الفصل التاسع

العناصر الغذائية ، وتأثيرها على نباتات الخضر

نتناول فى هذا الفصل دراسة العناصر الغذائية ، مع الاهتمام بكيفية تأثير هذه العناصر على محاصيل الخضر ، وشرح موجز للعناصر ذاتها وتغيراتها فى التربة . كما يتضمن موضوع تسميد الخضر (الفصل الثامن عشر) احتياجات الخضروات من هذه العناصر ، وكيفية تأمينها .

والعناصر الغذائية الضرورية هى : الكربون ، والأيدروجين ، والأكسجين ، والنيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم ، والكالسيوم ، والمغنسيوم ، والكبريت ، والحديد ، والزنك ، والمنجنيز ، والنحاس ، والبورون ، والموليبدنم ، والكلور . ويحصل النبات على الكربون والأيدروجين والأكسجين من الماء وغاز ثانى أكسيد الكربون . وتشكل هذه العناصر الثلاثة مجتمعة أكثر من ٩٢٪ من البروتوبلازم الحى . ويُمتص النيتروجين أكثر من أى من العناصر الأخرى ، حيث يُشكل ١ – ٢٪ من البروتوبلازم الحى . أما الفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والكبريت ، فتمتص بكميات أقل بكثير من النيتروجين ، ويمتص النبات باقى العناصر بكميات قليلة جدًّا .

وبالإضافة إلى العناصر الضرورية ، فإن النبات يمتص أكثر من ٤٠ عنصرًا آخر يكون لها تأثير مفيد ، رغم أنها ليست من العناصر الضرورية . فمثلًا يؤدى امتصاص الكرفس للصوديوم إلى تحسن فى الطعم . ويعتبر العنصر ضروريًّا إذا توفرت فيه الشروط التالية :

١ – يؤدى غياب العنصر من بيئة نمو النبات إلى حدوث نمو غير طبيعى ، ويفشل النبات فى إكمال دورة حياته ، ويموت مبكرًا .

٢ – يجب ألا يقوم عنصر آخر بعمله فى غيابه .

٣ – يجب أن يحدث تأثيره بصورة مباشرة على نمو وميتابوليزم النبات ، وليس عن طريق تأثير غير مباشر كإحداث تأثير مضاد لعنصر آخر مثلًا (Jones ١٩٨٢) .

هذا .. ويمتص النبات العناصر المغذية على صورة أيونات . ويوضح جدول (٩ – ١) الصور التى تمتص عليها هذه العناصر (Fuller وآخرون ١٩٧٢) .

جدول (٩ - ١) : الصور التى تمتص عليها العناصر المغذية من التربة

العنصر	الأيونات الممتصة	
	كاتيونات	أنيونات
النيتروجين	ن يد$_٤^+$ NH_4^+	ن ا$_٣^-$ NO_3^-
الفوسفور		يد بو ا$_٤^{--}$ HPO_4^{--}
		يد$_٢$بو ا$_٤^-$ HPO_4^-
البوتاسيوم	بو$^+$ K^+	
الكالسيوم	كا$^{++}$ Ca^{++}	
المغنسيوم	مغ$^{++}$ Mg^{++}	
الكبريت		كب ا$_٤^{--}$ SO_4^{--}
الحديد	ح$^{++}$ Fe^{++}	
	ح$^{+++}$ Fe^{+++}	
المنجنيز	من$^{++}$ Mn^{++}	
البورون		ب ا$_٣^{---}$ BO_3^{---}
		يد ب$_٤$ ا$_٧^-$ $HB_4O_7^-$
النحاس	نح$^{++}$ Cu^{++}	
الزنك	ز$^{++}$ Zn^{++}	
الموليبدنم		يد مو ا$_٤^-$ $NMoO_4^-$
الكلور		كل$^-$ Cl^-

ويعد 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 عن التعرف على 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 . كذلك يعتبر Van Eysinga وآخرون (١٩٨١) مرجعًا شاملًا بالصور الملونة لأعراض نقص وزيادة العناصر فى ثلاثة من أهم محاصيل الصوبات ، وهى : الطماطم ، والخيار ، والخس .

٩ - ١ : الكربون والأيدروجين والأكسجين

تشكل عناصر الكربون والأيدروجين والأكسجين الهيكل الأساسى للمادة العضوية ، ويحصل عليها النبات من ماء الرى ، ومن غاز ثانى أكسيد الكربون من الجو .

٩ - ١ - ١ : الكربـــون

يعتبر ثانى أكسيد الكربون الجوى هو المصدر الوحيد لكل من الكربون والأكسجين للنباتات حسب معادلة البناء الضوئى المبسطة التالية التى يستخدم فيها نظير الأكسجين (ا$_٢^{١٨}$) فى غاز ك ا$_٢$ ، بدلًا من الأكسجين العادى .

٢ يد$_٢$ ا + ك ا$_٢^{١٨}$ $\xrightarrow[\text{كلوروفيل}]{\text{ضـــوء}}$ ا$_٢$ + (ك يد$_٢$ ا^{١٨}) + يد$_٢$ ا (Devlin ١٩٧٥) .

تبلغ نسبة كـ١م بالجو ٠,٠٣ – ٠,٠٤٪ . وبرغم هذه النسبة المنخفضة ، فإن كمية كـ ١م الموجودة بالغلاف الجوى تقدر بنحو ٦٠٠ بليون طن ، تستعمل منها النباتات نحو ٧٠ بليون طن سنويًا . وبرغم الكمية الكبيرة التى تستهلكها النباتات ، فإن نسبة كـ ١م الجوى تظل ثابتة لانطلاق الغاز بصورة دائمة ، نتيجة تنفس الكائنات الحية ، نباتية كانت أم حيوانية ، وكذلك نتيجة احتراق المواد العضوية . وتعتبر الكائنات الدقيقة التى تعيش فى التربة هى المنتج الأساسى لغاز كـ١م

هذا .. وتستفيد النباتات من زيادة نسبة كـ١م صناعيًا فى جو الصوبات (البيوت الزجاجية والبلاستيكية) إلى أن يصبح عاملًا آخر محددًا للنمو ، مثل شدة الإضاءة ، أو درجة الحرارة . وللتفاصيل الخاصة بهذا الموضوع يراجع الفصل الثالث والعشرون .

٩ – ١ – ٢ : الأيدروجين

يحصل النبات على حاجته من الأيدروجين من ماء الرى . أما الأكسجين الموجود فى الماء ، فإنه ينطلق إلى الجو أثناء عملية البناء الضوئى .

٩ – ١ – ٣ : الأكسجين

كما سبق الذكر .. فإن النبات يحصل على حاجته من الكربون والأكسجين من غاز ثانى أكسيد الكربون . وقد أوضحت الدراسات التى استخدم فيها الماء المحتوى على النظير O^{18} – وهو ليس بنظير مشع – أن كل الأكسجين المنتج أثناء عملية البناء الضوئى يأتى من الماء ، وأن الأكسجين الذى يدخل فى بناء المواد العضوية يحصل عليه النبات من غاز كـ ١م الجوى .

هذا .. وتحصل الجذور على حاجتها من الأكسجين اللازم للتنفس عن طريق العديسات lenticels .

٩ – ٢ : النيتروجين

٩ – ٢ – ١ : أهمية النيتروجين للنبات

يدخل النيتروجين فى تركيب البروتين الذى يعتبر المركب الأساسى فى البروتوبلازم ، كما يدخل فى تركيب الإنزيمات ، وكلوروفيل ا ، ب ، وبعض الأحماض فى النواة ، وبعض الهرمونات . ومن أهم المركبات التى يدخل النيتروجين فى تركيبها : البيورين purines ، والبريميدين Pyrimidines ، وهما من المركبات الأساسية فى الأحماض النووية RNA و DNA كما يدخل فى تركيب البورفرين Porphyrin الذى يوجد فى الكلوروفيل ، وفى إنزيمات السيتوكروم ، وهما ضروريان للتمثيل الضوئى والتنفس على التوالى . كما يدخل النيتروجين أيضًا فى تركيب مرافقات الإنزيمات الضرورية للعديد من الإنزيمات.هذا .. ويعمل النيتروجين الوفير على تشجيع النمو النشط ، وهى صفة مرغوبة فى الخضر الورقية .

٩ – ٢ – ٢ : أعراض نقص النيتروجين

تختلف أعراض نقص النيتروجين فى نباتات الفلقة الواحدة ، عنه فى نباتات الفلقتين ، حيث يتميز نقص النيتروجين فى ذوات الفلقة الواحدة باصفرار وسط نصل الورقة ، مع بقاء الحواف خضراء ،

أما فى النباتات ذات الفلقتين ، فإن الورقة تصبح متجانسة بلون أخضر مصفر ، وتظهر الأعراض فى كليهما على الأوراق السفلى أولًا ؛ فتصبح الأوراق خضراء باهتة ، ثم يتحول لونها إلى الأصفر ، ويكون نمو النبات بطيئًا ومتقزمًا ، كما يكون حجم الأعضاء النباتية الأخرى أقل من الحجم الطبيعى ؛ ويصبح النبات متخشبًا (Lorenz & Maynard ١٩٨٠) .

