هذا .. ويثبت الزنك بسهولة بواسطة غرويات التربة. وتركيز العنصر فى المحلول الأرضى منخفض جدًّا. ويقل التركيز بزيادة pH التربة. والمدى المناسب لتركيز الزنك فى المحلول الأرضى هو ١– ١٠ أجزاء فى المليون، وأفضل تركيز ٥ أجزاء فى المليون.

وقد يثبت الزنك بواسطة بعض الكائنات الحية الدقيقة فى التربة.

كما تظهر أعراض نقص الزنك فى حالات التسميد الغزير بالفوسفور.

**ويعالج نقص الزنك بالتسميد بأحد المركبات التالية:**

١– كبريتات الزنك Zinc sulphate (تحتوى على ٧٪ زنكًا، وتركيبها $ZnSO_4.7H_2O$)، بمعدل ٤,٥–١٨ كجم/فدان للتربة، أو رشا بتركيز ٠,٩– ١,٨ كجم/٤٠٠ لتر ماء.

٢– الزنك المخلبى (مشتقات ethylenediamine tetraacetic acid)، بمعدل ٧– ١٨ كجم/فدان للتربة، أو رشا بتركيز ٣٥٠– ٤٥٠ جم/٤٠٠ لتر ماء.

## المنجنيز

### دور المنجنيز

يعد المنجنيز عنصرًا ضروريًّا لتكوين الكلوروفيل برغم أنه لا يدخل فى تركيب جزئ الكلوروفيل، ويدخل — مثل الحديد — فى تركيب عديد من الإنزيمات الهامة التى تدخل فى تفاعلات الأكسدة والاختزال. فهو يعمل كمنشط إنزيمى فى عمليات التنفس وتمثيل البروتين، ومع ذلك .. ففى كثير من التفاعلات — خاصة تفاعلات التنفس — يمكن أن تحل الكاتيونات الثنائية الشحنة الأخرى؛ مثل: $Mg^{++}$، و$Ca^{++}$)، و$Zn^{++}$، و$Fe^{++}$ محل كاتيون المنجنيز، خاصة المغنيسيوم الذى يحل غالبًا محل المنجنيز.

ويعد المنجنيز ضروريًّا وأساسيًّا لعمل إنزيمات أخرى كثيرة؛ مثل: إنزيمات malic dehydrogenase، وoxalsuccinic dehydrogenase، وكلاهما من

إنزيمات دورة كربس Krebs cycle. ويمكن أن يحل الكوبالت جزئيًّا محل المنجنيز بالنسبة لهذين الإنزيمين.

ويعمل المنجنيز كمنشط لإنزيمات تمثيل البروتين nitrate reductase، و hydroxylamine reductase، كما أنه يلعب دورًا فى أكسدة إندول حمض الخليك IAA فى النبات.

ويعد المنجنيز منشطًا لواحد أو أكثر من الإنزيمات المسئولة عن تمثيل الدهون، والإنزيمات التى تدخل فى تكوين الحامضين النووين DNA، و RNA (عن Resh ١٩٨٥).

ويمتص المنجنيز فى صورة أيون العنصر.

## أعراض نقص المنجنيز

يعتبر المنجنيز من العناصر القليلة التحرك نسبيًّا فى النبات؛ لذلك تظهر أعراض نقصه على الأوراق الحديثة أولاً. وتتشابه أعراض نقص المنجنيز مع أعراض نقص المغنيسيوم، عدا أن الاصفرار يحدث على الأوراق الحديثة أولاً فى حالة نقص المنجنيز، بينما يظهر على الأوراق المسنة أولاً فى حالة نقص المغنيسيوم.

وتتميز الأعراض باصفرار الأنسجة بين العروق فى الورقة على صورة تبرقش خفيف فى البداية، ثم يأخذ نصل الورقة لونًا باهتًا مع استمرار نقص العنصر، وتظهر بقع ميتة متحللة صغيرة على امتداد وسط الورقة، وتظل العروق خضراء، وفى حالات النقص الشديدة تمتد الأعراض إلى الأوراق المسنة أيضًا.

ومن أعراض نقص العنصر أيضًا: ظهور بقع متحللة بنية فى الأوراق الفلقية للبسلة والفاصوليا. وفى الذرة السكرية والبصل تظهر خطوط مصفرة على الأوراق. وفى البنجر يكتسب النمو الخضرى لونًا أحمر داكنًا.

