Mineral Fertilizers and Plant Health

الأسمدة المعدنية و علاقتها بصحة النبات

إعداد
أ.د./ محمد عبد الرحمن الوكيل
أستاذ أمراض النبات المتفرغ
كلية الزراعة – جامعة المنصورة

Web: http://osp.mans.edu.eg/wakil
E-mail: mawakil@mans.edu.eg
أغسطس 2010

تقديم:

عندما نتعرض لإصطلاح مخصب Fertilizer يصبح من الضرورى تعريف المصطلح بدقة حيث جاء فى الإنسيكلوبيديا البريطانية تعريفه على أنه مادة طبيعية أو صناعية تحتوى على عناصر كيماوية تحسن نمو النبات وتزيد من إنتاجيته, فالمخصبات تنشط الخصوبة الطبيعية للتربة أو تعمل على إحلال العناصر المفقودة منها بواسطة النبات بمثيلاتها.

ومازال التعريف الذى اقترحه أرنون وستوت عام 1939 Arnon & Stout مستخدم حتى الأن فى تعريف العناصر الأساسية فى تغذية النبات والتى توصف فى أن النبات لا يستطيع إكمال دورة حياته فى غيابها (التى تتمثل فى النمو الخضرى والتزهير وانتاج البذور) وأن لا يمكن لعنصر أخر القيام بوظيفة أحد هذه العناصر فى التمثيل الغذائى للنبات أو حتى يصبح جزء من التركيب الأساسى للنبات. إلا أن الدراسات المستفيضة على العناصر الغذائية خلصت إلى أن هناك عناصر أخرى لا يمكن تجاهلها أو عدم ضمها للعناصر المعدنية الرئيسية للنبات ولصبح التقسيم التالى هو الأرجح والسائد فى الوقت الحالى وهو:

أ- **عناصر رئيسية Essential Elements**

النيتروجين – الفسفور – البوتاسيوم – الكالسيوم – الماغنسيوم – الكبريت – البورون – الكلورين – الحديد – المنجنيز – الزنك – النحاس – المولبيدنم – النيكل.

ب- **عناصر مفيدة Beneficial Elements**

وهى السيليكون – الصوديوم – الكوبلت – السيلينيوم.

ج- **عناصر رئيسية غير معدنية Essential Non-Mineral Elements**

وهى عناصر تمتص على صورة غازية أو مائية وهى الهيدروجين – الأكسجين – الكربون.

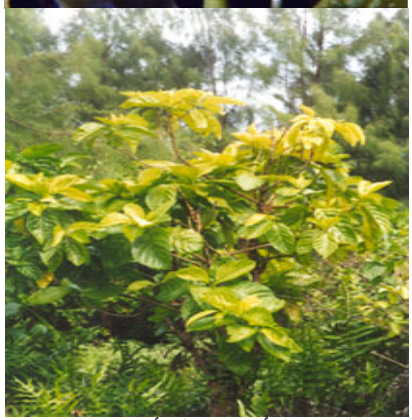
ونستعرض هنا أهمية العناصر المعدنية الهامة للنبات والتى ما زالت تعتبر غير أساسية اى خارجة عن نطاق العناصر الثلاثة NPK .

1- الحديد (Fe) Iron:

يحفز الحديد تخليق الكلورفيل إلا أنه لا يدخل فى تركيبه، كما أنه يدخل فى تركيب إنزيمات الأكسدة حيث يحمل الأكسجين اللازم لعملية التنفس فى النبات.

ومن حيث أن الحديد عنصر غير قابل للتحرك داخل النبات لذلك فإن أعراض نقصه تظهر بوضوح على الأجزاء الطرفية من النبات خاصة القمم النامية للنباتات وما تحمله من أوراق حديثة التكوين وتبدأ الأعراض باصفرار لون تلك الأوراق وقد تبدو عاجية اللون ثم لا تلبث أن تتبقع ببقع بنية وتحترق فى أخر الأمر بينما تظل الأوراق السفلية خضراء كما تظل عروق الأوراق المتأثرة خضراء اللون. أما عن تركيز الحديد فى أجزاء النبات فمن الثابت أن الأوراق هى أكثر أجزاء النبات إحتواء عليه يليها السوق ثم البذور وأقلها الجذور.

أعراض نقص الحديد على الأوراق



ومن الظواهر المعروفة أنه فى حالة زيادة الفسفور فى التربة يتحول الحديد إلى صورة غير ذائبة لا يستطيع النبات إمتصاصها، كما يعمل كل من النحاس والمنجنيز على خفض معدل إمتصاص الحديد من التربة. أما فى داخل النبات فإن المنجنيز والفسفور يعملان على تحويل معظم الحديد إلى صورة غير نشطة لا يستفيد منها النبات.

وعادة ما يميل عنصر الحديد فى التربة القلوية إلى الالتصاق بعناصر أخرى وهذه المشكلة تظهر بوضوح فى الأراضى المرتفعة فى نسبة الكالسيوم ولذلك يطلق عليها إسم تربة محفزة لحدوث الإصفرار Lime-induced chlorosis لذلك نجد أن الأشجار التى تزرع فى هذه النوعية من التربة لا تكون قادرة على تخليق الكلورفيل الضرورى لتصنيع الطاقة وذلك بسبب عدم مقدرتها على إمتصاص الحديد لذلك فإنها لا تصلح إلا لزراعة الأنواع النباتية المقاومة للـ pH العالى الخاص بالتربة الجيرية Calcareous soil.

ولعلاج الإصفرار الناشئ عن نقص الحديد فيمكن تنفيذ ذلك عن طريق تغيير الظروف البيئية المحيطة بتصحيح التوازن الغذائى أو بالعلاج الكيماوى المباشر بالحديد للأشجار المتأثرة وهو ما يطلق عليه اسم Iron therapeutically حيث يرش المجموع الخضرى بالأسمدة الورقية المحتوية على الحديد أو بإضافة

سلفات الحديد أو أى صورة من صور الحديد المخلبى حول الأشجار حيث أن هذه الصور من الحديد تذوب فى مياه التربة ويمكن للجذور إمتصاصها.

والحديد المخلبى Iron chelates عبارة عن مركبات عضوية ترتبط بجزيئات الحديد لمنع جزيئاته من الإرتباط بالكيماويات الأخرى فى التربة مثل الفسفور.

والمركبات المخلبية Chelates تمتصها الأوراق والجذور ولذلك يفضل رشها على الأوراق عندما تكون فى أوج نموها لتتمكن من إمتصاص أكبر قدر من الحديد ولكن يجب تجنب الرش أثناء فترة تكوين البراعم أو التزهير.

ولما كان من الصعب تعديل pH التربة حول جذور بعض الأشجار التى تعانى من مشكلة عدم القدرة على إمتصاص الحديد فإن حقن الأشجار مباشرة فى الجذع بالحديد فى صورة أملاح حديد أو مخلبيات تعطى نتائج جيدة، وهذه العملية تعمل على علاج الأشجار المتأثرة فى فترة تتراوح بين 2-4 أسابيع إلا أنه إذا لم تستمر عملية العلاج بصفة دورية فإن الأوراق ستستهلك الحديد وتظهر أعراض نقص الحديد مرة أخرى فى غضون 2-3 سنوات ويلاحظ أيضاً ضرورة إجراء عملية الحقن بحرص حتى لا يتأثر لحاء الأشجار.

أما عن الزيادة فى التسميد بالحديد فإن ذلك يؤدى إلى ظهور أعراض تلون الأوراق باللون البرونزى بالإضافة إلى ظهور تبقعات بنية صغيرة على نصل الأوراق.

2- الماغنسيوم Magnesium (Mg):

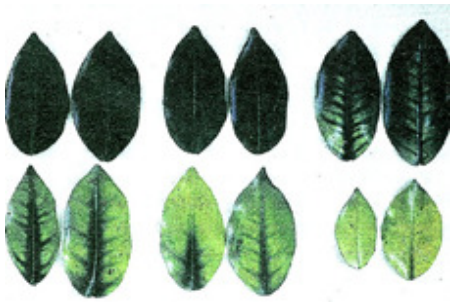
يدخل الماغنسيوم فى تركيب الكلورفيل والعديد من الإنزيمات النباتية، ويعمل هذا العنصر فى المساعدة على إمتصاص الفسفور فى النبات ويعتبر هو الحامل له وعلى الأخص فى تكوين البذور الزيتية التى تحتوى على مركب الليسيثين Lecithin الذى يدخل فى تركيبه حمض الفسفوريك ويلاحظ أن الماغنسيوم يكون 2,7% من جزئ الكلورفيل.

ومن أعراض نقص الماغنسيوم ظهور أعراض بقع Mottled وإصفرار Chlorosis ثم إحمرار على الأوراق المسنة تمتد بعد ذلك الى الأوراق الحديثة.

وفى بعض الأحيان تظهر الأوراق فى صورة كأسية الشكل أى على شكل الكوب أو الكأس Cupped وقد تسقط الأوراق بعد ذلك.

ومن الملاحظ أن زيادة التسميد بالماغنسيوم تؤدى إلى زيادة شدة الإصابة ببعض الأمراض منها مرض لفحة أوراق الذرة المتسببة عن الفطر *Cochliobolus heterostrofus*.

تتحمل النباتات تركيزات عالية من الماغنسيوم إلا أنه قد يظهر نتيجة هذه الزيادة أعراض مرضية ناشئة عن تداخله فى وظيفة كل من الكالسيوم والبوتاسيوم وتكون نتيجتها حدوث ضعف عام فى نمو النبات.



