المحاضرة الاولى : الخلية النباتية Plant cell

علم الفسلجة physiology : هو العلم الذي يبحث في كيفية قيام اعضاء النبات بوظائفها المختلفة وتأثير العوامل البيئية والوراثية في اداء الخلايا والانسجة والاعضاء النباتية . (وتحسين النبات وتأدية النباتات لوظائفها الحيوية المتعلقة بنمو وتطور النباتات ، وهو علم وظائف اجزاء الخلية (اي وظيفة الجدار ووظيفة السايتوبلازم ووظيفة الكلوروبلاست) . كما انه يتعلق بباقي العلوم الزراعية في تفسير تأثيرات البيئة والوراثة على وظائف وتركيب الخلايا والانسجة والاعضاء النباتية . تطبيقات علم الفسلجة في العلوم الزراعية : هناك علاقة كبيرة بين نمو النبات وبيئته ويمكن الاستفادة من فسلجة النبات وتطبيقاته في الزراعة في النواحي التالية :

١ – دراسة الظروف المناخية الملائمة وزراعة النباتات في غير مواسمها كاستخدام البيوت البلاستيكية .

٢ – استنباط اصناف ذات انتاجية عالية ونوعية جيدة ومتكيفة للظروف البيئية ومقاومة الامراض والحشرات .

٣ – تحديد الكميات المناسبة من المياه ونوعيتها ومواعيد الري ومواعيد الزراعة ومسافات الزراعة ومتطلبات التسميد من الناحية النوعية والكمية وموعد الاضافة .

٤ – ابتكار طرق مختلفة لخزن ونقل الفاكهة والخضر وتسمى ما بعد النقل post-harvest .

٥ – التحكم في مراحل النمو الخضري والزهري والثمري للنباتات مثلا نحتاج ان نبكر في الاثمار لذلك نستعمل المناسب للتبكير .

٦ – استخدام المبيدات في مكافحة الادغال ولو انه علم قائم بحد ذاته لكن تطبيقاته فسلجية مثل D,2,4 مبيد ادغال عند التركيز العالي وهو عبارة عن اوكسين في التركيز الواطئ .

الخلية النباتية Plant cell

الخلية : هي اصغر وحدة بناء للكائن الحي ، وفي الكائنات وحيدة الخلية تعتبر الخلية كائن حي كامل ، بينما في الكائنات الراقية عديدة الخلايا فانه يوجد تجمع لعدد كبير من الخلايا المختلفة والتي تنظم بكل دقة لتكون نسيجا والانسجة المختلفة تكون عضواً ، والاعضاء المختلفة تكون الكائن الحي سواء كان نبات او حيوان من خلال عملية النمو والتطور والتغير الشكلي والتي يحدث خلال تفاعلات كيميائية وتخصصات وظيفية . اول من وصف الخلية النباتية هو العالم روبرت هوك 1665 وقال ان وحدة بناء الكائن الحي سواء كان هذا الكائن نبات او حيوان واستطاع لأول مرة وبواسطة المجهر العادي من ملاحظة خلايا الفلين وكانت صغيرة وكثيرة جدا وفارغة وبعد عدة سنوات اكتشف Brown النواة ، وبعد ذلك وضح بان الخلايا تختلف في الطول اذ تبلغ ٣٠ – ١٠٠ مايكرون طولاً والشكل والنوع منها (خلايا برنكيمية او حشوية او مرستيمية او خشبية او خلايا اللحاء) .

يوجد نوعان من الخلايا هما :

١ – الخلايا البدائية (عديمة النواة) Procaryotic cell : وهذه الخلايا تستعمل غشاء الخلية او التراكيب النامية لإنجاز معظم الوظائف النباتية . ولا توجد اجزاء ثانوية في هذا النوع من الخلايا كما لا توجد نواة و مايتوكوندريا واجسام كولجي ، اول ما بدأت الحياة عبارة عن هذا النوع من الخلايا وبعد ذلك تطورت وكونت خلايا ذات نواة حقيقية كما في البكتريا والاشنات الخضراء والزرقاء .

٢ – الخلايا ذات النواة الحقيقة Eucaryotic cell : تمتاز بان العمليات الحيوية تحدث في اجزاء معينة ومفصولة بغشاء عن بعضها البعض الاخر وكل جزء يسمى Organelle او العضيات وتقوم بعمل معين مثل البناء الضوئي يحدث في الكلوروبلاست والنظام الوراثي يحدث في النواة وهناك نوع من التكامل بين اجزاء الخلية كما في النباتات الراقية .

س: ما الفرق بين الخلية النباتية والحيوانية

ت	الخلية النباتية	الخلية الحيوانية
١	تحتوي على جدار سليلوزي (على الرغم من ان بعض الخلايا النباتية لا تمتلك جدار سليلوزي مثل الكميتات)	لا تحتوي على جدار سليلوزي
٢	تحتوي البلاستيدات الخضراء	لا تحتوي على البلاستيدات ماعدا اليوغلينا وهي حالة شاذة
٣	تحتوي على فجوة كبيرة	لا تمتلك فجوة وان وجدت تكون صغيرة وكثيرة
٤	تمتاز بقدرتها على التجديد وتكوين نبات جديد تسمى عملية Totipotency والتي تطورت الى عملية زراعة الانسجة Tissue culture .	لا تستطيع تجدد الخلايا
٥	اكبر حجما من الخلايا الحيوانية	اصغر من الخلايا النباتية
٦	لا تحتوي على الجسيمات المركزية	تحتوي على الجسيمات المركزية
٧	يتم انقسام السايتوبلازم اثناء عملية الانقسام الخلوي عن طريق تكوين الصفيحة	ينقسم السايتوبلازم بواسطة التخصر الخلوية Cell plate التي تبدأ من المركز من الخارج نحو الداخل الى الخارج .

مكونات الخلية النباتية

أ – جدار الخلية

ب – البروتوبلازم وهو المادة الحية ويحتوي على عدة اجزاء :

١ – السايتوبلازم ٢ – الغشاء الخلوي ٣ – الفجوة العصارية ٤ – البلاستيدات ٥ – المايتوكوندريا ٦ – الريبوسوم ٧ – الاجسام الكروية ٨ – الشبكة الاندوبلازمية و القنوات السايتوبلازمية ١٠ – الانابيب الدقيقة ١١ – اجسام كولجي ١٢ – النواة ١٣ – الاجسام الدقيقة ١٤ – السنتريول Centrioles ١٥ – نواتج العمليات غير الحية .

١ – جدار الخلية : وهو غلاف صلب غير حي يحيط بالبرتوبلاست للخلية النباتية سمك الجدار يختلف باختلاف الخلايا يتراوح من ١ – ٣ مايكرون ويتكون الجدار من الاجزاء التالية :

أ – الصفيحة الوسطى Middle lamella : وهي جزء الجدار الذي يفصل بين بروتوبلازم الخلايا المتجاورة وتتكون من مادة بكتات الكالسيوم والمغنسيوم **وظيفتها هو مسك الخلايا المتجاورة .**

ب – الجدار الاولي Primary wall : ويأتي بعد الصفيحة الوسطى يتكون اساسا من السيليلوز مختلطا مع مركبات اخرى مثل الهيميسليوز والبكتين وغيرها من المواد . وهو جدار رقيقا وضيق ، اي قابل للتمدد والنمو حسب حجم الخلية حيث يتمدد ويكبر حسب كبر الخلية . وقد تحتوي بعض الخلايا كالخلايا البرنكيمية على الجدار الاولي فقط دون الجدار الثانوي وفي هذه الحالة يفرز بروتوبلازم هذه الخلايا مواداً كالسوبرين والكيوتين تترسب على الجدار الاولي وتمنع نفاذية الجدار للماء . (البكتين : مركب كاربوهيدراتي مع مواد اخرى) .

ج – الجدار الثانوي Secondary wall : يتكون من ثلاث طبقات تكون الوسطى سميكة اما الخارجية والداخلية فتكونان رقيقتين . يفرزه السايتوبلازم على الجدار الاولي من الداخل وهذا يوجد في بعض الخلايا وليس كل الخلايا مثل خلايا الالياف و الخلايا القصبية والقصيبات والخلايا السكلرنكيمية ، ونسبة السليلوز في الجدار الثانوي عالية تصل الى ٩٠% او اكثر واللكنين والسوبرين وغيرها من المواد . ويكون صلب وغير مرن عندما تنضج الخلية ولهذا فان الجدار الاولي موجود في جميع الخلايا اما الثانوي فلا يوجد في كل الخلايا .

وظائف جدار الخلية

١ – مساندة الخلية ميكانيكيا اي ان الخلية تكون رقيقة وهشة وتغير شكلها لكن وجود الجدار يعطيها الهيكل والشكل والصلابة لانها محاطة بجدار خلوي وغير حي .

٢ – واسطة لتبادل الايونات بين محيط الخلية والخلية .

٣ – حماية الخلية من المحيط الخارجي .

٤ – المساهمة في نمو الخلية عن طريق مرونة جدار الخلية الاولي .

البروتوبلازم

وهو المادة الحية المكونة من السايتوبلازم والنواة وبعض الاجزاء الخلوية الاخرى . يملئ البروتوبلازم جميع الخلايا الفتية او المرستيمية وتصل نسبة الى ٩٠ – ٩٥ % بروتوبلازم و ٥ % فجوات ، اما الخلايا البالغة فيكون البروتوبلازم على شكل شريط بالخلية من الداخل وفي الوسط فجوة كبيرة واحدى الفروقات بين الخلية النباتية والحيوانية هو وجود الفجوة العصارية حيث لا توجد في الخلية الحيوانية ، ولها وظيفة انتفاخ الخلية النباتية حيث تساعدها على القيام بالعمليات الحيوية .

وظيفة البرتوبلازم : بصورة عامة مسؤول عن جميع الوظائف الحيوية من تكاثر وامتصاص وبناء ضوئي ونظام وراثي وتنفس .

مكونات البروتوبلازم :

١ – **السايتوبلازم Cytoplasm:** وهو نظام غروي معقد التركيب وسائل القوام اكثر لزوجة من الماء ، ويحوي دقائق وقطرات معلقة به تتحرك حركة بروانية اي في جميع الجهات وليست ساكنة ويحتوي السايتوبلازم في الخلية النشطة فسيولوجيا او الفعالة حوالي ٨٠ – ٩٠ % ماء . ويمتاز السايتوبلازم في هذه الخلايا بالانسياب

والحركة ويسمى Streaming ، اما الخلايا الغير نشطة فسيولوجيا اي بحالة سبات مثل خلايا البذور الجافة المخزونة فنسبة السايتوبلازم فيها من ١٥ – ٢٠ % وقد تصل الى ٤ % .

وظائف السايتوبلازم :

١ – يعتبر السايتوبلازم مكان لتكوين السكروز وبعض المركبات الكربوهيدراتية الاخرى .

٢ – مكان لحدوث عملية التحلل السكري Glycolysis .

٣ – مكان لحدوث الاحماض الشحمية Fatty acid synthesis .

٤ – مكان لحدوث البروتينات في الخلية .

٥ – محل لحدوث تفاعلات Pentose phosphate pathway .

الاغشية الخلويةCellular membrane :

وهي حواجز حية دقيقة تحيط بالسايتوبلازم او الاجزاء الخلوية الاخرى لكي تسهل سير العمليات الحوية و تكاملها مع بعضها البعض والاغشية الخلوية كثيرة في الخلية فالغشاء الخلوي الذي يفصل السايتوبلازم عن جدار الخلية يسمى Plasma membrane او Plasmalemma . اما الغشاء الذي يحيط بالفجوة يسمى Tonoplast وتوجد اغشية تحيط بالمايتوكوندريا والكلوروبلاست والنواة تسمى الغشاء المزدوج Double membrane .

تركيب الاغشية : تتركب من مركبات بروتينية ودهنية وكذلك مواد الفوسفوليبيدات والكلايكولبيدات . وتوجد تصاميم الموديلات الاغشية والبحوث متناقضة ، الموديلات التي هي حاليا معمول بها هي :

١ - Unit membrane

٢ - Sub unit membrane .

بالنسبة للأولى الغشاء مكون من طبقة بروتينية علوية وطبقة بروتينية سفلية وفي المنتصف توجد دهون .

وظائف الاغشية

١ – ينظم دخول الماء والذائبات من خارج الخلية الى داخلها بعبارة اخرى يسمح بدخول بعض المواد الى الخلية ويمنع دخول المواد الاخرى او يسمح بخروج بعض المواد من الخلية ويمنع خروج المواد الاخرى .

٢ – محل لحدوث العمليات الحيوية مثل الامتصاص .

٣ – منع خروج المواد مثل الانثوسيانين والمواد الفينولية المتجمعة في الفجوة الى السايتوبلازم .

الفجوة العصارية Vaccuale :

وهي تجويف في السايتوبلازم داخل الخلية مملوء بسائل يسمى العصير الخلوي Cell sap وهو عبارة عن محلول مائي يحتوي على مواد ذائبة مثل السكريات والاملاح (موجودة بهيئة بلورات مختلفة الاشكال منها اشكال نجمية او عصوية او ابرية مثل اوكزالات الكالسيوم) ومركبات عضوية .

نوعية العصير الخلوي يختلف باختلاف النبات والخلايا وعمر الخلية تكون الفجوات صغيرة الحجم في الخلايا المرستيمية وتشكل ١٠ % من حجم الخلية و ٩٠ % سايتوبلازم ، وعندما تنمو الخلية تندمج هذه الفجوات

الصغيرة الحجم مع بعضها البعض مكونة فجوة كبيرة الحجم في الخلية البالغة وتكون نسبتها ٩٠% من حجم الخلية و ١٠% سايتوبلازم .

وظائف الفجوة العصارية

١ – المحافظة على الضغط الانتفاخي في الخلية النباتية .

٢ – تعتبر مكان لتجمع النواتج العمليات الحيوية كالسكر والاملاح والمواد السامة والفينولية .

البلاستيدات :

هي جسيمات بروتوبلازمية حية ذات تركيب خاص لها وظائف معينة .(الخلايا البدائية prokaryotic والحيوانية لا تحتوي على بلاستيدات)، يختلف حجم البلاستيدات في الخلية باختلاف النباتات من ١ – ١٠٠ بلاستيدة ، وحجمها يتراوح من ٣ – ١٠٠ مايكرون ، كما ان شكل البلاستيدة بالخلية ايضا يختلف باختلاف النبات فقد تكون شكل الفنجان مثل الكلاسيدوناس او شريطية حلزونية في السبايروجير اما في النباتات الراقية فتكون اما مدورة او شكل عدسة محدبة الوجهين يمكن مشاهدتها بالمجهر الضوئي الا ان تراكيبها لا ترى الا بالمجهر الالكتروني .

البلاستيدة الخضراء :عبارة عن جسم بيضوي محاط بغشاء مزدوج

انواع البلاستيدات :

هناك ثلاثة أنواع من البلاستيدات ، كل منها يختلف عن الآخر من حيث نوع الصبغة الموجود في كل نوع ، والأنواع الثلاثة هي:

١ – **بلاستيدات بيضاء او عديمة اللون Leucoplasts** : اي لا تحتوي على صبغة توجد في الجذور والبذور والدرنات والثمار والاوراق البدائية وهذه توجد بعدة اشكال هي

أ – بلاستيدات فتية او اولية proplastids : وهذه توجد في الاطوار الاولى من تطور الانسجة النباتية بمجرد تعرض النسيج او الورقة للضوء تتحول البلاستيدة الفتية الى بلاستيدة خضراء .

ب – البلاستيدة البيضاء White plastids: تحدث عندما تمنع الضوء عن النبات يكون لون الورقة ابيض ثم يعود اللون الاخضر بعد رجوع الضوء للنبات .

ج بلاستيدات النشأ Amyloplast : وهذه وظيفتها تخزن النشأ وتوجد في البذور والثمار .

٢ – **البلاستيدات الملونة Chromoplast** : وهذه تحتوي على صبغات برتقالية مثل الكاروتين او بنية مثل الزانثوفيل Xanthophyll او حمراء اللون Lycopene في جذور الجزر او قشرة البرتقال او ثمرة الطماطة الحمراء او اوراق التويج في الازهار . اما اشكالها فهي مستديرة او حلقية او حلزونية .

وظيفتها :

أ – جذب الحشرات لأجل الحصول على التلقيح .

ب – تكوين الثمرة باللون الزاهي الجذاب .

٣ – **الكلوروبلاست Chloroplast** : وهي البلاستيدات الخضراء وظيفتها القيام بعملية التركيب الضوئي .

المايتوكوندريا Mitochondria :

وهي جسيمات بروتوبلازمية حية توجد في الخلايا الحيوانية والنباتية ومن مميزاتها :

١ – لا توجد في خلايا Procaryotic .

٢ – لها اشكال مختلفة الكروية و بيضوية و مطولة .

٣ – قطرها اصغر من الكلوروبلاست حوالي ١ – ٣ مايكرون .

٤ – اعدادها تختلف حسب النبات اكثر من الكلوروبلاست ، ١٠٠ – ١٥٠ في الخلية الواحدة .

٥ – توجد في جميع اجزاء النبات جذور و ساق و درنات وبذور .

٦ – تركيبها الدقيق لا يرى الا بالمجهر الالكتروني وتكون محاطة بغشاء مزدوج وتحتوي على الريبوسومات وحامض نووي ، وهذه موجودة في الحشوة .

وظيفة المايتوكوندريا :

١ – العمليات الحيوية المتعلقة بالتنفس وتحرير الطاقة .

٢ – تحتوي على الانزيمات اللازمة لهدم الاحماض الشحمية .

الريبوسومات Ribosomes :

وهي جسيمات بروتوبلازمية حية تمتاز بما ياتي :

١ – متناهية الدقة قطرها ٢٥٠A .

٢ – لا ترى الا بالمكرسكوب الالكتروني .

٣ – موجودة بالخلية النباتية والحيوانية .

٤ – تتكون من البروتين والحامض النووي RNA بنسب مختلفة .

توجد في النواة و السايتوبلازم وحجمها كبير ٨٠s وتوجد في الكلوروبلاست و المايتوكوندريا وحجمها ٧٠s ، كما توجد ملتصقة بالشبكة الاندوبلازمية ، وقد توجد بصورة حرة سابحة في السايتوبلازم .

وظيفتها:

وظيفة الرايبوسومات هي تكوين البروتينات فقط .

الاجسام الكروية Spherosomes:

وهي جسيمات بروتوبلازمية حية كروية الشكل محاطة بغشاء منفرد قطرها حوالي نصف مايكرون في الخلية الحيوانية تسمى باسم Lysosomes .

وظيفتها : تحتوي على انزيمات هامة او محللة مثل انزيم Lipase الذي يحلل الدهون وال Nuclease و Phosphatase وبذلك تحافظ على الخلية من ضرر هذه الانزيمات الهدامة .

الشبكة الاندوبلازمية Endoplasmic reticulum:

وهي جسم سايتوبلازمي حي يشبه الشبكة توجد في الخلايا النباتية والحيوانية وتمتاز بما يلي :

١ – محاطة بغلاف منفرد .

٢ – قد تكون الشبكة الاندوبلازمية متحدة مع الريبوسومات وتسمى بالشبكة الاندوبلازمية الخشنة R.E.R .

٣ – تكون الشبكة غير متحدة مع الريبوسومات وتسمى الشبكة الاندوبلازمية الملساء S.E.R.

وظيفة الشبكة الاندوبلازمية :

١ – نقل وخزن المواد الحيوية المهمة بين اجزاء الخلية الواحدة او بين خلية الى اخرى وخاصة الملساء .

٢ – محل لتكوين البروتينات وتقوم بها الشبكة الخشنة لالتصاق الرايبوسومات بها .

القنوات السايتوبلازمية Plasmodesmata :

وهي جسم سايتوبلازمي تشبه القناة وموجودة في جدار الخلية وتمر خلالها الشبكة الاندوبلازمية . قطر القناة السايتوبلازمية ٥٠٠ A والشبكة الاندوبلازمية قطرها 300 A .

وظيفة القنوات السايتوبلازمية : هي تعتبر كقناة موصلة بين خلية واخرى لنقل المواد الحيوية .

الانابيب الدقيقة Microtubles :

١ – قطرها ٢٥٠A .

٢ – محاطة بغشاء منفرد وليس مزدوج .

٣ – تكون عادة الخيوط المغزلية اثناء انقسام الخلية .

وظيفتها :

١ – لها دور في تكوين جدار الخلية الاولى .

٢ – لها دور في حركة السايتوبلازم .

٣ – لها دور في تكوين الاسواط او الاهداب في الخلية البدائية .

السنتربول Centriole :

جسم حي بروتوبلازمي اسطواني الشكل مجوف طولة ٣٠٠٠ – ٥٠٠٠ انكستروم اما قطره ٢٠٠ A ويتكون من الانابيب الدقيقة .

الوظيفة : له علاقة بانقسام نواة الخلية وترتيب الخيوط المغزلية .

اجسام كولجيGolgibodies او Dictvosome :

وهي اجسام بروتوبلازمية تتكون من اغشية ملساء وحويصلات كبيرة وصغيرة واطلق عليها اسم Dictyosome التي تتكون من طبقات شبيه بالأنابيب العريضة وعددها ٥ – ٧ وكل واحدة تسمى Cisternea .

الوظيفة : لها علاقة في تكوين جدار الخلية بإفرازها البكتين وغيرها من المواد .

النواة Nucleus:

وهي جسم كروي او بيضوي الشكل منغمر عادة في السايتوبلازم ، وتتصف بما يلي :

١ – محاطة بغشاء مزدوج سمكة A٣٠٠ .

٢ – توجد في الغشاء فتحات تسمى Pores تقوم الفتحة بنقل المواد الحيوية بين داخل وخارج النواة .

٣ – حجم النواة هي اكبر جزء في الخلية قطرها ١ مايكرون كما في الفطريات ، وقد تصل الى ١٠٠٠ مايكرون كما في نبات السايكس وهي اثقل جزء في الخلية .

٤ – النواة تتصل بالسايتوبلازم بواسطة خيوط سايتوبلازمية حية .

٥ – توجد نواة واحدة في الخلية بصورة عامة ولكن لوحظ اكثر من نواة واحدة وكذلك ايضا عدم وجود نواة مثل الانبوب المنخلي وهذه حالة شاذة .

٦ – يوجد العصير النووي داخل النواة . وكذلك جسم مركزي يسمى النوية Nucleolus .

٧ – توجد المادة الكروماتية داخل النواة .

٨ – قد توجد نوية واحدة او اكثر ضمن النواة الواحدة .

٩ – دور النوية في تكوين الاحماض النووية في النواة RNA و DNA و الريبوسومات و السايتوبلازم .

١٠ – في حالة انقسام الخلية سواء كان غير مباشر او اختزالي فالمادة الكروماتية تتجمع بشكل خيوط تسمى الكروموسومات .

وظيفة النواة :

١ – نقل المعلومات الوراثية من جيل الى جيل اخر لأنها تخزن الحوامض النووية .

٢ – تتحكم في جميع العمليات الحيوية التي تقوم بها الخلية .

السنتريول Centrioles:

وهي جسيمات بروتوبلازمية صغيرة حية تتميز بما يلي :

١ – محاطة بغشاء منفرد .

٢ – قطرها ٠.٢ مايكرون .

