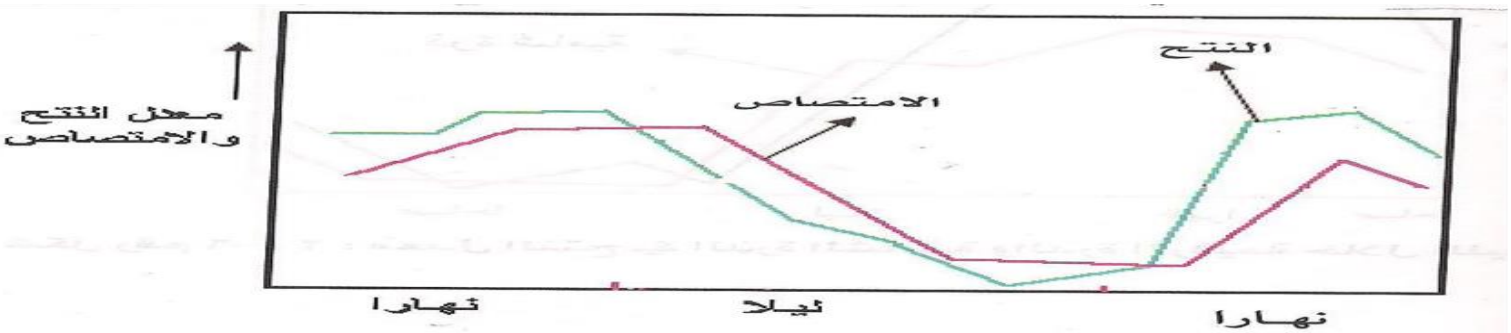
أهمية النتح: خفض درجة حرارة الورقة
رفع العصارة النباتية



الجهاز الثغري: يتكون من ١ - الخلايا الحارسة
٢ - الخلايا المساعدة
٣ - فتحة الثغر

تركيب الجهاز الثغري.

العلاقة بين معدلات النتح والامتصاص أثناء الليل والنهار:



العلاقة بين معدلات النتح والامتصاص أثناء الليل والنهار.

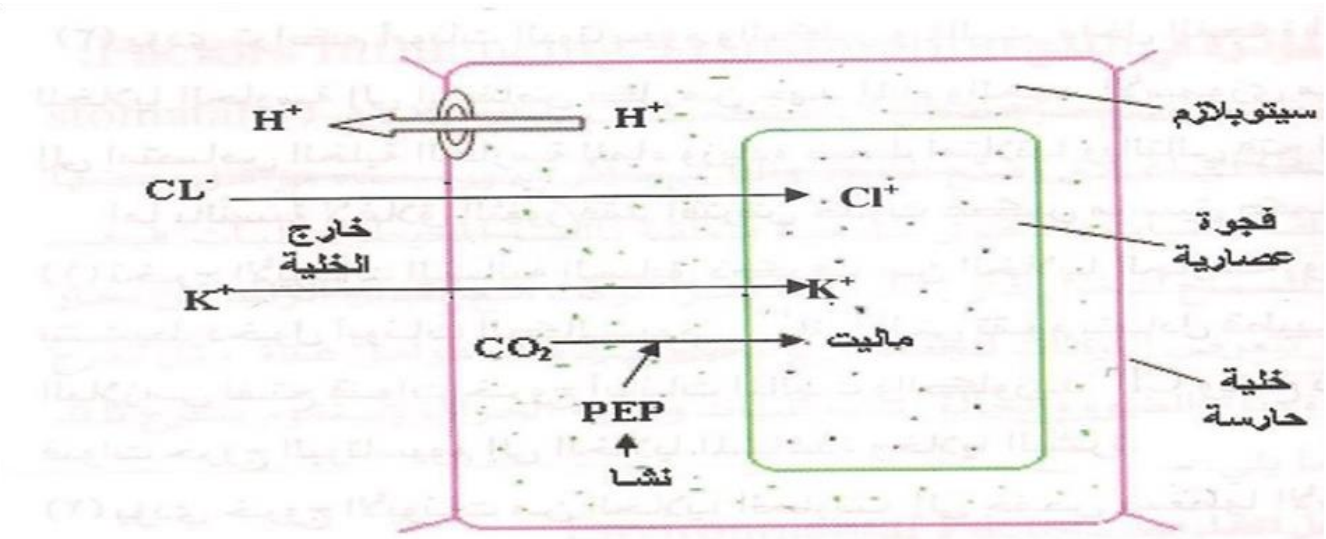
ألية حدوث عملية النتح

تتم ألية غلق وفتح الثغور من خلال تأثير الضغط الأسموزي للخلايا والتي يتم من خلال سحب الماء من الخلايا الحارسة إلى خلايا الميزوفيل مما ينتج عنه ترهل الخلايا الحارسة مما يؤدي إلى غلق الثغور.

بالنسبة لفتح الثغوريتم ذلك عن طرق امتلاء الخلايا الحارسة بالماء مما يؤدي إلى إحداث ضغط جانبي على جدران الخليتين الحارستين المحيطتين بالفتحة الثغرية ويؤدي إلى فتحها.

أنتقال ايونات البوتاسيوم من الخلايا المساعدة إلى الخلايا الحارسة إلى الفجوة العصارية . وقد وجد أن تركيز أيونات البوتاسيوم في الخلايا الحارسة للثغر المفتوح اكبر منها في المقفلة.

معادلة الشحنات الموجبة الناتجة عن دخول البوتاسيوم K^+ إلى الخلية الحارسة بشحنات الكلوريد السالبة Cl^- من خارج الخلية إضافة إلى تكون شحنات سالبة مثل أيونات الماليت



شكل يبين آلية تدفق الأيونات في الخلايا الحارسة عند فتح الثغور.

❑ فتح الثغر

تراكم أيونات البوتاسيوم والكلور والماليت داخل الفجوة العصارية للخلايا الحارسة يؤدي إلى ارتفاع جهد الماء والجهد الأسموزي مما يؤدي إلى امتصاص الخلية الحارسة للماء وزيادة ضغط امتلائها وبالتالي فتح الثغر

❑ غلق الثغر

خروج أيونات البوتاسيوم والكلور والماليت من الخلايا الحارسة إلى الخلايا المساعدة وذلك بتنشيط أيونات الكالسيوم Ca^{++} التي تقوم بتعادل قطبية الغشاء البلازمي لفتح قنوات خروج أيونات الماليت والكلوريد والبوتاسيوم إلى الخلايا المساعدة

خروج الأيونات من الخلايا الحارسة يؤدي إلى خفض ضغطها الأسموزي وخروج الماء منها مما يؤدي إلى ترهلها وتكون حمض الأبسيسك هرمون الإجهاد ABA وقفل الثغر

دور النتح في امتصاص الماء:

يعرف الامتصاص : بانه دخول الماء محملا بالمواد الذائبة فيه إلى النبات من البيئة المحيطة به .

ويكون الامتصاص عن طريق المجموع الجذري – المجموع الخضري..... يتم انتقال الماء الممتص بواسطة جذور النباتات الراقية عبر أوعية الخشب وتسمى عملية انتقال الماء هذه بطريق النتح لأنها عملية تعتمد على النتح .

حركة الماء: عن طريق النتح من أسفل إلى أعلى وينتج عن النتح قوى كبيرة تعمل على امتصاص الماء تسمى بقوة الشد الورقي أو القوة السالبة أو الامتصاص السالب.

أولا- الامتصاص الحر أو السالب:

ويحدث عند تلامس الجذور مع محلول التربة، ولا تصرف فيه طاقة، ويتم بعدة طرق هي:

١- الانتشار: وهو مرور المواد الغذائية من الوسط الأكثر إلى الوسط الأقل تركيزا.

٢- تبادل الأيونات: يعتقد بان الأيونات المدمصة السالبة والموجبة على أسطح الجدر الخلوية أو أغشية الأنسجة، تتبادل مع أيونات سالبة وموجبة في المحلول الخارجي المغموس فيه العضو النباتي أو محلول التربة

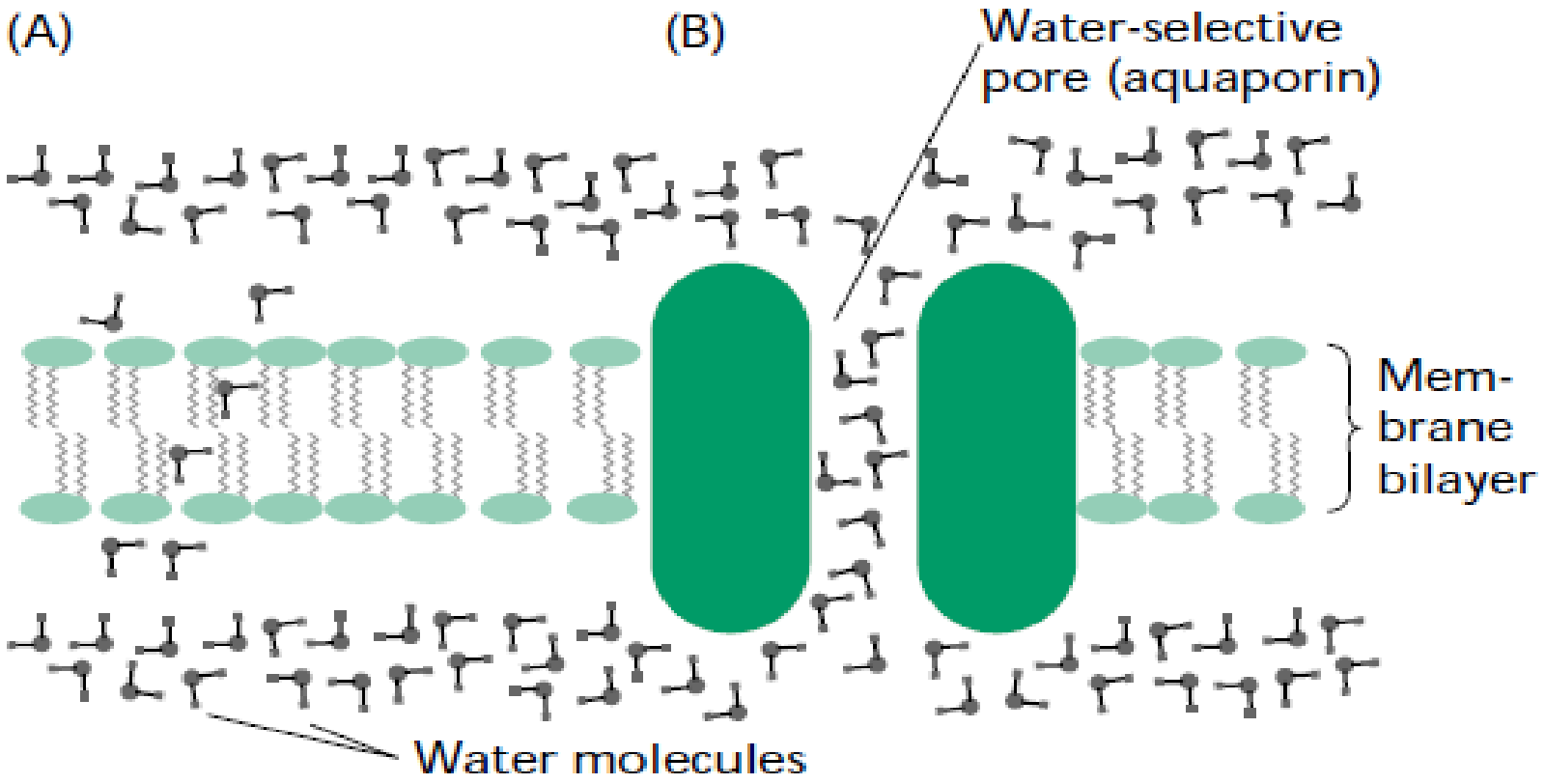
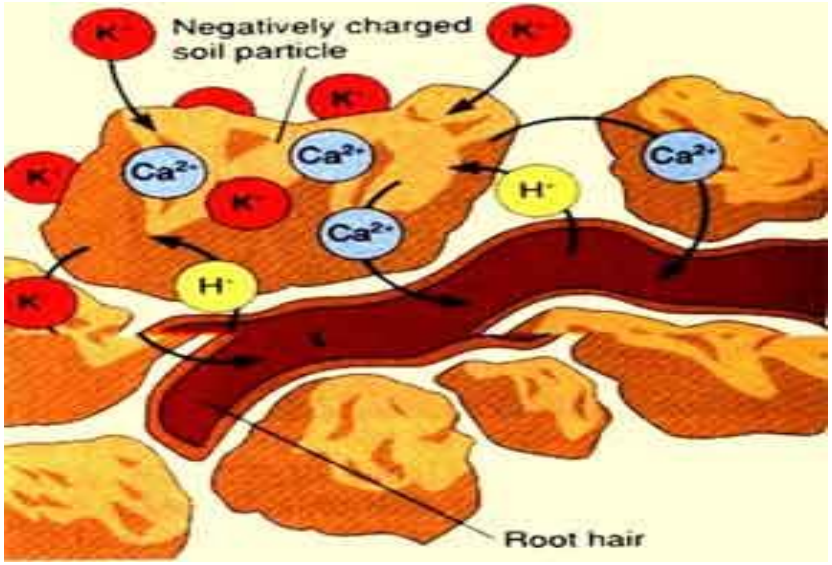


Figure 3.8 Water can cross plant membranes (A) by diffusion of individual water molecules through the membrane bilayer and (B) by bulk flow of files of water molecules through a water-selective pore formed by integral membrane proteins such as aquaporins.

فمثلا البوتاسيوم في محلول التربة يتبادل مع أيونات الهيدروجين المدمصة، وكذلك النترات تتبادل مع ايونات الهيدروكسيل، وبهذه الطريقة قد يحدث الامتصاص بصورة أكبر مما هو متوقع بعملية الانتشار.



٣- اتزان دونان: تتناول نظرية تأثير دونان، تأثير الأيونات المثبتة أو غير المنتشرة، كما أنها تستخدم كأحد التفسيرات المقترحة لشرح تراكم الأيونات السلبي ضد منحدر تدرج التركيز كاستجابة لمنحدر الجهد الكهروكيميائي.

٤- الجريان أو التدفق الكتلي: يفترض بعض الباحثين بان الأيونات قد تتحرك إلى الجذور مع الماء بعملية الجريان الكتلي، وأن أية زيادة في النتح ستسبب زيادة في معدل الامتصاص.

ثانيا- الامتصاص الحيوي أو النشط:

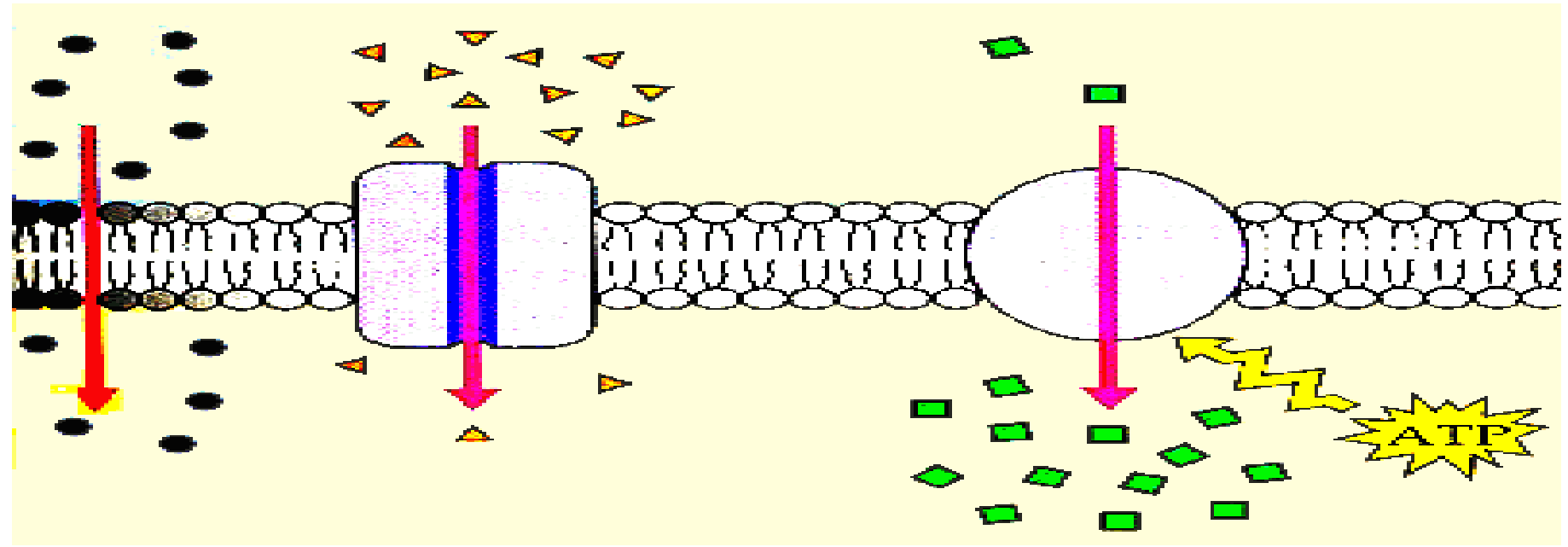
تعتبر هذه العملية من العمليات الفسيولوجية المهمة التي تمتاز بما يلي:

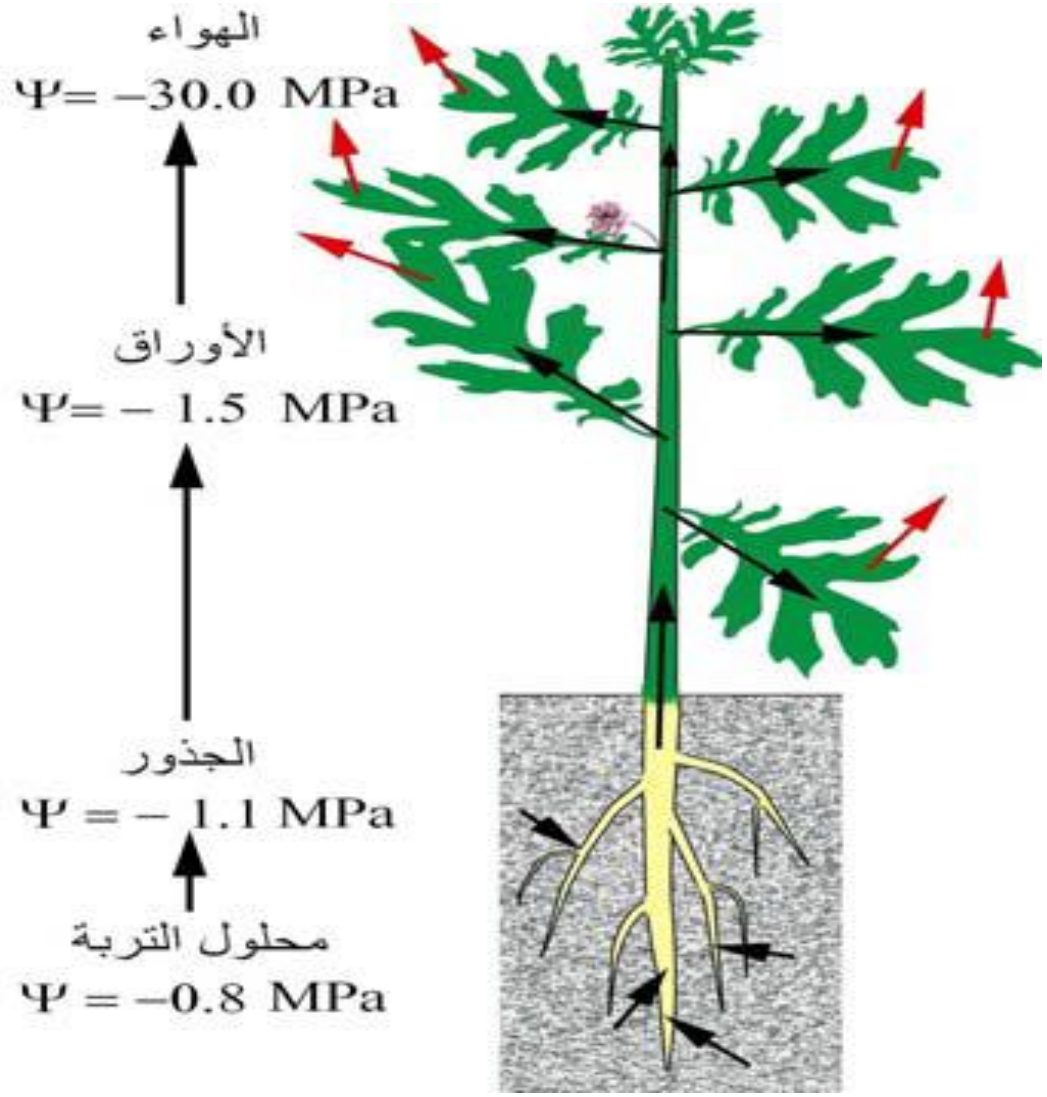
١- تحدث في الجزء الداخلي من الخلية أي تجري في أغشية الخلايا النباتية مثل الغشاء البلازمي والغشاء الفجوي، وتعتبر الفجوة المحل المهم الذي تتجمع فيه الايونات السالبة والموجبة بكميات متكافئة كهربائيا.
٢- تتجمع الأيونات في الخلية أكثر مما في خارج الخلية أي عدم الوصول في النهاية إلى حالة التوازن الديناميكي بين داخل وخارج الخلية.
٣- تتطلب صرف طاقة حيوية لضخ الأيونات إلى داخل الخلية.
٤- تختص في امتصاص بعض الأيونات بكمية أكبر من الأخرى.
٥- يطلق عليها أيضا فرضية المركب الحامل.

تمتص النباتات العناصر المعدنية في صورها الأيونية، أي في شكل جزئيات أو ذرات مشحونة كهربائيا. مثلها مثل الماء، يمكن للأيونات المعدنية اختراق خلايا البشرة وخلايا القشرة ، تم تخترق خلايا الأدمة الباطنة، وعندما تكون هناك حاجة ماسة إلى الماء من طرف المجموع الخضري ينتقل الماء إلى الأسطوانة المركزية (أي يقطع خلايا محيط الدائرة ثم عناصر الخشب).

تنفذ العناصر المعدنية في معظم الحالات إلى خلايا الأوبار الماصة بطريقة النقل الفعال (Transport actif)؛ ولا يحدث الانتشار البسيط (Simple diffusion) لبعض الأيونات داخل الجذور، إلا في الحالات التي يتم فيها رفع تركيز تلك الأيونات في ماء التربة، بعد تزويد التربة بذلك

شكل يمثل انواع الامتصاص والنقل في النبات

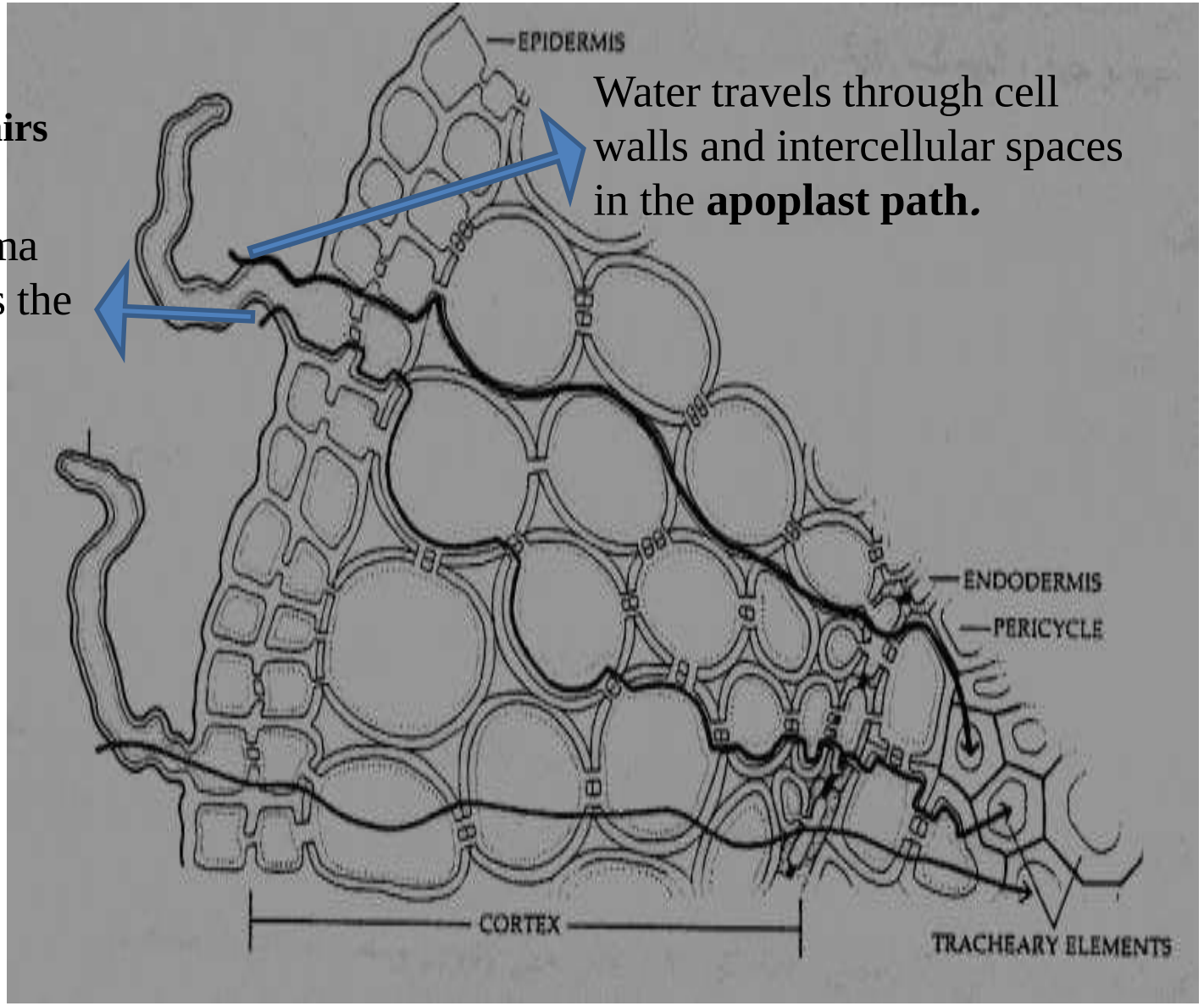




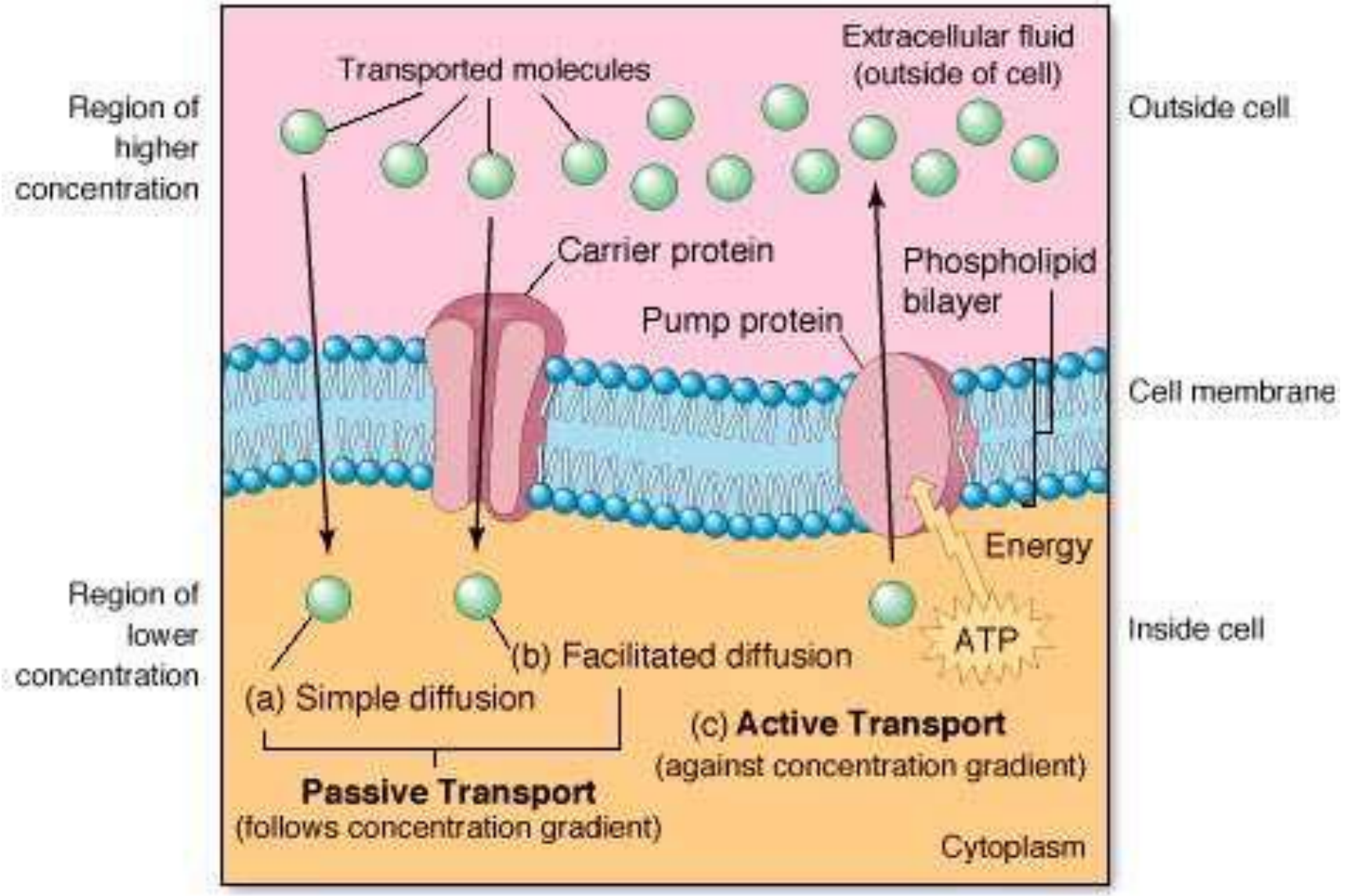
يتحرك الماء من التربة إلى النبات ثم إلى الهواء الجوي عبر منحدر الجهد المائي من الاقل سالبية الى الاكثر سالبية

Absorping hairs

Water crosses a plasma membrane and enters the **symplast path.**



تحرك الماء من التربة إلى النبات عبر طريق Apoplast و Symlast



النقل الفعال النشط والنقل غير الفعال

التوازن المائي

من الملاحظات اليومية المألوفة ذبول الأوراق والأعضاء الخضرية الأخرى لبعض أنواع النبات أثناء ساعات النهار. ويرجع ذلك إلى حدوث اختلال فى ما يسمى "التوازن المائى" للنبات وهو العلاقة بين ما يمتصه النبات من ماء عن طريق مجموعة الجذرى ، وما يفقده بطريق النتح من أعضائه الخضرية.

الادماع : Gutation

هو خروج الماء الزائد عن حاجة النبات على شكل قطرات وليس بخار من ثغور خاصة بذلك تسمى بالثغور المائية (Hydrothods)

الإدماء Bleeding

ويحدث عندما يتم جرح النبات بفعل فاعل فتندفع المادة السائلة من جسمه كما يندفع الدم من جسم الحيوان ولذلك يسمى خروج السائل المائى هنا بالإدماء .

البذور والإنبات

Seeds and germination

يمر النبات اثناء دورة حياتة بعدد من المراحل ، وأهم هذه المراحل ثلاث هى:
الانبات ،النمو الخضرى ،الأزهار والنمو الثمرى . وتختلف كل مرحلة من المراحل الثلاثة فى طول فترتها وأحتياجاتها وسوف نتعرض لكل مرحلة من هذه المراحل على حدها بالشرح والتفصيل ونبدأ بالمرحلة الأولى التى يبدأ بها النبات حياته وهى الأنبات .

