

تأثيرات البيئة على نمو وتطور النبات ففي عام 1920 وضع Garner و Allard فرضية التأقت وتأثير التأقت الضوئي photoperiodism على تكوين الدرنات والأبصال. وأوضح Borthwick و Handrick دور صبغة الفايتوكروم في تسلّم الضوء في التأقت الضوئي.

مجال تأثير الحرارة المنخفضة في عملية الإرتباع Vernilization وتداخلها مع التأقت الضوئي في التأثير على إزهار بعض النباتات فقد درسها الباحث Purvis والباحث Caglachjan. عام 1956 درس Levitt تأثير البيئة القاسية على بعض الظواهر من الناحية الفسيولوجية.

## المحاضرة 2

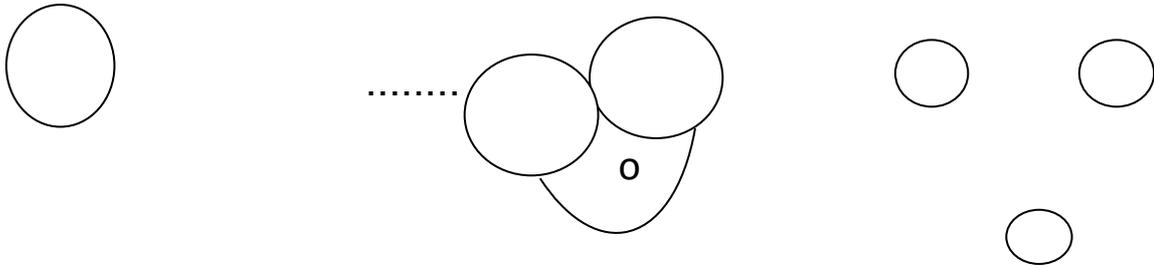
### علاقة النبات بالماء Plant-Water Relationship

"وجعلنا من الماء كل شيء حي" صدق الله العلي العظيم

يُعد الماء جوهر الحياة وخاصةً عندما يمون في طوره السائل حيث إنه الشكل الذي تكون فيه ذرة الهيدروجين عنصراً مهماً وضرورياً لكل الجزيئات العضوية.

#### خصائصه Properties of Water

الماء مركب ذو خواص فريدة - حرارته النوعية عالية الأمر الذي يمكّن الأنسجة الحية من إمتصاص أو فقد كميات كبيرة من الحرارة دون حدوث تغيير كبير في درجة الحرارة. له حرارة تبخير عالية نسبياً تسبب فقدان مقادير كبيرة من الطاقة تحت ظروف ملائمة للتبخير مسببةً عملية تبريد. الماء أقل كثافة في حالته الصلبة عنه في حالته السائلة ولهذا يطفو الثلج فوق سطح الماء وهذه الحقيقة لها أهميتها بالنسبة للحياة المائية. ترتبط جزيئات الماء مع بعضها البعض (تماسك) وتلتصق بالسطوح المختلفة (تلاصق). وكل من التماسك والتلاصق يعملان معاً على رفع الماء في داخل جسم النبات. إن خواص الماء المذكورة أعلاه جاءت نتيجة لتركيبة جزيئة الماء من ذرتي هيدروجين مرتبطتان تساهمياً (covalent) من جهة واحدة مع ذرة الأوكسجين وإن متوسط الزاوية الحاصلة من ارتباط H-O-H يقرب من 105°.



إضافة لما تقدم فيُعد الماء مذيب عام Universal solvent لكثير من المواد مثل الأملاح غير العضوية Inorganic salts والسكريات Sugars والأنيونات غير العضوية Inorganic anions. ويعتبر الوسط الذي تحدث فيه جميع التفاعلات الكيميائية الحيوية.

أن الماء يُمتص أولاً وبعد ذلك يُمتل في عملية التركيب الضوئي بهذا يمكن أن يحسب الماء كعنصر غذائي مثل العناصر الغذائية الأخرى CO<sub>2</sub> و NO<sub>3</sub>. إن كمية الماء التي يحتاج إليها النبات في عملية التركيب الضوئي قليلة حيث إن (0.01%) من الماء الكلي يستعمل من قبل النبات. يُعد الماء مهماً أيضاً في فجوات الخلايا

النباتية حيث يمارس ضغطاً على البروتوبلازم وغلاف الخلية ويسمى بالضغط الإنتقائي Turgor Pressure وبهذا يُحافظ على صلابة Rigidity الأوراق والجذور وغيرها من أجزاء النبات.

### الجهد المائي Water Potential

إن مصطلح الجهد المائي يوضح ما موجود من طاقة في الماء وحالتها : وهو يعطي صيغة موحدة للعلاقة بين الماء والنبات والتربة.

**الجهد المائي:** هو الفرق بالجهد الكيميائي Chemical Potential لوحدة حجم واحدة بين النموذج المائي والماء النقي الحر تحت درجة حرارة واحدة، ويمكن توضيحه بالمعادلة التالية:

$$\Psi = M_w - M_w^0 / v_w$$

حيث أن:

$$\Psi = \text{الجهد المائي}$$

$$M_w = \text{الجهد الكيميائي للماء المراد دراسته}$$

$$M_w^0 = \text{الجهد الكيميائي للماء النقي تحت نفس درجة الحرارة}$$

$$v_w = \text{الحجم الكتلي الجزئي Partil molar volume للماء في النظام}$$

\*الوحدة المستعملة للجهد الكيميائي هي جول/مول (Joules/mole)

\*الوحدة المستعملة لوحدة الحجم الكتلي الجزئي هي سم<sup>3</sup>/مول (Cm<sup>3</sup>/mole)

وبتعويض الوحدات يكون الجهد المائي :

$$\Psi = \text{Joules/cm}^3$$

وهذه الوحدة الأخيرة تمثل الضغط.

في حالة الأنظمة المائية يمكن تمثيلها بوحدة جول/غم في هذه الحالة لأن كثافة الماء المستعملة في هذه

القياسات التي تساوي وحدة واحدة. إن وحدة القياس الأكثر استعمالاً في حساب الجهد المائي هي البار (bar)

1 bar=0.987 atm. وإن الجهد المائي للماء الحر النقي تساوي صفراً.

### العوامل المؤثرة على الجهد المائي Factors affecting Water Potential

1- الضغط الهيدروستاتي الخارجي.

2- وجود المواد الذائبة في الماء.

3- القوى المرتبطة بالسطوح الصلبة.

4- التأثيرات الكهربائية.

5- تأثير الجاذبية.

في النبات يؤخذ بنظر الإعتبار ثلاث مكونات للجهد المائي فقط :-

$$\psi = \psi_P + \psi_S + \psi_m$$

حيث أن  $\psi_P$  هو حجم الضغط Pressure potential والذي يكون عموماً مساوياً للضغط الهيدروستاتي ولكن ذا قيمة موجبة كما في الضغط الإنتفاخي المبذول في الخلايا أو يكون سالباً في الجزء الخشبي للنباتات الناضجة. إن زيادة الضغط الهيدروستاتي يؤدي الى زيادة الجهد المائي و لهذا السبب يكون  $\psi_P$  موجباً.  $\psi_S$ : الجهد الناتج من وجود المواد الذائبة (Solutes) ويسمى بالجهد الأوزموزي Osmotic Potential. حيث إن وجود المواد الذائبة في الماء يؤدي الى تقليل تركيز الماء وبصورة أدق تقليل النشاط للجزيئات المائية وهذا يقلل أو يُخفض من الجهد المائي . إن الجهد الأوزموزي يكون دائماً ذا قيمة سالبة أي أقل من صفر والذي هو قيمة الجهد المائي للماء النقي.

$\psi_m$ : هو أحد مكونات الجهد المائي الناتج عن تأثير السطوح الصلبة في الطور المائي water phase ويُسمى هذا المكون matric potential حيث إن الماء يمكن أن يحيط بجزيئات كبيرة مثل البروتينات والسكريات المتعددة بواسطة أواصر هيدروجينية (H-bond) وبهذه الطريقة يمكن أن يُحمل الماء على سطوح الخلايا والأغشية. بالإضافة إلى هذا فالماء يمكن أن يُحمل شعرياً بواسطة تأثيرات الشد السطحي ، هذه القوى تسمى matric forces. وبما أن هذه القوى تُحد من حركة الماء فإنها تؤدي الى خفض الجهد المائي ولهذا فإن علاقة  $\psi_m$  هي سالبة.

في مادة النبات الحديث التكوين تكون نسبة الماء المُقيّد بواسطة قوى ال matric قليلة جداً لهذا فإن  $\psi_m$  فقط تلعب دوراً مهماً عندما تكون الأنسجة قد إستنفذت أكثر من 50% من محتواها المائي الإعتيادي ولهذا ففي أكثر الأحيان يُهمل تأثير  $\psi_m$  في النباتات ولكن في نظام التربة فإن  $\psi_m$  يكون هو المكون المهم للجهد المائي في التربة.

أن الجهد المائي للأوراق والسيقان والجذور يكون اعتيادياً سالباً حيث أن نسبة عالية من الماء موجودة في الفجوات (90%) والتي تحتوي كمية كبيرة أيضاً من المواد الذائبة. الماء أيضاً موجود في الساييتوبلازم (5%) وفي جدران الخلية (5%) وهذه تكون معرضة للقوى ال matric. إن كل من قوى ال matric و المواد الذائبة تخفض من الجهد المائي (تزيد من قيمته السالبة) ولهذا السبب فإن الجهد المائي للأجزاء النباتية المذكورة أعلاه تكون

أعتيادياً سالبة. تحت ظروفٍ معينة وعندما يكون الضغط الهيدروستاتي في الفجوات عالياً فيؤدي هذا إلى حصول الجهد المائي على قيمة موجبة.

إن الجهد المائي للنباتات يتراوح من (-1 إلى -15 بار) وفي بعض الحالات يصل إلى (-30 بار). وهذه القيم تعتمد على ظروف النبات. إن أنسجة النبات المختلفة لها جهد مائي مختلف حيث أن الجهد المائي للأوراق يكون أقل (ذا قيمة سالبة أكبر) من الجذور.

إن حركة الماء في الخلايا و الأنسجة وفي كل نبات تحصل من الجهد المائي العالي إلى الجهد المائي الواطئ. وطبقاً لفرضية الـ Cantenary العائدة إلى (Van Den Honert عام 1948) فإن حركة الماء بين أية نقطتين تعتمد على الإختلاف بالجهد المائي وعلى مقاومة الجريان.

إن المقاومات في الأنظمة النباتية هي جدران الخلايا والأغشية الحيوية والكيوتكل وعليه فإن معدل جريان الماء يُعبر عنه بالمعادلة التالية :

$$F = \frac{\Psi_1 - \Psi_2}{R}$$

حيث أن :  $\Psi_1$ ،  $\Psi_2$  = الفرق بالجهد المائي بين نقطتين.

F = معدل الجريان.

R = المقاومة.

### المحاضرة 3

#### الضغط الأوزموزي (OP) Osmotic Pressure

يُعرّف بأنه الضغط الأساسي الذي يُسلط على الخلية من الجهة الخارجية لجدار الخلية وبتعريف أدق "هو الضغط اللازم لمنع مرور الماء النقي إلى داخل الخلية (محلول مائي) خلال غشاء شبه نفّاذ Semipermeable memb. مانعاً بذلك الزيادة في حجم المحلول". وحديثاً يُستعمل إصطلاح الجهد الأوزموزي Osmotic Potential بدلاً من الضغط الأوزموزي. بالرغم من أنهما متساويان عددياً فهما يختلفان في الإشارة.

#### الأوزموزية Osmosis

"هي نوع خاص من الإنتشار ذو علاقة بحركة الماء خلال غشاء شبه نفّاذ من جهة يكون فيها عالي التركيز إلى جهة يكون فيها منخفض التركيز".

