العناصر الغذائية ـ حقائق

حقائق زراعية عن العناصر الغذائية للمحاصيل

الحديد

رقم 12

الحديد(Fe) عنصر غذائي تحتاجه جميع الكائنات الحية ومن ضمنها الميكروبات والنباتات والحيوانات والإنسان. وقد تم الكشف لأول مرة أن الحديد عنصر غذائي ضروري للنبات في منتصف القرن التاسع عشر حينما تم بنجاح معالجة نقص الحديد في محاصيل العنب بإضافة أملاح الحديد على الأوراق. وهو مكوّن حيوي للعديد من الأنزيمات النباتية ومطلوب لعدد كبير من الوظائف البيولوجية في النبات. كما أنه شائع الوجود في القشرة الأرضية ولذلك فإن معظم الأراضي تحتوي على كميات كبيرة من الحديد ولكنها تكون بصورة مركبات قليلة الذوبان في الماء وفي بعض الأحيان غير جاهزة للامتصاص بسهولة في النباتات.

الحديد في التربة

يتوفر الحديد بكثرة في العديد من الصخور والمعادن الأرضية، وخلال تطور التربة يتعرّض هذا المحتوى إلى الإثراء (enrichment) الذي قد يُسبّب السُمية في ظروف معينة أو الاستنزاف (depletion) ويؤدي عادة إلى ظهور نقص الحديد. علماً بأن المصدر الرئيسي للحديد الذي تحتاجه النباتات من التربة موجود في أكاسيد المعادن الثانوية التي يتم ادمصاصها أو ترسيبها على جزيئات المعادن أو المادة العضوية في التربة. ورغم أن كميات الحديد كبيرة جداً إلا أن الجزء الجاهز للإمتصاص من قِبل النباتات يمثل نسبة ضئيلة جداً.

أعراض نقص الحديد في نباتات فول الصويا (يمين) والذرة البيضاء (وسط) والقمح (يسار).

الحديد في النبات

تمتص جذور النباتات الحديد من محلول التربة على شكل أيون الحديدوز (ferrous: Fe^{2+}) بسهولة جداً وفي بعض الحالات أيضاً على شكل أيون الحديديك (ferric: Fe^{3+}). إن الطبيعة الكيميائية للحديد تسمح له بتأدية أدواراً رئيسية في تفاعلات الأكسدة والإختزال وعمليات التنفس والتمثيل الضوئي وتفاعلات الأنزيمات. فعلى سبيل المثال يُعتبر الحديد مكوّنا هاماً للأنزيمات التي تستخدمها البكتيريا في تثبيت النيتروجين.

ويختلف تركيز الحديد في أنسجة الأوراق بإختلاف أنواع النباتات ولكنه يتراوح بشكل عام بين 50 و 250 جزء بالمليون (محسوبة على أساس الوزن الجاف). وعادةً تظهر علامات نقص الحديد إذا انخفض تركيزه عن 50 جزء بالمليون بينما يمكن ملاحظة أعراض السُمية إذا تجاوز التركيز 500 جزء بالمليون.

تمتاز اكاسيد الحديد في معادن التربة بذائبية قليلة جدا و لذلك فإن جذور النباتات عموما لديها استراتيجيتين للحصول على أيونات الحديدوز أو الحديديك. الأولى السائدة في النباتات ذات الفلقتين والنباتات غير العشبية ذات الفلقة الواحدة يتم فيها اختزال أيونات الحديديك إلى أيونات الحديدوز قبل مرورها عبر الأغشية شبه النفاذة ووصولها إلى الجذور، ويرافق عملية الإختزال إفراز الجذور لأنواع مختلفة من المركبات والأحماض العضوية داخل التربة. وفي الاستراتيجية الثانية تحصل جذور النباتات العشبية على الحديد عن طريق اطلاق مركبات عضوية مخلبية (siderophore) والتي بدورها تُذيب الحديد في التربة مما يسمح بتحسين كفاءة امتصاصه في هذه النباتات.