ولا تظهر أعراض نقص النيتروجين على الأوراق الحديثة إلّا بعد فترة من ظهور أعراض نقص العنصر على الأوراق المسنة ، لأن النيتروجين على درجة عالية من القدرة على الحركة بالنبات . فالأوراق الصغيرة تحتفظ بالنيتروجين الذى يصلها ، بالإضافة إلى أن جزءًا من النيتروجين ينتقل إليها من الأوراق المسنة . وفى حالات النقص الشديد تجف الأوراق السفلى وتسقط ، وتأخذ الأوراق العليا لونًا أصفر شاحبًا .

وقد يصاحب نقص النيتروجين فى بعض النباتات إنتاج النبات لصبغات أخرى غير الكلوروفيل ، ففى الطماطم مثلًا يصاحب نقص النيتروجين ظهور لون بنفسجى فى أعناق الأوراق وبالعروق ، نتيجة تكون صبغة الأنثوسيانين . ويظهر هذا اللون أحيانًا كذلك على سيقان بعض النباتات عند نقص النيتروجين (Devlin ١٩٧٥) .

٩ - ٢ - ٣ : أعراض زيادة النيتروجين

عند زيادة النيتروجين عن الحد المناسب ، يصبح لون الأوراق أخضر داكنًا ، ويزداد محتواها من الكلوروفيل ، وتتبع ذلك زيادة فى معدل التمثيل الضوئى ، لكن نتيجة لتوفر الأزوت ، فإن الغذاء المجهز يستعمل فى بناء أنسجة جديدة ، ومن ثم يكون النمو سريعًا فى الجذور والسيقان والأوراق ، ويقل تخزين الغذاء وتكوين الألياف التى تدعم النبات ، كذلك يقل الإزهار والإثمار . ومن ثم تكون السيقان رهيفة ، وجذورها رقيقة ، والمحصول قليلًا ، سواء أكان ذلك محصول ثمار أم بذور أم فى صورة أعضاء التخزين الخضرية . ويصاحب زيادة النيتروجين تأخير النضج ، نتيجة تشجيعه للنمو الزائد ، ونقص صفات الجودة . كما قد تشجع زيادة النيتروجين عن الحد المناسب على زيادة الإصابة بالأمراض (Buckman & Brady ١٩٦٠) .

وفى حالة زيادة الأسمدة النشادرية ، وهى الأسمدة التى يوجد فيها النيتروجين فى صورة أمونيا (ن يد٤$^{+}$) فإنه قد تظهر أعراض التسمم النباتى بالأمونيا . وتختلف الأنواع النباتية فى درجة تحملها لزيادة تركيز أيون الأمونيوم . وفى معظم النباتات يؤدى التعرض للتركيزات العالية من الأمونيوم إلى حدوث اصفرار بالأوراق ، وتوقف بالنمو ، وظهور بقع متحللة فى الأوراق ، وفى بعض الأحيان تموت الأوراق والأنسجة المصابة . ففى الطماطم لوحظ ظهور بقع بالساق والأوراق ، كما لم تنبت بذور الخيار فى التركيزات العالية من الأمونيوم . ومن النباتات الحساسة الأخرى : الفاصوليا ، والذرة السكرية ، والبسلة .

هذا .. وتوجد الأمونيا الحرة طبيعيًّا فى الخلايا النباتية تحت الظروف العادية ، ولكن مع زيادة كمية السماد الأمونيومى يتأثر ميتابوليزم النبات ، حيث يستنفذ النبات مخزون المواد الكربوهيدراتية ليحول أيونات الأمونيا الحرة إلى صور غير سامة على حساب التحولات الحيوية الأخرى (Mills & Jones ١٩٧٩) .

هذا .. وتمتص النباتات النيتروجين فى صورتيه : النتراتية والأمونيومية ، ولكن يحدث الامتصاص فى محاصيل الخضر غالبًا فى الصورة النتراتية . فتحت الظروف المناسبة لنمو الخضروات يكون التحول سريعًا من الصورة الأمونيومية إلى الصورة النتراتية ، وبالتالى يحدث معظم الامتصاص على الصورة الأخيرة .

٩ – ٢ – ٤ : تيسر النيتروجين فى التربة

يكثر النيتروجين فى الطبقات العليا ، ويقل كلما تعمقنا فى التربة ، ذلك لأن المادة العضوية تكثر فى الطبقات العليا من التربة . ويتوفر النيتروجين بين pH ٦ – ٨ ، ويقل نسبيًّا فى pH ٥ – ٦ ، ٨ – ٩ ، ويصبح النقص شديدًا فى pH أقل من ٥ ، أو أعلى من ٩ ، ويكثر ظهور أعراض نقص النيتروجين فى الأراضى الفقيرة فى المادة العضوية .

٩ – ٢ – ٥ : الفقد فى النيتروجين بالتربة

يعتبر النيتروجين من أكثر العناصر الغذائية عرضة للفقد بالرشح من التربة ، خاصة فى المناطق التى تكثر فيها الأمطار . ويفقد النيتروجين فى صورة نترات بسرعة كبيرة لذوبانها فى الماء وفقدها فى ماء الصرف . أما النيتروجين الأمونيومى ، فيدمص على سطح حبيبات الطين ، ويقاوم الفقد بالرشح ، ولكن مع مرور الوقت يتحول النيتروجين فى التربة من الصورة الأمونيومية إلى الصورة النتراتية بفعل الكائنات الحية الدقيقة ، وبالتالى يتعرض للفقد بالرشح ، وتزداد سرعة هذا التحول مع ارتفاع درجة الحرارة ، وتوفر الرطوبة الأرضية ، والتهوية المناسبة .

ومن المعتقد أن النباتات تستفيد من نحو ٥٠٪ من السماد الأزوتى المضاف تحت معظم الظروف ، وأن معظم الفقد يحدث بعد تحول الأزوت فى التربة من الصورة الأمونيومية إلى الصورة النتراتية .

٩ – ٢ – ٦ : تثبيت أزوت الهواء الجوى بواسطة بكتريا العقد الجذرية

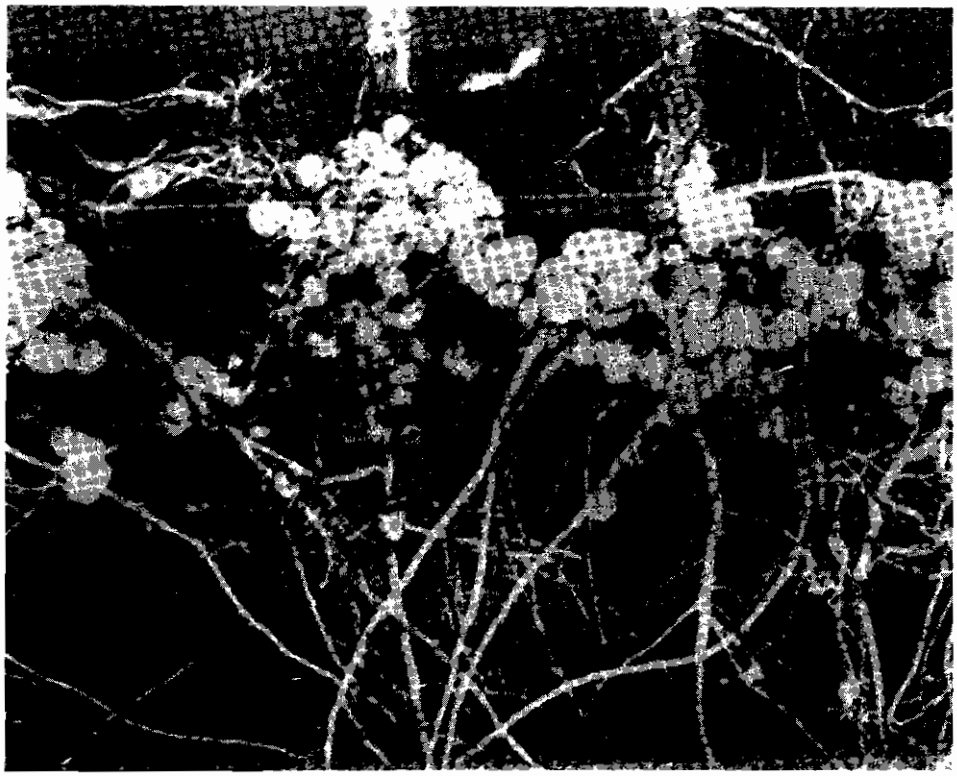
تعيش بكتريا تثبيت أزوت الهواء الجوى فى العقد الجذرية للبقوليات ، وهى تتبع الجنس ريزوبيم **Rhizobium** الذى يوجد منه نحو ١٨ نوعًا تتخصص على البقوليات المختلفة ، وقد يتعايش أكثر من نوع من هذه البكتريا مع محصول بقولى واحد . وفى هذه الحالة نجد اختلافًا فيما بينهم فى درجة كفاءة تثبيت أزوت الهواء الجوى .

