محاضرات مقرر تغذية النبات لطلاب المستوى الرابع

(برنامج الأراضي و المياه)

الفصل الدراسي الثاني للعام الجامعي ٢٠١٩ / ٢٠٢٠م.

- المحاضرة السابعة

اعداد أ.د/ على عبدالجليل الشهير

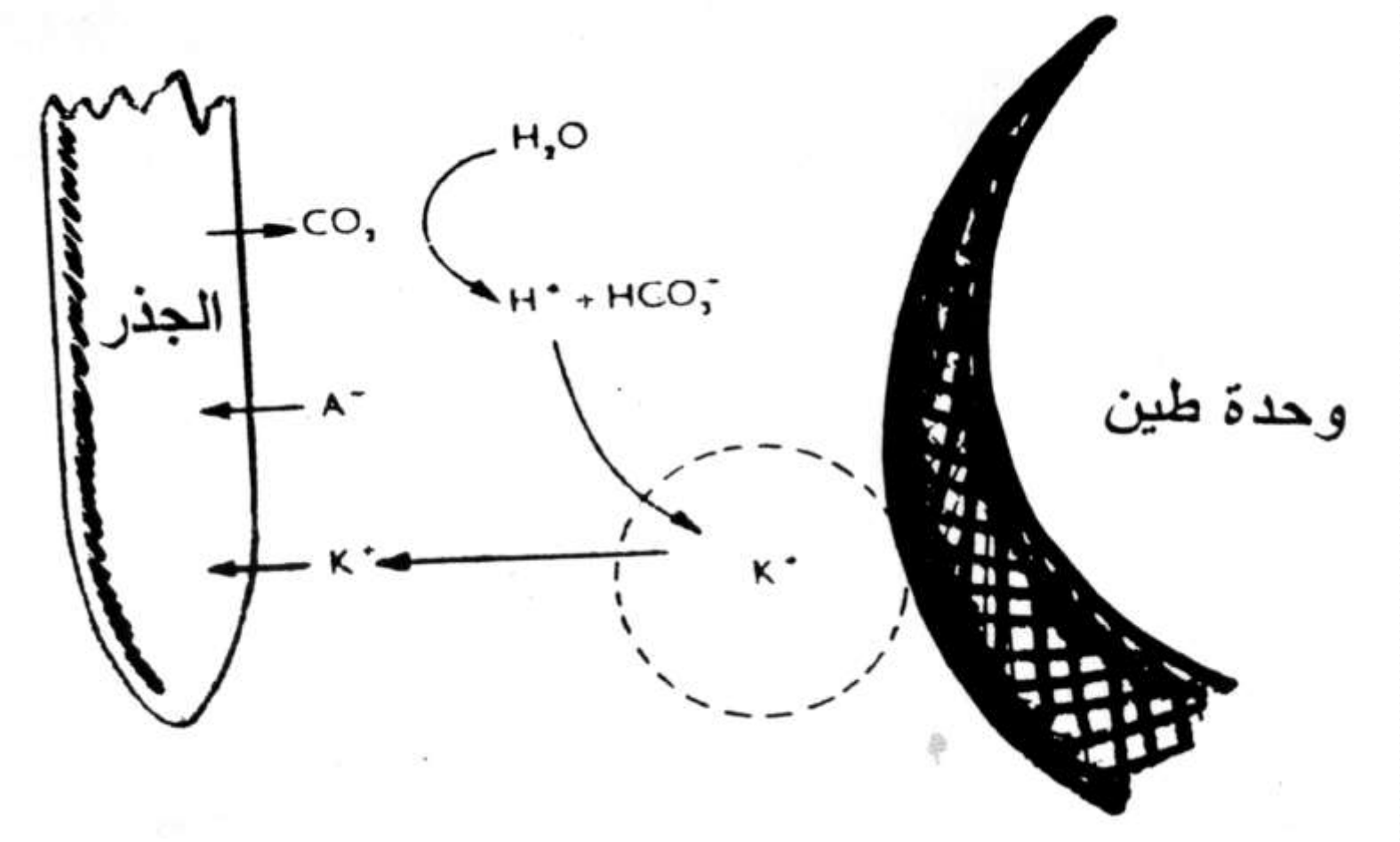
أستاذ خصوبة الاراضى و تغذية النبات كلية الزراعة جامعة سوهاج