الوظيفة : لها علاقة بالتنفس الضوئي Photorespiration

نواتج العمليات الحيوية Erdastic products:

وهي مواد غير حية قد تظهر او تختفي في اوقات مختلفة من عمر الخلية ، توجد في الفجوة او جدار الخلية او توجد مع بعض المكونات الاخرى من السايتوبلازم . هذه النواتج تشمل السكريات ، والنشأ و الشحوم الرتنج والقلويات العضوية و Tanin وبعض المركبات الفينولية وبعض الاملاح المعدنية مثل اوكسلات الكالسيوم .

الوظيفة :

الوظيفة مجهولة يمكن اعتبارها كمخزن للكلية في وقت الحاجة .

المحاضرة الثانية : الماء : اهميته وخصائصه Water importance and Properties

اهمية الماء للحياة Importance of Water for Life

يعد الماء جوهر الحياة للأسباب الاتية :

١ – يكون الجزء الاكبر من البروتوبلازم (80 – 90%) من البروتوبلازم وزناً في كل الكائنات الحية .

٢ – يشترك الماء بصورة مباشرة وغير مباشرة في العمليات الحيوية كالتركيب الضوئي والتنفس .

٣ – يذيب قسما من الغازات كالأوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون والتي لها دور مهم في العمليات الفسيولوجية في النبات .

٤ – يعد الماء واسطة لنقل المواد المعدنية الذائبة والمواد العضوية الغذائية في انسجة النبات المختلفة .

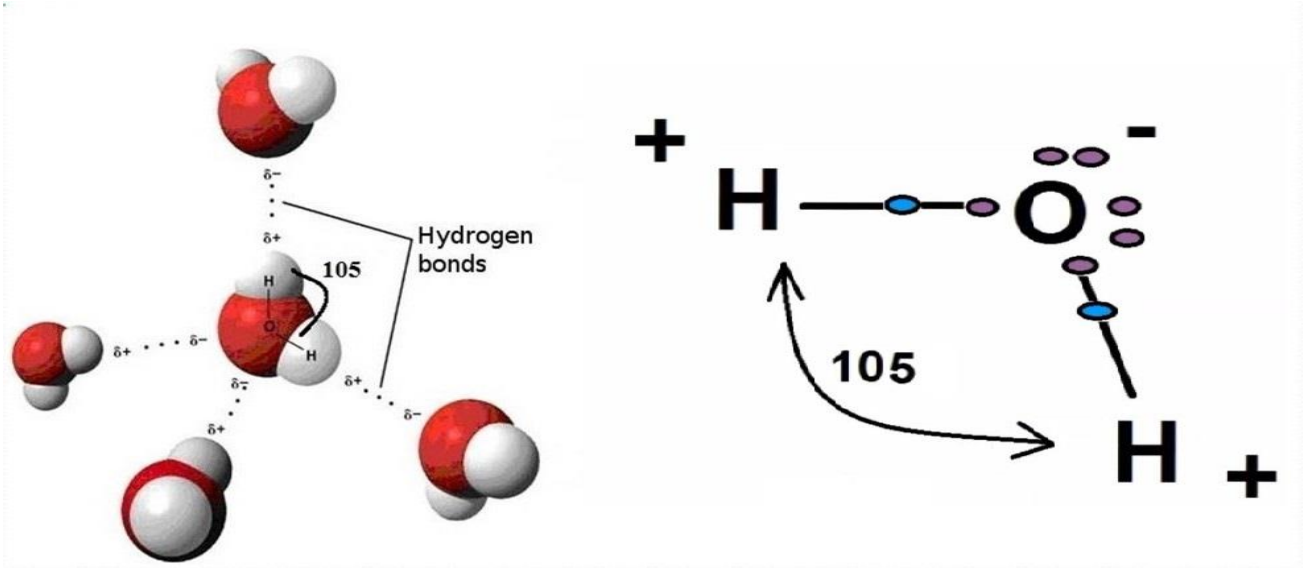
٥ – يحافظ الماء على الضغط الانتفاخي للخلايا وبذلك تستطيع القيام بوظائفها الحيوية بصورة مناسبة .

ونظراً لأهمية الماء للحياة النباتية والحيوانية فانه يكمل دورة مستمرة بين التربة والانهار والبحار والمحيطات والجو .

التركيب الجزيئي (الاواصر الهيدروجينية)

ان احدى الخصائص للماء هي تركيب جزيئاته حيث ان الاواصر الموصلة بين منتصف ذرات الهيدروجين بالأوكسجين لا تشكل خطً مستقيماً (اي 180 بل تكون اقرب الى الزاوية القائمة 105) .

ان الالكترونين اللذين يشغلان المدار الاول للهيدروجين (احد الالكترونات من ذرة الهيدروجين والاخر من ذرة الاوكسجين) لا يكونان موزعين بانتظام حول نواة الهيدروجين بل يميلان الى ان يقتربا من نواة الاوكسجين ولهذا يتكون نوع من الشحنة الموجبة على جهة نواة الهيدروجين وتتعادل بما يقابلها من الشحنة السالبة على جهة نواة الاوكسجين ولهذا تدعى جزيئة الماء بالجزيئة القطبية Polar Molecule . ونتيجة لتوزيع الشحنات غير المتعادلة في جزيئات الماء يلاحظ ان الشحنات الموجبة تنجذب نحو الشحنات السالبة مؤلفة نوعاً من الاواصر المسماة بالأصرة الهيدروجينية Hydrogen Bonds .



خواص الماء Properties of Water

١ – الماء عامل مثبت للحرارة .

بسبب حرارته النوعية فمثلاً لأجل زيادة درجة حرارة غرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة يجب استعمال سعرة حرارية واحدة . وهذه الحرارة النوعية هي عالية جدا اذا ما قيست ببقية المواد ، والسبب راجع الى ترتيب ذرات الهيدروجين والاوكسجين في جزيئات الماء بحيث يكون لها القابلية على التذبذب وامتصاص الحرارة دون ان ترتفع درجة الحرارة كثيراً .

٢ – الماء سائل في درجة حرارة الغرفة (25 درجة مئوية) .

لقد وجد ان كلما ازداد الوزن الجزيئي للمادة تكون المادة على الحالة السائلة او الصلبة فلنقارن المواد التالية في درجة حرارة الغرفة :

أ- الوزن الجزيئي للماء = 2 x 1 + 16 = 18
ب- الوزن الجزيئي للأمونيا = 3 x 1 + 14 = 17
ت- الوزن الجزيئي CO_2 = 4 x 1 + 12 = 44
ث- الوزن الجزيئي للميثان = 4 x 1 + 12 = 16

لذا نستنتج ان الماء هو المادة الوحيدة السائلة في درجة حرارة الغرفة بينما المواد الاخرى هي غازية ويجب ان تبرد الى درجة حرارة منخفضة قبل ان تصبح سائلة ويظهر ان السبب راجع الى وجود الاواصر الهيدروجينية التي تجذب جزيئات الماء بعضها لبعض .

٣ – الحرارة الكامنة للغليان والانصهار .

وهي عدد السعرات الحرارية اللازمة لتغير غرام واحد من المادة من الحالة السائلة الى الحالة الغازية بالدرجة الحرارية نفسها . فمثلاً وجد ان غرام واحد من الماء يحتاج الى 450 سعرة حرارية ليتحول الى بخار وبالدرجة الحرارية نفسها وهي 100م .

ويذكر ان الرقم 450 سعرة حرارية يعد رقماً عالياً اذا ما قيس بالنسبة للمواد الاخرى كما ان الحرارة الكامنة للانصهار تعد عالية بالنسبة للماء اذ يتطلب 80 سعرة حرارية لتحويل غرام واحد من الجليد (الحالة الصلبة) الى الماء (الحالة السائلة) وبدرجة الصفر المئوي نفسها وهذه الكمية من الحرارة تكون عالية اذا ما قورنت بالنسبة للمواد الاخرى .

ومن الجدير بالذكر ان الاواصر الهيدروجينية في الماء هي المسؤولة عن ارتفاع الحرارة النوعية والحرارة الكامنة للغليان والانصهار للماء .

٤ – قوة التلاصق والتماسك Cohesion and Adhesion .

بسبب الطبيعة القطبية لجزيئات الماء Polar Nature فان جزيئات الماء تنجذب الى عدة مواد اخرى كالسليلوز والنشأ والبروتينات (قوة التلاصق) وكذلك بسبب الاواصر الهيدروجينية فان جزيئات الماء تنجذب بعضها البعض (قوة الماسك). وهذا ويرجع ارتفاع الماء في جذور وسيقان النباتات الى قوى التلاصق والتماسك المذكورة .

٥ – امتصاص الماء للضوء .

يعد الماء شفافا للضوء العادي المرئي (300 – 750 مليمايكرون) يبدو ان الاواصر الهيدروجينية تمتص بكفاءة الضوء تحت الاحمر Infra-Red Light ولهذا يمتص الماء كثرا من حرارة الاشعة الساقطة على الارض .

٦ – قابلية الماء للذوبان

يستطيع الماء اذابة كثير من الاملاح والمواد العضوية التي توجد بحالة ايونية ولهذا يطلق عليه بالمذيب العام Universal Solvent وتعزى قابلية الماء على اذابة كثير من المواد الى الاواصر الهيدروجينية وكذلك توزيع شحناته بصورة غير متجانسة فمحاليل السكر والكحولات والاحماض الامينية تذوب في الماء بسبب وجود مجاميع الهيدروكسيل OH^- والأمين NH_2 – وذرات الاوكسجين التي ترتبط بالأواصر الهيدروجينية مع جزيئات الماء . كما أن طبيعة جزيئات الماء القطبية تسبب تأين الاملاح الى ايونات موجبة او سالبة الشحنة .

الاواصر المهمة في الطبيعة

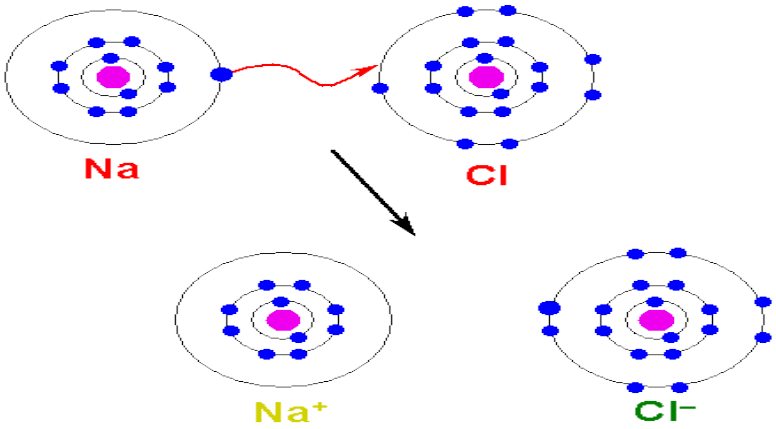
١ – الاصرة الهيدروجينية Hydrogen Bonds

هي التجاذب بين ذرة الهيدروجين في جزيئة الماء مع ذرة الاوكسجين في جزيئة ماء اخرى .

٢ – الاصرة الايونية Ionic Bonds

وهي الاصرة التي تحدث بين العناصر المختلفة من الناحية الالكترونية السالبة Electronegativity وتتكون نتيجة انتقال الكترونات من ذرة الى اخرى .

$$Na + Cl = Na^+ + Cl^-$$



٣ – الاصرة المشتركة Covalent Bonds

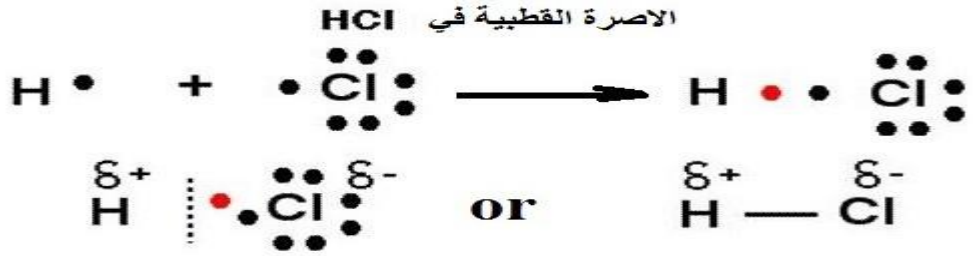
وهي الاصرة التي تنتج من الاشتراك المتبادل لزوج من الالكترونات بين ذرتين .

$$H^+ + H^+ = H : H$$

وتسمى هذه الاصرة بالأصرة القطبية Non polar Bond

٤ – الاصرة القطبية Polar Bond

هي الاصرة التي تتكون نتيجة اشتراك الكترونين بصورة غير متساوية بين ذرتين معتدلي في الالكترونية السالبة فمثلاً في جزيئة كلوريد الهيدروجين قد يرتبط الهيدروجين والكلور في اصرة الا انه بسبب كون الكلور اكثر سالبية من الهيدروجين فان الاصرة تكون غير متشابهة ويكون تركيز الشحنة السالبة حول الكلور اكثر مما حول الهيدروجين لذلك يترتب ظهور شحنة موجبة معادلة على ذرة الهيدروجين وتسمى مثل هذه الاصرة بالأصرة القطبية .



ظاهرة القطبية Polarity

توجد درجات مختلفة من القطبية فقد تنعدم القطبية (صفر) كما في الميثان وبعض الهيدروكاربونات الاخرى وقد تكون القطبية عالية كما في المواد التامة التحلل الى ايونات السالبة والموجبة مثل الاملاح كما في الشكل اعلاه الذي يوضح بانه كلما ازدادت المجاميع القطبية في المادة كانت اكثر قطبية .

هذا وان تقسيم المواد الى مواد قطبية Polar Substances ومواد غير قطبية يكون مفيداً لان المواد القطبية تتجاذب مع بعضها وتذوب ببعضها ايضاً .

المجاميع غير القطبية

١ – المثيل – CH_3

2 – المثيلين $= CH_2$ او $=CH -$

3 – البنزيل – C_6H_5

4 – اصرة اثيرية – O –

المجاميع القطبية

١ – مجموعة الامين – NH_2

2– الكاربونيل – C=O

3 – الالدهايد – CHO

4 – الكاربوكسيل – COOH

5 – الهيدروكسيل – OH

6 – مجموعة Sulfhydryl – SH

7 – مجموعة الامين $R - NH_2$

8 – مجموعة الاميد $R - CO - NH_2$

9 – مجموعة المعادن Metals

اما المواد القطبية وغير القطبية فلا تذوب ببعضها بسبب تباعد الجزيئات غير القطبية .

المحاضرة الثالثة : العلاقات المائية في الخلية Water Relations

العلاقات المائية في الخلية

يوجد الماء بنسبة كبيرة في انسجة النبات الحي تصل الى :

- 90% من الوزن الرطب في بعض الاعضاء النشطة مثل الاوراق والثمار والجذور الحديثة .
- من 45 – 55 % في الاعضاء الخشبية كالسيقان .
- من 5 – 10 % في البذور الكامنة .

دور الماء في حياة النبات

يكون الماء وسط الانتشار للمحاليل الغروية التي يتكون فيها البروتوبلازم والعصير الخلوي و السائل النووي ، وتتم العمليات الكيموحيوية من تمثيل وتنفس وغيرهما في هذا الوسط الغروي السائل .

عند حدوث انخفاض في المحتوى المائي لهذه المحاليل الغروية يقل النشاط الحيوي في البروتوبلازم .

تكتسب الاعضاء الغضة والخالية من الانسجة الدعامية في النبات كأطراف خلاياها فتنتصب و تحتفظ بنظارتها ، وعند فقد هذه الاعضاء نسبة كبيرة من مائها تذبل . كذلك يساعد حفظ الماء داخل الفجوة العصارية على استطالة الخلايا .

يعمل الماء كمذيب لمعظم المواد التي تدخل في تفاعلات الخلية مثل الكاربوهيدرات والاحماض وكمذيب ايضا للغازات والمعادن التي تدخل الى خلايا النبات او تنتقل ما بينها .

اعضاء امتصاص الماء في النبات

النباتات المغمورة تحت سطح الماء (الالوديا) : تمتص الماء بجميع اعضائها (سيقان ، اوراق ، جذور) .

النباتات التي لها اعضاء مغمورة واعضاء طافية (البردي) : تمتص الماء باعضائها المغمورة .

النباتات التي تنمو على التربة (الاكثر شيوعاً) : تمتص الماء بواسطة جذورها بصفة اساسية .

بالرغم من تباين اعضاء امتصاص الماء في النباتات المختلفة الا ان ميكانيكية الامتصاص ذات تشابه كبير في جميع الحالات .

يتأثر امتصاص الماء بعاملين اساسيين هما التشرب والأسموزي .

ويحدث انتقال للماء والذائبات والغازات داخل وخارج الخلايا النباتية من خلال عدة ظواهر منها الانتشار والأسموزي والتشرب والنفوذية .

خاصية الانتشار Diffusion

هو حركة الجزيئات والدقائق ذات تركيز عالي الى منطقة ذات تركيز منخفض بفعل طاقتها الحركية لكي تتوزع منتظماً في الحيز الذي تشغله (حالة الاتزان) .

تتوقف مقدار المواد على الانتشار وكذلك اتجاه الانتشار على :

- تركيز المادة المنتشرة .
- اختلاف ضغط الانتشار .

اهمية عملية الانتشار للنبات

أ- خطوة مهمة عند تبادل الغازات اثناء عملية البناء الضوئي والتنفس .
ب- الانتشار مهم اثناء النقل النشط للأملاح والايونات في الجذور .
ت- يوجد الانتشار في الخطوة الاخيرة في عملية النتح .
ث- ترتبط بطريقة مباشرة او غير مباشرة بالعديد من العمليات الفسيولوجية التي تحدث بالخلية .

العوامل التي تؤثر على معدل الانتشار

١ – الكثافة النسبية : يتناسب معدل انتشار عكسياً مع الكثافة النسبية للمادة المنتشرة .

٢ – درجة الحرارة : معدل الانتشار يتناسب طرديا مع زيادة درجة الحرارة .

٣ – فرق ضغط الانتشار : معدل الانتشار يتناسب عكسيا مع تركيز الوسط الذي يتم فيه الانتشار .

٤ – تركيز وسط الانتشار : معدل الانتشار يتناسب عكسيا مع تركيز الوسط الذي يتم فيه الانتشار .

٥ – حجم وكتلة الدقائق : معدل الانتشار يتناسب عكسيا مع كل من حجم وكتلة الدقائق المنتشرة .

٦ – مدى القابلية للذوبان : معدل الانتشار يتناسب طردياً كلما زادت درجة ذوبان المادة المنتشرة في السائل .

خاصية النفاذية

يتميز الغشاء البلازمي بقدرته على التحكم في دخول وخروج المواد المختلفة الى داخله وخارجه وهذه الظاهرة تسمى النفاذية الاختيارية .

وهي من خصائص الغشاء وليس من خصائص المواد التي تنفذ من خلاله .

مثال : بعض الايونات تتجمع داخل الخلية بنسبة اكبر من خارجها والعكس صحيح .

تعتمد النفاذية على :

١ – حجم الجزيئة المنتشرة (او الذي ينفذ عبر الغشاء) .

٢ – طاقة حركة الجزيئة .

٣ – ذوبان الجزيئة في الاغشية .

الأسموزي Osmosis

تعرف الأسموزي بحركة الماء خلال غشاء شبه نفاذ من التركيز العالي للذائبات الى التركيز المنخفض وهي نوع خاص من الانتشار والتي تشمل حركة الماء خلال غشاء نصف ناضح من المكان ذي القوة الدافعة العالية للماء Water Potential الى الجهة ذات القوة الدافعة للماء الاقل .

الشروط اللازمة لحدوث الأسموزي

- محلولان مع منحدر تركيز بينهما .
- وجود الغشاء شبه نفاذ بين المحلولين .

الخلية هي خير مثال لجهاز اسموزي (سايتوبلازم ، غشاء الخلية ، السائل الخلوي).

- عقب الأسموزي يحدث اختلاف في حجم المحاليل وتتوقف الأسموزي عندما يتساوى الضغط الأسموزي للمحلولين .

الأسموزي (التناضح او التنافذ) Osmosis

ان النبات محاط بجدر خلوية واغشية خلوية ولكي تحدث عملية الانتشار لابد وان تتم عبر تلك الجدر وتلك الاغشية . ان انتشار المذيب (الماء) عبر الاغشية شبه المنفذة Semi-permeable membranes او الاغشية ذات النفاذية الاختيارية Differentially perrneable membranes وهو ما يطلق عليه الأسموزي Osmosis . يقصد بالغشاء شبه المنفذ هو الغشاء الذي يسمح بمرور دقائق المذيب ولا يسمح بمرور دقائق المذاب وكمثال على تلك الاغشية ورق السيلوفان ، وفي الحقيقة لا توجد اغشية شبه منفذة بشكل تام بمعنى ان الفتحات الموجودة في هذه الاغشية لابد وان تسمح بمرور بعض الدقائق المذابة . ان حركة المواد في الانتشار البسيط تكون نحو منخفض تدرج التركيز ، بينما تكون حركة المواد بالانسياب الكتلي نحو منخفض التدرج في الضغط . اما في الأسموزي فان كلا النوعين للتدرج يؤثران على الانتقال ، ولا يحدد اتجاه ومعدل جريان الماء عبر الغشاء فقط بتدرج تركيز الماء او فقط بتدرج الضغط ولكن بتأثير كلا القوتين . ان هذا المفهوم ينطبق على ما يحصل في الاغشية البلازمية الحية مع خصوصية هذه الاغشية في السيطرة على مرور المواد المذابة .

اهمية الأسموزي للنبات

١ – دخول الماء الى الخلايا النباتية من المحيط الخارجي يعتمد على الأسموزي (ماء التربة دائما مخفف بالنسبة الى عصير الخلية ، اي فيه ماء اكثر).

٢ – حركة الماء من احدى الخلايا الحية الى الاخرى تحدث بسبب الأسموزي (بسبب فرق التركيز للماء اي يقل الماء في الخلية ويرتفع ضغطها الاسموزي) وبالتالي تسحب الماء من الخلية المجاورة (والتي ضغطها الاسموزي اوطئ) .

٣ – انواع من الحركة في النبات تعتمد على ظاهرة الأسموزي منها فتح وغلق الثغور (ارتفاع الضغط الاسموزي يصاحبه فتح الثغور اما انخفاضه فيسبب غلق الثغور) ، تفتح الازهار و انغلاقها في الليل والنهار .

٤ – زيادة الضغط الاسموزي تسبب زيادة في مقاومة النبات لدرجة الحرارة المنخفضة والجفاف .

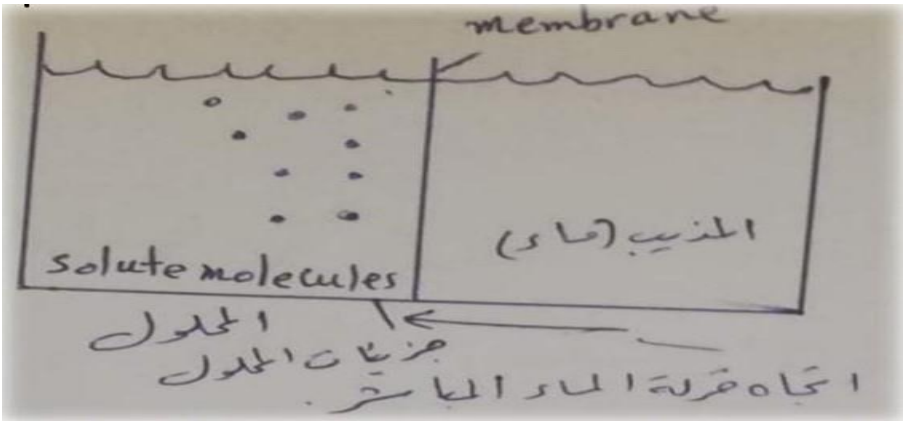
الجهد الاسموزي الواطئ له جهد ماء عالي Hypotonic .

