أما الأسمدة المحتوية على الكبريت، فهى عديدة، ومنها: الكبريت الخام، وكبريتات الأمونيوم، وكبريتات البوتاسيوم، والجبس، والسوبر فوسفات الذى يحتوى على كبريتات الكالسيوم. هذا .. ويتأكسد الكبريت المعدنى إلى كبريتات قبل أن يستطيع النبات استعماله.

الحديد

دور الحديد فى النبات

يعتبر الحديد عنصرًا أساسيًّا لتكوين جزئ الكلوروفيل، برغم أنه لا يدخل فى تركيبه، ولكن يبدو أن الحديد يلعب دورًا هامًّا فى تكوين الإنزيمات المسئولة عن تمثيل الكلوروفيل. كما أن الحديد يدخل فى تركيب عديد من الإنزيمات اللازمة فى عملية التنفس؛ ومن أمثلتها: الكاتاليز، والبيروكسيديز، وأكسيديز السيتوكروم، والستيروكروم، بالإضافة إلى دخول الحديد فى تركيب جزئ صبغة الهيم heme، وهى الصبغة الضرورية فى المراحل الأخيرة من التنفس.

ويمتص النبات الحديد فى صورة أيون الحديديك غالبًا، ولكن الصورة النشطة بيولوجيا فى النبات هى صورة أيون الحديدوز؛ وعليه .. فإنه بعد امتصاصه يتحول أولاً إلى حديدوز قبل أن يستفيد منه النبات.

أعراض نقص الحديد

يعتبر الحديد من أقل العناصر قدرة على التحرك داخل النبات؛ لذلك تظهر أعراض نقصه على الأوراق الحديثة، بينما تظل الأوراق المسنة خضراء وذات محتوى عالٍ من الحديد.

ويتميز نقص العنصر بظهور لون أصفر بين العروق فى أوراق النموات الحديثة. ونادرًا ما تصبح الأوراق الحديثة كلها صفراء، ولكن قد يحدث ذلك فى الأوراق الصغيرة جدًا فى حالات النقص الشديدة. ومع استمرار نقص العنصر يتحول لون الأنسجة بين

العروق إلى اللون الأبيض العاجى، بينما تظل العروق خضراء اللون.

ويبلغ التركيز الطبيعى للحديد فى أنسجة الورقة حوالى ١٠٠ جزء فى المليون على أساس الوزن الجاف، ولكن المدى الطبيعى لتركيز الحديد يتباين كثيرًا من محصول لآخر.

تكون أعراض نقص الحديد على صورة اصفرار واضح بين العروق كما أسلفنا. وفى وحيدات الفلقة – مثل الذرة – فإن ذلك الاصفرار بين العروق يكسب الأوراق مظهرًا مخططًا. وفى حالات النقص الشديدة فإن النبات كله قد يُصبح بلون أصفر باهت، أو حتى أبيض (Follett & Westfall ٢٠٠٦).

لا يُعاد تحرك الحديد – كما أسلفنا – من الأوراق المكتملة النمو التى تحتوى على تركيزات مناسبة من العنصر إلى الأوراق الحديثة إلاّ بقدر يسير حتى فى ظروف النقص الشديد للحديد، لكن ذلك التحرك قد يزداد كثير أثناء شيخوخة الأوراق السفلى (Zhang وآخرون ١٩٩٥).

وغالبًا ما يزيد تركيز الأحماض العضوية كلما ازداد نقص الحديد فى مختلف الأعضاء النباتية، مثل الجذور والأوراق والسيقان. وللتفاصيل المتعلقة بهذا الموضوع .. يراجع Abadia وآخرين (٢٠٠٢).

تيسر الحديد فى التربة

يتوفر الحديد فى الأراضى التى يقل فيها الـ pH عن ٦، ويقل نسبيًا فى pH ٦– ٧، ولكن يصبح النقص شديدًا عند زيادة الـ pH عن ٧. ويزداد الحديد فى الأراضى الحامضية إلى درجة أن تركيزه يصبح سامًّا للنبات فى الأراضى الشديدة الحموضة. وأفضل pH يتوفر فيه الحديد بتركيزات مناسبة هو من ٥,٥– ٦,٢. ويزداد تيسر الحديد – بالاختزال – عند سوء الصرف بالتربة، ولكن ذلك لا يناسب النمو النباتى.

