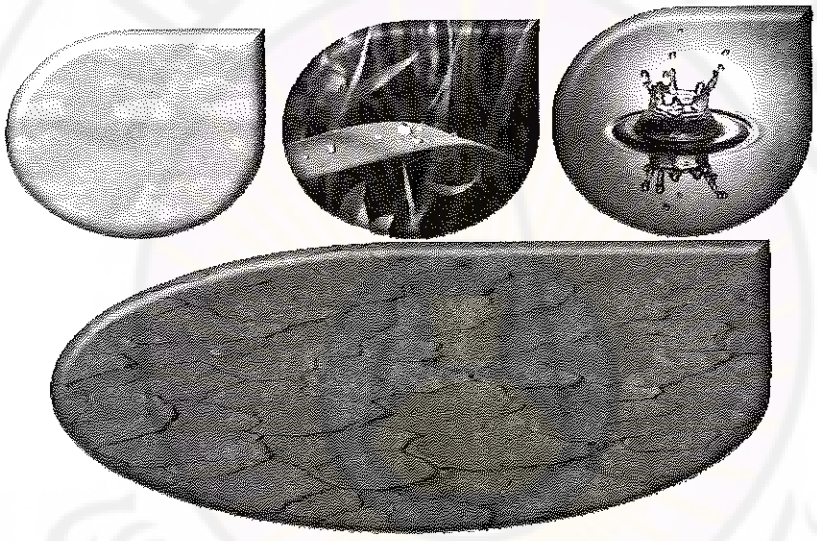
خصوبة التربة وتغذية النبات

السنة الرابعة

منشورات جامعة دمشق
كلية الزراعة
قسم علوم التربة

خصوبة التربة وتغذية النبات

الجزء النظري



الدكتور
محمد سعيد الشاطر
أستاذ في قسم علوم التربة

الدكتور
أكرم محمد البلخي
مدرس في قسم علوم التربة

جامعة دمشق

1434 – 1435 هـ
2013 – 2014 م


وقل رب زدني علما
Damascus University

المحتويات

مقدمة 9

الاحتياجات الأساسية لنمو النبات وتطوره وحركية العناصر المغذية وامتصاصها : 11

الفصل الأول: الاحتياجات الأساسية لنمو النبات وتطوره: 13

1- خصوبة التربة وإنتاجيتها. 13

2- علاقة الخصوبة بالصفات الأساسية للتربة. 14

3-العوامل الأساسية لنمو النبات. 15

الفصل الثاني: حركية العناصر المغذية وانتشارها في محلول التربة: 31

1- مفهوم محلول التربة. 31

2- تركيب محلول التربة ودور الاتزان الأيوني. 31

3- تغيرات تركيب محلول التربة وتفاعله. 32

4- العوامل المؤثرة في تركيب محلول التربة 33

5- طرائق استخلاص محلول التربة. 34

الفصل الثالث: امتصاص العناصر المغذية من قبل النبات ونظرياته: 39

1-الخلية النباتية. 39

2- نظريات امتصاص العناصر المغذية. 41

3- العوامل المؤثرة في امتصاص العناصر المغذية. 51

الفصل الرابع: استقلاب العناصر المغذية: 55

1- مفهوم الاستقلاب. 55

2- آليات استقلاب العناصر المغذية والنظريات المتعلقة بها. 55

العناصر المغذية الكبرى ودورها في تغذية النبات 59

الفصل الأول: الآزوت في البيئة الزراعية ودوره في تغذية النبات: 61

1- دورته، محتواه في التربة وأشكاله. 61

2- مصادر كسب الآزوت وفقده. 69
3- امتصاص النبات للآزوت ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته. 77
الفصل الثاني: الفوسفور في البيئة الزراعية ودوره في تغذية النبات: 87
1- دورته، محتواه في التربة وأشكاله. 87
2- مصادر كسب الفوسفور وفقده. 96
3- امتصاص النبات للفوسفور ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته. 98
الفصل الثالث: البوتاسيوم في البيئة الزراعية ودوره في تغذية النبات: 107
1- دورته، محتواه في التربة وأشكاله. 107
2- مصادر كسب البوتاسيوم وفقده. 114
3- امتصاص النبات للبوتاسيوم ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته. 116
الفصل الرابع: الكبريت في البيئة الزراعية ودوره في تغذية النبات: 125
1- دورته، محتواه في التربة وأشكاله. 125
2- مصادر كسب الكبريت وفقده. 128
3- امتصاص النبات للكبريت ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته. 131
الفصل الخامس: الكلسيوم والمغنزيوم في البيئة الزراعية ودورهما في تغذية النبات: 139
1- دورة الكلسيوم، محتواه في التربة وأشكاله. 139
2- دورة المغنزيوم، محتواه في التربة وأشكاله. 142
3- مصادر كسب الكلسيوم والمغنزيوم وفقدهما. 143
4- امتصاص النبات للكالسيوم ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته. 146
5- امتصاص النبات للمغنزيوم ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته. 153

العناصر المغذية الصغرى ودورها في تغذية النبات 158
الفصل الأول: الحديد والمنغنيز والزنك والنحاس في البيئة الزراعية 163
1- الحديد: 163
1- دورته، محتواه في التربة وأشكاله. 163
2- مصادر كسب الحديد وفقده. 168

3- امتصاص النبات للحديد ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته. 170
2- المنغنيز: 178
1- دورته، محتواه في التربة وأشكاله. 178
2- مصادر كسب المنغنيز وفقده 182
3- امتصاص النبات للمنغنيز ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته. 185
3- الزنك: 192
1- دورته، محتواه في التربة وأشكاله. 192
2- مصادر كسب الزنك وفقده. 197
3- امتصاص النبات للزنك ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته. 200
4- النحاس: 206
1- دورته، محتواه في التربة وأشكاله. 206
2- مصادر كسب النحاس وفقده. 210
3- امتصاص النبات للنحاس ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته. 212
الفصل الثاني: البورون والموليبدنم في البيئة الزراعية 219
5- البورون: 221
1- دورته، محتواه في التربة وأشكاله. 221
2- مصادر كسب البورون وفقده. 225
3- امتصاص النبات للبورون ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته. 227
6- الموليبدنم: 234
1- دورته، محتواه في التربة وأشكاله. 234
2- مصادر كسب الموليبدنم وفقده. 239
3- امتصاص النبات للموليبدنم ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته. 240

سلوك العناصر المغذية في الترب الكلسية والحامضية والجبسية والمالحة 249
الفصل الاول: سلوك العناصر المغذية في الترب الكلسية والحامضية: 249
1- سلوك العناصر الكبرى 249

2- سلوك العناصر الصغرى 251
الفصل الثاني: سلوك العناصر المغذية في الترب الجبسية والمالحة: 253
1- سلوك العناصر الكبرى 254
2- سلوك العناصر الصغرى 256
الفصل الثالث: التداخل بين العناصر المغذية 257
1- الدعم 257
2- التضاد 258
261
الإدارة المثلى للعناصر المغذية
الفصل الأول:التخطيط الإداري للعناصر المغذية. 263
الفصل الثاني: رفع كفاءة أسمدة العناصر الكبرى. 267
الفصل الثالث:رفع كفاءة أسمدة العناصر الصغرى. 273
المصطلحات 275
المراجع 281

Damascus University

مقدمة:

تعدّ خصوبة التربة وتغذية النبات النهاية الطبيعية لدراسة علوم التربة وبداية دراسة علوم الحياة النباتية. وتواجه الدول الفقيرة في هذا العصر مشكلة تأمين الغذاء بما يكفي الزيادة المطردة في عدد سكانها، حيث تضاعف سكان العالم في السنوات الأربعين الأخيرة إلى قرابة 6 بليون نسمة والمتوقع أن يصبح بحلول عام 2060 قرابة 9 بليون. ونتيجة لهذه الزيادة الكبيرة يتطلب الأمر زيادة إنتاجية المحاصيل عبر الاهتمام بالتربة من خلال دراسة خصوبتها بما تحويه من عناصر مغذية أساسية ومدى قابليتها لإفادة النبات، فضلاً عن صفاتها الفيزيائية والكيميائية المناسبة للنمو. وعلى الرغم من تطور علم الخصوبة وتغذية النبات فإننا في الجمهورية العربية السورية لا نزال في بداية الطريق لأن الإنتاج في وحدة المساحة لأغلب المحاصيل لا يزال دون المستوى العالمي، ولن نستطيع زيادة المردود في وحدة المساحة إلا بالبحث الجاد لمعرفة الكفاية الإنتاجية ودرجة الخصوبة، وما يجب أن يقدم إلى كل من التربة ومختلف الحاصلات الزراعية من مواد مغذية بغية الوصول إلى تقدير الاحتياجات السمادية الفعلية المناسبة لكل تربة ولكل محصول.

يتضمن هذا المقرر خمسة أبواب: الباب الأول، ويضم الاحتياجات الأساسية لنمو وتطور النبات، وحركية العناصر المغذية وامتصاصها، والنظريات التي تتعلق بامتصاصها وأيضاً استقلابها من قبل النبات. ويشمل الباب الثاني العناصر المغذية الكبرى، وذلك بالتعرف على دورات هذه العناصر في البيئة الزراعية (الآزوت والفوسفور والبوتاسوم والكبريت والكلسيوم والمغنزيوم) ودورها في تغذية النبات. ويعالج الباب الثالث، العناصر المغذية الصغرى، وذلك عبر التعرف على دوراتها في البيئة الزراعية (الحديد والمنغنيز والنحاس والزنك والبورون والموليبدنم) ودورها في تغذية النبات. أما الباب الرابع، فيتضمن سلوك كل من العناصر المغذية الكبرى والصغرى في الترب الكلسية والحامضية والجبسية والمالحة. وأخيراً الباب الخامس، ويتعلق بالإدارة المثلى للعناصر المغذية. إضافة لذلك فقد احتوى الكتاب على مجموعة من الجداول والأشكال والمخططات التوضيحية، وزود بقائمتين من المصطلحات والمراجع العلمية.

أخيراً، نتمنى أن نكون قد وفقنا في إعداد هذا الكتاب.

والله ولي التوفيق

الأستاذ الدكتور محمد سعيد الشاطر الدكتور أكرم محمد البلخي

•• •••

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

•••

•••

•••

•••

•••

•••

••••••• •••••

الاحتياجات الأساسية لنمو النبات وتطوره وحركية العناصر المغذية وامتصاصها:

الفصل الأول: الاحتياجات الأساسية لنمو النبات وتطوّره:

– خصوبة التربة وإنتاجيتها.

– علاقة الخصوبة بالصفات الأساسية للتربة.

–العوامل الأساسية للنمو.

وقل رب زدني علما
Damascus University

الفصل الأول
الاحتياجات الأساسية لنمو النبات وتطوّره

مقدمة:

يتطلب زيادة إنتاجية المحاصيل الاهتمام بخصوبة التربة بما تحويه من عناصر مغذية أساسية ومدى قابليتها لإفادة النبات، فضلاً عن صفاتها الفيزيائية والكيميائية المناسبة للنمو. ولن نستطيع زيادة المردود في وحدة المساحة إلا بالبحث الجاد لمعرفة الكفاية الإنتاجية ودرجة الخصوبة، وما يجب أن يقدم إلى كل من التربة ومختلف الحاصلات الزراعية من مواد مغذية بغية الوصول إلى تقدير الاحتياجات السمادية الفعلية المناسبة لكل تربة ولكل محصول. يحتاج النبات في نموه وتطوره إلى توافر عوامل أساسية تجمل بالتالي:

- المناخ: (حرارة، رطوبة وضوء).
- غاز ثاني أكسيد الكربون: (يأخذه النبات من الجو).
- العناصر المغذية الكبرى:Mg,Ca,S,K,P,N (يحصل عليها النبات من التربة).
- العناصر المغذية الصغرى Mo,B,Cu,Zn,Mn,Fe (يحصل عليها النبات من التربة).

وتشكل العوامل السابقة الوسط الطبيعي للنمو والتطور. إضافة إلى العناصر آنفة الذكر فإن النبات يمتص اختيارياً أو سيبياً جملة من العناصر الأخرى هي:

Li,As,Ti,Cr,Va,Br,F,Al,Si,Co,Cl,Na

تصنف الأبحاث الخاصة بالتغذية المعدنية العناصر التي يمتصها النبات في مجموعتين:

1- مجموعة العناصر التي تدخل في تركيب النبات بنسبة مئوية أكبر من الواحد:Cl,Na Mg,Ca,S,K,P,N,H,C,O

2- مجموعة العناصر الصغرى التي تدخل في تركيب النبات بنسبة مئوية أقل من الواحد (PPM) ويمكن أن تقسم إلى مجموعتين:

أ-عناصر نافعة: ,Co,Mo,B,Cu,Zn,Mn,Fe

ب- عناصر غير نافعة: , Li,As,Ti,Cr,Va,Br,F,Al,Ni

1-خصوبة التربة وإنتاجيتها:

التربة الخصبة والتربة الخصبة المنتجة: تعدّ التربة خصبة عندما تحتوي على كافة العناصر المغذية الأساسية للنبات بأشكال متاحة، وبكميات كافية وضمن توازن مناسب، على أن تتمتع بصفات فيزيائية (قوام، وبناء، ونفاذية..) مناسبة تسمح بتغلغل الجذور وانتشارها فيها وبحركة طبيعية للماء والهواء، وأن تكون خالية من المواد السامة والمثبطة للنمو. وحتى تكون التربة **خصبة منتجة** لا بد من أن تكون العوامل البيئية من درجة حرارة ورطوبة نسبية وضوء وهواء مناسبة أيضاً للنمو النباتي.

2-علاقة الخصوبة بالصفات الأساسية للتربة:

أ-الخصوبة والصفات الفيزيائية للتربة:

تتميز التربة ذات الصفات الفيزيائية الجيدة (بناء محبب) باحتوائها على نسب متوازنة من الرمل والسلت والطين مما ينعكس على بناء التربة من خلال توازن هذه المكونات في تحسين نفاذية التربة ومساميتها وحركة الهواء وانتشار الجذور. إضافة إلى 2-5% دبالاً و 1-5% كلساً.

ب-الخصوبة والصفات الكيميائية للتربة:

تؤثر كل من الصخور الأم والظروف المناخية في كمية العناصر المغذية القابلة للإفادة في التربة، فالترب الناشئة من صخور تحتوي كثيراً من الفلزات وتكون قادرة على إمداد النبات بالعناصر الغذائية أكثرمن الترب المتولدة فوق صخور مكونة من فلز أو اثنين كما في حالة الصخور الكلسية التي يسود عنصر الكلسيوم وأحياناً المغنزيوم فيها، وقد تنشأ الترب من صخور لا تحتوي فلزاتها على عناصر مغذية كما في حالة الصخور الرملية. أما الظروف المناخية فيتمثل تأثيرها من خلال معدلات الأمطار حيث تتعرض العناصر المغذية خاصة الـــ Ca^{++}، Mg^{++}، $Na+$، K^{+} إلى الفقد عن طريق الغسل والرشح، وبذلك تصبح التربة فقيرة وهنا لا بد من تعويض النقص بهذه العناصر عن طريق إضافة الأسمدة التي تحتويها. وبالمقابل تنخفض الأمطار في المناطق الجافة وشبه الجافة ما يؤدي إلى تراكم هذه العناصر آنفة الذكر فتتحول التربة إلى مالحة وتصبح غير منتجة، حيث تحتاج إلى عمليات غسل وصرف لماء الغسل، أما في حالة الترب الصودية فيجب إضافة مركبات كلسية كالجبس $CaSO_4.2H_2O$ ثم الغسل لأملاح الصوديوم. يعدّ pH التربة عاملاً مؤثراً في تيسر العناصر المغذية، ففي الأوساط القلوية تصبح التربة فقيرة بالعناصر المغذية خاصة الفوسفور والعناصر الصغرى، وإن أفضل pH تكون فيه العناصر المغذية بصورة متوازنة وميسرة هو المتعادل أو الميال قليلاً للحموضة. أما بالنسبة للآزوت فكميته دائماً منخفضة في الترب الجافة ونصف الجافة لذلك ينبغي إضافته للتربة إما عن طريق الأسمدة العضوية أو المعدنية وذلك للحفاظ على إنتاجية التربة.

جـ-الخصوبة والصفات الحيوية للتربة:

تؤدي الأحياء الدقيقة للتربة بأنواعها الخمسة الرئيسة، البكتريا والاكتينوميسيت والفطريات والطحالب والبرتوزوا، دورا مهما في تحديد خصوبتها وجاهزية العناصر الغذائية فيها مما يؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر في نمو النبات وإنتاجيته وذلك من تثبيت الآزوت الجوي وتحويله

إلى أشكال قابلة لإفادة النبات. وتعمل كذلك على تحلل المادة العضوية إلى مكوناتها الأساسية محررة كثيراً من العناصر المغذية ومن ثمّ تسهم في تحسين خصوبة التربة، ويلعب الدبال دوراً في تحسين الصفات الفيزيائية للتربة وخفض pH التربة مما يجعل العناصر المغذية بصورة أكثر إفادة للنبات. يمكن لبعض الكائنات الحية الدقيقة أن تقوم بإرجاع النترات والكبريتات وتحويلها إلى أشكال غير مفيدة وذلك في ظروف لا هوائية. أخيراً يتوقف نشاط الكائنات الحية الدقيقة على كل من المناخ السائد والعناصر المغذية وكمية المادة العضوية في التربة.

3- العوامل الأساسية لنمو النبات

يعبر عن النمو النباتي بمؤشرات عدة تتمثل بالوزن الجاف أو الرطب للنبات أو بقياس الطول أو القطر أو الغلة. ويتأثر النمو النباتي بعدد كبير من العوامل المتداخلة نجملها بالجدول (1)

الجدول (1) العوامل المؤثرة في نمو النبات وإنتاجيته

العوامل المناخية	عوامل التربة	العوامل المتعلقة بالنبات
الأمطار درجة الحرارة الرطوبة النسبية الإضاءة الارتفاع عن سطح البحر الهواء الجوي تركيز غاز CO2	القوام، البناء، الماء المتاح المادة العضوية، تفاعل التربة السعة التبادلية، درجة التشبع بالقواعد، العناصر المغذية عمق التربة، درجة حرارة التربة إدارة التربة، الحراثة، الصرف الانحدار والطبوغرافيا	النوع النباتي، الصنف معدل البذار، نوعية البذار النتح، التغذية (امتصاص العناصر المغذية)، الآفات (حشرات أمراض اعشاب)، كفاءة الحصاد

عن (Tisdale *et al*,1993)

3-1- العوامل الوراثية: Genetic Factors:

تتحكم العوامل الوراثية في التفاعلات الحيوية الفيزيولوجية للنبات، حيث تسيطر جينات الكرموسمات (الصبغيات)على تفاعلات الأنزيمات وسلوكها وتحفيز آليات الاستقلاب ومن ثم زيادة كبيرة في نمو المجموع الجذري مما ينعكس زيادة في امتصاص كميات إضافية من الماء والعناصر المغذية، وبالنتيجة زيادة كبيرة في إنتاجية النبات، وهذا يعني أن تفوق بعض النباتات في إنتاجها يعود إلى عمل نظامها الإنزيمي وإلى نظامها الجذري المتكيف لأخذ كميات كبيرة من العناصر المغذية والماء. وأهم هذه العوامل:

الأصناف عالية الغلة:High Yielding Varieties

تنتج هذه الأنواع عن طريق التربية الوراثية حيث يمكن إدخال صفات مرغوبة معينة تتعلق بنوعية الإنتاج وكميته، إضافة إلى صفات خاصة تتعلق بمقامة المحصول للحشرات والأمراض وتحمل الجفاف وكذلك تحمل انخفاض درجات الحرارة. مثلاً: أنواع من الحمضيات مطعمة على أصل Trifoliatc تقاوم الإصابة بالنماتودا أكثر من أنواع أخرى من الحمضيات خاصة الكريب فروت المطعم على أصل النارنج Sour Orange ، إضافة لأصناف لمحاصيل أخرى كالرز والقمح.

3-2-العوامل البيئية:

3-2-1 الماء:

يعد الماء عاملاً رئيساً في نمو النبات واستمرار حياته وذلك لأدواره التالية:

- يحافظ على بنية الخلية وتعضيها خاصة فيما يتعلق بالبنية الغروية للسيتوبلازم والتي تساهم في حصول مختلف أشكال النشاط الحيوي في الخلية.
- يسمح بحدوث التفاعلات الاستقلابية والتي تؤدي إلى اصطناع السكريات ويمكن أن يدخل مباشرة في هذه التفاعلات عند تأينه إلى H^+ و OH^-.
- ينقل المواد الغذائية والهرمونات والفضلات ما بين الوسط والنبات من جهة ومن عضو إلى آخر داخل النبات نفسه من جهة أخرى.
- يحافظ على انتباج الخلية Turgidity مما يسهل للخلية القيام بفعاليتها الحيوية المختلفة.
- يساهم في التوازن الحراري الداخلي للنباتات وذلك نتيجة امتصاصه من قبل النبات ثم خروجه بعملية النتح.

يختلف محتوى النبات من الماء باختلاف النوع النباتي والصنف والعضو النباتي. فالأوراق تحتوي عادة على الماء بنسبة أعلى مما تحتويه الأعضاء البالغة وأعضاء التخزين كالبذور والحبوب.الجدول (2).

الجدول (2) محتوى بعض النباتات من الماء

النبات	الجزء النباتي	المحتوى من الماء (%)
قمح	أوراق، سوق	90-75
	حبوب	15-12
بقوليات	أوراق، سوق	90-75
	حبوب	13-12
شوندر سكري	أوراق، جذور	80-75
شوندر علفي	أوراق، جذور	90-88
ذرة صفراء	حبوب	25-15
خيار	ثمار	95-85
بندورة	ثمار	85-80
بطاطا	أوراق، سوق	85-75
	درنات	75-70
كرمة	ثمار	85-80
برتقال	ثمار	90-86
تفاح	ثمار	81-74

(في عودة وشمشم، 2008)

يلعب ماء التربة (محلول التربة) دوراً في درجة إذابة العناصر المغذية، حيث تزداد درجة الإذابة بزيادة رطوبة التربة ولكن في الوقت ذاته ينخفض تركيزها في محلول التربة، ويزداد التركيز بانخفاض الرطوبة نتيجة عملية البخر حتى تترسب أو تتثبت العناصر كالفوسفات والبوتاسيوم بينما تبقى بعض الأملاح بحالة ذائبة على الرغم من انخفاض الرطوبة كما في النترات والكلور، وفي كلتا الحالتين نستطيع النباتات التي تتمتع بمجموع جذري متطور الاستفادة من الشوارد الموجودة في محلول التربة عند زيادة أو انخفاض تركيز العناصر المغذية في المحلول الأرضي.

3-2-2- الحرارة:

تعدّ الحرارة عنصرا مناخيا مؤثرا في النمو وانتظام التطور عند النباتات، فكل صنف من النباتات يحتاج إلى درجة حرارة معينة ليتم دورة نموه ووظائفه كالتركيب الضوئي وتكوين الإزهار ...الخ.

تختلف الاحتياجات الحرارية للنباتات باختلاف النوع وكذلك الصنف وطور النمو للنبات ذاته، ويعتقد أن مجال درجة الحرارة المناسب لنمو النبات يتراوح بين حد أدنى 10 Minimum درجة مئوية وحد أعلى 45 Maximum درجة مئوية. ويلاحظ أن لكل نبات درجة حرارة ملائمة لنموه فإذا انخفضت درجة الحرارة ستؤدي إلى توقف نمو النبات وفي هذه الحالة يتوقف تكون أنسجة جديدة ولن يكون هناك زيادة في وزن النبات أو حجمه أي أن معدل النمو يصبح صفراً وهو ما يطلق عليه صفر النمو. ويبين الجدول (3) درجات صفر النمو بالنسبة لبعض المحاصيل.

الجدول (3) درجات صفر النمو لبعض المحاصيل

المحصول	صفر النمو (مْ)	المحصول	صفر النمو(مْ)
قمح	صفر	الذرة الصفراء	9
ذرة بيضاء	8	بازلاء	صفر
الصويا	10	البطاطا	10
القطن	14		

(في ديب، 1994)

تؤثر حرارة التربة بصورة مباشرة وغير مباشرة في ظاهرة النمو النباتي وذلك من خلال تأثيرها على نشاط الأحياء الدقيقة مما ينعكس على تفكيك المادة العضوية، وكذلك تثبيت الآزوت الجوي سواء كان تكافلياً أو غير تكافلي، فعند كون الحرارة مناسبة مع توافر الرطوبة الملائمة يزداد تفكك المادة العضوية ومعدنتها، كما تقوم الأحياء الدقيقة بتثبيت الآزوت الجوي وتحويله إلى آزوت عضوي يتحول إلى آزوت معدني عند موت هذه الأحياء وتفسخها، ولكن نشاط هذه الأحياء الدقيقة (المثبتة للآزوت الجوي) يتوافق مع نشاط نمو النباتات المضيفة لها، وقد يستمر نمو هذه الأحياء عند درجة تجمد ماء التربة حيث تستمر في تشكيل العقد الجذرية على الرغم من توقف نشاط جذور النباتات المضيفة. وجد أن أفضل درجة حرارة مناسبة

لتفسخ المادة العضوية الطازجة وتحللها هي في حدود 27 درجة مئوية. كما وجد أيضاً أن عملية تكوين الأمونيوم Ammonification أقل تأثراً بدرجات الحرارة من عملية النترجة Nitrification.

تؤثر الحرارة في ذوبان المركبات المعدنية وامتصاص العناصر الذائبة من قبل الجذور وكذلك في إنبات البذور ونمو المجموع الجذري، وبشكل عام يرتفع معدل ذوبان العناصر المغذية بارتفاع درجة حرارة محلول التربة.

أما فيما يتعلق بتأثير الحرارة في امتصاص النباتات للماء، يزداد امتصاص النبات للماء مع ارتفاع درجة الحرارة عن درجة الحرارة الدنيا نظراً لزيادة معدل تنفس الجذور التي توفر مزيداً من الطاقة يستهلك بعضاً منها في امتصاص كميات إضافية من الماء. يترافق ارتفاع درجة الحرارة عن الدرجة المثلى مع انخفاض في امتصاص النبات للماء موت بعض الشعيرات الجذرية الفاعلة في الامتصاص.

تؤثرالحرارة في العمليات الفسيولوجية للنبات من خلال تأثيرها في كل من عملية التنفس والنتح والاصطناع الضوئي، فزيادة درجة حرارة الجو تعمل على زيادة التنفس لدى النبات الأمر الذي يرافقه، أولاً: زيادة في استهلاك السكريات المصنعة ومن ثم فقدها وثانياً إنتاج كميات كبيرة من غاز ثاني أكسيد الكربون، مما يؤدي إلى تجمعه في الأمكنة المغلقة. كما تتأثر عمليات الاصطناع الضوئي بارتفاع درجات الحرارة، حيث تتوقف هذه العمليات عند ارتفاع درجات الحرارة فوق 45 درجة مئوية.

3-2-3 الإضاءة:

تعدّ الإضاءة إحدى العوامل الأساسية في نمو النبات وتطوره، وتعدّ الشمس المصدر الأساس للضوء الذي يتيح للنبات تفكيك غاز ثاني أكسيد الكربون الموجودفي الهواء الجوي وتمثيله لاصطناع المواد الكربوهيدراتية بعملية الاصطناع الضوئيphotosynthesis وفق التفاعل التالي:

$$nCO_2+nH_2O+light \longrightarrow 2(CH_2O)n+nO_2$$

ويتجسد دور الإضاءة من خلال شدة الضوء ونوعيتة والفترة التي يتعرض لها النبات للضوء، فشدة الإضاءة لا تشكل عادة عاملاً محدداً للنمو النباتي، أما نوعية الضوء والتي يقصد بها الطيف المرئي spectrum الذي يمتصه النبات، فمن المؤكد أن الخلايا النباتية تحتوي على نوعين من الكلوروفيل هما كلوروفيل(A)، وكلوروفيل (B) و كلا النوعين يمتصان بقوة اللون

البنفسجي والأزرق وكذلك البرتقالي والأحمر(390- 490 nm) بينما لا يمتصان سوى كميات ضئيلة جداً من اللونين الأخضر والأصفر (500- 600nm)، وعكس النبات لمعظم اللون الأخضر يجعله يبدو أخضر اللون. وحسب فترة الضوء يمكن تقسيم النباتات إلى ثلاث مجموعات: نباتات ذات نهار طويل، ونباتات ذات نهار قصير، وأخرى ذات نهار متوسط.

3-2-4- تركيب الهواء الجوي والأرضي:

يشكل كل من غازي الآزوت والأكسجين 79% و 21 %من الهواء الجوي على الترتيب، بينما يشكل غاز ثاني أكسيد الكربون 0.03% ، ويحتوي الهواء الجوي أيضاًعلى بخار الماء وبعض الغازات النادرة. يلاحظ أن هناك اختلافاً في محتوى هواء التربة من الغازات مقارنة بالهواء الجوي، ويظهر هذا الاختلاف في المحتوى من غازي ثاني أكسيد الكربون والأكسجين حيث تبلغ نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الطبقة السطحية للتربة (0.2-1%) أي أنه أكبر بـ 6- 33 مرة تقريباً من نسبته في الهواء الجوي، وهذا ما ينعكس انخفاضاً في نسبة الأكسجين من 21% في الهواء الجوي إلى 20.2% في هواء التربة. ويعزى هذا الاختلاف إلى تنفس جذور النباتات وكذلك الأحياء الدقيقة واستهلاكها للأكسجين من جهة وإطلاقها لـ CO_2 من جهة أخرى. ومما يفسر تراكم CO_2 في التربة إلى عدم استهلاكه من قبل الجذور ولذلك لعدم قيامها بعملية التركيب الضوئي. وهذا ما يستدعي فلاحة التربة وتحسين تهويتها. يلعب غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء دوراً مهماً في عملية الاصطناع الضوئي حيث يثبت بصورة كيميائية في مركبات عضوية. أما بالنسبة لدور الهواء الأرضي فيتمثل بمحتواه من الأكسجين حيث يؤثر نقص الأكسجين في التربة على استقلاب المواد الكربوهيدراتية في الجذور .كما ينخفض اصطناع بعض الهرمونات كا Giberelins و Cytokinins.

3-2-5- تفاعل التربة pH:

يتحكم pH التربة في جاهزية العناصر المغذية وتثبيتها fixation في التربة، لكل عنصر مغذي رقم pH ملائم suitable يكون عندها العنصر متاحاً available للنبات. وبصورة عامة تتعلق جودة زراعة النباتات بـpH التربة، فالترب ذات الـ pH الحامضي (5.5-6.5) تجود فيها البطاطا، بينما في pH متعادل (6.5-7) الذرة والقمح والشعير وفول الصويا والبندورة. أما في ظروف ترب تميل إلى القلوية (pH 7-8) فيناسب الفصة.

أما الترب ذات الـ pH الحامضي الشديد فتسبب نقصاً في جاهزية الفوسفور والبوتاسيوم والمولبدنم وتسبب أيضاً مرض جرب البطاطا. كما أن الترب ذات الـ pH القلوي تسبب

نقصاً في جاهزية عنصر الفوسفور نتيجة وجود كميات كبيرة من الكلسيوم والمغنزيوم كما تصاب جذور نبات التبغ بمرض تعفن جذور التبغ الأسود.

إضافة إلى كل ما تقدم فإن تفاعل التربة يؤثر على نشاط الأحياء الدقيقة وتحديد نوعها، فالفطريات تنشط في pH أقل من 6 بينما تنشط البكتريا في الوسط المتعادل والمائل للقلوية.

3-2-6- العناصر المغذية الأساسية: Essential Nutrients

التغذية Nutrition: هي عملية تزويد النبات بالمركبات الكيميائية اللازمة للنمو و الاستقلاب.

المغذيات Nutrients: هي العناصر المغذية التي يحتاجها النبات.

الاستقلاب Metabolisme: هي الآليات التي تتحول من خلالها المغذيات إلى مادة عضوية داخل النبات.

3-2-6-1-مفهوم العنصر المغذي الأساسي Concept of Essential Nutrient

يحتاج النبات إلى العناصر المغذية الأساسية والتي لا يتجاوز عددها 22 عنصراً غذائياً، على الرغم من أن التحليل الكيميائي للنبات أظهر احتوائه على أكثر من 50 عنصراً من البيئة المحيطة. وحتى يعدّ العنصر المغذي ضرورياً وأساسياً ينبغي أن يتمتع بشروط عدة أهمها:

أن يكون له دور مباشر في تغذية النبات وأيضاً في وظائف النبات وتفاعلاته الاستقلابية(Metabolism).

2-إن نقص هذا العنصر في النبات يجعله غير قادر على إكمال دورة حياته الخضرية والثمرية بصورة مثلى، وعندئذ تظهر أعراض نقصه على النبات.

3-إذا أضيف العنصر المغذي الذي يعاني النبات من نقصه عن طريق الجذور أو الأوراق تزول أعراض النقص وينمو النبات بصورة طبيعية.

4- غير قابل للاستبدال أو الاستعاضة عنه بأي عنصر آخر.

إن توفر العناصر المغذية بكميات كافية ومتوازنة وحسب حاجة النبات هي العامل المحدد للحصول على أقصى عائد أو ربح متوقع. وإن أي خلل أو نقص بكمية أحد العناصر المغذية التي يحتاجها النبات تسبب تدهوراً في نموه وإنتاجه. صيغ قانون للتعبير عن ذلك سمي قانون الحد الأدنى للعناصر المغذية Liebig law of minimum نسبة للعالم الكيميائي الألماني ليبيج. ينص هذا القانون على أن نمو النبات وإنتاجه يتحدد بكمية العنصر الموجود بكميات قليلة على الرغم من توفر العناصر المغذية الأخرى بكميات كافية، ويمكن توضيح ذلك من

خلال المثال التالي: يوجد في التربة كمية من الآزوت تكفي لإنتاج طنٍ من القمح(حبوب) ومن الفوسفور لإنتاج 1.5 طناً ومن البوتاسيوم لإنتاج 2 طناً، فإن إنتاج القمح الفعلي من الحبوب سيتحدد بكميات الآزوت الموجودة بكميات أدنى أي أن إنتاج القمح سيكون طناً واحداً فقط. وإذا ما أضيفت كمية زائدة من الآزوت لتكون كافية لإنتاج 2 طناً من حبوب القمح فإن الإنتاج يكون 1.5 طناً فقط لأن العنصر المغذي التالي الموجود بكمية قليلة أصبح الفوسفور وقد حدد الإنتاج بموجب هذا القانون. ولدى مناقشة النمو والإنتاج الأقصى للنبات Maximum possible yield ، ينبغي أن تكون كافة الظروف والعوامل متوفرة بحدودها المناسبة والتي يمكن إيجادها بوساطة المعادلات الرياضية الخصوبية وفق ما اقترحه علماء الخصوبة أمثال متشرلج Mitscherlich و سبيل مان Spill man و ويلكوكسWilcox و براي Bray وغيرهم.

3-2-6-2- تصنيف العناصر المغذية الأساسية لنمو النبات

هناك عديد من الطرائق المتبعة في تصنيف العناصر المغذية استناداً إلى نوعية العنصر المغذي أو حسب طبيعة وجوده (المصدر الذي ينشأ منه)، ولكن التصنيف التالي أكثر تطبيقاً وأكثر شيوعاً: (الجدول 4).

أ- عناصر مغذية أساسية من الهواء:

وتشمل الكربون والهيدروجين والأكسجين، وتشكل هذه العناصر الثلاثة حوالي 97% من وزن النبات الكلي على شكل كربوهيدرات، بروتين، لجنين، دهون، وزيوت وماء وكميات قليلة من الأنزيمات والهرمونات والصبغيات. ويمكن أن يأخذ النبات العناصر الثلاثة آنفة الذكر من التربة بشكل ماء وثاني أكسيد الكربون ومركبات عضوية معقدة.

ب- العناصر المغذية الكبرى: Macronutrients

عبارة عن العناصر التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة، ويكون تركيزها في النبات أكبر بمئات المرات من تركيز العناصر الصغرى. وتشمل:الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم والكبريت والكلسيوم والمغنزيوم. وتعدّ العناصر المغذية الثلاثة الأولى عناصر مغذية رئيسية وأساسية، حيث تشكل حوالي 2% من وزن النبات الكلي.

جـ – العناصر المغذية الصغرى: Micronutrients

هي العناصر التي يحتاجها النبات بتراكيز منخفضة جداً من رتبة بضع مليغرامات أو جزء من الميليغرام في الليتر، أي من بضعة أجزاء بالمليون إلى أقل من جزء بالمليون PPM، وتشمل العناصر التالية: Mo,B,Cu,Zn,Mn,Fe

الجدول (4) العناصر المغذية الأساسية للنبات

العنصر	الرمز	الوزن الذري
الكربون Carbon	**C**	12
الهيدروجين Hydrogen	**H**	1
الأكسجين Oxegen	**O**	16
الآزوت Nitrogen	**N**	14
الفوسفور Phosphorous	**P**	31
البوتاسيوم Potassium	**K**	39
الكبريت Sulphur	**S**	32
الكلسيوم Calcium	**Ca**	40
المغنزيوم Magnesium	**Mg**	24
الحديد Iron	**Fe**	56
المنغنيز Manganese	**Mn**	55
الزنك Zinc	**Zn**	65
النحاس Copper	**Cu**	64
البورون Boron	**B**	11
الموليبدنم Molybdenum	**Mo**	96
الكلور Chlorine	**Cl**	35.5
الصوديوم Sodium	**Na**	23
السيليكون Silicon	**Si**	28
الكوبالت Cobalt	**Co**	59

Damascus University

الجدول (5) محتوى التربة والنبات من العناصر الكبرى والصغرى

العنصر	الرمز	محتوى التربة		محتوى النبات %
		قابل للإفادة (ppm)	كلي %	
العناصر الكبرى				
الآزوت	N	25-15	0.1	3-1.5
الفوسفور	P	15-10	0.08	0.7
البوتاسيوم	K	400-300	1.3	3
الكبريت	S	10-5	0.085	0.5
الكلسيوم	Ca	2000-1200	1.2	1
المغنزيوم	Mg	180-140	0.6	0.5
العناصر الصغرى (ppm)				
الحديد	Fe	4.5-2.5	28000	200
المنغنيز	Mn	4-2	2500-10	50-10
الزنك	Zn	1-0.5	100-25	40-10
النحاس	Cu	1.5-0.5	60-5	20-7
البورون	B	2-1	55 -1.5	94-1
الموليبدنم	Mo	0.3-0.05	7.5 -0.2	8 - 0.2

(عودة وشمشم،2008)

(Parts Per Million :PPM)

الجدول (6) محتوى المادة النباتية الجافة لبعض الأنواع النباتية من العناصر المغذية

النبات		N	P	S	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
		%						Ppm					
قمح	حبوب	2	0.4	0.02	0.5	0.05	0.15	100	40	30	5	5	0.5
	قش	0.5	0.1	0.07	1	0.3	0.1	50	40	30	5	5	0.2
بطاطا	درنات	1.5	0.2	0.1	2	0.05	0.1	40	10	15	5	7	0.3
شوندر سكري	جذور	0.8	0.2	0.06	1.5	0.2	0.2	25	20	25	7	30	0.6
ذرة صفراء	أوراق	3	0.3	0.3	3	2	1	100	60	50	10	50	1

(في عودة وشمشم، 2008)

3-2-6-3- أشكال العناصر المغذية الممتصة من النبات ودورها الفيزيولوجي:

يوجد العنصر المغذي في التربة بأشكال مختلفة، منها ما هو ذائب و منها ما هو مدمصّ(متبادلٌ) أي قابلاً لإفادة النبات، ومنها ماهو مرتبطٌ ضمن مركبات غير قابلة للإفادة. ويستفيد النبات مباشرة من كلا الشكلين الذائب والممتز، ويقصد بالشكل الذائب الأيونات الموجودة في محلول التربة، ويقصد بالشكل الممتز الأيونات الممتزة على السطوح الداخلية والسطوح الخارجية لغرويات التربة، وفي هذه الحالة تشكل الكاتيونات الجزء الأكبر من الأيونات المدمصة الادمصاص وهنا ما يدعى بالادمصاص الموجب، بينما لا تشكل الأنيونات سوى 5%من عملية التبادل الأيوني في التربة، إلا أن بعض الكاتيونات تلعب جسر ربط بين الأنيونات وسطح التربة، ولكن غالباً ما توجد الأنيونات في محلول التربة. يبين الجدول (7) أشكال االعناصر المغذية الممتصة. يلاحظ من الجدول(7) أن الآزوت يمتص على شكل نترات NO^-_3 وعلى شكل أمونيوم NH_4^+ أما النتريتNO^-_2 فإنها تتحول إلى نترات وإن لم يتم تحولها بسرعة أو بقي تراكيز بسيطة منها فإنها تؤدي إلى ضرر النبات وسميته، وتشير بعض الأبحاث إلى أن النبات يمكن أن يمتص النتريت دون ضرر إذا كانت هي المصدر الوحيد لعنصر الآزوت بشرط ألّا يزيد تركيزها على ppm25. أما بالنسبة للفوسفور، يلعب pH التربة دوراً مهماً في تحديد نوع شاردة الفوسفات، حيث تكون ثنائية HPO_4^{--} عندما يكون الـ pH قلوياً، وأحادية وثنائية $H_2PO_4^-$ و HPO_4^{--} عندما تميل التربة إلى الحامضية،

بينما تسود الشاردة الأحادية $H_2PO_4^-$ عندما يكون الـ pH حامضياً. أما الشكل العضوي من الفوسفور ينبغي تحوله إلى معدني حتى يستطيع النبات امتصاصه، إلا أن بعض الدراسات أشارت إلى قدرة النبات على امتصاص الفايتين phytin والأحماض النووية مباشرة.

الجدول (7)- أشكال العناصر الممتصة ودورها الفيزيولوجي

العنصر	الشكل الممتص	الدور الفيزيولوجي الرئيس
C	CO_2 غازي و HCO_3	بناء هيكل النبات
H	H من الماء	
O	O2 غازي ومن الماء	
N	NO_3^- و NH_4^+ و حمض أميني	تركيب البروتينات واليخضور
P	HPO_4^{--} و $H_2PO_4^-$ و فايتين فوسفوليبدات	تركيب الفايتين والأحماض النووية ومركبات الطاقة واستقلاب السكريات وتشكل الثمار
K	K^+	انتقال الكربوهيدرات وتخزينها في الثمار والجذور
S	SO_4^{--}	تركيب بعض الأحماض الأمينية، والفيتامينات، وبناء اليخضور.
Ca	Ca^{++}	تركيب الجدر الخلوية
Mg	Mg^{++}	تركيب اليخضور
Fe	Fe^{3+} و Fe^{2+} و على شكل معقدات عضوية	تركيب اليخضور،وأنزيمات الأكسدة والإرجاع وكذلك بعض أنزيمات التنفس
Mn	Mn^{2+} و على شكل معقدات عضوية	تركيب اليخضور،وأنزيمات الأكسدة والإرجاع وكذلك بعض أنزيمات التنفس
Zn	Zn^{2+} و على شكل معقدات عضوية	يساهم في تكوين هرمونات نمو الخلايا
Cu	Cu^{2+} و على شكل معقدات عضوية	تركيب الكثير من الأنزيمات وخاصة التنفس
B	وسط حامضي H_3BO_3 وفي الوسط القلوي $[B(OH)_4]^-$	تأثير مهم في الإزهار والثمار وانتقال السكريات
Mo	MoO_4^{2-}، $HMoO_4^-$،	تشكل العقد الجذرية

3-2-6-4-العلاقة بين تركيز العنصر في النبات ومستوى الأداء الوظيفي له:

يمكن أن توجد العناصر المغذية في النبات بالتراكيز التالية:

أ- تراكيز غير كافية: Low Insufficient Concentrations

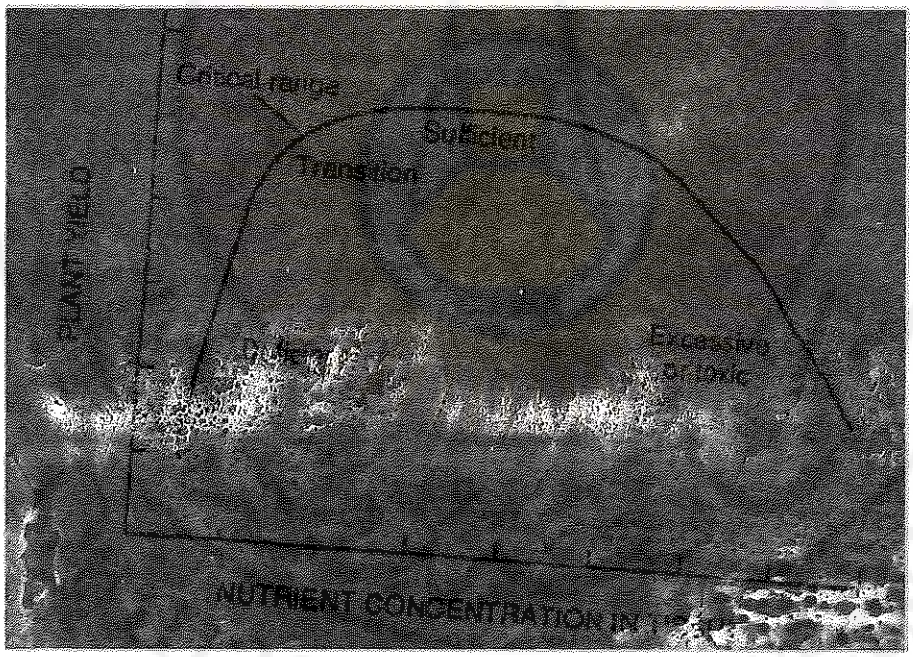
يمكن أن نميز نوعين من النقص: 1- نقص ظاهر للعين تظهر فيه علامات النقص على النبات، 2- نقص مستتر يكون نقص في تركيز العنصر ولكن لا تظهر علامات النقص على النبات.

ب- تراكيز مثالية: Optimal Concentration

في هذه الحالة، يكون الإنتاج أفضل ما يمكن، ويطلق عليه المحصول الأمثل.

جـ- تراكيز سامة: Toxic Concentrations

يمكن أن نميز نوعين من السمية، 1- سمية خفية أو مستترة، ناتجة عن زيادة تركيز العنصر في النبات، ولكن لا تظهر علامات الزيادة عليه. 2- سمية شديدة أو ظاهرة، حيث تظهر علامات زيادة العنصر على النبات. ويبين الشكل (1) العلاقة بين تركيز العنصر في النبات ومستوى الأداء الوظيفي له.



الشكل (1)العلاقة بين تركيز العنصر في النبات ومستوى الأداء الوظيفي له

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثاني

حركية العناصر المغذية وانتشارها في محلول التربة

1- مفهوم محلول التربة.

2- تركيب محلول التربة ودور الاتزان الأيوني.

3-تغيرات تركيب محلول التربة وتفاعله.

4- العوامل المؤثرة في تركيب محلول التربة

5- طرائق استخلاص محلول التربة.

Damascus University

وقل رب زدني علما
Damascus University

الفصل الثاني

حركية العناصر المغذية وانتشارها في محلول التربة

1- مفهوم محلول التربة: Soil Solution:

يطلق محلول التربة على ماء التربة وما يحتويه من مواد منحلة، ويعوض محلول التربة ما يفقده من المواد المنحلة نتيجة امتصاصها النبات أوبسبب هجرتها مع مياه الصرف، عن طريق تحرير جزء من الكاتيونات الممتزة على سطوح غرويات التربة المعدنية والعضوية وكذلك المتحرر من الفلزات بفعل التجوية.

2-تركيب محلول التربة وتركيزه:

يختلف محلول التربة في تركيبه من تربة إلى أخرى، وربما يعود هذا الاختلاف إلى الظروف السائدة المتغيرة ونشاط الكائنات الحية وجذور النباتات وعمليات الغسل. يلاحظ وجود علاقة بين نوع الكاتيونات الممتزة والكاتيونات الذائبة في محلول التربة، وإن الأيونات الموجودة في المحلول ما هي إلا انعكاس للأيونات الممتزة على غرويات التربة. وفي ظروف ترب المناطق الجافة وشبه الجافة يشكل الكلسيوم أكثر من 80% من كمية الكاتيونات الممتزة، يليه المغنزيوم والبوتاسيوم.ويبين الجدول (8) الحدود الدنيا والقصوى لتراكيز العناصر المغذية في محلول التربة. تختلف نسبة هذه العناصر بعضها إلى بعض في مكونات التربة عنها في محلول التربة وقد بين Lavolly أن نسبة الكلسيوم إلى المغنزيوم Mg/Ca في محلول التربة تتراوح ما بين 5 و 22 وأن هذه النسبة تقع بين 1 و 93 في التربة نفسها. أما نسبة الكلسيوم إلى البوتاسيوم K/Ca فإنها تختلف كثيراً باختلاف نسبة محلول الاستخلاص إلى وزن التربة.
يختلف تركيب محلول التربة باختلاف تركيب التربة الفلزي حيث تتباين الفلزات في تركيبها الكيميائي، فمثلاً، الرطوبة القريبة من فلز الكالسيت $CaCO_3$ تكون غنية بشوارد الكلسيوم مقارنة ببقية أجزاء المحلول ومقارنة برطوبة تغلف فلز الأورثوكلاز الذي يعطي محلولاً أغنى نسبياً بالبوتاسيوم من بقية أجزاء المحلول الأرضي وهكذا. تقوم جذور النباتات بإفراز أحماض أمينية وسكريات مما يزيد من نشاط الكائنات الحية القريبة من الجذور الأمر الذي يتأتى عنه

ذوبان الكثير من الفلزات كالأباتيت وغيرها. كما تساهم الفطور في التربة بزيادة ذوبان المركبات المعدنية وتحرير العناصر المغذية نتيجة زيادة الحموضة حول هيفاتها. يتضح مما سبق أن العناصر المغذية في حركة مستمرة بين الطور السائل والطور الصلب في التربة وتخلص هذه الحركة المستمرة إلى تحقيق التوازن بين الطورين، كما أن هناك حركة للأيونات بين الطور السائل وجذور النباتات وتتعلق هذه الحركة بتركيز محلول التربة وهذا التركيز على علاقة وثيقة بالطور الصلب وقدرته على تزويد محلول التربة بالعناصر المغذية المعدنية.

3-تغيرات تركيب محلول التربة وتفاعله:

يتأثر تركيب محلول التربة بمعدل الأمطار وعمليات الري، حيث يلاحظ أن تركيز الأيونات ينخفض في محلول التربة بزيادة كمية الأمطار وخاصة أنيونات NO_3^- و Cl^- وذلك لارتفاع معدل إذابة أملاح هذه الشوارد في حين لا يتغير تركيز شوارد الفوسفات $H_2PO_4^-$ و HPO_4^{2-} وذلك لانخفاض معدل إذابة أملاح الفوسفات في التربة. في حين تبقى كمية الكاتيونات في محلول التربة ثابتة تقريباً وإنما ينخفض تركيزها بسبب عملية التمديد الناتجة عن زيادة نسبة الرطوبة بسبب الأمطار.

ينخفض pH التربة نتيجة استمرار هطول الأمطار (المناطق الرطبة)، حيث تغسل القواعد والقواعد الأرضية الأنيونات والقواعد المتبادلة Ca^{2+}، Mg^{2+}، Na^+ و K^+ من التربة مع مياه الصرف، وتصبح التربة فقيرة بهذه العناصر وبالمقابل يرتفع تركيز المحلول من شوارد H^+ و Al^{3+}.

الجدول (8) الحدود الدنيا والقصوى لتراكيز العناصر المغذية في محلول التربة

العنصر	التركيز (مغ/لتر)	العنصر	التركيز (مغ/لتر)
N	1700-6	**Fe**	0.005>
P	7-0.03	**Mn**	10-0.1
K	156-3	**Zn**	0.005>
S	650-118	**Cu**	3-0.03
Ca	450-8	**B**	0.5-0.1
Mg	204-3	**Mo**	0.01-0.001

(في عودة وشمشم،2008)

4-العوامل المؤثرة في تركيب محلول التربة :

4-1-النبات: تمتص جذور النبات الأنيونات والكاتيونات من محلول التربة، كما تتحرر كميات قليلة من أيونات الهيدروجين والهيدركسيل والبيكربونات.

4-2-الصخرة الأم : تعمل الصخور الأم الحامضية كالغرانيت والريوليت دوراً في تفاعل التربة حيث يصبح حامضياً وينعكس ذلك انخفاضاً في محتوى محلول التربة من القواعد والقواعد التربية(K،Na،Mg،Ca). بينما تغني الصخور القاعدية كالبازلت والسربنتين محلول التربة بالقواعد الترابية وتجعل تفاعلها قاعدياً.

4-3-الأمطار: تعمل الأمطار الزائدة على غسل القواعد والقواعد الترابية من التربة ويزداد بالمقابل محتواها من الهدروجين والألمنيوم والحديد وانخفاض pH التربة. بينما لا تؤدي الأمطار القليلة إلى غسل القواعد مما يزيد من محتواها في التربة.

4-4-المادة العضوية: تعمل المادة العضوية عبر ما ينتج عن تحللها من أحماض عضوية وكذلك غازثاني أكسيد الكربون والذي يشكل حمض الكربون دوراً في تحرير القواعد من فلزاتها وهجرتها مع مياه الصرف الأمر الذي يتأتى عنه انخفاض محتوى محلول التربة من هذه القواعد.

4-5-الغرويات: تلعب كل من غرويات التربة العضوية والمعدنية دوراً في تركيب محلول التربة وذلك من خلال قوة ادمصاصها وتحريرها للكاتيونات، فالغرويات العضوية تستطيع تحرير الهيدرجين الممتز على سطوحها بسهولة وسرعة أكبر من الغرويات المعدنية، كما تختلف قوة ادمصاص الكاتيونات ضمن معادن التربة من معدن لآخر، حيث تمتاز معادن السمكتيت بسعة ادمصاص أعلى مقارنة بالكاؤولنيت. كما تدخل بعض الكاتيونات كالهيدروجين والبوتاسيوم ضمن وريقات معادن الطين (الإليت) الأمر الذي يتأتى عنه صعوبة في عملية تبادل هذه الكاتويونات وانزياحها إلى محلول التربة.

4-5-عوامل أخرى: وتتعلق بـــكمية المادة العضوية والأسمدة المعدنية المستعملة في التسميد وطبيعة ومياه الري وتركيبها وكذلك فصل السنة والنبات.ويبين الشكل (2) العوامل المؤثرة في محلول التربة.



الشكل (2) العوامل المؤثرة في محلول التربة

طرائق استخلاص محلول التربة:

وضع طرائق استخلاص محلول التربة في مجموعتين:

الأولى: استخلاص محلول التربة في الحقل وفي الرطوبة العادية للتربة وقياس محتوياته من العناصر المغذية. ومما يؤخذ على هذه الطريقة صعوبة الحصول على هذ المحلول، كما أن الكمية المتحصل عليها قليلة، لا تفي بالغرض لإجراء اختبارات كيميائية متعدّدة. ومن طرائق الاستخلاص المتبعة في هذا المجال:طريقة الضغط الهيدروليكي Hydrolic Pressure وطريقة الإزاحةDisplacement بسوائل عضوية أو لا عضوية وطريقة تباين الضغط الغشائي membrane pressure .

الثانية: استعمال كميات من الماء تفوق ما هي عليه تحت الظروف الطبيعية للحقل، وقياس كمية العنصر في الجزء المائي الموجود في حالة توازن مع الجزء الصلب. وفي هذه الحالة تستعمل الليزيمترات Lysimetres للحصول على راشح التربة الطبيعية. وميزة هذا الراشح أنه راشح من تربة متجانسة كما هي عليه في الحالة الطبيعية بدلاً من كونه راشحاً من تربة غير متجانسة في المختبر وأنه ممثل دقيق نسبياً لفقد العناصر المغذية رغم عدم تمثيله لتركيز هذه العناصر في منطقة الجذور. ويمكن الحصول على مستخلصات مائية تمثل هذه الحالة أيضاً عند نسب مختلفة من التربة إلى الماء وذلك عن طريق الترشيح أو الطرد المركزي أو التفريغ.

لا بد من الإشارة إلى أنه يقدر في هذا النوع من المستخلصات في المجموعتين السابقتين شكل العنصر الذائب في الماء، بينما الأشكال الأخرى كالمتبادل فتحتاج إلى محاليل ملحية، أما العناصر الصغرى الميسرة فتحتاج إلى مركبات مخلبية Chlates كا EDTA (ايتلين ثنائي أمين رباعي حمض الخل) و DTPA (ثنائي اتيلين ثلاثي أمين خماسي حمض الخل) .


وقل رب زدني علما
Damascus University

الفصل الثالث

امتصاص العناصر المغذية من قبل النبات ونظرياته:

1. الخلية النباتية.
2. نظريات امتصاص العناصر المغذية.
3. العوامل المؤثرة في امتصاص العناصر المغذية.

Damascus University


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثالث

امتصاص العناصر المغذية من قبل النبات ونظرياته

مقدمه:

يحصل النبات على العناصر المغذية الضرورية لنموه من التربة بوساطة جذوره أو عن طريق الأوراق عند اتباع التغذية الورقية، وفي معظم الظروف يحصل النبات على العناصر المغذية بشكلها الأيوني الجاهز من محيطه الجذري من محلول التربة، تشير بعض الدراسات إلى أن النبات يستطيع أخذ العناصر المغذية عن طريق التبادل الأيوني المباشر من سطوح غرويات التربة (معادن الطين والمعقد الطيني الدبالي)، أي أخذ العناصر المغذية من طور التربة الصلب Solid phase ويحدث هذا التبادل مع أيون الهيدرجين الممتز على جذور النباتات. وسيجري التطرق لاحقاً لنظريات امتصاص هذه العناصر.

1- الخلية النباتية: Plant Cell:

بدأ العلماء منذ منتصف القرن العشرين بالربط بين الامتصاص الأيوني والعمليات الاستقلابية الجارية ضمن الخلية النباتية معتمدين في ذلك على تقانة النظائرالمشعة Radio Isotope. يعدّ كل من جدار الخلية وغشائها من المكونات الأساسية للخلية والتي من خلالهما يمتص النبات العناصر المغذية. (الشكل 3).

يتألف جدار الخلية Cell Wall من مواد بكتينية Pectic substances وسيللوز Cellulose حيث تتجمع جزيئات السيللوز لتكون بناءً شبيهاً بالسلاسل تسمح الفراغات الداخلية بينها بمرور الماء والأيونات والهواء. يؤمن الجدار الخلوي الصلابة الهيكلية للخلية،ولعل أهم ما يميز الجدار الخلوي نفاذيته للماء والأيونات وفي كلا الاتجاهين (أي من خارج الخلية إلى داخلها وبالعكس). يعتقد أن جدار الخلية يضم مواقع تبادل تحمل شحنات سالبة exchangeable negative charge sits تُمتز عليها أيونات موجبة كنتيجة للقوة الكهربائية الساكنة Electrostatic force، كما يحدث في غرويات التربة. وتنتج هذه المواقع التبادلية السالبة في جدار الخلية عن مجاميع الكربوكسيل Carboxyl groups.



الشكل (3)- الخلية النباتية

يتكون غشاء الخلية Cell membrane، والذي يسمى Plasmalemma تميزاً عن أغشية مكونات الخلية الأخرى كغشاء الفجوة Tonoplast وغيره، من جزيئات البروتين Protein (55%)، والدهون Lipids (40%)، والكربوهيدرات Carbohydrates (5%). ويعتقد أن بنية هذا الغشاء تتكون من طبقتين من الدهون الفوسفورية Phospholipids تحتوي على مناطق محبة للماء Hydrophilic (مجاميع وظيفية مختلفة مثل الهيدروكسيل OH، والأمين NH_2، والكربوكسيل COOH)، ومناطق أخرى كارهة للماء Hydrophobic (سلاسل هيدروكربونية)، حيث تتجه النهايات الكارهة للماء لهاتين الطبقتين باتجاه الداخل وتكون مقابلة لبعضها بعضاً، بينما تكون النهايات المحبة للماء متجهة نحو الخارج باتجاه الجدران الخارجية للغشاء ويمكن أن ترتبط الدهون والبروتينات بروابط كهرساكنة Electrostatic bonds، وروابط هيدروجينية Hydrogen bonds، وروابط كارهة للماء Hydrophobic bonds، كما يمكن للبروتينات المتجه نحو خارج الخلية أن تتصل بسلاسل كربوهيدراتية. ولغشاء الخلية مميزات يمكن إجمالها بالتالي:

1- يسمح بعبور أيونات معينة دون أيونات أخرى، أي أنه لا يعد نفوذاً للأيونات بصورة حرة، بل تنتقل الأيونات إلى داخل الخلية بصورة انتقائية Selectively.

2- لا يسمح للأيونات التي دخلت إلى داخل الخلية بالخروج، لذا يتوفر الوقت الكافي للخلية للاستفادة من تلك الأيونات في العمليات الحيوية.

3- يسمح للماء بالدخول والخروج من الخلية بحرية تامة.

4- يضم هذا الغشاء جزيئاً ذا طبيعة بروتينية يقوم بنقل الأيونات من خارج الخلية إلى داخلها (وليس العكس)، ويدعى هذا الجزيء بالحامل (الناقل) Carrier.

5- قد توجد بعض الأ نزيمات في غشاء الخلية والتي لها علاقة مباشرة أو غير مباشرة بعملية الامتصاص.

2- نظريات امتصاص العناصر المغذية.

يعبر عن كيفية امتصاص العنصر المغذي بعدة مصطلحات مثل :Absorption أو Intake أو Uptake وتشير كلها إلى معنى واحد وهو دخول الأيونات إلى داخل جذر النبات. كذلك يوجد مصطلح تراكم Accumulation والذي يشير إلى تحرك الأيونات ضد تدرج التركيز(من التركيز المنخفض إلى المرتفع) وهى عمليه حيوية. عند وصول الأيون إلى سطوح جذور النبات فإن هناك ثلاثة احتمالات يمكن أن تحدث له وهى :

أ- ادمصاصه على سطوح خلايا الجذر نتيجة لتوفر الشحنة الكهربائية على هذه السطوح .

ب- اختراقه خلايا الجذر عن طريق الحركة الحرة Free movement، وذلك خلال الجزء من الخلية المسمى بالفراغ الحر Free space

جـ- تراكمه Accumulation داخل الخلايا عن طريق ما يسمى بالامتصاص النشط Active uptake أو الامتصاص الحيوى .Metabolic uptake.

2- 1-الامتصاص الحر(السيبي) أو السلبي Passive Absorption:

يحدث عند تلامس الجذور مع محلول التربة، ولا تصرف فيه طاقة، ويتم بطرائق عدّة هي:

2- 1-1- الانتشار: Diffusion

يقصد بالانتشارDiffusion حركة العناصر المغذية (الأيونات) من محلول التربة ذي الوسط الأعلى تركيزاً إلى المنطقة المحيطة بالجذور والشعيرات الجذرية والتي تكون الأيونات ذات تركيز أقل، ومن ثم تمتص من قبل الجذور. وفيه ينتقل العنصر خلال محلول التربة وذلك حسب تدرج التركيز(العنصر الميسر المقدر بوساطة اختبارات التربة) .