عوامل التربة وأثرها على نقص الحديد

تحتوي معظم الأراضي على الحديد بكميات كافية لتغذية النبات إلا أن العوامل الكيميائية والبيئية تقيّد امتصاصه في النباتات. ومن الشائع ملاحظةنقص الحديد في التربة ذات الحموضة المرتفعة (pH >7.5) وخاصةً مع وجود محتوى عالي من كربونات الكالسيوم (الجير). وبعكس ذلك تزداد ذائبية الحديد بدرجة كبيرة مع انخفاض رقم الحموضة للتربة إلى المستوى الحامضي.

إن التربة التي تحتوي على كميات وفيرة من كربونات الكالسيوم يمكنها أن تُنتج أيونات البايكربونات (HCO^-_3) إذا أصبحت رَطبة جداً، وهذه الأيونات من شانها أن تُعيق امتصاص الحديد في النباتات ولكن بشكل مؤقت فقط، حيث تختفي أعراض نقص الحديد عادة عندما تجف التربة وترتفع درجة حرارتها.

وفي حال أصبحت التربة مشبعة بالماء فإن أيونات الحديديك (Fe^{3+}) تتحول بفعل نشاط الميكروبات إلى أيونات الحديدوز (Fe^{2+}) ذات الذائبية العالية جداً حتى أنها قد تسبب سُمية الحديد في بعض أصناف الأرز المزروعة في الأراضي المغمورة بالماء تحت ظروف شديدة الحموضة.

عموماً تُعتبر النباتات النامية في أراضي تحتوي على نسبة قليلة من المادة العضوية أكثر عُرضة لظهور نقص الحديد مقارنة مع النباتات المزروعة في أراضي غنية بالمادة العضوية. وهنا يجب الإشارة إلى أن مركبات الدُبال (Humus) الناتجة من تحول بقايا النباتات والحيوانات بفعل الأحياء الدقيقة لديها خصائص فعالة للإرتباط مع أيونات الحديد واطلاقها في محلول التربة. كذلك وُجد أن النباتات تميل أكثر إلى التأثر بنقص الحديد في المساحات الزراعية التي تعرضت للإنجراف والتعرية وانخفض محتواها من المادة العضوية.

يتضح مما سبق بأن العديد من عوامل التربة تشترك مع العوامل البيئية الأخرى في تنظيم كمية الحديد في النباتات، ولذلك لا يوجد طريقة مقبولة إلى حدّ كبير لإستخدام تحليل التربة في تقدير الإضافات التكميلية لأسمدة الحديد.

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE
3500 PARKWAY LANE, SUITE 550
PEACHTREE CORNERS, GEORGIA 30092-2844 USA
PHONE (770) 447-0335 | WWW. IPNI.NET

هذه الأوراق عن حقائق العناصر الغذائية هي واحدة من سلسلة أوراق عن حقائق كتبها العلماء الأعضاء في المعهد الدولي لتغذية النبات وتركز على العناصر الغذائية الأساسية واستخداماتها. وهذه السلسلة موجودة بشكل ملفات PDF على شبكة www.ipni.net/nutrifacts

أعراض نقص وسُمية الحديد

تظهر أعراض نقص الحديد في جميع أنواع النباتات وتشمل بشكل عام تقزم الأوراق الحديثة واصفرار لونها. ومع استمرار النقص يمتد الإصفرار (chlorosis) ويظهر بين عروق الورقة مع بقاء لونها أخضر في البداية، وفي حالة النقص الشديد يصبح لون الأوراق أصفر فاتح إلى أبيض. علماً بأن الأنسجة الحديثة تتأثر أولاً بنقص الحديد لأنه عنصر قليل الحركة داخل النبات ولا ينتقل بسهولة من الأنسجة القديمة إلى الأنسجة الحديثة.