وفيما يلى أنواع البكتريا المتخصصة على محاصيل الخضر البقولية :

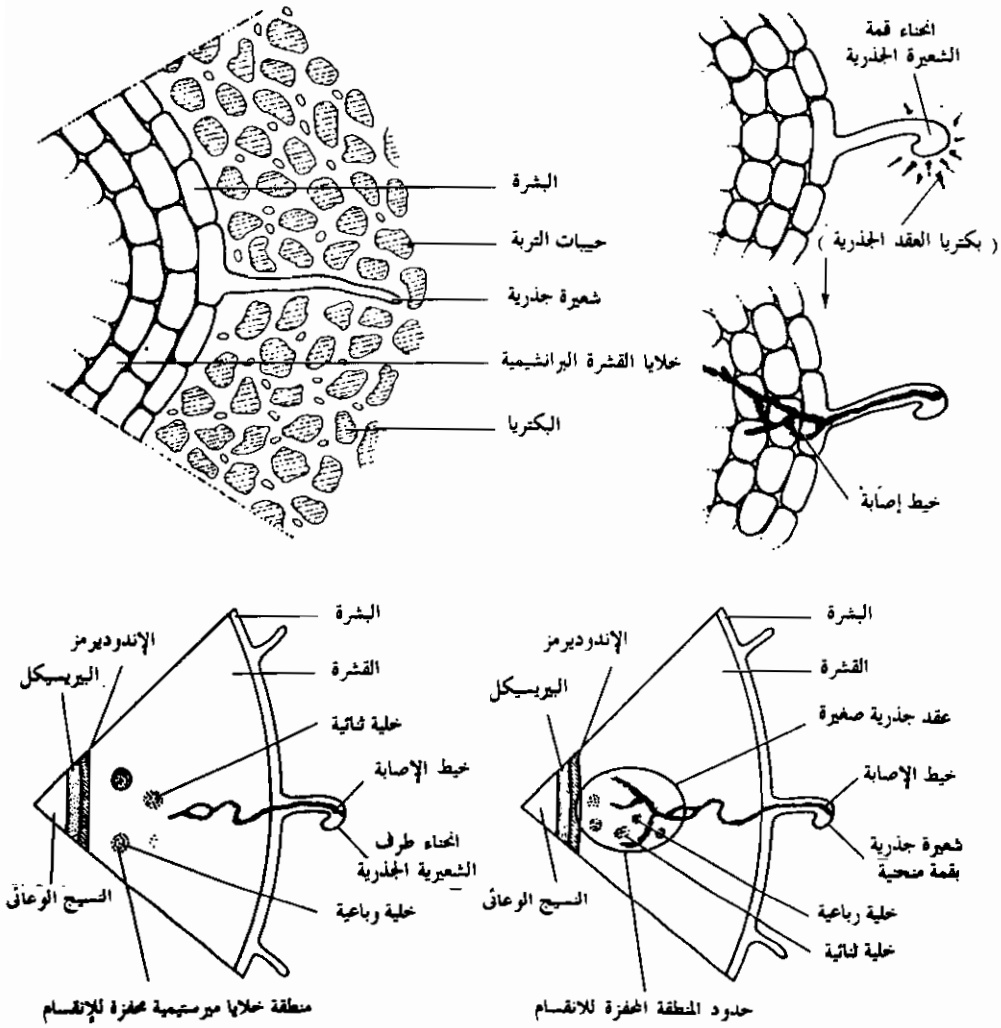
البكتريـــا	البقوليات التى تتخصص عليها
Rhizobium leguminosarum	البسلة
R. phaseoli	الفاصوليـــا العادية
R. japonicum	فول الصـــويا
نوع لم يحدد اسمه	اللوبيا وفاصوليا الليما

(عن Tisdale & Nelson ١٩٧٥)

ويختلف عدد العقد بالنبات الواحد من عدد قليل إلى ألف عقدة أو أكثر ، كما تختلف فى توزيعها على المجموع الجذرى وفى حجمها حسب النوع النباتى (شكل ٩ – ١) . وتستطيع بكتريا العقد الجذرية أن تعيش فى التربة فى غياب العائل مدة ١٠ – ٢٠ سنة ، ولكن زراعة العائل من آن لآخر تعمل على زيادة نشاطها . وتتراكم هذه البكتريا قريبًا من جذور النباتات البقولية ، وغالبًا ما يرجع ذلك إلى إفرازات خاصة من الجذور . هذا .. ويزداد تكون العقد تحت الظروف المناسبة للنمو الجيد للعائل . ويوضح شكل (٩ – ٢) طريقة اختراق البكتريا للشعيرات الجذرية بالبقوليات . ويلاحظ بالشكل أن الشعيرة الجذرية التى تخترقها البكتريا تنحنى عند القمة ، ويعقب ذلك تكون خيط إصابة infection thread ، ثم تظهر العقدة فى النهاية . (Millar وآخرون ١٩٦٥ ، Devlin ١٩٧٥ ، Smartt ١٩٧٦) . وتتراوح كمية النيتروجين التى تثبتها هذه البكتريا فى الجذور من ٢٢ – ٤٥ كيلو جرام بكل فدان سنويًا (مرسى والمربع ١٩٦٠) .



شكل ٩ – ١ : العقد الجذرية المحتوية على بكتريا تثبيت آزوت الهواء الجوى من جنس Rhizobium بجذور نبات فول الصويا (عن Galston ١٩٦٤) .



شكل ٩ – ٢ : طريقة إختراق بكتريا الجنس Rhizobium للشعيرات الجذرية بالبقوليات ، ثم تكوين العقد الجذرية root nodules (عن Devlin ١٩٧٥) .

تلقيح بذور البقوليات ببكتريا العقد الجذرية

نظرًا لأن العقد الجذرية لا تتكون عند زراعة محصول بقولى فى أرض لم تسبق زراعتها بهذا المحصول ، لذا يجب تلقيح التربة بالبكتريا المناسبة لهذا المحصول . ويتم ذلك إما بإضافة كمية من التربة المحتوية على نوع البكتريا المناسب إلى الحقل المراد زراعته بمعدل ٥ – ١٠ م٣/ للفدان ، إلّا أن هذه العملية شاقة ؛ أو يتم بواسطة تلقيح بذور المحصول البقولى بالبكتريا المناسبة ، وتلك طريقة أسهل بكثير ومضمونة النجاح إذا أُجريت بالشروط اللازمة ، وهى كما يلى :

١ – أن يستخدم النوع البكتيرى المناسب للمحصول المراد زراعته ، وأن تكون المزرعة البكتيرية عالية الحيوية .

٢ – استخدام الملقح بكمية كافية ، وتخلط مزرعة البكتريا بكمية قليلة من الماء ، ثم تخلط بالبذور .

٣ – زراعة البذور مباشرة بعد تلقيحها بمزرعة البكتريا ، ولا تعرض لأشعة الشمس المباشرة .

٤ – أن تكون الزراعة فى أرض بها نسبة معتدلة من الرطوبة .

وإذا كان من الضرورى معاملة البذور بالمطهرات الفطرية قبل الزراعة ، فيجب فى هذه الحالة معاملة التربة بالمزرعة البكتيرية ، بدلًا من معاملة البذور ، ويتم ذلك بخلط المزرعة البكتيرية بتربة رطبة ، وتنثر فى الحقل أثناء الحرث ، على أن تحتوى تربة الحقل على رطوبة مناسبة (مرسى والمربع ١٩٦٠) .

٩ – ٣ : الفوسفور

٩ – ٣ – ١ : أهمية الفوسفور للنبات

يدخل الفوسفور فى تركيب الأحماض النووية ، ويلعب دورًا كبيرًا فى كثير من التفاعلات الإنزيمية . فهو يدخل فى تركيب كل الأحماض النووية ، مثل : (الـ DNA ، والـ RNA ، والـ tRNA ، والـ ribosomal RNA) ، بالإضافة إلى دخوله فى تركيب الإنزيمات اللازمة لتفاعلات الطاقة المختلفة فى عمليات التنفس والتمثيل الضوئى ، وكذلك يدخل فى تركيب المركبات الفوسفورية ذات الروابط الغنية بالطاقة (الـ ADP ، والـ ATP) وفى مرافقات الإنزيمات NADP, NAD ، وفى تركيب بعض الدهون (الـ phospholipids) . ومن ثم ، فإن الفوسفور عنصر أساسى فى النبات ، فهو يدخل فى تركيب الأحماض النووية ، ومالها من أهمية بالنسبة للكائن الحى . وأهمية الـ ADP والـ ATP فى نقل الطاقة غنية عن البيان . وأما مرافقات الإنزيمات NADP, NAD ، فلها دورها الهام فى تفاعلات الأكسدة والاختزال ، ويعتمد عليها فى التفاعلات الحيوية الهامة فى التمثيل الضوئى ، والتنفس ، والـ glycolysis ، وفى تمثيل الأحماض الدهنية وغيرها . أما الـ phospholipids ، فمن المعتقد أنها مع البروتين تشكل جزءًا هامًا من الأغشية الخلوية .

ويوجد الفوسفور بتركيزات عالية فى المناطق المرستيمية التى يكون فيها النمو نشيطًا ، حيث يشترك الفوسفور فى تمثيل البروتينات النووية .

ويعمل الفوسفور على تقليل الأثر الضار لزيادة الأزوت فى التربة ، لأن وفرة الفوسفور تقلل من امتصاص النيتروجين غير العضوى ، وهو يبكر فى النضج ، وبذلك فهو يضاد التأثير الضار لزيادة عنصر الأزوت الذى يؤدى إلى اتجاه النبات نحو النمو الخضرى . هذا .. ويشجع الفوسفور على نمو الجذور ، خاصة الجذور العرضية والليفية . ويتراكم جزء كبير من الفوسفور الذى يمتصه النبات فى البذور والثمار (Meyer وآخرون ١٩٦٠ ، استينو وآخرون ١٩٦٣) .