ويعود سبب هذه الحركة إلى الطاقة الحرارية التي تحملها الذرات أو الجزيئات أو الأيونات.

ويتبع الانتشار قانون فيك Fick's low : $F= -D\ dC/dX$

حيث:

F: معدل الانتشار Diffusion rate ويساوي الكمية المنتشرة في المقطع العرضي خلال وحدة الزمن. D: معامل الانتشار Diffusion coefficient، C: التركيز، x: المسافة، dC/dX: منحدر التركيز.

إن الانتقال بالانتشار هي عملية غير حيوية أي أنها لا تحتاج إلى صرف طاقة ولا ترتبط بالفعاليات الحيوية كما أنها تصل إلى حالة التوازن بعد فترة وجيزة.

يؤدي امتصاص الجذور للأيونات إلى خفض تركيزها في المنطقة المحيطة بالجذر (منطقة الريزوسفير Rhizosphere) مما يساعد على خلق منحدر تركيزي باتجاه الجذور، وهذا يشير إلى أن الجذور ذات القوة الامتصاصية Absorbing power العالية تكوّن منحدراً حاداً يؤدي إلى زيادة حركة الأيونات في التربة نحو المجموعة الجذرية وهذا ما يشير إلى مساهمة الجذور بحد ذاتها كما العمليات الاستقلابية في جاهزية Availability العناصر المغذية. يعتقد أن أيونات ($H_2PO_4^{4-}$ و K^+) تنتقل أساساً إلى جذور النبات بطريقة الانتشار.

يمكن أن يحصل الانتشار من الجذر إلى التربة وذلك في حالة تراكم accumilation الأيونات في الجذر، حيث يمكن أن يتم الانتشار من منطقة الفضاء الحر Free space في الجذر إلى محلول التربة.

يتعلق الانتشار بعوامل عدة أهمها:

1- رطوبة التربة : حيث يزداد معدل الانتشار فى التربة مع زيادة محتواها من الرطوبة .

2- قوام التربة : يزداد معدل الانتشار فى الترب الطينية عنه فى الترب الرملية وذلك لاحتواء الترب الطينية على مستوى أعلى من الرطوبة عند جهد الماء نفسه وأيضا لوجود غشاء متصل للماء حول حبيبات التربة .

3- المسامية : يزداد الانتشار بزيادة نسبة المسام حيث إن الانتشار يتم خلال المسام المملوءة بالماء .

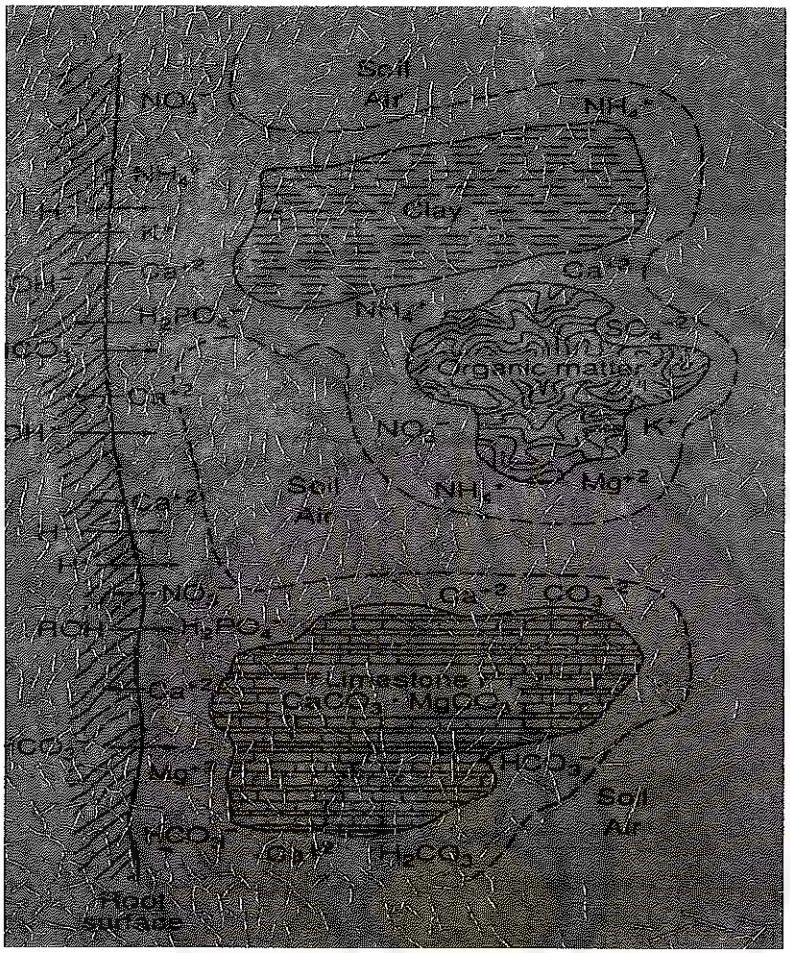
4- مستوى العناصر فى التربة : يزداد معدل الانتشار كلما ارتفع محتوى التربة من الأيونات، حيث يسمح المستوى المرتفع من الأيونات فى المحلول الأرضى بتدرج أكبر فى التركيز. ويبين الشكل (4) رسم توضيحي لطرائق امتصاص العناصر المغذية.



الشكل (4) رسم توضيحي لطرائق امتصاص العناصر المغذية

2-1-1-الاعتراض الجذرى والتبادل بالتماس Root interception and contact exchange

يتم فيه إحلال الجذر محل حجم معين من التربة ويتوقف هذا الحجم على حجم الجذر. ويقصد بالاعتراض الجذري انتقال الأيون من محلول التربة إلى الجذر عن طريق التلامس المباشر خلال امتداد الجذور وتغلغلها في التربة وعندما يجري الانتقال عن طريق تلامس الجذور مع الأيونات المتبادلة على سطوح غرويات التربة ، يطلق على هذه العملية نظرية التبادل بالتماس Contact exchange theory. وتفترض هذه النظرية انتقال العناصر الغذائية من سطوح التبادل (غرويات التربة) إلى سطح جذور النبات مباشرةً دون المرور بمحلول التربة ،حيث تعتمد هذه النظرية على أن الأيونات الممتزة على سطوح غرويات التربة أو على جذور النبات يكون لها حجم معين وحيز يحدث فيه تذبذب هذه الأيونات، وعند تداخل مناطق التذبذب هذه بعضها مع بعض يحدث تبادل فى مواقع الأيونات الممتزة على سطحى الغروى والجذر. والكميه المتبادلة تكون متكافئة وفى الغالب يكون التبادل بين أيونات الهيدرجين (H^+) الذى تفرزه الجذور والأيونات المتبادلة على سطوح الغرويات. وهناك بعض الاعتراضات على هذه النظرية حيث إن حجم القمة النامية فى الجذر والمسؤولة عن هذه العملية صغيرة جداً. وعموماً تكون كمية العناصر المغذية التى يحصل عليها النبات بهذه الطريقة قليلة بالنسبة للكمية الكلية التى يحتاجها النبات، وذلك لأن كمية المغذيات التى يمكن أن تتلامس مباشرةً مع الجذر هى الكمية الموجودة فى حجم من التربة مساو لحجم الجذر .فإذا افترضنا أن الجذر يشغل 1% من حجم التربة، والمسافات البينية تشغل 50% من حجم التربة فإن الجذر يشغل 2% من المسافات البينية . وعلى ذلك يمكن حساب الكمية الميسرة للجذر بهذه الطريقة، وفى هذه الحالة سوف تكون أقل من 2% من الكمية الميسرة للعنصر فى التربة . وبصفة عامة تتوقف مساهمة هذه الطريقة فى إمداد النبات بالعناصر المعدنية على : تركيز العناصر فى منطقة الجذور ، حجم الجذر ونسبته من حجم الطبقة السطحية للتربة وهو يمثل حوالى1 % وأخيرا الحجم الذى تشغله المسافات البينية من الحجم الكلى للتربة وهو يمثل عادة 50%. ولذلك تلعب طريقتا التدفق الكتلى والانتشار دوراً كبيراً فى حركة العناصر وانتقالها من مسافات ليست قصيرة إلى جذر النبات.(الشكل (5)).



الشكل (5) حركة العناصر المغذية وانتقالها بطريقة الاعتراض الجذري

2- 1-3- التدفق الكتلوي: Mass Flow

يحدث فيه انتقال الأيون عندما تنتقل كمية المياه من نقطة لأخرى داخل التربة كنتيجة للضغط الهيدروستاتيكي الناتج عن ضغط عمود أو كتلة الماء، وقد يحدث نتيجة للجاذبية الأرضية (أى يصل العنصر إلى الجذر بالانتقال مع تيار الماء من التربة) .

عند امتصاص النبات للماء فى منطقة الجذور ، تقل كمية الرطوبة فى هذه المنطقة وعلى هذا ينتقل الماء من الأماكن ذات الرطوبة المرتفعة ببطء إلى سطح الجذور . ومن ثمّ تنتقل المغذيات النباتية الذائبة والمحمولة بهذا الماء إلى الجذور عن طريق التدفق الكتلى .على ذلك

تتوقف كمية المغذيات النباتية التى يحصل عليها النبات بهذه الطريقة على الاستهلاك المائى للنبات Water consumption of the plant ومتوسط تركيز العنصر المغذي في الماء، يمكن أن يرتفع مستوى تركيز بعض العناصر المغذية حول الجذر أو ينخفض أو يبقى كما هو ويتوقف ذلك على التوازن القائم بين معدل تزويد الجذر بالعنصر المغذي من خلال التدفق الكتلوي ومعدل الامتصاص من قبل النبات. ومثال ذلك تركيز الكلسيوم فى التربة يتراوح بين 8 إلى 450 جزء فى المليون، بينما تركيزه فى نبات الذرة هو 2200 جزء فى المليون، وعلى ذلك عند التركيز المنخفض فى محلول التربة من هذا العنصر لابد أن يمتص كمية ماء أكثر من وزنه بمقدار 275 مرة لكى يحصل على هذه الكمية من الكلسيوم وهذا لا يتأتى إلا عن طريق التدفق الكتلوي. وبعبارة أخرى إذا كان معدل النتح لنبات الذرة هو 275 وتركيز الكلسيوم فى محلول التربة هو 8 جزء فى المليون، فعند هذا التركيز تكون كمية الكلسيوم التى يمتصها نبات الذرة كافية لاحتياجاته. وفى الواقع أن معامل النتح transpiration coefficient للنبات يتراوح بين 300 – 600 لتر ماء/ كجم مادة جافة، وعلى ذلك نجد أن كمية أكبر من احتياجات النبات لعنصر الكلسيوم تنتقل إلى الجذر عن طريق التدفق الكتلوي. ويبين الجدول (9) العلاقة بين تركيز بعض الأيونات فى محلول التربة وتركيزها فى نباتات الذرة.

الجدول (9) العلاقة بين تركيز بعض الأيونات فى محلول التربة وتركيزها فى نباتات الذرة

العنصر	التركيزبالجزء فى المليون PPM		
	التركيز المنخفض فى المحلول	التركيز المرتفع فى المحلول	متوسط تركيز العنصر فى النبات
الكلسيوم	8	450	2200
البوتاسيوم	3	156	20000
الماغنسيوم	3	2.4	1800
النيتروجين	6	1700	15000
الفوسفور	0.03	7.2	2000
الكبريت	118	655	1700

(عن Barber, 1962).

ويختلف الأمر بالنسبة للفوسفور(الجدول 9) ، حيث يكون تركيز الفوسفور الذائب فى التربة منخفض 0.03 جزء فى المليون، وعند هذا التركيز المنخفض وحتى يحصل النبات على احتياجاته من هذا العنصر ويصل تركيز الفوسفور به 2000 جزء فى المليون، لابد أن يكون معدل النتح هو 66666 وهذا غير منطقى. وعلى ذلك فإن الطريقة المناسبة لانتقال الفوسفور إلى الجذر هي الانتشار .ويبين الجدول (10) نسبة مساهمة الطرائق المختلفة في امتصاص العناصر المغذية

الجدول (10)- نسبة مساهمة طرائق الامتصاص في امتصاص العناصر المغذية

العنصر	الانتشار	الاعتراض الجذري والتبادل	التدفق الكتلوي
N	–	2	98
P	91	3	6
K	78	2	20
Ca	–	28	72
Mg	–	13	87
S	–	5	95
Fe	40	50	10
Mn	80	15	5
Zn	4	30	30
Cu	10	70	20
B	32	3	65
Mo	–	5	95

(1971,Dennis)

Damascus University

2- 2- الامتصاص الفعال أو النشط Active Absorption:

تعدّ هذه العملية من العمليات الفسيولوجية المهمة التي تمتاز بما يلي:

1- تحدث في الجزء الداخلي من الخلية أي تجري في أغشية الخلايا النباتية مثل الغشاء البلازمي والغشاء الفجوي، وتعدّ الفجوة المحل المهم الذي تتجمع فيه الايونات السالبة والموجبة بكميات متكافئة كهربائيا.

2- تتجمع الأيونات في الخلية أكثر مما في خارج الخلية أي عدم الوصول في النهاية إلى حالة التوازن الحركي (الديناميكي) بين داخل الخلية وخارجها.

3- تتطلب صرف طاقة حيوية لضخ الأيونات إلى داخل الخلية.

4- تختص في امتصاص بعض الأيونات بكمية أكبر من الأخرى.

5- يطلق عليها أيضا فرضية المركب الحامل.

2- 2-1- نظرية الحامل Carrier Theory:

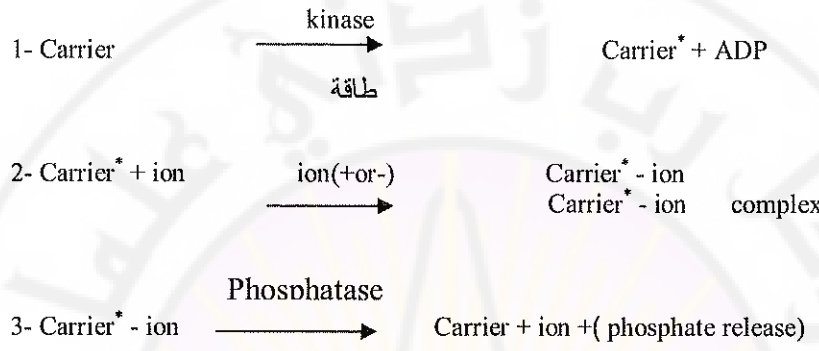
على الرغم من عدم إثبات ومعرفة طبيعة حامل (ناقل) الأيونات ومعرفته حتى الآن، وعدم إجماع البيولوجيين على طبيعة تلك الحوامل إلا أن هذه النظرية تعدّ من أنجح النظريات في تفسير ميكانيكية وآلية حصول النبات على احتياجاته من الماء والعناصر المغذية.

يقصد بالحاملCarrier : عبارة عن جزيئات أو مواد معينة موجودة على سطح الغشاء الخلوي (قد يكون ATP، أو بروتيناً نووياً أو ..)، ويعتقد أنها تمتلك مواقع ربط خاصة Receptors حيث تتحد مؤقتاً مع الأيون الممتص وحمله إلى داخل الخلية النباتية (الفجوة) بعد مروره بالغشاء السيتوبلاسمي .

تتم هذه العملية بوجودAdenosintriphosphate(ATP)+ أنزيم الكاينازKinase أو الفسفوكيناز phosphokinase بالإضافة إلى أنزيم "phosphatase".

تتم عملية تنشيط الحامل الأيوني بالطاقة، أي إعادة تحويل جزيء ADP الفقير بالطاقةإلى ATP الغني بها، ويعتقد أنها تتم بوساطةأنزيم phosphokinase الذي يوجد على الجانب

الداخلي للغشاء، ويعمل على ربط مجموعة فوسفات معدنية مع جزيء (ADP ليحوله إلى جزيء (ATP) يرتبط بدوره مع الحامل ليشكل الحامل النشط الذي ينتشر في غشاء الخلية متجهاً نحو الجانب الخارجي للغشاء لعيد الدورة مرة أخرى. ويمكن التعبير عن عملية نقل الأيون من خارج الخلية إلى داخلاها بالمعادلات التالية:



2- 2-2- الضخ الأيوني Ion pumps :

إن الطاقة المتولدة من هدرجة الـ ATP بوساطة ATP ase تقوم بعملية ضخ للبروتونات +H (مضخة الهيدرجين) عبر الغشاء إلى خارج الخلية ، مما يولد تدرجاً في الـ pH وكذلك تدرجاً في الشحنات الكهربائية، حيث تزداد الشحنات السالبة داخل الخلية مقارنة مع الخارج وذلك نتيجة كون البروتونات تحمل شحنة موجبة، ويستلزم هذا الخلل الذي تولد في الشحنات والتركيز حدوث توازن كهربائي تركيزي وذلك بإدخال أيونات البوتاسيوم الموجبة K^+ داخل الخلية لتعادل الشحنات السالبة المتزايدة بسبب خروج البروتونات.

إن بروتون (H) واحداً منقولاً من الداخل للخارج يولد اختلافاً في الـ pH يعادل 1.5 إلى 2 وحدة pH ومن المعروف أن كل وحدة pH تعادل 60 MV في درجة حرارة 25، ومن ثمّ فإن تغير يساوي 1.5 وحدة pH سيولد شحنة تساوي 1.5 × 60 = 90 MV و 2 وحدة pH ستولد شحنة تعادل 120 MV.

تعدّ هذه العملية عملية قابلة للانعكاس (Reversible) أي أن الطاقة ممكن أن تستخدم في إعادة التوازن بين طرفي الغشاء أي إعادة الـــ H^+ إلى الداخل.

باختصار هناك أربع طرائق مختلفة لامتصاص الأملاح أو لإدخالها يمكن أن ترافق حدوث تدرج كهروكيميائي عبر الغشاء:

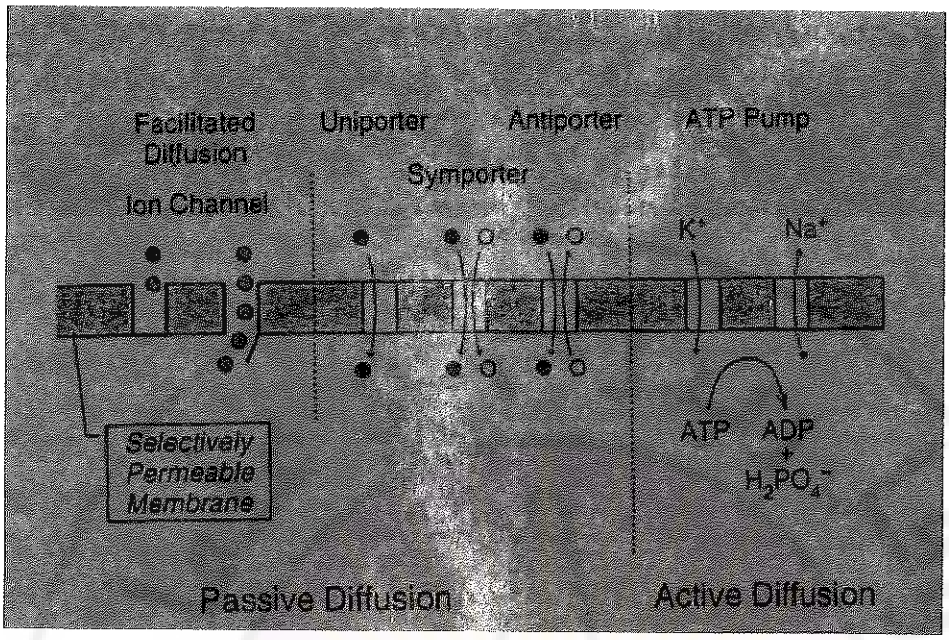
- إن عملية الضخ كهربائية أو تولد كهرباء (Electrogenic) فهي ستسبب انتقال سلبي للكاتيونات مثل البوتاسيوم خلال قنوات خاصة وذلك لتوازن الشحنات ويتم انتقال أيون واحد عن طريق بروتينات الـــ Uniport

- عودة البروتونات إلى الخلية وتوليد تدرج الكتروكهربائي سيصاحبه خروج لجزيء آخر من الشحنة نفسها يمكن أن يكون بعض البوتاسيوم أو أي جزيء آخر وهو ما نسميه بروتينات أو طريقة الـــ Antiport.

- من الممكن أيضاً أن يتم النقل عن طريق بروتينات الـــ Symport حيث يصاحب (Coupled) عودة البروتون للداخل دخول إما جزيء غير مشحون مثلاً سكر أو أيون ذو شحنة مختلفة (سالبة) مثلاً (CO_3^{2-}) أو Cl^-.

- وفي الحالات الثلاث السابقة لانتقال الأيونات، البروتون الداخل مصاحباً بخروج كاتيون آخر سيكون الدخول والخروج عن طريق الحامل البروتيني نفسه، وأيضاً البروتون الداخل مصاحباً بدخول جزيء غير مشحون أو أنيون سيكون الدخول عن طريق الحامل البروتيني نفسه.

إذاً لابد من توفير الطاقة كي تقوم الخلية بتجميع الأملاح ويسمى هذا النوع من النقل بالنقل النشط Active transport الشكل (6).



الشكل (6) الانتقال الفعال والانتقال السلبي للأيونات

3-العوامل المؤثرة في امتصاص العناصر المغذية:

1- درجة الحرارة: تؤدي زيادة درجة الحرارة إلى زيادة امتصاص الأملاح، ولكن الزيادة الكبيرة في درجة الحرارة تمنع عملية الامتصاص، وربما يرجع ذلك إلى الإخلال في طبيعة بعض الأنزيمات.

2- الضوء: يؤثر الضوء في الامتصاص من خلال تأثيره في عملية التركيب الضوئي، لوحظ أن النباتات الخضراء ينخفض معدل امتصاصها للعناصر المغذيةعند وضعها في الظلام، فتوفر الضوء يعد أساساً لإنتاج الطاقة التي تؤثر بدورها في عملية الامتصاص.

3- الأكسجين (التهوية): يساهم الأكسجين في امتصاص العناصر المغذية وذلك من خلال تقديمه للطاقة اللازمة لعملية الامتصاص، حيث يتولد ATP الغني بالطاقة من خلال عمليتي التنفس والتركيب الضوئي، ونظراً لكون عملية التركيب الضوئي لا تتم في الجذور، فإن المصدر الأكثر أهمية لتوليد الطاقة في الجذور هو التنفس.

4-pH التربة: يؤثر الـ pH في قابلية الأملاح المعدنية للذوبان ومن ثمّ في جاهزية الأيونات الناتجة عن تفكك هذه الأملاح للنبات ، فعلى سبيل المثال:

تعدّ أيونات الفوسفات أحادية التكافؤ $H_2PO_4^-$ الأكثر امتصاصاً من قبل النبات، ولكن عندما يصبح pH قلوياً فإن الناتج الأول سيكون الفوسفات ثنائية التكافؤ HPO_4^{--} ويليها الفوسفات ثلاثية التكافؤ PO_4^{3-} والأيون ثنائي التكافؤ صعب الامتصاص بالنسبة للنبات في حين أن ثلاثي التكافؤ لا يستطيع النبات امتصاصة إطلاقاً.

5- الفعل المتبادل: Interaction effect:

يؤثر امتصاص بعض الأيونات على أيونات أخرى خصوصاً الأيونات متشابهة التكافؤ وذلك يرتبط بنظرية الحامل حيث أن وجود أيون في منطقة الاستقبال receptor قد يمنع امتصاص الأيون الآخر.(وسيتم التوسع في تأثير هذا العامل في الفصول اللاحقة)

استقلاب العناصر المغذية

1- مفهوم الاستقلاب.

2- آليات استقلاب العناصر المغذية والنظريات المتعلقة بها.

وقل رب زدني علما
Damascus University

الفصل الرابع

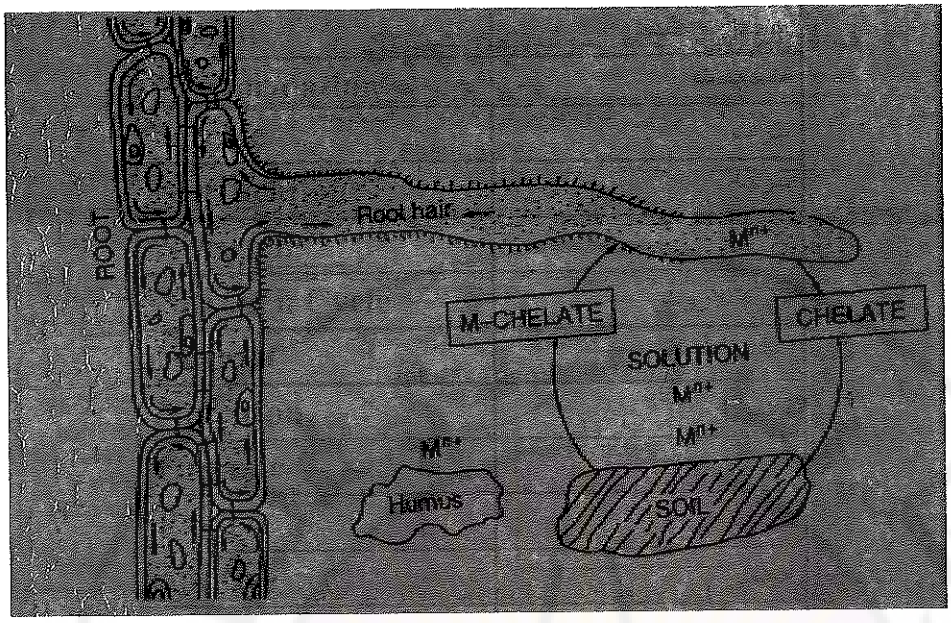
استقلاب العناصر المغذية

1- مفهوم الاستقلاب: Metabolisme :

يقصد بالاستقلاب Metabolisme: الآليات التي تتحول من خلالها المغذيات إلى مادة عضوية داخل النبات. وسيتم مناقشة هذا الموضع من خلال مساهمة عملية الاستقلاب في امتصاص العناصر المغذية.

2 -آليات استقلاب العناصر المغذية والنظريات المتعلقة بها:

يرتبط امتصاص الجذور للأيونات من محلول التربة أو من الوسط المغذي ارتباطاً وثيقاً بعمليات الاستقلاب، وهي عملية انتخابية بالنسبة لأنواع الأيونات، وبهذه العملية تصبح الأيونات غير قابلة للتبادل مع الأيونات الأخرى أو الانتشار الحر في الماء. يمكن أن تساهم عملية الاستقلاب في امتصاص العناصر المغذية من الطاقة الناتجة عن الاستقلاب وكذلك من خلال دورها كحامل (ناقل) Ion Carrier للأيون حتى يتم دخوله إلى الخلية النباتية. يعدّ امتصاص الكاتيونات عن طريق ربطها بالمركبات المخلبية أو الشيلات من الآليات الهامة،حيث تشكل المركبات النباتية (أحماض أمينية، بروتينات، أحماض عضوية) مركبات مخلبية (Fe-EDTA) حيث تدخل هذه المخلبيات إلى النبات عبر جذوره وانتقاله إلى الأوراق، الشكل (7). سيتم الإشارة إلى بعض النظريات المتعلقة بالآليات الاستقلابية لامتصاص العناصر المغذية.



الشكل (7) دور الشيلا ت في امتصاص العناصر المغذية الصغرى

2-1- نظرية لا ندغارد Lundegardh Theory:

تقوم هذه النظرية على المبادئ التالية:

أ-تمتص الخلية الكاتيونات بشكل مستقل عن الأنيونات.

ت- يتم الامتصاص عن طريق حامل (ناقل) يتحد بشكل مؤقت مع الأيون.

يعتقد لاندغارد أن الاتحاد بين السيتوكرومات والأنيونات يتم بغض النظر عن كون الأنيونات معدنية تؤخذ من الوسط الخارجي أو أنيونات عضوية ناتجة عن الاستقلاب. يمكن تمثيل ذلك بالشكل التالي:

$$Cyt(Fe^{2+}) + A^- \rightleftharpoons Cyt(Fe^{3+}).A^- + e^-$$

$$Cyt(Fe^{2+}) + Org^- \rightleftharpoons Cyt(Fe^{3+}).\ Org^- + e^-$$

يلاحظ من المعادلات السابقة أن ستيوكروم الحديد يثبت كل من الأنيونات المعدنية والعضوية، ومن الممكن وجود تنافس بين الأنيونات الناتجة من الاستقلاب (العضوية) وتلك القادمة من الوسط المغذي(المعدنية)، ويتحكم الاستقلاب بهذا التنافس وذلك بتركيب الأنيونات العضوية وتحطيمها.

2-2- نظرية بروك Brook Theory:

يعتمد مبدؤها على ربط عملية تنفس الجذور بالآلية الفيزيائية للنقل الأيوني ion transport، حيث ربط بروك التبادل الأيوني مع التحول الغذائي فلاحظ امتصاص الكاتيونات والأنيونات عن طريق التبادل مع بعض النواتج الأيونية للتحول الغذائي. يحدث تبادل بين الهيدرجين والكاتيونات عند وجود تراكيز عالية من الهيدرجين داخل الخلية على جانب غشاء نفوذ لامتصاص الكاتيونات والأنيونات، حيث تدخل الكاتيونات إلى الخلية، أما الأنيونات فتنتقل بالتبادل مع البيكربونات الموجودة في الخلية.

2-3- نظرية وسترهاوت Osterhout Theory:

افترض وسترهاوت وجود مادة حامضية في الغشاء البلازمي الخارجي للخلية تتحد مع إحدى القواعد KOH وتكوّن مركباً غير متأين ينتشر خلال الغشاء البلازمي حيث تكون العصارة النباتية أكثر حموضة من الوسط الخارجي، تعود الحموضة إلى إنتاج CO_2 خلال عملية التنفس. تقتصر هذه الآلية على امتصاص الكاتيونات.

2-4- نظرية تكوين البروتينات: ستريت و ستوارد Street and steward :

يتلخص مبدأ هذه النظرية أن البروتينات تتحد مع الأنيونات والكاتيونات عند سطح الغشاء البلازمي، فإذا ما استهلك هذا المركب البروتيني داخل الغشاء سرعان ما تبدأ الكاتيونات والأنيونات بالتحرر وتنتشر فيزيائياً إلى الغشاء الفجوي.

2-5- نظرية تكوين الأحماض العضوية: برووير و هوغلاند Broyer and Hoagland :

يتلخص مبدأ هذه النظرية في تحول كل من CO_2 والبيكربونات إلى أنيونات أحماض عضوية توازن جزءاً من الكاتيونات الممتصة. توجد علاقة بين امتصاص الأيونات وتكوين الأحماض العضوية. ففي حالة زيادة امتصاص الأنيونات عن الكاتيونات تتحرر البيكربونات أو ثاني أكسيد الكربون من الأحماض العضوية إلى الوسط الغذائي. وفي حالة تثبيت ثاني اكسيد الكربون تحدث زيادة في امتصاص الكاتيونات عن الأنيونات وفي هذه الحالة تتحرر أعداد مكافئة من أيونات الهيدرجين إلى الوسط الغذائي.

وقل رب زدني علما
Damascus University

الباب الثاني

العناصر المغذية الكبرى ودورها في تغذية النبات

الفصل الأول: الآزوت في البيئة الزراعية ودوره في تغذية النبات:

1. دورته، محتواه في التربة وأشكاله.
2. مصادر كسب الآزوت و فقده.
3. امتصاص النبات للآزوت ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته.

وقل رب زدني علما
Damascus University

الفصل الأول

الآزوت في البيئة الزراعية ودوره في تغذية النبات

1- دورته، محتواه في التربة، أشكاله.

1-1-دورة الآزوت: The Nitrogen Cycle

يعد الآزوت أحد أهم العناصر المغذية الكبرى التي يتطلبها النبات،حيث يدخل في تركيب البروتينات واليخضور.

يطلق على التداخل بين الأشكال المختلفة للآزوت في التربة والنبات والحيوان والغلاف الجوي تعبير دورة الآزوت، الشكل (8). تعدّ دورة الآزوت فى التربة من الدورات المعقدة حيث تشمل عدداً من العمليات الأساسية يمكن إيجازها فيما يلى :

1- تثبيت الأزوت الجوى .Nitrogen fixation :

يقصد به تحويل الآزوت الغازى والموجود فى الغلاف الجوى إلى آزوت عضوي بفعل البكتريا.

2- النشدرة(معدنة) Nitrogen mineralization وتكوين الأمونيا .Ammonification

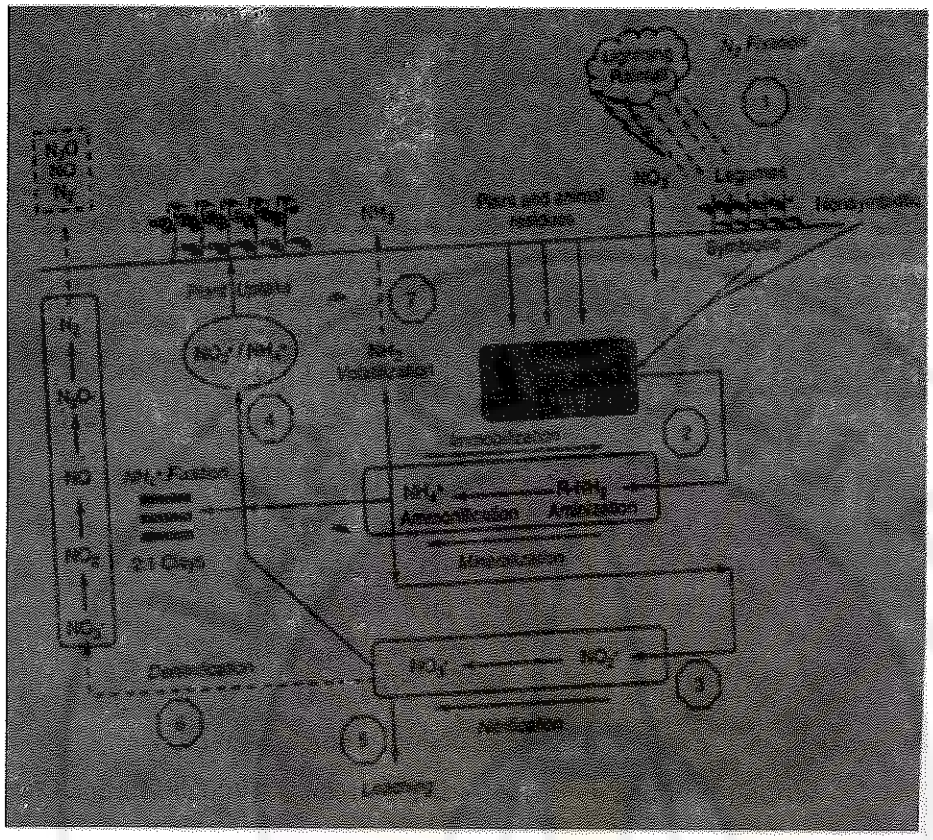
3- تكوين النترات (النترجة)Nitrification .

4- امتصاص النبات للنترات والأمونيوم، و تمثيل الآزوت المعدني فى أجسام الكائنات الحية الدقيقة والنبات حيث يتحول الأمونيوم إلى حمض أميني فيما يُعرف بعملية التمثيل Immobilization وهي عملية عكسية لعملية المعدنة.

5- غسل النترات وفقدها إلى الماء الأرضي أو ماء الصرف Leaching .

6- عكس التأزت Denitrification تتم هذه العملية تحت الظروف اللاهوائية للترب الزراعية فى المناطق الغدقة سيئة الصرف، تقوم بعض أنواع الأحياء الدقيقة (Pseudomonas, Micrococcus,) بإرجاع النترات والنتريت إلى صورة غازية وهى NO, N_2O, N_2، ثم تنطلق إلى الهواء الجوى مكملة الدورة.

7- التطاير Volatilization: تحول الأمونيوم NH_4^+ إلى أمونيا(نشادر) NH_3. سيتم تناول هذه العمليات بشكل أوسع لاحقاً.



الشكل (8)- دورة الآزوت في التربة

1-2- محتوى التربة من الآزوت:Soil Nitrogen Content

تحتوي التربة على كمية من الآزوت الكلي تتراوح بين (0.02 و 0.5 %) ويشكل وسطياً ما نسبته 0.15%، ويكون في معظمه على شكل عضوي. حيث تحتوي المادة العضوية في التربة (الدبال) 5% آزوت . يعود آزوت التربة في مصدره أساساً إلى الآزوت الجوي(N_2)، حيث يشكل الآزوت 78 % من حجم الهواء الجوي.لا تستطيع النباتات الاستفادة من هذا الشكل للآزوت إلا بعد تثبيته بفعل البكتريا وبعض الطحالب، حيث يتحول الآزوت الغازي إلى آزوت عضوي (أحماض أمينية وبروتينات) داخل أجسامها، ولدى موت هذه الأحياء فإن

الآزوت العضوي الداخل في تركيب أنسجتها يتحرر في الظروف المناسبة بأشكال معدنية قابلة للامتصاص(NH_4^+ و NO_3^-).

1-3- أشكال الآزوت في التربة: Forms of Soil Nitrogen

يوجد الآزوت في التربة على ثلاثة أشكال أساسية:

1-3-1- غازي: يوجود في هواء التربة، وقد يكون جزءاً منه ممتزاً على سطوح المواد المعدنية المكونة للتربة أو ذائباً في ماء التربة إلا أن هذا الشكل غير ذي فائدة للنباتات غير البقولية علماً أنه كبير الأهمية بالنسبة للكائنات الحية الدقيقة التي تثبت الآزوت في التربة.

1-3-2 -عضوي: تشكل الأسمدة العضوية، الأسمدة الخضراء وبقايا نباتية مختلفة مصدراً أساسياً لهذا الشكل من الآزوت، حيث تتحلل هذه الأسمدة في التربة وتتحول إلى بروتينات وأشكال أخرى معدنية بفعل الكائنات الحية الدقيقة في التربة. وقد يوجد الآزوت بأشكال عضوية أخرى كسكريات أمينية وأحماض أمينية مختلفة ومركبات لغنينية مرتبطة بالأمونيوم.

1-3-3- معدني: (NH_4^+ و NO_3^-): يتشكل هذا النوع من الآزوت عن طريق تحول الآزوت العضوي بفعل الكائنات الحية الدقيقة إلى بروتينات ثم إلى مركبات أمينية وبعدها إلى أمونيوم ومن ثم نترات بعملية النشدرة(المعدنة) mineralization ومن ثم إلى نترات بفعل عملية النترجة (التأزت) Nitrification.

1-3-4- أشكال معقدة: يتمثل بارتباط اللغنين مع البروتين أو الأمونيوم، وارتباط المركبات الآزوتية كالحموض الأمينية أو البروتينات مع الطين.

1-3-3-1- النشدرة (المعدنة):

$$R - NH_2 + HOH \longrightarrow R - OH + NH_3 + \text{طاقة}$$

$$NH_3 + H_2CO_3 \longrightarrow (NH4)_2CO_3 \longrightarrow 2\,NH_4^+ + CO_3^{2-}$$

ويكون مصير الأمونيوم الناتج:

1- الأكسدة إلى نتريت، ثم نترات بوساطة كائنات دقيقة متخصصة وذلك خلال عملية النترجة(التأزت) Nitrification .

2- الامتصاص مباشرةً بوساطة النبات، علماً بأن النبات يفضل الشكل النتراتي للآزوت عند الامتصاص مقارنة بالشكل الأمونياكي.

3- الدخول فى تفاعلات التبادل الأيونى عبر ادمصاصه على السطوح الخارجية لمعادن الطين والمادة العضوية.

4- التثبيت على صورة غير ميسرة للنبات وذلك بادمصاصه على السطوح الداخلية لمعادن الطين(تثبيته بين الوحدات البلورية).

5- الفقد من التربة بالتطاير Volatilization على شكل غاز نشادر وبخاصة في الترب الكلسية والقلوية pH أكبر من 8، وعند الإضافة السطحية والزائدة للأسمدة الأمونياكية للتربة.

تتأثر عملية النشدرة بعوامل عدة، يزداد تثبيت (ادمصاص) الأمونيوم في الترب الطينية، وخاصة تلك التي تحوي معادن السمكتيت، حيث يمتز الأمونيوم على السطوح الداخلية لهذه المعادن نتيجة صغر قطره الأيوني ويصبح غير قابلٍ للتبادل. تزداد عملية التثبيت في طبقة التربة تحت السطحية مقارنة بالطبقة السطحية ويعود ذلك لزيادة نسبة الطين مع العمق. كما يزداد تثبيت الأمونيوم مع جفاف التربة ويفسر ذلك، من جهة، بازدياد تركيز الأمونيوم في محلول التربة نتيجة انخفاض الرطوبة، وتأثير الجفاف في نقصان المسافة البينية بين وريقات الطين نتيجة فقد الماء من جهة أخرى. يقل معدل التثبيت مع الزمن حتى الوصول إلى نقطة الاتزان. يعتقد أن زيادة كمية المادة العضوية في التربة يساهم في التقليل عملية تثبيت الأمونيوم. ويفسر ذلك في ادمصاص بعض نواتج تحلل المادة العضوية على السطوح الداخلية لمعادن الطين مما يقلل من فرص دخول الأمونيوم إلى تلك المواقع. يمكن للأمونيوم أن يرتبط مع المجموعات الوظيفية الأكسيجينية مثل الكربوكسيل والهيدروكسيل المتأينة والتي تصبح شحنتها سالبة في الوسط القلوي إلا أن هذا الارتباط يثبت الأمونيوم ولكن ليس تثبيتاً دائماً حيث يتحرر هذا الأمونيوم ببطء بفعل عملية المعدنة، و يتحول إلى نترات NO_3^- بفعل عملية النترجة.

1-3-1-3-1- العوامل المؤثرة في عملية النشدرة:

أ - نسبة الكربون إلى الآزوت C/N ratio:

تلعب نسبة الكربون إلى الآزوت C/N دوراً أساسياً ومهماً فى عملية تحلل المخلفات العضوية، ومن ثم معدنة العناصر الموجودة فى تركيبها. وتختلف هذه النسبة باختلاف أنواع المخلفات الزراعية، الجدول (11). تمتاز مخلفات النباتات النجيلية مثل قش الأرز والقمح باتساع C/N، حيث تصل من (1/ 50-60)، بينما تضيق هذه النسبة فى بقايا النباتات البقولية (الفصة- الفـول) حيث تصل إلى (1/25-30).

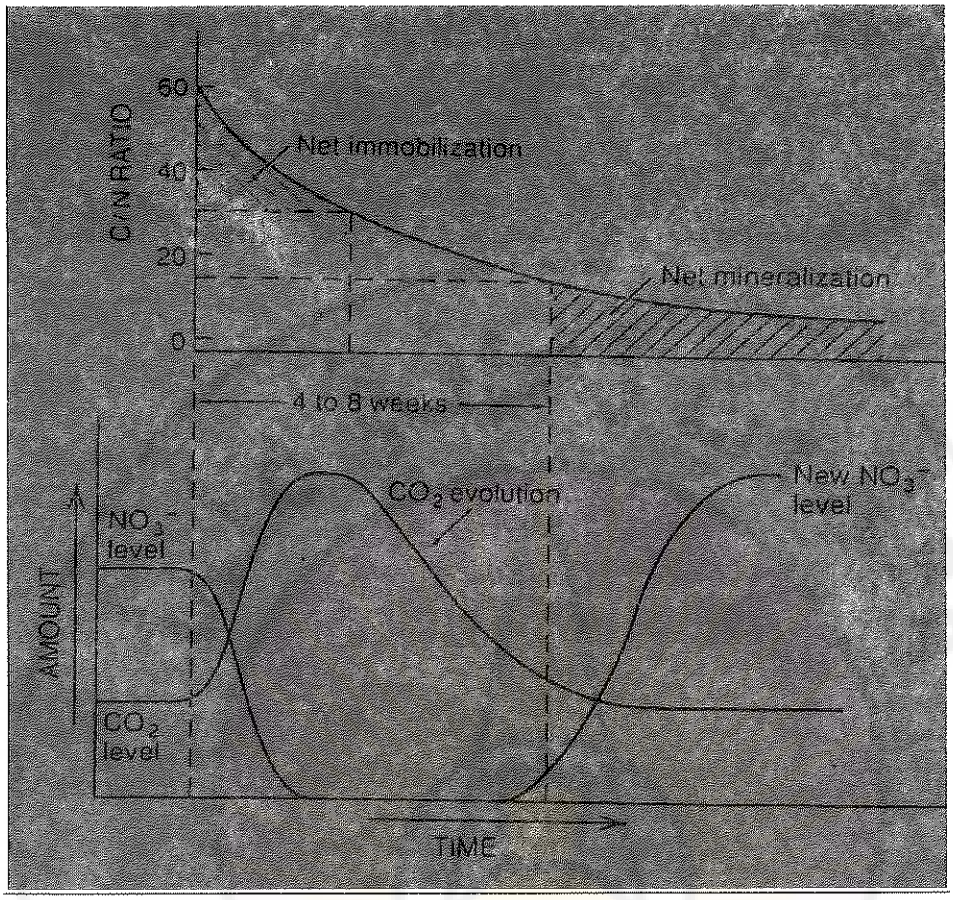
وهنا يجب الإشارة إلى أنه كلما كانت نسبة الـ C/N واسعة- أي أن المخلفات العضوية تحتوى على كمية منخفضة من الآزوت- فإن ذلك يعنى استهلاك الآزوت المعدنى الموجود في التربة الزراعية بوساطة الأحياء الدقيقة المحللة للمخلفات العضوية والذى يُستخدم فى بناء أنسجتها أي يحدث له عملية تمثيل Immobilization ، الشكل (9)، وعلى ذلك تقل الكمية الميسرة من هذا العنصر فى التربة، ويعانى النبات النامي بها من نقص الآزوت. وعلى هذا تتحدد السيادة لأي من عمليتى المعدنة Mineralization والتمثيلImmobilization فى التربة بنسبة الـ C/N بها بعد إضافة المادة العضوية (الأصلية + المضافة). حيث تكون السيادة لعملية التمثيل إذا زادت النسبة عن 1/ 30، ومن ثم يختفى الآزوت المعدنى من التربة ويُمثل داخل أجسام الأحياء الدقيقة، مما ينتج عنه معاناة النباتات النامية من نقص الآزوت. والعكس حيث يؤدى ضيق هذه النسبة أقل من 1/30 فى الإسراع من عملية المعدنة، حيث يتساوى معدل العمليتين إذا كانت النسبة فى مدى 1/15-30. وتكون السيادة لعملية المعدنة إذا وصلت هذه النسبة إلى 1/15، ومن ثم تجد النباتات النامية حاجتها من الآزوت المعدنى، ويصل التحلل حتى تصل النسبة إلى 1/10، وبعدها تقف عملية التحلل حيث تكون المخلفات العضوية وصلت إلى درجة متقدمة فى تحللها أى أصبحت فى صورة دُبال .

ولهذه النسبة أهمية كُبرى فى تقانات التسميد العضوى، حيث تساعد على تحديد نوع السماد العضوى وميعاد إضافته للنباتات النامية فى الحقل. فمثلاً إذا كان لديك مخلفات عضوية لها نسبة C/N واسعة أكبر من 1/30، فإن مثل هذه المخلفات لا يمكن حرثها فى التربة قبل زراعة المحصول أو أثناءه مباشرةً وإلا سادت عملية التمثيل، ومن ثم ستعانى البادرات النامية من نقص الآزوت المعدنى لفترة تختلف مدتها حسب هذه النسبة. ولذلك يُنصح

بإضافة مثل هذه المخلفات وحرثها بالتربة قبل الزراعة بمدة طويلة، بحيث تحدث عملية التمثيل والتربة خالية من النباتات. فإذا لم يتوفر ذلك فيمكن إما خلط هذه البقايا مع سماد آزوتي معدني بمعدل 1كغ سماد معدني لكل 100 كغ مخلفات عضوية حتى تضيق النسبة، ومن ثم يمكن اختصار الزمن اللازم لبدء عملية المعدنة. أو يتم عمل كومه سماد Compost خارج الحقل، ثم ننتظر حتى تضيق النسبة (وذلك بعد فترة من التحلل) إلى الحد المناسب قبل إضافتها إلى الأرض . أما المحاصيل البقولية التى تُزرع على أنها سماد أخضر فمن الممكن حرثها فى التربة إما مباشرةً قبل زراعة المحصول التالي أو قبل اسبوعين منه، حيث تتميز هذه المحاصيل بضيق النسبة، ومن ثم تحدث عملية المعدنة بسرعة .

الجدول (11)- نسبة الـ C/N في بعض المخلفات العضوية

المخلفات العضوية	C/N
مخلفات عضوية ذات نسبة C/N بين 1 و20	
ذرق دواجن البياض	3-12
عشب أخضر – بقايا التعشيب	9-25
مخلفات خضار	12-20
سماد أبقار او ماعز	11-30
سماد دواجن	10-15
ذرق دواجن + المهاد (فرشة الحظيرة)- سماد أبقار حلوب	13-18
قش الفستق	20
تبن الفصة	15-19
مخلفات عضوية ذات نسبة C/N بين 30 و500	
بقايا الفواكه	20-50
أوراق أشجار جافة	30-80
تبن النجيليات	32
إبر الصنوبر	39
مخلفات أحصنة + المهاد (فرشة الحظيرة)	30-60
قش وتبن	40-100
قش الشعير	45
جفت الزيتون	50
قش الشوفان	50-100
قصب الذرة	60-73
عرانيس الذرة	60-120
قش القمح	100-150
نشارة خشب ناعم وخشن	100-500
مواد خشبية(مخلفات تقليم)	300-600



الشكل (9)- تغير مستوى النترات في التربة خلال التفكك الحيوي لمخلفات محاصيل فقيرة بالآزوت. (Stevenson ،1986).

ب- الظروف البيئية المحيطة:

تؤثر الظروف البيئية المحيطة (درجات حرارة - رطوبة - تهوية - pH) تأثيراً كبيراً فى تحديد طبيعة نشاط الكائنات الأرضية الدقيقة القائمة بعملية التحلل، ومن ثم عملية المعدنة للآزوت العضوى. ولتحديد تأثير كل عامل من العوامل السابقة يلزم دراستها منفردة وأيضاً تأثيرها وهى متداخلة مع بعضها بعضاً. تشير الدراسات العلمية إلى أن أفضل pH لعملية المعدنة هو من (6.5 -8)، كما أن أفضل درجة حرارة من(35 - 45)م وأي ارتفاع أو انخفاض عنها يُقلل من نشاط الكائنات القائمة بعملية المعدنة. أيضا تتم عملية المعدنة للآزوت تحت ظروف الترب المغمورة بالماء، لكن تتوقف عند تكوين الأمونيوم NH_4^+ ويرجع ذلك

لعدم توفر ظروف التهوية الملائمة للكائنات الدقيقة المسؤولة عن أكسدة الأمونيوم إلى نترات NO_3^-. وعلى الرغم من أن عملية المعدنة تحت هذه الظروف البيئية تكون بطيئة، إلا أن الأحياءالدقيقة اللاهوائية Anaerobic تستطيع تحويل الآزوت العضوى إلى أمونيوم تحت النسب المرتفعة من C/N بكفاءة عالية بالمقارنة بالأحياء الدقيقة الهوائية. ومن هنا يمكن القول بأن المحصلة النهائية لمعدل عملية معدنة الآزوت تحت الظروف اللاهوائية تكون مماثلة لها تحت الظروف الهوائية .

1-3-3-2- النترجة (التأزت) :Nitrification

هي عملية الأكسدة البيولوجية للأمونيوم الناتج من عملية النشدرة أو المضاف في صورة أسمدة إلى نترات . وتتم هذه العملية على مرحلتين :

1- أكسدة الأمونيوم إلى نتريت وتقوم بها بكتيريا Nitrosomonas

$$2NH_4^+ + 3\ O_2 \longrightarrow 2NO_2 + 2H_2O + 4H^+$$

2- أكسدة النتريت إلى نترات وتقوم بها بكتيريا Nitrobacter

$$2NO_2 + O_2 \longrightarrow 2NO_3^-$$

ومن التفاعلات السابقة يمكن استنتاج ما يلى :

1- يشكل أيون الأمونيوم المادة الأساسية والأولية لعملية النترجة، وعلى هذا فإن تيسره بكمية كافية يعدّ ضرورياً لاستمرار هذه العملية. ويعدّ المطلب الأول لبكتيريا النترجة.

2- إن عملية النترجة عملية أكسدة أى يلزمها أكسجين بوفرة لكي تتم، وعلى ذلك فإن جميع العمليات الزراعية التى تؤثر في تهوية التربة الزراعية سيكون لها تأثيرها المباشر في هذه العملية. أى: أن عمليات العزيق - الحرث و الصرف الجيد تُنشط من هذه العملية، بينما يؤدي غمر التربة بالماء وسوء التهوية إلى تقليل وتيرة هذه العملية أو قد يوقفها تماماً.

3- تقلل عملية النترجة من قلوية التربة وذلك نتيجة لاستهلاكها للأمونيوم، وفى الوقت ذاته تحرر أيونات الهيدروجين إلى الوسط مما يؤدى إلى زيادة حموضة التربة (انخفاض الـ (pH)). وقد لا يظهر هذا التأثير بشكل واضح في الترب الغنية بكربونات الكلسيوم .

يعتقد أن أفضل الشروط البيئية المناسبة لبكتيريا النترجة تتجسد في pH مناسب بين 7و9 ورطوبة تشكل 60-70 % من السعة الحقلية وهي الرطوبة المناسبة لنمو النبات و درجة حرارة تتراوح بين 25-35 مْ.

1-3-3-2-1- مصير النترات : Fate of Nitrate

يكون مصير النترات المتكونة أو المضافة إلى التربة فى صورة أسمدة آزوتية نتراتية مايلى :

1- الامتصاص من قِبل النباتات النامية و استخدامها في عملية التمثيل Assimilation.

2-الاستهلاك من قبل الأحياء الدقيقة حيث تدخل فى بناء أنسجة ميكروبية جديدة حيث تتعرض لعملية التثبيت الحيوي للآزوت Immobilization داخل أجسام الأحياء الدقيقة، وتفضل عادة الأحياء الدقيقة تمثيل الآزوت الأمونياكي مقارنة بالآزوت النتراتي.

3- الفقد من التربة بالغسل Leaching أثناء عملية الرى مع مياه الصرف وذلك لقلة قدرتها على الادمصاص على غرويات التربة لأنها تحمل شحنة سالبة .

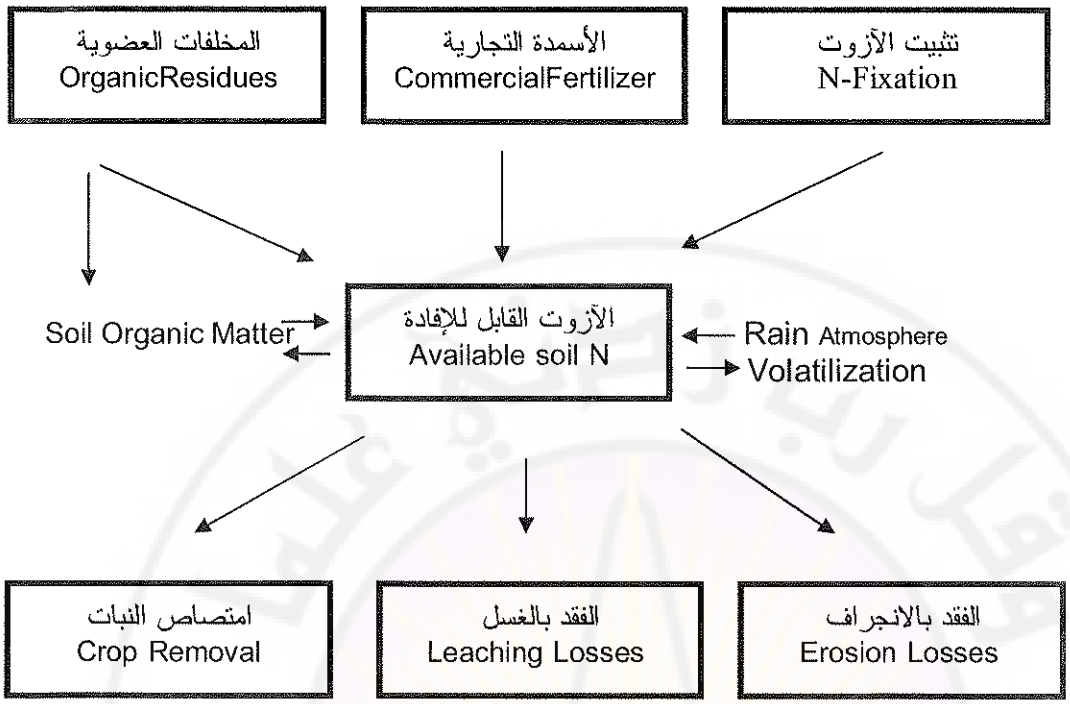
4-يتعرض أيون النترات فى الظروف اللاهوائية إلى عملية ارجاع إلى نتريت ثم إلى صورة غازية وهىN_2 N_2O NO تنطلق إلى الهواء الجوى مكملة دورة الآزوت. ويُطلق عليها عملية عكس التأزت Denitrification .

2-مصادر كسب وفقد الآزوت: Gaines and Losses of N

يبين المخطط (1) مصادر كسب وفقد الآزوت القابل للإفادة في التربة ، ويمكن من خلال هذا المخطط تصنيف هذه المصادر في مجموعتين:

2-1- مصادر الكسب:

يعدّ التثبيت الحيوي للآزوت Biological N_2 fixation، من أهم مصادر كسب الآزوت في التربة إضافة لمياه الأمطار والثلوج من خلال البرق، كما يضاف الآزوت للتربة من خلال البقايا النباتية والأسمدة العضوية الحيوانية أيضاً.



المخطط (1) مصادر كسب وفقد الآزوت القابل للإفادة في التربة

يقصد به تحويل الآزوت الغازى والموجود فى الغلاف الجوى إلى آزوت عضوى بفعل البكتريا.

تقوم بهذه العملية أنواع مختلفة من الأحياء الدقيقة المتخصصة والتي لها القدرة على تثبيت وإرجاع الآزوت الجوى وتحويله إلى NH3 تحت الظروف العادية من الضغط ودرجة الحرارة، ومن ثمّ يتحول إلى مركب عضوى. ويمكن أن نميز نوعين من التثبيت:

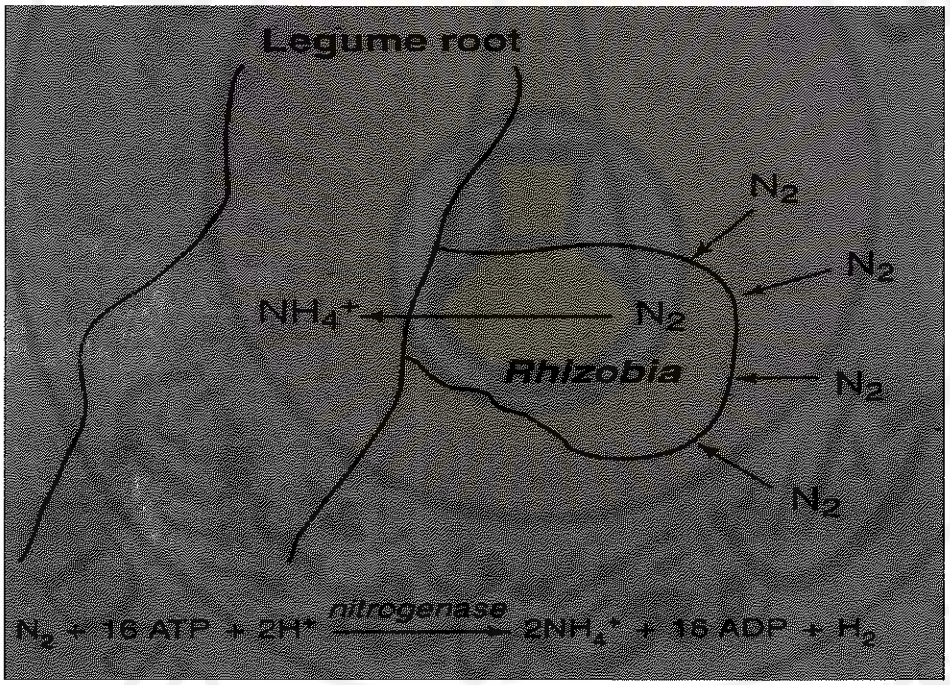
2-1-1-1- تثبيت لا تكافلي (لا تعايشي): Non Symbiotic N_2Fixation

تقوم به أبكتريا هوائية Azobacter وأخرى لا هوائية Clostridium وتقدر كمية الآزوت المثبتة بوساطة هذه الأجناس بـ 3-15 كغ/N/هـ في التربة. تقوم كائنات أخرى كالطحالب

الخضراء المزرقة (الترب المزروعة بالأرز)بعملية تثبيت الآزوت الجوي وتقدر كمية الآزوت المثبتة عن طريقها بـــ 20-30 كغ N/ هـــ.

2-1-1-2- تثبيت تكافلي (تعايشي):Symbiotic N_2Fixation

تقوم به بكتريا Rhizoboum المتعايشة مع النبات البقولي. إذ تتشكل عقد جذرية يتم فيها تثبيت الآزوت الجوي حيث يقدم النبات العائل لبكتريا الرايزوبيوم المواد الكربوهيدراتية، بينما تقدم البكتريا للنبات مركبات الآزوت المثبت حيوياً من قبلها. ويبين الشكل (10) آلية تثبيت الآزوت الجوي عن طريق Rhizobia، كما يبين الجدول 12) كمية الآزوت المثبتة بوساطة بعض الأنواع البقولية. ويبين الجدول (12).كمية الآزوت المثبتة بوساطة بعض الأنواع البقولية.



الشكل (10)- آلية تثبيت الآزوت الجوي تكافلياً عن طريق الـــ Rhizobia

الجدول (12) – كمية الآزوت المثبتة بوساطة بعض الأنواع البقولية.

المحصول	الآزوت المثبت كغ N / هكتار/سنة
الفصة	300-50
البازلاء	140-30
اللوبياء	116-58
الترمس	100-50
الفاصولياء	71-30
فول الصويا	60-58
الفول	148-51

(في عودة وشمشم، 2008)

2-1-2-الأمطاروالثلوج:

تحدث أثناء عملية البرق شرارة تؤدي إلى اتحاد الآزوت بالأكسجين مكوناً أكاسيد آزوتية (NO ،NO_2) ويمكن أن تنحل الأكاسيد الناتجة في هذه المياه وتصل التربة ذائبة فيها.

2-1-3- الأسمدة المعدنية والعضوية:

تعدّ الأسمدة المعدنية (الكيميائية) من المصادر الهامة للآزوت، كما تؤدي إضافة الأسمدة العضوية للتربة إلى زيادة محتواها من المادة العضوية ومن الآزوت الكلي.