الإنبات Germination :

أختلف تعريف الانبات كثيراً من وجهة نظر علماء النبات ،وعلماء فسيولوجيا النبات ،وعلماء الزراعة وعلى الرغم من هذه الأختلافات فأن جميع هذه التعريفات تدور حول معنى عام واحد الا وهو استئناف جنين البذرة لنموه النشط ، ويعبر عن ذلك بخروج الجذير والريشة .

تعريف الإنبات زراعياً :

ظهور البادرات فوق سطح التربة ، حتى تكون البادرات قادرة على الاستمرار وتكوين النبات من جديد .

تعريف الإنبات فسيولوجياً :

عبارة عن التغير المورفولوجي والفسيولوجي الناتج من إمتصاص الماء المسبب للنمو النشط الذي يؤدي إلى تمزق غطاء البذرة وتكشف البادرة فوق سطح التربة طبيعياً،بحيث تصبح قادرة على تكوين نبات جديد .

والبذرة مكتفية ذاتياً من حيث كمية الغذاء المخزنة والتى تتحلل وينتج عن تحللها الطاقة اللازمة للإنبات وإستمرار النمو ، والماء لأزم لكى تتحلل هذه المواد المخزنة لكى تنتقل من مكان الى آخر حتى يمكن الأستفادة منها فى النمو .

ومرحلة الأنبات تبدأ بتشرب وإمتصاص الماء ،تحلل المواد الغذائية ،نشاط الهرمونات ، التنفس (إمتصاص الاكسجين ،التحولات الغذائية ، ظهور وتكشف الجذير والريشة ، انقسام واستطالة خلايا الجنين ويمكن ايجازها فى المراحل التالية :

مراحل الإنبات :

١. تشرب وإمتصاص الماء : Water Imbition and Absorption

عندما تتهيأ نسبة رطوبة مناسبة حول بيئة البذور تمتص البذرة الماء من الرطوبة المتوفرة فى التربة حولها عن طريق التشرب ، حيث يدخل الماء داخل البذرة خلال فتحة النقيرة والأغطية المحيطة بالبذرة ؛ بواسطة عملية التشرب الناتجة عن ضغط الجهد الأسموزي بين محلول البذرة والوسط الخارجي ، وكلما زادت أسموزية البذرة زاد امتصاصها للماء . وتساعد تركيب البذرة من المواد الغروية المحبة للماء على امتصاص كمية كبيرة من الماء. وتختلف بذور الانواع النباتية المختلفة فيما بينها فى كمية الماء الممتص حيث تمتص حبوب النجيليات مثل الذرة والقمح كمية اكبر من الماء من بذور بعض البقوليات مثل الفول البلدى وفول الصويا .

ويجب ان ننوه هنا الى ان انتفاخ البذرة لا يعنى بالضرورة حيوية البذرة وخروج الريشة ،اذ أن عملية الانتفاخ تحدث نتيجة أمتصاص المواد الغروية للماء .

٢. التحلل المائي :

حيث أن تشرب مكونات البذرة الداخلة بالماء يسبب ارتفاع المحتوى المائي للبذرة (٥٠ – ٦٠ % من الوزن الرطب) مما يؤدي إلى تنشيط عمل الأنزيمات المحللة للمواد الغذائية المخزنة في البذرة .

واستمرار هذا النشاط يحتاج الى طاقة ،وتستمد البذرة هذه الطاقة اثناء انباتها من عملية الايض التى تحدث بالبذرة اثناء هدم المواد الغذائية المخزنة والتى تبدأ مع بداية إنبات البذرة ـ معتمدة على نشاط الهرمونات التى تبدأ مع عملية الانبات الاولية ـ على خطوات متتابعة فى عملية التنفس التى تعتمد على الانزيمات والتى تحدث تحت ظروف هوائية ولا هوائية و ينتج عنها تخليق مركبات الطاقة (الفوسفوليبيدات) .

وتتعدد أنشطة هرمونات النمو التى تتحكم فى نشاط انبات البذور منها :

١. الجبريلينات Gibberellins: يساعد على تنشيط أنزيمات التحلل المائي للمواد الغذائية المخزنة في البذرة واللازمة لعملية التمثيل الغذائي للجنين .

٢. السيتوكينينات Cytokines : يحفز انقسام الخلايا التي تؤدي إلى ظهور وتكشف الجذير والريشة .

٣ـالأكسينات Auxins : يشجع النمو عن طريق استطالة خلايا الجذير والريشة وغمد الريشة ، وكذلك ينشط عملية الانتماء الأرضي حيث يصبح اتجاه نمو الجذور إلى أسفل والسوق إلى أعلى .

٣. امتصاص الأكسجين (التنفس) : Respiration

يصاحب الأيض المكثف للبذور النباتية معدلات تنفس عالية في وحدة وزن النسيج لكل من المناطق الجنينية والثمار ؛ حيث يؤدي التحلل المائي (التميؤ) على زيادة حادة في معدل التنفس وذلك لوجود الإنزيمات التنفسية :

$$CH_2O + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O + \text{طاقه}$$

يزداد امتصاص البذرة للأكسجين اللازم لعملية التنفس ، التى تحدث بالبذرة عند بداية الانبات ، حيث تزداد سرعة التنفس بزيادة امتصاص الماء .

يختلف معدل التنفس بأختلاف الانواع النباتية ،كما يختلف بأختلاف اجزاء البذرة حيث ينشط فى الجنين ،كما يختلف معدل التنفس فى البذرة بأختلاف اوقات النمو ،كما يتأثر بالعوامل الداخلية للبذرة (النضج الفسيولوجى للبذور ، غلاف البذرة ، التركيب الكيماوى للبذرة) ،وتؤثر عوامل البيئة المحيطة بالبذور بمعامل التنفس (درجة الحرارة ،الرطوبة، درجة pH التربة ، الغازات الموجودة فى الجو المحيط بالبذرة .

معامل التنفس : Respiration Quatient (R.Q.)

هو عبارة عن النسبة بين حجم ثانى أكسيد الكربون CO_2 المتحرك إلى حجم الأكسجين O_2 الممتص :

$$RQ = CO_2 / O_2$$

وهذا القياس يدل على نوعية المواد التي تم أكسدتها (استهلاكها) في عملية التنفس . حيث وجد أن معامل التنفس RQ للمواد الكربوهيدراتيه = ١ ، وللمواد الدهنية أقل من واحد (٠,٧ – ٠,٨) ، وللبروتينات من (١,٠ – ٠,٨) ؛ لكي تتأكسد المواد الدهنية تحتاج إلى امتصاص كمية عالية من الأكسجين .

٤. التحولات الغذائية :

تتحول المواد الغذائية المعقدة مثل النشا ، والدهون ، والبروتينات إلى مواد بسيطة يسهل حركتها وانتقالها إلى مكان النمو النشط (الجذير والريشة) ويتم هذا بمجرد تميؤ البذره ،وتنتقل هذه المواد بواسطة الانتشار وذلك لعدم وجود جهاز ناقل خلال هذه المرحلة . ولاتمام هذه العملية تحتاج الى طاقة، تستمدها من الطاقة المتجمعة بالبذرة اثناء فترة النضج على النبات الام . كما تحصل البذرة على الطاقة اللازمة اثناء فترة الإنبات من الطاقة المنطلقة أثناء عملية التنفس وهدم المواد الغذائية المتجمعة بالبذرة على خطوات متتالية ومتتابعة سواء حدث هذا التنفس فى الظروف الهوائية او اللاهوائية لانبات البذور التى تعتمد فيها عملية الهدم على الانزيمات . وينتج من عملية التنفس هذه بعض المركبات التى بها روابط فوسفاتية غنية بالطاقة .

٥. ظهور وتكشف الجذير والريشة .

عند بداية الانبات وتمزق قصرة البذرة ينمو الجذير ،ويكون معدل نموه اسرع من نمو الريشة ، ويكون بذلك اول اجزاء الجنين التى تتكشف من غلاف البذرة ويبدأ فى التفرع بمجرد خروجه ويكون فى هذه المرحلة نموه اسرع وأكبر من نمو الريشة ، وذلك له أهمية فى تثبيت البادرة وامدادها بالماء والمواد الاولية اللازمة .

ويلاحظ فى مرحلة الإنبات الاولى ان الوزن الكلى للبذور يتناقص نتيجة إستهلاك المواد الغذائية المخزنة،وزيادة معدل التنفس اثناء مراحل الانبات الاولى . وبعد فترة من بداية الانبات ـتختلف بأختلاف الانواع النباتية وكذلك ظروف الانبات ـ يصبح الوزن الجاف للمجموع الخضرى اكبر من المجموع الجذرى .

فى نباتات الفلقة الواحدة التابعة للعائلة النجيلية يخرج الجذير محاطاً بغمد الجذير وبمجرد خروجة من الحبة يبدأ فى التفرع ولهذا فأنة فى نباتات الفلقة الواحدة يزداد السطح المعرض للإمتصاص والتلامس مع التربة ،وتخرج الريشة مغلفة بغمد الريشة بعد خروج الجذير .

ويوجد نوعين من الانبات ليس لهما علاقة بتركيب البذرة هما :

١ ـ الانبات الهوائى

٢ ـ الانبات الأرضى

٦. انقسام واستطالة خلايا الجنين .

تبدأ أستطالة خلايا الجنين التى تكونت فى مراحل الانبات الاولى للبذرة بعد تشربها للماء وزيادة سرعة التنفس ونشاط الانزيمات وتحول المواد الغذائية وتمزق غلاف البذرة وتكوين خلايا جديدة فى منطقة نمو الريشة والجذير .

الخلايا الجديدة المتكونة اما ان تكون مشابهة لخلايا الأم ، واما ان تكون مجموعات من الخلايا المتشابهة فيما بينها لكل مجموعة ومختلفة عن خلايا الام فيما يعرف بالتميز Differentiation ، وتحدث هذه العملية ايضاً عندما تتكون البذور على النبات الام .

العلاقات المائية للنبات

يتأثر جهد الماء بعدة عوامل تعمل على تغيير الطاقة الحرة للماء أو تغيير الفعالية الكيميائية لجزيئات الماء وبالتالي تؤثر في الضغط البخاري النسبي للماء. من هذه العوامل وجود المواد الذائبة وقوى التجاذب بين المواد وجزيئات الماء (أي التلاصق) وانخفاض درجات الحرارة في النظام وأخيرا وجود الضغط السالب (كالشد في أوعية الخشب) كل هذه العوامل تعمل على انخفاض جهد الماء وهناك عوامل أخرى تعمل على زيادة جهد الماء وهي الارتفاع في درجة حرارة النظام والضغط الجداري للخلايا الممتلئة جزئياً أو كلياً.

بعد هذه المقدمة عن اشتقاق جهد الماء من الممكن تطبيق جهد الماء على العلاقات المائية للخلية تحت ظروف درجات الحرارة الثابتة. ولفهم فيزياء الماء في النبات فمن الضروري شطر جهد الماء إلى ما يعتقد أنها مكوناته، حيث تتلخص المعادلة لجهد الماء في الخلية بعد الأخذ في الاعتبار كل العوامل المؤثرة في الجهد كالتالي :

$$\Psi_{cell} = \Psi_s + \Psi_p + \Psi_m$$

حيث : (Ψ_{cell}) هو جهد الماء في الخلية

و(Ψ_s) الجهد الأسموزي

(Ψ_p) جهد الضغط

(Ψ_m) جهد المادة (أي الجهد الناتج عن تجاذب جزيئات الماء والمواد الموجودة في الخلية كالمواد الغروانية والجزيئات العضوية).

والمكونات (Ψ_s) و (Ψ_m) يمثلان تأثير المواد الذائبة والمواد الغروية في الجهد الكلي وقيمهما دائما سالبة بينما (Ψ_p) تمثل تأثير جهد الضغط في الجهد الكلي والقيمة دائما موجبة إلا في حالة وجود ضغط سالب (أي قوة شد على السائل) كما في أوعية الخشب في حالة النتح المستمر، أما في حالة الضغط الجذري فجهد الضغط موجب القيمة. إن المجموع الجبري لمكونات جهد الماء في الخلية ذو قيمة سالبة إلا في حالة الامتلاء التام للخلايا فتصل قيمة الجهد إلى الصفر حيث تتعادل قيم (Ψ_s) و (Ψ_m) السالبة مع قيمة ((Ψ_p) الموجبة.

في معظم الخلايا البرنشيمية تكون قيمة (Ψ_m) من الصغر بحث يمكن إهمال قيمتها إلا في حالة الخلايا الإنشائية والأنسجة الجافة، فبالنسبة للخلايا ذات الفجوات الكبيرة يصبح جهد الماء في تلك الخلايا كالتالي :

$$\Psi_{cell} = \Psi_s + \Psi_p$$

يستمر دخول الماء من الوسط الخارجي إلى الخلية طالما أن جهد الماء داخل الخلية أقل (أكثر سالبية) من جهد الماء في الوسط الخارجي المحيط بالخلية أي أن هناك فرق جهد للماء الداخل إلى الخلية يجعل قيمة (Ψ_s) تزداد (أي تصبح أقل سالبية) وفي الوقت نفسه تزداد قيمة (Ψ_p) ويزداد حجم الخلية للحد الذي تسمح به مرونة الجدار الخلوي وبذا فقيمة جهد الماء في الخلية تزداد حتى تصل إلى قيمة جهد الماء في الوسط الخارجي حيث عندها يحدث التعادل، فإذا كان الوسط الخارجي هو الماء النقي (وجهده يساوي الصفر) فإن جهد ماء الخلية عند التعادل (أي إذا كانت الخلية ممتلئة) يساوي الصفر، ولو كان الوسط الخارجي محلول فإن التعادل يحدث قبل الوصول إلى حالة الامتلاء أي قبل أن تصل الخلية إلى أكبر حجم ممكن تسمح به مرونة الجدار الخلوي. من هنا يتبين أن هناك عاملا آخر في العلاقات المائية، ألا وهو تغير حجم الخلية بتغير جهد الامتلاء، وهذا التأثير يتضح من العلاقة المرسومة في الشكل رقم (٤-٣) حيث يتبين من الشكل أنه عندما تتساوى قيم (Ψ_s) و (Ψ_p) يكون جهد الماء صفرا وتكون الخلية ممتلئة تماما وكذلك عندما يكون جهد الضغط (Ψ_p) يساوي صفرا (فيما يعرف بالبلزمة الابتدائية) تكون الخلية مترهلة والجهد الأسموزي (Ψ_s) يساوي جهد الماء.

(٤-٦) حركة الماء بين الخلايا

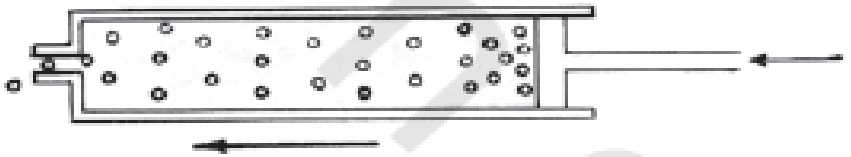
إن حركة الماء وانتقاله قد تفسر تبعا لبعض القوانين الفيزيائية ولكن الخلايا الحية على درجة كبيرة من التعقيد ولذا فإن الشرح التالي لبعض الآليات الأساسية مع ذكر بعض العلاقات الكمية المهمة في حركة الماء قد تساعد في فهم آلية الانتقال في الخلية الحية أو النبات ككل.

١- تدفق الكتلة Mass flow

من أبسط الطرق لتحريك الماء السائل أو المحلول أن يوضع تحت ضغط، ومن هنا فحركة جزيئات الماء في هذه الحالة تكون عن طريق تساوق الموجات وبالطبع يحدث انتشار للجزيئات داخل المجرى ولذا فسرعة بعض الجزيئات أكبر من المعدل والبعض الأخر أقل من المعدل، إلا أنه في هذا النوع من التدفق تكون حركة كل الجزيئات في اتجاه واحد ويمكن إيضاح تدفق الكتلة (Mass flow) كما في الشكل التالي رقم (٤-١٤).

في الرسم التخطيطي الموضح تدفق الكتلة يضغط المكبس على الماء مكونا موجات متضاغطة تسير بسرعة الصوت في الماء (١٤٩٨ متر/ الثانية عند درجة ٢٥°م) ويمكن أن تعمل الجاذبية عمل المكبس. وتدفق الماء عبر الأنبوبة في الشكل

يتأثر بعامل الاحتكاك في جدار الأنبوبة ولو كان مقطع الأنبوبة يساوي نصف ذلك المقطع فإن معدل الحركة عند الضغط نفسه يتضاعف ولكن الضغط على جدار الأنبوبة لا يزداد كما هو متوقع بل يقل وهذا ما يعرف بظاهرة برنويلي (Bernouili)، وهذه الظاهرة ذات أهمية في عملية النقل في الخشب. بما أن عملية تدفق الكتلة عبارة عن حركة من المناطق المنضغطة إلى المناطق الأخف ضغطا فمن الممكن اعتبار التدفق حركة من منطقة التركيز العالي إلى منطقة التركيز المنخفض ومن هذه الناحية يمكن مقارنة تدفق الكتلة بتدفق الانتشار (كما سيرد)، والماء والمحاليل تنتقل في الخشب عن طريق تدفق الكتلة وذلك لوجود ممال لجهد الضغط بين الجذور والمجموع الخضري، ويمكن اعتبار الدوران السيتوبلازمي ظاهرة تدفق كتلة (Kramer, 1969).



٢- تدفق الانتشار Diffusional flow

من المعروف أن جزيئات الماء في حالة حركة دائمة نتيجة للاهتزاز الجزيئي مما يسبب وجود مناطق مختلفة من الضغط في الماء السائل. وهذه الحركة تعمل على خلط الجزيئات عشوائيا حيث يطلق على هذه الظاهرة الانتشار، إذا فالانتشار هو الحركة العشوائية لجزيئات المادة ويمكن التعميم بأن الأمثلة على الانتشار تتضمن التبخر والأسموزية والتشرب، ويختلف الانتشار عن تدفق الكتلة في كون حركة الجزيئات عشوائية، وفي الماء النقي ليس هناك اندفاع للجزيئات لأي اتجاه معين ولكن عندما يوجد مذاب (كقطرة من صبغة) فإن القطرة تبدو وكأنها تكبر تدريجيا حتى تختفي وهذا مرده إلى وجود اندفاع (تدفق) لجزيئات الماء إلى تلك القطرة بسبب وجود ممال للضغط بين خارج وداخل القطرة لأن الماء الداخل يكون روابط هيدروجينية مع جزيئاتها، وهذا النوع من الاندفاع هو ما يعرف بتدفق الانتشار. والتدفق هنا

للماء من منطقة تركيزه العالي إلى منطقة تركيزه المنخفض، وما ينطبق على جزيئات الماء ينطبق أيضا على حركة جزيئات المذاب في النظام، والشكل رقم (٤-١٥) رسم تخطيطي لمثل هذا التدفق.

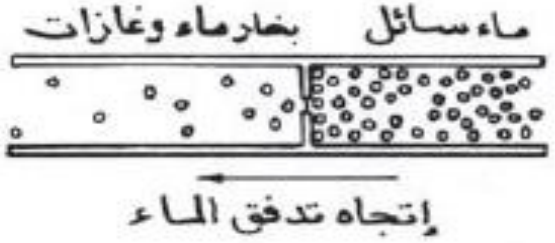
٣- التدفق الأسموزي Osmotic flow

عند وجود حاجز منفذ للماء وغير منفذ لجزيئات المذاب في النظام السابق (حيث التدفق الانتشاري) تتكون ظاهرة خاصة تعرف بالأسموزية، وهي أن الماء ينتقل من منطقة تركيزه العالي (الماء النقي) إلى منطقة تركيزه المنخفض (المحلول) وبذا فمحصله الحركة تكون في اتجاه واحد، ويوصف الحاجز بأنه غشاء شبه منفذ (Semi-permeable membrane)، كما في الرسم التخطيطي التالي (الشكل رقم ٤-١٦).

وبالطبع فحركة جزيئات الماء عبر ثقوب الغشاء عبارة عن تدفق كتلة ولكن بعد مرور الجزيئات إلى الناحية الأخرى من الغشاء فالحركة عبارة عن تدفق انتشاري. وتوصف حركة الماء من خلية لأخرى بأنها ظاهرة أسموزية ويعتقد البعض أن الأسموزية تشتمل على تدفق كتلة للماء بين الخلايا عبر الثقوب الموجودة في الأغشية الخلوية ولكن يجب أن يؤخذ في الاعتبار أن وجود الثقوب المملوءة بالماء في الغشاء الخلوي لم يثبت بدليل قاطع حتى الآن.

٤- التدفق من السائل إلى البخار Liquid to vapour transport

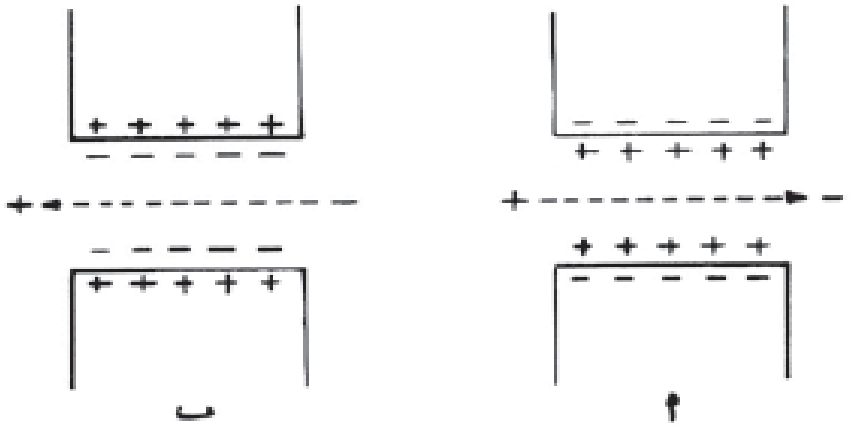
تفقد النباتات جزءا كبيرا من مائها عن طريق النتح والذي هو عبارة عن نقل الماء من الطور السائل إلى الطور البخاري (الشكل رقم ٤-١٨).



يشابه النتح في كثير من النواحي عملية التدفق الأسموزي ، فعندما تتبخر جزيئات الماء فإنها تصبح متباعدة لتكسر كثير من الروابط الهيدروجينية لذا فجهد الماء كبخار أقل بكثير منه كسائل نظرا لأنه كلما كانت المسافة بين جزيئات الماء كبيرة كلما قل جهد الماء. وبالطبع لو زاد تركيز البخار عن حد معين (التشبع) فإن جزيئات الماء تتكاثف وبذا يعود تكوين الروابط الهيدروجينية بينها.

٥- التدفق الكهربائي Electrical flow

من المعروف أن تركيز أيونات الهيدروجين (الرقم الهيدروجيني) ذو تأثير واضح في العمليات الإحيائية وفعالية كثير من الجزيئات المعقدة كالإنزيمات والبروتينات، ومنذ وقت قريب عرف أن الأغشية الخلوية تتحكم في وجود ممال جهد كهربائي عن طريق ضخ البروتونات (أيونات الهيدروجين) وحيث إن حركة أي أيون تتأثر بممال التركيز وممال الجهد الكهربائي فإن هذا الموضوع ذو أهمية كبرى في فهم عملية الانتقال. والذي يهم في هذا المقام هو الماء وكما سبق فجزيء الماء قطبي فعند تحرك جزيئات الماء فإنها تعيق تيار الإلكترونات المعاكس وهذا ما حدا بالبعض لدراسة هذه الظاهرة لقياس تدفق السائل. بالإضافة إلى ذلك فإن تدفق جزيئات الماء على أي سطح يستحث تكوين ممال جهد كهربائي، ولذا فعكس هذه العملية أي شحن بعض الأسطح يؤدي إلى مرور تيار الماء وهذا ما يعرف بالأسموزية الكهربائية (Electro-osmosis) والتي يعتقد البعض بوجودها كآلية للنقل في بعض أجزاء النبات (الشكل رقم ٤-٢٠).



من هنا فإن التدفق الأسموزي قد يكون له دور فعال فيما دون مستوى الخلية (كالجدار الخلوي) خاصة وأنه قد سجلت فروق جهد للخلايا ما بين- ٧٠ إلى- ١٥٠ مليفلت.

V- التمثيل الضوئي Photosynthesis

مقدمة

تعتبر هذه العملية أهم عملية في حياة النبات وهي أيضاً أكبر عملية مُنتجة تتم على سطح الأرض.

بالنسبة للجنين فإنة يعتمد في مراحله الأولى على الغذاء المخزون في الفلقات حيث يستعمل جزء منه في بناء أنسجته، أما الجزء الآخر فيستهلك في أثناء عملية التنفس الضرورية لإنتاج الطاقة ونتيجة لذلك ينقص الوزن الجاف للبذرة ويزداد حجم البذرة وتبدأ عملية التمثيل الضوئي عند ظهور الأوراق حيث يتم فيها عملية تصنع الغذاء وبالتالي يستمر النمو ويزداد حجم النبات ووزنه وطوله.

يتجاوز مجموع إنتاج عملية التمثيل الضوئي في المواد العضوية عدة مئات من المرات كميات المواد العضوية الناتجة بطرق أخرى في السنة الواحدة حيث يقدر على النحو التالي:

تستهلك نباتات الكرة الأرضية ما يعادل 470 بليون طن من غاز ثاني أكسيد الكربون و 280 بليون طن من الماء ويتم تحرير 500 بليون طن من الأكسجين بالاضافة لملاين الاطنان من المواد العضوية والتي تستهلك منهم حوالي ٨٠ بليون طن، وذلك أثناء عملية التنفس.

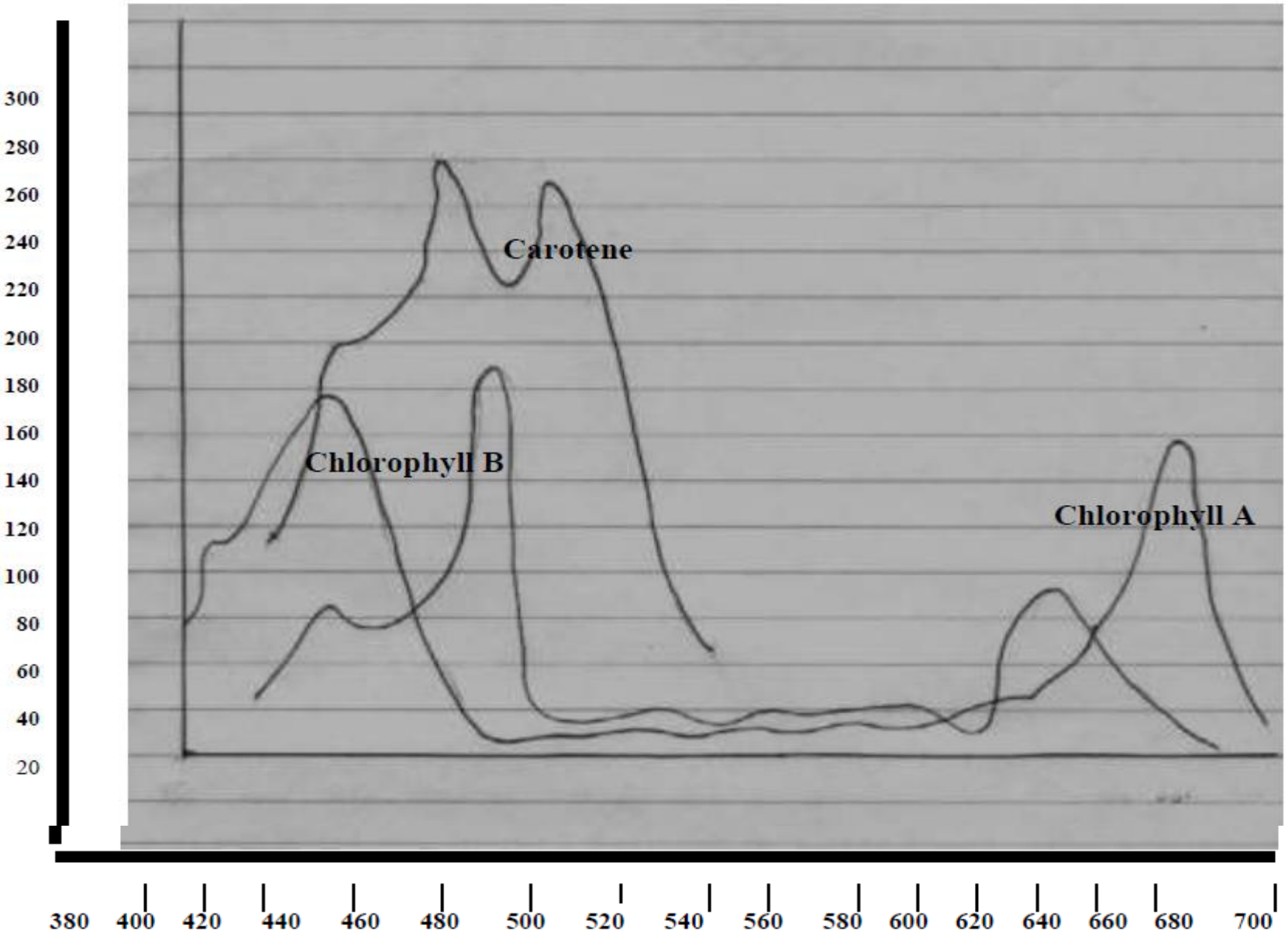
يتم الحصول على الطاقة بواسطة النباتات غالباً من الشمس بصورة مباشرة أو غير مباشرة وتقوم النباتات باستعمال هذه الطاقة في عمليتين رئيسيتين هما النتح Transpiration والتمثيل الضوئي Phatosynthetic.

- طبيعة وخواص الضوء:-

يحتوي الضوء الأبيض الذي يصل من الشمس على موجات ضوئية مختلفة الأطوال فهو يحتوي على موجات طويلة نسبياً مثل موجات الضوء الأحمر وموجات قصيرة كموجات الأشعة البنفسجية.