ويمكن الرجوع إلى الندوة العلمية لجمعية علوم البساتين الأمريكية (Amer. Soc. Hort. Sci. ١٩٦٩) للتفاصيل الخاصة بأهمية الفوسفور لنمو النبات ، ودورة البيولوجى ، وطريقة امتصاصه وتحركه فى النبات .

٩ - ٣ - ٢ : أعراض نقص الفوسفور

تختلف أعراض نقص الفوسفور فى النباتات ذات الفلقة الواحدة ، عنها فى النباتات ذات الفلقتين . ففى نباتات الفلقة الواحدة يؤدى نقص العنصر إلى ظهور لون أحمر أو أرجوانى فى مناطق مختلفة من الورقة فى مرحلة النمو الخضرى . أما فى ذوات الفلقتين ، فإن العروق الرئيسية للأوراق المسنة تأخذ لونًا أحمر أو أرجوانيًا ، بينما تبقى الأوراق الحديثة بلون أخضر داكن أو أخضر رمادى . ويزداد اللون الأرجوانى على عروق الأوراق وعلى السيقان ، وبخاصة على الناحية السفلية للأوراق . ونظرًا لأن الفوسفور يتحرك بسهولة فى النبات highly mobile ، فإن الأعراض تظهر على الأوراق السفلية المسنة أولًا ، لأن الأوراق الحديثة تسحب احتياجاتها من الفوسفور ، حتى ولو تطلب الأمر تحرك العنصر من الأوراق المسنة إلى الأوراق الحديثة . ويكون تحرك العنصر فى صورة أيون الفوسفات .

وبصفة عامة .. يكون نمو النباتات التى تعانى من نقص الفوسفور بطيئًا ، وسيقانها رفيعة ومتليفة ، وتتأخر فى النضج . وقد تسقط البراعم الزهرية والأزهار ، وتكون الثمار صغيرة الحجم .

هذا .. ويرجع ظهور اللون الأرجوانى عند نقص الفوسفور إلى أن نقص العنصر يؤدى إلى نقص تمثيل البروتين ، وذلك يعنى تراكم تركيزات مرتفعة من السكريات بالأوراق ، وهذه تتوفر لتمثيل صبغة الأنثوسيانين .

٩ - ٣ - ٣ : أعراض زيادة الفوسفور

تؤدى زيادة الفوسفور فى التربة إلى زيادة امتصاصه على حساب عنصرى الزنك والحديد ، الأمر الذى يؤدى إلى ظهور أعراض نقصهما على النباتات . ويحدث ذلك بصورة واضحة فى كل من الفاصوليا ، والذرة السكرية (Wittwer ١٩٦٩) .

كما أن زيادة الفوسفور فى الأوقات التى تسودها درجات الحرارة المرتفعة قد تؤدى إلى نقص كمية المحصول ، ويعزى ذلك إلى أن ارتفاع درجة الحرارة وازدياد الفوسفور يسرعان من نضج النبات ، مما ينشأ عنه نقص فى النمو الخضرى الضرورى لإنتاج محصول وافر . وتلاحظ هذه الظاهرة أحيانًا فى الأراضى الرملية (مرسى وآخرون ١٩٥٩) .

٩ - ٣ - ٤ : الصور التى يمتص عليها الفوسفور

يمتص النبات عنصر الفوسفور فى صورة أيونات الفوسفات فقط ، وهى تكون فى إحدى الصور التالية :

$H_2PO_4^-$ (يدـ٢ فو ا٤) dihydrogen phosphate

HPO_4^{--} (يد فو ا٤ ـــ) monohydrogen phosphate

PO_4^{---} (فو ا٤ ـــــ) phosphate

والصورة الأولى (H_2Po_4) هى أكثر الصور امتصاصًا ، لأنها أكثرهم ذوبانًا ، ولكن يتوقف مدى توفر هذه أو تلك على pH التربة . ويتوفر الفوسفور فى صورة H_2Po_4 ، خاصة فى pH من ٥,٥ - ٦,٥ .

٩ - ٣ - ٥ : تيسر الفوسفور فى التربة

يتوفر الفوسفور فى التربة بين pH ٦,٥ - ٧,٥ ، ويقل نسبيًّا فى pH ٦ - ٦,٥ ، ٧,٥ - ٨ ويصبح النقص خطيرًا فى الأراضى التى يقل فيها الـ pH عن ٦ ، ولكنه يتوفر مرة أخرى فى الأراضى التى يزيد فيها الـ pH عن ٨,٥ . ويرجع نقص الفوسفور فى الأراضى الحامضية إلى تكوين فوسفات الألمونيوم ، وفوسفات الحديد ، وكلاهما غير قابل للذوبان . أما فى الأراضى القلوية ، فيتكون فوسفات الكالسيوم الثلاثى ، وهو أيضًا غير قابل للذوبان .

ويتوفر الفوسفور فى الأراضى التى تكون قد سمدت لعدة سنوات سابقة بغزارة بالأسمدة الفوسفورية ، إذ إن الفوسفور يثبت فى التربة بسهولة ، ولكن بعد فترة من التسميد الغزير تقل مقدرة التربة على تثبيته . وعمومًا .. فإن كمية الفوسفور المستخدمة فى التسميد تزيد كثيرًا عن حاجة النبات الفعلية من هذا العنصر ، لأن جانبًا كبيرًا من الفوسفور المضاف يثبت قبل أن يستعمله النبات .

ويوجد الفوسفور فى التربة فى صورتيه العضوية وغير العضوية . ومن الصور العضوية : الأحماض النووية ، والفوسفوليبدات والـ inositol phosphates . ويعتبر الفوسفور العضوى غير ميسر للنبات ، لأنه غير قابل للامتصاص ، ولكنه يتحلل فى النهاية إلى الصورة غير العضوية .

ومن العوامل التى تزيد من تيسر الفوسفور وتقلل تثبيته فى التربة ما يلى :

١ - تركيز الأسمدة الفوسفاتية قريبًا من النبات فى شريط ضيق ، فتزداد بذلك نسبة الفوسفور السمادى الذى يظل غير مثبت ، ويبقى ميسرًا للنبات .

٢ - استخدام الأسمدة الفوسفاتية المحببة granular ، بدلًا من المسحوقية ، نظرًا لصغر المساحة التى يتلامس فيها السماد مع حبيبات التربة فى الحالة الأولى ، فتقل فرصة تثبيت الفوسفور .

٣ - خلط الفوسفور غير العضوى مع الأسمدة العضوية ؛ فتقل بذلك فرصة تثبيته ، إذ إن الأحماض العضوية الموجودة بالأسمدة العضوية تعمل على تحويل الفوسفات من صورته الثلاثية إلى صورتيه الثنائية والأحادية ، وبذلك يزيد التسميد العضوى من تيسر الفوسفور فى الأراضى القلوية .

٤ - يتصاعد غاز ك١ من جذور النباتات أثناء تنفسها ، وكذلك نتيجة لتنفس الكائنات الدقيقة فى التربة ، ويتكون منه حامض الكربونيك الذى يعمل على تحويل الفوسفات الثلاثى إلى فوسفات ثنائى كما يلى :

$$Ca_3(PO_4)_2 + HCO_3 \longrightarrow Ca_3(H_2PO_4)_2 + CaCO_3$$

٥ - بالمحافظة على pH التربة بين ٦ - ٧ يمكن تقليل تثبيت الفوسفور إلى الحد الأدنى .

هذا .. وتجدر ملاحظة أن الفوسفور المثبت يظل مخزونًا فى التربة ، وقد يصبح ميسرًا تحت ظروف أخرى .

٩ – ٤ : البوتاسيوم

٩ – ٤ – ١ : دور البوتاسيوم فى النبات

يمتص النبات البوتاسيوم بكميات أكبر مما يمتص أى عنصر آخر . ويعتبر هو الكاتيون السائد فى النبات . ومعظم النباتات تمتص كميات من البوتاسيوم أكثر من حاجتها الفعلية للنمو وإعطاء محصول جيد . ويسمى الامتصاص الزائد للبوتاسيوم باسم الاستهلاك الترفى Luxury Consumption . ولا يدخل البوتاسيوم فى التركيب الكيمائى للنبات كالعناصر الأخرى ، فهو يتواجد كملح غير عضوى ، إلّا أنه يتواجد أيضًا كملح بوتاسيوم للأحماض العضوية .

ويبدو أن للبوتاسيوم علاقة بتمثيل الأحماض النووية فى النبات ، كما أن له أهمية كبيرة فى عملية انقسام الخلايا ، وتنظيم نفاذية الأغشية فى النبات . وقد وجد أن نقص البوتاسيوم يؤدى إلى تراكم مركبات النيتروجين الذائبة ، بينما يقل محتوى النباتات من النيتروجين ، ويعنى ذلك أن البوتاسيوم مرتبط بطريق ما بتمثيل البروتين من الأحماض الأمينية . كما وجد أن نقص البوتاسيوم يؤدى أيضًا إلى بطء عملية التمثيل الضوئى ، وزيادة التنفس ، وينظم البوتاسيوم تمثيل الكربون فى النبات .