ويمكن توضيح عملية الأوزموزية بطريقة سهلة جداً. أربط قطعة من مادة ما مثل مثانة خنزير على النهاية الواسعة لإنبوب ثيسل Thistle (مثانة الخنزير شبه نفّاذة) ولذلك فهي تسمح للماء دون غيره من المواد الغذائية مثل السكر بالنفاذ. يوضع محلول سكري داخل أنبوبة ثسل وتُغمر نهاية الأنبوب المثبت بها الغشاء في كأس بها ماء نقي. وبما أن الغشاء المربوط على فتحة أنبوبة ثسل منفذ للماء ، ينتقل إلى داخل وإلى خارج الأنبوبة ، غير أن معدل حركة انتقال الماء إلى داخل الأنبوبة أعلى من معدل انتقاله إلى خارجها. سبب هذا هو أن تركيز الماء في الدورق أعلى من تركيزه في الأنبوب وتحت هذه الظروف يتجمع الماء في أنبوبة ثسل و يرتفع عمود الماء في الأنبوبة. وأن الفرق بين تركيز الماء داخل وخارج الأنبوبة عند اللحظة التي عُمرت فيها الأنبوبة فيالماء يكون أكبر ما يمكن.

#### ضغط الإنتفاخ (TP) Turger Pressure

هو الضغط الذي يعمل باتجاه معاكس للضغط الأوزموزي من الجهة الداخلية لجدار الخلية. أن الفرق بين الضغط الأوزموزي وضغط الإنتفاخ هو ضغط المص (S.P.) (Section Pressure) وهو الذي يكون مسؤولاً عن محصلة حركة الماء الذي يكمن تمثيله بالمعادلة التالية :  $SP=OP-TP$

فإذا كان ضغط المص ذا قيمة موجبة فهذا يدل على أن الماء قد أمْتَصَّ أما إذا كانت القيمة سالبة فهذا يعني بأن الماء فُقد من الخلية. إن ضغط المص (S.P.) يسمى حديثاً بالعجز في ضغط الانتشار (D.P.D.) Diffusion Pressure Deficit.

## الإدمصاص والتشرب Adsorption & Imbibition

إن جزءاً قليلاً من الماء في أنسجة النبات غير الجاف يكون مُدمصاً لسطوح جدران الخلية وأجزاء الخلية والجزيئات والأيونات. مادة النبات الجافة أيضاً تدمص جزيئات الماء من الأشياء المحيطة بها وهذه عملية بايولوجية مهمة ، كما هي الحال في البذور الموضوعة في التربة ، حيث تدمص الماء بسرعة من الوسط المحيط بها فتخترق جزيئات الماء المساحات الخلوية الداخلية لجدار الخلية وأجزاء الخلية الأخرى وهذا يعود إلى قوى الإدمصاص حيث تؤدي هذه القوى إلى إنتفاخ البذور. إن هذا النوع من الإمتصاص للماء يجهز البذور بالماء الذي تحتاجه بعملياتها الكيميائية الحيوية والتي بدورها تسبب الإنبات Germination .

يمكن إعتبار التشرب نوعاً خاصاً من الأنتشار، حيث إن حركة الماء هي في اتجاه التدرج الأنتشاري ويمكن بواسطتها دخول الماء إلى النبات. فإذا وضعنا مادة نباتية جافة في الماء يحدث إنتفاخ ملحوظ يؤدي في بعض الأحيان إلى زيادة كبيرة في الحجم.

مثال : يتكون ضغط هائل عند وضع عُصي خشبية جافة في شق صغير في صخرة ثم غُمرت بالماء ، يتكون ضغط كافي لتحطيم الصخرة.

الشروط الضرورية للتشرب :

1- وجود فرق في الجهد المائي بين المادة الشاربة للماء و السائل المتشرب.

2- وجود ألفة بين مكونات المادة الشاربة للماء والماء المتشرب .

"" ليس من الضروري للمادة الشاربة للماء أن تتشرب كل أنواع السوائل. فمثلاً المادة النباتية الجافة

المغمورة في الإيثر لا تنتفخ بقدر كبير، إلا أن المطاط شارب جيد للإيثر و ينتفخ بمقدار كبير"".

## المحاضرة 4

### الإنتشار Diffusion

عند وضع سكر في سائل مثل القهوة أو الشاي تنتشر جزيئات السكر خلال السائل وتعطيه مذاقاً حلواً متجانساً. رائحة العطر المنبعثة من قنينة عطر مفتوحة تصلنا خلال عملية الإنتشار. جزيئات العطر تنتشر خلال جزيئات الهواء. ولتفهم عملية الإنتشار علينا تفهم طبيعة حركة المواد kinetic .

### طبيعة حركة المواد Kinetic nature of matter

عند درجات الحرارة الأعلى من الصفر المطلق ( $0^{\circ}\text{K}$  أو  $273^{\circ}\text{C}$ ) كل مكونات المادة تكون في حركة وهذا يعني أن هذه المواد تحمل مقداراً معيناً من الطاقة وظيفتها الحركة kinetic energy. هذه الحركة هي عشوائية حيث تتحرك الجزيئات أو الذرات في كل الإتجاهات مصطدمة ببعضها في كثير من الأحيان . لو إعتبرنا الهواء الذي نستنشقه وهو بصفة رئيسية خليط من جزيئات النيتروجين ، الأوكسجين و ثاني أوكسيد الكاربون ، هذه الجزيئات ذات حركة عشوائية مستمرة وتصطدم ببعضها من حين لآخر. جزيئات النيتروجين أكثر وفرة من جزيئات الأوكسجين، جزيئات  $\text{CO}_2$  نادرة للغاية حيث لا يتجاوز تركيزها في هذا الخليط أكثر من 0.03% هذه الأنواع الثلاثة من الجزيئات مختلفة بتجانس في الجو . تنتشر جزيئات العطر بين جزيئات الهواء وتختلط في النهاية بتجانس. عند إنتهاء تبخر العطر تنتشت جزيئاته بالكامل بين جزيئات الهواء وتتكون منظومة ديناميكية جديدة. تشمل جزيئات النيتروجين، الأوكسجين،  $\text{CO}_2$  والعطر متحركة عشوائياً.

### إنتشار الغازات Diffusion of gases

مثال: إذا كُسرت قنينة من البرومينتحت ناقوس زجاجي مُفرغ جزئياً من الهواء تملأ جزيئات البرومين في الحال الفضاء الذي تحت الناقوس ، وهذا من السهل مُشاهدته نظراً للون البني المحمر المميز لغاز البرومين ، يختلف الأمر إذا لم يكن الفضاء مفرغاً من الهواء. حيث تؤدي جزيئات الهواء إلى تباطؤ سرعة إنتشار غاز البرومين.

### الضغط الأنتشاري Diffusion Pressure

إن وزن الغاز (الهواء) فوق سطح الزيتق الموضوع في طبق كافٍ لدفع عمود من الزيتق في انبوبة زجاجية إلى اعلى ليصل إلى ارتفاع 760 ملم.

## الانتشار المستقل Independent Diffusion

إن اتجاه انتشار مادة ما يحدده كلية الفروقات في الضغط الانتشاري لتلك المادة ومستقل كلياً عن الضغوط الانتشارية للمواد المحيطة.

مثال: عند نفخ منطاد بغاز النيتروجين ، حيث أن جدران المنطاد المطاطية هي نسبياً غيرمنفذة للنيتروجين ، النيتروجين المحصور في المنطاد سيكون له ضغط انتشاري أعلى نسبياً. أما  $CO_2$  فعلى النقيض من النيتروجين حيث يمكن أن يمر بسهولة من خلال جدار مطاطي، إذا سُمح للبالون المملوء بالنيتروجين أن يستقر في الهواء ، فإن  $CO_2$  الموجود في الهواء سينتشر في البالون حتى يحدث التعادل. ينتشر  $CO_2$  في المنطاد لأن ضغطه الانتشاري في الهواء أكثر من ضغطه الانتشاري في المنطاد و الذي كان صغيراً. أن انتشار  $CO_2$  إلى الداخل يحدث بالرغم من أن الضغط الانتشاري لغاز النيتروجين المحصور في البالون هو أعلى بكثير من الضغط الانتشاري ل  $CO_2$  في الهواء.

## العوامل المؤثرة في معدل إنتشار الغازات Factors affecting rate of diffusion of gases

1- درجة الحرارة: تناسب طردي وذلك لأن درجة الحرارة تزيد من الطاقة الحركية لجزيئات الفلز.

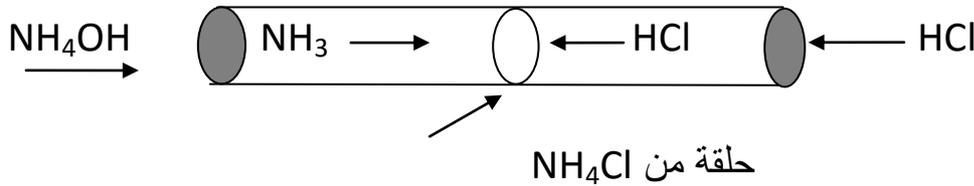
2- كثافة الجزيئات المنتشرة: حسب قانون كراهام Graham's Law للانتشار "معدلات إنتشار الغازات تتناسب عكسياً مع الجذور التربيعية لكثافتها".

$$m_1/m_2 = \sqrt{K_2/K_1}$$

$$4 = 1/4 = \sqrt{1}/\sqrt{16} = \sqrt{K_o}/\sqrt{K_H}$$

حيث إن كثافة الأوكسيجين 16 مرة قدر كثافة الهيدروجين، معدل أنتشار الهيدروجين 4 مرات معدل أنتشار الأوكسيجين.

ويمكن توضيحه بالتجربة :



## ضغط الجذر Root Pressure

هي الميكانيكية المسؤولة عن تحرر الماء الى أوعية الخشب. وهذا ممكن ملاحظته عن طريق تجمع العصير الخلوي cell sap الناتج من عملية النضح exudation على الجزء الباقي من النبات المقطوع. في

النباتات الصغيرة يشارك الضغط الجذري في إنتقال المواد الذائبة والمواد غير العضوية الى الأعلى وخاصة عندما يكون معدل النتح قليلاً. قد يسبب الضغط الجذري في بعض الأحيان ظاهرة الأدماع (Guttation) في البادرات حيث أن الماء ينضح من خلال النبات ويتحرر على شكل قطرات دمعية عند نهايات الورقة . وهذه الظاهرة هي الدليل على العمليات الحيوية الجذرية الشديدة والضغط الجذري العالي. وهي ظاهرة تُلاحظ في اكثر الأحيان عند الصباح الباكر نتيجة لعرقلة عملية التبخر في الليل. وقد وُجد أن القطرات الدمعية تحتوي على مواد ذائبة، حيث وُجد أن النباتات الصغيرة تنضح البورون (B) بهذه الوسيلة.

### العوامل المؤثرة في إمتصاص الماء :

1. درجة الحرارة : أن الحرارة المنخفضة تقلل أمتصاص الماء من خلال:

- جعل الماء اكثر لزوجة.
- جعل البروتوبلازم أقل نفاذية.
- عرقلة نمو الجذور.
- قلة نشاط الأنزيمات.

مثال : تأثير درجة الحرارة المنخفضة عند وضع قطع ثلج مجروش في سندان به نبات الكوليوس، النتيجة هي ذبول النبات بالرغم من توفر الرطوبة في منطقة الجذور وتوفر ظروف النتح الجيدة.

2. تركيز محلول التربة : كلما كان الجهد المائي ذو فرق بالتدرج يؤدي الى حركة الماء. فالنباتات الملحية Halophytes تتحمل اكثر حيث أن قيمة سالبية الجهد المائي لعصارة خلاياها هي اكثر بكثير من مما هي عليه في نباتات اخرى.

3. تهوية التربة : عند تعرض حقل نبات التبغ لمطرغزير ثم شمس ساطعة يظهر الذبول على نباتات التبغ في وقت قصير يسمى هذا من قبل مزارعي التبغ بالأرتخاء Flopping وتكون حادة تحت ظروف الصرف غير الجيدة. السبب هو عرقلة أمتصاص الماء نتيجة لإحلال الماء محل هواء التربة.

وسببها ← نقص الأوكسجين.

التأثير السلبي على نمو وأيض الجذر.

تجمع CO<sub>2</sub> في التربة. حيث أن زيادة CO<sub>2</sub> تزيد من لزوجة البروتوبلازموقلة النفاذية.

4. توفر الماء المتيسر في التربة : ليس كل ما موجود من ماء في التربة هو متوفر للنبات.

## المحاضرة 5

### السعة الحقلية Field Capacity

حسب تعريف Kramer : هي محتويات التربة المائية بعد ريها بالكامل وصرف الماء حتى توقف الحركة الشعرية للماء. تختلف السعة الحقلية باختلاف الترب.