وتجدر ملاحظة أن التسميد بكميات كبيرة من الفوسفات الذائبة يؤدى إلى تحول الحديد الذائب إلى صورة غير قابلة للذوبان بسبب اتحاد الحديد مع أيون الفوسفات، مكونًا فوسفات الحديد.

وتزداد هذه الظاهرة فى الأراضى الرملية عنها فى الأراضى الطينية؛ لأن الأراضى الرملية أقل قدرة على تثبيت الفوسفات من الأراضى الطينية. كذلك تظهر أعراض نقص الحديد عند زيادة التسميد بالنحاس والمنجنيز.

والحديد من العناصر التى تتوفر فى التربة بكميات كبيرة، إلا أن ذلك يكون فى الصور غير القابلة للذوبان، ونسبة الذائب أو المتبادل منخفضة جدًّا فى التربة، خاصة فى الأراضى المتعادلة والقلوية التى يقل فيها ذوبان الحديد بمقدار ١٠٠ مرة مع كل ارتفاع قدره وحدة واحدة فى pH التربة.

تظهر أعراض نقص الحديد — عادة — فى مساحات غير منتظمة الشكل من الحقل تكون — غالبًا — عالية فى الـ pH أو فى محتواها من كربونات الكالسيوم، كما يرتبط نقص الحديد بانخفاض محتوى التربة من المادة العضوية، وبالحالات التى تُزال فيها الطبقة السطحية من التربة؛ بفعل عمليات التسوية أو التعرية. كذلك تزداد احتمالات ظهور أعراض نقص العنصر فى المواسم الباردة والتربة الرطبة عما فى المواسم الدافئة والتربة الأقل رطوبة، وتكون الأعراض أكثر حدة — عادة — على البادرات الصغيرة (Follett & Westfall ٢٠٠٦).

ونادرًا ما يعطى التسميد بالحديد — عن طريق التربة — نتائج ملموسة، لكن رش الأوراق يعطى نتائج إيجابية مؤقتة؛ حيث تزول أعراض نقص العنصر.

ويعالج نقص الحديد بأحد الأسمدة التالية:

١- كبريتات الحديدوز Ferrus sulfate ($FeSO_4.7H_2O$ ٢٠٪ حديد)، بمعدل ٥-١٠ كجم/فدان للتربة، أو رشًا بتركيز ١-١,٥ كجم/٤٠٠ لتر ماء للفدان.

٢- الحديد المخلبى (مشتقات ethylenediamine tetraacetic acid)، وتحوى حديدًا بنسبة ٩٪-١٢٪)، بمعدل ٨-١٦ كجم/فدان للتربة، ورشًا بتركيز ٣٥٠-٤٥٠ جم/٤٠٠ لتر ماء. ويجب ألا تتعدى الكمية التى تستعمل للفدان من هذه المادة أكثر من ٤٠٠ لتر من محلول الرش، ويرمز لتلك المادة بالرمز EDTA.

ومن الصور المخلبية أيضًا: diethylenetriaminepentaacetic acid (DTPA).

وهذه المركبات المخلبية تحفظ الحديد فى صورة ميسرة لامتصاص النبات، وتسهل امتصاصه وانتقاله فى النبات، كما أنها لا تتحلل فى التربة.

وغالبًا ما تُعانى النباتات النامية فى الأراضى الجيرية الغنية بكربونات الكالسيوم من أعراض نقص الحديد - وكذلك المنجنيز والزنك - بسبب قلة الصور الميسرة للامتصاص من تلك العناصر فى هذه الأراضى، فضلاً عن أن الكميات المدمصة من هذه العناصر تكون أقل قدرة على الحركة، ويكون انتقالها إلى الأجزاء العليا من النباتات بطيئًا (Balba ١٩٩٥).

النحاس

دور النحاس فى النبات

يدخل النحاس فى تكوين بعض الإنزيمات التى تلعب دورًا هامًّا فى تفاعلات الأكسدة والاختزال فى النبات. فهو يدخل فى تركيب إنزيمات الفينوليز phenolases واللاكّيز laccase. ويعتبر النحاس عنصرًا ضروريًّا لتكوين الكلوروفيل فى النبات، وربما يكون له دور فى عملية البناء الضوئى.

كما يدخل النحاس فى تركيب إنزيم التيروزينيز tyrosinase، وهو المسئول عن تلون لب درنات البطاطس باللون الداكن فى وجود الأكسجين، وفى تركيب إنزيم أكسيديز حامض الأسكوربيك ascorbic acid oxidase، وهو المسئول عن أكسدة حامض الأسكوربيك.