ويلعب البوتاسيوم دورًا هامًّا فى انتقال السكريات والبروتين فى النبات ، وبالتالى فإنه يؤثر على اختزان المواد الكربوهيدراتية فى أعضاء التخزين (Buckman & Brady ١٩٦٠) .

هذا .. ولا يمكن الاستغناء عن البوتاسيوم ، أو إحلاله نهائيًّا بعنصر شبيه له بدرجة كبيرة ، كالصوديوم أو الليثيوم . ويمتص العنصر فى صورة أيون البوتاسيوم K^+ (بو$^+$) .

ويزداد تركيز البوتاسيوم فى المناطق الحديثة النشطة ، خاصة البراعم والأوراق الصغيرة والقمم النامية للجذور ، بينما يقل وجوده فى البذور والثمار الناضجة .

ينظم البوتاسيوم سمك الجدر الخلوية ، وبالتالى يؤثر على صفات النبات المرتبطة بذلك كالرقاد وخلافه . وعند نقص البوتاسيوم تكون الأنسجة الوعائية ضعيفة .

ويمكن الرجوع إلى الندوة العلمية لجمعية علوم البساتين الأمريكية (Amer Soc. Hort. Sci. ١٩٦٩) للتفاصيل الخاصة بعنصر البوتاسيوم ودوره فى النبات ، ومدى حاجة المحاصيل البستانية المختلفة منه .

٩ – ٤ – ٢ : أعراض نقص البوتاسيوم

عند نقص البوتاسيوم فى التربة ينتقل العنصر من الأوراق المسنة إلى الأوراق الحديثة ، لأنه يوجد بحالة ذائبة فى النبات ، وعليه .. تظهر أعراض نقصه فى الأوراق المسنة أولًا ، فتظهر أعراض النقص فى البداية فى صورة اصفرار خفيف على حواف الأوراق ، يتبعه تقدم الاصفرار على امتداد العروق ، ويتغير لون الحواف إلى اللون البنى الداكن . وتسمى هذه الحالة باسم انسفاع أو احتراق Scorching . وقد تأخذ حواف الأوراق لونًا برونزيًّا وتجف ، وتظهر بقع بنية متناثرة على حواف الورقة . وفى الخيار تصبح حواف الأوراق المسنة صفراء ، ولكن يبقى العرق الوسطى والعروق الأخرى بالورقة خضراء اللون . وفى الطماطم والبطاطا تصبح الأوراق خشنة الملمس ومجعدة puckered ، وتلتف حوافها لأسفل ، وتصفر ، وفى النهاية تتحول إلى اللون البنى . وفى نباتات الفلقة

الواحدة يبدأ الاصفرار من قمة الأوراق ، ويمتد لأسفل نحو الحواف ، ويظل مركز الأوراق أخضر اللون .

وعمومًا .. فإن نمو النبات الذى ينقصه البوتاسيوم يكون بطيئًا ، ولا تكون الثمرة الواحدة متجانسة فى نضجها ، كما فى حالة النضج المتبقع Blotchy Ripening فى الطماطم .

ومن أهم أعراض نقص البوتاسيوم نقص التغليظ الثانوى فى الجذور والدرنات ، مما ينتج عنه تكوين أعضاء تخزين (جذور أو درنات) رفيعة .

ويؤدى نقص البوتاسيوم إلى نقص المقدرة على التخزين ، وإلى النضج المتبقع فى الطماطم ، كما تقل نوعية البطاطس (Humbert ١٩٦٩) .

٩ – ٤ – ٣ : تيسر البوتاسيوم فى التربة

يتوفر البوتاسيوم فى التربة فى pH أكثر من ٦ ، ويقل نسبيًا فى pH ٥ – ٦ ، ويصبح النقص شديدًا فى pH أقل من ٥ .

تظهر أعراض نقص البوتاسيوم غالبًا فى الأراضى الخفيفة الرملية ، وفى أغلب الأراضى العضوية . ومعظم الأراضى تحتوى على كميات كبيرة من البوتاسيوم ، لكنه يوجد فى صورة غير قابلة للذوبان . وترتبط كمية البوتاسيوم الذائبة ارتباطًا قويًا بكمية الطين فى التربة ، حيث تحتوى الأراضى الغنية بالطين على كميات عالية من البوتاسيوم الذائب . ويرجع غنى بعض الأراضى بالبوتاسيوم إلى غنى المعدن الذى تكونت منه التربة بهذا العنصر ، وإلى عدم تسربه من التربة بالرشح فى المناطق شبه الجافة.

ويتوفر البوتاسيوم فى التربة على ثلاث صور متبادلة كالتالى :

بوتاسيوم غير متبادل ⟸⟹ بوتاسيوم متبادل ⟸⟹ بوتاسيوم فى المحلول الأرضى ، ومع امتصاص النبات للبوتاسيوم يزداد التبادل نحو الجهة اليسرى .

٩ – ٤ – ٤ : احتياجات محاصيل الخضر من البوتاسيوم

ينخفض محصول الخضروات عندما يقل محتوى التربة من البوتاسيوم عن ٩٠ كجم/فدان . وتظهر أعراض نقص البوتاسيوم عندما تكون كمية البوتاسيوم المتبادل فى التربة من ٤٥ – ٧٠ كجم/ فدان . ومعظم الخضروات ذات احتياجات عالية من البوتاسيوم . وتزداد الكمية المُزالة من العنصر بالتربة فى حالة الخضروات الورقية ، كالكرفس ، والخس ، بينما تكون الكمية المُزالة أقل ما يمكن فى حالة المحاصيل البذرية ، كالبسلة ، والفاصوليا . وتتراوح الكمية المُزالة من التربة من ٣٥ كجم/ فدان فى حالة البسلة إلى ١٦٠ كجم/ فدان فى حالة الكرفس ، ويبلغ المتوسط حوالى ٤٥ – ٧٠ كجم/ فدان (Wilcox ١٩٦٩) .

٩ - ٥ : الكالسيوم

٩ - ٥ - ١ : أهمية الكالسيوم للنبات

يلعب الكالسيوم دورًا كبيرًا فى تكوين الجدر الخلوية ، وخاصة فى تكوين الصفيحة الوسطى middle lamella ، حيث يتفاعل حمض البكتيك pectic acid مع الكالسيوم ، مكونًا بكتات الكالسيوم غير القابلة للذوبان . وتعمل بكتات الكالسيوم مع بكتات المغنسيوم على لصق سلاسل السليلوز ببعضها البعض أثناء عمل الجدر الخلوية . ولذلك .. فوجود الكالسيوم مهم فى الأنسجة السريعة النمو ، كمرستيم الساق ، والجذر ، والكامبيوم .

ويعتقد أن للكالسيوم دورًا فى تكوين الأغشية الخلوية أيضًا إذ إن ملح الكالسيوم للمادة الدهنية lecithin يدخل فى تركيب الغشاء الخلوى .كذلك يعتقد أن للكالسيوم دورًا فى الانقسام الخلوى الميتوزى ، وأنه قد يكون له دور فى تكوين المغزل ، وفى تركيب وثبات الكروموسوم ، لأن لنقص الكالسيوم علاقة بظهور بعض التراكيب الكروموسومية غير الطبيعية Chromosomal abnormalities . وللكالسيوم دور منشط لبعض الإنزيمات ، مثل : phospholipase ، و arginine kinase ، و adenosine triphosphatase وغيرهم . ويبدو أن الكالسيوم ضرورى لامتصاص النيتروجين النتراتى ، حيث تتراكم السكريات والنشويات فى النباتات النامية فى بيئة فقيرة فى الكالسيوم ، وتكون غير قادرة على امتصاص النيتروجين النتراتى ، لكن يتغير هذا الوضع بسرعة ، وتظهر النترات فى وقت قصير عند التسميد بالكالسيوم . ويتراكم معظم الكالسيوم فى النبات فى الأوراق ، ويمتصه النبات فى صورة أيون الكالسيوم Ca^{++} .

٩ - ٥ - ٢ : أعراض نقص الكالسيوم

يعد الكالسيوم من العناصر غير الذائبة فى النبات ، لذلك فإنه لا ينتقل من الأوراق المسنة إلى الأوراق الحديثة عند نقصه فى التربة ، وتظهر أعراض النقص فى الأوراق الحديثة والأنسجة المرستيمية أولًا .

وأعراض نقص العنصر هى : ظهور لون أخضر مصفر على الأوراق الحديثة ، بينما تبقى الأوراق المسنة بلون أخضر عادى ، إلّا أن حوافها تكون عادة أقل اخضرارًا من مركز الورقة . ومع استمرار نقص العنصر تظهر بقع متحللة فى الأوراق الحديثة وتلتف أطرافها لأسفل ، وأحيانًا تكون حوافها متموجة وغير منتظمة النمو ، كما يكون النبات متخشبًا ، والنمو متقزمًا ، والجذور قصيرة وسميكة ، وذلك لارتباط الكالسيوم بالانقسام الميتوزى فى النبات . ولنفس السبب تموت القمم النامية بالسيقان والأوراق والجذور ، ويتوقف النمو .