- **ثانياً: نظرية التحول الكيميائي**
- **وتفترض هذه النظرية أن الأيونات الممتصة قد تدخل في تفاعل كيميائي بمجرد دخولها الخلية، أي يحدث لها تحول إلي صورة أخرى، وعلي ذلك يستمر دخولها إلي الخلية رغم إنخفاض تركيزها خارج الخلية. وتفسر نظرية التحول الكيميائي كيفية إنتقال جزئيات السكر من أماكن تخليقها في الأوراق إلي أماكن تخزينها في الدرنات أو الثمار علي صورة نشا، وبذلك يظل تركيز السكر منخفضاً في أعضاء التخزين مما يشجع علي استمرار انتقاله إليها. ومع ذلك فهذه النظرية تعجز عن تفسير استمرار تجمع النترات والبوتاسيوم في الفجوة العصارية بدون تحول كيميائي إلي أن بلغ تركيزها داخل الفجوة عشرات الأضعاف مع تركيزها خارج الخلية.**

- ثالثاً: نظرية الامتصاص التبادلي (نظرية ثاني أكسبد الكربون) CO_2
- بني أساس هذه النظرية علي الملاحظة التي مؤداها أن كمية الأيونات التي يمتصها النبات تتناسب طردياً مع كمية CO_2 الناتجة من التنفس، وهنا يكمن الاعتقاد بوجود علاقة بين امتصاص النبات لأيونات العناصر، وحمض الكربونيك Carbonic Acid (H_2CO_3)، وتعتمد هذه النظرية علي اعتبار سطوح النبات سطوح فعالة ونشطة بها خاصية التبادل الأيوني، وسبق ذكر أن الأغشية السيتوبلازمية وهي أحد مكونات البروتوبلازم تحمل شحنات كهربائية غالباً تكون سالبة وعلي ذلك يكون من المتوقع وجود طبقة كهربائية مزدوجة علي هذا السطح، الداخلية منها سالبة بينما الخارجية تكون موجبة وتتكون من الكاتيونات المتبادلة، أي أن للجذور سعة تبادلية كاتيونية والتي تختلف حسب نوع النبات وعمره ودرجة تركيز أيون الهيدروجين ... الخ، وفي العادة تكون الجذور الغليظة ذات سعة تبادلية كاتيونية عالية بالمقارنة بالجذور الرفيعة.

- شكل (٢٥) يفسر نظرية غاز ثاني أكسيد الكربون Co2
- وفيها يحدث ذوبان لغاز ثاني أكسيد الكربون المتكون من عملية التنفس في المحلول الأرضي يتكون حامض الكربونيك ويتأين الحامض ينتج أيون الأيدروجين والذي يتبادل مع البوتاسيوم المتبادل علي أسطح الغرويات الأرضية، وينطلق البوتاسيوم في المحلول الأرضي أو يتفاعل مع أيون البيكربونات، ويعود إلي سطح الجذر ويتبادل مع أيدروجين سطح الجذر، وبالتالي يكون من السهل إمتصاصه من قبل النبات.

شكل (٢٥): رسم توضيحي لدور نظرية حمض الكربونيك في الامتصاص



- ويجب ملاحظة أن الكاتيونات المتبادلة علي أسطح الجذور لا يمكنها أن تنفرد ثانياً إلي الخارج إلا بتبادلها مع كاتيونات أخرى متواجدة في منطقة الريزوسفير، أما عملية تبادل الأنيونات فهي ضئيلة جداً بالمقارنة بعملية تبادل الكاتيونات السائدة علي جذور النبات.

