تغذية النبات Plant nutrition

مفردات علم تغذية النبات النظري

1-مقدمة عن علم تغذية النبات .
2-التربة كوسط لنمو النبات وجاهزية العناصر الغذائية .
3-امتصاص العناصر الغذائية (الامتصاص الأيوني ونظرياته) .
4-تمثيل العناصر الغذائية داخل النبات .
5-الماء وتغذية النبات والاوجة الفسيولوجية المائية (الأوجه التطبيقية له) .
6-تغذية النبات وكمية الحاصل (علاقة النبات بالحاصل) .
7-تغذية النبات ومقاومة الأمراض والحشرات .
8-ملوحة التربة وتغذية النبات .
9-التلوث وتغذية النبات .
10- المحاصيل الغذائية ودورها في تغذية النبات .

1- مقدمة عن علم تغذية النبات :

علم تغذية النبات (Edaphology or plant nutrition) :

وهو العلم الذي يهتم بدراسة كيفية حصول النبات على احتياجاته من العناصر الغذائية وكيفية امتصاصها وتتبع دخولها من محلول التربة والجو إلى داخل السايتوبلازم والفجوة العصارية وكذلك دراسة الفرضيات والنظريات المتعلقة بالامتصاص والعوامل التي تؤثر على هذا الامتصاص وكذلك تشخيص أعراض النقص والسمية إضافة إلى دراسة الوظائف الفسلجية المختلفة لهذه العناصر ودورها في نمو النبات .

إن علم تغذية النبات يهتم بدراسة تحسن طرق تصنيع الأسمدة واقتصاديات استعمالها ومواعيد وكميات إضافتها ومن جانب آخر فان هذا العلم يهتم بدراسة مقاومة الأمراض والحشرات عن طريق التغذية المعدنية .إن لهذا العلم علاقة فريدة مع الكائنات الحية على سطح الكرة الأرضية فهو يحتاج إلى علوم أخرى مثل علوم التربة والكيمياء الحياتية وفسلجة النبات واقتصاديات التربة والموارد المائية وغيرها من العلوم الأخرى لفهم هذه العلاقة .

النباتات تتغذى على ايونات العناصر المعدنية وان العناصر المعدنية مصدرها التربة وان التربة هي ناتج لعمليات التعرية والتجوية في الصخور المختلفة لذلك تعد الصخور والمحيطات والهواء الجوي المصدر الخام للعناصر الغذائية المعدنية وعند توفر كميات جاهزة من هذه العناصر تنمو النباتات الصغيرة والكبيرة ويتغذى عليها الحيوان والإنسان لذلك هنالك علاقة وثيقة بين تغذية النبات ومصير الكائنات الحية على سطح الكرة الأرضية .

التغذية Nutrition: هي عملية تجهيز وامتصاص المركبات الكيميائية التي يحتاجها الكائن الحي لنموه وفعاليته الحيوية.

المادة الغذائية Nutrient : المركبات الكيميائية التي يحتاجها الكائن الحي.

العمليات الحيوية Metabolic Processes : وهي العمليات التي يتم بواسطتها تحول المواد الغذائية الى الاجزاء الخلوية او تستعمل كمصدر للطاقة.

الايض الحيوي Metabolism : وهي العمليات المتصلة ببناء البروتوبلازم والتي تحصل داخل الخلية الحية من اجل استمرار النمو والحياة.

س/ ماهي اوجه الاختلاف بين النبات الاخضر والانسان والحيوان والكائنات الحية الدقيقة.

ج/ هو ان النبات الاخضر يحتاج العناصر الغذائية ذات طبيعة لا عضوية (In organic natural) بينما الانسان والحيوان والكائنات الحية الدقيقة تحتاج بالإضافة الى العناصر غير العضوية مركبات عضوية كمادة غذائية.

العنصر الغذائي (صفاته ___ شروطه) :

لكي يقال إن هذا العنصر الغذائي ضروري يجب إن تتوفر فيه واحد من هذه الشروط أو جميعها وهذه الشروط هي :

1- يدخل بصورة مباشرة في تركيب مادة النبات أو احد أعضائه .

2- بدون هذا العنصر لايمكن للنبات من إكمال دورة حياته .

3- نقص العنصر الغذائي يؤدي إلى ظهور أعراض نقص خاصة بهذا العنصر .

4- إن مظاهر نقص هذا العنصر لاتزول إلا بإضافة العنصر المفقود .

5- لايمكن إن نعوض العنصر الغذائي عن أي عنصر آخر في جميع وظائفه .

6- له دور مفيد في التفاعلات الحيوية التي تحدث في النبات أو انه يزيل الأثر الضار الناجم عن التفاعلات الحيوية التي يقوم بها النبات .

يمكن تقسيم العناصر الغذائية من الناحية الكمية إلى مايلي :

1 – العناصر الكبرى (Macro element) : وهي العناصر التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة نسبيا وتتراوح حدودها بالنسبة لنبات المادة الجافة (0.1 % - 6 %) من محتوى المادة الجافة ويعني (1 – 60) ملغم / كغم مادة جافة . وتشمل هذه العناصر (S-Mg-C-H-O-N-P-K-Ca) .

2 – العناصر الصغرى (Micro elements) : وهي العناصر التي يحتاجها النبات بكميات اقل نسبيا ويقدر محتواها في المادة الجافة (200ppm) (جزء بالمليون) وتشمل عناصر (Fe-Zn-Cu-Mn-B-Mo-Na-Cl) .

يلاحظ إن (Na, CL) بصورة عامة تعتبر من العناصر الصغرى إلا إنها بالنسبة للنباتات الملحية تعتبر من العناصر الكبرى حيث تحتاجها النبات بكميات كبيرة مقارنة بالنباتات الأخرى .

يمكن تقسيم العناصر الغذائية من ناحية وظائفها الفسيولوجي والحيوية إلى المجاميع التالية :

المجموعة الأولى : وتشمل عناصر(C-H-O-N-S) حيث تدخل هذه العناصر في تركيب مادة النبات العضوية وتنشيط الإنزيمات .

المجموعة الثانية : وتشمل عناصر(P-B-Si) فتشارك هذه العناصر في انتقال الطاقة وتكوين مجاميع الاسترات .

المجموعة الثالثة : وتشمل عناصر (CL–Mn–Mg–Ca–Na–k) فإنها ذات أهمية في الجهد الازموزي وتساهم في عملية تكوين الإنزيمات والبروتينات .

المجموعة الرابعة : وتشمل عناصر (Fe–Cu–Zn–Mo) هذه العناصر لها القابلية على تغير أعداد تكافؤها لذلك تعمل هذه العناصر على انتقال الالكترونات أي بمعنى آخر لها دور بعمليات الأكسدة والاختزال .

العناصر المفيـــدة : هناك مجموعة من العناصر الغذائية تكون مفيدة لنبات معين ولا يكون لها تأثير نافع اومفيد لنبات آخر تسمى بالعناصر المفيدة ومن أمثلتها عنصر الكوبلت (Co) وهو مفيد ومهم للعائلة أو النباتات البقولية ولكن ليس للكوبلت فائدة بالنسبة للنجيليات. كذلك إن لعنصر السليكون تأثير نافع للرز ولم تثبت له فائدة بالنسبة للنجيليات . مثال آخر لوحظ إن الصوديوم أهمية مفيدة بالنسبة لنباتات البنجر السكري حيث يزيد من نسبة السكر لهذا النبات .

العناصر النـــادرة : هناك مجموعة من العناصر هي ليست غذائية تتبع جميعها إلى زمرة العناصر النادرة ووجد إن وجودها بكميات منخفضة جدا في التربة أو الهواء يكون لها تأثير مفيد لفعالية بعض النباتات إلا إن ارتفاع مستوى هذه العناصر ولو بصورة منخفضة أو بصورة قليلة يجعل منها عناصر سامة للنبات وكذلك للحيوان الذي يعيش على تلك النباتات من أمثلتها (الكلور– الفلور – البروم – اليود – الزئبق – الرصاص – الزرنيخ -- الخ) .

ماهية تركيب مادة النبات :

سنتناول تركيب مادة النبات من الناحية التغذوية من خلال دراسة مايلي :

أولا – الماء : يعتبر الماء هو الوسط العام الذي تحدث فيه جميع الأنشطة في الخلايا ومن الناحية الفسيولوجية إن كل الكائنات الحية تعتبر الكائنات الحية تعتبر كائنات مائية وان خلاياها تقوم بفعالية الماء فقط عند وجود الماء وعند عدم توفر الماء تعجز هذه الكائنات عن القيام بدورها أو بفعاليتها . وللتعرف على أهمية الماء يمكن إن نعرف مايلي :

1– إن هناك علاقة طردية بين الإمداد المائي أو تساقط الأمطار وكثافة الكائنات الحية ومثال ذلك مقارنة إعداد الكائنات الحية في الصحراء ومناطق الغابات .

2– تعيش النباتات المائية بصورة دائمية في الماء بينما النباتات على اليابسة فان جذورها تعيش مغمورة بمحلول التربة لتتمكن من امتصاص ايونات العناصر الغذائية .

3- يلاحظ إن الأشجار الشاهقة تستطيع الحصول على الماء مهما بلغ ارتفاعها وذلك يعني وجود قوة ميكانيكية يتمكن بها هذا النبات من الحصول على الماء.

4- إن عملية إنبات البذورلايمكن إن تتم إلا بوجود الماء وتشرب البذرة به لتتمكن الرويشة أو الجذير من الخروج من الخروج بتكوين النبات الجديد إن البذرة نفسها تحتوي على غذاء يحتاجه هذا النبات الصغير لكي ينمو ولابد من ذوبانه في الماء حتى يتمكن النبات من امتصاصه .

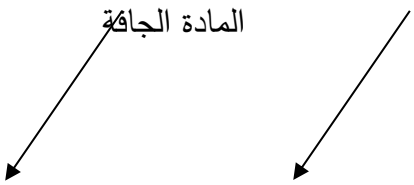
5- بسبب ارتفاع نسبة الماء في النباتات الحية فان نسبة عنصري الأوكسجين والهيدروجين تكون مرتفعة اوتفوق نسبة بقية العناصر الأخرى الداخلة في تركيب مادة النبات الحية .

ثانيا – المادة الجافة :

إن تجفيف مادة النبات الطرية على درجة حرارة 70 درجة مئوية لمدة (24-48) فان المادة المتبقية يطلق عليها بمادة النبات الجافة وتشكل (10-20) % وكمعدل تعتبر (15 %) .

عند الحصول على المادة الجافة فإنها تطحن وتهضم بإضافة حوامض قوية ومن ثم تحول إلى محلول جاهزا للتحليل وتقدر في هذا المحلول العناصر المراد دراستها كان يكون (الفسفور – النتروجين – البوتاسيوم – الكلور) إلى غير ذلك ولكل من هذه العناصر طرق خاصة لتعيينه . وتعزى نتائج الدراسات الكيمياوية في هذه إلى الوزن الجاف وليس الوزن الرطب وذلك بسبب :

إن الوزن الرطب يكون عرضة للتغيير اليومي وكمية الرطوبة المتيسرة في التربة وشدة النتح كذلك إن الوزن الرطب يتغير بتغير نوع النبات وعمره وجزء النبات المأخوذ للتحليل (جذور- سيقان – أوراق – ثمار- بذور) . إن المادة الجافة هذه تكون 15 % من الوزن الرطب وان 90 % من هذه النسبة تمثلها عناصر (C-O-H) والمادة الجافة أو الجزء المعدني الجاف يشكل بحدود 10 %.



جزء عضوي 90% (C-H-O)

جزء معدني 10% % 1.5

** الجزء المعدني الضئيل الذي يحتوي على العناصر الغذائية وعادة يمتصه النبات من محلول التربة بالرغم من كونه جزءا ضئيلا إلا انه له أهمية كبيرة في :

1- تمكين النباتات الخضراء من القيام بعملية التركيب الضوئي وبناء مادته العضوية.

2- تفعيل الإنزيمات : إن النباتات تحتوي على آلاف الإنزيمات التي تعمل سوية في إن واحد أو على التعاقب طبقا لما تتلقاه من معلومات من الأحماض النووية التي تسيطر على الفعاليات الحيوية وتسيرها وان هذه الإنزيمات تكون غير فعالة في حالة غياب العناصر المعدنية خصوصا الصغرى منه .

العوامل التي تؤثر على محتوى هذا الجزء المعدني :

1- العامل الوراثي : للعامل الوراثي دور مهم في تحديد محتوى النبات من العناصر المعدنية وبصورة عامة فاءن مادة النباتات الخضراء تحتوي من عنصري النتروجين والبوتاسيوم مايعادل عشرة أضعاف مايحتويه من عنصري الفسفور والمغنيسيوم أما من ناحية نوع النباتات نلاحظ إن محتوى البقوليات من عناصر النتروجين والكالسيوم والفسفور أعلى مما موجود في النجيليات وان الحمضيات تحتوي عادة على كميات عالية من الكالسيوم أما محاصيل البطاطا والبنجر السكري وقصب السكر فتكون عالية المحتوى من البوتاسيوم ويلاحظ إن السبانغ والكرفس ذو محتوى عالي من الحديد أما بالنسبة لنباتات اللهانة والقرنابيط والبصل والثوم فتكون ذو محتوى عالي من الكبريت .

2- جاهزية العنصر الغذائي : كلما زاد تركيز العناصر الغذائية في النبات يكون انعكاسا لزيادة هذه التراكيز في وسط النمو .

3- اختلاف العضو النباتي : يختلف محتوى مادة النبات من المغذيات باختلاف الجزء النباتي المدروس (أوراق – جذور – ثمار – بذور ---الخ) بصورة عامة يلاحظ إن محتوى أنسجة النبات من المغنيسيوم يكون عادة متركز في قشر الحبوب أكثر من البذور وهذه العلاقة تكون صحيحة بالنسبة للنتروجين – البوتاسيوم – الفسفور – الكالسيوم) .

4- اختلاف عمر النبات : يلاحظ أن محتوى النباتات الحديثة السن من النتروجين والفسفور والبوتاسيوم يكون عالي بينما النباتات المسنة (القديمة) نلاحظ أن محتواها من الكالسيوم والمنغنيز والحديد والبورون يكون عالي .

الجـــزء العضـــوي :

ويمثل الجزء الاكبر من المادة الجافة ويتكون أساسا من عناصر الكاربون والأوكسجين والهيدروجين ويشكل 90 % منها وقد يدخل في تركيب الجزء العضوي عناصر مثل النتروجين والفسفور والكبريت كذلك بعض العناصر التي تميل إلى تكوين مركبات مخلبية مع المادة العضوية مثل المغنيسيوم في تكوين الكلوروفيل والكوبلت في تكوين فيتامين B12 (مهم في تكوين العقد البكتيرية على جذور النباتات البقولية) .

يمكن تقسيم الجزء العضوي إلى مايلي :

أ- مركبات عضوية يدخل النتروجين في تركيبها :

1- الأحماض الامينية التي تدخل في تكوين البروتينات .

2- الكلوروفيل

3- الأمينات والاميدات والقواعد النتروجينية .

4- القلويدات العضوية مثل (النيكوتين والمورفين والكافئين)

5- االانزيمات ، مساعدات ا لانزيمات ، الهرمونات النباتية ، الفيتامينات ، الأحماض النووية) .

ب – مركبات عضوية لايدخل النتروجين في تركيبها :

1- المواد الكربوهيدراتية ومشتقاتها مثل السليلوز- الهميسليلوز-السكريات الثنائية – النشا .

2- الأحماض العضوية مثل الماليك – اللاكتيك – الستريك .

3- الزيوت والدهون .

أوساط النمو النباتية المختلفة :

وسط النمو : هو عبارة عن المكان أو البيئة التي يتواجد فيها النبات ويحصل منها على المواد الغذائية البسيطة والهواء والماء والعناصر الضرورية لنموه .

أولا : التربة كوسط لنمو النبات : التربة عبارة عن نظام غير متجانس معقد التركيب مقارنة بالأوساط المائية يتكون من ثلاثة أطوار :

ا- الطور الصلب : الذي يمثل الصخور والمعادن والمادة العضوية .

ب- الطور السائل : الذي يمثل محلول التربة ويشمل الماء والأملاح الذائبة فيه .

ج- الطور الغازي : يمثل هواء التربة الذي يحتل المسافات البينية بين شقوق دقائق التربة والخالية من الماء .

ثانيا : محلول التربة : من أهم مصادر المغذيات بالنسبة لجذور النباتات وهو عبارة عن محلول مخفف سرعان ما تسحب جذور النباتات ايونات العناصر الغذائية فإنها تعوض من الجزء الصلب الذي تتحرر منه ايونات العنصر المسحوب أي هناك حالة اتزان بين الطور الصلب ومحلول التربة . إن ميكانيكية المحافظة على التوازن بين محلول التربة والجزء الصلب تتم من خلال الطرائق التالية

1- ذوبان المعادن .

2- ذوبان الأملاح .

3- معدنة المادة العضوية بواسطة أحياء التربة وعودة عناصرها الأولية إلى محلول التربة .

4- التبادل الأيوني .

العوامل التي توثر على جاهزية العناصر الغذائية في التربة وامتصاصها من قبل النبات :

1- درجة تفاعل التربة (PH) : يعتبر PH التربة من أهم العوامل المؤثرة على جاهزية العناصر الغذائية في التربة ، فعنصر الفسفور يترسب تحت الظروف الحامضية على هيئة فوسفات الحديد والألمنيوم بهيئة ($FePO_4$ – $AlPO_4$) وهذه الصور قليلة الذوبان وغير جاهزة ولا يستفيد منها النبات . أما تحت الظروف القاعدية وخاصة الجيرية (الحاوية على $CaCo_3$ بكميات عالية) والتي يرتفع فيها PH إلى أكثر من 7 (أكثر من 8.2) مما يؤدي

إلـى ترسـيب الفسـفور بهيئـة فوسـفات الكالسـيوم الثلاثيـة $Ca(po4)_2$ وهـي أيضـا صـور معقدة التركيـب وغيـر جـاهزة للنبـات. فـي حـين نجـد إن الفسـفور أكثـر جاهزيـة عنـد PH المعتـدل أو المتعادل (بحدود PH=7) . كما نلاحظ إن النترات تمتص بسهولة في الظروف الحامضية لقلـة تواجـد ايونـات OH^- فـي حـين NH_4 يمـتص بكفـاءة أعلـى تحـت الظـروف القاعديـة لقلـة المنافسة مع ايونات H^+ وعند PH بحدود 7 تتساوى الصورتين وهكذا . وبناءا على ذلك نجد انـه فـي الظـروف العراقيـة التـي تميـل إلـى القاعديـة يفضـل اسـتخدام سـماد (DCP) Di calcium phosphate $CaHPO_4.2H_2O$ ، كما يفضل إضافة الأسمدة النتروجينية بصورة الامونيوم وليست النترات فاستخدام كبريتات الامونيوم اوسماد اليوريا الذي ينتج عنه عند التحلـل ايـون الامونيـوم. أمـا بالنسـبة للتـرب الحامضـية فيستحسـن إضـافة(MCP) Mono calcium phosphate $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$. كما يفضل الترب العراقية إضافة الأسمدة النتروجينية الحاوية على النتروجين بصورة الامونيوم في حين في الترب الحامضية يفضل إضافة الأسمدة النتروجينية على صورة النترات .

من الناحية التطبيقية المعروف إن الترب العراقية هي ترب تميل إلى القاعدية بسبب احتواءها على نسبة من الكالسيوم لذا عند إضافة الأسمدة يجب إن تضاف الأسمدة النتروجينية الحاوية على الامونيوم هذا من ناحية أو من ناحية أخرى لتقليل صورة النتروجين الموجود بشكل نترات لان النترات من العناصر المتحركة فتغسل بعيدا عن مقد التربة بالإضافة إلى عملية عكس النترجة أي فقدان النتروجين على شكل غازات متطايرة لذا يلاحظ في زراعة الرز نظيف النتروجين على شكل آمونيا. 10-40 % من السماد المضاف يفقد على شكل غاز بعملية عكس النترجة لذا يفضل إضافة الأسمدة النتروجينية بصورة امونيوم وليس بصورة نترات لان النترات تفقد بالغسل ثم تتعرض إلى عملية عكس النترجة .

أما بالنسبة للعناصر الصغرى (Fe-Cu-Mn-Bo) فتزداد جاهزيتها بانخفاض درجة الحموضة (PH) وهي بصورة عامة أكثر جاهزية حول نقطة التعادل. كما إن امتصاص Al من قبل معادن الطين يقل في الظروف الحامضية مما يزيد من تركيزه الى حد السمية للنباتات كما قد تحدث سمية بالمنغيز Mn في حين يحصل نقص في الحديد والذي قد يحدث كذلك في الترب ذات المحتوى العالي من الكلس مسببا اصفرارا وشحوبا للنبات.

2-المادة العضويـــــة : Organic matter

إن للمادة العضوية تأثيرا مباشرا على درجة تفاعل التربة فالأحماض العضوية عند تحللها تؤدي إلى خفض PH ، إضافة إلى إنها مصدر جيد للعديد من العناصر الغذائية مثل (S,P,N) . كمـــا إن للمـــادة العضـــوية تميـــل إلـــى تكـــوين مركبـــات مخلبيـــة

(Chelate compound) مع كاتيونات العناصر بما له الأثر الكبير على خفض هذه العناصر خاصة العناصر الغذائية الصغرى .

إن المركبات المخلبية : عبارة عن مركبات عضوية تمسك العنصر وتمسكه بأكثر من جهة وتمنع انفراده إلى محلول التربة ومن أمثلة ذلك المركبات المخلبية للعديد المخلبي (Fe–EDTA). كما إن للمادة العضوية مشاركة مع (Ca++ في تكوين البناء الحبيبي للتربة الذي يحسن خواص التربة الفيزياوية والبيولوجية والذي ينعكس إيجابا على خواص الترب الرملية والطينية). ان ميل المادة العضوية لتكوين مركبات مخلبية مع كل من الـ Al– Ca من فرصة تكوين مركبات معقدة مع الفوسفات مما يزيد من جاهزيتها في التربة .

1- كاربونات الكالسيوم $CaCo_3$:

تؤثر كاربونات الكالسيوم مباشرة على PH التربة كما إنها مصدر مهم للـ Ca الذي يشارك المادة العضوية في عمليات بناء التربة. وله تأثيرات سلبية عديدة في التربة الكلسية منها إن وفرة كاربونات الكالسيوم تؤدي الى ترسيب الفسفور بصيغة $Ca_3(Po_4)_2$ غير الجاهزة .

أضف لذلك فان الكالسيوم يميل إلى الاتحاد مع المواد المخلبية مما يؤدي خروج الحديد حرا إلى المحلول والذي سرعان ما يتحول إلى هيدروكسيد ألحديديك $Fe(OH)_3$ غير الصالح لتغذية النبات والذي يسمى بالشحوب اليخضوري الكلسي والناتج من نقص عنصري الحديد والفسفور وخاصة الحديد.

4- نوع التربـــــة :

يتحكم نوع التربة الى حد كبير بمحتواها من العناصر الغذائية وبجاهزية هذه العناصر . وذلك بسبب تركيب هذه التربة ونسجتها فالتربة الناعمة ذات المحتوى العالي من الطين تعاني في الغالب من الظروف اللاهوائية (الغدقة) وتسود فيها ظاهرة الاختزال مما يؤدي الى تواجد الحديد بصورة Fe^{+2} والـ Mn^{+2} المختزل (الصورة الثنائية) وهي الصورة الجاهزة والقابلة للامتصاص بواسطة جذور النبات لذلك فقد تصل الى حد السمية. كما ان فقد النتروجين يزداد بعملية (Denitrification) كما يحدث في حقول الرز. أما في الظروف الهوائية فيكون العكس حيث الحديد في الصورة الثلاثية والمنغنيز بالصورة الرباعية أو سداسية التكافؤ وهما صور غير جاهزة في حين تتحول صور النتروجين الى الامونيا الى النترات بعملية Nitrification بواسطة بكتريا نتروسوموناز Nitrosomonas والـ النتروباكتر Nitrobacter . ومن الصفات الأخرى المتأثرة بنوع التربة هو محتواها من الماء حيث إن الترب الطينية ذات محتوى عالي من الماء وان سعتها الأيونية التبادلية (CEC) أعلى من الترب الرملية أي ان الترب الرملية ذات محتوى اقل من الـ +Na , +K, ++Mg, ++Ca .

5-أحياء التربـــة :

إن لأحياء التربة دورا هاما في توفير وجاهزية العناصر الغذائية من خلال الـ Nitrification والـ Denitrification كما ان المايكورايزا لها دور في زيادة العقد البكتيرية في النباتات البقولية وفي زيادة امتصاص العناصر الغذائية بسبب تكوين الهايفات وكذلك دورها في تهدم وانحلال المادة العضوية بعملية المعدنة وتحرير العناصر الغذائية الجاهزة للامتصاص الى محلول التربة. كما ان هناك بكتريا الكبريت المسؤولة عن أكسدة الكبريت المعدني الى صورة الكبريتات التي تمتص من قبل جذور النبات على هذه الصورة .

6-الاكاسيد نصف السداسية :

وهي عبارة عن اكاسيد الالمنيوم والحديد (AL_2O_3 و FeO_3) إن زيادتها في التربة تؤدي الى تقليل جاهزية عنصر الفسفور بسبب تكوين فوسفات الالمنيوم والحديد غير الجاهزة للنبات.

7-النبـــات :

حيث ان النباتات التي لها قدرة اكبر على التغلغل التعمق تكون لها قدرة اكبر على امتصاص العناصر الغذائية وكذلك فان هناك محاصيل مجهدة للتربة مثل القطن والذرة والبنجر بينما المحاصيل البقولية تكون مفيدة للتربة لما تخلفه من مادة عضوية غنية بعنصر النتروجين ، كما نلاحظ ان مخلفات النجيليات عند إضافتها الى التربة تؤدي الى استنزاف النتروجين من التربة .

كما نلاحظ ان النباتات البقولية ذات قدرة اعلى على إفراز ايونات الهيدروجين والتي تستطيع ان تهاجم صور العناصر الغذائية المعقدة التركيب وإذابتها وجعلها بصورة جاهزة للامتصاص كما في حال صور الفوسفات المرسبة .

8- عوامل أخرى نخص بالذكر منها ما يلي :

أ- تجوية مادة الأصل :

حيث ان التجوية بكل انواعها الكيمياوية والفيزيائية والبيولوجية تؤدي الى تفتيت الحبيبات وانفراد العناصر الغذائية الى محلول التربة ثم الى النبات .

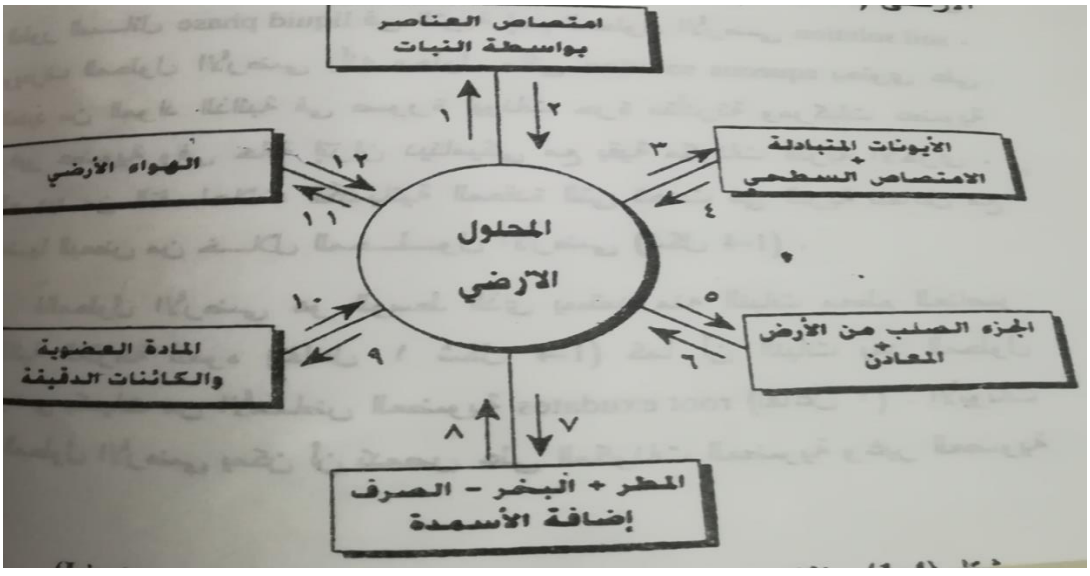
ب-التعرية : حيث انها بجميع أنواعها تؤدي الى تنخر وانجراف وتقلل من خصوبة التربة ومن جاهزية العناصر .

ت-درجة الحرارة

9- عوامل أخرى : وهذه لا تؤثر في الجاهزية قدر تأثيرها بعملية الامتصاص: التنافس والتضاد والتداخل ، درجة الحرارة ، الرطوبة النسبية ، الضوء ، التكافؤ .