ويؤدى نقص الكالسيوم إلى ظهور العديد من الأمراض الفسيولوجية فى محاصيل الخضر ، منها : تعفن الطرف الزهرى فى الطماطم والفلفل ، والقلب الأسود فى الكرفس . (Meyer وآخرون ١٩٦٠) .

ويعالج نقص الكالسيوم بإضافة العنصر للتربة ، أو عن طريق الأوراق .. فيضاف الكالسيوم للتربة عند استخدام الجير فى رفع pH التربة ، أو عند استخدام نترات الكالسيوم أو السوبرفوسفات

كأسمدة ، ولكن يمكن أيضًا إضافة الكالسيوم رشًّا بأحد المركبين التاليين :

١ - كلوريد الكالسيوم (٣٦,١٪ كا) بتركيز ٢,٥ - ٥ كجم/ ٤٠٠ لتر ماء للفدان .

٢ - نترات الكالسيوم (٢٠٪ كا) بتركيز ٢,٥ - ٨ كجم/ ٤٠٠ لتر ماء للفدان .

٩ - ٥ - ٣ : تيسر الكالسيوم فى التربة

يتوفر الكالسيوم فى التربة فى pH أعلى من ٧ ، ويقل نسبيًّا فى pH من ٥,٥ - ٧ ، ويصبح النقص شديدًا فى pH أقل من ٥,٥ .

والكالسيوم هو الكاتيون السائد فى معظم الأراضى ، ويشكل عادة أكبر نسبة من الكاتيونات المتبادلة ، ولكنه يفقد بسهولة بالرشح ، حيث يحل الأيدروجين محله فى غرويات التربة ، ويؤدى ذلك إلى زيادة حموضة التربة . والجزء الأكبر من الكالسيوم الموجود فى التربة يوجد فى صورة غير متبادلة ، فيوجد متحدًا كيميائيًّا مع عناصر أخرى فى تركيب بعض المعادن كالأنورثيت anorthite ($Ca\ Al_2\ Si_2\ O_8$) وفى الكالسيت Calcite ($Ca\ Co_3$) فى المناطق الجافة وشبه الجافة . ويكثر فوسفات الكالسيوم الثلاثى غير القابل للذوبان فى الأراضى القلوية .

٩ - ٦ : المغنسيوم

٩ - ٦ - ١ : دور المغنسيوم فى النبات

يعد المغنسيوم عنصرًا ضروريًّا لتكوين جزىء الكلوروفيل ، حيث يدخل فى تركيب كل من كلوروفيل أ ، ب ، لذلك فهو أساسى لعملية البناء الضوئى . كما أن بكتات المغنسيوم تشترك مع بكتات الكالسيوم فى لصق ألياف السليلوز عند بناء جدر الخلايا ، لذلك فهو ضرورى لعملية انقسام الخلايا .

ويعمل المغنسيوم كعامل منشط للعديد من الإنزيمات الهامة فى تحولات التمثيل الغذائى للمواد الكربوهيدراتية . كما يعمل كمنشط للإنزيمات التى تشترك فى تمثيل الأحماض النووية DNA و RNA . ويبدو أنه يقوم بدور هام كعامل لاصق للميكروسومات microsomes التى يتم عليها تمثيل البروتين .

ويمتص العنصر فى صورة أيون المغنسيوم Mg^{++} .

٩ - ٦ - ٢ : أعراض نقص المغنسيوم

عند نقص المغنسيوم فى التربة نجد أن العنصر ينتقل من الأوراق المسنة إلى الأوراق الحديثة ، لذا تظهر أعراض نقصه على الأوراق المسنة أولًا . وفى الحالات الشديدة تظهر الأعراض على الأوراق الحديثة أيضًا .

وتكون الأعراض فى شكل تبقعات صفراء مبرقشة mottling تنتشر فى الورقة ، خاصة فى الأوراق المسنة ، كما تظهر بقع بنية على حواف وقمم الأوراق . وفى الصليبيات تأخذ الأوراق مظهرًا براقًا . وفى معظم النباتات يظهر اصفرار بين العروق فى الأوراق المسنة ، ثم يتغير لونها تدريجيًّا من الأخضر الداكن إلى الأخضر المصفر فالأصفر ، بينما تبقى العروق خضراء اللون . وتبدأ هذه الأعراض من

حواف الورقة ، ثم تتجه تدريجيًا نحو مركزها . ومع ازدياد نقص العنصر تتحول الأجزاء الصفراء إلى اللون البنى ، ثم تموت هذه الأنسجة .

وتقسم الخضروات حسب مقدرتها على تحمل نقص المغنسيوم فى التربة إلى مجموعتين كالتالى :

١ – خضروات تتحمل نقص المغنسيوم فى التربة ، ومنها : الفاصوليا ، والبنجر ، والسلق ، والخس ، والبسلة ، والفجل ، والبطاطا ، وفول الصويا .

٢ – خضروات لا تتحمل نقص المغنسيوم فى التربة ، ومنها : الكرنب ، والذرة السكرية ، والخيار ، والباذنجان ، والقاوون ، والفلفل ، والبطاطس ، والقرع العسلى ، والروتاباجا ، والطماطم ، والبطيخ .

٩ – ٦ – ٣ : تيسر المغنسيوم فى التربة

يتوفر المغنسيوم فى مدى pH من ٧ – ٨,٥ ، ويقل قليلًا فى الأراضى الأكثر قلوية من ذلك ، كما يقل نسبيًا فى مدى pH من ٥,٥ – ٧ ، ويصبح النقص شديدًا فى الأراضى التى يقل فيها الـ pH عن ٥,٥ .

وأفقر الأراضى فى المغنسيوم هى الرملية الخفيفة ، ولكن تظهر أعراض نقص العنصر أيضًا فى الأراضى الشديدة الحموضة ، بغض النظر عن قوامها .

يوجد المغنسيوم فى التربة فى صورة مثبتة ، وفى صورة ذائبة فى الماء ، وفى صورة متبادلة . وتقل كميته فى التربة كثيرًا عن الكالسيوم ، سواء بالنسبة للصور المثبتة ، أم الذائبة أم المتبادلة .

ويؤدى التسميد البوتاسى الغزير إلى نقص امتصاص النبات للمغنسيوم ، وتظهر أعراض نقصه ، ولكن إضافة الجير للأراضى الحامضية تؤدى غالبًا إلى زيادة المغنسيوم الميسر للامتصاص بها . كذلك فإن زيادة الكالسيوم فى المزارع المائية تؤدى إلى ظهور أعراض نقص المغنسيوم .

ويعالج نقص المغنسيوم فى التربة بالتسميد بإحدى الطرق التالية :

١ – إضافة الحجر الجيرى الدولوميتى (كربونات الكالسيوم والمغنسيوم) dolomitic limestone (فى الأراضى الحامضية) بمعدل ١٠ – ١٥ كجم من المغنسيوم (Mg) أو ١٨ – ٢٥ كجم من أكسيد المغنسيوم (MgO) للفدان .

٢ – إضافة كبريتات المغنسيوم Epson Salt ($MgSo_4 . 7H_2o$) المحتوية على ٩,٨٪ مغنسيوم ، بمعدل ٧٠ – ٩٠ كجم للفدان .

٣ – الرش بكبريتات المغنسيوم بمعدل ٥ – ٧ كجم/ ٤٠٠ لتر ماء للفدان .

٤ – الرش بنترات المغنسيوم .

٩ - ٧ : الكبريت

٩ - ٧ - ١ : دور الكبريت فى النبات

يدخل الكبريت فى تركيب ثلاثة أحماض أمينية أساسية هى : السيستين cysteine ، والسيستاين Cystine ، والميثايونين methionine ، كما يدخل فى تركيب الثيامين thiamin (فيتامين ب١) ، وهو مرافق إنزيمى ضرورى فى عملية التنفس . ويوجد الكبريت أيضًا فى تركيب الفيتامين بيوتين biotin ، وفى المرافق الإنزيمى Coenzyme A .

والكبريت عنصر أساسى فى تركيب بعض المواد الطيارة التى تعطى الطعم والنكهة المميزتين لبعض الخضروات ، مثل : البصل ، والثوم ، والصليبيات .

هذا .. ويمتص الكبريت فى صورة أيون الكبريتات SO_4^{--} فقط .

٩ - ٧ - ٢ : أعراض نقص الكبريت

نادرًا ما تظهر أعراض نقص الكبريت لتوفره فى الأسمدة المختلفة ، فضلًا عن أن العنصر نفسه يستعمل فى مكافحة الكثير من الأمراض الفطرية . وتتشابه أعراض نقص الكبريت مع أعراض نقص الأزوت ، إلّا أن الأعراض تظهر على الأوراق الحديثة أولًا . أما الأزوت ، فتظهر أعراض نقصه على الأوراق الكبيرة أولًا . ويرجع ذلك إلى أن الكبريت لا ينتقل فى النبات بسرعة .

وتتميز أعراض نقص الكبريت باصفرار الأوراق الحديثة . ويكون الاصفرار أكثر وضوحًا فى العروق ، عنه بين العروق ، وذلك عكس الحالة فى كل من أعراض نقص المغنسيوم ، والمنجنيز ، والحديد .