3-البورون Boron (B):

يساعد البورون على إنبات حبوب اللقاح ونمو أنابيب إنباتها لذلك فهو هام فى تكوين البذور والثمار.

ويحتاج النبات للبورون أثناء التزهير وتكوين الثمار بدرجة أعلى من إحتياجه له أثناء النمو الخضرى.

أما العوامل المؤثرة علي امتصاصه فهى الأمطار الشديدة التي تؤدي إلى غسل الكمية المتاحة منه من حول جذور النباتات كما أن الرى بالغمر يؤدى إلى نفس أضرار الأمطار الشديدة فى غسل التربة من هذا العنصر.

وقد تؤدى الظروف البيئية الجافة أثناء عقد البذور إلى ضعف نشاط المجموع الجذرى وبالتالى يتأثر امتصاص البورون والذى يحتاجه النبات فى تلك الفترة بدرجة كبيرة.

ومن النتائج المترتبه علي نقص البورون هى قلة حيوية حبوب اللقاح، وسقوط البراعم والأزهار وبالتالى نقص لإنتاج من البذور والثمار، كما تقل جودة الثمار والبذور والنقل Nuts وتعتبر البقوليات من أشد النباتات حساسية لنقص البورون بعكس النجيليات.

يؤدى النقص الحاد فى البورون إلى ظهور أعراض نقصه على الأوراق الصغيرة بمعدل 3-4 مرات قدر نسبة ظهوره على الأوراق المسنة وذلك فى ذوات الفلقتين خاصة البرسيم وفول الصويا وهذا يدل على قدرة البورون المحدودة فى الحركة داخل هذه النوعية من النباتات. ونظراً للإختلافات الجوهرية فى تركيب التربة وأنواعها يصبح من الضرورى تقدير كمية البورون التى تحتاجها الثمار والبذور والنقل عن طريق تحليل التربة والأنسجة النباتية لتقدير البورون بها ومعرفة النقص فى كميته من عدمه لإتخاذ إجراءات تصحيح هذه النسبة.

ثبت من التجارب أن رش المجموع الخضرى بمركبات البورون الذائبة فى الماء قد عالج نقصه تماماً دون الحاجة إلى معاملات التربة وفى حالات أخرى إحتاجت النباتات إلى معاملة التربة جنباً إلى جنب مع الرش للمجموع الخضرى.

وبالرغم من أن البورون سريع الإمتصاص عن طريق الأوراق والبراعم الزهرية فإن الرش قد لا يكون كافياً لتعويض النقص الحادث فى تركيزه بالتربة. وتتباين النباتات فى مقدرتها على تحريك البورون خلال نسيج اللحاء بها فمنها ما يتحرك البورون فيها بحرية كافية ومنها ما لا يستطيع البورون التحرك فى لحائها وفى الحالة الأولى يكون الرش بالبورون كافياً لحاجة النبات وفى الحالة الثانية يحتاج النبات إلى إمدادها بالبورون بطرق أخرى.

تعتبر أهم الوظائف الحيوية للبورون فى النبات هو دوره فى رعاية حبوب اللقاح ونموها ثم العمل على عقد البذور وتكوين الثمار وانتاج الحبوب والنقل Nuts.

ومن المهم أيضاً معرفة تركيز البورون المتاح للنبات والظروف البيئية الحادثة والمؤثرة عليه سلباً قبل أو خلال الفترة الحرجة من نمو النبات وهى فترة عقد البذور.

يرتبط البورون ارتباطاً وثيقاً بالوظائف الدخلية للنبات ومنها على سبيل المثال قيامه بتأخير ظهور أعراض نقص الكالسيوم على النباتات بالرغم من عدم قيامه بوظيفة الكالسيوم. ومن وظائفه الرئيسية المحافظة على الكالسيوم فى صورة ذائبة, تنظيم التوازن بين عنصرى الكالسيوم والبوتاسيوم فى النبات, تنظيم إمتصاص النيتروجين, وللبورون أيضاً علاقة بعملية انتقال السكريات داخل النبات.

يتأثر إمتصاص البورون نتيجة وجود نسبة عالية من الجير فى التربة والتى تعمل على الحد من إمتصاصه. ويتأثر البورون بالجفاف فيقل إمتصاصه. ومن ناحية أخرى فإن الأرضى الرملية تفتقر فى هذا العنصر بها.

ويؤثر نقص البورون علي إضمحلال النسيج المرستيمى بما فى ذلك الكامبيوم وتتحطم جدر الخلايا البارنشيمية مع حدوث ضعف فى تكوين الجهاز الوعائى خاصة نسيج الخشب، أما عند زيادة تركيز هذا العنصر سواء فى التربة أو فى الأسمدة الورقية فإن ذلك يؤدى إلى اصفرار القمم النامية للأوراق وموت موضعى للأنسجة واحتراق الأوراق ثم سقوطها.

ومن أهم أعراض نقصه ضعف النمو وموت القمم النامية للسوق والجذور.

أ- أمثلة لأعراض نقص البورون على بعض نباتات الخضر:

1- تعفن القلب فى بنجر السكر Heart rot of beet

يظهر هذا العرض فى منتصف عمر النبات أو بعده بقليل وتبدأ ظهور الأعراض على الأوراق الصغير الداخلية التى تنتهى بتحولها إلى اللون الأسود وموتها. ويعقب ذلك ظهور عفن جاف على الجذر نفسه بدأ من القمة ويترتب على ذلك عجز شديد فى المحصول وانخفاض نسبة السكر فى جذوره.

2- القلب البنى فى اللفت Brown Heart of Turnip

تظهر بقع أو مساحات بنية اللون داخل الجذور وذلك عند شقها دون ظهور أعراضاً خارجية على الجذر.

3- القرص البنى فى القرنبيط Browning of cauliflower

تظهر بقع متناثرة على القرص الزهرى للقرنبيط تتحول إلى اللون البنى وتصبح صلبة وقد تتعفن فى الجو الرطب. ويظهر على الأوراق أعراض إصفرار خاصة على قمم الأوراق المسنة. كما يظهر المجموع الجذرى للنباتات المتأثرة ضعيفاً. ويحدث تشقق وفجوات طويلة داخل الساق. وللقرنبيط المصاب مذاقاً مراً.

3- تشقق الساق فى الكرفسCracked stem of celery

يظهر على الأوراق بقع بنية خاصة عند الحواف. ويحدث تشققات عرضية على العرق الوسطى تنتشر للخارج وتأخذ اللون البنى. كما تتلون الجذور باللون البنى ثم تموت.

ولعلاج نقص البورون ترش النباتات بمحلول مائى من البوراكس بمعدل 3كيلوجرام/100 جالون ماء كما يجب دعم التربة بالبورون من مركباته المختلفة.

أما عن تأثير التسميد الزائد بالبورون فإن قمم الأوراق تصفر وتموت بعض أجزاء منها ثم تحترق الأوراق ثم تسقط من النبات.

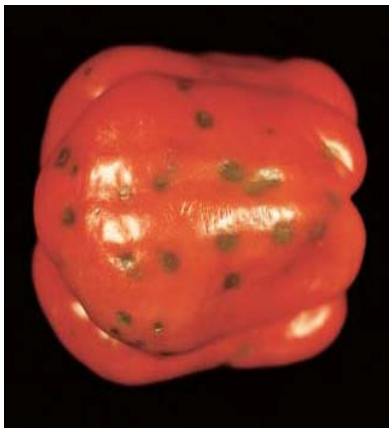
4 -الكالسيوم Calcium (Ca):

يحتاج النبات إلى عنصر الكالسيوم وذلك ضمن مجموعة العناصر الرئيسية التى يحتاجها بكميات كبيرة نظراً لأهميته الكبرى فى تكوين الجدار الخلوى للخلايا.

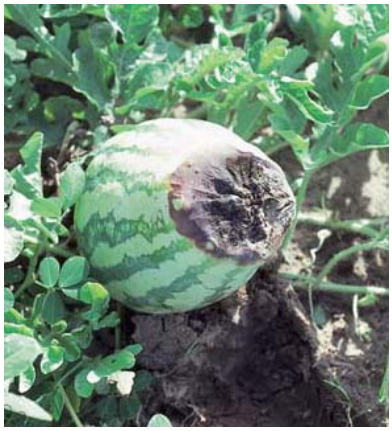
ويعتبر التسميد المتوازن الذى يحتوى على القدر المطلوب من الكالسيوم أساسى لحماية النبات من هجوم المسببات المرضية وإعاقة اختراقها للأنسجة، كما يحمى الكالسيوم النبات من هجوم العديد من الفطريات التى من أهمها الفطريات من الجنس *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Botrytis* بالإضافة إلى النيماتودا من الجنس *Ditylenclus* بينما تعمل زيادته عن حاجة النبات الى انتشار الفطر *Phytophthora parasitica* والبكتيرة *Streptomyces scabies*.

وينشأ عن نقص عنصر الكالسيوم فى التربة ظهور عدة أعراض مرضية منها عرض عفن الطرف الزهرى فى الطماطم والبطيخ – تبقعات ثمار الفلفل. بينما تعمل الزيادة فى تواجده بالتربة عن احتياج النبات إلى حدوث أعراض نقص الماغنسيوم والبوتاسيوم على النباتات.