يمكن تحليل الضوء إلى مكوناته وذلك من خلال تمريره عبر منشور زجاجي حيث تظهر الموجات كالاتي:-

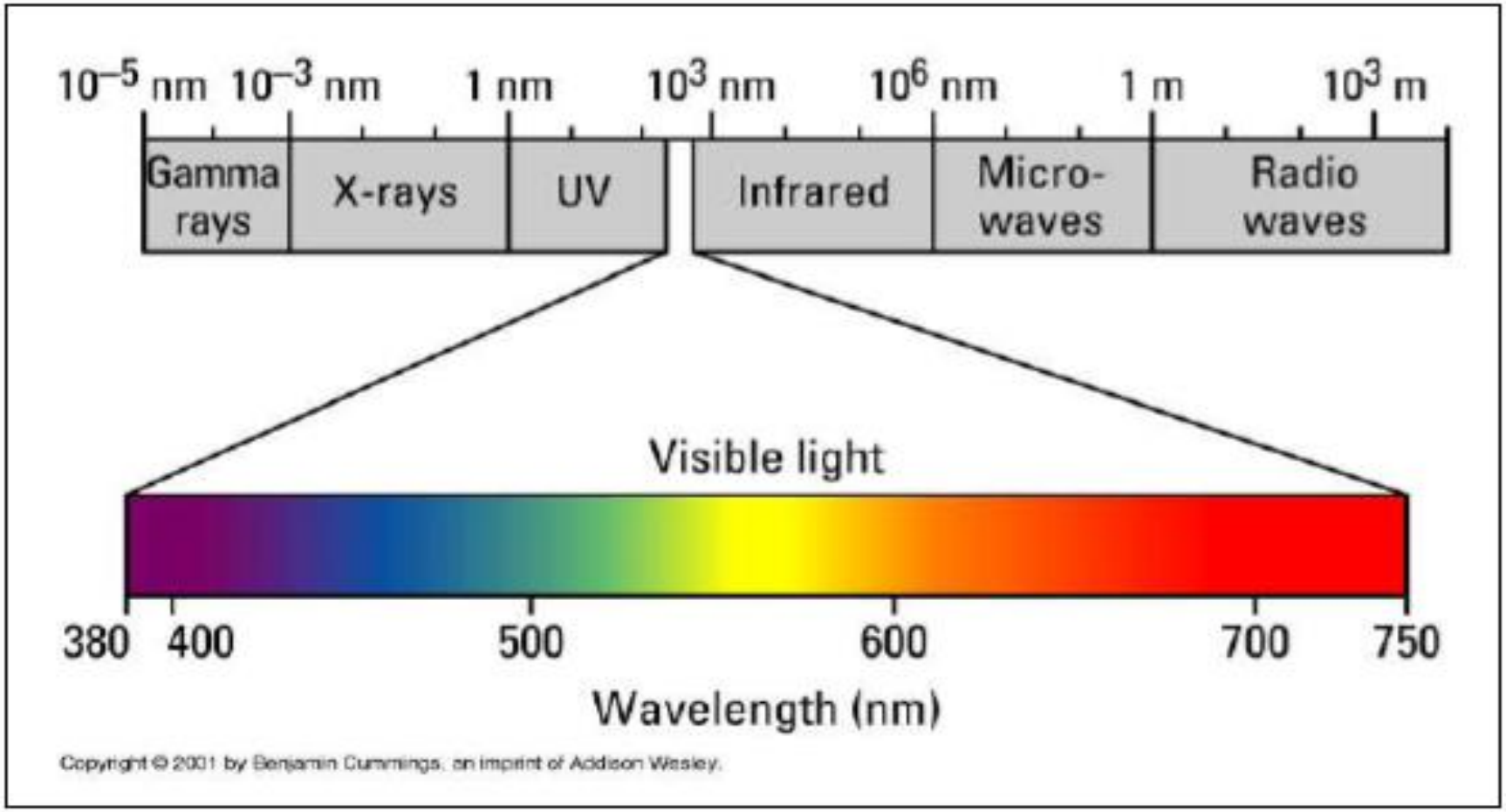
- نلاحظ أن طول موجات الضوء المرئي تكون بين 390-760 نانومتر.
- يحتوي الضوء الأبيض على موجات الطيف التالية (مبتدئاً من الموجات الطويلة):
  الأحمر، البرتقالي، الأصفر، الأخضر، الأزرق، النيلي، البنفسجي، أما الموجات الباقية فلا نستطيع رؤيتها بالعين المجردة.
- تعتبر الأشعة فوق الحمراء أشعة غير مرئية طويلة، أما الأشعة تحت الحمراء وفوق البنفسجية فهي ما نسميه بالأشعة قصيرة الموجة.



طيف امتصاص كلورفيل a و كلوروفيل b، والكاروتين ونلاحظ أن الكلوروفيل قد امتص الأشعة الحمراء والزرقاء بينما الكاروتين امتص الأجزاء الزرقاء المخضرة.

يعتبر الطيف المرئي جزءاً من طاقة الإشعاع التي تصل إلى الأرض من الشمس، ولكن ما هو فعال من هذا الطيف في عملية التمثيل الضوئي يتمثل في جزء واحد فقط ولقد أظهرت العديد من التجارب أن الضوء لا يعمل كموجات فقط بل له طبيعة الطاقة المسماه فوتونات Photons أو كوانتم Quanta ضوئية تحدد لون الضوء.

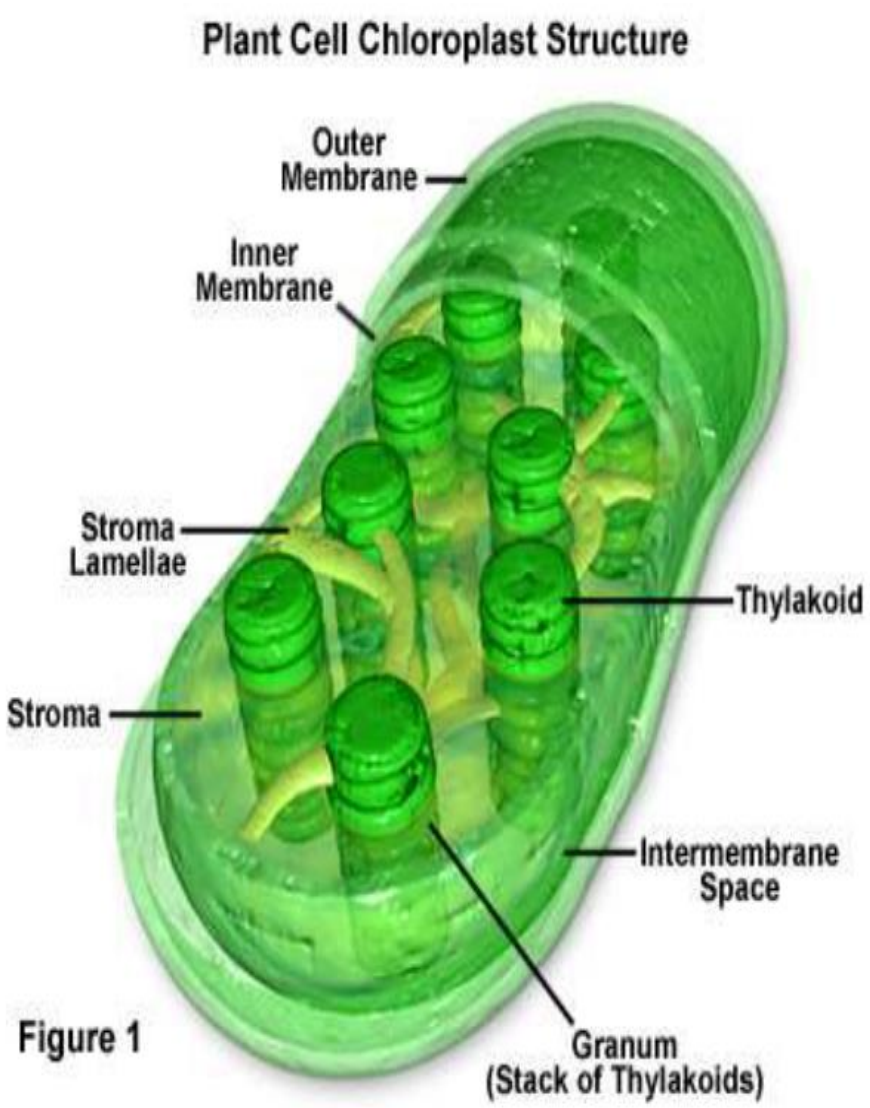
يعتبر اللون الأخضر في الكلوروفيل حقيقة ثابتة حيث تُمتص بعض موجات الضوء الأزرق والأحمر الموجودة في الضوء الأبيض وتبقى موجات الضوء الأخضر التي تنعكس على العين فتعطي لون الاخضر للكلوروفيل ويتم بالتالي رؤيتها.

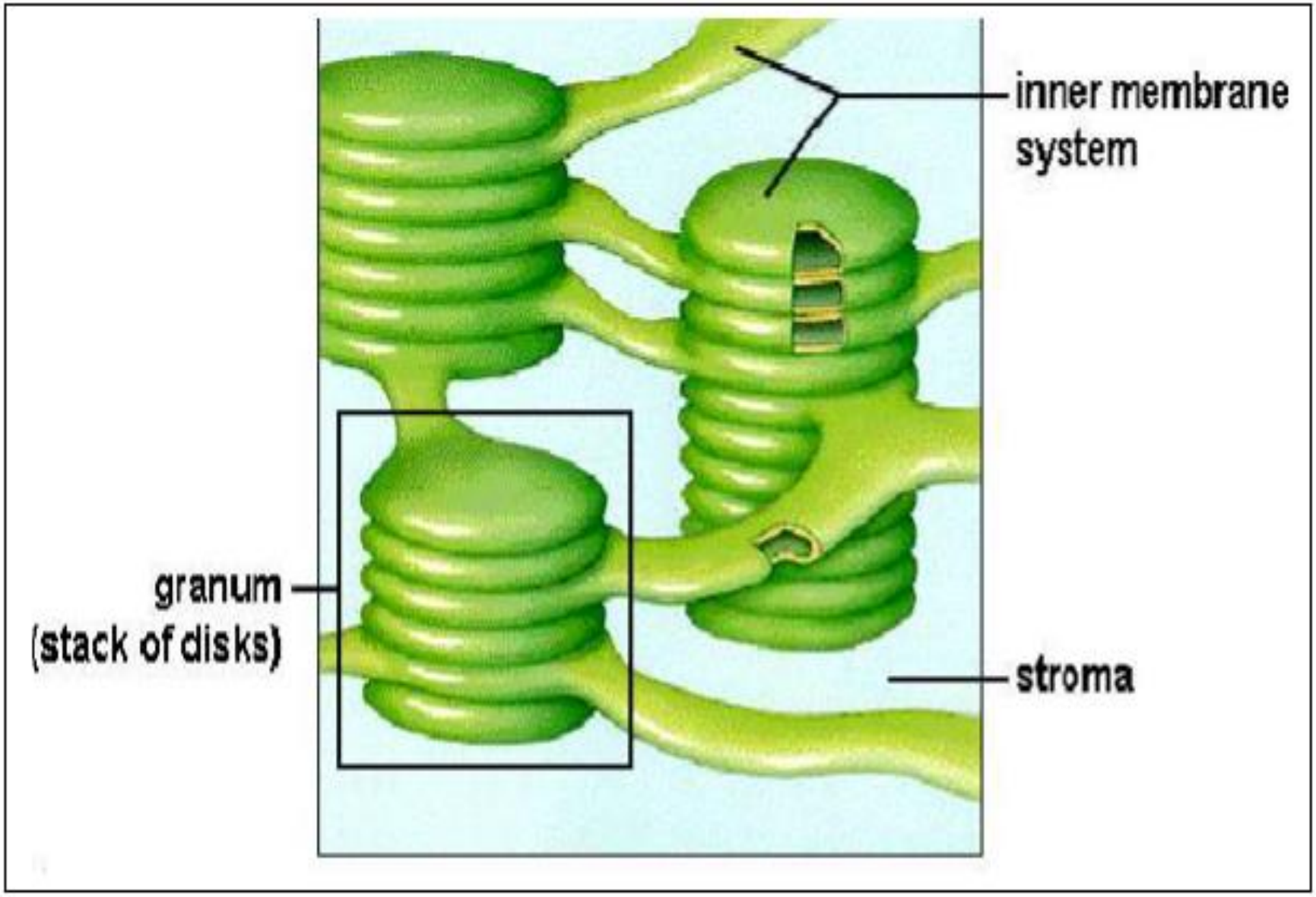


لزرقاء، النيلية، البنفسجية و الحمراء البرتقالية ، الصفراء ، الخضراء

تركيب البلاستيدات الخضراء

- تحتوي غشاء خارجي قابل لإعادة التشكيل بصورة عالية وغشاء قليل اعادة التشكل يكون داخلي حيث يتم تضمين بروتينات حاملة خاصة ومساحة ضيقة بين الغشاء.
- الغشاء الداخلي محاط بمساحة واسعة يسمى stroma التي تحتوي على انزيمات مختلفة ورايبوسومات والاحماض النووية DNA, RNA
- سلسة انتقال الالكترونات ونظام التركيب الضوئي لامتصاص الضوئي وتكوين ATP كلها توجد في غشاء الثايلوكايدات Thylakoids
- داخل الثايلوكايدات توجد صبغات امتصاص الضوء وانزيمات تفاعلات الضوء
- في محيط Stroma توجد انزيمات دورة Calvin-Benson cycle . وهكذا ، تحدث تفاعلات الضوء على أغشية الثايلاكويد ، وتحدث التفاعلات المظلمة في سدى stroma




inner membrane system
granum (stack of disks)
stroma

These different pigments present in photosynthetic cells function as a antenna complex that capture light energy and feed it to the reaction center.

There are two reaction centers represented by two molecules of chlorophyll a:

1- Chlorophyll P700 forms a pigment cluster called photosystem I (PS I).

2- Chlorophyll P680 forms a pigment cluster called photosystem II (PS II).

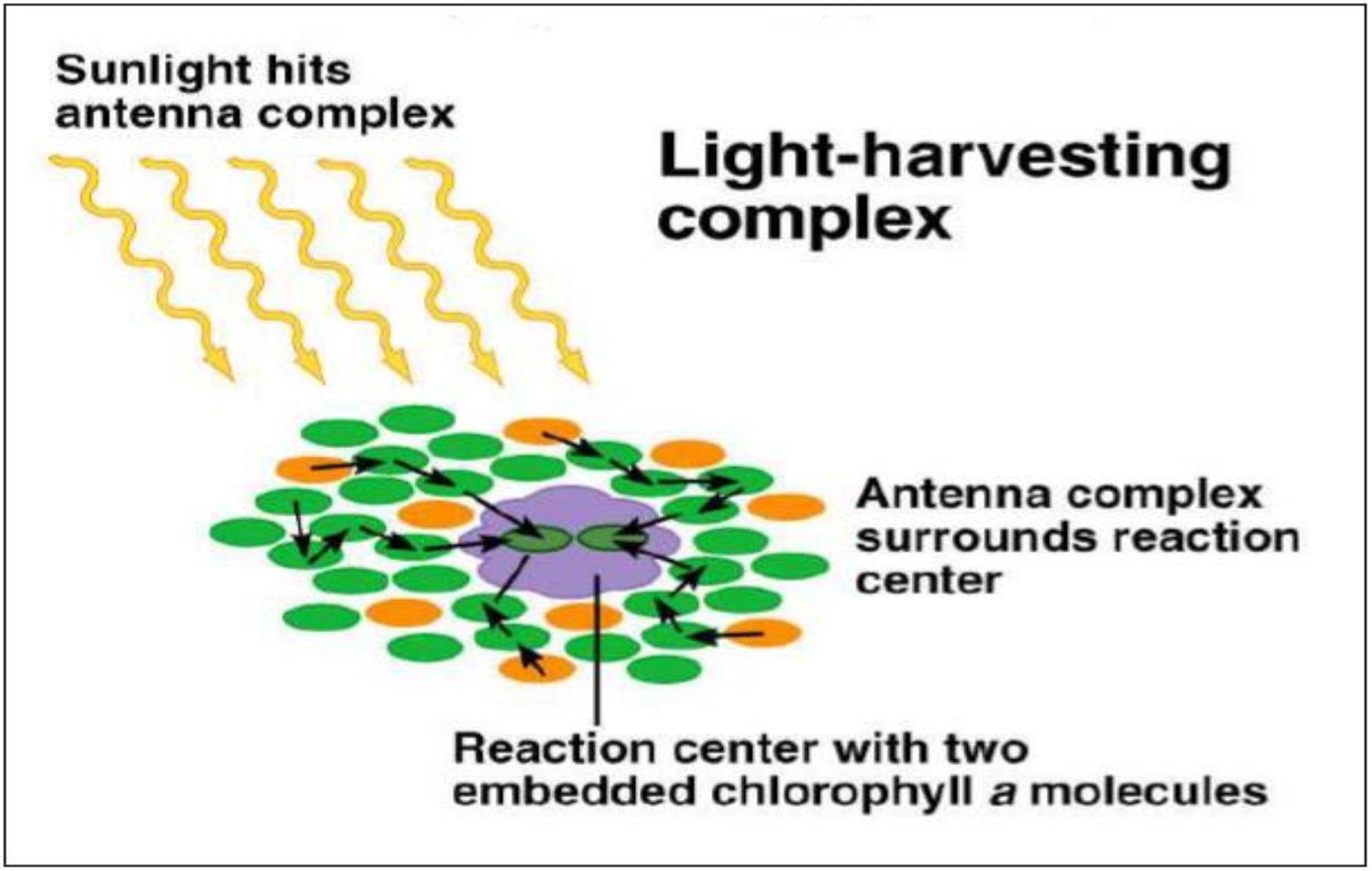
These two chlorophyll molecules (P680 and P 700 nm) are named with numbers that represent the wavelengths at which they absorb their maximum amounts of light

They are different from other chlorophyll molecules because of their association with various nearby pigments.

Each:

- **Photosystem reaction-center chlorophyll *and***
- **Primary electron acceptor *surrounded by***
- **An antenna complex**

functions in the chloroplast as a **light-harvesting unit**



Photosystem I

The structure of photosystem I in A Cyanobacterium (bleu green Alga) has beem completely worked out. It probably closely resembles that of plants as well.

- **12 different protein** molecules bound to
- **92** molecules of chlorophyll a (2 molecules reaction center chlorophyll P_{700} + 4 accessory molecules closely associated with them + 90 molecules that serve as **antenna pigments**)

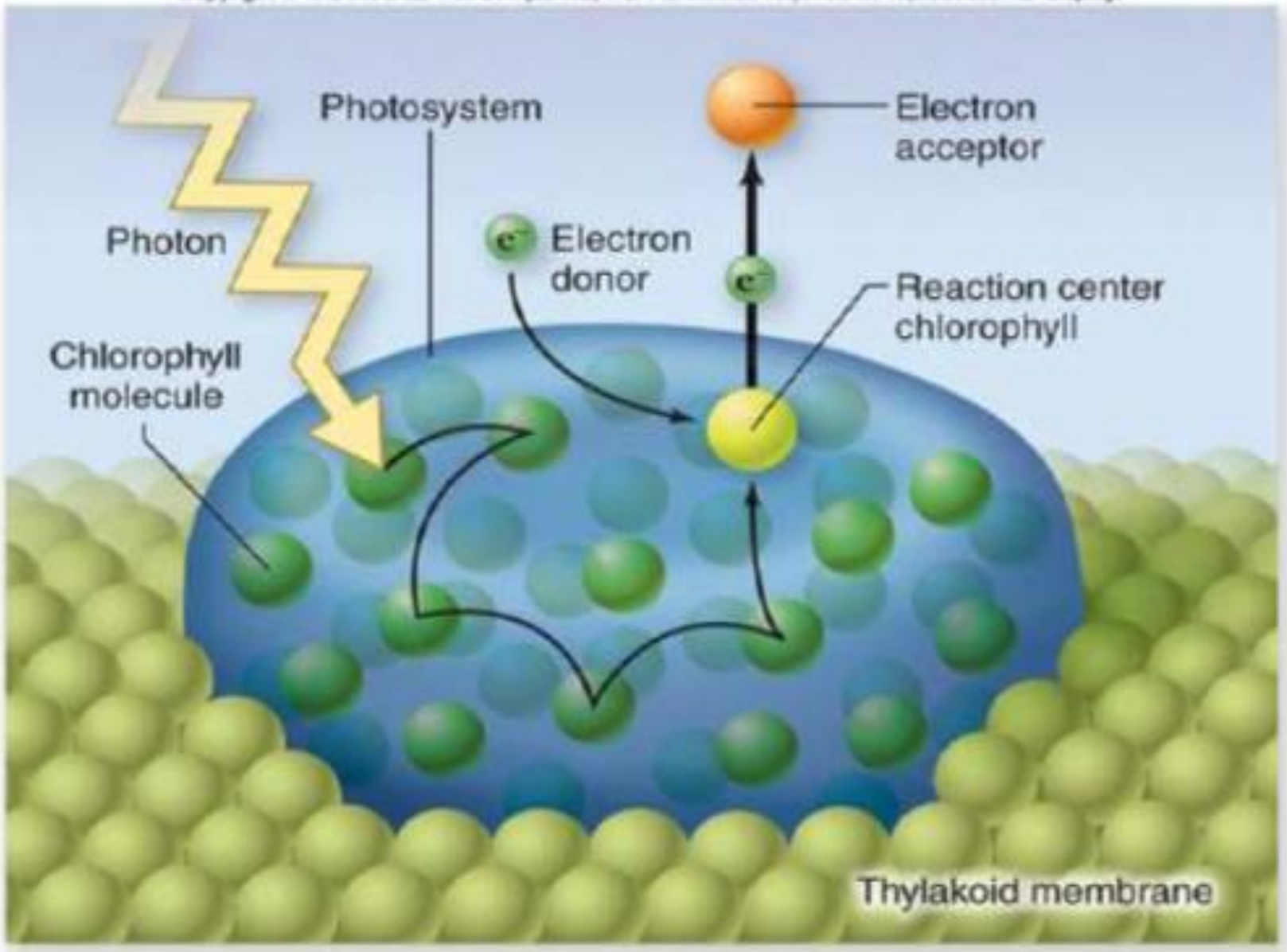
- **22** carotenoid molecules
- **4** lipid molecules
- **3** clusters of Fe_4S_4
- **2** phylloquinones

Photosystem II

Photosystem II is also a complex of:

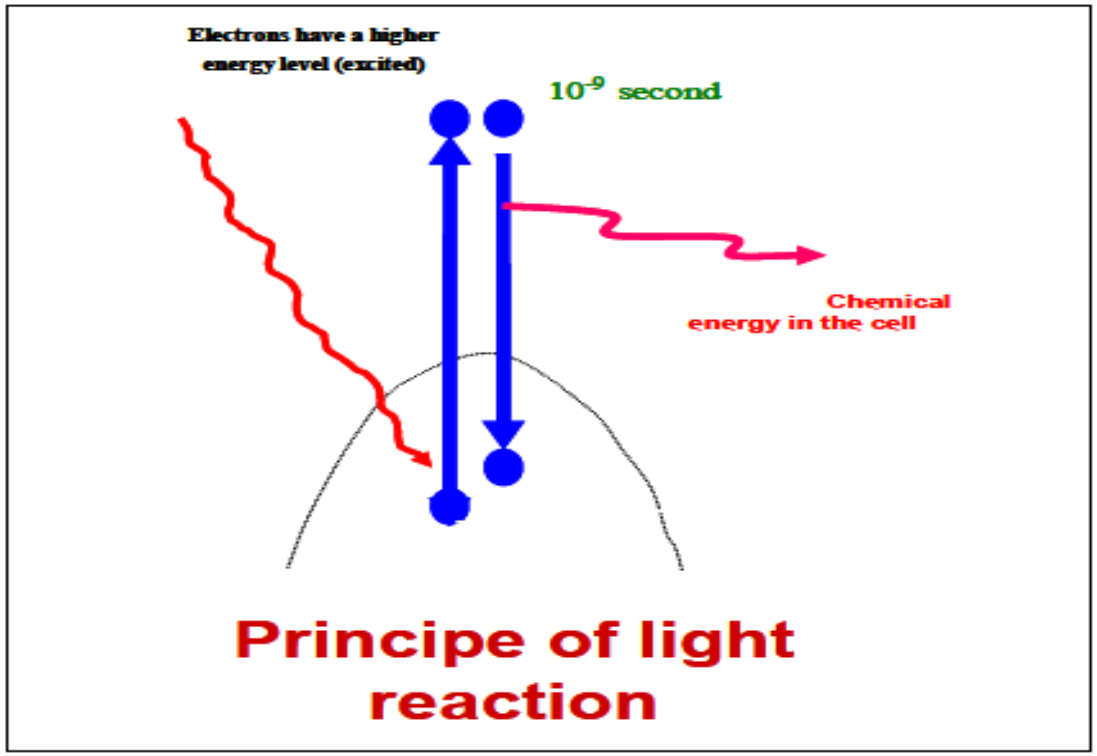
***20** different protein molecules bound to
***50** or more chlorophyll a molecules
-2 molecules of the reaction center chlorophyll P_{680}
-2 accessory molecules close to them
-2 molecules of pheophytin (chlorophyll without the Mg
-the remaining molecules of chlorophyll a serve as antenna pigments
*Some half dozen carotenoid molecules. These also serve as antenna pigments
***2** molecules of plastoquinone

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



الية عمل النظام الضوئي

عندما يمتص الضوء بواحدة من الصبغات الضوئية P680فطاقة الضوء الممتص تضاف الى الالكترونات داخل الذرات المكونة للجزيء . الالكترون المحفز بطاقة الضوء يكون غير مستقر وغالبا يفقد الطاقة الممتصة مباشرة بحوالي 10^{-9} ثانية وتمتص الطاقة مرة اخرى من قبل الكترون اخر في جزيئة الصبغة القريبة . عملية امتصاص الطاقة تتبعها عملية اطلاق الطاقة وهكذا تستمر عملية انتقال الطاقة من جزيء صبغي الى اخر.



Noncyclic Photophosphorylation الفسفرة الضوئية غير الدورية (تفاعلات الضوء)

الفسفرة الضوئية هي عملية تكوين ATP من ADP و *Pi*(الفسفرة) باستخدام الطاقة الضوئية الممتصة (Photo). تبدء هذه العملية في النظام الضوئي الثاني من خلال الخطوات التالية:.

١. النظام الضوئي الثاني Photosystem II:. الإلكترونات تكون محصورة بالصبغة P680 في النظام PII هذه الالكترونات تحفز بالضوء. الكترونان يظهران او يتحركان مما يدل على زيادة في طاقتهم.
٢. الالكترون المستقبل الاول:. الالكترونان المحفزان يمرون الى جزيء يسمى مستقبل الالكتروني الاولي Primary electron acceptor وهذا يسمى بالأولي لأنه الاول في سلسلة مستقبلات الالكترون.

Electron acceptors

Plastoquinone	بلاستوغوانون	أحد الحوامل الإلكترونية الغير بروتيني
Plastocyanin	بلاستوسيانين	حامل إلكتروني بروتيني يحتوي على نحاس
Ferrodoxin	فيرودوكسين	حامل إلكتروني وهو بروتين حديدي
Flavoprotein	فلافوبروتين	حامل إلكتروني بروتيني
Riboflavin	رايبدفلافين	أنزيم مساعد
Cytochrome	سيتوكروم	مركب بروتيني يحمل مجموعة حديد

٣- سلسلة نقل الالكترون:. الالكترونات تمر خلال سلسلة نقل الالكترونات. السلسلة تحتوي على بروتينات تمرر الالكترونات من حامل بروتيني الى اخر . بعض حوامل البروتينات مثل ferredoxin and cytochromeتحتوي على اجزاء غير بروتينية وانما تحتوي على الحديد.

٤- الفسفرة الضوئية :. عندما يتحرك الإلكترونان "لأسفل" في سلسلة نقل الإلكترون ، يفقدان الطاقة. الطاقة المفقودة تُستخدم الطاقة التي تفقدها الإلكترونات أثناء مرورها على طول سلسلة نقل الإلكترون في الفسفرة ، في المتوسط ، حوالي ١,٥ جزيء ATP.

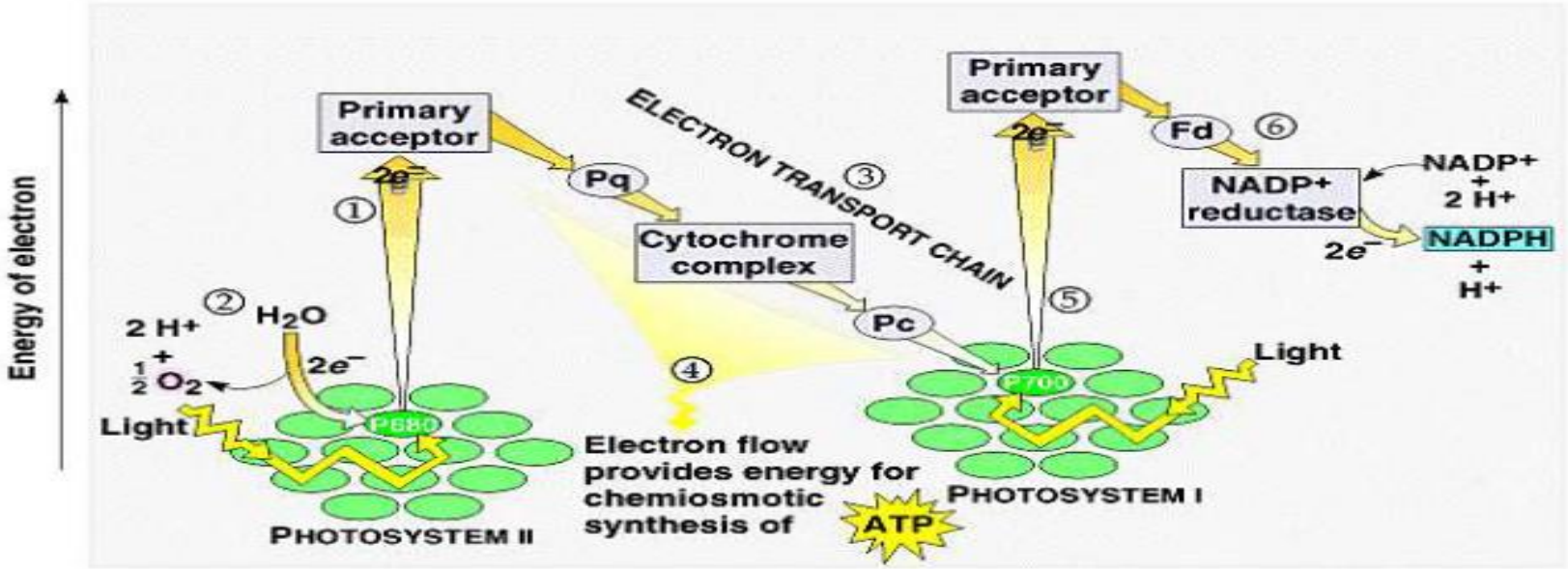
٥- النظام الضوئي الاول Photosystem I. تنتهي سلسلة نقل الإلكترون بـ PS I (مع P700). هنا يتم تنشيط الإلكترونات مرة أخرى بواسطة ضوء الشمس وتمريرها إلى مستقبل إلكترون أولي (يختلف عن ذلك المرتبط بـ PS II).

٦- NADPH:. يمر الإلكترونان عبر سلسلة نقل إلكترون قصيرة. في نهاية السلسلة ، يتحد الإلكترونان مع NADP+و H+لتكوين NADPH . NADPHهو أنزيم. نظرًا لأن الإلكترونات لديها قدر كبير من الطاقة المتبقية ، فإن NADPHهو جزيء غني بالطاقة.

٧- التحلل الضوئي Photolysis :. التحلل الضوئي. تم دمج الإلكترونين اللذين نشأتا في PS IIالآن في NADPH.