٩ - ٧ - ٣ : تيسر الكبريت فى التربة

يتيسر الكبريت فى الأراضى التى يزيد فيها الـ pH عن ٦ ، ويقل نسبيًّا فى pH ٥ - ٦ ، ويصبح النقص شديدًا فى pH أقل من ٥ . فأيون الكبريتات - مثله مثل أيون الفوسفات - يدمص بقلة على غرويات التربة . ويزداد ادمصاصه مع انخفاض pH التربة .

ومن المعتقد أنه يحل محل أيون الأيدروكسيل على حبيبات الطين . وتسمى تلك الظاهرة بظاهرة التبادل الأنيونى anion exhchange ، وعليه .. فإن عملية إضافة الجير التى تزيد من قلوية التربة تقلل ادمصاص هذا العنصر .

وأهم مصادر الكبريت للنبات هو ما يوجد فى المادة العضوية ، وفى الهواء الجوى (حيث يسقط مع ماء المطر) ، بالإضافة إلى ما يوجد فى الأسمدة الكيمائية المضافة .

ويوجد الكبريت فى المادة العضوية فى صورة مواد بروتينية . ولكى يستطيع النبات استعماله يجب أن يتحول إلى أيون كبريتات أولًا . وتقوم الكائنات الدقيقة فى التربة بذلك ، حيث تحول المادة العضوية المحتوية على الكبريت إلى مركبات عديدة ، منها الـ hydrogen sulfide (H_2S) الذى يتأكسد ، معطيًا حامض الكبريتيك الذى يتفاعل بدوره مع معادن التربة فى المحلول الأرضى ، مكونًا أملاح الكبريتات .

أما الكبريت الموجود فى الهواء ، فإنه ينتج عن احتراق الفحم ، كما يوجد فى الأبخرة المتصاعدة من العديد من المصانع ، ويصل إلى الأرض بعد ذوبانه فى ماء المطر ، ثم يتأكسد إلى SO_4 ، ثم إلى SO_3 الذى يتفاعل مع الماء ، معطيًا حامض الكبريتيك الذى يتفاعل بدوره مع معادن التربة ، مكونًا أملاح الكبريتات . وفى المناطق الصناعية تصل إلى التربة كميات كبيرة من الكبريت بهذه الطريقة .

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 .

٩ - ٨ : الحديد

٩ - ٨ - ١ : دور الحديد فى النبات

يعتبر الحديد عنصرًا أساسيًّا لتكوين جزىء الكلوروفيل ، رغم 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 العديد من الإنزيمات اللازمة فى عملية التنفس ، ومن أمثلتها : الكاتاليز ، والبيروكسيديز ، وأكسيديز السيتوكروم ، والسيتوكروم ، بالإضافة إلى دخول الحديد فى تركيب جزىء صبغة الهيم heme ، وهى الصبغة الضرورية فى المراحل الأخيرة من التنفس .

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

٩ - ٨ - ٢ : أعراض نقص الحديد

يعتبر الحديد من أقل العناصر قدرة على التحرك داخل النبات ، لذلك تظهر أعرض نقصه على الأوراق الحديثة ، بينما تظل الأوراق المسنة خضراء وذات محتوى عال 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 جدًّا فى حالات النقص الشديدة . ومع استمرار نقص العنصر يتحول لون الأنسجة بين العروق إلى اللون الأبيض العاجى ، بينما تظل العروق خضراء اللون .

٩ - ٨ - ٣ : تيسر الحديد فى التربة

يتوفر الحديد فى الأراضى التى يقل فيها الـ pH عن ٦ ، ويقل نسبيًّا 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 .

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 ، عنه فى الأراضى الطينية ، لأن الأراضى الرملية أقل قدرة على تثبيت الفوسفات من الأراضى الطينية .

والحديد من العناصر التى تتوفر فى التربة بكميات كبيرة ، إلّا أن ذلك يكون فى الصور غير القابلة للذوبان . ونسبة الذائب أو المتبادل منخفضة جدًّا فى التربة ، خاصة فى الأراضى المتعادلة والقلوية .

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 (٢٠٪ حديد $Fe\ SO_4.\ 7\ H_2O$) ، بمعدل ٥ – ١٠ كجم/فدان للتربة ، أو رشًّا 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 ، ورشًّا 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 (أنظر الفصل الثامن عشر) .

٩ – ٩ : النحاس

٩ – ٩ – ١ : 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 واللاكيّز laccase . ويعتبر النحاس عنصرًا ضروريًّا لتكوين الكلوروفيل فى النبات ، وربما يكون له دور فى عملية التمثيل 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 . ويمتص النبات العنصر فى صورته الأيونية .

٩ – ٩ – ٢ : أعراض نقص النحاس

يصاحب نقص عنصر النحاس ظهور لون أصفر شاحب وباهت بالأوراق ، يعقبه فقدان اللون الأخضر كلية فى قمة الأوراق . وتظهر الأعراض – كاحتراق واسمرار (إنسفاع) Scalding – خاصة فى الأيام الحارة . هذا .. وتكون الأوراق مرتخية ، والنمو بطيئًا . وفى البصل يصاحب نقص العنصر بهتان لون حراشيف الأبصال .

وأكثر الخضر حساسية لنقص النحاس هى : البنجر ، والجزر ، والخس ، والبصل ، والسبانخ ، وهى الخضر التى تستجيب بدرجة عالية للتسميد بالنحاس .

٩ – ٩ – ٣ : تيسر النحاس فى التربة

يتوفر النحاس فى الأراضى التى يقل فيها الـ pH عن ٧ ، ويقل نسبيًا فى pH ٧ – ٨ ، ويصبح النقص شديدًا فى pH أعلى من ٨ .

وتظهر أعراض نقص العنصر غالبًا فى الأراضى الغنية بالمادة العضوية . ومن المعتقد أن النحاس يتحول بفعل المادة العضوية إلى صورة غير قابلة للذوبان ، إذ إنه يثبت فى الأراضى العضوية بواسطة بعض كائنات التربة الدقيقة . كذلك تظهر أعراض نقص العنصر فى الأراضى الحامضية (pH أقل من ٥,٥) والرملية .

ويوجد النحاس بكميات كبيرة مثبتًا فى صخور التربة ، ولا يوجد منه سوى القليل جدًا ذائبًا فى المحلول الأرضى . ويقدر تركيزه فى الأراضى العادية بـ ٠,٠١ جزء فى المليون بالمحلول الأرضى . ويدمص أيون النحاس (نح$^{++}$) بشدة على غرويات التربة ، كما قد تدمص أيضًا الكاتيونات ذات الشحنة الواحدة ، مثل : نح أ يد$^{+}$ ، نح كل$^{+}$. وبالإضافة إلى ذلك .. يوجد النحاس فى المادة العضوية فى التربة ، كما قد يتحد معها ، مكونًا مركبات معقدة غير متبادلة .

ويعالج نقص النحاس فى التربة بإحدى المعاملتين التاليتين :

١ – كبريتات النحاس ($Cu\ So_4 . 5H_2O$ – نح ٢٥,٥٪) ، بمعدل ١١ – ٢٢ كجم/ فدان للتربة ، أو رشًا بتركيز ٠,٩ – ٢,٢٥ كجم/ ٤٠٠ لتر ماء .

٢ – أكسيد النحاس (يحوى ٧٩,٦٪ نح – CuO) ، بمعدل ٣,٥ – ٧ كجم/ فدان للتربة ، ولا يستعمل رشًا لقلة مقدرته على الذوبان .

وغالبًا ما يكفى التسميد به مرة واحدة لسد النقص فى التربة لعدة سنوات .

٩ – ١٠ : الزنك

٩ – ١٠ – ١ : دور الزنك فى النبات

يعد الزنك عنصرًا ضروريًا لتكوين التربتوفان tryptophane ، وهو الحامض الأمينى الذى يتكون منه إندول حامض الخليك IAA ، كما يدخل الزنك فى تركيب كل من : glyco-glycine dipeptidases الضرورية فى تمثيل البروتينات ، والـ dehydrogenases الضرورية للـ glycolysis فى المراحل النهائية من التنفس ، كما أن الزنك ضرورى لتكوين جزىء الكلوروفيل . ويمتص النبات الزنك فى صورة أيون العنصر .

٩ – ١٠ – ٢ : أعراض نقص الزنك

تظهر أعراض نقص الزنك على الأوراق الحديثة أولًا ، حيث يؤدى نقصه إلى ظهور لون مصفر بين العروق فى الورقة ، وتظل العروق خضراء ، وتكون الأوراق صغيرة ، وضيقة ، ومبرقشة ومشوهة ، وغير منتظمة الشكل ، وملتوية ، ومتزاحمة على أفرع قصيرة ، فتأخذ شكلًا متوردًا

rosette . كذلك تصبح السلاميات قصيرة ، ويبدو النبات متقزمًا فى حالات النقص الشديدة ، ولذلك علاقة بتمثيل الأوكسين IAA .