الجهد الاسموزي العالي له جهد ماء واطئ Hypertonic .

الجهد الاسموزي المتساوي له جهد ماء متعادل isotonic .

ظاهرة الأسموزي

الأسموزي : هي انتشار جزيئات المذيب الى المحلول خلال غشاء شبه منفذ او انتشار جزيئات المذيب من المحلول الاقل تركيز الى المحلول الاعلى في التركيز خلال غشاء شبه منفذ .



الضغط الاسموزي

نتيجة لفصل المحلول عن المذيب بغشاء شبه منفذ وانتقال لجزيئات المذيب الى المحلول سوف يتولد ضغط في المحلول هذا الضغط ناتج من وجود مذاب ذائب في المحلول .

انواع المحاليل بالنسبة لضغطها الاسموزي

١ – محلول Hypotonic (الضغط الاسموزي منخفض) دخول الماء للخلية .

٢ – محلول Isotonic (الضغط الاسموزي متساوي) .

٣ – محلول Hypertonic (الضغط الاسموزي عالٍ) خروج الماء من داخل الخلية الى خارجها (البلزمة) .

العوامل التي تؤثر على الضغط الاسموزي للخلية النباتية .

اولاً: بيئة النبات :

نباتات المستنقعات الملحية لها (٥- ١٥٠ ضغط جوي) لها ضغط اسموزي عالي .

نباتات البيئة العادية لها (٥ – ٥٠ ضغط جوي) ولها ضغط اسموزي اقل .

نباتات البيئة المائية لها (٥ ضغط جوي) ولها اقل ضغط اسموزي .

ثانياً: نوع النبات : يختلف الضغط الاسموزي في الانواع المختلفة من النباتات بغض النظر عن نموها تحت ظروف واحدة (خلايا الاشجار لها ضغط اسموزي اعلى من ضغط خلايا الشجيرات و الاعشاب والنباتات المتطفلة لها ضغط اسموزي اعلى من نباتات العوائل) .

ملاحظة : كلما بعدت الخلايا عن الماء كلما زاد الضغط الاسموزي لها .

ثالثاً : مكان الخلية او النسيج في النبات : كلما اقترب النسيج من مصدر الماء انخفض الضغط الاسموزي له

الاوراق ← الساق ← الجذور

← الضغط الاسموزي يزداد

تتفاوت الضغوط الأسموزي في الانسجة المختلفة التي تكون العضو النباتي الواحد .

الخشب ← القشرة ← البشرة والشعيرة الجذرية

الضغط الاسموزي يزداد ⟵

رابعا : عمر النسيج النباتي : الاوراق المسنة لها ضغط اسموزي اقل من الاوراق حديثة التكوين على نفس الساق.

مناطق النمو لها ضغوط أسموزي اعلى من انسجة التخزين المسنة .

خامساً : الاوقات المختلفة اليوم او السنة : يختلف تركيز العصير الخلوي للخلايا النباتية من وقت لأخر خلال اليوم .

في الصباح الباكر يكون الضغط الاسموزي لخلايا الاوراق منخفض ويأخذ في الارتفاع حتى يصل الى اقصاه في الساعة الاولى بعد الظهيرة ثم ينخفض تدريجيا ولماذا ؟

يتغير الضغط الاسموزي للنباتات خلال فصول السنة ، في الربيع يزداد ويقل في الشتاء و الخريف .

سادساً : العوامل البيئية وتشمل :

- الضوء : شدة الضوء تزيد معدل عملية البناء الضوئي التي تؤدي الى زيادة الضغط الاسموزي .
- الحرارة : زيادة درجة الحرارة تزيد من معدل التنفس الذي يؤدي الى خفض الضغط الاسموزي .
- الرطوبة : تؤثر على عملية النتح التي تؤثر على الضغط الاسموزي .

اهمية الضغط الاسموزي والخاصية الأسموزي في حياة النبات

يلعب الضغط الاسموزي دور مهم من خلال النقاط التالية :

١ – **امتصاص الماء من التربة :** امتصاص الماء من التربة بواسطة الشعيرات الجذرية وانتقاله خلال خلايا النبات الحية ماهي الا عملية أسموزي .

٢ – **بقاء الخلايا في حالة امتلاء :** تعمل الخاصية الأسموزي على بقاء الخلايا في حالة امتلاء .

الخلايا الممتلئة تكسب النبات صلابة خاصة في الانسجة التي لم تتكون منها انسجة دعامية كمناطق النمو في الساق والجذر.

صلابة الجذور تساعد على اختراق التربة .

صلابة الساق تساعد على الاحتفاظ بقوامها .

الخلايا الممتلئة وهي وحدها لها القدرة على النمو والانقسام والقيام بسائر العمليات الحيوية .

٣ – توزيع الماء في جسم النبات : تعمل الخاصية الأسموزي على توزيع الماء في جسم النبات فاذا قل المحتوى المائي في نسيج نباتي فانه نظرا لارتفاع ضغطه يسحب الماء من نسيج اخر مجاور يكون ضغطه الاسموزي منخفض .

٤ – مقاومة النبات لدرجة الحرارة المنخفضة والجفاف : تكسب التراكيز الأسموزي العالية مقاومة النبات للحرارة المنخفضة والجفاف لان زيادة تركيز العصير من شأنه ان ينخفض درجة الحرارة ويقلل من فقد النبات للماء .

مثال (ورقة الصبار مقاومة اكثر من ورقة الملوخية).

٥ – فتح وغلق الثغور : ترتبط عملية فتح وغلق الثغور بتغير الضغط الاسموزي للخلايا الحارسة ، ارتفاع الضغط يؤدي الى انفتاح الثغور بينما انخفاضه يؤدي الى انغلاقها .

التشرب

هي خاصية جذب المواد الغروانية للماء مما يترتب عليه زيادة في حجمها .

تتركب جدران الخلايا النباتية من مركبات غروانية محبه للماء لها القدرة على التشرب (السليلوز – البكتين – اللكنين) .

تحتوي الخلايا على مواد بروتينية – نشوية – صمغية مخاطية لها القدرة على التشرب .

شروط حدوث عملية التشرب

١ – وجود فرق في ضغط الانتشار بين المادة المنتشرة وبين المادة التي يتم التشرب بها .

٢ – وجود قابلية للمادة لكي تتشرب (الخشب يتشرب الماء جيداً ولا يتشرب الايثر بصورة) والعكس في المطاط يتشرب الايثر ولا يتشرب الماء .

اهمية خاصية التشرب

١ – انبات البذور .

٢ – الاحتفاظ بالماء في الاوراق العصيرية تحت ظروف الجفاف .

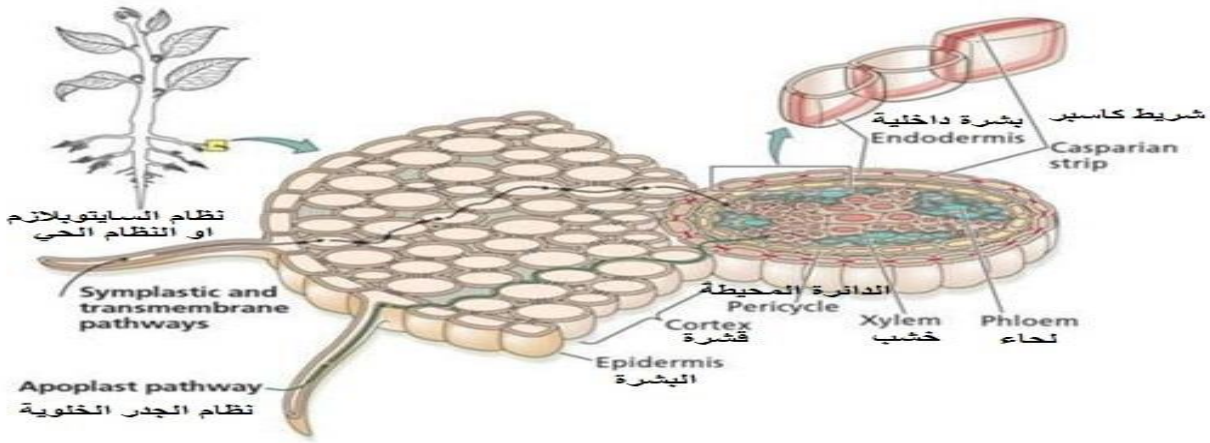
المحاضرة الرابعة : امتصاص الماء Water Absorption

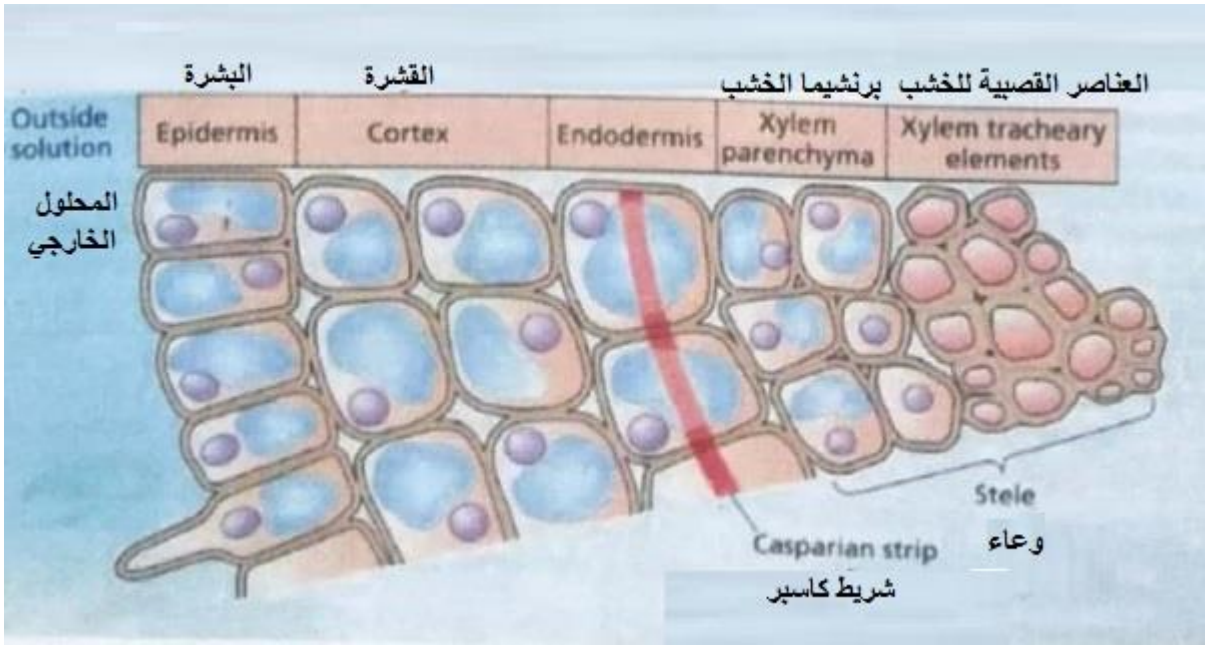
يحدث معظم امتصاص الماء في المنطقة القريبة من طرف الجذر وبالذات في منطقة الشعيرات الجذرية ويكون ذلك من منطقة الجهد المائي العالي في محلول التربة الى منطقة الجهد المائي المنخفض في خلايا الجذر . ويمتص قليل من الماء في قمة الجذر(منطقة القمة النامية) وكذلك في المنطقة المكتملة النمو . حيث يواجه الماء مقاومة شديدة في منطقة القمة النامية بسبب كثافة البروتوبلازم العالية ، وفي المنطقة المكتملة النمو تختفي الشعيرات الجذرية وتترسب مواد السوبرين Suberin والكيوتين Cutin على البشرة حيث تتكون طبقة البشرة الخارجية Exodermis ، فضلاً عن زيادة ترسيب شريط كاسبار Casparian strip في جدر خلايا البشرة الداخلية او الاندوريرمس Endodermis وبالتالي منع نفاذ الماء .

مسارات دخول او حركة الماء من الشعيرات الجذرية الى منطقة القشرة الى الخشب ، يدخل الماء الشعيرات الجذرية والى منطقة الخشب من خلال المسارين الآتيين :

١ – عن طريق نظام السايتوبلازم او النظام الحي Symplast حيث يتحرك الماء عبر السايتوبلازم والخيوط البلازمية plasmodesmata الى الخلايا الاخرى مروراً بالفجوات .

٢ – عن طريق نظام الجدر الخلوية Apoplast مرورا بالمسافات البينية Intercellar spaces ، حيث يتم تحرك وانتقال الماء والاملاح الذائبة خلال جدر الخلايا والمسافات البينية بين الخلايا (انتقال خلال الجزء غير الحي من الخلايا) في هذا النظام تكون الكمية الكبرى من الماء الممتص تمر خلاله وانه اسرع في مرور الماء واقل مقاومة من النظام الحي ، ويقف مرور الماء خلال هذا المسار عند الاندودومس التي تصل كحاجز .





وعندما يصل الماء الى البشرة الداخلية Endodermis فأنه يدخل عن طريق السايتوبلازم تاركاً الجدر الخلوية للبشرة الداخلية بسبب وجود شريط كاسبار عليها ، غير انه في بعض النباتات (ذوات الفلقة الواحدة) توجد خلايا رقيقة الجدار في البشرة الداخلية ، تسمح بمرور الماء بسهولة عن طريق الجدار الخلوية او السايتوبلازم ، وتسمى خلايا المرور passage cells كذلك فان استمرار ايصال الماء الى الاسطوانة الوعائية من البشرة الداخلية قد يحدث عند نقطة تكوين الجذور الجانبية في الدائرة المحيطية pericycle ، ففي نبات الذرة والفول فأن الجذور الناشئة من الدائرة المحيطية pericycle تقوم بتمزيق شريط كاسبار وبالتالي تسهل دخول الماء الى الأسطوانة الوعائية ، وبوصول الماء الى الاسطوانة الوعائية فانه يتحرك في نسيج الخشب الى الاعلى ، متأثراً بعوامل ناشئة في انسجة الورقة ، حيث ان فقدان الماء بعملية النتح يؤدي الى خفض الجهد المائي وبالتالي يساعد في حركة الماء من الجذر عبر الساق الى الورقة . كذلك فان اندفاع الماء الى الاسطوانة الوعائية يؤدي الى احداث ضغط يساعد في رفع الماء الى الاعلى يسمى بالضغط الجذري Root pressure .

الية امتصاص الماء Mechanism of Water Absorption :

تجري عملية امتصاص الماء وفق الالية الأسموزي Osmosis. وهذا يعني ان الماء يتحرك من منطقة الجهد المائي العالي في محلول التربة الى منطقة الجهد المائي المنخفض في انسجة الجذر . وينشأ هذا التدرج في الجهد المائي في هذا النظام نتيجة لنوعين من التأثيرات هما :

١ – تأثير النتح Effect of Transpiration

يحدث هذا النوع من التأثير نتيجة لقوى ناشئة في الجو او في انسجة الورقة فعندما يفقد الماء بعملية النتح لابد من تعويضه من خلال امتصاصه من الجذر عبر الساق . وان فقد الماء من الاوراق يعني هبوط محتوى الماء وبالتالي يصبح الجهد المائي اكثر سالبية (منخفضاً) في انسجة الورقة . وينتقل التأثير من الورقة الى الساق والجذر حيث ينتقل الماء من منطقة الجهد المائي العالي في الجذر والساق الى منطقة الجهد المنخفض في الورقة . كذلك ينتشر الماء من محلول التربة الى انسجة الجذر بسبب التدرج في الجهد المائي ، وعليه فان هذا النوع من الامتصاص يحدث بتأثير قوى ناشئة في الورقة وبتأثير عملية النتح .

٢ – تأثير تراكم الذائبات Effect of Solute Accumulation

يحدث تدرج في الجهد المائي بين محلول التربة وانسجة الجذر نتيجة لامتصاص الايونات امتصاصاً نشطاً (صرف طاقة بشكل ATP) وهذا يحدث هبوطاً في الجهد الازموزي والجهد المائي وبالتالي الاسراع في امتصاص الماء ودخوله الاسطوانة الوعائية ونشوء ضغط يدفع الماء والايونات الى الاعلى وهذا ما يسمى **بالضغط الجذري Root pressure** وعليه يكون امتصاص الماء في منطقة الجذر بالألية الأسموزي بعد امتصاص الذائبات بالألية النشطة Active absorption وهذه الالية قد تسود في ظروف غياب تأثير النتح (خلال الليل مثلاً) وقد اشارت البحوث ان شمول صرف الطاقة في عملية امتصاص الماء في منطقة الجذر يتأتى من خلال بعض الادلة واهمها ما يأتي :

أ – تعاق عملية امتصاص الماء باستعمال المثبطات التنفسية مثل ثنائي نايتروفينول Dinitrophenol والازايد Azide ومركبات الزرنيخ Arsenic compounds والسيانيد Cyanide .

ب – الظروف اللاهوائية تعيق امتصاص الماء من قبل الجذور .

ج – درجات الحرارة المنخفضة من شأنها تقليل امتصاص الماء في منطقة الجذر .

د – قتل الجذور بماء مغلي يؤدي الى خفض مقاومة امتصاص الماء في منطقة الجذر مما يساعد على امتصاص الماء اكثر مما في الجذور الحية .

العوامل الموثرة في امتصاص الماء Factors Affecting Water Absorption

١ – تركيز محلول التربة Concentration of Soil Solution

ان انخفاض الجهد المائي لمحلول التربة يقلل من معدل ومقدار امتصاص الماء . ولكي يتم الامتصاص بكفاءة عالية لابد من ان يكون التدرج في الجهد المائي لصالح دخول الماء الى انسجة النبات . وعندما ينخفض الجهد

المائي للتربة الى درجة يتوقف عندها امتصاص الماء ، فان النبات يعاني من عجز شديد بالماء وتوصف هذه الحالة بالجفاف الفسيولوجي Physiological drought والنبات يمكن ان يموت عندما لا يستطيع التغلب على هذه الحالة . ولكن بعض النباتات خصوصاً النباتات الملحية والجفافية تتغلب على النقص والهبوط الشديد في الجهد المائي لمحلول التربة وذلك بخفض الجهد الازموزي (في عملية التنظيم الازموزي Osmoregulation) لعصيرها الخلوي بطريقتين هما :

أ – زيادة امتصاص الايونات وهذا ما يحدث بصورة رئيسية في الاراضي المالحة حيث ان النبات يمتص الايونات حتى لو كانت ضارة وبالتالي فان الجهد المائي للعصير الخلوي ينخفض كثيراً ويؤدي بالتالي الى استمرار امتصاص الماء .

ب – التعجيل في بناء المواد الذائبة العضوية او تكوينها من مواد معقدة، اذ يقوم النبات بهدم البروتينات والكربوهيدرات الى احماض امينية او سكريات ذائبة تساهم في خفض الجهد المائي وبالتالي ابقاء التدرج في الجهد المائي لصالح دخول الماء الى داخل النبات .

٢ – تهوية التربة Soil Aeration :

يكون امتصاص الماء كفؤاً من التربة جيدة التهوية حيث يكون عندها الامتصاص سريعاً . اما التربة غير جيدة التهوية فأنها تعيق عملية امتصاص الماء للأسباب التالية :

أ – قلة الاوكسجين في التربة تسبب اعاقة النمو واعاقة العمليات الحيوية ومنها عملية الامتصاص النشط Active absorption للأيونات والعناصر الغذائية الضرورية لأنها تحتاج الى الاوكسجين لإنتاج الطاقة .

ب – تراكم ثاني اوكسيد الكربون (بشكل حامض الكربونيك H_2CO_2) في التربة يسبب ضراراً كبيراً اكثر من ضرر نقص الاوكسجين . وذلك ان زيادة ثاني اوكسيد الكربون تسبب زيادة في لزوجة البروتوبلازم وتقليل النفاذية وانقاص قدرة الجذور على الامتصاص .

٣ – الماء الميسور للتربة Water Availability in the Soil:

يقوم النبات بامتصاص الماء عند مستوى معين من محتوى الماء في التربة . ويمكن تحديد هذا المستوى بنقطتين :

أ – النسبة المئوية للذبول الدائم Permanent Wilting Percentage : وهي النقطة التي عندها لا يستطيع النبات ان يمتص الماء وتظهر عليه اعراض الذبول الدائم . والذبول الدائم هو عندما لا تستعيد الاوراق ضغط امتلائها حتى لو وضعت لمدة ٢٤ ساعة في جو مشبع ببخار الماء . وتبلغ قيمة جهد الغرويات في التربة عند هذه النقطة حوالي (١٥ -) بار ، لكن النسبة المئوية لرطوبة التربة تختلف حسب نوعية التربة حيث تبلغ ٢.٢ % في

التربة الرملية و ١٢.٦ % في التربة الغرينية و ٢٦.٦ % في التربة الطينية . وقد يظهر الذبول المؤقت او الاولي على بعض النباتات خاصة في فصل الصيف اذا كان معدل النتح يفوق كثيراً معدل الامتصاص والمقصود هنا في الاحوال الطبيعية من النتح والامتصاص . ويشفى النبات من هذا الذبول عند غروب الشمس حيث تنخفض درجة الحرارة وتهبط عملية النتح وتستمر عملية امتصاص الماء على نفس الوتيرة السابقة .

ب – السعة الحقلية Field capacity : وهو المحتوى المائي للتربة بعد سقيها بالماء وتشبعها بالرطوبة حتى يتوقف نضج الماء الزائد منها . وان كمية الماء التي تحويها التربة ما بين السعة الحقلية والنسبة المئوية للذبول الدائم يسمى بالماء الشعري Capillary Water وتختلف كمية هذا الماء ومداه حسب نوع التربة التي ينمو عليها النبات . وتبلغ قيمة جهد غرويات التربة عند السعة الحقلية حوالي ٠.٠٣ % ميكاباسكال ($\frac{1}{3}$) بار، كما تختلف النسبة المئوية للرطوبة حسب نوعية التربة فتبلغ ٤.٥ % في التربة الرملية و ١٨.٤ % في التربة الغرنية و ٤٥.١ % في التربة الطينية .

٤ – معدل النتح في النبات Transpiration Rate :

تسبب زيادة معدل النتح نقصاً في الجهد المائي وبالتالي فان التدرج الحاصل في الجهد المائي يكون لصالح دخول الماء الى النبات .

٥ – خصائص المجموع الجذري Properties of Root System:

هنالك نوعين من المجموع الجذري :

أ – المجموع الجذري الذي يخترق التربة عميقاً مثل الجذور الوتدية Tap Root .

ب – المجموع الجذري الذي يشكل شبكة كثيفة من الجذور المتفرغة والذي يغطي منطقة واسعة قرب سطح التربة .

٦ – الظروف المناخية Climatic Conditions :

تؤثر الظروف المناخية مثل درجة الحرارة والضوء وسرعة الرياح والرطوبة النسبية في امتصاص الماء . الا ان تلك التأثيرات في طبيعتها غير مباشرة تؤثر درجة حرارة الجو في امتصاص الماء من خلال تأثيرها في درجة حرارة التربة . وغالبا ما تكون حرارة التربة مرتبطة ومقاربة لدرجة حرارة الجو . وبصورة عامة ينخفض معدل امتصاص الماء بانخفاض درجة حرارة التربة ويزداد بارتفاعها . وتؤثر درجة الحرارة المنخفضة في معدل امتصاص الماء من خلال تأثيرها في خفض معدل انتشار الماء وخفض نفاذية الاغشية الخلوية وهبوط العمليات الايضية وهبوط نمو الجذور فضلاً عن زيادة لزوجة الماء .