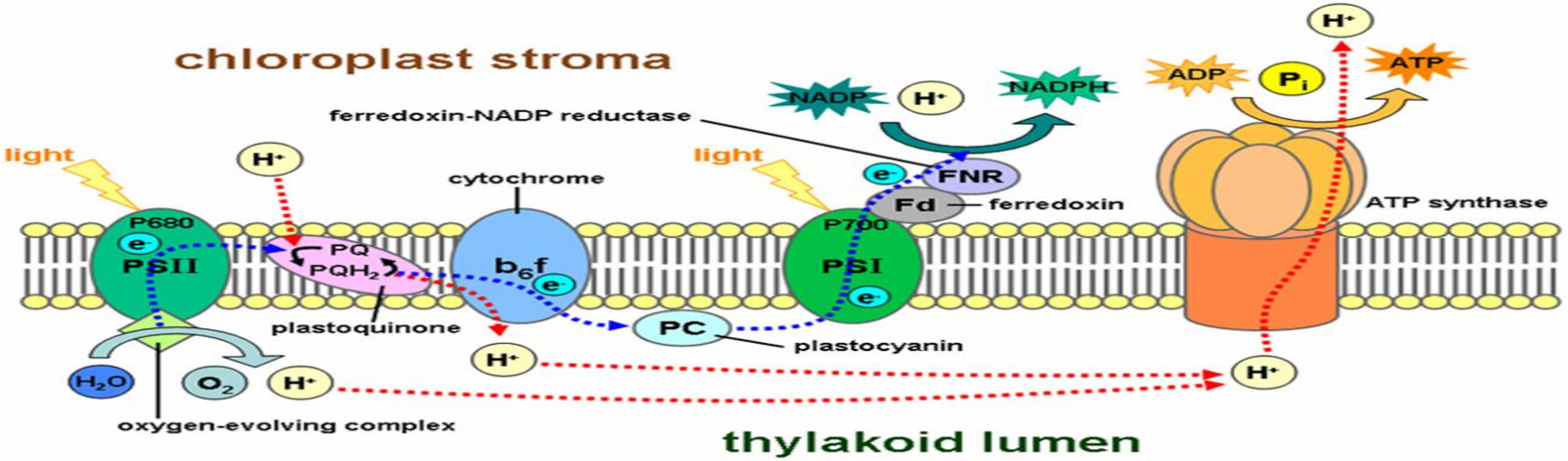
يتم استبدال فقدان هذين الإلكترونين من PS II عندما يتم تقسيم H2Oإلى إلكترونين، .2 H+ and 1⁄2 O2 .
هذه العملية تسمى التحلل الضوئي. يحفز مركب البروتين المحتوي على المنغنيز التفاعل. يستبدل الإلكترونان من H2Oالإلكترونات المفقودة من PS II. أحد H+ المتولدة من شطر الماء يوفر H في NADPH.

Figure 10.11 Noncyclic electron flow during the light reactions generates ATP



Noncyclic Electron Flow

Copyright © The Benjamin/Cummings Publishing Co., Inc., from Campbell's BIOLOGY, Fourth Edition.



الية عملية البناء الضوئي

الملخص

تحدث عملية البناء الضوئي على مرحلتين:

١- Light-dependent reaction

تأخذ عملية الفسفرة الضوئية الطاقة في الضوء والإلكترونات الموجودة في H2O لصنع الجزيئات الغنية بالطاقة ATP و NADPH نظرًا لأن التفاعلات تتطلب الضوء ، فغالبًا ما يطلق عليها التفاعلات المعتمدة على الضوء Light-dependent reaction أو ببساطة تفاعلات الضوء وموقعها هو غشاء الثايلوكويد Thylakoid اذ خلال هذه المرحلة يتم تحويل:

light energy is converted to ATP (chemical energy) + NADPH (reducing power).

المعادلة التالية تلخص العملية

$$H_2O + ADP + P_i + NADP + light \longrightarrow ATP + NADPH + O_2$$

يبدأ التفاعل في هذه المرحله من اصياد الضوء المرئي في PSII عند P680 تنتقل الطاقة من جزيئه كلوروفيل الى اخرى حتى تدخل مركز التفاعل الذي يحتوي زوج من P680 حيث يتحفز الالكترون الذي يكون غير مستقر خلال هذه العملية يتحرر O_2

$$2\ H_2O \longrightarrow 4H^+ + 4\ e^- + O_2$$

Chl a يعمل على انتزاع الالكترونات من الماء لأجل تعويض الالكترون المحفز بعملية الاكسدة والاختزال.

الالكترون المحفز ينتقل خلال سلسلة من الحوامل الالكترونية تسمى حوامل نواقل الالكترونات electron transport chain (ETC).

Plastoquinone هو الحامل للالكترونات المحفزه من النظام PSII الى معقد بروتيني b6f

نتيجة الى هذه العملية يتم نقل ايونات H^+ المتراكمة الى تجويف الثايكولويد هنا سوف يتولد فرق بالجهد بالنسبة H^+ لذا سوف يتم نقل هذا البروتون الى انزيم ATP synthase

$$ADP + Pi + energy \longrightarrow ATP$$

المعقد البروتيني b6f ينقل الالكترونات المحفزه الى Plastocyanin (PC) ثم تنقل الى PSI لتعويض الالكترونات التي تحفز منه بواسطة الضوء

عند PSI مرة اخرى يتم استطياد الطاقة عند P700 وتتحفز الالكترونات والتي تنقل بواسطة الناقل ferredoxin والتي تنقل بدورها الى انزيم ferredoxin NADP reductase (FNR) والذي يعد المستقبل النهائي للالكترونات في هذه النقطة الالكترونات وايونات الهيدروجين ترتبط مع NADP لتنتج NADPH

Summary of Light-dependent Reactions

Flow of Electrons

Photosystem II ——> b6-f complex ——> Photosystem I —-> NADP reductase

قانون التحلل الضوئي

التبرع بالالكترونات الى PSII لتعويض الفقد الحاصل

ايونات الهيدروجين تحمل الى انزيم ATP synthase لإنتاج طاقة ATP

ينتج الاوكسجين ويطرح الى الجو

نواتج العملية

١- ATP – chemical energy

٢- NADPH – reducing power/electron donor

٢- (light-independent reactions) Calvin-Benson cycle

وهي الجزء الثاني من عملية البناء الضوئي (تسمى دورة تثبيت CO_2) اي تأخذ ثاني أوكسيد الكربون غير العضوي كيمياويا ويدمجه في جزيء عضوي يمكن استخدامه في النظم البيولوجية. يتضمن مسار التخليق الحيوي ١٢منتج. وظيفة المسار هي إنتاج جزيء واحد من الجلوكوز ($C_6H_{12}O_6$).

يجب أن تتكرر Calvin-Benson cycle ست مرات ، حيث تستخدم ٦ جزيئات من ثاني أكسيد الكربون.

وتحدث الدورة في Stroma من البلاستيده والطاقة المتولدة من ATP والالكترونات الممنوحة من NADPH تستخدمان لقلب CO_2 الى كلوكوز ومنتجات اخرى .

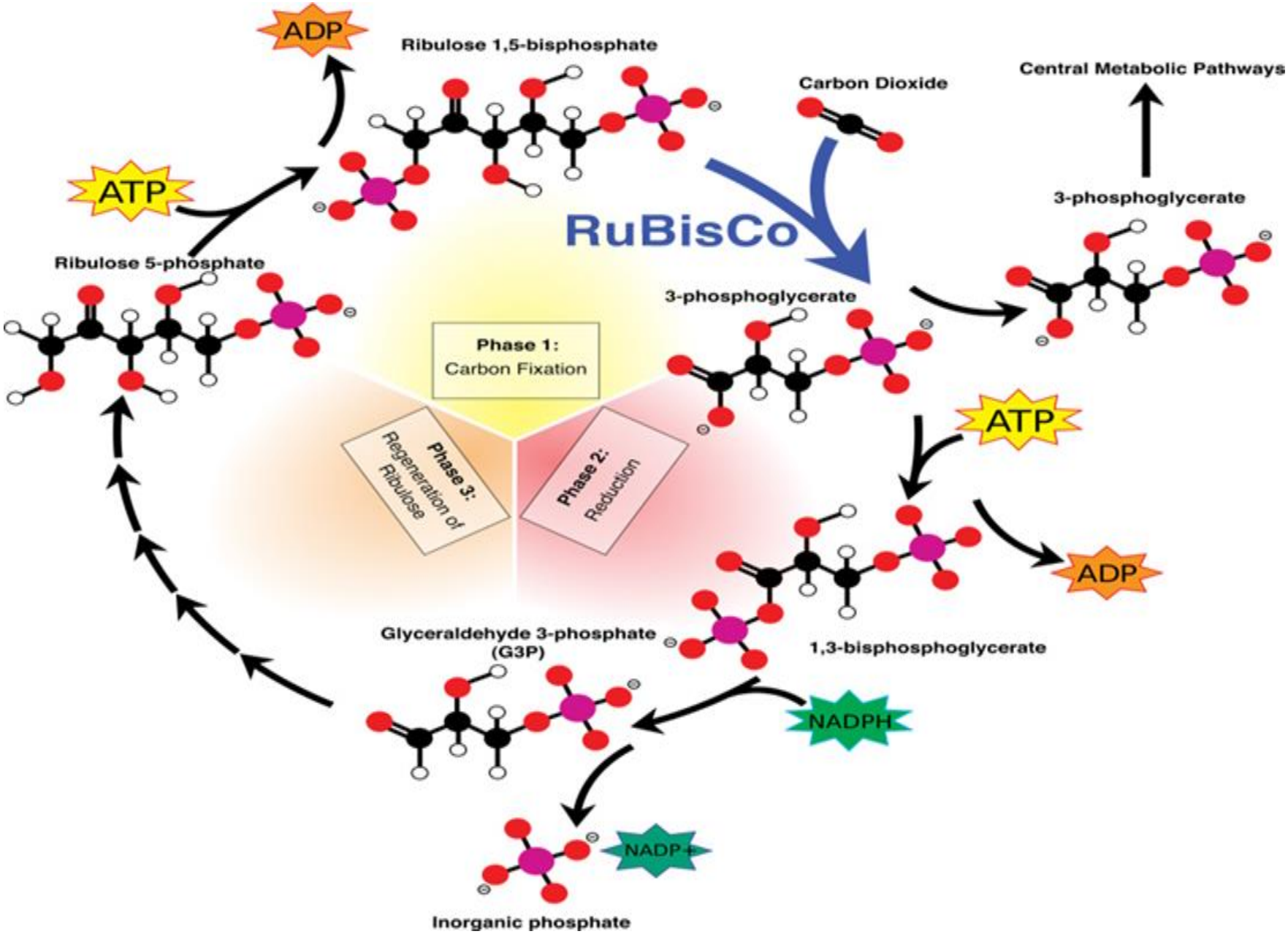
يشار إلى هذه الدورة باسم التمثيل الضوئي C3 لأن المنتج الأول المتكون ، PGA)الفوسفوجليسيرات) ، يحتوي على ثلاث ذرات كربون. وان مراحل الدورة هي

١- الكربوكسيل (**Carboxylation**) :. ٦ CO2 تتحد مع ٦ RuBP لإنتاج ١٢ PGA يحفز إنزيم RuBP carboxylase أو **RUBISCO** اندماج CO2 و RuBP (ثنائي فوسفات الريبولوز) (Ribulose bisphosphate)

٢- الاختزال (**Reduction**) **:.** يتم استخدام ١٢ ATP و ١٢ NADPH لتحويل ١٢ PGAإلى ١٢PGAL يتم دمج الطاقة في جزيئات ATP و NADPH في PGAL (جليسريد ٣ فوسفات) ، مما يجعل PGAL جزيءً غنيًا جدًا بالطاقة. يتم تحرير ADPو Pi و + NADP ثم إعادة تنشيطها في الفسفرة الضوئية غير الدورية.

٣- **اعادة البناء او التجديد (Regeneration)** :. ٦ ATP تستخدم لتحويل ١٠ PGAL إلى ٦ RuBP يسمح تجديد ٦ RuBP المستخدم أصلاً للاندماج مع ٦ CO2 بتكرار الدورة.

٤- **تخليق الكربوهيدرات (Carbohydrate synthesis) :.** لاحظ أنه تم إنشاء ١٢ PGALفي الخطوة ٢ ، ولكن تم استخدام ١٠ فقط في الخطوة ٣. ماذا حدث للاثنين المتبقيين؟ يتم استخدام هذين المركبين المتبقيين من PGALلبناء الجلوكوز ، وهو جزيء شائع لتخزين الطاقة. يمكن أيضًا تكوين السكريات الأحادية الأخرى مثل الفركتوز والمالتوز. بالإضافة إلى ذلك ، يمكن دمج جزيئات الجلوكوز لتكوين سكريات مثل السكروز والسكريات مثل النشا والسليلوز.


ADP
Ribulose 1,5-bisphosphate
Carbon Dioxide
Central Metabolic Pathways
ATP
RuBisCo
3-phosphoglycerate
Ribulose 5-phosphate
3-phosphoglycerate
Phase 1:
Carbon Fixation
ATP
Phase 3:
Regeneration of
Ribulose
Phase 2:
Reduction
ADP
Glyceraldehyde 3-phosphate
(G3P)
1,3-bisphosphoglycerate
NADPH
NADP+
Inorganic phosphate

جزيئة واحدة من CO_2 ترتبط مع جزيئه واحدة من Ribulose Bisphosphate (RuBP) الذي يكون خماسي الكاربون بفعل نشاط انزيم مهم وهو انزيم Rubisco

هذا التفاعل ينتج مركب وسطي غير مستقر سداسي الكاربون والذي ينكسر مباشرة لينتج جريئتين من مركب ثلاثي الكاربون وهو 3-phosphoglycerate (PGA)
والتي تستلم طاقة من ATP لتنتج جزيئتان من مركب 1,3-bisphosphoglycerate (BPGA)
الالكترونات الممنوحة من NADPH لانتاج جريئتين من مركب Glyceraldehyde 3-phosphate (G3P) كلا الجزيئتين من G3P تستخدمان لإنتاج جزيئة واحدة من الكلوكوز

ان هذه الدورة تعاد ست مرات لانتاج والتي يستخدم فيها ٦ ذرات CO_2 والتي تنتج ١٢ جزيئة من مركب G3P اثنان منها تستخدم لانتاج الكلوكوز والعشرة البقية تستخدم في الخططوة التالية:

الخطوة التي تليها هي انتاج RuBP

خطوات دورة تفاعلات الظلام

١- Carboxylation: 6 CO_2 combine with 6 RuBP to produce 12 PGA

٢- Reduction: 12 ATP and 12 NADPH are used to convert 12 PGA to 12 PGAL

٣- Regeneration: 6 ATP are used to convert 10 PGAL to 6 RuBP

٤- Carbohydrate synthesis

ملخص دورة تفاعلات الظلام

$$6CO_2 + 18ATP + 12NADPH + H^+ \longrightarrow 18ADP + 18Pi + 12NADP + 1 \text{ glucose}$$

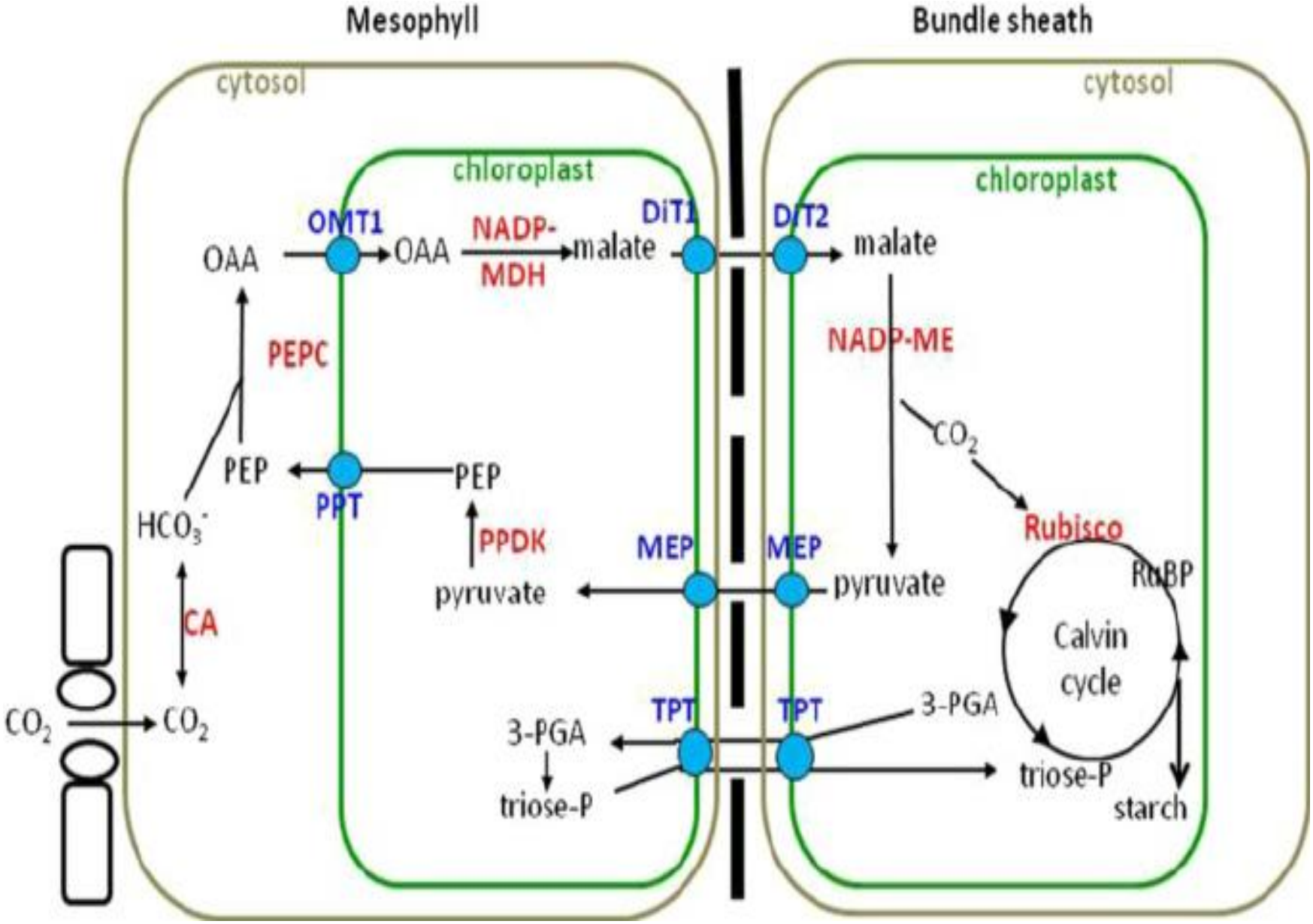
تسمى هذه C3 Photosynthesis لماذا ؟؟

C4 Photosynthesis

بعض النباتات تسلك سلوك اخر في انتاج الكلوكوز تسمى نباتات رباعية الكربون مثل الذرة الصفراء وكذلك بعض النباتات الصحراوية.

CO_2 يدخل في هذه النباتات الى خلايا mesophyll على العكس من الثلاثية الكربون التي يدخل فيها الى خلايا Bundle sheath

الانزيم المثبت هو PEP carboxylase بحيث يرتبط CO_2 مع PEP (phosphoenolpyruvate) لينتج OAA (oxaloacetate) الذي يكون رباعي الكربون والذي يتحول الى malate الذي يدخل بدوره الى bundle sheath cells بعد دخولة الى هذه الخلايا يتحول الى pyruvate و CO_2 وهكذا يخرج هذا المركب ويتحد الكاربون مع RuBP كما في الشكل ادناه


Mesophyll
Bundle sheath
cytosol
cytosol
chloroplast
chloroplast
OMT1
DiT1
DiT2
OAA
OAA
NADP-
MDH
malate
malate
PEPC
NADP-ME
CO_2
PEP
PEP
PPT
HCO_3^-
Rubisco
PPDK
MEP
MEP
RuBP
pyruvate
pyruvate
Calvin
cycle
CA
TPT
TPT
3-PGA
CO_2
CO_2
3-PGA
triose-P
triose-P
starch

العوامل المؤثرة على البناء الضوئي

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

أولا العوامل الخارجية :

١ـ شدة الإضاءة:

لشدة الإضاءة في البيئة الخارجية للنبات ومدة تعرضه للضوء تأثير على عملية البناء الضوئي ومعدل حدوثها فعندما تكون شدة الإضاءة منخفضة فإن سرعة عملية البناء الضوئي تتناسب طردياً معها حيث يزداد معدل البناء الضوئي مع ارتفاع شدة الضوء .و لكن إذا زادت شدة الإضاءة بدرجة كبيرة ، واستمر تعرض النبات للضوء العادي مدة طويلة ، فإن ذلك يؤدي إلى انخفاض نشاط البناء الضوئي

٢- تركيز ثاني أكسيد الكربون:

زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون يؤدي إلى زيادة سرعة عملية البناء الضوئي وإذا زاد تركيز ثاني أكسد الكربون في البيئة الخارجية بدرجة عالية انخفضت سرعة عملية البناء الضوئي ويعزى ذلك لأثرها السام على النبات وإغلاقه لثغوره حماية لنفسه من هذا التأثير ، وعند إغلاق الثغور ينخفض تركيز ثاني أكسد الكربون حول الخلايا الخاصة بالبناء الضوئي ومن ثم تتناقص سرعة العملية .

٣- درجة الحرارة:

تتأثر الأنزيمات الخاصة بدورات البناء الضوئي بدرجات الحرارة زيادةً ونقصاناً حيث ارتفاع درجة الحرارة يسرع من حدوث عملية البناء الضوئي ولكن مع الزيادة المفرطة في درجة الحرارة يؤدي ذلك إلى الانخفاض في معدل البناء الضوئي وبذلك تتأثر العملية .

٤- المـــــــــــاء:

وجد أن الكمية اللازمة من الماء لاستمرار عملية البناء الضوئي تقدر بحوالي ١ % فقط من جملة الماء الممتص بواسطة النبات. وقد لوحظ أن معدل البناء الضوئي يرتفع إذا ما حدث جفاف بسيط بالأوراق (١٥ % فقد ماء) ولكن هذا المعدل ينخفض تماما إذا ما وجد جفاف شديد بهذه الأوراق (٤٥ % فقد ماء) حيث أن فقد الماء يؤدي إلي الانكماش في الخلايا

وبالتالي قفل الثغور فيقل معدل التمثيل تبعا لذلك و يؤدى الجفاف أيضا إلي قلة قابلية الأغشية البلازمية للنفاذية وجفاف الأنزيمات النسبي وقد يؤدي إلي قلة سرعة تكوين المواد الكربوهيدارتية المتكونة من عملية البناء مما يؤدى إلي تراكمها في الأوراق وبالتالي بطء سرعة عملية البناء

٥- تأثير المواد الغذائية:

نقص بعض العناصر يؤدي لقلة معدل عملية البناء الضوئي لكونها عوامل مساعدة لبعض الأنزيمات الخاصة بتفاعلات الظلام أو لضرورة وجودها لإتمام عملية تفاعل الضوء مثل الكلورين والذي يؤدى نقصه إلي عدم إمكان نقل الالكترونات من الماء إلي الكلوروفيل وقد يكون نقص عنصر مؤثرا علي بناء الكلوروفيل نفسه كما في حالة نقص الحديد أو النتروجين أو الماغنيسيوم وغيرها كما انه يدخل كمادة تفاعل أثناء تفاعلات الظلام .

ثانيا العوامل الداخلية:

١ـ الأنزيمات:

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

٢ـ تركيب الورقة الداخلي:

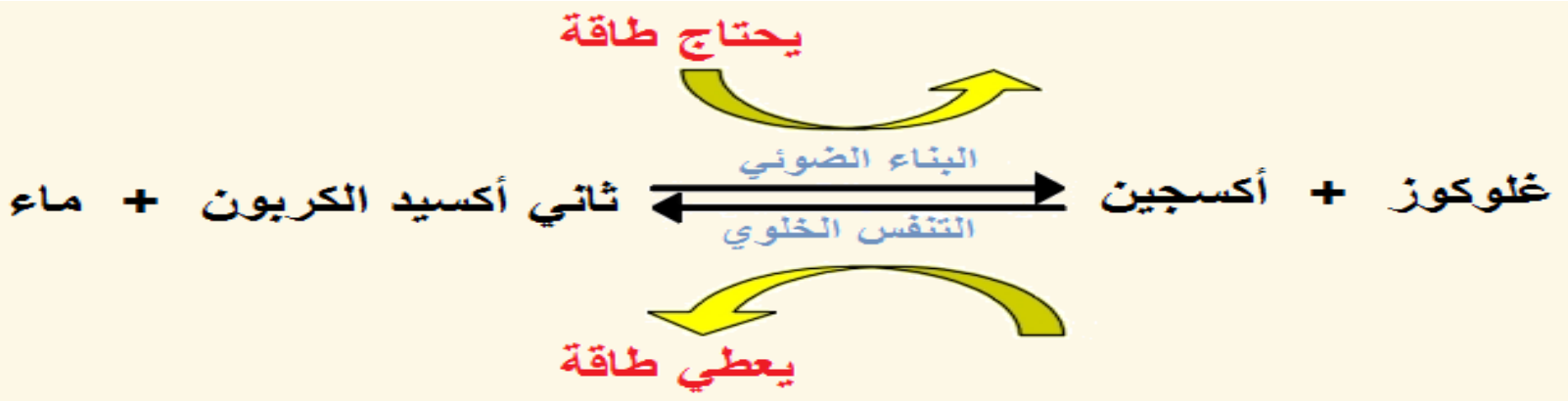
حيث تتوقف كفاءة العملية على التركيب الداخلي للورقة والذي يختلف في ذوات الفلقة عن ذوات الفلقتين .

٣ـ تراكم المنتجات:

إن تراكم المنتجات الكربوهايدريتية الناتجة من عملية البناء الضوئي في الأوراق يؤدي إلى بطء العملية حيث تتوقف كفاءة العملية على التركيب الداخلي للورقة والذي يختلف في ذوات الفلقة عن ذوات الفلقتين.

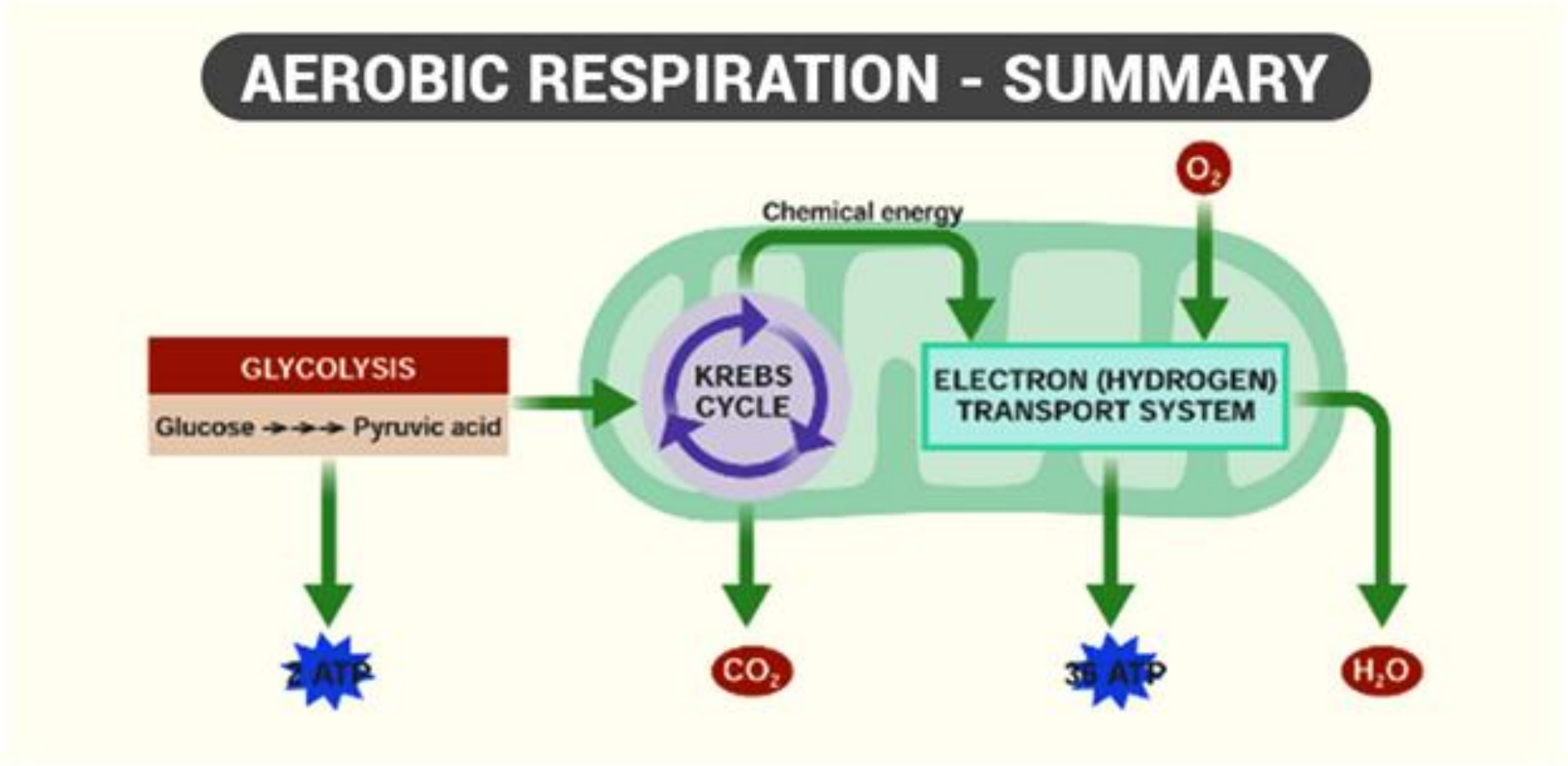
عملية التنفس Respiration

أثناء عملية البناء الضوئي تقوم الخلايا النباتية بتحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية مخزنة في الجلوكوز ولاطلاق هذه الطاقة فان الخلايا النباتية مثل الخلايا الحيوانية تستخدم العملية العكسية المعروفة بعملية التنفس . في عملية التنفس يتحد الاوكسجين بالكلوكوز محررا الطاقة و من ثم يتم تخزينها في شكل مركب ال ATP وتحدث عملية التنفس في سيتوبلازم و ميتوكوندريا الخلية . والتفاعل الكيميائي لعملية التنفس هو :



لذلك التنفس هو العملية الكيمياوية التي تعمل على تحرير الطاقة من الكلوكوز لذا يحتاج الى الاوكسجين الجوي لذا يسمى التنفس الهوائي

glucose + oxygen → carbon dioxide + water (+ energy)