5-الكبريت Sulfur (S):



للكبريت أهمية بالغة فى حياة النبات فهو هام فى دورة نموه كما أنه عامل محدد لكمية النيتروجين التى يحتاجها فى النبات. والكبريت من العوامل المؤثر فى إنتاج الكلوروفيل, ويؤثر فى عملية تمثيل البروتين, وفى بعض عمليات الأكسدة والإختزال ويتحكم فى العديد من وظائف النباتات الحيوية و محتوى الخلية من الأحماض الأمينية الميثونين Methionin, السيستين Cysteine المؤثرة على جودة الحبوب خاصة فى الأرز يؤخر نقص تركيزه فى النبات على نمو النباتات ونضجها ويتأثر الإنتاج سلباً خاصة أثناء النمو الخضرى, ويؤدى نقصه إلى اصفرار النباتات وخاصة الأوراق الصغيرة مع موت قممها ولا يظهر على الأوراق السفلية أعراض الاصفرار كما تتأثر أطول النباتات سلباً بنقص الكبريت ويقل التزهير وتكوين العناقيد الزهرية على النبات.



ومن الأعراض المرئية على النباتات النامية فى ظروف من نقص الكبريت هى حدوث إصفرار للنبات بأكمله حيث تتركز الأعراض فى إصفرار الأوراق الصغيرة أو اللون الأخضر الفاتح مع ظهور قمم ميتة أو متقرحة عليها مما يدل على ضعف تحرك هذا العنصر داخل النبات ومن أمثلة ذلك إصفرار للأوراق الصغيرة فى الذرة مع بقاء العروق خضراء اللون ولا يظهر على الأوراق السفلية آثار موت الأطراف و يقل الأنتاج بقلة تواجد الكبريت خلال النمو الخضرى.

ومن الآثار المترتبة على حدوث الأعراض المرضية هو انخفاض أطوال النباتات وتقزمها وانخفاض تعداد الأفرع الجانبية Tillers فى النجيليات خاصة الأرز كما يقل تعداد السنيبلات فى السنبلة الواحدة وتأخر النضج لمدة قد تصل الى أسبوعين مع حدوث اصفرار للشتلات فى المشتل وتأخر نموها فى الأرز وموت اعداد كبيرة من شتلات الأرز بعد الشتل, تصبح النباتات أقل تحملا للظروف البيئية والتى أهمها البرودة ونظراً لحدوث تداخل فى أعراض نقص الكبريت مع أعراض نقص بعض العناصر الأخرى والتى أهمها الماغنسيوم والنيتروجين فيصبح تحليل أنسجة النبات هو الفيصل فى الحكم على الأسباب الحقيقية لحدوث الإصفرار الذى يظهر بين عروق النباتات.

ومن أسباب نقص الكبريت فى التربة تسربه من الطبقة السطحية (5-10سم) إلى أعماق أكبر نظراً لأن الكبريت من العناصر السمادية المتحركة بالتربة كونه سريع الذوبان وتصبح الجذور الشعرية للمحاصيل النجيلية والخضروات ونباتات الزينة غير قادرة على امتصاصه لعدم تعمق جذورها وبالتالى يظهر عليها أعراض نقصه. تعمل الزراعة الكثيفة على استهلاكه من التربة بسرعة وأيضاً عند التسميد بأسمدة مركبة خالية من الكبريت مثل اليوريا بينما لا يحدث ذلك مع سماد سلفات الأمونيوم ونتيجة حرق المخلفات العضوية تفقد معظم محتواها من الكبريت فيصبح سماداً فقيراً فى هذا العنصر ويتباين تركيز الكبريت فى المياه الجوفية والتى غالباً ما تكون فى صورة سلفات.

ومن أنواع التربة التى يحدث بها نقص الكبريت التربة البركانية والمحتوية على غرويات من النوع Allophane فبالرغم من هذه النوعية من التربة شديدة الخصوبة الا أنها فقيرة فى عنصر الكبريت وهناك أنواع أخرى من التربة الفقيرة فى الكبريت منها التربة الفقيرة فى المواد العضوية والتربة المعرضة للتغيرات الطبيعية وأيضاً التربة المحتوية على نسبة عالية من أكاسيد الحديد والتربة الرملية والتى تُفقد العناصر منها بسرعة.

وحيث أنه مكون أساسى فى الأحماض الأمينية Cysteine- Methionine- Cystine ويدخل فى تركيب الكلوروفيل لذلك تظهر أهميته فى تمثيل البروتين وفى العمليات الحيوية بها كما يدخل الكبريت فى تركيب المرافقات الإنزيمية Co-enzymes التى يحتاجها النبات فى انتاج البروتين, يدخل الكبريت فى تركيب الهرمونات النباتية والتى أهمها - Biotin Thiamine وكلاهما يدخل فى تمثيل الكربوهيدرات فى النبات. يدخل الكبريت أيضاً فى بعض عمليات الأكسدة والأختزال مع ملاحظة أن تحركه فى النبات يكون أبطأ من النيتروجين لذلك فإن أعراض النقص تظهر بداية على الأوراق الصغيرة. يقل انتاج الأرز فى الأراضى الفقيرة فى الكبريت وتقل أيضا جودته وذلك لنقص محتواه من الأحماض الأمينية Methionine- Cysteine.

وللتحكم فى احتياج الكبريت للنبات تقدر نسبته فى الهواء الجوى لتحديد مدى الحاجة اليه خاصة فى المناطق الصناعية الملوثة بهذا العنصر. فى المشتل يضاف الكبريت باستخدام أسمدة كبريتية (سلفات أمونيوم) أو سوبر فوسفات ويتم تعويض النقص فى الكبريت المفقود باستخدام أسمدة تحتوى على سلفات الأمونيوم والسوبر فوسفات وذلك أثناء عمليات الرى وبالتناوب فيما بينهما ويفضل استخدام القش فى التسميد بدلا من حرقه لأن الحرق يفقد 40-60% من الكبريت الموجود بالقش حيث يعمل على تحسين ظروف التربة لتتمكن النباتات من امتصاصه.

ومن مصادر الكبريت سلفات الأمونيوم وسلفات الماغنسيـــوم والسوبـــــرفوسفات والجبس زراعى واليوريـــــا المغلفة S-coated urea.

بؤدي زيادة تركيزالكبريت فى النبات أو التربة إلى ظهور سميته على النباتات حيث تصغر حجم الأوراق وتقذم ثم تصفر وتحترق حوافها –وتبكر من حدوث الشيخوخة فى النباتات.

6-الزنك Zinc (Zn):

نظراً لأهمية الزنك فى نمو محاصيل الخضر والفاكهة والمحاصيل الحقلية فقد تم معالجة هذا الموضوع بنوع من الإستفاضة.

أعراض نقص الزنك على أوراق نباتات الطماطم

عنصر الزنك Zinc (Zn) معدن أبيض يميل للزرقة يتفاعل مع الأحماض معطياً أملاحاً مختلفة وهو عنصر أساسى فى نمو النبات ويصنف على أنه من العناصر الصغرى التى يحتاجها النبات لنموه.

يدخل الزنك في تركيب الإنزيمات المخُلقة للأكسينات النباتية كما أن له دوراً هاماً فى عملية أكسدة السكريات في النباتات ودور رئيسي في تكوين الكلوروفيل وفى عملية البناء الضوئي.

يؤدي نقص الزنك إلي قلة في عدد البلاستيدات الخضراء في الخلية مع صغر حجمها وتجمعها كما يقل السيتوبلازم وتتشوه النواة وتتحول خلايا برانشيمة الخشب الي المظهر الخشبى وتزداد نسبة أكسالات الكالسيوم بها.

غالباً ما تظهر مشاكل نقص الزنك في الأراضي المستصلحة حديثاً سواء كانت رملية أو طينية خفيفة، ويظهر ذلك أيضاً في نطاق من الحموضة والقلوية. ويلاحظ أنه في الأراضى القديمة تكون نسبة أملاح الزنك على السطح ضعف نسبتها في الطبقة التالية لذلك فإذا كانت نسبة الزنك منخفضة في الطبقة السطحية فإنها تكون شديدة الإنخفاض فى الطبقة تحت السطحية وعليه فستظهر أعراض نقص الزنك على المحصول.

تتأثر بعض المحاصيل بنقص الزنك بشكل واضح كما تستجيب عند التسميد به استجابة عالية ومنها الذرة ـ الذرة السكرية ـ البقوليات ـ الطماطم ـ القطن ـ السورجم ـ البصل ـ الفلفل ـ الشعير ـ الكوسة ـ البطاطس ـ الموالح ـ الكمثري ـ التفاح ـ أشجار الحلويات (مشمش ـ خوخ ـ نكتارين ـ كريز ـ برقوق) ـ العنب ـ البرسيم ـ الأفوكادو ـ محاصيل العلف ـ فول الصويا ـ بنجر السكر.