جدول (١٨) التغير في تركيز الأيونات بالمحلول المغذي والعصير الخلوي لجذور نباتات الذرة واللوبيا

	تركيز المحلول المغذي (ملليمول)			تركيز الأيونات (ملليمول)	
الأيون	في البداية	بعد ٤ أيام		في عصير الجذور	
		الذرة	اللوبيا	الذرة	اللوبيا
البوتاسيوم	٢,٠٠	٠,١٤	٠,٦٧	١٦٠	٨٤
الكالسيوم	١,٠٠	٠,٩٤	٠,٥٩	٣	١٠
الصوديوم	٠,٣٢	٠,٥١	٠,٥٨	٠,٠٦	٦
الفوسفات	٠,٢٥	٠,٠٦	٠,٠٩	٦	١٢
النترات	٢,٠٠	٠,١٣	٠,٠٧	٣٨	٣٥
الكبريتات	٠,٦٧	٠,٦١	٠,٨١	١٤	٦

عن Marschner سنة ١٩٩٥.

- **رابعاً: نظرية الامتصاص النشط Active Uptake**
- **من النتائج المبوبة في جدول (١٨) يتضح جلياً انتقال الأيونات ضد تدرج التركيز، وعلي سبيل المثال نجد أن تركيز البوتاسيوم في الفجوة العصارية لجذور نباتات الذرة يزيد حوالي ٨٠ مرة عنه في المحلول المغذي. وعلي العكس نجد أن تركيز الصوديوم في العصير الخلوي لجذر نفس النبات يظل منخفضاً بالمقارنة بالتركيز في المحلول الخارجي، وهذا يؤكد بأن هناك مفاضلة في امتصاص العناصر. ولا يمكن أن يحدث ذلك تلقائياً بل يحتاج إلي طاقة وطبيعي أن يكون مصدر هذه الطاقة النشاط الحيوي بالخلية وعلي ذلك أطلق علي هذا الامتصاص اسم الامتصاص النشط أو الامتصاص الحيوي.**

- وهناك بعض الشواهد التي تؤكد أن هذا الامتصاص يحتاج إلي طاقة منها:-

١. يزداد معدل امتصاص الأيونات بارتفاع درجة الحرارة (حتى حدود معينة) وذلك لأن الحرارة تزيد من النشاط الحيوي للخلية.

٢. يزداد معدل الامتصاص مع زيادة ضغط الأكسجين في وسط نمو الجذور، أي أن الامتصاص مرتبط بعملية التنفس. وقد لوحظ أن عملية الامتصاص تقل بإضافة مثبطات لعملية التنفس.

٣. يزداد معدل الامتصاص مع زيادة محتوي الجذر من الكربوهيدرات حيث تعمل هذه المركبات كمصدر للطاقة.

- وتحاول نظريات الامتصاص النشط (الحيوي) تفسير ما عجزت عنه النظريات السابقة من إمكانيات امتصاص النبات للعناصر وتراكمها في الفجوة العصارية ضد تدرج التركيز وكذلك كيفية امتصاص النبات للأنيونات السالبة الشحنة واختراقها لسطح الجذر ذات الشحنة السالبة، ومن هذه النظريات:-