### النتح transpiration

كميات كبيرة من الماء تمتص من التربة ثم تنتقل عبر النبات وتُفقد في الجو دون ان تدخل في أية عملية حيوية مهمة. تعرف هذه الظاهرة بالنتح. يُفقد الماء بشكل بخار ماء عن طريق الثغور Stomata. إضافة الى النتح عن طريق الثغور يُفقد الماء عن طريق العديسات Lenticles فالأول يسمى بالنتح الأدمي Cuticle Tr. والثاني يسمى بالنتح العديسي Lenticular Tr. أن الماء المفقود عن طريق الكيوتكل و العديسات غير ذي أهمية مقارنة بالماء المفقود من خلال الثغور.

### النتح النسبي Relative Transpiration

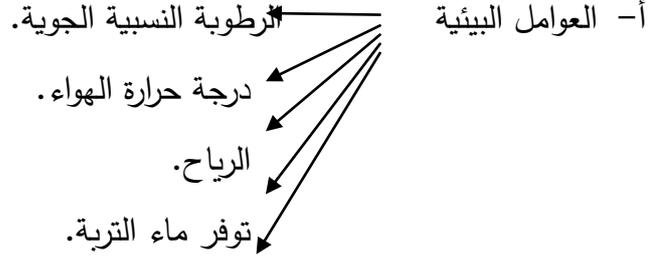
هو نسبة وزن الماء المفقود بالنتح من سطح نباتي الى وزن الماء المتبخر من سطح مائي وساو له بالمساحة.

### مقدار النتح

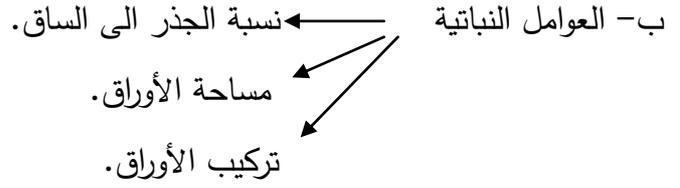
لقد تم تقدير كميات الماء المفقود عن طريق النتح من قبل نبات الذرة خلال فصل نمو واحد بكمية تساوي 54 غالون ماء، (الغالون = 4 لتر). مع ملاحظة أن كمية الماء المفقودة تختلف من نبات لآخر كما في الجدول التالي:

نوع النبات	النتح خلال فصل النمو (غالون)	لتر
اللويجا	13	52
البطاطا	25	100
الحنطة	25	100
الطماطة	34	136
الذرة	54	216

**العوامل المؤثرة على معدل النتج: Factors affecting Tr. Rate:**

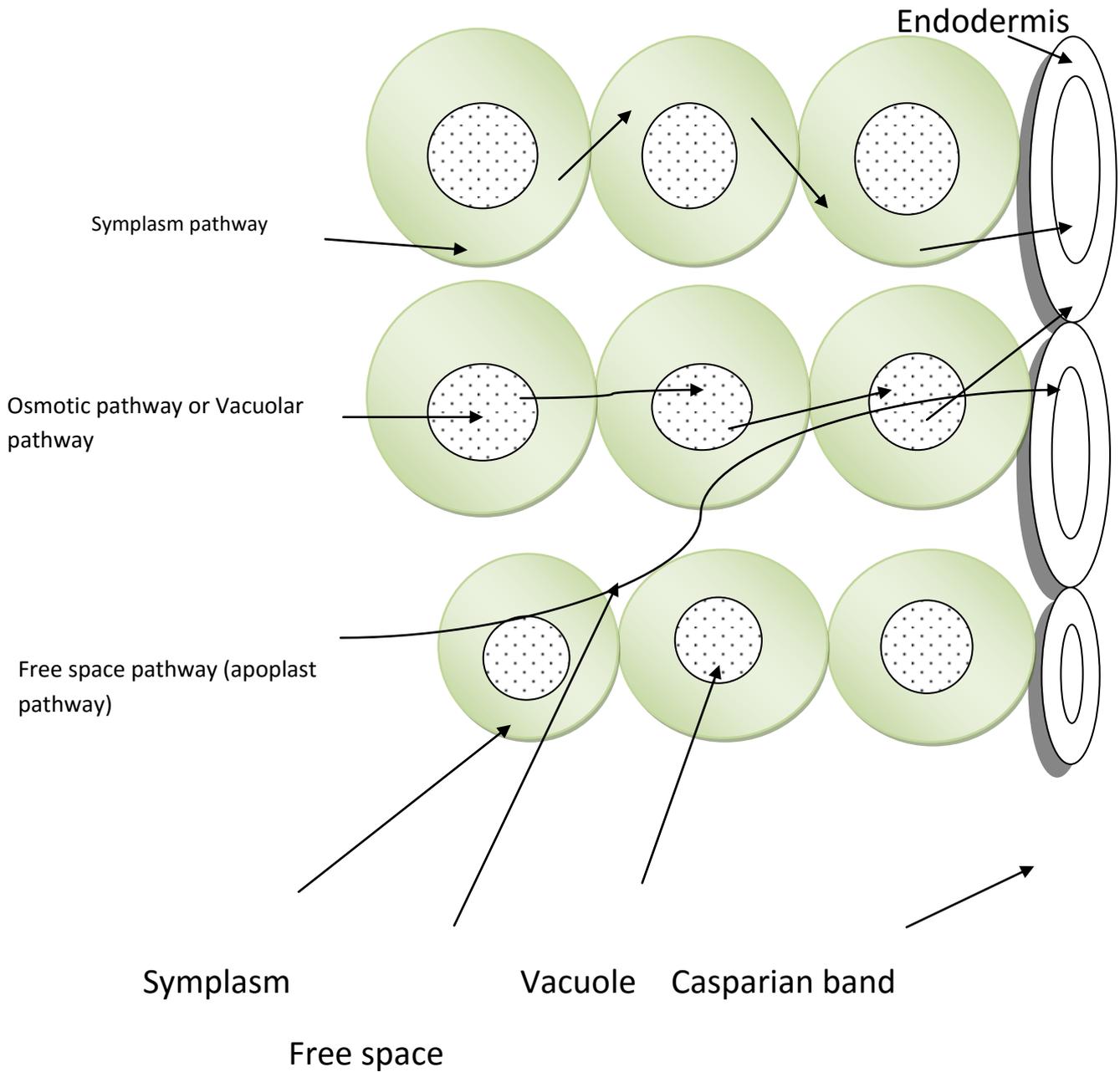


الضوء (من خلال تأثيرها على فتح وغلق الثغور وعلاقتها بالحرارة).



**طرق قياس النتج:**

- 1- طريقة البوتوميتر Potometer Method.
- 2- طريقة كلوريد الكوبلت Cobalt Chloride Method.
- 3- طريقة الوزن: Weighing Method.
- 4- طريقة جمع ووزن بخار الماء المفقود بعملية النتج Collecting & Weighing of Transport.
- 5- الطريقة الحقلية بأستخدام اللايسومتر Lysometer Method.



عندما يصل الماء الى الساييتوبلازم عبر غشاء البلازما فإنه ربما ينتقل من خلية الى اخرى عبر الخيوط البلازمية **Plasmodesmata** ، والخيوط البلازمية هذه تربط الساييتوبلازم لعدد من الخلايا مكونة سلسلة بلازمية تسمى بال**Symplasm** وعليه فإن ال**Symplasm** يحتمل أن يكون هو الطريق المهم لأنتقال الماء والأيونات غير العضوية عبر نسيج القشرة (**cortical tissue**) للجذر وقد تأكدت هذه من قبل (**Brouwer 1965**) وبصورة مفصلة من قبل (**Newman 1974**). أن المشكلة الرئيسية في تحديد اي من الطرق الثلاث هو الأكثر أهمية راجعة الى الصعوبات التي تضم قياسات نفاذية الخلية ونفاذية جدارها.

## حركة الثغور Stomatal Movement

إن كمية كبيرة من الماء المفقود بعملية النتح تتحرر عن طريق فتحات الثغور. يختلف عدد الثغور على سطوح الورقة باختلاف الأنواع النباتية كما في الجدول الآتي:

جدول: توزيع الثغور على الأوراق الناضجة لأنواع نباتية مختلفة:

معدل عدد الثغور لكل ملم <sup>2</sup>		Plant Species الأنواع النباتية
البشرة السفلى	البشرة العليا	
281	40	1- الفاصوليا ( <u>Phaseolus vulgaris</u> ) Bean
156	85	2- زهرة الشمس ( <u>Helianthus annuus</u> ) Sunflower
158	0	3- الهيدرا ( <u>Hedera helix</u> ) Ivy
130	12	4- الطماطة ( <u>Lycopersicon esculentum</u> ) Tomato
59	19	5- الجيرانيوم ( <u>Pelargonium sp.</u> ) Geranium
68	52	6- الذرة ( <u>Zea mays</u> ) Maise
23	25	7- الشوفان ( <u>Avena sativa</u> ) Oat
14	33	8- الحنطة ( <u>Triticum sp.</u> ) Wheat

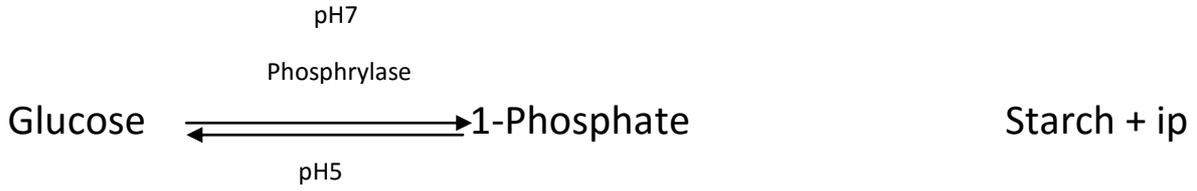
### تشرح الورقة:

تتكون الورقة من البشرة العليا المغطاة بالكيوتكل من الخارج ثم طبقة الخلايا الوسطية Mesophyll cells ثم الخلايا الإسفنجية Spongy cells التي تحتوي على الكلوروبلاست ثم البشرة السفلى الحاوية على الثغور Stoma والخلايا الحارسة Guard cells. أن البشرة العليا والسفلى للورقة تكون مغطاة بطبقة شمعية تسمى الكيوتكل. إن مادة الكيوتكل تتكون من مواد دهنية تعمل حاجزاً لعملية نتح جزيئات الماء، ولهذا فإن (90%) من الماء المفقود بعملية النتح يمر من خلال الثغور وعليه فإن عملية فتح وغلق الثغور هي عملية مهمة ليس فقط لتمثيل CO<sub>2</sub> بل أيضاً لموازنة الماء في النبات.

كان معروفاً ولفترة طويلة بأن عملية فتح وغلق الثغور تعتمد على التغير في إنتفاخ الخلايا الحارسة حيث أن الإنتفاخ العالي يؤدي الى فتح الثغور والواطيء يؤدي الى غلق الثغور، ولكن قد تبين عام 1968 بان أنتفاخ الخلايا الحارسة مرتبط ومعتد على العوامل الآتية:

1- الإمتصاص الأيوني وخاصةً أمتصاص البوتاسيوم:- حيث أن زيادة تركيز البوتاسيوم في الخلايا الحارسة يؤدي الى توسيع فتحة الثغور وقد وُصِح هذا بأستعمال المجس الألكتروني للخلايا الحارسة للثغور المفتوحة بينما لم يُلاحظ أي تجمع للبوتاسيوم في حالة الثغور المغلقة. ولهذا فإن عملية فتح وغلق الثغور تعتمد

وبصورة رئيسية على تجمع البوتاسيوم في الخلايا الحارسة وليس فقط على عملية تحول النشا الى سكر كما كان يُعتقد سابقاً وأن تفاعل النشا / سكر هو تفاعل ثانوي من حيث الأهمية.