محلول التربة والاتزان الديناميكي soil solution and dynamic equilibrium

يطلق على الطور السائل Liquid phase في التربة اسم محلول التربة ويعرف بانه محلول مائي يحتوي على العديد من المواد الذائبة في صورة ايونات حرة متأدرتة ومركبات عضوية وغير عضوية وفي حالة اتزان ديناميكي مع بقية مكونات التربة الاخرى. فالعديد من التفاعلات الكيميائية المعقدة التي تحدث في التربة تتفاعل مع بعضها البعض من خلال محلول التربة. فمحلول التربة هو الوسط الذي يستمد منه النبات معظم العناصر الغذائية اللازمة لنموه كما ان النبات يمد محلول التربة بكميات من الاحماض العضوية root exudates (تفاعل 2). الايونات في محلول التربة يمكن ان تدمص على المكونات العضوية وغير العضوية في التربة(تفاعل 3) ويمكن لهذه الايونات الممتصة ان تنطلق ثانية الى محلول التربة(تفاعل 4) واذا اصبح محلول التربة فوق مشبع بالنسبة لمعدن ما فان هذا المعدن يترسب (تفاعل 5)حتى يحدث الاتزان. اما اذا كان محلول التربة لم يصل الى حالة التشبع بالنسبة لمعدن ما فيحدث اذابة لهذا المعدن(تفاعل 6) حتى يحدث الاتزان. الايونات في محلول التربة قد يحدث لها تخفيف نتيجة للأمطار وعمليات الري وانتقالها الى الماء الجوفي(تفاعل 7) او يحدث لها تركيز نتيجة عمليات التبخير واضافات الاسمدة(تفاعل 8) . تركيز العناصر في محلول التربة يتأثر بوجود الاحياء الدقيقة حيث تستمد الاحياء الدقيقة العناصر اللازمة لنموها منه(تفاعل 9) وفي نفس الوقت تطلق العناصر الى محلول التربة عند موت هذه الكائنات الحية الدقيقة وبتحلل المادة العضوية (نفاعل 10)تنطلق الغازات من محلول التربة الى الهواء الارضي(تفاعل 11) او تذوب في محلول التربة(تفاعل 12).



العوامل التي تؤثر على تركيز العناصر في محلول التربة

1. الرقم الهيدروجيني وهو عامل مهم جدا في تحديد ذائبية العناصر فنجد ان ذائبية اكاسيد الحديد تقل بزيادة الرقم الهيدروجيني بينما ذائبية الكاتيونات الاخرى تميل الى تكوين معقدات مثل النحاس والزنك فتزداد بانخفاض الرقم الهيدروجيني.
2. ظروف الاختزال عند غمر التربة الحامضية بالماء ينشا عن ذلك ظروف لاهوائية وتكون اغلب التفاعلات في التربة هي تفاعلات اختزال. وعموما تفاعلات الاختزال هي عبارة عن تفاعلات مستهلكة للبروتونات اي يحدث نقص في ايونات الهيدروجين فيرتفع تبعا لذلك الرقم الهيدروجيني للتربة ويتأثر ذوبان العناصر بتغير pH التربة.

جاهزية العنصر availability mineral

ان مصطلح جاهزية العنصر هو المصطلح الاكثر استعمالا في تغذية النبات ويعرف هذا المصطلح بانه ذلك الجزء من العنصر الموجود في التربة والذي يمكن الحصول عليه من قبل جذور النبات. ولهذا فان مصطلح جاهزية العنصر يشمل الحالة الكيميائية والفيزيائية للعنصر في التربة وعلاقة ذلك بجذور النبات والتي تشمل عمليات النبات الحيوية. ولهذا السبب فان المعنى التام او الكامل للعنصر الجاهز في التربة لا يمكن ان يقاس بصورة كمية.

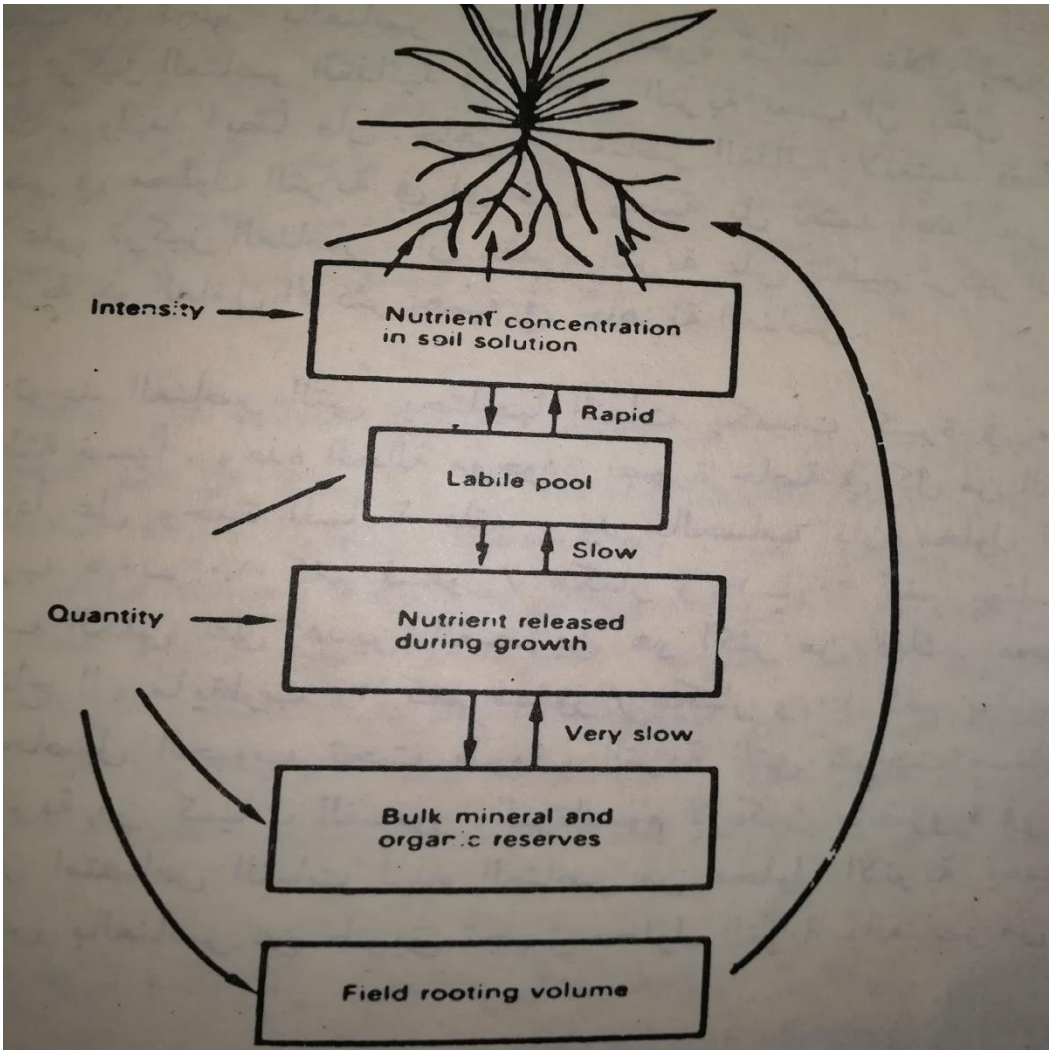
محلول التربة وتغذية النبات soil solution and plant nutrition

يعد محلول التربة المصدر الرئيس والمباشر للماء والعناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات وحيث ان تركيز العناصر الغذائية في محلول التربة منخفضة ولا يفي بحاجة النبات للإتمام دورة حياته فبالتأكيد الكمية الذائبة في محلول التربة لأي عنصر لا تمثل الكمية الكلية لذلك العنصر في التربة وانما تمثل كمية العنصر الصالحة للامتصاص بواسطة النبات والتي يتم تعويض ما يمتصه النبات منها بواسطة الجزء الصلب ولفهم قدرة الطور الصلب على تعويض replenishment ما يمتص من المحلول بواسطة النبات يجب معرفة العوامل التي تؤثر على صلاحية اي عنصر للنبات.

النباتات يجب ان تجهز بالعناصر الغذائية بصورة مناسبة خلال فترة نموها ولهذا السبب فان تركيز العناصر الغذائية في محلول التربة يجب ان يبقى بمستوى ملائم لنمو النبات . ان جاهزية العناصر الغذائية لا تعتمد فقط على تركيز هذه العناصر في محلول التربة في اي فترة زمنية بل تعتمد ايضا على قدرة التربة للمحافظة على تركيز العناصر. ان مقدرة التربة على تنظيم تركيز العناصر الغذائية لمحلول التربة هو العامل الاكثر اهمية في جاهزية العناصر. في التربة يوجد عاملان مهمان يؤثران على صلاحية اي عنصر للنبات:

أ. عامل الشدة Intensity Factor ويعرف بانه تركيز العنصر في محلول التربة.

ب. عامل السعة Capacity Factor ويعرف بانه مقدرة الصورة الصلبة في التربة على تعويض الانخفاض في تركيز عنصر ما في محلول التربة فكما نعلم فانه نتيجة لامتصاص النبات للعناصر (الايونات) من محلول التربة يحدث انخفاض في تركيز هذه الايونات في المنطقة الملامسة للجذر ويترتب على ذلك حدوث ظاهرة الانتشار. عوامل الشدة والكمية للعناصر الغذائية تكون ذات علاقة متبادلة وتوضح العلاقة بالشكل الاتي

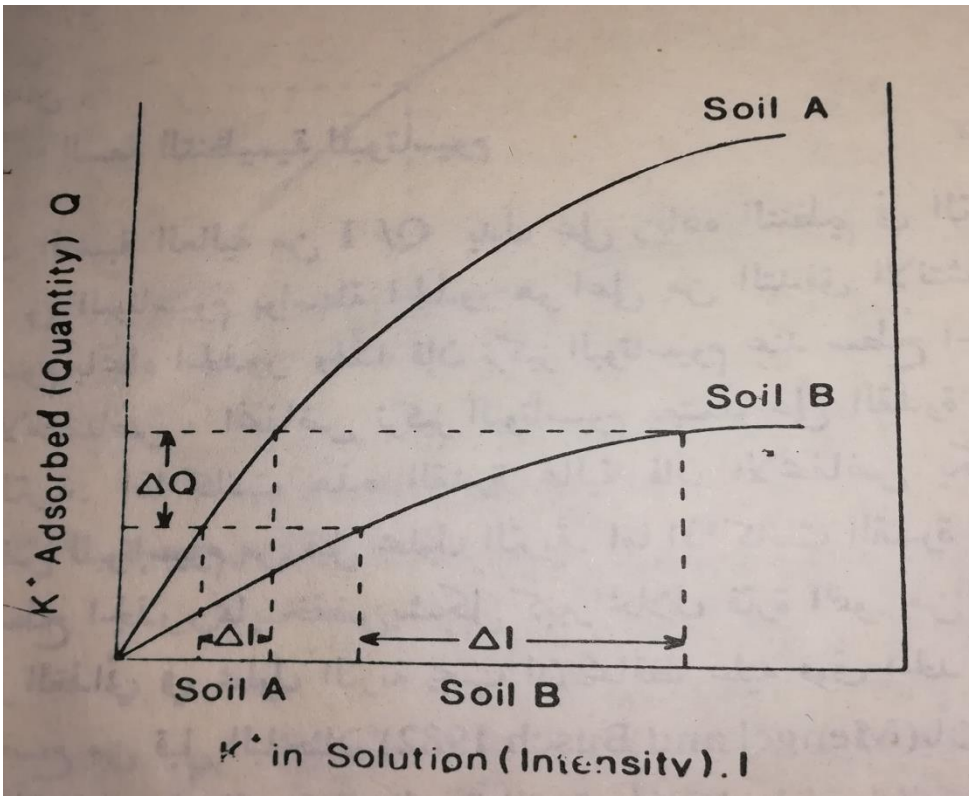


الشكل يوضح الفكرة الرئيسة لحالة فسفور التربة . وهذه الدراسة تعطي تفهما اكثر لسلوك الفسفور في الاتربة وجاهزيته للنبات.

جذور النباتات تعتمد على شدة العنصر الغذائي او على تركيز العنصر في محلول التربة التي تنظم اعتياديا بواسطة جزء العنصر القابل للتغير الذي يكون سهل التبادل. وهذا الجزء من

العنصر الغذائي بصورة عامة يعتبر القسم الاساسي في مكونات عامل الكمية. ولا تحدث هذه الحالة دائما حيث ان تحرر العنصر الغذائي من شكله البطيء الجاهزية يمكن في بعض الاحيان ان يكون مصدرا رئيسا في تجهيز العنصر. وحصول هذه الحالة لا يعتمد فقط على العنصر بصورة خاصة بل ظروف وخواص التربة مثل الرقم الهيدروجيني ، الحرارة ، التهوية ومستوى رطوبة التربة. ولهذا فان عامل الكمية يعتمد بصورة كبيرة على الظروف المناخية وظروف التربة وبالإضافة الى ذلك يعتمد عامل الكمية على حجم التربة الذي تشغله الجذور، وهذا يعني في الحقيقة ان كل العوامل التي تؤثر في توزيع الجذور في مقد التربة تشارك بعامل الكمية.

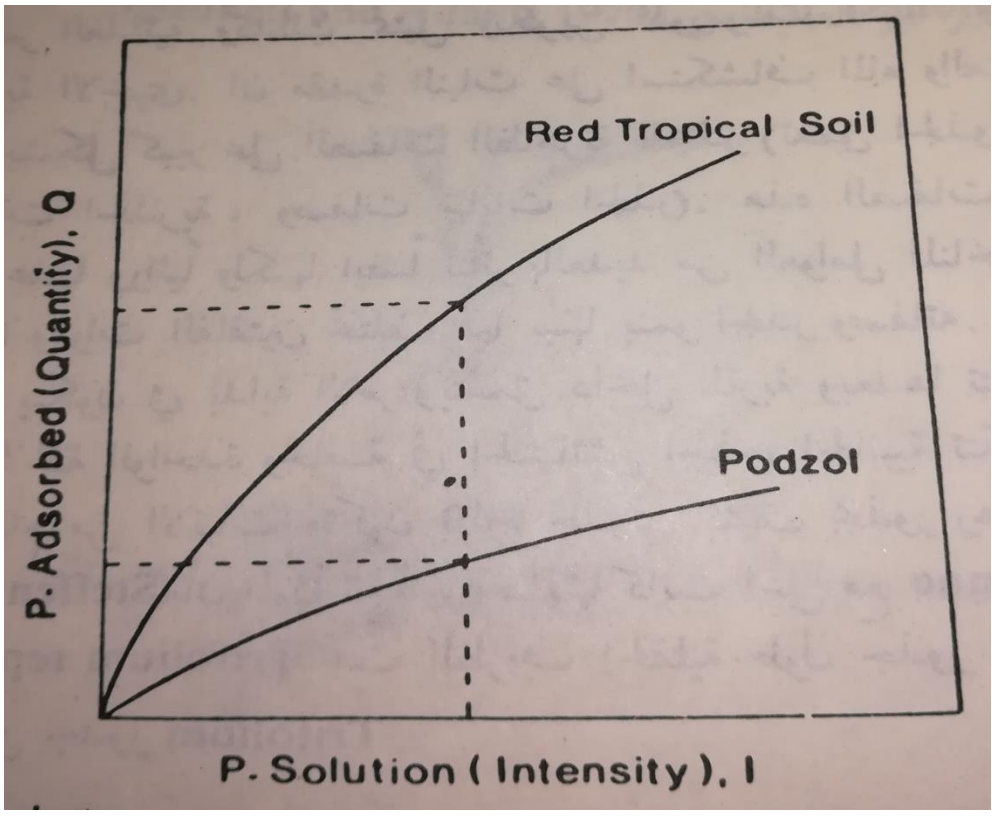
العامل الاخر المهم في جاهزية العنصر الغذائي هو مقدرة التربة على المحافظة على شدة العنصر الغذائي (تركيز العنصر في محلول التربة) وهذا هو عامل التنظيم الذي يوضح اختلاف الشدة عن الكمية.



تختلف التربتين الواحدة عن الاخرى في مقدرتها على تجهيز محلول التربة بالبوتاسيوم. التربة A ذات مقدرة احسن في المحافظة على تركيز البوتاسيوم في محلول التربة ولهذا فأنها ذات سعة تنظيمية اكبر من التربة B

$B_k=\Delta Q/\Delta I$ حيث ان B_k السعة التنظيمية للبوتاسيوم ان النسبة العالية من Q/I يدل على زيادة التنظيم في التربة بشكل عام. بشكل عام معدل امتصاص البوتاسيوم بواسطة الجذور هو اعلى من التدفق الانتشاري للبوتاسيوم باتجاه الجذور. ولهذا فان تركيز البوتاسيوم عند سطح الجذر ربما ينخفض خلال فترة الامتصاص، انخفاض تركيز البوتاسيوم يعتمد على القدرة التنظيمية للبوتاسيوم من قبل التربة. اذا كانت هذه القدرة عالية فان الانخفاض يكون قليلا بسبب كفاءة التعويض للبوتاسيوم من قبل محلول التربة. اما اذا كانت القدرة واطئة فان تركيز البوتاسيوم على سطح الجذر ربما ينخفض بشكل كبير خلال فترة النمو. من اجل افضل نمو فان تركيز العنصر الغذائي في محلول التربة يجب ان يحافظ عليه فوق الحد الحرج Critical Level وهذا يرتبط بالسعة التنظيمية للتربة. اذا كان الحد الحرج عاليا فان القدرة التنظيمية للتربة تكون منخفضة.

لقد وضح مسبقا بان فكرة الكمية / الشدة قد استعملت في دراسة فسفور التربة. الاتربة تختلف بصورة كبيرة من حيث قدرتها على ادمصاص الفسفور. الاتربة الحمراء الاستوائية بصورة عامة يمكن ان تدمص كميات كبيرة من الفسفور بينما الجهد الادمصاصي للفسفور من قبل تربة podzols واطئة. ان التغير في ادمصاص الفسفور في كلتا التربتين موجود في الشكل التالي



ويتضح من الشكل بان الاتربة الاستوائية الحمراء تحتاج الى كميلت اكبر بكثير من الفسفور المدمص مقارنة بالتربة الاخرى لغرض المحافظة على تركيز الفسفور في محلول التربة الذي هو في حالة توازن ومن هذا يتضح بان الاتربة ذات السعة الادمصاصية العالية للفسفور يجب ان تحتوي على كميات اكبر من الفسفور المدمص من الاتربة الرملية والعضوية من اجل تجهيز شدة فسفور مقنعة وملائمة. ان نسبة الفسفور المدمص / تركيز الفسفور في محلول التربة هي اعتياديا تمثل السعة التنظيمية للفسفور في التربة. كمية الفسفور التي من الممكن ان تمتص من قبل النبات تعتمد بشكل كبير على القدرة التنظيمية للفسفور من قبل التربة.

نمو الجذور والصفات الظاهرية

للجذور ثلاث وظائف رئيسة هي تثبيت النبات في التربة ، امتصاص ونقل الماء والعناصر الغذائية وكذلك تمثيل وتكوين الهورمونات والمركبات العضوية الاخرى. ان مقدرة النبات على استكشاف الماء والعناصر الغذائية في التربة تعتمد بدرجة كبيرة على الصفات الظاهرية للجذر (تعمق الجذور، تفرع الجذور، عدد الشعيرات الجذرية وصفات نهاية الجذر). هذه الصفات المورفولوجية يسيطر عليها وراثيا ولكنها ايضا تتأثر بالعديد من العوامل المناخية.

نمو الجذور وعمقه وصفاته الظاهرية تتأثر بالعوامل الخارجية وخاصة هواء التربة وانضغاط التربة والحالة الخصوبية للتربة. الاوكسجين ضروري لنمو الجذور وفعاليتها الحيوية يمكن ان يؤخذ بعض الاوكسجين من قبل الاوراق وينقل الى الجذور. لكن الظروف اللاهوائية للتربة لا تؤثر فقط على تجهيز الجذور بالأوكسجين بل يمكن ان ينتج عنها تكون مواد سامة التي توقف نمو الجذور واحداث اضرار كبيرة ومن هذه المواد السامة الاثلين والاحماض الدهنية الطيارة. انضغاط التربة يحد من نمو الجذور ولا يستطيع التعمق في التربة.

ان مؤشرات ومعايير النظام الجذري ربما تقاس مثل كتلة الجذر وطول الجذر وسطح الجذر وكثافة الجذور وهي مهمة جدا. المعيار الجذري المهم الاخر هو طول الجذر، نوع التربة يؤثر في نمو النبات وفي شكل وصفات الجذور بالإضافة الى طول الجذر وكثافته فان عدد نهايات الجذور هي ايضا معيار مهم خصوصا ان بعض العناصر الغذائية مثل Ca^{+2} وMg^{+2} وFe^{+2} تمتص بشكل كبير من قبل انسجة الجذور الحديثة.

الشعيرات الجذرية مهمة لكونها تحقق اتصال مباشر مع التربة مما يولد طريق للماء من التربة الى الجذر وانها قادرة على اختراق الطين ذو المقاومة المتوسطة وهي تشارك في التحري عن العناصر الغذائية وهي تلعب دورا مخما للعناصر التي تنتقل الى الجذور بواسطة الانتشار.

امتصاص العناصر الغذائية من قبل النظام الجذري يزيد عن حاجة النبات ولهذا فان جزء صغير من الجذور قادر على امتصاص ما يحتاجه النبات من عناصر غذائية وماء. ولكن يجب ان يبقى في الذاكرة بانه تحت ظروف الحقل ليس المساحة السطحية الكلية للجذر على اتصال مباشر مع محلول التربة بل فقط الاتصال يكون عند المنطقة ذات المسامات وهذا يؤكد بان جزء قليل من الجذر يقوم بعملية الامتصاص للماء والعناصر الغذائية.

افرازات الجذور ووسط التربة المحيط

يكون من خلال تحرر المواد العضوية وغير العضوية من الجذر الى التربة. المواد العضوية تنتج من المادة المنسلخة من الجذر وكذلك من افرازات الجذر. المادة المنسلخة من الجذر اثناء نموه وتعمقه في التربة هي الانسجة الخارجية للجذر التي تتحلل بواسطة الكائنات الحية الدقيقة المتواجدة في التربة. وهي المصد الرئيس للكاربون المتحرر من الجذر. ويضاف الى ذلك بان تكون المواد للكربوهيدرات تشارك في انتقال الكاربون العضوي من الجذر الى التربة وهذه المواد تتكون بشكل كبير من السكريات المتعددة مع الكلاكتوز واحماض اخرى. البكتريا تتغذى على هذه المواد المتحررة من الجذر وهذه المواد تعمل على ادمصاص معادن الطين لها وبهذا فأنها تعمل على ربط الجذر بالتربة بعد ان تملئ الفراغات بين الجذر وجزيئات التربة وهذا الارتباط مهم في تجهيز الماء والغذاء للنبات.

اضافة الى افراز السكريات المتعددة يقوم الجذر بإفراز عدد اخر من المواد العضوية مثل الاحماض الامينية والسكريات والاحماض العضوية. تحرر هذه المواد من الجذر مهم للكائنات الحية الدقيقة المتواجدة في التربة لكونها تتغذى عليها مما يساعد بزيادة اعداد هذه الكائنات.

الامتصاص الأيوني Ion absorption

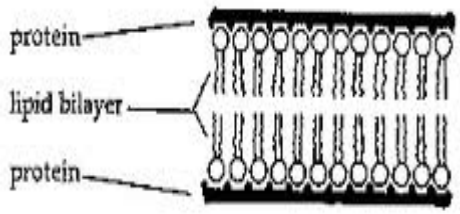
يتكون جدار الخلية من مواد بكتينية وسيليلوز. والسيليلوز يميل إلى التجمع لتكون حلقة تشبه في تشكيلها مركباً ليفياً مجهرياً يسمى (Micro fibrils) حيث أنّ المساحات البينية لهذا المركب تسمح بدخول الماء والهواء والجزيئات الذائبة إلى جدار الخلية.

غشاء البلازما: هو الغشاء المتاخم والواقع بين السايتوبلازم وجدار الخلية. والغشاء الذي يفصل السايتوبلازم عن فجوة الخلية (Vacuole)هو غشاء الفجوة (Tonoplast)، وتوجد النواة، البلاستيدات الخضراء والمايتوكندريا داخل السايتوبلازم.

البلاستيدات الخضراء: هي الأعضاء التي يحصل فيها تحولات الطاقة الضوئية وتمثيل ثاني أوكسيد الكاربون.

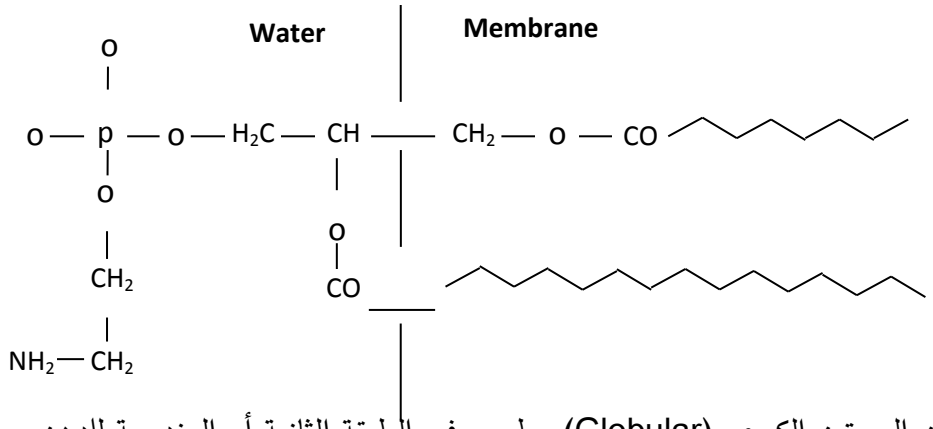
المايتوكوندريا: توجد فيها الأنزيمات التي تسيطر على الخطوات المختلفة لدورة الحامض الكاربوكسيلي الثلاثي (Tricarboxylic acid cycle)، والتنفس والفعاليات الحيوية للأحماض الدهنية.

لغرض تفهم عملية الامتصاص الأيوني فيجب معرفة تركيب ووظائف الأغشية الحيوية فالأغشية الحيوية تتكون من أجزاء متساوية تقريباً من البروتينات والدهون وذات سمك يقدر بـ10nm. إن تركيب الغشاء الحيوي يتكون من طبقتين من جزيئات الدهن ومنها تنظيم نهايات Hydrophobic tails العائدة للأحماض الدهنية واحدة مقابل الأخرى. الحدان الخارجيان لطبقة الدهن تكون مغلفة بطبقة البروتين. إنّ مثل هذا التركيب يمكن أن يعمل لحاجز وذلك لأنّ طبقة البروتين تزيد من الصلابة والجزء الدهني يمنع اختراق الجزيئات الكهربائية المائية (Hydrophobic) التي تضم الأيونات غير العضوية للغشاء الحيوي.



شكل(1): مخطط الغشاء الحيوي حسب (Danielli and Davson 1935).

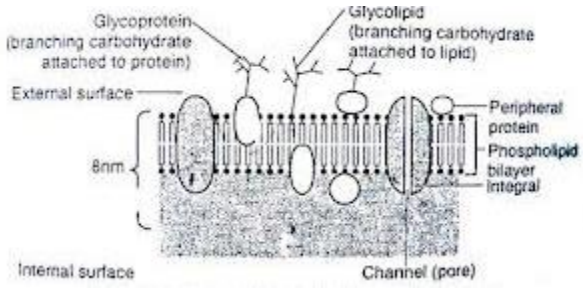
وحديثاً أوضحت بأنّ الأغشية الحيوية تتركب بصورة رئيسية من طبقة ثنائية من amphiphilic وهذه تعني وجود كل من hydrophilic (مجاميع OH ومجاميع NH3 ومجاميع الفوسفات ومجاميع الكاربوكسيل) ومناطق hydrophobic (سلسلة من الكاربون الكهربائي المائي) في الغشاء. ولهذا فإنّ الدهون والبروتينات ربما تُحاط بأواصر كهربائية وأواصر هيدروجينية وأوامر من سلسلة الكاربون الكهربائي المائي.



وفي هذه الحالة إن البروتين الكروي (Globular) مطمور في الطبقة الثانية أو المزدوجة للدهن. قسم من هذه البروتينات ربما يتمدد خلال الغشاء وبهذا تكون قنوات بروتينية من جهة إلى الجهة الأخرى للغشاء. وهذه القنوات تكون مهمة لمرور جزيئات Hydrophobic الصغيرة مثل جزيئات الماء والايونات غير العضوية.

بالإضافة إلى البروتين المطمور في طبقة الدهن المزدوجة والمسمى (بالبروتين الضمني Intrinsic Protein) هناك البروتين الخارجي (Extrinsic Protein) الذي تكون جزيئاته مدمصة على الجهة الخارجية للغشاء الحيوي بواسطة التداخل الكهربائي بصورة رئيسية والتأثير الفسيولوجي لهذا البروتين غير واضح لحد الآن.

البروتينات الضمنية: هي بروتينات أنزيمية بصورة رئيسية. وتسلسل انتظام هذه البروتينات الخاص في الأغشية الحيوية ذو تأثير واضح ومهم في العمليات الفسيولوجية مثل التركيب الضوئي والتنفس.