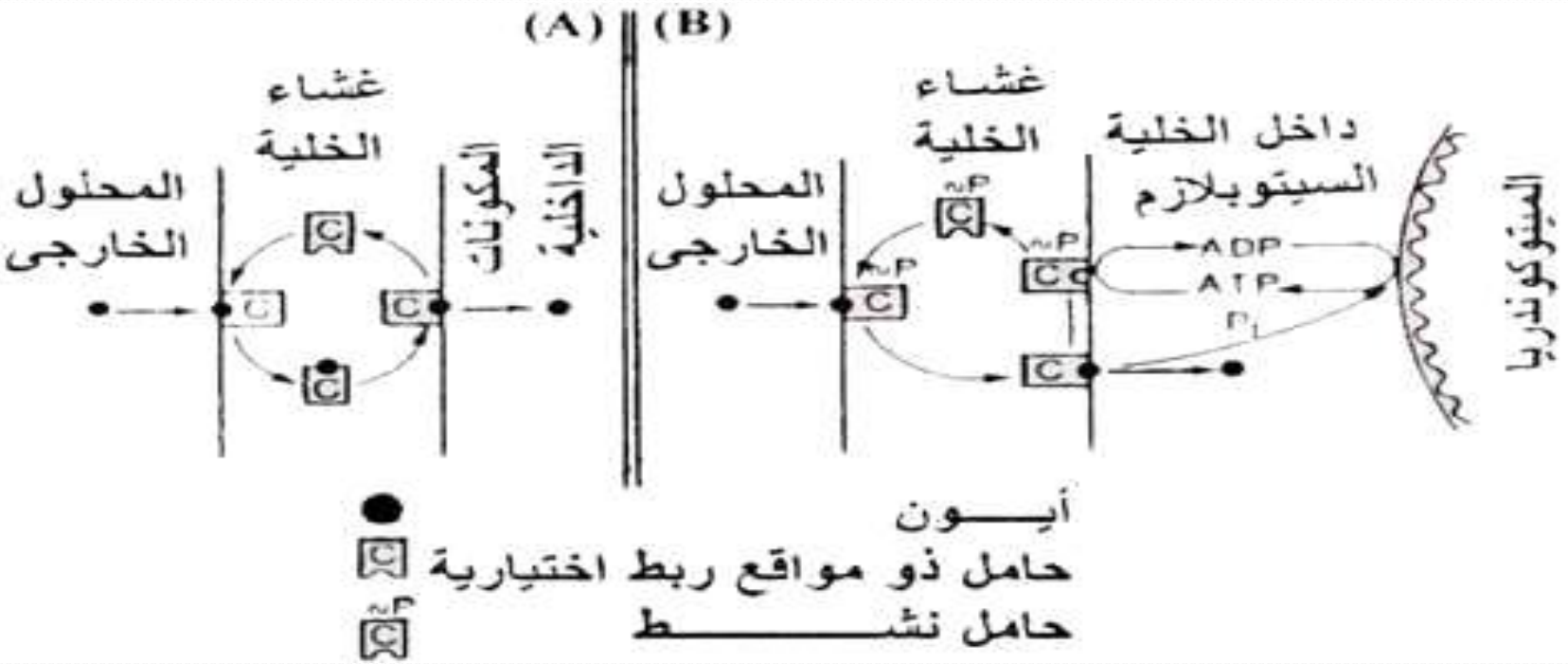
(١) نظرية الناقل (المواد الحاملة) Carrier Theory

- ويمكن تفسير طريقة النقل (الامتصاص) النشط للأيونات خلال الأغشية كما يوضحها شكل (٢٦) بما يلي:-

١. يتم تخليق مواد بالغشاء تعرف بالمواد الحاملة Carriers.
٢. ترتبط المواد الحاملة مع الأيون عند السطح الخارجي للغشاء وتكون معقدة بين الأيون والحامل.
٣. انتقال معقد الأيون والحامل داخل الغشاء الخلوي.
٤. عند السطح الداخلي للغشاء ينفرد الأيون عن الحامل ويتجه إلي داخل العصير الخلوي حيث يتم تراكمه.
٥. تتحرك المادة الحاملة مرة أخرى تجاه السطح الخارجي لحمل أيون جديد وهكذا.

- وتحتاج المواد الحاملة إلي طاقة لكي تقوم بعملها ويكون مصدر الطاقة هو مركب (Adenosine Triphosphate ATP) الذي يقوم بتزويد الحامل بعنصر الفسفور فيحوله إلي حامل نشط Active Carrier (نتيجة تفاعل إنزيم فوسفات كينيز الموجود علي السطح الداخلي للغشاء مع ATP حيث يتحول إلي ADP + فوسفات غير عضوية)، وبالتالي يتمكن هذا الحامل من الحركة خلال الغشاء والارتباط مع الأيون. وعند الجدار الداخلي للغشاء يصبح العامل غير نشط بفقده للفوسفور، وفي هذه الحالة لا يستطيع المرور خلال الغشاء أو حمل الأيون.