2-2- مصادر الفقد:

يعد عنصر الآزوت من أكثر العناصر عرضة للفقد من التربة، وذلك من خلال الطرائق التالية:

2-2-1-الامتصاص من قبل النبات: Crop Absorption

يمكن القول بإن معظم الآزوت الممتص بوساطة النبات والذى يُمثل كمية لا يُستهان بها كما هو موضح فى الجدول (13) تُفقد من التربة الزراعية عند حصاده، فيما عدا النباتات التى تُزرع على أنها مراعى، حيث وجد أن حوالى 85 % من الآزوت الممتص من قبل تلك النباتات يعود مرة أُخرى للتربة على أنها مخلفات حيوانية للحيوانات التى تقوم بعملية الرعى، كذلك تعدّ محاصيل الحبوب ذات أهمية فى هذا المجال، فمثلاً وجد أن محتوى 4 أطنان من قش straw القمح لمساحة هكتار هو من 20-25 كغ آزوتاً. وكما هو معروف يستخدم هذا القش تبناً فى تغذية حيوانات المزرعة والتى تُستخدم مخلفاتها فى التسميد على أنها أسمدة عضوية، ومن ثم تعود هذه الكمية مرة أُخرى إلى التربة الزراعية.

الجدول (13)- كمية الآزوت المستنزفة من التربة من قبل النبات

المحصول	الإنتاج طن/ هـــ	الكمية المستنزفة كغ/هـ
القمح (حب)	6	120
الشعير (حب)	5	100
الذرة (حب)	6	132
البطاطا (درنات)	50	180
الشوندر السكري (جذور)	50	250
البقوليات (حب)	5	200
اللفت (طازج)	50	200
البصل	35	120
البندورة	40	110
القطن	5	180

(Cooke، 1982)

2-2-2- فقد الآزوت في صورة غازية Gaseous Losses

أشارت الأبحاث العديدة فى السنين الماضية بأن جزءاً كبيراً من الآزوت يُفقد من التربة الزراعية فى صورة غازية على هيئة أكاسيد آزوتية أو أمونيا وذلك على أنه ناتج لتفاعلات بيولوجية أو كيميائية. وهناك ثلاث طرائق تُسبب هذه العملية :

2-2-2-1- عكس التأزت Denitrification

يقوم مبدأ هذه العملية على أنه تحت الظروف اللاهوائية للترب الزراعية فى المناطق الغدقه سيئة التهوية تقوم بعض أنواع الأحياء الدقيقة بإرجاع النترات والنتريت إلى صورة غازية وهى NO،N_2O، N_2 ثم تنطلق إلى الهواء الجوى. ويمكن توضيح عملية عكس التأزت بالمعادلة التالية:

$$NO_3^- \longrightarrow NO_2^- \longrightarrow NO \longrightarrow N_2O \longrightarrow N_2$$

يمكن تفسير ذلك بأنه فى حالة توافر ظروف تهوية جيدة تقوم البكتيريا بأكسدة المادة العضوية بوساطة الأكسجين الجوى . أما فى حالة غياب الأكسجين يتم الأكسدة باستخدام أكسجين النترات كما توضحه المعادلات التالية :

فى وجود الأكسيجين الجوى :

$$C6H12O6 + 6O2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{طاقة}$$

فى غياب الأكسجين الجوى :

$$C_6H_{12}O_6 + 4NO_3^- \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 2N_2 + \text{طاقة}$$

كذلك يحدث أكسدة للأحماض العضوية باستخدام أكسجين النترات كما يلى :

$$CH3COOH + 8KNO_3 \rightarrow 8KOH + 6H_2O + 10\ CO_2 + 4N_2 + \text{طاقة}$$

والأحياء الدقيقة المسؤولة عن هذه العملية هى من أنواع: Pseudomonas, Micrococcus, Achromobacter and Bacillus.، وبصفة عامة تختلف الكمية المفقودة بهذه العملية من(5-50)% من الكمية المضافة.

وهناك عوامل عدة تؤثر على عملية عكس التأزت يمكن إيجازها فى النقاط التالية :

أ- مستوى النترات والنتريت في التربة: تنشط هذه العملية عند توفر مستويات مرتفعة من النترات والنتريت.

ب- درجة الحرارة: أشارت أبحاث متعدّدة بأن أ كبر كمية مفقودة من الآزوت بهذه العملية تكون عند درجة الحرارة ما بين(15-45)م . حيث يزداد نشاط الأحياء الدقيقة في التربة مع ارتفاع درجات الحرارة، ومن ثم يزداد استهلاك الأكسجين من قبل الأحياء الدقيقة وعلى هذا يكون من المتوقع زيادة كمية الآزوت المفقودة عن طريق عملية عكس التأزت.

جـ- المادة العضوية: تزداد هذه العملية بزيادة محتوى التربة الزراعية من المادة العضوية وخاصة فى الظروف المعتدلة الحرارة، وذلك نتيجة زيادة نشاط الأحياء الدقيقة واستهلاكها للأكسجين، وأيضاً لأن المادة العضوية تعدّ مصدراً للطاقة اللازمة لنشاط تلك الكائنات، وأخيراً تعدّ مصدراً للهيدرجين اللازم لعملية الإرجاع.

د- درجة التهوية: يزداد الفقد للآزوت بهذه العملية كلما سادت ظروف التهوية السيئة. وهذه الظروف مرتبطة بمحتوى الأرض من الرطوبة، وهذا لا يعنى وجود تأثير مباشر للماء، بل أن السبب الرئيسى هو انخفاض كمية الهواء الأرضى بزيادة الرطوبة. وعلى ذلك لا يُنصح باستخدام الأسمدة النتراتية فى مزارع الأرز لحدوث فقد منها بهذه العملية بجانب الفقد بالغسل.

هـ- درجة الـ pH: أشارت الأبحاث إلى أن ارتفاع الـpH عن 5 يُسرع من كمية الآزوت المفقودة بعملية عكس التأزت، ووجد أن أقصى كمية مفقودة تكون عند درجة pH متعادل ويميل إلى القاعدى الخفيف .

2-2-2-1-تطاير الأمونيا Ammonia Volatilization:

يحدث تطاير للأمونيا(NH_3) لدى إضافة الأسمدة النشادرية (سلفات الأمونيوم ونترات الأمونيوم) واليوريا للتربة، وكذلك الناتجة من معدنة الآزوت العضوى في التربة. وعادةً

يكون الفقد بكمية كبيرة فى الترب القاعدية والترب الغنية بكربونات الكلسيوم ذات الرطوبة المتوسطة، حيث إنه فى حالة جفاف التربة يقل الفقد لعدم حدوث التفاعل، فى حين أنه عند ارتفاع الرطوبة فى التربة تتوفر كميات كبيرة من الماء تسمح بذوبان الأمونيا وتحررها. وتتراوح كمية الآزوت المفقودة بالتطاير بين (3-50%) من الآزوت الأمونياكي واليوريا المضاف وذلك تبعاً لنسيج التربة والـ pH و معدل السماد المضاف. وتشكل قابلية أيون الأمونيوم (NH_4^+) لتشكيل روابط الكتروستاتيكية مع معادن الطين والغرويات العضوية عاملاً على درجة كبيرة من الأهمية يساعد في التقليل أو الحد من فقد آزوت التربة والسماد بالتطاير على شكل أمونيا. ويعتمد التفاعل الأساسي في هذه العملية على ضم الأمونيا لبروتون ليتشكل كاتيون الأمونيوم الذي يقوم بعملية التبادل مع أحد الكاتيونات الممتزة على الطين والدبال، أما في الترب الكلسية فتتطاير الأمونيا نتيجة التحلل المائي لكربونات الكلسيوم وتحرر كل من الكلسيوم والهيدروكسيل وتفاعلها مع سلفات الأمونيوم وتحرر الأمونيا، وكذلك نتيجة تشكل كربونات الأمونيوم والتي تتحلل مائياًوتنطلق الأمونيا. وسيتم الإشارة إلى سلوك الأسمدة الآزوتية في التربة في الفصلين الأول والثاني من الباب الرابع.

ويوجد العديد من العوامل التى تؤثر على تطاير الأمونيا:

- درجة الـ pH : يزداد تطاير الأمونيا بارتفاع الـ pHعن 7.

- محتوى التربة من الكربونات الكلية: يزداد تطاير الأمونيا عموماً في الترب الكلسية، وبخاصة عندما تتم إضافة الأسمدة النشادرية واليوريا إلى التربة بطريقة سطحية.

- درجة الحرارة: يزداد تطاير الأمونيا مع ارتفاع درجة الحرارة وانخفاض مستوى رطوبة التربة.

- سعة التبادل الكاتيوني: تزداد تطاير الأمونيا مع انخفاض السعة التبادلية للتربة، كما هو الحال في الترب الرملية. فكاتيون الأمونيوم (NH_4^+) يمكن أن يمتز على الطين والدبال ومن ثمّ لا يتعرض للتطاير.

وبصفة عامه يمكن خفض الكمية المتطايرة للأمونيوم بخلط السماد النشادرى (الأمونيومى) مع الطبقة السطحية من التربة الزراعية أو وضعه تحت سطح التربة، ولكن يُفضل إضافة الأسمدة النترانية لمثل هذه الترب .

2-2-3- الفقد بالغسل Leaching Losses:

يحدث فقد الآزوت نتيجة الغسل عندما يكون على شكل نتراتي سالب الشحنة NO_3^- وعلى ذلك تكون فرصة ادمصاصه على سطح غرويات التربة قليلة، وذلك للتنافر نتيجة تماثل الشحنة على سطح الغرويات. مما يُسهل من غسيله وفقده مع مياة الصرف. وقد يمتز هذا الأيون على سطح بعض غرويات التربة والأكاسيد موجبة الشحنة وخاصة فى الترب الحامضية، وعند غياب هذه المواد يفقد هذا الأيون إلى الطبقات تحت السطحية أو مع مياه الصرف. وتتوقف كمية النترات المفقودة بالغسيل على كمية المياه وعدد مرات الرى، محتوى التربة من الأكاسيد والغرويات الموجبة الشحنة، نسيج التربة حيث يزداد الفقد بانخفاض كمية الطين فى التربة. **ويمكن تقليل فقد النترات بالغسل باتباع المعاملات الزراعية التالية :**

- استخدام كميات قليلة من المياه (ترشيد استهلاك مياه الرى) .
- استخدام السماد النتراتى بالكمية المناسبة وفى الوقت الملائم .
- تجزئة كمية السماد المستخدمة حسب أطوار النمو للحاصلات المختلفة.
- استخدام السماد النتراتى فى تسميد المحاصيل ذات الجذور العميقة .

2-2-4- الفقد بالانجراف Losses by Erosion:

يحدث فقد الآزوت العضوي بالانجراف الريحي أو المائي نتيجة لفقد المادة العضوية من الطبقة السطحية للتربة بوساطة عمليات الانجراف، وخاصةً فى المناطق الموجودة على المنحدرات وهى طبقات غنية بالمادة العضوية ويحدث ترسيب لهذه الطبقة فى منطقة أُخرى. وتتوقف الكمية المفقودة من الآزوت بهذه الطريقة على عوامل عديدةأهمها: المناخ، نسيج التربة، الغطاء النباتي، الطبوغرافيا...إلخ وبشكل عام تتراوح كمية الآزوت المفقودة من التربة بلانجراف بين 1-50 كغ N /هـــــــ/سنة.

3-امتصاص النبات للآزوت ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته:

3-1-امتصاص النبات للآزوت Nitrogen Uptake from Plant :

يمتص النبات الآزوت بصورة معدنية إما على شكل أيون أمونيوم (NH_4^+) أو على شكل أيون نترات(NO_3^-)، وتتراوح نسبة الآزوت الكلي (Total-N) فى النبات من 1.5-4 %. وتجدر الإشارة هنا إلى أن أيونات الأمونيوم تدخل مباشرةً بعد امتصاصها مع الأحماض

العضوية داخل النبات لتكون الأحماض الأمينية. بينما أيون النترات لابد أن يرجع أولاً إلى أيون الأمونيوم على مرحلتين توضحهما المعادلة التالية :

$$NO_3^- + 2\,e \longrightarrow NO_2^-$$

$$NO_2^- + 6\,e \longrightarrow NH_4^+$$

وتتم عملية إرجاع النترات إلى نتريت بمساعدة عوامل مساعده موجودة فى السيتوبلازم ، بينما إرجاع النتريت إلى أمونيوم يتم بوساطة مركبات أُخرى موجودة فى البلاستيدات الخضراء. وتتم عملية الإرجاع فى الجذور وأيضاً فى الأجزاء الهوائية للنبات ، ويختلف معدل الإرجاع فى كل منها باختلاف النبات وتركيز النترات فى التربة .

3-2-الوظائف الفيزيولوجية للآزوت Physiological Functions :

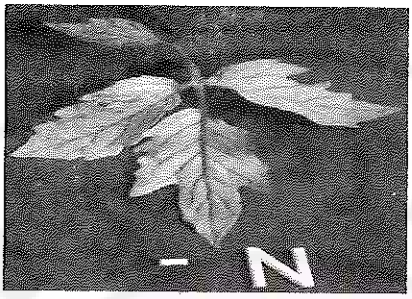
يعد الآزوت مادة أساسية في تركيب البروتينات واليخضور، كما يساهم في استقلاب الكربوهيدرات ويدخل في تركيب العديد من الأنزيمات والفيتامينات والهرموناتن كما يشجع من النموين الخضري والجذري.

3-3-أعراض نقص الآزوت:

تظهر أعراض نقص الآزوت في كل من الترب الرملية والفقيرة بالمادة العضوية، ومن المتوقع أن تظهر أعراض نقصه في النبات عندما تنخفض نسبته فيه عن 1.5%. يعد الآزوت عنصراً سريع الحركة لذلك غالباً ما تظهر أعراض نقصه بداية على الأوراق القديمة، وتتجلى هذه الأعراض عموماً باصفرار الأوراق وتكتسب الأوراق القديمة اللون الأخضر الفاتح أو الأخضر المصفر أو الأصفر، كما يؤدي نقصه إلى انخفاض معدل النمو وتقزم النبات وتساقط الأزهار والثمار، وتكون الجذور طويلة وقليلة التفرع، ومع ذلك تزداد النسبة مجموع جذري/مجموع خضري. ويجب ملاحظة أنه يمكن أن تظهر أعراض نقص الآزوت فى التربة على الرغم من الكمية الكافية المضافة، ويعود ذلك إلى ريها بكمية زائدة من المياه عن احتياج الأشجار حيث يتم غسل السماد، أو فى حال ارتفاع مستوى الماء الأرضى نتيجة لسوء الصرف، وسيتم تسليط الضوء على هذه الأعراض لأهم الأنواع النباتية.

3-3-1-أعراض نقص الآزوت على الخضار:

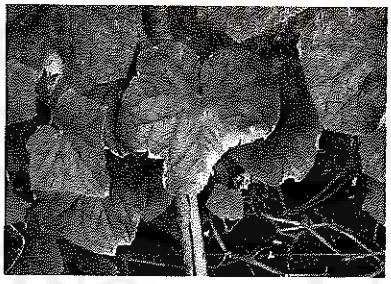
البندورةTomato: تقزم النبات، لون الأوراق السفلية (القديمة) فى البداية أخضر فاتح أو أخضر مصفر ثم يتحول كل النبات إلى اللون الأصفر.



البطاطاPotato: تلون الأوراق السفلية بلون أخضر فاتح إلى أخضر مصفر، أما الأوراق الحديثة فتكون بلون أخضر غامق. تقزم النبات.



جـ-الخيارCucumber : تلون الأوراق السفلية بلون أخضر فاتح إلى أخضر مصفر، مع اصفرار على الحواف. تقزم النبات.



Damascus University

د- العائلة الصليبية (القرنبيط):Caulflower Or Broccoli

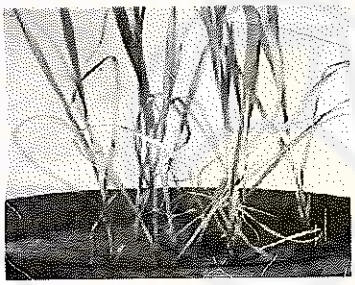
تكون الأوراق السفلية صفراء شاحبة، ويلاحظ التأخير في تشكيل الرأس. تقزم النبات.



3-3-2-أعراض نقص الآزوت على المحاصيل:

أ-النجيليات (القمح):Wheat :

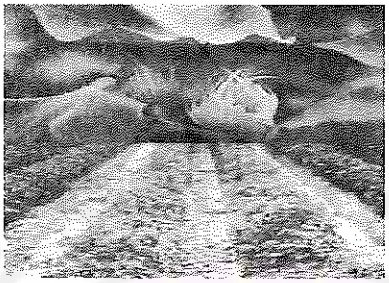
تكون الأوراق السفلية صفراء، والسوق نحيلة ومائلة للاحمرار، وتكون الأوراق العلوية خضراء مصفرة. تقزم النبات.



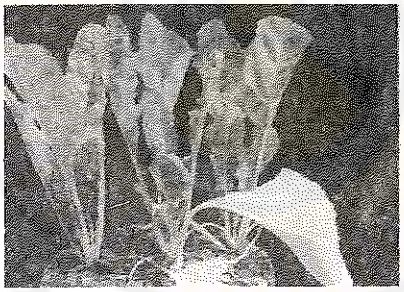
ب-الذرة الصفراءMaize: اصفرار الأوراق السفلية ثم الحديثة بصفة عامة. تقزم النبات.



جـ- القطن Cotton: تكون الأوراق السفلية ذات لون أخضر مصفر، وتنتشر الأعراض إلى أعلى النبات، وفى حالات النقص الشديد تظهر الساق بشكل قرمزى و تقزم النبات.



د- الشوندر السكري Sugar Beet: تكون الأوراق السفلية ذات لون أصفر وتبدأ بالسقوط ثم انتشار الاصفرار على جميع الأوراق في المراحل المتأخرة.

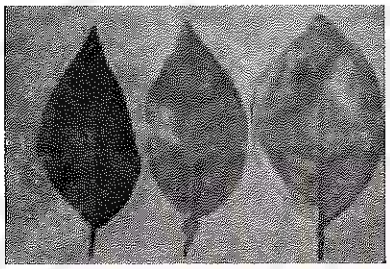


Damascus University

3-3-3-أعراض نقص الآزوت على الأشجار:

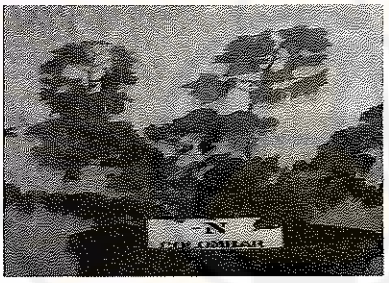
أ-الحمضيات: Citrus

تكون الأوراق السفلية ذات لون أخضرشاحب يتدرج إلى الأخضر المصفر، ثم يتحول إلى الأصفر.

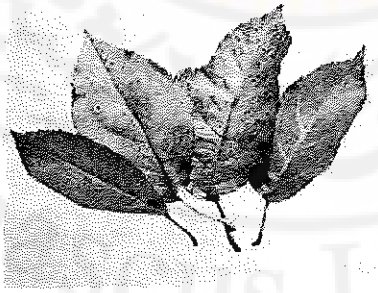


(الورقة الخضراء فقط طبيعية)

ب-العنبGrape: أصفرار الأوراق تماماً فى مراحل النمو المتأخرة



جـ-التفاح:Apple: تكون الأوراق صغيرة وذات صبغات صفراء وحمراء



د-الدراقPeach: تكون الأوراق شاحبة صفراء ويظهر عليها بقع بنية.



هـــ- الزيتونOlive: تكون الأوراق السفلية صفراء وصغيرة، ويلاحظ ضعف عام، وأزهار متفرقة.



3-4-أعراض زيادة الآزوت:

يعود سبب ظهور أعراض زيادة الآزوت على النبات إلى زيادة الكمية المضافة وكذلك إلى موعد الإضافة، وتتجلى هذه الأعراض عموماً باللون الأخضر الغامق للأوراق، وموت قمم الأوراق وحوافها، وتأخر النضج وتصبح النباتات غنية بالعصارة وغضة وقليلة المحتوى بالألياف. إن زيادة تسميد النباتات الليفية كالكتان وغيرها يؤدي إلى زيادة الإنتاج كماً وانخفاض النوعية. ويمكن التخلص من المساوئ الناتجة عن زيادة التسميد الآزوتي بإضافة الأسمدة المعدنية التي تحتوي الفوسفور والبوتاسيوم والكلسيوم ... وتعمل هذه العناصر أيضاً على زيادة مقاومة المحاصيل للأمراض الناتجة على زيادة التسميد الآزوتي .

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفوسفور في البيئة الزراعية ودوره في تغذية النبات:

1- دورته، محتواه في التربة وأشكاله.

2-مصادر فقد وكسب الفوسفور.

3-امتصاص النبات للفوسفور ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته.

وقل رب زدني علما
Damascus University

الفصل الثاني

الفوسفور في البيئة الزراعية ودوره في تغذية النبات

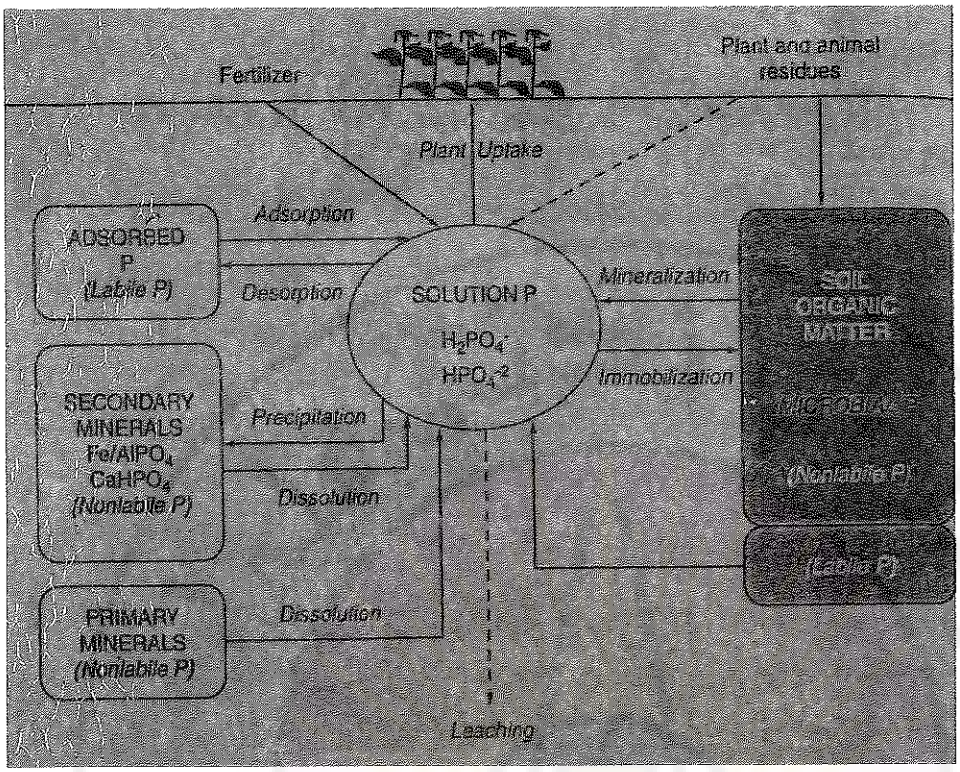
1- دورته، محتواه في التربة، أشكاله:

1-1-دورة الفوسفور: The Phosphorus Cycle

يعد الفوسفور أحد أهم العناصر المغذية الكبرى، والذي يأتي في المرتبة الثانية من حيث الأهمية بعد الآزوت، حيث يساهم في تركيب الفايتين والأحماض النووية ومركبات الطاقة واستقلاب السكريات وتشكل الثمار.

يبين الشكل (11) دورة الفوسفور في التربة، ويلاحظ من خلالها امتصاص النبات للفوسفور على شكل HPO_4^{2-} و $H_2PO_4^-$، وذلك عبر جذوره إلى الأجزاء الهوائية للنبات، يعود الفوسفور إلى التربة عبر تحلل المخلفات النباتية والحيوانية في التربة. وخلال عملية التحلل يستعمل جزء من الفوسفور المتحرر في بناء أنسجة ميكروبية جديدة بعملية التسكين أو الوقف الحيوي للفوسفور P-Immobilization ، بينما يتحرر القسم المتبقي إلى محلول التربة. ويرتبط جزء من الفوسفور المتحرر عن عملية المعدنة بالمادة العضوية في التربة، وجزء آخر مع المركبات المعدنية متحولاً إلى أشكال صعبة الذوبان، بينما يتحرر بعض من فوسفور الفلزات الأولية والثانوية بأشكال معدنية ذائبة قابلة للإفادة.

Damascus University



الشكل (11)- دورة الفوسفور في التربة

1-2-محتوى التربة من الفوسفور Soil Phosphorus Content:

تحتوي التربة على كمية من الفوسفور الكلي تتراوح بين (0.02 و 0.1 %)، وترتبط هذه الكمية بوجود المادة العضوية حيث يُمثل الفوسفور العضوى من 20-80% من الفوسفور الكلى. تختلف الترب فى محتواها من الفوسفور الكلى متأثرة بالعديد من العوامل أهمها : مادة الأصل- الاستغلال الزراعى- المناخ. ....إلخ.

1-3-أشكال الفوسفورفي التربة Forms of Soil Phosphorus:

1-3-1- الفوسفور المعدني(الفلزي) Inorganic- P:

يعود مصدر الفوسفور المعدنى فى الترب الزراعية إلى تجوية الصخور المحتوية على الفوسفور. وعلى ذلك فإنه يوجد على هيئة مركبات تحتوى على الكلسيوم، الألمنيوم، الحديد، الفلوريد أو عناصر أخرى.

تعدّ جميع مركبات الفوسفور قليلة الذوبان فى الماء مما يؤثر سلبياً على الكمية المبسرة من هذا العنصر للنبات، حيث تكون هذه الكمية قليلة جداً فى محلول التربة أو قد تكون معدومة، وتُمثل مجموعة الأباتايت Apatite group المصدر الرئيسى له مثل هيدروكسى أباتايت، فلور أباتايت (والتى تعدّ أكثر الأنواع شيوعاً)، الكلورو أباتايت والكربونات أباتايت (الجدول 14) .

الجدول (14)- المركبات الفوسفاتية الشائعة الانتشار فى الترب

المركب	الصيغة
هيدروكسى أباتيت Hydroxy apatite	$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$
فلورو أباتيت Flour apatite	$Ca_{10}(PO_4)_6(F)_2$
فوسفات ثنائى الكلسيوم Dicalcium phosphate	$CaHPO_4$
فوسفات ثلاثى الكلسيوم Tricalcium phosphate	$Ca_3(PO_4)_2$
الفيرسيت Variscite	$ALH_2PO_4(OH)_2$
السترنجيت Strengite	$FeH_2PO_4(OH)_2$

(عن Mengel and Kirkby 1987)

وفى الترب الحامضية تنتشر معادن الفوسفات المرتبطة بالحديد والألمنيوم وهى أيضاً قليلة الذوبان. وبصفة عامة لا يمكن النظر إلى هذه المركبات بأنها ثابتة بل إنها تتأثر بصفات التربة والزمن والظروف الأخرى المحيطة ومما يؤكد ذلك تعدّد صور المركبات الفوسفاتية وخصائصها المنتشرة فى الترب .

1-3-2- الفوسفور العضوي Organic- P:

يعود هذا الشكل من الفوسفور إلى المادة العضوية، ويعد الفوسفور العضوى الذى يُستخلص من التربة شديد المقاومة لفعل الأحياء الدقيقة، وأهم هذه المركبات هو الفيتين phytin وهو أحد أملاح الكلسيوم أو المغنزيوم لحامض الفايتيك phytic acid ، وينتج حمض الفايتيك من اتحاد حمض الفوسفوريك مع الإينوسيتول Inositol. ومن ثم تكون المركبات الشائعة هى فوسفات الإينوسيتول Inositol phosphate ويُمثل من 30-50% من الفوسفور العضوى الكلى كما ذكر Anderson 1969، الفوسفوليبيدات Phospholipids وتتراوح نسبته من 0.5-7% من الفوسفور العضوى الكلى، والحمض النووى Nucleic acids phytin والذى يُعتقد بأنه هو ومشتقاته يُمثل من صفر إلى 10% من الفوسفور العضوى الكلى التربة كما ذكرها بلبع سنة 1988.

ونسبة الفوسفور العضوى بمحلول التربة عادةً ماتكون قليلة فأكثره فى الصورة الصلبة وغالباً ما تكون غير صالحة للامتصاص بوساطة النبات، ومن ثم تتوقف صلاحية المركبات العضوية لتغذية النبات على عوامل كثيرة يعدّ رقم pH الأرض أهمها . وعلى ذلك لكى يستفيد النبات من الفوسفور العضوى يجب أولاً أن يتحول إلى فوسفور معدنى بوساطة عملية المعدنة Mineralization والتى بها يتحول الفوسفور العضوى إلى فوسفور معدنى نتيجة تعرض مركبات الفوسفور العضوى بالتربة إلى نشاط أنواع مختلفة من الكائنات الدقيقة. وتعدّ عملية المعدنة أو التمثيل للفوسفور مشابهة لما يحدث للآزوت، وبوصفها قاعدة عامة فإن معدنة الفوسفور تكون أكثر سرعة تحت الظروف المناسبة لعملية النشدرة Ammonification ، حيث أشارت الدراسات بوجود ارتباط معنوى قوى بين معدنة الآزوت والفوسفور . **وهناك عوامل عدة تؤثر في معدنة الفوسفور العضوى:**

1- نسبة الكربون إلى الفوسفور فى المادة العضوية الموجودة بالتربة الزراعية (C/P ratio) حيث إن إضافة المادة العضوية إلى التربة لا يعنى أنها تؤدى إلى سيادة عملية المعدنة

للفوسفور العضوى بل قد يكون لعملية التمثيل Immobilization تأثير مباشر على عملية المعدنة. وعلى ذلك تكون نسبة C/p هى المحددة للاتجاه السائد بعد إضافة المادة العضوية، فإذا كانت النسبة 200/1 أو أقل تكون السيادة لعملية المعدنة ويتحرر الفوسفور العضوي في التربة بأشكال معدنية ذائبة متاحة للنبات، فى حين أن النسبة 300/1 أو أكثر تعني فقد الفوسفور الميسر نتيجة لعملية التمثيل (التسكين الحيوي) للفوسفور حيث يستخدم الفوسفور المعدني الناتج عن تفكك المادة العضوية (وحتى المضاف على شكل أسمدة معدنية أو الموجودة أصلاً في التربة بأشكال معدنية ذائبة) في بناء أنسجة ميكروبية جديدة .

أما عندما تكون النسبة بين 200/1 و 300/1 فتكون عمليتا المعدنة والتسكين الحيوي للفوسفور متساويتين وتسيران جنباً إلى جنب.

2- نشاط الأحياء الدقيقة(مثل: Penicillium, Mucor Aspergillus Pseudomonas ,Bacillus,) وكمية أنزيم الفوسفاتيز Phosphatase enzyme المنطلق من هذه الكائنات وجذور النباتات النامية. ولذلك فإن جميع العوامل المؤثرة على نشاط الأحياء الأرضية وخاصة المتخصصة منها مثل درجة الحرارة - الرطوبة - التهوية - رقم pH التربة - وكثافة الغطاء النباتى يكون لها تأثير كبير على عملية المعدنة. وتوضح المعادلة التالية كيفية انطلاق الفوسفور المعدنى خلال عملية المعدنة وتأثير أنزيم الفوسفاتيز فى ذلك كما أوضحهاMengel & Kirkby,1987 سنة 1987.

1-3-3- الفوسفات المدمصة Adsorbed- P:

يمكن أن يحدث ادمصاص للفوسفات بطرائق مختلفة:

أ- ادمصاصه على سطوح أكاسيد الحديد والألمنيوم المائية في الترب الحامضية والمتعادلة.

ب- ادمصاصه على سطوح المادة العضوية والدبال ومعادن الطين بوساطة جسور كاتيونية في الترب المتعادلة والمتعادلة القلوية وعلى أكاسيد الحديد والألمنيوم المائية في الترب الحامضية والحامضية المتعادلة.

جـ- ادمصاصه على سطوح الكاؤولنيت في ظروف الترب الحامضية، وعلى سطوح كربونات الكلسيوم في الترب الكلسية.

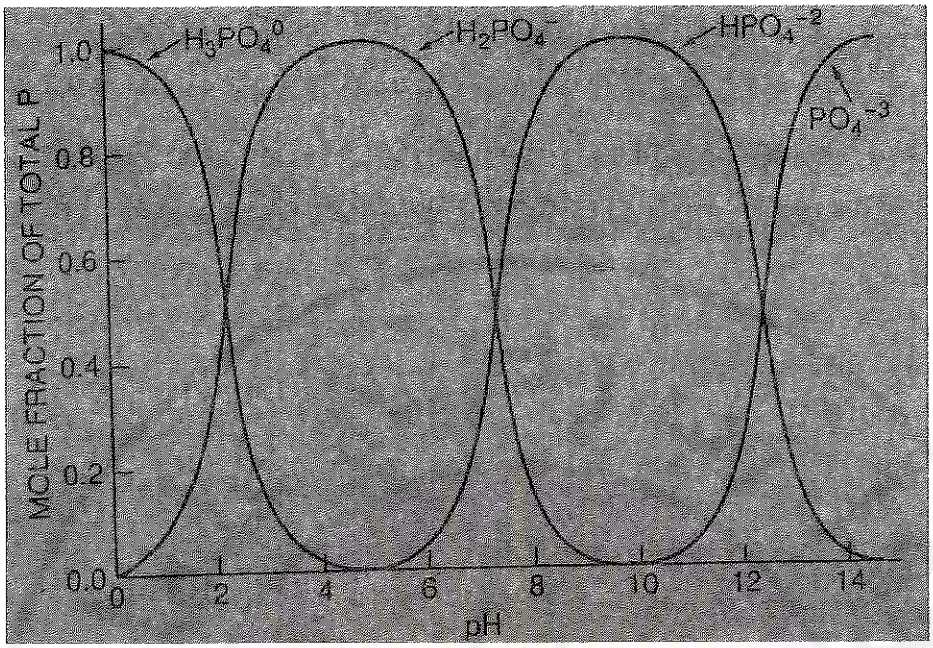
يعد هذا الشكل من الفوسفور بمثابة المستودع الذي يمد محلول التربة بالفوسفور باستمرار وبشكل تدريجي بعد انخفاض محتواه من هذا العنصر نتيجة الامتصاص النباتي، ويكون هذا الشكل من الفوسفور على توازن مع فوسفور محلول التربة، لذلك فإن هذا الجزء من فوسفور التربة يؤدي دوراً مهماً في تغذية النبات، وعادة تكون كمية الفوسفات المدمصة في التربة أكبر بمقدار (100-1000) مرة من كمية الفوسفور الذائب.

يلاحظ مع مرور الزمن أن الأشكال المتاحة للفوسفور تتعرض إلى التثبيت وتصبح أقل ذوباناً.

1-3-4- الفوسفور الذائب في محلول التربة Soluble- P:

تمتص النباتات الفوسفور بشكل رئيس فى صورة أيونات الفوسفات المعدنية الأحادية والثنائية $H_2PO_4^-$ ، HPO_4^{2-} ، وهذه الأيونات تكون موجودة فى المحلول الأرضى وفى أى وقت بتراكيز قليلة جداً، لا تزيد بضعة أجزاء فى المليون، وفى الغالب يكون أقل من واحد جزء فى المليون، ويُعزى هذا التركيز المُنخفض إلى سرعة تثبيت الفوسفات بالطرائق المختلفة فى التربة.

إن تركيز الأنواع المختلفة من أيونات الفوسفات فى محلول التربة مرتبط بشكل وثيق برقم pH التربة، فأيون الفوسفات الأحادية $H_2PO_4^-$ يسود فى الوسط الحامضى، بينما أيون الفوسفات الثنائى HPO_4^{2-} يسود فى الوسط ذات pH أكثر من 7 وهذه العلاقة موضحة فى الشكل (12). وسيتم التطرق إلى سلوك الفوسفور في الترب المختلفة في الفصلين الأول والثاني من الباب الرابع.



الشكل (12) – توزع أشكال شوارد الفوسفات حسب الـ pH

1- تثبيت الفوسفات في التربة Phosphate Fixation :

2-1-العوامل المؤثرة في تثبيت الفوسفات في التربة:

توجد عوامل عديدة تؤثر في قابلية النبات للإفادة من الفوسفور، وسيجري تسليط الضوء على أهمها:

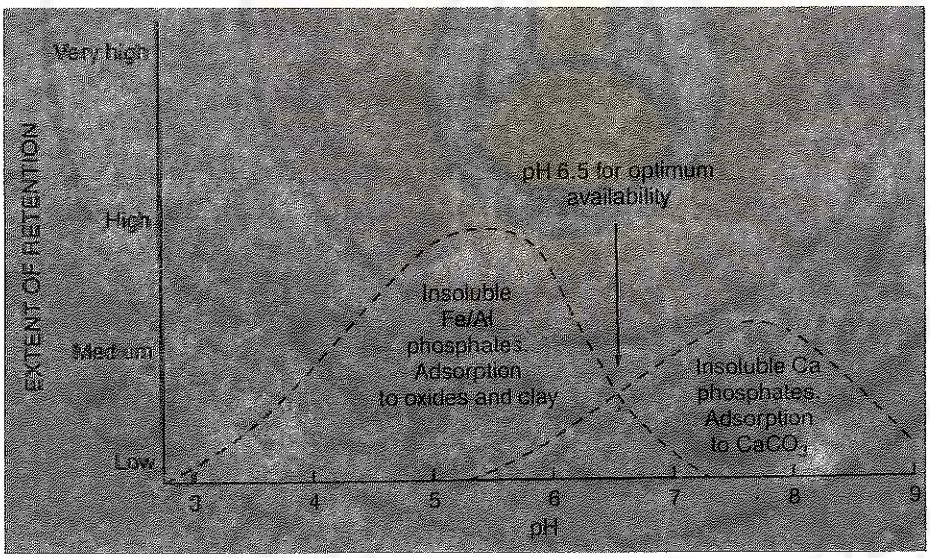
2-1-1- كمية الطين فى التربة: تزداد الكمية المثبتة من الفوسفور مع زيادة نسبة الطين. ونظراً لأن السعة التبادلية الكاتيونية لها مرتفعة فتكون كمية الكلسيوم المتبادلة كبيرة ومن ثم يحدث التثبيت أو الاحتفاظ بوساطة أيون الكلسيوم (فوسفات– كالسيوم – طين).

2-1-2- نوع معدن الطين: تشير عديد من الدراسات أن الترب الغنية بمعادن الطين 1:1 مثل الكاؤولينيت تكون قدرتها على تثبيت الفوسفور مرتفعة عن تلك الغنية بمعادن من نوع 1:2 ويرجع ذلك إلى أن عدداً أكبر من مجموعات الهيدرروكسيل المرتبطة مع ذرة الألمنيوم

فى طبقة رباعيات الوجوه تكون مكشوفة فى معادن من نوع 1:1، إضافة إلى الشحنات الموجبة على الحواف المكسورة للكاؤولنيت.

2-1-3-زمن التفاعل: كلما زاد زمن التلامس بين أيونات الفوسفات ومكونات التربة كلما زاد معدل التثبيت، وهذا الزمن يختلف من تربة إلى أُخرى. ويعدّ الزمن الذي يتمكن فيها النبات من الاستفادة القصوى من السماد الفوسفاتى المضاف مهم من الناحية العملية. ففى الترب ذات القدرة العالية على التثبيت يكون هذا الزمن قصيراً، بينما فى ترب أُخرى قد يطول هذا الزمن شهراً أو أكثر. وهنا ترجع أهمية ما إذا كان السماد يضاف على دفعة واحدة أوعلى دفعات عدة خلال الدورة الزراعية، كذلك تحديد طريقة الإضافة.

2-1-4- pH التربة: التربة من العوامل المؤثرة في تحديد درجة صلاحية الفوسفور للنبات، كما سبق ذكره أن الصورة الأيونية للفوسفات والمفضلة للامتصاص من قِبل النبات هى $H_2PO_4^-$ بالمقارنة بالصور الأيونية الأخرى، وذُكر أن تركيز هذه الصورة يقل بارتفاع رقم الـ pH وانخفاضه (الشكل 13)، وذلك حسب طريقة التثبيت وتكون أعلى درجة صلاحية للفوسفات فى مدى pH من 6-7. والشكل (13) يبين تأثير الـ pH في تيسر و تثبيت الفوسفات.



الشكل (13)- تأثير الـ pH في تيسر و تثبيت الفوسفات .

2-1-5-درجة الحرارة: يزداد تثبيت الفوسفات بارتفاع درجة الحرارة.

2-1-6-المادة العضوية: من المعروف أن الأسمدة العضوية عند إضافتها إلى التربة تؤدي إلى زيادة خصوبتها، سواءً لما تحويه من عناصر، أم عن طريق زيادة ذوبان بعض العناصر، وجعلها فى صورة قابلة لإفادة النبات وذلك من خلال الآليات التالية:

- تعدّ المادة العضوية بحد ذاتها مصدراً للفوسفور في التربة، الذي يتحرر بصورة قابلة لإفادة النبات من خلال عملية معدنة المادة العضوية mineralization.

- تقوم المادة العضوية، وما يتفكك عنها من أحماض عضوية وانطلاق CO_2 وتشكيل حمض الكربون، في خفض pH التربة.

- ترتبط مكونات الدبال مع الكلسيوم Ca في الترب الكلسية أو مع الحديد والألمنيوم في الترب الحامضية مما يحد من تشكل فوسفات الكلسيوم فوسفات الحديد أو الألمنيوم غير الذائبة.

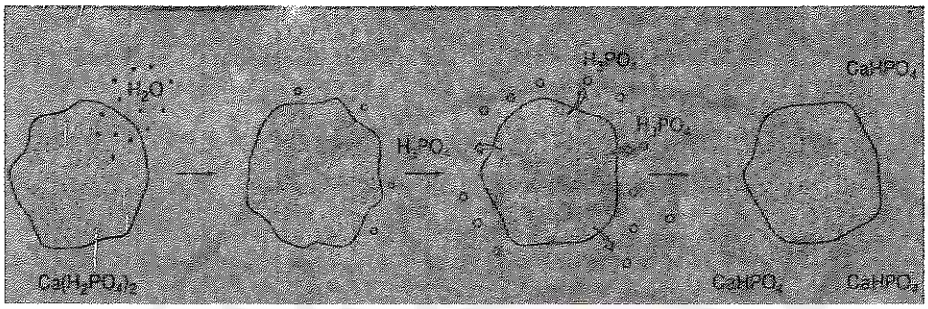
- يغلّف الدبال معادن الطين مما يحد أو يمنع احتجاز الفوسفات وادمصاصه على طبقات الطين.

- تتشكل معقدات فوسفورية عضوية بوجود الكاتيونات تمنع ترسيب الفوسفور وتثبيته، وهي سهلة الحركة و الانتشار مما يسهل من وصولها إلى جذور النباتات و امتصاصها بسهولة..

2-2-آلية تثبيت الفوسفور المضاف كأسمدة معدنية:

يبين الشكل (14) الخطوات المتتالية لتثبيت الفوسفور المضاف على شكل فوسفات أحادى الكلسيوم (السوبر فوسفات)، ويتضح من الشكل أنه عند إضافة حبيبات سماد السوبر فوسفات إلى التربة فإن بخار الماء الموجود بالوسط المحيط للحبيبة يتحرك ويدخل بسرعة إلى داخل الحبيبة مما يؤدى إلى ذوبان المادة الرئيسة للسماد وهى فوسفات الكلسيوم الأحادية، ويتكون محلول داخل الحبيبة يكون مشبعاً بكميات مرتفعة من فوسفات الكلسيوم الأحادية والثنائية بالإضافة إلى حمض الفوسفور، ويكون رقم الـ pH لهذا المحلول فى مدى 1 -1.5 أى شديد الحموضة. وعند انطلاق هذا المحلول إلى الوسط المحيط بالحبيبة يؤدى إلى إذابة مكونات حبيبات التربة الملاصقة له. وفى الترب القاعدية والتي غالبا ما يسود بها الكلسيوم والمغنزيوم

وخاصة في الترب الكلسية وعلى ذلك يتفاعل هذا المحلول مع الكلسيوم وتتكون مركبات صعبة الذوبان، في حين يكون التفاعل مع الحديد والألمنيوم في الترب الحامضية.



الشكل (14) الخطوات المتتالية لتثبيت الفوسفور المضاف على شكل فوسفات أحادي الكلسيوم (السوبر فوسفات) عن White سنة 1987.

3-مصادر كسب الفوسفور وفقده Gaines and Losses of P :

يبين المخطط (2) مصادر كسب وفقد الفوسفور الميسر في التربة، ويمكن من خلال هذا المخطط تصنيف هذه المصادر في مجموعتين:

3-1- مصادر الكسب:

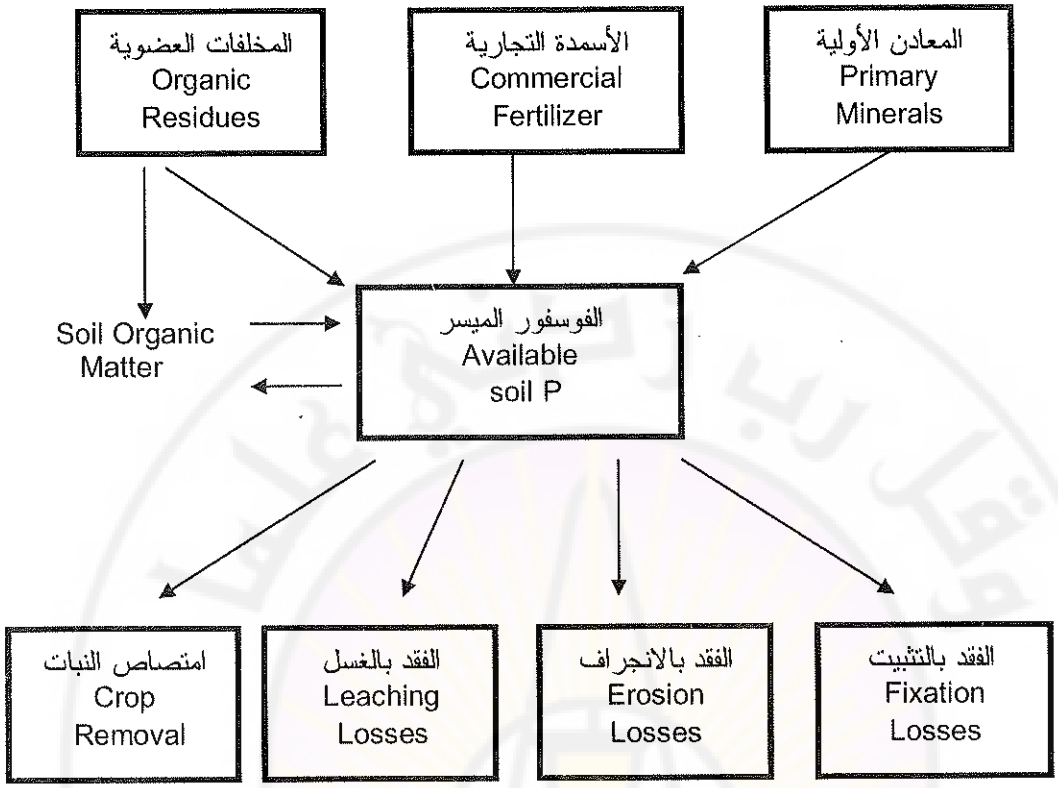
تعدّ الأسمدة المعدنية المضافة من أهم مصادر كسب الفوسفور إضافة للمخلفات العضوية وكذلك الفوسفور المتحرر من معادن التربة.

3-2- مصادر الفقد:

يفقد الفوسفور من التربة عن طريق مايلي :

3-2-1-الامتصاص من قبل النبات Crop Absorption :

يعد امتصاص النبات للفوسفور المصدر الأساس لفقد الفوسفور الميسر من التربة، ويبين الجدول (15) كمية الفوسفور المستنزفة من التربة من قبل النبات.



المخطط (2) مصادر كسب وفقد الفوسفور الميسر في التربة

الجدول (15)– كمية الفوسفور المستنزفة من التربة من قبل النبات

المحصول	الإنتاج طن/ هـ	الكمية المستنزفة كغP_2O_5/هـ
القمح (حب)	6	60
الشعير (حب)	5	45
الذرة الصفراء (حب)	6	60
البطاطا (درنات)	50	80
الشوندر السكري (جذور)	50	80
البقوليات (حب)	5	70
اللفت (طازج)	50	60
البصل	35	80
البندورة	40	90
القطن	5	80

(Cooke، 1982)

3-2-2- الفقد بالغسل Leaching Losses:

يعد الفوسفور أقل فقداً بالغسل من الآزوت، ويمكن أن يعزى ذلك إلى سرعة تثبيته في التربة وذلك نتيجة ارتباط الفوسفات بالكلسيوم في الترب الكلسية وبالحديد والألمنيوم في الترب الحامضية إضافة لعوامل أخرى تتعلق بالغرويات والـpH وغيرها...

3-2-3- الفقد بالانجراف Losses by Erosion:

يحدث فقد الفوسفور بالانجراف الريحي أو المائي نتيجة لفقد المادة العضوية من الطبقة السطحية للتربة بوساطة عمليات الانجراف، وخاصةً فى المناطق الموجودة على المنحدرات وهى طبقات غنية بالمادة العضوية.

3-2-3- الفقد بالتثبيت Losses by Fixation:

تتحول أسمدة الفوسفات الذائبة في الماء إلى شكل أقل ذوباناً وأقل جاهزية للنبات بعد إضافتها للتربة، وتعتمد عملية التثبيت على عوامل عدة جرى التطرق إليها في الفقرة (2).

4-امتصاص النبات للفوسفور ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته:

4-1-امتصاص النبات للفوسفور Phosphorus Uptake from Plant :

النبات للفوسفور وخاصة في المراحل الأولى من نموه وإلى فترة ما يقارب الشهرين المحاصيل ذات الموسم الطويل نسبياً. يمتص النبات الفوسفور بصورة معدنية إما أيون أحادي $H_2PO_4^-$ أو ثنائي HPO_4^{2-}، وتبلغ نسبة الفوسفور الكلي (Total-P) 0.5%وسطياً. وتتفاوت الكميات التي يحتاجهاحسب طبيعة النباتات وكذلك حسب حيث ترتفع هذه النسبة في الثمار والبذور والجذور مقارنة بالأجزاء النباتية

وظائف الفيزيولوجية للفوسفور Physiological Functions:

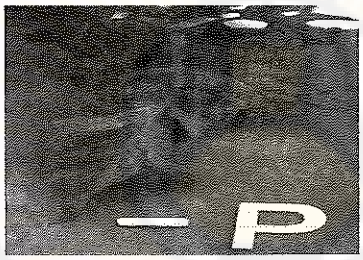
عنصراً مهماً للنبات، حيث يساهم في مختلف العمليات الحيوية مثل : عمليات وتكوين النوايا وانقسام الخلايا وتكوين البذور وتنظيم العمليات الخلوية ونقل كما أن للفوسفور دوراً أساسياً فى تكوين مركبات الطاقة .

4-3-أعراض نقص الفوسفور:

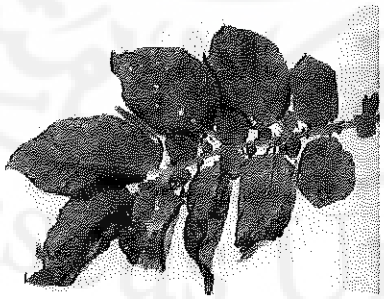
تظهر أعراض نقص الفوسفور في الترب الكلسية والترب شديدة الحموضة، ومن المتوقع أن تظهر أعراض نقصه في النبات عندما تنخفض نسبته فيه عن 0.1%. يعد الفوسفور عنصراً متحركاً في النبات لذلك غالباً ما تظهر أعراض نقصه بداية على الأوراق القديمة (السفلية) حيث ينتقل من الأوراق القديمة إلى الأوراق الحديثة، وتتجلى هذه الأعراض عموماً بصغر حجم النبات مع لون أخضر غامق غير لامع سببه تراكم النترات التي تنشأ نتيجة وجود كميات غير كافية من الفوسفور في النبات وفي نباتات الحبوب وخاصة الذرة حيث يكون حجم النبات صغيراً ولون الأوراق أرجوانياً أو برونزياً. ومن علائم النقص سقوط الأوراق القديمة (السفلية) قبل أوانها وتقزم في نمو الجذور والسيقان وقلة في الازهار وتأخر في تكوين البراعم الورقية وتفتحها.

4-3-1-أعراض نقص الفوسفور على الخضار:

أ- البندورةTomato: تقزم النبات، وتلون بعض الأوراق وكذلك الساق باللون الأرجواني أو البرونزي. وسقوط الأوراق القديمة (السفلية) قبل أوانها وقلة في الازهار.



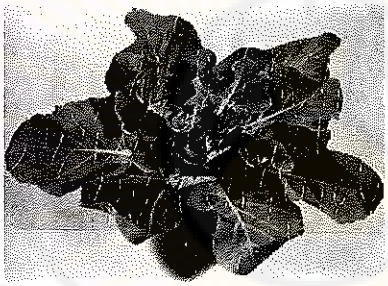
ب-البطاطاPotato: تكون الأوراق السفلية وخاصة الوجه الخلفي ذات لون أخضر رمادي إلى أرجواني. كما تحترق حواف الأوراق القديمة وتتثقب وتجف.



جـ- الخيار Cucumber: تكون الأوراق ا لسفلية صغيرة ضيقة وباهتة و يصبح لونها أخضر مزرقا أو أرجوانياً.



د- العائلة الصليبية (الملفوف) Cabbage: الأوراق ا لسفلية صغيرة ضيقة وباهتة و يصبح لونها أخضر أرجوانياً.

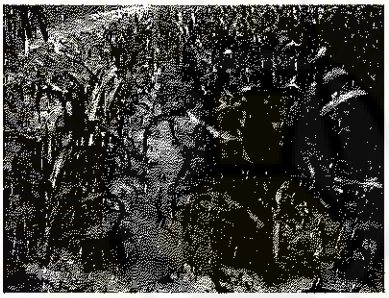


4-3-2-أعراض نقص الفوسفور على المحاصيل:

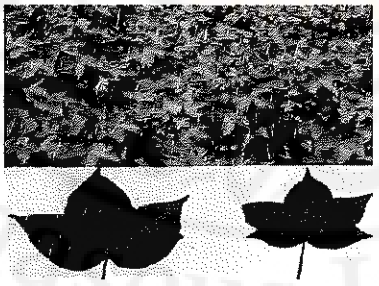
أ-النجيليات (القمح)Wheat: ظهور اللون الأرجواني على الأوراق السفلية لتكوين مادة (الأنثوسيانين)، وتظهر هذه الألوان على الخطوط الموازية للعروق.



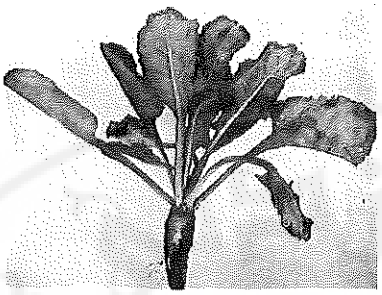
ب-الذرةMaize: ظهور اللون الأرجواني على طول حواف الأوراق السفلية. ويأخذ نصل الورقة أيضاً اللون الأرجواني البنفسجي.



جـ- القطنCotton: تصبح الأوراق السفلية محمرة وتأخر في الأزهار والثمار.

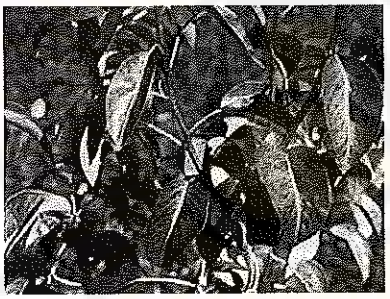


د- الشوندرالسكري Sugar Beet: تكون الأوراق باهتة وذات لون أخضر برونزي مع بقع أرجوانية بالقرب من الحواف.



4-3-3-أعراض نقص الفوسفور على الأشجار:

أ-الحمضياتCitrus: تحول لون عروق الأوراق إلى الأرجواني، ثم يمتد جزئياً إلى نصل الورقة مع تساقط البراعم الزهرية في مراحل لاحقة. وتظهر الأعراض على الأوراق السفلية ثم تمتد إلى الأوراق العلوية.



ب-العنبGrape: شحوب الأوراق وقد يصبح لون الأوراق أخضر داكنا تتدلى حافة الأوراق لاسفل دون التفاف، وفي ظروف النقص الشديد يتحول لون الأوراق إلى اللون الأرجواني.

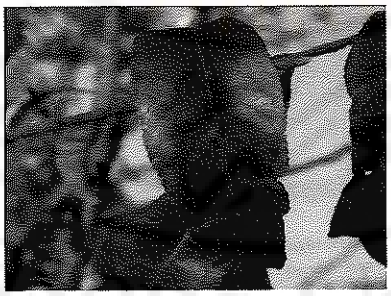


مرحلة أولى　　مرحلة متقدمة

جـ-التفاح:Apple: ظهور أوراق صغيرة باهتة مع وجود صبغات أرجوانية وبرونزية.



د-الدراقPeach: تلون الأوراق بالأرجواني، ونسيج ذو قوام جلدي.



ه- الزيتون Olive: يبدو لون الأوراق أخضر داكناً، وفي حالات النقص الشديد يصبح أرجوانياً.



تدرج حالات نقص الفوسفور



نقص حاد

4-4-أعراض زيادة الفوسفور:

يعود سبب ظهور أعراض زيادة الفوسفور على النبات إلى زيادة الكمية المضافة، وتؤدي الزيادة في الفوسفور إلى صغر حجم النبات وتوقف نموه وانخفاض الإنتاجية مع التبكير بالنضج وقد تكون العملية مصحوبة بذبول الأوراق وخاصة في المراحل الأولى.

البوتاسيوم في البيئة الزراعية ودوره في تغذية النبات:

1. دورته، محتواه في التربة وأشكاله.
2. مصادر كسب البوتاسيوم وفقده.
3. امتصاص النبات للبوتاسيوم ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته.

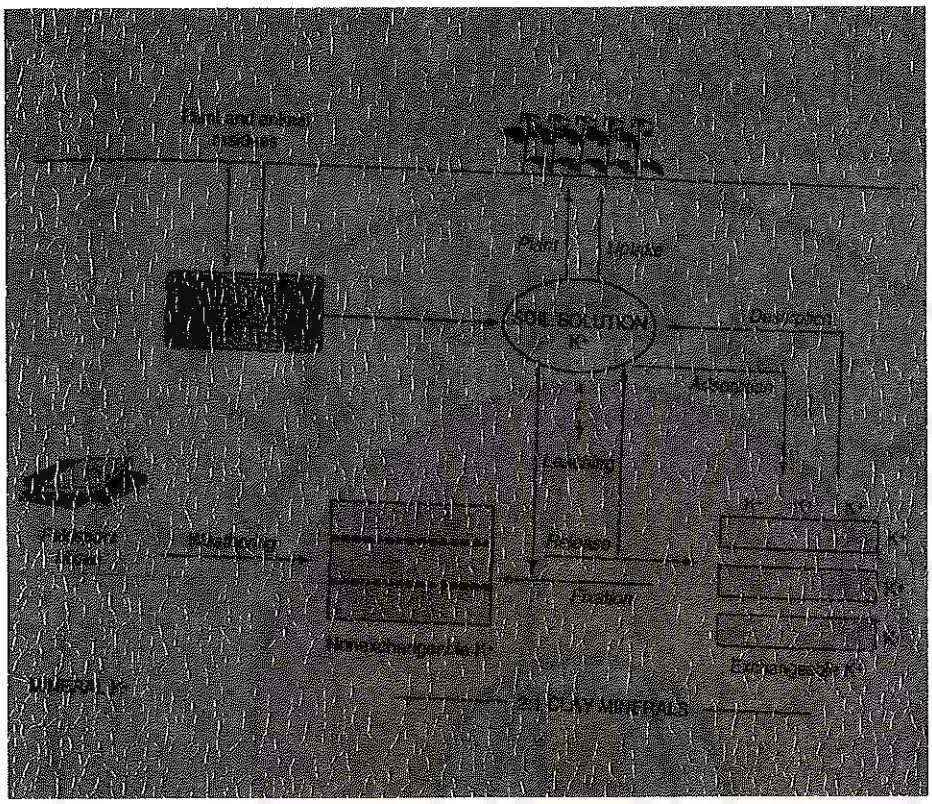
البوتاسيوم في البيئة الزراعية ودوره في تغذية النبات

1- دورته، محتواه في التربة، أشكاله:

1-1-دورة البوتاسيوم The Potassium Cycle:

يعد البوتاسيوم أحد أهم العناصر المغذية الكبرى، والذي يأتي في المرتبة الثالثة من حيث الأهمية بعد الآزوت والفوسفور، حيث يوجد البوتاسيوم دائماً على هيئة مركبات غير عضوية ذائبة، ولو أنه يتحد أيضاً بالأحماض العضوية، ويتدخل هذا العنصر فى تكوين الكربوهيدرات وما ينشأ منها من مركبات أُخرى، و يعمل على تنظيم محتويات الخلية من الماء، كما أنه ينشط الإنزيمات.

يبين الشكل (15) دورة البوتاسيوم في التربة، ويلاحظ من خلالها امتصاص النبات للبوتاسيوم الذائب في المحلول على شكل K^+ ، وذلك عبر جذوره إلى الأجزاء الهوائية للنبات، يعود البوتاسيوم إلى التربة عبر تحلل المخلفات النباتية والحيوانية في التربة. تشكل معادن الميكا والفلدسبارات المصدر الأساسي للبوتاسيوم في التربة حيث يتحرر البوتاسيوم من الطبقات البلورية لهذه المعادن بفعل عملية التجوية . ويعدّ هذا الشكل غير متبادل Non exchangeable أو مثبتاً Fixed (مدمصاً على السطوح الداخلية لصفائح الطين) لكن قابلاً للإفادة ببطء ومن ثم يتحول إلى شكلٍ قابلٍ للتبادل Exchangeable (مدمصٍ على السطوح الخارجية وقابلٍ للإفادة) وشكلٍ ذائبٍ يمكن للنبات أن يمتصه.



الشكل (15)– دورة البوتاسيوم في التربة

1-2-محتوى التربة من البوتاسيوم Soil Potassium Content:

تحتوي التربة على كمية من البوتاسيوم الكلي تتراوح بين (0.3 و 3 %). ويدخل البوتاسيوم فى تركيب بعض المعادن التى تُصبح غنية فى محتواها من هذا العنصر، ويوجد البوتاسيوم فى المعادن الأولية Primary minerals والتى تعدّ المصدر الأساسى للبوتاسيوم مثل: الفلدسبارات البوتاسية Potash feldspars ،كذلك يوجد البوتاسيوم فى كثير من المعادن الثانوية (الطين) وعلى هذا تكون الترب الغنية فى الطين ذات محتوى أكبر من البوتاسيوم مقارنة بالترب الرملية أو العضوية.