(مخطط الغشاء الحيوي حسب Singer 1972).

إنّ الأغشية الحيوية غير نفاذة بصورة كاملة بل أنها تسمح بانتشار الأيونات hydrophilic والجزيئات. ودرجة النفاذية تعتمد على المكونات التي تتركب منها الأغشية وان الأنزيمات المتواجدة في الأغشية ربما تدخل بصورة مباشرة أو غير مباشرة في انتقال الأيونات والجزيئات عبر الغشاء.

الامتصاص الايوني والفعاليات الحيوية

تمتص جذور النبات المواد المعدنية والعضوية بشكل عام بصورة ايونية مثل امتصاص (Na^+، K^+، CL^-، $MOO_4^=$، SO_4^{-2}، BO_3^{-3} ، $HPO_4^=$ ، $H_2PO_4^-$ ، NO_3^- ، NH_4^-) (Zn^{+2}، Mn^{+2}، Mg^{+2}، Ca^{+2}،) كما يمكن للنبات امتصاص المواد بشكل غير ايوني كامتصاص الاحماض الامينية او امتصاص المركبات المخلبية Chelated Compound والتي هي مركبات للعناصر الغذائية الصغرى مثل امتصاص (Fe-APCA ، Fe-EDTA) . كلمة Chelate هي كلمة لاتينية تعني خلب بمعنى ان العنصر الممسوك بقوة من اكثر من جهة تماما.

العنصر الغذائي لكي يمتص من محلول التربة ويدخل في ايض النبات فأنه يجب ان يخترق الجدار الخلوي ثم غشاء البلازما فالسيتوبلازم الفجوة العصارية (التونوبلاست) ومنها الى الخشب في الجذر ثم الخشب في الساق ومنه الى طبقة الميزوفيل في الورقة.

الفراغ الحر او الفراغ الخارجي Free Space or Outer Space

لقد بينت الدراسات الى ان انتقال الماء والمغذيات خلال الجدار الخلوي للجذر(البشرة والقشرة) في محلول التربة تتم بعملية الانتشار. وان هذه العملية هي عملية فيزيائية بحتة لا تحتاج الى بذل طاقة من قبل النبات وان هذا الجزء الذي تتحرك به الايونات بحرية تامة وبدون اي مقاومة والذي يشكل حوالي 10% من الحجم الكلي للجذور قد اطلق عليه الفراغ الحر او الفراغ الخارجي.

جميع الفرضيات او النظريات التي تتناول امتصاص المغذيات في الفراغ الحر هي خاصة بالامتصاص الحر او السالب Passive Absorption في حين ان النظريات او الفرضيات التي تتعلق بالغشاء بالبلازما الذي تواجه به الايونات صعوبة اثناء مرورها بالامتصاص الحيوي للمغذيات Active Absorption . اشارت الدراسات ان الفراغ الحر يشمل المسامات البينية المتواجدة في الجدران الخلوية لخلايا البشرة والقشرة وحتى طبقة الاندوديرمز حيث تمثل الشريط الكاسبري الحر الفاصل للفراغ الحر.

س/ ماهي نوع الشحنة الذي يحملها جدار الخلية للجذور وغشاء البلازما؟

ج/ ان جدار الخلية وغشاء البلازما يحمل شحنة سالبة حاله في ذلك حال الغرويات للتربة (الطين والدبال) والتي تعود الى مجاميع الكاربوكسيل لحامض البكتيك والى مجاميع الفوسفات والتي تعود للفوسفوبيدات في الغشاء وعليه فان غشاء البلازما يقوم بجذب الكاتيونات وتتنافر مع الانيونات ولذلك فان توزيعا حديثا سيطرأ على الايونات الداخلة الى الفراغ الحر والخارجة منه الى الوسط الخارجي مرة اخرى وقد اكتشف هذه العملية دونان واطلق على هذا التوزيع بتوزيع

دونان Donan Distribution ويسمى الجزء الذي يتم فيه هذا التوزيع والذي يشكل حوالي 20% من حجم الفراغ الحر بفراغ دونان Donan Free Space . وعلى هذا الاساس فان للجذور سعة تبادلية كاتيونية لان الكاتيونات المتواجدة على سطح الجدار الخلوي يمكنها التبادل والامتزاز مع الكاتيونات الاخرى المتواجدة في محلول التربة فمثلا النباتات البقولية لها سعة تبادلية كاتيونية اعلى من النجيليات . وهناك جملة من الملاحظات حول فراغ دونان

أ- حجم الفراغ يبقى ثابتا وتكون الايونات في انتقال متعاكس بمعنى ان الايونات التي تدخل في محلول التربة الى الفراغ وكذلك تخرج من الفراغ الحر الى محلول التربة الخارجي.

ب- دخول الايونات من محلول التربة الى الفراغ الحر يكون غير اختياري اي ان لا يميز بين الايونات والكاتيونات لأنه جميعها تدخل الى داخل الفراغ الحر من محلول التربة بواسطة عملية الانتشار الى ان يصبح التركيز في محلول التربة مساوٍ للتركيز في الفراغ الحر.

ت- اوضح العالم Epstein ان عملية الانتشار خلال الفراغ الحر او الفراغ الخارجي تحدث في النسيج الميت او الحي وهذا دليل اخر على ان الانتشار خلال الفراغ الحر غير حيوي او غير مرتبط ببذل طاقة من قبل النبات الحي.

ث- دخول الايونات او الماء الى الفراغ الحر لا يحتاج بذل طاقة لانه يحدث بفعل الانتشار وهذا ما يطلق عليه بالامتصاص السلبي غير الحيوي بينما دخول جزيئات الماء او الايونات عبر غشاء البلازما والسايتوبلازم وغشاء الفجوة ومنها الى الفجوة العصارية يحدث بعملية الامتصاص النشط او الفعال (الامتصاص الحيوي) وهذه العملية تحتاج الى بذل طاقة من قبل النبات الحي.

الامتصاص الأيوني والفعاليات الحيوية : Ion uptake and Metabolism

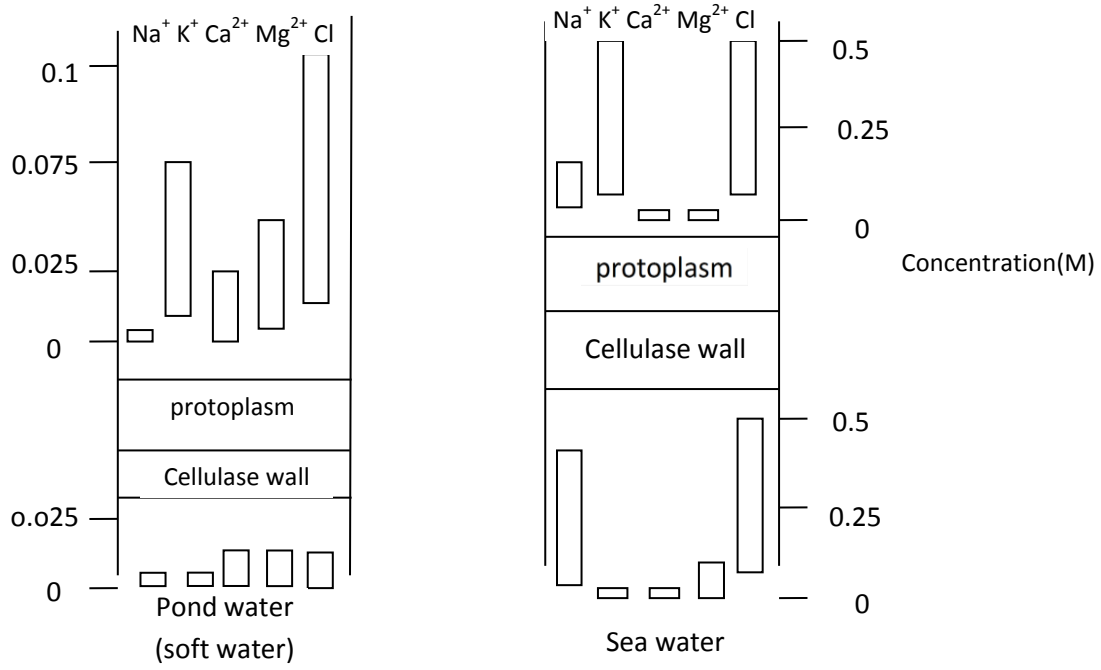
أجرى الباحث Hoagland D.R. 1948,1944 ومساعدوه عدة تجارب على نوعين من الطحالب هي:

طحلب ①Nitella الموجود في الماء العذب. طحلب ②Valonia الموجود في ماء البحر.

وتوصلوا إلى نتائج ذات أثر جيد في عملية الامتصاص الأيوني بواسطة النبات فقد وجدوا بأنّ تراكيز الأيونات في فجوة خلية هذه الطحالب لا يتطابق أولا ينسجم مع التراكيز الخاصة للظروف الغذائية لهذه الطحالب. حيث وجدوا تراكيز عالية من K , Cl في فجوات كلا الطحلبين إلا أنّ الصوديوم كان تركيزه في فجوة طحلب الـ Valonia أقل من تركيزه في ماء البحر.

وقد استُنتِجَ من هذه النقاط المهمة ما يلي:

1. النبات قادر على امتصاص الأيونات بصورة انتقائية: وهذه العملية تسمى بالامتصاص الأيوني الانتقائي (Selective ion uptake).
2. إنّ تراكيز أنواع متعددة من الأيونات في الفجوة أعلى من تراكيزها في الوسط الخارجي. وهذا يدل على أن تجمع الأيونات قد حصل ضد نسبة الزيادة أو النقصان في التركيز against concentration gradient.
3. كون عملية الامتصاص تحتاج إلى طاقة. تحصل عليها من الفعاليات الحيوية للخلية.



(تركيز الأيونات في فجوة كل من Nitella و Valonia وعلاقتها بتراكيز الأيونات في الوسط الخارجي Hoagland).

4. إنّ العلاقة بين الفعاليات الحيوية والامتصاص الأيوني غير مفهومة بصورة كاملة لحد الآن. بالرغم من الامتصاص الأيوني وارتباطه مع التنفس معروف منذ سنة 1932 حيث وضحت هذه العلاقة من قبل لوندكارو(Lundegardh 1932) وتوضح ارتباط الانتقال الأيوني بالجريان الاليكتروني في حلقة التنفس وقد أوضح هذا العالم بأنّ السايتوكروم لا تلعب أي دور في عملية الامتصاص الأيوني حيث أنها لا تتواجد في كل من غشاء البلازما وغشاء فجوة الخلية.

الانتقال الحيوي والانتقال الحر للمغذيات

يخضع امتصاص وانتقال ايونات العناصر الغذائية في محلول التربة الخارجي وحتى نقل هذه الايونات الى المحلول الداخلي للنبات اي (لكي تعبر غشاء البلازما والسايتوبلازم ....ومنها الى الفجوة العصارية لكي تدخل هذه الايونات في الفعالية الحيوية للنبات) تحتاج الى قوتين هما:

1.التغير في القوة الكهربائية

2.التغير في الجهد الكهربائي

ولهذا الايونات تتحرك لمحصلة هاتين القوتين اي التغير في الجهد الكهروكيمياوي Electro Chemical Potential Gradient ومحلة هذا التغير تنتهي بالتوازن بينهما وهذا التوازن قد شرح من قبل Nernest كما يأتي

$$\Psi i - \Psi o = E = \frac{RT}{ZF} ln \frac{CO^+}{CL^+} = \frac{RT}{ZF} ln \frac{AO^-}{AI^-}$$

$$\Delta G = RT ln \frac{C2}{C1}$$

Ψi = شحنة الوسط الداخل للسايتوبلازم

Ψo = شحنة الوسط الخارجي (وسط نمو النبات)

E = فرق الجهد الكهربائي (وتمثل الفرق بين الشحنة في الداخل والخارج)

R = ثابت الغازات = 1.987

T = درجة الحرارة المطلقة = (273 + درجة حرارة نمو النبات)

F = ثابت فرداي = 23000 كالوري

Ln = اللوغاريتم الطبيعي = 2.3 log 1o

O,I = تمثل رمز المحلول الداخلي والخارجي على التوالي وعند تعويضها في المعادلة ينتج او نحصل على الاتي

$$E = \frac{58}{1} log \frac{CO^+}{CI^-}$$

ولو فرضنا ان تركيز البوتاسيوم في الداخل هو عشرة اضعاف تركيزه في الخارج اي حدث تجمع للبوتاسيوم من الداخل وهذا هو الشيء

$$E = \frac{58}{1} log \frac{1}{10} = 58\, log 10^{-1} = -58 m.v (\text{مليفولت})$$

هذه القيمة صغيرة وهذا يدل على ان البوتاسيوم يتجمع وينتقل للداخل بعملية الامتصاص الحر.

عادة يبلغ الجهد الكهربائي للخلايا الحية (60−80) ملي فولت ولغرض معرفة فيما اذا كانت الايونات قد انتقلت سلبا او حيويا نطبق المعادلة الاتية :

Ed = Em− Ecal (m.v)

Ed = القوة الناقلة للأيونات

Em = تمثل الجهد الكهربائي المقاس

Ecal = تمثل الجهد الكهربائي المحسوب

جدول يوضح قيم (E) للأيونات بالملي فولت

نوع الايون	Em المقاسة	Ecal المحسوبة	Ed (بالملي فولت)	
Na^+	138-	67-	71-	سلبي
K^+	138-	179-	41-	حيوي
Cl^-	138-	99-	237-	حيوي

الاستنتاج:-

- بالنسبة للكاتيونات اذا كانت قيمة (Ed) سالبة فهذا يدل على حدوث امتصاص سلبي اما اذا كانت قيمة (Ed) لها موجبة فهذا يدل على حدوث امتصاص حيوي لأنه يدل على حدوث تجمع وانتقال ضد تدرج التركيز.
- بالنسبة للأيونات اذا كانت قيمة (Ed) سالبة فهذا يدل على حدوث امتصاص حيوي اما اذا كانت قيمة (Ed) لها موجبة فهذا يدل على حدوث امتصاص سلبي.

يمكن القول باختصار اذا كانت اشارة Ed تماثل اشارة الايون الممتص سواء كان كاتيون ام انيون يدل على حدوث تجمع لهذا الايون وانه انتقل ضد تدرج التركيز ولكي يحدث انتقال للايون من التراكيز الواطئة الى التركيز العالي فهذا يحتاج الى بذل طاقة من قبل النبات ويدل على حدوث امتصاص حيوي له. وبالعكس اذا اختلف اشارة Ed عن اشارة الايون الممتص فيدل على حدوث جذب لهذا الايون وان الايون قد انتقل بطريقة فيزيائية اي بالانتشار ولا يحتاج الى بذل طاقة.

الفرق بين الامتصاص السلبي الحر والفيزيائي الحيوي

الامتصاص السلبي Passive absorption	الامتصاص الحيوي(الفعال والنشط)Active absorption
1. لا يحتاج الى طاقة	1. يحتاج طاقة
2. امتصاص متعاكس Reversible	2. غير متعاكس Irreversible
3. غير اختياري Non selective	3. اختياري Selective

الدلائل التي تؤيد عملية الامتصاص النشط (الفعال)

أ- تجمع وامتصاص الأنيونات السالبة الشحنة والتي تشابه الجدار الخلوي وغشاء البلازما ومن المفروض ان يحدث تنافر هذه الايونات السالبة الشحنة مثل امتصاص $H_2po_4^-$ ، Hpo_4^{-2} ، So_4^{-2} و No_3^- وهذا يتطلب بذل طاقة من قبل النبات الحي.

ب- الاستنتاج الرئيس الاخر هو ان تركيز انواع متعددة من الايونات في الفجوة اعلى من تراكيزها في الوسط الخارجي وهذا يدل على تجمع الايونات قد حصل ضد نسبة الزيادة او النقصان في التركيز.

ت- عملية الامتصاص تحتاج الى طاقة والتي تحصل عليها من الفعاليات الحيوية للخلية.

ث- زيادة عملية الامتصاص بارتفاع درجات الحرارة الى حد مناسب والحرارة نوع من انواع الطاقة.

ج- الاوكسجين لوحظ زيادة في امتصاص ايونات العناصر الغذائية بزيادة النسبة المئوية لجهد الاوكسجين.

ح- الضوء وجد ان امتصاص الايونات يزداد بزيادة شدة الضوء وهذا دليل اخر على ارتباط عملية الامتصاص الحيوي بالطاقة الناتجة من عملية التركيب الضوئي .

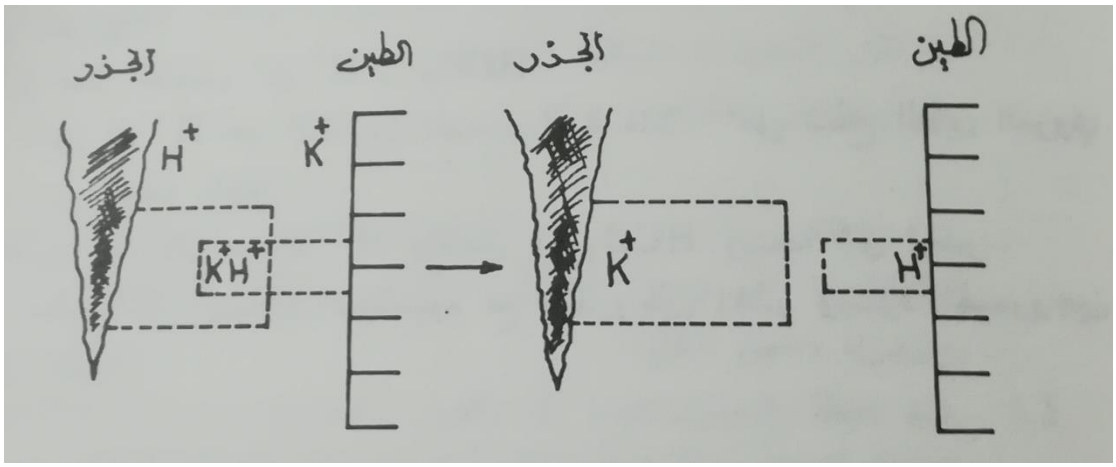
خ- الكربوهيدرات لقد وجد زيادة لعملية الامتصاص بزيادة محتوى النسيج النباتي من السكريات.

د- التنفس لقد وجد زيادة معدل التنفس يؤدي الى زيادة خروج Co_2 ومن ثم زيادة عملية امتصاص الايونات.

ذ- المواد المثبطة لوحظ ان هناك علاقة بين امتصاص الايونات واستخدام المواد السامة او المثبطة فعند اضافة ثنائي المثيل الى محلول مغذي من كلوريد البوتاسيوم انخفض معدل امتصاص البوتاسيوم لمقدار 90% .

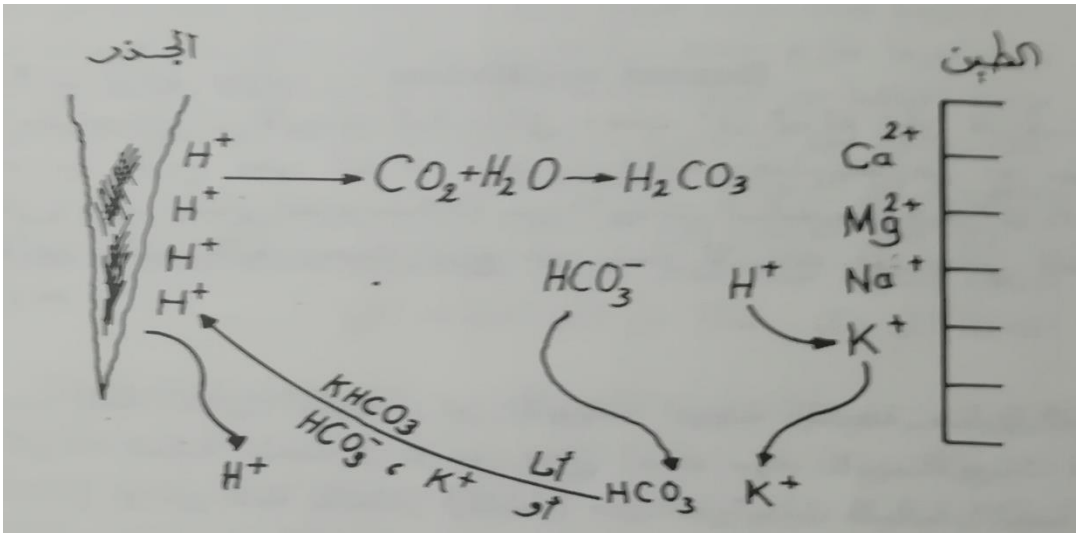
النظريات المختلفة المتعلقة بالامتصاص السالب

1. **نظرية الانتشار Diffusion theory** هي عملية انتقال ايونات العناصر الغذائية من التركيز العالي الى التركيز الواطئ الى ان يتساوى التركيز لهذه الايونات في محلول التربة وفي الفراغ الحر للجذر التابع لهذه النباتات.
2. **الامتصاص التبادلي على سطح الجدار الخلوي وغشاء البلازما** بما ان جدار الخلية وغشاء البلازما محملان بشحنة سالبة فان الكاتيونات المتواجدة في محلول التربة يمكنها ان تمتص عليها وهذه بدورها يمكنها ان تتبادل فيما بعد مع الكتيونات الموجودة في محلول التربة.
3. **التبادل التماسي Contact Exchange** حيث يحدث تبادل بين الكتيونات على سطح الجذر مع الكتيونات المتبادلة على غرويات التربة (الطين أو الدبال) ويحدث ذلك دون ان يكون لماء التربة (محلول التربة) اي دور ويتم ذلك عندما تتداخل حقول التذبذب (Field Oscillation) لحبيبة طين مع الجذر وعندما تكون الايونات التابعة لكل منهما متواجدة في نهاية حقل التذبذب فيحدث تبادل لهذه الايونات ما بين حبيبة الطين والجذر.



4. **امتصاص الكاتيونات من التربة ودور غاز Co_2** عندما تتنفس الجذور ويطلق غاز ثاني اوكسيد الكاربون الذي يذوب في الماء متحولا الى حامض الكاربونيك والذي يتاين بدوره الى H^+ و Hco_3 ثم بعد ذلك يتحرك H^+ من التركيز العالي الى التركيز الواطئ له اي يتحرك من الجذر الى جيبة الطين ثم يتبادل مع K^+ ويتحرك البوتاسيوم المنطلق من

دقيقة الطين ومع استمرار عملية التبادل من التركيز العالي (حبيبة الطين) الى التركيز المنخفض باتجاه الجذور فانه يتبادل هناك مع H^+ الممتز على سطح الجذور وكما يتضح ذلك من الشكل الاتي



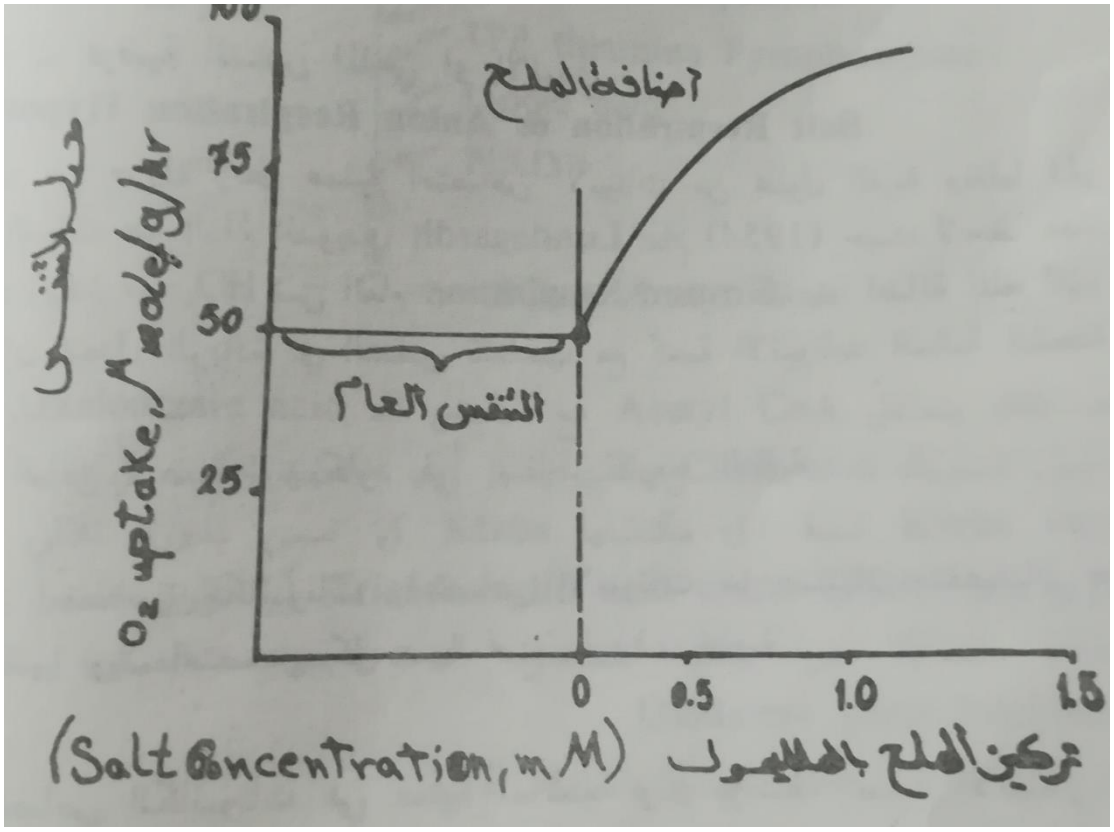
5. **توازن دونان Donnan Equillibrium** وينص على انه حاصل ضرب الكاتيونات في الانيونات الخارجة = حاصل ضرب الكاتيونات في الانيونات الداخلة.
6. **فرق الجهد الكهربائي Electrical Potential** قد يكون سببا لامتصاص الايونات فمثلا في العراق فان تربنا تميل الى القاعدية ولذلك فان غرويات التربة تكون محملة بشحنة سالبة اي ان فرق الجهد الكهربائي لها سالب ولذلك تمتص الكتيونات هنا اكثر من امتصاص الانيونات (والذي يحدث تنافر) في حين الترب الاوربية الحامضية ففي هذه الحالة غرويات التربة تكون محملة بشحنة موجبة والجهد الكهربائي لها موجبا بسبب تواجد ايونات الهيدروجين عليها ولذلك لكي تتعادل تقوم بجذب الايونات السالبة وطرد الكاتيونات الموجبة ومن هذا ينتج فرق في الجهد الكهربائي لسطح الجذر.

النظريات المتعلقة بالامتصاص الحيوي للمغذيات (النشط)

1. **فرضية التنفس الملحي او الايوني Salt or Anion Respiration Hypothesis**

اول من حاول ربط عملية امتصاص الايونات من محلول التربة ونقلها الى داخل النبات هو

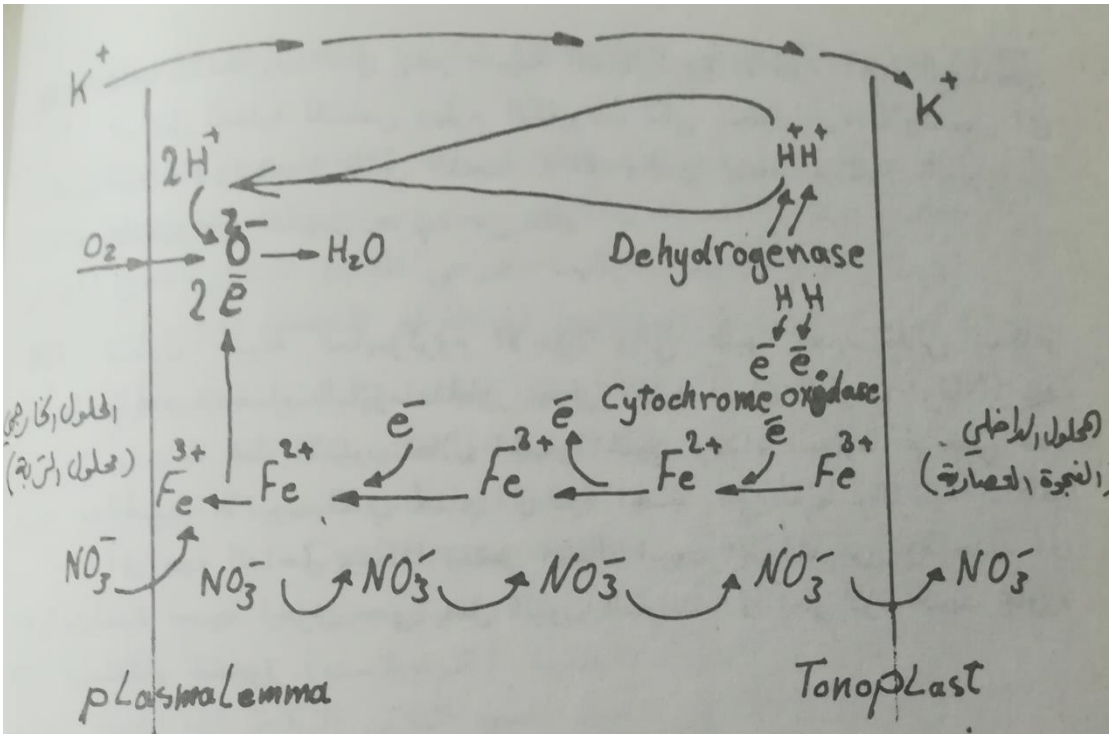
العالم السويدي Lundegardh 1954 حيث لاحظ بانه عند وجود او اضافة الملح للماء قابله حدوث زيادة في معدل التنفس العام Ground Respiration وان معدل الزيادة في التنفس يتناسب مع كمية الايونات السالبة الممتصة وكما يتضح ذلك من الشكل



واساس فرضية لاندكارد هي النقاط الاربعة:

- ان امتصاص الكاتيونات وامتصاص الانيونات هما عمليتان منفصلتان عن بعضهما ويتم امتصاص كل منهما تحت ظروف خاصة
- امتصاص الكاتيونات هي عملية متعاكسة ويتم بواسطة الانتشار اي انها تتم بطريقة حرة بواسطة الامتصاص السلبي Passive absorption
- افترض لانديكارد ان الانيون يحتاج الى ناقل او حامل لكي ينقله بدءا من الغشاء الحيوي غشاء البلازما واقترابه على السايتوبلازم وغشاء الفجوة العصارية (التونوبلاست) واقترح لانديكارد بان هذا الناقل او الحامل هو السايتوكروم الحاوي على الحديد في تركيبه .