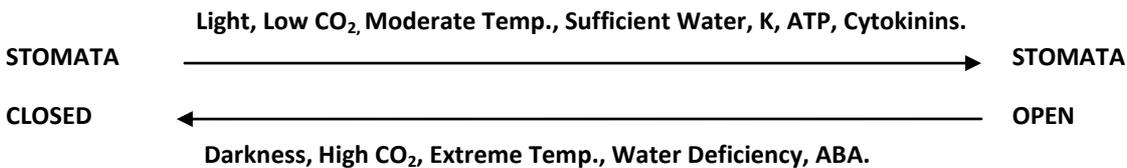
2- ثاني أكسيد الكربون: تؤثر مستويات  $\text{CO}_2$  في عملية غلق وفتح الثغور فعندما يتواجد  $\text{CO}_2$  يتركز أكثر من 0.05% في الفجوات تحت الثغور فان ذلك يؤدي الى غلق الثغور. والأفتراض هو ان التراكيز العالية من  $\text{CO}_2$  تزيد من نفاذية غشاء البلازما و بالتالي تؤدي الى إنسياب البوتاسيوم من الخلايا الحارسة. والى حدٍ ما يؤثر في pH الوسط حيث يجعله حامضياً بتكوينه حامض الكربونيك وبالتالي يتحول الكلوكوز الى نشأ. إلا أن الأفتراض الأول هو الأقوى.

3- ATP: أن الخلايا الحارسة تختلف عن الخلايا الأخرى الموجودة في طبقة البشرة بأحتوائها على الكلوروفيل و عليه فانها قادرة على إنتاج ATP بواسطة عملية الفسفرة الضوئية، ويُفترض بأن ATP المنتج بهذه الطريقة يؤدي الى حدوث الأمتصاص الحيوي للبوتاسيوم في الخلايا الحارسة.

4- الضوء: وجوده في الصباح لا يؤدي فقط الى خفض تركيز  $\text{CO}_2$  في النسيج الأوسط بل ايضاً يسبب تكوين ATP الذي يكون ضرورياً للأمتصاص الحيوي للبوتاسيوم بواسطة الخلايا الحارسة.

5- الحرارة العالية: تسبب غلق الثغور ويعود هذا الى زيادة التنفس وزيادة مستويات  $\text{CO}_2$  في فجوات الثغور. أن الحرارة العالية في أكثر الأحيان تكون مرتبطة بزيادة استهلاك الماء، لهذا فان غلق الثغور يحافظ على النبات من فقدان الكبير للماء.

6- الهرمونات النباتية: تؤثر أيضاً في فتح وغلق الثغور وبصورة عامة فان السايتوكاينينات Cytokinins تؤدي الى فتح الثغور بينما الـ Abscisic Acid (ABA) يؤدي الى غلقها. ويمكن إجمال ما تقدم بالمخطط التالي:



## المحاضرة 6

### تغذية النبات Plant Nutrition

إن مقدرة الخلايا الحية على استعمال المواد من المحيط الذي تعيش فيه في تركيب خلاياها وكمصدر للطاقة لمكوناتها الخلوية هي ظاهرة مميزة للحياة. إن تجهيز وامتصاص المركبات الكيميائية التي يحتاجها الكائن الحي لنموه وفعالياته الحيوية يمكن إن تعرف بالتغذية (Nutrition) والمركبات الكيميائية التي يحتاجها الكائن الحي تسمى بالمادة الغذائية (Nutrient) وان العمليات التي بواسطتها تتحول المواد الغذائية إلى أجزاء خلوية أو تستعمل كمصدر للطاقة هي عمليات حيوية (Metabolic process). وان العمليات المتصلة ببناء البروتوبلازم تشمل مختلف التفاعلات التي تحصل في الخلية الحية من اجل استمرارية النمو والحياة. لهذا فان التغذية والعمليات المتصلة ببناء البروتوبلازم ذات علاقة قوية بعضها ببعضها الآخر.

إن العناصر الغذائية الضرورية التي يحتاجها النبات الأخضر مقتصرة على العناصر ذات الطبيعة اللاعضوية (Inorganic matter) ففي هذه الحالة يختلف النبات الأخضر أساسا عن الإنسان والحيوان والكائنات الحية الدقيقة التي تحتاج بالإضافة إلى العناصر غير العضوية مركبات عضوية كمادة غذائية.

يعرف العنصر الضروري بأنه العنصر الذي تتوفر فيه الشروط التالية:

- 1- تحتاجه جميع النباتات في دورة حياتها الاعتيادية.
- 2- وظيفته لا يمكن إن تعوض بمركب كيميائي آخر.
- 3- يدخل مباشرة في تغذية الكائن الحي.

واعتمادا على هذا التعريف الذي وصفه (Arnon & Stout 1939) فالعناصر الكيميائية التالية تعرف الآن

بالعناصر الضرورية للنبات:

العنصر	الرمز	العنصر	الرمز	العنصر	الرمز	العنصر	الرمز
الكربون	C	البوتاسيوم	K	النحاس	Cu	الصوديوم	(Na)
الهيدروجين	H	الكالسيوم	Ca	الخارصين	Zn	السيليكون	(Si)
الأوكسجين	O	المغنيسيوم	Mg	الموليبدينم	Mo	الكوبلت	(Co)
النيتروجين	N	الحديد	Fe	البورون	B		
الفسفور	P	المنغنيز	Mn	الكلور	Cl		
		الكبريت	S				

Ref. Principles of Plant Nutrition . (1918) . Mengel and Kirkby.

إن العناصر التي وضعت بين الأقواس والتي هي الصوديوم والسيلكون والكوبلت لم تثبت لحد الآن كعناصر ضرورية وأساسية لكل النباتات ففي حالة الصوديوم Na هناك قسم قليل من الفصائل النباتية مثل فصيلة رجل الأوز Chenopodiaceous والفصائل التي تأقلمت للظروف المالحة تمتص هذا العنصر بكميات كبيرة نسبياً، الصوديوم ذو تأثير ايجابي على النبات وفي بعض الحالات يكون ضروريا للنبات. السيلكون يعتبر عنصراً ضروريا للرز. والكوبلت لبعض النباتات مثل النجيليات. ان عنصر الكلور هو العنصر الذي ثبت حديثاً كونه عنصراً ضروريا لنمو كل النباتات الراقية عام 1969 م، حيث يلعب دوراً كبيراً وضرورياً في عملية التركيب الضوئي. تقسيم العناصر الغذائية :-

إن العناصر الغذائية للنبات يمكن ان تقسم الى قسمين هما العناصر الغذائية الكبرى Macronutrients والصغرى Micronutrients .

لعناصر الغذائية الكبرى هي العناصر التي وجدت بالنبات ويحتاجها بكميات اكبر نسبياً من العناصر الصغرى. إن ما موجود في أجزاء النبات من العنصر الغذائي الكبير كالنتروجين مثلاً هو أكثر ألف مرة أو أكثر مما هو موجود من عنصر الزنك في أجزاء النبات.

تبعاً لهذا التصنيف واعتماداً على محتوى المادة النباتية للعنصر الغذائي، فالعناصر التالية يمكن أن تعرف بالعناصر الكبرى وهي: (Na , Si) , Ca , K , S , P , N , O , H , C , Mg .

والعناصر الغذائية الصغرى وهي: (Co) , Cl , B , Mo , Zn , Cu , Mn , Fe .

هذا التقسيم لعناصر النبات الغذائية إلى عناصر كبرى وصغرى يكون أحياناً اعتباطياً وفي كثير من الحالات تكون الفروقات في محتوى النبات من العناصر الكبرى والصغرى اقل مما هو عليه في المثال الذي ذكر سابقاً.

من النظرة الفسيولوجية يكون من الصعب جداً تبرير تصنيف العناصر الغذائية للنبات إلى عناصر صغرى وكبرى اعتماداً على تركيز العنصر في أجزاء النبات ولهذا فان تصنيف العناصر الغذائية طبقاً لنشاطها الفسيولوجي والكيميائي الحيوي ( الكيموحيوي ) يكون أكثر ملائمة وربما تقسم العناصر الغذائية في النبات استناداً إلى النظرة الفسيولوجية إلى أربع مجموعات كما هو موضح في الجدول التالي:-

جدول (1) تصنيف العناصر الغذائية في النبات طبقا لنشاطها الفسيولوجي.

العنصر الغذائي	الامتصاص	الوظائف الكيموحيوية
المجموعة الأولى C , H , O , N , S	على شكل $CO_2$ , $H_2O$ , $HCO_3^-$ , $SO_4^{2-}$ , $N_2$ , $NH_4^+$ , $O_2$ , $NO_3^-$ , $SO_2$	مركبات رئيسية للمادة العضوية، عناصر أساسية لعمل الإنزيمات، التمثيل بواسطة تفاعلات الأكسدة والاختزال .
المجموعة الثانية P , B , Si	على شكل فوسفات وحامض بوريك وبورات وسليكات في محلول التربة	عملية الاسترة مع مجاميع الكحول في النبات ، أسترات الفوسفات تدخل في تفاعل مثل الطاقة .
المجموعة الثالثة K, Na, Mg, Ca, Mn , Cl	على شكل ايونات في محلول التربة	تثبيت الجهد الازموزي ولكنها غير متخصصة لهذه الوظيفة ، تنشيط الإنزيمات، تعمل كروابط للتفاعلات، موازنة الايونات القابلة وغير القابلة للانتشار .
المجموعة الرابعة Fe , Cu , Zn , Mo	على شكل ايونات أو مواد مغلقة (chelated) في محلول التربة	تتداخل مع المواد المكملة (prosthetic) ، يمكن انتقال الاليكترونات بتغيير التكافؤ .

## المحاضرة 8

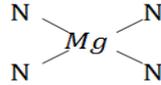
### وظائف العناصر الغذائية المعدنية Function of Mineral Nutrient

#### النتروجين (N): Nitrogen

يعد النتروجين عنصرا ضروريا للنبات فهو يدخل في بناء النبات والفعاليات ويتواجد في الأحماض النووية، البروتين ، الكلوروفيل ، NAD ، NADP.

#### الفسفور (P): Phosphorus

أهم مكونات الأحماض النووية ، الليبيدات phospholipids مثالها Lecithins والتي هي احدى مكونات الاغشية الساييتوبلازمية ويدخل في ADP و ATP والتي هي عبارة عن مركبات حاملة للطاقة ومهمة في العمليات الحيوية .



#### المغنيسيوم (Mg<sup>++</sup>): Magnesium

مكون ضروري لجزيئة الكلوروفيل ويتحد مع بروتينات نباتية عديدة. وان ايون Mg يكون منشط لعدد من الإنزيمات خصوصا تلك التي تعمل على المواد المفسفرة ومنها الـATP-ases.

#### الكالسيوم (Ca<sup>++</sup>): Calcium

بصورة بكتات الكالسيوم. يكون مكون رئيسي للجدران الخلوية النباتية ومكون ضروري للأغشية الحيوية والحفاظ على سلامتها وخواصها. ويعتبر الكالسيوم منشأً لأنزيم الاميليز Amylase وبدرجة أقل لأنزيمات الـATP-ases ومن المعتقد انه ينظم pH العصير الخلوي.

#### البوتاسيوم (K<sup>+</sup>): Potassium

لم يكن مكونا لأي جزيئة عضوية وهو منشط لأنزيم الـPyruvate Kinase ومنشطا للأنزيمات المساعدة في عملية بناء الكربوهيدرات.

#### الكبريت (S): Sulphur

يتواجد كمرفاق إنزيمي Coenzymes كما في الـbiotin , thiamin , coenzyme، ويتواجد في الأحماض الامينية مثل الـMethionine, Cystine , Cysteine والتي تتواجد في البروتين.

وان الروابط الكبريتية —S—S— تلعب دورا مهما في تحديد تركيب البروتين ومجموعة (-SH) تكون الجزء الوسطي النشط للأنزيمات.

#### الحديد (Fe): Iron

يكون الحديد في المجاميع التكميلية Prosthetic لبروتينات معينة خصوصا الـCytochrome والتي لها وظيفة في نقل الاليكترونات وبعض الأنزيمات مثل الـPeroxides و dehydrogenate . وللحديد وظيفة متخصصة في تمثيل الكلوروفيل حيث

أن مركب Iron-porphyrin يتكون كمركب وسطي لكن لا يدخل في جزيئة الكلوروفيل نفسها . ويعتبر الحديد مهم في تركيب Ferredoxin الذي يعتبر حامل اليكتروني في عملية الفسفرة وتمثيل النتروجين .

### النحاس (Copper): Cu

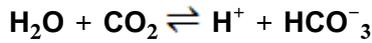
يعد إحدى مكونات الـ Metallo-enzymes العديدة مثل ascorbic acid oxidase , tyrosinase , cytochrome oxidase ويعمل كمستقبل اليكتروني وسطي في أكسدة المواد.

### المنغنيز (Manganese): Mn

منشط لمعظم الأنزيمات الناقلة للفوسفات.