شكل (٢٦): انتقال الأيونات خلال الجدار الخلوي للخلية بواسطة الحامل
في نموذج A يلاحظ توسط المواد الحاملة للأيونات للجدار.
وفي نموذج B يلاحظ مدي مساهمة مركبات الطاقة في عملية انتقال الأيون.



- وعلي ذلك نجد أن الأيون غير حر في تحركه خلال الغشاء بمفرده، ولكنه يتحرك بعد أن يصبح جزءاً من مكونات مواد معينة (الحامل)، ثم يصبح أيون حر مرة أخرى عند انفصاله عن الحامل عند السطح الداخلي للغشاء. ولا يمكن للأيون الرجوع مرة أخرى إلي حيث كان، نظراً لقلة نفاذية الغشاء، وكذلك لأن الحامل فقد نشاطه وأصبح حاملاً وفقد الارتباط بالأيون.
- ومن الجدير بالذكر أن علي كل مادة حاملة مواقع ربط Binding Sites متخصصة لكل نوع من الأيونات، مما يساعد علي الامتصاص الاختياري Selective Transport للأيونات.

(١) نظرية لونداجارد Lundegrdh

- وتعرف أيضاً بنظرية التنفس الأنيوني Anion Respiration أو نظرية مضخة السيتوكروم Cytochrome Pump وتفترض هذه النظرية أن عملية الامتصاص تخضع للأسس الآتية:

١. هناك انفصال تام بين كل من عمليتي امتصاص الأنيونات والكاتيونات.

