عناصر أخرى

يعد الألومنيوم، والكوبالت، والصوديوم، والسيليكون من العناصر المفيدة للنباتات؛ فهى وإن لم تكون ضرورية لكل النباتات، لكنها يمكنها تحفيز النمو النباتى، وقد تكون ضرورية لأنواع نباتية معينة. ولقد ذكر عن تلك العناصر أنها تُحسِّن مقاومة النباتات لبعض المسببات المرضية ولآكلات الأعشاب، وتجعلها أكثر تحملاً لبعض الظروف البيئية القاسية، مثل شدِّ الجفاف، وشدِّ الملوحة، ونقص العناصر أو زيادتها. هذا ولم تحظ التأثيرات المفيدة للتركيزات المنخفضة من تلك العناصر بنفس الاهتمام الذى نالته التأثيرات السامة للتركيزات العالية منها (Pilon-Smits وآخرون ٢٠٠٩).

ولقد ثبتت ضرورة عدد من العناصر الأخرى للنمو الطبيعى فى بعض النباتات، لكن لا يوجد دليل على ضرورتها لكل النباتات. وهذه العناصر هى: الصوديوم، والكلور، والكوبالت، والسيليكون، والجاليم، والألومنيوم، واليود، والفاناديوم، والسيلينيوم.

الصوديوم

أهمية الصوديوم ومدى ضرورته

ثبتت ضرورة الصوديوم لنمو وحياة بعض الطحالب، لكن لم يثبت ذلك أبدًا بالنسبة للنباتات الراقية. ومع ذلك .. فمن المعروف أن الصوديوم يفيد فى تحسين نمو بعض النباتات. وفى غالبية هذه الحالات حدث التأثير المفيد للصوديوم عندما نقص عنصر البوتاسيوم؛ الأمر الذى أدى الى الاعتقاد بأن الصوديوم يقوم ببعض المهام التى يقوم بها البوتاسيوم.

هذا .. ويوجد توازن بين امتصاص الصوديوم وامتصاص الكاتيونات الأخرى؛ كالكالسيوم والمغنيسيوم. ففى البنجر أدت زيادة الصوديوم إلى زيادة امتصاصه على حساب الكاتيونات الأخرى. ويشذ البوتاسيوم عن هذه القاعدة.. فليس من الضرورى أن تؤدى زيادة الصوديوم إلى نقص امتصاص البوتاسيوم، ولكن زيادة الصوديوم أو البوتاسيوم — بوجهٍ عام — تؤدى إلى نقص امتصاص النبات للكالسيوم والمغنيسيوم. ويبدو أن الخضراوات التى تمتص أكبر قدر من

الصوديوم — دون أن يتأثر امتصاصها من البوتاسيوم — هى أكثر الخضراوات استجابة للتسميد بالصوديوم (Larson & Pierre ١٩٥٣).

ولا يعرف على وجه الدقة الدور الذى يلعبه الصوديوم فى النباتات التى تستجيب للتسميد بهذا العنصر، ولكن من المعروف أنه يزيد نسبة الرطوبة فى الأنسجة النباتية، كما أنه يؤدى إلى زيادة مساحة الأوراق فى بنجر السكر. وربما يفيد الصوديوم فى منع تراكم كاتيونات أخرى بالنبات قد تكون ضارة له (Russell ١٩٧٣).

استجابة محاصيل الخضر للصوديوم

أكثر الخضراوات استجابة للتسميد بالصوديوم هى: البنجر، والسلق السويسرى، والكرفس، واللفت. وبرغم أن السبانخ تشترك مع البنجر فى أنهما من أكثر الخضراوات تحملاً لملوحة التربة، إلا أن السبانخ لا تستجيب للتسميد بالصوديوم، فى حين يستجيب البنجر بشدة لذلك. كذلك يعتبر الكرفس من أقل الخضراوات تحملاً لملوحة التربة، ومع ذلك .. فهو من أكثر الخضراوات استجابة للتسميد بالصوديوم؛ وعليه .. فلا توجد علاقة بين درجة تحمل المحصول للملوحة، وبين احتياجه إلى التسميد بالصوديوم.

وتقسم الخضر حسب درجة استفادتها من التسميد بالصوديوم (عند نقص البوتاسيوم أو توفره فى التربة) إلى المجموعات التالية:

أولاً: فى حالة نقص عنصر البوتاسيوم:

١- خضر الاستفادة فيها قليلة جدًا: الخس — البطاطس- فول الصويا — السبانخ — الفراولة- الفاصوليا.

٢- خضر الاستفادة فيها قليلة إلى متوسطة: البروكولى — كرنب بروكسل — الجزر — البسلة — الطماطم.