### الزنك (Zinc): Zn

يعتبر الزنك منشطاً لأنزيم Carbonic anhydrase والذي يساعد في التفاعل التالي:



ولوقت قريب جداً عُرفت أو شُخصت بعض الأنزيمات التي تحتوي على الزنك مثل مجموعة إنزيمات dehydrogease ومجموعة إنزيمات الـ ptiptidse.

### الموليبدينم (Molybdenum): Mo

مهم في تثبيت النيتروجين و تمثيل النترات. منشط لبعض الأنزيمات مثل الـ nitrate reductase والـ nitrogenase المهم في العقد البكتيرية يحتوي أيضاً على الموليبدينم.

### البورون (Boron): B

يعمل كمنظم للعمليات الحيوية. مهم جداً في انتقال السكريات عبر الأغشية الخلوية بتكوين معقد من بورات السكر Borate sugar complex. مهم في عملية الإنبات (خاصة الـ grass) بسبب تأثيره على تخليق حامض الجبرلين Gibberellic acid. له دور في نمو حبوب اللقاح.

### الكلور و الصوديوم (Chloride(Cl) & Sodium(Na))

إن دور هذين العنصرين في العمليات الحيوية للنبات غير مؤكدة .ولكن يعتقد بأن الكلور يعمل كناقل اليكتروني في عملية الفسفرة الضوئية photophosphorylation.

أما الصوديوم (Na) فهو معروف كمنشط في نقل أنزيمات الـ ATP-ases في الحيوانات ويعتقد نفس الشيء في النبات. ويمكن للصوديوم أن يحل محل البوتاسيوم في عملية تنظيم أزموزية الخلايا الحارسة لبعض النباتات وكذلك في الـ halophytes (النباتات التي تتحمل الملوحة).

## دليل نقص العناصر الغذائية في النبات:

### Key to Nutrient Deficiency Symptoms in Plants:

تغيرات Ref. Soil Fertility Manual. Potash and Phosphate Institute. U.S.A

#### لونية في الأوراق السفلى:

N النتروجين: لون النبات اخضر فاتح والأوراق السفلى صفراء.

P الفسفور: لون النبات اخضر غامق مع صغر حجم النبات والأوراق.

K البوتاسيوم: بقع فهوائية اللون على الأوراق وتحزق الحواف الخارجية للأوراق السفلى.

Mg المغنسيوم: ظهور بقع أوشرائط صفراء على الأوراق السفلى بين العروق ثم تصبح هذه الأوراق ذات اللون أحمر بنفسجي من الحافة إلى آخر الورقة.

Zn الزنك: اصفرار واضح بين العروق ويصبح لون الأوراق برونزي، وظاهرة الأوراق الصغيرة (little leaf) حيث تكون متجمعة متوردة (Rosette). وتشمل الأوراق الحديثة أيضاً.

#### 1- تغيرات لونية في الأوراق العليا:

أ. موت البرعم الطرفي:

Ca الكالسيوم: تأخر ظهور الأوراق الأولية مع موت البراعم الطرفية.

B البورون: اصفرار الأوراق القريبة من القمة النامية مع تلون البراعم النامية باللون الأبيض أو القهوائي الفاتح مع موت الأنسجة.

ب. بقاء البرعم الطرفي حي:

S الكبريت: تلون الأوراق بما فيها العروق باللون الأخضر الفاتح إلى الأصفر حيث تظهر على الأوراق الحديثة أولاً.

Fe الحديد: تكون المناطق بين عروق الأوراق ذات لون أصفر إلى أبيض.

Mn المنغنيز: تكون الاوراق باللون الرمادي المصفرأوالرمادي المحمر مع بقاء العروق خضراء.

Cu النحاس: تكون الأوراق الحديثة باللون الأصفر الفاتح المنتظم مع احتمال ذبول الأوراق مع تكوّن شكل مدبب في نهاية الأوراق (تلتف) مكونة شكلاً يشبه الخطاف مع تبرقش.

Cl الكلور: ذبول الأوراق العليا مع تبرقش وإصفرار.

Mo الموليبدنم: ذبول الأوراق الحديثة مع موتها على طول الحواف.

ويجب تذكر دائماً النقاط التالية قبل الحكم على أعراض نقص العناصر:

## المحاضرة 11

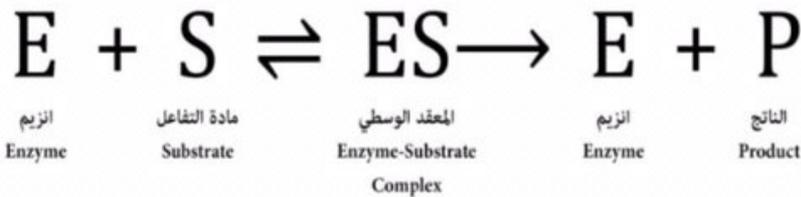
### الأنزيمات The Enzymes

هي جزيئات بروتينية تؤدي وظيفة العوامل المساعدة في التفاعلات الكيميائية.

إنّ الخلية الحية، نباتية كانت أو حيوانية تحتوي أنواع من الأنزيمات خاصة بتجزئة الجزيئات المعقدة الكبيرة وتحللها إلى مكوناتها الأصلية كأنزيم (DNAase) الذي يحلل جزيئة (DNA) وإنزيم (RNAase) الذي يحلل جزيئات (RNA) وأنزيمات محللة للبروتينات (Proteases)، وبالمثل، فإنّ الجزيئات المعقدة كالشحومات والكاربوهيدرات تتحلل إلى مكوناتها الأصلية البسيطة بواسطة أنزيمات خاصة تعمل بصورة منفردة أو مجتمعة.

إنّ طبيعة بعض التفاعلات الكيميائية تتطلب وجود مجموعة من الأنزيمات التي تساعد في إتمام سلسلة من التفاعلات الكيميائية المتتابعة. لقد أظهرت الدراسات بان الأنزيمات تمثل أكثر من كونها عوامل مساعدة اعتيادية بل أنها في الحقيقة تشترك مع المواد الكيميائية الداخلة في التفاعل مكونة معها مركب وسطي محدد يعرف بمعقد الأنزيم-مادة التفاعل (ES) Enzyme-Substrate-complex والذي أمكن الكشف عنه تجريبياً.

إنّ الأنزيمات بصورة عامة تقلل من الطاقة اللازمة لبدء التفاعل بكفاءة أكثر وبدرجة أكبر من العوامل المساعدة اللاعضوية. وبذا يكون بالإمكان لهذه التفاعلات من أن تجرى تحت درجات حرارية واطئة. فمثلاً عند تحلل جزيئات ثاني أكسيد الهيدروجين ( $H_2O_2$ ) إلى جزيئات الماء والأكسجين فإنها تحتاج إلى طاقة تنشيط مقدارها 18 كيلو كالوري للمول الواحد. وعند استعمال الحديد كعامل مساعد في التفاعل فإن هذه القيمة للطاقة تختزل إلى 13 كيلو كالوري وإلى 12 كيلو كالوري باستعمال البلاينيوم. وعند اشتراك الـ Catalase الذي هو أحد الأنزيمات الشائعة في الكبد، في مثل هذه التفاعلات، فإنه يقلل طاقة التنشيط اللازمة لبدء التفاعل إلى اقل من 5 كيلو كالوري.



## تركيب الأنزيم: Enzyme Structure

إنّ التقدم المهم الذي حدث في سنة 1926 من قبل العالم James Sumner في بلورة انزيم الـ Urease فتح باباً جديداً وتفهماً واضحاً حول تركيب الأنزيم. إن دراسات هذا العالم والدراسات التي سبقته قد وفرت مجموعة من الأدلة العلمية القيمة التي أكدت بان الأنزيمات هي بروتينات في طبيعتها التركيبية. إن بعض الأنزيمات تتكون كلياً من بروتينات كالأنزيمات الهاضمة مثل الببسين (Pepsin) والترپسين (Trypsin) بينما هناك أنزيمات أخرى تتكون من قسم بروتيني وآخر غير بروتيني وآخر غير بروتيني. إن القسم البروتيني في تركيب الأنزيم يعرف بالبروتين المقترن (Conjugated Proten) فإذا كان القسم غير البروتيني من الأنزيم سهل الانفصال عن الأنزيم عرف بمنشط الأنزيم (Activator) إذا كان أيوناً معدنياً، أو يسمى بمساعد الأنزيم (Coenzyme) إذا كان تركيباً عضوياً. وفي بعض الأنزيمات يصعب فصل القسم غير البروتيني عن الأنزيم بل يكون متصل به اتصالاً وثيقاً، ففي هذه الحالة فان القسم غير البروتيني يعرف بالمجموعة المكتملة (Prosthetic Group) والذي قد يكون تركيباً عضوياً أو أيوناً معدنياً. هذا وقد حدد تسلسل الحوامض الأمينية لعدد كبير من الأنزيمات ذات الأهمية البيولوجية. إن معرفة تسلسل ومكونات الحوامض الأمينية في الطيات المختلفة للهيكل الأنزيمي (Tertiary Structure) قد أعطى تفسيراً أدق وتفهماً أعمق لطبيعة اشتراك الأنزيمات في التفاعل.

## العوامل المؤثرة في فعالية الأنزيم: Factors Influencing Enzyme Activity

تؤثر في معدل التفاعل الأنزيمي عدة عوامل منها كيميائية وفيزيائية وهي:

1. تأثير الرقم الهيدروجيني (pH): عند تعريض الأنزيم إلى (pH) عالية أو واطئة تحدث تغيرات مهمة على تركيب الأنزيم التي تؤدي بالتالي إلى فقدان فعاليته. إن مثل هذا التأثير يكون في بعض الأحيان متلفاً عند بقاء الأنزيم لمدة طويلة تحت ذلك التركيز غير الملائم لفعالية الأنزيم أو عندما يكون ذلك التركيز عالياً أو واطناً بدرجة كبيرة وفي هذه الحالة لا يمكن إرجاع الإنزيم إلى حالته الفعالة بتغيير درجة (pH) إلى الدرجة المثلى بسبب فقدان الأنزيم لصفاته الطبيعية حيث أنه يترسب تحت هذه الظروف.
2. تأثير درجة الحرارة: تختلف الأنزيمات عند بعضها البعض بالنسبة لدرجة الحرارة المثلى لفعاليتها. إن أغلب أنزيمات اللبائن لها درجات حرارية مثلى تقارب 37 درجة مئوية. فعند تعريض مثل هذه الأنزيمات إلى درجات حرارية أعلى من ذلك فإنها تفقد فعاليتها بسرعة ومن ثم تترسب. إن بعض أنواع الطحالب وبعض أنواع البكتريا التي إعتادت المعيشة في المياه الحارة تستطيع أنزيماتها الاحتفاظ بفعاليتها حتى عند درجة

حرارة تزيد عند (40م). وبالعكس فان هناك أنواع أخرى من البكتريا التي تعيش في المناطق المتجمدة تتصف بان الدرجة الحرارية المثلى لفعاليتها أنزيماتها هي صفر مئوي.

وغالبا ما يشير الباحثون إلى تأثير درجات الحرارة على المعامل الحراري بـ **Temperature (Q10) Quotient** إن هذه القيمة هي حاصل النسبة لمعدل تفاعلين عند درجتين حراريتين يكون الفرق بينهما عشرة درجات مئوية:

معدل التفاعل عند 10م = 6 ملغم من الناتج/ ملغم أنزيم/ ساعة.

معدل التفاعل عند 20م = 18 ملغم من الناتج/ ملغم أنزيم/ ساعة.

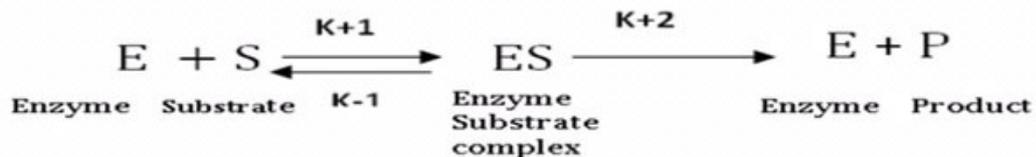
$$\frac{18}{6} = Q10 = 3$$

فإذا كانت هذه النسبة مساوية إلى واحد، فإنها تعني بان ليس للحرارة إي تأثير على التفاعل. أما إذا كانت النسبة أكثر من واحد فأنها تعني أن التفاعل يتأثر بالحرارة. وفي الحقيقة فإن قيمة **Q10** لأغلب التفاعلات الأنزيمية تتراوح بين (2) إلى (5) ضمن الحد المسموح لدرجات الحرارة.