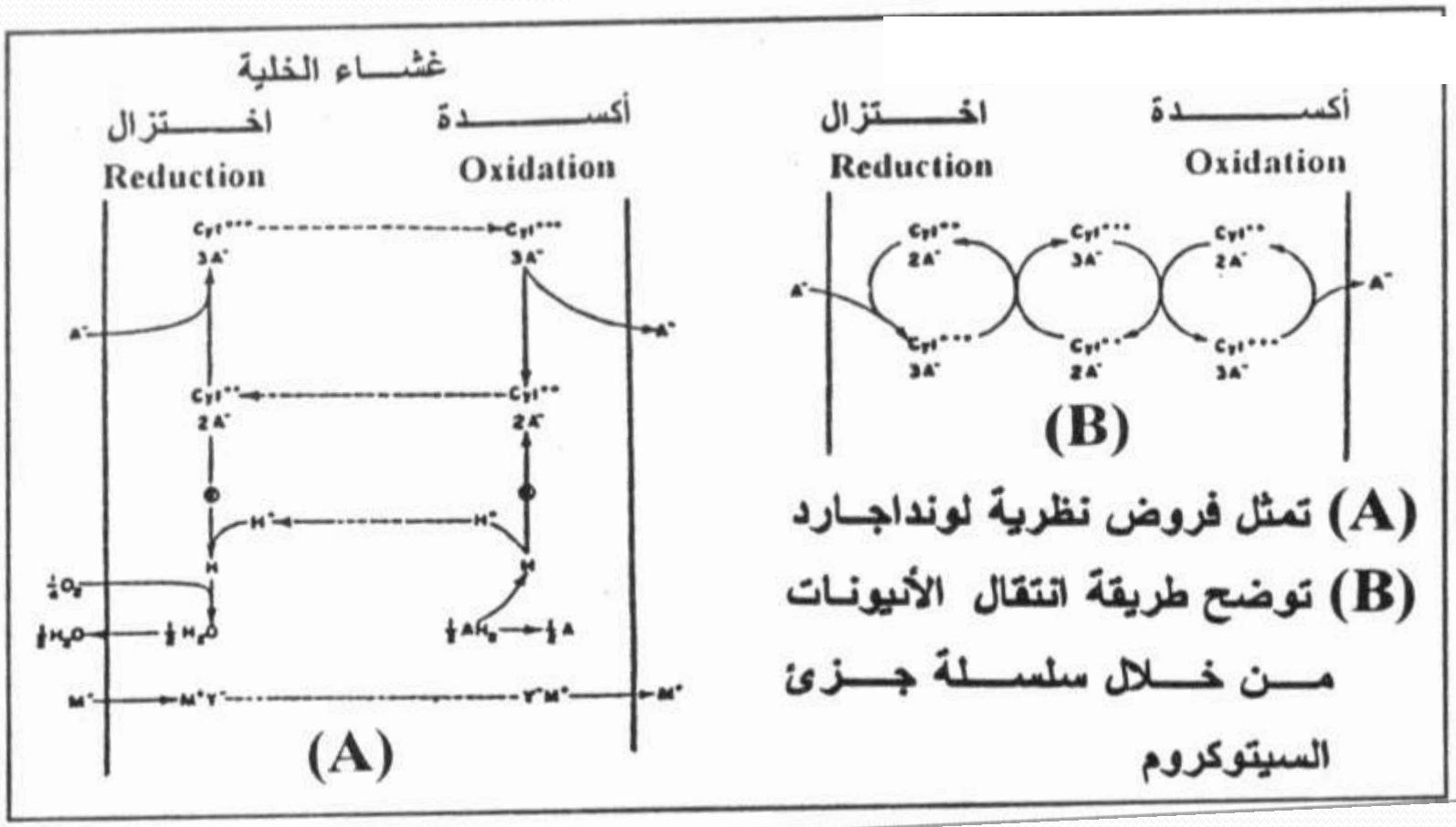
- امتصاص الكاتيونات عملية طبيعية بحتة وتتم علي خطوتين: الأولي فيها يتحرك الكاتيون من خارج الخلية إلي داخلا السيتوبلازم، وهنا تعتبر علي أنها عملية تبادل أيوني بين الكاتيون والأيدروجين المتأين من بعض المركبات العضوية في البلاوتوبلازم.

والثانية يتم فيها انتقال الكاتيون من سيتوبلازم الخلية إلي داخل الفجوة العصارية ويطلق علي هذه الخطة عملية التجمع أو التراكم Accumulation كذلك عملية امتصاص الكاتيون عملية عكسية بمعني أن الكاتيون يمكن أن يتحرك بحرية خلال السيتوبلازم في اتجاه الداخل أو الخارج نحو جدار الخلية.

٢- امتصاص الأنيونات عملية كيميائية بحتة تتم عن طريق جزئيات حاملة من السيتوكروم، كما أنها عملية غير عكسية، وتتم عملية امتصاص الأنيونات ضد تدرج التركيز وكذلك ضد تشابه الشحنة.

٣- يكون التنفس الأنيوني مسئولاً عن كمية الطاقة اللازمة لعملية امتصاص الأنيونات ضد تدرج التركيز وضد تشابه الشحنة. وقد تمكن لونداجارد من تثبيط هذا النوع من التنفس بإضافة أول أكسيد الكربون أو السيانيد، حيث تعمل هذه المواد علي إيقاف عمل إنزيم Cytochrome Oxidase، وكان ذلك أحد الأدلة التي أعتمد عليها في إثبات أن نظام السيتوكروم هو المسئول عن عملية امتصاص الأنيونات وقيامها بعمل المادة الحاملة لها.