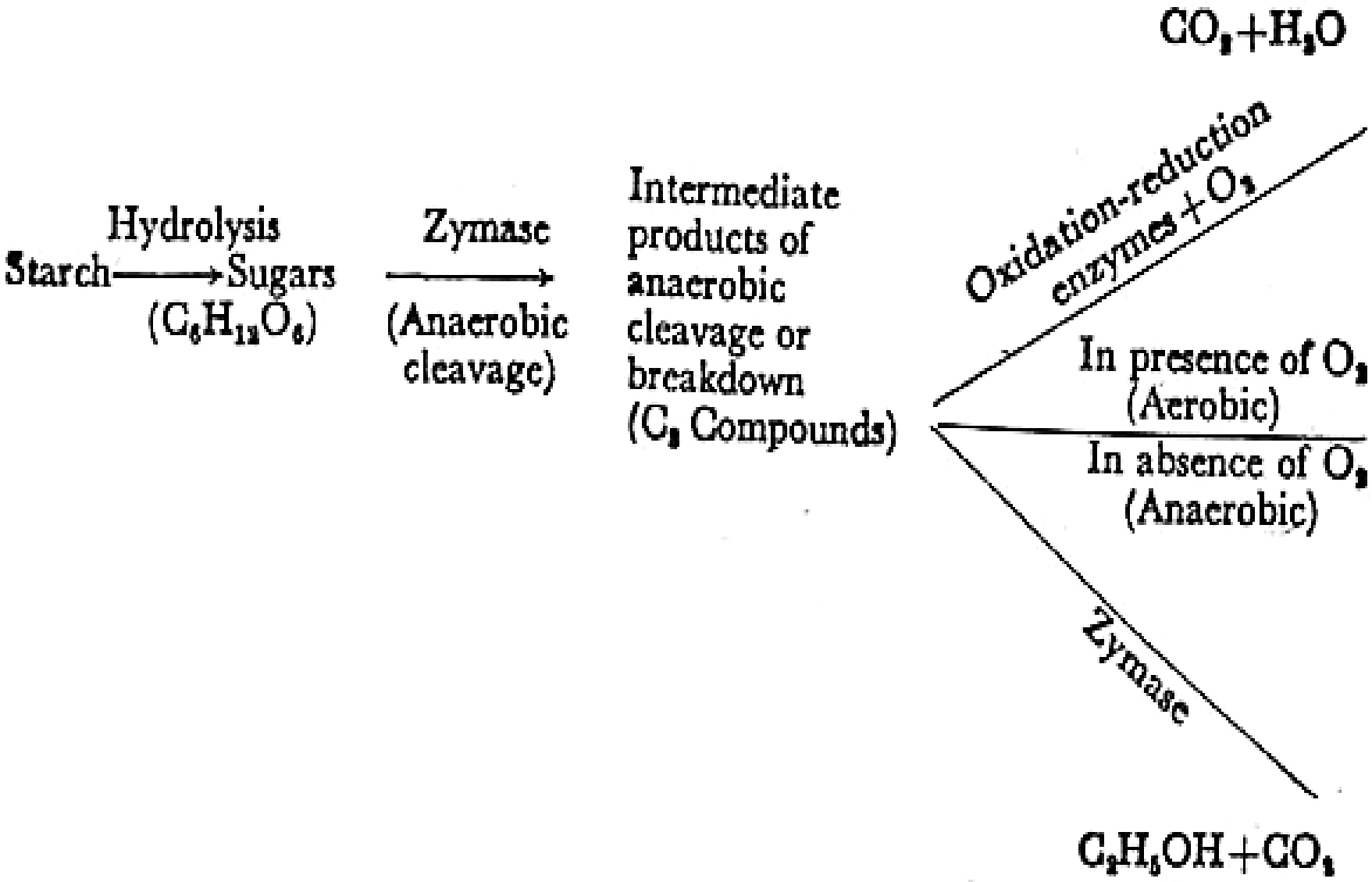

AEROBIC RESPIRATION - SUMMARY
O_2
Chemical energy
GLYCOLYSIS
Glucose → → → Pyruvic acid
KREBS CYCLE
ELECTRON (HYDROGEN) TRANSPORT SYSTEM
2 ATP
CO_2
36 ATP
H_2O

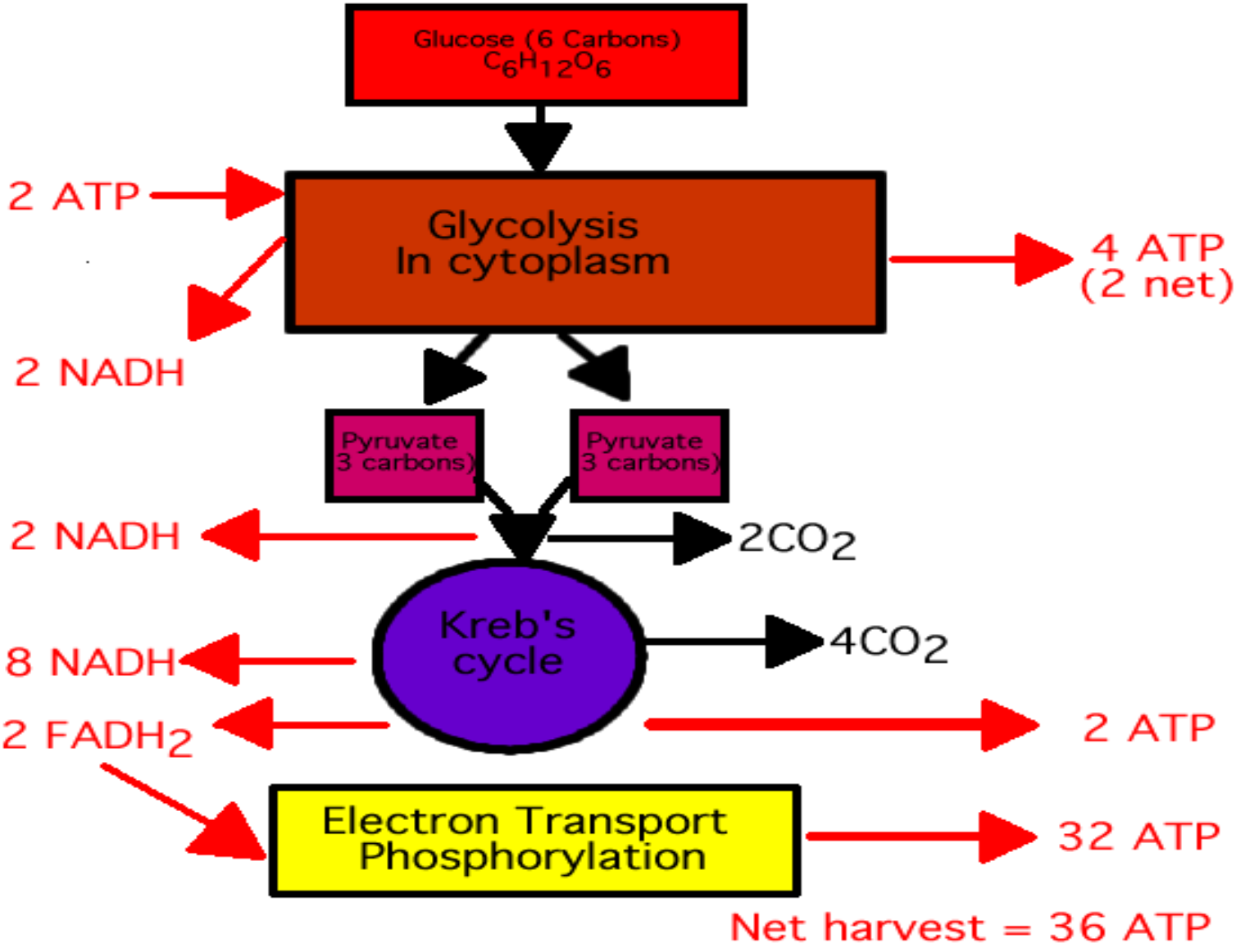
تستخدم النباتات القليل من الاوكسجين اثناء عملية التنفس أقل مما تنتجه أثناء عملية البناء الضوئي . وينطلق الأوكسجين الزائد إلى الهواء حيث يستخدم في عملية التنفس الخاصة بالحيوانات . وهذه الكمية الزائدة من الاوكسجين هي ما يساهم به النبات في الدورة الكونية للأوكسجين و ثاني أوكسيد الكربون .

يقسم التنفس فى النبات إلى :

١) هوائى : وذلك عند تحرير الطاقة عن طريق الأكسدة أى فى وجود الأوكسجين بصفة أساسية وهو التنفس الشائع فى الغالبية العظمى من النبات حيث تحتاج خلاياها للاوكسجين لتحرير الطاقة من المادة الغذائية العضوية وانطلاق CO_2 نتيجة لذلك.

٢) لاهوائى : وذلك عند تحرير الطاقة عن طريق الاختزال أى فى غياب الأوكسجين ويلزمه انزيمات خاصة .

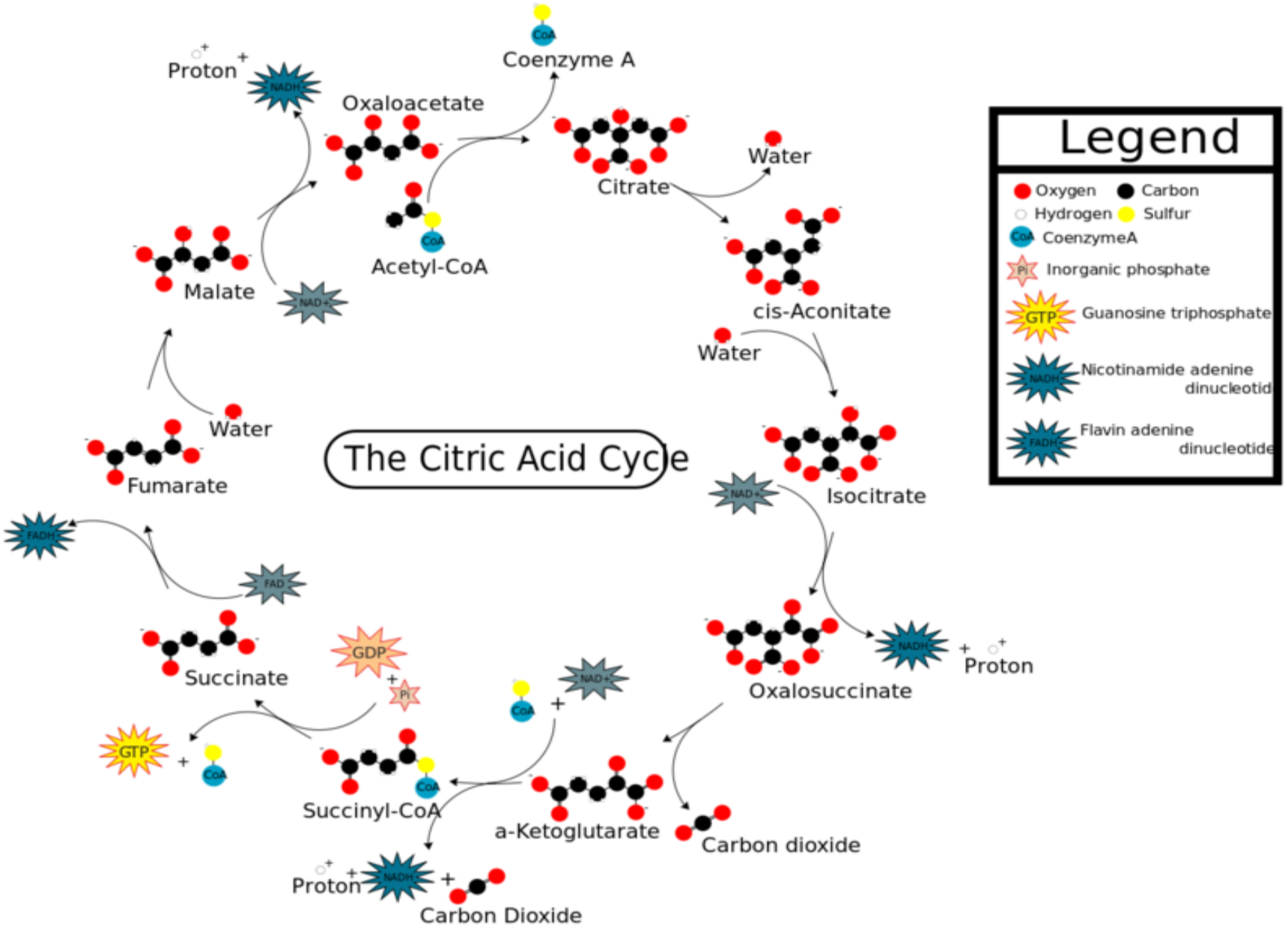

Hydrolysis
Starch ⟶ Sugars
($C_6H_{12}O_6$)
Zymase
(Anaerobic cleavage)
Intermediate products of anaerobic cleavage or breakdown (C_3 Compounds)
Oxidation-reduction enzymes + O_2
CO_2+H_2O
In presence of O_2 (Aerobic)
In absence of O_2 (Anaerobic)
Zymase
$C_2H_5OH+CO_2$


Glucose (6 Carbons)
$C_6H_{12}O_6$
2 ATP
Glycolysis
In cytoplasm
4 ATP
(2 net)
2 NADH
Pyruvate
3 carbons)
Pyruvate
3 carbons)
2 NADH
$2CO_2$
Kreb's
cycle
8 NADH
$4CO_2$
$2\ FADH_2$
2 ATP
Electron Transport
Phosphorylation
32 ATP
Net harvest = 36 ATP

دورة حامض الستريك المعروفة بدورة كريبس Krebs Cycle أو حلقة حامض الليمون تعرف أيضاً بدورة الأحماض ثلاثية الكربوكسيل TCAهي سلسلة من التفاعلات الكيميائية محفزة بالانزيمات لها دور مركزي هام في جميع الخلايا الحية التي تستخدم الأوكسجين في التنفس الخلوي.

وتمثل دورة حامض السيتريك في الكائنات الحيوائية جزء من المسلك الاستقلابي المكتنف في التحويل الكيميائي للكاربوهيدرات والدهون و البروتين الى ثاني أكسيد الكربون و الماء ليولد الطاقة الممكن للجسم استخدامها، و تلك الدورة هي المسلك الثالث من أربعة مسالك مكتنفة في تقويض الكربوهيدرات و تصنيع الأدينوزين ثلاثي الفوسفات ، والمسالك الثلاثة الأخريات هن: تحلل السكر و تأكسد البيروفات و السلسلة التنفسية ، ولهذه الدورة أهمية شديدة حتى في الخلايا التي تقوم بعملية التخمر حيث أنها تعطي طلائع لعدة مركبات مثل الأحماض الأمينية.

يتم أكسدة جزيئان من الكربون الى ثاني أكسيد الكربون و تخزن الطاقة الناتجة من هذا التفاعل على شكل GTP (جوانوزين ثلاثي الفسفات) و NADH (نيكوتين أميد ثنائي النيوكليوتيد) المختزل من NAD و $FADH_2$ (فلافين أدينين ثنائي النيوكليوتيد)، و يتم التخزين عن طريق NAD , $FADH_2$ وهما تميما الانزيمات Coenzymesمستخدما في الفسفتة التأكسدية.


The Citric Acid Cycle
Coenzyme A
Oxaloacetate
Citrate
Water
cis-Aconitate
Water
Isocitrate
NAD+
NADH
Proton
Oxalosuccinate
a-Ketoglutarate
Carbon dioxide
NAD+
CoA
Succinyl-CoA
GDP
Pi
GTP
CoA
Succinate
FAD
FADH
Fumarate
Water
Malate
NAD+
Acetyl-CoA
CoA
Proton
NADH
Proton
NADH
Carbon Dioxide
Legend
Oxygen
Carbon
Hydrogen
Sulfur
CoA CoenzymeA
Pi Inorganic phosphate
GTP Guanosine triphosphate
NADH Nicotinamide adenine dinucleotid
FADH Flavin adenine dinucleotide

دورة كريبس وتعرف أيضاً بدورة كريز سلسلة تفاعلات كيميائيّة تحدث في جميع الخلايا التي تحتاج إلى الأوكسجين لتحيا. ويطلق عليها أيضا دورة حامض السيتريك أو دورة حامض ثلاثي الكربوكسيليك.

حصل هانز أدولف كريز، الكيميائي الحيوي الألماني المولد، عام ١٩٥٣م على جائزة نوبل للفسيولوجيا (علم وظائف الأعضاء) أو الطب لاكتشافه منهج المعالجة. والدورة جزء مهم في الأيض، حيث تقوم الخلايا فيها بتغيير الغذاء إلى طاقة.

وتغير التفاعلات الكيميائية في الدورة acetyl CoA، وهو أحد أشكال حامض الخليك، إلى ثاني أوكسيد الكربون وماء. ويتكون acetyl CoA في الجسم من تحلل الدهون والبروتينات والكربوهيدرات.

وتبدأ دورة كريبس باتحاد acetyl CoA مع حامض الأوكسالوأستيك، وهو منتج نهائي للدورة نفسها، ويتشكل عن توافق هذه الحوامض حامض السيتريك. ويَنْتُج عن إعادة تنظيم جزيئات حامض السيتريك حامض الأيسوستريك الذي يمر عبر سلسلة من المراحل ليشكل خلالها ستة حوامض وسيطة، وهي ألفا ـ كيتوجلوتاريك، والسكسينيك، سكسنيل الإنزيم التميمي أ، والفيوماريك، والماليك وأخيرًا الأوكسالوأستيك، ومن ثَمَّ يُصبح حمض الأوكسالوأستيك جاهزاً للاتحاد مع acetyl CoA لبدء دورة أخرى

المنتجات

نتائج الدور الأول من الدورة هو:

جُزَيئة GTP

ثلاثة جزيئات NADH

جزيئة $FADH_2$

و جزيئتان CO_2

ولأن كل دورة تؤدي الى انتاج جزيئتان من acetyl CoA من كل جزيئة كلوكوز فان كل جزيئة كلوكوز تتطلب دورتان كريبس فتكون النتيجة :

جزيئتان GTP

ستة جزيئات NADH

جزيئتان $FADH_2$

وأربعة جزيئات CO_2

تحلل السكر Glycolysis

هو مسلك أيضي يتحول فيه الگلوكوز $C_6H_{12}O_6$، إلى حامض البيروفيك

$CH_3COCOO^- + H^+$

الطاقة الحرة المنطلقة أثناء هذه العملية تستخدم لتكوين مركبات عالية الطاقة (الأدينوسين ثلاثي الفوسفات) و (reduced nicotinamide adenine dinucleotide) NADH

يعتبر التحلل السكري الطريقة المثلى للحصول على الطاقة، وكنتيجة للتحلل اللاهوائي يمكن الحصول على جزيئين ATP وجزيئين NADH

وتُعرف العملية اللاهوائية أيضا بعملية تحلل السكر، وهي التي تبدأ عادة أولا.

يمكن فصل مسار تحلل السكر الكامل إلى مرحلتين:

مرحلة التحضير - حيث يُستهلك الأدينوسين ثلاثي الفوسفات وبالتالي يدخل فيما يعرف بمرحلة الإستثمار.

مرحلة السداد، حيث يتم إنتاج الأدينوسين ثلاثي الفوسفات.

العوامل المؤثرة على عملية التنفس :

- درجة الحرارة :

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

- تركيز O2:

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

- تركيز CO2 :

يعتقد ان زيادة تركيز CO2 الناتج نهائي في عملية التنفس قد يثبط عملية التنفس الا ان هذه التراكيز التي تثبط التنفس عالية أيضا كما ذكر سابقا فإن زيادة تركيز CO2في الانسجة النباتية قد يسبب الأغلاق الثغور ومن ثم التأثير تبادل الغازات وبالتالي تثبيط التنفس.

فسلجة المحاصيل والاجهاد

الفسيولوجيا البيئية Ecophysiology

❖ دراسة مقاومة النباتات للإجهاد يتطلب دراسة فسيولوجيا الإجهاد و التي تعتمد أيضاً علوم فسيولوحيا النبات، التغذية المعدنية، العلاقات المائية، فسيولوجيا النمو و التكشف و كيمياء النبات.

❖ علم الفسيولوجيا البيئية يدمج بين علمي البيئة و الفسيولوجيا، و يهتم بالعلاقة بين العمليات الفسيولوجية و بيئة النبات.

الإجهاد هو اما:

➢ الإجهاد فيزيائياً: هو مجموعة من الظروف تتسبب في إحداث تغيرات ملموسة في العمليات الفسيولوجية و التي تؤدي تدريجياً إلي إحداث الضرر.

➢ الإجهاد فسيولوجياً: هو انعكاس لمجموعة من الضغوط البيئية لإحداث تغيرات في فسيولوجيا النبات تمييزاً له عن الإجهاد المغير للأبعاد (Strain) و الذي يعرف بأنه التغير الجزئي في المادة نتيجة للإجهاد و يمكن أن يميز بالتغير الفسيولوجي الحادث إستجابة للإجهاد البيئي و الذي لا يؤدي بالضرورة إلى خفض بالنمو أو التكاثر.

أنواع الإجهاد

١. الإجهاد الفيزيائي Physical Stress
هو كل ما يؤثر علي الأنماط الفسيولوجية بطريقة إيجابية أو سلبية فعلى سبيل المثال يزيد الجفاف من النشاط الإنزيمي إلي حد معين و إذا زاد عن ذلك فانه يحدث تثبيط قوي.

٢- الإجهاد الكيميائي Chemical Stress
و هذا مثل التلوث، المبيدات أو الزيادة المرتفعة في تركيز الملوحة أو pH

٣- الإجهاد الحيوي او البيولوجي Biological Stress
و هو الذي يختص بميكانيكيات التداخل بين المجتمعات (العشائر) و البعض منها مثل الأمراض و التي تعتبر مهمة في الزراعة.

الشد الذي يسببه الإجهاد يزيد مع زيادة شدة الإجهاد و يمكن أن تعود العمليات المتأثرة بالإجهاد إلى وضعها الطبيعي هذا الإجهاد إذا كان خفيفاُ. أما إذا كان الإجهاد شديداً فان الشد الذي حدث في النباتات يصبح ثابتا و دائماً و لا يزول

عموما يعرف بعض الباحثين الإجهاد (Stress) بأنه تغير فسيولوجي يحدث عندما تتعرض الأنواع إلى ظروف غير عادية و غير مرغوبة لا تهدد بالضرورة حياتها، بل قد تكون حافزاً لاستجابتها للأقلمة لهذه الظروف.

فسيولوجيا الإجهاد (Stress Physiology)

يتعرض النبات إلي تغيرات كثيرة في العوامل البيئية المختلفة التي تحيط بالنبات سواء كانت هذه التغيرات يومية أو موسمية و بالتالي تتأثر العمليات الفسيولوجية التي تسببها التغيرات البيئية المختلفة.

التغيرات الفسيولوجية التي تؤثر عليها العوامل البيئية

التغير في العوامل البيئية تسبب تغيراً في تفاعلات البناء (تأثير الضوء، ثاني أوكسيد الكربون علي البناء الضوئي) ، حدوث تغيرات في مكونات أو تركيب النبات مثل تأثير الضوء علي تمدد الأوراق و علي اخضرار الأوراق، الحد من توزيع و نجاح النبات في منطقة معينة.

فغالباً تتعرض النباتات خلال دورة حياتها إلي ظروف بيئية قاسية مما يسبب حدوث إجهاد للنبات

و لكي يحافظ النبات علي حياته و استمراره كان لزاماً عليه أن يقاوم الضغوط البيئية و يتأقلم مع هذه التغيرات.

لذلك لابد من معرفة أضرار الإجهادات المختلفة و معرفة ميكانيكية مقاومة النباتات لهذه الإجهادات.

أضرار الإجهاد Stress Injury

١) أضرار مباشرة (Direct Injury): يحدث هذا النوع من الضرر عند التعرض للإجهاد حيث ينتج عنه شد غير مرن Plastic Strain و يؤثر هذا الشد تأثيراً مباشراً و سريعاً ويحدث موت للنبات بعد التعرض لهذا الإجهاد بعد فترة قصيرة.

مثال ذلك عندما يتعرض النبات لدرجة حرارة منخفضة لدرجة التجمد بشكل فجائي يموت النبات و ذلك لان بروتوبلازم النبات يحدث له تجمد و يتمزق الغشاء البلازمي بسبب وجود البلورات الثلجية التي تكونت و بالتالي يفقد البروتوبلازم خاصية النفاذية الاختيارية وبالتالي تموت الخلية من جراء التعرض لهذا الإجهاد الفجائي.

٢) أضرار غير مباشرة (Indirect Injury) : يحدث عند التعرض للإجهاد بصورة غير مباشرة وفي هذه الحالة يحدث شد مرن Elastic Strain أي عكسي.
و هذا النوع غير ضار و لكن إذا طالت مدة التعرض للإجهاد فيمكن أن يتحول هذا الشد المرن إلى شد غير مرن أي غيرعكسي. و هذا النوع يمكن أن يسبب ضررا للنبات و قد يؤدي إلي موته.

مثال ذلك عند تعرض النبات لدرجة حرارة منخفضة لا تسبب التجمد لأنسجة النبات مما يؤدي إلى حدوث شد مرن يحدث معه نقص في معدل جميع العمليات الكيميائية والفيزيائية في داخل النبات و التي لا تكون ضارة و لكن يحدث أحيانا عدم اتزان في العمليات الايضية للنبات وقد تتراكم بعض المركبات السامة.

٣) ضرر ثانوي (Secondary injury): و يحدث هذا الضرر عند التعرض للإجهاد و لكن لا ينشأ عن الشد الذي يحدثه الإجهاد، و لكنه ينشأ بسبب إجهاد آخر و الذي يكون نتيجة تعرض النبات لذلك الإجهاد.

يحدث هذا النوع عند تعرض النبات لدرجة حرارة مرتفعة (درجة الحرارة المرتفعة) لا يضر النبات بصورة مباشرة و لكنه يسبب إجهادا آخر هو الإجهاد الجفافي في النبات نتيجة لزيادة التبخر - نتح Evapotranspiration على معدل الامتصاص و بالتالي ينتج شداً بسبب الإجهاد الجفافي مما يحدث ضرراً للنبات، و هذا ما يطلق عليه الضرر الثانوي.

العوامل البيئية المجهدة

١) مجموع العوامل الإحيائية (Biotic Factors)
٢) مجموعة العوامل غير الإحيائية (A biotic Factors)
و التي تقسم الى ثلاثة أقسام:
أ- مجموعة العوامل الجوية (المناخية) Atmospheric (Climatic) factors
و هذه تشمل (المناخية) الضوء- درجة الحرارة- الغلاف الجوي- الهواء- الماء- التضاريس و العوامل الأخرى التي لها دور في تنظيم العمليات الحيوية و التفاعلات الكيميائية في الخلية.
ب- مجموعة عوامل التربة Soil (Edaphic) factors
و تشمل الماء و العناصر المعدنية و المواد العضوية و مسامات التربة التي تحتوي علي محلول التربة و الهواء
ج- مجموعة العوامل الطبوغرافية Topographic (Orgraphic) factors
تستجيب النباتات للعوامل البيئية عند حد معين و هو ما يطلق عليه الحد Optimum حيث تصل جميع العمليات الفسيولوجية و الايضية لأقصي معدل لها. لكن إذا زادت أو قلت شدة أو تركيز العامل البيئي فان معدل العمليات يقل.
لكل عامل من العوامل البيئية المختلفة حد أدني و حد أمثل و حد أقصي.

العوامل البيئية والحاصلات الزراعية

عوامل مناخية Climatic factors

وهي تمثل العوامل البيئية على المدى الطويل : أي تأثير المناخ مثل الشتاء البارد ، الصيف الحار بحيث تحدد المحاصيل الممكن نجاحها في منطقة معينة أو فشلها ،

عوامل البيئة على المدى القصير وتعرف بإسم عوامل الطقس Weather factors.

وعموماً تؤثر العوامل البيئية على الإنتاج أو النمو بإختلاف شدتها وفترة مكثها في الحقل أو موسم النمو. وأهم العوامل البيئية التي تؤثر على الإنتاج الزراعي هي : الضوء ، الحرارة ، الرطوبة ، الرياح .

أ- الضوء Light:

يخترق الإشعاع الشمسي الكون الخارجي في شكل موجات كهرومغناطيسية وتقوم طبقة الأوزون المغلفة للكرة الأرضية بامتصاص الإشعاعات الضارة للنبات والإنسان وتمتص السحب جزءاً من الإشعاعات ليصل الباقي إلى النبات الذي يستفيد بحوالي ١ – ٢ % فقط من الطاقة الشمسية للقيام بعملياته الحيوية التي تحتاج إلى ضوء (ومن مجموع الطاقة الشمسية الممتصة ما بين ٧٥ – ٨٠ % يستعمل لتبخير الماء و ٥ – ١٠ % طاقة تخزن في التربة). والضوء الذي يمتصه النبات هو الضوء المنظور حيث تحول النباتات هذه الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية في عملية التمثيل الضوئي

ويمتص كلوروفيل النبات (أ و ب) الألوان – الزرقاء (بواسطة كلوروفيل ب) والحمراء (بواسطة كلوروفيل أ) وتعكس باقي الألوان ولا يستفيد النبات إلا بجزء ضئيل من هذه الألوان. والضوء له تأثيرات عديدة على النبات توجزها فيما يلي :

- تكوين المادة الخضراء وإكتمال تكوين البلاستيدات الخضراء.
- يدخل في عملية التمثيل الضوئي كمصدر للطاقة.
- يتزايد نمو النباتات نتيجة للضوء الأزرق والأحمر.
- تؤثر الموجات الضوئية في توزيع الأوكسينات وبالتالي يؤثر ذلك في عملية النمو والانتحاءات وتكوين هرمونات الأزهار.
- يؤثر الضوء في فتح وغلق الثغور (عملية النتح).
- يتأثر التركيب التشريحي للنبات باختلاف شدة الضوء. فالنباتات المحبة للشمس تتميز بوجود طبقات من النسيج العمادي وأديم أكثر سماكة (Epiderm) مع تواجد شعيرات أو زغب على السطح الخارجي عن النباتات المحبة للظل.

ويختلف تأثير الضوء من حيث النوع Quality ، الكمية Quantity وشدة الإضاءة Light Intensityومدة الإضاءة Duration.

ب- الحرارة Temperature

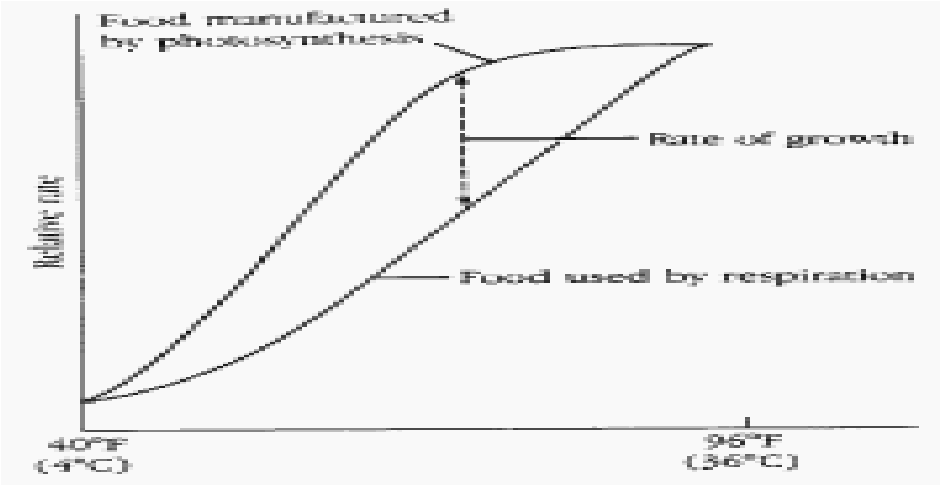
من أهم العوامل البيئية التي تؤثر على الكائنات الحية. وتلعب الحرارة دوراً رئيسياً في كثير من العمليات الطبيعية والكيمائية والتي تؤثر بدورها في التفاعلات الحيوية. فتؤثر الحرارة على عمليات إنتشار الغازات والسوائل وكذلك على عمليات إذابة الأملاح كما تؤثر على التفاعلات الإنزيمية في الخلايا.

الدرجات الحدية : Cardinal Temperature

وهي الدرجات التي تحدث عندها تغيرات حساسة في حيوية النباتات وفي نموه وفي طاقته الإنتاجية. وقد حدد لكل عملية حيوية ثلاث درجات حرارية مميزة هي القصوى (الحد الأعلى) الصغرى أو الدنيا (الحد الأدنى) وبينهما المثلى وهي أكفئ درجة حرارة لحدوث التفاعل.

- **محاصيل المناطق المعتدلة Temperate**: وهذه تنمو بين درجات حرارة ٥ – ٣٠°م ، درجة الحرارة المثلى لها بين (١٥ – ٢٥°م) مثل القمح – الشعير – الراي – الشوفان .

- **محاصيل المناطق الدافئة** : وهذه تنمو ما بين درجة حرارة ١٠ – ٤٠°م والمثلى ما بين (٣٠ – ٣٨°م) ولا تنمو إذا قلت درجة الحرارة عن ١٠°م. وأهم هذه المحاصيل الذرة الشامية – الذرة الرفيعة – القطن الأرز – فول الصويا



الوحدات الحرارية التراكمية : (العلاقة بين دراجات الحرارة والنضج) "DD" Thermal unit Heat units

بالنسبة للمحاصيل المحايدة لطول النهار فإن العامل المحدد لتمام النضج هي درجات الحرارة التي يتعرض لها هذا المحصول. ولكل محصول حد أدنى من درجات الحرارة – إذا قلت عنه – لا ينمو هذا المحصول ويعرف بالحد الأدنى باسم صفر النمو grow zero وهي أقل درجة حرارة لازمة لنمو المحصول.