- لاحظ لانديكارد انه لم يحدث اي زيادة في معدل التنفس العام عند امتصاص الماء او الكاتيونات الموجبة حيث يبقى تنفس النباتات ثابتا ولكن هذه الزيادة تحصل عن امتصاص النبات للأيونات.



ميكانيكية عملية التنفس الملحي والانيوني (امتصاص الانيونات)

ويمكن تلخيص الفرضية بما يأتي:

مادة السايتوكروم هي المادة الحاملة او الناقلة **Carrier** للإلكترونات عندما يكون Fe في السايتوكروم ثلاثي التكافؤ Fe^{+3} فانه يكون مستعد لانتقال الالكترونات او اي ايون سالب يصبح الحديد في صورة مختزلة او صورة الحديد الثنائي التكافؤ

$Fe^{+3} + e^{-}$ ---------- Fe^{+2} اختزال

$Fe^{+2} - e^{-}$ ---------- Fe^{+3} اكسدة

كما يمكن للحديد الثنائي التكافؤ ان يفقد الالكترون او الانيون ويصبح حاله مؤكسده اي صورة الحديد الثلاثي التكافؤ Fe^{+3} وهكذا تتوالى عمليات الاكسدة والاختزال لذرات الحديد الداخلة في تكوين السايتوكروم وتترتب داخل السيتوبلازم على شكل سلسلة او قنطرة تكون بدايتها عند غشاء الاندوبلاست (غشاء الفجوة) الملاصق للفجوة العصارية ونهايتها عند الغشاء الخارجي الملاصق للجزء الخلوي (غشاء البلازما) ولقد شرح لانديكارد كيفية امتصاص الانيونات كالاتي:

- بواسطة انزيم Dehydrogenase القريب من غشاء الفجوة Tonoplast تتأين الاحماض العضوية وينتج عنها الهيدروجين والذي يكون مصدر للإلكترونات عند فقدان ذرة الهيدروجين الكترون تتحول الى ايون الهيدروجين ويتوالى تكوين ايونات الهيدروجين وزيادة تركيزها بالقرب من غشاء التونوبلاست وتنشا تيار من الهيدروجين يتحرك باتجاه غشاء البلازما الخارجي الملاصق للجدار الخلوي.
- ينشا تيار اخر من الالكترونات يكون اتجاهه هو نفس اتجاه تيار ايونات الهيدروجين اي من غشاء التونوبلاست الداخلي الى غشاء البلازما الخارجي
- تدخل الاليكترونات الخارجة من الهيدروجين بواسطة انزيم السايتوكروم او اوكسيده وتتجة هذه الالكترونات الى حبيبات السايتوكروم المجاور لغشاء التونوبلاست وعندما تكسب ذرة الحديد الثلاثية التكافؤ تختزل الى الحديد الثنائي التكافؤ وعندما تفقد ذرة الحديد الثنائية التكافؤ للاكترونات تؤكسد مرة اخرى الى الحديد الثلاثي التكافؤ وهكذا يتم انتقال للاكترونات من ذرة الحديد الى ذرة الحديد الاخرى حتى تصل الالكترونات في النهاية الى جيبة السايتوكروم في نهاية السلسلة والقريبة من غشاء البلازما الملاصقة للجدار الخلوي وتكون هناك ذرة جديدة ثلاثية التكافؤ وبعدها تفقد الالكترون
- عندما تفقد ذرة الحديد الثنائية التكافؤ الكترونا تصبح ثلاثية التكافؤ وهذه تكون مؤهلة الى استقبال أ. انيون ب. الكترون ج. وبعكس تحرك تيار ايونات الهيدروجين وتيار الالكترونات تتحرك الانيونات وبعكس ايونات النترات من غشاء البلازما الخارجي الى الغشاء الداخلي وحتى يصل الى التونوبلاست الداخلية
- يتحرك ايونات النترات الى داخل الفجوة العصارية فيحدث اختلاف في التوازن الانيوني فيقوم النبات بإدخال اي كاتيون اخر للمعادلة . هذا الخلل بعملية الانتشار اي الامتصاص السلبي وليكن ايون البوتاسيوم
- تكوين جزيئة الماء

$O_2+2e^- + 2H$ ----------H_2o

$O_2+2e^- (o_2^-) + 2H$ ----------H_2o

ظهرت انتقادات لفرضية التنفس الملحي او الانيوني منها:

أ- ان مادة السايتوكروم غير موجودة اصلا في السايتوبلازم ولكنها موجودة في المايتوكوندريا .

ب- بين Handley & Overstreel 1955 ان كلا من ايونات البوتاسيوم والصوديوم تحفز التنفس ايضا وليس فقط الانيونات حسب لانديكارد.

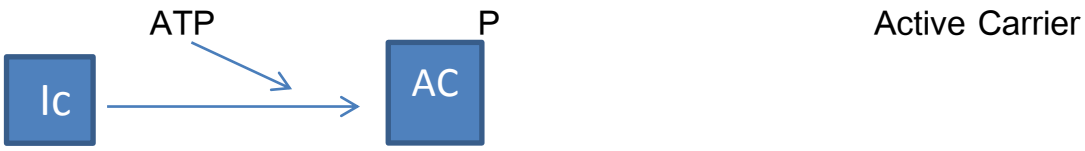
ت- لا يمكن انتقال الانيونات بنفس الحامل لأنه لو كان هناك حامل واحد فقط لحدث تنافس بين الانيونات لهذا الحامل ولكن لم تتم ملاحظة ذلك في حالة امتصاص النبات ل ($So_4^{=}$ و No_3^{-} و $H_2po_4^{-}$ و $Hpo_4^{=}$) وغيرها من الايونات الاخرى مثل(Moo_4^{-2} و Bo^{-3} و Cl^{-}).

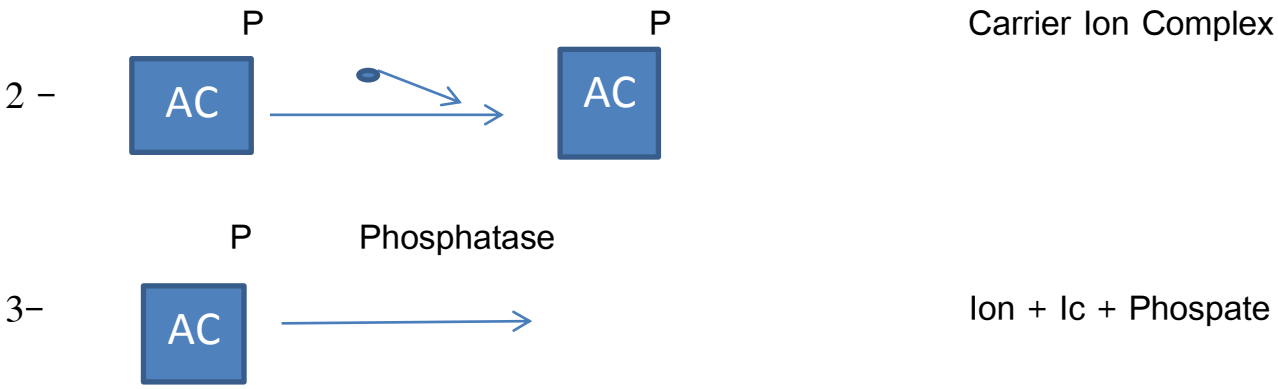
2. نظرية الحامل او الناقل Carrier theory

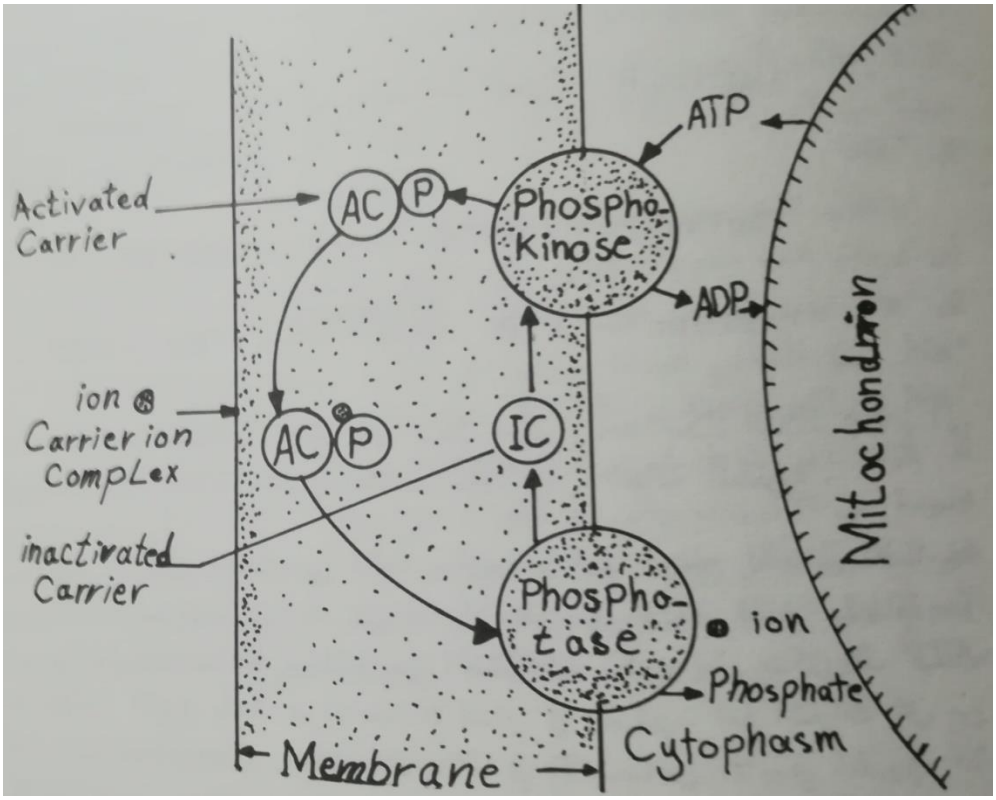
وهذه النظرية تفترض بأنّ الأغشية الحيوية تحتوي جزيئات خاصة تكون قادرة على نقل الأيونات عبر الغشاء الحيوي ومثل هذه الجزيئات سميت بالحوامل (Carriers) أن تكوّن هذه الحوامل بصورة مباشرة أو غير مباشرة يحتاج إلى ATP وأقتُرح إنّ هذا الحامل له القدرة على الانتشار في الغشاء وفي الحدود الخارجية للغشاء تلتقي بنوع من الأيون الخاص ذات الصلة.

إنّ الحامل يرتبط بالأيون وبهذا يتكون معقد من الحامل والأيون وهذا المعقد القابل للانتشار يتحرك عبر الغشاء إلى الأنزيم Phosphatase الذي محله عند الحدود الداخلية للغشاء. إنّ الأنزيم Phosphatase يفصل مجموعة الفسفور من الحامل في المعقد وبهذه العملية يُعتقد بان الحامل يفقد صلته بالأيون الذي بدوره يتحرر إلى الوسط المجاور وهو السايتوبلازم.

1 –







ان الناقل هو عبارة عن بروتين او انزيم وان المعروف ان الانزيم عليه مواقع فعالة Active site وهذه المواقع الفعالة للانزيم قد تكون مخصصة لنقل ايون معين او متخصصة لنقل اكثر من ايون كما هو الحال في عناصر (K^+ و Rb^+ و Ca^{+2} و Sr^{+2}) وقد يحصل تنافس بين (K^+ و Rb^+) او بين (Ca^{+2} و Sr^{+2}) واي الايونين يكون اكثر تركيزا يمتص على حساب الايون الاخر.

وما تجدر الاشارة اليه هنا انه في حالة الناقل **Carrier** فان الناقل يحتاج الى طاقة لنقل الايون في حالتين :

1. للتغلب على الشحنة السالبة لغشاء البلازما في حالة امتصاص الانيونات مثل(النترات والكبريتات).

2. لوحظ انه عند ارتباط الناقل النشط Ac^P بالايون (●) وتكوين معقد الناقل والايون Carrier Ion Complex. فان شكل الناقل يتغير وهذا لكي يمكنه من نقل الايون مجددا فانه يجب ان يعود الى شكله الطبيعي (الاصلي) ولكي يرجع الناقل الى شكله الاصلي فهو يحتاج الى طاقة . اي يجب على النبات ان يبذل طاقة ولهذا السبب فان نظرية النواقل مرتبطة بعملية الامتصاص الحيوي لامتصاص المغذيات.

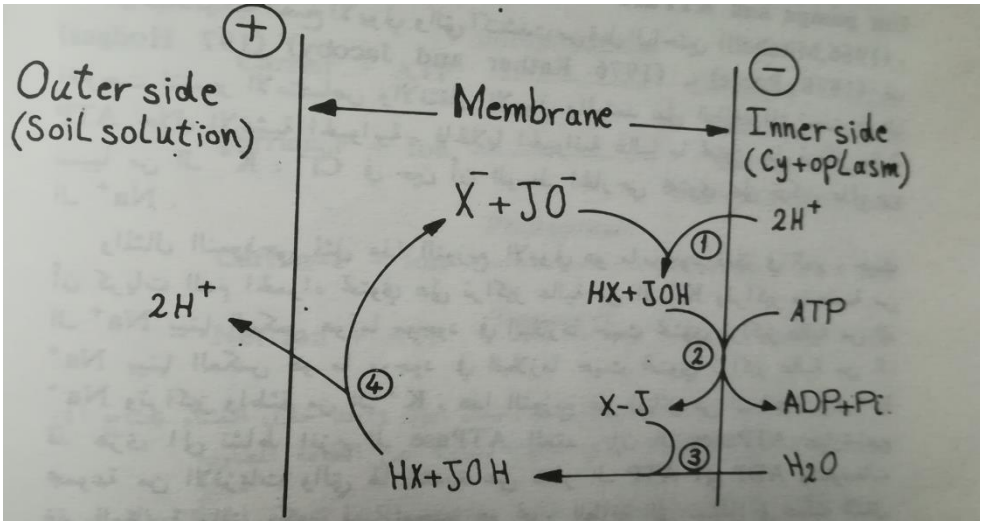
الضخ الايوني Ion Pump **وانزيم** (ATP_{ase})

ان ميكانيكية الضخ الايوني قد اقترحت من قبل (Mitchell 1966 و Hodges 1973) لتفسير الامتصاص والانتقال الايوني والمعتمد على الطاقة الموجودة في ATP خلال الاغشية الحيوانية ، فالخلايا الحيوانية بشكل عام تحتوي على تراكيز عالية نسبيا من (K^+ و CL^-) في حين الوسط الخارجي يحتوي تراكيز اعلى من Na^+ وهذا ما موجود فعلا في الدم فكرات الدم الحمراء تحتوي على تراكيز عالية من K^+ وتراكيز منخفضة من Na^+ بينما العكس في حالة البلازما التي تحتوي على تراكيز منخفضة من K^+ وعالية من Na^+ هذا التوزيع غير المتماثل K^+ وNa^+ عزي الى نشاط انزيم (ATP_{ase}). ان (ATP_{ase}) لها القدرة على تحليل ATP الى ADP والفوسفات غير العضوية (المعدنية) والتي يكون من نتائجها تحرر طاقة تستغل في عملية النقل الايوني.

ان مضخة الايون Ion Pump عبارة عن مركب يشمل على انزيم (ATP_{ase}) وبروتين سكري Glycoprotein. لقد افترضت ان التحلل المائي ATP يؤدي الى احداث تغير في شكل البروتين بحيث يصبح ملائما لنقل الايون خلال الغشاء الحيوي. لقد اصبح الان وجود ميل من قبل العلماء بان الشحنة السالبة المتواجدة على غشاء البلازما تعود لـ ATP والذي يمثل مصدر للطاقة لعملية الامتصاص والانتقال الحيوي لايونات العناصر الغذائية وان غشاء البلازما يحتوي على عناصر انزيم (ATP_{ase}) والذي يقوم بتحليل (ATP) مائيا اي ان :-

$$ATP + H_2o \xrightarrow[\text{ATPase}]{\text{انزيم}} ADP + Pi(Energy)$$

والشكل التالي يمثل رسما افتراضيا لـ Ion Pump (H–Pump) عن (Mengel & Kirkby 1982)



لاحظ كيفية ضخ الايونات الهيدروجين $2H^+$ من الداخل (السايتوبلازم) الى الخارج (محلول التربة).

ان تحلل ATP بواسطة انزيم ATP_{ase} يسبب تغيرا في تركيز الـPH وكذلك تغيرا في الجهد الكهربائي حيث تصبح الخلية اكثر سالبيه وكذلك اكثر قاعدية مقارنة بالوسط الخارجي الذي يصبح اكثر ايجابيه واكثر حامضيه (زيادة تركيز الهيدروجين بالخارج) وهكذا يتولد فرق جهد كهربائي نتيجة الاختلاف في تركيز ايونات الهيدروجين في الداخل والخارج وهذا التغير في الجهد الكهروكيمياوي Electrochemical potent يمكن التعبير عنه بالمعادلة الاتية التي وضعت من قبل Poole 1978

$$Pmf = -PH + Ed\ (Em - E\ cal)$$

حيث ان Pmf تعني Proton motive force اي القوة المحركة للبروتون اي القوة التي يتم بواسطتها نقل الايونات (البروتونات)الكاتيونات ضد التدرج في الجهد الكهروكيمياوي خلال الغشاء وكما يلاحظ من الشكل فان ضخ الايونات للهيدروجين يتوقف على الامداد بالـ ATPولكن افترض انه يتم انتاج $2H^+$ في السايتوبلازم وضخها الى الخارج لكل جزيئة واحدة من الـATP . وكما يلاحظ فان اساس عملية الضخ الايوني (H–Pump) في النموذج الافتراضي السابق ترتبط ارتباطا وثيقا بتحلل الـATP والتي تؤدي الى التناضح والتنافذ الكيمائي Chemiosmosis لايونات الهيدروجين عبر الغشاء والتي افترضت في فترة سابقة من قبل العالم Mitchell 1966 والتي يمكن توضيحها كالاتي

1. في الخطوة الاولى يتم تفاعل الجزيئات المتحركة الافتراضية (Jo،X) مع $2H^+$ الاتية من السايتوبلازم مكونة بذلك (JoH، Hx) .
2. في الخطوة الثانية تعمل الـ(Hx،JoH) على تحليل (ATP) الى (ADP) و(PI) ويتكون المركب(X–J).
3. في الخطوة الثالثة يتحلل (X–J) مائيا ليتكون من جديد كل من (JoH، Hx).
4. في الخطوة الرابعة يفقد كل من (Hx وJoH) الهيدروجين الى خارج الغشاء لتكون من جديد الجزيئات المتحركة الافتراضية (X وJo) وهكذا يمكن ان تعاد العملية من جديد.

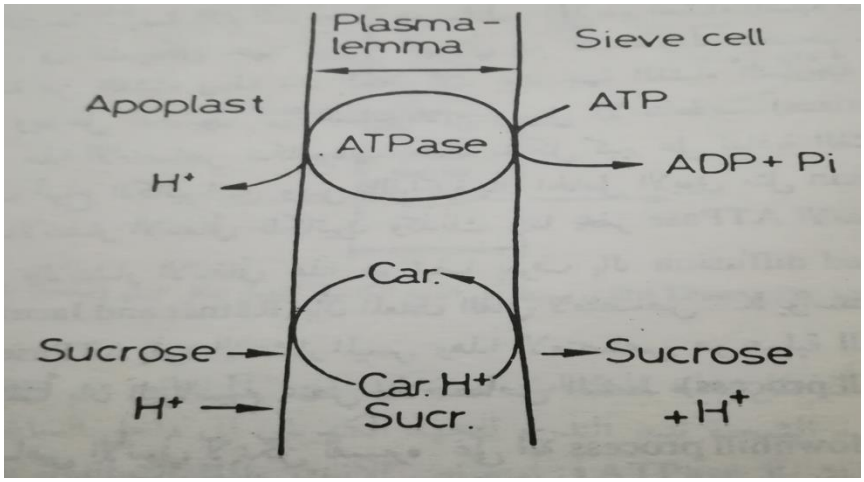
ان المحصلة النهائية لهذه العملية تحرر ($2H^+$) الى خارج الغشاء (محلول التربة) والمرتبطة بتحلل جزيئة واحدة من (ATP).

كما يتضح وكنتيجة ضمنية لهذه العملية هي نشوء

أ. فرق في الجهد الكهربائي ب. فرق في الجهد الكيميائي

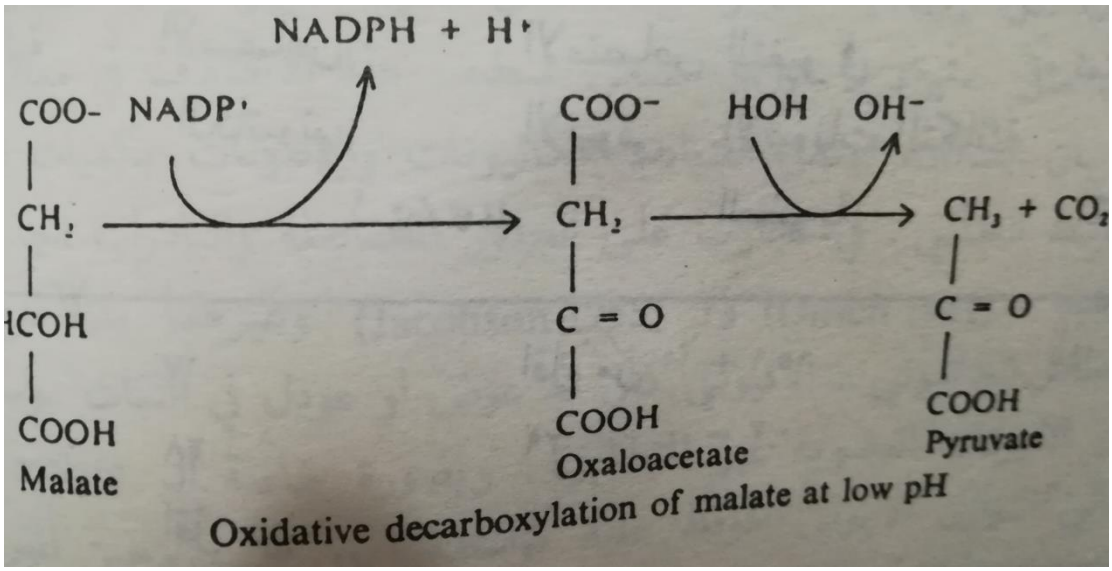
وبالتالي يصبح الجانب الداخلي للغشاء اكثر سالبيه (محمل بشحنة سالبة) بسبب فقد الجزء الداخلي لـ($2H^+$) وفي نفس الوقت اكثر قاعدية بينما يصبح الجانب الخارجي من الغشاء اكثر حامضية ومحمل بشحنة موجبة لاكتساب الجزء الخارجي لـ($2H^+$) وبهذه الكيفية فان الكاتيونات تجذب الى الداخل لمعادلة التغير في الجهد الكهربائي السالب.

ان هذا النوع من الامتصاص الكاتيوني يعتمد بدرجة كبيرة على نفاذية الغشاء الحيوي والتي تختلف باختلاف الكاتيونات اي ان هناك اختيارية لنقل الايونات خلال الغشاء ويعود ذلك لوجود مضادات حيوية ، فقد وجد ان مادة الفالينومايسين متخصصة لنقل البوتاسيوم خلال الغشاء. ويرى Rather & Jacoby 1976 ان المعدل العالي لامتصاص البوتاسيوم يمكن ان يعزى الى نشاط انزيم ATP_{ase} المسير لانتشار البوتاسيوم خلال خلايا النبات. ان مثل هذا النوع من الامتصاص هو انتقال سلبي حر اي لا يحتاج الى طاقة بيد ان هناك دلائل قد اشارت الى ان البوتاسيوم يمكن ايضا ان يمتص حيويا اي نتيجة بذل طاقة من قبل النبات الحي. اما امتصاص الايونات فلا يمكن تفسيرها على انها تتم بعملية الامتصاص السلبي الحر لأنه يجب بذل طاقة للتغلب على شحنة الجدار الخلوي وشحنة غشاء البلازما السالبة ، ومع ذلك فهناك ايضا افتراضات على امكانية حدوث امتصاص سلبي للايونات تتبادلها مع OH^- والـHCO_3^- المتواجدة في الوسط الخارجي للنبات.



ملاحظة/ ولو ان انتشار الكتيونات والانيونات تمت بطريقة سلبية لكنها مرتبطة اصلا بالتحلل المكافئ لـ (ATP) بواسطة انزيم الـ(ATP_{ase}) اي انها امتصاص حيوي.

مما تجدر الاشارة اليه ايضا انه قد يحدث تغير للPH (ارتفاع PH) نتيجة عمليات Decarboxylation التي تحدث في داخل النبات مثل تحول Oxalic acetic Acid الى Malic Acid ومن ثم الى حامض البايروفك بمعنى تلاشي مجموعة كاربوكسيل والمعروف ان مجاميع الكاربوكسيل تكون مسؤولة عن الاحماض العضوية فكلما زاد عدد مجاميع الكاربوكسيل يكون الحامض اكثر حامضية وكما يتضح ذلك من المعادلات الاتية:



Oxidative decarboxylation of malate at low pH

التغذية المعدنية ونمو النبات

لاشك ان الهدف من الزراعة لأي نبات هو الحصول على اعلى حاصل اقتصادي وافضل نوعية وباقل تكلفة. ولأجل تحقيق هذا الهدف لابد من تهيئة كل الظروف البيئية الملائمة والاهتمام بكل العوامل الاخرى التي تؤثر على هذا النبات وفي مراحل نموه المختلفة. ان التغذية المعدنية الصحيحة والمتوازنة تلعب دورا مهما الى جانب عوامل النمو الاخرى والكثيرة والتي يمكن اجمالها بالعوامل الوراثية (تحسين وانتخاب افضل الاصناف ذات الانتاجية العالية والنوعية الجيدة عن طريق ادخال الجينات وغيرها) اما العوامل البيئية التي تؤثر على نمو النبات درجة الحرارة والضوء والماء والهواء ونسجة التربة وغيرها.

دورة حياة النبات تبدا بالإنبات يبدا الانبات بامتصاص البذور للماء وبذلك تنتفخ نتيجة لتشرب البذور بالماء مما يهيئ الظروف الملائمة لعملية التنفس. وعند امتصاص البذور للأوكسجين فان المخزون من الكربوهيدرات والدهون واحيانا البروتينات تأكسد الى ثاني اوكسيد الكاربون والماء وينتج عن ذلك طاقة متحررة على شكل ATP و NADPH . وهذه الطاقة ضرورية لعملية النمو والبروتينات المخزونة في البذور تتحلل مائيا والاحماض المائية الناتجة تستعمل في تكوين الانزيمات والبروتينات وعملية الانبات تحتاج الى درجة حرارة مثلى وتحتاج الى تجهيز البذور بالماء والاوكسجين الا انها علاوة على ذلك فأنها تحتاج الى عوامل ملائمة في داخل البذور هذه العوامل هي الهرمونات حامض الابسيك واندول حامض الخليك. ان منظمات النمو(الهرمونات) تعمل على تنظيم الفعاليات الحيوية الفسلجية وهي تنتقل داخل النبات من اماكن تكوينها الى حيثما يحتاج اليها النبات.

ان عضو النبات الاول الذي يتكون بعد عملية الانبات هو الجذير والذي يتطور الى الجذر الذي يقوم بامتصاص الماء والعناصر الغذائية وبعد ذلك يبدا نمو اجزاء النبات العليا الهوائية وعندما تخترق الطبقة السطحية من التربة تبدا عملية تكوين الكلوروفيل بمساعدة الضوء. المواد المتمثلة من عملية التركيب الضوئي في الاوراق القديمة تكون المصدر التجهيزي للأنسجة الحديثة التكوين ويستمر تجهيز الاوراق الحديثة التكوين بالكربوهيدرات. ويتبع الطور الخضري طور التكاثر والذي يبدا بتكون الازهار وعندما يحدث اللقاح والاخصاب يبدا تكوين البذور والثمار عندها ينهي النبات الحولي دورة حياته.