ويمكن ان يهبط معدل الامتصاص تحت ظروف درجات الحرارة المنخفضة من خلال الهبوط في معدل النتح ، اما تأثير درجة الحرارة العالية فأنها تسبب زيادة في الطاقة الحركية للمادة وزيادة معدل عملية النتح . وفي الحقيقة بان الامتصاص يزداد الى حد معين وان اي زيادة اخرى في درجة الحرارة قد تسبب تأثيرا سلبياً في امتصاص الماء لان مجمل الفعاليات الايضية قد تتأثر بشكل سلبي تحت تلك الظروف .

المحاضرة الخامسة : عملية النتح The transpiration

هل يعتبر الإخراج مشكلة بالنسبة للنبات كما هو الحال الإنسان والحيوان؟

جواب: لا يمثل الإخراج مشكلة بالنسبة للنبات .

جواب: تتجمع الفضلات في خلايا النبات ببطء بينما تتجمع بسرعة كبيرة في خلايا الحيوان لان معدل الهدم في خلايا الحيوان يكون أسرع بكثير من خلايا النبات إذا تساوى فيي الوزن إعادة استخدام النبات فضلاتها (استخدام الفضلات النيتروجينية في بناء البروتين اللازم لها وكذلك استخدام CO_2 والماء الناتج من عملية التنفس وفي عملية البناء الضوئي. تخزن النباتات الفضلات كالأملاح والأحماض العضوية في خلاياها على شكل بلورات عديمة الذوبان اما في السايتوبلازم أو الفجوات العصارية (السموم التي لا تذوب لا تشكل مشكلة) كثير من النباتات تخرج CO_2 وبعض الأملاح المعدنية عن طريق جذور النباتات التي تنمو في تربة غنية بالكالسيوم تتخلص من الزيادة من هذا العناصر عن طريق تجميعها في الأوراق التيي تسقط في النهاية .

كيف يقوم النبات بعملية الاخراج ؟

عملية النتح Transpiration ، الادماع Guttation ، الافراز Secretion

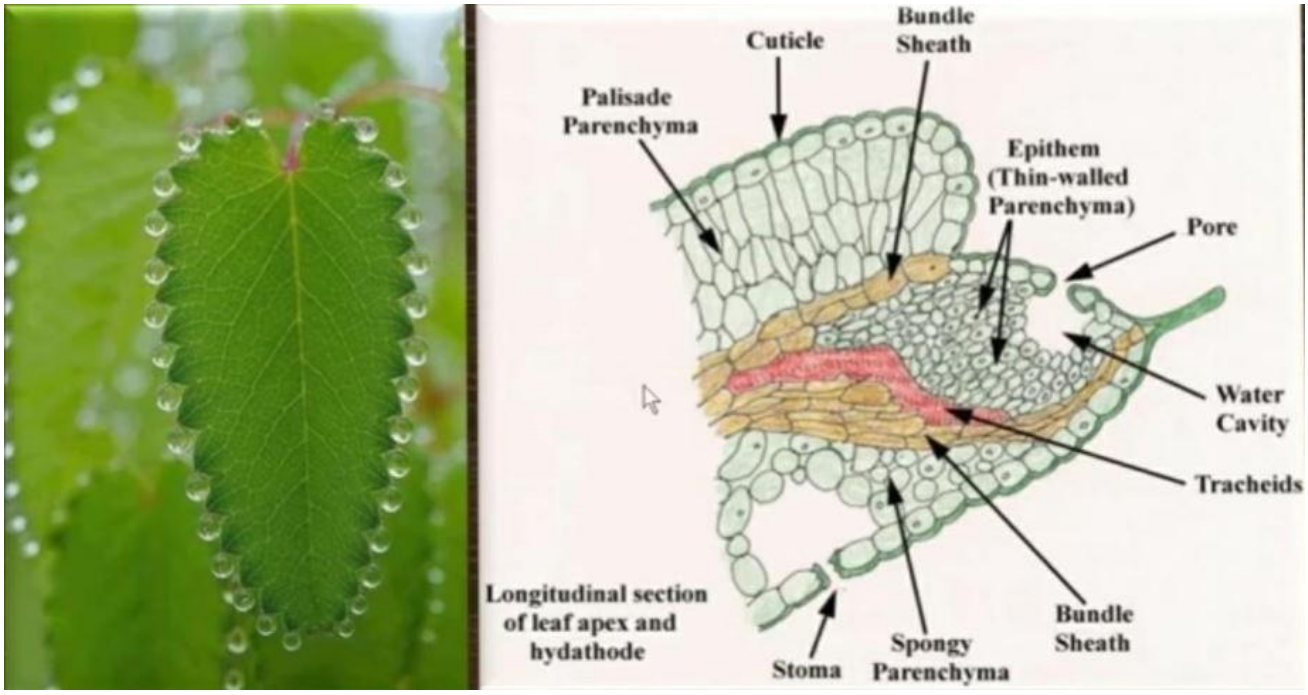
عملية فقد النبات الماء plant loes of water

يفقد الماء حوالي ٩٥% من الماء الذي يمتصه والباقي ٥ % يستهلك في العمليات الحيوية المختلفة من التحولات الغذائية وحفظ وامتلاء الخلايا بالرغم من شدة حاجة النبات الى الماء فانه لا يستوفي احتياجاته منه لأتمام العمليات الحيوية المختلفة الا بعد ان يستوفي الماء اللازم للفقد لذلك اهمية الماء المفقود اكثر من أهميته الماء للنبات نفسه لذلك يجب مراعاة توفير الماء اللازم للنتح عند زراعة المحاصيل الزراعية الاقتصادية الذي لا تقل اهميته عن اهمية العناصر الغذائية والاسمدة ويختلف مقدار ما يفقده النبات من ماء تبعا للنوع ومرحلة نموه ومدى التحورات المورفولوجية والتشريحية والفسيولوجية به . مقاومة فقد الماء لا يستهان بما يفقده النبات من ماء فعلى سبيل المثال نبات الذرة الواحد خلال موسم النمو يفقد ما يعادل ٢٤٥ لتر ماء اي ما يعادل وزنه بأكثر من ١٠٠ مرة ويقدر ما يفقده فدان ذرة خلال موسم النمو بحوالي ٢٤٠٠ متر مكعب وتكفي تلك الكمية لتغطية التربة بسمك ٢٠ سم تقريبا تفقد شجرة الاسفندان التي طولها ٤٨ قدم حوالي ٢٦٣ لتر خلال كل ساعة في عملية النتح .

عملية فقد النبات الماء plant loes of water

تعدد صور فقد الماء فقد الفقد على صورة بخار ماء Vapor سائلة liquid ، النتح Transpiration ، الادماع Guttation ، الافراز Secretion ، الادماء Bleeding .

الادماع Guttation : هي خروج قطرات من الماء وما به من ذائبات على حواف انصال الاوراق النباتات ذوات الفلقتين وعلى قمة اوراق نبات ذوات الفلقة الواحدة .



الثغور المائية Hydathodes

الافراز Secretion

فقد الماء السائل بصورة محاليل من الغدد النباتية ومن الغدد الرحيقية في الازهار .

الادماع Guttation

خروج قطرات من الماء وما به من ذائبات في اماكن وجود انسجة الخشب عند قطع او جرح ساق النبات المتصل بالجذر بشرط توفر ظروف معينة تساعد على ذلك كمحتوى التربة من الماء وحالة النبات الفسيولوجية .

النتح Transpiration

فقد النبات للماء على صورة بخار ماء من الاسطح الخارجية المعرضة للجو تميزاً له عن باقي صور الفقد الاخرى .

يخرج بخار الماء من الفتحات الثغور لكن اذا قابل البخار فتحات اخرى في النبات يستطيع ان يخرج منها فانه يخرج من خلالها .

انواع النتح

النتح الادمي Cuticular transpiration

النتح العديسي Lenticular transpiration

النتح الثغري Stomatal transpiration

النتح الادمي Cuticular transpiration

يقدر بحوالي ٥ % من جملة النتح الكلي من البنات ويتم ذلك من خلال طبقة الادمة التي تغطي الاسطح الخارجية لأوراق والسوق حيث يفقد منها الماء للجو المحيط ، ويختلف سمك الادمة اختلاف كبير من نبات لأخر فيزداد سمكها في النباتات الجفافية وتنعدم او يقل سمكها في النباتات المائية وكذلك نباتات الظل .

كما يتوقف سمكها تبعا لعمر العضو النباتي فتزداد كلما زاد العضو النباتي في العمر . كما يلعب وجود زوائد في البشرة في التقليل من فقد بخار الماء من خلال طبقة الادمة .

النتح العديسي Lenticular transpiration

يقدر بحوالي ٥ % من جملة النتح الكلي من النبات ويتم من خلال العديسات التي توجد على السطح الخارجي لقلف الاشجار وبعض الثمار حيث يفقد منها الماء للجو المحيط .

العديسات Lenticels

فتحات طبيعية تظهر كمساحات عديسية الشكل مرتفعة عن السطح النبات على قلف الاشجار وبعض الثمار من خلالها يحدث التبادل الغازي لتنفس الانسجة الداخلية والنتح .

تعطي خلايا الكامبيوم الفليني للخارج في بعض المناطق نسيج مفكك يعرف بالنسيج المالئ وفي ظروف البرودة الشديدة يعطي خلايا الفلين (طبقة الى طبقتين) تعرف بالنسيج الغالق لحماية الانسجة الداخلية من البرودة وعند توفر الظروف الملائمة يعطي خلايا مفككة مرة اخرى مما يؤدي لتمزق النسيج الغالق ولذلك تظهر طبقات متبادلة من انسجة مفككة واخرى غالقة .

النتح الثغري Stomatal trans .

يتم ذلك من خلال فتحات الثغور التي تنتشر على الاوراق والسوق النباتية ، وهذا النوع من النتح هو المسؤول عن ٩٠ % او اكثر من جملة ما يفقده النبات من ماء وتوجد معظم الثغور على اوراق النبات ولا توجد على الجذور .

يختلف توزيع الثغور على الاوراق النباتية السطح العلوي فقط Epistomatous السطح السفلي فقط Hypostomatous .

كما هو الحال في النباتات المائية العائمة على السطح الماء ، مثل ابو خنجر والكوليوس (السجاد) والبلوط والتفاح والخوخ في كلا السطحين Amphistomatous قد تنعدم الثغور تماما من كلا السطحين كما في النباتات المائية المغمورة تتحكم الثغور في عملية فقد بخار الماء من خلال ميكانيكية حركة الخلايا الحارسة وهذا يتوقف على ضغط امتلائها .

بزيادة ضغط امتلائها تزداد في الحجم وتنتفخ ويؤدي الى انتفاخ فتحة الثغر وبانخفاض ضغط امتلائها تقل في الحجم وتنكمش يؤدي الى قفل فتحة الثغر .

العوامل التي تتحكم في ضغط امتلاء الخلايا الحارسة Factors controlling turgor pressure in guard cells

١ – الضوء وصور المواد الكربوهيدراتية بالخلايا الحارسة .

لوحظ ان الثغور تنفتح تدريجيا في الضوء وتنغلق تدريجيا في الظلام اي تفتح نهارا وتقفل ليلا . كلما زاد ما يمتصه النبات من اشعة الشمس كلما ادى الى انفتاح الثغر . في الظلام يتراكم CO_2 الناتج من التنفس في المسافات البينية للنسيج الوسطي ويزداد تركيزه في الوسط المحيط بالخلايا الحارسة ويتكون حامض الكربونيك فيؤدي هذا الوسط الحامضي الى تحول سكر الكلوكوز الى نشأ فيقل ضغط امتلائها فتنكمش ويقفل الثغر. اثناء النهار وفي وجود الضوء وحدوث البناء الضوئي يستهلك CO_2 فيترتب على ذلك ارتفاع تركيز ايون الهيدروجين و PH في العصير الخلوي فيتحلل النشأ الى سكر يؤدي الى رفع الضغط الاسموزي ويزداد ضغط امتلائها فينفتح الثغر. في الظلام يتراكم CO_2 الناتج من التنفس وينخفض PH وبالتالي يقل قدرة المحتويات الغروية على الاحتفاظ بماء التشرب ويتسرب الى الخلايا المجاورة فينخفض ضغط امتلائها فيقفل الثغر اثناء النهار في وجود الضوء يؤدي الى رفع درجة PH للعصير الخلوي للخلايا الحارسة فيزيد ذلك من قابلية المحتويات الغروية من تشرب الماء من المجاورة بقوة التشرب فتنفتح الخلايا وينفتح الثغر .

٢ – درجة الحرارة Temperature

تؤدي زيادة درجة الحرارة ٢٠ – ٣٠ الى فتح الثغور في معظم الانواع النباتية . وتغلق عند تعرضها لدرجات حرارة اعلى من ذلك ، حيث تزيد الحرارة من معدل التنفس مما يترتب عليه زيادة تركيز CO_2 والذي يكون حامض الكربونيك مؤديا الى خفض PH فيؤدي الى غلق الثغور . يؤيد ذلك امكانية غلق الثغور بأمرار تيار من الهواء الساخن والخالي من ثاني اكسيد الكاربون CO_2 .

٣ – المحتوى المائي للنبات والاوراق وحامض الابسيسك .

مع نقص المحتوى المائي للنبات ينتج عنه ذبول اولي يصعب تميزه بالعين لكن يؤدي لغلق الثغور ويحدث ذلك طبيعيا لحفظ النباتات الوسطية من الجفاف في ايام الصحو المشمسة ، وعند زيادة المحتوى المائي تنفتح الثغور انخفاض المحتوى المائي للخلايا الحارسة يؤدي الى نقص PH في العصارة فيتحول السكر الى نشأ فينخفض الضغط الاسموزي لها فتفقد الماء وينغلق الثغر . يعمل الجفاف على تحفيز انتاج ABA فيتحرك الى الخلايا الحارسة فينخفض ضغطها الاسموزي فتنغلق فتحة الثغر .

٤ – تركيز ايون K في الخلايا الحارسة .

يزيد تركيز البوتاسيوم بالخلايا الحارسة من ضغطها الأسموزي وبالتالي زيادة ضغط امتلائها فتنفتح الثغور والعكس عندما ينخفض تركيزه يقل ضغط امتلائها وينغلق الثغر.

٥ – الضوء .

يحفز ضخ ايونات البوتاسيوم الى داخل الخلايا الحارسة لكن هذه النظرية قاصرة على تفسير كيفية انفتاح الثغر في الظلام في جو خالي من CO_2.

٦ – زيادة تخليق الاحماض العضوية بالخلايا الحارسة .

مثل الماليك يؤدي لزيادة H في العصير الخلوي والتي تضخ للخارج وفي نفس الوقت تضخ K للداخل فيرفع الضغط الأسموزي وينفتح الثغر . والعكس انخفاض محتوي الخلايا الحارسة من H فتضخ من الخلايا المجاورة داخل الخلايا الحارسة وتضخ K للخارج فيقل ضغطها الأسموزي وينغلق الثغر .

٧ – يعتقد ان عملية البناء الضوئي تقلل من CO_2 في الخلايا الحارسة

فيؤدي الى زيادة توارد K داخل الخلايا الحارسة رافعا ضغطها الاسموزي فينفتح الثغر وبالتالي يدخل CO_2 اللازم لعملية التمثيل الضوئي .

٨ – الصدمات والمواد المخدرة Shocks and narcotics

تعرض الثغور للصدمات يؤثر على حركتها فتنغلق الثغور عند حرق طرف ورقة او عند تعرضها لصدمات كهربائية و تفتح بعد ذلك كما ان تعرضها للمواد المخدرة كذلك مثل الكلوروفورم يؤدي الى غلقها يؤدي ذلك الى التأثير علي نفاذية الغشاء البلازمي بل ويتوقف معدل النتح على عدد الثغور .

معدل النتح Rate of transpiration

زن ما يفقده النبات من ماء بواسطة النتح من مساحة خضرية معينة خلال فترة زمنية محددة ، يتوقف معدل النتح على عدد الثغور في وحدة المساحة (من ١٠٠٠ الى 20000\ سم^{٢}) فكلما زاد عدد الثغور كلما زاد معدل النتح. كذلك المساحة الثغرية ومساحة السطح الداخلي للنسيج .

اهمية عملية النتح للنبات

١ – يقي النبات من أخطار الحر الشديد ان تبخر الماء من أنسجة الورقة يستنفذ مقدار من الحرارة تعرف بحرارة التبخير والتي تستمدها من الأوراق فتبرد.

٢ - ينتج من النتح قوة سالبة هي العامل المهم في إمداد النبات بالماء.

٣ - يساهم النتح في زيادة معدل امتصاص النبات للذائبات .

العوامل المؤثرة على معدل النتح Factors influencing the rate of trans .

اولا: العوامل الخاصة بالنبات

مساحة الورقة	area Leaf
تركيب الورقة	Leaf structure
المحتوى المائي للورقة	Leaf water content
نسبة المجموع الجذري الى الخضري	Root – shoot ratio

ثانيا : العوامل البيئية

الرطوبة الجوية Atmospheric humidity

حرارة الهواء الجوي Air temperature

التعفير والرش Dusting and spraying

شدة الاضاءة Light intensity

المحاضرة السادسة : المحاليل وأنواعها وخصائصها **Types of Solutions**

فسيولوجيا العلاقات المائية:

الماء The water

النبات كغيره من الكائنات الحية لا يستطيع أن يحيى بدون الماء الذي يمثل اكثر من ٩٠ ٪ من التركيب الكيميائي الحيوي. ويشارك في جميع التفاعلات الحيوية والفسيولوجية سواء بطريقة مباشرة أو غير مباشرة. ويعتبر الماء مصدر الأوكسجين الناتج من عملية التمثيل الضوئي لذلك يعرف الماء بأنه سائل الحياة fluid of life.

يمكن تعريف (الماء) بأنه سائل شفاف ليس له رائحة أو مادة غير عضوية تتكون من الأوكسجين والهيدروجين أو هو سائل الحياة اي لا حياة بدون ماء. فالبروتوبلازم عباره عن محلول غروي وهو المادة التي يكمن فيها سر الحياة

الماء هو السائل الوحيد الذي يمكن أن يوجد في صور المادة الثلاث الصلبة والسائلة والغازية. فيوجد على هيئة بخار في الجو ومتجمد وسائل معًا في الصيف أو في أحد قطبي الكرة الأرضية.

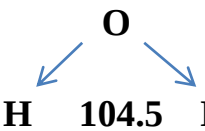
ترتبط جزيئات الماء مع بعضها البعض بحيث يرتبط الطرف الموجب بكل منها بالطرف السالب في جزيئات أخرى. وعندما يتجمد الماء يحدث ترتيب الجزيئات الماء في شكل طبقات.

عند انصهار الثلج يحدث تكسر الروابط الهيدروجينية وتزداد كثافة الماء إلى درجة ٤ مئوية حيث يحدث تكسير لطبقات الثلج ويصبح أكثر كثافة من الروابط نتيجة للحرارة والاهتزاز الحراري ويصبح الماء أقل كثافة وعندما تزداد الحرارة ينكسر عدد اكبر من الروابط وعندما ترتفع درجات الحرارة إلى (١٠٠ م^{٢}) أم تنكسر الروابط الهيدروجينية تمام وكلية وتكون النتيجة هروب جزيئات الماء على هيئة بخار وهو ما يحدث في عملية التبخر .

التركيب الجزيئي للماء :

يتركب من الهيدروجين والاوكسجين وذلك بارتباط ذرتين من الهيدروجين مع ذرة واحدة من الأوكسجين وتكون الزاوية المحصورة ما بين ذرتي الهيدروجين (١٠٤.٥ م) وبالتالي يصبح جزيئة الماء غير متماثل Asymmetrical حيث يصبح له طرف سالب واخر موجب .

ظاهرة القطبية polarity



لو أن الزاوية بين ذرتي الهيدروجين ١٨٠ لفقد جزيئة الماء خاصية القطبية. أي أن التوزيع الفراغي لذرات جزيئة الماء يلعب دور رئيسي في قبطيته

أهمية الماء بالخلية :

- تصل كل المواد الغذائية للخلية في صورة محاليل مائية.
- يعتبر وسط جيد لحدوث العمليات الحيوية داخل الخلية النباتية.
- يوجد بنسبة أكبر في الأنسجة النشطة عنه في الأنسجة الأقل نشاطًا.
- تصل نسبة البروتوبلازم من ١٠ - ٩٠ % من وزنه.
- يعتبر الماء اساسي للحياة بصفة عامه حيث يدخل في تركيب معظم المكونات سواء الجدار الخلوي أو البروتوبلازم أو الفجوة العصارية.
- وجود الماء هام لإتمام عملية البناء الضوئي لتكوين الكربوهيدرات حيث انه مصدر الهيدروجين الذي يدخل في تكوين المواد الكوربوهيدرات
- يكون محلول الفجوة العصارية والتي تلعب دور في امتصاص الماء(الضغط الازموزي)

صور الماء في الخلية

١. الماء الحر free water

هو الماء الذي ينتقل بحرية بين مكونات الخلية. ويدخل في عمليات التحول الغذائي (الايض) metabolism ويعمل كوسيط للتفاعلات الكيميائية التي تحدث في الخلية .

٢. الماء المقيد Bound water

هو الماء المتصل بجزيئات البروتين أو جزيئات المواد العضوية بروابط كيميائية اي انه يعتبر جزء من تركيب الجزيء ويقدر هذا الماء بحوالي ٤.٥ % من كل الماء الموجود بالبروتوبلازم .

الماء والتربة

يعتبر ماء التربة المصدر الرئيسي للماء والعناصر الغذائية عندما يتعرض محلول التربة للجاذبية الأرضية يفقد منه الجزء العالق بجزيئات التربة ويسمى بماء الجاذبية الأرضية (Gravitational water) والمتبقي من الماء يسمى بالسعة الحلقية (field capacity)

وتشمل السعة الحلقية كل من :

١. الماء الشعري capillary water

(هـو الجـزء المهـم للنبـات) وهـو محصـور بـين السـعة الحقليـة ونقطـة الـذبول الـدائم وكـذلك يعـرف هـو المـاء الموجـود فـي المسـافات البينيـة الدقيقـة بـين حبيبـات التربـة ولـه اهميـة كبيـرة للنباتـات وتتوقـف كميتـه على نوع التربة وبعد مستوى الماء الأرضي

٢. الماء الهيجروسكوبيHygroscopic water

هو عبارة عن اغشية من الماء ترتبط بدقائق التربة بقوى تعادل أو تزيد قوة امتصاص النبات له.