أما درجات الحرارة التراكمية (المجمعة) فهي عبارة عن مجموع درجات الحرارة التي تزيد عن صفر النمو والتي يحتاجها المحصول من الزراعة حتى النضج accumulative heat units (الوحدات الحرارية) Degree days (DD) .

وتساوي = متوسط درجة حرارة اليوم – صفر النمو للمحصول

$$\text{Accumulative Heat} = (Ta - T_{zero})$$

ويوضح الجدول الآتي صفر النمو لمجموعة من المحاصيل

المحصول	صفر النمو
القمح	٣°م
العنب	١٠°م
الذرة الشامية	١٣°م
القطن	١٦°م
النخيل	١٨°م

مثال: إذا زرع نبات الذرة الشامية في أول شهر مارس وحصد في العاشر من يولية وكانت درجات الحرارة القصوى والصغرى كما يلي:

	مارس	أبريل	مايو	يونية	يولية
عدد الأيام	٣١	٣٠	٣١	٣٠	١٠ أيام منه
درجة الحرارة القصوى	٢٧	٣٢	٣٩	٤٢	٤٤
درجة الحرارة الدنيا	١٣	١٨	٢٣	٢٥	٢٧
المتوسط	٢٠	٢٥	٣١	٣٣,٥	٣٥,٥
الحرارة التراكمية اليوم	٢٠-١٣=٧	١٢	١٨	٢٠,٥	٢٢,٥
الحرارة التراكمية للنمو = (٧ × ٣١) + (١٢ × ٣٠) +(١٨× ٣١) + (٢٠,٥ × ٣٠) + (١٠ × ٢٢,٥) = ٢٠١٠ درجة متراكمة					

وعلى هذا كلما أرتفعت درجة الحرارة كلما زادت عدد الوحدات الحرارية التراكمية ويقل موسم النضج أما إذا أرتفعت درجة الحرارة عن ٣٥°م في الذرة فنحسب على أنها الحد الأعلى. (الوحدات الحرارية).

ويفيد حساب عدد درجات الحرارة التراكمية في الآتي :

- تحديد أنواع الحاصلات التي يمكن زراعتها وكذلك الأصناف وتحديد موعد الزراعة المناسب.
- تحديد موسم النمو وبالتالي ميعاد النضج بدقة وسهولة وذلك لتجهيز الحصاد في الوقت المناسب وخصوصاً للمحاصيل الحقلية.
- تحديد مواعيد الزراعة إذا زرع في الحقل أكثر من صنف ويراد التلقيح بينهما (التوافق بينهما في مواعيد التلقيح) كما في حالة إنتاج الذرة الهجين .

الأضرار الحرارية : Heat Stress

كما معروضة في الملحق

الإجهاد الملحي Salt stress

تعد الملوحة هي أحد أهم عوامل الأجهادات غير الحيوية a biotic stress المحددة لنمو وإنتاجية النبات. وهناك دليل على تأثيرات الأملاح في أنزيمات البناء الضوئي،الكلوروفيل والكاروتينات، القدرة على البناء الضوئي،تغيرات في الجهد المائي والضغط الانتفاخي للورقة حيث سجلت تأثيرات متراكمة تعزى إلى الإجهاد الملحي، كذلك بعض الترب والعوامل البيئية الأخرى لها تأثيرها على نمو النبات تحت الظروف الملحية

تاثير تراكم الاملاح في التربة

إنبات البذور،نمو البادرات،النمو الخضري، التزهير وتكوين الثمار وبالتالي تقليل الغلة الاقتصادية ورداءة نوعية المنتوج

لذلك تم تقسيم النباتات حسب تحملها الملوحة الى:

١- glycophytes حساسة للملوحة ٢- haplophytes متحملة للملوحة

وللملوحة عدة تأثيرات فقد تعمل على تكوين معقدات من عمليات نشوئية مختلفة. أن الأعراض المورفولوجية تظهر تأثيرات مؤذية بالإجهاد الملحي،لذلك فأن الملوحة تثبط بشكل مباشر أو غير مباشر الانقسام الخلوي cell division واتساع الخلية cell enlargement لمناطق النمو في النبات وكذلك اختزال نمو المجموع الخضري، تقليل محتوى الكتلة الجافة،زيادة نسبة shoot: root، تقليل حجم الورقة وبالتالي قلة إنتاج الحبوب.

التأثر الفسيولوجي للنبات بملوحة التربة Physiological effect of soil salinity on plant

- تؤثر ملوحة التربة علي فسيولوجية النبات بواحدة أو أكثر من الطرق التالية:

١- التأثير الأيوني Ionic Effect :- وهو تراكم الأملاح في أنسجة النبات المختلفة بتركيزات عالية وزائدة عن حاجة النبات والذي يؤدي إلي إعاقة نمو النبات وموته.

٢- تأثير تداخل الأيونات Intera ctions of Ions :- احتواء التربة علي تركيزات مرتفعة من الأملاح يؤدي إلي إعاقة امتصاص المغذيات النباتية (العناصر المعدنية الضرورية للنمو) وهو واضح بشدة بين البوتاسيوم والصوديوم فكلما زاد أحدهما قلت قدرة النبات علي امتصاص الآخر.

٣- التأثير الاسموزية Osmotic effect :- يميل الماء إلي التحرك من المناطق ذات الجهد المائي المرتفع إلي الجهد المائي المنخفض وزيادة تركيز الأملاح في التربة يخفض الجهد المائي لمحلول التربة مقابل خلايا الجذر مما يشكل صعوبة في امتصاص الماء من قبل النبات.

التأثير الضار لتراكم الأملاح الذائبة على نمو النباتات The harmful impact of the accumulation of soluble salts on plants growth

• **التأثير الكلي لتركيز الأملاح في المحلول الأرضي:** يؤدي زيادة تركيز الأملاح إلى زيادة الضغط الاسموزي للمحلول الأرضي وبالتالي قد تنعدم حركة الماء إلى النبات، أي ينخفض معدل امتصاص النبات للماء، ويمكن حساب قيمة الضغط الاسموزي للمحلول الأرضي من المعادلة

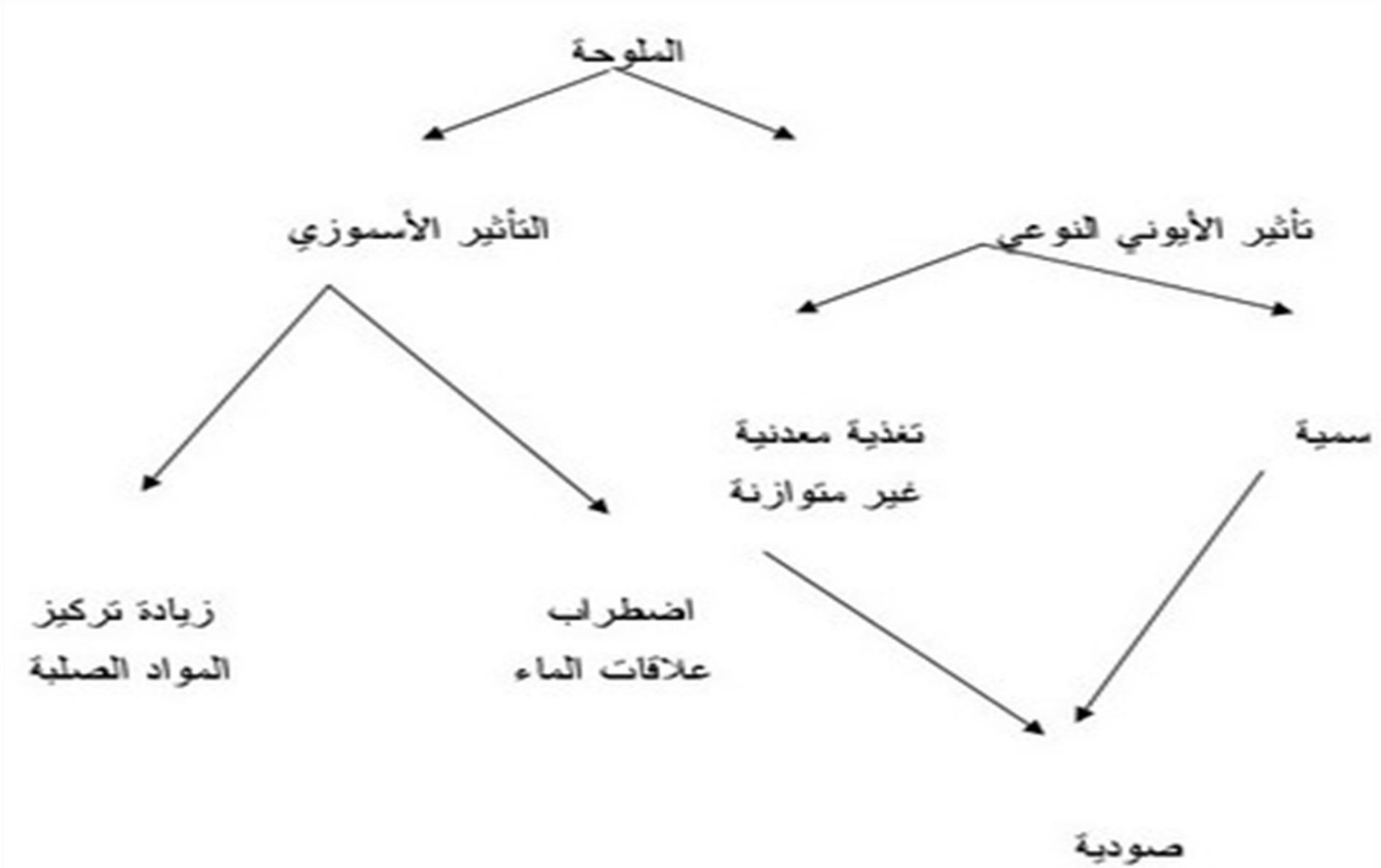
الضغط الاسموزي (جـو) = التوصيل الكهربائي بالملموز / سم × ٠.٣٦

معلومة

- الاسموزية (الانتشار الغشائي): هو انتشار جزيئات الماء دون المادة المذابة خلال غشاء شبه منفذ.
- السيتوبلازم بغشائية المحيطين به يمثل غشاء شبه منفذ يفصل بين محلول التربة والعصير الخلوي الموجود في الفجوة العصارية في الداخل (الجدار الخلوي السليلوزي يمكن إهماله لأنه منفذ تماما للماء).
- الضغط الانتشاري للماء في محلول العصير الخلوي ينقص بكثير عن الضغط الانتشاري للماء في الخارج وبالتالي تكون صافي حركة الماء لداخل الخلية، ويطلق عليه قوة الامتصاص الاسموزية للخلية.
- قوة الامتصاص الاسموزية هي = الضغط الاسموزي للعصير الخلوي – (الضغط الجداري + الضغط الاسموزي للمحلول الخارجي).
- العامل المسؤل عن دخول الماء للخلية هو قوة الامتصاص الاسموزية وليس الضغط الاسموزي للعصير الخلوي.

• **التأثير النوعي للأملاح (Specific effect):** وهو تأثير نوع معين من الأملاح على النبات سواء عند تركيز مرتفع أو منخفض، مثل البورون إذ يؤثر على نمو كثير من النباتات إذا زاد تركيزه عن واحد جـزء / مليون في المحلول الأرضي، وكذلك زيادة تركيز عنصر الصوديوم يؤدي إلى الإضرار بالنبات.

التأثير الفسيولوجي لملوحة التربة على النبات عن طريق التأثير الاسموزي والنوعي للأملاح



تأثير إجهاد الملوحة Salinity stress

- هو نوع من الإجهاد الناتج عن فعل مؤثرات فيزيائية أو كيميائية.
- يعتبر إجهاد الملوحة واحد من أهم عوامل الإجهاد التي تؤثر على نمو النباتات وجودة وكمية المحصول.
- يرجع التأثير الضار لظروف إجهاد الملوحة للتأثير المباشر والغير مباشر لعوامل الإجهاد stress على تكوين جذيرات الأكسجين الحرة Activated oxygen radicals التي تسبب دمار وهدم الخلايا والأنسجة النباتية، وأيضا المواد المضادة للأكسدة والتي تقوم بحماية هذه الخلايا والأنسجة النباتية تحت ظروف الإجهاد.
- Oxygen free radicals من أهم العوامل المؤدية لدخول النبات فى طور الشيخوخة وذلك عن طريق تنشيط عمليات الأكسدة الضارة للجزيئات البيولوجية مثل جزيئات DNA مما يؤدى إلي خلل شديد في عمليات metabolism واختلال وظيفي لا يمكن تعويضه أو إصلاحه مما يؤدى إل هدم الخلايا وموت النبات.
- حدوث زيادة واضحة فى إنتاج الجذيرات الحرة مثل ذرات الاكسجين النشطة أو مجاميع الهيدروكسيل -OH أو أكسيد النيتروجين NO2 أو أكسيد الكبريت SO ومجاميع الكربوكسيل النشطه-COO، وهذه الجذيرات الحرة لها تأثير مدمر على الأغشية الخلوية وعملية البناء الضوئي ومحتوى DNA والاحماض النووية والبروتينات والسكريات.

ميكانيكيات التحمل والتكيف والتجنب للملوحة

النباتات المتحملة للملح لها القابلية على تقليل التأثيرات على النبات بواسطة أنتاج تكيفات تشريحية،مورفولوجية وفسيولوجية مثل النظام الجذري الواسع، وغدد خازنة للملح Secreting glands على سطح الورقة. إن التأثيرات التي تسببها النسب المختلفة من الملوحة للنباتات كفيلة بموت الكثير من النباتات لاسيما الحساسة منها،أو على الأقل تعيق النمو أو تقلل من نسب الإنبات أو الحاصل، لذلك أصبح من الضروري أن يحصل النبات على التكيفات التي تسمح له بالحفاظ على ديمومة حياته ونموه

هناك مجموعتان من التكيفات وهي:

أولا التكيفات المظهرية والتشريحية ومنها قلة عدد أوراق النبات وصغر حجمها، وزيادة سمك طبقة الكيوتكل والطبقة الشمعية للأوراق وقلة عدد الثغور في وحدة المساحة للورقة واختزال في تمايز وتكشف الأنسجة الناقلة واختزال تكشف الشعيرات الجذرية وغيرها من التكيفات التشريحية أو الشكلية الحاصلة في كثير من النباتات. الملوحة تؤثر في توفر المغذيات والماء،الانخفاض في جودة الأراضي الصالحة للزراعة وتبديل التراكيب في المجتمعات البيئية ecological communities

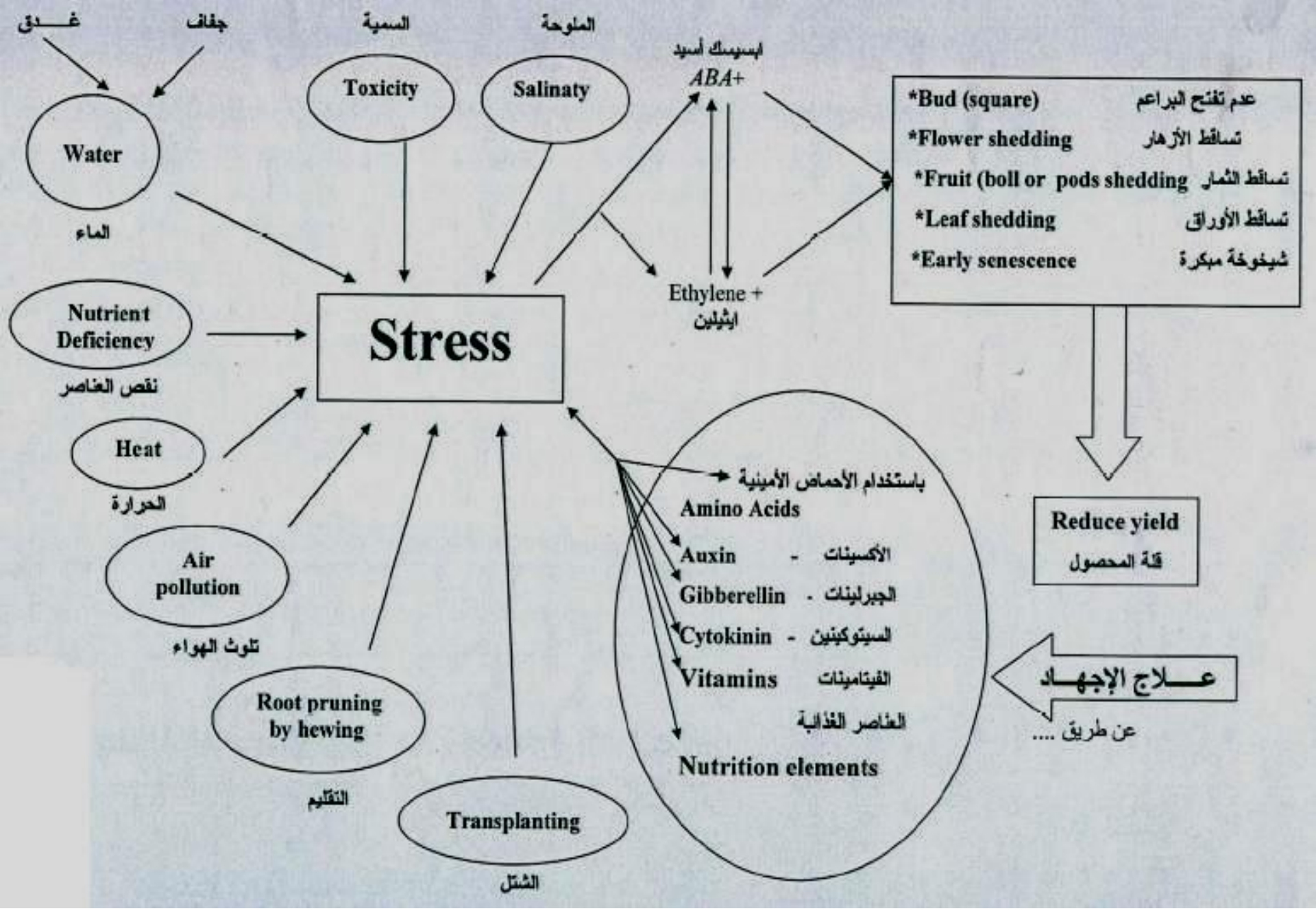
ثانيا التكيفات الفسلجية وقد قسمت إلى نوعين هما التحاشي أو التجنب avoidance وطرق التحمل tolerance المتعددة،ويقصد بطرق التجنب أو التحاشي قلة امتصاص الايونات الملحية حيث إن بعض النباتات لها قابلية انتقائية في امتصاص الايونات الضارة بميكانيكية تسمح بعد ذلك بامتصاص الايونات المفيدة،والتخلص من الأملاح الفائضة أو طرحها خارجا وذلك من خلال استبعاد الملح exclusion وهذا يمكن أن ينجز بواسطة نفاذية الجذور لايونات مختلفة وخصوصا الصوديوم،وكذلك من خلال عملية الإفراز secretion وهذا يعتمد على وجود غدد ملحية وتراكيب مثانية bladder خاصة

وآليات التحاشي للملوحة الأخرى هي تخفيف dilution تركيز الأملاح الداخلة إلى النباتات بواسطة العصارية ،حيث في بعض الأحيان يزداد سمك الورقة النباتية إلى درجة تصبح كأنها ورقة نبات عصاري

وميكانيكيات التحمل للملوحة تتضمن بعض الميكانيكيات المهمة التي تمنح النباتات آلية التحمل وهذه تتضمن استبعاد الايون ،الحفاظ على اخذ ايونات البوتاسيوم K^+، التنظيم الاوزموزي،تحمل النسيج لايونات الصوديوم Na^+ وتجمع ايونات الصوديوم في الأوراق القديمة

وان آليات التحمل للملح تتطلب توفر محاليل متناغمة تتجمع في السايتوبلازم والعضيات التي لها وظيفة في التنظيم الاوزموزي وحاميات الاوزموزية osmoprotectants. كما إن الأصناف الرئيسة للمحاليل العضوية الأوزموزية تتكون من سكريات بسيطة (بصورة رئيسة الفركتوز والكلوكوز)،كحولات سكرية (كليسرول و methylated inositols) وسكريات معقدة(تريها لوز،رافينوز و fructans). وأخرى تتضمن مشتقات الأحماض الأمينية الرباعية (برولين،كلايسين،betaine،Balancing betaine، proline betaine) وأمينات ثلاثية (1,4,5,6-tetrahydro-2-methyl-4-carboxyl pyrimidine) ومركبات dimethyl, choline sulfonamide O-sulfate sulphonium propironate.

أن التكيف للإجهاد الملحي يتضمن العديد من العمليات منها : زيادة في محتوى ABA، تراكم الذوائب مثل الأحماض الأمينية والسكريات وبروتينات حماية protective protein مثل (PRD) البروتينات المتعلقة بالأمراض وزيادة مضادات الأكسدة وكبح مسالك استهلاك الطاقة وتلك الذائبات التي تتراكم تحت الإجهاد الملحي ربما تشترك في إزالة الـ ROS كذلك تتراكم الكاربوهيدرات غير التركيبية Non-structural carbohydrates مثل (السكروز والهكسوز والكحولات السكرية)،وتعمل هذه السكريات بدور الحماية حيث تساهم في الحفاظ على ثباتية الغشاء ومن الأحماض الأمينية المهمة التي تزداد خلال الإجهاد هو البرولين حيث يقوم بدور حماية سلامة الغشاء البلازمي وإنتاج الطاقة



الآثار الناجمة عند تعرض النبات لظروف الإجهاد وعلاقتها بالمنشطات والمثبطات الداخلية وكيفية علاجها

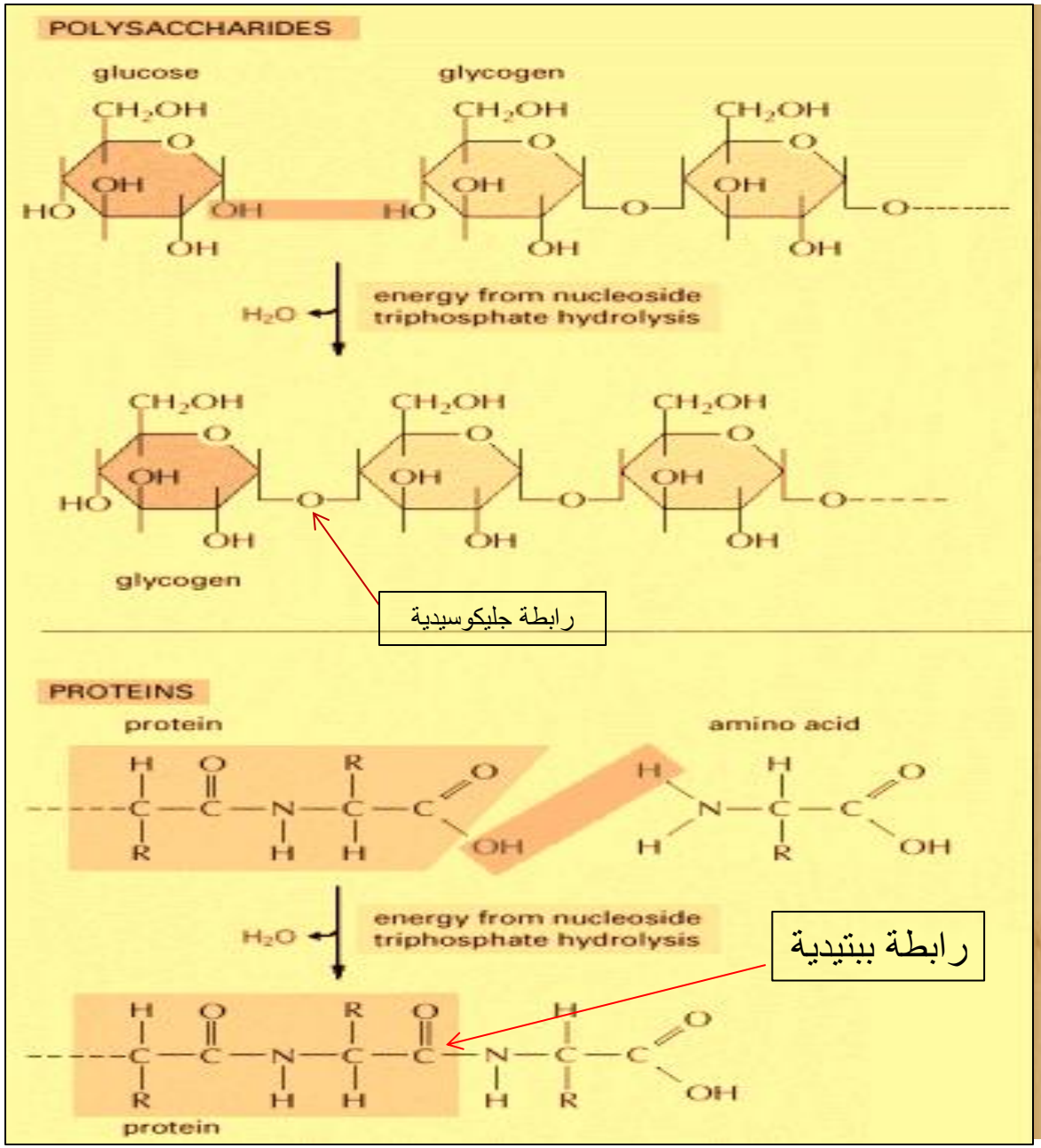
الأيض النباتي
Plant Metabolism

تعرف جميع التحولات الكيمياوية التى تتم داخل الخلايا بالأيض (Metabolism) ويشمل الأيض

بناء (Anabolism) والتي تشمل تكوين مواد معقدة + طاقة مختزنة --- البناء الضوئي

وهدم (Catabolism) والتي تشمل تحليل مواد المعقدة + تحرير الطاقة على شكل ATP ------ عملية التنفس

وتتم هذه العمليات المختلفة معاً وفي وقت واحد داخل الخلايا الحية ، وسندرس في موضوع الأيض بعض التحولات الحيوية التي تحدث للمركبات الكربوهيدراتية والبروتينية والدهنية وأيض الكبريت والنتروجين .


POLYSACCHARIDES
glucose
glycogen
energy from nucleoside triphosphate hydrolysis
glycogen
رابطة جليكوسيدية
PROTEINS
protein
amino acid
energy from nucleoside triphosphate hydrolysis
رابطة ببتيدية
protein

Neutral glycerides
An example of a triglyceride.
Ester linkage
رابطة أسترية
Glycerol
Fatty acid

التحولات الحيوية في الكربوهيدرات

الأيض الكربوهيدراتي Carbohydrate metabolism

- تتكون الكربوهيدرات البسيطة (السكريات الأحادية الفوسفاتية) من عملية البناء الضوئي في الأجزاء الخضرية للنبات
- وقد تتحول إلى أشكال أخرى من الكربوهيدرات مثل السكروز الذي يجتمع وينتقل أو يتحول الى السكريات المضاعفة
- كما أن الجذور والدرنات والثمار والبذور تكون السكريات المضاعفة الخاصة بها والتحولات الحيوية الجارية على الكربوهيدرات المتعلقة بعمليات البناء والهدم أهمها عملية الفسفرة .