1-3-أشكال البوتاسيوم في التربة Forms of Soil Potassium:

1-3-1- البوتاسيوم المعدني (الفلزي) Inorganic- K:

يعود مصدر البوتاسيوم المعدنى فى الترب الزراعية إلى تجوية الصخور المحتوية على البوتاسيوم. ومنها الفلدسبارات البوتاسية : الأورثوكلاز والميكروكلين Orthoclase and microcline ($KALSi_3O_8$) ، وتحوى من 4 - 15% K_2O ، المسكوفايت muscovite [$KAL_3Si_3O_{10}(OH)_2$] ، وتحوى من 7 - 11% K_2O والبيوتايت biotite [K (Mg $Fe)_3$ Si_3O_{10} $(OH)_2$] . كما يدخل في تركيب بعض المعادن الثانوية مثل الإليت والفيرميكيوليت والكلوريت. ويبين الجدول (16) أهم المعادن الأولية والثانوية الحاوية على البوتاسيوم.

الجدول (16) أهم المعادن الأولية والثانوية الحاوية على البوتاسيوم

المعدن	K_2O%
فلدسبار قلوي	15-4
فلدسبار كلسي-صودي	3-0
موسكوفيت	11-7
بيوتيت	10-6
إيليت	7-4
فرميكيوليت	2-0
كلوريت	1-0
مونتمورينيت	0.5-0

(في عودة وشمشم،2008)

1-3-2- البوتاسيوم غير المتبادل(المثبت)K -Non exchangeable(Fixed):

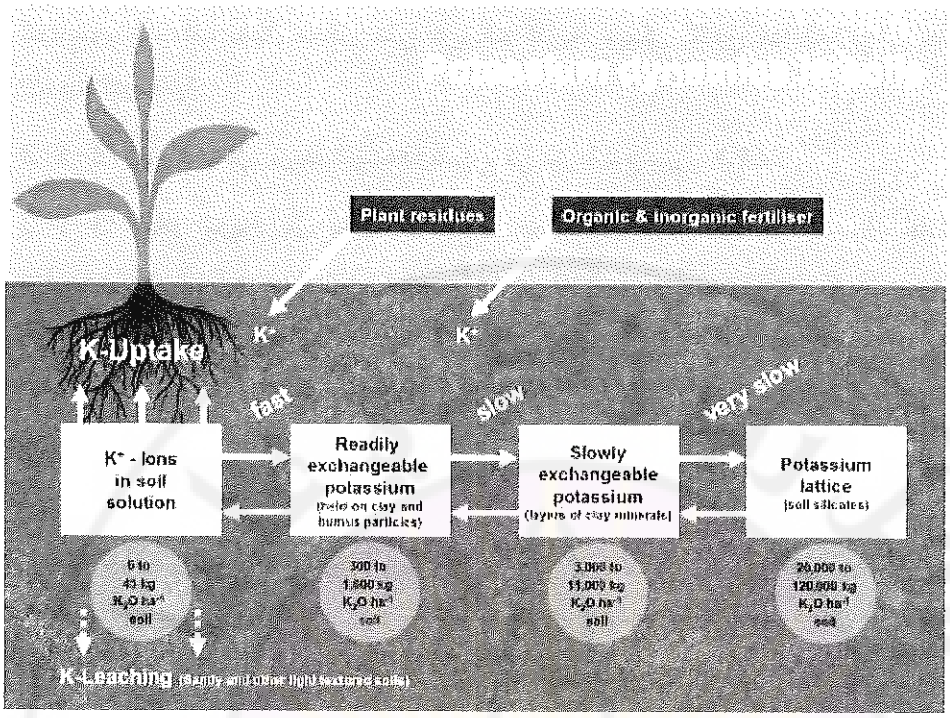
يعرف هذا الشكل من البوتاسيوم بأنه الشكل الذي يكون ممتزاً (مثبتاً)على السطوح الداخلية والجانبية لمعادن الطين مثل الإيليت Illite والفيرمكيولايت Vermiculite والكلورايت Chlorite، ويشكل (4-10%) من البوتاسيوم الكلي. ويعد هذا الشكل من البوتاسيوم صعب التحرر أو الانطلاق إلى محلول التربة، ومن ثم يكون بطئ الصلاحية للنباتات النامية. كما أنه غير قابل للتبادل مع الأيونات الأخرى المشابهة له فى الشحنة الكهربائية خلال عملية التبادل الأيونى المعروفة.

1-3-3- البوتاسيوم المتبادل Exchangeable - K:

يكون هذا الشكل من البوتاسيوم مدمصاً على الشحنات السالبة لسطوح غرويات التربة. وتقدر كميته بـ 1 % تقريباً من البوتاسيوم الكلي في التربة، وغالباً ما يستخلص بمحلول خلات الأمونيوم N1. ويعد هذا الشكل بمثابة المستودع الذي يمد محلول التربة بالبوتاسيوم باستمرار وبشكل تدريجي بعد انخفاض محتواه من هذا العنصر نتيجة الامتصاص النباتي، كما يكون على توازن مع بوتاسيوم محلول التربة، لذلك فإن هذا الجزء من بوتاسيوم التربة يؤدي دوراً مهماً في تغذية النبات، وعادة ما يطلق عليه وعلى الشكل الذائب بالبوتاسيوم الميسر(available K)، حيث يعدّ من أسهل مصادر إمداد جذور النبات بالبوتاسيوم. (الشكل (16)).

1-3-4-البوتاسيوم الذائب في محلول التربة Soluble- K:

هو البوتاسيوم الموجود ذائباً في محلول التربة. وتعدّ كميته في المحلول قليلة، وتشكل (1-2%) من البوتاسيوم المتبادل في التربة. يعتقد أن التركيز المناسب من البوتاسيوم في محلول التربة يقع بين 20 و 60 PPM ، تبعاً لطبيعة المحصول ونسيج التربة ورطوبة وجفاف التربة، وتعدّ التربة الحاوية على 8 PPM بوتاسيوم ذائب فقيرة بالبوتاسيوم.



الشكل (16) ديناميكية البوتاسيوم في التربة

1- تثبيت البوتاسيوم في التربة Potassium Fixation :

يقصد بتثبيت البوتاسيوم تحول البوتاسيوم الذائب والمتبادل إلى بوتاسيوم غير متبادل نتيجة ادمصاصه على السطوح الداخلية والجانبية لمعادن الطين.

2-1-العوامل المؤثرة في تثبيت البوتاسيوم في التربة:

2-1-1- كمية معدن الطين ونوعيته فى التربة: تزداد الكمية المثبتة من البوتاسيوم مع زيادة نسبة الطين. ونظراً لأن السعة التبادلية الكاتيونية لها مرتفعة فتكون كمية البوتاسيوم المتبادلة كبيرة ومن ثم يحدث التثبيت، كما أن احتواء التربة على معادن الطين من نوع 1:2 وخاصة الإليت يؤدي إلى زيادة في التثبيت وتحويل البوتاسيوم إلى شكل غير جاهز للنبات، وفي مثل هذه الترب يتم العلاج بمزج كميات إضافية من البوتاسيوم مع التربة أثناء الدورة الزراعية حتى الوصول إلى نقطة يصل فيها التثبيت إلى أقل ما يمكن وبقاء الجزء الأعظم من

البوتاسيوم المضاف بشكل متبادل على غرويات التربة. ويمكن تطبيق هذا العلاج في حالة الأسمدة الفوسفاتية.

2-1-2-زمن التفاعل: يزداد تثبيت البوتاسيوم في التربة مع مرور الوقت.

2-1-3- pH التربة: يقل تثبيت البوتاسيوم عند خفض الـ pH عن 6. وإن أفضل جاهزية وتيسر للبوتاسيوم تكون في مجال pH من 6-8، يلاحظ زيادة تثبيت البوتاسيوم في الترب الحامضية المضاف إليها المصلحات الكلسية حيث يرتفع الـpH ومن ثمّ يقل ادمصاص الهدروجين مما يحفز ادمصاص البوتاسيوم وتثبيته.

2-1-4-درجة الحرارة: يزداد تثبيت البوتاسيوم بارتفاع درجة الحرارة، يؤثر المحتوى الرطوبى في تثبيت البوتاسيوم على معادن الطين، حيث وجد أن التجفيف يؤدى إلى زيادة التثبيت بسبب زيادة تجمع البوتاسيوم على سطوح معادن الطين، ويؤدي تعاقب الرى والتجفيف إلى تحرر البوتاسيوم المثبت. كما لوحظ أن هناك بعض معادن الطين التى تثبت البوتاسيوم تحت ظروف الرطوبة أو الجفاف على حدٍ سواء، ويرجع ذلك إلى عدم قدرة هذه المعادن على التمدد بالرطوبة.

2-1-5-تأثير أيون الأمونيوم:

نتيجة لتقارب نصف قطر أيون البوتاسيوم K^+ (1.33 أنغستروم) و نصف قطر الفجوة السداسية فى طبقة رباعيات الوجوه Tetrahedra (1.35 أنغستروم)، لوحظ حدوث تثبيت للبوتاسيوم فى هذا الموقع. ووجد أيضاً أن أيون الأمونيوم NH_4^+ (1.3أنجستروم) مقارب لهذه الفجوة السداسية. ولهذا السبب فإن هناك تأثيراً متبادلاً لهذين الأيونين على تثبيت كلٍ منهما للآخر. حيث أثبتت نتائج عديدة من الأبحاث أن مواقع تثبيت البوتاسيوم والأمونيوم متشابهة، وعند إضافة الأمونيوم أولاً فإن مواقع التثبيت يتم شغلها بهذا الأيون مما يؤدى إلى جعل البوتاسيوم المضاف بعده فى صورة ميسرة، وتزداد كمية الأمونيوم المثبتة بزيادة الكمية المضافة منه، ونتيجة لصغر حجمه تزداد قوة مسكه بين الطبقات. فى حين أن إضافة البوتاسيوم أولاً تعمل على تقليل الأمونيوم المثبت.

2-2-العوامل المؤثرة في إفادة البوتاسيوم للنبات وتحسين كفاءة امتصاصه:

ينفرد البوتاسيوم بظاهرة الاستهلاك الترفي من قبل النبات Luxury Consumption دون سائر العناصر المغذية الأخرى، ويقصد بذلك استمرار جذور النبات في أخذ أيون البوتاسيوم من التربة طالما توفر الأخير فيها. إن تراكم البوتاسيوم في أنسجة النبات قد لا تؤدي بالضرورة إلى زيادة الإنتاج، ولذلك فإن اعتماد اختبار التربة للبوتاسيوم (K-soil test) يعدّ أنجع وسيلة لتقدير حاجة النبات من البوتاسيوم تفادياً للهدر في استعمالات هذا السماد ذلك لأن مستوى البوتاسيوم في النبات ذو ارتباط وثيق بمدى توفره في التربة.

2-2-1-السعة التبادلية الكاتيونية للجذور(RCEC) Root Cation Exchange Capacity:

يقصد بذلك أن قدرة الجذور على تبادل الأيونات الموجبة بآلية مشابهة لتبادل الأيونات في التربة، وتقدر هذه القدرة بـــ (20-60) ميليمكافئ/100 غرام جذور جافة، وتختلف باختلاف نوع النبات، حيث تتميز النباتات ذات الفلقة الواحدة (النجيليات) بـــ RCEC أقل ولها القدرة على أخذ الأشكال الأيونية الأحادية بسهولة أكثر من النباتات ذوات الفلقتين (البقوليات) ذات الـــRCEC المرتفعة والتي تستطيع أخذ الأيونات الثنائية كالكلسيوم والمغنزيوم بسهولة أكثر من الأيونات الأحادية كالبوتاسيوم، وهذا يعني أن النباتات النجيلية تستطيع أخذ البوتاسيوم الذائب والبوتاسيوم المتبادل (المتحرر من الشكل المثبت) بسهولة لا تمتاز بها النباتات البقولية التي تستطيع أخذ البوتاسيوم الميسر (الذائب والمتبادل). ويمكن أن يستنتج من ذلك أن الإضافة الزائدة من البوتاسيوم للتربة لا تؤدي إلى استجابة للنجيليات بينما قد تتحقق الاستجابة في حالة النباتات البقولية.

2-2-2-االسعة التبادلية الكاتيونية للتربة Cation Exchang Capacity (CEC):

يزداد تثبيت البوتاسيوم في التربة بزيادة سعتها التبادلية حيث يزداد تبادل البوتاسيوم وادمصاصه وكذلك بوجود معادن الطين (1:2) كطين الإليت حيث يحتجز البوتاسيوم بين طبقاته ومن ثمّ قلة البوتاسيوم الجاهز الآني للنبات.

2-2-3-المادة العضوية Organic Matter:

تساهم المادة العضوية بزيادة تيسر البوتاسيوم ومن ثمّ زيادة النمو والإنتاج .

2-2-4-نسبة الكلسيوم إلى البوتاسيوم K/Ca:

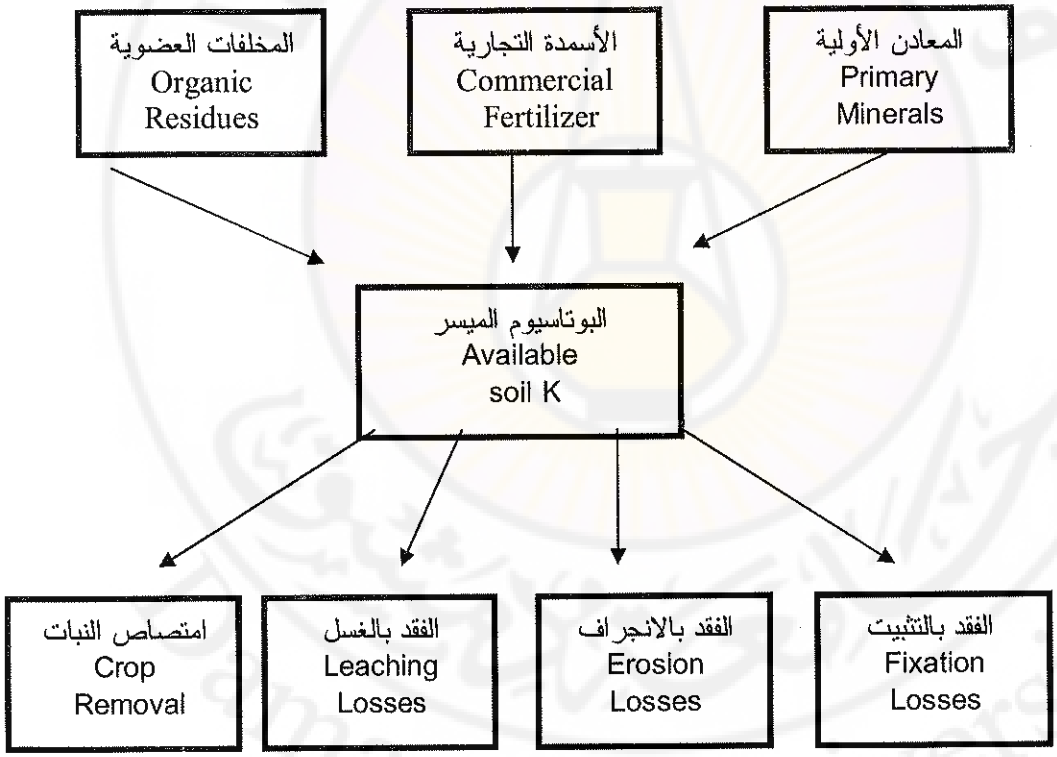
إن زيادة هذه النسبة تؤدي إلى عدم توازن بين الكلسيوم والبوتاسيوم الأمر الذي ينعكس سلباً في امتصاص البوتاسيوم. ومن ثمّ يزداد تثبيت البوتاسيوم في التربة.

3-مصادر كسب البوتاسيوم وفقده Gaines and Losses of K:

يبين المخطط (3) مصادر كسب وفقد البوتاسيوم الميسر في التربة، ويمكن من خلال هذا المخطط تصنيف هذه المصادر في مجموعتين:

3-1- مصادر الكسب:

تعدّ الأسمدة المعدنية المضافة من أهم مصادر كسب البوتاسيوم إضافة للمخلفات العضوية وكذلك البوتاسيوم المتحرر من معادن التربة الأولية والثانوية.



المخطط (3) مصادر كسب وفقد البوتاسيوم الميسر في التربة

3-2- مصادر الفقد:

يفقد البوتاسيوم من التربة عن طريق مايلي :

3-2-1-الامتصاص من قبل النبات Crop Absorption:

يعد امتصاص النبات للبوتاسيوم المصدر الأساس لفقد البوتاسيوم الميسر من التربة، وتفوق الكمية المستنزفة من البوتاسيوم لمعظم المحاصيل بـ(3-4) مرات الكمية المستنزفة من الفوسفور، وتعادل تقريباً الكمية المستنزفة من الآزوت، ويبين الجدول (17) كمية البوتاسيوم المستنزفة من التربة من قبل النبات، ويلاحظ من الجدول السابق تميز بعض المحاصيل كالدرنية والزيتية والسكرية بامتصاص كميات كبيرة من البوتاسيوم.

الجدول (17)- كمية البوتاسيوم المستنزفة من التربة من قبل النبات

المحصول	الإنتاج طن / هـ	الكمية المستنزفة كغ K_2O/هـ
القمح (حب)	3	90
الشعير (حب)	5	70
الذرة الصفراء (حب)	6	140
البطاطا (درنات)	50	240
الشوندر السكري (جذور)	50	240
البقوليات (حب)	5	120
اللفت (طازج)	50	210
البصل	35	100
البندورة	40	100
القطن	5	100

(Cooke، 1982)

3-2-2- الفقد بالغسل Leaching Losses:

يتعرض البوتاسيوم للفقد بالغسل خاصة في الترب الرملية، والترب ذات الـ pH المنخفض وتلعب معدلات الأمطار وكميات مياه الري دوراً في غسل البوتاسيوم، وتقدر كمية البوتاسيوم المفقودة بالغسل من تربة واقعة في منطقة رطبة بحوالي 35كغK/هـ/سنة، وذلك عند تلقي هذه التربة لكميات متوسطة من الأسمدة البوتاسية. ينبغي أن يضاف البوتاسيوم للتربة بكميات معتدلة في الدورة الزراعية عوضاً عن إضافته على دفعات كبيرة تؤدي إلى تراكمه (عكس الفوسفور).

3-2-3- الفقد بالانجراف Losses by Erosion:

يحدث فقد البوتاسيوم بالانجراف الريحي أو المائي نتيجة لفقد المادة العضوية من الطبقة السطحية للتربة بوساطة عمليات الانجراف، وخاصةً فى المناطق الموجودة على المنحدرات وهى طبقات غنية بالمادة العضوية.

3-2-4- الفقد بالتثبيت Losses by Fixation:

يتحول جزء من أسمدة البوتاسيوم الذائبة في الماء إلى شكل أقل ذوباناً وأقل جاهزية للنبات بعد إضافتها للتربة حيث يتثبت البوتاسيوم على السطوح الداخلية والجانبية لمعادن الطين ويصبح غير متبادل.

4-امتصاص النبات للبوتاسيوم ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته:

4-1-امتصاص النبات للبوتاسيوم Potassium Uptake from Plant:

يمتص النبات البوتاسيوم بصورة معدنية على شكل أيوني K^+، وتبلغ نسبة البوتاسيوم الكلي (Total-K) فى النبات بين 1 و3%. ولا يتم تمثيل البوتاسيوم في أي مركب عضوي داخل النبات بل يبقى على شكل أيوني داخل النبات. ويوجد هذا العنصر بكميات كبيرة فى الأعضاء الحديثة، وخاصة البراعم والأوراق الصغيرة وقمم الجذور وخصوصاً فى سائل الخلية (النسغ) Cell sap والسيتوبلازم، فى حين أنه قليل التركيز فى البذور والأنسجة الناضجة. وينتقل البوتاسيوم وبحرية تامة خلال الأنسجة؛ ولذلك يستطيع النبات أن يُعيد استخدامه مرة أُخرى بانتقاله من الأنسجة القديمة إلى الأنسجة الحديثة.

4-2-الوظائف الفيزيولوجية للبوتاسيوم Physiological Functions:

يعد البوتاسيوم عنصراً مهماً للنبات، حيث يساهم في انتقال الكربوهيدرات وتخزينها في الثمار والجذور، يسيطر على آلية فتح المسام وإغلاقه فيعمل على تنظيم محتوى النبات من الماء حيث يرفع الضغط الحلولي (الأسموزي) للخلايا مما يسمح بالحصول على كمية أكبر من الماء. كما يرفع من مقاومة النبات للجفاف والتقليل من عملية النتح ويزيد من نشاط الأنزيمات وكذلك تمثيل البروتينات ويساعد على ثبات تركيبها من خلال دوره في إرجاع النترات إذ دونه تتحلل المواد البروتينية إلى أحماض أمينية.

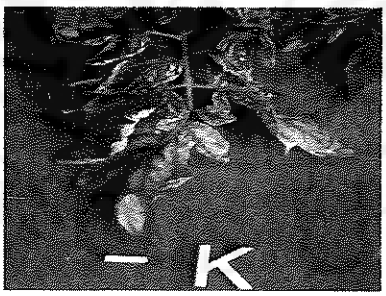
4-3-أعراض نقص البوتاسيوم:

تظهر أعراض نقص البوتاسيوم في الترب الرملية والمغسولة، والترب الحامضية المستصلحة بإضافة المصلحات الكلسية، والترب العضوية، نظراً لعدم دخول البوتاسيوم في بناء المادة العضوية ومن المتوقع أن تظهر أعراض نقصه في النبات عندما تنخفض نسبته عن 1.5%.

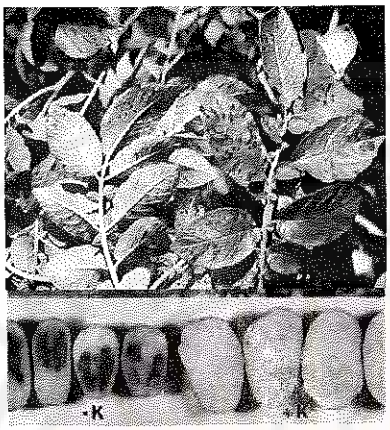
يعد البوتاسيوم عنصراً متحركاً وسريع الحركة لذلك غالباً ما تظهر أعراض نقصه بداية على الأوراق القديمة حيث تتجلى باصفرار حوافها، ثم تحول لونها إلى بني بما يشبه الاحتراق، ومن ثم يمتد الاصفرار على كامل الورقة لينتقل فيما بعد إلى الأوراق الحديثة. كما يؤثر نقصه على خفض كمية الزيوت في النبات.

4-3-1-أعراض نقص البوتاسيوم على الخضار:

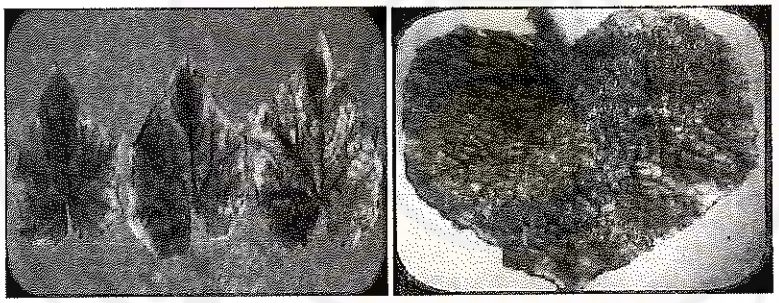
أ-البندورة: تجعد الأوراق السفلية (القديمة) وقد تنحنى الأوراق. كما تتلون حوافها باللون الأصفر والذى يمتد إلى داخل النصل. يتحول إلى الأخضر الباهت وتصبح الحواف مبقعة ذات لون بنى أو برونزى ملتفة ثم تحترق حوافها.



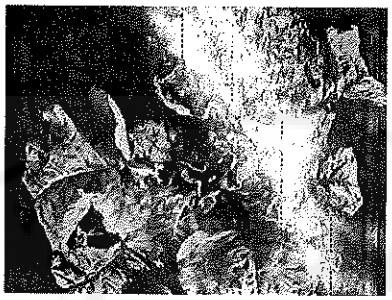
ب- البطاطا: وجود مناطق صفراء وبنية بين العروق على الأوراق السفلية وظهور مناطق بنية فى درنات البطاطا



جـ-الخيار Cucumber: تظهر على الأوراق الحديثة بشكل بقع بنية وتكون الأفرع الحديثة رفيعة وطويلة، وتصبح حواف الأوراق السفلية صفراء ومحروقة .



د- العائلة الصليبية (القرنبيط)Cauliflower Or Broccoli: تصبح الأوراق مبرقشة، مع اصفرار خفيف واحتراق بسيط بها .

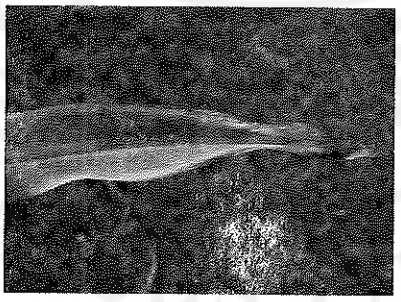


4-3-2-أعراض نقص البوتاسيوم على المحاصيل:

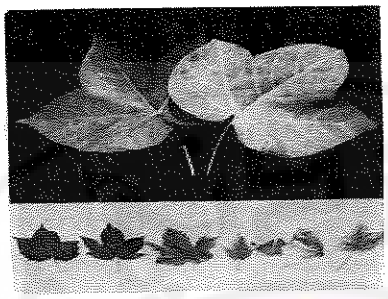
أ-النجيليات (القمح)Wheat: احتراق حواف الأوراق السفلية وصغر حجم السنبلة ووجود حبوب فارغة



ب-الذرةMaize: احتراق حواف الأوراق السفلية وعدم اكتمال تكوين الحبوب فى طرف الكوز.



جـ- القطنCotton: اصفرار حواف الأوراق السفلية ثم تجف الأوراق مع ظهور اللون البني عليها (صدأ القطن).



د- الشوندر السكريSugar Beet: اصفرار حواف الأوراق السفلية أولاً ثم فى المراحل المتأخرة يظهر اللون الأصفر على جميع الأوراق

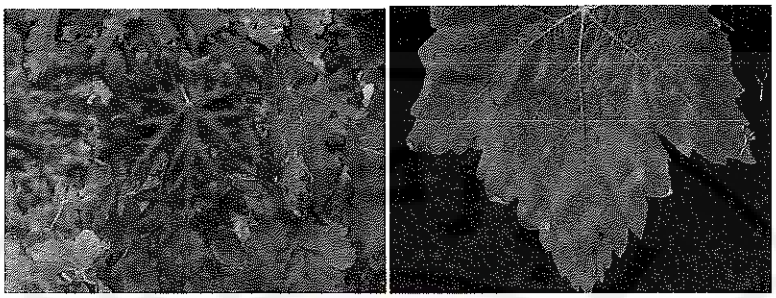


4-3-3-أعراض نقص البوتاسيوم على الأشجار:

أ-الحمضياتCitrus: اصفرار حواف الأوراق السفلية ثم جفاف الورقة بالكامل.



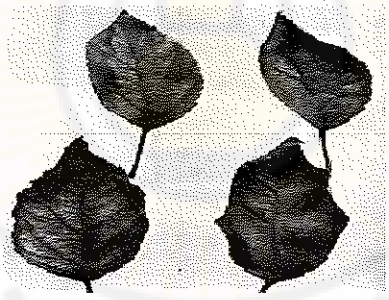
ب-العنبGrape:احتراق حواف الأوراق السفلية ثم ينتشر الجفاف حتى يغطى الورقة بالكامل، أماعلى العنقود يلاحظ صغر حجم الحبة وعدم اكتمال الحبوب في العنقود.



اصفرار حواف الأوراق احتراق حواف الأوراق

جـ - التفاحApple:

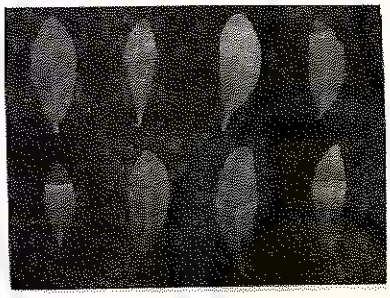
احتراق حواف الأوراق السفلية، مع ظهور لون أخضر مزرق في نصل الورقة، وتلتف حواف الأوراق.



د-الدراقPeach: اصفرار في الأوراق عند الحواف وباتجاه الداخل.و التفافها على شكل ميزاب(مزراب)، كما يتحول لون حواف الأوراق إلى الأرجواني ثم البني المحروق.



ه-الزيتون: اصفرار أطراف الأوراق السفلية ثم في المراحل المتقدمة ينتشر الاصفرار ليشمل الورقة بالكامل لتجف فى النهاية



4-4-أعراض زيادة البوتاسيوم:

تسبب زيادة البوتاسيوم التسمم للنبات، ولكن نادراً ما يحدث، ويمكن أن يحدث فقط في حال طول مدة استعمال الأسمدة البوتاسية أو الآزوتية. ولكن زيادة البوتاسيوم قد تسبب تضاداً في امتصاص الكلسيوم والمغنزيوم والحديد. من جهة أخرى يؤثر البوتاسيوم على أوراق النبات من خلال قلويته إذا زادت نسبته في النبات عن 3%.

الكبريت في البيئة الزراعية ودوره في تغذية النبات:

1-دورته، محتواه في التربة وأشكاله.

2-مصادر كسب الكبريت وفقده.

3-امتصاص النبات للكبريت ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الرابع

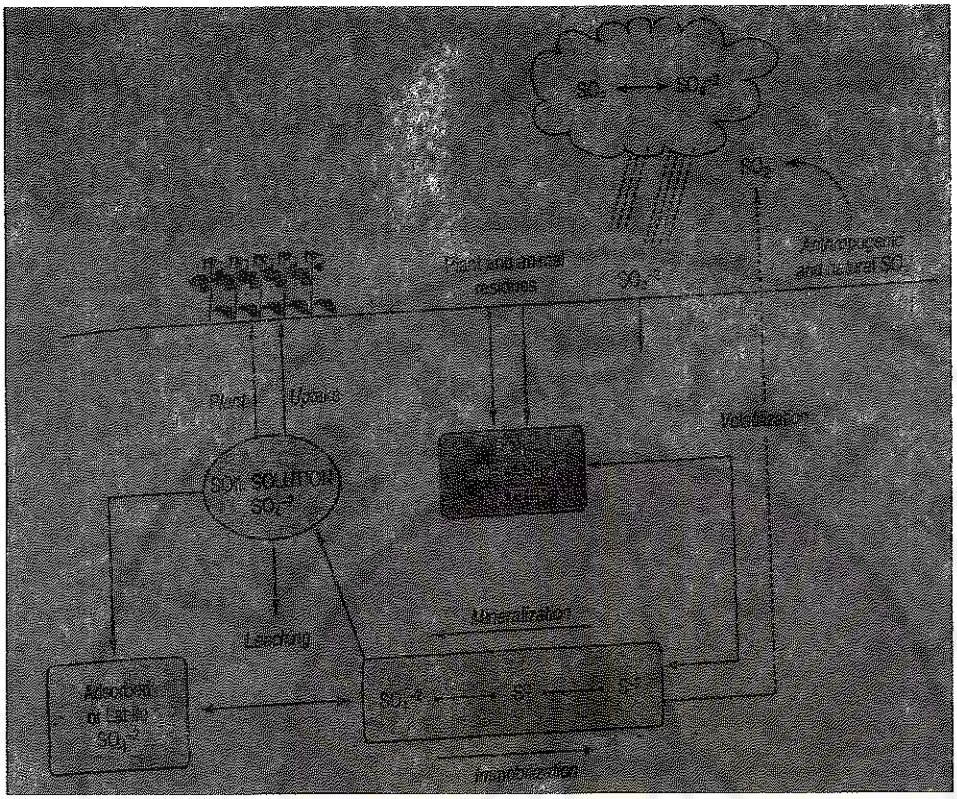
الكبريت في البيئة الزراعية ودوره في تغذية النبات

1- دورته، محتواه في التربة، أشكاله:

1-1-دورة الكبريت The Sulfur Cycle:

يعد الكبريت من العناصر الكبرى التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة حيث يوجد الكبريت في التربة والنبات والجو، ويلعب هذا العنصر دوراً مهماً في تركيب بعض الأحماض الأمينية، والفيتامينات، وبناء اليخضور.

يبين الشكل (17) دورة الكبريت في التربة وهي مشابهة إلى حدٍ ما دورة الآزوت في التربة، ويلاحظ من خلالها امتصاص النبات عبر جذوره الكبريت الذائب في المحلول على شكل SO_4^{2-} بشكل رئيسي ويمكن أن يمتص عبر ثغوره شكلاً آخر للكبريت SO_2 غاز ثاني أكسيد الكبريت من الجو. تلعب تفاعلات الأكسدة والاختزال دوراً مهماً في هذه الدورة فبعد انطلاق الكبريت من مصادره الأولية، سواء من الجو أم تحرره من الصخور والمعادن الأولية أم من تفسخ النبات ومخلفات الحيوان، يتحول إلى شكلٍ معدنيٍ (SO_4^{2-})، ويمكن لهذا الكبريت أن يمتص من قبل النبات كما ذكر سابقاً، أو أن يفقد بفعل عمليات التجوية والغسل والصرف وكذلك يمكن أن يتحول بفعل عملية التمثيلImmobilization إلى S ومن ثم بعملية التطايرVolatilization إلى غاز SO_2 ليتأكسد فيما بعد بفعل عملية التمعدن mineralization ويتحول إلى SO_4^{2-} يمتصها النبات.



الشكل (17)- دورة الكبريت في التربة

1-2-محتوى التربة من الكبريت Soil Sulvur Content:

تحتوي التربة على كمية من الكبريت الكلي تتراوح بين (0.05 و 1 %) وذلك تبعاً للصخرة الأم والظروف المناخية والمادة العضوية. يدخل الكبريت في تركيب بعض المعادن كالجبس والبيريت، وتلعب الظروف المناخية دوراً في انتشار الكبريت في التربة حيث يسود في ترب المناخات الجافة وشبه الجافة ويغسل في ترب المناخات الرطبة وشبه الرطبة، ونادراً ما تظهر حالات نقص الكبريت على النباتات نتيجة لوصول الكبريت إلى التربة بطريقة غير مباشرة مع كثير من الأسمدة مثل: السوبر فوسفات، وكبريتات الأمونيوم وكبريتات البوتاسيوم كذلك فى صورة بعض المبيدات الفطرية .

1-3-أشكال الكبريت في التربة Forms of Soil Sulvur:

1-3-1- الكبريت المعدني (الفلزي) Inorganic- S:

يدخل الكبريت فى تركيب بعض معادن التربة ومنها البيريت Pyrite FeS_2- الكالكوبيريت Chalcopyrite (Cu FeS_2) خاصةً فى الترب الغدقة، فى حين يوجد الجبس $CaSO_4.2H_2O$ أو كبريتات الكلسيوم $CaSO_4$ فى المناطق الجافة ، و يزداد تراكم الكبريت مع بعض مركبات الكبريتات لعناصر المغنزيوم والصوديوم .

1-3-2- الكبريت العضوى Organic – S:

يعدّ الكبريت العضوى هو الصورة الأكثر وجوداً فى الطبقة السطحية من التربة، ويشكل 90-95% من الكبريت الكلي في التربة حيث تعدّ المادة العضوية مصدراً رئيساً للكبريت فى التربة وخاصةً فى المناطق الرطبة حيث يشكل 0.5% من محتوى المادة العضوية ويدخل الكبريت فى تركيب الأحماض الأمينية مثل: السيستين – السستئين والمثيونين ، وهذه المكونات تتحلل بفعل الكائنات الحية الدقيقة وينطلق منها الكبريت المعدنى فى عملية تُعرف بعملية المعدنة Mineralization للكبريت .

1-3-3- الكبريت المدمص Adsorbed - S:

يعرف هذا الشكل من الكبريت بأنه الشكل الذي يكون مدمصاً على السطوح موجبة الشحنة كأكاسيد الحديد والألمنيوم في الترب الحامضية و حواف الكاؤولنيت.

1-3-4- الكبريت الذائب في محلول التربة Soluble-S:

هو الكبريت الموجود ذائباً في محلول التربة على شكل كبريتات SO_4^{2-}. وتختلف كمية الكبريتات في المحلول تبعاً لنوع معادن الكبريت وعمليتي التجوية ومعدنة المادة العضوية. وكذلك يتأثر محتوى محلول التربة من الكبريتات بعملية الغسل وخاصة في المناطق الرطبة وشبه الرطبة ذات الهطولات العالية.

2-تحولات الكبريت فى التربة:

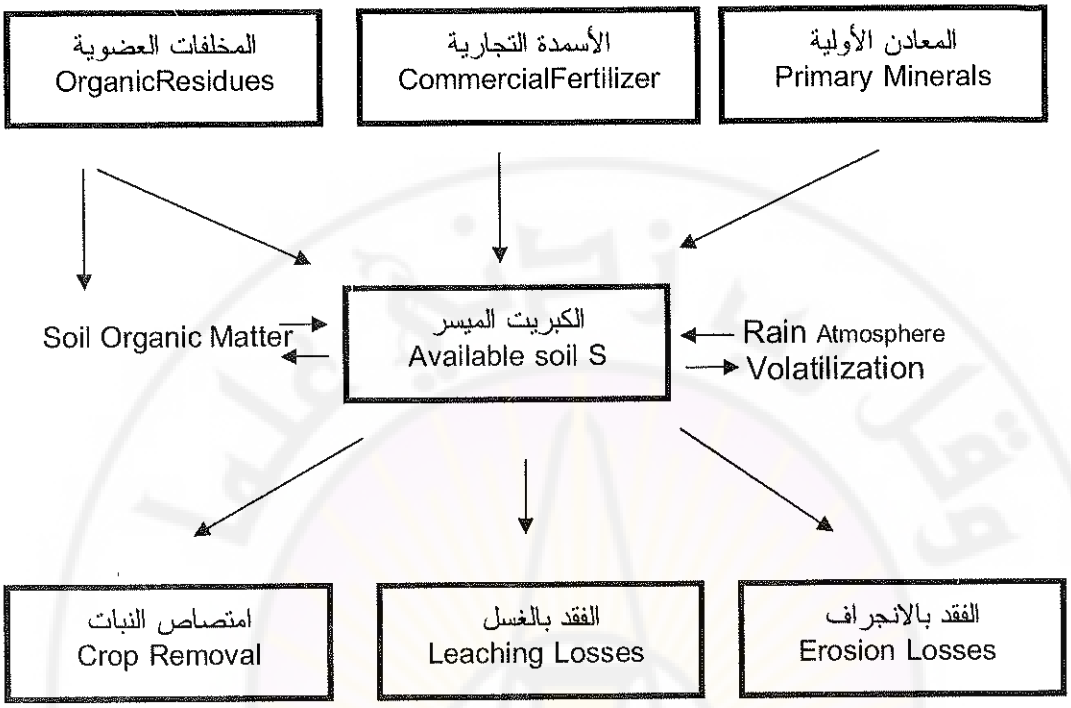
يعدّ الكبريت العضوي شكلاً غير ميسرٍ للنبات. وبتحلل المادة العضوية وحدوث عملية المعدنة للكُبريت يتحول إلى كبريت الهيدروجين، ثم إلى كبريتات. ومن ثم يصبح قابلاً لإفادة النبات. وعملية معدنة الكبريت مثلها مثل عملية معدنة النيتروجين تتوقف على نسبة الكربون إلى الكبريت C/S ratio فى المادة العضوية بالتربة، حيث وجد أن عملية المعدنة تسود إذا كانت هذه النسبة أقل من 200، بينما إذا زادت عن 400 يحدث تمثيل (تسكين) Immobilization للكبريت الذائب فى محلول التربة داخل أجسام الأحياء الدقيقة والقائمة بعملية التحلل، فى حين تتساوى عملية المعدنة للكبريت مع عملية التمثيل للعنصر نفسه إذا انحصرت نسبة الكربون إلى الكبريت ما بين 200 و400. ويمكن توضيح عملية المعدنة هذه بأن الكبريت يوجد فى المركبات العضوية فى صورة مجموعة السلفاهيدريل SH–، وبعملية المعدنة ينفرد الكبريت فى صورة H_2S، وتحت الظروف الهوائية سرعان ما يتأكسد إلى الكبريتات SO_4^{2-}، بينما تحت الظروف اللاهوائية يتأكسد H_2S إلى الكبريت العنصرى (S) بوساطة بكتريا ذاتية التغذية الكيميائية Chemotrophic sulphur bacteria مثل Biggiatoa,Thiothrix، وتحت الظروف الهوائية تقوم البكتيريا نفسها بأكسدة الكبريت العنصرى (S) إلى حمض الكبريتيك H_2SO_4 ، كما يمكن أيضاً للكبريت العنصري (S) أن يتأكسد بوساطة البكتريا الذاتية التغذية الكيميائية مثل Thiobacillus.

2- مصادر كسب وفقد الكبريت Gaines and Losses of S :

يبين المخطط (4) مصادر كسب وفقد الكبريت الميسر في التربة، ويمكن من خلال هذا المخطط تصنيف هذه المصادر في مجموعتين:

3-1- مصادر الكسب:

تعدّ الأسمدة المعدنية المضافة من أهم مصادر كسب الكبريت إضافة للمخلفات العضوية وكذلك الكبريت المتحرر من معادن التربة الأولية والثانوية.



المخطط (4) مصادر كسب وفقد الكبريت الميسر في التربة

3-2- مصادر الفقد:

يفقد الكبريت من التربة عن طريق مايلي :

3-2-1-الامتصاص من قبل النبات Crop Absorption :

يعد امتصاص النبات للكبريت المصدر الأساس لفقد الكبريت الميسر من التربة، يبين الجدول (18) كمية البوتاسيوم المستنزفة من التربة من قبل النبات، ويلاحظ من خلال هذا الجدول تميز بعض المحاصيل كالدرنية والزيتية والسكرية بامتصاص كميات كبيرة من البوتاسيوم.

الجدول (18)- كمية الكبريت المستنزفة من التربة من قبل النبات

المحصول	الإنتاج طن/ هـ	الكمية المستنزفة كغS/هـ
القمح (حب)	6	25
الشعير (حب)	5	20
الذرة الصفراء (حب)	6	15
البطاطا (درنات)	50	25
الشوندر السكري (جذور)	50	30
البقوليات (حب)	5	30
اللفت (طازج)	50	80
البصل	35	20
البندورة	40	20
القطن	5	20

(Cooke، 1982)

-2- **الفقد بالغسل Leaching Losses:**

كبريت للفقد بالغسل خاصة في الترب الرملية، والترب ذات الـ pH المنخفض
الأمطار وكميات مياه الري دوراً في غسل الكبريت.

الفقد بالانجراف Losses by Erosion:

كبريت بالانجراف الريحي أو المائي نتيجة لفقد المادة العضوية من الطبقة
بة بوساطة عمليات الانجراف، وخاصةً في المناطق الموجودة على المنحدرات
ية بالمادة العضوية.

4-امتصاص النبات للكبريت ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته:

4-1-امتصاص النبات للكبريت Sulphur Uptake from Plant :

يمتص النبات الكبريت بصورة معدنية على شكل أيوني SO_4^{2-} من التربة وأحياناً على شكل SO_2 من الجو عبر الثغور الورقية لكن سرعان ما ترجع إلى مجموعة السلفاهيدريل SH- لتكوين المركبات العضوية المختلفة وأهمها الأحماض الأمينية ، ومن ثمالبروتينات، وتبلغ نسبة الكبريت الكلي (Total-S) فى النبات بين 0.2 و0.5% وهي مقاربة لنسبة الفوسفور في النبات.

4-2-الوظائف الفيزيولوجية للكبريت Physiological Functions:

يعد الكبريت عنصراً مهماً للنبات، حيث يدخل في تركيب بعض الأحماض الأمينية، والفيتامينات، وبناء اليخضور. كما يدخل في تكوين البروتينات حيث يساهم في إرجاع النترات (NO_3) إلى نشادر(NH_3).

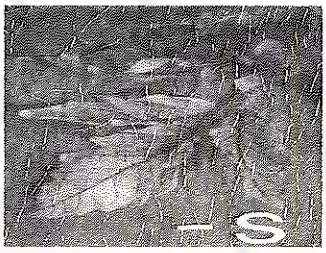
4-3-أعراض نقص الكبريت:

نادراً ما تظهر حالات نقص الكبريت على النباتات نتيجة لوصول الكبريت إلى الأرض بطريقة غير مباشرة مع كثير من الأسمدة مثل: السوبر فوسفات، وكبريتات الأمونيوم وكبريتات البوتاسيوم، كذلك فى صورة بعض المبيدات الفطرية. تتشابه أعراض نقص الكبريت إلى حد كبير مع أعراض نقص الآزوت، إذ تتراكم الأحماض الأمينية والمركبات الأزوتية الأخرى داخل النباتات التى تعانى نقصاً من الكبريت، ويعزى ذلك إلى احتمال بطء معدل تركيب البروتينات فى هذه النباتات بالمقارنة بالنباتات التى يتوفر لها كفايتها من الكبريت. وتتلخص أعراض نقص الكبريت باصفرار عام للنموات الخضرية وخاصةً الأوراق والعروق، إذ تبدو الأوراق شاحبة ويتحول لونها إلى أخضر شاحب أو أصفر. وتظل الورقة غضه ولا تجف حتى بتقدم العمر، وتصبح السيقان ضعيفة وقصيرة ومتقزمة. ويمكن التمييز بين أعراض نقص الكبريت وأعراض نقص الآزوت من موضع ظهور الأعراض على الأوراق، حيث تظهر أعراض نقص الكبريت على الأوراق الحديثة أولاً؛ وذلك لأنه عنصر **غير متحرك (بطيئ)** داخل النبات، فى حين تظهر أعراض نقص الآزوت على الأوراق المسنة لكون الأخير من العناصر المتحركة فى النبات.يمكن استخدام نسبة الآزوت إلى

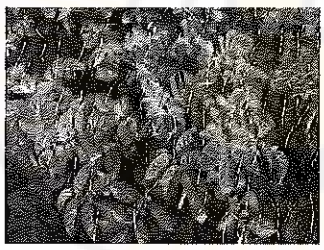
الكبريت (N/S) في النبات كدليل على مستوى التغذية بالكبريت. فعادة تتراوح هذه النسبة بين (30/1) و (40/1)، بينما تصبح عند نقص الكبريت في حدود(70/1-80) نتيجة لتجمع النترات والأميدات (عودة وشمشم، 2008).

4-3-1-أعراض نقص الكبريت على الخضار:

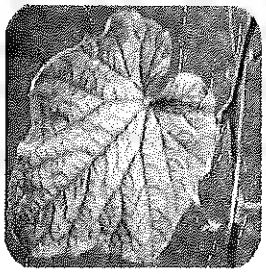
أ-البندورةTomato: تبدو الأوراق الحديثة مصفرة شاحبة، مع وجود بعض الاخضرار، لون العروق وأعناق الأوراق والوجه السفلي للورقة ضارب إلى الاحمرار، مع تقزم النبات بشكل عام.



ب-البطاطاPotato: تبدو الأوراق الحديثة والعروق مصفرة مع وجود بعض الأخضرار، مع تقزم النبات.

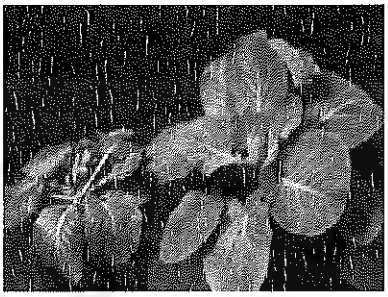


جـ-الخيارCucumber : تبدو الأوراق الحديثة والعروق مصفرة مع وجود بعض الأخضرار و تقزم النبات.



د- العائلة الصليبية (القرنبيط):Caulflower Or Broccoli:

تبدو الأوراق الحديثة صفراء شاحبة أو خضراء فاتحة.

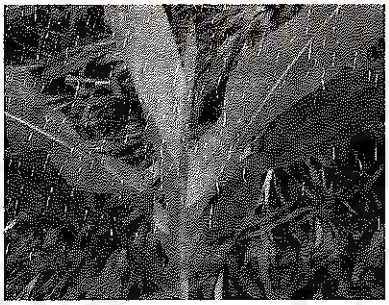


4-3-2-أعراض نقص الكبريت على المحاصيل:

أ-النجيليات (القمح):Wheat : تبدو الأوراق الحديثة صفراء شاحبة بشكل موحد.



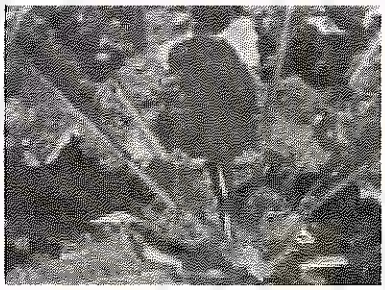
ب-الذرة الصفراءMaize: تبدو الأوراق الحديثة صفراء شاحبة والسفلية خضراء غامقة.



جـ- القطن Cotton: تبدو الأوراق الحديثة خضراء شاحبة إلى صفراء.



د- الشوندر السكري Sugar Beet: الأوراق الحديثة تتحول تدريجياً من الأخضر إلى الأخضر الشاحب ثم الأصفر الشاحب مع وجود بقع خضراء.



4-3-3-أعراض نقص الكبريت على الأشجار:

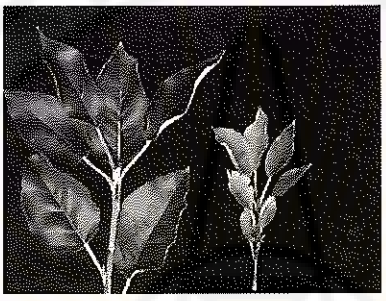
أ-الحمضيات Citrus: تبدو الأوراق الحديثة خضراء فاتحة إلى صفراءشاحبة.



ب-العنبGrape: اصفرار عام على الأوراق الحديثة (الورقة يساراً طبيعية).



جـ-التفاح:Apple: اصفرار الأوراق الحديثة والعروق.(الورقة يساراً طبيعية).



د-الدراقPeach: . ظهور اللون الأصفر الشاحب على الأوراق الحديثة(الورقة يساراً طبيعية).



Damascus University

هـــ- الزيتونOlive: تبدو الأوراق الحديثة صفراء شاحبة والعروق خضراء شاحبة.



4-4-أعراض زيادة الكبريت:

يمكن القول أن زيادة امتصاص النبات للبوتاسيوم تؤدي إلى ظاهرة الاستهلاك الترفي Luxury Consumption من قبل النبات ولكن دون ظهور أعراض الزيادة على النبات، ولكن زيادة تركيز أيون السلفات إلى أعلى من 59 ميليمول/لتر كما في بعض الترب المالحة يسبب ضرراً للنبات ويمكن أن يؤدي ذلك إلى ظهور بقع بنية محروقة على الأوراق.

الكلسيوم والمغنزيوم في البيئة الزراعية ودورهما في تغذية النبات:

1-دورة الكلسيوم، محتواه في التربة وأشكاله.

2-دورة المغنزيوم محتواه في التربة وأشكاله.

3-مصادر كسب الكلسيوم والمغنزيوم وفقدهما.

4-امتصاص النبات للكالسيوم ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته.

5-امتصاص النبات للمغنزيوم ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته.

Damascus University


وقل رب زدني علما
Damascus University

الفصل الخامس

الكلسيوم والمغنزيوم في البيئة الزراعية

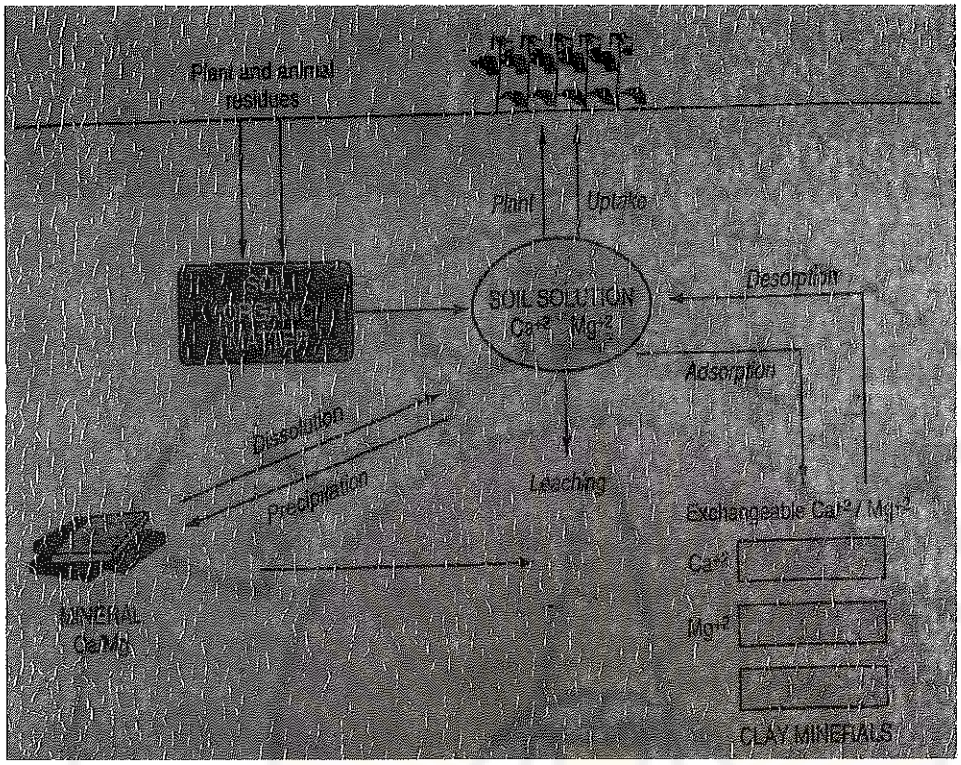
ودورهما في تغذية النبات:

1-دورة الكلسيوم، محتواه في التربة وأشكاله.

1-1-دورة الكلسيوم The Calcium Cycle:

يوجد الكلسيوم بتركيز مرتفع في القشرة الأرضية بالمقارنة بباقي العناصر المغذية الأخرى باستثناء الأكسيجين والحديد حيث تكون نسبته حوالي 3.64%، بينما تكون نسبته في التربة الزراعية حوالى 1.5%. يؤثر الكلسيوم في خصوبة التربة وإنتاجيتها من خلال تأثيره في تركيب التربة وأهميته في استصلاح الترب المالحة والقلوية والحامضية ودوره في عملية التبادل الكاتيوني في التربة ، غير أن هذا العنصر يعد أساسياً في تغذية النبات ويساهم في تركيب الجدر الخلوية ، كما يعد ضرورياً في الانقسام الخلوي ويساهم في تنشيط الأنزيمات.

يلا حظ من خلال دورة الكلسيوم (الشكل 18) امتصاص النبات للكالسيوم الذائب في المحلول على شكل Ca^{2+}، وذلك عبر جذوره إلى الأجزاء الهوائية للنبات، يعود الكلسيوم إلى التربة عبر تحلل المخلفات النباتية والحيوانية في التربة. تشكل الصخور الكلسية (الكالسيت) المصدر الأساسي للكلسيوم في التربة حيث يتحرر الكلسيوم من هذه الصخور والمعادن بفعل عملية التجوية. يمكن للكالسيوم الذائب في محلول التربة أن يمتص من قبل النبات أو يمتز جزءاً منه على سطوح غرويات التربة المشحونة سلبياً ويدعى بالمتبادل Exchangeable وهو قابل للإفادة أما الجزء الآخر فيمكن أن يتفاعل مع مكونات التربة ويترسب على شكل كربونات الكلسيوم أو كبريتات الكلسيوم .



الشكل (18)- دورة الكلسيوم والمغنزيوم في التربة

1-2-محتوى التربة من الكلسيوم Soil Calcium Content:

تحتوي التربة على كمية من الكلسيوم الكلي تبلغ 1.5 %. ويدخل الكلسيوم فى تركيب عديد من المعادن السيليكاتية مثل : الفلسبارات Feldspars و Amphiboles ومركبات الفوسفات مثل : مجموعة الأباتيت، والكبريتات مثل الجبس، وكربونات الكلسيوم المختلفة مثل: الكالسيت $CaCO_3$ والدولوميت $Ca\ Mg(CO_3)_2$ وتختلف الترب فيما بينها اختلافاً كبيراً فى محتواها من الكلسيوم، ويعود ذلك إلى مادة الأصل الناشئة منها هذه التربة وكذلك على قابلية المعادن الحاوية للكالسيوم على التجوية والذوبان ومدى تعرض هذه الترب للأمطار. وتعدّ الترب الموجودة فى المناطق الجافة وشبه الجافة غنية فى الكلسيوم.

1-3-أشكال الكلسيوم في التربة Forms of Soil Calcium:

1-3-1- الكلسيوم المعدني (الفلزي) Inorganic- Ca:

يعود مصدر الكلسيوم المعدنى فى الترب الزراعية إلى تجوية الصخور المحتوية على الكلسيوم. ومنها الفلدسبارات ومركبات الفوسفات مثل : مجموعة الأباتيت ، وكربونات الكلسيوم المختلفة مثل: الكالسيت $CaCO_3$ والدولوميت $MgCO_3$. $CaCO_3$، وتعدّ المركبات الأخيرة ذات تأثير كبير فى الترب الكلسية، حيث يراوح تركيز الكلسيوم فى هذه الترب من 10 - 70%.

1-3-2- الكلسيوم المتبادل (المدمص) Exchangeable - Ca:

يكون هذا الشكل من الكلسيوم ممتزاً على سطوح غرويات التربة سواء المعدنية منها أم العضوية، ويعدّ الكلسيوم المتبادل ذا أهمية كبيرة فى المحافظة على بناء جيد للتربة حيث يشجع على تكوين التجمعات الترابية مما يزيد من المسافات البينية بين الحبيبات خاصة فى الترب الطينية ومن ثم تزداد عمليات التهوية مما يؤثر إيجابياً في كفاءة امتصاص الجذور للأيونات. وتختلف كمية الكلسيوم المتبادل فى التربة حسب نوع معادن الطين السائدة، وسعتها التبادلية الكاتيونية.. ويعدّ الكلسيوم المتبادل مخزوناً للكالسيوم الذائب فى محلول التربة لوجود حالة من الاتزان بينهما.

1-3-3-الكلسيوم الذائب في محلول التربة Soluble- Ca:

يحتوي المحلول المائي لمعظم الترب كمية كافية من الكلسيوم لسد حاجة المحاصيل المختلفة والنامية فيها. بينما قد تعانى الترب العضوية من نقصه نتيجة لادمصاصه على الدبال وتكوين معقدات عضوية للكالسيوم غير ذائبة. وفى الترب الحامضية نتيجة لإحلال الهيدروجين محل الكلسيوم على مواقع التبادل فإنه يحدث للكلسيوم غسيل من محلول التربة . وتتأثر هذه الكمية الذائبة بعوامل عديدة أهمها : الـpH حيث يحدث ترسيب للكلسيوم فى صورة مركبات عديدة بارتفاع الـpH وعلى الرغم من ذلك تحتوى هذه الترب كمية كافية من الكلسيوم صالحة

لتغذية النبات. بينما فى الترب الحامضية يقل الكلسيوم الذائب وسبق تفسير سبب ذلك . أيضاً لنوع معدن الطين وكمية المادة العضوية تأثيراً كبيراً في الكمية الذائبة .

2-دورة المغنزيوم، محتواه في التربة وأشكاله:

2-1-دورة المغنزيوم The Magnesium Cycle:

يقدر محتوى القشرة الأرضية من المغنزيوم 1.93%، وتبلغ نسبته في التربة الرملية 0.05%، بينما تتضاعف هذه النسبة عشر مرات لتبلغ 0.5% في التربة الطينية، ويعود هذا الاختلاف في المحتوى إلى نوع مادة الأصل وكمية الطين ونوعه. يحتاج النبات للمغنزيوم لدوره الرئيس في تركيب اليخضور.

يلا حظ من خلال دورة المغنزيوم (الشكل 18) تشابه في سلوك كل من المغنزيوم والكلسيوم وذلك فيما يتعلق بامتصاصه من قبل النبات وادمصاصه على سطوح الغرويات وترسبه في الظروف المناخية الجافة. تشكل الصخور الدولوميتية ومعادن البيوتيت والسربنتين والأوليفين أهم مصادر المغنزيوم في التربة.

2-2-محتوى التربة من المغنزيوم Soil Magnesium Content:

تتصف ترب المناطق الجافة وشبه الجافة بارتفاع محتواها من المغنزيوم، الذي يمكن أن يصل إلى 1%، وتحتوي التربة الطينية على كمية من المغنزيوم تبلغ 0.5 %، وتنخفض هذه النسبة في ترب المناطق الرطبة والرملية، ويدخل المغنزيوم فى تركيب عديد من المعادن السيليكاتية مثل : الفلسبارات Feldspars والإلليت والفيرميكوليت والمغنزيت $MgCO_3$ والدولوميت $Ca\ Mg(CO_3)_2$ وغيرها ....

2-3-أشكال المغنزيوم في التربة Forms of Soil Magnesium:

2-3-1- المغنزيوم المعدني (الفلزي) Inorganic- Mg:

يعود مصدر المغنزيوم المعدنى فى التربة إلى تجوية الصخور المحتوية عليه. ومنها الفلدسبارات والإلليت والفيرميكوليت والمغنزيت $MgCO_3$ والدولوميت $Ca\ Mg(CO_3)_2$

وغالباً ما يكون المغنزيوم في هذه المعادن غير ذائب أو ضعيف الذوبان، ويمكن أن يتحرر من هذه المعادن بفعل عملية التجوية أو من السطوح الداخلية للمونتمورونيت عند تمددها.

2-3-2- المغنزيوم المتبادل (المدمص) Exchangeable – Mg:

تختلف كمية المغنزيوم المتبادل فى التربة حسب نوع معادن الطين السائدة، وسعتها التبادلية الكاتيونية.. ويعدّ المغنزيوم المتبادل مخزوناً للمغنزيوم الذائب فى محلول التربة لوجود حالة من الاتزان بينهما، ويكون هذا الشكل من المغنزيوم ممتزاً على سطوح غرويات التربة سواء المعدنية منها أم العضوية.

2-3-3-المغنزيوم الذائب في محلول التربة Soluble- Mg:

يحتوي المحلول المائي لمعظم الترب كمية كافية من المغنزيوم لسد حاجة المحاصيل المختلفة والنامية فيها. وقد ينخفض تركيزه في الترب الرملية وكذلك في الترب الحامضية نتيجة لإحلال الهيدروجين محل المغنزيوم على مواقع التبادل فإنه يحدث للمغنزيوم غسيل من محلول التربة.

ويتشابه المغنزيوم في سلوكه الكلسيوم، فيما عدا صغر حجم أيون Mg^{2+} نسبياً عن حجم أيون الكلسيوم، وبسبب هذه الخاصية فإن حركة Mg^{2+} في التربة تكون أسرع من حركة أيون الكلسيوم، ولهذا السبب يتضح أن نسبة Ca إلى Mg في الطبقة السطحية للتربة الحامضية أعلى من النسبة في الطبقات السفلية نتيجة عمليات الفلاحة والري، حيث ينزل أيون Mg أسفل الطبقة السطحية، وتكون هذه النسبة مثالية لتغذية النبات إذا لم تتجاوز 1/4.