وأكثر الخضراوات احتياجًا إلى التسميد بالمنجنيز هى: الفاصوليا، والخس، والبصل، والبسلة، والبطاطس، والفجل، والسبانخ، والطماطم، والبنجر. وتحت الظروف المصرية تظهر أعراض نقص العنصر بوضوح على الفاصوليا.

وتظهر أعراض نقص المنجنيز عندما ينخفض تركيزه فى أنسجة الأوراق عن ٥٠ جزءًا فى المليون على أساس الوزن الجاف، ولكن مدى التركيز الطبيعى يتباين – كثيرًا – من محصول لآخر.

## تيسر المنجنيز فى التربة

يتوفر المنجنيز فى الأراضى التى يقل فيها الـ pH عن ٦,٥، ويقل نسبيًا فى pH ٦,٥–٧، ويصبح النقص شديدًا عند زيادة الـ pH عن ٧. وأفضل pH يتوفر فيه العنصر بكميات مناسبة هو من ٥,٥– ٦,٢.

يوجد المنجنيز فى التربة فى الصور الأيونية الثنائية، والثلاثية، والرباعية الشحنة. والصورة الثنائية الشحنة توجد ذائبة فى المحلول الأرضى، أو فى صورة كاتيون مدمص على سطح حبيبات التربة، وكلاهما ميسر لامتصاص النبات. والصورة المتبادلة مهمة جدًّا فى تغذية النبات؛ لأن تركيز العنصر فى المحلول الأرضى منخفض للغاية. وبالإضافة إلى ذلك .. فإن المنجنيز يوجد بحالة مثبتة فى التربة فى الصورتين الثلاثية الشحنة والرباعية الشحنة، وبدرجة قليلة نسبيًّا فى صورته الثنائية الشحنة. ومعظم المنجنيز المثبت يوجد فى الصورة الثلاثية والرباعية لأكسيد المنجنيز.

وحيث إن الصورة المختزلة ($Mn^{++}$) هى الصالحة لامتصاص النبات؛ لذا نجد أن المنجنيز الميسر يكثر فى الأراضى الرديئة الصرف والحامضية؛ حيث تختزل الصور الأخرى إلى هذه الصورة تحت هذه الظروف. وبالعكس.. فإن الأراضى القلوية الجيدة التهوية تشجع أكسدة المنجنيز ويصبح غير ميسر للامتصاص؛ حيث يتكون MnO، و$Mn_2O_3$.

كذلك فإن المنجنيز فى صورته العضوية يعتبر غير ميسر لامتصاص النبات. ولبعض الكائنات الدقيقة القدرة على تثبيته وجعله غير ميسر للنبات.

ويعالج نقص المنجنيز باستعمال سماد كبريتات المنجنيز Manganese(ous)sulfate (يحوى ٢٤,٦٪ Mn فى صورة $MnSO_4.4H_2O$) بمعدل ٩ – ١٤ كجم/فدان للتربة، ويستعمل الحد الأعلى فى الأراضى القلوية التى يزيد فيها الـ pH عن ٧، أو رشا بتركيز ٠,٩– ١,٨ كجم/ ٤٠٠ لتر ماء.

## البورون

### دور البورون فى النبات

من المعتقد أن البورون يلعب دورًا فى تكوين الجد الخلوية، وفى انتقال السكريات فى النبات. وقد وُجد أن السكر ينتقل بسهولة خلال الأغشية الخلوية بعد اتحاده مع البورون.

كما أن البورون ضرورى لانقسام الخلايا، وتكوين اللحاء، وانتقال بعض الهرمونات، وإنبات حبوب اللقاح، وقد يكون له دور فى تمثيل الأحماض النووية.

ويمتص النبات البورون فى الصور التالية: $B_4O_7^{2-}$، و $H_2BO_3^-$، و$HBO_3^{2-}$، و$BO_3^{3-}$.

### أعراض نقص البورون

يثبت البورون فى الأنسجة التى يصل إليها بعد امتصاصه، ولا يتحرك بعد ذلك، أى إنه عنصر غير متحرك؛ لذلك تظهر أعراض نقصه على الأوراق الحديثة أولاً.

تبدأ أعراض نقص البورون فى الظهور بانهيار خلايا الأنسجة الميرستيمية التى تحدث فيها انقسامات نشطة، وهى القمم النامية ومناطق الكامبيوم. وتتأثر الحزم الوعائية بالجذور والسيقان، ويتعطل انتقال الماء فيها؛ فيحدث الذبول الذى يكون غالبًا بداية لظهور أعراض نقص العنصر.