معدل النمو وتجهيز العناصر الغذائية

يعرف النمو بانه النشوء او التحول التدريجي الذي يحصل للنبات من بدء حياته والتي تبدا بالإنبات وحتى مرحلة النضج الكامل والذي يكون مصحوبا بزيادة الوزن الجاف للنبات او بزيادة حجمه او طوله او قصره. كما يمكن تعريف النمو بانه زيادة المادة البروتوبلازمية الحية للكائن الحي او زيادة عدد خلاياه فعند انبات البذور تحدث فيه تغيرات كيميائية حيوية حيث يبدا

الانبات بامتصاص البذور للماء وبذلك تنتفخ نتيجة لتشرب البذور بالماء مما يهيئ الظروف الملائمة لعملية التنفس.

يقصد بالحاصل الاقتصادي جزء النبات او اجزاء النبات التي من اجلها يزرع النبات فمثلا القطن يزرع لغرض الحصول على الجوزات (جوزات القطن) والحنطة لغرض الحصول على الحبوب والجت لغرض الحصول على العلف.

اما الحاصل البيولوجي فهو يشمل جميع النبات من جذور وسيقان واوراق وازهار ففي حالة الجت البرسيم اللهانة الخس الكرفس والمعدنوس فان اجزائها الخضرية الهوائية والتي تكون فوق سطح التربة خلال مرحلة النمو الخضري هي التي تمثل حاصلها الاقتصادي ولكن قصب السكر فحاصلها الاقتصادي هي سيقان والبطاطا هي درنات وهكذا.

النمو الخضري يتكون بصورة رئيسة من نمو وتكوين الاوراق والسيقان والجذور الحديثة. والانسجة المرستيمية لها عمليات حيوية بروتينية نشطة والمواد الناتجة عن عمليات التركيب الضوئي والتي تنتقل الى هذه الانسجة تستعمل بصورة رئيسة في تكون الاحماض النووية والبروتينات. ولهذا السبب فانه خلال الطور الخضري تسيطر التغذية بالنتروجين لدرجة كبيرة على معدل نمو النبات المعدل العالي للنمو يحصل فقط عندما تتوفر كميات وفيرة من النتروجين الجاهز. عندما تكون التغذية بالنتروجين غير كافية فان دورة حياة النبات تقصر حيث ان النبات ينضج مبكرا وبهذا تكون النتيجة ضعف الحاصل الاقتصادي. من اجل النمو الاقتصادي يجب ان يكون هماك موازنة بين معدل تكون المواد الناتجة من عملية التركيب الضوئي ومعدل تمثيل النتروجين. تحت الظروف التي يحصل فيها نشاط عال للتركيب الضوئي (شدة ضوء عالية، درجة حرارة مثلى، ولا يوجد نقص للماء) يجب ان تكون مستويات التغذية بالنتروجين عالية ايضا والعكس صحيح. بصورة عامة يمكن ان يستنتج بان احتياجات العناصر المعدنية خلال فترة النمو الخضري يمكن ان تقدر بصورة رئيسة بمعدل تمثيل ثاني اوكسيد الكاربون اذا كان معدل تكوين المواد الناتجة من عملية التركيب الضوئي عاليا فان كمية العناصر الغذائية غير العضوية يجب ان تكون ايضا عالية من اجل تحويل المواد الناتجة من عملية التركيب الضوئي الى مواد حيوية مختلفة هناك حاجة اليها في النمو الخضري.

التغذية وتجاوب الحاصل

المواد الناتجة من التركيب الضوئي يمكن ان تستهلك في النمو الخضري وفي تكوين المواد المخزونة وفي التنفس. ان جزء المواد المتكونة في التركيب الضوئي الذي يتجه الى هذه المستقبلات الثلاث يعتمد على العمر الفسيولوجي للنبات. في نمو البادرات الحديثة التكوين يكون هذا الجزء من المواد سائدا وانه اكثر من نصف مواد التركيب الضوئي المتمثلة تستعمل للنمو في

النباتات الناضجة الجزء الكبير والرئيس من مواد التركيب الضوئي تستعمل في تكوين مواد الخزن خلال فترة ملء الحبوب

التغذية المعدنية ونوعية الحاصل

النوعية تشمل كل صفات الجيدة والمرغوبة التي يزرع من اجلها النبات، وليس من السهل تعريف النوعية او قياسها، حيث ان كثيرا من الصفات النوعية مثل الطعم او المذاق او الرائحة او الصلابة او الطراوة او سهولة او صعوبة الهضم وغيرها من الامور التي يصعب في كثير من الاحيان قياسها او التعبير عنها كما ان التعامل معها يكون من الصعوبة بمكان عندما يكون الهدف من استخدام التغذية المعدنية هو تحسين النوعية.

كما ان النوعية تختلف حسب الغرض الذي يزرع من اجله النبات، فمثلا الشعير المزروع لغرض البيرة تختلف نوعيته عن الشعير المزروع لغرض العلف للحيوانات، حيث ان شعير البيرة يجب ان لا تزيد نسبة البروتين فيه عن 7% لان زيادة النسبة عن ذلك يكون على حساب نسبة الكاربوهيدرات وبالتالي تقل مقدار المستخلص منه كما تقل كفاءته لعملية التخمر ولهذا فان كثير من الشركات ترفض استلامه في حين ان الشعير المخصص لعلف الحيوانات يفضل زيادة نسبة البروتين فيه.

وبالمثل فان الكتان المزروع لغرض الحصول على الزيت منه يختلف عن الكتان المزروع لغرض الحصول على الالياف ففي حالة الكتان المزروع لغرض الحصول على اليافه يفضل زيادة عدد السيقان وقوتها وهذا يعني ان الكثافة النباتية هنا تكون مطلوبة ولا يهمنا حاصل البذور وعلى العكس من ذلك بالنسبة للكتان المزروع لغرض الزيت فلا يهمنا عدد السيقان بل يهمنا الحاصل من البذور، كما ان البطاطا المخصصة لصناعة النشا تختلف عن تلك المخصصة لغذاء الانسان وعلاوة على ما تقدم فان التغذية المعدنية في حالة عدم ملائمتها سواء بالزيادة او النقصان قد تسبب تشوهات بسبب نقصها او السمية بها بما قد يؤثر سلبا على شكل او مظهر او لون الحاصلات الزراعية.

ان العوامل الوراثية تلعب دورا مهما في تحديد النوعية كما ان المناخ ومستوى التغذية ونوعية المغذيات ووقت اضافتها تلعب دورا بلا شك.

ان محتوى الكاربوهيدرات في الانسجة الخازنة مثل الحبوب والثمار والجذور والدرنات يعود الى نشاط عملية التركيب الضوئي وكذلك الى معدل انتقال نواتجها الى الاجزاء الخازنة ان كلا من الفسفور والبوتاسيوم يحفز عملية التركيب الضوئي كما انهما مهمان في عملية انتقال نواتجها من الاوراق الى الاجزاء الخازنة ولذلك يجب الاهتمام بهما وضرورة توفيرهما في حالة محاصيل الحبوب والثمار والجذور والدرنات.

وسنتناول باختصار العلاقة بين التغذية المعدنية ونوع الحاصل

محاصيل الحبوب

يعد النتروجين ضروريا للحصول على حاصل عالي ذو نوعية جيدة ويعد Gluten اهم المركبات التي تحدد نوعية الحبوب المخصصة لعملية العجين (الخبز، الكيك، معجنات) وهذه المادة موجودة في بروتين الحبوب المتواجدة في اندوسبيرم (القشرة الداخلية) للحبوب، الدفعة الاخيرة من السماد النتروجيني لتحسين نوعية الحبوب اي زيادة نسبة البروتين فيها.

ان زيادة الكميات من النتروجين تؤدي الى زيادة النمو الخضري وتزيد من عملية الرقاد وقد تؤدي الى تقليل الحاصل ورداءة نوعيته والى قلقة نسبة الكاربوهيدرات فتصبح الحبوب صغيرة وضامرة ونقصان عدد الحبوب في السنبلة (السنابل تكون قصيرة).

المحاصيل الجذرية والدرنية

البوتاسيوم يحفز عملية التركيب الضوئي وانتقالها من الاوراق الى درنات البطاطا وجذور البنجر السكري وعليه فان المحتوى العالي من النشا في درنات البطاطا يعتمد على التغذية الجيدة بالبوتاسيوم ونوعية السماد البوتاسي تلعب دورا مهما في ذلك فكبريتات البوتاسيوم هي الافضل لان كلوريد البوتاسيوم وبسبب الايون المرافق الكلوريد يعرقل عملية انتقال الكاربوهيدرات من الاوراق الى الدرنات وان الفسفور مهم ايضا في نوعية النشا لأنه يزيد من عملية الاسترة من ناحية ومن ناحية اخرى تحصل على نشا ناصح البياض.

ان زيادة السماد النتروجيني سواء في بداية الزراعة او في حالة الدفعة الاخيرة منه تؤدي الى زيادة النموات الخضرية وكذلك الى زيادة المركبات الامينية فتؤخر عملية النضج وتقلل من نسبة السكر وكذلك الحال مع زيادة اضافة البوتاسيوم.

ان نوعية البنجر السكري لا تتأثر فقط بالتغذية المعدنية ولكن وجد ان شدة الاضاءة العالية خلال الاسابيع الاخيرة من نمو النبات مع كمية مناسبة مع الماء مهمة في هذا المجال كما ان زيادة الاملاح تقلل من عملية البلمرة للسكريات وبالتالي تؤدي الى خفض نسبة السكر.

ان نقص البورون يؤدي الى ظاهرة القشور على درنات البطاطا لأهمية البورون في عملية اللكننة كما يؤدي نقص البورون الى تعفن جذور البنجر السكري، ان نقص البوتاسيوم يؤدي الى ظهور ظاهرة الاسوداد عند قطعها او طهيها.

المحاصيل الزيتية

ان زيادة النتروجين تؤدي الى زيادة نسبة البروتين، كما ان زيادة البوتاسيوم تؤدي الى زيادة نسبة الكاربوهيدرات وبالتالي فانهما يقللان بدورهما نسبة الزيت لان هناك علاقة ارتباط سلبية بين البروتين او نسبة الكاربوهيدرات ونسبة الزيت.

ان التغذية الجيدة بالفسفور وكذلك المستوى الملائم من كل من النتروجين والبوتاسيوم اساسية لزيادة نسبة الزيت، لان المستوى المنخفض من النتروجين والبوتاسيوم في المراحل الاخيرة من النضج يقلل من فرصة ملء البذور وبالتالي يقلل من المحتوى من الكاربوهيدرات او البروتين وهذا يؤدي الى زيادة نسبة الزيت، فهناك علاقة ارتباط سالبة بين كل من المحتوى من الكاربوهيدرات والبروتين ونسبة الزيت، في حين ان تواجد المستوى الملائم من البوتاسيوم والفسفور في مرحلة النضج مهم جدا لدورهما في عملية التركيب الضوئي من ناحية ومن ناحية اخرى في نقل نواتج التمثيل الى البذور، وكما سبق وان بينا فيجب ان يكون هناك توازن والا ادى ذلك الى زيادة نسبة البروتين او الكاربوهيدرات والتي تنعكس سلبا على نسبة البروتين، كما ان عناصر الكالسيوم والبورون ضرورية لإتمام عملية التلقيح والاخصاب والحصول على الحاصل الجيد(مثل زهرة الشمس فزيادة التلقيح يعني زيادة عدد البذور في القرص).

محاصيل العلف

ان نوعية العلف تتوقف على درجة الهضم والتي تعتمد على المحتوى من السليلوز والهيموسليلوز واللكنين وكذلك على نسبة البروتين الخام، فالعناية بالتسميد النتروجيني تزيد من نسبة البروتين الخام الضروري لنمو الحيوان وانتاج الحليب والبيض والصوف. كما ان انتاج الحليب يحتاج الى كميات لابأس بها من عناصر الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم اذا انخفض محتوى المغنسيوم عن 1 ملغم مغنسيوم / 100 مل من مصل الدم في الحيوان فان ذلك يؤدي الى ما يسمى بمرض الكزاز، وان السمية بالمولبيدنيوم تسبب نقص النحاس مما يسبب مرض يطلق عليه Molybdenosis والذي يسبب اسهالا شديدا او ضعف انتاجها من الحليب وضعف الحيوانات حيث ان نقص النحاس يعرقل دخول الحديد في تكوين الهيموكلوبين في الدم فيصاب الانسان بفقر الدم.

اعراض النقص والسمية بالعناصر الغذائية

ان موضوع اعراض النقص والسمية بالعناصر المعدنية والتي تظهر على النباتات والناجمة عن التغذية غير الكافية او نتيجة للزيادة بعنصر غذائي معين او اكثر والتي قد يتزامن او يتصادف وجودها في آن واحد قد درست وبشكل مكثف منذ بداية العهد الحديث لعلم تغذية النبات.

اثبت بالدلائل المادية الملموسة على ان التغذية غير الكافية بأحد العناصر الغذائية تؤدي الى احداث تغيرات نموذجية واضحة على النبات.

اسباب ظهور اعراض نقص العناصر الغذائية

1. تركيز العنصر الجاهز للامتصاص في التربة غير كاف لحدوث نمو مثالي للنبات وفي جميع مراحل نموه المختلفة حيث ان احتياجات النبات من عنصر ما قد تختلف باختلاف مراحل نموه.
2. استنزاف العنصر المستمر من التربة مع عدم التعويض به بالكميات المناسبة للمحاصيل اللاحقة في الدورة الزراعية.
3. الغسل المستمر للعنصر من مقد التربة ونزوله للإعماق بعيدا عن منطقة امتصاص جذور النبات.
4. عوامل عائدة للتربة نفسها مثل نقص الاوكسجين وزيادة غاز ثاني اوكسيد الكاربون او زيادة تركيز الكربونات والبيكربونات او الى وجود طبقة صماء في التربة تجعل بدورها الظروف غدقة مما يشجع فقد النتروجين على شكل غاز.
5. تغيرات في درجة تفاعل التربة نتيجة لتغير محتوى التربة من كربونات الكالسيوم او المادة العضوية والتي تلعب دورا مهما في تأثيرها على جاهزية العناصر الغذائية وخاصة العناصر الصغرى.
6. الاختلاف في قدرة التربة الامدادية والتي تتوقف بدورها على عوامل كثيرة منها نسجة التربة وبناؤها من محتواها من الطين والتي تتحكم بدورها في محتوى التربة من الماء والهواء.
7. المنافسة او والتضاد بين العناصر الغذائية التي تحدث اثناء عملية امتصاصها من قبل جذور النبات.
8. سوء نسبة العناصر الغذائية في التربة او في النبات فمثلا زيادة الفسفور في التربة او في النبات قد يعمل على ترسيب العناصر الغذائية الصغرى(الحديد، المنغنيز، النحاس ،

الزنك) في التربة او الجذور ويعرقل انتقالها الى الاجزاء الهوائية مما يسبب ظهور نقصها.

9. الزراعة الكثيفة او زراعة اصناف ذات انتاجية عالية حيث تكون هنا الاحتياجات من العناصر الغذائية عالية.
10. ان عدم استواء الارض المزروعة قد يعرض النباتات في المنطقة المنخفضة الى ظروف غدقة لاهوائية وهنا قد تعاني النباتات من النقص بالنتروجين او الحديد او السمية بالمنغنيز او كبريتيد الهيدروجين.
11. اجراءات التسميد الخاطئة كالاغتناء بإضافة عنصر غذائي بكميات كبيرة مع اهمال التسميد بالعناصر الغذائية الاخرى كما يحدث في حالات كثيرة كالتسميد بالنتروجين او الفسفور.
12. اختلاف احتياجات النباتات من عنصر او عناصر غذائية معينة يجعلها لان تكون معرضة اكثر من غيرها بظهور نقصها على النباتات والمزروعة معها والمتواجدة في نفس المكان والزمان.
13. علاقة العنصر بتطور مراحل نمو النبات، يتعلق ذلك بالمجموع الجذري وامتصاص العنصر الغذائي.
14. اضافة مخلفات المدن قد تسبب غالبا السمية وخاصة بالعناصر المعدنية الثقيلة والتي قد تنعكس تأثيراتها السلبية على الانسان او الحيوان الذي يتغذى على مثل هذه النباتات.

العوامل المختلفة التي تؤدي الى صعوبة تشخيص النقص بالعناصر الغذائية

ان عملية تشخيص نقص العناصر الغذائية او السمية بها ليست سهلة كما يتبادر للذهن لأول مرة. فهي عملية معقدة وتحتاج الى خبرة طويلة وتكمن الصعوبة في عملية التشخيص للأسباب الاتية:

1. هناك اعراض تشبه الاعراض الناتجة عن نقص العناصر الغذائية او السمية بها ولكنها غير متسببة عن العناصر الغذائية مثل تجمع السكريات في نبات الذرة الصفراء الناتج بسبب حدوث كسر في العرق الرئيس للأوراق او سقوط العرانيص.
2. العوامل الخارجية او البيئية او اصابة النباتات بالآفات الضارة قد تسبب اعراضا شبيهة او مقاربة لأعراض النقص او السمية بالعناصر المعدنية ونذكر منها:

أ- الظروف الجوية حيث ان انخفاض درجات الحرارة والصقيع تؤدي الى تكوين لون ارجواني محمر يشبه النقص بعنصري النتروجين والفسفور كما في حالة بادرات الحنطة.

ب- عوامل عائدة للتربة نفسها حيث ان الظروف الغدقة تؤدي الى ظهور الوان صفراء وحمراء او ارجوانية كما في حالة نقص النتروجين والفسفور كذلك الطبقة الصماء او انخفاض المادة العضوية تؤدي الى تكوين لون ارجواني محمر وغيرها.

ت- اضرار الحشرات ان اصابة البطاطا بالنيماتودا تؤدي الى اصفرارها كما في حالة نقص عنصر النتروجين، في حين اصابة الطماطة بها تؤدي الى تلون النبات بلون ارجواني شبيه بنقص عنصر النتروجين.

ث- الاصابة بالفطريات والبكتريا اصابة النبات بالبكتريا والفطريات يشبه مرض التبقع الرمادي الناتج عن نقص المنغنيز.

ج- الاصابة بالأمراض الفيروسية اصابة الفيروس للنبات يؤدي حدوث اصفرار يشبه اعراض نقص المغنسيوم.

ح- الاصابة الميكانيكية في الحقل والجروح واضرار اخرى مثل الحالوب حيث يسبب اضرارا شبيهة بأعراض نقص عناصر النتروجين والمغنسيوم والبوتاسيوم.

خ- تأثيرات ناتجة عن السمية بالعناصر الغذائية ان اصابة النبات بالسمية بعنصر المنغنيز غالبا ما تؤدي الى معاناة النباتات من النقص بعنصر الحديد.

د- استخدام الهرمونات لوحظ ان استخدام الاثيلين قد سبب التفافا للأوراق كما في حالة النقص بعنصر الكالسيوم .

ذ- ان ظهور اعراض نقص العنصر الغذائي بمظاهر مختلفة باختلاف النبات وكذلك باختلاف العضو النباتي يعقد من عملية تشخيص نقص العناصر الغذائية.

ر- قد يظهر على النبات في آن واحد النقص بأكثر من عنصر غذائي.

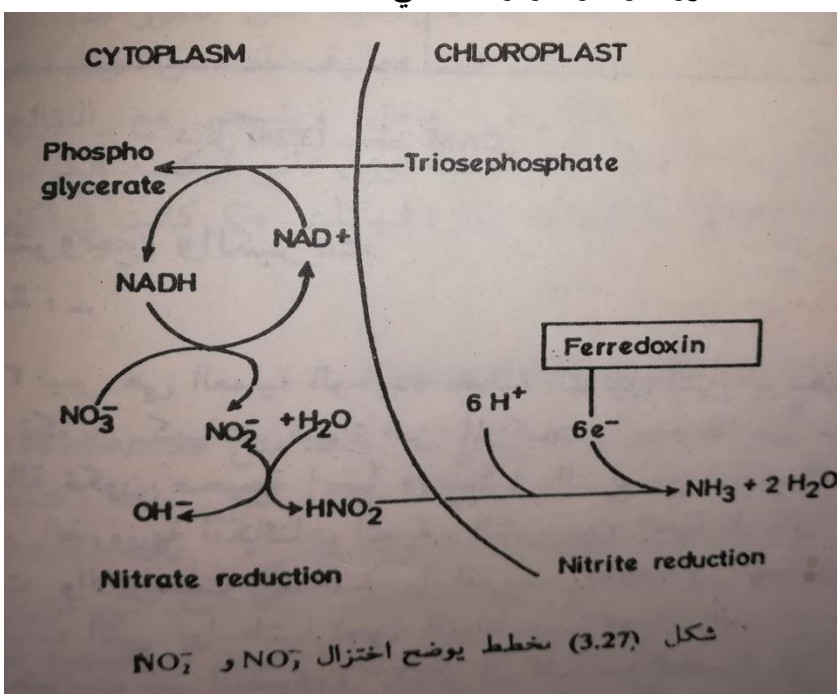
مما تقدم يتبين لنا ان عملية التشخيص هي عملية معقدة وينصح بالاستعانة بأجراء تحاليل لعينات التربة وللنماذج النباتية مع الاخذ بنظر الاعتبار نوع النبات وعمره والعضو النباتي.

تمثيل النتروجين والكبريت

ان استلام غاز ثاني اوكسيد الكبريت ليس هي العملية الوحيدة لعملية التمثيل التي بواسطتها يكون النبات قادرا على تكوين كميات كبيرة من المركبات العضوية من مصدر غير عضوي. وهذه الحالة تكون غير صحيحة ايضا في تمثيل النتروجين والكبريت اللذين يعتبران من العناصر الضرورية للكائنات الحية. النتروجين يوجد في كل الاحماض الامينية والبروتينات والانزيمات المساعدة والكبريت يوجد في بعض من هذه المركبات. ان العمليات التي بواسطتها تحول النباتات النتروجين غير العضوي (N_2 ، NH_4^+ ، NO_3^-) والكبريت غير العضوي (SO_4^{2-}) الى أشكالها العضوية هي مهمة في علم الاحياء.

اختزال النترات

تعتبر النترات في اكثر الاحيان المصدر الرئيس للنتروجين الجاهز للنبات ولغرض قيام النتروجين بعملياته الحيوية فانه يجب ان يختزل اولا الى امونيوم وهذه العملية تسمى باختزال النترات Nitrate reduction التي تتكون من خطوتين اساسيتين وهما اختزال NH_3 الى NO_2 وبعد ذلك اختزال NO_2 الى NO_3 ان ميكانيكية تمثيل NO_3 في اجزاء النبات الخضراء التي اصبحت معروفة ومقبولة وموضحة في الشكل



شكل (3.27) مخطط يوضح اختزال NO_3^- و NO_2^-

ان الانزيمين المشتركين في هذه العملية هما Nitrate reductase و Nitrite reductase ان الانزيم Nitrate reductase يساعد في اول خطوة اي من NO_3 الى NO_2 التي تحصل في السيتوبلازم اما الاختزال الاخر من NO_2 الى NH_3 فانه يحصل في البلاستيدات الخضراء

بمساعدة الانزيم Nitrite reductase الانزيمين المذكورين اعلاه يقومان بوظائفهما على شكل خطوات بصورة سلسلة ولهذا فلا يحصل تجمع للنتريت بكمية تذكر.

يحتوي الانزيم Nitrate reductase على المولبيديوم (Mo) يعمل على شكل حامل للإليكترونات في عملية نقل الاليكترونات من مصدر القوة المختزلة الى ذرات الاوكسجين العائدة الى النترات.

ان الخطوة الثانية في عملية تمثيل النترات هي اختزال NO_2 الى NH_3

$$NO_2^- + 6H^+ + 6e^- \rightarrow NH_3 + H_2O + OH^-$$

هذا يحصل في البلاستيدات الخضراء بمساعدة الانزيم الاساسي Nitrite reductase في هذه الخطوة يحتاج مختزل قوي وهذا المختزل في الخلايا الخضراء يجهز بواسطة المركب ذي الوزن الجزيئي الواطئ والحاوي على الحديد وهو ال Ferredoxin .

ان حاصل تأثير كل من الإنزيمين Nitrate reductase و Nitrite reductase يمكن ان يوضح ويكتب كما يلي

$$NO_3- + 8H^+ + 8e^- \rightarrow NH_3 + 2H_2O + OH^-$$

ان ثمانية الكترونات مكافئة وثمانية ايونات هيدروجين مكافئة تستهلك في اختزال مول واحد من NO_3 الى NH_3 ان هذا التفاعل يؤدي الى زيادة الرقم الهيدروجيني حيث تأثيره قاعدي لتكون وزن مكافئ واحد من OH. اذا حدث اختزال للنترات في اجزاء النبات الخضراء فان ذلك يحفز تجمع malate في السيتوبلازم والفجوة وهذا له علاقة بامتصاص وانتقال الايونات.

ان الضوء يلعب دورا هاما في تمثيل النترات حيث انه عند نقل النباتات الخضراء من ظروف الضوء الى ظروف الظلام فان نشاط الانزيم Nitrate reductase يقل حتى ولو كانت كمية النترات الموجودة ملائمة، يمكن ان يحصل تجمع للنترات كثيرا في المحاصيل كنتيجة لقلة شدة الضوء ومستوى التسميد العالي بالنترات وهذه الحالة تعتبر مصدر خطر في حقول الحيوانات وتغذية الانسان. كما ان تمثيل النترات بواسطة النبات يتأثر بالتغذية المعدنية وخاصة بعنصر المولبيديوم وكما موضح سابقا بانMOهو من المكونات الضرورية لأنزيم Nitrate reductase في حالة نقص MO يحصل تجمع للنترات وان المحتوى من مركبات النتروجين الامينية الذائبة يقل بسبب غياب NH_3 الجاهز لتكوين الاحماض الامينية. المنغنيز يستطيع ايضا بصورة غير مباشرة ان يؤثر في تمثيل النترات حيث انه ضروري في النظام الضوئي وكذلك ضروري في جريان الاليكترونات من الماء بواسطة Ferredoxin الى الانزيم Nitrite reductase.

تثبيت النتروجين

ان الهواء الجوي يجهز مخزنا للنتروجين وهذا النتروجين لا يكون جاهزا بصورة مباشرة للنبات الراقية. قبل ان يتمثل هذا النتروجين يجب ان يحول اولا الى الشكل المثبت اما بواسطة الاكسدة وتحوله الى NO_3–N او بواسطة الاختزال وتحوله الى NH_4–N . ان النتروجين الجزيئي يكون غير فعال اي فاقد للنشاط الكيميائي الحيوي. ولا حداث التغيرات التي ذكرت عليه فانه يحتاج الى طاقة. انواع مختلفة من الكائنات الحية الدقيقة تكون قادرة على اختزال N_2 الجوي الى NH_3 تحت الظروف الحرارية والضغط المحيط بالتربة. هذه الكائنات الحية الدقيقة تلعب دورا ذا اهمية بالغة في دورة النتروجين في الطبيعة وذلك بتحويل النتروجين الجزيئي N_2 الى شكل عضوي وبهذا يصبح النتروجين الجوي جاهزا لكائنات حية اخرى. هذه العملية تسمى بتثبيت النتروجين N_2–fixation .

ان كمية النتروجين المختزلة بهذه الطريقة تكون هائلة وهي اربعة اضعاف كمية النتروجين المثبتة بالصناعة الكيميائية وهذا يوضح اهمية تثبيت النتروجين بيولوجيا.

ان الكائنات الحية الدقيقة القادرة على تثبيت N_2 يمكن ان تقسم الى الكائنات ذات المعيشة الحرة والكائنات ذات النظام التعايشي مع النباتات الراقية وتعتبر من الناحية الزراعية الحالة التعايشية بين البكتريا Rhizobium والمحاصيل البقولية ذات اهمية كبيرة.

تمثيل الكبريت

ان المصدر الاكثر اهمية للنباتات الراقية من الكبريت هو Sulphate وان تمثيل الكبريت يشبه تمثيل النترات. ان الكبريتات التي تمتص من قبل خلايا النبات يجب ان تختزل بسبب ان اكثر الجزيئات العضوية الرئيسة الحاوية على الكبريت يوجد الكبريت فيها بصورة مختزلة وهذه المركبات العضوية تضم Cysteine و Methionine وكذلك البروتينات التي تحتوي على هذه الاحماض الامينية. ان تفاعل الكبريتات يحتاج الى طاقة بشكل ATP ومكافئات مختزلة ولهذا فان عملية الاختزال تعتمد على عملية التركيب الضوئي والطاقة ATP . اختزال الكبريتات يحدث بواسطة عدد من الكائنات الحية التي تضم النباتات الراقية والطحالب والفطريات والطحالب ذات اللون الازرق المخضر والبكتريا.