مقابل ذلك تحدث سُمية الحديد بصورة نادرة نسبياً، وتظهر الأعراض على شكل خطوط برونزية اللون في الأوراق ناتجة عن الزيادة في عدد جذور الهيدروكسل الحرة وتفاعلها مع أيونات الحديد مما يؤدي إلى تعطيل الوظائف الحيوية للخلايا. ونظراً لأن الحفاظ على تركيز الحديد ضمن الحدود الآمنة في الأنسجة النباتية يُعدّ أمراً هاماً فمن المؤكد بأن عملية امتصاص الحديد في الجذور بكاملها (وتشمل انتقال الحديد من الجذور إلى البادرات وتخزينه واطلاقه إلى خلايا النبات) تتم وفق درجة عالية من التنظيم.

وفيما يتعلق بتحليل الحديد في الأنسجة النباتية فقد يبدو الموضوع معقداً لأن أي غبار موجود على سطح الورقة سيحتوي أيضاً على نسبة من الحديد، ولذلك يُوصى بغَسل أوراق النبات بالماء قبل اجراء تحليل الحديد. كذلك تعتمد معظم التحاليل على أخذ العينات من الأوراق الحديثة بإعتبارها عموماً أول أجزاء النبات التي تظهر أعراض نقص الحديد فيها.

التسميد لمواجهة نقص الحديد

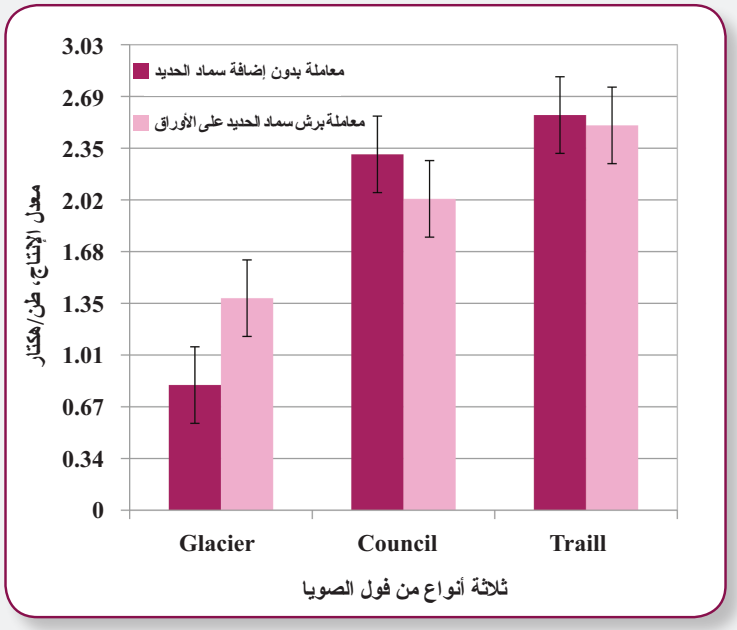
تبين عند إضافة أسمدة الحديد غير العضوية إلى التربة مثل كبريتات الحديديك، كبريتات الحديدوز، فوسفات الحديدوز الأمونية، كبريتات الحديدوز الأمونية وأكاسيد الحديد أنها تتحول سريعاً إلى أشكال غير ذائبة مما يجعلها أقل فائدة في تغذية النبات. وبعكس ذلك أثبتت الأسمدة التي تحتفظ بالحديد داخل المركبات العضوية المصنعة (organic chelate) فعاليتها في تصحيح مشاكل نقص الحديد عند إضافتها إلى التربة.

ويمكن القول بأن أسمدة الحديد المُصنعة تُعطي فعالية معقولة مثل Fe-EDDHA (إيثيلين ثنائي امين ثنائي-(هيدروكسي فينيل اسيتات الحديد)) و Fe-EDTA (إيثيلين ثنائي امين رباعي اسيتات الحديد) ولكن ارتفاع تكاليفها يحول دون انتشارها على نطاق واسع (**جدول 1**). وفي التسميد الورقي أيضاً أظهرت أملاح الحديد أو مركبات الحديد المصنعة فعاليتها في تصحيح مشاكل نقص الحديد خلال فترة النمو ولكن استخدامها قد يتطلب تكرار الإضافات لمنع حدوث النقص مرة أخرى.