ثانيًا: فى حالة توفر عنصر البوتاسيوم:

١- خضر الاستفادة فيها قليلة إلى متوسطة: الكرنب – الكيل – كرنب أبو ركبة- المسترد – الفجل.

٢- خضر الاستفادة فيها كبيرة: الكرفس – بنجر السكر – السلق السويسرى – بنجر المائدة – اللفت.

الكلور

ثبت بالتجربة أن عنصر الكلور ضرورى للطماطم فى المزارع المائية، ولكن لم يثبت أبدًا نقص الكلور تحت ظروف الحقل؛ وذلك لتوفره كشوائب فى كل الأسمدة، كما ثبتت ضرورة الكلور لنمو نحو ٤٠ نوعًا نباتيًّا. والحد الأدنى للعنصر فى النبات هو ١٠٠ جزء فى المليون من الوزن الجاف.

ويعتبر أيون الكلور ضروريًّا فى عملية البناء الضوئى؛ لأنه يسهم فى عملية أكسدة الماء. كما يلعب العنصر دورًا فى تطور النمو الجذرى.

ويعتبر ماء المطر هو المصدر الأساسى للكلور، وخاصة فى المناطق القريبة من البحار والمحيطات. وأيون الكلور – مثل النترات والبورات – لا يثبت فى التربة، ويكون عرضة للفقد بالرشح.

هذا .. ويحل أيون البروم محل الكلور، وكلاهما ضرورى لنمو البنجر (Edmond وآخرون ١٩٧٥، وDevlin ١٩٧٥).

من أهم أعراض نقص الكلور ذبول الأوراق، وظهور اصفرار وتحلل ومناطق برونزية اللون بنصل الورقة الذى يتوقف عن النمو.

ولا تظهر أعراض نقص العنصر – عادة – إذا زاد تركيزه على ١٠٠ جزء فى المليون على أساس الوزن الجاف.

ومن أكثر محاصيل الخضر تحملاً لزيادة الكلور: البنجر، والسبانخ، والأسبرجس، ومن أكثرها حساسية لزيادته: الخس، والفاصوليا، والبطاطس.

السيليكون

ثبتت ضرورة السيليكون للأرز ولعديد من الطحالب، كما وجد أنه يحسن نمو الأرز والشعير وعباد الشمس دون رقاد. ويشكل السيليكون جزءًا كبيرًا من الرماد فى النباتات بوجه عام.

وفى الخيار .. أدى التسميد بالسيليكون فى المزارع المائية بتركيز ٠,٧٥ مللى مولار (باستخدام ميتاسيليكات البوتاسيوم Potassium metasilicate) إلى زيادة المحصول بنسبة حوالى ٣,٥٪، وإلى انخفاض معدل الإصابة بالفطر *Fulvia fulva* (Tanis ١٩٩١).

كما تؤدى المعاملة بتركيزات عالية من السيليكون (١,٧، و ٣,٤ مللى مول سيليكون فى المحاصيل المغذية) للخيار إلى جعل الأوراق أكثر اخضرارًا وإلى تحفيز قدرة الأوراق على البناء الضوئى، وزيادة وزنها الطازج ومحتواها الكلوروفيلى، وإلى زيادة نشاط إنزيم RuBPCase بالأوراق، ومحتواها من البروتين الذائب. وأدى تراكم السيليكون بالنبات إلى زيادة تماسك الأوراق وتأخير شيخوختها. وبينما احتوت أوراق معاملة الكنترول غير المعاملة بالسيليكون على ٠,٥٪ فوسفورًا، فإن تركيز الفوسفور بالأوراق بلغ ٠,٨٪، و١,٢٪ فى معاملتى ١,٧، و٣,٤ مللى مول سيليكون، على التوالى (Lee وآخرون ٢٠٠٠).

ويتحقق أفضل نمو للخيار والطماطم فى المزارع المائية عندما يحتوى المحلول المغذى على ١٠٠ جزء فى المليون من الـ silicic acid (H_2SiO_3) (Jones ١٩٩٧).

التيتانيم

أدت معاملة نباتات الفلفل بالتيتانيم titanium إلى تحفيز كتلتها البيولوجية وامتصاصها للعناصر، وزيادة نشاط عدة إنزيمات بها (هى: الكاتاليز catalase، والبيروكسيديز peroxidase، والليبوكسى جينيز lipoxygenase، والنيتريت ردكتيز nitrate

reductase)، وزيادة تركيز كل من حامض الماليك وكلوروفيل الأوراق، ومحتوى ثمارها من كل من الكاروتينات وحامض الأسكوربيك. كما أدت المعاملة بالتيتانيم إلى خفض تركيز النشا فى النباتات. وقد تراكم التيتانيم – أساسًا – فى سيتوبلازم وكلوروبلاستيدات خلايا الأوراق. كذلك أدت المعاملة بالتيتانيم إلى زيادة تركيز الصورة النشطة للحديد (Fe^{2+}) فى الأوراق والثمار وكلوروبلاستيدات الأوراق والثمار. وربما تكون تلك الزيادة فى الصورة النشطة للحديد هى المسئولة عن التأثيرات الإيجابية للتيتانيم (Carvajal & Alcaraz ١٩٩٨).