نظـرًا لعـدم قـدرة النبـات علـى امتصـاص المـاء الهيجروسـكوبي ومـع اسـتمرار عمليـة النـتح تتهـدل اوراق وافـرع النبـات اي يتعـرض للـذبول لا يسـتطيع أن يسـتعيد حالـة امـتلاؤه مـره ثانيـة حتـى عنـد وضـعه فـي جـو مشبع ببخار الماء ليله كاملة ولذلك يسمى بالذبول المستديم permmanent wilting

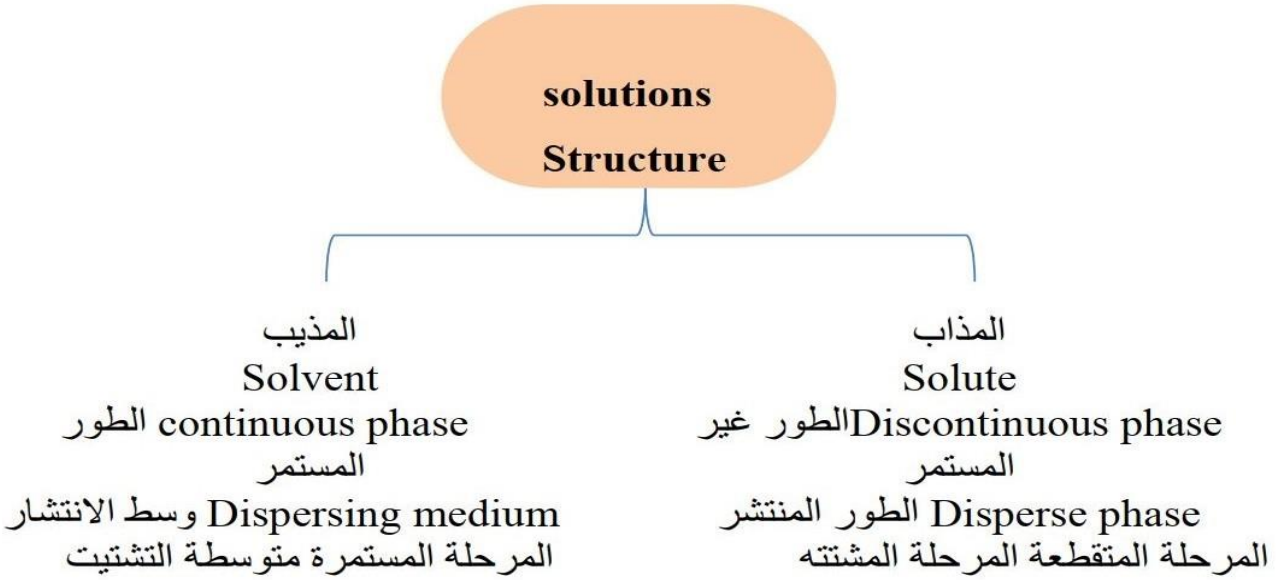
المحاليل Solution

يعرف المحلول بأنه عبارة عن مخلوط متجانس من الايونات أو الجزيئات لمادتين أو أكثر.

الفرق بين المحاليل والمخاليط

الخلائط	**(المحاليل)**
تحتفظ بخواصها	**نوع معين من المخاليط**
لا تشكل خواص فيزيائية	**المادة المتكونة من المحلول لها خصائص فيزيائية جديدة**
يمكن فصلها بـ الايدي ، النخل ، الفلترة ،المغناطيس	**يمكن فصلها بالتبخر**

هيكل المحلول



تتداخل جزيئات المذاب في المذيب ويندمجا معًا

ملاحظة أن كل من المذيب والمذاب قد يكون في أحد صور المادة الثلاثة (الصلبة، السائلة، الغازية) وفي الغالب يكون المذاب صلب والمذيب سائل

ونتيجة لعملية الاندماج التي تحدث بين جزيئات المذاب والمذيب تنخفض الطاقة الحركية لجزيئات المذيب بالمقارنة بجزيئات المذيب النقي وكلما زادت جزيئات المذاب كلما انخفضت الطاقة الحركية لجزيئات المذيب وتزاد الضغط الاسموزي ويرتفع تركيز المحلول .

تنقسم المحاليل تبعاً لحجم دقائق المادة المذابة الى الآتي :

اولاً: المحلول الحقيقي (True Solution)

١. يتكون من إذابة مادة صلبة في وسط سائل فيتكون محلول متجانس يتميز بعدة خصائص .
٢. قطر دقائق المادة المذابة أقل من واحد من النانوميتر .
٣. محاليل ثابتة لا تترسب بمرور الوقت وتعطي محلول متجانس .
٤. يمر من خلال ورق الترشيح والاغشية الشبه منفذة .
٥. لا يمكن رؤية جزيئاته بالعين المجردة ولا بأي وسيلة من وسائل الإبصار المتقدمة .

مثال : يتكون بشكل مباشر بأذابة المادة المذابة في المذيب كما في محلول كلوريد الصوديوم Nacl .

ثانياً: المحلول المعلق والمستحلب (Suspension and Emulation Solution)

يتكون المحلول المعلق من إضافة مادة صلبة في وسط سائل ويتميز بعدة خصائص:

١. قطر دقائق المادة المذابة تزيد عن ٢٠٠نانوميترفي المعلق

٢. محلول غير متجانس حيث تظل المادة المذابة عالقة بفترة من الزمن ثم تنفصل وتترسب بمرور الزمن
٣. لا يمر هذا المحلول خلال ورق الترشيح أو الأغشية الشبه منفذة
٤. لا يمكن رؤية جزيئاته بالعين المجردة او الميكروسكوب العادي

المحلول المستحلب (Emulation solution)

يتكون المحلول المستحلب من إضافة مادة سائلة في وسط سائل ويتميز هذا المحلول بعدة خصائص: مثل إضافة الزيت في الماء

١. قطر دقائق المادة المذابة تزيد عن ١٠٠نانوميتر
٢. محلول غير متجانس حيث تظل المادة المذابة عالقة لفترة من الزمن ثم تطفو على سطح المذيب
٣. لا يمر خلال ورق الترشيح أو الاغشية الشبه منفذة
٤. يمكن رؤية جزيئاته بالعين المجردة او الميكروسكوب العادي .

ثالثاً: المحلول الغروي (Colloidal Solution)

يتكون من إضافة مادة صلبة في وسط سائل فيتكون محلول متجانس يتميز بعدة خصائص:

١. قطر دقائق المذابة من ١الى ١٠٠ نانوميتر
٢. محاليل ثابتة لا تترسب بمرور الزمن وتعطي محلول متجانس
٣. يمر خلال ورق الترشيح او الاغشية الشبه منفذة
٤. لا يمكن رؤية جزيئاته بالعين المجردة ولكن يمكن بإستخدام الميكروسكوب الالكتروني . مثل: كلوريد الحديد في الماء الساخن

أنواع المحاليل الغروية تبعًا لعلاقتها بالمذيب

اولاً: غرويات كارهه للمذيب(lyophobic colloids)

وفيها لا توجد قابلية بين الدقائق المنتشرة (المادة المذابة) وسط الانتشار (المذيب) وتحمل جزيئات المذاب شحنات كهربائية حيث تستخدم جزيئاتها مع بعضها البعض لذلك تظل ثابتة ولا تترسب ولا تحاط جزيئات المادة المذابة بغشاء من المذيب إذا كان الماء هو الطور المستمر يسمى أو المذيب المحلول الغروي الكارة للماء او يعرف Hydrophobic solution

ثانيًا غرويات محبة للمذاب lyophilic colloids

وفيها توجد قابلية بين الدقائق المنتشرة المادة المذابة ووسط الانتشار المذيب حيث تحيط دقائق المادة المذابة نفسها بأغشية من المذيب وتحمل جزيئات الطور المنتشر شحنات كهربائية يؤدي ذلك إلى ثبات المحلول وتعرف بالمحاليل العكسية ،إذا كان الماء هو الطور المستمر اي المذيب ويسمى المحلول الغروي المحب للماءHydrophilic solution

أنواع المحاليل الغروية تبعًا لحالة وسط الانتشار

اولاً/ غرويات سائلة محلول Sol يكون فيه المذيب سائل والمادة المذابة صلبة

ثانياً/ غرويات صلبة محلول Gel يكون فيه المذيب او وسط الانتشار صلب والدقائق المنتثره أو المذاب سائل

تتأثر لزوجة المحاليل بدرجة حرارة فتقل بأرتفاعها وتزداد بانخفاضها ولذلك يمكن تحويل المحلول الغروي من الصورة(sol) إلى صورة (Gel) عن طريق التبريد والعكس عند التسخين وهذا ما يعرف (بظاهرة انعكاس الأطوار الكامل)

ظاهرة انعكاس الاطوار: وهو تحول المحلول الغروي من صورة إلى أخرى نتيجة لتأثره بعوامل خارجية يرجع إلى حالة الطبيعية بعد زوال المؤثر الخارجي مثل

sol ⟵ الحرارة الجيلاتين البرودة ⟶ Gel

في حالة خفض درجة الحرارة يزداد سمك الأغشية المحيطة بدقائق المادة المنتشرة وتتصل الدقائق بعضها في صورة شبكة تملأ عيونها أجزاء منفصلة من وسط الانتشار (الانتشار) .

ويمكن تحويل المحلول الغروي من sol إلى صورة Gel عن طريق زيادة كثافة الدقائق المادة المنتثرة

نتيجة زيادة تقارب دقائق المادة المنتثره بزيادة إعدادها أو بزيادة سمك اغشيتها

عند تحويل المحلول الغروي من صورة sol إلى صورة Gel بواسطة التسخين مع عدم إمكانية تحول Gel إلى sol مرة أخرى مثل زلال البيض وهذا ما يعرف (انعكاس الاطوار غير الكامل)

تحضير المحاليل الغروية Preparation of Colloidal solutions

يمكن تحضير كل المواد الى صورة الغروية مادام من الممكن الوصول بحجم دقائق المادة إلى حجم المحاليل الغروية ويستخدم في ذلك العديد من العوامل مثل درجة الحرارة والضوء والتفاعلات الكيميائية أو العمليات الميكانيكية أو التيار الكهربائي .

طرق التحضير

اولاً : طريقة التجزئة (Dispersion method)

يتم فيها طحن وتكسير المادة الصلبة حتى تصل لحجم دقائق الحالة الغروية .

مثال : اضافة مادة مستحلبة الى الزيت والماء لتكوين محلول غروي من الزيت والماء .

ثانياً : طريقة التجميع أو التكثيف (condensation met)

يتم فيها تجميع جزيئات او ايونات المحاليل الحقيقية حتى تصل لحجم دقائق الحالة الغروية

أمثلة المحاليل الغروية المحضرة

طريقة التجزئ (Dispersion method)

تحويل الراسب هيدروكسيد الحديد الناتج من تفاعل كلوريد الحديديك مع هيدروكسيد الامونيوم إلى غروي sol وذلك بغسل الراسب بطريقة الترويق عدة مرات ثم إضافة الماء والرج بشدة ثم تنقط من Hcl ويترك لفترة فيتكون لونه أحمر

طريقة التجميع (Condensation method)

تحضير غروي حديدوسيانور الحديديك باستعمال محلول مخفف من كلوريد الحديديك وإضافة محلول مخفف من حديدوسيانور البوتاسيوم فيكون غروي .

خصائص النظام الغرواني Properties of Colloidal system

١- ظاهرة تندال Tyndall phenomenon
٢- الحركة البروانية Brownian Movement
٣- اللزوجة Viscosity
٤- الترشيح والانتشار خلال الاغشية Filteration an Diffusibility Through membrane
٥- التجمع السطحي او الامتزاز Adsorption
٦- الخواص الكهربائية للأنظمة الغروانية Electrical properties of Colloidal systems
٧- الترسيب Precipitation

إثبات الغرويات المائية

الشحنات الكهربائية (Electric charge)

يتوقف ثبات المحاليل الغروية الكارهة للماء على شحناتها الكهربائية فالشحنات الكهربائية الموجودة على الدقائق متشابهة مما يؤدي إلى تنافرها وعدم تجمعها إلى دقائق كبيرة فلا تترسب ولذلك عند إضافة محاليل ذائبات كهربائية يؤدي إلى معادلة الشحنات أو تقليل الشحنات على الدقائق المنتثرة فتتجمع وتترسب ويكون الترسب غير عكسي .

التميؤ (Hydration)

ويقصد به تكوين روابط هيدروجينية بين جزيئات الماء ودقائق المواد الأخرى المشحونة وتنتظم جزيئات الماء على السطوح المشحونة للدقائق حسب نوع الشحنة على سطحها ويتوقف سمك طبقات الماء حول الدقائق على شدة الشحنات على سطحهما

خواص المحلول الغروي الصلب

اولاً: الانتفاخ / الغرويات المحبة للماء لهما القدرة على التميؤ وبالتالي زيادة الدقائق في الحجم نتيجة لتشربهما بالماء

ثانياً: الاحتكام/ محاليل الجلاتين مختلفة التركيز إذا جففت فإنها تتشرب بالماء عند غمسهما فيه حتى يعود إلى تركيزه الأول في كل منهما

ثالثاً: الضمور/ تفقد الغرويات المتصلبة قدرتهما على الاحتفاظ بالماء تدريجياً إذا تركت لفترات طويلة

رابعاً: انعكاس الحالة / يمكن بالرج ينعكس حال الغرويات من الصلابة للسيولة بالرج أو التقليب ويتركهما لفترة تعود لحالة الصلابة

المحاضرة السابعة : صعود الماء في نسيج الخشب Ascent of water the xylem Tissue

يقوم نسيج الخشب بنقل الماء من الجذر الى الورقة ومما هو معروف بأن هناك انواع متباينة من الانسجة ، حية وغير حية توجد ضمن نسيج الخشب المعقد .

أ – العناصر القصبية Treachery elements والتي تشمل الاوعية الخشبية xylem vessels القصيبات tracheids .

ب – الياف الخشب xylem fibers .

ت – بارانكيما الخشب xylem parenchyma (الخلايا البرنكيمية) .

وتقوم الاوعية الخشبية والقصيبات بالعمل الرئيسي في نقل الماء حيث تمتاز بتثخين جدرانها بمادة اللكنين وبأشكال مختلفة كي تمنح القوة لها عن مقاومتها للشد الناتج عن النتح . اما الالياف الخشبية فأنها عبارة عن خلايا طويلة مستدقة النهاية ومثخنة باللكنين وقد يمر قسم قليل من الماء خلالها . اما الخلايا البرنكيمية فأنها خلايا حية تساعد على الحركة الجانبية للماء والمواد الذائبة .

وقد قام علماء النبات بتقديم بعض الادلة حول نقل الماء في الخشب ومن تلك الادلة ما يلي :

١ – هناك علاقة بين معدلات النتح وكمية الماء التي تجهز بها الورقة :

وقد وجد ان هناك قليل من عناصر الخشب في عروق اوراق النباتات المغمورة في الماء . بينما تحوي اوراق النباتات النامية على اليابسة عدداً اكبر من عناصر الاوعية والقصبات الخشبية . فأوراق النباتات الوسطية mesophytes التي تنتج بسرعة فأنها ذات حزم وعائية وخشب اكثر مما هو موجود عادة في النباتات الصحراوية xerophytes .

٢ – تجارب التحليق Ringing or Girdling experiments :

وتكون بإزالة قطاع كامل من القلف الذي يشمل اللحاء تاركاً الخشب سليماً ، فان الاوراق في اعلى الحلقة تبقى منتفخة ، غير انه بإزالة جزء من الخشب فأن الاوراق في المنطقة العلوية من ذلك الجزء تذبل بسرعة ، لكن في حالات كثيرة فان عمل قطع من جانب معين من الساق يصل الى عمق معين في منطقة الخشب فان ذلك من شانه ان يؤدي الى منع حركة الماء الى الاوراق الواقعة اعلى القطع مباشرة فان تلك الاوراق تذبل مقارنة مع الاوراق في اماكن اخرى التي تبقى سليمة مما يدل على حدوث حركة بسيطة جانبية للماء في الخشب .

٣ – تجارب الصبغات Dye experiments :

وتكون باستخدام بعض الصبغات مثل الايوسين Eosin مع بادرات سليمة حيث تغمر جذورها في محلول حاوي على تلك الصبغة ، فان منطقة طرف الجذر بما تشمل من الانسجة الانشائية (المرستيمية) الابتدائية تصبح ملونة بشكل متجانس ، غير ان مناطق الاسطوانة الوعائية في الجذور والسيقان وصولاً الى الاوراق تتلون فيها عناصر الاوعية والقصيبات بتلك الصبغة مما يدل على اهمية تلك العناصر في نقل العصارة من الجذر وحتى الورقة .

٤ – استخدام النظائر المشعة radioactive substances :

لقد تأكد ان عناصر الخشب مسؤولة بشكل كبير في عملية نقل العصارة من الجذر حتى الورقة وذلك بغمر جذور احدى البادرات في محلول فوسفات الصوديوم المشع P32 وحدد موقع الاشعاع بطريقة التصوير الشعاعي الذاتي autoradiography .

ومن الجدير بالذكر فان علماء فسيولوجيا النبات قد قدموا بعض الادلة على ان الماء ينقل في ساق النبات من خلال تجاويف الخلايا وليس بالخاصية الشعرية لجدار الاوعية والقصيبات ، وان حركة الماء تلك انما تكون مع تدرج في الجهد المائي بين محلول التربة والهواء المحيط مروراً بالجذر والساق والورقة وذلك من جراء عملية التبخر الحاصلة في الورقة بسبب عملية النتح ، كذلك عملية النمو في القمة النامية للساق وما يحتاج ذلك من تراكم للذائبات تؤدي الى احداث الفرق في الجهد المائي بين المجموع الخضري للنبات ومجموعه الجذري .

قوة التماسك : هي قوة جذب الجزيئات للماء مع بعضها البعض .

قوة التلاصق : مثال وضع الاصبع في سائل ماء وسائل زئبق نلاحظ استبلال الاصبع بالماء بينما الاصبع الذي وضع في الاناء المملوء بالزئبق لم يبتل .

التفسير : قوة التماسك بين جزيئات الماء اقل مما هي عليه في جزيئات الزئبق . لان الماء يرتفع في هذه الخاصية في اضيق الانابيب لا يزيد عن ١٥٠ سم .

علل : لا تصلح الخاصية الشعرية لصعود الماء الى ارتفاعات شاهقة في الاشجار الكبيرة ؟

لا تصلح نظرية التشرب لانتقال او صعود الماء الى ارتفاعات شاهقة (عكس الجاذبية) في الاشجار الكبيرة لان العصارة تسير في تجاويف اوعية الخشب وليس في جدرانها فقط .

اليات نقل الماء Mechanisms of water translocation

يحصل الفرق في الجهد المائي بين الورقة ومحلول التربة نتيجة لعملية النتح من خلايا الورقة عبر الثغور وعملية النمو التي تحتاج الى تراكم الذائبات في القمة النامية للساق والتي من شانها ان تخفض الجهد المائي للمجموع الخضري ، ومن اليات نقل الماء من الجذر الى الورقة الاتي :

١ – الضغط الجذري root pressure :

وهو الضغط المتولد في العناصر الخشبية نتيجة لفعاليات الخلايا في منطقة الجذر، ولكون امتصاص الايونات التي تتسبب بتولد الضغط يتم عبر صرف طاقة (امتصاص نشط) لذلك يعد الضغط المتولد عملية نشطة . بينما صعود الماء في انسجة خشب الساق يكون وفق القاعدة الازموزية . يتراوح الضغط الجذري بين ٠.٥ – ٠.٦ ميكاباسكال ، وهناك بعض الملاحظات التي تؤكد وجود هذه الظاهرة مثل :

- ظاهرة الادماع guttation : وهي انسياب الماء من فتحات الثغور المائية hydathodes الموجودة في اطراف الاوراق للنباتات النجيلية عندما تكون مروية جيداً .
- ظاهرة النزف bleeding (الادماء) : وهي خروج الماء في بداية موسم الربيع من النهايات المقطوعة لقصبات وسيقان كرمات العنب .

وبالرغم من اهمية ظاهرة الضغط الجذري في رفع الماء عبر الساق الى الاوراق الا انه لا يمكن تفسير كافة حركة الماء الى الاعلى الا من خلال هذه الالية وذلك للأسباب الاتية :

أ – عدم ملاحظة هذه الظاهرة دائماً .

ب – مقدار الضغط المتولد قليل لا يكفي لرفع الماء الى الارتفاعات العالية لبعض الاشجار (ضغط جوي ، ارتفاع طولي ٢م) .

ت – لا وجود لضغط الجذر في انسجة الاشجار المخروطية كأشجار مرتفعة مثل الصنوبريات (عاريات البذور).

ث – يكون معدل انسياب العصارة في انسجة الخشب ايضا من معدل النتح ، وذلك يعني لابد من وجود الية اخرى ينتقل بها الماء الى الاوراق ، كما ان العصارة في انسجة الخشب تكون تحت شد ناتج من النتح وليس ضغط الجذر .

لذلك تكون الية الضغط الجذري واضحة في حالة رطوبة التربة والجو اذ ان الظروف التي تكون فيها عملية النتح فعالة فان الماء يكون تحت شد من الاعلى وليس ضغط من الاسفل ، كما ان تراكم الايونات يؤدي دوراً مختلفاً فيما اذا كان النتح سريعاً او بطيئاً ، فعند حالة النتح السريع تصعد الايونات الى الاعلى بفعل الشد في حين يؤدي

النتح البطيء الى تراكم الماء في منطقة الجذر بفعل الازموزية نتيجة لتراكم الايونات الممتصة بالامتصاص النشط لذلك يتكون ضغط جذري موجب ، وذلك يجعل الماء يندفع الى الاعلى تحت تأثير التدفق الكتلي ويسحب معه الايونات ايضاً .

٢ – نظرية التماسك والتلاصق وقوى الشد الناشئة عن النتح :

وضع العالمان (ديكسون وجولي، ١٨٩٥) اسس نظرية التماسك والتلاصق حيث اثبتا ان الماء يسحب بواسطة الورقة نتيجة استهلاك الماء بعمليات التمثيل الغذائي (الايض) والنتح والتبخر في الاوراق .

القوة	الدليل على وجود هذه القوة	الشرط اللازم لتوفر اثبات ان الماء قوة شد عالية في الانابيب الخشبية
قوة التماسك بين جزيئات الماء وبعضها داخل اوعية الخشب والقصيبات	وجود عمود متصل من الماء داخل الاوعية	ان تخلو الانابيب من الغازات او الفقاعات الهوائية حتى لا ينقطع عمود الهواء .
قوة التلاصق بين جزيئات الماء وجدران الانابيب الخشبية	بقاء اعمدة الماء معلقة باستمرار مقاومة لتأثير الجاذبية الارضية .	ان تكون جدران الانابيب ذات خاصية التصاق بالماء .
قوى الشد الناشئة عن النتح المستمر في الاوراق .	وجود جذب مستمر للماء للأعلى .	ان تكون الانابيب شعرية .

نظرية الشد والتماسك والتلاصق Cohesion and tension theory Adhesion :

تؤكد هذه النظرية على اهمية خاصية التماسك بين جزيئات الماء مع بعضها البعض وخاصية التلاصق بين جزيئات الماء وجدر الانابيب الشعرية على رفع الماء الى الاعلى ، وتساعد التغلظات في جدر الاوعية والقصيبات في دعمها وتقويتها خلال مرور الماء عبر الساق ، وقد تكون هذه النظرية صحيحة عند تعرض النبات الى نتح شديد كما وجدت ادلة على ان الماء يكون تحت شد في نسيج الخشب ومن تلك الادلة :

أ – ان قطر النبات يقل عندما يتعرض النبات الى معدل عالي من النتح اذ تتقلص عناصر الخشب .

ب – ان الجهد المائي يصبح اكثر سالبيه كلما زاد الارتفاع فوق سطح الارض .

وعلى الرغم من توجه بعض الانتقادات حول صحة هذه النظرية ومنه :

أ – من المحتمل ان يكون الضغط الناتج عن عملية النتح غير كاف لتحريك الماء خلال نسيج الخشب ضمن المعدلات التي تم تسجيلها .