تظهر أعراض نقص الزنك واضحة ومميزة علي بعض النباتات كما تتداخل مع أعراض أخري في بعض الحالات ويعتبر الذرة من أهم المحاصيل التي يظهر عليها الأعراض النموذجية لنقص الزنك حيث تظهر الأعراض في صورة خطوط مصفرة علي شكل أشرطة عريضة من الأنسجة البيضاء أو الصفراء بين العرق الوسطي للورقة وحافتها الخارجية وهذه الأعراض تتركز أساساً في النصف السفلي من الورقة ويمكن مشاهدتها أيضاً عند خروج الأوراق الصغيرة من الدوارة. أما في نباتات ذوات الفلقتين فتظهر أعراض نقصه في صورة اصفرار للمناطق الواقعة بين العروق حيث ينتهي الاصفرار بموت هذه الأنسجة وجفافها. وفى حالة النقص الشديد فى هذا العنصر تقل عدد الأوراق ويصغر حجمها كما تقصر السلاميات وتتقارب العقد فيظهر على أفرع الأشجار عرض مرض التورد Rosettes ويقل إنتاج الثمار تبعاً لذلك وتتساقط الأوراق تدريجياً بدءًا من القاعدة وتجاه القمة كما يظهر عرض مرض الورقة الصغيرة في التفاح والمشمش والخوخ والنكتارين والعنب وكذلك عرض مرض القمة البيضاء في الذرة. أما في البصل فتظهر عليه أعراض التخطيط المصفر في صوره شرائط ثم يحدث إلتواء للأوراق والقمم النامية.

يمكن العلاج الحاسم لنقص الزنك بإضافة 4 ـ 8 كيلو جرام زنك للفدان ويتوقف ذلك علي مستوي نقصه في التربة علي أن تستمر هذه المعاملة لعدة سنوات مع ملاحظة أنه ليس من الضروري تنفيذ برنامج للتسميد بالزنك في حالة عدم وجود مشاكل في التربة.

وتحدد صور الزنك التي يوصى استخدامها فى التسميد كل حسب ظروف المحصول ونوعه ومن أهمها زنك أمونيوم نترات Zinc Ammonium Nitrate وهو سائل يتركب من خليط من الزنك ونترات الأمونيوم ويحتوي علي 15% زنك و 20% نيتروجين, نترات الزنك Zinc Nitrate وهو مركب سريع الذوبان في الماء ويضاف الي الأسمده الأخري كمصدر للزنك, أكسيد الزنك Zinc Oxide ويضاف إلي بعض الأسمده كمصدر للزنك وأكسيد الزنك النقي ويحتوى علي 80% زنك وبالرغم من أنه لا يذوب في الماء إلا أن النبات يستطيع امتصاصه خاصة عندما يكون في صورة مسحوق كما أن هذا المسحوق يمكن رشه مباشرة علي المجموع الخضرى, أكسي سلفات الزنك Zinc oxysulfate فيحتوي علي أكسيد الزنك محمضاً تحميضاً جزئياً بحامض الكبريتيك ويتوفر هذا المركب في صورة مسحوق أو حبيبات أما كبريتات الزنك Zinc Sulfate فتستخدم الصور المائية منها كسماد حيث تحتوي علي جزيء أو ستة أو سبعة جزيئات ماء $ZnSo_4. H_2O$, $ZnSo_4. 6H_2O$ and $ZnSo4. 7H_2O$

وتعتبر الصورة الأولى منها هى المفضلة حيث يرتبط بها جزئ ماء واحد لذلك فهى أكثر ثباتاً ويفضل استخدامها فى المناطق الحاره مع ملاحظة إن نسبة الزنك فى كل منهم بالتتابع هى 36%، 24%، 22%.

ويعتبر رش المجموع الخضرى بمركبات الزنك أسرع وأسهل الطرق لتصحيح نقصه فى النباتات وعادة ما تستخدم سلفات الزنك أو اكسيد الزنك على أن يؤخذ فى الإعتبار استخدام التركيز المناسب حتى لا يتسبب الرش فى احتراق أوراق النباتات مع ملاحظة أن هذه المعاملة تنتهى بانتهاء المحصول حيث تعالج المحصول المنزرع فقط وبالتالى تظل مشكلة نقص الزنك فى التربة قائمة حيث يصبح الأسلوب الأمثل لحل المشكلة هو معامله التربة. يفضل رش المجموع الخضرى فى طور السكون بواسطة سلفات الزنك أو الرش فى الصيف بأكسيد الزنك أو سلفات الزنك القاعدية وكلتا الطريقتين تعطيان نتائج جيدة فى علاج نقصه فى الخوخ ـ اللوز ـ البرقوق ـ الكمثرى والتفاح.

ويمكن أيضاً الرش فى نهاية فصل الشتاء بواسطة سلفات الزنك فى كل من اللوز ـ المشمش ـ الخوخ ـ التفاح والكريز.

أعراض نقص الزنك فى أشجار التفاح و الكمثرى:

أشهر عرض يميز نقص الزنك فى هذه الفاكهة هو التورد الورقى Rosetting of leaves حيث تتقارب العقد على الساق كما تتكون أوراق صغيره ضيقة مبرقشة تتجمع عند قمة الفرع لذلك يطلق عليها اسم مرض الورقة الصغيرة Little leaf disease. أما عرض التورد فيمكن التعرف عليه فى أول مراحل النمو وقد تموت الأفرع المصابة فى الموسم الثانى للإصابة. أما الأفرع الجانبية فتظهر ضعيفة النمو. ويعتبر عرض الأوراق الصغيرة فى الأفرع الطرفية هو أفضل وسيلة للتعرف على حدوث النقص فى مستوى الزنك فى النبات وقد وجد أنه إذا قل تركيز الزنك عن 25 جزء/مليون فى النبات ظهرت عليه أعراض نقص الزنك والتى تبدأ بشحوب لون الأوراق اصفرارها ويظهر ذلك بوضوح عند تعرضها لضوء الشمس بالرغم من أن الأوراق قد تكون خضراء إذا نظر إليها فى الظل. ويظهر أيضاً على الأوراق الطرفية اصفرار بين العروق وهذه الأعراض تتركز عاده فى الأشجار المنزرعه فى التربة الرملية المحتوية على قدر محدود من الزنك وأيضاً فى التربه ذات المستوى العالى من الفوسفور والكالسيوم.

أعراض نقص الزنك فى الفاكهة ذات النواة الحجرية:

(المشمش ــ النكتارين ــ الخوخ ــ البرقوق ــ الكريز)

يعتبر الزنك من أشهر العناصر الصغرى ذات التاثير الملحوظ على هذه الفاكهة ففى حالة نقصه يتأخر التزهير والتوريق وتتساقط الأوراق بدءاً من القاعدة ومتجهه لأعلى كما تظهر الأوراق الطرفية مموجة الحواف وتنتشر المناطق المصفرة بين العروق الورقية فتظهر مبرقشة وتشاهد أعراض نقص الزنك على هذه الفواكه فى كل مناطق زراعتها مع وضوحها بصورة أكبر فى الأراضى الرملية. ويلاحظ تأخر التزهير والتوريق والذى يتباين من أيام إلى أسابيع وفى الحالات الشديدة تصل إلى شهر فيؤدى ذلك إلى تأثيره السلبى على الإنتاجية. ويؤدى تأخر تكشف البراعم الخضرية إلى تكون أوراق صغيرة مصفرة وعقل قصيرة وتجمعات ورقية على طول الفرع معطية عرض مرض الورقة الصغيرة Little leaf disease.

وفى بعض الأشجار خاصة الخوخ يظهر على الأوراق الصغيرة كرمشة أو تصبح ذات حواف مموجة وقد لاتظهر هذه الأعراض فى أنواع أخرى. ويلاحظ أن الأوراق المتكونة فى نهاية الربيع لايظهر عليها أعراض النقص كالتى تكونت فى بداية الربيع لذلك يصبح من الضرورى تقييم مستوى النقص فى هذا العنصر مع بداية الربيع. أما فى الأشجار المثمرة فبالإضافة إلى تأثير نقص الزنك على معدل نموها والذى يؤدى إلى انتاجها ثماراً صغيرة فإن لون الثمار يصبح باهتاً وقد تتشوه الثمار ومن الجدير بالذكر أن نقص الزنك فى أشجار الفاكهة ذات النواة الحجرية يمكن تصحيحه بالرش المتكرر للمجموع الخضرى أثناء طور السكون ومن الملاحظ أيضا أن إضافة الزنك إلى التربة بالرغم من أن المتوقع منه أن تكون نتائجه أفضل كما فى باقى المحاصيل إلا أنه قد تحدث حالات شاذه من عدم الإستجابة ويكون الحل هو اللجوء إلى رش المجموع الخضرى.

أعراض نقص الزنك فى القطن:

يؤدى نقصه إلى ضعف نمو القطن حيث تتقزم النباتات فى مرحلة مبكرة من النمو وتظهر بمظهر شعيرى وقد تصبح الأوراق سميكة هشة سريعة الإنكسار وتلتوى حواف الأوراق لأعلى مكونة شكلا كأسياً مع ظهور تبرقش بها. ويتأخر نضج اللوز تبعاً لذلك.

أعراض نقص الزنك فى الذرة:

تظهر أعراض نقص الزنك على أوراق البادرات بعد أسبوعين من الزراعة وتتمثل فى تخطيط باهت عليها يتطور إلى شكل أشرطة عريضة منزوعة اللون على جانبى العرق الوسطى وأحياناً يظهر احمرار أو لون بنى على حواف الأوراق والساق وعادة ما يتغلب النبات على هذه الأعراض إذا كانت نسبة نقص الزنك محدوده. أما فى حالة النقص الشديد فتكون الأعراض واضحةً. ويلاحظ أنه نتيجة زيادة الفوسفور فى التربة أو ارتفاع درجة الـ pH ، وفى الأراضى الرطبة الباردة أو فى التربة الضعيفة فى المادة العضوية تظهر أعراض نقص الزنك واضحة.