شكل (٢٧): رسم يوضح كيفية انتقال الأنيونات بواسطة السيتوكروم (نظرية لونداجارد)



- **الاعتراضات علي نظرية لونداجارد:**
- **يوجد عدة اعتراضات لهذه النظرية ذكرها صادق وآخرون سنة ١٩٩٧ عن الباحث Sutcliffe سنة ١٩٦٢ وتتمثل في:**

١. **في حالة وجود حامل واحد للأنيونات فيكون من المتوقع وجود تنافس بين الأنيونات علي هذا الحامل، وهذا لم يثبت إلا بين $C1^-$, Br^- دون $H_2PO_4^-$, NO_3^- كذلك لم يحدث تنافس بين الهاليدات (Br^-, $C1^-$, F) والكبريتات SO_4^{2-} مما يؤكد وجود أكثر من حامل.**

٢. **في بعض الحالات يكون امتصاص الملح مرتبط مع الأسكوربيك أوكسيديز بدلاً من السيتوكورم أوكسيديز، يحث ثبت أن السيتكورم أوكسيديز غير موجود أصلاً في الغشاء.**

٣. **وجد أن الكاتيونات مثل Na^+ و K^+ لها القدرة علي أن تحفز التنفس، وبالتالي فإن ظاهرة التنفس الملحي ليست مقصورة علي الأنيونات فقط، ولكن قد تكون مرتبطة بالكاتيونات أيضاً.**

٤- وجد أن مركب DNP وهو مثبط للأكسدة الفوسفورية قد شجع التنفس إلي أقصاه، ولكن قلل امتصاص KCI، وهنا يجب أن تتوقف عملية الامتصاص في حالة صحة افتراض لونداجارد.

٥- وجد أن تحت الظروف المناسبة أكثر من أربعة إلكترونات يمكن أن تنتقل إلي خارج الخلية لكل جزيء O_2 يستهلك، وهذا عكس افتراض لونداجارد والذي يحدد أن أقصى عدد للأنيونات يمكن انتقاله مع استهلاك جزيء آخر O_2 هو أربعة فقط. وبالتالي فإن مبدأ انتقال الأيون معتمداً علي الارتباط المباشر مع الإلكترون ومضخة الاختزال يعتبر غير صحيح.

٦- عجزت هذه النظرية في تفسير الاختيارية لامتصاص الأيونات، ووضح ذلك مع كثير من النباتات.

- ومن هنا نجد أن أهم ما أضافته نظرية لونداجارد هو لفت الانتباه إلي دور الطاقة في عملية الامتصاص الحيوي.

- **ثالثاً: صعود الأيونات من الجذر إلي الأجزاء الهوائية**
- بعد امتصاص الأيونات بواسطة خلايا البشرة في الجذر تنتقل هذه الأيونات خلال خلايا نسيج الجذر في اتجاه الداخل حتى تصل إلي الأوعية الناقلة (شكل ٢٨)، وتتحرك هذه الأيونات إلي داخل الجذر بوسيلتين:
- الأولي: تحرك الأيون من سيتوبلازم إلي سيتوبلازم الخلية المجاورة جهة الداخل عن طريق الخيوط البلازمودزمية التي تربط سيتوبلازم الخلايا مع بعضها البعض حتى يصل إلي الأوعية الخشبية.
- الثانية: هي تحرك الأيون في الفراغ الحر **Free Space** في جدر خلايا القشرة وفي هذه الحالة تتوقف حركة الأيون عند طبقة الإندودرمس لوجود الشرائط الكسيبرية التي تقلل من نفاذ الجدار الخلوي، وتمنع انتقال الأيونات خلاله مما يحتم وسيلة حيوية تحمل هذا الأيون وتمر به خلال الإندودرمس لكي يستمر في طريقه إلي أوعية الخشب. وبمجرد وصول الأيونات إلي الأوعية الخشبية فإنها ترحل بشرعة إلي الأجزاء الهوائية مع تيار الماء الصاعد إلي أعلى حيث تدخل هذه الأيونات في عمليات التمثيل الغذائي في الأوراق.

شكل (٢٨): رسم تخطيطي يوضح كيفية انتقال المحلول الأرضي من الجذر إلي الأوراق