عملية الفسفرة Phosphorylation

تعد عملية الفسفره نقطة البداية في العمليات الحيوية التي تحدث في مختلف الكربوهيدرات فالكلكوز والفركتوز يجب أن يفسفرا بواسطه ATP ليكونا السكريات الفوسفاتية glucose) (p -6- و (Fructose -6- p) وتتم هذه التفاعلات كخطوة أولى في المسار الكلايكولي

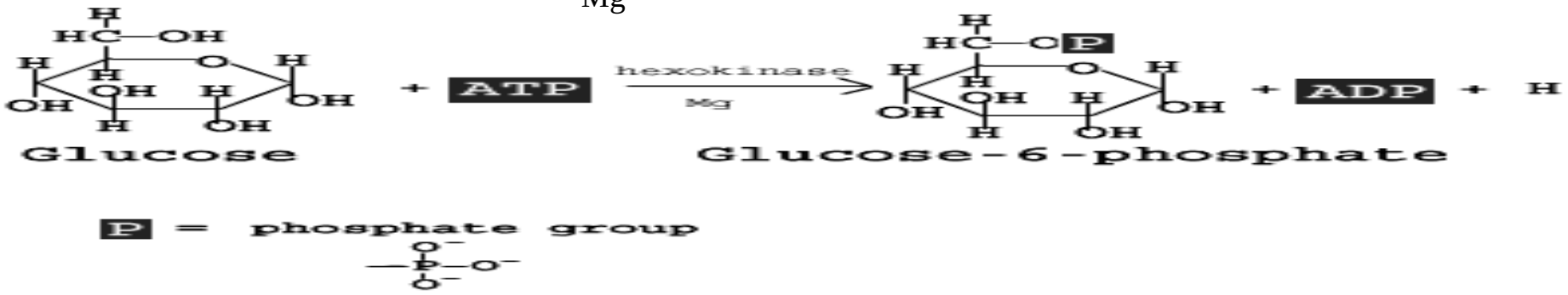
(Glycolysis) عند هدم الكلكوز في الأوساط الاحيائية إذ لاتوجد بالخلايا الحية إنزيمات قادرة على هدم جزيئات السكر إلا بعد تحوله إلى إسترفوسفات . وهكذا يتضح أن فسفرة السكر إنما هي وسيلة لجعل جزيئاته قابلة للتحولات الأيضية

لذا فأن

الأيض الكربوهيدراتي ، هو في الواقع : أيض فوسفات السكر ولايمكن تكوين إستر فوسفاتي للسكر عن طريق تفاعل بسيط بين جزيء السكر وأيون الفوسفات ، لأن موضع إتزان هذا التفاعل ، يجعل حدوثه غير ممكن من الناحية الديناميكية

والواقع أن تخليق فوسفات السكر في النظم الإحيائية ، يتطلب حصول السكر على مجموعة فوسفات عالية الطاقة تنشطر من ATP وتكون إستراً مع إحدى مجموعات السكر الكحولية . والإنزيم المحفز لهذا التفاعل هو إنزيم هكسو كاينيز (Hexokinase) كما في المعادلة التالية :

Glucose + ATP $\xrightarrow[\text{Mg}]{\text{hexokinase}}$ ADP + Glucase -6- P



Phosphorylation عملية الفسفرة

و هكذا في بقية المعادلات التالية :

- Fructose + ATP $\xrightarrow{\text{hexokinase}}$ ADP + Fructose -6- P
- Glucose -6- phosphat $\underset{\text{phosphoglucomutase}}{\rightleftarrows}$ glucose -1- Phosphate
- Glucose -6-phosphate $\underset{\text{Isomerase}}{\overset{\text{phosphoglucomutase}}{\rightleftarrows}}$ Fructose -6- Phosphate

تمثيل وتحلل السكروز Synthesis and Degradation of Sucrose

اولاً: تمثيل السكروز

يتضمن تمثيل السكروز في النباتات الراقية مشاركة كلكوز يوريدين ثنائي الفوسفات (UDPG) ويعمل إنزيم (Sucros Synthetase) كمحفز لمثل هذا التفاعل:

حيث ينقل سكرالكلكوز من يوريدين ثنائي الفوسفات (UDPG) الى سكر (الفركتوز) وفي بعض الأحيان يحدث تفاعل مماثل وهو نقل سكر الكلكوز من (UDPG) الى (سكر الفركتوز –٦- فوسفات) وهذا التفاعل يحفز بإنزيم

(Sucrose phosphate synthetase)

- **الخطوة الأولى في تكوين السكروز**

هي تكوين اليوريدين ثنائي الفوسفات كلكوز (UDPG) ويحدث التفاعل بمساعدة الإنزيم

(Nucleotide sugar pyrophosphorylase)

Glucose -1- P + UTP $\rightleftharpoons$ UDPG + P – P

كلكوز يوريدين ثنائي الفوسفات **يوريدين ثلاثي الفوسفات**

ويتم هذا التفاعل عكسياً وبحرية

الخطوة الثانية هي:

إنتقال وحدة الكلكوز من UDPG إلى الفركتوز بواسطه انزيم (Sucrose synthetase)
كما في المعادلة التالية:

$$UDPG + Fructose \rightleftharpoons Sucrose + UDP$$

أو تنتقل وحدة الجلكوز بواسطة إنزيم (Sucrose phosphate synthetase) إلى (الفركتوز -٦- فوسفات) ويتكون سكروز فوسفيت والذي يتحلل بدوره مائياً الى السكروز بفعل إنزيم ؛ كما في Phosohatase المعادلتين التاليتين

1) $UDPG + Fructose\text{-}6\text{-}P \rightleftharpoons UDP + Sucrose\ phosphate$

2) $Sucrose\ phosphate + H_2O \xrightleftharpoons{phosphatase} Sucrose + H_3PO_4$

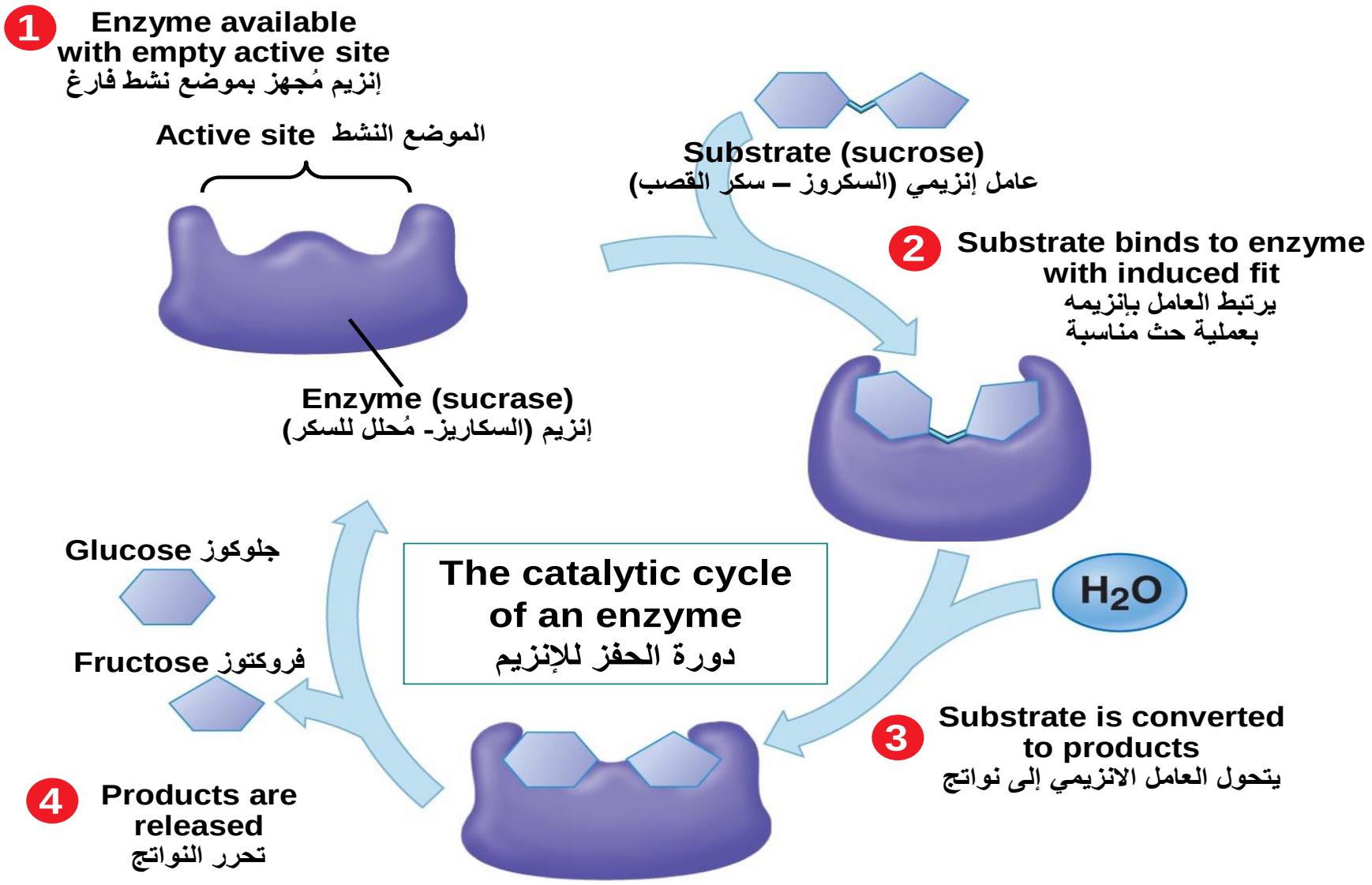
ثانياً: تحلل السكروز Sucrose Degradation

يحفز إنزيم الإنفرتيز (Invertase) تحليل السكروز مائياً معطياً سكر الجلكوز والفركتوز

$$Sucrose + H_2O \xrightarrow{Invertase} glucose + Fructose$$

وجد أن هرمون حامض الجبرليك يشجع تكوين الإنفرتيز لذلك فقد يكون لهذا الهرمون دور في عمليه تحلل السكروز

أولاً: تمثيل السكروز Sucrose synthesis



مفاهيم فسيولوجية

- النمو Growth:- هو الزيادة غير العكسيه في عدد الخلايا وحجمها، وبالتالي زيادة غير عكسية في حجم ووزن الكائن النبات.
- التمايز (التخصص) Differentiation :- يشير الى اختلافات الخلايا أو الأنسجة أو الأعضاء النامية في خصائصها التشريحية والوظيفية فالخلية المخصبة تنمو وتنقسم باستمرار وتعطي بعض الخلايا جذر وبعضها الآخر ساق وأوراق وبراعم خضرية واخرى ثمرية وهذا يعني انسجة خشب ولحاء وغيرها.
- التطور Development:- هو محصلة النمو والتمايز أي التغيرات التي يمر بها النبات من إنبات البذور الى اكتمال النمو والتزهير والأنتاج وانتهاءً بالشيخوخة.
- منحنى النمو Growth curve:- ويسمى منحنى الحرف S أو Sigmoid curve وهو يمثل ثلاث مراحل من النمو البطيء ثم السريع ثم البطيء أو المفقود.

❖ السيطرة على نمو النبات Control of Plant Growth: 1-ضمن الخلايا عن طريق عملية التعبير الجيني Gene expression أن التطور المنظم للنبات يحتاج الى تعاقب مبرمج من التنشيط الخاص بالمورثات لغرض تكوين بروتينات معينة في الوقت المناسب. 2-السيطرة بين الخلايا وتحدث عن طريق التنظيم الهرموني للنمو والتطور طوال مدة حياة النبات. 3-السيطرة خارج الخلايا تختص هذه السيطرة بالمؤثرات البيئية التي يمكن أن تنظم عملية النمو ومنها درجة الحرارة والضوء والجاذبية والرياح والصوت.

❖ التواقت الضوئي Photoperiodism :- هو استجابة النبات لطول النهار(علماً أن طول الليل هو المؤثر في حصول الاستجابة) أن قدرة النبات في كشف طول النهار تجعل بالإمكان لحادثة ما(تفريع أو الإستطالة أو التزهير.....) أن تحدث في وقت محدد من السنة محدثة الاستجابة الفصلية Seasonal response، ويمكن أن تحدث الإستجابة لحادثة ما أثناء اليوم فتحدث الإستجابة اليومية Daily response. وقد قسمت النباتات حسب قدرتها على التزهير استجابةً لطول النهار الى:-

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

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

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

- ❖ الوزن الطري:- هو وزن النبات او الجزء النباتي وهو في الحالة الرطبة أي وزنه بعد قطعه مباشرة.
- ❖ الوزن الجاف:- وهو وزن النبات أو الجزء النباتي بعد انتزاع الرطوبة منه بواسطة الفرن، وهو مقياس لكفاءة عملية البناء الضوئي.
- ❖ التمثيل الضوئي(الكاربوني):- تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية بتحليل H_2O وتثبيت CO_2 في مركب سكر الكلوكوز.

- تنفس النبات:-عملية اكسدة نواتج التمثيل الضوئي لأنتاج الطاقة التي يمكن أن تستخدم في نمو النبات وصيانته.
- ارتفاع النبات:- يقاس من نقطة اتصال الساق بسطح الأرض الى أعلى نقطة في النبات.
- الانبات:- خروج الرويشة أوالأوراق الفلقية والجذير من البذرة بعد تشربها بالماء.
- البزوغ:- خروج الرويشة أوالأوراق الفلقية من سطح التربة.
- النضج الفسيولوجي:- هو نضج الثمار بشكل كامل لكن هناك كمية كبيرة من الماء فيها.
- المساحة الورقيه ودليلها:- هي مجموع المساحات الخضراء التي تقوم بعملية البناء الضوئي(الأوراق). دليل المساحة الورقية هو حاصل قسمة المساحة الورقية على مساحة الأرض التي يشغلها النبات.

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

المساحة الورقية = اقصى طول للورقة × أقصى عرض × معامل التصحيح. ويختلف معامل التصحيح حسب شكل الورقة فهو للحنطة 0.79 وللذرة 0.75 وللرز0.802 وللقطن 0.77.

دليل المساحة الورقية=المساحة الورقية للنبات($م^2$)\المساحة التي يشغلها النبات من الأرض($م^2$).
هناك دليل مساحة ورقية مثالي مختلف للأنواع المختلفة من النباتات وهذا يعتمد على شكل الأوراق وعددها والزاوية التي تصنعها مع الافق وتوزيعها على الساق وارتفاع النبات. إذا قل دليل المساحة الورقية عن المثالي فهذا يعني أن هناك هدر في الطاقة الشمسية المستلمة في تلك المساحة ويقود الى هدر في الموارد الاخرى، وإذا زاد دليل المساحة الورقية عن المثالي فأنه يحدث هدر في الطاقة المصنعة في الأوراق العليا بأستهلاكها في الأوراق السفلى المظللة عن طريق التنفس.

- ❖ نباتات محدودة النمو: هي النباتات التي يتوقف فيها انتاج البراعم الخضرية وتنتهي مرحلة النمو الخضري عند دخول مرحلة النمو التكاثري.
- ❖ غير محدودة:- هي النباتات التي يستمر فيها انتاج البراعم الخضرية ومرحلة النمو الخضري عند دخول مرحلة النمو التكاثري.
- ❖ الإرتباع Vernalization:- يعني معاملة النبات بدرجات حرارة منخفضة لتعجيل التزهير في بعض النباتات.

- السيادة القمية Apical dominance:- هي سيادة البرعم الرئيس أو هيمنته على البراعم الاخرى ومنعها من النمو أو التقليل منه بسبب انتاج البرعم الرئيس للأوكسين IAA.
- دليل الحصاد(HI) Harvest index:- هو حاصل قسمة وزن الحاصل الأقتصادي(الحبوب أو الثمار) على وزن الحاصل البايولوجي(ما موجود من النبات فوق سطح التربة).
- الشد Stress:- أي عامل خارجي(بيئي) يسبب تأثيرات غير ملائمة للكائن الحي وهو بذلك يشير الى الضرر الذي لحق بالنبات، وقد يكون الإجهاد حيوي (بسبب عوامل حيوية مثل الأحياء المجهرية أوغيرها) أو غير حيوي مثل اجهاد الماء أو إجهاد الملوحة أو غيرها.
- مكونات الحاصل:- هي الوحدات الأساسية التي يتألف منها الحاصل الأقتصادي.مثلاً مكونات الحاصل للشعير=عدد السنابل\نبات أو\م^2 × عدد الحبوب\سنبلة× متوسط وزن الحبة المفردة.

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

- مبدأ التعويض:- يمكن توضيحه بأن الزيادة أوالنقصان في احد مكونات الحاصل يقابله نقصان أو زيادة في المكونات الاخرى. فمثلاً قلة عدد حبوب السنبلة يقابله زيادة متوسط وزن الحبة أو زيادة عدد السنابل\نبات وهكذا وقد يزيد مكون على حساب مكونين أومكونين على حساب مكون.
- قانون الغلة المتناقصة:-العائد المتحقق من اضافة كل وحدة من وحدات عنصر الأنتاج يقل مع زيادة عنصر الأنتاج.

❖ معدل النمو النسبي(RGR):-يمثل الزيادة في الوزن الجاف للنبات بالنسبة الى الوزن الجاف الكلي عند نقطة معينة.

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

$\ln W_1$= اللوغاريتم الطبيعي للوزن الأول.

$\ln W_2$= اللوغاريتم الطبيعي للوزن الثاني.

T_1= الزمن الأول الذي اخذت فيه العينة.

T_2= الزمن الثاني الذي اخذت فيه العينة.

الفصل الثامن

تغذية النبات

Plant Nutrition

تغذية النبات plant nutrition : مجموعة الظواهر والوسائل البيولوجية التي تضمن استمرار حياة النباتات المختلفة وفاعليتها الوظيفية باستعمال المصادر البيئية التي تعيش فيها. وتقتضي دراسة التغذية النباتية المعرفة التامة بعلوم فيزيولوجيا النبات والكيمياء الحيوية والنبات والفيزياء والرياضيات التطبيقية والبيئة، وذلك بحثاً عن الطرائق الفاعلة للتوسع العمودي والأفقي بالرقعة الزراعية وعن أفضل الأوساط المغذية للنباتات التي تهم التغذية والاقتصاد بهدف الحصول على أفضل مردود نوعاً وكماً.

- **الالمام بناحية تغذية النبات مهم في :**

١. معالجة نقص العناصر في التربة بالطريقة وفى الوقت المناسب
٢. فهم ما يحدث للعنصر داخل النبات وبالتالي معرفة أي عامل داخل النبات يعيق من الاستفادة من العنصر
٣. اقتراح وسائل جديدة لإمداد النبات بالعنصر (المزارع المائية – التسميد بالرش)

العناصر الغذائية وتغذية النبات Nutrition Plant and Minerals

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

١ ـ ذاتية التغذية Autotrophic :

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

٢ ـ غير ذاتية التغذية Heterotrophic:

وهى الكائنات الحية التي تتطلب أمدادها بالمواد العضوية وغير العضوية اللازمة لها لتغذيتها وهذه لا تستطيع تكوين احتياجاتها من الغذاء وال تعتمد على نفسها .

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

العناصر الغذائية الضرورية Essential

تتضمن التغذية المعدنية للنباتات

اولا: عناصر غذائية ضرورية لحياة النبات Essential وهي تنقسم الى

- عناصر غذائية كبرى Macronutrients التي يكون تركيزها في النبات اكبر من ١٠٠٠ جزء بالمليون وتقسم الى

١- مصدرها الهواء الجوي C, O, H,(مصدره كذلك البقوليات) وهو N.

٢- مصدرها التربة S, Mg, Ca, K, P, N

- عناصر غذائية صغرى Micronutrients التي يحتاجها بكمية صغيرة وتركيزها في النبات اقل من ٥٠٠ جزء بالمليون وهي جميعها توجد بالتربة وهي

(Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl).

تعد العناصر ضرورية للشروط التاليه:

١- يؤدي نقصها او غيابها الى فشل في اكمال دورة حياتية

٢- يزول تاثير اعلاه وتختفي اعراض النقص اذا ما امد النبات بهذا العنصر في الوقت المناسب.

٣- لا يقوم اي عنصر اخر محله في حالة غيابة

٤- تدخل بصورة مباشرة في تركيب النبات حتى بنسب ضئيلة

٥- هو المسؤول المباشر بحدوث تاثيره في العمليات الايضيه وفي تغذية النبات

اهم وظائف العناصر الضرورية في النبات

١- بناء بروتوبلازم الخلية النباتية والذي يتكون من (البروتين والدهون والكربوهيدرات)
٢- تكوين معظم الانزيمات اللازمة والضرورية في العمليات الحيوية النباتية

٣- بناء الانسجة النباتية خصوصا التي تدعم وتحمي الخلايا

٤- ان لها دور مؤثر في العمليات الحيوية في النبات مثل الاوزموزية ونفاذية الاغشية الخلوية والنتح وحموضة الوسط النباتي PH

ثانيا: عناصر غذائية غير ضرورية لحياة النبات Non-essential وهي العناصر التي تحسن من اداء العمليات الفسيولوجية ويرفع من قيمة المنتج النهائي اي يحسن من جودة النبات وغيابها لا يؤثر على النبات ولا يعوق اكمال دورة حياته واهم هذه العناصر

(Si, Co, Na, I, Ni) بالاضافة الى السلينيوم

دور بعض العناصر في الحياة الفسلجية للنبات

أولاً:- دور العناصر الكبرى (المغذيات الكبرى)

ت	العنصر	فوائد العنصر للنبات	أعراض نقصه
1	الكاربون C	يدخل في تركيب المواد العضوية بتفاعله مع الهيدروجين والأوكسجين ويكون المركبات العضوية (دهون – كربوهيدرات .....)	عدم تكون المواد الغذائية في النبات أي عدم نمو النبات.
2	النتروجين N	- يعتبر المكون الأساسي للبروتين. - ضروري في عملية التنفس - يدخل في تركيب الليبيدات والأحماض النووية والإنزيمات والكلورفيل ومن ثم فهو أساسي في بناء الخلية والمساعدة في النمو الخضري .	- الشحوب الفسيولوجي (ظهور الاصفرار على الورق) -ظهر أولاً على الأوراق المسنة لانتقال المركبات النتروجينية إلى أطراف النبات. - بطء نمو النبات وقلة تفرعه. - نمو الأوراق صغيرة نسبياً ورفيعة.
3	الفسفور P	- يدخل في تركيب الأحماض النووية و البروتينات النووية - يلعب دور هام في انقسام الخلايا النباتية - يدخل في تركيب مركب ATP كما يدخل في عمليات بناء البروتين.	- يحد من النمو النباتي و يؤخر موعد النضج. - تساقط الأوراق. - وجود لون أخضر داكن للأوراق.
4	البوتاسيوم K	- تكوين البروتينات والمواد الكربوهيدراتية - تخليق السكريات والنشويات. - دور في انقسام الخلية - اختزال النتروجين وتخليق البروتينات. - رفع الضغط الأسموزي للخلية.	- يظهر النبات ضعيفاً -مجموعة الجذري صغير نسبياً -لون الأوراق أخضر مزرق -وقد تصفر كما تلتوي حواف الأوراق.
5	المغنيسيوم Mg	- يدخل في تركيب جزيء الكلورفيل. - ينشط العديد من التفاعلات الكيميائية. - مهم جداً للنبات لكي يمتص عنصر الفسفور.	- يسبب اصفرار الأوراق. - ظهور بقع خضراء قاتمة على الأوراق. - موت حواف الأوراق. - تساقط الأوراق.
6	الكالسيوم Ca	- يدخل في تركيب ماده البكتين المكونة للصفيحة الوسطى لجدر الخلايا - يدخل في تنشيط بعض الإنزيمات. - يساعد في انقسام الخلايا.	- تظهر الأعراض في قمم السيقان والجذور حيث تموت المناطق المرستيمية (التي لها القدرة على النمو) وتظهر حواف الأوراق شاحبة اللون.
7	الكبريت S	- يدخل في تركيب بعض الأحماض الأمينية التي تتكون منها البروتينات. - يدخل في تركيب الفيتامينات والهرمونات. - يدخل في عملية بناء الكلورفيل وليس في تركيبه.	- أعراضه مشابه لأعراض نقص النتروجين لما له من أهمية في بناء البروتين والكلورفيل وتظهر هذه الأعراض على الأجزاء الحديثة (أعراض نقص النتروجين تظهر في الأجزاء المسنة)

ثانياً : العناصر الصغرى (المغذيات الصغرى)

ت	العنصر	فوائد العنصر للنبات	أعراض نقصه
1	الحديد Fe	عامل مساعد في عملية التنفس ، يشجع تكوين الكلوروفيل ، يدخل في تركيب الانزيمات ، يدخل في بناء بروتين البلاستيدات	يظهر النقص على الأوراق الحديثة على شكل اصفرار ، تقزم النبات ، تبقى العروق خضراء أو تميل إلى الاحمرار في حالات النقص الشديد
2	المنغنيز Mn	منشط لعملي التركيب الضوئي ، ينشط عملية تكوين الكربوهيدرات ، هام لإنزيمات التي تدخل في التنفس و تشكيل البروتين	اصفرار الاوراق مع بقاء العروق خضراء لمدة طويلة ، شحوب و موت للأوراق القديمة – بقع بلون بني غامق أو احمر
3	الزنك Zn	ينشط هرمونات النمو ، يساهم في تشكيل البخضور ، ينشط إنزيمات الأكسدة	يظهر على النموات الحديثة باصفرار بين العروق ، تقزم الاوراق ، موت أطراف الأغصان
4	النحاس Cu	- يدخل في تركيب إنزيمات الأكسدة والاختزال. - ضروري في عمليات تكوين جزيء الكلورفيل وليس في تركيبه.	موت أطراف النبات ، اصفرار الأوراق.
5	البورون B	- يعمل على حفظ الكالسيوم في صورة ذائبة وبذلك يمنع أعراض نقصه. - على أهمية في تنظيم امتصاص الكالسيوم والبوتاسيم.	ازدياد سماكة الاوراق و ميلها للالتفاف و التجعد، سرعة كسر الاوراق ، وقف نمو النبات.
6	المولبيديوم Mo	هام في اصطناع حامض الاسكوربيك ، هام لتثبيت النتروجين الجوي	تشكل بقع صفراء بين العروق ، تلون الأوراق بالأصفر و البني ، تورم الأوراق و تجعدها

دول (1) يوضح الصورة التي تمتص عليها العناصر ومدى انتقاله والدور المميز في حياة النبات

العنصر	الصورة الممتصة (الأيونات)		الحركة فى النبات	الدور المميز فى حياة النبات (مختصر)
	كاتيونات	أنيونات		
الأكسجين (*)		$O_2 - CO_2$	متحرك	بناء المواد الكربوهيدراتية ومركبات الطاقة
الكربون(*)		CO_2	متحرك	
الأيدروجين(*)		H_2o	متحرك	
النيتروجين (N)	أمونيا $NH4^+$	نتراتNO_3^-	متحرك	بناء البروتين وتكوين الخلايا
فوسفور (P)		$H_2PO_4^-$ HPO_4^{--} PO_4^{---}	متحرك	تركيب الأحماض النووية (DNA ، RNA) ومركبات الطاقة ADP-ATP ومرافقات الأنزيمات NADP- NAD .
بوتاسيوم (K^+)	K^+	-	متحرك	تنظيم العمليات الحيوية (انقسام الخلايا – نفاذية الخلايا – تمثيل البروتين والكربون) وانتقال الكربوهيدرات .
الكالسيوم (Ca)	Ca^{++}	-	غير متحرك	تكوين الجدر الخلوية (الصفيحة الوسطى) وعمليات الانقسام الخلوى
المغنيسيوم (Mg)	Mg^{++}	-	متحرك	تكوين جزئ الكلوروفيل ومنشط للعديد من الأنزيمات
الكبريت (S)		SO_4^{--}	بطئ الحركة	يدخل فى تركيب الأحماض الأمينية الكبريتية الأساسية (بناء المواد الطيارة ومرافق أنزيمى هام فى عملية التنفس.

العنصر	الصورة الممتصة (الأيونات)		الحركة فى النبات	الدور المميز فى حياة النبات (مختصر)
	كاتيونات	أنيونات		
الحديد (Fe)	Fe^{++} (حديديك)	-	غير متحرك	تركيب العديد من الأنزيمات المسئولة عن التنفس (أكسدة واختزال) .
المنجنيز	Mn^{++}	-	بطئ الحركة	منشط أنزيمى فى التنفس وتمثيل البروتين .
الزنك	Zn^{++}	-	متحرك	ضرورى لتكوين الأكسجين وتمثيل البروتين والكلوروفيل
النحاس	Cu^{++}	-	غير متحرك	الأكسدة والاختزال وله دور فى التمثيل الضوئى وتكوين الكلوروفيل .
البورون		BO_3^{---}	غير متحرك	انقسام الخلايا وانتقال السكريات وإنبات حبوب اللقاح .
الموليبدنم		$HmoO_4^-$	متحرك	هام لاختزال النترات داخل النبات إلى أمونيا وله دوراً هام فى ميتابولزم الفوسفور .
الكلور (*)		Cl^-	متحرك	عملية التمثيل الضوئى وتنظيم العلاقات المائية داخل النبات عن طريق أكسدة الماء .

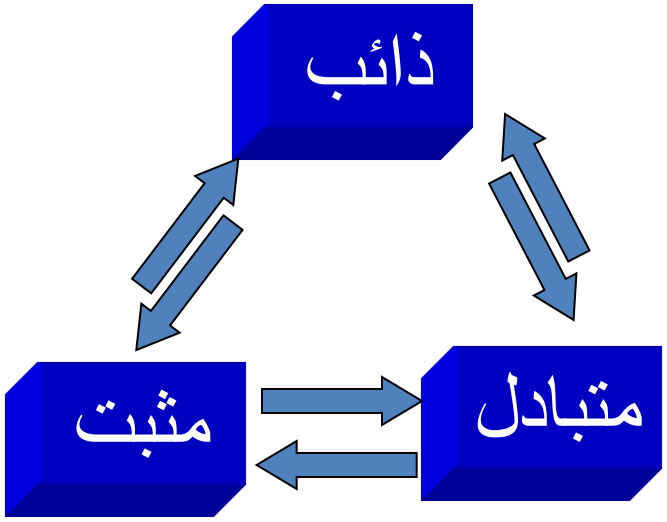
دور بعض العناصر غير الضرورية في النبات

١-أثر النيكل (Niفى نشاط أنزيم اليوريز Urease.

٢-دور الكوبلت (Coفى المساعدة على تكوين الجذور العرضية ببعض النباتات وتعديل النسبة الجنسية فى الكوسة .

٣-دور السيليكون (Siفى تحسين نمو الشعير ودوار الشمس (زهرة الشمس)

العناصر الغذائية فى التربة



- توجد عليها العناصر الغذائية في ٣ صور وتكون في حالة من الاتزان بين بعضها البعض

١. الموجودة فى محلول التربة Soil solution

٢. الصورة المتبادلة او المدمصة على أسطح الحبيبات Exchangeable

٣. الصورة الموجودة فى معادن التربة او المادة العضوية وقابلة للانحلال .

قابلية العناصر للاستفادة بواسطة النبات

- **من حيث الاستفادة من العنصر – فانه يوجد فى صورتين :**

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

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

العوامل التى تؤثر على تيسر العناصر الغذائية

١. درجة الـ pH: نسب درجة حموضة لتيسر معظم العناصر المنجنيز والبورون هي ٥ ـ ٦,٥ اما الموليبدنيوم يكون ميسرا عند درجة حموضة اعلي من ٦ اما الحديد مابين ٣,٥ ـ ٤,٥
٢. رطوبة التربة
٣. الهواء الارضى
٤. المواد العضوية
٥. نوع النبات

النتروجين فى التربة

- لا يوجد النيتروجين ضمن تركيب معادن التربة ولكن المصدر الطبيعى له هو الهواء الجوى بالإضافة الي المصدر الصناعى المتمثل في اضافة اسمدة عضوية او معدنية او بقايا نباتات

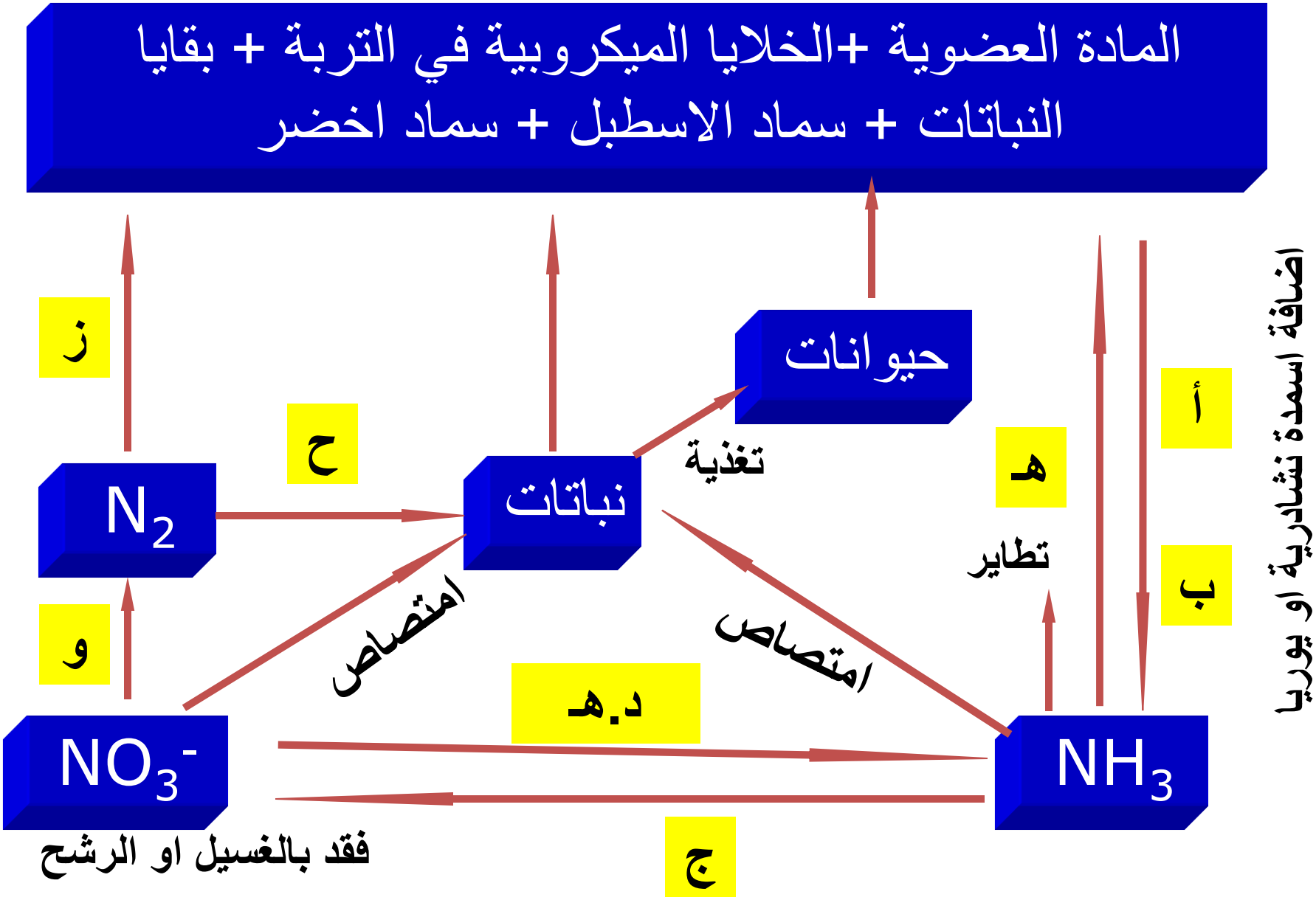
صورة فى التربة

١. معدنية :وتمثل ٢% أو اقل من النتروجين الكلى وتوجد على الصور الآتية NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- وكلها ذائبة في محلول التربة اكاسيد النيتروجين ذائبة دائما ولكن نادرا ما توجد في التربة