ب – لا بد من استمرار الاعمدة المائية دون انقطاع بين سطح التبخر والماء الموجود في المساحات الحرة في الجذور وهذا صعب الحدوث ، فعندما يحصل نقص في تجهيز الماء تتكون فقاعات من الهواء تتسبب في اعاقة حركة الماء وانسداد الوعاء الناقل للماء .

ت – لا يمكن تعميم تجارب انابيب شعرية على الاوعية والقصيبات اذ ان تلاصق الماء مع الجدر الداخلية للأنابيب الشعرية الزجاجية اكثر منه مع الجدر لعناصر الخشب .

٣ – الخاصية الشعرية : هي خاصية انتقال الماء في الانابيب الضيقة . لو جئنا بأنبوبة شعرية ووضعناها في الماء نلاحظ صعود الماء فيها ضد الجاذبية الارضية ، اي ان الخاصية الشعرية هي صعود الماء في الاوعية الشعرية الضيقة .

اوعية الخشب : هي عبارة عن انابيب شعرية قطرها من ٠.٢ – ٠.٥ ملم ، وفي الانبوبة الشعرية لا يرتفع الماء سوى ١.٥ متر .

ظاهرة التشرب : الجدر النباتية هي جدر سيللوزية وطالما انها جدر سيللوزية وهي مادة غروية لها القدرة على التشرب للماء ، لا تصلح لتفسير نقل الماء ضمن العصارة الى مسافات عالية لان الاوعية الخشبية مبطنة باللكنين واللكنين مادة كارهة للماء والماء ينتقل ضمن تجاويف الاوعية الخشبية ، لذلك لا تصلح هذه النظرية لتفسير انتقال الماء ، ولكن تصلح لعملية انتقال الماء من الشعيرات الجذرية .

المحاضرة الثامنة : التركيب الضوئي في النباتات Photosynth thesis in plants

مقدمة

تتجلى **الاهمية الاولى** للتركيب الضوئي في الطبيعة بادخارها الطاقة الضوئية للكائنات الحية في الارض وبسبب هذه الطاقة تتكون معظم المواد العضوية . فقد وجد ان حوالي ٨٥ – ٩٠% من الوزن الجاف للنباتات هو مادة كربونية عضوية مشتقة من عملية التركيب الضوئي .

اما **الاهمية الثانية** للتركيب الضوئي فهي المحافظة تقريبا على تركيز ال O_2 (بسنة ٢٠% تقريباً) وذلك العنصر الرئيسي في عملية التنفس الحيوية للكائنات الحية عموماً .

اما **الوظيفة الثالثة** للتركيب الضوئي فهي المحافظة على نسبة CO_2 ٠.٣% او بالأصح نسبة الكاربون في الطبيعة ذلك العنصر الذي يدخل في معظم المركبات العضوية .

والوظيفة الرابعة : للتركيب الضوئي اهمية في تكوين الاوزن من الاوكسجين الضروري للمحافظة على الحياة بسبب امتصاصه لنسب عالية من الاشعة فوق البنفسجية وبالتالي تقليل خطر هذه الاشعة على المركبات البايولوجية لأغلب الكائنات الحية عموماً .

يستنتج من ذلك وجود التوازن بين عملية التركيب الضوئي البنائية وعملية التنفس التأكسدية الهدمية . ان مجمل عملية التركيب الضوئي يمكن تقسيمها الى ثلاثة عمليات متداخلة وتختلف باختلاف العوامل البيئية والعوامل الداخلية للنبات وهذه العوامل هي :

١ – عملية انتشار CO_2 الى الكلوروبلاست والتي وجد انها تتبع المعادلة التالية

$F = D \times \Delta CO_2$ وهو معدل انتشار CO_2 الى الكلوروبلاست

وان D = معامل انتشار CO_2 خلال الثغور بصورة رئيسية .

وان Δ CO_2 هو الفرق بين تركيز CO_2 خارج وداخل الكلوروبلاست .

٢ – العملية الضوئية الكيميائية Photochemical process

والتي تتضمن استلام الطاقة الضوئية مع الفوسفات غير العضوية (H_3PO_4) والتي تستعمل لشق الماء ضوئياً لإنتاج ال O_2 الجزيئي الثابت والطاقة الكيميائية (ATP) والقوة الاختزالية ($NADPH_2$) كما في المعادلة التالية

$$1 - 24\ H_2O + 12ADP + 12NADP^+ + 12H_3PO_4 \xrightarrow[Light]{Chloroplast} 6O_2 + 12H_2O + 12NAPPH$$

ان هذه العملية تعتمد كثيراً على كمية الاشعاع الضوئي الممتص من قبل الكلوروبلاست وقليلاً على تركيز CO_2 ودرجة الحرارة

٣ – عملية اختزال CO_2 الى الكربوهيدرات وفيها تستعمل منتجات العملية الثانية ($NADPH_2$, ATP) في اختزال CO_2 الى الكاربوهيدرات او المركبات العضوية الاخرى . كما في المعادلة الاتية :

$$2 - 6CO_2 + 18\ ATP + 12\ NADPH_2 \longrightarrow Hexose\text{-}p + 12\ NADP^+ + 18\ ADP + 17\ H3PO_4 + 6\ H_2O$$

وبجمع المعادلتين (١) و (٢) واختصارها يحدث الاتي :

$$3 - 6\ CO2 + 6ATP + 18H2O \xrightarrow[Light]{Chloroplast} 6O_2 + Hexose\text{-}p^+ + 12H2O + 5H_3PO_4 + 6ADP$$

واذا اردنا ان نختصر المعادلة السابقة (٣) يحصل الاتي

$$4 - 6CO_2 + 6ATP + 12H_2O \xrightarrow[Light]{Chloroplast} 6O_2 + Hexose\text{-}p + 6H_2O + 5H_3PO_4 + 6ADP$$

ويمكن اختصار المعادلة السابقة كالاتي :

$$5 - 6CO_2 + 12H2O \xrightarrow[Light]{Chloroplast} Hexose\text{-}p + 6H_2O + 6O_2$$

وبعبارة اخرى تحور المعادلة (٥) الى ما يأتي :

$$6 - 6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[Light]{Chloroplast} C6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2$$

وتعتبر هذه المعادلة **هي المعادلة العامة للتركيب الضوئي** .

موقع التركيب الضوئي photosynthetic site

تحدث جميع عملية التركيب الضوئي على مستوى الخلوي في البلاستيدات الخضراء او الكلوروبلاست ولهذا تسمى الكلوروبلاست باسم جهاز التركيب الضوئي اما على مستوى الاعضاء Organ level فتحدث عملية التركيب الضوئي بصورة رئيسية في الاوراق وبصورة ثانوية في الاغصان والسيقان والثمار الفتية .

صبغات البناء الضوئي photosynthetic pigments

تقوم صبغات البناء الضوئي بدور اساسي في عملية البناء الضوئي حيث تمتص هذه الصبغات الطاقة الشمسية ، وهي على عدة انواع وكل نوع منها يقوم بوظيفة مخصصة وهي :

أ – البلاستيدات عديمة اللون Leucoplast : White plastids : وهي بدورها توجد بعدة اشكال .

ب – البلاستيدات الملونة Chromo plastid : توجد في الازهار لغرض جذب الحشرات كما توجد في الثمار لغرض اعطاء الالوان الزاهية الجذابة .

البلاستيدات الخضراء Chloroplast

وظيفتها الرئيسية هي القيام بالتركيب الضوئي **وتمتاز الكلوروبلاست بعدة خصائص منها .**

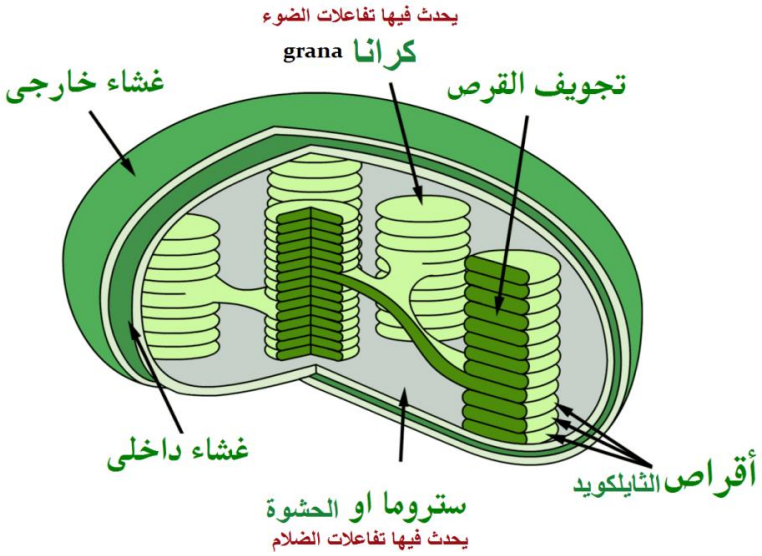
١ – يختلف عددها في الخلية الواحدة باختلاف النباتات بين ١ – ١٠٠ بلاستيدة .

٢ – حجمها يختلف ايضا باختلاف النباتات وقد يتراوح طول اطول قطر فيها (٣ – ١٠) مايكرون .

٣ – يختلف شكلها مورفولوجياً باختلاف النباتات ففي النباتات الراقية شكل العدسة المحدبة كما في الذرة ولكن في الطحالب بشكل الشريط الحلزوني او الفنجان .

٤ – ان تركيب الكلوروبلاست لا يلاحظ الا عن طريق الميكروسكوب الالكتروني وهي محاطة بغشاء مزدوج سمكه ٣٠٠ انكستروم وبداخله النظام الغشائي الصفائحي grana والحامل لصبغات التركيب الضوئي ويقوم بتفاعلات الضوء . وكذلك الحشوة matrix او الستروما stroma الذي يقوم بتفاعلات الظلام .

٥ – تعتبر البلاستيدة الخضراء وحدة تامة للقيام بالتركيب الضوئي حيث تحتوي على جميع الانظمة الانزيمية والعوامل المشتركة cofactors الازمة للتركيب الضوئي .



٦ – انها جسم يستطيع اعادة تكوين ذاته بنفسه بصورة مجدده ومما يذكر ان تكوين الكلوروبلاست **يعتمد على بعض العوامل منها :**

١ – العامل الوراثي وهو نوعان

أ – العامل الوراثي المتعلق بتكوين الكلوروفيل .

ب – العامل الوراثي المتعلق بتكوين الكاروتينات .

٢ – الضوء .

٣ – المغذيات .

٤ – منظمات النمو (السايتوكاينين) .

الكلوروفيلات Chlorophylls

وهي صبغات خضر موجودة في النباتات والطحالب والبكتريا ويمكن تمييز تسعة انواع على الاقل من تلك الصبغات :

كلوروفيل A , B , C , D و كلوروفيلات بكتريا A , B كلورفيل كلوربيام ٦٥٠ و ٦٦٠ ، واكثر الكلوروفيلات شيوعاً هي A , B وتوجد في معظم الكائنات ذاتية التغذية عدا البكتريا الحاوية على الصبغات البنائية الضوئية (تحتوي على كلوروفيلات خاصة بها) .

يتكون جزء الكلوروفيل A من بورفيرين Porphyrin الذي هو تركيب بايرول رباعي حلقي Cyclic tetra pyrrolic structure مع حلقة دائرية متماثلة isocyclicring التي تحيط بذرة Mg . بالاضافة الى سلسلة فايتول phytolchain يرتبط في ذرة الكاربون رقم 7 تمتد من احدى حلقات البايرول انظر التركيب الكيميائي لجزئية الكلوروفيل أ = A

تختلف انواع الكلوروفيلات المعروفة في الطحالب والنباتات بالشكل الاتي :

أ – كلوروفيل A به مجموعة ميثايل CH3 عند ذرة كاربون رقم ٣ .

ب – كلوروفيل B به مجموعة الدهايد CHO عند ذرة كاربون رقم ٣ .

ج – كلوروفيل C يشبه كلوروفيل A عدا ان كلوروفيل C ليس له سلسلة فايتول .

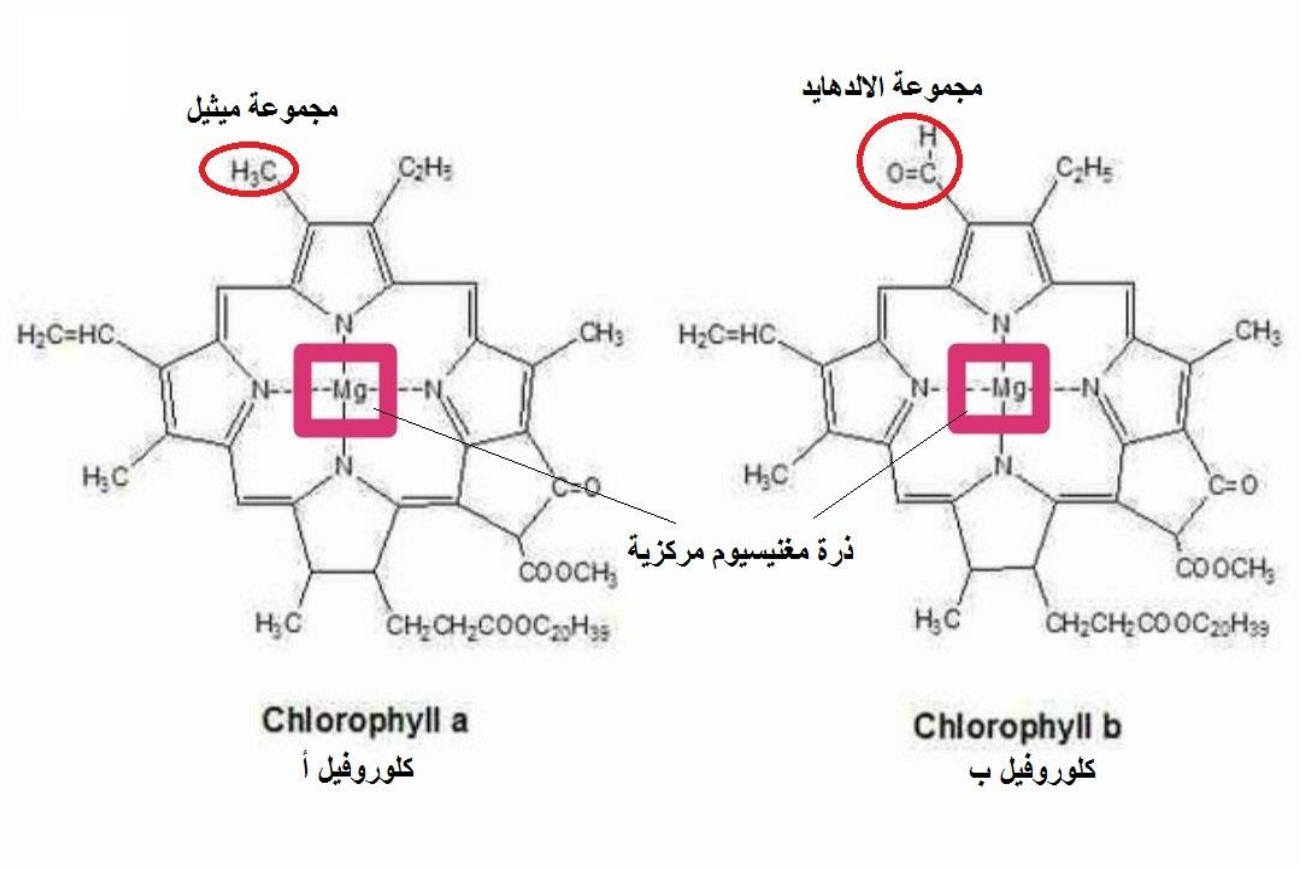
د – كلوروفيل D يشبه كلوروفيل A عدا ان كلوروفيل D به مجموعة CHO – O – بدلاً من CH=CH2 - عند ذرة كاربون رقم ٢ .

ان الذي يهمنا في الوقت الحاضر هو كلوروفيل A , B باعتبارهما الموجودين في البلاستيدات الخضراء للنباتات الراقية بشكل عام .

الاختلاف بين كلوروفيل A و كلوروفيل B

	كلوروفيل A	كلوروفيل B
١	الصيغة التركيبية $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$	الصيغة التركيبية $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$
٢	اسرع في الحركة من كلوروفيل B	اقل حركة من كلوروفيل A
٣	اكثر ذوباناً في الاثير واقل قطبية	مجموعة الالدهايد تجعله اكثر قطبيه ويذوب في الميثايل الكحولي ٩٢% .
٤	لون كلوروفيل A اخضر مزرق غامق	اخضر فاتح
٥	تركيز كلوروفيل A ثلاث اضعاف كلوروفيل B	اقل تركيزاً من كلوروفيل A
٦	يختلفان في امتصاص موجة ونوعية الضوء. يمتص الطاقة من موجات زرقاء بنفسجية والضوء البرتقالي والاحمر في ٦٧٥ نانومتر.	تمتص الطاقة من موجات الضوء الأخضر في ٦٤٠ نانومتر.

٧	توجد فيه مجموعة ميثيل CH3– في كاربون رقم ٣	يوجد فيه مجموعة الدهايد في الكاربون رقم ٣



الصبغات المساعدة الاخرى Other Accessory pigments

هناك صبغات اخرى تقوم بدور مهم في امتصاص الطاقة الشمسية وتسهيل عملية لبناء الضوئي منها :

أ – الفايكوبلينات phycobilins .

توجد هذه الصبغات في الطحالب الحمر والبكتريا الزرقاء . وتوجد منها اربعة انواع ثلاثة مشمولة بعملية البناء الضوئي والرابعة صبغة phytochromobilin وهي مستقبل ضوئي يقوم بتنظيم مختلف جوانب النمو والتكوين اما الثلاثة الاخرى فهي فايكوارثرين phycoerythrin وفايكوسيانين phycocyanin و الوفايكوسيانين Allophycocyanin .

تختلف هذه الصبغات فيما بينها بحلقات البايرول مفتوحة open chain tetra pyrrole وهي مرتبطة تساهمياً مع مادة بروتينية .

ب – اشباة الكاروتين (الكاروتينويدات) Carotenoids .

تشكل اشباه الكوروتين مجموعة من صبغات برتقالية وصفر وتوجد في معظم الكائنات البنائية الضوء ، وتوجد بكميات كبيرة بجذور الجزر وثمار الطماطم كما في الاوراق الخضراء ، غير ان صبغة الكلوروفيل تحجب رؤيتها وتظهر في موسم الخريف وهي تمتص الضوء الازرق الى مدى معين وتمرر الطاقة للكلوروفيل

لاستعمالها في عملية البناء الضوئي وحماية الكلوروفيل من الاكسدة الضوئية وذلك بامتصاص الفائض من الضوء الازرق . **ويمكن تقسيم اشباه الكاروتين الى قسمين رئيسين هما :**

اولاً : مجموعة ال Carotens وتتكون بصورة رئيسية من الكاربون والهيدروجين فقط وتوجد بعدة انواع منها :

أ – β -Carotene وهو النوع الشائع وتكون صفراء او برتقالية اللون .

ب – α -Carotene وهي تشبه الصبغة السابقة ولكن اقل انتشاراً .

ج - Lycopene وهي حمراء اللون وتوجد في الطماطة وفي نباتات اخرى وهي هيدروكربونات غير مشبعة جداً .

الصيغة الجزيئية لأنواع الكاروتينات $C_{40}\ H_{51}$ مكونة من ثمانية وحدات Isoprene .

ثانياً: مجموعة ال Xanthophyll's اكثر شيوعاً من الكاروتينات في الطبيعة وخاصة في الاوراق النامية حاوية على ٤٠ ذرة كاربون وحاملة O_2 وقد تكون سمراء او بنية اللون وهي اكثر قطبية من الكاروتين وذروة امتصاصه يقع في طول موجي من ٤٠٠ – ٥٠٠ mu . منها :

%40 lutein ، % 2 Zeaxanthin ، % 40 Cryptoxanthin ، % 34 Neozanthin ،

. % 1 Violaxanthin

تفاعلات التركيب الضوئي (مراحل عملية التركيب الضوئي)

يمكن تقسيم تفاعلات التركيب الضوئي في النباتات الى مجموعتين رئيسيتين هما :

١ – تفاعلات الضوء Light reaction :

من المعلوم ان الضوء الساقط على الارض قد يخترق الورقة النباتية ويمتص او ينعكس من قبل الورقة ، وان الضوء الممتص والواقع ضمن طول ٤٠٠ – ٧٠٠ ملي مايكرون او نانومتر ، وهو الذي يستخدم بعملية التركيب الضوئي ، كما ان كمية الضوء الممتص تعتمد على تركيز صبغات التركيب الضوئي وعلى ترتيب الكلوروبلاست . وان نشاط التركيب الضوئي يعتمد على شدة الضوء الممتص ونوعية الضوء الممتص (حيث انه كلما ازدادت شدة الضوء قل طول موجة الضوء وازدادت كفاءة التركيب الضوئي) .

لقد اتفق بان استغلال الطاقة الضوئية بالتركيب الضوئي يقاس بوحدات الكوانتات quanta او الفوتونات .وبعبارة اخرى ان طاقة الكوانتم quantum تعتمد على تردد الضوء او بالأصح على طول موجة الضوء . **وبالنسبة لتفاعلات الضوء يمكن تبسيطها بالشكل التالي :**

أ – **تفاعل هل Hill :** يحدث هذا التفاعل في الكرانا ، وبواسطة هذا التفاعل تنقسم جزيئة الماء داخل الكرانا لتكوين عامل مختزل ويتحرر O_2 .

$$2H_2O + 2NADP^+ \xrightarrow[\text{كلوروبلاست}]{\text{Light طاقة قليلة}} 2NADPH + O_2 + 2H +$$

ب – تفاعل الفسفرة الضوئية Photophosphorylation :

ويحدث ايضا في الكرانا Grana

$$ADP + Pi \xrightarrow[\text{كلوروبلاست}]{\text{light}} ATP + \text{طاقة عالية}$$

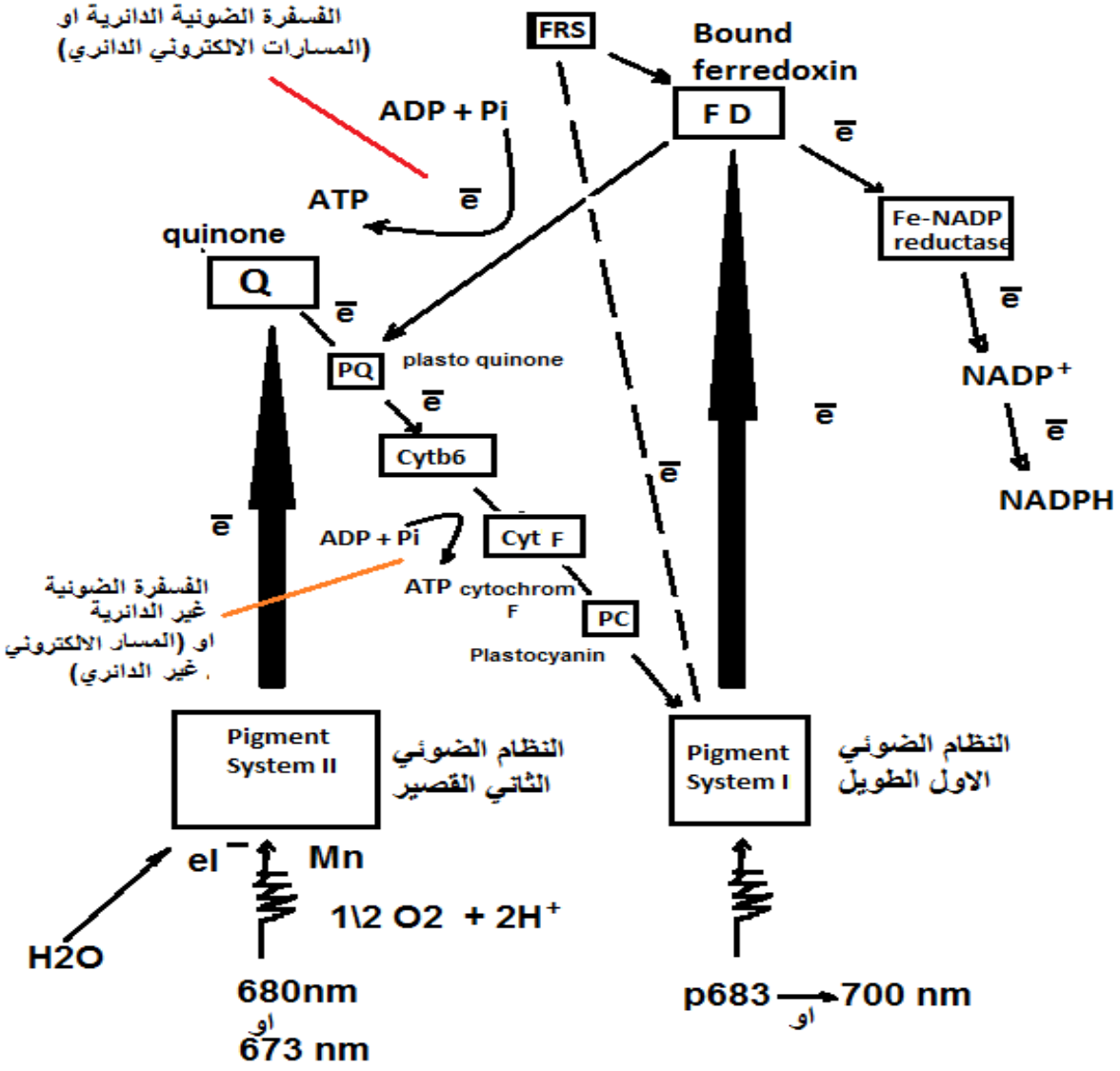
انواع الفسفرة الضوئية :

أ – الفسفرة الضوئية الدائرية Cyclic Photosynthetic phosphorylation

في هذه العملية تكوين ال ATP لا يتعلق بوجود اي تغير في مستلم الالكترونات او مسلمها ، وان الالكترونات المنبعثة من الكلوروفيل قد ترجع اليه .