3. تأثير تركيز مادة التفاعل:

عند زيادة تركيز مادة التفاعل في تفاعل ما بصورة تدريجية مع بقاء جميع العوامل الأخرى المؤثرة في التفاعل ثابتة، فان معدل التفاعل سيزداد في كل مرة يزداد فيها تركيز مادة التفاعل إلى الحد الذي يقف فيه معدل التفاعل عن الزيادة ويبقى ثابتاً مهما ازداد تركيز مادة التفاعل (Substrate). والسبب في هذا يعود إلى تركيز الأنزيم نفسه حيث يصبح تركيز الأنزيم عندئذ هو العامل المحدد للتفاعل حيث أصبحت كل جزيئة من الأنزيم مرتبطة بجزيئة من مادة التفاعل مكونة المركب (ES). لذا فعند إضافة أي كمية زائدة من مادة التفاعل إلى التفاعل، فإنها لا تجد الأنزيمات الحرة لكي تتحد معها.

عام 1913 استطاع العالمان Michaelis و Menten اشتقاق المعادلة العامة لفعل الأنزيمات حيث تعرف المعادلة الآن بأسميهما.



#### 4. تأثير العوامل المساعدة (المنشطات): Catalyst or Activation:

هناك مواد كيميائية خاصة تنشط فعالية الأنزيم وتزيد من سرعة التفاعل. قد تكون هذه المواد لاعضوية Inorganic كالبوتاسيوم أو المغنيسيوم أو المنغنيز أو قد تكون مركبات من مواد عضوية. كثيرا من مساعدات الأنزيم Coengmes والمجموعات البروتينية المرافقة للأنزيم Prosthetic groups هي بالطبع من منشطات الأنزيم.

#### 5. تأثير المثبطات: (Inhibitors):

إن هذه العملية هي عكس ما تحدثها المنشطات. عندما تتواجد المثبطات مع الأنزيم تقلل من فعل الأنزيم إلى حد كبير كما في الشكل أدناه. إن تأثير كثير من العقاقير الطبية المستعملة الآن لها القدرة على تثبيط فعالية الأنزيم أو مجموعة من الأنزيمات الخاصة مثلا المضادات الحيوية Antibiotic المستخدمة طبياً هي في الواقع مثبطات فعالة لكثير من الأنزيمات التي تعمل على نمو وتكاثر الأنواع المختلفة من البكتيريا. فمادة البنسلين (Penicillin) تمنع تكوين الجدار الخلوي في الميكروبات المرضية. أما الغازات السامة للأعصاب (Nerve gases) فإنها تؤدي إلى حالة الشلل أثناء استنشاقها بسبب تثبيطها لفعل الإنزيم الخاص في تحلل مادة استيل كولين (Acetyl choline)). إن أهمية هذه المادة الكيميائية وبالكمية أو التركيز المسموح به تأتي نتيجة لاشتراكها في عملية انتقال المحفزات العصبية (Nerve impulses) عبر التشابكات العصبية (Synapses) بين خلية وأخرى. أن أي زيادة في تراكم هذه المادة وعدم تحللها تؤدي بالطبع إلى عدم الاستجابة للمؤثرات الحية وبالتالي إلى حالة الشلل.

## المحاضرة 12

### تخصص الأنزيم Enzyme Specificity:

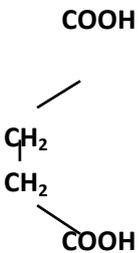
إن بعض الأنزيمات تظهر تخصصاً كبيراً نحو مادة التفاعل. إن هذا التخصص يعود إلى الطبيعة التركيبية للأنزيم. إن صفة الاختيار التي تتميز أو تتصف بها الأنزيمات تميزها عن العوامل المساعدة اللاعضوية التي توصف بأنها غير قادرة أو أقل قدرة على الاختيار بالمقارنة مع الأنزيمات. فمثلاً أنزيم الـ (Urease) يعمل على مادة واحدة هي اليوريا والـ (Esterases) التي تعمل على أوامر الأستر (Ester bonds) وإنما وجدت في الحوامض الشحمية المختلفة.

ويمكن تصنيف الأنزيمات بالنسبة إلى صفة التخصص إلى المجموعات الآتية:

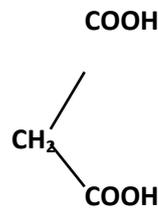
1. أنزيمات ذات تخصص مطلق (Absolute specificity).
2. أنزيمات تعمل على مجموعة متشابهة من مواد التفاعل (تخصص المجموعة) group specificity.
3. أنزيمات تعمل على نوع الأصرة بغض النظر عن نوع مادة التفاعل Linkage Specificity.
4. أنزيمات تعتمد في تخصصها على الشكل والتركيب الكيميائي لمادة التفاعل Stero-chemical Specificity.

### تشبيط الأنزيم Enzyme Inhibition:

1. التشبيط التنافسي (Competitive Inhibition): حيث يحصل ارتباط غير كامل للإنزيم مع المادة المثبطة التي يتشابه تركيبها مع تركيب مادة التفاعل الأصلية (Substrate). وبذلك تمنع دخول مادة التفاعل والارتباط مع الأنزيم. مثالها تشبيط أنزيم succinic dehydrogenase وهو أحد الأنزيمات المهمة في دورة كريبس Krebs Cycle. منافسة حامض المالونيك مع حامض السكسينك للدخول و الارتباط مع الأنزيم المذكور أعلاه.



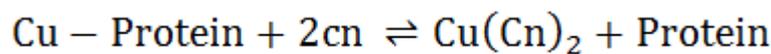
حامض السكسينك (مادة التفاعل)



حامض المالونيك (المثبط)

2. **التثبيط اللاتنافسي (Non-Competitive Inhibition):** في هذه الحالة إن معدل التفاعل أو سرعته في كل مرة يعتمد فقط على الكمية المتوفرة من مادة التثبيط في وسط التفاعل. إن المثبط في هذه الحالة لا يرتبط مع الموقع الفعال على سطح الأنزيم و المخصص للارتباط مع مادة التفاعل بل أنها ترتبط مع أنزيم في موقع آخر غير المخصص لمادة التفاعل.

3. **مثبطات أنزيمية عن طريق تكوين أواصر تساهمية (Covalent Bonds):** حيث تكوّن أواصر تساهمية قوية بينها وبين الأنزيم مكونة مركباً معقداً غير قابل للانفصال أو الانفصام. أمثلتها: إن التأثيرات المميّنة لغازات الأعصاب التي تؤثر على الأنظمة البيولوجية بتكوين مركبات معقدة بينها وبين بعض الأنزيمات المهمة كأنزيم (Acetylcholine esterase) وأنزيم (Chymotropisn) و (Trypsin). مثال آخر على هذا النوع من التثبيط هو تأثير السيانيد السام حيث يقوم أيون السيانيد بإزاحة الأيون المعدني الأصلي من الأنزيم الحامل له (Metaloezyme) والارتباط معه كما يلي:



الأنزيم الفعال                      سيانيد                      سيانيد النحاس                      الأنزيم غير الفعال  
 (Holoenzyme)                      (Cyanide)                      (Coppercyanide)                      (Opoenzyme)

وهكذا فالأنزيم الذي يفقد أيونه الحامل له يكون غير فعال في أداء التفاعلات الكيميائية الحيوية وبذا يطرأ تخلخلاً في النظام البيولوجي لجسم الكائن الحي والذي يؤدي بدوره أما إلى موت الكائن الحي أو إلى إحداث تغيرات غير طبيعية في جسمه.

### مصادر الأنزيمات وأهميتها: Source of Enzymes and Their Importance:

بما أن جميع الخلايا الحية قادرة على إنتاج وتكوين الأنزيمات، لذا فإن هذه الأنزيمات يمكن الحصول عليها من أنسجة حيوانية أو نباتية ومن كائنات بكتيرية، إلا أنه ولأسباب إقتصادية وتقنية، تزايد أهمية البكتريا والكائنات الدقيقة كمصادر لاستخلاص الأنزيمات منها.

إن اختيار الكائنات البكتيرية كمصدر أساسي لإنتاج الأنزيمات سيعود إلى عدة أسباب منها:

1. تحتاج إلى كميات كبيرة من المواد النباتية والحيوانية لإنتاج كميات صغيرة من الأنزيمات.  
 2. عدد الأنزيمات الفعالة التي يمكن استرجاعها عند عملية التنقية مقارنةً بالجهد والوقت المبذولين لهذا الغرض.

3. لا يمكن توفر النبات في كل وقت من أوقات السنة.

4. إن القدرة الإنتاجية لاستخلاص الأنزيمات من الكائنات البكتيرية تكون عالية.

5. الأنواع المتوفرة من الأنزيمات في الكائنات البكتيريا تكون غير محدودة وإنها مكنت العلماء من الحصول على أنظمة أنزيمية كاملة لا تتوفر في الكائنات النباتية أو الحيوانية.

تتكون الأنزيمات في الخلايا الحية نتيجة للحاجة الماسة لوجودها لكي تساعد في العديد من التفاعلات الكيميائية الحياتية وهذه الأنزيمات تختلف عن بعضها في التركيب والتخصص والوظيفة.

إن الأنزيمات يمكن أن تُفرز من الخلية التي تكونت فيها إلى مناطق أخرى Extracellular enzymes(exoenzymes) أو أنها تبقى في نفس الخلايا المكونة لها Intracellular enzymes(endoenzymes). أن اغلب الأنزيمات التجارية تنتجها الخلايا وتتواجد خارجها. وبصورة عامة فإن هذه الأنزيمات النازحة هي أنزيمات محللة هاضمة مثل الأنزيمات الهاضمة للكربوهيدرات التي تعرف Carbohydrases وكذلك الأنزيمات المحللة للبروتينات Proteases.

أما الأنزيمات التي تدخل في التفاعلات الكيميائية الحيوية فتتواجد فقط داخل الخلية ويمكن استخدامها وتنقيتها بوسائل وطرق تقنية خاصة.

الطرق العامة لتحضير الأنزيمات: - General methods for enzyme Preparation:

1. الأستخلاص: Extraction.

2. التركيز والتنقية: Concentration & Purification. وتتم بواسطة:

أ. ترسيب الأنزيم.

ب. طريقة التجمع السطحي التفاضلي Differential Adsorption.

ج. طريقة الفصل الكروموتوغرافي Chromatography.

د. طريقة الهجرة الكهربائية Electrophoresis.

هـ. طريقة الفصل الغشائي Dialysis.

و. طريقة البلورة Crystallization.

وحدة الأنزيم:

الوحدة الرسمية: Official Unit:

تعرف الوحدة الواحدة (U) لأيأنزيم هي عبارة عن تلك الكمية من الأنزيم الذي يساعد في تحويل مايكرومول واحد ( $1\mu\text{mol}$ ) من مادة التفاعل لكل دقيقة من الزمن وتحت الظروف التجريبية المعنية.

## المحاضرة 21

### طرق قياس البناء الضوئي: Measurement of Photosynthesis

1. عدد الفقاعات  $O_2$  المتصاعدة في نبات مغمور. حيث يستخدم فرع من نبات الالوديا *Elodea* وهو نبات مائي في هذه التجربة حيث يعطي وصفاً تفصيلياً. وبهذه الطريقة يمكن عدّ الفقاعات خلال فترة زمنية معينة. ويمكن بهذه الطريقة قياس تأثير درجة الحرارة، شدة الإضاءة، الطول الموجي على عملية البناء الضوئي.
2. الطريقة المانومترية *Manometric method*، تتم باستخدام جهاز فاربورغ *Warburg* (كما في التنفس).
3. قياس امتصاص  $CO_2$  *Measurement of  $CO_2$  uptake*.
4. قياس امتصاص  $CO_2$  المشع *Measurement of  $^{14}CO_2$  uptake*.