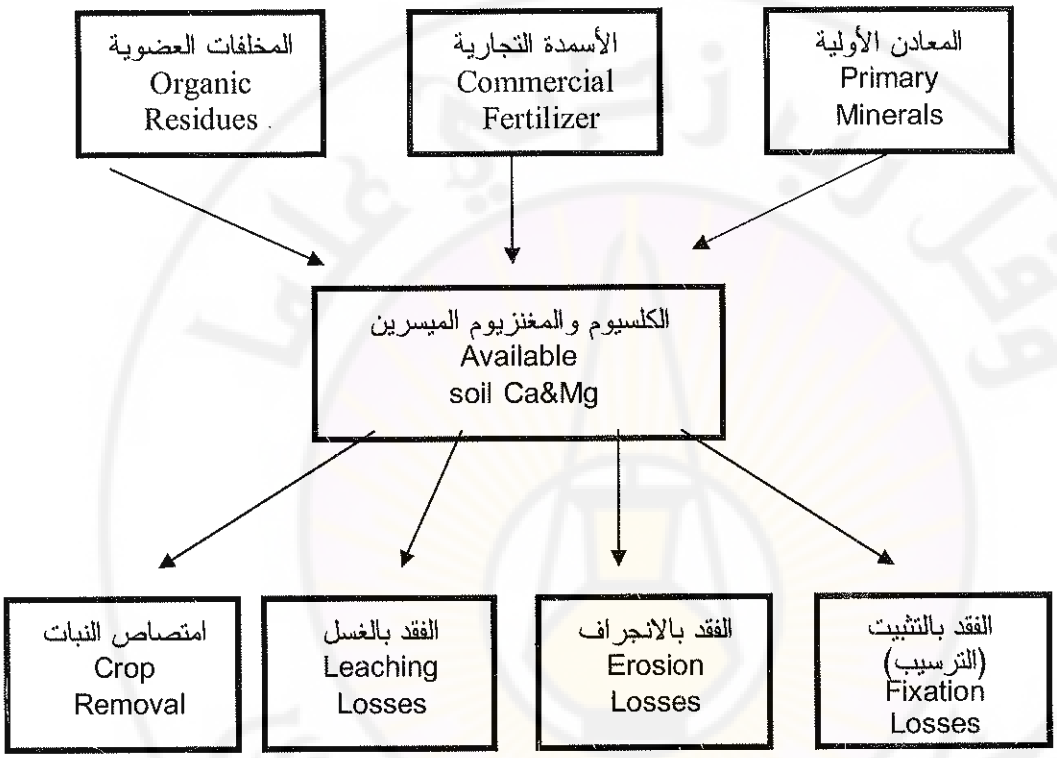
ويتأثر بعوامل عديدة كالـ pH، ومحتوى التربة من معادن الطين إضافة لمعدل الأمطار.

3-مصادر كسب الكلسيوم والمغنزيوم وفقدهما Gaines and Losses of Ca&Mg :

يبين المخطط (5) مصادر كسب الكلسيوم والمغنزيوم الميسرين في التربة وفقدهما، ويمكن من خلال هذا المخطط تصنيف هذه المصادر في مجموعتين:

3-1- مصادر الكسب:

تعدّ الصخور ومعادن التربة الأولية والثانوية من أهم مصادر كسب الكلسيوم والمغنزيوم إضافة لأسمدة والمخلفات العضوية المضافة .



المخطط (5) مصادر كسب وفقد الكلسيوم والمغنزيوم الميسرين في التربة

3-2- مصادر الفقد:

يفقد كل من الكلسيوم والمغنزيوم من التربة عن طريق مايلي :

3-2-1-الامتصاص من قبل النبات Crop Absorption :

يعد امتصاص النبات كل من الكلسيوم والمغنزيوم المصدر الأساس لفقدهما من التربة. ويبين

كل من الجدولين (19) و (20) كمية الكالسوم والمغنزيوم المستنزفة من التربة من قبل النبات على الترتيب.

الجدول (19)- كمية الكلسيوم المستنزفة من التربة من قبل النبات

المحصول	الإنتاج طن/ هـ	الكمية المستنزفة كغCa/هـ
القمح (حب)	6	20
الشعير (حب)	5	15
الذرة الصفراء (حب)	6	
البطاطا (درنات)	50	10
الشوندر السكري (جذور)	50	80
البقوليات (حب)	5	40
اللفت (طازج)	50	150
البصل	35	80
البندورة	40	90
القطن	5	16

(Cooke، 1982)

الجدول (20)- كمية المغنزيوم المستنزفة من التربة من قبل النبات

المحصول	الإنتاج طن/ هـ	الكمية المستنزفة كغMg/هـ
القمح (حب)	6	15
الشعير (حب)	5	8
الذرة الصفراء (حب)	6	20
البطاطا (درنات)	50	20
الشوندر السكري (جذور)	50	30
البقوليات (حب)	5	20
اللفت (طازج)	50	20
البصل	35	20
البندورة	40	75
القطن	5	14

(Cooke، 1982)

3-2-2- الفقد بالغسل Leaching Losses:

يتعرض كل من الكلسيوم والمغنزيوم للفقد بالغسل خاصة في الترب الرملية، والترب ذات الـ pH المنخفض وتلعب معدلات الأمطار وكميات مياه الري دوراً في غسل كل من هذين العنصرين.

3-2-3- الفقد بالانجراف Losses by Erosion:

يحدث فقد للكالسيوم والمغنزيوم بالانجراف الريحي أو المائي نتيجة لفقد المادة العضوية من الطبقة السطحية للتربة بوساطة عمليات الانجراف، وخاصةً فى المناطق الموجودة على المنحدرات وهى طبقات غنية بالمادة العضوية.

3-2-4- الفقد بالتثبيت Losses by Fixation:

يمكن لكل من الكلسيوم والمغنزيوم أن يتفاعلا مع مكونات التربة وخاصة الكلسية منها ويشكلان مركبات ضعيفة الذوبات ككربونات الكلسيوم أو المغنزيوم أو الاثنين معاً.

4-امتصاص النبات للكالسيوم ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته:

4-1-امتصاص النبات للكالسيوم Calcium Uptake from Plant:

يمتص النبات الكلسيوم بصورة معدنية على شكل أيوني Ca^{2+}، وتبلغ نسبة الكلسيوم الكلي (Total-Ca) فى النبات بين 1 و3%. يوجد الكلسيوم فى معظم النباتات بكميات كبيرة وخاصة فى الأوراق. وتحتوى الأوراق القديمة على الكمية العظمى من الكلسيوم عكس الفوسفور والبوتاسيوم اللذين يوجد معظمهما فى الأوراق الحديثة. ويعتقد أن امتصاص الكلسيوم يتم بوساطة القمم الجذرية الفتية بآليات سلبية Passive Uptake عن طريق الانتشار والتدفق الكتلوي. ينتقل الكلسيوم الممتص نحو الأجزاء العلوية للنبات بوساطة الأوعية الخشبية، ويعد هذا العنصر ضعيف الحركة ضمن النسغ اللحائي، لذا تكون البذور والثمار فقيرة به نسبياً نظراً لكونها تتغذى عن طريق النسغ اللحائي.

4-2-الوظائف الفيزيولوجية للكالسيوم Physiological Functions:

يعد الكلسيوم عنصراً مهماً للنبات، حيث يساهم في تركيب الجدر الخلوية ، كما يعد ضرورياً فى الانقسام الخلوي ويساهم في تنشيط الأنزيمات.

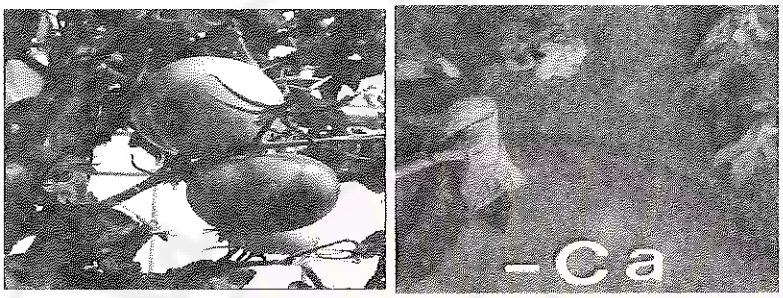
4-3-أعراض نقص الكلسيوم:

يعد الكلسيوم من العناصر غير المتحركة immobile داخل النبات حيث قليلاً ما يعاد توزيعه داخل الخلايا النبات إذا ما قل تركيزه أو انعدم وجوده حول الجذور . فقد تحتوى الأوراق القديمة لنبات ما على كميات كبيرة من الكلسيوم المخزون ، فى حين تعاني الأوراق الحديثة للنبات نفسه نقصاً فى هذا العنصر. وعموماً قلما تظهر أعراض نقص الكلسيوم على النباتات النامية فى الحقل وخاصة فى ترب المناطق الجافة وشبه الجافة، بينما تظهر أعراض النقص فى الترب الحامضية. ويمكن إيجاز أهم الأعراض كما يلى :

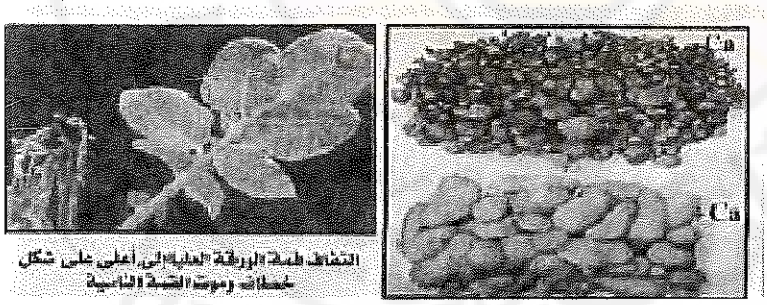
تبدأ ظهور الأعراض على الأوراق الحديثة، حيث تكون هذه الأوراق مشوهه وصغيرة ولونها الأخضر الداكن غير عادى. الأوراق تصبح مجعدة ويحدث لها التفاف إلى أسفل وتظهر الحواف متموجة وغير منتظمة، ويحدث أن تصبح الأوراق طرية نتيجة انحلال جدر الخلايا ويقف نمو البرعم الطرفى، مع حدوث تكسير فى السويقات الصغيرة . كذلك يحدث ضعف عام للسيقان. تظهر نقاط جافة على البراعم الطرفية ويحدث تساقط للأزهار. يسبب نقص الكلسيوم ظهور مرض البقع الفلينية Bitter pit على ثمار التفاح والذى يتميز بظهور بقع بنية صغيرة غائرة ومنتشرة على كافة سطح الثمرة . أما ثمار البندورة فتصاب بمرض يسمى عفن الطرف الزهرى للثمرة Blossom-end rot حيث تتعفن قاعدة الزهرة نتيجة لتحلل الأنسجة الخلوية فيها.

4-3-1-أعراض نقص الكلسيوم على الخضار:

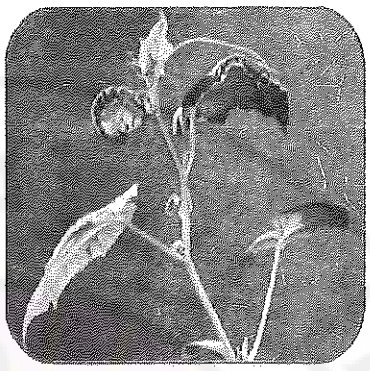
أ-البندورةTomato: تبدو الأوراق الحديثة صفراء شاحبة، صغيرة، حوافها مشوهة ومحروقة، تصبح مجعدة وملتفة، وضعف عام للسيقان.

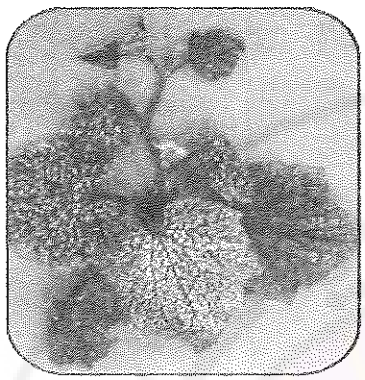


ب-البطاطاPotato: التفاف الورقة الحديثة إلى أعلى على شكل خطاف وموت القمة النامية، وضعف عام للسيقان.



جـ- الخيار Cucumber: تبدو الأوراق الحديثة صفراء شاحبة، صغيرة، حوافها مشوهة، تصبح مجعدة وملتفة، وضعف عام للسيقان.





د- العائلة الصليبية (القرنبيط) Caulflower Or Broccoli:

يظهر احمرار على حواف الأرواق الحديثة، وتصبح الأوراق مجعدة.



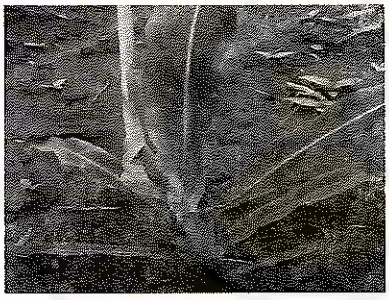
Damascus University

4-3-2-أعراض نقص الكلسيوم على المحاصيل:

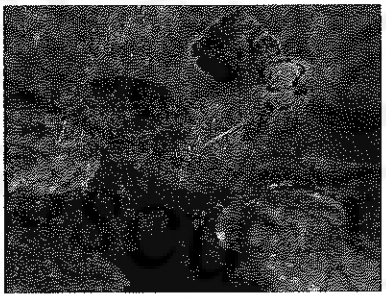
أ-النجيليات (القمح)Wheat: تظهرالأورق الحديثة مصفرة وتتكسر حوافها مع ضعف عام للسيقان.



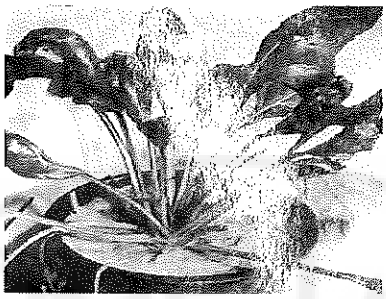
ب-الذرةMaize: تظهر الأوراق الحديثة ملتفة وخاصة في نهايتها (أطرافها).



جـ- القطنCottun: تبدوالأوراق الحديثة صفراء شاحبة وظهور بعض البقع بين العروق، وتكون الأوراق ملتفة.



د- الشوندر السكري Sugar Beet: تظهرا لأوراق الحديثة صفراء شاحبة، مجعدة وملتفة.

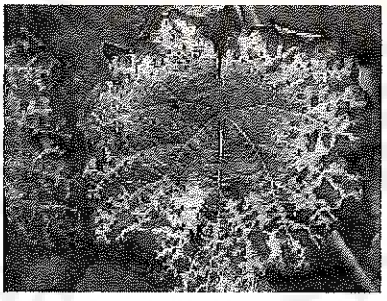


4-3-3-أعراض نقص الكلسيوم على الأشجار:

أ-الحمضيات Citrus: تكون الأوراق الحديثة مصفرة بين العروق، موت القمة النامية (نهاية الأفرع) وتكون الأفرع ضعيفة.

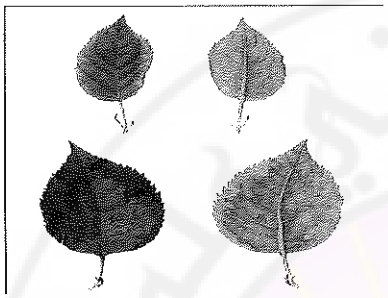


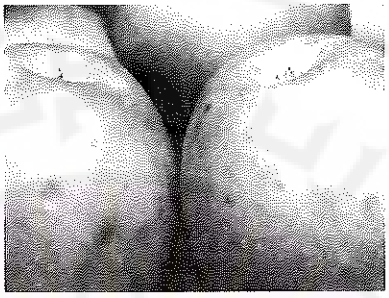
ب-العنب Grape: تكسر حواف الأوراق الحديثة، وظهوراللون الأحمر في حوافها.



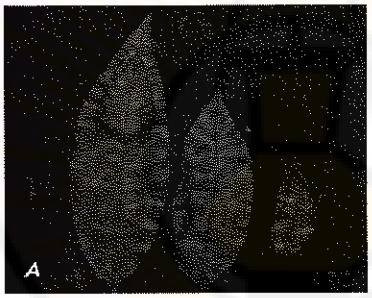
جـ- التفاحApple: على الأوراق: ظهور بقع مصفرة على حواف الأوراق والتفافها و تكسر أطرافها.

على الثمار: التبقع الفليني Bitter pit: ظهور بقع صغيرة مائية تحت قشرة الثمرة تتحول إلى لون بني، وتزداد نسبة البقع مع زيادة فترة التخزين.

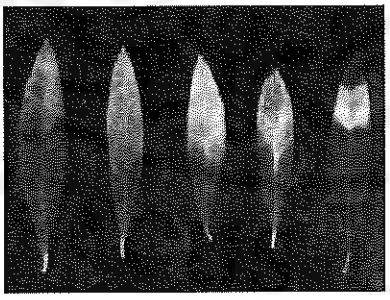




د- الدراقPeach: تظهر على الأوراق الحديثة بقع منخورة في وسط وطرف الورقة.



ه- الزيتونOlive: تظهر على الأوراق الحديثة بقع صفراء تبدأ في طرف الورقة والعروق ثم تصبح المنطقة الصفراء بيضاء.



4-امتصاص النبات للمغنزيوم ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته:

4-1-امتصاص النبات للمغنزيوم Magnesium Uptake from Plant :

يمتص النبات المغنزيوم بصورة معدنية على شكل أيوني Mg^{2+}، وتبلغ نسبة المغنزيوم الكلي (Total-Mg) في النبات 0.5%. وغالباً ما يكون محتوى الثمار من المغنزيوم أعلى من محتواها من الكلسيوم نظراً لبطء حركة Ca^{2+} في النسغ اللحائي.

4-2-الوظائف الفيزيولوجية للمغنزيوم Physiological Functions:

يعد المغنزيوم عنصراً مهماً للنبات، حيث يساهم في تركيب اليخضور. وعلى ذلك يعدّ المغنزيوم مهماً لإتمام عملية التمثيل الضوئي، ومنشطاً لعديد من الأنظمة الإنزيمية الخاصة استقلاب الكربوهيدرات، وتمثيل الأحماض النووية ، كما يعمل على تعزيز امتصاص وانتقال الفوسفات و يساعد في حركة السكريات داخل النبات. كذلك وجد أنه في حالة نقص المغنزيوم يقل تمثيل البروتينات مما يعيق النمو في النبات.

4-3-أعراض نقص المغنزيوم:

تظهر أعراض نقص المغنزيوم في الترب الرملية والمغسولة والترب الحامضية المستصلحة بإضافة المصلحات الكلسية، يعد المغنزيوم عنصراً متحركاً وسريع الحركة لذلك تظهر أعراض نقصه بداية على الأوراق القديمة، حيث تتجلى باصفرار متداخل مع اللون الأخضر للورقة على هيئة شريط، ومع تقدم الإصابة يحدث أن تجف الأنسجة وتموت. وأهم ما يميز هذه الأعراض ظهورها أولاً على طرف (قمة) الورقة ثم تنتشر على حواف وبين عروق الأوراق. قد يحدث التواء لحواف الأوراق إلى أعلى، وعند استمرار النقص تتحول البقع إلى اللون الرمادي ثم إلى اللون البني وتسقط الأوراق قبل موعدها. في بعض نباتات الخضر تظهر الأعراض على صور عدة منها الاصفرار على هيئة بقع بين العروق وظهور لون رخامي مع لون برتقالي خفيف و أيضاً في صورة لون أحمر أرجواني.

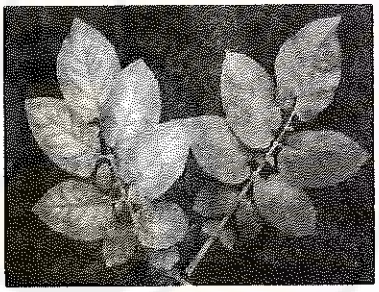
4-3-1-أعراض نقص المغنزيوم على الخضار:

أ-البندورة:Tomato : يظهر على الأوراق السفلية (القديمة)، تبرقش أصفر بين العروق بينما يبقى لون العروق أخضر وفي الأصابة الشديدة تجف الأنسجة المصابة و تموت.

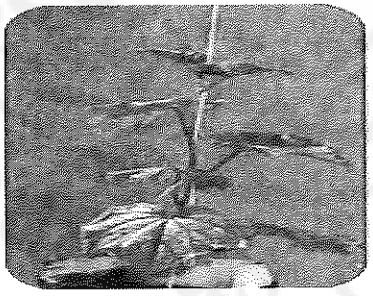


البطاطاPotato : تظهر على الأوراق السفلية بقع صفراء بين العروق الوسطية.





جـ-الخيارCucumber : اصفرار الأوراق السفلية بين العروق الرئيسة ومع تقدم النقص احمرار الحواف.



د- العائلة الصليبية (القرنبيط)Broccoli : اصفرار حواف الأوراق السفلية وبقاء العروق ووسطها أخضر.

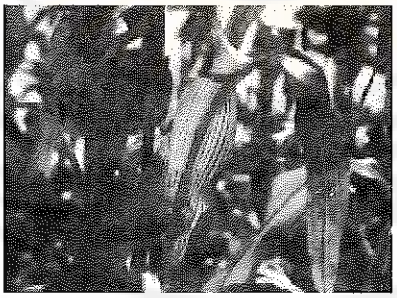


4-3-2-أعراض نقص المغنزيوم على المحاصيل:

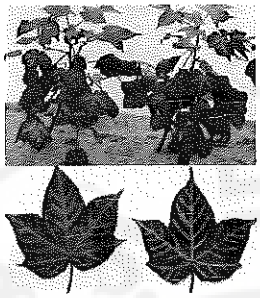
أ-النجيليات (القمح)Wheat: تكون الأواق السفلية خضراء مصفرة، شحوب مع ظهور بقع بنية في وسط الورقة.



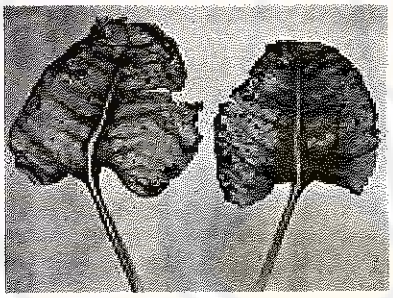
ب-الذرةCorn: اصفرار حواف الأوراق السفلية لنقص مادة الكلوروفيل وامتداد الاصفرار إلى وسط الورقة تدريجياً. عدا العرق الوسطى أخضر.



جـ- القطنCotton: احمرار حواف الأوراق السفلية والمتوسطة ف ثم يتسع إلى الوسط.



د- الشوندر السكريSugar Beet: شحوب واصفرار حواف الأوراق السفلية، وامتداد الاصفرار إلى وسط الورقة تدريجياً عدا العرق الوسطى يبقى أخضر. إضافة إلى ظهور نخور على الأطراف.

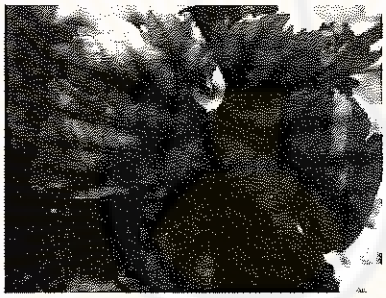


4-3-3-أعراض نقص المغنزيوم على الأشجار:

أ-الحمضيات Citrus: شحوب واصفرار الحواف الأوراق السفلية، وامتداد الاصفرار إلى وسط الورقة تدريجياً عدا العرق الوسطى يبقى أخضر.



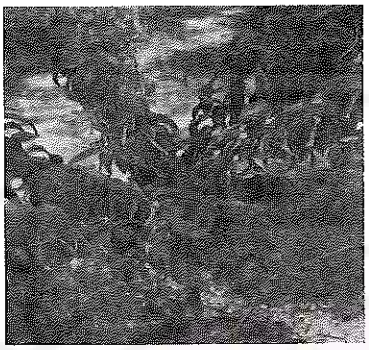
ب-العنب Grape: شحوب واصفرار الحواف الأوراق السفلية، وامتداد الاصفرار إلى وسط الورقة تدريجياً عدا العرق الوسطى يبقى أخضر.



جـ-التفاح: Apple : شحوب واصفرار الحواف الأوراق السفلية، وامتداد الاصفرار إلى وسط الورقة تدريجياً عدا العرق الوسطى يبقى أخضر.



د- **الدراق Peach:** شحوب واصفرار الحواف الأوراق السفلية، وامتداد الاصفرار إلى وسط الورقة تدريجياً عدا العرق الوسطى يبقى أخضر.



ه- **الزيتون Olive:** شحوب واصفرار الحواف الأوراق السفلية، وامتداد الاصفرار إلى وسط الورقة تدريجياً عدا العرق الوسطى يبقى أخضر.

Damascus University

العناصر المغذية الصغرى ودورها في تغذية النبات

الحديد والمنغنيز والزنك والنحاس في البيئة الزراعية

1- الحديد:

1-دورته، محتواه في التربة وأشكاله.

2-مصادر كسب الحديد وفقده.

3-امتصاص النبات للحديد ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته.

2- المنغنيز:

1-دورته، محتواه في التربة وأشكاله.

2-مصادر كسب المنغنيز وفقده.

3-امتصاص النبات للمنغنيز ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته.

3- الزنك:

1-دورته، محتواه في التربة وأشكاله.

2-مصادر كسب الزنك وفقده.

3-امتصاص النبات للزنك ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته.

4- النحاس:

1-دورته، محتواه في التربة وأشكاله.

2-مصادر كسب النحاس وفقده.

3-امتصاص النبات للنحاس ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

العناصر المغذية الصغرى Micronutrients
ودورها في تغذية النبات

مقدمة:

تختلف الترب بدرجة خصوبتها حسب عوامل عديدة، والتغذية الجيدة تعتمد أساساً على التوازن بين العناصر المغذية التي يحتاج إليها النبات سواءً أكانت هذه العناصر متوفرة أصلاً في التربة أم مضافة على شكل أسمدة. وكلما اقتربت درجة التوازن بين هذه العناصر المغذية بالكم والكيف من الحد الأمثل لحاجة النبات كلما حصلنا على إنتاج أفضل في حال توفر العوامل اللازمة الأخرى. وعند نقص كمية أحد هذه العناصر المغذية فإن تأثيره يكون واضحاً سواءً بمظاهر خارجية مرئية على النبات أم بشكل غير مباشر بتأثيره على الإنتاج.

من الملاحظ أن كمية العناصر المغذية سواء كانت كبرى مثل : الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم أم صغرى مثل: الحديد والزنك والمنغنيز والنحاس والبورون والموليبدنم في الترب يتناقص بصورة مستمرة وذلك لأسباب عديدة أهمها:

التكثيف الزراعي، وعدم الاهتمام بإضافة المادة العضوية، إضافة إلى ارتفاع معدلات التسميد بالعناصر الكبرى والذي أدى إلى زيادة المحصول ومن ثمّ زيادة الكمية المستنزفة من العناصر الصغرى من التربة وكذلك خصائص بعض الترب كارتفاع الـ PH وكربونات الكلسيوم ومن ثمّ عدم إتاحة بعض العناصر كالفوسفور والحديد والمنغنيز والنحاس .....إلخ.

ومن الجدير بالذكر أنه يسود حالياً لدى كثير من الأخوة الفلاحين الاعتقاد بأن غياب اللون الأخضر وظهور اللون الأصفر على المجموع الخضري من أشجارهم يعني نقص عنصر الحديد وعند استخدامهم لشيلات الحديد لايجدون نفعاً منها وهذا أمر طبيعي. وقد لاحظنا كثيراً من البساتين التي تعاني من نقص الآزوت أو بعض الأمراض الفيروسية يضاف إليها شيلات الحديد اعتقاداً بأنه العلاج، وأملاً بعودة اللون الأخضر الطبيعي إلى المجموع الخضري وفي هذا هدر كبير للجهد والمال. وسنحاول في الفصول اللاحقة بيان أهمية هذه العناصر المغذية وأعراض نقصها على النبات.

تعدّ العناصر المغذية الصغرى من العناصر الأساسية لنمو النبات وتطوره وهذه العناصر هي الحديد والمنغنيز والزنك والنحاس والبورون و الموليبدنم والكلور وقد كانت تسمى بـــ Minor elements و Trace elements ولكن وجد أن تسميتها Micronutrients هي الأفضل. فمصطلح Minor elements غير ملائم لكون هذه العناصر أساسية لنمو النبات والذي يعد أساسياً لا يمكن أن يكون قليل الأهمية Minor، أما اصطلاح Trace elements فهو مصطلح غير مرغوب أيضاً لكونه يعطي صورة خاطئة إذ إن بعض هذه العناصر يوجد في التربة والنبات بكميات كبيرة ولكون النبات يحتاج إلى هذه العناصر بكميات قليلة جداً لذا سميت بالعناصر الصغرى Micronutrients. يحتاج النبات العناصر الستة الأولى بكميات لا تتعدّى 1/4 جزء بالمليون، فإذا ما وصلت (2) جزء بالمليون فسوف تؤدي إلى ضرر للنبات (Jones، 1982)، أما بالنسبة للكلور فقد وجد بتراكيز أعلى من الفوسفور والكبريت في النباتات ولكن لكون النبات لا يحتاج منه إلا كميات قليلة جداً لذا عد من العناصر الصغرى. يكمن الدور الرئيس لهذه العناصر في تكوين اليخضور (الكلوروفيل) وتركيب وتنشيط الأنزيمات، كما يلعب بعضها دوراً في عمليات الأكسدة والإرجاع.

الفصل الأول

الحديد والمنغنيز والزنك والنحاس في البيئة الزراعية

1- الحديد:Iron

1-دورة الحديد، محتواه في التربة وأشكاله.

1-1-دورة الحديد The Iron Cycle:

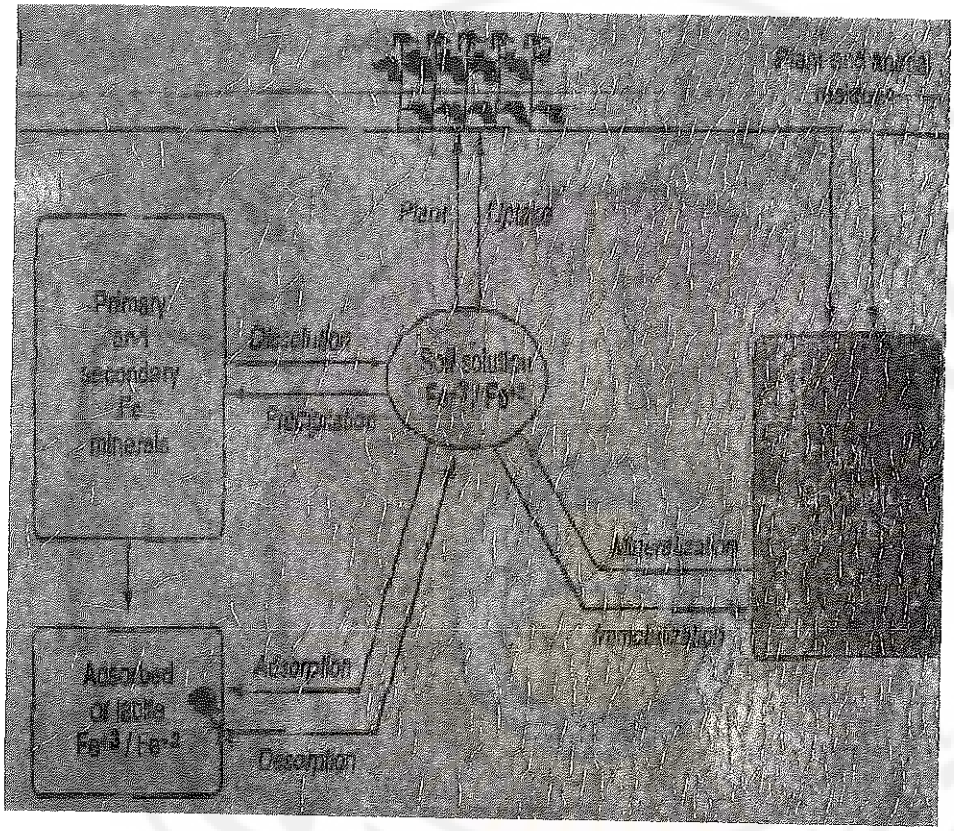
يوجد الحديد بكمية كبيرة فى القشرة الأرضية تصل إلى 5 %، ويحتل المرتبة الرابعة من حيث وجوده في هذه القشرة بعد الأكسجين والسيليكون والألمنيوم. بينما تراوح نسبته فى التربة الزراعية من 0.5 إلى 10% (5% وسطياً) وذلك تبعاً لنوع المواد الأم. يعد هذا العنصر أساسياً في تغذية النبات ويساهم في تركيب اليخضور، وأنزيمات الأكسدة والإرجاع وكذلك في بعض أنزيمات التنفس.

يبين الشكل (19) دورة الحديد في التربة، حيث يمتص النبات الحديد الذائب من محلول التربة على شكل Fe^{2+} و Fe^{3+} ، ويعود الحديد الذائب في مصدره إلى تحرره من الفلزات بفعل التجوية وكذلك إلى المادة العضوية المضافة للتربة. يمكن للحديد الذائب أن يتمثل (يتثبت) بفعل الأحياء الدقيقة أو يتعقد مع المواد العضوية، على شكل شيلات، ويعود هذا إلى انخفاض تركيزه في محلول التربة مقارنة بالكاتيونات الأخرى: Ca^{++} و Mg^{++} و K^{+} و Na^{+} (Al^{3+} في الترب الحامضية) أما بالنسبة لكمية الحديد المدمصة فهي قليلة ولا تمد الحديد في محلول التربة بكميات كبيرة وذلك نتيجة منافسة الكاتيونات السابقة لادمصاصه على غرويات التربة.

1-2-محتوى التربة من الحديد Soil Iron Content:

تحتوي التربة على كمية من الحديد الكلي تتراوح بين 200 ppm و 10% ، يوجد الحديد في التربة على شكل أكاسيد وأكاسيد مائية وهيدروكسدات وكذلك ضمن الوحدات البلورية لمعادن الطين. تعدّ الترب الطينية غنية بهذا العنصر حيث يضفي عليها ألوانا حمراء وصفراء وبنية، بينما تعدّ الترب الرملية فقيرة بهذا العنصر. كما يوجد الحديد في الترب الحامضية الرطبة على شكل أيونات مرجعة تنتقل إلى الطبقات تحت السطحية من التربة، وتترسب فيها، وتبقى

كميات قليلة منه في المحلول بشكل ذائب يكفي لسد حاجة النبات، يبقى الحديد في ترب المناطق الجافة في الطبقات السطحية ويتحول إلى أكاسيد أما في الترب القلوية والكلسية والحامضية المستصلحة بإضافة المصلحات الكلسية ككربونات الكلسيوم فإن الحديد يتحول إلى حديد ثلاثي التكافؤ على شكل هيدركسيدات وتقل إفادته للنبات .



الشكل (19)- دورة الحديد في التربة

1-3-أشكال الحديد في التربة Forms of Soil Iron:

1-3-1- الحديد المعدني (الفلزي) Inorganic- Fe:

يعود مصدر الحديد المعدني في الترب الزراعية إلى معادن (فلزات) التربة ومنها الأوليفين $(Mg,Fe)_2SiO_4$ و السيدريت $FeCO_3$ والهيماتيت Fe_2O_3 ...الخ) وبشكل الجزء الأكبر من محتوى التربة الكلي من الحديد.

1-3-2- الحديد المتبادل (المدمص) Exchangeable - Fe:

يكون هذا الشكل من الحديد مدمصاً على سطوح غرويات التربة سواء المعدنية منها أم العضوية، ويشكل جزءاً قليلاً من محتوى التربة الكلي من الحديد. تكون أيونات الحديدي (Fe^{2+}) المتبادلة في حالة توازن مع كل من الشكل الذائب للحديد ومعقدات الحديدي غير المستقرة وبيكربونات الحديدي التي يمكن أن توجد بتراكيز عالية نسبياً في محلول التربة سيئة التهوية.

1-3-3-الحديد الذائب في محلول التربة Soluble- Fe:

يحتوي المحلول المائي لمعظم الترب كمية غير كافية من الحديد (0.01-0.1 ppm) لا تسد حاجة المحاصيل المختلفة والنامية فيها. ويوجد الحديد الميسر (الذائب) فى محلول التربة إما على هيئة صورة معدنية مثل Fe^{+2}, Fe^{+3},$[Fe(OH)_2]^+$,$[FeOH]^{+2}$ أوعلى صورة معقدات عضوية ميسرة (ذائبة) للنبات مثل Fe-organic complexes (معقدات الحديد العضوية). **ويتوقف ظهور أعراض نقص للحديد على النباتات على الكمية الميسرة والتي تتحكم فيها عوامل عدة يمكن إيجازها بما يلي :**

1- الـ pH : تعتمد درجة ذوبان الحديد بدرجة كبيرة على pH الوسط، لدرجة أنه يحدث إنخفاضاً فى تركيز الحديد الذائب قدره 1000 ضعف مع كل زيادة فى الـ pH قدرها وحدة واحدة. ومن ثم يكون من الواضح أن تيسر الحديد للنبات يقل بدرجة كبيرة مع ارتفاع الـ pH. وعلى ذلك يكون نقص الحديد الميسر فى الترب الكلسية فى الغالب نتيجة ارتفاع رقم الـ pH لها حيث يصبح أيون الحديد الثلاثي هو السائد. ويمكن التقليل من شدة هذا النقص بخفض الـ pH بإضافة المركبات ذات التأثير الحامضى كالكبريت لمثل هذه الترب و كذلك بإضافة المواد العضوية لتلك الترب. وعكس ذلك فى الترب شديدة الحموضة يمكن أن يوجد أيون الحديد الثنائي بتركيز مرتفع قد يصل إلى حد السمية للنباتات النامية فى تلك الترب.

2- المادة العضوية: يزداد الحديد الميسر للنبات بوجود المادة العضوية حيث يوجد فى صورة مركبات مخلبية ميسرة(ذائبة) فى محلول التربة حتى ولو كان pH التربة مرتفعاً. وعلى ذلك يمكن القول: إن الترب الفقيرة فى محتواها من المادة العضوية قد تعاني من نقص الحديد الصالح للنبات.

3- قوام التربة: الترب الرملية التى تحتوي أصلاً على كمية قليلة من الحديد الكلى، يتوقع أن تكون كمية الحديد الميسرة بها قليلة، ومن ثم تعاني النباتات النامية فيها من نقص الحديد.

4- تأثير كربونات الكلسيوم: تؤثر كربونات الكلسيوم في رفع pH التربة والذى يؤثر سلباً في تيسر الحديد، كما تلعب كربونات الكلسيوم والمغنزيوم دوراً مهماً ومباشراً فى الحد من ذوبان الحديد، حيث تؤدى زيادة كمية كربونات الكلسيوم إلى تحول الحديد الثنائي الذائب إلى صورة غير ذائبة كأكسيد الحديد أو هيدروكسيد الحديد ويتضح ذلك من المعادلات الآتية:

$$Fe^{2+} + CaCO3 \longrightarrow FeCO3 + Ca^{2+}$$

$$2\ FeCO_3 + Ca(HCO_3)_2 + O_2 \longrightarrow Fe_2(CO_3)_3 + Ca(OH)_2$$

$$Fe_2(CO_3)_3 + 3\ H_2O \longrightarrow Fe_2O_3\downarrow + 3\ H_2CO_3$$

وعلى ذلك فوجود الكربونات في التربة يشجع نقص الحديد الميسر للنبات ومن ثم ظهور الاصفرار على النباتات النامية فيها. وهناك تفسير آخر لظهور الاصفرار على النباتات النامية فى الترب الكلسية وهو أن السبب يرجع إلى عرقلة أيون البيكربونات HCO_3^- لامتصاص أيون الحديد وانتقاله داخل النبات. ويعدّ أيون البيكربونات ناتجاً طبيعياً من عملية التحلل المائي لكربونات الكلسيوم كما فى المعادلة التالية:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow Ca^{2+} + 2HCO_3^-$$

وقد فسر Mengle and Kirkby، 1987، تأثير أيون البيكربونات على امتصاص الحديد بواسطة النبات، بأن امتصاص هذا الأيون يؤدى إلى رفع pH خلايا الجذور (فى الفراغات الحرة Free space) وأنسجة الأوراق، وهذا يؤدي إلى ترسيب الحديد داخل النبات (الجذور)، ومن ثم تقل حركته مما يؤدى إلى ظهور الاصفرار على النموات الحديثة. وهنا يجب الإشارة إلى أن الاصفرار ليس ناتجاً من نقص الحديد الميسر بالتربة، بل نتيجة تأثير الكربونات وهو ما يعرف Lime induced iron chlorosis، ويمكن التقليل من ظاهرة الاصفرار Chlorosis الناتج عن نقص الحديد فى الترب الكلسية بمراعاة ما يلي:

- عدم زيادة الرطوبة الأرضية أكثر من اللازم تجنباً لحدوث عملية التحلل المائى للكربونات.

– يمكن الإقلال من تأثير أيون OH^- الناتج من التحلل المائي للكربونات بزيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون CO_2 فى هواء التربة.

– يمكن إضافة بعض المركبات ذات التأثير الحامضى إلى مثل هذه الترب مثل الكبريت.

– محتوى التربة من الرطوبة: مع ارتفاع رطوبة التربة الزراعية تقل التهوية، ومن ثم يتأثر نمو النبات حيث يصبح ضعيفاً ويكون أكثر قابلية للتعرض لنقص الحديد وخاصةً فى الترب الكلسية. ويشذ عن ذلك الترب المزروعة بالأرز والمغمورة بالماء باستمرار حيث يحدث إرجاع للحديد ويصبح فى صورة حديد ثنائي ذائب وصالح للنبات ومن ثم لا تعانى معظم نباتات الأرز من نقص الحديد. وعلى ذلك فى الترب الكلسية يجب الحذر من ارتفاع المحتوى الرطوبي بها وذلك بتجنب الرى الزائد حيث لوحظ ظهور الاصفرار على النباتات النامية تحت هذه الظروف نتيجة حدوث التحلل المائي لكربونات الكلسيوم.

– تأثير التضاد بين الأيونات Antagonistic ions: من الأسباب التى تؤدى إلى ظهور الاصفرار الناتج عن نقص الحديد على النباتات هو وجود أسمدة عناصر معينة أو إضافتها، حيث وجد أن زيادة الفوسفور الذائب فى التربة يقلل من امتصاص الحديد (كما هو فى حالة تأثير الفوسفور على الزنك) ويعتقد بأن الفوسفات تساعد على ترسيب الحديد فى وسط النمو وتجعله فى صورة غير صالحة للامتصاص بوساطة النبات، وهناك رأي آخر يقول: إن تأثير زيادة الفوسفات على ظهور الاصفرار الناتج عن نقص الحديد يرجع إلى زيادة نسبة الفوسفور إلى الحديد (P/Fe) داخل النبات. أيضاً التأثير ذاته وجد مع زيادة Mn , Cu، , Mo Zn فى وسط النمو حيث يحدث تداخلاً أو تضاداً مع امتصاص الحديد بوساطة النبات، ومن ثم يمكن أن تظهر أعراض نقص الحديد تحت هذه الظروف. وقد أشارت بعض الأبحاث أن زيادة مستوى التسميد الآزوتي وخاصة إذا كان فى صورة نترات يؤدى إلى ظهور أعراض نقص الحديد، ويرتبط التداخل بين الحديد والآزوت بآراء عدة غالبيتها تؤكد أن إضافة الحديد مع التسميد الآزوتي يزيد الإنتاج إذا أضيف الآزوت فى صورة الأمونيوم NH_4^+ وذلك للتأثير الحامضى لهذا السماد والعكس صحيح مع إضافته فى صورة نترات NO_3^- ذات التأثير القاعدى. وأن زيادة التسميد الآزوتي بصفة عامة يزيد النمو الخضرى ومن ثم المادة الجافة مما يسبب خفض تركيز الحديد فى النبات.

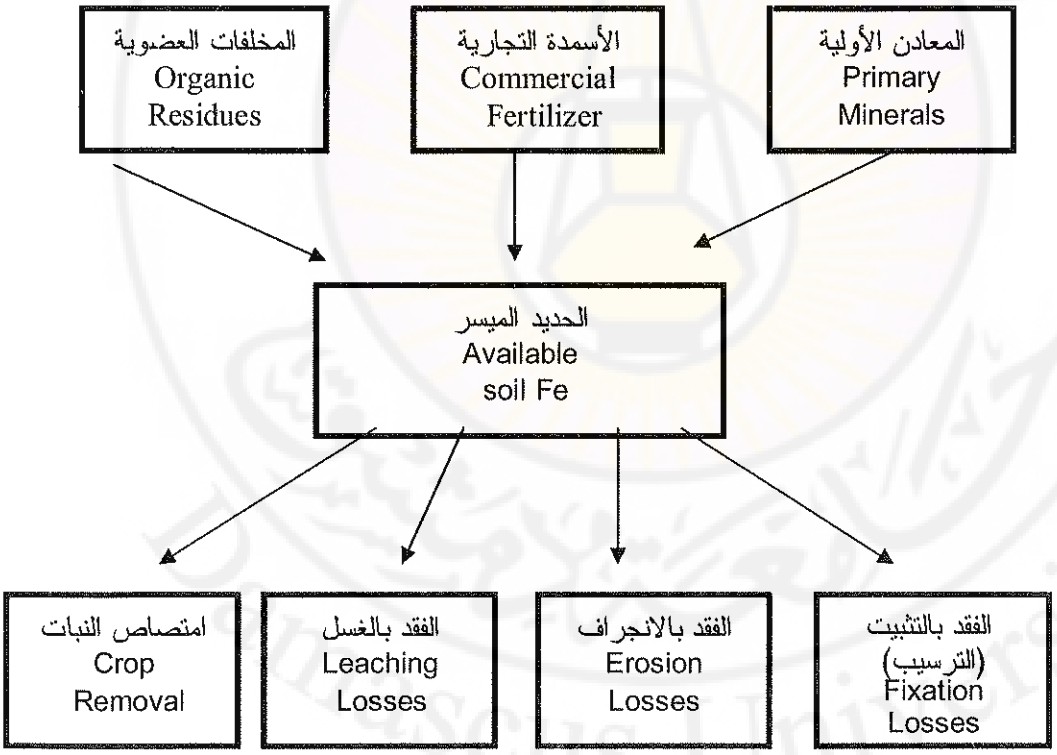
- درجة الحرارة: مع انخفاض درجة الحرارة ينخفض معدل نمو النبات، وأيضاً يقل معدل معدنة المادة العضوية والتى تساهم بجزء أساسي في الحديد الميسر نتيجة لقلة نشاط الكائنات الدقيقة تحت هذه الظروف ومن ثم يمكن ظهور الاصفرار الناتج من نقص الحديد الميسر.

2-مصادر كسب الحديد وفقده Gaines and Losses of Fe :

يبين المخطط (6) مصادر كسب وفقد الحديد في التربة، ويمكن من خلال هذا المخطط تصنيف هذه المصادر في مجموعتين:

2-1- مصادر الكسب:

تعدّ الصخور ومعادن التربة الأولية والثانوية من أهم مصادر كسب الحديد إضافة للأسمدة والمخلفات العضوية المضافة .



المخطط (6) مصادر كسب وفقد الحديد الميسر في التربة

2-2- مصادر الفقد:

يفقد الحديد من التربة عن طريق مايلي :

2-2--1-الامتصاص من قبل النبات Crop Absorption :

يعد امتصاص النبات للحديد أحد مصادر فقده من التربة. ، ويبين الجدول (21) الحدود الحرجة للحديد فى بعض النباتات:

الجدول (21) الحدود الحرجة للحديد فى بعض النباتات

المحصول	الجزء المأخوذ للتحليل	تركيز الحديد (جزء فى المليون)	
		حدود النقص	الحدود الطبيعية
الذرة	الأوراق الناضجة حديثاً	56-24	178-56
الأرز	الأوراق الناضجة حديثاً	63>	80<
فول الصويا	الأوراق	38-28	60-44
عباد الشمس	السيقان (في عمر 34 يوم)	80	113
القصةالحجازى	الأوراق الناضجة حديثاً بطول 15 سم من القمة	30>	400-30
القطن	الأوراق الناضجة حديثاً	50>	350-50

(عن الـ (FAO) سنة 1983

2-2-2- الفقد بالغسل Leaching Losses:

يتعرض الحديد للفقد بالغسل من الطبقة السطحية إلى الطبقات تحت السطحية خاصة في الترب الرملية، والترب ذات الـ pH المنخفض وتلعب معدلات الأمطار وكميات مياه الري دوراً في غسل هذا العنصر.

2-2-3- الفقد بالانجراف Losses by Erosion:

يحدث فقد للحديد بالانجراف الريحي أو المائي نتيجة لفقد غراويات التربة من الطبقة السطحية للتربة بوساطة عمليات الانجراف.

2-2-4- الفقد بالتثبيت Losses by Fixation:

يحدث تثبيت للحديد الذائب في ظروف الترب والكلسية والقلوية حيث يترسب الحديد على شكل $FeCO_3$ و $Fe(OH)_3$.

3-امتصاص النبات للحديد ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته:

3-1-امتصاص النبات للحديد Iron Uptake from Plant :

يمتص النبات الحديد في معظمه بصورة معدنية على شكل أيون حديد ثنائي Fe^{+2} ، وقسم قليل منه على شكل شيلات. وتبلغ نسبة الحديد الكلي (Total-Fe) فى النبات بين(50 و300)ppm مادة جافة. وتشير الدراسات إلى أن تركيز الحديد في الحمضيات يعد كافياً إذا بلغ (130) ppm. يحتاج النبات الحديد القابل للإفادة بكميات قليلة لا تتجاوز (0.5) ميكرغرام Fe/غرام تربة وتعدّ هذه الكمية صغيرة جداً إذا ما قورنت بمحتوى التربة الكلي من هذا العنصر الذي يقدر بـ (20000) ميكروغرام/غرام تربة، مما يعني ان مشكلة الحديد في التربة ليست مشكلة كمية، وإنما مشكلة جاهزية (تيسر). يوجد الحديد فى معظم النباتات وتتصف محاصيل الخضار الورقية بغناها بالحديد، وتحتوى الأوراق القديمة على الكمية العظمى من الحديد مقارنة بالأوراق الحديثة نظراً لكون هذا العنصر غير متحركٍ Immobile في النبات.

3-2-الوظائف الفيزيولوجية للحديد Physiological Functions:

يعد الحديد عنصراً مهماً للنبات، حيث يساهم في تركيب اليخضور،وأنزيمات الأكسدة والإرجاع وكذلك في بعض أنزيمات التنفس.

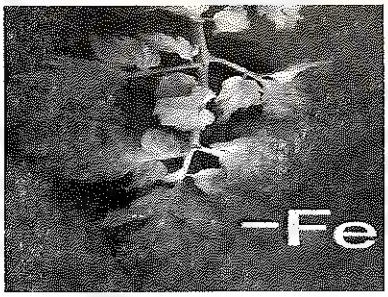
3-3-أعراض نقص الحديد:

تظهر أعراض نقص الحديد في الترب الكلسية والقلوية والمغسولة والترب الحامضية المستصلحة بإضافة المصلحات الكلسية مثل كربونات الكلسيوم، ومن المتوقع أن تظهر أعراض نقصه في النبات عندما ينخفض تركيزه فيه عن 50 مغ/كغ مادة جافة.

يعد الحديد عنصراً غير متحركٍ لذلك غالباً ما تظهر أعراض نقصه بداية على الأوراق الحديثة حيث تتجلى الأعراض في البداية بتلون الأوراق باللون الأخضر الفاتح، ومع استمرار النقص واستفحاله يتلون نصل الورقة باللون الأصفر بينما تبقى العروق خضراء اللون.أما في حالة النقص الشديد فيصبح لون الأوراق أبيض. وفي النجيليات يتجلى نقص الحديد على شكل خطوط موازية للعرق الوسطي.

3-3-1-أعراض نقص الحديد على الخضار:

أ- **البندورة Tomato:** تلون الأوراق الحديثة باللون الأخضر الفاتح ومع استمرار النقص يتلون نصل الورقة باللون الأصفر مع بقاء العروق خضراء. وفي الحالات الشديدة تصبح الأوراق بيضاء.

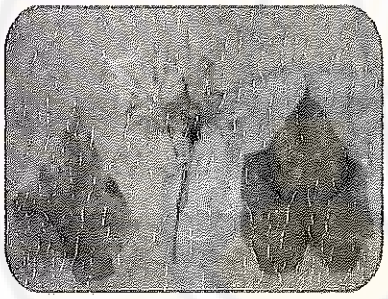


Damascus University

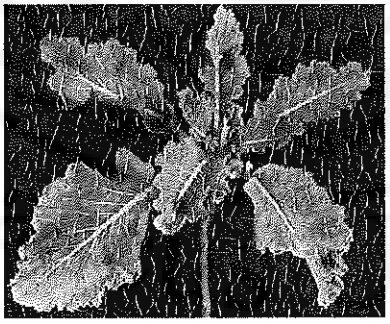
ب – البطاطاPotato: تلون الأوراق الحديثة باللون الأخضر الفاتح ومع استمرار النقص يتلون نصل الورقة باللون الأصفر مع بقاء العروق خضراء. وفي الحالات الشديدة تصبح الأوراق بيضاء.



جـ–الخيارCucumber: تظهر الأوراق الحديثة خضراء فاتحة إلى مصفرة بينما تبقى العروق خضراء.



د– العائلة الصليبية (القرنبيط):Caulflower Or Broccoli: تبدو الأوراق الحديثة مصفرة مع تبقع أبيض اللون .

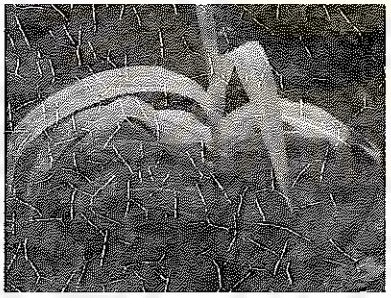


3-3-2-أعراض نقص الحديد على المحاصيل:

أ-النجيليات (القمح):Wheat : تلون الأوراق الحديثة باللون الأخضر الفاتح إلى المصفر وتلون نصل الورقة بالأصفر وظهور خطوط موازية للعرق الوسطي بلون أخضر .



ب-الذرة الصفراءMaize: تلون الأوراق الحديثة باللون الأخضر الفاتح إلى المصفر وتلون نصل الورقة بالأصفر كما تظهر العروق الأساسية بلون أخضر .



جـ- القطن Cotton: تلون الأوراق الحديثة باللون الأخضر الفاتح إلى المصفر وتلون نصل الورقة بالأصفر كما تظهر العروق الأساسية بلون أخضر .



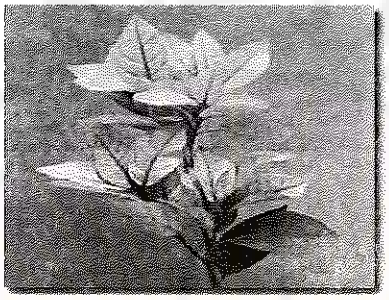
د- الشوندر السكري Sugar Beet: تلون الأوراق الحديثة باللون الأخضر الفاتح إلى المصفر وتلون نصل الورقة بالأصفر كما تظهر العروق الأساسية بلون أخضر.



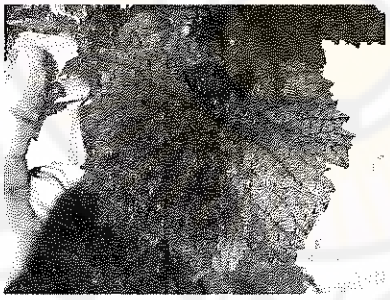
3-3-3-أعراض نقص الحديد على الأشجار:

أ-الحمضيات Citrus :

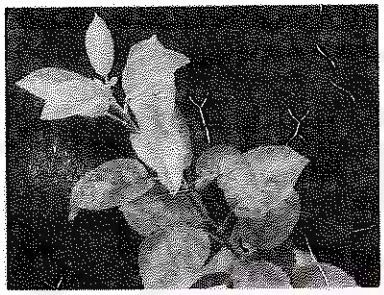
تلون الأوراق الحديثة باللون الأخضر الفاتح إلى المصفر وتلون نصل الورقة بالأصفر كما تظهر العروق الأساسية بلون أخضر أو تميل إلى الاحمرار في حالات النقص غير الشديد، وعند النقص الشديد تصبح الأوراق بيضاء .



ب-العنب Grape: تلون الأوراق الحديثة باللون الأخضر الفاتح إلى المصفر وتلون نصل الورقة بالأصفر وتبقى العروق خضراء .



جـ-التفاحApple : تلون الأوراق الحديثة باللون الأخضر الفاتح إلى المصفر وتلون نصل الورقة بالأصفر وتبقى العروق خضراء، وعند النقص الشديد تصبح الأوراق بيضاء مع احتراق حوافها وتساقطها قبل الأوان.



د-الدراقPeach: تلون الأوراق الحديثة باللون الأخضر الفاتح ومع استمرار النقص يتلون نصل الورقة باللون الأصفر مع بقاء العروق خضراء. وفي الحالات الشديدة تصبح الأوراق بيضاء.



ه- الزيتونOlive: تلون الأوراق الحديثة باللون الأخضر الفاتح ومع استمرار النقص يتلون نصل الورقة باللون الأصفر مع بقاء العروق خضراء. وفي الحالات الشديدة تصبح الأوراق بيضاء.

ويمكن معالجة أعراض نقص الحديد بإضافة أحد مركباته أو معقداته (الشيلات) رشاً على الأوراق (الجدول 22).

الجدول (22) – أهم أسمدة الحديد ومعدل وطريقة الإضافة

السماد	الرمز الكيميائي	نسبة الحديد %	معدل وطريقة الإضافة
كبريتات الحديدي	$FeSO_4.7H_2O$	20	يضاف رشاً Folior وبمعدل 0.5 – 1 كغ 500/Fe لتر/ هـ تعاد عند الضرورة
شيلات الحديد	Fe-EDTA	10	
	Fe-EDTA	12-9	
	Fe-EDDHA	6	
	Fe-HEDTA	9-5	

(عن ... Havlin، 2005)

3-4-أعراض زيادة الحديد (السمية):

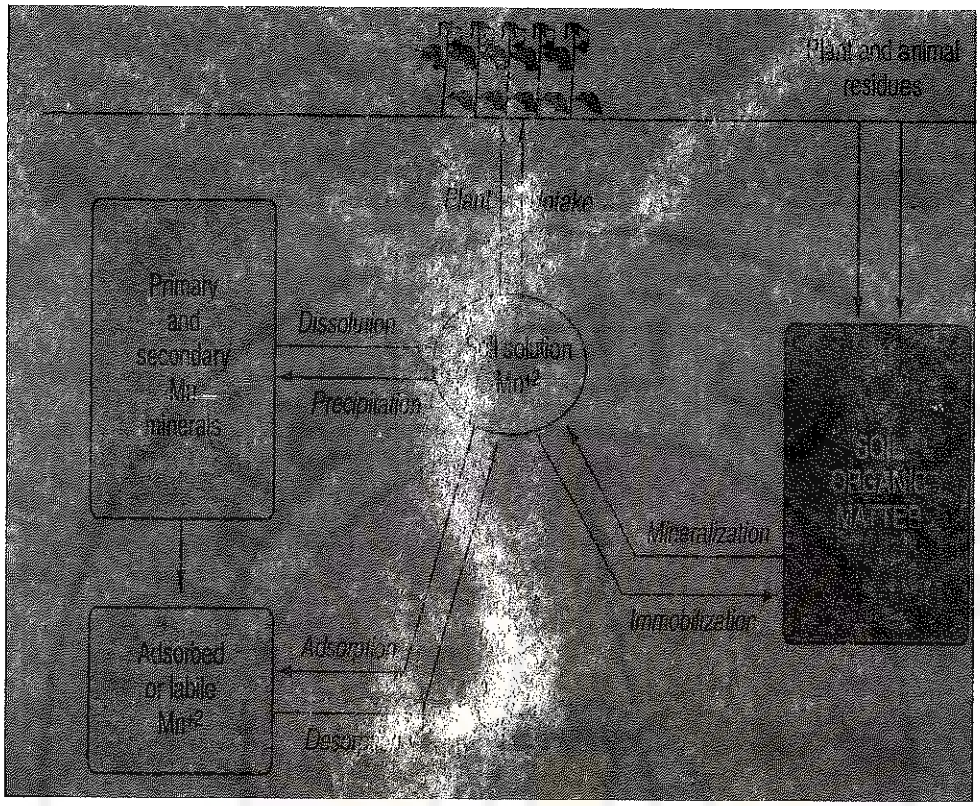
تظهر سمية الحديد في الترب شديدة الحموضة، وبعد إضافة كميات كبيرة من مركبات الحديد سهلة الذوبان، إلا أنه نادراً ما تظهر سمية الحديد في ظروف الترب الكلسية والقلوية . تتجلى أعراض السمية بتلون الأوراق باللون الأخضر الداكن أو الأخضر المزرق. أشارت الدراسات إلى أن تجاوز محتوى أوراق الأرز من الحديد 300 مغFe/ كغ مادة جافة أدى إلى السمية وظهور اللون البرونزي Bronzing الذي يتجلى على شكل بقع محمرة تتحول إلى البني تظهر على الأوراق القديمة (السفلية) للنبات أولاً.

2- المنغنيز Manganese:

1-دورة المنغنيز، محتواه في التربة وأشكاله.

1-1-دورة المنغنيز: The Manganese Cycle:

يتشابه المنغنيز مع الحديد فى صفاته الكيميائية والتراكيب الجيولوجية في الأرض، ويحتل المرتبة الثانية بعد الحديد من ناحية كميته فى مكونات القشرة الأرضية. ويراوح محتوى صخور وفلزات القشرة الأرضية من المنغنيز من (259 إلى 2000) مغ/كغ. يساهم المنغنيز في تغذية النبات من خلال دوره في تركيب اليخضور، وأنزيمات الأكسدة والإرجاع وكذلك بعض أنزيمات التنفس. يبين الشكل (20) دورة المنغنيز في التربة، حيث يمتص النبات المنغنيز الذائب من محلول التربة على شكل منغنيز ثنائي Mn^{2+} ويعرف بالشكل النشط. وبحدوث الأكسدة لهذه الشكل يتحول إلى الشكل الثلاثي ثم الرباعي. وقد يوجد المنغنيز مرافقاً للمادة العضوية بالتربة. ويمكن أن يكون المنغنيز الثنائى ذائباً تماماً فى محلول التربة أو مدمصاً على سطوح غرويات التربة سواءً المعدنية أم العضوية. ويوجد حالة من التوازن بين الشكل ثنائي التكافؤ والأشكال الأخرى عالية التكافؤ، وهذا الاتزان والتغير فى التكافؤ يحكمه ظروف الأكسدة والإرجاع في التربة. يتوقف مستوى المنغنيز الذائب في التربة على الـ pH، حيث يزداد هذا الشكل بانخفاض الـ pH. بينما فى الترب القلوية والترب جيدة التهوية يزداد وجود الأشكال عالية التكافؤ (غير الذائبة).