وخلاصة التفاعل كالاتي :

$$nADP + n\,H_3PO_4 \xrightarrow[\text{كلوروبلاست}]{\text{Light}} ATP + nH_2O$$



مخطط يوضح مجمل تفاعلات الضوء في التركيب الضوئي .
(كيفية انتقال الالكترونات من الماء خلال صبغات التركيب الضوئي والنظام الثاني الى الاول
الى $NADP^+$ كما يلاحظ عملية تكوين الطاقة ATP)

Dr. Idrees

ب – الفسفرة الضوئية اللادائرية Non – cyclic photosynthetic phosphorylation

ان عملية تكوين ATP مرتبطة بنقل الالكترونات من الماء الى المستلم النهائي للإلكترونات وهو ال $NADP^+$ خلال عدة مركبات او حوامل لنقل الالكترونات ، ويتطلب اشتراك كلا النظامين وهما Photosystem I و Photosystem II لأجل تكوين الطاقة .

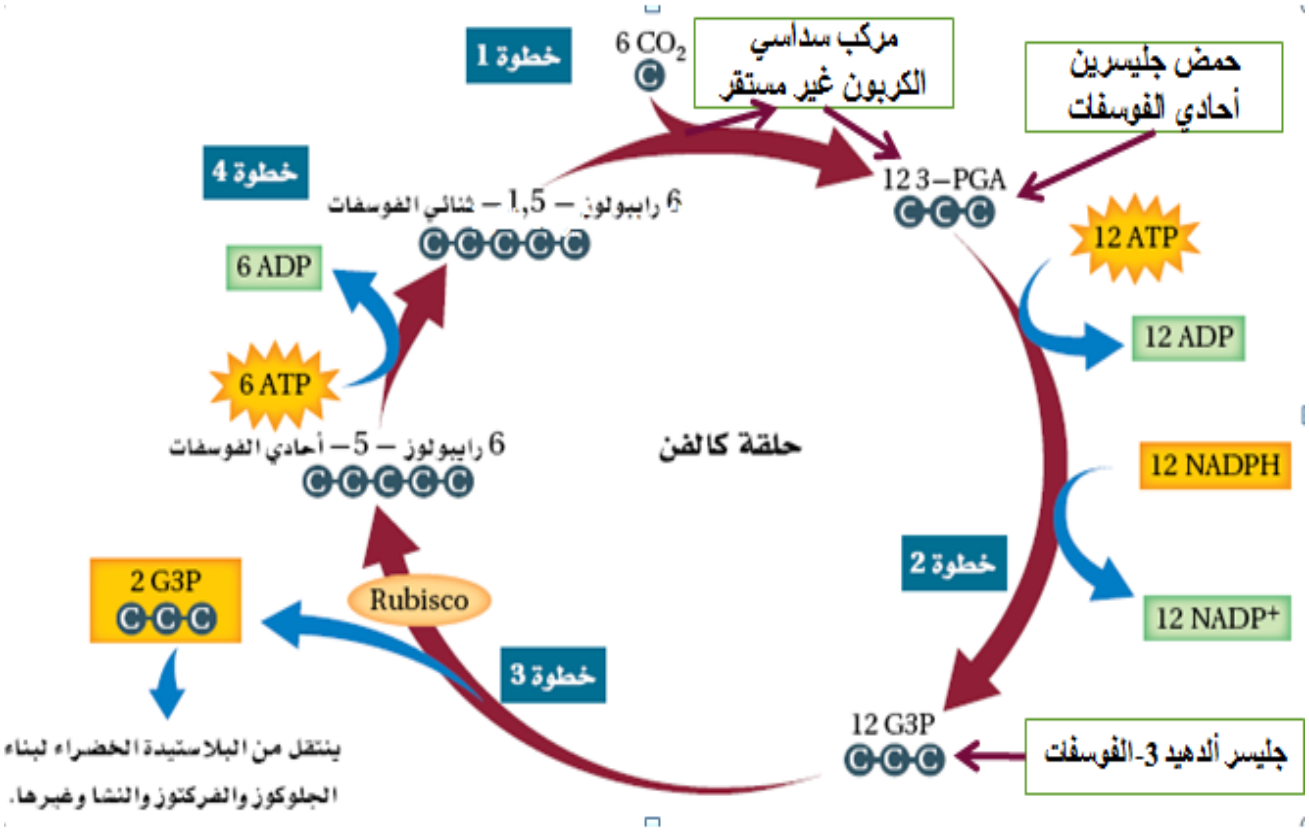
وظائف تفاعلات الضوء .

١ – تحرير الاوكسجين .

٢ – تكوين القوة الاختزالية NADPH .

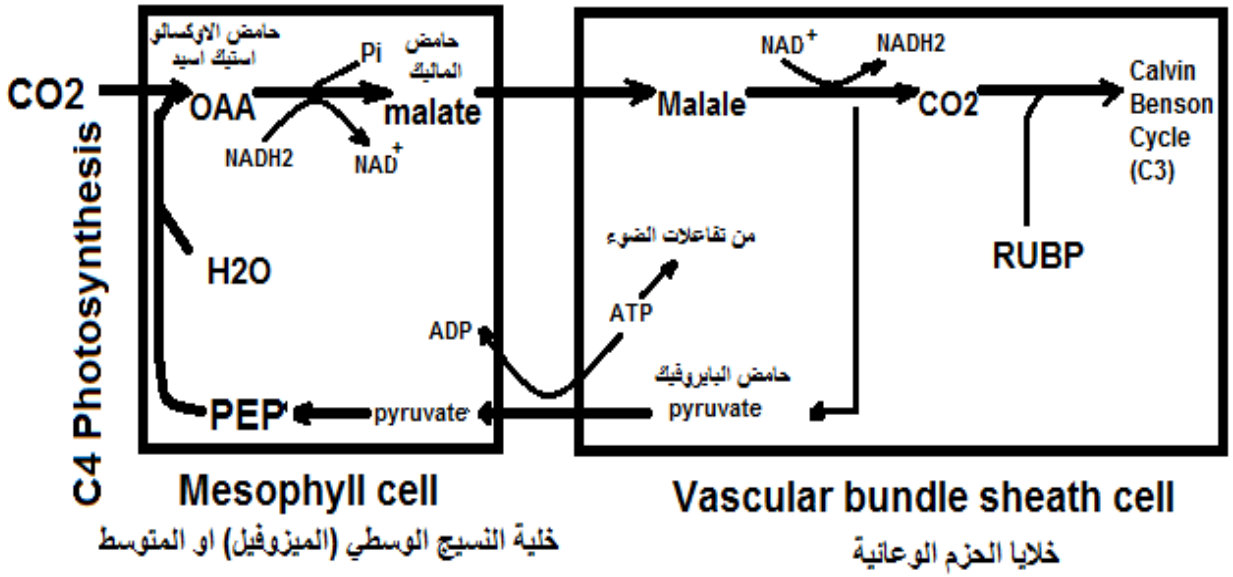
٣ – انتاج الطاقة ATP بعملية الفسفرة الضوئية .

وهذا يدل على ان المايتوكوندريا ليست الجزء الوحيد الذي ينتج الطاقة في الخلية .



نظام C3 لان الناتج الاولي من تثبيت CO2 هو مركب ثلاثي الكاربون

مخطط تثبيت CO2 في النباتات رباعية الكاربون
او دورة هاك وسلاك هاتش Hatch - slack cycle



PEP : phosphoenol فوسفواينول بايروفيت

RUBP: Ribulose Di phosphate ريبولوز داي فوسفيت

Dr. Idrees

اهمية دورة كالفن

١ – وسيلة لتثبيت CO_2 والمحافظة على نسبته في الجو بصور ملائمة .

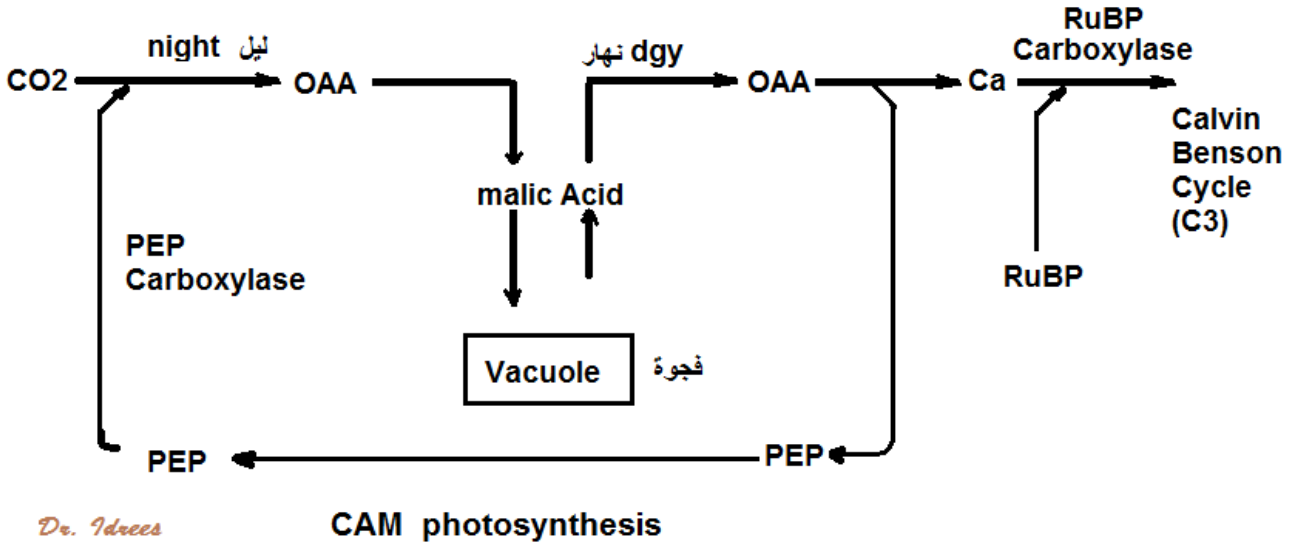
٢ – وسيلة لتحرير O_2 والمحافظة على نسبته في الجو بصور ملائمة .

٣ – وسيلة لتكوين المواد العضوية كالكاربوهيدرات والدهون والفيتامينات والبروتينات .

أ.د. حميد حمدان العلي
د. ادريس حسين

اهم الفروقات بين النباتات C4 و C3 .

	C4	C3
١	الأنزيم الذي يثبت CO_2 هو PEP Phosphoenol Pyruvate carboxylase	الأنزيم الذي يثبت CO_2 هو RUDP Ribulose diphosphate carboxylase
٢	تمتلك نوعين من الكلوروبلاست هما كلوروبلاست الميزوفيل وكلوروبلاست الحزم الوعائية .	تمتلك نوع واحد من الكلوروبلاست .
٣	الناتج الأول هو OAA Oxalo acetic acid	الناتج الأول هو ٣- PGA 3-Phosphoglyceric acid
٤	متكيفة للمنطقة الاستوائية (الحارة والجافة)	متكيفة للمنطقة المعتدلة (الباردة والرطبة)
٥	درجة الحرارة المثلى لصافي تثبيت CO_2 (٣٠-٤٧)م	درجة الحرارة المثلى لصافي لتثبيت CO_2 (١٥-٢٥)م
٦	معدل انتقال نواتج التمثيل الضوئي سريع	معدل انتقال نواتج التمثيل الضوئي بطيء
٧	الانتاجية (كمادة جافة)عالية .	متوسطة
٨	التنفس الضوئي واطئ (فقط في غمد الحزمة)	عالي
٩	نسبة النتح (غم ماء/ غم وزن جاف) ٣٠٠	٦٠٠ نسبة النتح
١٠	التشبع الضوئي (غير مشبع عند ١٠٠٠٠ شمعة.قدم)	التشبع الضوئي ٣٠٠٠-٦٠٠٠ شمعة . قدم .
١١	كبح عملية التمثيل الضوئي بواسطة O_2 (كلا)	نعم
١٢	الاحتياجات النظرية للطاقة اللازمة لتثبيت CO_2 NADPH 2 : ATP 5	NADPH 2 : ATP 3



نظام تثبيت CO_2 في النباتات العصارية Crassulacean Acid Metabolism (CAM)

وتمتاز هذه النباتات بما يلي :

١ – تعيش في المناطق القاحلة .

٢ – تمتاز بمعدل واطئ من النتح .

٣ – تغلق ثغورها نهاراً وتفتحها ليلاً للمحافظة على الماء القليل لتثبيت CO_2 الى الاحماض العضوية وخاصة Malic Acid .

٤ – يحدث فيها نظامان كالفن Calvin وسلاك slack او نظام نباتات C3 و C4 في نفس الخلايا .

٥ – عمل النظامين مختلف في الزمن اذ ان CO_2 المختزل الى الماليت Malate يتجمع في الفجوة ليلاً وفي النهار يعاني الماليت من عملية Decarboxylation اي فقط CO_2 ، وان CO_2 المفقود يعاد تثبيته في دورة كالفن .

٦ – ان اول ناتج من تثبيتCO_2 في النباتات العصارية CAM هو مركب الماليت Malate وان الانزيم PEP carboxylase هو المسؤول عن تثبيت CO_2 في الليل .

٧ – ان الانزيم Rudp Carboxylase يكون فعالاً في النهار ، كما ان دوره في هذه النباتات يكون مشابهاً لدوره في خلايا الحزم الوعائية Bundle sheath اي اعادة تثبيت CO_2 المفقود من الاحماض العضوية مثل ال Malate .

العوامل المؤثرة على التركيب الضوئي

تتأثر عملية التركيب الضوئي في جميع النباتات بعوامل داخلية (نباتية) وعوامل بيئية وبالرغم من صعوبة الفصل بين هذه العوامل لتأثير بعضها على البعض الاخر الا انه يستحسن دراسة كل عامل بصورة منفردة لتسهيل الالمام بمجمل هذه العوامل :

١ – تركيز ثاني اوكسيد الكاربون CO_2 .

يحدث معظم عملية التركيب الضوئي في خلايا النسيج المتوسط (الخلايا العمادية والاسفنجية) وكذلك الخلايا الحارسة في البشرة . والسؤال المهم كيف ينفذ CO_2 من الجو الى الكلوروبلاست ، يعتقد بعض الباحثين دخوله يشبه انتشار بخار الماء من الورقة الى خارجها على الرغم من تعقد الانظمة واختلافها حيث يدخل CO_2 للورقة عن طريق الثغور المفتوحة ، تركيز CO_2 في الجو هو ٠.٠٣ % ويختلف مقداره حسب الوقت والموقع من سطح الارض ونسبته من ٠.٠٣ الى ٠,٣ % في الهواء الذي يرتفع عدة سنتمترات فوق سطح التربة .(عند وجود مادة عضوية عالية) .

وقد وجد ان معدل التمثيل الضوئي يزداد بزيادة CO_2 فيكون معدل التنفس اكثر (الهدم) من معدل البناء عندما يكون معدل التركيب الضوئي معادلا لمعدل التنفس يطلق على مثل هذا التركيز اسم نقطة التعادل CO_2 Compensation point .

كما وجد ان عملية التمثيل الضوئي تزيد بزيادة CO_2 وشدة الضوء حيث يعتقد بأن شدة الضوء العالية تسبب زيادة انتاج الطاقة ATP والقوة الاختزالية $NADPH_2$ الامر الذي يسرع من عملية اختزال CO_2 . حركة الهواء قد تزيد من معدل التمثيل الضوئي بسبب تقليل سمك الطبقة المجاورة للورقة والتي يكون CO_2 قد استنفذ منها .

ان اهمية CO_2 في التركيب الضوئي ادت الى تطبيق زيادة CO_2 في البيت الزجاجي (Enrich ment CO_2) لغرض زيادة النمو والانتاجية لبعض المحاصيل الاقتصادية كالطماطة والخيار ... الخ النامية في البيوت الزجاجية.

٢ – درجة الحرارة Temperaturr .

تؤثر درجة الحرارة في معدل التركيب الضوئي في معظم النباتات . فقد وجد ان درجة الحرارة المثل للتركيب الضوئي تقع بين ٢٠ – ٣٥م ، بعدها يقل معدل التركيب الضوئي فضلا عن توقفه على الضوء وتركيز CO_2 .

يعتقد بأن درجة الحرارة تؤثر على تفاعلات الظلام (تفاعل الانزيمات) وكذلك تؤثر على معدل انتشار CO_2 الى الكلوروبلاست ، كما ان تأثيرها على التركيب الضوئي يتوقف على شدة الضوء .

Temperature compensation point : هي درجة الحرارة التي يتساوى عندها معدل التمثيل الضوئي مع معدل التنفس .

٣ – الضوء Light .

ان تأثيرات الضوء على التركيب الضوئي كثيرة منها شدة الضوء ونوعية الضوء ومدة الضوء ونسبة الضوء الممتص والمنعكس من قبل الورقة النباتية ونسبة الضوء المخترق للورقة . فشدة الضوء تؤثر على عملية التركيب الضوئي وخاصة عند توفر التراكيز العليا من CO_2 .

نقطة التعادل الضوئي Light compensation point

عند زيادة شدة الضوء فتزداد عملية التركيب الضوئي وتصبح كمية CO_2 المتحررة بالتنفس تعادل كمية CO_2 المثبتة بالتركيب الضوئي ويطلق على مثل هذه الشدة الضوئية **بنقطة التعادل الضوئي .**

اي بمعنى اخر (CO_2 المتحرر بعملية التركيب الضوئي تعادل كمية المستهلكة بالتنفس) وقد وجد ان نقطة التعادل الضوئي تختلف بأختلاف النباتات ولكنها ذات حدود بين ٢٠ – ٢٠٠ شمعة.قدم .

٤ – الماء H_2O .

يؤثر الماء في عملية التركيب الضوئي بطرق عديدة منها :

١ – الماء هو مصدر الالكترونات والهيدروجين اللازم لاختزال CO_2 .

٢ – التأثير الاساسي لنقص الماء في النباتات هو غلق الثغور وبالتالي قلة دخول CO_2 الى انسجة الورقة مؤدياً الى قلة معدل البناء الضوئي .

٣ – نقص الماء Water stress يسبب تحطم تنظيم الاجهزة الخلوية وهذا يؤدي الى زيادة السكريات الذائبة .

٤ – كما وجد ان نقص الماء يسبب Dehydration في السايتوبلازم وتغير التركيب للسايتوبلازم وبذلك تنخفض فعالية الانزيمات .

٥ – نقص الماء يشوه تنظيم الجزيئات داخل الكلوروبلاست وبذلك تنخفض عملية البناء الضوئي .

٥ – الاوكسجين Oxygen :

في بعض الحالات قد يؤدي ال O_2 الى تثبيط التركيب الضوئي وقد يعزى الى ما يلي :

١ – ال O_2 ضروري لعملية التنفس وهذه تؤثر مع عملية البناء الضوئي على بعض المركبات الحيوية الوسطية المهمة المشتركة للعمليتين وان O_2 يساعد التنفس في الحصول على هذه المواد وبالتالي انخفاض التركيب الضوئي .

٢ – قد يتنافس O_2 مع CO_2 على الهيدروجين وبالتالي يختزل O_2 بدل CO_2 والمرافقات الانزيمية التي تختزل ضوئياً قد تساهم في تقديم H_2 الخاص بها لل O_2 اكثر مما تقدمه ل CO_2 بالتالي اعاقة عملية البناء الضوئي .

٣ – قد تحصل عملية التنفس بين O_2 و CO_2 على المواقع الفعالة لانزيم Rubisco حيث يكون هذا التنافس لصالح O_2 مما يؤدي الى انحراف عملية البناء الضوئي باتجاه تفاعلات التنفس الضوئي المعروفة .

٦ – الملوثات Pollutants .

تنتشر الملوثات بدرجة كبيرة في المناطق الصناعية والتي تؤثر كثيرا في ايض النبات وخصوصا عملية البناء الضوئي ومن اهم تلك الملوثات الاوزون واكاسيد النتروجين والكبريت والكلوروفيل . تؤثر هذه الملوثات في خصائص الاغشية البلازمية وخصوصا اغشية البلاستيدات الخضر . ومن الملوثات التي درست بشكل تفصيلي المبيدات العشبية .

تعمل هذا المبيدات على احداث تغيرات في المستوى الكيموحيوي الفسيولوجي فضلا عن الشكل الظاهري . فهي تؤثر في التفاعلات الحاصلة في البلاستيدات المايتوكوندريا وبناء البروتينات وايض الاحماض النووية ، هذا فضلاً عن نقل الكلوروفيل .

٧ – العناصر المغذية Nutrients .

توجد علاقة بين توفر العناصر الغذائية في بيئة النبات ومعدل التركيب الضوئي ويظهر ان المغذيات تؤثر على عملية تثبيت CO_2 في الخلايا الخضراء للورقة ويعتقد بأن المغذيات تحفز نشاط بعض الانزيمات المتعلقة بالتركيب الضوئي .

٨ – عمر الورقة Leaf Age .

ان نمو وتطور الاوراق النباتية يؤدي الى زيادة قابليتها على التركيب الضوئي حتى تصل مرحلة النضج ثم تنقص عملية التركيب الضوئي بعدئذ ومن المعلوم ان الاوراق المتدهورة والصفراء لا تستطيع القيام بالتركيب الضوئي لهدم الكلوروفيل وتصبح البلاستيدات غير فعالة كما ان الانزيمات تقل فعاليتها .