أعراض نقص الزنك فى الشعير:

يظهر عرض نقص الزنك على الشعير المنزرع فى الأراضى الرملية والجيرية حيث تشاهد النباتات الصغيرة قرمزية اللون وتموت الأوراق المسنة ويصبح لون التبن الناتج رمادياً فاتحاً ويلاحظ أن الرش بأحد صوره المذكورة سابقاً يعمل على تصحيح نسبة وجود هذا العنصر فى النبات.

أعراض نقص الزنك فى فول الصويا:

يتأثر محصول فول الصويا بشدة عند نقص الزنك حيث تتقزم السيقان ويظهر علي الأوراق تبرقشات بين العروق يتبع ذلك تحول الورقه بأكملها إلى اللون الأصفر أو الأخضر الباهت وقد تتحول الأوراق السفلية إلى اللون البنى أو الرمادى ثم تسقط مبكراً وتتشوه القرون ويتأخر نضجها وبالتالى يقل المحصول. ينتشر عرض نقص الزنك على نباتات فول الصويا

المنزرعة فى تربة قلوية وجيرية وفى الأراضى المجرفة وأيضاً عند زيادة التسميد بالفوسفور كما يظهر فى الأراضى الفقيرة فى المادة العضوية. وقد وجد أن إضافة الجير والفوسفور يقللان من امتصاص الزنك فتظهر أعراض نقصه. ويمكن تصحيح نقص الزنك بالمعالجة بإضافة أو رش مركباته مثل سلفات الزنك أو أكسيد الزنك. كما يجب عند إضافتها للتربة أن توزع على صورة أشرطة بجوار البذور بمسافة خمسة سنتيمترات أو أسفل البذور بنفس المقدار كما تكفى المعاملة مرة واحدة لسد احتياجات النبات لمده 2 ـ 4 سنوات ويمكن أيضاً معاملة البذور قبل الزراعة بهذه المركبات ويلاحظ أن فول الصويا من المحاصيل شديدة الحساسية لسمية الزنك لذلك يجب الحذر عند إضافته للتربة وأن يتم تحديد الإحتياجات بدقة ـ ويمكن تقليل السمية بتصحيح الـ pH فى التربة لتتراوح بين 6.5 - 6.2 pH.

أعراض نقص الزنك على السورجم:

تظهر أعراض نقص الزنك فى السورجم على الأوراق حديثة النمو فيشحب لونها ليتحول إلى الأخضر المصفر. ويتجه هذا الشحوب من قاعدة الورقة إلى قمتها كما قد يظهر خط محمر محدد على حواف الورقة. وتظهر هذه الأعراض على النباتات المنزرعة فى تربة قلوية أو حمضية على حد سواء. ومن الملاحظ أن كلاً من الزنك والحديد يلعب دوراً رئيسياً فى إنتاج السورجم فى بعض مناطق زراعته كما يؤدى نقصهما إلى تعرض النباتات إلى هجوم بعض المسببات المرضية سواء فى التربة أو على الأوراق.

أثر التسميد الزائد بالزنك على السورجم:

وبالرغم أن من السمية الناشئة عن زيادة تركيز الزنك المضاف للنباتات نادرة الحدوث الا انه عند حدوثه فإن الأعراض تتمثل فى تحول الأوراق إلى اللون الأصفر الشاحب مع حدوث تخطيط بسيط وظهور مناطق طولية بنية اللون فى الأنسجة الواقعة بين التعريق الثانوى للورقة.

أعراض نقص الزنك على بنجر السكر:

تبدأ ظهور الأعراض على بنجر السكر على صورة اصفرار مخضر على الأوراق العريضة القريبة من مركز النبات وبزيادة الإصفرار تظهر نقر صغيرة على السطح العلوى لنصل الأوراق فى المناطق بين العروق.

تتسع هذه النقر فى صور غير منتظمة لتلتحم ثم تموت وتجف تدريجياً تاركة العروق محددة بوضوح ومنتفخة وخضراء اللون وفى النهاية يذبل النصل ويلتف لأعلى وتبقى أعناق الأوراق متجهة لأعلى.

يحتاج بنجر السكر إلى الزنك من مصدر خارجى عقب الإنبات مباشرة فعند خلو التربة من الزنك تظهر الأعراض مباشرة على البادرات وحتى قبل نمو الأوراق الفلقية أو قبل ظهور الورقة الأولى ويبدو أن كمية الزنك المخزنة فى البذرة قد لا تكفى إلا لمرحلة الإنبات فقط لذلك فإنه من الضرورى إمداد النبات بالزنك من مصدر خارجى. ومن المعروف أن بنجر

السكر من النباتات النازعة لعنصر الزنك بدرجة عالية لذلك يلاحظ أن الأعراض لا تظهر على هذا النبات فى التربة التى تظهر فيها أعراض نقصه على كل من الذرة والفاصوليا لضعف هذه النباتات فى قدرتها على امتصاصه مقارنة بالبنجر.

أما عن أعراض زيادة الزنك فى التربة فإنه يؤدى إلى ظهور أعراض نقص الحديد فى بعض النباتات حيث تصفر النباتات بشدة ثم تموت.

7- المنجنيز (Mn) Manganese:

يدخل المنجنيز فى تركيب العديد من إنزيمات التنفس والتمثيل الضوئى وتمثيل النيتروجين داخل النبات.

ومن الثابت وجود علاقة وثيقة بين هذا العنصر وعنصر الحديد ويؤدى نقصه الى حدوث اصفرار للأوراق بينما تظل العروق الصغيرة خضراء اللون مكونة شبكة مربعة الشكل وقد تنتشر بقع ميتة على الأوراق ثم تذبل عند شدة الإصابة.

ويحدث نقص المنجنيز عادة فى الآراضى المتعادلة والقلوية بينما لا يحدث فى الأراضى الحامضية لسهولة ذوبانه وامتصاصه.

وقد لوحظ أيضاً أن البلاستيدات الخضراء تتأثر بشدة بنقص المنجنيز وينخفض تبعاً لذلك معدل النمو فى النبات ويضعف ويقل التزهير منعكسا بذلك على المحصول و قد لا ينتج محصول نهائيا.

ويعالج نقص المنجنيز فى الأراضى القلوية والمتعادلة بإضافة كبريتات المنجنيز بمعدل قد يتراوح من 10- 50 كيلوجرام/فدان حسب حالة التربة والتحليل الكيماوى لها وقد يستخدم رشاً على النباتات بمعدل 1-2 كيلوجرام/ 100 جالون ماء فى بداية مرحلة النمو الخضرى.

ويعمل المنجنيز على خفض نسبة الإصابة بمرض جرب البطاطس ومرض اللفحة المتأخرة فى البطاطس والطماطم وعفن الساق فى القرع العسلى والذى يسببه الفطر *Sclerotiorum sp.*

وبزيادة تركيز المنجنيز عن احتياج النبات تظهر أعراض سمية على الأوراق المسنة فى صورة تبقعات بنية محاطة بهالات صفراء.

8- الموليبدينم (Mo) Molybdenum:

من العناصر الصغرى التى يحتاجها النبات فى العديد من العمليات الحيوية داخل النبات منها أنه يساهم فى تحويل NO^{3-} إلى أحماض أمينية كونه فهو مكون أساسى فى تركيب انزيم Nitrate Reductase enzyme. كما أنه يلعب دوراً هاماً فى تمثيل الكبريت داخل النبات بالإضافة إلى تنشيطه البكتيريا التكافلية المثبتة للنيتروجين فى جذور البقوليات أن له دور أساسى فى تحويل الفوسفور الغير عضوى إلى فوسفور عضوى داخل النبات ودور أساسى فى تكوين حبوب اللقاح.

ومن العوامل المؤثرة على امتصاص الموليبدنم فى التربة أنه سهل الغسيل من التربة لتواجده فى صورة أنيونات Anions ويعتبر العنصر الوحيد من العناصر الصغرى الذى يمتصه النبات بدرجة كبيرة عند زيادة درجة pH فعند زيادة الـ pH عن 6.5 pH وإمداد التربة به تحدث سمية النباتات والحيوانات التى تتغذى عليها و عندما يقل pH فى التربة عن 6 يقل معدل الموليبدنم الممتص وذلك لإتحاده مع كل من الحديد والألمونيوم مكوناً أكاسيد حديد وألمونيوم. يساعد تواجد الكبريت فى التربة على سرعة امتصاص الموليبدنم وقد ثبت أيضاً أن الفوسفور يساعد على زيادة امتصاص الموليبدنم وبالرغم من ان الموليبدنم يمتص فى صورة أنيونات Anions فهو سريع الحركة فى كل من أنسجة الخشب واللحاء فى الوقت الذى يحتاجه النبات بكميات قليلة للغاية إلا أنها مؤثرة حيث تحتوى أنسجة النبات على نسبة تتراوح بين 1/2 - 1 جزء/مليون موليبدنم من وزنها الجاف. وبالرغم من أهمية الموليبدنم لكل النباتات إلا أن هناك بعض النباتات تحتاجه بدرجة كبيرة أكثر من غيرها وهى :البرسيم الحجازى- الكرنب- القرنبيط- البرسيم المصرى- الذرة- الخس- البسلة- فول الصويا.

وعادة ما يحدث خلط بين أعراض نقص الموليبدنم وأعراض نقص النيتروجين على النباتات وذلك لأن الموليبدنم يدخل فى تركيب انزيم Nitrate reductase الذى يعمل على تحويل النترات إلى أمونيا والتى تدخل فى N-pool بعد ذلك لذلك فنقصه يظهر أعراض نقص النيتروجين ولكن بطريق غير مباشر.