الشكل (20)- دورة المنغنيز في التربة

1-2-محتوى التربة من المنغنيز Soil Manganese Content:

تحتوي التربة على كمية من المنغنيز الكلي تراوح من (100 إلى 5000) مغ/كغ. يوجد المنغنيز في التربة على شكل أكاسيد وأكاسيد مائية وهيدروكسدات. ويكون محتوى الترب الرسوبية من هذا العنصر أعلى من محتوى الترب الكلسية والترب الرملية.

1-3-أشكال المنغنيز في التربة Forms of Soil Manganese:

1-3-1- المنغنيز المعدني (الفلزي) Inorganic- Mn:

يعود مصدر المنغنيز المعدني في الترب الزراعية إلى معادن (فلزات) التربة البيرولوسيت (Pyrolusite (MnO_2)، المنغنيت Manganite (MnO(OH) البرونيت Mn_2O_3 ..إلخ ويشكل الجزء الأكبر من محتوى التربة الكلي من المنغنيز.

1-3-2- المنغنيز المتبادل (المدمص) Exchangeable – Mn:

يكون هذا الشكل من المنغنيز مدمصاً على سطوح غرويات التربة سواءً المعدنية منها أم العضوية، ويشكل جزءاً قليلاً من المنغنيز الكلي في التربة. يزداد محتوى التربة من المنغنيز المتبادل مع انخفاض الـــPH، وقد يصل إلى أكثر من (1000) مغ/كغ في الترب شديدة الحموضة، بينما ينخفض هذا المحتوى مع ارتفاع الـــPH حيث يتأكسد إلى Mn^{4+} ويترسب على شكل MnO_2. ويمكن أن ينخفض تركيز المنغنيز المتبادل في الترب القلوية ليصل إلى (0.1) مغ/كغ.

1-3-3-المنغنيز الذائب في محلول التربة Soluble- Mn:

يعد هذا الشكل الأكثر أهمية للنبات حيث يكون Mn^{2+} ذائباً في محلول التربة. ويوجد هذا الشكل من المنغنيز في حالة توازن مع المنغنيز المتبادل من جهة، ومع البيروسيت MnO_2 والبرونيت Mn_2O_3 من جهة أخرى.

ويتوقف ظهور أعراض نقص المنغنيز على النباتات على الكمية الميسرة والتى تتحكم فيها عوامل عدة يمكن إيجازها فيما يلى :

1- درجة الـــ pH:

يؤدي ارتفاع pH التربة إلى خفض الكمية الميسرة من المنغنيز إلى الدرجة التى لا تسمح بإمداد النباتات النامية فى التربة من هذا العنصر حيث يتأكسد المزيد من المنغنيز الثنائى تحت هذه الظروف. و يتضح ذلك جلياً فى الترب الكلسية حيث محتوى تلك الترب من المنغنيز الكلى كبير، ولكن الكمية الميسرة منه قليلة جداً وذلك يرجع إلى ارتفاع pH هذه الترب حيث لوحظ انخفاض تركيز المنغنيز الذائب بمقدار(100) مرة لكل ارتفاع في pH التربة مقداره درجة واحدة. وعلى ذلك فمن المفيد استخدام الأسمدة ذات التأثير الحامضي والتى تزيد من المنغنيز الميسر نتيجة لخفضها pH التربة. كما يوجد تأثير آخر لـــ pH التربة، حيث يؤثر في نشاط الكائنات الدقيقة والتى لها دور مهم فى عمليتى الأكسدة والإرجاع حيث وجد أن هذه الكائنات تقوم بعملية الأكسدة عند قيم من pH حول(7) ويتحول Mn^{2+} إلى الشكل الثلاثي Mn^{3+}, والشكل الرباعي Mn^{4+} غير الميسرة للنبات. وعلى العكس

من ذلك فى الترب الحامضية حيث يزداد تيسر المنغنيز إلى الدرجة التى قد يصبح معها تركيزه فى محلول التربة ساماً مما يسبب مشاكل للنباتات النامية في تلك الترب.

2- المادة العضوية:

كما هو معروف تعمل المادة العضوية (المضافة بكميات مناسبة وبصورة متكررة لعدة أعوام) على خفض pH التربة التى تضاف إليها ومن ثم يكون من المتوقع أن يكون الوسط الحامضى هذا ملائماً لحدوث عملية الإرجاع ومن ثم تيسر المنغنيز للنبات، من جهة أخرى، ومع تحلل المادة العضوية تتحرر بعض الأحماض العضوية ذات الوزن الجزيئى المنخفض والتى تعمل كمركب مخلبى يرتبط مع المنغنيز ويجعله فى شكل قابل لإفادة للنبات. قد تعانى النباتات النامية فى الترب القلوية وذات المحتوى المرتفع من المادة العضوية من نقص المنغنيز وذلك لأن ارتفاع pH التربة يساعد على تكوين معقدات ثابتة للمنغنيز مع المادة العضوية مما يقلل من درجة تيسر هذا العنصر.

3- قوام التربة:

يكون محتوى الترب الرملية من المنغنيز الكلي قليلاً على نحو عام، وعلى ذلك يكون من المتوقع أن يكون المنغنيز الميسر بهذه الترب أيضاً قليلاً.

4- محتوى التربة من الرطوبة:

نظراً لأن المنغنيز من العناصر متعدّدة التكافؤ مثله مثل الحديد، فنجد أن ظروف التهوية تلعب دوراً أساسياً فى تحديد الكمية الميسرة من هذا العنصر (Mn^{2+}). وعلى ذلك يتبين أنه تحت ظروف التهوية السيئة ونقص الأكسجين تزداد كمية Mn^{2+} نتيجة حدوث عملية الإرجاع للأشكال عالية التكافؤ من المنغنيز، وتلعب المادة العضوية سهلة التحلل دوراً مهماً فى زيادة هذه الكمية وذلك لأن مع تحللها تنطلق الطاقة التى تستخدمها الكائنات الدقيقة المسؤولة عن عملية الإرجاع. وعلى ذلك فالنباتات المائية ومن أمثلتها الأرز قد لا تعانى من نقص المنغنيز لزيادة ذوبانة تحت هذه الظروف. كما أنه فى بعض المناطق يحدث فى وقتٍ واحد زيادة فى كلٍ من الكمية الميسرة نتيجة لظروف الإرجاع، والكمية المفقودة من هذه الشكل نتيجة لعملية الغسل، كما فى المناطق الرطبة الممطرة.

5- تأثير الأيونات المغذية الأخرى:

وجد أن هناك بعض الأيونات التى تؤثر سلباً في المنغنيز الممتص بوساطة النبات أي هناك ما يعرف باسم ظاهرة التضاد Antagonism بين المنغنيز وهذه الأيونات. ومن الأمثلة الواضحة فى هذا المجال التضاد مع أيون الحديد، حيث أن المستوى المرتفع من الحديد الميسر بالتربة يؤدى إلى ظهور أعراض نقص المنغنيز على النبات. ولقد أثبتت الدراسات بأن أقصى درجة لنمو النبات تحدث عندما تكون نسبة الحديد : المنغنيز Fe: Mn ratio فى وسط النمو تنحصر بين (1.5 -2.5). ففى حالة ارتفاع النسبة عن (2.5) تؤدى إلى ظهور أعراض نقص المنغنيز على النبات، بينما بانخفاض هذه النسبة عن (1.5) تظهر أعراض السمية لهذا العنصر.

6- العوامل المناخية:

تظهر أعراض نقص المنغنيز على النباتات النامية فى المناطق ذات المناخ البارد، وأيضاً في المناخ الجاف قد تعانى نقصاً فى امتصاص المنغنيز. وبالمقابل فإن زيادة شدة الضوء تزيد من المنغنيز الممتص.

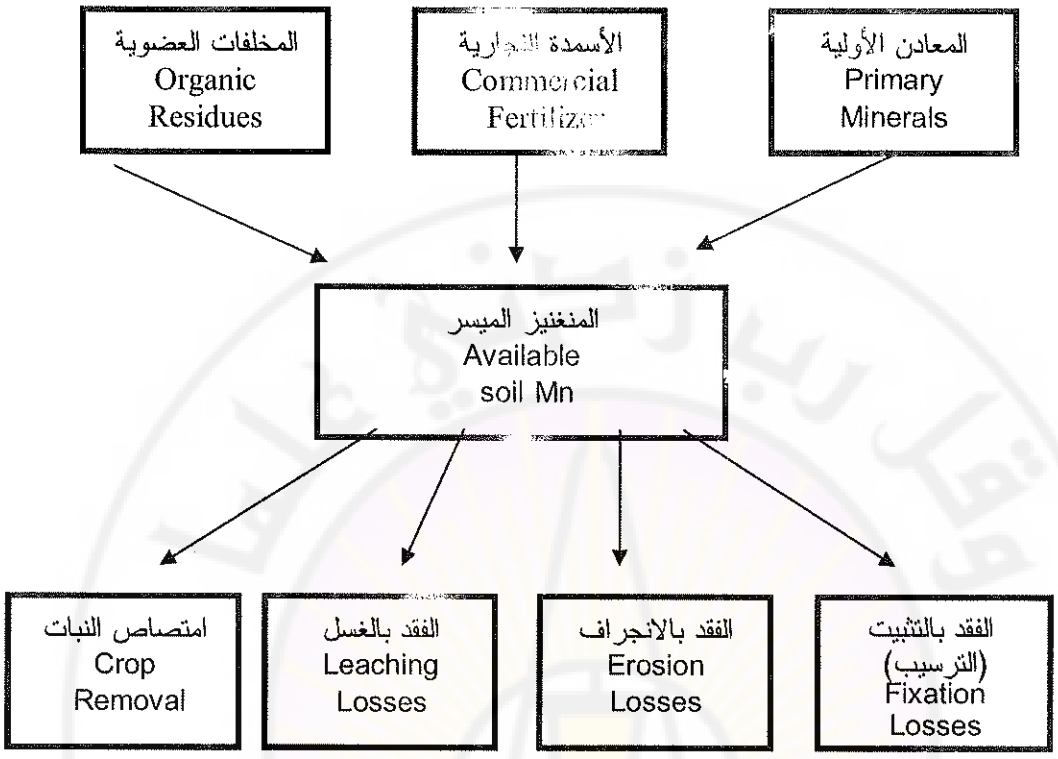
2- مصادر كسب المنغنيز وفقده Gaines and Losses of Mn :

يبين المخطط (7) مصادر كسب المنغنيز في التربة وفقده، ويمكن من خلال هذا المخطط تصنيف هذه المصادر في مجموعتين:

2-1- مصادر الكسب:

تعدّ الصخور ومعادن التربة الأولية والثانوية من أهم مصادر كسب المنغنيز إضافة للأسمدة والمخلفات العضوية المضافة .

Damascus University



المخطط (7) مصادر كسب وفقد المنغنيز الميسر في التربة

2-2- مصادر الفقد:

يفقد المنغنيز من التربة عن طريق مايلي :

2-2-1-الامتصاص من قبل النبات Crop Absorption :

يعد امتصاص النبات للمنغنيز أحد مصادر فقده من التربة. ، ويبين الجدول (23) الحدود الحرجة للمنغنيز فى بعض النباتات:

الجدول (23) الحدود الحرجة للمنغنيز فى بعض النباتات

المحصول	الجزء المأخوذ للتحليل	تركيز المنغنيز (جزء فى المليون)		
		حدود النقص	حدود الكفاية	حدود السمية
الفصة	القمة النباتية	10>	240- 62	1970-650
التفاح	الأوراق	15	30	-
الشعير	القمة النباتية	-	76-14	-
الفاصولياء	القمة النامية	68-32	207- 1340	-
الذرة	كيزان أوراق	-	84-19	-
القمح	القمة النامية	-	621-181	2561-395
الأرز	القمة النامية	20>	-	2500<
فول الصويا	القمة النامية	15>	35	-
الشوندر السكري	الأوراق	30-5	1700 -7	3020-1250
البندورة	الأوراق	6-5	398-70	-
القطن	القمة النامية	-	216-27	2920-1130
البرتقال	الأوراق	15	200-25	1000

(عن الـ (FAO) سنة 1983

2-2-2- الفقد بالغسل Leaching Losses:

يتعرض المنغنيز القابل للإفادة للفقد بالغسل خاصة في الترب الرملية، والترب ذات الـ pH المنخفض وتلعب معدلات الأمطار وكميات مياه الري دوراً في غسل هذا العنصر.

2-2-3- الفقد بالانجراف Losses by Erosion:

يحدث فقد للمنغنيز بالانجراف الريحي أو المائي نتيجة لفقد غراويات التربة من الطبقة السطحية للتربة بوساطة عمليات الانجراف.

2-2-4- الفقد بالتثبيت Losses by Fixation:

يحدث تثبيت للمنغنيز الذائب في ظروف الترب الكلسية والقلوية حيث يترسب المنغنيز على شكل أكاسيد المنغنيز الثلاثية والرباعية .

3-امتصاص النبات للمنغنيز ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته:

3-1-امتصاص النبات للمنغنيز Manganese Uptake from Plant:

يمتص النبات المنغنيز في معظمه بصورة معدنية على شكل أيون منغنيز ثنائي Mn^{+2} ، وقسماً قليلاً منه على شكل شيلات. ويبلغ تركيز المنغنيز الكلي (Total-Mn) فى النبات بين (20 و 500) مغ/كغ مادة جافة. تظهر أعراض نقص المنغنيز عند انخفاض التركيز عن (20) مغ/كغ. بينما تظهر أعراض السمية على النبات إذا زاد التركيز عن (500) مغ/كغ، ويشذ عن ذلك نبات الأرز، حيث وجد أن هذا النبات شديد التحمل لزيادة المنغنيز فى وسط النمو حتى إذا وصل التركيز إلى(2500)مغ/كغ.

3-2-الوظائف الفيزيولوجية للمنغنيز Physiological Functions:

يشابه المنغنيز الحديد في دوره في تغذية النبات حيث يساهم في تركيب اليخضور، وأنزيمات الأكسدة والإرجاع وأيضاً في بعض أنزيمات التنفس.

3-3-أعراض نقص المنغنيز:

تبدأ ظهور الأعراض أولاً على الأوراق حديثة النمو عند انخفاض تركيز المنغنيز فى النبات عن(20) مغ/كغ. ويمكن ذكر الظروف المشجعة على ظهور هذه الأعراض والتى تتمثل فى: انخفاض محتوى التربة من المنغنيز الميسر والمستخلص بمحلول DTPA عن(2)مغ/كغ، وفى الترب القلوية والمائلة للقلوية. وتتجلى هذه الأعراض: بظهور اصفرار بين عروق الأوراق الحديثة، ثم تنتشر بقع بنية لأنسجة ميتة موزعة على الورقة مع بقاء

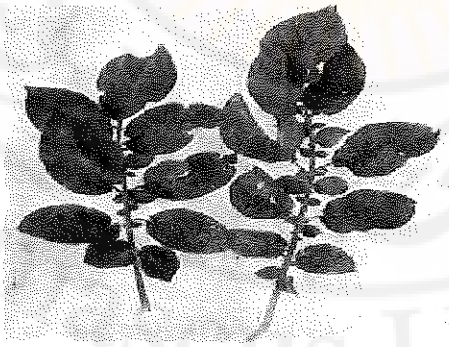
عروق الورقة خضراء داكنة (أي تبدو الورقة مبقعة كلوحة الشطرنج). تظهر منطقة ذات لون رمادى عند قاعدة الأوراق الصغيرة ثم تتحول إلى لون مصفر وفى النهاية تتحول إلى اللون البرتقإلى المصفر.

3-3-1-أعراض نقص المنغنيز على الخضار:

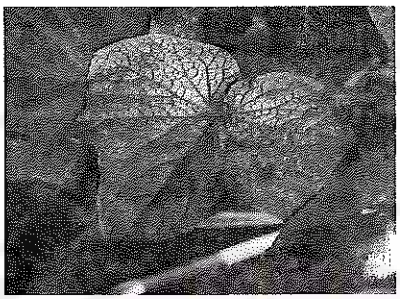
أ-البندورةTomato: تبدو الأوراق الحديثة مصفرة مع بقاء العروق خضراء مدة طويلة، ثم يتحول اللون الأصفر إلى اللون البني، وتزيد منطقة اللون البني بطول العروق مع زيادة النقص.



ب-البطاطاPotato: يظهر على الأوراق الحديثة مناطق خضراء باهتة بين العروق ثم تتحول إلى اللون البني، وتزيد منطقة اللون البني بطول العروق مع زيادة النقص، كما تتثقب الأوراق.



جـــ- الخيار Cucumber: يظهر على الأوراق الحديثة مناطق خضراء مصفرة بين العروق خاصة في الجزء الأوسط والسفلي من الورقة، مع بقاء العروق خضراء.



د- العائلة الصليبية (الملفوف) Cabbage: يظهر على الأوراق الحديثة، مناطق خضراء رمادية بين العروق خاصة في الجزء الأوسط والسفلي من الورقة، مع بقاء العروق خضراء.



Damascus University

3-3-2-أعراض نقص المنغنيز على المحاصيل:

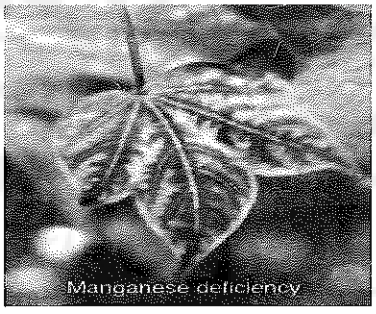
أ-النجيليات (القمح)Wheat: يظهر على الأوراق الحديثة، بقع رمادية أو خطوط صفراء موازية للعروق في الجزء الأوسط والسفلي من الورقة،



ب-الذرةMaize: يظهر على الأوراق الحديثة، خطوط صفراء أو بيضاء مع بقاء العروق خضراء.



- **جـ- القطنCotton:** تبدو الأوراق الحديثة بلون رمادى مصفر أو رمادى محمر مع بقاء العروق خضراء لمدة زمنية طويلة.

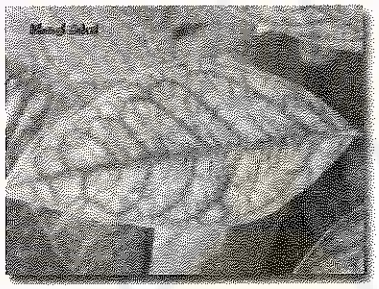


د- الشوندر السكري Sugar Beet: يظهر على الأوراق الحديثة بقع صفراء مع اختفاء اللون الأخضر لحواف الورقة وبقاء العروق خضراء.(الورقة اليمنى).



3-3-3-أعراض نقص المنغنيز على الأشجار:

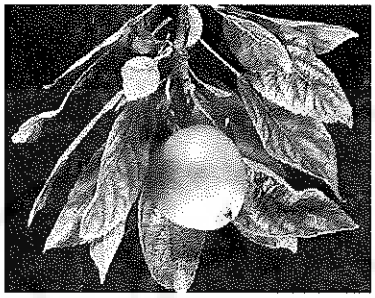
أ-الحمضيات Citrus : يظهر على الأوراق الحديثة بقع أو نقط خضراء مصفرة غير منتظمة بين العروق خاصة في الجزء الأوسط والسفلي من الورقة، مع بقاء العروق خضراء.



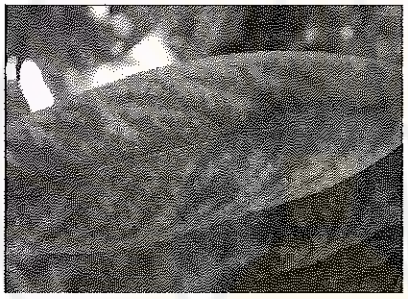
ب-العنب Grape: يظهر على الأوراق الحديثة، اصفرار على شكل بقع ثم ينتشر في كامل الورقة مع بقاء العروق خضراء.



جـ- التفاح Apple : تبدو الأوراق الحديثة بلون رمادى مصفر أو رمادى محمر مع بقاء العروق خضراء لمدة طويلة.



د- الدراقPeach: يظهر على الأوراق الحديثة نقط خضراء مصفرة بين العروق ، مع بقاء العروق خضراء لمدة طويلة.



ه- الزيتونOlive:: تظهر الأعراض أولاً على الأوراق الحديثة و مشابه لنقص الحديد ويكون نصل الورقة أصفر والعروق خضراء مع وجود بعض النخور والبقع الصفراء.
(ويمكن معالجة أعراض نقص المنغنيز بإضافة أحد مركباته أو معقداته (الشيلات) رشاً على الأوراق (الجدول 24).

Damascus University

الجدول (24) – أهم أسمدة المنغنيز ومعدل الإضافة وطريقتها

السماد	الرمز الكيميائي	نسبة المنغنيز %	معدل الإضافة وطريقتها كغMn/هـ		
			نثراً Broadcast	تكبيشاً Banded	رشاً Folior
كبريتات المنغنيز	$MnSO_4.4H_2O$	28	40–15	10–2	0.3–0.1
شيلات المنغنيز	Mn-EDTA	12	–	–	0.5–0.2

(عبيد ••• ••••، Havlin، 2005)

3-4-أعراض زيادة المنغنيز (السمية):

تظهر سمية المنغنيز في الترب شديدة الحموضة، وبعد إضافة كميات كبيرة من مركبات المنغنيز سهلة الذوبان، إلا أنه نادراً ما تظهر سمية المنغنيز في ظروف الترب الكلسية والقلوية. تتجلى أعراض السمية بظهور بقع صفراء اللون على الأوراق القديمة للنبات ثم تتحول إلى بقع بنية سوداء اللون محاطة بهالة صفراء باهتة.

Damascus University

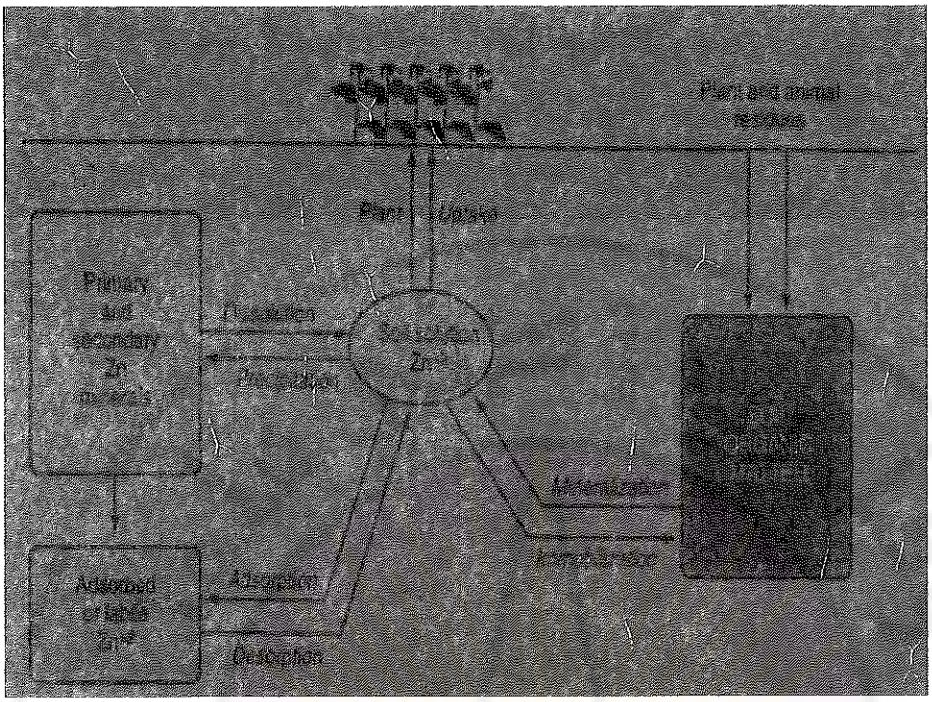
3- الزنك:Zinc

1-دورة الزنك، محتواه في التربة وأشكاله.

1-1-دورة الزنك The Zinc Cycle:

يبلغ تركيز الزنك في القشرة الأرضية 80 مغ/كغ، أما محتواه في التربة فيرتبط بالصخرة الأم. يساهم الزنك في تغذية النبات من خلال دوره في تكوين هرمونات نمو الخلايا، والأنزيمات وبعض الأحماض الأمينية.

يبين الشكل (21) دورة الزنك في التربة، حيث يمتص النبات الزنك الذائب من محلول التربة على شكل زنك ثنائي Zn^{2+}. ويعود هذا الزنك إلى التربة بتحلل المخلفات النباتية والحيوانية وتمعدن المادة العضوية وكذلك تساهم تجوية الصخور في تزويد التربة بالزنك. يمكن للزنك الذائب في محلول التربة أن يدمص على غرويات التربة المعدنية والعضوية ويمكن أن يتأكسد بارتفاع الـ pH ويتحول إلى هيدركسيد الزنك $Zn(OH)_2$ ضعيف الدوبان.



الشكل (21)- دورة الزنك في التربة

1-2-محتوى التربة من الزنك Soil Zinc Content:

تحتوي التربة على كمية من الزنك الكلي تراوح من 10 إلى 300 مغ/كغ وبمتوسط عام 60 مغ/كغ. وبشكل عام لا تعبر الكمية الكلية للعنصر فى التربة على مدى حاجة النبات إلى التسميد من هذا العنصر من عدمه ، حيث يتوقف ذلك على الكمية الميسرة والصالحة للامتصاص بوساطة النبات .

1-3-أشكال الزنك في التربة Forms of Soil Manganese:

1-3-1- الزنك المعدني (الفلزي) Inorganic- Zn:

يعود مصدر الزنك المعدني فى الترب الزراعية إلى بعض المعادن مثل: الأوجيت Augite ، الهورنبلند Hornblende والبيوتيت Biotite . ويوجد أيضاً على شكل أملاح مثل: سفاليريت Sphalarite (ZnS) ؛ الزنكيت Zincite (ZnO) وسميثونيت Smithsonite ($ZnCO_3$) ، وايلميت Willemite $ZnSiO_3$، كما يمكن أن يدخل الزنك في تركيب معادن الطين عن طريق احلاله محل المغنزيوم أو الحديد الثنائي في ثمانيات الوجوه.

1-3-2- الزنك المتبادل (المدمص) Exchangeable-Zn:

يكون هذا الشكل من الزنك مدمصاً على سطوح غرويات التربة سواء المعدنية منها أم العضوية، بالأشكال التالية: $^{+}$(ZnCl) و $^{+}$(ZnOH) و Zn^{2+} ، كما يمكن أن تدمص على سطوح أكاسيد الحديد والألمنيوم بالشكال التالية: $^{-}$}(ZnCl)} و $^{-}$} $ZnCl_3$} $^{2-}$} $ZnCl_4$}. تقدر كمية هذا الشكل من الزنك بـــ (0.1-2) مغ/كغ.

1-3-3- الزنك على شكل معقدات عضوية Organic omplexs-Zn:

يرتبط الزنك مع الأحماض العضوية ويشكل معقدات عضوية ذائبة مع الأحماض الأمينية والفولفية، وأخرى معقدات غير ذائبة مع الأحماض الهيومية.

1-3-4-الزنك الذائب في محلول التربة Soluble- Zn:

يعد هذا الشكل الأكثر أهمية للنبات حيث يكون Zn^{2+} ذائباً في محلول التربة. ويوجد هذا الشكل من الزنك في حالة توازن مع الشكل المتبادل حيث يشكلان الزنك الميسر للنبات وإن كان هناك جزء قليل من الزنك غير المتبادل والموجود داخل تركيب المعادن قد لا يفى بحاجة النبات حيث يتحرر بمعدل بطيء أثناء حدوث تجوية لهذه المعادن. بصفة عامة وفى معظم الترب فإن الكمية الذائبة فى محلول التربة لا تتعدّى أجزاءً قليلة من المليون (0.002 -0.2}. وهناك عوامل عدة تؤثر في سلوك ودرجة تيسر الزنك الذائب فى التربة وتشمل:

- الـــ pH:

درجة تيسر الزنك بدرجة كبيرة على pH التربة، حيث يزداد تيسره بانخفاض الـــpH، ويتضح ذلك فى الترب الحامضية. وعلى العكس من ذلك يلاحظ فى الترب القلوية انخفاض كمية الزنك الميسرة حيث وجد أن تركيز الزنك يقل 100 مرة مع كل وحدة زيادة فى قيمة الـــpH. ويعزى ظهور أعراض نقص الزنك على النباتات النامية فى الترب الكلسية إلى هذا السبب بصورة أساسية. وعلى ذلك فأى عامل يؤثر في خفض أو رفع الـــpH من شأنه أن يؤثر على زيادة أوانخفاض درجة تيسر الزنك للنبات. فمثلاً إضافة الكلس للترب الحامضية يرفع الـــpH، ومن ثم يقلل من تيسر هذا العنصر، بينما الاستخدام المستمر للأسمدة ذات التأثير الـ ـي الحامضي مثل كبريتات الأمونيوم يؤدى إلى خفض الـــpH ، ومن ثم

زيادة تيسر الزنك. وفى بعض الترب الحامضية يزداد التيسر لدرجة وصول التركيز لدرجة السمية. وعموماً وجد أن أفضل pH تربة يكون عنده الزنك ميسراً هو في مدى من(5.5 – 6.5).

2- المادة العضوية:

مع تحلل المادة العضوية بالتربة تنطلق المركبات العضوية والتي تعمل عمل المركبات المخلبية مما تزيد من تيسر الزنك. وأوضحت كثير من الدراسات أن الترب الفقيرة فى المادة العضوية تعاني من نقص فى الزنك الميسر، وتزداد الكمية الميسرة فى التربة نفسها مع إضافة المادة العضوية. وقد يختلف تأثير المادة العضوية في تيسر الزنك حسب نوع المركب الناتج من التحلل والمرتبط مع الزنك. فالأحماض العضوية ذات الوزن الجزيئى المنخفض مثل الأحماض الفولفية Fulvic acids تكون معقدات زنك ذائبة فى الماء، بينما المركبات ذات الوزن الجزيئى المرتفع مثل اللجنين والمركبات التى تحوى أحماض هيومية Humic acids تكون معقدات غير ذائبة فى الماء. ويلاحظ أن إضافة المادة العضوية للترب القلوية والكلسية يزيد من تيسر الزنك بها سواءً بطريقة مباشرة أم غير مباشرة عن طريق خفض pH التربة.

3- كربونات الكلسيوم:

كثير من الأبحاث أوضحت أن هناك تأثيراً سلبياً لكربونات الكلسيوم على تيسر الزنك فى التربة الزراعية. وهناك عديد من التفسيرات التي توضح هذا التأثير ومنها: أولاً: تأثير غير مباشر وذلك لتأثير كربونات الكلسيوم على رفع pH التربة. ثانياً: قد يحدث تفاعل بين الكربونات والزنك وخاصةً فى حالة وجود كربونات المغنزيوم (المغنيزيت $MgCO_3$ والدولوميت $MgCa(CO_3)_2$) وذلك بإحلال الزنك محل المغنزيوم الموجود بهذه المركبات. ثالثاً: حدوث ادمصاص للزنك على سطوح كربونات الكلسيوم، ومن ثم تقل الكمية الميسرة.

4- تأثير قوام التربة:

تعدّ الترب الخفيفة خشنة القوام ذات قدرة قليلة على الاحتفاظ بالزنك، وعلى ذلك فإن الترب الرملية يعانى النبات النامي فيها من نقص الزنك، بينما العكس فى الترب الطينية ناعمة القوام. ولقد وجد أن لبعض معادن الطين القدرة على ادمصاص الزنك على سطوحها، بل

أكثر من ذلك فإنه قد يحدث تثبيت للزنك ويصبح فى صورة غير صالحة للنبات، فمعادن البروسيت Brucite والفيرميكيولايت Vermiculite، وأيضاً الطين المشبع بالمغنزيوم Mg-aturated Clay تكون قدرتها على تثبيت الزنك مرتفعة بالمقارنة بمعادن المسكوفيت Muscovite، البينتونايت Bentonite، الكاؤولينيت Kaolinite، البيروفيلليت Pyrophillite والبيوتيت Biotite فإنها ذات قدرة محدودة على التثبيت. كما تلعب الأكاسيد الحرة فى الترب الحامضية دوراً أساسياً فى تقليل درجة تيسر الزنك.

5- تأثير مستوى الفوسفات فى التربة:

يؤدي التركيز المرتفع من الفوسفات الذائبة، سواءً الموجودة أصلاً بالتربة Native phosphorus أم الناتجة عن التسميد الزائد بالفوسفات يؤدى إلى تأثير عكسي على الزنك كعنصر مغذى لعديد من المحاصيل. ويكون التضاد Antagonistic واضحاً فى الترب الكلسية. وهناك تفسيرات عدة لذلك:

أولاً: قد يحدث ترسيب للزنك فى صورة فوسفات الزنك $Zn_3(PO_4)_2$ وهي مركبات قليلة الذوبان وقد عُد هذا المركب المسؤول عن نقص الزنك الميسر فى كثير من الترب.

ثانياً: إن قدرة الفوسفور على زيادة النمو النباتي تفوق كثيراً قدرة الزنك وهذا بالطبع يؤدي إلى انخفاض تركيز الزنك فى النبات وخاصةً فى القمم النامية ، كنتيجة لتأثير التخفيف Dilution effect .

ثالثاً: حدوث اضطراب حيوي داخل النبات لعدم حدوث التوازن المطلوب بين العنصرين داخل النبات، أي أن الفوسفور يشجع على ظهور أعراض نقص الزنك بسبب عدم التوازن بين نسبة الفوسفور إلى الزنك P/Zn وهذا نتيجة اختلاف معدل حركة الزنك والفوسفور من الجذر إلى القمة.(الفوسفور متحرك داخل النبات بينما الزنك غير متحرك).

رابعاً: فسر بعض الباحثين السبب أنه يرجع إلى تكوين معقدات بين الزنك والبروتين داخل المجموع الجذرى وأن الفوسفور يشجع على تكوين هذه المعقدات.

خامساً: حدوث إعاقة لامتصاص الزنك نتيجة لزيادة تركيز الكلسيوم فى محلول التربة مع إضافة الأسمدة الفوسفاتية .

6- تأثير الأسمدة الآزوتية:

أشارت نتائج كثير من الباحثين أن إضافة الأسمدة الآزوتية تؤدى إلى نقص الزنك الميسر للنبات، ومن ثم تظهر أعراض نقص هذا العنصر على النباتات. وهناك تفسيرات عدة منها: أن الزنك يتحد مع النترات ويتكون نترات الزنك وهو مركب عالٍ فى درجة ذوبانه فى الماء، ومن ثم يتحرك مع مياه الصرف ويحدث غسل للزنك من منطقة نمو الجذور، ومن جهة أُخرى فإن نترات الزنك المتكونة تكون مصدراً لإمداد النبات بالزنك الميسر. أما التفسير الآخر هو قابلية النبات لتثبيت الزنك فى المجموع الجذرى وذلك عن طريق تكوين معقدات مع البروتينات غير متحركة Immobile Zn-protein complexes، ومن ثم تتقيد حركة الزنك داخل النبات وتظهر الأعراض على النموات الحديثة. وتجدر الإشارة أن الأسمدة الآزوتية ذات التأثير الحامضى تزيد من تيسر الزنك وذلك نتيجة لخفض الـpH والعكس مع الأسمدة قاعدية التأثير.

2-مصادر كسب الزنك وفقده Gaines and Losses of Zn :

يبين المخطط (8) مصادر كسب المنغنيز في التربة وفقده، ويمكن من خلال هذا المخطط تصنيف هذه المصادر في مجموعتين:

2-1- مصادر الكسب:

تعدّ الصخور ومعادن التربة الأولية والثانوية من أهم مصادر كسب الزنك إضافة للأسمدة والمخلفات العضوية المضافة .

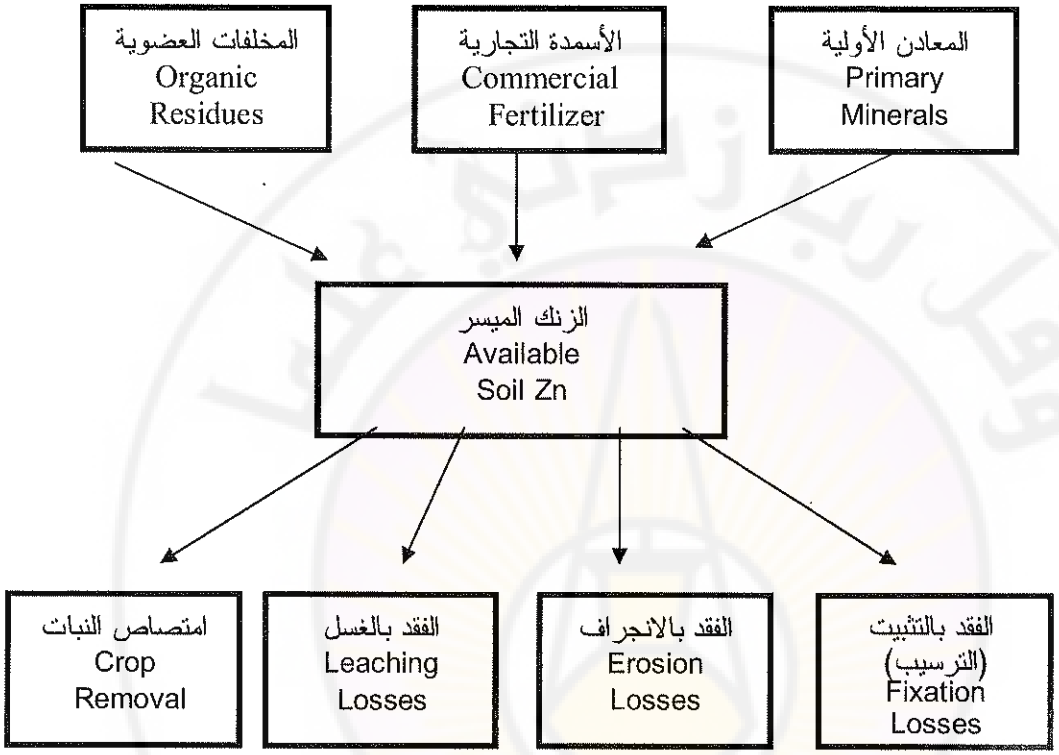
2-2- مصادر الفقد:

يفقد الزنك من التربة عن طريق مايلي :

Damascus University

2-2-1-الامتصاص من قبل النبات Crop Absorption :

يعد امتصاص النبات للزنك أحد مصادر فقده من التربة. ، ويبين الجدول (25) الحدود الحرجة للزنك فى بعض النباتات:



المخطط (8) مصادر كسب وفقد الزنك الميسر في التربة

2-2-2- الفقد بالغسل Leaching Losses:

يتعرض الزنك القابل للإفادة للفقد بالغسل خاصة في الترب الرملية، والترب ذات الـ pH المنخفض وتلعب معدلات الأمطار وكميات مياه الري دوراً في غسل هذا العنصر.

2-2-3- الفقد بالانجراف Losses by Erosion:

يحدث فقد للزنك بالانجراف الريحي أو المائي نتيجة لفقد غراويات التربة من الطبقة السطحية للتربة بوساطة عمليات الانجراف.

2-2-4- الفقد بالتثبيت Losses by Fixation:

يحدث تثبيت للزنك الذائب في ظروف الترب الكلسية والقلوية حيث يترسب الزنك على شكل أكاسيد الزنك أو كربونات أو قد يحدث ترسيب للزنك فى صورة فوسفات الزنك Zn3(PO4)2 وكذلك عن طريق ادمصاصه على سطوح معادن الطين. .

الجدول (25) الحدود الحرجة للزنك فى بعض النباتات

المحصول	الجزء المأخوذ للتحليل	تركيز الزنك (جزء فى المليون)		
		حدود النقص	حدود الكفاية	حدود السمية
الفصة	االأوراق	8-0	14-9	+14
التفاح	الأوراق	20 - 0	50 - 21	51 +
الشعير	الأوراق	10-0	20-11	150 - 71
الذرة	الأوراق	10-0	20-11	150 - 71
القمح	الأوراق	10-0	20-11	150 - 71
الأرز	الأوراق	10 - 0	20 - 11	-
فول الصويا	الأوراق	10-0	20-11	150 - 71
الشوندر السكري	الأوراق	10-0	20-11	150 - 71
البندورة	الأوراق	10-0	20-11	121 - 20
القطن	االأوراق	20-0	30 - 20	+80
البرتقال	الأوراق	15-0	25-16	+80
العنب	الأوراق	30 - 0	50 - 31	+51

(عن الـ FAO، 1983)

3-امتصاص النبات للزنك ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته:

3-1-امتصاص النبات للزنك Zinc Uptake from Plant:

يمتص النبات الزنك على شكل أيون زنك ثنائي Zn^{2+}، وكذلك على شكل شيلات. ويبلغ تركيز الزنك الكلي (Total-Zn) فى النبات بين 20 و 80 مغ/كغ مادة جافة. تظهر أعراض نقص الزنك عند انخفاض التركيز عن 20 جزءاً فى المليون. بينما تظهر أعراض السمية على النبات إذا زاد التركيز عن 80 جزءاً فى المليون، يلاحظ ارتفاع محتوى الجذور من الزنك مقارنة بالأعضاء النباتية الأخرى.

3-2-الوظائف الفيزيولوجية للزنك Physiological Functions:

يساهم الزنك في في تكوين هرمونات نمو الخلايا، والأنزيمات وبعض الأحماض الأمينية. كما له دوراً في تمثيل الكربوهيدرات وتصنيع البروتينات.

3-3-أعراض نقص الزنك:

يعدّ الزنك بطيء الحركة لذلك تظهر أعراض نقصه أولاً على الأوراق حديثة النمو عند انخفاض تركيزه فى النبات عن 20 جزءاً فى المليون. هناك اختلاف كبير بين النباتات المختلفة فى درجة حساسيتها للزنك الميسر فى التربة، فمثلاً عند تركيز معين من الزنك الميسر فى التربة قد يعانى نبات معين من نقص الزنك، بينما لا نجد ذلك مع نباتات أخرى وتعدّ النباتات التالية أكثر ها حساسية لنقص الزنك: الحمضيات، أشجار الفاكهة المتساقطة، العنب، الفاصوليا، فول الصويا، الذرة، الأرز، الكتان والبصل.

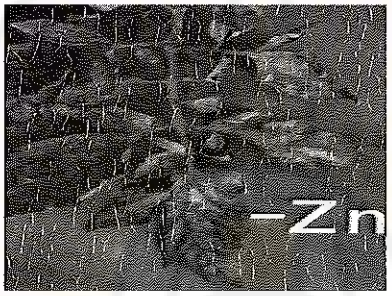
بشكل عام تتجلى أعراض النقص بـــ :

اصفرار بين عروق الأوراق الحديثة، ثم يتميز بعد ذلك بظهور بقع بنية لأنسجة ميتة منتشرة على الورقة مع بقاء عروق الورقة خضراء داكنة (أى تبدو الورقة مبقعة(مبرقشة) كلوحة الشطرنج). تظهر منطقة ذات لون رمادى عند قاعدة الأوراق الصغيرة ثم يتحول إلى لون مصفر وفى النهاية يتحول إلى اللون البرتقالى المصفر.

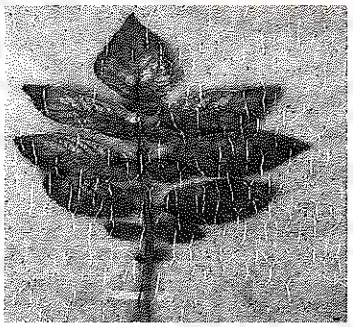
وفى بعض المحاصيل يمكن ظهور بقع بنية تشبه الصدأ. ويمكن ظهور أوراق صغيرة الحجم على قمة الساق (حدوث ما يعرف بظاهرة التورد)، كما يمكن أن يصبح النبات متقزماً نتيجة لصغر طول السلاميات بالساق. ويمكن استعراض أعراض النقص على نباتات بعض المحاصيل الاقتصادية الهامة:

3-3-1-أعراض نقص الزنك على الخضار:

أ-البندورةTomato: يظهر على الأوراق الحديثة بقع صفراء تصبح بنية مع اختفاء اللون الأخضر لحواف الورقة وبقاء العروق خضراء، كما يصغر حجم ثمار البندورة ويقل عددها.



ب-البطاطاPotato: يظهر على الأوراق الحديثة بقع صفراء في حواف الورقة ويمتد إلى نصلها مع بقاء العروق خضراء كما تأخذ الأوراق الشكل الفنجاني حيث تنثنى حوافها للأعلى.



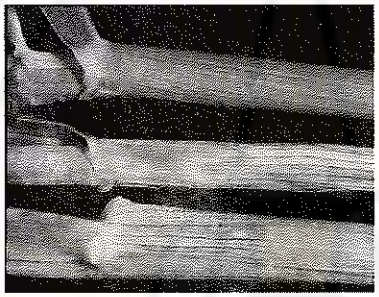
جـ-الخيار Cucumber: يظهر على الأوراق الحديثة بقع صفراء بين العروق مع بقاء أجزاء حول العروق خضراء، وغالباً ما تكون الأوراق الحديثة قصيرة وصغيرة في مجموعات وردية.

د- العائلة الصليبية (القرنبيط) Broccoli Or Caulflower:

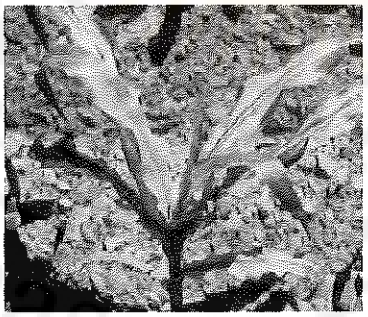
يظهر على الأوراق الحديثة بقع صفراء بين العروق مع بقاء أجزاء حول العروق خضراء، وغالباً ما تكون الأوراق الحديثة قصيرة وصغيرة في مجموعات وردية.

3-3-2-أعراض نقص الزنك على المحاصيل:

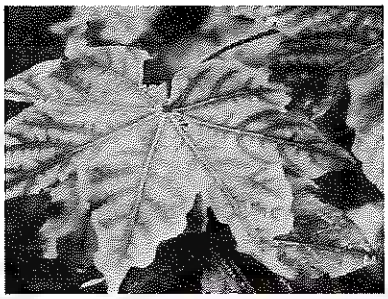
أ-النجيليات (القمح) Wheat: تظهر الأوراق الحديثة بلون أخضر شاحب إلى مصفر يتحول فيما بعد إلى بني أو رمادي.



ب-الذرة Maize: اصفرار نسيج الأوراق الحديثة بين العروق ويتغير اللون الأخضر ما بين الأخضر الشاحب والأبيض، ظهور مرض القمة البيضاء للذرة White Tip of Corn .



جـــ- القطن Cotton : ظهور بقع صفراء إلى بني خفيف مع اختفاء اللون الأخضر لحواف الورقة الحديثة وبقاء العروق خضراء. ويمكن لاحقاً ان تلتف الأوراق إلى الأعلى وتأخذ شكل الوريدة



د- الشوندر السكري Sugar Beet:

ظهور بقع صفراء بين العروق مع بقاء أجزاء حول العروق خضراء. وغالباً ما تكون الأوراق الحديثة قصيرة وصغيرة وتأخذ شكل الوريدة.

3-3-3-أعراض نقص الزنك على الأشجار:

أ-الحمضيات Citrus : موت أطراف الأغصان، وظهور بقع زيتية صفراء مع خضراء (تبرقش) على الأوراق الحديثة.



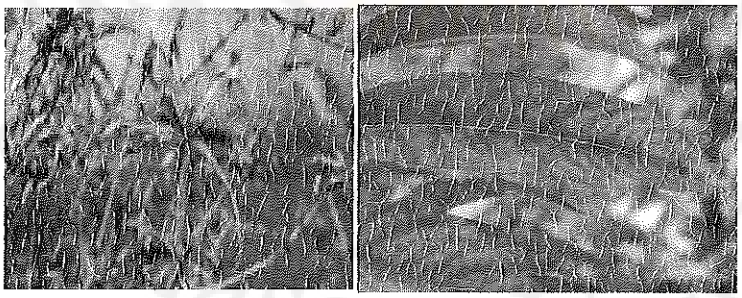
ب-العنبGrape: يظهر على الأوراق الحديثة اصفراراً بدءاً من حوافها مع تبرقش بين الأصفر والأخضر.



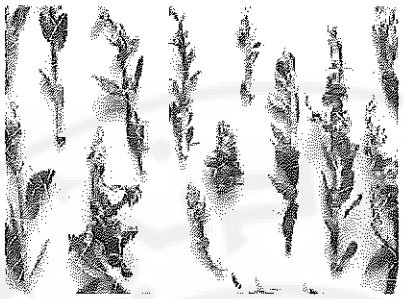
جـ-التفاحApple: يظهر على الأوراق الحديثة اصفراراً في نهاية الورقة و تكون الأوراق صغيرة وومتطاولة تأخذ شكل الوريدة.



د-الدراقPeach: يظهر على الأوراق الحديثة اصفراراً في نهاية الورقة ووسطها مع بقاء العروق خضراء وينتهي بمرض الوريدة.



ه- الزيتونOlive: يظهر على الأوراق الحديثة بقع صفراء وأوراق خضراء شاحبة صغيرة ومتطاولة وتنتهي بمرض الوريدة.



ويمكن معالجة أعراض نقص الزنك بإضافة أحد مركباته أو معقداته (الشيلات) رشاً على الأوراق (الجدول 26).

الجدول (26) – أهم أسمدة الزنك ومعدل الإضافة وطريقتها

السماد	الرمز الكيميائي	نسبة الزنك %	معدل الإضافة وطريقتها كغZn/هـ		
			نثراً Broadcast	تكبيشاً Banded	رشاً Folior
كبريتات الزنك	$ZnSO_4$	40	10-4	2-1	0.5 كغZn/100لتر/هـ
شيلات الزنك	Zn-EDTA	14	–	–	

(عن Havlin ، 2005)

3-4-أعراض زيادة الزنك (السمية):

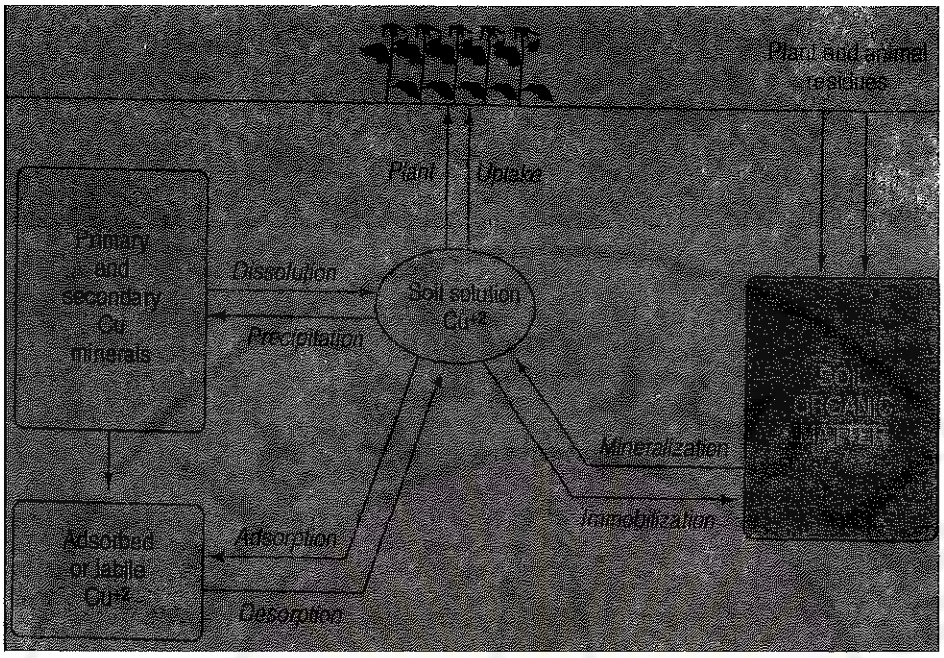
تظهر سمية الزنك في الترب شديدة الحموضة، وبعد إضافة كميات كبيرة من مركبات الزنك سهلة الذوبان، إلا أنه نادراً ما تظهر سمية الزنك في ظروف الترب الكلسية والقلوية . وتتباين النباتات في درجات تحملها لزيادة الزنك، لوحظ أن نبات الذرة الصفراء يتحمل تراكيز زائدة من الزنك بمئات المرات عن التركيز الطبيعي وغالباً ما تكون أعراض السمية بالزنك مشابهة لما هي عليه في المنغنيز والتي تتمثل باصفرار الأوراق القديمة مع بقاء العروق خضراء مدة طويلة يعقبه ظهور بقع ميتة بلون بني، وقد يترافق ذلك باحتراق حواف الأوراق..

4-النحاس Copper :

1-دورة النحاس، محتواه في التربة وأشكاله.

1-1-دورة النحاس: The Copper Cycle:

تعدّ الترب الناشئة من الصخور النارية القلوية كالبازلت غنية بالنحاس إذ تحتوي على 100 جزء فى المليون نحاس، بينما تحتوي الصخور النارية الحمضية على كميات قليله منه تقدر بـ 10 جزء فى المليون نحاس. يعد هذا العنصر أساسياً في تغذية النبات ويدخل في تركيب كثير من الأنزيمات وخاصة التنفس، ومن العناصر اللازمة لعديد من البروتينات، كذلك وجد أن النحاس يؤثر على تبادل الكربوهيدرات والبروتينات ويزيد من مقاومة النبات ضد الأمراض الفطرية. يبين الشكل (22) دورة النحاس في التربة، حيث يمتص النبات النحاس الذائب في محلول التربة على شكل Cu^{2+} ، ويعود النحاس الذائب في مصدره إلى تحرره من الفلزات بفعل التجوية وكذلك إلى المادة العضوية في التربة بفعل التمعدن. يمكن للنحاس الذائب أن يتثبت بفعل المواد العضوية عن طريق تعقيده وارتباطه بشكل شيلات. يمكن للنحاس أن يدمص على سطوح الغرويات المعدنية (معادن الطين)، على شكل Cu^{2+} أو $CuOH^{+}$ ويعدّ هذا الجزء ميسراً للنبات نسبياً.



الشكل (22)- دورة النحاس في التربة

1-2-محتوى التربة من النحاس Soil Copper Content:

تحتوي التربة على كمية من النحاس الكلي تتراوح بين 10 و 200 ppm ، بمتوسط 50 ppm يوجد النحاس في التربة على شكل كبريتيدات أو كربونات أو على شكل أكاسيد. ويتأثر محتوى التربة من النحاس الكلي بقوام التربة، حيث تعدّ الترب الطينية أغنى بالنحاس من الترب الكلسية والرملية، وجد أن المحتوى الكلي من هذا العنصر فى الترب الطينية يراوح من 20 إلى 62 جزءاً فى المليون و فى الترب الكلسية من 10إلى 50 بينما راوح فى الترب الرملية من 6 إلى 18 جزءاً فى المليون (أبو الروس وآخرون سنة 1992).

1-3-أشكال النحاس في التربة Forms of Soil Copper:

1-3-1- النحاس المعدني (الفلزي) Inorganic- Cu:

يعود مصدر النحاس المعدني في الترب الزراعية إلى معادن (فلزات) التربة ومنها معادن كبريتيدية Sulphides وأهم هذه المعادن هوكالكوبيريت Chalcopyrite Cu Fe S_2 حيث يعدّ المصدر الاساسى للنحاس. وكذلك إلى معادن الأكاسيد والكربونات النحاسية ومنها كوبريت Cuprite (Cu_2O), وملاكيتMalchite ($CuCO_3$).

1-3-2- النحاس المتبادل (المدمص) Exchangeable - Cu:

يوجد النحاس متبادلاً (مدمصاً) على سطوح الغرويات المعدنية (معادن الطين)، على شكل Cu^{2+} أو $CuOH^{+}$ ويعد هذا الشكل ميسراً للنبات نسبياً.

1-3-3-النحاس على شكل معقدات عضوية Organic Complexs-Cu:

يرتبط النحاس مع المادة العضوية من خلال المجموعات الوظيفية الأكسجينية، الكربوكسيل والهدروكسيل الفينولي أو الكحولي مكوناً معقدات ثابتة Copper-organic matter complexe. وأشارت بعض الأبحاث بأن ارتباط النحاس مع الأحماض العضوية يكون مركبات غير ذائبة في حالة الأحماض الهيومية ولكنها قد تكون ذائبة في حالة الاحماض الفولفية. وعلى ذلك فمن المتوقع بأن النباتات النامية فى الترب العضوية سوف تعانى من نقص النحاس.

1-3-3-النحاس الذائب في محلول التربة Soluble- Cu:

يحتوي المحلول المائي لمعظم الترب كمية غير كافية من النحاس (0.001 ppm) لا تسد حاجة المحاصيل المختلفة والنامية فيها. لأن معظم النحاس الذائب فى محلول التربة يرتبط مع المادة العضوية ويكون مركبات ثابتة. ويعدّ الشكل الأيوني Cu^{2+} هو الأكثر سيادة عند pH الأقل من 7، بينما تكون السيادة للصورة $^{+}${ Cu (OH) } فى محلول التربة القلوية.

تؤثر عوامل عدة على تيسر النحاس أهمها:

1- المخزون الكلى: هناك ارتباط بين محتوى التربة من النحاس الكلي والكمية الميسرة للنبات. أى أنه من المتوقع زيادة هذه الكمية مع زيادة محتوى التربة من النحاس الكلي.

2- الـ pH: بشكل عام، تقل كمية النحاس الميسرة للنبات بارتفاع الـ pH عن 7، بينما يزداد تيسره مع انخفاض الـ pH عن 6.0، وفى الترب شديدة الحموضة (pH أقل من 4.5) نجد أن الكمية الميسرة للنبات تقل مرة أخرى ويرجع ذلك إلى:

- يمكن أن يتحد النحاس الذائب مع سيليكات الألومنيوم، الفوسفات أو أيونات أخرى ذائبة ليتحول إلى مركبات ضعيفة أو عديمة الذوبان.

– زيادة الكمية الممتصة من الأيونات الأخرى فى الترب الحامضية يقلل أو يعوق امتصاص النحاس.

3– المادة العضوية: فيما يتعلق بكاتيونات العناصر الصغرى Cu, Zn, Mn, Fe يعدّ النحاس أكثرها ارتباطاً مع المادة العضوية. وهذا يفسر سبب زيادة ظهور أعراض نقص النحاس على النباتات النامية فى الترب العضوية، ويرجع ذلك لقوة ارتباط النحاس بالمادة العضوية. وعادةً تكون معقدات النحاس مع المادة العضوية ذات الوزن الجزيئى المرتفع (الهيومية) (أكثر من 500) قليلة الذوبان بالمقارنة بمعقدات النحاس العضوية ذات الوزن الجزيئى المنخفض (الفولفية) (أقل من 100). ونقص النحاس على النبات لا يقتصر على زيادة المادة العضوية فقط، ففى المناطق الجافة يكون هناك نقص شديد فى النحاس على النبات على الرغم من أن محتوى التربة من المادة العضوية فى هذه الحالة يكون قليلاً.

4– قوام التربة: تعاني النباتات النامية فى الترب الرملية من نقص النحاس وذلك لقلة الكمية الميسرة حيث تدمص الكمية الذائبة من هذا العنصر على سطوح التربة ذات القوام الناعم والتي تتميز بسعة تبادلية كاتيونية مرتفعة حيث يزداد النحاس الميسر فيها لاحتوائها على كمية أكبر من النحاس الكلى.

5– التضاد الأيوني Antagonistic ions : وجد أن المستويات المرتفعة من الآزوت أو الفوسفور تؤثر عكسياً على التغذية بعنصر النحاس، حيث تظهر أعراض نقص النحاس على النباتات النامية تحت هذه الظروف. كما أن الزيادة من عنصر الزنك الذائب فى وسط النمو يؤدى إلى ظهور نقص النحاس.

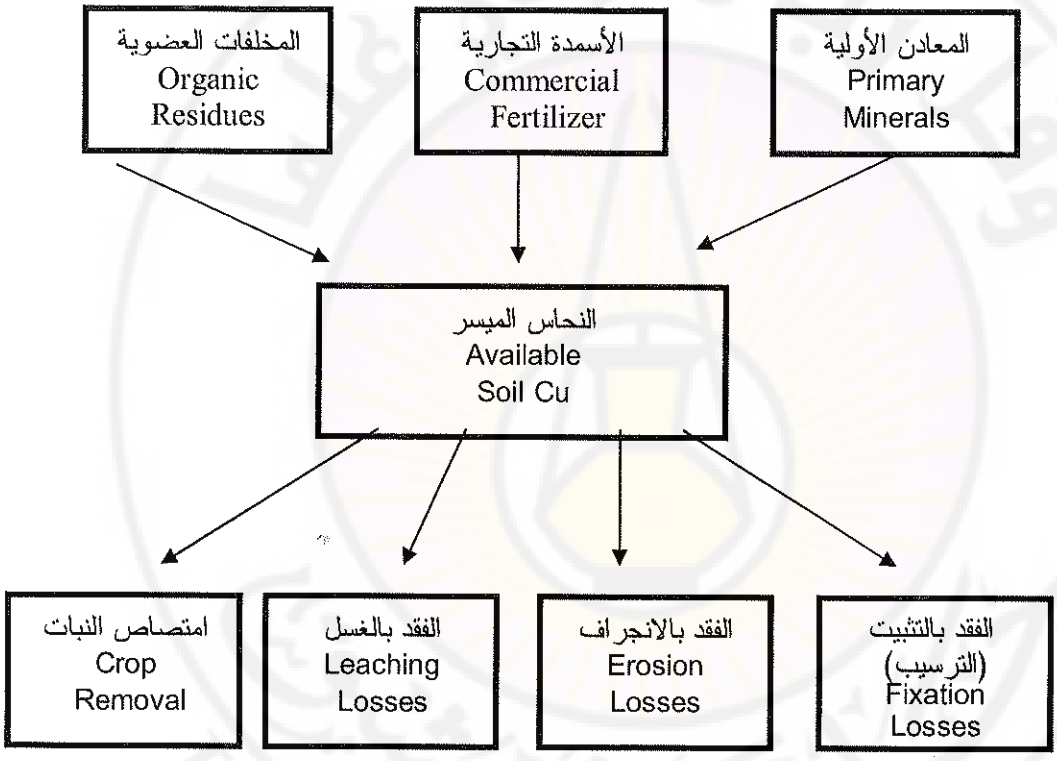
6– كربونات الكلسيوم: كما هو معرف أن زيادة كربونات الكلسيوم فى التربة ترفع من قيمة pH التربة ومن ثم يكون تأثيرها غير المباشر على نقص الكمية الميسرة من النحاس، حيث يكون الـ pH فى حدود 8 وعند هذا الـ pH يحدث تفاعل كيميائي بين النحاس وكربونات الكلسيوم وتتكون كربونات النحاس القلوية $CaCO_3.Cu(OH)_2$ غير الذائبة ومن ثم تقلل من تيسر هذا العنصر.

2-مصادر كسب النحاس وفقده Gaines and Losses of Cu :

يبين المخطط (9) مصادر كسب النحاس وفقده، ويمكن من خلال هذا المخطط تصنيف هذه المصادر في مجموعتين:

2-1- مصادر الكسب:

تعدّ الصخور ومعادن التربة الأولية والثانوية من أهم مصادر كسب النحاس إضافة للأسمدة والمخلفات العضوية المضافة .



