الخصوبة وتغذية النبات/ القرواني، محيي الدين1979تغذية النبات/ الريس، عبد الهادي جواد1988تغذية النبات التطبيقي/ الصحاف، فاضل حسين1989

تغذية النبات النظري والعملي(مظفر أحمد داود الموصلي وآخرون)2019

http://www.uobabylon.edu.iq/eprints/eprint_1_17124_1352.doc

https://www.researchgate.net/publication/329625437_fsywlwjya_tghdhyt_alnbat

https://fsnv.univ-setif.dz/images/telecharger/BEV/M1%20BVPlantes%2019-20%20Physiologie%20et%20biochimie%20v%C3%A9g%C3%A9tale%20Chaker.pdf

Mineral Nutrition and Plant Disease null

by Lawrence E. Datnoff (Author, Editor), Wade H. Elmer (Editor), Don M. Hube

2007

نظرية لونداجاردLundegardh Theory

وتعرف أيضاً بنظرية التنفس الأنيونى Anion respiration أو نظرية مضخة السيتوكروم Cytochrome pump، وتفترض هذه النظرية أن عملية الامتصاص تخضع للأسس الآتية:

-1هناك انفصال تام بين كل من عمليتى امتصاص الأنيونات والكاتيونات.

-2امتصاص الكاتيونات عملية طبيعية بحتة وتتم على خطوتين: الأولى فيها يتحرك من خارج الخلية إلى داخل السيتوبلازم، وهنا تعتبر على أنها عملية تبادل أيونى بين الكاتيون والأيدروجين المتأين من بعض المركبات العضوية فى البروتوبلازم. والثانية يتم فيها انتقال الكاتيون من سيتوبلازم الخلية إلى داخل الفجوة العصارية ويطلق على هذه الخطوة عملية التجمع أو التراكمAccumulation ، كذلك عملية امتصاص الكاتيون عملية عكسية بمعنى أن الكاتيون يمكن أن يتحرك بحرية خلال السيتوبلازم فى اتجاه الداخل أو الخارج نحو جدار الخلية .

-3امتصاص الأنيونات عملية كيميائية بحتة تتم عن طريق جزيئات حاملة من السيتوكروم ، كما أنها عملية غير عكسية ، وتتم عملية امتصاص الأنيونات ضد تدرج التركيز وكذلك ضد تشابه الشحنة.

-4يكون التنفس الأنيونى 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 على إيقاف عمل إنزيم Cytochrome oxidase، وكان ذلك أحد الأدلة التى اعتمد عليها فى إثبات أن نظام السيتوكروم هو المسئول عن عملية امتصاص الأنيونات وقيامها بعمل المادة الحاملة لها.

وتعتمد ميكانيكية امتصاص الأنيونات بواسطة مضخة السيتوكروم على عملية التنفس التى تعتبر مصدر الإمداد بالإلكترونات الناتجة من تحول الأيدروجين عند السطح الداخلى إلى بروتونات الأيدروجين +H ، والإلكترونات -eومصدر الأيدروجين هنا هو الأحماض العضوية بفعل إنزيمات الديهيدروجينيز . ينتقل الإلكترون المتكون إلى وحدة السيتوكروم ويختزل الحديديك +Fe3 ، إلى حديدوز +Fe2 ، ثم ينتقل من وحدة إلى أخرى فى تتابع مستمر حتى يصل إلى غشاء السيتوبلازم الخارجى البلازمالما plasmalemma وعندها يفقد حديد السيتوكروم الإلكترون المُكتسب ويتحول إلى حديديك الذى يكون مستعد لاستقبال إلكترون آخر من الداخل ، أو أنيون من الخارج ويأخذ الصورة حديد - أنيون (-A - Fe) ، وينتقل هذا الأنيون إلى داخل الخلية فى تتابع مماثل حتى الوصول إلى الفجوة العصارية وعندها يتم تبادل الأنيون مع إلكترون جديد (شكل 3-7) . ويلاحظ أن الإلكترونات التى فقدت من حبيبة السيتوكروم الأخيرة والمتبادلة مع الأنيونات تتجه إلى الأكسجين الداخل للخلية للتنفس وتحوله إلى أنيونات -O2 أكسيجين . وأخير يتحد مع الأيدروجين الناتج من دورة كربس ويتكون جزىء الماء كما يتضح من المعادلة:

ونتيجة لامتصاص الأنيونات السالبة بهذة الكيفية وتراكمها داخل الخلية يترتب عليها أن يتكون فرق جهد سالب على الجانب الداخلى للخلية يعمل على جذب الكاتيونات الموجبة الشحنة ضد تدرج التركيز . وتعتبر هذه النظرية من أوائل النظريات التى أعطت أهمية لدور الطاقة فى عملية الامتصاص.

-الاعتراضات على نظرية لونداجارد:

يوجد عدة اعتراضات لهذه النظرية ذكرها صادق وآخرون سنة 1997 عن الباحث Sutcliffe سنة 1962 وتتمثل فى:

-1فى حالة وجود حامل واحد للأنيونات فيكون من المتوقع وجود تنافس بين الأنيونات على هذا الحامل، وهذا لم يثبت إلا بين -Br ، -Clدون -NO3 ، -H2PO4، كذلك لم يحدث تنافس بين الهاليدات (-F , -Cl , -Br) والكبريتات =SO4 مما يؤكد وجود أكثر من حامل.

-2فى بعض الحالات يكون امتصاص الملح مرتبط مع الأسكوربيك أوكسيديز بدلاً من السيتوكروم أوكسيديز، حيث ثبت أن السيتوكروم أوكسيديز غير موجود أصلاً فى الغشاء.

-3وجد أن بعض الكاتيونات مثل +Na و +K لها القدرة على أن تحفز التنفس، وبالتالى فإن ظاهرة التنفس الملحى ليست مقصورة على الأنيونات فقط ، ولكن قد تكون مرتبطة بالكاتيونات أيضاً.

-4وجد أن مركب DNP وهو مثبط للأكسدة الفوسفورية قد شجع التنفس إلى أقصاه ، ولكن قلل امتصاصKcl ، وهنا يجب أن تتوقف عملية الامتصاص فى حالة صحة افتراض لوندا جارد.

-5وجد أن تحت الظروف المناسبة أكثر من أربعة إلكترونات يمكن أن تنتقل إلى خارج الخلية لكل جزىء O2 يُستهلك ، وهذا عكس افتراض لونداجارد والذى يحدد أن أقصى عدد للأنيونات يمكن انتقاله مع استهلاك جزىء O2هو أربعة فقط. وبالتالى فإن مبدأ انتقال الأيون معتمداً على الارتباط المباشر مع الالكترون ومضخة الاختزال يعتبر غير صحيح.

-6عجزت هذه النظرية فى تفسير الاختيارية لامتصاص الأيونات ، ووضح ذلك مع كثير من النباتات.

ومن هنا نجد أن أهم ما أضافته نظرية لونداجارد هو لفت الانتباه إلى دور الطاقة فى عملية الامتصاص الحيوى.

ثالثاً: صعود الأيونات من الجذر إلى الأجزاء الهوائية :

بعد امتصاص الأيونات بواسطة خلايا البشرة فى الجذر تنتقل هذه الأيونات خلال خلايا نسيج الجذر فى اتجاه الداخل حتى تصل إلى الأوعية الناقلة (شكل3-8)، وتتحرك هذه الأيونات إلى داخل الجذر بوسيلتين:

الأولى:

تحرك الأيون من سيتوبلازم إلى سيتوبلازم الخلية المجاورة جهة الداخل عن طريق الخيوط البلازمودزمية التى تربط سيتوبلازم الخلايا مع بعضها البعض حتى يصل إلى الأوعية الخشبية