الاسمدة العضوية وغير العضوية

تتأثر نوعية حاصل النبات بدرجة كبيرة بتغذية النبات. والسؤال الذي يطرح هو انه هل توجد فروقات رئيسة في نوعية الحاصل نتيجة التجهيز بالأسمدة العضوية والاسمدة غير العضوية. لقد اعتقد في اكثر الاحيان من قبل الذين يعتقدون بانهم اكثر علما وفهما انه لبعض الاسباب تسبب الاسمدة غير العضوية الامراض للإنسان والحيوان وانه يجب ان لا يحسب لها اي حساب من

حيث الاضافة الى التربة. هنا عدة نقاط يجب ان توضح بصورة جيدة يجب ان نتذكر اولا انه حتى في الاسمدة العضوية مثل السماد الحيواني الحقلي والسماد الاخضر ان معظم العناصر الغذائية التي تظم البوتاسيوم والمغنسيوم والفسفور توجد على شكل غير عضوي. العناصر الاخرى مثل النتروجين والكبريت تتحول الى صور غير عضوية بواسطة الكائنات الدقيقة الموجودة في التربة قبل حصول عملية امتصاصها من قبل جذور النبات. لهذا فانه حتى لو جهز النبات بأسمدة عضوية فانه يمتص العناصر بصورة غير عضوية نتيجة تحول هذه المواد العضوية. هذا هو السبب الاساسي الذي يعود اليه الاختلاف بين النباتات التي تجهز بالأسمدة العضوية او بالأسمدة غير العضوية. ان الاسمدة العضوية وغير العضوية تختلف من حيث جاهزية العناصر الغذائية التي تحتويها. العناصر الغذائية الموجودة في الاسمدة غير العضوية تكون جاهزة بصورة مباشرة الى جذور النبات، بينما العناصر الغذائية للأسمدة العضوية وخاصة النتروجين العضوي تكون درجة جاهزيتها واطئة. فقط ثلث النتروجين العائد للسماد الحيواني الحقلي المضاف الى التربة يكون جاهزا للنبات في السنة الاولى. هذا التحرر البطيء نسبيا لنتروجين السماد العضوي له بعض الايجابيات على نوعية المحصول مقارنة بنتروجين الاسمدة غير العضوية، ولكن هذا التأثير الايجابي يمكن الحصول عليه نتيجة اضافة الاسمدة النيتروجينية غير العضوية بالوقت المناسب او اضافتها على دفعات.

من العوائق التي تقف امام استعمال الاسمدة العضوية (مخلفات الحيوان و السماد الاخضر) هو كون هذه الاسمدة تعتمد على العوامل المناخية في تحرر النتروجين منها. تحول النتروجين الاميني والنتروجين المختلف للمواد العضوية الى الامونيوم بعملية الاختزال وبعد ذلك اكسدته الى النترات يرتبط بعدد من الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة، والتي بدورها تعتمد على ظروف التربة في اداء عملياتها الحيوية. درجات الحرارة الواطئة او الجفاف يقلل من نشاط هذه الكائنات مما يؤدي الى قلقة تحرر النتروجين الجاهز. عندما يمزج السماد العضوي مع التربة في الربيع الجاف فانه ربما لا يحصل اي تحلل وبهذا تكون كمية النتروجين الجاهزة قليلة جدا وفي وقت احتياجها. اذا تبع هذه الفترة الجافة صيف رطب او خريف فان معدنة النتروجين العضوي تحدث بسرعة وتجهز النتروجين في الفترة التي ليس للنبات حاجة اليه. وهذا النتروجين ربما يغسل ويشارك بالتلوث هذا ليس مثالا نظريا بل هو ما يحصل حقا في الحياة الزراعية التطبيقية. اذا حصل تحرر للنتروجين بمعدل عال من الاسمدة العضوية في نهاية الموسم ربما يؤثر في نوعية الحاصل ويقلل من الجودة، هذا التحرر المتأخر للنتروجين ايضا يفسر تجمع النترات الذي يحصل في محاصيل الخضر المضافة اليها اسمدة نيتروجينية عضوية.

ان اضافة المادة العضوية يؤدي الى زيادة محتوى التربة من المادة العضوية وهذا له تأثير ايجابي في تركيب التربة والاحتفاظ بالماء ونفاذية مياه الامطار وغيرها من صفات التربة. هذه

التأثيرات يكون وضوحها متميزا في الترب الرملية. ان مشاركة الاسمدة العضوية بالمواد الدبالية في التربة كان هناك في اكثر الاحيان مغالاة في تقييمها.

الاسمدة غير العضوية ايضا تستطيع زيادة محتوى التربة من المادة العضوية وهذا يعود الى زيادة الحاصل ينتج عنها بقايا نباتات وجذور بكميات كبيرة وهذه بدورها تحسن من تركيب التربة.

في الزراعة التطبيقية العملية الاستعانة الكاملة بالسماد الحيواني ليحل محل الاسمدة غير العضوية لا يمكن ان يكون وذلك لعدم وجود الكمية الكافية من السماد الحيواني الجاهز الذي يحافظ على موازنة العناصر الغذائية.

عندما يكون هناك حقل تستعمل فيه الاسمدة العضوية (حقل عضوي) يكون هناك حاجة لوضع عناصر غذائية الى هذا الحقل اذا اريد المحافظة على مستويات المحصول. هذه العناصر الغذائية يجب ان يكون مصدرها غير عضوي. وهذه ربما تكون من اغذية الحيوان او باستعمال اسمدة مثل الجير او الصخور الفوسفاتية. العنصر الرئيس الوحيد والذي يمكن نظريا المحافظة على مستواه بدون اضافة اسمدة غير عضوية هو النتروجين. النتروجين يمكن ان يجهز بصورة كاملة بواسطة التثبيت باستعمال النباتات البقولية وللوصول الى هذا الغرض يجب استعمال مساحة ارض زراعية كبيرة والهدف الرئيس منها تثبيت النتروجين الجزيئي.

الماء والتغذية في النبات

للماء اهمية كبيرة اذ ان اساس الحياة يرتبط ارتباطا وثيقا بوجود الماء فهو مصدر لعنصر الهيدروجين والذي يعتبر ضروريا لكل الجزيئات العضوية. والماء مذيب لكثير من المواد كالأملاح التي تعتبر المصدر الرئيس لأيونات العناصر الغذائية في التربة كما انه مذيب للسكريات والانيونات العضوية، وهو الوسط الذي تحدث فيه كل التفاعلات الكيمياوية والحيوية للنبات. والماء يسمح بانتشار المواد الذائبة وجريانها وانسيابها الكتلي ولهذا فان الماء يعد ضروريا لامتصاص وانتقال المغذيات ونواتج التفاعلات الحيوية الى باقي اعضاء النبات الاخرى. فضلا عن ذلك فان للماء فعلا مهما في الفجوات العصارية للنباتات اذ يسبب ضغطا على برتوبلازم وجدار الخلية والذي يعرف بالضغط الانتفاخي ΨP (turgor pressure) وبذلك فانه يحافظ على صلابة الاوراق والجذور وغيرها من الاعضاء النباتية. ان الجهد المائي ΨW (Water potential) كان له الفضل في فهم الاساس العلمي للعمليات التي يساهم فيها الماء. ان مصطلح الجهد المائي يوضح ما موجود من قوة او طاقة كيمياوية دافعة او كامنة في الماء ويمكن تعريف الجهد المائي بانه الفرق في الجهد الكيمياوي الناتج عن الفرق تركيز المحلول المائي (الماء المحتوي على مواد ذائبة فيه) وبين تركيز الماء النقي الحر تحت درجة حرارة واحدة ولوحدة حجم واحدة. ان وحدة الجهد المائي هي وحدة الضغط ، والضغط يقاس عادة بـ bar او ضغط جوي(atmosphere) والبار يعادل 10^6داين/سم^2 والبار يعادل ايضا 0.987 ضغط جوي atm. افترض ان الجهد المائي للماء النقي الحر يساوي صفرا وهذا يعني ان نشاط حركة جزيئات الماء المقطر النقي الحر اعلى ما يمكن ويقل الجهد المائي للماء كلما زاد تركيز المواد الذائبة فيه اي يقل نشاط حركة جزيئاته بزيادة المواد الذائبة في الماء. وجد ان الجهد المائي للأنسجة النباتية يكون ما بين 10- 20 بار في حين ان الجهد الازموزي (الضغط الازموزي) للمحاليل المغذية يكون بين 0.5-1 بار اما الجهد الازموزي لمحاليل التربة غير الملحية والحاوية على كمية من الماء فهو يماثل تقريبا الجهد الازموزي للمحاليل المغذية ويكون من 1-2 بار.

يتأثر الجهد الازموزي بعدد من العوامل منها

1. الضغط الهيدروستاتيكي الخارجي المعرض له الماء.
2. وجود المواد الذائبة في الماء.
3. القوى المرتبطة بالسطوح الصلبة والسائلة Ψm matric forces.
4. التأثيرات الكهربائية الناجمة عن الشحنات الموجبة و السالبة للأيونات او الشحنات السالبة والموجبة لغرويات التربة والمسماة بالطبقة الكهربائية المزدوجة electric double layer او الشحنات السالبة لجدار الخلية وغشاء البلازما.

5. تأثيرات الجاذبية ربما تكون ذات اهمية في بعض الحالات الخاصة.
6. تأثير درجة الحرارة Ψt temperature.

ولكن غالبا ما تهمل تلك التأثيرات ويؤخذ بنظر الاعتبار ثلاثة مكونات للجهد المائي وهي الموضحة في المعادلة الاتية ΨW=Ψp+Ψs+ Ψm حيث ان

ΨW= الجهد المائي والذي يمثل القوة المحركة لانتقال الماء والناتج عن الفرق في الجهد المائي بين نقطتين والذي يمثل الفرق في التركيز بين المحلولين والذي يشير الى الفرق في القوة او الطاقة الكيمياوية الدافعة او الكامنة للماء معبرا عنها بالضغط الجوي او البار.

Ψp= ضغط الانتفاخ والذي يعبر عن القوة المبذولة على الجدار الخلوي وغشاء البلازما من داخل الخلية الى الخارج بوحدة الضغط الجوي.

Ψs= الجهد الازموزي والناتج عن المواد الذائبة وهو يمثل القوة المحركة لجزيئات الماء من محلول التربة الخارجي الى داخل الخلية (المحلول الداخلي) بوحدة الضغط الجوي.

Ψm= القوة الهيكلية وهو ناتج عن تأثير السطوح الصلبة في الطور المائي ويسمى هذ المكون بجهد التشرب حيث ان الماء يمكن ان يحيط بجزيئات كبيرة مثل البروتينات والسكريات المتعددة بواسطة اواصر الهيدروجين بوحدة الضغط الجوي.

وبهذه الكيفية يمكن ان تتشرب imbibition سطوح الخلايا والاغشية المائية بالماء. علاوة على هذا التأثير الامتصاصي فقد يحمل الماء شعريا capillary بوساطة تأثير الشد السطحي surface tension وهذه القوى التي يطلق عليها matric forces. وبما ان هذه القوى تعرقل حركة الماء فأنها تؤدي الى خفض الجهد المائي ولهذا فان قيمته Ψm تكون سالبة. في حين ان قيمة ضغط الانتفاخ تزيد من قيمة الجهد المائي ولذلك فأنها تحمل اشارة موجبة غالبا.

في اجزاء النبات الحديث العمر تكون نسبة الماء المقيد بواسطة قوى الـ matric قليلة جدا ولذلك فانها تهمل غالبا ويكون لهذا اهمية في التربة او عندما تكون الانسجة النباتية قد استغلت اكثر من 50% من محتواها المائي. ويصبح الجهد المائي مكونا فقط في مكونين وكما يأتي

ΨW=Ψp+Ψs ان وجود الذائبة في الماء يؤدي الى تقليل تركيز الماء وبعبارة ادق يؤدي الى تقليل نشاط حركة جزيئاته وهذا بدوره يخفض الجهد المائي ومن ثم قلة قابلية نفاذ الماء اي انتشاره من المحلول الخارجي الى داخل النبات. ان الجهد الازموزي Ψs هو دائما ذو قيمة سالبة اي اقل من صفر والذي هو قيمة الجهد المائي للماء الحر النقي.

ان كلا من قوى الـ matric Ψm والمواد الذائبة Ψs تخفض من الجهد الازموزي (اي تزيد قيمته السالبة) ولهذا السبب فان الجهد المائي لأجزاء النبات (الاوراق ، السيقان ، الجذور) تكون سالبة، غير انه تحت ظروف معينة ربما يكون الضغط الهيدروستاتيكي في الفجوات عاليا فيؤدي الى حصول الجهد المائي على قيمة الصفر في حالة الانتفاخ.

ان الجهد المائي يمثل القوى المحركة لانتقال الماء وان حركة الماء في الخلايا والانسجة النباتية تحصل من الجهد المائي العالي (الاقل تركيزا اي ذو المحتوى المنخفض من المواد المذابة) الى الجهد الواطئ (الاكثر تركيزا اي ذو المحتوى العالي من المواد المذابة).

تعتمد حركة الماء بين النقطتين على الاختلاف بالجهد المائي وعلى مقاومة الجريان او السريان او الانسياب الكتلي mass flow ومثل هذه المقاومات في النبات هي جدران الخلايا والاغشية الحيوية والكيوتيكل وغيرها. عندما تقل جاهزية الماء في التربة ويكون الناتج عاليا فتكون النتيجة قلة الماء المتواجد في الخلايا وبهذا تصبح النتيجة سالبة (اي فقدان الماء من قبل النبات اعلى من ΨW يعني انخفاض قيمة الجهد المائي امتصاصه وتصبح قيمة الجهد المائي سالبة بدرجة اعلى مما كانت عليه سابقا). وعندما يكون فقد الماء عاليا يذبل النبات ويوقف الانخفاض الشديد في الجهد المائي في هذه الحالة نمو النبات.

ان الطريق السهل والمتعارف عليه لموازنة فقد الماء وتجنب انخفاض الجهد المائي هو الري، اذ لوحظ ان للري تأثير ايجابي في الحاصل، اذ تبين زيادة امتصاص النتروجين من قبل النبات بزيادة اضافة السماد النتروجيني نتيجة لعملية الري ، وان الامتصاص العالي للنتروجين في المعاملة المروية كانت موازية للزيادة في الحاصل. هذا وتختلف الاحتياجات المائية للنباتات باختلاف مراحل نموه.

النتح

يعرف بانه عملية فقد الماء من النباتات بشكل بخار. على الرغم من اهمية المياه فان كميته المستغلة فعليا في العمليات الحيوية للنبات، لا تشكل الا جزءا بسيطا من الكمية الكبيرة التي يمتصها النبات، وان نسبة كبيرة من هذه المياه تصل 99% من مجموع ما يمتصه النبات تتسرب عبر الاوراق والساق، على هيئة بخار وتسمى هذه العملية بالنتح Transpiration. النتح عملية مفيدة للنبات لأنها تقوم بتبريد الاوراق وتسبب صعود العصارة النباتية وتزيد من امتصاص العناصر المعدنية، كما يعزى له دور في نمو وتطور النبات والمحافظة على الانتفاخ الامثل للخلايا. ويرى البعض بان احسن طريقة للتعبير عن عملية النتح بانها شر لا يمكن تجنبه وان سبب عدم امكانية تجنبه هو التركيب التشريحي للورقة وسببه كونه شر لأنه غالبا ما يؤدي الى نقص الماء في النبات واحداث اضرار له نتيجة جفافه.

مقر النتح

يقسم النتح الى صنفين اساسيين عبر الثغور وعبر الادمة مع العلم ان اكبر نسبة من الفقد تتم عبر النتح الثغري بينما لا يمثل نتح الادمة سوى حوالي 5-10% من مجموع ما يفقده النبات من المياه في المناطق المعتدلة وفي العموم لا يكون نتح الادمة مهما الا في نباتات المناطق الرطبة ذات الادمة الرقيقة ويكون اقل اهمية لدى نباتات المناطق الجافة المحتوية على ادمة غليظة. كما

يمكن مشاهدة نوع ثالث يعرف بالنتح العديسي اقل اهمية من النوعين السابقين ويتم عبر فتحات دقيقة في الانسجة الفلينية التي تغطي اسطح السيقان والافرع.

الية انفتاح وانغلاق الثغور

للخلايا الحارسة جدار داخلي سميك والمواجه للفتحة الثغرية مقارنة مع الجدران المقابلة لها اي الخارجية ذات الجدران المرنة. يزداد الضغط الانتفاخي للخلايا الحارسة بدخول الماء اليها من الخلايا المجاورة. بانتفاخ الخلايا الحارسة تتأثر جدرانها الخارجية وهي الارق بشكا اكبر من تاثر الجدران السميكة اي الداخلية، ولذلك تتمدد الى داخل خلايا البشرة المحيطة. ويؤدي التغير الحاصل في شكل الخلايا الحارسة الى زيادة مساحة فتحة الثغر. اما نقصان الانتفاخ في الخلايا الحارسة فيحدث بسبب فقدان الماء ومن ثم يسمح بتقلص الحجم بان تستعيد الجدران الداخلية المرنة شكلها الاولي مما يسبب في انغلاق الثغر.

اننا نجهل دائما الحقيقة التي تدفع بالخلايا الحارسة بامتصاص او فقد الماء واعتقد الجميع لمدة طويلة ان مواد تحلل النشا هي التي تساهم في انطلاق ظاهرة الحلول Osmose ففي عام 1968 قام احد العلماء بغطس شرائح من البشرة السفلية لنبات فول داخل محلول من كلوريد البوتاسيوم بتراكيز مختلفة. فلاحظ عند الاضاءة وفي جو فقير من غاز ثاني اوكسيد الكاربون انفتاح الثغر، لان الخلايا الحارسة تمتص ايونات البوتاسيوم متبوعة بارتفاع للضغط الحلولي (الازموزي). ويبدو ان النقل الفعال يتدخل في امتصاص ايونات البوتاسيوم عند بدء عملية البناء الضوئي ، ويرجع ذلك الى ان البناء الضوئي يحدث انخفاضا في تركيز غاز ثاني اوكسيد الكاربون داخل الورقة فيتم عندها بسرعة امتصاص البوتاسيوم بواسطة الخلايا الحارسة متبوع بفتح الثغر وبالعكس فان الحركة للبوتاسيوم خارج الخلايا الحارسة يحدث غلق للثغر الناجم عن الانكماش.

لا يمكن للبناء الضوئي ان ينظم لوحده هذه الالية، ان لكمية الماء المتوفرة في خلايا الورقة دورا تلعبه ايضا. عندما ينقص ماء الورقة فأنها تذبل وتغلق الثغور وهذا ناجم عن هرمون نباتي يعرف بحامض الابسيسيك تفرزه الخلايا عندما يكون هناك اجهاد او نقص مائي مما يجبر البوتاسيوم على مغادرة الخلايا الحارسة ويعرف هذا الهرمون النباتي من طرف علماء فسلجة النبات بهرمون الاجهاد او النقص المائي كما لوحظ في دراسات عديدة ان الاس الهيدروجيني المرتفع يحفز فتح الثغور اما الاس الهيدروجيني المنخفض فيحفز غلق الثغور.

العوامل المؤثرة على شدة النتح

يمكن تقسيمها الى صنفين احدهما خاص بعوامل النبات والاخر بالعوامل البيئية

اولا عوامل النبات

أ. نسبة المجموع الجذري الى نسبة المجموع الخضري: عندما تكون جميع الظروف مناسبة للنتح فان كفاءة سطح الامتصاص (سطح الجذر) والسطح الناتح (سطح الورقة)هما المتحكمان في معدل النتح، فلو كان امتصاص الماء اقل من النتح فان النبات يعاني من نقص الماء بداخله وبالتالي سوف يقل النتح، فقد وجد ان النتح يزداد بزيادة نسبة الجذر الى الساق.

ب. مساحة الورقة: من المنطق ان نفترض انه كلما كبرت مساحة الورقة زاد فقد الماء، هذا الافتراض صحيح، الا ان التناسب بين مساحة الورقة وفقد الماء غير صحيح. لذلك فقد لوحظ ان تقليم اشجار الفاكهة يزيد من معدل نتحها لكل وحدة من مساحة الورقة، الا ان الماء الكلي المفقود يكون اعلى في الاشجار غير القلمة. وربما تنشا هذه الحالة من تلك الحقيقة، الا وهي ان المجموع الجذري للأشجار المقلمة يمدها بكمية اكثر من الماء الى عدد اقل من الاوراق وبالتالي زيادة كفاءة النتح.

ت. عدد الثغور وتركيب الورقة: تظهر في العادة نباتات المناطق الجافة عددا من التحورات التركيبية خاصة بأوراقها، فالأوراق تلك النباتات طبقة ادمية شمعية سميكة وجدر خلوية سميكة وخلايا برانشيمية عمادية ذات تطور عالي، وثغر غائرة وتغطى بشعيرات بشرية ميتة....الخ. فعند مقارنة اوراق نبات من المناطق الجافة مع اوراق نبات من المعتدلة بالعيش في ظروف الجفاف جنبا الى جنب فسوف نلاحظ الذبول المبكر على اوراق نباتات المناطق المعتدلة قبل ظهورها على اوراق نباتات الجفاف بمدة زمنية اطول. كما ان ثغور اوراق نباتات المناطق الجافة تغلق تحت ظروف الجفاف وفي وجود الضوء أيضا، وعندها يمثل نتح الادمة الوسيلة الوحيدة لفقد الماء. كما لاحظ العديد من الباحثين ان الامداد الكافي بالماء، يؤدي الى ان معدل النتح لأنواع المناطق الجافة يكون اعلى منه في نباتات المناطق المعتدلة، ويرجع ذلك جزئيا الى العدد الاكبر من الثغور لوحدة المساحة، والتشعب الغزير للعروق في اوراق نباتات المناطق الجافة يكون عاليا مقارنة مع نباتات المناطق المعتدلة. كما يمكن تصنيف النباتات وفق اوساطها البيئية المناسبة.

ث. المرض: ان تأثير الامراض على العلاقات المائية للنبات نادرا ما يلفت انتباه الباحثين؟ ومع ذلك فقد اشار البعض بانه عند عملية تكوين ابواغ الصدأ على اوراق الفاصوليا المصابة به، لوحظ ازدياد عملية النتح في هذه النباتات بمقدار 50% عنه في النباتات السليمة، كما لوحظ ازدياد النتح عندما تصاب اوراق الشعير بمرض العفن الفطري.

التغذية المعدنية ومقاومة النباتات او حساسيتها للإصابة بالأمراض والآفات الضارة الاخرى

ان وجود العناصر الغذائية في محلول التربة او في داخل النبات بشكل غير متوازن (سوء التغذية النباتية) يجعل النبات يعاني من النقص او السمية بعنصر غذائي او اكثر مما يخلق ظروفا مناسبة ومساعدة لانتشار الامراض والآفات الاخرى لما تحدثه من اختلال في التفاعلات الحيوية المختلفة التي يقوم بها النبات حيث ينتج عنه تكون مادة او اكثر تحفز نمو وانتشار الطفيلي.

ان مقاومة النباتات يمكنها ان تتأثر سلبا او ايجابا بعوامل البيئة المحيطة والتي منها التغذية المعدنية. ويقصد بالمقاومة انها قدرة النباتات على تحمل العوامل الخارجية بحيث تنمو نموا صحيحا خاليا من الاصابة لتعطي اعلى حاصل واجود نوعية وباقل التكاليف. لذلك يجب ان يوضع بعين الاعتبار ان النقص او الزيادة بالعناصر الغذائية تؤثر في مدى اصابة النباتات بالأمراض والحشرات. ان اختيار نوعية المغذيات من شانها تثبيط النمو وعرقلة العلاقات المتبادلة بين النبات والطفيلي والتي تعمل على خلق وتهيئة الظروف الملائمة والتي تجعل النبات مقاوما للطفيلي.

ان النباتات المغذاة بصورة كافية ومتوازنة من العناصر الغذائية تكون مناعتها ومقاومتها للإصابة بالأمراض والحشرات افضل من النباتات التي تعاني من النقص بأحد العناصر الغذائية او المغذاة من جانب واحد (بمعنى التغذية بإضافة سماد كيمياوي يحتوي على احد العناصر الغذائية مع اهمال العناصر الغذائية الاخرى) او النباتات التي تعاني من السمية بعنصر غذائي معين. فنمو النباتات المغذاة من جانب واحد لا يكون غير صحي فحسب ولكن يحدث فيها اختلال في تفاعلاتها الايضية وتكون اكثر عرضة للإصابة بالبكتريا والفطريات والحشرات والفيروسات.

فقد اوضح العديد من العلماء ان النبات المغذى تغذية جيدة يكون نموه افضل ونادرا ما يتعرض للإصابة بالأمراض والحشرات. ونود ان نلخص بعض النقاط حول العلاقة بين الاسمدة ومقاومة النباتات للمسببات المرضية والحشرية بالاتي:

1. هناك تأثير للأسمدة على درجة تفاعل التربة مثل الامونيا واليوريا وهذه تؤدي الى قتل الكثير من المسببات المرضية ونها الامراض الفيروسية.
2. الاسمدة العضوية والتي من شانها زيادة نشاط احياء التربة فقد تؤدي الى انتاج بعض المضادات الحيوية والتي تفتك بأنواع مختلفة من المسببات المرضية.
3. النباتات المغذاة تغذية جيدة ومتزنة تكون قدرتها اعلى للتغلب على التقلبات البيئية المفاجئة كهبوب الرياح او سقوط الامطار او التعرض للبرد.
4. ان ما تحدثه التغذية المعدنية من تغيير في التركيب المورفولوجي او النسيجي كان يحدث تقوية لطبقة الكيوتيكل او ترسيب السيلكا في الانسجة او تقليل نفاذية الانسجة او زيادة الشعيرات في طبقة البشرة يكون بلا شك له دور في رفع مناعة النباتات وقلة تعرضها للإصابة بالأمراض والحشرات.
5. قد يكون للأسمدة تأثير على العوامل المؤثرة في التفاعلات الحيوية كمثبطات ومحفزات النمو كالهرمونات النباتية.
6. قد يكون للتغذية المعدنية دور في انتاج مضادات حيوية للفطريات والتي قد تتكون بواسطة الفطريات نفسها او نتيجة للتفاعلات الحيوية للنبات نفسه.
7. الموت السريع الذي يحدث للخلايا والانسجة النباتية حول المنطقة المصابة نتيجة لحساسيتها المفرطة يقلل فرصة انتشار المرض الى الانسجة السليمة المجاورة.
8. بناء طبقة فلينية حول المنطقة المصابة يقلل ايضا فرصة انتشار المرض.

ان اضافة الاسمدة تؤدي الى زيادة الحاصل وتحسين نوعيته ولكن حاليا هناك اتجاه لمعرفة تأثير هذه الاضافات على تلوث البيئة (تقريبا كما هو الحال نتيجة لتوسع في استخدام المبيدات). ويجب ان يكون الهدف والمبدأ من اضافة الاسمدة الكيميائية هو حاجة النباتات فقط بحيث لا تمثل تلك الاضافات نقصا او سمية بها لرفع كفاءة النباتات لمقاومة الامراض والحشرات او تحملها لظروف البرد او الجفاف كما يجب ان يراعى فيها محتوى النباتات من العناصر الغذائية والمركبات العضوية وغير العضوية الناتجة عنها لكي تفي بحاجة الانسان او الحيوان الذي يتغذى عليها وحتى لا تكون سامة او ضارة له. وعلى هذا الاساس فان الاتجاه الذي كان سائدا في الماضي وهو استخدام كميات عالية من الاسمدة الكيميائية لا يمكن القبول بها حاليا وتحتاج الى اعادة النظر فيه والى اجراء الدراسات والبحوث والتفكير من جديد لبحث العلاقات وتأثيرات

المختلفة والمتبادلة بين التغذية المعدنية ومقاومة النباتات للأمراض والحشرات من وجهة نظر جديدة ومغايرة لما كان متبعا في الماضي.

ان في الخلية النباتية الواحدة يوجد الاف الانزيمات والتي طبقا للشفرة الوراثية تعمل معا او على التعاقب ومن المعروف ان هذه الانزيمات لا يمكن ان تتكون او تعمل في حالة نقص او غياب العناصر الغذائية وخاصة الصغرى اذ تلعب دورا هاما في ميكانيكية التفاعلات المسؤولة عن الدفاع عن النبات فهي اما ان تدخل مباشرة في تكوين الانزيم او انها ضرورية لنشاطه كدخولها في مرافقة الانزيمات وعلى هذا الاساس فهي تعمل كمحفزات او مثبطات للنمو.

دور التغذية الكاملة

يقصد به التأثيرات الناتجة من جميع العناصر الغذائية وليس تأثير كل عنصر غذائي على انفراد. يجب ان يراعى في اضافة الاسمدة الكيميائية الناحية الصحية للنبات فقد تكون العناصر الغذائية مكملة بعضها البعض او قد يكون لاحدها تأثير مضاد لعنصر اخر وخصوصا اذا ما كانت الكمية المضافة اعلى من الكمية المطلوبة.