٩ – محتويات الكلوروفيل Chlorophyll Contents

يعتقد البعض انه كلما زادت نسبة الكلوروفيل في النبات ازدادت عملية البناء الضوئي (غير ان الدراسات الجارية على بعض انواع مختلفة من النباتات لا تدل على وجود مثل هذه العلاقة) .

١٠ – العوامل الداخلية المسماة Endogenous Rhythms .

قد تحدث هذه العوامل بشكل تعاقبي Rhythms يوميا او فصليا . فقد وجد ان النبات وحيد الخلية Cnoy and axpolyhedra يستطيع القيام بالتركيب الضوئي بصورة سريعة وقت الظهر حتى عند ازالته من هيئة البحري ظروف ذات شدة ضوئية ثابته . كما وجد ان انزيم Ribulose diphosphorus Carboxylase تزداد فعاليته وتقل في اوقات متعاقبة منظمة على الرغم من غموض الاسباب هذا وقد تحدث هذا التعاقب ولو جزئيا في عملية التركيب الضوئي في بعض النباتات الدائمة الخضرة التي تضعف فيها عملية التركيب الضوئي في الشتاء وتنشط في الصيف .

العوامل الداخلية Endo Factors

١ – الكلوروفيل Chlorophyll .

يعد الكلوروفيل احد العوامل الرئيسية في انجاز عملية البناء الضوئي ذلك ان عملية تفاعلات الضوء تعتمد عليه بشكل اساسي وعليه فأن الاجزاء غير الخضر في الاوراق المبرقشة والمصابة لا تستطيع القيام بعملية التركيب الضوئي .

٢ – تراكم نواتج عملية البناء الضوئي Accumulation of the products of photosynthesis .

لقد لوحظ ان تراكم نواتج التركيب الضوئي (الكاربوهيدرات في الورقة) يكون مصاحباً بهبوط بسرعة بعملية البناء الضوئي وزيادة في سرعة التنفس وقد يكون السبب هو تحول مجرى التفاعلات الحيوية نحو صرف السكريات للتقليل من تركيزها وتختلف النباتات في اختزان مواد البناء الضوئي فعلى سبيل المثال : تختزن نباتات ذات الفلقة الواحد السكريات الذائبة بينما تتكاثف هذه السكريات في ذوات الفلقتين لتكوين النشأ وهو غير ذائب وهذا يبعد اولاً وتستمر العملية .

المحاضرة العاشرة : التنفس RESPIRATIIN

هو عملية تحويل المركبات المعقدة الى طاقة . فمن اهم مميزات الكائنات الحية هي قدرتها على تكسير وتفتيت بعض المركبات العضوية الى مكونات اصغر منها وذلك للحصول منها على الطاقة لاستعمالها في الاغراض المختلفة ويتم ذلك في وجود الاوكسجين اما عندما يتم ذلك في غياب الاوكسجين فأن العملية تسمى التنفس اللاهوائي او التخمر الكحولي .

وفيما يلي المعادلة التي تعبر عن عملية التنفس

Glucose + Oxygen ⟶ Carbo Dioxide + Water + Energy

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

- ويسمى نسبه حجم ثاني اوكسيد الكربون المتصاعد من عملية التنفس الى كمية او نسبة الاوكسجين المستهلك في هذه العملية (بمعامل التنفس)

اي معامل التنفس = نسبة ثاني اوكسيد الكربون / نسبة الاوكسجين

تختلف قيمة معامل التنفس من نبات الى اخر وحسب المادة المستعملة في التنفس فاذا كانت المادة المستعملة في التنفس مواد كربوهيدراتية فأن المعامل يكون مساويا للوحدة اما اذا كانت مادة التنفس دهون (تحتاج الى كمية اكثر من الأوكسجين) فأن معامل التنفس يكون اقل من الواحد اما عندما تكون مادة التنفس احماض عضوية فأن معامل التنفس يكون اكبر من الواحد الصحيح كما هو مبين في الجدول التالي :

مادة التنفس	معامل التنفس
احماض عضوية	اكبر من الواحد
مواد كربوهيدراتية	١
بروتينات	٠.٨
دهون	٠.٧

ميكانيكية التنفس

تتم عملية التنفس بثلاث مراحل متتالية هي :

١ – مرحلة تكسير السكر الى جزيئتين من حامض البيروفيك (التحلل السكري glycolysis) .

٢ – دورة كربس .

٣ – السلسلة التنفسية (سلسلة نقل الالكترون)

وسوف نلقي نظره عامه على كل مرحلة من هذه المراحل :

اولاً : مرحلة تكسير السكر الى جزيئتين من حامض البيروفيك

وتشمل هذه المرحلة مجموعة التفاعلات الكيميائية المختلفة والتي يتكون من نتيجتها تحويل السكر السداسي الى جزيئتين من حامض البيروفيك وتحتوي الخلية على الانزيمات اللازمة لذلك وتتم هذه المجموعة من التفاعلات فيتحرر نتيجة لذلك كمية قليلة من الطاقة .

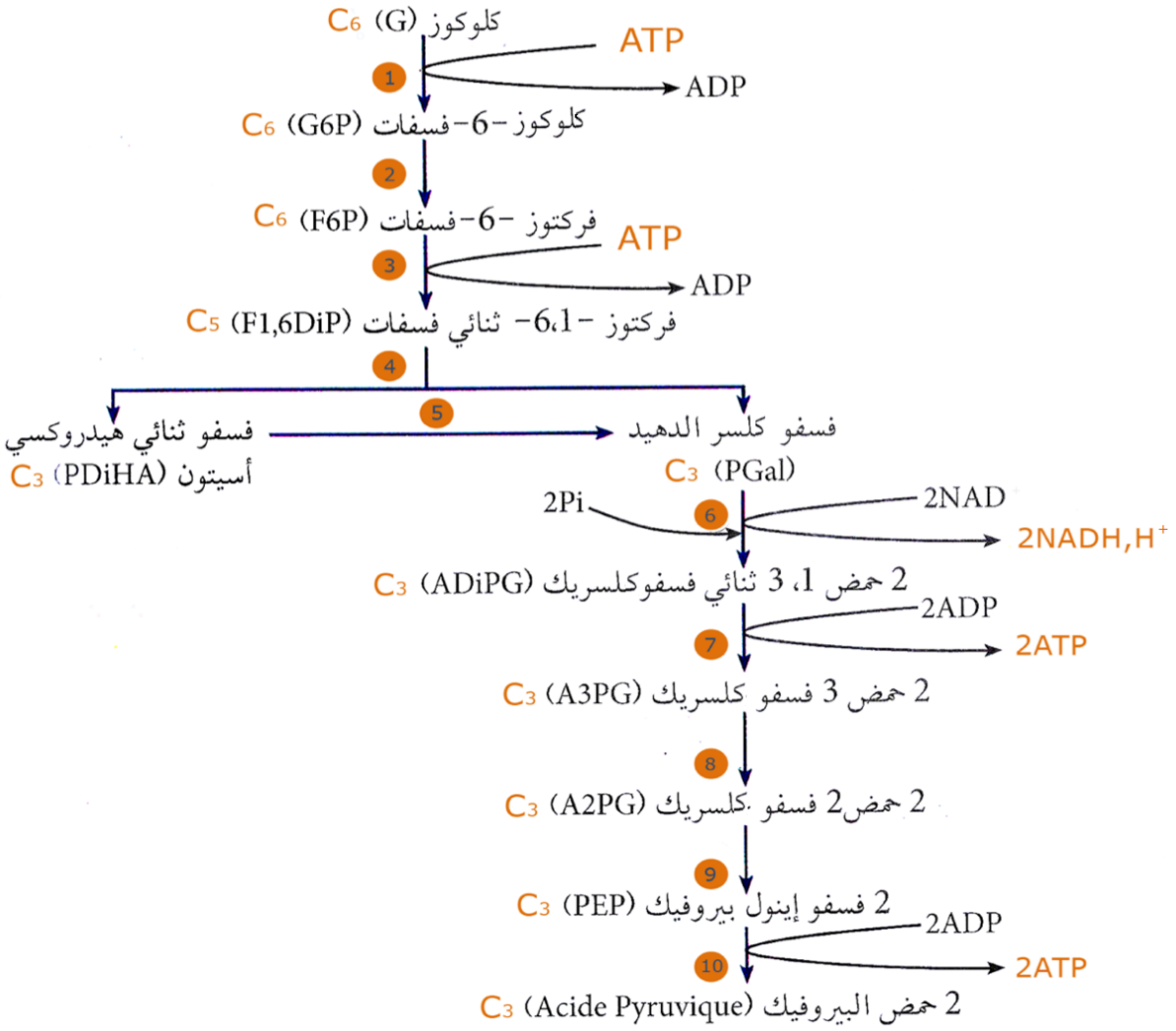
بعد ذلك يتحول حامض البيروفيك الى اسيتالدهيد بواسطة انزيم كاربوكسيليز ويتصاعد ثاني اوكسيد الكربون .

$$CH_3COCOOH \longrightarrow CH_3CHO + CO_2$$

في غياب الاوكسجين يختزل الاسيتالدهيد الى كحول .

$$CH_3CHO \longrightarrow C_2H_5OH$$

اما في وجود الاوكسجين فيدخل الاسيتالدهيد في المرحلة الثانية وهي دورة كربس ليتحول بدوره الى ثاني اكسيد الكربون وتتكون مواد مختزلة .

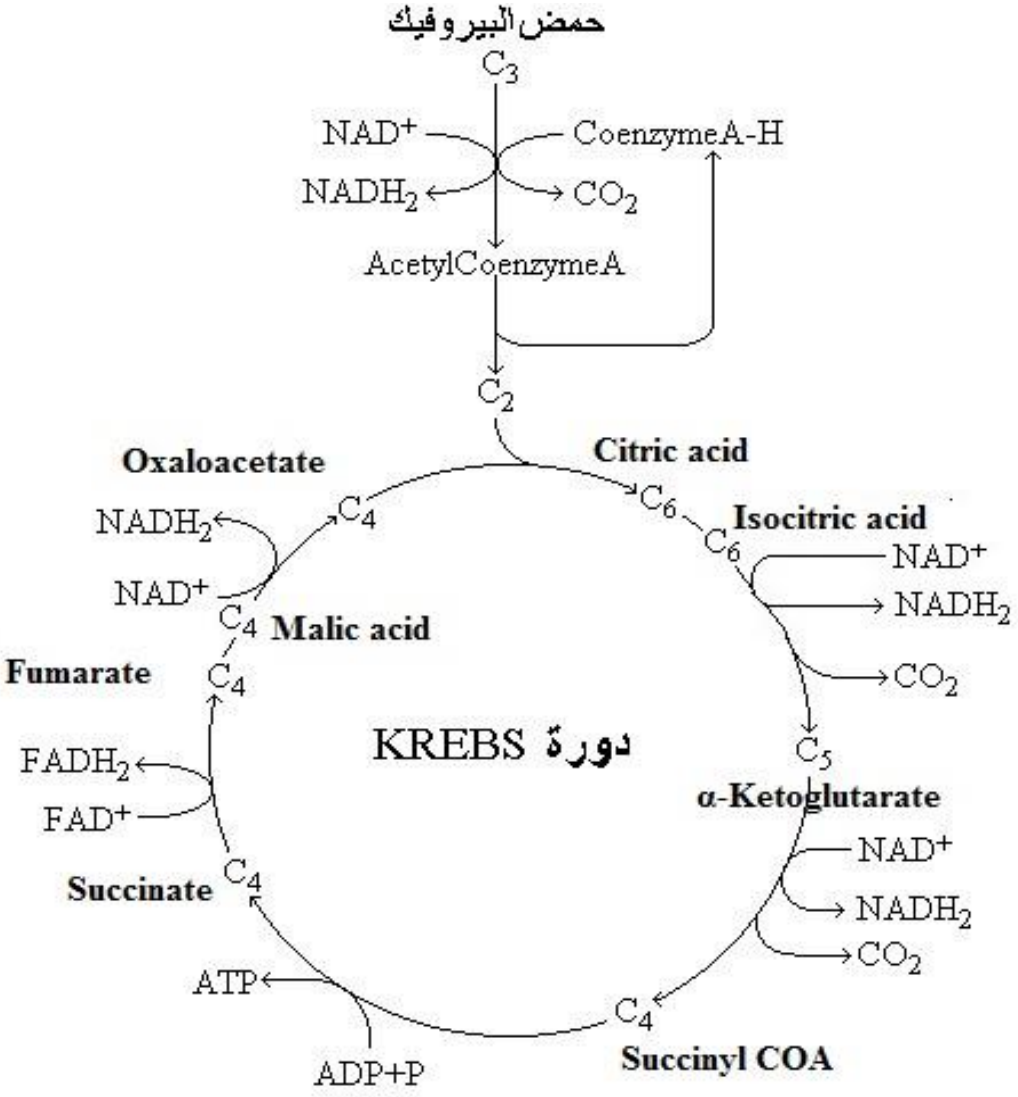


مخطط يلخص مراحل التحلل السكري

ثانيا : دورة كربس

بعد ان يتكون الاسيتالدهيد يتحد مع مساعد انزيم خاص CO.A ليعطي استيل المساعد الانزيمي . Acetyl CO.A والذي يتحد بدوره مع حامض عضوي يحتوي على اربع ذرات كاربون (حامض اكسال استيل) ليكون حامض عضوي اخر يحتوي على ست ذرات كاربون (حامض الستريك) .

بعد ذلك تتم مجموعة من التفاعلات المختلفة التي تكمل دورة كربس وتنتهي في النهاية بحامض اكسال استيل الذي بدأت به الدورة ويتكون نتيجة لذلك جزيئتين من ثاني اوكسيد الكاربون CO_2 وجزيئتين من ادينوسين ثلاثي الفوسفات ATP وستة جزيئات من النيوكلوتيدات المختزلة $NADH_2$ وجزيئتين من نيوكلوتيدات الفلافين المختزل $FADH_2$ وهذه المواد المختزلة تدخل في المرحلة الثالثة .

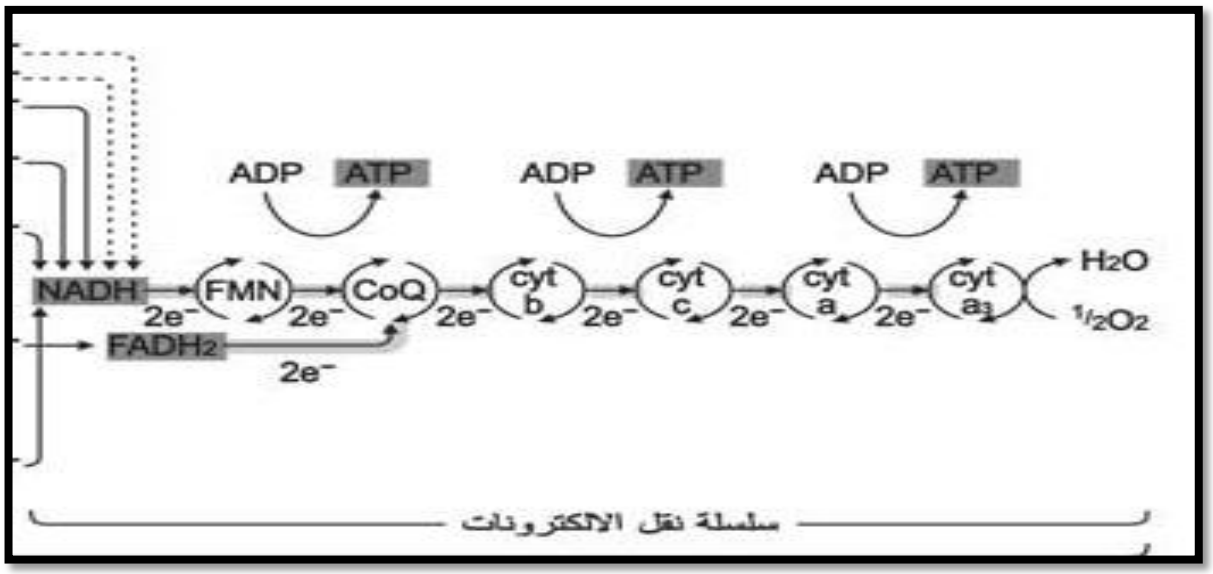


تكون الأستيل مساعد أنزيم A و دورة Krebs

ثالثاً : السلسلة التنفسية (مرحلة انتاج الطاقة) .

تمثل هذه المرحلة انتقالات الهيدروجين والالكترونات من المواد المختزلة المتكونة في دورة كربس ويتم هذا الانتقال في خلال سلسلة من السيتوكرومات حتى يصل الالكترون في النهاية الى ذرة الاوكسجين الممتص من الجو ويتحول الاوكسجين الى ايون اوكسجين الذي يتحد مع ايونين من الهيدروجين يتكون في النهاية الماء .

وفي خلال هذه الانتقالات تتحرر حوالي ٩٠% من الطاقة التي تتحرر اثناء عملية التنفس كلياً وتختزن في شكل مركبات فسفورية غنية بالطاقة وحيث ان عملية الفسفرة هذه تتم بعد استغلال طاقة اتيه من عملية اكسدة فأن هذه الفسفرة تسمى فسفرة تأكسدية .



العوامل التي تؤثر على عملية التنفس

تتأثر عملية التنفس بعده عوامل من اهمها :

١ – الماء

يمثل الماء الوسط الذي تتم فيه العمليات الحيوية المختلفة وعندما تقل نسبته تقل حيوية الخلية . فيمثل الماء حوالي ١٠ الى ١٢% او اقل في البذور الجافة ولذلك فأن سرعة التنفس في هذه البذور تكون قليلة جدا ولكن عندما توضع البذور في الماء وتمتص جزء منه فأن سرعة التنفس تزداد حتى تصل الى الحد الطبيعي .

٢ – درجة الحرارة .

تزداد سرعة التنفس بازدياد درجة الحرارة وتستمر هذه الزيادة حتى تصل الى ٣٥ م وعندما ترتفع درجة الحرارة اكثر من ذلك فأن سرعة التنفس تبدأ في الهبوط حتى اذا وصلت درجة الحرارة الى الدرجة القاتلة تتوقف عملية التنفس نهائياً .

هناك ثلاث درجات حرارة متميزة لكل عملية حيوية هي

A. درجة الحرارة الصغرى التي تتوقف تحتها العملية تماما .
B. درجة الحرارة المثلى وتكون سرعة العملية عندها اكبر ما يمكن .
C. درجة الحرارة القصوى والتي بعدها تتوقف العملية نهائيا وتكون درجة الحرارة القصوى في اغلب الاحيان قاتلة حيث لا تستطيع الخلايا استعادة حيويتها ، بينما تكون درجة الحرارة الصغرى غير قاتلة اذ ان الخلايا تستطيع استعاده حيويتها مرة ثانية اذا وضعت في الدرجة المناسبة مرة اخرى .

تختلف درجات الحرارة الثلاث من نبات الى اخر ومن عضو الى اخر داخل جسم نفس النبات ومن بيئة الى اخرى اذ ان النباتات الصحراوية تتحمل درجات حراره اعلى بطبيعة الحال على النباتات العادية وهكذا .

٣ – تركيز الاوكسجين في الجو .

يمثل الاوكسجين حوالي ٢٠% من الغازات الجوية المحيطة بالكرة الارضية ولا تتاثر عملية التنفس في انخفاض نسبة الاوكسجين حتى ١٠% وبعدها تقل سرعة التنفس حتى تتوقف نهائيا بعد الانخفاض الكبير في هذه النسبة بينما لا تعمل زيادة نسبة الاوكسجين عن ٢٠% على زيادة عملية التنفس اذ تبقى سرعة العملية كما هي وقد يحدث في بعض الكائنات ان ترتفع سرعة التنفس ولكن بدرجة قليلة جدا .

٤ – تركيز ثاني اوكسيد الكربون في الجو .

يمثل ثاني اوكسيد الكربون نسبة ٠.٠٣% في الهواء الجوي وعند زيادة نسبته الى اكثر من ذلك حتى ٥% فأن سرعة التنفس في النبات لا تتاثر ولكن اذا زادت نسبة ثاني اوكسيد الكاربون في الجو الى اكثر من ٥% فأن سرعة التنفس تنخفض وهذه الميزة تتميز بها النباتات عن الحيوانات حيث ان النبات له القدرة على تحمل نسبة عالية من ثاني اوكسيد الكاربون بينما هذه النسبة تكون قاتلة بالنسبة للحيوان . وهناك بعض الطحالب تحتمل نسبة اعلى من ذلك قد تصل الى ١٥% وعند ارتفاع ثاني اوكسيد الكاربون اكثر من ذلك في الجو فأن سرعة التنفس تخفض .

٥ – المادة المستعملة في التنفس .

تعتمد سرعة التنفس على نوع وطبيعة المادة العضوية المستغلة في النبات وتلجأ الخلية اولا الى استغلال المواد السكرية التي تتكون اثناء عملية البناء الضوئي وذلك لإنتاج الطاقة اللازمة لباقي العمليات الحيوية حتى اذا نفذت هذه المواد لجات الخلية الى استغلال المواد الدهنية حتى اذا نفذت لجات الى استغلال المواد البروتينية وعندها تتأثر حيوية الخلية اذ ان المواد البروتينية تمثل المادة البنائية لجسم الخلية وتكون سرعة التنفس اسرع ما يمكن كل ما توفرت المواد السكرية وتقل هذه السرعة اذا تعرض النبات لظروف تقلل من تكوين هذه المواد السكرية فيه .

وقد لوحظ ان تنفس الاوراق الخضراء يزداد في الظلام بعد تعرضها للضوء مدة كافية وذلك لان قيام بعملية البناء الضوئي يؤدي الى زيادة محتواها من السكريات . اما اذا تركت الاوراق في الظلام مدة طويلة فأن سرعة التنفس لا تلبث ان تخفض لتناقص محتواها السكري .

٦ – الضوء .

يكون تأثير الضوء على عملية التنفس تأثير غير مباشر وذلك لتأثره على عملية البناء الضوئي وبالتالي على كمية السكريات المتكونة والقابلة للتأكسد وكذلك على كمية الغازات المتبادلة . فعند تعريض النبات للضوء وازدياد كمية الاضاءة ترتفع درجة حرارة الانسجة فتزيد سرعة التفاعلات ومنها تفاعلات التنفس بطريقة مباشرة . وقد يتأثر التنفس بطريقة غير مباشرة نتيجة لتأثير درجة الحرارة على كمية ونوع السكريات المتكونة وايضا على معدل النتح وبالتالي كمية الماء الممتصة من التربة كما يعمل الضوء من جهة اخرى على فتح الثغور الورقية الامر الذي يشجع على زيادة معدل تبادل الغازات ، كما يعمل الضوء على زيادة معدل البناء الضوئي وبالتالي زيادة سرعة التنفس .

٧ – تأثير بعض المواد الكيميائية .

تتأثر عملية التنفس في الخلية بوجود عديد من المركبات الكيميائية فتعمل المحاليل المخففة من املاح العناصر المعدنية وكذلك الاحماض العضوية على زيادة سرعة التنفس بينما تعمل بعض المواد الاخرى مثل اول اوكسد الكاربون وكبريتيد الهيدروجين على تقليل سرعة التنفس وربما ايقاف هذه العملية نهائيا ولذلك تسمى هذه المواد بالمواد السامة بالنسبة لهذه العملية .