المخطط (9) مصادر كسب وفقد النحاس الميسر في التربة

2-2- مصادر الفقد:

يفقد النحاس من التربة عن طريق مايلي :

2-2-1-الامتصاص من قبل النبات Crop Absorption:

يعد امتصاص النبات للنحاس أحد مصادر فقده من التربة، ويبين الجدول (27) الحدود الحرجة للنحاس في بعض النباتات:

الجدول (27) الحدود الحرجة للنحاس في بعض النباتات

المحصول	الجزء المأخوذ للتحليل	تركيز النحاس (جزء في المليون)		
		حدود النقص	حدود الكفاية	حدود السمية
الفصة	قمة النبات(15سم)	10>	30-10	30<
التفاح	الأوراق العلوية	4-1	12-3	-
العنب	الأوراق الصغيرة	5-2	10-8	-
البرتقال	الأوراق(عمر 4-6 اسبوع)	6-4	16-6	22-17
الذرة	ورق الكوز	5>	30-5	30<
القمح	السوق	8	18-9	-
فول الصويا	الأوراق الناضجة حديثاً	10>	30-10	30<
القطن	الأوراق الناضجة حديثاً	8>	20-8	20<

(عن الـ FAO، 1983)

2-2-2- الفقد بالغسل Leaching Losses:

يتعرض النحاس للفقد بالغسل من الطبقة السطحية إلى الطبقات تحت السطحية خاصة في الترب الرملية، والترب ذات الـ pH المنخفض وتلعب معدلات الأمطار وكميات مياه الري دوراً في غسل هذا العنصر.

2-2-3- الفقد بالانجراف Losses by Erosion:

يحدث فقد للنحاس بالانجراف الريحي أو المائي نتيجة لفقد غرويات التربة من الطبقة السطحية للتربة بوساطة عمليات الانجراف.

2-2-4- الفقد بالتثبيت Losses by Fixation:

يحدث تثبيت للنحاس الذائب في ظروف الترب الكلسية و القاعدية والقلوية والعضوية حيث يترسب النحاس على شكل Cu_2O و $CuCO_3$ وكذلك يرتبط بالأحماض الهيومية.

3-امتصاص النبات للنحاس ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته:

3-1-امتصاص النبات النحاس Copper Uptake from Plant :

يمتص النبات النحاس في معظمه بصورة معدنية على شكل أيون نحاس ثنائي Cu^{2+} ، وقسم قليل منه على شكل شيلات. ويبلغ تركيز النحاس الكلي (Total-Cu) فى النبات بين 5 و20 مغ/كغ مادة جافة. ويحتاج النبات النحاس الميسر بكميات قليلة.

تتوقف حركة النحاس في النبات على مدى توافر هذا العنصر فى وسط النمو، حيث يسلك النحاس مسلك العناصر المتحركة داخل النبات فى حالة الإمداد الكافى ويشابه العناصر غير المتحركة فى حالة النقص. ومن ثمّ يتركز النحاس فى الأوراق الحديثة بالمقارنة بالأوراق القديمة فى حالة توافر العنصر فى وسط النمو، بينما فى حالة النقص تحتوى الأوراق الحديثة على تركيز أقل منه فى الأوراق القديمة.

3-2-الوظائف الفيزيولوجية للنحاس Physiological Functions:

يعد النحاس عنصراً مهماً للنبات، حيث يدخل في تركيب كثير من الأنزيمات وخاصة التنفس، ومن العناصر اللازمة لعديد من البروتينات، كذلك وجد أن النحاس يؤثر على تبادل الكربوهيدرات والبروتينات ويزيد من مقاومة النبات ضد الأمراض الفطرية.

3-3-أعراض نقص النحاس:

تظهر أعراض نقص النحاس في الترب الكلسية والقلوية والمغسولة والترب الحامضية المستصلحة بإضافة الكلس، والترب العضوية الغنية بالحموض الهيومية ومن المتوقع أن تظهر أعراض نقصه في النبات عندما ينخفض تركيزه عن 2 مغCu/كغ مادة جافة. تتجلى

الأعراض عموماً بتحول لون الأوراق الحديثة إلى اللون الأبيض مع صغر حجمها عن الحجم الطبيعي وقصر السلاميات بين العقد، ومن ثمّ تقزم النبات وتساقط الأزهار.

3-3-1-أعراض نقص النحاس على الخضار:

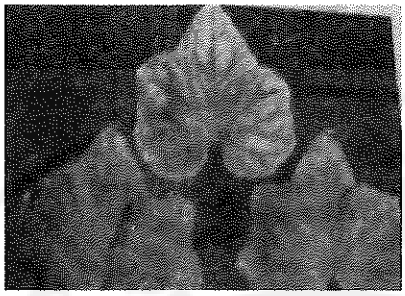
أ- **البندورةTomato:** يتصف بضعف نمو الساق والجذور وتأخذ الأوراق ألواناً خضراء مزرقة مع تحول لون قمة الأوراق الحديثة إلى الأبيض و التفافها وذبولها .



ب--البطاطاPotato: تحول لون قمة الأوراق الحديثة إلى الأصفرالشاحب، مع وجود بعض النخور على سطح الورقة و التفافها وذبولها.



جـ- الخيار Cucumber: تحول لون قمة الأوراق الحديثة إلى الأخضر المزرق أو الرمادي .

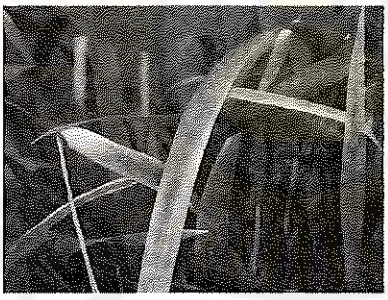


د- العائلة الصليبية (القرنبيط):Caulflower Or Broccoli:

تحول لون قمة الأوراق الحديثة إلى اللون الأبيض مع صغر حجم الورقة والتفافها.

3-3-2-أعراض نقص النحاس على المحاصيل:

أ-النجيليات (القمح)Wheat : تلون الأوراق باللون الأخضر الفاتح ثم تنهدل مع جفاف طرف الأوراق الحديثة والتفافها.



ب-الذرةMaize: يظهر على الأوراق الحديثة بقع خضراء فاتحة متبادلة مع بقع خضراء غامقة ويدعى هذا المرض بالبقع البيضاء Points Blances



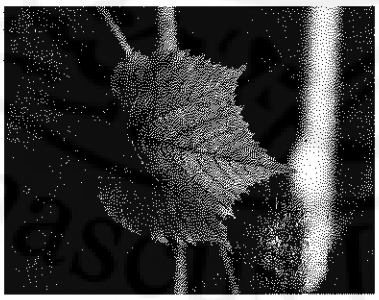
جـ- القطنCotton : تحول لون قمة الورقة إلى اللون الأبيض مع صغر حجم الورقة.

د- الشوندر السكريSugar Beet: ضعف نسبة السكر في الجذر وكذلك ضعف الأصبغة.

3-3-3-أعراض نقص النحاس على الأشجار:

أ-الحمضياتCitrus : موت قمم الأفرع بعد اصفرار حواف الأوراق أو احتراقها (مرض الموت التراجعي Die-Back). إضافة إلى ظهور جيوب صمغية على الساقة وبجانب البراعم وعلى قشرة الثمرة، وبقع ملونة على القلف وأطراف الأغصان.

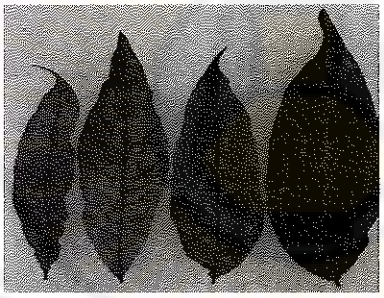
ب-العنبGrape: تحول لون قمم الأوراق الحديثة إلى الأبيض مع التفاف الأوراق وذبولها .



جـ- التفاحApple: موت قمم الأفرع بعد اصفرار حواف الأوراق أو احتراقها (مرض الموت التراجعي Die-Back).



د- الدراقPeach: تدرج تحول لون الأوراق الحديثة من الأخضر الشاحب إلى الرمادي (بدءاً من اليسار). إضافة إلى مرض الموت التراجعي لقمم الأفرع Die-Back.



ه- الزيتونOlive: تحول لون قمة الأوراق الحديثة إلى الأبيض المصفر مع التفاف الأوراق، وقد تأخذ شكل الوريدة.

ويمكن معالجة أعراض نقص النحاس بإضافة أحد مركباته أو معقداته (الشيلات) رشاً على الأوراق (الجدول 28).

الجدول (28) – أهم أسمدة النحاس ومعدل الإضافة وطريقتها

السماد	الرمز الكيميائي	نسبة النحاس %	معدل الإضافة وطريقتها كغCu/هـ		
			نثراً Broadcast	تكبيشاً Banded	رشاً Folior
كبريتات النحاس	$CuSO_4.5H2O$	25	12-3	2-1	0.13 كغCu/100لتر/هـ
شيلات النحاس	Cu-EDTA	13	2.5-0.8	2-0.5	0.10 كغCu/100لتر/هـ

((2005، Havlin عن ••••••••))

3-4-أعراض زيادة النحاس (السمية):

تظهر سمية النحاس في الترب شديدة الحموضة، وبعد إضافة كميات كبيرة من مركبات النحاس سهلة الذوبان، إلا أنه نادراً ما تظهر سمية النحاس في ظروف الترب الكلسية والقلوية. تتجلى أعراض السمية باصفرار الأوراق المشابه لأعراض نقص الحديد. يعتقد أنه يوجد تضاد بين النحاس والحديد، ولذلك لمعالجة سمية النحاس يضاف الحديد للنبات على شكل شيلات. أشارات الدراسات المختلفة إلى أن تجاوز محتوى الأوراق 20 مغCu/ كغ مادة جافة يؤدي إلى السمية.

البورون والموليبدنم في البيئة الزراعية

5 -البورون:

1-دورته، محتواه في التربة وأشكاله.

2-مصادر كسب البورون وفقده.

3-امتصاص النبات للبورون ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته.

6-الموليبدنم:

1-دورته، محتواه في التربة وأشكاله.

2-مصادر كسب الموليبدنم وفقده.

3-امتصاص النبات للموليبدنم ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته.

وقل رب زدني علما
Damascus University

5- البورون Boron

1-دورة البورون، محتواه في التربة وأشكاله.

1-1-دورة البورون: The Boron Cycle:

يبلغ تركيز البورون في القشرة الأرضية 50 مغ/كغ، أما محتواه في التربة فيرتبط بالصخر الأم. يساهم البورون في تغذية النبات من خلال دوره في تكوين الأزهار والثمار وانتقال السكريات.

يبين الشكل (23) دورة البورون في التربة، حيث يمتص النبات البورون الذائب في محلول التربة على شكل حمض البوريك H_3BO_3 مع نسبة بسيطة على صورة $B(OH)_4^-$. ويعود البورون إلى التربة بتحلل المخلفات النباتية والحيوانية وتمعدن المادة العضوية وكذلك تساهم تجوية الصخور والفلزات في تزويد التربة بالبورون. يمكن للبورون أن يدمص على غرويات التربة الموجبة وكذلك على غرويات التربة السالبة بوجود جسر كاتيوني أو أن يفقد من التربة بالغسل.

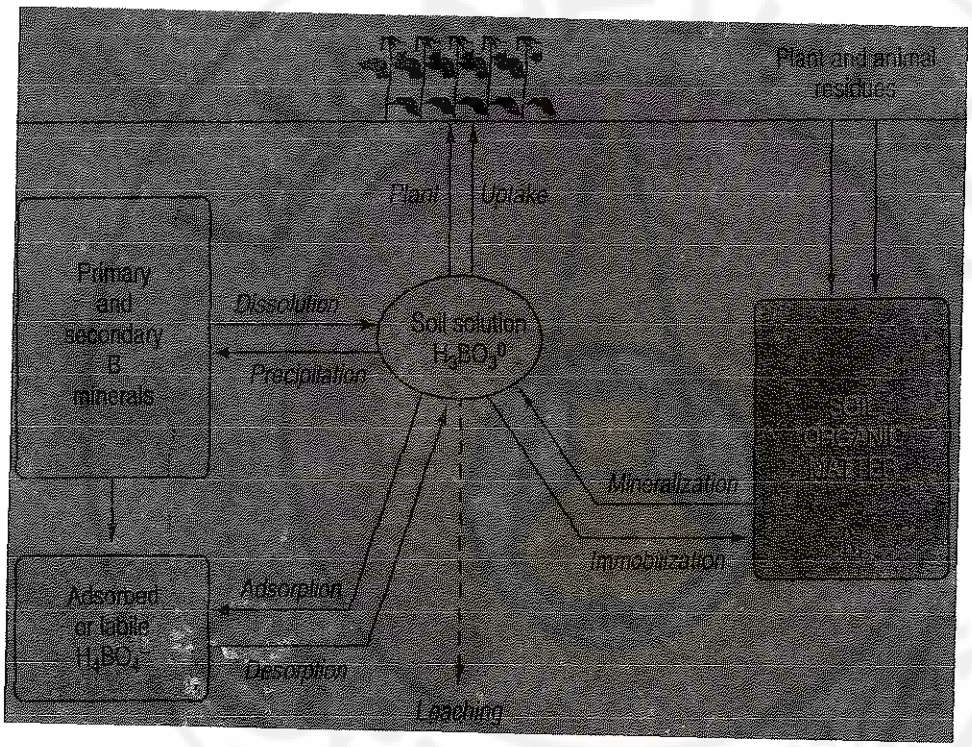
1-2-محتوى التربة من البورون Soil Boron Content:

تحتوي التربة على كمية من البورون الكلي تراوح من 2 إلى 100مغ/كغ وبمتوسط عام 30 مغ/كغ. تعدّ الترب الطينية والرسوبية والكلسية وترب المناطق الجافة ذات محتوىً مرتفعٍ بالبورون الكلي، بينما تعدّ الترب الناشئة من صخور حامضية وكذلك الترب الرسوبية والرملية و الفقيرة بالمادة العضوية فقيرة بالبورن.

1-3-أشكال البورون في التربة Forms of Soil Boron:

1-3-1- البورون المعدني (الفلزي) Inorganic- B:

يعود مصدر البورون المعدنى فى الترب الزراعية إلى بعض المعادن مثل: التورمالين Tourmaline $NaMg_3Al_6B_3Si_6O_{27}(OH,F)_4$ الذي يعد المصدر الأساسي للبورون في التربة.

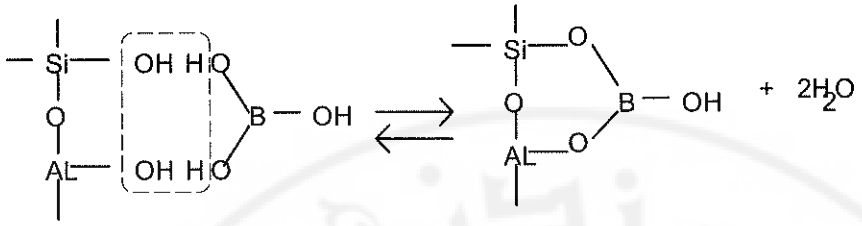


الشكل (23)- دورة البورون في التربة

1-3-2- البورون المتبادل (المدمص) Exchangeable-B:

يدمص البورون على سطوح غرويات التربة التى تحمل شحنة موجبة سواء كان على صورة أيون بورات $\{B(OH)_4\}^-$ أم على هيئة حمض البوريك H_3BO_3 ويحدث الادمصاص على الحواف المكسورة لمعادن سيليكات الألمنيوم أو على الأكاسيد السداسية الحرة مثل

هيدروكسيدات الألمنيوم والحديد. ويحدث الادمصاص لحمض البوريك كما اقترحه Bingham and Sims سنة 1962:



فى الترب القلوية يصبح البورون على صورة أيون البورات $^{-}\{B(OH)_4\}$ المتأدرتة فى محلول التربة ومن ثم يحدث لهذه الأنيونات ادمصاص على سطوح غرويات التربة عن طريق تبادله مع أنيون الهدروكسيل.

ويزداد ادمصاص البورون فى الترب القلوية والكلسية بهذة الطريقة نظراً لزيادة تكوين أنيون البورات $^{-}\{B(OH)_4\}$ فى مثل تلك الترب، وهذا يقلل من فقد البورون عن طريق الغسيل. وعموماً يعدّ البورون المدمص مخزوناً أساسياً للبورون فى التربة نظراً لوجود حالة من الاتزان بينه وبين البورون الذائب فى محلول التربة حيث يمكن تبادله مع أنيونات الهيدروكسيل الذائبة فى محلول التربة ومن ثم يمكن أن يعوض انخفاض تركيز البورون فى محلول التربة نتيجة امتصاص النبات له.

1-3-3- البورون على شكل معقدات عضوية Organic Complexs-B:

يعتقد أن البورون يمكن أن يرتبط مع المجموعات الوظيفية الفعّالة للحموض الهيومية والفولفية، وبخاصة مجموعة الهيدركسيل مكوناً معقدات عضوية للبورون مختلفة في درجة ذوبانها.

1-3-4-البورون الذائب في محلول التربة Soluble- B:

يعد هذا الشكل الأكثر أهمية للنبات حيث يكون B ذائباً في محلول التربة أهم الصور من حيث درجة صلاحيتها للنبات. ويوجد البورون أساساً على صورة حمض البوريك H_3BO_3وهذا الحمض غير قابل للتأين فى الظروف الطبيعية لـ pH الترب الزراعية ولذلك يكون عُرضة للفقد من التربة عن طريق عملية الغسيل. بينما تحت ظروف الترب القلوية

ومع ارتفاع الـ pH يتحد حمض البوريك مع الماء ويتكون أنيون البورات $\{B(OH)_4\}^-$ والتي يمكن أن يدمص على المواقع الموجبة الشحنة أو يتبادل مع مجموعة الهيدروكسيل OH^- على سطوح غرويات التربة.

يعد البورون المستخلص من التربة بالماء الساخن معبراً تماماً عن البورون الميسر للنبات ويتراوح تركيزه بين 0.1 و 3.0 جزء فى المليون وتعدّ الترب الجافة ذات القيم الأعلى من هذا المحتوى.

وهناك عوامل عدة تؤثر على سلوك ودرجة تيسر البورون الذائب فى التربة وتشمل:

1- الـ pH

يوجد ارتباط بين تيسر البورون فى التربة الزراعية ورقم الـ pH لهذه التربة، حيث وجد أن البورون الذائب يزداد مع ارتفاع الـ pH من 4.7 إلى 6.7 بينما تقل الكمية الميسرة بارتفاع الرقم عن ذلك.

2- المادة العضوية:

هناك ارتباط موجب بين محتوى التربة من المادة العضوية وبين البورون الميسر للنبات، حيث يرتبط البورون بالمادة العضوية عن طريق المجاميع الفعالة مثل المجاميع الكربوكسيلية والهيدروكسيلية مكوناً معقدات عضوية مختلفة فى درجة ذوبانها، ولكن يمكن القول بأنه مع تحلل هذه المواد بفعل الكائنات الحية الدقيقة يتحرر البورون الذائب. ويزداد تأثير المادة العضوية في تيسر البورون فى الترب الحامضية حيث تتكون معقدات ذائبة من البورون والمادة العضوية.

3- تأثير قوام التربة:

بصفة عامة تقل كمية البورون الميسر للنبات فى الترب خشنة القوام سريعة النفاذية، بالمقارنة بالترب ناعمة القوام. و نتيجة لقلة السعة التبادلية الأيونية للترب الرملية ومن ثم قلة سطوح الادمصاص للبورون فإنه يحدث فقد لهذا العنصر عن طريق الغسل وخاصةً فى الترب الرطبة. وفى الترب الطينية يلعب نوع الطين السائد دوراً مهماً فى ادمصاص البورون، حيث وجد أن معدن الإيليت ذو قدرة مرتفعة على ادمصاص البورون يليه معدن المونتيموريللونيت

وأقل هذه المعادن هو معدن الكاؤولينيت. وعموماً يعدّ القوام ذا تأثير أقل على تيسر البورون بالمقارنة بتأثير المادة العضوية أو الـ pH.

3- رطوبة التربة:

مع جفاف التربة تزداد الكمية المُثبتة من البورون، وعلى ذلك فإن حالة الجفاف المؤقت للتربة قد تعيق حصول جذور النبات على البورون المدمص على سطوح غرويات التربة، ومن ثم تظهر أعراض النقص على النبات. ومع زيادة الرطوبة يزداد معدل حركة البورون الذائب إلى سطح الجذور ومن ثم يزداد تيسره وانتشاره.

4- تأثير العناصر الأخرى:

يؤدي ارتفاع محتوى محلول التربة من الكلسيوم والبوتاسيوم في الترب الكلسية والقلوية وفي الترب الحامضية المستصلحة بإضافة كميات كبيرة من المركبات الكلسية إلى خفض تيسر البورون . ويعتقد أن هناك تداخلاً وظيفياً بين البورون والكلسيوم في النبات، إذ يتطلب النبات كميات أكبر من البورون عندما يكون مستوى تغذيته بالكلسيوم مرتفعاً.

تعدّ نسبة الكلسيوم إلى البورون Ca/B في النبات أساساً لحالة نقص البورون، تظهر أعراض نقص البورون على الشعير عندما تزيد النسبة عن (1370/1) وعن (1500/1) في أوراق التبغ. وبشكل عام يؤدي إرتفاع النسبة عن (800/1) إلى ظهور أعراض النقص على النبات.

2-مصادر كسب البورون وفقده Gaines and Losses of B :

يبين المخطط (10) مصادر كسب البورون في التربة وفقده، ويمكن من خلال هذا المخطط تصنيف هذه المصادر في مجموعتين:

2-1- مصادر الكسب:

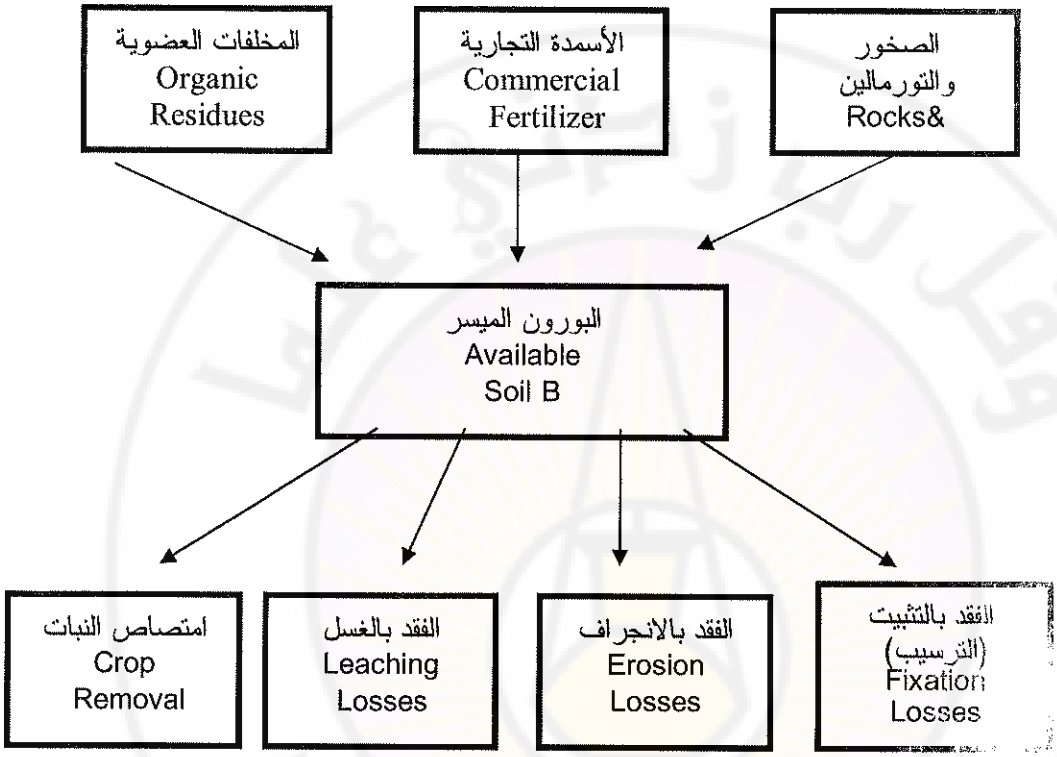
تعدّ الصخور ومعدن التورمالين من أهم مصادر كسب البورون إضافة للأسمدة والمخلفات العضوية المضافة .

2-2- مصادر الفقد:

يفقد البورون من التربة عن طريق مايلي :

2-2-1-الامتصاص من قبل النبات: Crop Absorption

يعد امتصاص النبات للبورون أحد مصادر فقده من التربة. ، ويبين الجدول (29) الحدود الحرجة للبورون فى بعض النباتات:



المخطط (10) مصادر كسب وفقد البورون الميسر في التربة

Damascus University

الجدول (29) الحدود الحرجة للبورون في بعض النباتات

المحصول	الجزء المأخوذ للتحليل	تركيز البورون (جزء في المليون)		
		حدود النقص	حدود الكفاية	حدود السمية
الذرة	القمة النامية(25) يوم	2-1	10-5	25
القمح	القمة النامية	4>	5	25
الشعير	القمة النامية	8>	10-8	25
الشوندر السكري	الأوراق	28-4	52-25	>200
الخس	الأوراق	-	43-27	817-70
القطن	الأوراق	16-15	83-27	1625-522
فول سوداني	الأوراق	25>	-	>200

(عن الـ FAO، 1983)

2-2-2- الفقد بالغسل Leaching Losses:

يتعرض البورون الميسر وخاصة حمض البوريك للفقد بالغسل وذلك في الترب الرملية، والترب ذات الـ pH المنخفض والترب الرطبة وتلعب معدلات الأمطار وكميات مياه الري دوراً في غسل هذا العنصر.

2-2-3- الفقد بالانجراف Losses by Erosion:

يحدث فقد للبورون بالانجراف الريحي أو المائي نتيجة لفقد غراويات التربة من الطبقة السطحية للتربة بوساطة عمليات الانجراف.

2-2-4- الفقد بالتثبيت Losses by Fixation:

يحدث تثبيت للبورون الذائب في ظروف الترب الكلسية حيث يترسب البورون على شكل بورات الكلسيوم $CaBO_3$ ضعيفة الذوبان، بينما تعدّ بورات الصوديوم ذائبة.

3-امتصاص النبات للبورون ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته:

3-1-امتصاص النبات للبورون Boron Uptake from Plant:

يمتص النبات البورون على شكل حمض البوريك H_3BO_3 حيث يسود هذا الشكل في الأوساط الحامضية وكذلك على شكل $^-\{B(OH)_4\}$حيث يسود هذا الشكل في الأوساط القلوية. ويبلغ تركيز البورون الكلي (Total-B) فى النبات بين 20 و 40 مغ/كغ مادة جافة. على الرغم من أن احتياجات النباتات المختلفة من البورون قليلة جداً إلا أن هناك مدى واسعاً بين النباتات فى الكميات المطلوبة من هذا العنصر، فقد دلت بعض نتائج المزارع المائية والمزارع الرملية بأن نباتات البندورة والجزر يمكن أن تنمو بصورة طبيعية جداً فى وجود البورون بتركيز منخفض جداً يصل إلى أقل من واحد جزء فى المليون. بينما قد يصل تركيز هذا العنصر فى هذه المزارع من 10 إلى 15 جزء فى المليون لكى تنمو نباتات أخرى مثل الشوندر السكري نمواً طبيعياً.

3-2-الوظائف الفيزيولوجية للبورون Physiological Functions:

يساهم البورون في تغذية النبات من خلال دوره في الإزهار والثمار وانتقال السكريات. كما يساهم في عديد من العمليات الفسيولوجية والتي من أهمها :

- زيادة نشاط عديد من الإنزيمات، والانقسام الخلايا.
- تمثيل اللجنين وبعض التفاعلات الحيوية.
- تمثيل البروتين والأحماض النووية ومن ثم فإن نقص البورون الممتص
- يؤدى إلى تراكم النترات فى النبات.
- ينظم النسبة بين الكلسيوم و البوتاسيوم فى النبات.

3-3-أعراض نقص البورون:

يعدّ البورون من العناصر غير المتحركة، لذلك تظهر أعراض نقصه أولاً على الأوراق حديثة النمو عند انخفاض تركيزه فى النباتات ثنائية الفلقة عن 15جزءاً فى المليون، و8 جزءاً في المليون في النباتات أحادية الفلقة. هناك اختلاف كبير بين النباتات المختلفة فى درجة

حساسيتها للبورون الميسر فى التربة، وتعدّ نباتات الشوندر السكري والقطن والقرنبيط والتفاح من النباتات عالية الحساسية لنقص البورون. بينما تعدّ الكرمة والبطاطا والجزر من النباتات ذات الحساسية المتوسطة لنقص البورون.

يتسبب نقص البورون فى ظهور عدد من الأمراض الفسيولوجية التى تصيب النبات ومنها تعفن القلب الأسود الجذرHeart Rot في الشوندر السكري، التفاف الأوراق فى البطاطا، والقلب البني فى اللفت، والاسمرار فى القرنبيط والتبقع الفليني الداخلي في التفاح Internal Cork Apples. كذلك نتيجة لتأثير البورون على تمثيل البروتين فإن نقص البورون يؤدى إلى عدم تكوين البروتين ومن ثم عدم تكوين الأزهار وتأخر النضج، كذلك يعرقل تكوين السنابل وتتلون الأوراق الحديثة بلون أخضر مزرق داكن وتمتاز بزيادة سمكها وعدم انتظامها. كما يتأثر أيضاً نمو وتطور الجذور حيث تبدو متقزمة وسميكة ويوجد تبرقش (بقع) فى قمتها.

3-3-1-أعراض نقص البورون على الخضار:

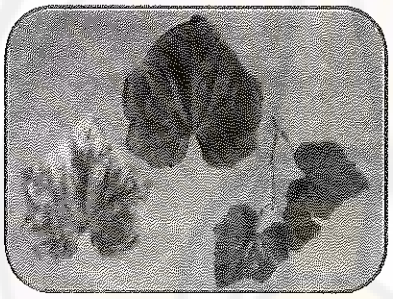
البندورةTomato : تحول لون الأوراق الحديثة إلى أصفر برتقالي والتفافها نحو الأسفل.



ب-البطاطاPotato: تحول لون الأوراق الحديثة إلى أصفر برتقالي والتفافها نحو الأسفل.

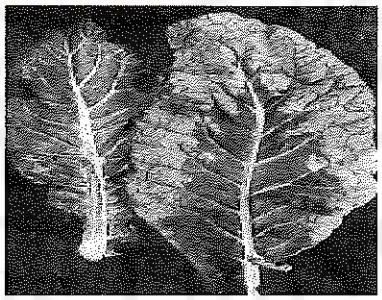


جـ- الخيارCucumber: تحول لون الأوراق الحديثة إلى أصفر برتقالي وتشوه حوافها وصغر حجمها.



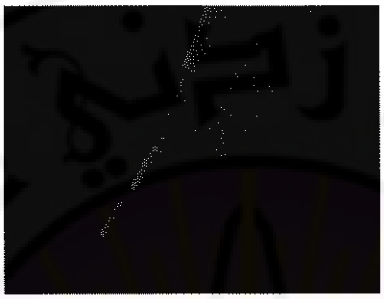
د- العائلة الصليبية (القرنبيط):Caulflower Or Broccoli: تكون الأوراق صغيرة الحجم وكذلك الجذور، كما يظهر لون بني داخل قلب الجذر ويدعى هذا المرض بالقلب البني Brown Heart .



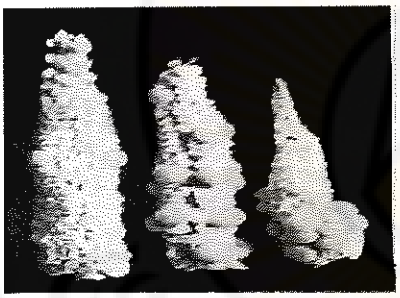


3-3-2-أعراض نقص البورون على المحاصيل:

أ-النجيليات (القمح):Wheat : تبدو الأوراق الحديثة شاحبة وبحواف مشوهة.

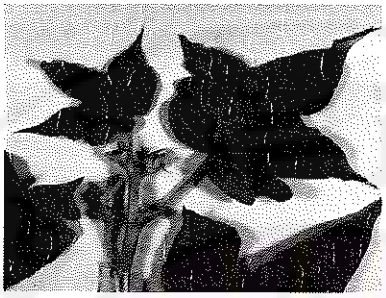


ب-الذرة الصفراءMaize: ظهور خطوط أو بقع بيضاء في منتصف الأوراق الحديثة وتنتج عرانيس فارغة.





جـ- القطن Cotton : تأخذ نباتات القطن، وفي حالات النقص الشديد شكل دغل متشابك (شجيرات كثيفة ملتفة) بسبب قصر المسافات بين العقد، وتصبح الأوراق سميكة قابلة للكسر، ويظهر تحزز على عنقها، كما تسقط البراعم الزهرية.



د- الشوندر السكري Sugar Beet: تبدو الأوراق الحديثة مصفرة، وحوافها بنية، وظهور مرض تعفن القلب الأجوف (الأسود) في الجذر Heart Rot .



3-3-3-أعراض نقص البورون على الأشجار:

أ-الحمضيات Citrus : تظهر على الأوراق بقع مائية صفراء، ثم تصبح شفافة، ثم تسقط، ويتعرى الفرع من القمة إلى الأسفل، وتكون الثمار جافة وصلبة والعصير قليل.



ب-العنب Grape: موت البراعم، وتشوه الثمار (حبات صغيرة وأخرى كبيرة، تدعى "مرض الدجاجة والصوص"Hen and Chick).



جـ-التفاح Apple: فشل الإزهار بصفة عامة وإذا نجح النبات في الإزهار تذبل وتموت الأزهار الناتجة، بينما تظل الأوراق نامية بطريقة طبيعية، ويظهر مرض والتبقع الفليني الداخلي في التفاح Internal Cork Apples.

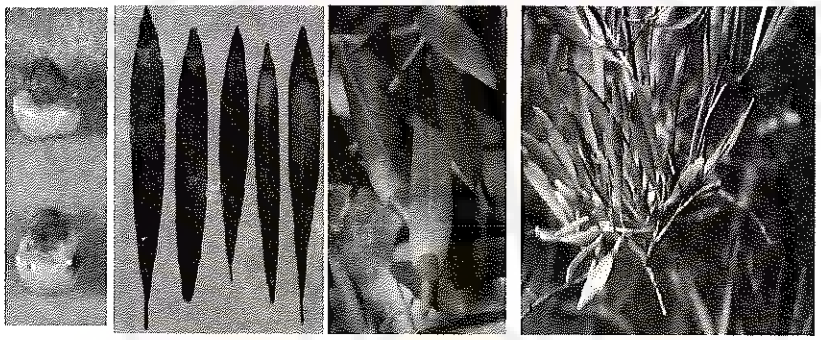




د- الدراقPeach: عدم تفتح البراعم، وتراجع وموت البراعم الجانبية.



ه- الزيتونOlive: اصفرار الطرف العلوي للأوراق الحديثة، وبقاء لون قاعدة الورقة أخضر. أما الثمار فتظهر بشكل يعرف بوجه القرد Monkey Face



ويمكن معالجة أعراض نقص البورون بإضافة أحد مركباته رشاً على الأوراق (الجدول 30).

الجدول (30) – أهم أسمدة البورون ومعدل الإضافة وطريقتها

السماد	الرمز الكيميائي	نسبة البورون %	معدل الإضافة وطريقتها كغB/هـ رشاً Folior
البوراكس(تترابورات الصوديوم تترابورات الصوديوم) Sodium tetraborate	$Na_2B_4O_7.10H_2O$	11	1-0.5 كغB/100لتر/هـ
حامض البوريك	H_3BO_3	17	

(عن ..... Havlin، 2005)

3-4-أعراض زيادة البورون (السمية):

تعدّ الحدود الفاصلة بين التراكيز الملائمة والتراكيز التى تؤدى إلى السمية بالبورون قريبة جداً، وإن الزيادة فى تركيز البورون تؤدى إلى إعاقة النمو الطبيعى للنبات. وبزيادة تركيز البورون فى التربة يزداد امتصاصه ومن ثم ظهور أعراض السمية والتي تتمثل فى احتراق قمم الأوراق، وظهور اللون الأصفر الباهت والذى ينتشر بين العروق الجانبية متجهاً إلى العروق الوسطى. وتعدّ سمية البورون مشكلة فى الترب الموجودة فى المناطق الجافة وخاصة فى الترب الملحية الصودية والترب الناشئة من الترسيبات البحرية والترب التى يتم ريها بماء ذات محتوى مرتفع من البورون و الترب الناشئة من مادة أصل غنية فى البورون وأخيراً الاستهلاك الزائد من الأسمدة الحاملة للبورون. ويمكن معالجة نقص البورون فى الأرض عن طريق إضافة الأسمدة المحتوية على العنصر .

أما من ناحية معالجة الزيادة من تركيز البورون فى التربة، فإنه إذا كان مصدر هذه الزيادة هو ماء الري فيجب استخدام مياه ذات محتوى أقل من البورون أو تخفيف المياه المرتفعة فى محتواها من هذا العنصر. كذلك يمكن زراعة بعض المحاصيل ذات درجات تحمل مرتفعة للبورون، و يمكن معالجة زيادة تركيز البورون أيضاً باستخدام الأسمدة الآزوتية وبصفة خاصة نترات الكلسيوم حيث ثبت كفاءة هذا السماد فى معالجة سمية البورون، كذلك إضافة الكلس بكمية معتدلة يساعد فى علاج أثار السمية.

6- الموليبدنم Molybdenum

1-دورته، محتواه في التربة وأشكاله.

1-1-دورة الموليبدنم The Molybdenum Cycle:

يبلغ تركيز الموليبدنم في القشرة الأرضية 1.5-2 مغ/كغ، أما محتواه في التربة فيرتبط بالصخرة الأم ويقدر وسطياً بـ 2 مغ/كغ. يساهم الموليبدنم في تغذية النبات من خلال دوره في تشكل العقد الجذرية وعملية التثبيت الحيوي للآزوت واصطناع حمض الاسكوربيك.

بين الشكل (24) دورة الموليبدنم في التربة، حيث يمتص النبات الموليبدنم الذائب في محلول التربة على شكل أيون موليبدات ثنائية MoO_4^{2-} بشكل رئيس وأيضاً على شكل أيون موليبدات أحادية $HMoO_4^-$ وعلى شكل حمض الموليبدنم H_2MoO_4 ويعود الموليبدنم إلى التربة بتحلل المخلفات النباتيية والحيوانية وتمعدن المادة العضوية، وكذلك تساهم تجوية الصخور والفلزات في تزويد التربة بالموليبدنم. يمكن للموليبدنم بشكليه MoO_4^{2-} و $HMoO_4^-$ أن يدمصا على أكاسيد الحديد والألمنيوم والغرويات موجبة الشحنة أوعلى الطين بالتبادل مع OH^- أو بوجود جسر كاتيوني أو أن يفقدا من التربة بالغسل.

1-2-محتوى التربة من الموليبدنم Soil Molybdenum Content:

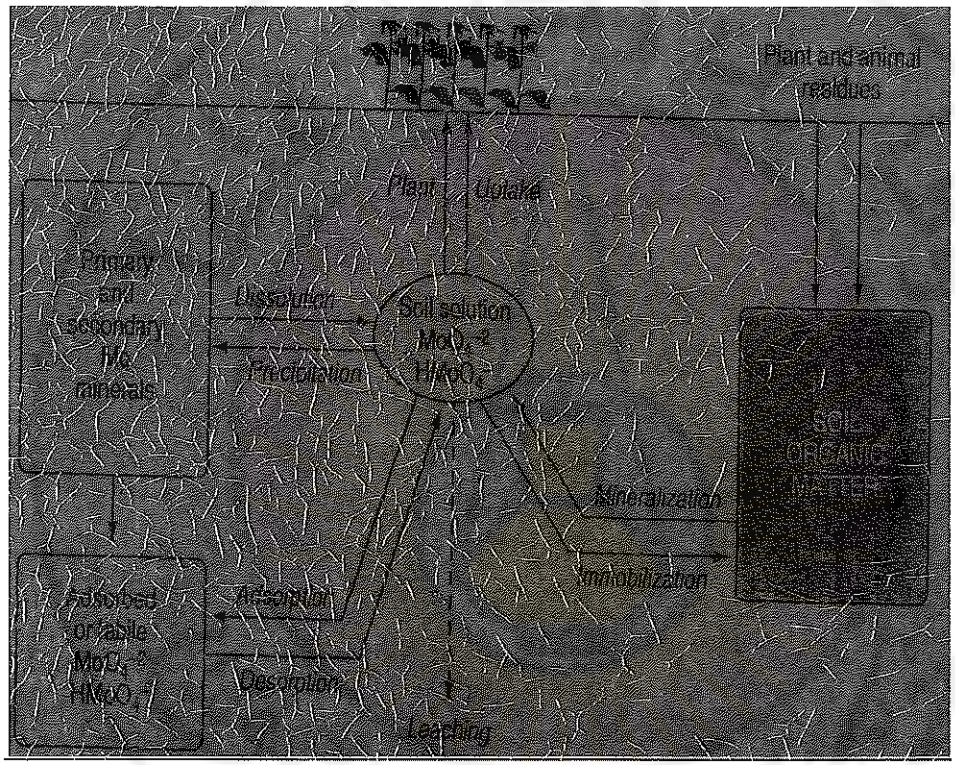
تحتوي التربة على كمية من الموليبنم الكلي تتراوح بين 0.2 و 5 مغ/كغ وسطياً 2 مغ/كغ. وتحتوي الترب الناشئة من الصخور القلوية على كمية أكبر من الموليبدنم بالمقارنة بالترب الناشئة عن الصخور الحامضية، ويعد معدن الموليبدنيتMolybdenite (MoS_2) أهمها.

1-3-أشكال الموليبدنم في التربة Forms of Soil Molybdenum:

1-3-1- الموليبدنم المعدني (الفلزي) Inorganic- Mo:

يعود مصدر الموليبدنم المعدنى فى الترب الزراعية إلى بعض المعادن مثل: الموليبدنيت Molybdenite (MoS_2) والبوليت Powellite، ($CoMoO_4$) و الفيروموليبدايت Ferromolybdite ($Fe_2(MoO_4)_3 .8H_2O$) والبوليفينيت Polivinite ($PbMoO_4$)

وموليبدات الكلسيوم($CaMoO_4$) في الترب الكلسية. وأيضاً يوجد هذا العنصر فى تركيب بعض المعادن السيليكاتية ومنها الفلسبارات والميكا نتيجة حدوث عملية الإحلال المتماثل بين Mo^{4+} و AL^{3+} فى طبقة ثمانيات الوجوه لهذه المعادن. والموليبدنم الموجود فى هذا الشكل تكون درجة ذوبانه قليلة جداً. وفى بعض الترب وخاصةً الحامضية منها يوجد الموليبدنم مرتبطاً مع الأكاسيد.



الشكل (24) دورة الموليبدنم فيي التربة

السداسية، وهذه الروابط تكون ثابتة. وعلى هذا يكون للموليبدنم الموجود فى هذه الشكل أيضاً (درجة صلاحية قليلة جداً للنبات).

1-3-2- الموليبدنم المتبادل (المدمص) Exchangeable-Mo:

يدمص الموليبدنم على سطوح غروبات التربة التى تحمل شحنة موجبة سواء كان على شكل أيون موليبيدات (MoO_4^{2-}) أو موليبيدات حامضية($HMoO_4^-$) أو على الطين بالتبادل مع OH^- أو بوجود جسر كاتيوني، وتزداد الكمية المثبتة من الموليبيدات مع انخفاض درجة الـــPH، وتتشابه آلية ادمصاص الموليبيدات مع آلية ادمصاص الفوسفات، إلا أن الموليبيدات تأتي في المرحلة الثانية بعد الفوسفات من شدة الادمصاص.

1-3-3- الموليبدنم على شكل معقدات عضوية Organic Complexs- Mo:

يشكل الموليبدنم معقدات مع المادة العضوية Mo-OM Complexes تساهم في الحد من تثبيت الموليبدنم وتحوله إلى صورة غير ميسرة للنبات مؤقتاً، ومع تمعدن المادة العضوية يتحرر الموليبدنم مجدداً ليصبح ميسراً للنبات.

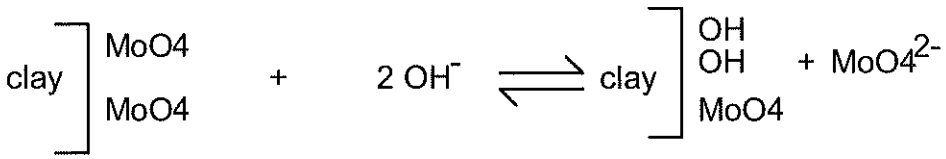
1-3-4-الموليبدنم الذائب في محلول التربة: Soluble- Mo:

يعد هذا الشكل الأكثر أهمية للنبات حيث يكون Mo ذائباً في محلول التربة. ويوجد الموليبدنم أساساً على شكل موليبيدات ثنائية (MoO_4^{2-}) أو موليبيدات أحادية($HMoO_4^-$) و حمض الموليبدنم (H_2MoO_4)، إلا أن تركيز كل من الموليبيدات الثنائية (MoO_4^{2-}) والموليبيدات الأحادية ($HMoO_4^-$) يزداد مع ارتفاع الـــ PH حيث يكون محتوى الترب الحامضية من الموليبدنم الذائب أخفض من محتوى الترب القلوية. وتعدّ كمية الموليبدنم في محلول التربة قليلة جداً لا تتجاوز 4 PPb (جزء بالبليون).

وهناك عوامل عدة تؤثر على سلوك ودرجة تيسر الموليبدنم الذائب فى التربة وتشمل:

1- الـــ pH

بعكس باقى العناصر المغذية الأخرى يزداد تيسر الموليبدنم مع زيادة رقم pH للتربة، ومن ثم يزداد تيسره فى الترب القلوية عنه فى الترب الحامضية. ويمكن تفسير ذلك بأنه يمكن أن يحدث تبادل أنيونى فى الترب القلوية بين أنيون الموليبدات المدمص وأنيون الهيدروكسيل الذائب فى محلول التربة كما يمثلها الرسم التإلى:



بينما فى الترب الحامضية يحدث ادمصاص له على سطحوح غرويات التربة وخاصة الأكاسيد.

2- المادة العضوية:

كما أشرنا سابقاً، تلعب المادة العضوية دوراً في تيسر الموليبدنم حيث يشكل معقدات مع المادة العضوية Mo-OM Complexes تساهم في الحد من تثبيت الموليبدنم وتحوله إلى صورة غير ميسرة للنبات مؤقتاً ويصبح مجدداً ميسراً للنبات بعد تحلل المادة العضوية بفعل الأحياء الدقيقة في التربة.

3- تأثير قوام التربة:

يلعب قوام التربة دوراً مهماً فى كمية الموليبدنم الميسرة للنبات، حيث وجد أن التربة الرملية تعانى من نقص الموليبدنم وذلك لسهولة فقده من محلول التربة ونظراً لعدم وجود سطوح ادمصاص لهذه التربة. والعكس صحيح فى الترب الطينية.

4- كربونات الكلسيوم:

تلعب كربونات الكلسيوم دوراً مهماً فى تيسر الموليبدنم للنبات وخاصةً فى الترب الحامضية، ويفسر ذلك بتأثير كربونات الكلسيوم على رفع pH التربة مما يزيد من تحرر الموليبدنم المدمص على سطوح الغرويات إلى المحلول.

5-التداخل بين الأيونات المغذية الأخرى:

يعدّ وجود الفوسفات الذائبة فى محلول التربة عاملاً مشجعاً على ذوبان الموليبدات امتصاصها بوساطة النبات، وفى بعض الأحيان ترتبط سمية الموليبدنم للنبات بزيادة كميات الفوسفات الذائبة فى محلول التربة. والعكس، وفى حالة زيادة الكبريتات الذائبة فى محلول التربة يحدث إعاقة لادمصاص الموليبدات بوساطة النبات، ويُفسر ذلك بحدوث تنافس بين أنيون الكبريتات SO_4^{2-} وأنيون الموليبدات MoO_4^{2-} على مواقع الادمصاص على سطوح الجذور خلال عملية الامتصاص. وهناك أيضاً ظاهرة التضاد Antagonism بين الموليبدنم والنحاس، حيث إن الزيادة من النحاس الميسر يؤدى إلى خفض الكمية الممتصة من الموليبدنم

بوساطة النبات، وأمكن معالجة السمية الناشئة عن الموليبدنم بإضافة النحاس إلى التربة. و أخيراً فإن الزيادة من أكسيد الحديد Fe_2O_3 تسبب نقصاً فى الموليبدنم الميسر للنبات.

7- رطوبة التربة :

يزداد الموليبدنم الميسر للنبات فى التربة بزيادة رطوبة تلك التربة.

2-مصادر كسب الموليبدنم وفقده Gaines and Losses of Mo :

يبين المخطط (11) مصادر كسب وفقد الموليبدنم في التربة، ويمكن من خلال هذا المخطط تصنيف هذه المصادر في مجموعتين:

2-1- مصادر الكسب:

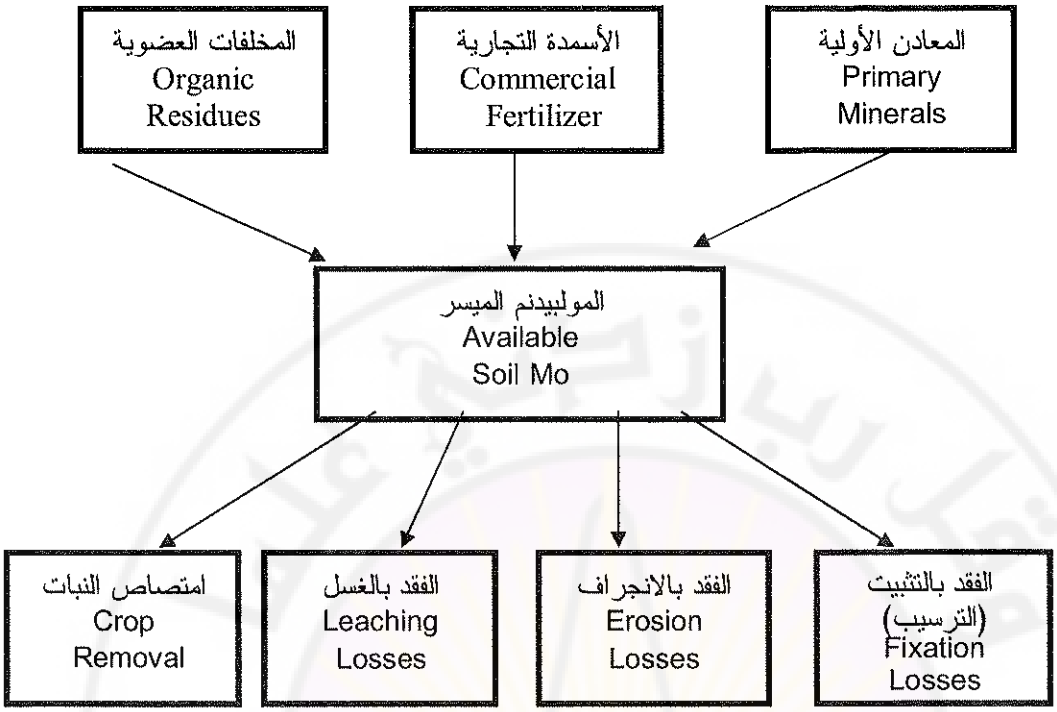
تعدّ المعادن الأولية والثانوية من أهم مصادر كسب الموليبدنم إضافة للأسمدة والمخلفات العضوية المضافة .

2-2- مصادر الفقد:

يفقد الموليبدنم من التربة عن طريق مايلي :

2-2-1-الامتصاص من قبل النبات Crop Absorption :

يعد امتصاص النبات للموليبدنم أحد مصادر فقده من التربة. إلا ان النباتات لا تحتاج إلا إلى كميات قليلة جداً منه مقارنة بما تستهلكه من العناصر المغذية الصغرى الأخرى. ويبين الجدول (31) درجة حساسية النباتات لنقص الموليبدنم.



المخطط (11) مصادر كسب وفقد الموليبدنم الميسر في التربة

الجدول (31) درجة حساسية النباتات لنقص الموليبدنم

درجة الحساسية	النبات
منخفضة	الشعير-الفول- الجذر- الكرفس- الذرة- القطن-البطاطس- الأرز- القمح- التفاح- الخوخ والعنب
متوسطة	الفصة - الكرنب- الشوفان- فول الصويا- الفجل- الشوندر السكري- البندورة- اللفت- الحمضيات
عالية	القرنبيط – الخس- السبانخ

(عن الـ FAO، 1983)

2-2-2- الفقد بالغسل Leaching Losses:

يمكن للموليبدنم بشكليه (MoO_4^{2-}) و ($HMoO_4^-$) أن يفقدا من التربة بالغسل وذلك في الترب الرملية، والترب الرطبة وتلعب معدلات الأمطار وكميات مياه الري دوراً في غسل هذا العنصر.

2-2-3- الفقد بالانجراف Losses by Erosion:

يحدث فقد للموليبدنم بالانجراف الريحي أو المائي نتيجة لفقد غرويات التربة من الطبقة السطحية للتربة بوساطة عمليات الانجراف.

2-2-4- الفقد بالتثبيت Losses by Fixation:

وتزداد الكمية المثبتة من الموليبدات مع انخفاض درجة الـــPH، يحدث تثبيت للموليبدنم الذائب في ظروف الترب الحامضية حيث يرتبط مع الأكاسيد السداسية وهذه الروابط تكون ثابتة وعلى هذا تكون درجة تيسر الموليبدنم قليلة جداً. وتزداد الكمية المثبتة من الموليبدات مع انخفاض درجة الـــPH.

3-امتصاص النبات للموليبدنم ووظائفه وأعراض نقصه وزيادته:

3-1-امتصاص النبات للموليبدنم Molybdenum Uptake from Plant :

يمتص النبات الموليبدنم الذائب من محلول التربة على شكل أيون موليبدات ثنائية (MoO_4^{2-}) بشكل رئيس وأيضاً على شكل أيون موليبدات أحادية($HMoO_4^-$). ويبلغ تركيز الموليبدنم الكلي (Total-Mo) فى النبات وسطياً بين (0.1 و 2) مغ / كغ مادة جافة. على الرغم من أن احتياجات النباتات المختلفة من الموليبدنم قليلة جداً أقل من واحد جزء فى المليون ومنها الفصة (0.34) ، الشعير (< 0.03)، الفول (0.4) و البندورة (0.68). وهناك نباتات يكون تركيز الموليبدنم مرتفعاً فى أوراقها ومنها القطن (113 جزء فى المليون)، إلا أن هناك مدى واسعاً بين النباتات فى الكميات المطلوبة من هذا العنصر لها، فيمكن أن يتجاوز تركيز الموليبدنم في أوراق القطن (113مغ/كغ).

3-2-الوظائف الفيزيولوجية للموليبدنم Physiological Functions:

يساهم الموليبدنم في تغذية النبات من خلال دوره في تشكل العقد الجذرية وعملية التثبيت الحيوي للآزوت من خلال دخوله في تركيب أنزيم النتروجيناز Nitrogenase ، يساهم الموليبدنم في تمثيل النترات حيث يدخل في تركيب أنزيم إرجاع النترات Nitrate reduction الذي يقوم بإرجاع النترات (NO_3^-) إلى نتريت (NO_2) ولذلك يلاحظ تراكم

النترات في الأنسجة النباتية عندما يعاني النبات من نقص الموليبدنم كما يساهم الموليبدنم في اصطناع حمض الاسكوربيك.

3-3-أعراض نقص الموليبدنم:

بما أن الموليبدنم يدخل فى صميم عمليات استقلاب الآزوت N – metabolism داخل النبات، فعلى ذلك تكون أعراض نقص هذا العنصر مشابهة لأعراض نقص الآزوت، وهذا التشابه مع أعراض نقص الآزوت يكون واضحاً فى النباتات البقولية، فنقص الموليبدنم يؤثر على كمية الآزوت المثبتة بوساطة البكتريا الموجودة فى العقد الجذرية بجانب تأثيرة على عملية إرجاع النترات داخل النبات. وكذلك يؤدي نقصه إلى إعاقة النمو الطبيعي للنبات، وتصبح الأوراق شاحبة اللون وفى النهاية تذبل.

3-3-1-أعراض نقص الموليبدنم على الخضار: تظهر أعراض نقص الموليبدنم على النباتات في الترب الحامضية.

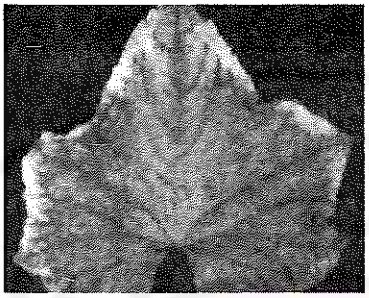
أ- **البندورة Tomato:** تحول لون الأوراق القديمة(السفلية) إلى أصفر، وذبولها في نهاية المطاف.



ب – البطاطاPotato: تحول لون الأوراق القديمة(السفلية) إلى أصفر عموماً، وذبولها.

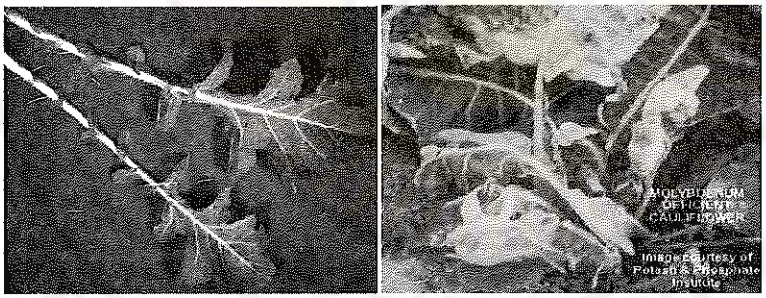


جـ–الخيار Cucumber: تحول لون الأوراق القديمة(السفلية) إلى أخضر مصفر، وتصبح أطرافها مصفرة أو برتقالية وذبولها.



د–الخس: تتلون الأوراق بالأصفر مع تورمات خفيفة وتجعدات ظاهرة.

هـ– العائلة الصليبية (القرنبيط):Caulflower Or Broccoli: ظهور مرض الذيل السوطي "Whip tail" حيث ينكمش نصل الورقة ولا يبقى منها إلا العرق الرئيس بشكل عار يشبه الذيل الهزاز وتظهر الأعراض بوضوح على نبات القرنبيط في التواء الأوراق ضد عقارب الساعة Counter clockwiss ونمو غير طبيعي لعروق الأوراق ويعجز النبات عن تكوين رؤوس القرنبيط.



3-3-2-أعراض نقص المولیبدنم على المحاصيل:

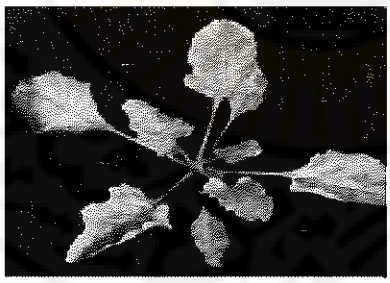
أ-النجيليات (القمح):Wheat : تأخر في النضج وظهور سنابل بيضاء فارغة.



ب-الذرة الصفراءMaize: نادراً ما تظهر أعراض النقص على الذرة، وفي حال وجودها، تظهر نخور في قمة الورقة وحوافها.

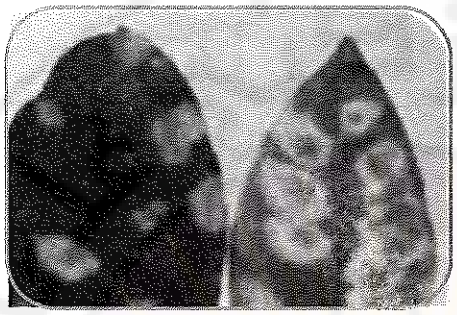
جـ- القطنCotton : تحول لون الأوراق السفلية إلى الأصفر وبشكل مشابه لأعرض نقص الآزوت، إضافة إلى ذبولها.

د- الشوندر السكريSugar Beet: تحول لون الأوراق السفلية إلى لأصفر وظهور خطوط دقيقة طفيفة مع ظهور بعض النخور.



3-3-3-أعراض نقص المولبيدنم على الأشجار:

أ-الحمضيات: ظهور بقع صفراء كبيرة عى الأوراق السفلية (مرض البقع الصفراء "Yellow spot") حيث تظهر على أوراق الحمضيات في أوائل الصيف مناطق ذات مظهر مائي تكبر وتأخذ شكل بقع مستديرة أو متطاولة صفراء.



ب-العنبGrape: تلون الأوراق السفلية باللون الأصفر عموماً، والتفاف الأوراق وتجعدها وذبولها.

جـ-التفاحApple: تلون الأوراق السفلية باللون الأصفر عموماً، والتفاف الأوراق وتجعدها وذبولها.

د-الدراقPeach: تلون الأوراق السفلية باللون الأصفر عموماً، والتفاف الأوراق وتجعدها وذبولها.

ه-الزيتونOlive: تلون الأوراق السفلية باللون الأصفر عموماً، والتفاف الأوراق وتجعدها وذبولها.

ويمكن معالجة أعراض نقص المولبيدنم بإضافة أحد مركباته رشاً على الأوراق (الجدول 32).

الجدول (32) – أهم أسمدة الموليبدنم ومعدل الإضافة وطريقتها

السماد	الرمز الكيميائي	نسبة الموليبدنم %	معدل الإضافة وطريقتها كغMo/هـ	
			نثراً Broadcast	رشاً Folior
موليبدات الأمونيوم	(NH4)6 Mo7O24.4H2O	54	0.07 -0.2 كغMo/ه لمحاصيل العلف والبقوليات 0.4 كغ Mo/ه للقرنبيط والملفوف	0.3 كغMo/100لتر/ه أو رش البذور قبل الزراعة بمعدل: 0.05- 0.1 كغ Mo/ه
موليبدات الصوديوم	Na MoO4.2H2O	39		
ثالث أكسيد الموليبدنم	MoO3	66		

(عن الـ FAO، 1983)

Damascus University

3-4-أعراض زيادة المولبيدنم (السمية):

على الرغم من اختلاف تركيز المولبيدنم فى الأنواع المختلفة من النباتات، لكن يمكن القول: إن هذه النباتات تستجيب للمعاملة بهذا العنصر إذا كان تركيزه داخل النبات أقل من 0.1 جزء فى المليون (وهو حدود النقص داخل النبات). ويمكن للنباتات أن تتحمل التركيز المرتفع من هذا العنصر، ولكن زيادة التركيز فى نباتات العلف عن 15 جزء في المليون يؤدى إلى حدوث مشاكل صحية عند الحيوانات التى تتغذى على تلك الأعلاف ويسبب ظهور مرض يسمى "Molybdenosis" أو Teat disease ويمكن تجنب هذا المرض بإضافة مركبات النحاس للتربة أو إلى المحاصيل المعدة علفاً للحيوانات.