ان تأثير العناصر الغذائية وعلاقتها بمقاومة النباتات للأمراض والآفات الضارة الاخرى يجب الا ينظر اليها بمنظار مجرد انها تعتمد على النقص او الزيادة بالعنصر الغذائي المعين ولكن يجب ان تكون مرتبطة تماما بالتغذية النباتية ككل ومدى علاقة كل ذلك بهذه المسببات.

كما نود ان نشير ان ما ذكر من علاقات وتأثيرات لهذه العناصر الغذائية على المسببات المرضية والحشرية هي مجرد معلومات عامة ويجب الا تؤخذ على انها نهائية وتحتاج من العاملين المزيد من البحث والدراسة ويجب ان يكون ذلك مدعوما بالتحاليل المختبرية المتطورة.

كما يجب ان يراعى ان اضافة المغذيات النباتية ليس فقط للحصول على اعلى حاصل بل الصحة العامة للنبات وكذلك مراعاة عدم تلوث البيئة ومراعاة صحة الانسان والحيوان الذي يتغذى على هذه المنتوجات النباتية.

التسميد الورقي

تعتبر التغذية اللاجذرية او التغذية الورقية او التسميد الورقي من العلامات الهامه على طريق تطور الزراعة الحديثة ، حيث اثبتت البحوث والتجارب امكانيه امداد النبات واشجار الفاكهة بالعناصر المختلفة ، عن طريق رش النباتات بمحاليل هذه العناصر بطريقه فعالة ، سواء بالتغذية الكاملة او المكملة ، فجميع العناصر الغذائية التي تمتص بواسطه الجذور ، يمكن ايضا ان تمتص بواسطه اوراق النبات ، بالإضافة الى الاجزاء النباتية الاخرى التي تظهر فوق سطح التربة مثل السيقان والثمار.

كما اثبتت الدراسات أن امتصاص العناصر الغذائية بواسطه الاوراق ، عاده يكون اكثر سرعه وكفاءة من الامتصاص من خلال الجذور ، خصوصا عندما تكون ظروف التربة غير مناسبه لامتصاص العناصر ، مثل ارتفاع القاعدية ، ودرجه حموضه التربة ، ووجود كربونات الكالسيوم ،والفقد بالغسيل.

وتستخدم طريقة التسميد بالرش في أغراض مختلفة من أهمها علاج أو تصحيح نقص أحد أو بعض العناصر الغذائية أو المحافظة على الحالة الغذائية المناسبة للنباتات التي تنمو بسرعة أكبر من قدرة جذورها على امداد الأجزاء العليا باحتياجاتها من العناصر الغذائية– كذلك قد يكون التسميد بالرش ضروري عند وجود مشاكل بالتربة تقلل من قدرة الجذور على امتصاص العناصر الغذائية منها مثل انخفاض درجة حرارة التربة أو ارتفاع نسبة كربونات الكالسيوم أو ارتفاع مستوى الملوحة أو عند التسميد الأرضي لضرورة غسيل التربة بمياه نقية.

يتضح من ذلك أهمية الاستفادة من طريقة التسميد بالرش لتغذية نباتات الخضر المزروعة تحت نظم الزراعة المحمية وذلك لأمداد الأجزاء الخضرية باحتياجاتها من العناصر الغذائية المختلفة لمواجهة النمو السريع التي تتميز به هذه البيانات خاصة في مرحلة نضج الثمار.

وتعتمد الفكرة الأساسية لتسميد النباتات بالرش على امكانية امتصاص الأجزاء العليا للنبات خاصة الأوراق للعناصر الغذائية من خلال الفتحات الثغرية المنتشرة على الأسطح العليا والسفلى للأوراق كذلك قد تمتص هذه العناصر بدرجة أقل خاصة في الأوراق القديمة من خلال الشقوق الدقيقة المتناثرة على أسطح الأوراق

اي ان الورقة تمتص سائل الرش عن طريق 1 خلايا الايبيدرم الملاصقة للعروق 2 الثغور

وتعتبر اهم منفذ 3 الامتصاص 4 الشقوق والجروح

التسميد الورقي أو التسميد بالرش هو عبارة عن إمداد النبات بإحتياجاته من العناصر الغذائية (الكبرى والصغرى) عن طريق المجموع الخضرى وليس عن طريق الجذور حيث أثبتت الأبحاث والتجارب أن جميع العناصر الغذائية التى تمتص بواسطة الجذور يمكن أن تمتص بواسطة الأوراق والسيقان والثمار كما وجد أن إمتصاص العناصرالغذائية بواسطة الأوراق عادة يكون أكثر كفاءة وسرعة من الامتصاص عن طريق الجذور. وخاصة عندما تكون ظروف التربة غير مناسبة للامتصاص مثل ارتفاع الرقم الهيدروجيني للتربة والفقد والغسيل وغيرها من العوامل التى تؤثر على تيسر العناصر للامتصاص.

يعتمد التسميد الورقي على إمداد النبات بالعناصر الغذائية اللازمة من خلال الرش على المجموع الخضري للنبات والتي لها القدرة على امتصاص هذه العناصر من خلال الفتحات الثغرية المنتشرة على أسطح الورقة العلوية والسفلية . ويؤدى التسميد الورقي إلى وقاية النبات ونموه بشكل صحيح والتخلص من مظاهر نقص العناصر الصغرى كاصفرار الأوراق والتبقع وضعف العقد.

متى يستخدم التسميد الورقي

يلاحظ أنه لا يمكن الاستعاضة بالأسمدة الورقية كبديل عن الأسمدة الأرضية كلياً والتي هي ضرورية لنمو النبات حيث أن غذاء النبات يؤخذ عادة عن طريق الجذور إلا أن التسميد الورقي يكون مفيداً وضروري مع الأسمدة الأرضية في بعض الحالات الأتية:

1- عند تعرض النباتات خلال مراحل النمو إلى فترات حرجة Stress يصعب عليها خلالها الحصول على العناصر السمادية اللازمة للنمو بالرغم من توفر هذه العناصر في التربة . وقد يرجع ذلك إلى بعض العوامل التي قد تؤثر سلبياً على مدى استفادة النبات من العناصر الغذائية المتاحة له وقدرته على امتصاصها وتمثيلها وتحويلها إلى مناطق التخزين المختلفة كالثمار والدرنات واللوز والجذور والأفرع والنموات الحديثة مما ينعكس سلباً على كمية المحصول ونوعيته وجودته التسويقية وفترة صلاحيته، ومن أهم هذه العوامل الآتية :

- نوعية وطبيعة التربة المنزرع بها النباتات

فمثلاً تكون العناصر في الأراضي الرملية والكلسية في صورة مركبات يصعب امتصاصها عن طريق الجذور مما يتطلب إضافة كميات كبيرة من الأسمدة إلى هذه الأراضي لسد حاجة النباتات في حالة التسميد الأرضي. فمثلاً نجد أن هناك صعوبة تيسير لعناصر الحديد والزنك والمنجنيز عند إضافتها في التربة القلوية و المحتوية على نسبة مرتفعة من كربونات الكالسيوم.

- الظروف المناخية والبيئية المتغيرة أثناء فترة نمو النبات.

2- وجود العناصر في التربة بصورة غير قابلة للامتصاص نتيجة تأثير بعض العوامل وخاصة درجة حموضة التربة PH التي يسبب ارتفاعها إلى تثبيط العناصر في التربة خاصة الفوسفور والعناصر النادرة.

3- عند مرور النباتات بمراحل النمو الحرجة.

فنجد أن عند مرحلة الإثمار ترتفع احتياجات النبات من البوتاسيوم والتي تتعارض مع الماغنسيوم ونظراً للاحتياج العالي للماغنسيوم من قبل النبات لذلك يجب إضافة الماغنسيوم رشاً.

4- عند تعرض النشاط الجذري للنبات لأي عامل ضار مثل :

- انخفاض درجة الحرارة والذى يؤدى إلى بطئ حركة الماء من الأجزاء الأرضية إلى الأجزاء الهوائية.

- سوء التهوية للتربة والذى ينتج عن ارتفاع مستوى الماء الأرضي مما يؤدى إلى صعوبة الري والتسميد مع ماء الري.
- ارتفاع مستوى الأملاح بالتربة إلى الحد الذي يؤدى إلى الأضرار بكفاءة امتصاص الجذور.
- إصابة الجذور بأمراض التربة وخاصة النيماتودا والتي تؤدى إلى نقص كفاءتها لامتصاص العناصر الغذائية.
- في حالة عدم قدرة الجذور على امداد النبات باحتياجاته من العناصر الغذائية خلال مرحلة النمو الأولى مثل مرحلة الشتل لقلة المجموع الجذري لها حيث تكون الجذور بالشتلات غير كافية لامتصاص الماء والعناصر من التربة.
- في حالة تقطع الجذور نتيجة الحشرات أو الآلات الزراعية.
- في حالات العطش الشديدة والتي يحدث نتيجتها حدوث ضرر للجذور.

5- في حالة ظهور أعراض نقص العناصر أو أحد العناصر خلال أحد مراحل النمو ومطلوب العلاج السريع.

6- في حالة انخفاض الكفاءة الأرضية للعناصر الغذائية لوجود الحشائش.

مميزات استخدام التسميد الورقى

أثبتت الدراسات أن بعض المحاصيل يمكنها أن تحصل على حوالى 80%من احتياجاتها من العناصر عن طريق الأوراق والسيقان وتحصل على الجزء الباقي عن طريق الجذور.

وتستجيب معظم المحاصيل البستانية لطريقة التسميد بالرش بالمقارنة بالإضافة الأرضية وقد يرجع ذلك إلا أن اغلب الأراضي يميل تفاعلها الى القلوية ما يقلل من قابلية كثير من العناصر المضافة للامتصاص بواسطة الجذور مثل العناصر الصغرى والفسفور.

ومن أهم مميزات التسميد الورقى:-

1. ارتفاع نسبة الاستفادة من العناصر الغذائية المضافة رشاً على الأوراق عن الإضافة الأرضية فمثلاً نسبة الاستفادة من النتروجين المضاف أرضياً لا تكاد تصل الى 60% وفى حالة الفسفور تصل الى 10–15%.
2. توفير الأسمدة المضافة حيث تستخدم كميات قليلة من الأسمدة مقارنة بالتسميد الأرضي فمثلاً عند إضافة كبريتات الحديد وز بتركيز4% بمعدل 120لتر للفدان أدى ذلك الى زيادة كبيرة في المحصول عن إضافة حوالى 200كجم كبريتات الحديد وز للفدان ارضياً حيث يتم تثبيت العنصر بالتربة.
3. التغلب على مشاكل الأرض التي تؤدى الى انخفاض نسبة السماد سواء كانت هذه العوامل تؤدى الى فقد السماد في صورة غاز أو مع ماء الري كما في عنصر النتروجين. أو تحديد حركته بتثبيته أو ترسيبه مثل الفسفور والعناصر الصغرى. حيث أن الرقم الهيدروجيني للتربة له تأثير واضح على مدى تيسير العناصر الغذائية الموجودة في التربة ففي حالة ارتفاع الـ Ph. فإن تركيز معظم العناصر الصغرى والفسفور تصبح في محلول التربة تصبح منخفضة بدرجة كبيرة .
4. سرعة إمداد النبات بحاجته من العناصر أثناء مراحل نمو معينة مثل مرحلة التزهير والعقد

5. استجابة النباتات للرش بالعناصر تكون أفضل و أكثر سرعة ولكنها وقتية بالمقارنة بالإضافة الأرضية. مما يتيح سرعة علاج نقص العناصر وتحكم أكثر دقة في النمو الخضري وإنتاج الثمار.
6. التسميد الورقى يستخدم كإضافة تكميلية للتسميد الأرضي أثناء مراحل النمو الأولى للنبات. فقد وجدت استجابة أفضل للتسميد الورقى أثناء مرحلة التزهير وانخفاض ملحوظ في معدل امتصاص العناصر بواسطة الجذور
7. التسميد الورقى أكثر فاعلية عندما تكون جذور النباتات غير قادرة على امتصاص كميات كافية من العناصر الغذائية من التربة. وقد تكون هذه الظروف نتيجة أن التربة غير خصبة أو زيادة درجة تثبيت العناصر بها أو الفقد أو الغسيل أو انتشار أمراض الجذور.
8. سهولة إجراء عملية الرش على المجموع الخضري .

يراعى الآتي عند الرش

1- نظراً لأن امتصاص العناصر الغذائية يتم عن طريق الثغور فبالتالي يجب الرش في الوقت المناسب من النهار مع توفر الظروف البيئية المناسبة حتى تكون الثغور مفتوحة إلى أقصى قدر ممكن وذلك للحصول على أعلى استفادة من هذه العناصر ولهذا يفضل الرش فى الساعات الأولى من النهار أى فى الصباح الباكر بعد تطاير الندى ولا يفضل الرش خلال الظهيرة أو بعد الغروب (خلال ساعات النهار ذات الحرارة العالية) حيث تكون الثغور مغلقة بدرجة كبيرة.
2- يجب اختيار مرحلة النمو المناسبة للرش حيث يجب أن لا يبدأ الرش إلا عندما تصبح الأوراق قادرة على امتصاص المحلول الغذائي وذلك لأن كفاءة الرش تزداد بزيادة نسبة المجموع الخضري خاصة الأوراق الحديثة الناضجة.
3- يجب عدم رش النباتات وهى في حالة عطش أو تحت ظروف نقص للماء Water stress condition و لهذا يفضل الرش بعد الري.
4- يجب إضافة مادة ناشرة إلى محلول الرش لزيادة سطح التلامس بين المحلول وسطح الأوراق وبالتالى زيادة فرصة امتصاص العناصر الغذائية بواسطة الثغور وخاصة فى الأوراق الملساء مثل البرتقال والمانجو.
5- يتم غسيل كل المجموع الخضري بما فيها الأسطح السفلي للأوراق.
6- عند الخلط بالمبيدات يجب أن لا يكون لذلك تأثير على كفاءة مركبات التغذية أو المبيدات.
7- يجب عدم الرش في حالة الرياح والأمطار والحرارة العالية حتى لا تسبب أضرار للنباتات.
8- يراعى عدم زيادة التركيزات وخاصة فى حالة التسميد بالعناصر الكبرى حتى لا تحدث احتراق للأوراق.
9- يفضل استخدام مادة غير أيونية للمساعدة على الامتصاص من خلال الثغور النباتية وخاصة عند استخدام الأسمدة المخلبية ومن أرخص هذه المواد سماد اليوريا (46%) الذى يستخدم بتركيز 0.5 فى الألف (50 جرام لكل 100 لتر من محلول الرش)، وقد يزداد التركيز بمعدل 2 جم/ اللتر. وقد وجد أن وجود اليوريا تساعد على امتصاص عنصر الفوسفور بسرعة عندما يكون متحداً مع أيون الأمونيوم.

10- يتأثر امتصاص العناصر بدرجة حموضة محلول الرش، فانخفاض محلول الرش عن PH 7 يزيد من معدل امتصاص العناصر سواء فى الأوراق الحديثة أو الأوراق الغير مغطاة بطبقة سميكة بالإضافة إلى زيادة امتصاص العناصر على السطح السفلى للأوراق.
11- يراعى عدم استخدام مياه للرش ذات ملوحة أكبر من 500 جزء فى المليون.
12- يراعى عدم التسميد بالرش قبل مرور 3 أيام من أخر معاملة بالمبيدات سواء أضيفت هذه المبيدات إلى التربة أو رشاً على النباتات.
13- يراعى تكرار عملية الرش حسب احتياجات النبات وظهور أعراض نقص العناصر على النبات.
14- يراعى الالتزام بالتركيزات المحددة على عبوات الأسمدة الورقية.

العوامل التى تؤثر على امتصاص العناصر الغذائية عن طريق الأوراق

تتدخل العناصر الغذائية المرشوشة على الأوراق الى داخل النبات عن طريق الثغور أو الادمصاص على سطح الأوراق أو الشقوق والجروح ويتأثر امتصاص العناصر الغذائية عن طريق الأوراق وانتقالها داخل النبات بالعوامل الأتية:-

1. **عوامل بيئية**

حيث تتأثر التغذية الورقية بالظروف الجوية والمناخية السائدة في المنطقة مثل درجة الحرارة والرطوبة الجوية وسرعة الرياح. فثلاً وجد أن انخفاض الرطوبة الجوية وارتفاع درجة الحرارة إلى حدود معينة أدى إلى زيادة الاستجابة للرش باليوريا في أشجار الفاكهة وزيادة معدل امتصاص عنصر المنجنيز. كما تتأثر سر(الظاهر).بعض العناصر داخل النبات بالضوء كمصدر للطاقة.

2. **عمر النسيج النباتى**

وجد أن الأوراق الحديثة يمكنها امتصاص جميع العناصر الغذائية بسرعة أكبر من الأوراق القديمة والمسنة.

3. **الحالة الغذائية للنبات**

حيث وجد أن انتقال العناصر الغذائية داخل النبات واستفادة النبات منها تتوقف على محتوى النبات من هذه العناصر.

4. **درجة حموضة محاليل الرش(Ph.)**

وهى من العوامل الأساسية التي يتوقف عليها درجة الامتصاص وسرعته فالوسط الحامضي الى الحامضي الخفيف هي أنسب صور امتصاص معظم العناصر الغذائية. باستثناء المولبيديوم والبوتاسيوم يناسبهم الوسط القلوي الخفيف.

5. **درجة التصاق السائل بالورقة**

خشونة سطح الورقة يعمل على خفض درجة الالتصاق بها وتكوين أغشية هوائية أسفل نقط المحلول يؤدى إلى خفض درجة إنتشاره.وتساعد المواد الناشرة على زيادة انتشار محاليل الرش على أسطح الورقة مما يساعد على الامتصاص .

6. **التركيب الكيميائي لمحلول الرش**

في بعض الأحيان تضاف بعض المواد إلى محاليل الرش لتقليل الضرر الناشئ عن الرش إذا كانت العناصر المرشوشة تسبب ضرراً للأوراق مثل:-

- إضافة كبريتات الماغنسيوم الى محلول اليوريا عند استخدامها بتركيزات عالية نسبياً يقلل من سرعة امتصاص اليوريا.
- إضافة سكر الجلوكوز أو الفركتوز بتركيز2% لضمان انتقالها بسرعة داخل أنسجة النبات.
- إضافة محلول كبريتات المنجنيز بتركيز1% عند استعمال محاليل رش الحديد لتنظيم امتصاص الحديد وتحركه داخل النبات.

7. **تركيز العنصر**

تزداد الكمية الممتصة من العنصر المضاف بزيادة تركيزه في محلول الرش. كما يزداد معدل الامتصاص بزيادة المساحة المغطاة من النبات بالمحلول.

8. **صورة العنصر المستخدم**

استخدام العناصر الصغرى في صورة مخلبية تساعد كثيراً في انتقالها داخل النبات مقارنة باستخدامها في صورة أملاح معدنية .

9. **نوع العنصر المضاف**

تختلف درجة الامتصاص باختلاف نوع العنصر المرشوش فبعض العناصر تمتص خلال ساعات مثل اليوريا والماغنسيوم بينما امتصاص الفوسفور والكبريت والمولبيدنم يتم ببطيء.

علاقة التسميد الورقى بالأنواع المختلفة لنقص العناصر ومدى فائدته .

من أهم أهداف التسميد الورقى هو علاج نقص العناصر الغذائية المختلفة بسرعة يصعب تحقيقها عن طريق الإضافة الأرضية. ويوجد عدة أنواع لنقص العناصر وهى:-

1. **النقص الكامن (المستتر) .**

وفى هذا النوع لا تظهر على النباتات أعراض نقص العناصر بوضوح وإنما يكون نموها متأخراً ومحصولها قليل ذو نوعية رديئة. ويظهر هذا النوع من النقص بكثرة في المحاصيل الحقلية ومحاصيل الخضر ويمكن التعرف علية من خلال تحليل النبات.

2. **النقص الحاد (الظاهر) .**

وفية تكون أعراض نقص العناصر واضحة على الأوراق.

3. **النقص المفتعل .**

ويرجع حدوث هذا النقص الى عوامل بيئية ففي حالات كثيرة قد تحتوى التربة على بعض مئات الكيلوجرامات من عنصر معين ولكن يتيسر منه للنبات كيلوجرامات قليلة لا تكفى

حاجة النبات من هذا العنصر ويرجع ذلك الى أن .Phالتربة غير مناسب للامتصاص هذا العنصر أو نتيجة التضاد بين العناصر أو التثبيت الكيميائي ويمكن التعرف على هذا النوع من النقص من خلال تحليل النبات.

طرق التعرف على نقص العناصر

1. **تحليل التربة**

وهى اختبارات ضرورية للتعرف على محتوى التربة من العناصر الغذائية المختلفة بالإضافة الى التعرف على الصفات الكيمائية والطبيعية للتربة. ولا يمكن الاعتماد الكامل على نتائج اختبارات التربة ولكن يجب أن تكون مقترنة بغيرها من طرق التعرف على نقص العناصر نظراً لصعوبة أخذ عينة ممثلة للمساحة كلها تمثيلاً دقيقاً إلى جانب أن نتائج اختبارات التربة تحدد فقط مستوى العنصر الغذائي الصالح للامتصاص دون معرفة الكمية الفعلية التي يمتصها النبات.

2. **تحليل النبات**

وهذه التحاليل تظهر حالات النقص المستتر والتعرف على التداخل والعلاقة بين العناصر المختلفة ونتائج تحليل النبات تكمل ما تتوصل إلية نتائج تحليل التربة. وعن طريق تحليل النبات يمكن التعرف على الكمية الفعلية التي امتصها النبات من التربة. كما يعبر تحليل النبات عن مدى اتزان العناصر الغذائية. ولا يكفى الاعتماد على نتائج عينات تحليل النبات فقط في تحديد نقص العنصر لأن بعض العناصر قد تكون موجودة بكميات كبيرة ولكنها في صورة غير ميسرة للنبات.

3. **الأعراض الظاهرية**

وهى تظهر النقص الواضح على أوراق النبات. ورغم أهمية الأعراض الظاهرة على النبات إلا انه لا يمكن الاعتماد عليها فقط للأسباب التالية:-

- قد ترجع أسباب نقص العنصر إلى أسباب غير غذائية فعندما يقل الأكسجين في منطقة انتشار الجذور نتيجة ارتفاع مستوى الماء الأرضي تظهر أعراض نقص مماثلة لأعراض نقص النتروجين. كذلك فإن ارتفاع ملوحة التربة يسبب ظهور أعراض مشابهة لأعراق نقص البوتاسيوم.
- قد تطغى أعراض نقص عنصر واحد على أعراض نقص عناصر أخرى فمثلاً الاصفرار الشديد لنقص عنصر الحديد يحجب البقع الصفراء الناتجة عن نقص كلاً من الزنك والمنجنيز.
- قد لا تظهر أعراض نقص العنصر في بداية حدوثها ولا تظهر إلا بعد تأخر الوقت الوقت لعلاجها فينقص المحصول كماً ونوعاً.
- قد تتشابه أعراض نقص العنصر مع أعراض زيادته أو سميته في مرحلة من مراحل النقص.

4. **التجارب الحقلية**

حيث يتم اختبار تأثير الرش بالعنصر عند تركيزات مختلفة على إنتاجية محصول معين.

المادة العضوية Organic Matter

المواد العضوية تعبير عام يشمل المخلفات النباتية وفضلات الحيوانات والمواد الخام التي تلفظها المعامل والمدن والتي لم يتناولها اي تحلل احيائي او كيميائي وهذه المخلفات والفضلات تتكون من المكونات الاتية:

1. المواد التي تذوب في الماء وتشمل السكريات والكلوكوسيدات والاحماض الامينية واملاح النترات والكبريتات والفلوريدات واملاح البوتاسيوم
2. المواد التي يذوب في الايثر والكحول وتشمل الدهون والزيوت والشموع والمواد الراتنجية والتانينات والقلوديدات والصبغات
3. المواد السليلوزية.
4. انصاف السليلوز.
5. المواد الكنينية.
6. المواد البروتينية.
7. الاملاح المعدنية التي لا تذوب بالماء مثل سليكات البوتاسيوم والمغنسيوم والالمنيوم وهي تكون مع الاملاح المعدنية الذائبة ما يعرف بالرماد.

فعند توفر الظروف البيئية الملائمة من رطوبة وتهوية وحرارة تعمل الاحياء الدقيقة على تحلل المواد العضوية فينتج عن التحلل غازات تتطاير الى المحيط وطاقة جزء منها تستهلك الاحياء الدقيقة في بناء اجسامها والجزء الاخر يتحرر الى حرارة تنفذ الى المحيط ومواد كيميائية حيوية تسمى المواد غير الدبالية (تشمل الكاربوهيدرات والبروتينات والاحماض الامينية والدهون والصبغات والاحماض العضوية) اما المواد الدبالية فهي النواتج التي تتكون بفعل عمليات التخليق الحيوي الثانوية لتكوين سلسلة من المعقدات البوليميرية وتقسم حسب وزنها الجزيئي وخواصها الى حامض الفولفيك وحامض الهيوميك والهيومين.

فالمادة العضوية في التربة تشتق من المخلفات النباتية وافرازات الحيوانات المختلفة لتعطي بعد تحللها وتفككها بفعل الاحياء الدقيقة والنشاط الحيوي عناصر معدنية بسيطة ومركبات غازية(NH_3,CO_2) خلال مرحلة التمعدن السريع كما تعطي معقدات دبالية غروية كنتاج لعملية التدبل والتي ينتج عنها مركبات جديدة غير المواد البسيطة التي بدأت بها بفعل عملية التفكك الحيوي. اما الاسمدة العضوية فهي كالمخلفات النباتية والفضلات الحيوانية المخمرة طبيعيا او المحضرة صناعيا التي تتفسخ احيائيا عند اضافتها للتربة وتعطي مركبات معدنية بسيطة او غازات مثل الاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون وغيرها ومركبات غروية والتي تسمى الدبال Humus الذي يلعب دورا هاما في تحسين الخواص الفيزيائية و الكيميائية والاحيائية للتربة،

والدبال مركب معقد ينتج من التحلل التدريجي للمواد العضوية بفعل الاحياء الدقيقة المختلفة واهم صفاته العامة ما يلي:

1. مادة داكنة اللون او سوداء.
2. لا يذوب في الماء لكنه يكون محلولا غرويا ويذوب بدرجة كبيرة في المحاليل القلوية المخففة وخاصة بالغليان مكونا مستخلصا داكن اللون ويمكن ترسيب جزء كبير من هذا المستخلص عند المعادلة بالأحماض المعدنية.
3. يحتوي على نسبة من الكاربون اعلى مما موجود في اجسام النباتات والاحياء الدقيقة تتراوح بين 55-65% وقد تصل الى 58% ويعود ذلك لارتفاع محتواه من اللكنين.
4. محتواه من البروتين مرتفع قد يبلغ اكثر من 17%.
5. تكون النسبة بين الكربون : النتروجين بحدود 1:10 .

وعموما يعتبر وجود المادة العضوية في التربة صفة طبيعية لها تميزها عن مادة الاصل حيث ان هذه المواد لا تصبح تربة الا عند ظهور المادة العضوية فيها، وتكون ترب المناطق الحارة الجافة ونصف الجافة كما هو في غالبية الدول العربية فقيرة بالمادة العضوية . وتعتبر التربة فقيرة بالمادة العضوية اذا قلت نسبة الدبال عن 3% بينما تعتبر غنية اذا احتوت من 5-10% وتعد التربة دبالية اذا زادت النسبة عن 30%.

تكوين الدبال Formation of Humus

تختلف مجاميع مركبات المادة العضوية فيما بينها بدرجة كبيرة من حيث مقاومته للتحلل فيلاحظ اختفاء المواد سريعة التحلل اولا ثم يبطئ التحلل بعد ذلك وتختفي الانسجة النباتية الفتية بعدها الانسجة الاكبر عمرا وهكذا تتباطأ سرعة التحلل كلما ازداد تعقيد تركيب جزيئات المواد وتترتب المركبات حسب سرعة تحللها بالشكل الاتي: سكر الكلوكوز الى النشأ الى السيليلوز ثم اللكنين الذي يتميز بمقاومة كبيرة للتحلل من جهة ثانية تتحلل بروتينات الاجزاء النباتية بسرعة الا ان نواتج تحللها تستخدم من قبل الاحياء الدقيقة لبناء بروتينات بلازما خلاياها، وفي نهاية التحلل تبقى مادة ذات تركيب معقد تكون اكثر ثباتا في التحلل ذات لون غامق وطبيعة غروية وهي الدبال.