وفى المحاصيل الحساسة لنقص الموليبدنم مثل الذرة والبرسيم والكرنب يؤدى النقص الحاد فيه إلى تكون أوراق صغيرة تشبه الملعقة Spoon formed leaves ذات حواف غير منتظمة.

وفى الصليبيات يؤدى نقصه إلى تكوين عرض يطلق عليه اسم Whiplash- Black Lash أو Whip-tail حيث تنهار سيقان النباتات ولا تتكون عليها أى أوراق وتنحنى.

ولتجنب حدوث أعراض نقص الموليبدنم ترش التربة بمحلول مائى من موليبدات الصوديوم أو الأمونيوم Sodium or ammonium molybdate تركيزها 39.5%.

تصحيح النقص فى الموليبدنم Correction:

عادة ما تكون كمية الموليبدنم الموجودة فى التربة كافية لحاجة النبات ونموه. إلا أنه فى بعض الأحيان يحدث أن تكون نسبتها أقل من حاجة النبات وذلك نتيجة انخفاض درجة pH وفى هذه الحالة تحتاج النباتات إلى إضافة الجير Lime للتربة لرفع pH وبذلك يتحول الموليبدنم المدمص إلى موليبدنم متاح للنبات فى صورة ذائبة.

سمية المولبيدنم Toxicity of Molbdenum:

يتحمل العديد من النباتات تركيزات عالية من هذا العنصر داخل أنسجتها و حيث أن تأثيره السام على النبات غير واضح إلا أنه قد وجد أن المستويات العالية منه فى التربة تؤدى إلى تحول لون الأوراق للأصفر الذهبى كما تتحول بادرات القرنبيط إلى اللون البنفسجى.

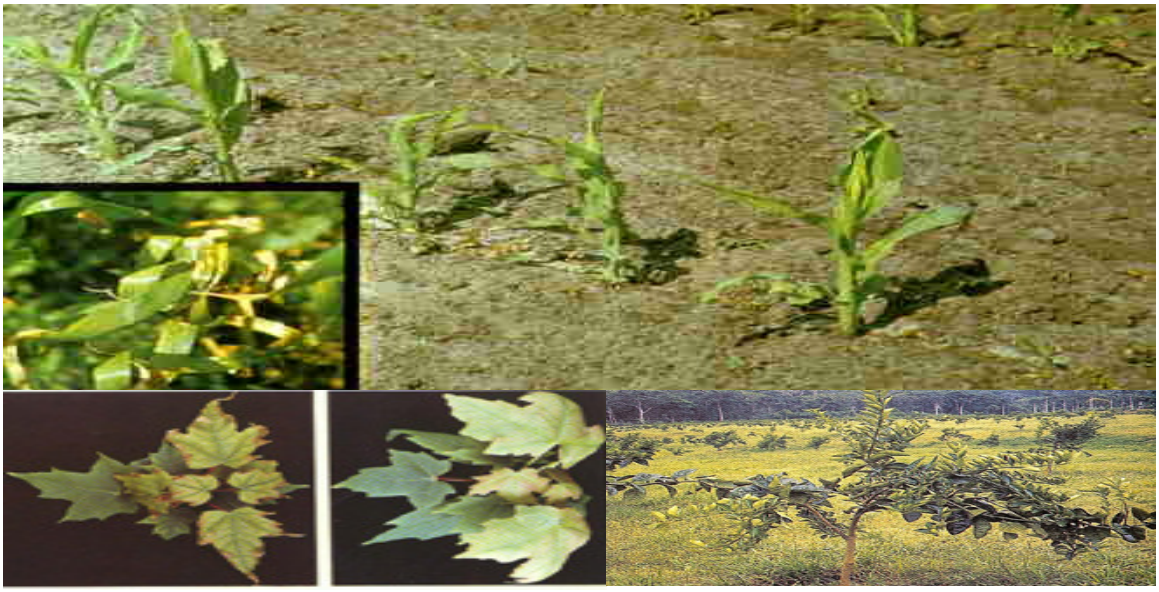
علاقة المولبيدنم بالمسببات المرضية:

يعمل المولبيدنم على خفض نسبة الإصابة باللفحة المتأخرة فى البطاطس والطماطم وأيضاً لفحة الأسكوكيتا Ascochyta blight فى الفاصوليا والبسلة.

9- النحاس Copper (Cu):

يدخل النحاس فى تركيب إنزيمات الأكسدة والاختزال منها Tyrosinase, Ascorbic acid oxidase وبالرغم من أنه لا يدخل فى تركيب الكلوروفيل لكنه أساسى فى عملية تكوينه وأن نقصه يتبعه نقص فى كمية الكلوروفيل المتكون.

يتواجد النحاس في جميع أجزاء النبات ولكنه يكون أكثر تركيزاً فى أجنة البذور وتتروح نسبة تواجده فى النباتات بين 3-30 جزء/مليون. وتختلط أعراض نقص النحاس مع أعراض نقص النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والكبريت وكذلك الأعراض الناشئة عن آثار الصقيع والحشرات وباقى الأمراض المعدية وآثار الرش بمبيدات الحشائش



الآثار الإقتصادية الناشئة عن نقص النحاس فى التربة

يؤدى نقصه فى التربة إلى انخفاض انتاجية المحصول بنسبة قد تزيد عن 20% خاصة فى محاصيل الحبوب بالرغم من عدم ظهور أى أعراض محسوسة لنقصه على النباتات حيث هذا النقص يؤدى إلى تأخر النضج بمدة تتراوح بين أسبوع الى أسبوعين ويزيد النمو الخضرى عن الحد الطبيعى ويصبح النبات معرضاً للإصابات المرضية التي تصيب المجموع الخضرى. يؤدى نقصه أيضاً إلى تأثر النباتات بالصقيع بدرجة كبيرة ومن ناحية أخرى فقد وجد أن مبيدات الحشائش تعمل على عجز النباتات عن امتصاص النحاس وبذلك تظهر أعراض نقصه متزامنة مع الرش بمبيدات الحشائش. تنتشر أعراض نقص النحاس فى مناطق متفرقة بحقول النجيليات وتكون أكثر شيوعاً على القمح الناضج والتى يظهر عليها

الدكانة فى لون السنبلة والتى تعرف باسم Melanism أو يظهر عليها مناطق بنية تميل للون البنفسجى, فى بعض أصناف القمح تظهر أعراض نقص النحاس مشابهة لعرض لفحة البادرات الحادة Take-All الذى يسببه الفطر *Gaeumannomyces graminis* والذى يتم الخلط بينه عادة وبين عرض نقص النحاس , فى كثير من الحالات فإن التسميد النحاسى يعمل على الإسراع فى النضج فى القمح والشعير بمدة اسبوع -أسبوعين.

ولعلاج نقص النحاس تعامل التربة والمجموع الخضرى بالأسمدة النحاسية، ويكفى معاملة التربة مرة واحدة لإمداد النبات باحتياجاته من النحاس ولعدة مواسم زراعية. أما المعاملة بالرش فتتحدد فى المحصول القائم فقط لذلك يصبح من الضرورى تكرار الرش مع كل موسم زراعى.

ومن أفضل وأرخص المركبات الملائمة للاستخدام للعلاج هى كبريتات النحاس Copper sulphate لسهولة ذوبانها فى الماء ويفضل المعاملة فى الشتاء عن الربيع حتى تتمكن ذرات النحاس من التوغل فى التربة, المركبات النحاسية تكون أكثر فاعلية وأسرع فى التأثير فى طور التفريع فى النجيليات ويلزم النباتات الرش 2-3 مرات أثناء دورة نموها إذا كان نقص النحاس شديداً بدأ وذلك من بداية التفريع كما تحتاج النباتات أثناء طور امتلاء الحبوب إلى المعاملة مرة أخرى و لا يفضل الرش أثناء التزهير أو بعده مباشرة لأن ذلك يؤدى إلى الإسراع فى النضج وينعكس ذلك سلباً على الإنتاجية, ويلاحظ أن الجفاف يحد من قدرة النباتات على امتصاص النحاس وبالتالى لا تظهر إستجابة للمعاملة به تحت هذه الظروف كما يجب الوضع فى الإعتبار ان يكون بالتربة قدراً كافياً من النحاس يفى بحاجة النبات باستمرار مع ملاحظة ان النحاس من العناصر التى لا تتحرك ولا تغسل وربما تبقى فى الطبقة السطحية للتربة.

كبريتات النحاس

يطلق عليها فى مصر اسم التوتيا الزرقاء وتحتوى على 25% نحاس ويتم إضافتها للتربة بمعدل 5-30 كيلوجرام/فدان وهذه الكمية تصلح لإمداد النباتات المنزرعة فى تلك التربة بحاجتها من النحاس لمدة تتروح بين 10-15 سنة وعند استخدام كبريتات النحاس رشاً فإن محلولها المائى بتركيز 2% مناسب للمعاملة وفى أحيان أخرى يضاف إلى هذا المحلول هيدروكسيد الكالسيوم ليعمل كمنظم Buffer وهذه التركيبة تعرف أيضاً باسم مزيج بوردو ويجب الإحتياط عند التعامل مع كبريتات النحاس لتاثيرها الكاوى حيث تتفاعل مع المعادن لذلك يفضل وضعها فى أوانى بلاستيكية واستخدام رشاشات مصنعة من البلاستيك الممزوج بالصلب الغير قابل للصدأ Stainless steel. أما كبريتات النحاس المسحوقية فهى مهيجة للعين والرئتين والجلد ولا يفضل استخدامها.