يبن الجدول (33) نوع التربة وظروفها التي تؤثر في نقص العناصر المغذية:

الجدول (33) نوع وظروف التربة التي تؤثر في نقص العناصر المغذية:

Conditions affecting nutrient deficiency

Conditions	Nutrients likely to be deficient				
Cold Soil الترب الباردة	N	P	S	Fe	Zn
Saturated Soils المشبعة	N	P	K	Fe	Zn
High pH	Cu	Fe	Mn	Zn	
Low pH	S	Ca	Mg	Mo	
Compacted Soils المضغوطة	P	K	Mg		
Dry Soils الجافة	P	K	S	B	
High OM* عالية المادة العضوية	K	Cu	Mn		
Sandy Soils الرملية	S	Mg	K	B	Mn
High Calcium عالية الكالسيوم	P	Fe			
Low OM* منخفضة المادة	S	K	P	B	Zn
High Magnesium عالية المغنزيوم	Ca				
Low Magnesium منخفضة	Ca	Mg			

*OM = Organic Matter

سلوك العناصر المغذية في الترب الكلسية والحامضية والجبسية والمالحة

الفصل الاول: سلوك العناصر المغذية في الترب الكلسية والحامضية:

1- سلوك العناصر الكبرى

2- سلوك العناصر الصغرى

الفصل الثاني: سلوك العناصر المغذية في الترب الجبسية والمالحة:

1- سلوك العناصر الكبرى

2- سلوك العناصر الصغرى

الفصل الثالث: التداخل بين العناصر المغذية

3- الدعم

4- التضاد



سلوك العناصر المغذية في الترب الكلسية والحامضية والجبسية والمالحة

الفصل الأول: سلوك العناصر المغذية في الترب الكلسية والحامضية

مقدمة:

تعرّف الترب الكلسية بانها الترب التي ترتفع فيها نسبة كربونات الكلسيوم أو المغنزيوم، وغالباً ما يكون تفاعلها (pH) مائلاً إلى القلوية، بينما تعرّف الترب الحامضية بأنها تلك الترب التي تتميز بانخفاض تفاعلها (pH) والغنية بأكاسيد الحديد والألمنيوم. وغالباً ما توجد الترب الكلسية في المناطق الجافة وشبه الجافة ذات الخط المطري (الأقل من 300 مم)، بينما الترب الحامضية فتوجد في المناخات الرطبة (المطرية).

1- سلوك العناصر الكبرى في الترب الكلسية والحامضية:

1-1- الازوت:

يمتص النبات عادة الآزوت على شكل نترات بصورة رئيسة وأمونيوم بدرجة ثانوية. يحدث تطاير للأمونيا(NH_3) لدى إضافة الأسمدة النشادرية (سلفات الأمونيوم ونترات الأمونيوم) واليوريا للتربة، وكذلك الناتجة من معدنة الآزوت العضوى في التربة. وعادةً يكون الفقد بكمية كبيرة فى الترب القاعدية والترب الغنية بكربونات الكلسيوم نتيجة التحلل المائي لكربونات الكلسيوم وتحرر كل من الكلسيوم والهيدروكسيل وتفاعلها مع سلفات الأمونيوم وتحرر الأمونيا، وكذلك نتيجة تشكل كربونات الأمونيوم والتي تتحلل مائياً وتنطلق الأمونيا.

أولاً: يحدث تحلل مائي لكربونات الكلسيوم

$$CaCO_3 + H_2O \longrightarrow Ca^{2+} + HCO_3^- + OH^-$$

يتحد أيون الكلسيوم وأيون الهيدروكسيل الناتج من الخطوة السابقة مع السماد (سلفات الأمونيوم مثلاً) .

$$Ca^{2+} + 2OH^- + (NH4)_2SO_4 \longrightarrow CaSO_4 + 2NH_3\uparrow + 2H2O$$

أو يحدث تفاعل بين كربونات الكلسيوم مع كبريتات الأمونيوم ويتكون كربونات الأمونيوم .

$$(NH4)_2SO_4 + CaCO_3 \longrightarrow (NH_4)_2CO_3 + CaSO_4$$

ثم يحدث تحلل لكربونات الأمونيوم .

$$(NH_4)_2CO_3 + H_2O \longrightarrow 2NH_3\uparrow + 2H_2O + CO_2$$

ينصح بإضافة الأسمدة النشادرية إلى التربة الكلسية والمائلة للقلوية وذلك لتأثيرها الحامضي وخفض الـــPH ، مما يساهم في تيسر العناصر المغذية، شريطة ري التربة مباشرة بعد إضافتها أو طمرها بالتربة وذلك للتقليل من التطاير، أما في الترب الحامضية فينصح بإضافة الأسمدة النتراتية وذلك لتأثيرها القلوي ورفع الـــPH.

1-2- الفوسفور:

من المعروف أن شوارد الفوسفات يمكن أن تتثبت على غرويات التربة بوساطة جسور من الكلسيوم في الترب الطينية الكلسية، يعدّ PH التربة من أهم العوامل المؤثرة في جاهزية العناصر المغذية 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 الكلسية والتي يرتفع فيها PH إلى أكثر من 7 يؤدي إلى ترسيب الفسفور بهيئة فوسفات الكلسيوم الثنائية أو الثلاثية $CaHPO_4$ أو $Ca_3(PO_4)_2$ وهي أيضا صور معقدة التركيب وغير جاهزة للنبات. في حين نجد أن الفسفور أكثر جاهزية عند PH المعتدل أو المتعادل المائل نحو الحموضة الخفيفة (بحدود PH=7).

ينصح بإضافة الأسمدة الفوسفاتية قريباً من منطقة الجذور وإضافتها على شكل أكوام صغيرة لتقليل نقاط التلامس مع الكلس في التربة.

1-3- البوتاسيوم:

يقل تثبيت البوتاسيوم عند خفض الـــ pH عن 6. وإن أفضل جاهزية وتيسر للبوتاسيوم تكون في مجال pH من 6-8، يلاحظ زيادة تثبيت البوتاسيوم في الترب الحامضية المضاف إليها الكلس حيث يرتفع الـــpH ومن ثمّ يقل ادمصاص الهدروجين مما يحفز ادمصاص البوتاسيوم وتثبيته.

1-4- الكبريت:

يسود الكبريت في ترب المناخات الجافة وشبه الجافة ويغسل في ترب المناخات الرطبة وشبه الرطبة، ونادراً ما تظهر حالات نقص الكبريت على النباتات نتيجة لوصول الكبريت إلى

التربة بطريقة غير مباشرة مع كثير من الأسمدة مثل: السوبر فوسفات، وكبريتات الأمونيوم وكبريتات البوتاسيوم كذلك في صورة بعض المبيدات الفطرية.

1-5- الكلسيوم:

تعاني النباتات في الترب الحامضية والرطبة من نقص الكلسيوم نتيجة غسله بفعل الأمطار، ولتفادي النقص في الكلسيوم تضاف المركبات الحاوية على الكلسيوم ككربونات الكلسيوم إلى الترب الحامضية.

1-6- المغنزيوم:

إن زيادة تركيز شوارد الكلسيوم في محلول التربة يحد من امتصاص النبات لعنصر المغنزيوم فتظهر على النبات علائم النقص ويفضل ألا تزيد نسبة الكلسيوم إلى المغنزيوم عن 4. وفي الترب الحامضية تعاني النباتات من نقص المغنزيوم نتيجة غسله بفعل الأمطار وإحلال الهيدروجين محله على معقد الادمصاص.

2- سلوك العناصر الصغرى في الترب الكلسية والحامضية:

تتصف الترب الكلسية بأنها ذات pH مائل نحو القلوية، وأن الكلسيوم الموجود في هذه الترب يرتبط مع كبريتات العناصر الصغرى المضافة فتبقى العناصر الصغرى حرة وفي ظروف الـpH المرتفعة تتأكسد لتعطي هيدروكسيدات راسبة أو ترتبط مع الكربونات لتشكل كربونات المعدن وهي أيضاً راسبة وغير قابلة لإفادة النبات. ، لذا ينصح باستخدام الشيلات أو كبريتات المعدن رشاً على النباتات. كما يجب أن يكرر الرش من أجل مقاومة العوز الذي يمكن أن يظهر على الأعضاء حديثة النمو، وبصورة خاصة عند زراعة الأشجار المثمرة. أما في الترب الحامضية فإن معظم العناصر الصغرى قابلة للإفادة عدا الموليبدنم.


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الثاني:
سلوك العناصر المغذية في الترب الجبسية والمالحة

مقدمة:

تعرف الترب الجبسة بأنها الترب التي تحتوي على كميات كافية من الجبس – كبريتات الكلسيوم المائية ($CaSO_4.2H_2O$) أي الترب التي تحتوي على أكثر من 2% جبس. أما الترب المالحة فهي الترب التي تحتوي أملاح ذوابة في محلول التربة (كأملاح الكلور والكربونات والبيكربونات) والتي غالباً ناقليتها الكهربائية أكبر من 4 ديسيسمنس/م. ويرافق الجبس في ترب المناطق الجافة ونصف الجافة تراكيز مرتفعة من ملح كلوريد الصوديوم. توجد هذه الأنواع من الترب في المناطق الجافة وشبه الجافة ذات الخط المطري (الأقل من 250 مم) والتي يتوافر فيها مصادر الجبس وكذلك مصادر الأملاح، كمصدر أولي من عملية تجوية الصخور أو مصدر ثانوي من خلال نقله بالماء الأرضي وترسب الجبس والأملاح على السطح.

وتشير الدراسات إلى أن ارتفاع نسبة الجبس إلى أكثر من 25% تعمل على تدني الإنتاجية وتدهور خصوبة التربة بصورة واضحة. توصف الترب الجبسية بانخفاض قابليتها للاحتفاظ بالماء، وهذا يعتمد على حجم حبيبات الجبس وبناء التربة، ووجود طبقات جبسية صلبة ونسيج التربة ومحتوى الطين ونوعه. كما تعمل طبقة الجبس نتيجة قساوتها على الحد من نمو الجذور، وتتصف هذه الطبقة بعدم نفاذيتها للماء مما يؤدي إلى ارتفاع الرطوبة فوق الأفق السطحي وسيادة الظروف اللاهوائية مما ينعكس سلباً على خصوبة التربة والتغذية المعدنية للنبات. ويتطلب ذلك نقب أو حراثات عميقة للتربة لكي نحصل على تربة مفككة تسمح بنمو طبيعي للجذور النباتية.

ويعود تدني الإنتاجية وانخفاض خصوبة التربة في الترب الجبسية إلى عدم التوازن بين شوارد الكلسيوم وشوارد العناصر المعدنية الأخرى كل على حده ولصالح الكلسيوم، مما يؤدي إلى ضعف التغذية المعدنية، وتلعب شوارد الكبريتات دوراً مماثلاً للكالسيوم في سوء التغذية المعدنية.

يؤدي تجمع الجبس حول جذور النباتات إلى تقليل امتصاص الماء والمغذيات من قبل النباتات مثل المحاصيل المعمرة وأشجار الناكهة، كما يؤدي تجمع الجبس نتيجة لذوبانه بالماء إلى

تكوين طبقة صلبة مكونة قشرة عند الجفاف تعيق بزوغ البادرات وتقلل من استطالة الجذور. ومن جهة ثانية يؤدي ذوبان الجبس إلى ارتفاع الضغط الحلولي لمحلول التربة وهذا يقلل من امتصاص النباتات للماء والمغذيات. تتأثر خصوبة التربة سلباً بزيادة نسبة الجبس في منطقة الجذور النباتية إذ تبين انخفاض السعة التبادلية الكاتيونية بزيادة كمية الجبس في التربة لان ارتفاع الجبس في التربة يكون على حساب الغرويات (معادن الطين، المركبات الدبالية، هيدروكسيدات الحديد والألمنيوم).

1- سلوك العناصر الكبرى في الترب الجبسية والمالحة:

1-1- الازوت:

يمتص النبات عادة الآزوت على شكل نترات بصورة رئيسة وأمونيوم بدرجة ثانوية، ويواجه امتصاص النترات من قبل النبات صعوبة نتيجة لارتفاع تركيز الكبريتات في محاليل تلك الترب، والتي تؤدي إلى قلة امتصاص النترات بسبب التضاد بين هاتين الشاردتين. أما عند تسميد الترب الجبسية بالأسمدة النشادرية فإن شوارد الأمونيوم يمكن أن ترتبط مع شوارد الكبريتات لتكوين كبريتات الأمونيوم التي تعدّ نوعاً من التثبيت المؤقت لشوارد الأمونيوم ومن ثم يتحرر الأمونيوم بالتدريج لكي تمتص كميات قليلة من قبل النباتات، أما الجزء الأكبر فيتحول تدريجياً إلى نترات يمتصها النبات.. إضافة لذلك في الترب المالحة يزداد امتصاص النبات للصوديوم والكلور مما ينعكس سلباً في امتصاص النبات للنترات وذلك للتضاد بين الكلور والنترات.

لذا ينصح عموماً باستخدام الأسمدة الأمونياكية في تسميد الترب الجبسية والمالحة وبصورة خاصة كبريتات الأمونيوم.

1-2- الفوسفور:

تتثبت شوارد الفوسفات على غرويات التربة بوساطة جسور من الكلسيوم في الترب الطينية الكلسية، ويعتقد أن الظاهرة نفسها يمكن أن تحدث في الترب الجبسية. إن تركيز شوارد الكلسيوم الذائبة في محلول الترب الجبسية والتي تبلغ مئة مرة تركيز الكلسيوم في محلول الترب الكلسية مما يسّرع من عملية تكوين الهيدروكسيل أباتيت في الترب الجبسية. أما في الأراضي الجبسية الحامضية (الأراضي المطيرة ونصف المطيرة) فلا تتثبت شوراد الفوسفات الذائبة ومع ذلك فإن امتصاصها من قبل النبات يبقى محدوداً بسبب التضاد بين

الكبريتات والفوسفات. ينصح بإضافة الأسمدة الفوسفاتية قريباً من منطقة الجذور وإضافتها على شكل أكوام صغيرة لتقليل نقاط التلامس مع الجبس في التربة لأن النبات يستطيع الاستفادة من جزء منها نتيجة لتنفس الجذور ونشاط الكائنات الحية الدقيقة وكذلك زيادة CO_2 في منطقة الجذور النباتية، حيث أن غاز أكسيد الكربون يتحول إلى حمض الكربون والذي يساهم في تحرير الفوسفور بصورة مفيدة للنبات، ومن ثم تنتقل الفوسفات إلى الجذور بآليات الانتقال والامتصاص المختلفة.

1-3- البوتاسيوم:

ينخفض ادمصاص البوتاسيوم على غرويات التربة كلما زادت شوارد الكلسيوم في محلول التربة، ويكون الانخفاض شديداً عندما تكون شوارد البوتاسيوم أصلاً موجودة بتراكيز قليلة . ويمكن الحد من هذه الظاهرة باستعمال كبريتات البوتاسيوم في تسميد الترب الجبسية، لأن الزيادة في تركيز شوارد الكبريتات تحد من معدل ذوبان الجبس الأمر الذي يخفض من تراكيز شوارد الكلسيوم في محلول التربة، ومن المعلوم أن جداء ذوبان الجبس يقف عند تركيز محدد للكبريتات في المحلول المائي. ومن جهة أخرى تتطلب الزراعة في الترب الجبسية إضافة البوتاسيوم وبخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة على الرغم من أن بعض البحوث تشير إلى عدم الحاجة لتلك الإضافة بافتراض أنها غنية بالبوتاسيوم (الشاطر والقصيبي، 2000). ولكن هذا المفهوم لا يمكن تعميمه على جميع الترب الجبسية. وفي الترب المالحة يزداد امتصاص النبات للصوديوم مما ينعكس سلباً في امتصاصه للبوتاسيوم وذلك للتضاد بين الصوديوم والبوتاسيوم وكذلك بين الكلسيوم والبوتاسيوم.

1-4- المغنزيوم:

يعدّ المغنزيوم عنصراً أساسياً لنمو وتطور النبات فهو يدخل في تركيب اليخضور وأساسي في عمليات الاصطناع الضوئي، ويتوقف امتصاص هذا العنصر من قبل النبات على تركيزه في المحلول الأرضي وأيضاً تركيز شوارد الكلسيوم، ومن ثمّ فإن زيادة تركيز شوارد الكلسيوم في محلول التربة يحد من امتصاص النبات لعنصر المغنزيوم فتظهر على النبات علائم النقص. وفي الترب المالحة والتي تحوي شوارد الصوديوم ينخفض فيها امتصاص النبات لكل من الكلسيوم و المغنزيوم نتيجة للتضاد بين الصوديوم المغنزيوم وبين الصوديوم والكلسيوم وكذلك بين الكلسيوم والمغنزيوم.

2- سلوك العناصر الصغرى في الترب الجبسية والمالحة:

تتصف الترب الجبسية والمالحة الواقعة في المناطق الجافة ونصف الجافة بأنها ذات pH مائلاً نحو القلوية وأن الشوارد المسؤولة عن التفاعل ترتبط مع شوارد العناصر الصغرى (Fe، Mn، Cu، Zn، B، Co) لتعطي هيدروكسيدات وكربونات العنصر، وتعدّ هذه المركبات ضعيفة الذوبان وغير قابلة لإفادة النبات، لذا ينصح باستخدام الشيلات أو كبريتات المعدن رشاً على النباتات. وقد جرى الاشارة سابقاً إلى دور شوارد البيكربونات في عرقلة امتصاص النبات للحديد من خلال دورها في رفع pH الخلايا الجذرية وهذا يؤدي إلى ترسب الحديد داخل خلايا الجذور وعدم انتقاله إلى النبات. أما بالنسبة للمولبيدنم فيتأثر امتصاصه سلباً من قبل النبات نتيجة وجود شوارد الكبريتات في محلول الترب الجبسية وكذلك المالحة.

مما سبق يتضح أهمية إضافة المغذيات بنوعيها الكبرى والصغرى للترب الجبسية والمالحة ويتطلب ذلك إجراء المزيد من الأبحاث نظراً للنقص الواضح في المعلومات المتعلقة بالحالة الخصوبية للترب الجبسية والمالحة. فلا تزال المعلومات المتوفرة حول تأثير الجبس في تمعدن الآزوت وفي فعالية الأحياء الدقيقة قليلة، ولا يعرف على وجه الدقة المستوى المطلوب إضافته من أسمدة العناصر الكبرى NPK أو الصغرى ولكل محصول من المحاصيل المختلفة. وينصح في زراعة الترب الجبسية باتباع دورة زراعية تشمل قمح محاصيل بقولية بدلاً من الدورة قمح بور، ويتبع ذلك في العراق وسوريا في المناطق ذات الهطول المطري بين 250 – 450 مم مع الأخذ بعين الاعتبار أهمية التلقيح بالبكتيريا المتخصصة نظراً لقلة هذه البكتيريا والأحياء الدقيقة في الترب الجبسية، مما يتسبب في بطء تثبيت الآزوت الجوي وتدني الآزوت وإنخفاض إنتاج البقوليات إلى جانب ذلك يمكن إضافة المادة العضوية في حال توفرها إلى الترب الجبسية (قد تكون مكلفة) حيث تزيد جاهزية المغذيات وتحسن الصفات الفيزيائية للتربة وتساهم في زيادة السعة التبادلية للأيونات الموجبة ومن ثمّ تزيد من إنتاجية عديد من المحاصيل.

وأخيراً يجب التركيز على اختيار المحصول المناسب في إدارة الترب الجبسية والمالحة الذي يؤدي إلى إنتاج اقتصادي تحت ظروف هذه الترب ومنها القمح والشعير والعدس والشوفان والبندورة والبصل والفصة.

الفصل الثالث

التداخل بين العناصر المغذية

مقدمة:

هناك اختلاف فى درجة استجابة النبات لإضافة عنصر ما عند مستويات مختلفة من العناصر الاخرى ويرجع ذلك إلى أن كفاءة استخدام العنصر المغذي تتحدد بكمية العناصر الاخرى والميسرة للنبات وهذا مايعرف بالتأثيرات المتبادلة بين العناصر Interaction effect between elements ويختلف مدى التفاعل تبعاً لنوع العنصر ونوع النبات حيث يوجد تنافس بين الايونات مع بعضها بعضاً عند امتصاصها بوساطة جذور النبات، وقد تؤدى زيادة تركيز أحد العناصر المغذية فى محلول التربة إلي تقليل أو زيادة امتصاص عنصر أو عناصر أخرى.

1- الدعم Synergism أو التحفيز Stimulus :

عبارة عن تحفيز Stimulate أو زيادة امتصاص النبات لعنصر مغذٍ أو عناصر مغذية أخرى نتيجة زيادة تركيز أحد العناصر المغذية في محلول التربة.

1-1- أهم الأمثلة على علاقات الدعم او التحفيز بين العناصر المغذية:

2-1-1- الآزوت : يحفز امتصاص المغنزيوم، بينما امتصاص النبات للأمونيوم يحفز امتصاص الأنيونات كالفوسفات والكبريتات والكلور والبورات. بينما امتصاص النبات للنترات يحفز امتصاص الكاتيونات كالبوتاسيوم، المغنزيوم والحديد ....إلخ.

2-1-2- الفوسفور : يحفز امتصاص المغنزيوم.

2-1-3- البوتاسيوم : يحفز امتصاص كلٍ من الحديد والمنغنيز.

2-1-4- الكلسيوم : لا يحفز أي عنصرٍ.

2-1-5- المغنزيوم : يحفز امتصاص الفوسفور.

2-1-6- الحديد : يحفز امتصاص البوتاسيوم.

2-1-7- المولبيدنم : يحفز امتصاص الآزوت.

2-1-8- الكبريت: إن إضافة الكبريت وتحوله إلى حمض الكبريت يخفض الـpH مما يزيد من جاهزية العناصر التالية وامتصاصها: B , Cu , Zn , Mn , Fe , P , N

2- التضاد Antagonism :

عبارة عن تثبيط او تضاد Antagonist أو تقليل امتصاص النبات لعنصر مغذي أو عناصر مغذية أخرى نتيجة زيادة تركيز أحد العناصر المغذية في محلول التربة.

2-1- أهم الأمثلة على علاقات التضاد بين العناصر المغذية:

2-1-1-الآزوت: يضاد كلاً من : البوتاسيوم والنحاس والبورون. امتصاص الأمونيوم يثبط امتصاص الكاتيونات: البوتاسيوم والكلسيوم والمغنزيوم.... إلخ. أما امتصاص النترات فيثبط امتصاص الأنيونات: الفوسفات والبورات ...إلخ.

2-1-2-الفوسفور: يضاد كلاً من البوتاسيوم والكلسيوم والمنغنيز والزنك والنحاس.

2-1-3-البوتاسوم: يضاد كلاً من المغنزيوم والبورون.

2-1-4-الكلسيوم:يضاد كلاً من: البوتاسيوم، المغنزيوم، الحديد، المنجنيز، الزنك والبورون.

2-1-5--المغنزيوم: يضاد البوتاسيوم .

2-1-6-الحديد: يضاد الفوسفور .

2-1-7--المنغنيز: يضاد الحديد.

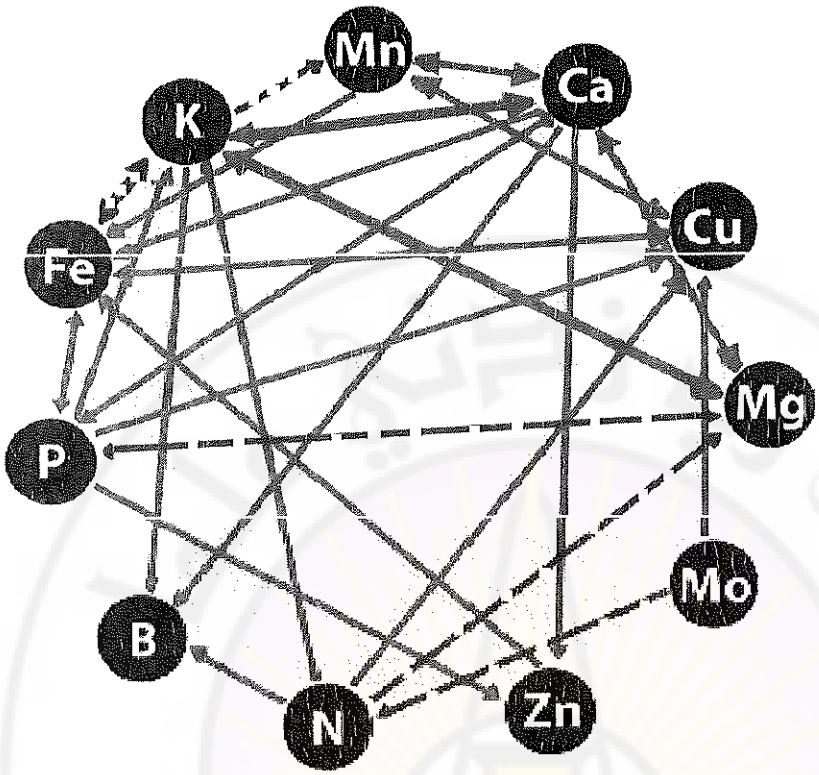
2-1-8-الزنك: يضاد الحديد.

2-1-9--النحاس: يضاد كلاً من الحديد والمنغنيز.

2-1-10-البورون: مسالم لا يضاد أي عنصر.

2-1-11-المولبيدنم: يضاد النحاس.

2-1-12- الكلور: يضاد النترات.



الشكل (25)– علاقات الدعم والتضاد بين العناصر المغذية في التربة

لذلك يفضل إجراء تحليل سريع للتربة يوضح كمية العناصر المغذية فيها وماهو العنصر الذي تزيد كميته كي يراعى ذلك عند إضافة الأسمدة والمغذيات إلى النباتات القائمة سواء محاصيل حقلية أوخضار أو أشجار فاكهة للوصول إلى التسميد المتوازن الذى ننادي به جميعا بالإضافة إلى نقطة مهمة جدا لابد أخذها بعين الاعتبار والمتعلقة بالناحية الاقتصادية من حيث أسعار الأسمدة وكمية المحصول الناتج والمقابل لسعر السماد وكمية المادة الفعالة كأحد مدخلات الإنتاج.

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

•••

•••

•••

•••

•••

•••

•••

••• ••••• ••••

الإدارة المثلى للعناصر المغذية

الفصل الأول: التخطيط الإداري للعناصر المغذية.

الفصل الثاني: رفع كفاءة أسمدة العناصر الكبرى.

الفصل الثالث: رفع كفاءة أسمدة العناصر الصغرى.

المصطلحات

المراجع

Damascus University

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الباب الخامس

الإدارة المثلى للعناصر المغذية

الفصل الأول: التخطيط الإداري للعناصر المغذية

مقدمة:

تعتمد الادارة المثلى للعناصر المغذية Optimum Nutrient Management (الإدارة الفعّالة Efficient Management) على تزويد النبات بكميات كافية من المغذيات للوصول إلى إنتاجية قصوى للمحصول مع مراعاة أن تكون التأثيرات البيئية بحدودها الدنيا بهدف تحقيق المردود. ولتحقيق الادارة المثلى للعناصر المغذية لا بد من المعرفة حول التفاعلات بين النبات، التربة والبيئة. وذلك من خلال تحديد كميات المغذيات التي يحتاجها النبات وطريقة امتصاصها عن طريق الجذور أو المجموع الورقي، كما أن طريقة وضع السماد تختلف حسب نوع المحصول وكثافة جذوره، كما لصفات التربة ودرجة خصوبتها تأثيراً في تيسر المغذيات للنبات، علماً بأن هناك نباتات شرهة لامتصاص عناصر مغذية معينة (البطاطا تمتص كميات كبيرة من البوتاسيوم، الذرة تمتص كميات كبيرة من الزنك) ومنها نباتات قليلة الحاجة لعناصر مغذية معينة. إضافة لذلك لا بد من الأخذ بعين الاعتبار الظروف البيئة من درجة حرارة ورطوبة في ادراة المغذيات.

1-تعاريف:

1-1-إدارة المغذيات Nutrient Management : عبارة عن إدارة المعدلات (الكميات) المناسبة من المغذيات (الأسمدة)، مصدرها، طريقة إضافتها، و الموعد المناسب لإضافتها، ومحسنات التربة بهدف رفع خصوبة التربة والتقليل من تلوث البيئة بالأسمدة المعدنية.

1-2-التخطيط الإداري للعناصر المغذية Nutrient Management Planning

يقصد بالتخطيط الإداري للعناصر المغذية NMP: وضع سجلات موثقة (خطة) حول كيفية استخدام المغذيات (الأسمدة) في إنتاج المحاصيل وتطورها وفقاً لمعيار الممارسة العملية Conservation Practice Standard في إدارة المغذيات. والمعيار هو متاح من خلال الدليل التقني للمكتب الحقلي لكل دولة .State's Field Office Technical Guide (FOTG).

وغالباً ما يتم وضع خطة لإدراة المغذيات لكل حقل، ويمكن أن تتضمن هذه الخطة المعلومات التالية:

1-2-1- خارطة للحقل والتربة Field and soil map: وتتضمن هذه الخارطة نوع تربة الحقل ودرجة ملاءمتها للأنواع النباتية المحددة، ومدى قربها من مصادر المياه. إن معرفة نوع التربة من شأنه أن يحدد العلاقة بين الإنتاجية و صفات التربة التي تؤثر على تيسر أو تثبيت المغذيات.

1-2-2- تحليل التربة Soil test: يعتمد تحليل التربة على دقة أخذ العينات، وعلى عاتقها يتم تقييم قدرة التربة على تزويد النبات بالمغذيات، وتحديد احتياجات النبات منها.

1-2-3- المحصول والدورة الزراعية Crop and crop rotation: يلعب مستوى إنتاج المحصول السابق (البقولي) في الدورة الزراعية دوراً مهماً في تزويد النبات بالآزوت، فإذا كان إنتاج المحصول البقولي في السنة السابقة منخفضاً أدى إلى خفض كمية الآزوت المثبتة في التربة.

1-2-4-الإنتاج المتوقع Yield expectation: تعدّ التقديرات المحددة للإنتاج المتوقع ضرورية في تحديد الاحتياجات من العناصر المغذية. ويتم تسجيل الإنتاج السابق لكل حقل حقق أفضل إنتاجية للمحصول في السنوات السابقة. وينتج عن المبالغة في تقدير الإنتاجية إضافات زائدة من المغذيات، وهذا من شأنه أن يؤ ثر سلباً على البيئة، عوضاً عن الزيادة في النفقات، بينما يؤدي الاستخفاف في تقدير الإنتاجية إلى إضافات قليلة من المغذيات مما يقلل من الإنتاج والمردود المادي.

1-2-5-مصادر المغذيات Nutrient sources : يحتاج استعمال المخلفات العضوية كمصادر للمغذيات إلى أخذ عينات من هذه المخلفات بدقة، وتحديد محتواها من المغذيات عن طريق تحليلها بالمختبر. بينما تسلك الأسمدة المستخدمة كمصادر للمغذيات سلوكاً مشابهاً على الرغم من طريقة الإضافة وزمنها والذي يمكن أن يؤثر على فقد الآزوت. وفي حالة استخدام مزيج من المصدرين، يجب أن يؤخذ في الحسبان، في التوصية السمادية النهائية، فعالية (تركيز) هذه المغذيات لكل مصدر من هذه المصادر.

1-2-6-معدلات التوصية السماديةRecommended rates: تتحدد المعدلات السمادية من خلال الإنتاج المتوقع، توفر المغذيات الميسرة في التربة، كفاءة امتصاص النبات للعناصر المغذية المضافة، تزود معظم مختبرات التربة المزارع بمعدلات الأسمدة المضافة

حسب التوصية السمادية وهذه التقديرات جيدة إلى حدٍ ما، ولكن ينبغي مراعاة ظروف كل حقل وإجراء التعديلات المناسبة على التوصية السمادية الصادرة عن مختبرات التربة.

1-2-7-زمن الإضافة Application timing: يعتمد زمن إضافة المغذيات على نوع السماد، وفترة نمو المحصول. بالنسبة للعناصر المغذية سهلة الحركة والغسل، ينبغي إضافتها في فترة النمو أو الامتصاص الأعظمي للمحصول، وهذا يتطلب إضافتها على دفعتين. بينما العناصر غير المتحركة، يمكن أن تضاف قبل الزراعة.

1-2-8-طريقة الإضافة Placement method: تؤثر طريقة إضافة المغذيات على تيسر العناصر المغذية وامتصاصها من قبل النبات، فعلى سبيل المثال، إن إضافة الآزوت نثراً على سطح التربة بوجود المخلفات من شأنه أن يقلل من امتصاص النبات له. وكمثال آخر، إن إضافة الفوسفور تكبيشاً أو في جور بجانب النبات يزيد من الانتاج في الترب منخفضة المحتوى من الفوسفور مقارنة بطريقة إضافته نثراً. يمكن القول: إن طريقة الإضافة تعتمد على كل من نوع المغذيات (السماد)، وكذلك نوع المحصول.

1-2-9-التقييم والمراجعة Assessment and revision: ينبغي أن تقيم خطة إدارة المغذيات بعد نهاية كل موسم من حيث الإنتاجية والمردود الإقتصادي، ويمكن اجراء تعديلات على التوصية السمادية في حال كان هناك نقص في الانتاج او النوعية.


وقل رب زدني علما
Damascus University

الفصل الثاني
رفع كفاءة أسمدة العناصر الكبرى

1- رفع كفاءة الأسمدة الآزوتية improvement the efficiency of N fertilizers:

يؤدي الاستخدام المفرط من الأسمدة وخاصة الآزوتية منها، إلى سلبيات عدّة تتعلق بزيادة تكاليف الإنتاج الزراعي وكذلك زيادة التلوث البيئي، نتيجة تحولها إلي أيونات نترات التي تساهم في تلوث المياه الجوفية، وخاصة في المناطق التي يكون فيها مستوى الماء الأرضي قريب من السطح وتحت نظام الري المستمر. لذا كان لزاماً علينا معرفة كفاءة استخدام هذه الأسمدة لتقنين استخدامها وتفادي السلبيات الناتجة عن الإفراط في إضافتها. وتتطلب دراسة كفاءة استخدام السماد الآزوتي معرفة العوامل التي تؤثر علي تيسر هذا العنصر حيث يتسنى لنا الوصول إلي نتائج دقيقة يمكن الاعتماد عليها في معرفة الكميات التي يمكن إضافتها من هذه الأسمدة كي تسد حاجة النبات بالمعدل المطلوب. تعدّ ترب المناطق الجافة وشبة الجافة فقيرة في محتواها من المادة العضوية التي تعدّ مصدراً مهماً للآزوت، بالإضافة إلي وجود كربونات الكلسيوم وارتفاع درجة الحرارة، ودرجة الـ pH وكذلك قوامها الرملي والذي يساعد في عمليات الفقد إما بالغسل أو التطاير، مما يؤدي إلي انخفاض كفاءة استعمال هذه الأسمدة (50 – 70)% وتعدّ مشكلة غسل أيونات النترات من أخطر المشاكل خاصة عند الإفراط في التسميد الآزوتي ويرجع السبب إلى أنه ملوث كبير للمياه الجوفية وخاصة عندما يكون مستوى المياه الجوفية قريباً. وتأتي هذه الدراسة كإحدى الدراسات التي تهدف إلي التقنين في استعمال الأسمدة الآزوتية وذلك من خلال استعمال الطرائق الحديثة و التي منها استعمال تقانة النظائر المستقرة (الثابتة) مثل N^{15} والمحمل علي الأسمدة الآزوتية المعلمة (Labeled). حيث يتم التحديد الدقيق للكمية التي تصل إلي النبات من الآزوت المضاف عن طريق السماد، مما يعطي إشارة واضحة لمعدل الإضافة التي تقلل من المشاكل الناجمة عن الإضافة المفرطة للأسمدة الآزوتية من جهة والاستعمال الاقتصادي من جهة أخرى.

ولا بد من الإشارة إلى بعض الأمور الواجب مراعاتها للتقليل من فقد الآزوت ورفع كفاءة الأسمدة الآزوتية:

- تحتاج النباتات لإضافة تلك الأسمدة في المراحل الأولى لنمو المحاصيل خاصة بالنسبة للمحاصيل الورقية.
- يقل استخدامها مع بذور البقوليات حتى لا تسبب هياجاً خضرياً، ومع البطاطس حتى لا تصبح أكثر عرضة للإصابة بالآفات بسبب زيادة المحتوى المائي للخلايا.
- يلاحظ أن زيادة الأزوت تؤثر سلبا على امتصاص الفوسفور والكلسيوم والبوتاسيوم، وهي عناصر غاية الأهمية للنباتات لذا يراعى التقليل من إضافة الأسمدة الآزوتية في بعض الحالات منها الزراعة عقب المحاصيل البقولية، كما يراعى الاعتدال في استخدام هذه الأسمدة في المراحل الأخيرة لعمر النبات والحرص على الحراثة الجيدة للتربة واستخدام الأسمدة الأزوتية السائلة في الري بالتنقيط حتى تعظم الاستفادة منها.
- عموما تختلف نوعية الأسمدة وكميتها وفقا لنوعية التربة، فتضاف نترات الكلسيوم والأسمدة المخلبية إلى الترب سيئة الصرف، بينما تضاف نترات الأمونيوم إلى الترب جيدة الصرف.
- في الترب الرملية والكلسية يضاف سماد سلفات الأمونيوم ويراعى الاعتدال في الرى لضمان عدم غسله مع مياه الصرف وإضافته على دفعات والانتهاء منه قبل التزهير.
- يضاف حمض الآزوت إلى شبكات الري بالتنقيط مما يعمل على خفض قلوية مياه الري والتربة فتزيد القدرة على امتصاص عناصر التربة.
- يلاحظ أن استخدام الأسمدة الآزوتية في صورة نترات يضمن التأثير السريع على النبات لكنها في الوقت نفسه تتعرض لسرعة الفقد مع زيادة الري، بينما يتسم استخدامها في صورة سلفات بالثبات النسبي ويساعد على تصحيح قلوية التربة.
- يفضل استخدام اليوريا كسماد أزوتي في الترب الكلسية ومع مياه الري وفي مرحلة النمو الخضرى.

1-رفع كفاءة الأسمدة الفوسفاتية improvement the efficiency of P fertilizers

هناك بعض النقاط المهمة التي يجب أن نضعها في الاعتبار عند القيام بالتسميد الفوسفاتي لرفع كفاءة استخدام السماد الفوسفاتي.

2-1- pH التربه:

ينبغي معرفة pH التربة قبل استخدام السماد الفوسفاتي لأن هذا يحدد نوع السماد المستخدم ومن ثمّ طريقة الإضافة، والسبب في ذلك أن المركبات الفوسفاتيه الذائبه بالسماد قد تتعرض لبعض التفاعلات التي تقلل من صلاحيتها للنبات.

من العوامل التي تقلل صلاحيه الفوسفور في الترب الحامضية الترسيب بأيونات الحديد والألمنيوم والمنغنيز، والتثبيت السريع بالهيدروكسيدات أو بمعادن الطين في الترب الكلسية. وهذا مايطلق عليه المزارع أن السماد الفوسفاتي لايتحرك من مكانه، والسبب في ذلك علمياً هو أن زيادة أيونات الكلسيوم الذائبه في محلول التربة أو المرتبطه بالجزء الصلب (حبيبات التربه) وارتفاع رقم الـ pH عن 7 ونقص المادة العضوية بسبب تمعدنها السريع في التربة نتيجة المناخ الحار والنشاط الميكروبي القوي بالتربة، ولذا دائماً يوصى بإضافة الأسمدة العضوية باستمرار للتربه. ومن المفيد الإشارة إلى أن الأسمدة الفوسفاتية المتوسطة والصعبة الذوبان مثل: الفوسفات المتحلله جزئيا كفوسفات الكالسيوم الثنائية وصخر الفوسفات، لاستخدامها بكفاءة عاليه لابد من إضافتها إلى الترب الحامضيه. أما الترب القاعدية لاتستخدم فيها مثل هذه الاسمدة، ولكن تستخدم الاسمدة الذائبه مثل السوبر فوسفات العادي والتربل سوبر فوسفات، وحمض الفوسفوريك (الاسمدة السائله) ولكن باحتياطات معينة في استخدامها حتى لا تثبت عند إضافتها .

2- 2- فعاليه الأسمدة الفوسفاتية:

يقصد بفعاليه السماد الفوسفاتي درجه ذوبانه ومن ثمّ سرعه امتصاصه بواسطه النبات وعموماً يمكن ترتيب الفعالية كما يلي:

الأسمدة الفوسفاتيه السائله أولاً (مثال ذلك حمض الفوسفوريك)، يليها علي الترتيب (التربل فوسفات والسوبر فوسفات العادي) ثم الأسمدة المتحلله جزئياً كفوسفات الكالسيوم الثنائية، وأخيراً الصخر الفوسفاتي.

2-3- كفاءة امتصاص النبات للأسمدة الفوسفاتيه:

تعدّ كفاءة امتصاص النبات للأسمدة الفوسفاتية منخفضة حيث تتراوح بين 15-30 % لكل من الأسمدة الفوسفاتية المعدنية والعضوية، وتعدّ هذه النسبة منخفضة نظرا لظروف التثبيت التي تحدث بالتربة (مثال): لو مثلاً وجدنا أن احتياج النبات 21 كغ P_2O_5 ، كفاءة استخدام السماد الفوسفاتي 15% ، إذاً 21 مضروبه في 100 مقسومه على 15تعطي حوالي 140 كغ P_2O_5، أي لابد من إضافه 140كغ P_2O_5 حتي يحصل النبات في النهايه علي احتياجاته الفعليه.

2-4- زمن الإضافة وطريقة الإضافة:

ينبغي الأخذ في الاعتبار موعد الاضافة وطريقة الإضافة لأنهما يؤثران في كفاءة استخدام السماد الفوسفاتي، يجب أن تضاف الاسمدة الفوسفاتية (الذائبه في الماء) تكبيشاً أو في جور بجوار النبات ولاتضاف نثراً، وبذك نقلل من سطح التلامس مع التربة، ومن ثمّ نقلل من التثبيت واذا كانت طبيعة المحصول تحتاج الإضافه نثراً إذاً لابد من زيادة الكميه في هذه الحالة حتى نعوض الجزء المثبت.

يلاحظ عموماً ولدى معظم المزارعين، إضافة هذة الأسمدة قبل الزراعه، ولكن يمكن إضافتها بعد الزراعة، لكي يتمكن النبات من امتصاص الفوسفور فوراً وعدم تثبيته، حيث إن إضافته قبل الزراعة يكون قد ثبت قبل امتصاص النبات. أما في حاله الأسمدة متوسطه الذوبان وغير الذائبة في الماء كالأسمدة المتحلله جزئيا كفوسفات الكالسيوم الثنائية أو الصخر الفوسفاتي فعند إضافتها للتربه الحامضية يجب أن تضاف نثراً.

3- رفع كفاءة الأسمدة البوتاسية improvement the efficiency of K fertilizers

تستطيع النباتات امتصاص البوتاسيوم بكفاءة تقدر بـــ(50-60)%. توجد بعض النقاط المهمة التي يجب مراعاتها عند القيام بالتسميد البوتاسي لرفع كفاءة استخدام السماد البوتاسي:

3-1- pH التربة:

لاتوجد أية ضوابط عند استخدام الأسمدة البوتاسية سواء تحت ظروف الترب الحامضيه أم القلوية كما في حالة أسمدة N و P ، حيث تضاف في كلا الحالتين لنقصها في الأولى ولسيادة كاتيونات أخرى مثل Mg,Na,Ca في الثانية ... مما يؤثر علي الاتزان بين العناصر والتنافس بين الايونات. وعموماً، يعد تأثير pH التربة محدوداً بالنسبة للأسمدة البوتاسية، حيث يمكن

أن يكون لها تأثيرُ حامضيُ أو متعادلُ عندما تضاف كأملاح لحموض قوية مثل نترات البوتاسيوم أو سلفات البوتاسيوم، ولكن غير ملموس.

3-2- نوع التربة:

من المعلوم أن الترب الطينيه تحتفظ بالبوتاسيوم من خلال ادمصاصه على سطوحها، وإذا كان محتواها من البوتاسيوم مرتفعاً، فنادراً ما تضاف الأسمدة البوتاسية إلا في حاله المحاصيل التي تحتاجه بكميات كبيرة مثل البطاطا والشوندر السكري.

3-3- الإسراف أو الزيادة في استخدام الأسمدة البوتاسيه يجعلها تسلك سلوك الأملاح في التربة لذا يجب تجنب التسميد بكميات كبيرة حتى نتفادي الضرر الملحي أو مايطلق عليه Salt Damage.

3-4- كما أن للنباتات قدرة على امتصاص أيونات البوتاسيوم بكميه كبيرة عن حاجاتها دون زيادة النمو وهو مايطلق عليه الاستهلاك الترفي Luxury Consumption . لذا هنا يجب أن تكون الكميه المطلوب إضافتها للنبات = الكمية التي يحتاجها النبات – مخزون التربه من العنصر الميسر.

3-5- إضافه السماد مع مياة الري Fertigation ،الري بالرش، الري بالتنقيط وهذا يعدّ أكثر كفاءة من الإضافة الأرضية، ولكن يجب أن يراعي التركيز المناسب الذي لايؤثر على النباتات، ويمكن ذلك باتباع نشرة السماد المرفقه.

يمكن أن تضاف الأسمدة البوتاسية نثراً مرة أو مرتين في الدورة الزراعية، ولكن يفضل إضافتها تكبيشاً حيث إن هذه الأخيرة أكثر فعالية في امتصاص النبات للبوتاسيوم.

وقل رب زدني علما
Damascus University

الفصل الثالث

رفع كفاءة أسمدة العناصر الصغرى

تعتمد حاجة النبات لنوع السماد الحاوي على العناصر الصغرى وفق عوامل عديدة تتعلق بـــ:

- احتياج النبات من العناصر المختلفة (الكمية المستنزفة خلال الموسم).
- حالات النقص الحقيقي العائدة للنقص في التربة.
- حالات النقص العائدة للظروف السائدة في التربة والمزرعة والجو ، والتي تؤدي إلي ظهور نقص العناصر الصغري.
- تساهم العناصر المغذية الصغرى في زيادة نمو المحاصيل، ويمكن أن تضاف أسمدة العناصر الصغرى مخلوطة مع الأسمدة الأخرى أو بشكل منفصل إما نثراً أو تكبيشاً أو رشاً على المجموع الورقي أو تضاف مغلفة للبذور. تضاف المغذيات الصغرى تكبيشاً مع أسمدة العناصر الكبرى ولكن ينبغي أن توضع على مسافة بعيدة 5 سم عن موضع البذور والنبات. ويمكن استخدام أي من صور الحديد للإضافة رشاً من خلال التسميد الورقي.
- كفاءة امتصاص العناصر المغذية الصغرى في صورة مخلبية أعلى حوالي 3 – 5 كفاءة امتصاص العناصر المغذية الصغرى المضافة في صورة سلفات، ويجب أن تؤخذ هذه الخاصية في الاعتبار عند تقدير تكاليف استخدام أي من صور العناصر المغذية الصغرى.
- يجب زيادة تركيز عناصر الحديد والزنك والمنغنيز في المحلول المغذي (مياه الري + العناصر المغذية حوالي 50% عند وجود كربونات الكلسيوم (الجير) في التربة بنسبة (5 –10%) أما إذا زادت نسبة الكلس عن 10% فإنه يفضل إضافة العناصر المغذية رشاً على الأوراق.

ولكي يكون امتصاص النبات للعناصر المغذية فعالاً بطريقة الإضافة رشاً على الأوراق ينبغي أن يعاد الرش مرتين أو ثلاث وذلك حسب الحاجة وخاصة إذا وجدت أعراض نقص عنصر معين. يمكن أن نشير هنا إلى أهمية ادارة التسميد الورقي، حيث يمكن أن يكون هذا النوع من التسميد مكملاً بشكل جيد للسماد الأرضي، ويعدّ أيضاً أكثر قيمة اقتصادية في تسميد حقول البستنة مقارنة بحقول المحاصيل الزراعية. بالنسبة لاستعمال التسميد الورقي بالمغذيات

الكبرى NPK، تشير الدراسات إلى وجود صعوبة في إضافة كميات كافية من المغذيات الكبرى دون أن يؤدي ذلك إلى حدوث تأثيرات على الأوراق كاحتراقها مثلاً. أو أن يكون فقداً في محول الرش أثناء عملية الرش مما ينعكس على كمية المغذيات التي امتصها النبات، وهل هي كافية أم لا. بشكل عام يمكن أن يتراوح تركيز المغذيات في محلول الرش بين (1-2)% دون أن يحدث ضرراً للأوراق. إن التسميد الورقي باليوريا قد نجح في التفاح، الحمضيات، الأناناس وأيضاً في نباتات أخرى، وذلك لأن الآزوت يمتص بسرعة أكبر عن طريق الأوراق مقارنة بالتسميد الأرضي. أما بالنسبة للتسميد الورقي بالفوسفور، عادة ما يستخدم بصورة أقل مما عليه في الآزوت وذلك لأن معظم مركبات الفوسفور تسبب ضرراً للأوراق عندما ترش بكميات أكبر من المطلوب. وينبغي ألا يتجاوز تركيز الفوسفور في محلول الرش (0.4- 0.5)% لمعظم النباتات. أخيراً يمكن الإشارة إلى أهمية استخدام التسميد الورقي في حالة العناصر الصغرى نظراً للكميات القليلة التي يحتاجها النبات منها.

المصطلحات العلمية	
Absorb	يمتص
Absorption	امتصاص
Accumulation	تراكم
ActiveUptake	امتصاص فعال
Adequate	كاف
Activity	نشاط (فعالية)
Adsorption	ادمصاص
Ammonification	نشدرة
Anaerobic	هوائي
Analysis	تحليل
Anion	أنيون
Anion Exchange	تبادل ايوني
Apatite	صخر فوسفاتي (أباتيت)
Application	إضافة
Antagonism	تضاد
Ash	رماد
Available	متيسر
Beneficial Elements	عناصر نافعة
Biotite	بيوتيت
Borax	بوراكس
Boron	بورون
Calcite	كالسيت
Capacity	سعة
Clay	طين
Complex	معقد

Concentration	تركيز
Crop	محصول
Critical Level	مستوى حرج
Copper	نحاس
Chlorosis	كلوروز- اصفرار
Chlorophylle	يخضور
Deficent	مُعوز
Deficiency	عوز ،نقص
Diagnsis	تشخيص
Differentiation	تمايز
Diffusion	انتشار
Dolomite	دولوميت
Dwarfishe	تقزم
Ecology	علم البيئة
Evaluation	تقييم (نباتات)
Exchange	تبادل
Extraction	استخلاص
Feldspar	فلسبار، صفاح
Fermentation	تخمر
Ferreus	حديدي
Ferrie	حديد ثلاثي
Fixation	تثبيت
Fluvic	فولفي (أصفر)
Fertility	خصوبة
Fertilizer	سماد، مخصب
Fertilization	تخصيب (تسميد)

Fertigation	تسميد بالري
Field	حقل
Green manure	سماد أخضر
Graduation	تدرج
Grain	حبة
Granular	حبيبي
Granules	حبيبات
Grass	عشب
Graviation	تجاذب
Halophytes	نباتات ملحة
Heart rot	عفن القلب
Humic	دبالي، هيومي
Humidity	رطوبة
Humin	هيومين، دبالين
Humus	دبال
Hydrophte	نبات مائي
Interaction	تداخل
Ionization	تأين
Irrigation	ري
Lime	جير، كلس
Litter	فرشة غابية
Manure	زبل
Mdeium	وسط
Metabolisim	استقلاب
Micronutrients	مغذيات صغرى
Micro elements	عناصر صغرى
Mineralization	تمعدن

Neutral	متعادل أو طبيعي
Newformation	مستجدات
Nitrate	نترات
Nitrification	نترجة
Nitrogen	آزوت
Nitrogen Cycle	دورة الآزوت
Normal	عادي، طبيعي
Nutrition	تغذية
Organic	عضوي
Passive	سلبي
positive	إيجابي
Peat	تورب، خث
Pedology	علم التربة
Phosphate	فوسفات
Pelites	غضاريات، صخور غضارية
Percentage	نسبة منوية
Productivity	إنتاجية
Pure	نقي
Reaction	تفاعل
Reduction	إرجاع
Reclamation	استصلاح
Relief	تضاريس
Replacement	استبدال
Rosett	وريدة
Saline	ملحي
Salinity	ملوحة
Scrub	دغل

Sedimentary	رسوبي
Soloble	ذوّاب
Sorghum	ذرة رفيعة
Sulphur	كبريت
Super	فوق، فرط
Solution	محلول
Synergism	تآزر
Symbiotic	تعايشي
Taxonomy	علم التصنيف
Toxicity	سمية
Urea	يوريا، بولة
Value	قيمة
Water	ماء
Absorbed Water	ماء ممتص
Adsorbed Water	ماء مدمص
Available Water	ماء متاح
Yield decreasing	تناقص الغلة
Yield	غلة، إنتاج
Zinc	زنك، توتياء


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

المراجع :

أولاً: المراجع العربية :

- أبو نقطة، فلاح و الشاطر، محمد سعيد. 2011. خصوبة التربة والتسميد. منشورات جامعة دمشق.
- الشاطر، محمد سعيد و عبدالله القصيبي. 2000. تقييم كفاءة استصلاح التربة الطينية المالحة تحت نخيل التمر بواحة الاحساء، المجلة العلمية لجامعة الملك فيصل، العدد الأول، المجلد الأول.
- الشاطر، محمد سعيد والقصيبي، عبد الله. 1995. الأراضي المتأثرة بالأملاح . منشورات جامعة الملك فيصل . المملكة العربية السعودية . مطابع الحسيني الحديثة .
- الشاطر، محمد سعيد و البلخي، أكرم و الكبرا، ميساء. 2009. خصوبة التربة والتسميد. الجزء العملي. منشورات جامعة دمشق.
- البلخي،أكرم و فلاح أبو نقطة ومحمد سعيد الشاطر. 2006. الحموض الهيومية المستخلصة من مواد متنوعة ودراسة معقداتها مع المونتموريللونيت، مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، المجلد 22، العدد الثاني.
- البلخي،أكرم و فلاح أبو نقطة ومحمد سعيد الشاطر. 2007. تأثير المعقدات العضوية المعدنية في تيسر الحديد ودورها في تخصيب التربة وإنتاجية الخيار، مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، المجلد 23، العدد 1.
- الجلا، عبد المنعم وعبد العليم متولي ومحمد طه. 2000. تكنولوجيا أسمدة ومخلفات زراعية، منشورات جامعة عين شمس ، جمهورية مصر العربية.
- الكردي، فؤاد.1982. أساسيات في كيمياء الأراضي وخصوبتها. منشورات جامعة دمشق.

- بلبع، محمد عبد المنعم. 1968. خصوبة الأراضي. كلية الزراعة، جامعة الاسكندرية. دار المطبوعات الجديدة.
- بوعيسى، عبد العزيز وغياث، علوش. 2006. خصوبة التربة وتغذية النبات. منشورات جامعة تشرين.
- درمش، محمد خلدون و محي الدين، القراواني و مصطفى، البلخي. 1982. أساسيات علم التربة. منشورات جامعة حلب.
- ديب ، بديع . 1993. الخصوبة وتغذية النبات. منشورات جامعة دمشق .
- حبيب، حسن. 2013. أسس علم التربة. منشورات جامعة دمشق.
- حسن، نوري وحسن، الدليمي ولطيف، العيثاوي. 1990. خصوبة التربة والأسمدة. منشورات جامعة بغداد.
- عودة، محمود وسمير، شمشم. 2008. خصوبة التربة وتغذية النبات. منشورات جامعة البعث.
- محمد، عبد العظيم. 1985. علم فسلجة النبات . مطابع جامعة الموصل.
- فارس ، فاروق . 1992 . أساسيات علم الأراضي . منشورات جامعة دمشق .

ثانياً: المراجع الأجنبية:

- Abdel-Wahab.A.F.(1999) Iron-Zinc-Organic Wastes interactions and their effects on biological nitrogen fixation in newly reclaimed soils . Ph.D.Thesis.Dept.soilSci.Fac.Agric.Ain Shams Univ.
- Afyuni Majid.Rezaeinejad Yahya and schulin Rainer.(2006):Extractability and Plant Uptake of Cu.Zn.Pb and Cd from a Sludge-amended Haplargid in Central Iran .Arid land Research and Managemznt.Vol.20.Issue1.pages29-41.
- Alvarez.C.E.Garcia .C.and Carracedo.A.E.1988.Soil fertility and mineral nutrition of an organic banana plantation in Tenerife.Biol.Agric.Hort.5:313-323.
- Barber, S. A. 1984. Soil nutrient bioavailability. Amechanistic approach. New York. John Wiley& Sons.
- Black, C. A. 1975. Soil plant relationships, New York. Wilcy.
- Brown, B. and Gibson R. (2004). Phosphorus Removal in a Double Drop Forage System. Proceedings of the Idaho Nutrient Management Conference in Twin Falls, ID. March 11, 2004
- Busscher, W.J. and Sojka, R.E. (1994). Intensive Cropping of Maize in the Southeastern United States. Soil Technology. 7:197-208.
- Chen,J. H.,Wu, J. T. and Huang, W. T. (2001).Effects of compost on the Availability of nitrogen and phosphorus in strongly acidic soils(Taiwan ROS).
- Cline, R.A. 1983. Nutrient deficiency symptoms in fruit crops. Ontario Ministry of Agriculture and Food Factsheet No. 83-041. 4 p.
- Cooke, G. W. 1982. Fertilizing for Maximum Yield. Macmillan Publishing Co.Inc. New York.
- Dennis, E. J. 1971. Micronutrients. Anew dimension in agriculture. Pupl. Nation. Fert. Sol. Assoc. Peoria. Illinois. USA.
- FAO. 1983. Micronutrients and the Nutrient Status of Soil. Aglobal

study. FAO Soils Bulletin 48.

- Floyd, C.N., Lefroy, R.D.B. and D'Souza, E.J. 1988. Soil fertility and sweet potato production on volcanic ash soils in the highlands of Papua New Guinea. Field Crops Research 19, 1-25.
- Fox, R.L. and Kamprath, E.J. 1970. Phosphate sorption isotherms in evaluating the phosphate requirements of soil. Soil Science Society of America Proceedings 34, 902-907.
- Gupta, P. K. 2000. Soil , Plant,Water and Fertilizer analysis. Agrobios. India.
- Halavatau, S., Asher, C.J. and Bell, L.C. 1996. Soil fertility and sweet potato research in Tonga - Nitrogen and Phosphorus. In: - Craswell, E.T. Asher, C.J. and O'Sullivan, J.N. (eds.) ACIAR Proceedings No.65: Mineral nutrient disorders of root crops in the Pacific. pp 58-64.
- Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale and W. L. Nelson. 2005. Soil Fertility and Fertilizers. Seventh Edition. New Jersey.
- Hines, S. (2009). Back to Basics - Nitrogen and Phosphorus Deficiencies in Corn. Nutrient Digest, Nutrient Management Newsletter for Idaho. 1(4): 4.
- Jackson, M L. 1958. Soil chemical analysis. Prentice- Hall, Inc. Engle Wood Cliffs. NY.
- Johnson, R.S. 1993. Stone fruit: peaches and nectarines. In: W.F. Bennett (Ed.) Nutrient Deficiencies & Toxicities in Crop Plants. APS Press, St. Paul, MN. 202 p.
- Leytem, A.B., R.S. Dungan, and A. Moore. (2011). Nutrient Availability to Corn From Dairy Manures and Fertilizer in a Calcareous Soil. Soil Science. 176(9):426-434.
- Marangoni.B.2000.-Soilmanagement and fertilization techniques in integrated grapevine production.6th.International symposium on grapevine physiology and biotechnology .11-15/June/2000.Heraklion.Greece.

- Mengel, K, and E. A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition. Bern, Switzerland. International Potash Intitute.
- Moreno-Caselles.J.:Moral.R.:Perez –Murcia.M.D.:Perez-Espinosa.A.:Paredes.C. and Agullo.E.2005-Fe.Cu.Mn and Zn input and availability in calcareous soils amended with solid phase of pig slurry. Communications in soil science and plant analysis .Vol.36(4-6).P.525-534.
- Olsen, S. R and L. E. Sommers. 1982 . Phosphorus. Part2. Agronomy, No. 9. ASA. Madison, WI. U.S.A.
- Shewmaker, G. (2012). Consider the Value of Plant Nutrients in Your Hay and Corn Silage. Presented at the Idaho Alfalfa and Forage Conference on March 1-2, 2012.
- Smith, D.W. 1978. Water relations of microorganisms in nature. In: Microbial Life in Extreme Environments. D.J. Kushner (Ed.). Academic Press. New York. pp.369-380.
- Smith.S.R.Hall.J.E.and Hadley .P.1992.ActaHort .302.203.
- Stevenson, F. J. 1986. Cycles of soil: Carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients.New York. John Wiley& Sons.
- Stevens, G., Motavalli, P., Scharf, P., Nathan, M., and Dunn, D. (2002). Crop Nutrient Deficiencies & Toxicities. Plant Protection Programs College of Agriculture, Food and Natural Resources. Published by MU Extension, University of Missouri, Columbia.
- Tarkalson, D.D. and Bjorneberg, D.L. (2010). Evaluation of Nitrogen and Phosphorus Fertilizer Placement With Strip Tillage for Irrigated Pacific Northwest Corn Production. Crop Management, June 11, 2010. doi:10.1094/CM-2010-611-01-RS
- Tisdale.L.Samuel.:Nelson .L.Warmer.:Beaton .D.James and Havlin .L.John.1993-Soil Fertility and fertilizers . Prentice Hall – Fifth Edition .634p.
- Walinga.I.:Van Der Lee.J.J.:Houba.V.J.G.:Van Vark

.W.:Novozamsky.I.1995.Plant analysis manual.Kluwer Academic Publishers.London.

- Wolkowski.R.P.2003.Nitrogen management consideration for land spreading municipal solid waste compost.J.Environ.Qual.32.1844.
- Xu J.G, R. L Jonson 1995. Root growth, microbial activity and phosphate activity in oil-contaminated, remediated and uncontaminated soils planted to barley and field pea. Plant and Soil. 173:3-10.
- Yagi.R..:Ferreira.M.E.:Cruz .M.C.P. and Barbosa.J.C.2003- Organic matter fractions and soil fertility under the influence of liming .vermicompost and cattle manure .Sci.Agric. (Piracicaba.Brazil).Vol.60.No.3.

Damascus University

اللجنة العلمية:

أ. د. نجم الدين شرابي
أ. د. عبد الجليل النفوري
أ. د. حسن حبيب

المدقق اللغوي: د. منى طعمة

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات الجامعية


وقل رب زدني علما
Damascus University

Damascus University
Faculty of Agriculture



Soil Fertility and Plant Nutrition

By

Prof. Dr.
M . S. AL- Shater

Dr.
A. M. AL-Balkhi

Damascus University

2014-2013


وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University