السيلينيم

على الرغم من أن السيلينيم يُعد من العناصر الضرورية فى تغذية الحيوان، فإنه ليس كذلك للنبات، ولكن النباتات تمتصه تبعًا لمدى تيسره فى التربة، وتركيزه فيها، وصُوَرَه المتواجدة بها، والنوع النباتى. هذا.. وتتشابه الخصائص الكيميائية والفيزيائية للسيلينيم والكبريت بدرجة كبيرة، كما يتشابه امتصاص النباتات للسيلينييت SeO_4^{-2} مع امتصاصها للكبريتات SO_4^{-2}، إلى درجة الاعتقاد بأن الأيونين يتنافسان على نفس مواقع الارتباط binding sites فى الجذور.

ويزداد تراكم السيلينيم الممتص فى القمم النامية، وهى المواقع التى يزداد فيها – كذلك – تمثيل البروتينات المحتوية على الكبريت. كما يزداد تراكم السيلينيم فى الخضر التى يرتفع محتواها من الكبريت مثل البصل والكرنبيات.

وعلى عكس الاعتقاد الشائع، فإن التركيزات المنخفضة من الـ Na_2SeO_4 حفزت امتصاص وتراكم الكبريت فى البصل (Kopsell & Randle ١٩٩٧).

الكوبالت

لم تثبت ضرورة الكوبالت إلا لبعض الطحالب الخضراء المزرقة، ولبكتيريا الرايزوبيم التى تستفيد منها البقوليات فى تثبيت آزوت الهواء الجوى، والتى تفقد قدرتها على تثبيت الآزوت فى غياب العنصر.

الجاليم

لم تثبت ضرورة الجاليم gallium إلا لنبات حشيشة البط duck weed وهو: (*Lemma minor*)، ولفطر *Aspergillus niger*.

الألومنيوم

يُحَسِّن الألومنيوم من نمو عديد من النباتات.

الفاناديم

لم تثبت ضرورة الفاناديم Vanadium إلا بالنسبة لبعض الطحالب الخضراء، لكنه يمكن أن يحل محل الموليبدنم فى أيض النيتروجين بالنباتات.

النيكل

يُعد النيكل من العناصر الضرورية لكل من البقوليات والحبوب الصغيرة مثل الشعير. يشكل العنصر جزءًا من الإنزيم urease ويؤدى غيابه إلى تراكم اليوريا باوراق النباتات. ويتعين توفر العنصر Ni فى المحاليل المغذية بتركيز ٠,٠٥٧ جزء فى المليون (Jones ١٩٩٧).

مصادر إضافية للعناصر المغذية وأعراض نقصها

يعد مرجع Wallace (١٩٦١) من أشمل المصادر فيما يتعلق بأعراض نقص العناصر المغذية فى النباتات. ويضم المرجع أكثر من ٣٠٠ صورة ملونة لأعراض نقص العناصر فى مختلف النباتات، كما أصدرت وزارة الزراعة البريطانية سلسلة من الكتب لمعرفة أعراض نقص العناصر فى النباتات، وتعتبر بديلة للمرجع السابق، ويهم منتج الخضر منها المجلد الأول (Bould وآخرون ١٩٨٣)، وهو عبارة عن الأساسيات، والمجلد الثانى (Scaife & Turner ١٩٨٣)، وهو خاص بأعراض نقص العناصر فى محاصيل الخضر. وكذلك يعتبر Van Eysinga وآخرون (١٩٨١) مرجعًا شاملاً بالصور الملونة لأعراض نقص العناصر

وزيادتها فى ثلاثة من أهم محاصيل الصوبات؛ وهى: الطماطم، والخيار، والخس.

أما Marschner (١٩٩٥) فيقدم عرضًا متقدمًا لدور العناصر المغذية فى النبات، سواء أكانت عناصر كبرى، أم صغرى، أم مفيدة. ويمكن – كذلك – الرجوع إلى White (١٩٩٧) بشأن العناصر المغذية للنبات.

وقد قدم Sams & Conway (٢٠٠٣) بيانًا مفصلاً عن تأثيرات العناصر الغذائية التى تتيسر لمحاصيل الخضر– نقصًا أو زيادة – أثناء نموها – على فسيولوجيا بعد الحصاد لتلك الخضر.