### العوامل المؤثرة على معدل التركيب الضوئي:

#### العوامل الخارجية: *External Factors Affecting The Rate of Photosynthesis*. وتشمل:

1. تركيز ثاني أكسيد الكربون: تتناسب تناسباً طردياً ضمن مدى معين.
2. شدة الضوء: أفضلها 1000 شمعة/قدم. نباتات الظل تحتاج 10/1 هذه الكمية.
3. درجة الحرارة: حسب النوع النباتي.
4. تركيز  $O_2$ : يتناسب تناسباً عكسياً.
5. توفر الماء: يعتبر الماء المصدر الوحيد للألكترونات المنبعثة أثناء التفاعلات الضوئية. وتأثيره غير المباشر على انسداد الثغور. وبالتالي على عملية التبادل الغازي.
6. العناصر الغذائية خاصة  $Mg^{++}$ ،  $Fe^{++}$ ،  $Fe^{+++}$ ،  $Mn^{++}$ ،  $P$  -:

$Mg$ : يدخل في تركيب جزيئة الكلوروفيل.

$Mn$ : عنصر أساسي أثناء انشطار الماء ضوئياً.

$Fe$ : يدخل في تركيب السايتركرومات، والفريدوكسين.

$P$ : يتحد مع  $ADP$  لتكوين جزيئة  $ATP$  في التفاعلات الضوئية.

## المحاضرة 22

### هورمونات النمو النباتية: Plant Growth Hormones

إنّ لفظة هورمون تنحصر بالمركبات التي تتكون بصورة طبيعية في النبات والتي غالباً ما يطلق عليها اسم هورمونات النبات Phytohormones. أما المركبات العضوية الأخرى التي لا يكونها النبات إلا أنها ذات تأثيرات فسيولوجية مماثلة أو مشابهة للهورمونات الطبيعية فيطلق عليها بهورمونات النمو التركيبية أو الاصطناعية Synthetic Growth Hormones. وتستعمل مصطلحات عديدة للدلالة على الهورمونات النباتية مثل هورمونات النمو Growth Hormones، مواد النمو Growth Substances، منظمات النمو Growth Regulators، ومثبطات النمو Growth Inhibitors، حيث يشمل الاصطلاح الأخير على كل من منشطات النمو Growth activators ومثبطات النمو Growth Inhibitors.

وقد تمكن علماء الفسلجة حتى الآن من دراسة أربعة أنواع رئيسة من منظمات النمو وتشمل: الأوكسينات Auxins، والجبرلينات Gibberellins، والساييتوكاينينات Cytokinins، والمثبطات Inhibitors.

إنّ المنشطات النباتية تتميز بقابليتها على تنظيم النمو وذلك بتحفيزها إستطالة الخلايا النباتية. أما مجموعة مثبطات النمو فتشمل عدد كبير من مواد كيميائية عضوية تعمل على تثبيط النمو أو تثبيط بعض الأنظمة الأنزيمية Enzymes systems التي يتسبب عنها عرقلة بعض منظمات النمو المذكورة أعلاه أو تثبيط الفعاليات الفسيولوجية في النبات بصورة عامة.

### الأوكسينات: Auxins

تم اكتشاف الأوكسينات نتيجة تجارب أجريت لتفسير بعض الظواهر الفسلجية كالانتحاء الضوئي (Phototropism). فقد وجد العالم دارون 1881 بأنّ قمة الغمد الورقي للحشائش Grass Coleoptile يعتبر أساس لحدوث الانتحاء الضوئي للغمد الورقي كله. كما اقترح كل من العالمين بال 1919 Paal وفنت Went 1928 وجود مواد تتكون من القمة ثم تنتشر إلى أماكن أخرى في النبات فتسبب حدوث الانتحاء في الغمد الورقي. إضافة إلى تأثيرها على معدل نمو النبات بصورة عامة. وقد وصف العالم كوجل Kogl ومساعدوه المركب إندول حامض الخليك Indole-3-Acetic Acid ومختصره (IAA) بأنه أوكسين وقد استخلصت هذه المادة بصورة نقية من مصادر نباتية مختلفة.

وقد اكتشف بأنّ بول الإنسان غني بمواد النمو (Growth Substances) وباستخدام إختبار غمد الشوفان Avena Coleoptile Test على أنواع كثيرة من المواد تمكن العالم كوجل Kogl وهيك-سميث Haagen-Smith في عام 1931 من استخلاص مركب بصورة بلورية من بول الإنسان أطلق عليه اسم أوكسين أ

(Auxin A) وباستخدام طرق تنقية مماثلة تمكن نفس العلماء في سنة 1934 من استخلاص مادة فعالة أخرى من زيت حبوب الذرة ذات تركيب كيميائي وفعالية مشابهة للمركب أوكسين أ سمي بأوكسين ب (Auxin B) وفي نفس النسبة تمكن نفس العلماء من استخلاص مادة أخرى من بول الإنسان وذلك باستخدام طرق تنقية على مستوى أوسع منها طريقة الامتصاص بواسطة الفحم (Charcaal Absorption) لفصل المادة الفعالة التي سميت (Heteroauxin) والتي تعرف الآن باسم IAA. كما وتمكنت مجموعة كوجل بالاشتراك مع ثيمان 1935 Thimann من استخلاص IAA من انسجة نباتات مختلفة.

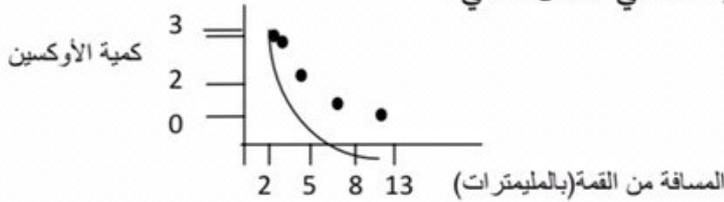
إن اكتشاف الأوكسين شجع عدد كبير من الباحثين والمشتغلين في مجال تنظيم نمو النبات إلى القيام ببحوث ودراسات موسعة ومكثفة في هذا المجال مما أدى إلى اكتشاف عدد كبير من مركبات طبيعية Natural وتركيبته Synthetic مشابهة للمركب IAA من حيث فعاليتها الفسلجية.



**B- indole Active Acid**

### توزيع الأوكسين في النبات Distribution of auxin in the plant:

لوحظ بأن أعلى تركيز للأوكسين يوجد عادة في القمم النباتية للأعضاء النباتية مثل الأغصان الورقية والبراعم والقمم النامية للسيقان والأوراق والجذور والأزهار والنموات الزهرية. ويقل تركيزه كلما تقدمنا نحو قاعدة ذلك العضو وذلك نتيجة لنضج الخلايا وتقدمها في العمر. كما في الشكل التالي:



### شكل: يوضح توزيع الأوكسين في بادرات نبات الشوفان النامية في الظلام Devlin, 1973

توجد الأوكسينات داخل النبات بشكليين مختلفين أحدهما سهل الاستخلاص بطريقة الإنتشار ويسمى بالأوكسين الحر (Free Auxin) والثاني صعب الاستخلاص ويتطلب مركبات عضوية لأستخلاصه ويسمى بالأوكسين المرتبط (Bound Auxin). والأخير هو الأوكسين الفعال في عملية النمو. وكثير من الأوكسينات المرتبطة ناتجة من ارتباط الأوكسينات بالبروتينات ولهذا يحتاج استخلاصها بواسطة أنزيمات معينة تعمل على تجزئة البروتين محررة بذلك الأوكسين.

يعتبر الاوكسين الحر اوكسين فائض وغير فعّال. وينتقل الاوكسين في النبات بهيئة اوكسين حر من أماكن تكوين إلى أماكن فعاليته حيث يؤثر في تنظيم النمو.

### انتقال الاوكسينات:

من تجارب دارون وغيره تم التوصل الى اعتبار انتقال الاوكسينات في النبات هو انتقال قطبي (Polar) وحركة الاوكسين هي نحو القاعدة (Basipetally) لكثير من الأنسجة أو الأعضاء الأخرى كالأغصان الورقية أو أعناق الأوراق والسويقات الخشبية والسيقان العشبية والخشبية. تحدث الحركة القطبية الى أسفل خلال الأنسجة البرانكيميّة أو اللحاء. أمّا في الجذور فإنّ صورة انتقال الاوكسين تكون مختلفة. ففي الجذور العتيقة يكون انتقال الاوكسين يميل الى الابتعاد عن القمة النامية بينما يكون انتقال الاوكسين في الجذور القديمة لكلا الاتجاهين الى الأعلى والى الأسفل.

إلا أن التجارب التي تلت ذلك بينت أن قطبية انتقال الاوكسينات نحو القاعدة لا ينطبق على جميع النباتات حيث وجد جاكوبس 1961 في سيقان نبات الكوليس (Coleus) بان الاوكسين ينتقل باتجاهين أحدهما نحو القاعدة والآخر نحو القمة Acropetally وبنسبة 1:3 على التوالي. كما وُجد بأنّ قسماً من الأوكسين المتكون في الورقة ينتقل بواسطة اللحاء الى أجزاء أخرى من النبات وهذا الانتقال بطبيعة الحال ليس قطبياً. كما أنّ التجارب الحديثة بينت أنّ انتقال الاوكسين يتم في كلا الاتجاهين ولو أنّ الانتقال نحو القاعدة أكثر أهمية بالنسبة للنبات (Goldsmith 1967).

### ميكانيكية (آلية) انتقال الاوكسينات: Mechanism of Auxin Translocation

توجد عدة آراء حول آلية انتقال الاوكسينات منها:

الرأي الأول: مجموعة من العلماء يعتقدون بأنّ قطبية انتقال الاوكسينات ينتج عن الاختلاف في الجهد الكهربائي Electrical Potential بين قمة وقاعدة الغمد الورقي. حيث تحوي قاعدة العضو النباتي شحنات موجبة أكثر من القمة. كما ويحوي الجانب المظلم من الساق النباتي على شحنات موجبة أكثر من الجانب المضاء. وفي حالة الوضع الأفقي للغمد فإنّ الجزء السفلي يحوي شحنات موجبة أكثر من الجزء العلوي. وبصورة عامة فإنّ انتقال الاوكسينات يكون نحو الجهد الأكثر شحنات موجبة. (Schrank, 1951 و Lund, 1947).

الرأي الثاني: أنّ الطاقة المتحررة نتيجة الأفعال الحيوية للخلية تلعب دوراً هاماً في انتقال الاوكسينات حسب (Gregory and Hencock 1955). حيث أنّ نقص أو انعدام الأوكسجين  $O_2$  يثبط أو يعرقل انتقال الاوكسينات.

## المحاضرة 23

التأثيرات الفسيولوجية للاوكسينات:

أولاً- استطالة الخلايا: Cell Elongation

إنّ زيادة تركيز الاوكسينات تسبب زيادة معدل استطالة الخلايا ضمن مدى معين من التركيز وان مدى التركيز المثالي Optimum لأستطالة الخلايا يختلف بحسب الأنسجة المختلفة. وبصورة عامة فإنّ التركيزات العالية نسبياً تعطي تأثير مثبط لهذه العملية.

تفسير آلية عمل الأوكسين في استطالة الخلايا النباتية:

1. زيادة الذائبات الازموزية للخلية. حيث وجد ان المواد المذابة في العصير الخلوي يزداد وجودها في الخلايا عند معاملتها بتركيز معينة من الاوكسينات، مقارنة بالخلايا غير المعاملة. (Cleland and Burstrom 1961).

2. زيادة لدونة الجدران الخلوية. سبب ظهور هذا الرأي أنّ الذائبات الفعالة ازموزياً في العصير الفجوي لا تتغير ولهذا لا تُعتبر السبب الأساسي في استطالة الخلايا.

إنّ اللدونة "Plasticity" هي تمدد غير رجعي للجدار. وتتضمن آلية عمل الاوكسين في هذه الحالة تحطيم الترابط المتصالب (Cross- Link) بين الليفيات الدقيقة Microfibrils وهذه العملية تتطلب وجود أنزيمات معينة، وربما تزيد الاوكسينات من نشاط أو بناء هذه الأنزيمات. (Taqawa and Bonner, 1957).

كيفية تأثير الاوكسين على كسر الروابط المتصالبة:

يُحفز الاوكسين على تكوين مادة البكتين من الحوامض البكتينية حيث يساعد الاوكسين على ربط مجموعة المثيلين بالاحماض البكتينية وتحويلها الى مركبات بكتينية عند ذلك لا تتمكن أيونات الكالسيوم  $Ca^{++}$  من تكوين تلك الروابط بين جزيئات البكتين، كما كانت تفعل مع حامض البكتينيك، مكونة بكتات الكالسيوم (Wareing & Phillips, 1975).