ان الارتفاع النسبي للكنين والبروتين للمواد المتحللة اضافة لوجود بعض التشابه في تركيبها الهيكلي مع المواد الدبالية اسست لظهور مفهوم الدبال كمعقد بروتين ملكنن الذي تكون نتيجة تفاعل اللكنين والذي احتفظ بكياله اثناء التحلل مع البروتين الجديد لبلازما الاحياء الدقيقة. فالدبال مادة بوليميرية معقدة التركيب تحتوي على نسبة ضئيلة من المواد القابلة للذوبان في الماء من السكريات والاحماض الامينية غير ان اغلب مواده لا تذوب في الماء ويعتبر المكون

الاساسي لها مركبات عضوية عطرية (حلقية) مركبات نتروجينية والتي تنتج من خلال احد المسارين الآتيين:

1. تحلل الانسجة الميتة كالمواد ذات الطبيعة العطرية مثل الحلقية والكينونات المتكونة من تحلل اللكنين والمواد التانينية.
2. التبادل والتمثيل الحيوي واعادة التكوين من قبل الاحياء الدقيقة التي تستعمل المواد الكاربوهيدراتية والبروتينات كمصدر لتزويدها بالطاقة ولبناء خلاياها مثل الاحماض الامينية والبروتينات والسكريات الامينية والمركبات العطرية.

تركيب الدبال

تعد الاحماض الدبالية المكون الاساسي للدبال مع بعض المواد العضوية الاخرى وتؤدي الاحماض الدبالية دورا هاما في تحديد خواص المادة العضوية وتأثيراتها الفيزيائية والكيميائية وتتكون هذه الاحماض من هيكل اساسي من مجاميع فينولية مبلمرة ومؤكسدة وان الاحماض الامينية والببتيدات وبعض المواد العضوية الاخرى مرتبطة بهذه الوحدات الفينولية، ولان الكنينات تتكون من وحدات فينولية وتشكل جزء كبير من تركيب النبات وهي مقاومة للتحلل لذلك اعتبرت بانها المصدر الرئيس للوحدات الفينولية والتي منها تتخلق الاحماض الدبالية.

تتكون المواد الدبالية من عدد من المركبات ذات الاوزان الجزيئية الكبيرة وقسم كبير من تلك المواد يرتبط بمختلف الروابط مع الجزء المعدني للتربة لذا فان فصلها وتجزئتها يتطلب المذيبات الازمة لتحطيم هذه الروابط وقبل كل شيء لابد من انتزاع الكالسيوم وتتضمن المواد الدبالية ما يأتي

1. احماض الهيومك Humic Acids

تمثل احماض الهيومك مجموعة المواد الدبالية التي يتم استخلاصها بالمحاليل القلوية او المذيبات الاخرى بشكل محاليل داكنة اللون او حبيبات والتي تتكون من هيومات الصوديوم والامونيوم والبوتاسيوم والتي تترسب بالمحاليل الحامضية بشكل راسب هلامي غير متبلور وتتضمن احماض الهيومك المستخلصة بالتركيب الكيميائي التالي من العناصر (كربون 50-62% اوكسجين 31-40% هيدروجين 2.8-6% نيتروجين 2-6%) ويعود سبب التفاوت في التركيب الكيميائي لاحماض الهيومك من العناصر كون تلك الاحماض لا تمثل صيغة محددة من الناحية الكيميائية كما انها ليست ذات تركيب بنائي ثابت ومحدد بل انها مجموعة من المركبات ذات الاوزان الجزيئية الكبيرة المتماثلة في تركيبها وصفاتها حيث وجد انها تحوي على الفسفور والحديد والسليكون والالمنيوم والكبريت بحدود 1-10% من تركيبها اضافة الى العناصر الرئيسة المذكورة واعتمادا على درجة التفاوت والاختلاف بينها.

ان تصنيف المواد الهيوميكية كأحماض يعود الى وجود مجاميع الكاربوكسيل فيها COOH وان درجة التفاعل للمعلق المائي للأحماض هو pH 3 وان قابلية هيدروجين المجاميع الكاربوكسيلية وبدرجة اقل المجاميع الهيدروكسيلية على التبادل مع الايونات الموجبة تحدد الى درجة كبيرة السعة التبادلية الكاتيونية . تتميز الاحماض الهيوميكية بتنوع حجم دقائقها وعدم تجانسها من حيث تفاصيل بنائها التركيبي ولذلك يكون تحديد وزنها الجزيئي معقد جدا . ان املاح حامض الهيومك للعناصر القاعدية احادية التكافؤ مثل البوتاسيوم والصوديوم والامونيوم والليثيوم تكون ذائبة او عالية الانتشار وتكون محاليل غروية ذات لون داكن من البني الفاتح الى البني الغامق الى الاسود تقريبا. اما احماض الهيومك الحرة واملاحها مع الايونات الموجبة الثنائية والثلاثية التكافؤ فتكون غير ذائبة وتوجد على هيئة هلام Gel. وتتجمع معظم كميات احماض الهيومك في الطبقة العليا من التربة لارتباطها مع الكالسيوم والمغنسيوم والمنغنيز مما يؤدي الى فقدانها قابلية الانتقال وتمثل احماض الهيومك اهم جزء من الدبال وذلك لسعتها التبادلية العالية بالنسبة للأيونات الموجبة كما انها تلعب دورا مهما في بناء التربة المهم زراعيا وهي مصدرا احتياطيا للمواد الغذائية للنبات خاصة النتروجين.

2.احماض الفولفيك Fluvic Acids

هي المواد الدبالية ذات اللون الاصفر او الاحمر الخيف التي تبقى في المحلول بعد تحميض المستخلص القاعدي وترسيب احماض الهيومك منه. واحماض الفولفيك مجموعة من المركبات ذات الاوزان الجزيئية الكبيرة المتشابهة في بنائها التركيبي ويختلف التركيب لأحماض الفولفيك عن التركيب لأحماض الهيومك من حيث نسبة ما تشترك فيه العناصر الداخلة في تركيب هذه الاحماض وكما موضح بالاتي(كربون و اوكسجين 44 –49% هيدروجين 3.5–5% ونيتروجين 2–6%) ان نسبة الكاربون الى الهيدروجين لأحماض الفولفيك تكون دائما اضيق مقارنة مع احماض الهيومك وان مقدار الرماد في احماض الفولفيك يصل الى 7–10% تتميز احماض الفولفيك بانها اكثر حبا للماء بسبب زيادة نسبة المجاميع الالفاتية المحبة للماء الى المجاميع العطرية التي تحمل صفات الكارهة للماء فيها كما نجد مجاميع الكاربوكسيل COOH والهيدروكسيل الفينولية OH ضمن المجاميع الفعالة في احماض الفولفيك اضافة الى ذلك فان المستخلصات من هذه الاحماض تحتوي على مجاميع الميثوكسيل OCH_3 بكميات كبيرة قد تصل بين 5–7%.واحماض الفولفيك ذائبة بالماء وpH 2.6–2.8 وعلى هذا الاساس تعتبر احماض الفولفيك من الاحماض القوية ويمكن التحول التدريجي لأحماض الفولفيك الى احماض الهيومك والعكس بالعكس يمكن اعتبار احماض الفولفيك اشكالا اولية لاحماض الهيومك او نواتج تحطمها.

3.الهيومين Humin

هو ذلك الجزء من المواد الدبالية الذي لا يستخلص بالمحاليل القاعدية حتى بعد انتزاع الكالسيوم من الوسط، ويمكن استخلاصه بطريقة المعاملة المتناوبة بالحامض والقاعدة وهو معقد من المواد الدبالية مشابه للمعقد المستخلص بالقاعدة بصورة مباشرة من الوسط المنزوع الكالسيوم بمعنى انه يتكون من احماض الهيومك والفولفيك وتختلف احماض الهيومك الموجودة في الهيومين عن تلك الاعتيادية بكونها تحتوي على نسبة اقل من الكاربون ونسبة اعلى من الاوكسجين والهيدروجين، كما ان احماض الهيومك و الفولفيك الموجودة في الهيومين تكون على درجة عالية من البلمرة والانضغاط مما يعطيها المقاومة الكافية لفعل القواعد.

مما سبق يمكن القول ان الدبال مادة غير قابلة للذوبان في الماء على الرغم من ان بعض منه يكون معلقا غرويا في الماء لكن الجزء الاكبر منه يذوب في المحاليل القلوية المخففة وقد تذوب بعض مكوناته في المحاليل الحامضية.

التغذية الحيوية

أكدت نتائج الدراسات العلمية الحديثة خطورة الاستمرار في ما يعرف باسم الزراعة المصنعة Industrialized Agriculture والتي يستخدم فيها الأسمدة الكيميائية، حيث تؤدي إلي آثار سلبية علي البيئة وتشكل تهديداً خطيراً لصحة الإنسان علاوة علي الأثر المباشر لتلك الكيماويات علي الكائنات الدقيقة النافعة الموجودة في التربة الزراعية. لذلك بدأ الاتجاه إلي ترشيد استخدام تلك الأسمدة والمبيدات الكيميائية والاهتمام بتكنولوجيا الزراعة العضوية الحيوية Bio-Organic Farming وتعرف أيضاً باسم الزراعة الطبيعية Natural Agriculture، ويستخدم فيها الأسمدة العضوية والكائنات الحية الدقيقة المفيدة من أجل توفير غذاء صحي مع إنتاجية أكثر وجودة عالية وفي نفس الوقت المحافظة علي بيئة نقية ونظيفة. وتتضمن هذه التكنولوجيا تعظيم استخدام الكائنات الحية الدقيقة المفيدة بغرض توظيفها في تحسين الصفات الطبيعية والكيماوية والبيولوجية للتربة، حيث تقوم بحفظ أتزان العناصر في الأراضي الزراعية وتحويل العناصر إلي الصورة الذائبة والميسرة الصالحة لتغذية النبات، كما تشارك في المقاومة البيولوجية لبعض الآفات والأمراض النباتية.

الاثار السلبية لاستخدام الاسمدة الكيميائية.

أشار بعض العلماء الاثار السلبية للاستخدام المفرط في إستخدام الاسمدة الكيميائية التي بسببها أصبحت الحاجة ملحة للزراعة العضوية أو إستخدام الاسمدة العضوية كبديل عن الاسمدة الكيميائية، ومن هذه ألاثار:-

1. الاضافة بكميات كبيرة تؤدي الى ظهور أعراض التسمم كما يحدث في حالة بعض مركبات النتروجين، إذ إن تراكم النتروجين بأشكال معينة يحدث خطورة على صحة الانسان كما يحصل في حالة النترات، حيث إن 70 % من أيون النترات في سلة ألانسان الغذائية تأتي من الخضراوات، فضلا عن التلوث بالعناصر الثقيلة الذي يمكن أن يحصل في التربة مما يؤثر سلباً على الكائنات الحية.

2. زيادة ملوحة التربة و الضغط الازموزي، وقد تحدث نقصا لبعض العناصر بسب أمتزازها بفعل وجود عناصر أُخرى بكميات وفيرة.

3. حدوث خلل في مراحل تطور النبات المختلفة، فقد يؤخر التحول الى مرحلة إلازهار أو يزيد من إمكانية حدوث إلارتياع ومن ثم قلة إلازهار المبكر وقلة عدد الازهار والثمار ومن ثم تأخر نضج المحصول، وقد تؤدي وفرتها الى تكون نباتات طرية رقيقه الجدران تكون عرضة للإصابة بالأمراض والحشرات.

التأثير على خصائص التربة

قامت العديد من البحوث بدراسة آثار الأسمدة والمبيدات الكيماوية على خصائص التربة من حيث تآكل التربة، ومحتوى المادة العضوية بها والتنوع البيولوجى، والتى تعتبر المؤشرات الرئيسية لنوعية التربة. وعلى الرغم من أن استخدام الأسمدة والمبيدات الكيماوية يمكن بصفة

عامة أن يزيد من إنتاجية المحاصيل (crop yield)، إلا أنها تتسبب فى تدهور التربة على المدى البعيد.أما من حيث التنوع البيولوجي فإن استخدام المبيدات والأسمدة الكيماوية يخلق بيئة غير متوازنة للأنواع الطبيعية وبالتالي يقلل من التنوع البيولوجي. وحيث أن المبيدات البيولوجية تعتمد على الحفاظ على صحة الكائنات النافعة – الآكلة للكائنات الممرضة (Pest Predators) – فإنها تؤدي إلى استقرار التوازنات البيئية وتزيد من العمليات البيولوجية إلى أقصاها.وتوفر دراسات عديدة أجريت في أوروبا وأمريكا الشمالية أدلة على زيادة التنوع البيولوجي فى المزارع العضوية مقارنة بالمزارع التقليدية، وينطبق ذلك أيضاً على الطيور والحيوانات الضخمة حيث إن استخدام الأسمدة والمبيدات الحشرية الكيماوية يؤدي إلى تدهور بيئات التكاثر وحالة الغذاء. أما التربة العضوية فتحافظ على هيكلها وتوفر الغذاء والمأوى، كما يؤدي تقليل استخدام المبيدات الكيماوية إلى جذب أنواع جديدة (دائمة أو مهاجرة) إلى تلك المناطق العضوية من الحياة النباتية أو الحيوانية (كالطيور على سبيل المثال) وكائنات مفيدة للنظام العضوي مثل الأنواع الملقحة والأنواع الآكلة للكائنات الممرضة.أما من حيث هيكل التربة ومخاطر تآكلها، فإن ممارسات بناء التربة مثل دوران المحاصيل، وتبادل المحاصيل، وعلاقات التكافل والتعايش بين الكائنات، ومحاصيل التغطية، والأسمدة العضوية وأدنى حد من الحرث هى ممارسات أساسية فى ممارسات الزراعة العضوية، وهى تشجع أيضاً وجود الحيوانات والنباتات المفيدة للتربة وتؤدى إلى تحسين تركيب التربة وهيكلها وتخلق أنظمة أكثر استقراراً. ونتيجة لذلك تزداد العناصر الغذائية (Nutrients) ودوران الطاقة وتتحسن قدرات التربة على الاحتفاظ بالعناصر المغذية والمياه مما يعوض عدم استخدام الأسمدة المعدنية. تلعب أساليب الإدارة هذه أيضاً دوراً هاماً فى منع تآكل التربة وتدهورها. كما يؤدي ذلك أيضاً إلى تقليل زمن تعرض التربة للعوامل الآكلة وزيادة التنوع البيولوجي وتقليل الفاقد من العناصر الغذائية مما يساعد على الحفاظ على إنتاجية التربة وتحسينها.أدت مشكلة تلوث المياه الجوفية بالأسمدة الكيميائية والمبيدات في كثير من المناطق الزراعية التوجه إلى الزراعة العضوية كنظام يعزز قوام التربة والاحتفاظ بالمغذيات ومن ثم قلة تلوث المياه الجوفية التي تعد من أكبر المشاكل في الدول المتقدمة والتي بدأت اعتماد أسلوب الزراعة العضوية كإحدى التدابير التي يتم من خلالها استعادة القدرات الطبيعية للنظم البيئية. كما أن الزراعة العضوية تخفض من الاحتباس الحراري لقدرتها على استيعاب الكاربون في التربة.

تقانات الأسمدة الحيوية في الزراعة
:Biofertilizers Technology in Agriculture

إنتشر في العقدين الأخيرين استعمال نظام التسميد الحيوي في مناطق مختلفة من العالم ومن ضمنها منطقة الشرق الاوسط أذ إن هذا النظام يعتمد على إضافة بعض الأنواع من الأحياء المجهرية النافعة بهيئة لقاحات تضاف الى التربة او تعامل بها البذور بعد عزل هذه الأحياء وتصنيفها حسب الطرائق العلمية واستعمالها كاسمدة حيوية بكترية او فطرية أو الاثنين معا والسماد الحيوي عبارة عن مستحضرات طبيعية تحتوي على نوع واحد او اكثر من الكائنات الحية الدقيقة النافعة غير المعدلة وراثيا والتي لاتحتوي على أي مبيدات او مواد كيميائية ضارة وهو بالتالي مستحضر آمن من الناحية الصحية. كما إن لها دوراً فعالاً في تحسين خصوبة التربة وذلك بسبب قدرتها على تحرير العناصر الغذائية بصفة مستمرة مما يجعلها امنة نوعا ما اذا ماتوفرت الظروف المثالية لنموها لتغطية احتياجات النباتات المعاملة بها وبهذا تساهم في الحد من التلوث البيئي و تعد مصادر غذائية رخيصة الثمن نسبياً كبدائل عن الاسمدة الكيميائية. ان أهمية استعمال الأسمدة الحيوية في توفير جزء من العناصر الغذائية المهمة للنبات مثل النتروجين والفسفور والبوتاسيوم، فضلا عن افراز بعض الهرمونات والأحماض التي تعمل كمنظمات لنمو النبات، كذلك افراز بعض المضادات الحيوية مما يساعد على مقاومة بعض الامراض المستوطنة في التربة و يعود بالنفع على النبات وانتاجه. إن المخصبات الحيوية ادخلت في التطبيقات الحقلية من مدة بسيطة وأعطت نتائج مقنعة، ومع هذا فأن التاثير في السوق الزراعية لايزال صغيرا بالقياس الى الأسمدة الكيميائية على الرغم من العمل على إنتاج وتطوير منتجات بكتيرية موثوق بها ويمكن إن تعمل كمكمل للاسمدة المعدنية الموجودة بالسوق .

الأسمدة الحيوية المثبتة للنتروجين وتأثيرها في نمو النبات :

تقوم الكائنات حرة المعيشة Free living في الترب الزراعية بتحويل النتروجين الغازي الى نتروجين عضوي داخل أجسامها ، وبعد موت هذه الكائنات وتحلل اجسامها يتحول الى نتروجين جاهز للنباتات نتيجة عملية المعدنة. وعلى الرغم من إن الأحياء المثبتة للنتروجين لاتكافليا بشكل عام تثبت كميات بحدود 0.3-100 كغم N هـ-1 موسم في التجارب الحقلية والتقديرات في الانظمة الزراعية لاتتجاوز 10 كغم N هـ-1 موسم، وهذه الكميات تعتمد على الظروف البيئية وظروف التربة المؤثرة في نشاط وحيوية هذه الأحياء. ومع إن هذه الكميات تعد محدودة بالقياس الى حاجة المحاصيل المختلفة الا إن هذه الأحياء تفرز مواد محفزة ومنظمات نمو وهرمونات نباتية تؤثر ايجابيا في النمو وإمتصاص المغذيات اشار كثير من الباحثين الى إن بكتريا الـ Azotobacter تقوم بإفراز منظمات النمو مثل الاوكسينات والجبرلينات والسيتوكينينات وهذه المنظمات تعمل على تحفيز وتحسين نمو الطماطة وغيرها من المحاصيل.

الأسمدة الحيوية المذيبة للفوسفات وتاثيرها في نمو النبات:

خلال عام 1945استطاعت السوفيتية مينكينا عزل البكتريا التي تقوم بتحليل مركبات الفوسفات في التربة، كمااستطاعت وضع تكنولوجيا معينة لانتاج مادة بكتيرية باسم الفوسفوبكترين (Phosphobacterins) التي تحتوي على بكتريا سبورية لها القابلية على معدنة مركبات الفوسفات العضوية في التربة وتحويلها الى صورة قابلة للإمتصاص من قبل النبات. في عام 1958 عوملت 10 مليون هكتار في الاراضي باوساط من بكتريا Van.phosphoticum وBacills megatneriun التي عرفت في الاتحاد السوفيتي سابقا بالفوسفوبكترين.أوضح وجود عدد كبير من الأحياء المجهرية التي لديها القابلية على تحويل الفوسفات الموجودة في التربة بأشكال معدنية مختلفة الى أشكال أكثر جاهزية للنبات. وتم تشخيص عدد كبير من الاجناس البكتيرية والفطرية في التربة التي لها القابلية على اذابة الفوسفات الممتزة وتحرير الفسفور بصيغة جاهزة لتغذية النبات وكذلك تحرير الفسفور من مركبات الكالسيوم والحديد والمغنيسيوم وتحويله الى صور اكثر جاهزية للنبات. ومن اهم إنواع البكتريا المذيبة للفسفور ه التي تتبع جنس Enterobacter و Bacillus و Pseudomonas. واهم إنواع الفطريات المذيبة للفسفور هي التي تتبع جنس Aspergillius و Rhizopus و Penicillium. واشار عدد من الباحثين الى إن قابلية بعض الأحياء المجهرية على اذابة الفسفور تعود الى افراز كميات كبيرة من الاحماض العضوية واطئة الوزن الجزئي مثل Glycolic، Succinic، Malonic ،Oxalic. حيث لوحظ إن الأحياء المذيبة للفوسفات لها دور مهم في تحرير الفسفور نتيجة إفرازها أحماض عضوية تخفض الـpH في الترب القاعدية مما يساعد على جاهزية الفسفور . وهنالك كثير من الدراسات التي تشير الى تاثير الهرمونات المنتجة من قبل الأحياء المجهرية في إمتصاص المغذيات وزيادة جاهزية الفوسفات.

تأثير التداخل بين إضافة الأسمدة العضوية والأسمدة الحيوية في نمو النبات :

يؤدي استعمال الاسمدة العضوية في الزراعة إلى رفع محتوى التربة من المادة العضوية ويحسن خواصها الفيزيائية والكيميائية كما يشجع نشاط الأحياء المجهرية وبالتالي تحسين خواص التربة الخصوبية والانتاجية. لذلك اتجه العالم حديثا الى استعمال تقانات اسمدة حديثة للتقليل من مشاكل التلوث والاهتمام بتكنولوجيا الزراعة العضوية الحيوية -Bio (organic farming)، اذ تستخدم فيها الاسمدة العضوية والكائنات الحية الدقيقة المفيدة من اجل تحسين الانتاج الزراعي كما ونوعا. إن اضافة الاسمدة العضوية لاتعمل فقط على زيادة الاحياء المجهرية بل إنها تعمل على زيادة معنوية في نشاط الانزيمات المختلفة وبالتالي تعمل على زيادة تحسين الطاقة الحيوية والانزيمية في التربة.

التسميد المتوازن والتكامل بين التسميد المعدني والعضوي والحيوي:

تلعب الاسمدة المعدنية دورا رئيسا في زيادة إنتاج المحاصيل بشرط إن يكون هنالك توازن في اضافة الاسمدة، اذ إن الاضافات غير الكافية تؤدي الى تأخر النضج وكذلك التأثير في نوعية المحاصيل والكميات الزائدة وغير المتوازنة يمكن إن تؤثر سلبا في الحاصل ونوعيته، لقد اوضحت كثير من الدراسات إن التسميد كان ولايزال احد الاسباب الرئيسة لزيادة الانتاج لمختلف المحاصيل لمواجهة متطلبات الحياة، وان اكثر من 50 % من الزيادة وتحسين إنتاجية المحاصيل الزراعية يعزى الى استعمال الاسمدة المعدنية. ولكون استعمال الجرعات العالية من الاسمدة المعدنية المضافة الى التربة أدى الى ظهور تأثيرات ضارة في البيئة مثل تلوث التربة الزراعية وتدهورها والاضرار الصحية التي تلحق بالانسان. ولوجود انواع من الاسمدة الذي يوفر كل واحد منها مغذياً او اكثر من المغذيات الضرورية للنبات توجب اختيار نوع السماد المناسب المرتبط بنوع التربة ونوع المحصول وفي الوقت نفسه اختيار اسلوب التسميد ومواعيد الاضافة التي يكون لها تاثير مهم في استفادة النبات من السماد، وتقليل المخاطر البيئية. ولذا فأن اضافة كميات مناسبة من السماد العضوي وتلقيح البذور بالاسمدة الحيوية ربما يكون اداة ناجحة لتحسين الظروف الفيزيائية والكيميائية والحيوية للتربة كما إنها تقلل من استخدام الاسمدة المعدنية. إنه يمكن الحصول على إنتاج اعلى عند تطبيق التسميد المتوازن من الاسمدة المعدنية NPK وتكاملها مع الاسمدة العضوية. بشكل عام فان كل سماد سواء كان حيويا او عضويا او كيميائيا يمتاز بميزات نسبية معينة في بعض الجوانب وقصور نسبي في جوانب اخرى والاعتماد كليا على احد المصادر قد لايفي بالانتاج الكمي المطلوب او النوعي المرغوب مما يفرض ضرورة التكامل فيما بينهما لانتاج محاصيل غذائية بمستويات إنتاجية عالية وخالية من مسببات الامراض.

تأثير الزراعة العضوية في خفض التلوث البيئي

تعمل الزراعة العضوية على تطوير نظام بيئي مستدام والحفاظ على خصوبة التربة وزيادتها على المدى الطويل في نظم الإنتاج المطبق محلياً وإيجاد توازن متناسق بين إنتاج المحاصيل وتربية الحيوانات وتعمل الزراعة العضوية على إنتاج نباتات خالية من الآثار السامة للمبيدات والأسمدة الكيمياوية وإنتاج محصول نظيفة.

أن للزراعة العضوية تأثيرات متوسطة وطويلة الأجل للتداخلات الزراعية على النظم البيئية الزراعية، ويهدف هذا النمط الزراعي إلى إنتاج أغذية عضوية مع إيجاد توازن بيئي (ايكولوجي) لتلافي مشكلات خصوبة التربة والآفات. انتشر استعمال المبيدات والأسمدة الكيميائية بصورة لا نظير لها على المستوى العالمي بعد الحرب العالمية الثانية لإنتاج المحاصيل وحمايتها تلبية لحاجات السكان الغذائية وازدادت الكميات المستعملة من تلك المواد المصنعة في غفلة عن كلفتها الحقيقية المباشرة وغير المباشرة بيئيا واجتماعياً واقتصادياً وآثارها السلبية في صحة الإنسان والحيوان، إذ سرعان ما تبين للمهتمين بالبيئة عقم أسلوب التقانة الكيميائية والحاجة الملحة إلى تحقيق التوازن في النظم البيئية Ecosystems بإنشاء نظام زراعي مساعد يتناغم مع قوانينها الطبيعية.

التقنية الحيوية

استعملت الأنظمة الحيوية ومنها الأنظمة الميكروبية في إنتاج العديد من المواد ذات الاستخدامات المختلفة، وذلك لقدرة هذه الأنظمة على القيام بمجموعة كبيرة من التفاعلات الكيموحيوية من خلال تطبعها بسهولة مع مختلف الظروف البيئية، إذ تعد تنمية الأنظمة الميكروبية على مصادر كاربونية رخيصة الثمن، خطوة هامة باتجاه الاستفادة من تلك المصادر في إنتاج مركبات ذات قيمة اقتصادية.

ومع التطور الصناعي الحاصل في العالم برزت حالة التراكم الواسع للفضلات في البيئة مشكلة حقيقية مما دعا العديد من بلدان العالم إلى اتخاذ إجراءات جدية وسن قوانين صارمة للحد من هذا التلوث. إن دول العالم المختلفة تبحث اليوم عن وسائل ملائمة للتخلص من الفضلات المطروحة سواء بإتلافها أو أعادة استغلالها.

أن الكائنات الحية الدقيقة تعمل علي تحسين صفات التربة الزراعية بصورة طبيعية حيث تقوم تلك الكائنات الدقيقة بمجموعة من الوظائف المفيدة لخصوبة التربة، والتي يمكن إيجازها فيما يلي:

1- إفراز أنزيمات تقوم بتحليل المواد العضوية المعقدة ومعدنة العناصر الغذائية الموجودة بها أي تحويلها من الصورة العضوية غير الذائبة إلي الصورة المعدنية الذائبة التي يستطيع النبات امتصاصها والاستفادة بها.
2- إفراز الأحماض التي تقوم بإذابة العناصر المعدنية الموجودة في التربة مثل إذابة أملاح الفوسفات الصخري غير الذائبة وتحويلها إلي أملاح فوسفات ذائبة، وكذلك تحرير عنصر البوتاسيوم وغيره من العناصر المرتبطة بمعادن التربة الزراعية.
3- إفراز بعض المواد المخلبية Chelating Agents التي تعرف باسم حوامل الحديد

Siderophores التي تيسر للنباتات امتصاص عنصر الحديد.

4- أكسدة مركبات الكبريت غير الذائبة وتحويلها إلي صورة ذائبة.

5- تثبيت أزوت الهواء الجوي مما يزيد من محتوي التربة من النيتروجين وكذلك تمثيل ثاني أكسيد الكربون بواسطة البكتريا الأوتوتروفية مما يزيد من الكربون العضوي.

6- تحسين بناء التربة Soil Structure عن طريق تجميع حبيبات التربة بربطها مع بعضها بواسطة خيوط هيفات الفطريات والأكتينوميسيتات أو لصقها بواسطة مواد صمغية لزجة تفرزها الكائنات الدقيقة، مما يزيد من درجة التهوية في التربة.

7- تساعد الكائنات الدقيقة علي تكوين الدوبال Humus في التربة الزراعية وهو تركيب معقد له طبيعة غروية ناتج من تحلل المواد العضوية وهو يؤدي إلي زيادة السعة التشبعية Water Holding Capacity والسعة التبادلية Cation Exchange Capacity والقدرة التنظيمية لدرجة pH التربة Buffering Capacity كما يعتبر مخزن للمواد الغذائية في التربة، مما يحسن من خصوبة التربة بوجه عام.

8- إفراز منظمات النمو النباتية الأمر الذي يسرع من معدل نمو النبات.

9- إفراز مضادات حيوية تثبط نمو بعض الميكروبات الممرضة للنبات.

إمداد التربة بأعداد وفيرة من الكائنات الدقيقة المفيدة تنافس الميكروبات المرضية وتحول دون نشاطها وأصابتها للنبات.