وعن تأثير زيادة تركيز النحاس فى التربة أو محلول الرش فإن ذلك يؤدي إلى تحطم جذور النبات حيث تتباين آثار ذلك بين تمزق طبقة البشرة وحدوث نقص حاد فى الشعيرات الجذرية إلى تشوه فى تركيب الجذور ثم قلة التفريع فى المجموع الخضرى.

ويصبح النحاس فى صورة أكثر قابلية للإمتصاص عند انخفاض pH التربة ونظراً لانجذاب أيونات النحاس إلى المادة العضوية فى التربة فإنه لا يغسل منها ويظل عالقاً بها ويتركز على سطح التربة.

10 -النيكل (Ni) Nickel:

يمثل النيكل أحد العناصر التى يحتاجها النبات بنسب محدودة للغاية حيث أن زيادة تركيزه يعمل على تثبيط نمو النباتات وتعتبر سلفات النيكل $NiSO_4$ أشهر الأملاح المستخدمة لإمداد النباتات بهذا العنصر ويزيد امتصاص هذا العصر فى الوسط الحامضى الأقل من pH 5.6.

دور النيكل فى حياة النبات:

يعمل النيكل على تنظيم عمليات التمثيل الغذائى للعناصر المعدنية داخل النبات كما يقوم بتنظيم النشاط الإنزيمى داخل الخلية لتتمكن من القيام بدورها الحيوى. وتعتبر أملاح النيكل من أهم المبيدات الجهازية الحديثة المستخدمة لمقاومة بعض الأمراض الفطرية التى أهمها صدأ النجيليات حيث تحمى الأنسجة من مهاجمة هذا الفطر بجانب قدرتها العالية على التخلص منها وقتلها.

كما تعتبر التركيزات الموصى بها ذات فائدة كبيرة فى زيادة محصول بعض المحاصيل، إلا أن استخدام تركيزات عالية من النيكل فى معاملة النباتات يؤدى إلى اصفرارها وموت الأنسجة النباتية وتشوه النباتات سواء فى الشكل الظاهرى أو التشريحى – وقد وجد أيضاً أن زيادة تركيزه فى مياه الرى عن 30 *نانوجرام/لتر* يؤدى إلى ضعف الإنتاج خاصة المزارع المائية مع خفضه لحيوية البذور وانباتها بنسبة قد تتعدى 50% مقارنة بالبذور التى لاتروى بمياه تحتوى على هذا العنصر كما يظهر على البادرات المعاملة مظاهر الضعف العام نتيجة لهذه السمية ومن حيث أنه قد بات مؤكداً أهمية هذا العنصر للعديد من النباتات وأن غيابه يؤثر تأثيراً سلبياً على الإنتاج وصحة النباتات وحمايتها من الأمراض والملوثات البيئية التى منها زيادة ملوحة التربة فقد أصبح حتمياً ضمه إلى مجموعة العناصر الأساسية التى تحتاجها النباتات وذلك فى احدث التقسيمات الخاصة بالعناصر الغذائية ومن ناحية أخرى فان هذا العنصر لم يلقى اهتماماً من الباحثين للعديد من السنوات اعتقاداً بعدم أهميته للنبات إلا أن الأبحاث الحديثة المدعمة بوسائل التحليلات الدقيقة أثبتت أن النيكل يتواجد كجزء من المكونات النباتية وبنسب متفاوتة حيث وجد بنسبة 40 – 80 نانوجرام/جرام وزن جاف فى نباتات الشعير وقد تأكد دوره الهام لهذا المحصول وأن نقصه عن المعدلات السابقة يؤدى إلى فشل الشعير فى عملية تخزين النشا والجلوتين فى الحبوب وعدم نضجها وذلك عقب تكوين الجنين بها وبالتالى تتكون سنابل فارغة فى ظل كون النبات غير قادر على استكمال دورة حياته (النمو الخضرى – التزهير – تكوين البذور) لغياب عنصر النيكل ولهذا السبب أصبح تصنيف هذا العنصر ضمن العناصر الرئيسية لمحصول الشعير, كما وجد أنه يمكن تصحيح النقص فيه فوراً عند اضافته للتربة التى يزرع فيها هذا المحصول، ويتم امتصاص النيكل فى صورة أيونية كما يمكن تحضيره فى صورة مخلبية على حوامل عضوية وبالرغم من أهمية النيكل للعديد من النباتات ودوره فى تشجيعها على الإنبات إلا أن زيادته عن حد معين تؤدى إلى حدوث سمية لبعض النباتات.

أهمية النيكل للنباتات

للنيكل أهمية أساسية فى نشاط انزيم اليوريز Urease المتخصص فى تكسير اليوريا وتحرير النيتروجين منها لتصبح فى صورة صالحة للنبات كما أنه يساعد على امتصاص عنصر الحديد وتحتاج البذورالى النيكل فى رفع كفاءة عملية الإنبات ويلاحظ أنه لا تظهر أعراض نقص على النباتات اثناء فترة نموه الخضرى بل تتأخر لتظهر فى مرحلة عقد البذور لتنتج فى النهاية بذور غير حية لفقدان النبات قدرته على انتاج البذور الحية.

11- الكلور Chlorine (Cl):

أهميته

يدخل الكلور فى تنظيم حركة المياه والمواد الذائبة داخل الخلايا النباتية وبذلك يحافظ على التوازن الاسموزى من أجل حصول النبات على العناصر المعدنية التى يحتاجها فى عمليات التمثيل الضوئى وخاصة التمثيل الغذائى للكربوهيدرات.

أعراض نقص الكلور

حدوث ذبول للنباتات وتكون جذور قصيرة وسميكة ثم اصفرار لون النباتات وتحولها للون البرونزى واحتراق حواف الأوراق.

ويلاحظ أن أعراض نقصه تختلط مع أعراض نقص البوتاسيوم.

إمتصاص الكلور

يمتصه النبات عندما يتواجد فى الصورة الأيونية والتى يسهل غسلها بالمياه.

وعند زيادة تركيزه فى التربة تظهر أعراض سميته على النباتات فى صورة احتراق قمم الأوراق وحوافها ثم اصفرار الأوراق وتشققها وانخفاض معدل النمو فى النبات.

12- الكوبلت Cobalt (Co):

يتواجد الكوبلت فى التربة والنبات بكميات قليلة كما يتواجد أيضاً فى الأغذية. وهو معدن صلب فى صورته النقية له لون رمادى – أسود لامع ويوجد منه صورتين Cobalt III, Cobalt II ومن كلاهما تتكون أملاح كوبلت معدنية وغير معدنية ويصاحب الكوبلت العديد من المعادن الأخرى أهمها النحاس – النيكل – المنجنيز – الزرنيخ – كما يتواجد بنسب صغيرة فى الزيوت والصخور وفى المياه السطحية والجوفية وفى النباتات وأجسام الحيوانات وتعتبر التربة والأتربة ومياه البحار والبراكين والغابات المحترقة والإنفجارات من المصادر الرئيسية له ويتحرر الكوبلت فى الجو عند حرق الفحم والزيت وفى أثناء العمليات الصناعية التى تستخدم المعادن ومركباتها.

ويوجد من الكوبلت نظائر مشعة منها Cobalt 60 وهذه تستخدم فى العلاج الإشعاعى للمرضى وفى الأبحاث العلمية. يظل الكوبلت الطبيعى معلقاً فى الهواء لعدة أيام بينما تصل المدة إلى عدة سنوات فى المياه والتربة.

يتواجد الكوبلت فى التربة بمتوسط يتذبذب حول 8 جزء/المليون وفى الأراضى القريبة من المدن يرتفع إلى 17 جزء/المليون ويبدأ تأثيره السام على النباتات عندما يقترب التركيز من 40 جزء/المليون.

تتنوع النباتات فى درجة حساسيتها للكوبلت وتلعب كيمياء الأرض فى إظهار شدة السمية له حيث تزيد السمية عند انخفاض الـ pH وتستمر السمية فى الزيادة بزيادة حموضة التربة وعموماً فإن تركيز الكوبلت فى الخضروات لا تزيد عادة عن واحد جزء فى المليون ولم تسجل نتائج أعلى من ذلك فى الثمار والبذور إلا أنه عند تواجد هذه المزروعات مجاورة لمناطق ملوثه به فقد تزيد هذه النسبة لأكثر من ذلك حيث سجلت نسبة 10 جزء/مليون فى جذور البنجر، 4 جزء/مليون فى أوراق نفس النباتات وعموماً فإن هذه النسبة تظل أقل من النسبة السامة للنباتات والتى تتراوح بين 25 – 100 جزء/مليون.

ويلاحظ أنه لا توجد وسيلة لخفض التلوث بهذا العنصر فى التربة سوى تخفيف التركيز بإضافة تربة نظيفة أو أسمدة ورقية أو Beat moss.

أهميته للنبات

يحتاجه النبات فى عمليات تثبيت النيتروجين فى البقوليات وفى تكوين العقد الجذرية فى النباتات غير البقولية أيضاً ويعتبر الكوبلت أكثر أهمية من الأمونيا ذاتها فى عملية تثبيت النيتروجين. أما أعراض نقص الكوبلت على النباتات فقد يحدث خلط بينها وبين أعراض نقص النيتروجين.