هناك أدلة تشير الى أنّ الأنزيم سيلوليز Cellulase له دور في التمدد الجانبي للخلايا أثناء نموها وذلك بتحليل أو تجزئة الليفيات السليلوزية الموجودة بوضع أفقي بالنسبة للجدار الخلوي.

3. بين العالم Ray بأنّ الاوكسين يُحفز عملية بناء مادة جدارية حديثة التكوين أقل مقاومة للتمدد الجداري ضمن الجدار الأصلي للخلية. وهذه المادة تتكون من أشباه السليلوزات بصورة رئيسة وقد وجد زيادة بناء مادة السليلوز بوجود الاوكسين.

4. الدراسات الحديثة اشارت الى أنّ تأثير الاوكسين على استتالة وتمدد الخلايا النباتية يتضمن حثه أو تحفيزه لتكوين أنواع معينة من الحوامض الريبونوية (RNA) والبروتينات. (Skoag & Milker, 1957). حيث اتضح بان الاوكسين يعمل كمنشط أو منظم لعملية استنساخ RNA من DNA في عملية تدعى بالاستنساخ (Transcription). أو قد يكون التأثير مباشر من الحامض النووي DNA. نستخلص مما تقدم بان آلية عمل الاوكسين في استتالة الخلايا لا زالت غير مفهومة تماماً في الوقت الحاضر. ويلاحظ مما سبق بان الاوكسين يعمل بآليات متعددة ويؤثر بصورة مباشرة أو غير مباشرة في اجزاء خلوية متعددة، كالجدار والساييتوبلازم أو انه يؤثر مباشرة على نشاط وفعالية الأحماض النووية (DNA, RNA) وتؤدي جميع هذه التأثيرات في النهاية إلى استتالة الخلايا. وعليه فلا يمكن تحديد الآلية المسؤولة عن استتالة الخلايا، فربما تختلف آلية عمل الاوكسينات باختلاف النباتات وربما تعمل الاوكسينات باكثر من آلية واحدة في النبات الواحد. ويأمل العلماء بان استخدام الطرق البايوكيميائية الحديثة قد تعطي تفسيراً واضحاً ومحددأ لآلية عمل الاوكسين في هذا المجال في المستقبل.

## المحاضرة 24

### ثانياً: الانتحاءات Tropisms:

تتأثر وتستجيب الكائنات الحية للظروف الخارجية والداخلية. فتغير الطرف الخارجي يسمى منبه (Stimulus) بينما التغير الحاصل في النبات والنتاج من ذلك المنبه يسمى الاستجابة (Response) وقد تتخذ هذه الاستجابة عدة اشكال وغالباً ما تكون بهيئة حركة (Movement). وتقسم الانتحاءات إلى:

أ. **الانتحاء الضوئي Phototropism**: وهي استجابة النبات لضوء مسلط من جانب واحد (Unilateral) بانحنائه باتجاه الضوء أو بعيداً عنه. تتحني المجموعة الخضرية باتجاه الضوء ويسمى انتحاء ضوئي موجب اما السيقان الارضية والجذور ذات انتحاء ضوئي سالب أي تتحني بعيداً عن مصدر الضوء. تفسير ظاهرة الانتحاء الضوئي:

#### 1. نظرية كولدني - Went Theory: Choldny - Went Theory:

الضوء الجانبي يسبب انتقال الاوكسين جانبياً في المنطقة الحساسة للضوء من الغمد الورقي مسببة زيادة تركيز الاوكسين في الجانب المظلم. يتبعه زيادة في معدل استطالة الخلايا في هذا الجانب من الغمد الورقي (Went, 1926 , Cholodny, 1924). وقد تم التأكد من صحة هذه النظرية باستخدام قطعة من الآجار. النامي فيه نسيج نبات معرض الى ضوء في جانب وظلام في جانب آخر.

2. نظرية (Wareing & Phillips, 1975) وتبين هذه النظرية: تحلل الاوكسين بسبب الضوء.

3. نظرية Naqvi, 1967: الضوء يقلل سرعة الانتقال القطبي للأوكسين.

ومما تجدر الاشارة اليه ان النظرية الأولى قد لاقت الكثير من التأييد خصوصاً بعد ما تم التوصل إلى نتائجها أو إثبات هذه النظرية باستخدام النظير المشع للكربون الداخل في الاوكسين ( $C^{14}$ - IAA).

#### ب. الانتحاء الأرضي: Geotropism:

هي الحركة الناتجة عن النمو استجابة لتأثير الجاذبية الأرضية فإذا كان نمو العضو النباتي نحو مركز الأرض يعتبر ذلك العضو موجب الانتحاء الأرضي. أمّا إذا كان النمو بعيداً عن مركز الأرض يكون سالب الانتحاء الأرضي. معظم الجذور الرئيسة تكون موجبة الانتحاء الأرضي بينما معظم سيقان النباتات الراقية تكون سالبة الانتحاء الأرضي. إنَّ التفسير لهذا ينطبق عليه نظرية كولودني وفنت أيضاً.

### ج. الانتحاء الكيميائي: Chemotropism:

ويقصد به حركة عضو نباتي معين باتجاه منبه كيميائي خارجي كما في حالة نمو انبوب اللقاح خلال نسيج القلم وباتجاه البويض. حيث تحدث استطالة انبوب اللقاح بتأثير مواد كيميائية موجودة في البويض وجدران المبيض. ولو أنّ التركيب الكيميائي لهذه المواد لا يزال غير معروف.

### د. الانتحاء الميكانيكي: Thigmotropism:

هي الحركة الناتجة من منبهات ميكانيكية كما في التقاف حوالق العنب والبزاليا وغيرها من النباتات المتسلقة حول دعائم خاصة.

### هـ. الانتحاء المائي: Hydrotropism:

كثير من الجذور تنمو نحو المناطق التي هي أكثر رطوبة من غيرها أثناء تغلغلها في التربة.

### السيادة القمية: Apical Dominant:

إنّ البراعم الجانبية (Lateral Buds) لكثير من النباتات الوعائية تظل كامنة طالما يكون البرعم النهائي نامياً نمواً طبيعياً. وعند إزالة البرعم النهائي فإن أكثر هذه البراعم الجانبية تنبت وتبدأ بالنمو. وهذه الظاهرة تسمى بالسيادة القمية.

**التفسير:** حسب Skoog & Thimann, 1934: أوضحاً بأنّ البرعم النهائي هو مركز لبناء الاوكسين وعندما ينتقل هذا الاوكسين عبر الساق الى البراعم الجانبية يسبب زيادة كبيرة نسبياً في تركيز الاوكسينات داخل أنسجة البراعم الجانبية مُثبّطاً بذلك نموها. وقد تم التأكد من ذلك بإبدال البرعم النهائي بقطعة أكار حاوية على IAA فقد كان نفس تأثير البرعم النهائي. وحسب هذا التفسير لهذين العالمين بأنّ البراعم الجانبية تكون أكثر حساسية للأوكسين من السيقان وأنّ تركيز الاوكسين الذي يسبب نمو الساق يكون مثبّطاً لنمو البراعم الجانبية.

يواجه هذا التفسير انتقادات كبيرة حيث أنه بالإضافة الى البرعم النهائي فإنّ الأوراق الحديثة التكوين تنتج الاوكسين ولها نفس تأثير البرعم النهائي. (Rosetter & Jacobs 1953). كما لوحظ في بعض النباتات مثل الليلاك بأنّ الأوراق الناضجة القديمة ذات المحتوى الواطئ للأوكسين تكون أكثر تأثيراً مع تثبيط نمو البراعم الجانبية من البرعم القمي ذو المحتوى العالي للأوكسين (Champegnate 1955). وعند دراسة السيادة القمية من قبل (Gregory and Veale 1957) وعلاقته بالحالة الغذائية للنباتات تم الاستنتاج بأنّ تأثير الاوكسين في تثبيط نمو البراعم الجانبية يكون تحت تأثير الحالة الغذائية لذلك النبات. خصوصاً بالنسبة لتوفر المركبات

النتروجينية فعند توفر النتروجين بكمية كافية لا تلاحظ ظاهرة السيادة القمية وقلة المواد الغذائية تحفز هذه الظاهرة. إنَّ الدراسات الحديثة توضح بأنَّ هرمونات أخرى قد تشترك مع الاوكسينات في تأثيرها في السيادة القمية. هذا وتختلف درجة السيادة القمية باختلاف النباتات ففي عباد الشمس تكون ظاهرة السيادة القمية كاملة بينما في الطماطة تكون السيادة القمية أقل درجة.

### تكوين بادئات الجذور : Root Initiatim:

يزيد الاوكسين خصوصاً IAA من عدد الجذور المتكونة على النصل فيما إذا زرعت هذه العُقل في وسط ملائم للنمو.

### تكوين الثمار عذرياً: Parthenocarpny:

تحفز عملية التلقيح (Pollinatim) انتقاخ المبيض في أغلب أنواع النباتات. ويعتبر وجود البذور الحية شرط اساسي لنمو الثمار. إنَّ تأثير التلقيح والأخصاب على نمو الثمار ربما يكون بواسطة تحرر مواد محفزة معينة. وعلى الرغم من ذلك فهناك ثمار تنمو من دون حدوث عملية تلقيح سابقة. نمو هذا النوع من الثمار شائع ويسمى ويعرف بالنمو العذري (Parthenocarpny). وتعرف الثمار الناتجة بالثمار العذرية (Parthenocarpic fruits).

تمكن يسودا Yasuda, 1934 من انتاج ثمار عذرية باستخدامه خلاصة حبوب اللقاح في ازهار نبات الخيار. وعند تحليل المركبات الموجودة في ذلك المستخلص (Extrat). وجد انها تحتوي على الاوكسين. يحصل النمو العذري طبيعياً في بعض النباتات مثل بعض أصناف التفاح والخيار والعنب والاناناس والموز وغيرها دون الحاجة إلى استخدام هرمونات معينة لانتاجها.

### سقوط الأعضاء النباتية:

سقوط الأوراق Leaf Abscission: هي ظاهرة فسلجية مميزة ودورية. غالباً ما تحصل في نهاية فصل النمو وهو الخريف في جميع النباتات النفضية (متساقطة الأوراق) سبب السقوط هو تكوين منطقة انفصال Abscission layer تتميز هذه المنطقة بجدران رقيقة وخالية من مادتي السوبرين واللكتين تتكون من صف واحد من الخلايا أو أكثر تنقسم عادة باتجاه عرضي تقع في قاعدة سويق الورقة.

نتيجة لتحلل الصفيحة الوسطى لتلك الخلايا أو تحلل الجدران الابتدائية مع الصفيحة الوسطى ان التركيز الاوكسين في منطقة اتصال سويق الورقة بالساق هو العامل المحدد وليس تركيزه في نصل الورقة وإن آلية هذه الظاهرة هي تشجيع تكوين أنزيم السليلوليز Cellulase في هذه المنطقة نتيجة لانتاج الاثيلين.

إضافة لتساقط الأوراق يتم تساقط النورات الزهرية والأزهار والثمار ولهذا يستخدم الاوكسين وبتراكيز معينة في عملية الخف Thinning بدلاً من الخف اليدوي وتعتبر هذه العملية اقتصادية. على العكس من ذلك يمكن استخدام هورمونات صناعية معينة مثل NAANaphthalne Acetic Acid بتراكيز معينة لمنع التساقط.

**علاقة الاوكسين بالتنفس:** وُجد ان استخدام الاوكسين يزيد من معدل تنفس الأعضاء النباتية وهذه الظاهرة غير معروفة ولكن يعتقد بأنها تحصل من خلال تكوين مادة الـADP حيث يسرع في استخدام الـATP من قبل الخلايا أثناء نموها واستطالتها ونتيجة لذلك تتحرر مادة الـADP الضرورية لزيادة معدل التنفس.

### **تكوين الكالس: Callus Formation:**

**الكالس:** عبارة عن انتفاخ يمثل نسيجاً من خلايا برانكيميية سريعة الانقسام. قد يتكون نسيج الكالس هذا في أماكن الجروح على الأجزاء النباتية.

تحفيز النشاط الكامبيومي: سواء كان كامبيوم وعائي أو فليبي. في هذا فالواوكسين مشابه في عمله لفعل الجريلين.