٢. عضوية وتصل الى ٩٩% من النتروجين فى التربة وتتراوح كمية النيتروجين في المادة العضوية بين ٥-٦ %

دورة النتروجين فى التربة

- النتروجين فى حال تغير ديناميكى مستمر فى التربة حيث يتأثر بعمليات الاضافة وعمليات الفقد العديدة سواء كان في الصورة المعدنية او العضوية


المادة العضوية +الخلايا الميكروبية في التربة + بقايا النباتات + سماد الاسطبل + سماد اخضر
حيوانات
نباتات
N_2
NO_3^-
NH_3
تغذية
تطاير
امتصاص
امتصاص
أ
ب
ج
د.هـ
هـ
و
ح
ز
فقد بالغسيل او الرشح
اضافة اسمدة نشادرية او يوريا

العمليات التى يتعرض لها النتروجين فى التربة

١. **النشدرة Ammonification** وفيها ينفرد النتروجين العضوى من المادة العضوية نتيجة تحللها في التربة ويكون في صورة NH_4^+
٢. **المعدنة Mineralization** تحول النتروجين العضوى (NH2, Nh) الي صورة معدنية NH_3 ,
٣. **التأزت Nitrification** وهي اكسدة الامونيوم المنفردة من تحلل المادة العضوية الى نتريت ثم الى نترات وتتم على خطوتين :-

NH4 + 3/2 O2 Nitrosomonaas NO2 + 2 H + H2O + طاقة

NO2 + 3/2 O2 Nitrobacter NO3 + طاقة

٤. **اختزال النترات Nitrate reduction** :وفيها تختزل NO_3 الي NH_4 بفعل ميكروبات التربة

٥. **التمثيل Assimilation** وهو تحويل NO_3 الى NH_4^+ داخل اجسام الميكروبات الحية

٦. **الدنتره Dentrification** وفيها ينطلق النيتروجين النتراتي NO_3 في صورة غازية مثل N_2, N_2O, NO_2 بفعل بعض أنواع البكتريا وتحت ظروف خاصة

التثبيت اللاتكافلى

- وتقوم بهذه العملية بكتريا التربة مثل الازوتوباكتر Azotobacter والازومونس Azomonas والازوسبيرلا Azospirrlia وهي تعيش معيشة حرة في التربة

التثبيت التكافلى

- وتقوم به بكتريا الريزوبيا Rhizobia وهي تعيش داخل العقد الجذرية للنباتات البقولية وفيها تحصل الريزوبيا علي الطاقة من المواد الكربوهيدراتية من النبات مقابل قيام الريزوبيا بإمداد النبات بالنيتروجين في صورة صالحة وفي هذه الحالة يمكن للنبات البقولي ان ينمو دون الحاجة الي تسميد نيتروجيني اذا وجد نوع الريزوبيا الخاص به

الفوسفور في التربة

- يوجد الفسفور في التربة علي صورتين وهما المعدنية والعضوية
- الفوسفور الميسر والغير ميسر يكون في حالة اتزان مع الاخر
- الفوسفور الميسر الفوسفور الغير ميسر
- تثبيت الفوسفور في التربة اسرع من تحوله الي الصورة الميسرة

العوامل التي تؤثر علي تيسر الفوسفور

- ال pH والدرجة المناسبة لأعلى تيسر للفسفور في الارض هي ٦.٥ وإذا قلت او ذادت عن ذلك الرقم يتجه الاتزان ناحية الفسفور الغير ميسر.
- المادة العضوية انفراد الاحماض العضوية الناتجة من تحلل المادة العضوية يساعد علي تيسر الفسفور في التربة سواء كانت حامضية او قلوية
- الفسفور العضوي مصدره المادة العضوية عند تحللها ويتحلل الفسفور العضوي سريعا في الجو الحار وبعد سقوط الامطار ويشغل اكثر من نصف الفسفور الكلي في الاراضي العضوية ولكن نسبته ضئيلة في الاراضي الصحراوية والجيرية

العوامل التي تؤثر علي تيسر الفسفور

- يثبت الفسفور في التربة مباشرة بعد الاضافة ولكن لحسن الحظ فان للاراضي حدود معينة حتى تصل الى حد التشبع بعدها تصبح الفوسفات في صورة ذائبة وترشح في التربة الى اسفل ببطء شديد للاسباب الاتية:

١. حموضة التربة وانسب درجة للرشح هي ٦.٥
٢. زيادة التسميد الفوسفاتي عن حد التشبع
٣. درجة خلط السماد بالتربة حيث ان زيادة الخلط تزيد من تثبيت الفسفور لذلك يفضل اضافته تكبيش حول النبات
٤. اضافة الفوسفات مباشرة قبل الزراعة
٥. استخدام سماد فوسفاتي ذات حبيبات كبيرة

البوتاسيوم في التربة

- يوجد البوتاسيوم في التربة علي الصورة المعدنية فقط وله ٣ صور يوجد عليها يمكن ان تتحول احداها الى الاخرى وهي
  ١. بوتاسيوم ذائب
  ٢. بوتاسيوم مثبت (متبادل)
  ٣. بوتاسيوم غير ذائب
- البوتاسيوم الميسر يتكون من الجزء الذائب في محلول والمتبادل علي سطح حبيبات الطين والجزء الذائب ضئيل جدا بالمقارنة بالمتبادل

العوامل المؤثرة علي اتزان صور البوتاسيوم في التربة

١. زيادة الكالسيوم تؤدي الى انخفاض البوتاسيوم الميسر
٢. زيادة التهوية تؤدي الى زيادة تيسر البوتاسيوم
٣. زيادة ال CO_2 تؤدي الى انخفاض البوتاسيوم الميسر في التربة

الكالسيوم في التربة

- يوجد الكالسيوم في التربة ضمن المركبات الكيميائية مثل: الكربونات – الكبريتات – الفوسفات – وأيضا بنسبة ضئيلة في النترات والبيكربونات
- كل هذه المركبات غير ذائبة في الماء ما عدا النترات والبيكربونات فهي شحيحة الذوبان
- مركبات الكالسيوم في التربة غير ذات اهمية للنبات
- اهم صور الكالسيوم للنبات هي الصورة المدمصة علي اسطح الحبيبات وذلك لقابلية الاستفادة منه
- من النادر ظهور اعراض نقص الكالسيوم علي النبات وذلك لوفرته فيما عدا الاراضي الحامضية والقلوية
- يضاف الى التربة في شكل جير او جبس او الاسمدة العادية مثل السوبرفوسفات

المغنسيوم في التربة

- يوجد في التربة على صورة كمائية مثل الكربونات والبيكربونات والنترات والكلوريد واحيانا الفوسفات
- الميسر للنبات يكون ذائب في محلول التربة ومصدره النترات والكلوريد والبيكربونات كذلك الماغنسيوم المدمص يكون ميسرا للنبات
- مصدر الماغنسيوم في التربة اما عضوي مثل بقايا النباتات وسماد الاسطبل او كيماوي حيث يوجد كشوائب في سماد السوبرفوسفات

الكبريت في التربة

- اغلب الكبريت في التربة في صورة عضوية مصدره المادة العضوية خاصة تحت الظروف الرطبة ونسبته تزيد بزيادة المادة العضوية
- الكبريتات هي الصورة المعدنية السائدة في التربة خصوصا الجافة والصحراوية
- يوجد احيانا في صورة الكبريتيد خاصة تحت ظروف الاكسدة الغير تامة

العناصر الغذائية الصغري في التربة Micronutrients

- يحتاجها النبات بصورة قليلة
- وجودها المبدئي يعتمد على التكوين المبدئي من مادة الاصل المسئولة عن تكوين التربة وغالبا تكون كافية لإمداد النبات باحتياجاته منها
- توجد علي صورة شوائب في معظم الاسمدة الكيماوية المستعملة لإضافة العناصر الكبرى
- انتشر حديثا اضافته في صورة اسمدة خاصة في معظم دول العالم المتقدمة

العوامل المؤثرة علي تيسر العناصر الغذائية الصغري

- **درجة ال pH** انسب درجة حموضة لتيسر الحديد و المنجنيز والبورون هي ٥ – ٦.٥ اما الموليبدنيوم يكون ميسرا عند درجة حموضة اعلي من ٦
- **وجود الكالسيوم بتركيزات عالية** يؤدي الي عدم تيسر العناصر الصغرى خاصة الحديد والمنجنيز
- **درجة التهوية** تؤثر على حالة تكافؤ العنصر فالمنجنيز الثنائي التكافؤ اسهل في الامتصاص بواسطة النبات من الثلاثي والرباعي التكافؤ التي تسود في حالة وفرة الاكسجين

الهرمونات النباتية ومنظمات النمو
Plant hormones (Phytohormones) & Growth regulators

عبارة عن مجموعات هرمونية طبيعية التكوين والإنتاج ومختلفة في التركيب الكيميائي ومتباينة في تأثيرها البيولوجي تتكون داخل الأنسجة الحية لأفراد المملكة النباتية الراقية منها والبدائية

منظمات النمو: هي مركبات عضوية غير المغذيات والتى بكميات صغيرة تشجع promote أو تثبط inhibit أو تحور modify العلميات الفسيولوجية فى النبات.وهي مواد مصنعة أو مستخلصة من مصادر نباتية

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

هرمونات النمو Growth hormones : هى الهرمونات التى تنظم النمو

منظمات التزهير Flowering requltores : هى المنظمات التى تؤثر على الأزهار.

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

تقسم الهرمونات النباتية إلى :

منشطات النمو (الأوكسينات ، الجبرلينات ، السيتوكينينات)

الإيثيلين

مثبطات النمو مثل (حمض الأبسيسيك ، الفينولات)

لمحة تاريخية

يعود الفضل في اكتشاف أول أوكسين في نبات الشوفان للعالم الأمريكي وِنْت عام ١٩٢٨، إذْ تبين أن قمّة السويقية تفرز الأوكسين الذي يؤدي إلى استطالتها. ويُعتقد أنه ينتقل حيوياً من مراكز تكوينه ذات التركيز المرتفع إلى أماكن أخرى ذات التركيز المنخفض أو الخالية منه تماماً، وذلك ابتداءً من القمة الطرفية للمجموعة الخضرية وانتهاءً في القاعدة السفلية للمجموعة الجذرية في النباتات القائمة، أما في النباتات الأفقية الوضع والموازية لسطح التربة فتنتقل الأوكسينات فيها من الجانب العلوي للسوق والجذر إلى جانبها السفلي مما يؤدي إلى انحناء النباتات حين استطالتها ونموها.

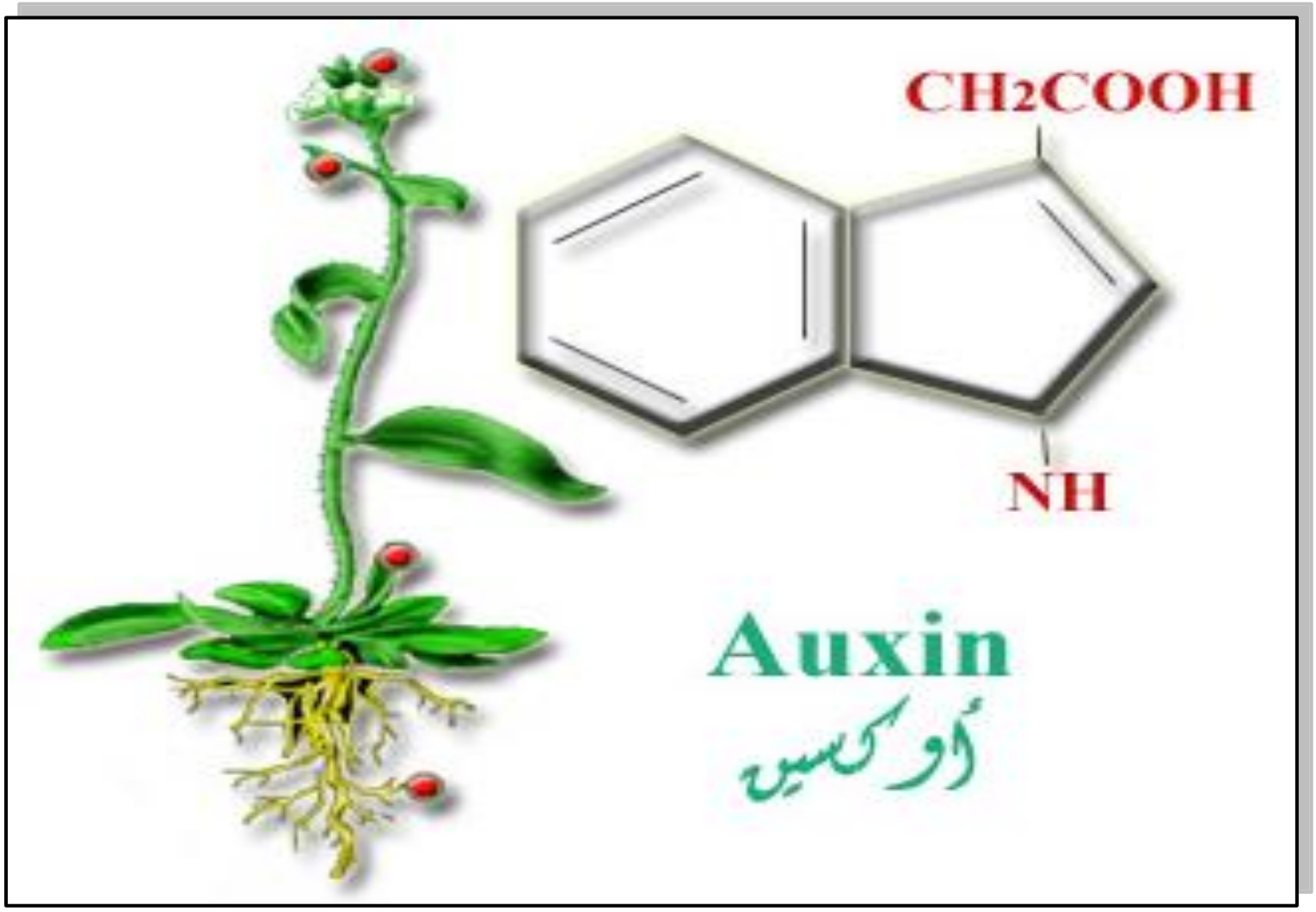
في عام ١٩٣٥ عَزَل ثيمان حمض الإندول الخلي indoleacetic acid (IAA) من وسط زراعة الفطر *Rhizopus*، وحَدَّد تركيبه الكيمياوي، وجرى لاحقاً اكتشاف مواد عدة ذات نواة إندولية وغير إندولية تتميز بنشاط أوكسيني في النسج النباتية.

في عام ١٩٤١ اكتشف السيتوكينينات من قبل العالمان فان دفربيك وبلاكسلي في حليب جوز الهند، وتبين أنها تنشط الانقسام الخلوي النباتي حين إضافتها إلى الوسط المغذي لزراعة النسج.

وفي عام ١٩٥٥ استطاع العالمان ميللر وسكوغ عزل الكينيتين من نسيج التبغ المكاثر في الأنابيب الزجاجية in vitro

وفي عام ١٩٦٥ استخدم المصطلح سيتوكينين أول مرة من قبل العالمين سكوغ وكول في الدلالة على المركبات الطبيعية أو الصنعية التي لها تأثير منشط في الانقسام الخلوي.
وفي عام ١٩٢٦ اكتشف العالم كوروساوا مصادفة الجبريللينات في مستخلص الفطر *Gibberella fujikuroi* التي تسبب استطالة غير طبيعية للمسافات بين العقد في نبات الأرز المصاب بهذا الفطر، وتمكن الباحث يابوتو من عزل الجبريللينات على شكل بللوري من الفطر المذكور. وأمكن حتى اليوم عزل نحو٥٢ نوع من الجبريللينات ((GA1GA52وتحديدها.
في عام ١٩٠١ أمكن تحديد تأثير الإثيلين في تخفيض استطالة النموات الخضرية، وجرى في عام ١٩٣٥ من قبل العالم كروشيريه وآخرين تصنيف الإثيلين غازاً هرمونياً وحيداً يمكنه أن يسرع في إنضاج الثمار وتساقطها.
وفي عام ١٩٦٥ عزل مثبط النمو حمض الأبسيسيك abscisic acid (ABA) من جوز القطن من قبل أديكوت وآخرين وتبين أنه يسبب سقوط ثمار القطن، كما عُزل من نبات الترمس في عام ١٩٦٥ من قبل العالم وين

الأوكسينات
Auxins



الأوكسينات - Auxins

الأوكسين هو أول الفيتوهرمونات اكتشافا حيث أمكن استخلاصه من القمم النامية لنبات الذرة وقد أطلق عليه لفظ أوكسين وهو مأخوذ من اللغة اليونانية التي تحتوى على المقطع Auxo والذي يعنى زيادة To grow. ثبت فيما بعد أن الأوكسينات توجد فى جميع النباتات الوعائية الراقية وينحصر أماكن تكوينها فى المناطق المرستيمية والأنسجة النشطة وأجنة البذور وان لها خاصية الانتقال القطبي وتختلف سرعته من (٠,٥- ١,٥ سم/ ساعة) تبعا للنوع والعمر ونوعية النسيج الناقل . وبعد اكتشافه اصبح يطلق لفظ أوكسين على مجموعة من مركبات تتشابه فى تأثيرها الفسيولوجي رغم تباينها الكيميائي وعموما فان لفظ الأوكسين يستعمل للدلالة على المادة العضوية التي تزيد النمو زيادة غير عكسي على طول المحور الطولي إذا أعطيت بتراكيز ضئيلة للنباتات وقد اقترح أن الأوكسين ينتقل قطبيا خلال البلازما بواسطة حامل بروتيني وان هذا الحامل غنى بالحمض الأميني الحلقي.

إن الأكسين الحقيقى داخل الخلية هو إندول حمض الخليك IAA) Indol Acetic Acid) ويطلق عليه بتروأوكسين ويوجد له نظام أنزيمى بالخلايا يبنى المزيد منه عند الحاجة ونظام آخر لهدمه عند رغبة النبات فى التخلص منه أو عند إرتفاع تركيزه عن اللازم

انواع الاوكسينات في النبات

أندول حامض البيروفيك، أندول حامض البروبيونيك، إندول حامض الجليكوليك، إندول حامض الجلاي أوكسيل

انواع الاوكسينات الصناعية

فمعظمها تختلف فى التركيب عن الاندول إذ تكون أحماض فينوكس أوئفثالين لكن تأثيرها الهرمونى يشبه الاوكسين ومنها نفتالين حامض الخليك NAA ومجاميع الفينوكس مثل ٤,٢ داى كلوروفينوكسى وحامض الخليكيثايل كلوروفينوكسى وحامض الخليك (MCPA) اراكلووفينوكسى و حامض الخليك ((PCPA) وغيرها الكثير.

عمل الاوكسينات

ان الاوكسينات تنتج من القمم النامية للنبات، وتؤدي إلى زيادة نمو الساق في الطول، وزيادة لدونة ومرونة خلايا النبات، مما يؤدي إلى استطالتها وهذا فعل غير قابل للعكس فتتابع الخلايا نموها وزيادة حجمها باضطراد ولأن هذه الهرمونات تقل في الجهة المضاءة وتزداد في الجهة المقابلة، وهي تحرض على النمو، لذلك يقل نمو الناحية المضاءة ويزداد نمو الجهة المقابلة فيتجه النبات نحو الضوء . وكذلك فان الأوكسينات تحرض معدل انقسام الخلايا النباتية، مع زيادة محتواها من الحامض النووي DNA والبروتين، وزيادة تدفق السوائل إلى داخل الخلية مما يؤدي لانقسامها السريع

وبالتالي نمو النبات عرضيا بزيادة عدد الخلايا في انسجته المختلفة . لأن ألأوكسين يشجع نمو الجذور العرضية على العقد الساقية القريبة من الأرض فتستخدم الأوكسينات كهرمونات تجذير لأنها تحرض نمو الجذور في العقل المعاملة بالأوكسين وتطيل العمر الخضري للنبات وتمنع تكوين الأزهار وتستغل هذه الخاصية في إنتاج المحاصيل والخضار الورقية. تعامل بعض النباتات بالأوكسينات لإنتاج ثمار خالية من البذور ومنع ظهور البراعم على درنات البطاطا المخزنة.

الجبريلليناتGibberellins

وهي مجموعة من الهرمونات النباتية التي تنتجها الأوراق النباتية الحديثة والقمم النامية في الجذور والسيقان، وتتميز هذه الهرمونات باحتوائها على حامض الجبريليك الذي يعمل على استطالة الخلايا النباتية وتكوين الثمار اللابذرية، وهو يتغلب على تقزم الساق الوراثي، ويزيد من إنتاج الأفرع الجانبية وخاصة الزهرية مما يزيد من عدد الأزهار اوالثمار فيزداد الإنتاج

والهرمونات التي تضاف إلى النبات الآن، هي مشابهة في تركيبها وتأثيرها الخلوي للمركبات السابقة وتتطابق معها في التسمية أيضا

تأثيرات الجبرلين الفسيولوجية

كسر سكون البذرة الفسيولوجي دون الحاجة للتنضيد لتعوضه الاحتياجات الضوئية مما يزيد من نسبة الإنبات وانتظامه واختصار مدته وتنشيط نمو البرعم الساكن ويستفيد من ذلك فى كسر سكون براعم درنات البطاطا حديثة النضج والعمل على تنشيط انقسام واستطالة الخلايا مما يزيد من النمو الخضري خاصة النمو الطولي ولكن لمدة قصيرة يعقبها بطيء النمو ويستفاد منه فى الحصول على قفزة سريعة فى نمو حاصلات الخضر الورقية والعلف ونباتات الزينة المرباة فى أصص وتزهر نباتات النهار الطويل المعاملة به تحت ظروف النهار القصير أي انه يعوض تأثير النهار الطويل فقط وان المعاملة به تسرع من تقصير فترة الطفولة كما فى الخرشوف والموز ويساعد على تكوين ثمار بكرية كما فى الخوخ والمشمش والكمثرى والتفاح يضاعف من حجم حبات العنب ويزيد طول حامل الحبات اضافة الى انه يؤخر من اكتمال نمو ونضج الثمار وحدوث الشيخوخة مما يسمح بفترة تسويق طويلة فى المشمش والبرقوق والموز

السيتوكينيات Cytokinins

اكتشف فى عام ١٩٤١ فى لبن جوز الهند ثم تم اكتشافه بعد ذلك فى النبات الزهرية.

واكتشف تحت اسم الكينتين الا انة ثبت أن السيتوكينين الطبيعى فى معظم النباتات هو الزياتين.

وظائف السيتوكينين

اهم خصائص ووظائف السيتوكينين هو تأثيره على انقسام الخلايا وهذه الصفة تتخذ أساساً لإثبات وجود السيتوكينين فى العديد من الاختبا رات الحيوية. التأثير على ما يعرف بال Phytogerontology من ناحتين وهي تأخير دخول النسيج النباتي فى الشيخوخة والموت. إيقاف التساقط ومنعه مثل تساقط الأوراق والأزهار والثمار. ومن خصائص السيتوكينين انه يمنع الأصفرار لتأثيره الموجب على البروتين والأحتفاظ بمادة الكلوروفيل ومنع تحللها ويعتبر ذلك أحد الأختبا رات الحيوية الدالة علية. وقد أمكن استغلال تلك الفكرة فى تخزين بعض لمحاصيل الورقية كما فى الخس والبقدونس وقد وجد انه ينقص من معدل تنفس بعض المحاصيل الورقية فيساعد بذلك على تخزينها كما فى السلق. ويجذب كثير من المواد والعناصر إلى مكان وجود الكينيتين أو الزينتين أوالبنزيل ادينين ومن هذه المواد الأيونات الغير العضوية وجزيئات عضوية مثل السكر والأحماض الأمينية وايضا غالبية عصارة الخشب واللحاء فيتجه تيارها إلى البقعة التي بها السيتوكينين ويطلق على ذلك تأثير Phytogerontology ويزيد من بناء RNA بينما يظل DNA دون تأثير عند المعاملة بالكينيتين وغيره من السيتوكينينات وقد وجد أن الزيادة كانت مؤقتة لمدة ١٥ دقيقة بعدها يعود مستوى RNA إلى مثيله فى النباتات غيرالمعاملة

ويمنع أو يثبط النشاط الإنزيمي الخاص بجميع العمليات الفردية للشيخوخة مثل منعه لنشاط إنزيمي Dehydrogenase الخاص بدورة pentosephosphate كما يساعد على انخفاض نشاط إنزيم الريبونيوكليز حيث انه من المعروف أن دخول النسيج النباتي فى الشيخوخة يصحبه زيادة فى نشاط الريبونيوكليز ومن التطبيقات الهامة لسيتوكينين هو تأثيرها في السيادة القمية فتؤدى المعاملة به الى تشجيع تكوين البراعم الجانبية فى الاوراق ومن تأثيراتها إنهاء طور الراحة فى نباتات الفاكهة وقد أمكن إنتاج بعض أنواع الفاكهة بكرياً كما فى المانجو بالمعاملة بالكينيتين مع مخاليط من GA

الإيثيلينات Ethylenes

لما كانت السنوات الماضية قد اكدت من خلال الدراسات المكثفة ان الأثيلين يجب اعتباره هرمونا نباتيا فان هذا يعنى انه استغرق اكثر من ٩٠ عاما ليتحول الشك الى يقين ولعل من الأسباب التى أدت الى تأخير اكتشافه كونه غاز متطاير يؤثر فسيولوجيا بتراكيز ضئيلة للغاية ويرجع الفضل فى اكتشافه الى تطوير جهاز الفصل الكروماتوجرافى بالغازات Gas-Liquid Chromatography وقد يرجع بداية قصة الأثيلين الى ملاحظة ان غاز الأنارة Illumination gas يؤثر على نمو النبات ويسبب تساقط الأوراق فقد وجد في عام ١٩٢٤ ان الأثيلين يسبب اصفرار ثمار الموالح كما يسرع من انضاج ثمار التفاح. وان الاثيلين تستخدم فى عمليات الانضاج و اعطاء اللون المميز للفاكهة مثل مادة الايثيفون (الإيثريل) التى تستخدم مع التفاح و الموز و الطماطم و معظم الثمار كمصدر لغاز الايثيلين المسبب

للنضج وللون و الرائحة المميزة للثمار .

بعض العلاقات الفسيولوجية لغاز الأثيلين

في عام ١٩٦٢ وجد ان الأثيلين يخلق طبيعيا فى الأنسجة الخضرية والزهرية وكذلك فى الثمار والبذور وهو بذلك منظم للنمو فى جميع مراحل حياة النبات منذ بدء انبات البذور وحتى مرحلة الشيخوخة.

ومن أهم تأثيراته:

يؤثر الأثيلين على انبات البذور ونمو البادرات وقد افترض أن الأثيلين يساعد البادرات على تحمل الضغط الواقع عليها من حبيبات التربة اثناء انبات البادرات وذلك بزيادة سمكها وبالتالى زيادة قوتها الميكانيكية والتقليل من ضرر الاحتكاك بحبيبات التربة. ويؤثر الاثيلين على فترات السكون فى البذور والدرنات والابصال والبراعم فقد وجد ان للأثيلين تأثير على نمو براعم درنات البطاطا وتشير أبحاث كثيرة الى أن الأثيلين يزيد من نمو براعم كثيرة من الكرومات و الابصال والجذور والعقل الخشبية و يشجع بدء تكوين ونمو الجذور والشعيرات الجذرية ولكن يقلل من استطالتها وكذلك استطالة السيقان مع تشجيعه للزيادة فى نموهم الجانبي. وهناك أيضا العديد من الأدلة التى تشير الى ان له دورا منظما فى استجابة السيقان والجذور للجاذبية الأرضية. وتشير الابحاث على أن هناك علاقة قوية بين بدء التساقط الصيفى والزيادة فى كمية الأثيلين فى الأنسجة. لذا في مرحلة الازهار نجد ان للأثيلين دور هرمونى هام فقد شجع أزهار الأناناس وشجع تكوين ثمار القطن وقد وجد انه يشجع على بدء تكوين البراعم الزهرية فى ابصال الأيرس وزيادة عدد الأزهار المؤنثة

اما عن علاقة الأثيلين بنضج الثمار فقد حددت تلك العلاقة من ملاحظتين
اولهما ان النضج الطبيعى للثمار يكون مصحوبا بزيادة كمية الأثيلين المنتجة
وثانيهما ان معاملة بعض الثمار بالأثيلين تؤدى الى التبكير فى بدء عملية النضج والأسراع منها
وقد اثبتت الابحاث الحديثة انه تحت الظروف الطبيعية يتراكم تركيز فسيولوجى داخل الانسجة كاف لبدء نضج الموز والطماطم والتفاح والافوكادو والكمثرى وغيرها وفى دراسات عديدة وجد ارتباط قوى بين ارتباط حدوث قمة انتاج الأثيلين وبين وصول معدل التنفس الى القمة وعلى المستوى الخلوى والبيوكيميائي فلقد وجد ان الأثيلين يشجع على زيادة حجم الخلايا فى الأتجاة الأفقي ويؤثر على معدل انقسام الخلايا فهو يمنع النمو الطولى ويزيد من سمك الأجزاء النامية للبطاطا وتفسر هذه الأستجابة على
ان الأثيلين يعدل من طبيعة وخواص جدار الخلايا واتجاة الألياف السليولوزية و البكتينية فى جدر الخلايا مما يجعلها أكثر مرونة مثلا انزيم السليوليز
كما فسر تأثير الأثيلين على زيادة معدل التنفس في الخلية على أساس تنشيطه لتخليق بعض الأنزيمات
وحديثا وجد ان لهذا الغاز علاقة مباشرة بجهاز تخليق البروتين حيويا مؤثرا على معدل تخليق البروتين ونوعيته عن طريق تحكمه فى تخليق RNA وأنتاج الأنزيمات

Growth Inhibitors

تعمل على إعاقة أو تثبيط النمو بقليل تأثير المنشطات السابقة الذكر فيظهر تأثيرها على النمو والتطور وتقسم المثبطات تبعاً لتركيبها الكيميائي وفعلها الحيوي إلى :

حامض الأبسيسك - Abscisic Acid

أهم تأثيرات حامض الابسيسيك:

دفع النبات نحو الشيخوخة. تثبيط نمو الفرع. دفع نباتات النهار القصير نحو الازهار. تأخير تفتح الأزهار. تشجيع تساقط الأوراق. تشجيع نضج الثمار. تأخير الانبات.

أما عن مثبطات النمو الصناعية فيختلف التأثير المثبط تبعاً لطبيعة وطريقة إحداثها المتبع بداخل الخلية.

ثانيا: الفينولات – Phenols

تستخدم معظمها كمبيدات حشائش فى المحاصيل المختلفة لذا يكن لها تاثير مثبط للنمو

كثيراً ما تتداخل هذه المنظمات في تأثيرها ووظائفها. اهم الاستخدامات لها هو:

١) تشجيع تجذير العقل
٢) عقد الثمار ومنع تساقطها
٣) خف الثمار
٤) التحكم في الأزهار
٥) زيادة طول الساق ـ استطالة الخلايا ـ التغلب على التقزم في النباتات
٦) التغلب على سكون البراعم والبذور وتنشيط البراعم الساكنة
٧) تشجيع العقد البكرى في الثمار
٨) تأخير النضج والشيخوخة
٩) تحفيز انقسام الخلايا
١٠) إنضاج الثمار
١١) مبيدات للحشائش
١٢) السيادة القمية ـ وقف نمو البراعم الجانبية