استجابة المحصول لإضافة الحديد

يُنصح بتطبيق العديد من الإجراءات العلاجية لتعويض نقص الحديد في النبات، وقد تصبح بعض هذه الحلول عملية أكثر من غيرها لاعتمادها على ظروف البيئة المحلية ومن أهمها:

- زراعة الأنواع والأصناف النباتية التي تتكيف مع الظروف المحلية وعلى وجه الخصوص تتحمّل الانخفاض في تركيز الحديد. وغالباً يُعتبر وجود الاختلافات الوراثية الكبيرة والتغيّرات المختلفة بين الأصناف أسلوباً فعالاً للتعامل مع التحديات التي تواجه التربة (**الرسم البياني 1**).
- استخدام الأسمدة التي تحتوي على الحديد بشكل أملاح غير عضوية أو مركبات عضوية مصنعة عند إضافتها إلى التربة.
- رش محلول الحديد السمادي على أوراق النبات لمنع أو تصحيح نقص الحديد، علماً بأن هذا الإجراء لا يصحح أي مشكلة في التربة تمنع امتصاص كمية الحديد الكافية ولكنه يساعد على إزالة العوامل التي تؤثر على النمو والمُحدّدة بنقص الحديد.
- إضافة مواد تعمل على رفع درجة حموضة التربة بهدف تحسين ذائبية الحديد سواء على الحقل بكامله أو في مساحة معينة لعلاج جزء من المنطقة الجذرية، وغالباً يكون هذا التطبيق كافياً لتحسين كمية الحديد المتوفرة في التربة.
- تحسين كمية الحديد المتوفرة في التربة عن طريق زراعة نوعين مختلفين من المحصول معاً بحيث يتميز أحدهما بقدرته على إذابة الحديد وامتصاصه، مما يترتب عليه في بعض الأحيان نشوء علاقة تشاركية مع محصول آخر لديه قدرة أقل على استخلاص الحديد (**جدول 1**).



جدول 1. معدل إنتاج الحبوب في ثلاثة أنواع من نبات فول الصويا المزروعة في الأراضي الكلسية. وقد أظهر النوع الجليدي (Glacier) الحساس لنقص الحديد استجابة للتسميد الورقي وزاد معدل الإنتاج، بينما لم يلاحظ أي استجابة في النوعين الآخرين الأكثر تحمّلا لنقص الحديد: المجلس (Council) وتريل (Traill) وعليه لم يرتفع الإنتاج. (مدى الخطأ Error bar أشار إلى أقل فرق معنوي LSD بقيمة 0.05).

جدول 1. مقارنة الإنتاج النسبي للحبوب في نوعين من نبات فول الصويا: أحدهما عُرضة لنقص الحديد والآخر يتحمل النقص ومزروع في موقع يحتوي على كمية كافية من الحديد بنسبة (100٪) [2].

وجود الشوفان كمحصول مرافق	اضافة أسمدة الحديد المصنّعة	ظهور الإصفرار في النوع الحساس لنقص الحديد	ظهور الإصفرار في النوع الذي يتحمل نقص الحديد
		الإنتاج النسبي (٪)	
لا	لا	e 48	c 82
لا	نعم	d 71	bc 87
نعم	لا	d 73	cd 76
نعم	نعم	bc 87	ab 93

شملت المعاملات إضافة أسمدة الحديد المصنعة أو وجود الشوفان كمحصول مرافق مزروع في أراضي تعاني من نقص حاد في كمية الحديد. وتشير الأحرف بعد قيم الإنتاج النسبي إلى مستوى الدلالة (significance) عندما تكون احتمالية الحصول على النتائج تساوي أو أقل من 0.10 ($p \leq$ to 0.10) في كِلا النوعين.

المراجع

1. Goos, R.J. and B.E. Johnson. 2000. Agron. J. 92:11351139-

2. Kaiser, D.E., J.A. Lamb, P.R. Bloom, and J.A. Hernandez. 2014. Agron. J. 106:19631974-.