13-الصوديوم (Na) Sodium:

يلعب الصوديوم دوراً هاماً فى التوازن الأيونى داخل النبات وحركة المياه داخل الخلايا. وتحد الملوحة من نشاط ونمو النبات حيث تتداخل فى العمليات الحيوية به وتعطلها ولما كان الجهاز الوظيفى فى النبات يتعايش دائماً فى الظروف البيئية القاسية قدر استطاعته وفى هذه الحاله نجد أن الصوديوم يدخل إلى الخلايا عن طريق الفتحات الموجودة بغشاء الخلية بالقدر الذى تحتاجه الخلية عن طريق خاصية النفاذية الإختيارية لها وأنه فى حالة زيادته عن حاجة النبات يقوم الغشاء الخلوى بلفظ أيونات الصوديوم الممتصة والزائدة عن حاجته باستخدام الأيونات المضادة Antiproton Na^+/H^+ الموجودة به بعد أن ينشطها بإنزيم ATP ase ومن ثم فإن الخروج عن هذا النطاق من تركيز الصوديوم يفسد هذه الخاصية الوراثية بالنبات ويدخل الصوديوم قهراً إلى الخلايا مؤدياً إلى عرقلة العمليات الحيوية وتدهور الحالة الصحية للنبات ثم موته بعد ذلك نتيجة التركيز العالى من الصوديوم فى البيئة. وعلى ذلك نجد أن الصوديوم يؤثر على كل من الضغط الإسموزى فى النبات وعلى امتصاص أيونات العناصر الأخرى وعلى تخليق البروتين والـ DNA وعلى عمليات التمثيل الكلوروفيلى ونشاط الإنزيمات وتوازن الهرمونات بالنبات بينما تعمل الزيادة فى تركيزه على ظهور أعراض نقص العناصر الأخرى خاصة عنصرى الكالسيوم والماغنسيوم.

14- السيلينيوم (Se) Selenium:

يعتبر السيلينيوم من المغذيات الرئيسية فى الحيوان والنباتات الزهرية وبالرغم من عدم وضوح دوره بدقة فى النباتات الوعائية إلا أن قابلية بعض النباتات لتجميعه من التربة ثم تحويله إلى مركبات بيولوجية نشطة كان له وقع إيجابى على الإهتمام بدراسته لإنعكاس ذلك على تغذية الإنسان وصحته وعلى البيئة نفسها.

فالنباتات التى تعمل على تجميع السيلينيوم بها تعتبر نموذج جديد ومثالى يستخدم فى تفهم ميتابوليزم السيلينيوم داخل الخلايا الحية من أجل التوصل إلى انتاج محاصيل غذائية بها معدل نشط من مركبات السيلينيوم المضادة للسرطان إضافة إلى إمكانية استخدامه كعلاج طبى لما يحتويه من تركيزات عالية تفيد فى علاج بعض أنواع من الأورام.

والسيلينيوم هو أحد العناصر المعدنية التى يحتاجها جسم الإنسان لنتظيم العمليات الحيوية ومنها تنظيم عمل هرمون الغدة الدرقية بجانب دوره فى رفع مقدرة الجهاز المناعى للإنسان على مقاومة الأمراض كونه أحد مضادات الأكسدة القوية حيث يوقف تدمير الخلايا المستمر نتيجة تعرضها للشوارد الحرة الناتجة عن التحولات الغذائية فى جسم الإنسان والملوثات البيئية التى يتعرض لها.

وتتوقف كمية السيلينيوم فى أنسجة النبات على مدى تركيزه فى التربة وعموماً تعتبر الحبوب من أكثر المنتجات الزراعية إحتواء على هذا العنصر .

ويحتاج النبات للسيلينيوم بنسب محدودة إلا أن الدراسة فى هذا المجال مازالت فى بدايتها وتحتاج إلى المزيد من الوقت لجمع أكبر قدر من المعلومات عن دور السيلينيوم فى دورة حياة النبات والآثار الجانبية لنقص تركيزه أو زيادته عن حد

معين، وفى هذا الإتجاه فقد ثبت أن السيلينيوم يدخل فى نظام عمل إنزيم Glutathione peroxidase enzyme والذى يقوم بحماية التركيب الداخلى للخلايا ضد عملية الأكسدة كما أنه يتواجد فى الأنسجة وبكثرة مرتبطاً بالأحماض الأمينية فى صورة Selenomethionine and Selenocysteine حيث تحل ذرة سيلينيوم محل ذرة الكبريت فى هذه الأحماض الأمينية.

ومن حيث أن السيلينيوم مضاد أكسدة قوى فهو يحافظ على الأغشية الخلوية والإنزيمات ومحتويات الخلايا من أكسدتها بواسطة الشوارد الحرة وفوق الأكاسيد المتكونة والتى هى مركبات غير مستقرة ذات قدرة تدميرية عالية فإذا لم يتم احتوائها والتخلص منها فإنها تدمر الخلايا وما تحتويه من بروتينات ودهون بالإضافة إلى تدميرها الدهون الغير مشبعة التى تمثل المكون الرئيسى لكل الأغشية الخلوية فى الإنسان والحيوان وبالتالى تفقد الخلايا وظيفتها.

ومن هنا يتضح أهمية مضادات الأكسدة ومنها السيلينيوم فى وقف عمليات الأكسدة قبل حدوثها أو التعامل مع فوق الأكاسيد بمجرد تكونها وأهمية التطرق لها باستفاضة فى محاولة لرفع نسبة االسيلينيوم فى النباتات.

ولما كان هذا الدور الذى يلعبه السيلينيوم كأحد مضادات الأكسدة القوية فى جسم الإنسان قد بات معروفاً وقد سبق الباحثين فى علم المناعة فى النبات غيرهم فى الوصول إلى هذه النتائج وحيث أن الدراسات الأولية على الخضروات ومنها الطماطم والخيار وغيرهم قد أثبتت أهمية هذا العنصر فى رفع انتاجية وجودة ثمار الخضروات سابقة الذكر فإن الباب أصبح مفتوحاً أمام الباحثين للتطرق إلى مزيد من الدراسات لتفهم أوسع لدور السيلينيوم فى دورة حياة النباتات.

تواجد السيلينيوم فى الطبيعة:

يتواجد السيلينيوم فى عدة صور غير عضوية منها Selenite – Selenate – Selenide وفى التربة يتواجد غالباً فى صورة ذائبة هى Selenate ويسهل غسلها من التربة الطينية بسهولة.

وللسيلينيوم دوراً مشابهاً لدور الكبريت فى النبات وهناك بعض النباتات الجاذبة لعنصر السيلينيوم يتركز فيها. وتعتبر التركيزات العالية من السيلينيوم سامة للإنسان ونظراً لسهولة ذوبان السيلينيوم ووصوله إلى الممرات المائية التى تستخدم مياهها فى الرى فعند جفاف هذه الأراضى يتركز السيلينيوم بها إلى الحد الذى يصبح ضاراً للطيور التى تشرب هذه المياه مؤدياً إلى ظهور عيوب خلقية فى نسلها الناتج.

15- السليكون (Si) Silicon:

يعتبر السيليكون أحد مكونات الجدر الخلوية في النباتات , يعمل علي تقوية جدر الخلايا لتمنع الحشرات الثاقبة والماصة من اختراقها وبذلك تحمى النبات من هذه الإصابات الحشرية مع زيادة قدرة البناتات على تحمل درجات الحرارة والجفاف, ويعمل السليكون على منع اختراق الفطريات لبشرة النباتات حيث يتركز فى موقع اختراق الفطر ويمنعه من الدخول وبالتالى تنخفض نسبة الإصابة بالأمراض كما أنه يحسن من صلابة الأوراق و يمنع التأثير السام الناشئ عن زيادة التسميد بالحديد والمنجنيز.

وقد وجد أن رش النباتات بالسليكون يعمل على حمايتها من الإصابة بالمن ومن ناحية أخرى فلم يثبت حتى الأن أهمية السليكون لكل أنواع النباتات والبحوث العلمية مازالت جارية فى هذا الإتجاه لكشف المزيد من الحقائق عن هذا العنصر.

يساهم السليكون فى مكافحة أمراض النبات سواء بإضافته للتربة أو رشاً على النباتات وقد وجد أنه يحمى الأرز من الأمراض منها التبقع البنى فى الأرز المتسبب عنه الفطر *Cochliobolus miyaboanus* ولفحة الأرز المتسببة عن الإصابة بالفطر *M. grisea* ولفحة القمح المتسببة عن الإصابة بالفطر *R. solani* وبذلك فإن إضافة السليكون للتربة يعمل على الاستغناء عن استخدام المبيدات الفطرية فى مقاومة الأمراض السابقة.

يساهم السليكون أيضاً فى مقاومة مرض البياض الدقيقي فى الخيار المتسبب عن الفطر *Sphaerotheca fuligne* وعفن الجذور المتسبب عن الإصابة بالفطر *Pythium ultimum* وفى القمح يقاوم البياض الدقيقي المتسبب عن الإصابة بالفطر *Bulmeria graminis* f.sp *tritici* وتؤدى المعاملة بالسليكون على حدوث تفاعل بينه وبين خلايا بشرة النبات يكون نتيجتها منع الفطر السابق من مهاجمة الخلايا واصابتها وذلك عن طريق تحفيز انتاج تورمات على شكل نتوءات papilla وتكوين أجزاء صلبة Callose أو حث النبات على افراز فينولات تتجمع على طول الجدار الخلوي تضعف من مقدرة الفطر على مهاجمة الأنسجة النباتية.