وعمومًا .. تختلف أعراض نقص الزنك من محصول لآخر . ففى النباتات المعمرة تموت الأفرع التى تظهر بها أعراض النقص من القمة نحو القاعدة dieback ، ويقل محصول البذور ، ولذلك أهمية كبيرة فى البقوليات ، كما يظهر لون بنى محمر على الأوراق الفلقية فى الفاصوليا . وفى البنجر يظهر لون أصفر بين العروق ، وتحترق حواف الأوراق . وفى الذرة السكرية تظهر خطوط خضراء وصفراء عريضة عند قواعد الأوراق ، وتتأخر الحريرة فى الظهور ، ويصاحب ذلك عدم امتلاء الكيزان جيدًا .

وأكثر الخضروات استجابة للتسميد بالزنك هى : الذرة السكرية ، والفاصوليا ، وفاصوليا الليما .

٩ – ١٠ – ٣ : تيسر الزنك فى التربة

يتوفر الزنك فى الأراضى التى يقل فيها pH عن ٧ ، ويقل نسبيًا فى pH من ٧ – ٨ ، ويكون النقص شديدًا عند زيادة pH التربة عن ٨ .

هذا .. ويثبت الزنك بسهولة بواسطة غرويات التربة . وتركيز العنصر فى المحلول الأرضى منخفض جدًا . ويقل التركيز بزيادة pH التربة . والمدى المناسب لتركيز الزنك فى المحلول الأرضى هو ١ – ١٠ جزء فى المليون ، وأفضل تركيز ٥ جزء فى المليون . وقد يثبت الزنك بواسطة بعض الكائنات الحية الدقيقة فى التربة .

ويعالج نقص الزنك بالتسميد بأحد المركبات التالية :

١ – كبريتات الزنك Zinc sulphate (تحتوى على ٧٪ زنك ، وتركيبها $Zn\ SO_4 . ?H_2O$) ، بمعدل ٤,٥ – ١٨ كجم/ فدان للتربة ، أو رشًا بتركيز ٩, – ١,٨ كجم/ ٤٠٠ لتر ماء .

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

٩ – ١١ : المنجنيز

٩ – ١١ – ١ : دور المنجنيز فى النبات

يعد المنجنيز عنصرًا ضروريًا لتكوين الكلوروفيل رغم أنه لا يدخل فى تركيب جزىء الكلوروفيل . ويدخل مثل الحديد فى تركيب العديد 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 : مغ++ ، وكو++ ، و ز++ ، و ح++ محل كاتيون المنجنيز ، خاصة المغنسيوم الذى يحل غالبًا محل المنجنيز ، ولكن المنجنيز ضرورى وأساسى لعمل إنزيمات أخرى كثيرة ، مثل :

إنزيمات malic dehydrogenase ، و oxalsuccinic dehydrogenase ، وكلاهما من إنزيمات دورة كربس Krebs . ويمكن أن يحل الكوبالت جزئيًا 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 . ويمتص المنجنيز فى صورة أيون العنصر .

٩ - ١١ - ٢ : أعراض نقص المنجنيز

يعتبر المنجنيز من العناصر القليلة التحرك نسبيًا فى النبات ؛ لذلك تظهر أعراض نقصه على الأوراق الحديثة أولًا . وتتشابه أعراض نقص المنجنيز مع أعراض نقص المغنسيوم ، فيما عدا أن الاصفرار يحدث على الأوراق الحديثة أولًا فى حالة نقص المنجنيز ، بينما يظهر على الأوراق المسنة أولًا فى حالة نقص المغنسيوم . وتتميز الأعراض باصفرار الأنسجة بين العروق فى الورقة ، وتظهر بقع ميتة متحللة صغيرة على امتداد وسط الورقة ، وتظل العروق خضراء دائمًا . 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 الخضروات احتياجًا للتسميد بالمنجنيز هى : الفاصوليا ، والخس ، والبصل ، والبسلة ، والبطاطس ، والفجل ، والسبانخ ، والطماطم ، والبنجر . وتحت الظروف المصرية تظهر أعراض نقص العنصر بوضوح على الفاصوليا .

٩ - ١١ - ٣ : 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 جدًا فى تغذية النبات ، لأن تركيز العنصر فى المحلول الأرضى منخفض للغاية . وبالإضافة إلى ذلك .. فإن المنجنيز يوجد بحالة مثبتة فى التربة فى الصورتين الثلاثية والرباعية الشحنة ، وبدرجة قليلة نسبيًا فى صورته الثنائية الشحنة . ومعظم المنجنيز المثبت يوجد فى الصور الثلاثية والرباعية لأكسيد المنجنيز .

وحيث إن الصورة المختزلة (من ++) 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 المقدرة على تثبيته وجعله غير ميسر للنبات .

ويعالج نقص المنجنيز باستعمال سماد كبريتات المنجنيز Manganese (ous) sulfate (يحوى ٢٤,٦٪ من – $Mn\ So_4.\ 4H_2O$) بمعدل ٩ – ١٤ كجم/ فدان للتربة ، ويستعمل الحد الأعلى فى الأراضى القلوية التى يزيد فيها الـ pH عن ٧ ، أو رشًّا بتركيز ٠,٩ – ١,٨ كجم/ ٤٠٠ لتر ماء .

٩ – ١٢ : البـــورون

٩ – ١٢ – ١ : دور البورون فى النبات

من المعتقد أن البورون يلعب دورًا فى تكوين الجدر الخلوية ، وفى انتقال السكريات فى النبات . وقد وجد البعض 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 .

ويمتص النبات البورون فى الصور التالية :

$$BO_3^{3-},\ HBO_3^{2-},\ H_2BO^-_3,\ B_4O_7^{2-}$$

٩ – ١٢ – ٢ : أعراض نقص البورون

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

تبدأ أعراض نقص البورون فى الظهور بانهيار خلايا الأنسجة المرستيمية 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 .

ويكون المحتوى الكربوهيدراتى لجذور وسيقان النباتات التى تعانى نقصًا فى البورون قليلًا بسبب تعطل انتقال المواد الكربوهيدراتية ، وزيادة تركيزها فى الأوراق . وفى حالات النقص الشديدة تموت القمم النامية ، وتتشوه الأوراق الحديثة ، وتظهر بقع بنية أو سوداء فلينية فى أعضاء التخزين من جذور ودرنات .

ونظرًا لأن حواف الأوراق يحدث بها انقسام أثناء زيادة الأوراق فى المساحة ، فإن نقص البورون يؤدى أحيانًا إلى تلون حواف الأوراق باللون الأصفر أو البنى ، ولكن الأعراض الأكثر شيوعًا هى التفاف حواف الأوراق الصغيرة . وقد يظهر لون أصفر باهت غير منتظم التوزيع على أوراق الخضر الجذرية . وعمومًا .. يكون حجم النبات الذى يعانى من نقص البورون أصفر من الحجم الطبيعى ، كما تموت القمم النامية للجذور والسيقان .

هذا .. ويزداد ظهور أعراض نقص العنصر عند نقص الرطوبة الأرضية ، وفى حالات الحرارة المرتفعة ، والإضاءة العالية ، وهى ظروف لا تشجع على انتقال البورون من الأوراق إلى الأعضاء الأخرى فى النبات .

ويؤدى نقص البورون إلى ظهور بقع بنية أو سوداء فلينية متناثرة على سطح الجذور ، أو قريبًا من حلقات النمو فى البنجر . وفى اللفت السويدى تظهر مناطق كبيرة بنية مائية قرب مركز الجذر . وفى

القنبيط تتلون الأقراص باللون البنى . وفى البروكولى تتلون البراعم الزهرية باللون البنى ، كما تظهر على سيقان القنبيط ، والبروكولى ، والكرنب مناطق مائية تتطور فيما بعد إلى شقوق أفقية . وتظهر على أعناق أوراق الكرفس من الخارج خطوط بنية متحللة ، ومن الداخل تتحلل خلايا البشرة . وفى السلق تظهر أحيانًا خطوط قاتمة اللون ، مع تشققات على الناحية الداخلية لأعناق الأوراق .

تقسيم محاصيل الخضر حسب تحملها لزيادة تركيز العنصر ، واحتياجاتها السمادية منه

تقسم الخضروات حسب احتياجاتها من البورون إلى ثلاث مجاميع كالتالى :

١ – خضروات ذات احتياجات عالية من البورون ، وهى التى تتحمل تركيزات عالية منه فى التربة وماء الرى ، وتستفيد جيدًا من التسميد بالبورون ، ويلزم معها أن يتوفر العنصر فى التربة بتركيز يزيد عن ٠,٥ جزء فى المليون ، وهى كالتالى مرتبة تنازليًا حسب احتياجاتها من العنصر : البنجر – اللفت – الكرنب – البروكولى – القنبيط – الهليون – الفجل – كرنب بروكسل – الكرفس – الروتاباجا .

٢ – خضروات ذات احتياجات متوسطة من البورون ، وهى التى تتحمل تركيزات متوسطة منه فى التربة وماء الرى ، ويجب معها أن يكون تركيز العنصر بين ٠,١ – ٠,٥ جزء فى المليون فى المحلول الأرضى ، وهى كالتالى مرتبة تنازليًا حسب احتياجاتها للبورون : الطماطم – الخس – البطاطا – الجزر – البصل .

٣ – خضروات ذات احتياجات منخفضة من البورون ، وهى الحساسة لزيادة البورون فى التربة وماء الرى ، ويجب معها ألا يزيد تركيز البورون فى المحلول الأرضى عن ٠,١ جزء فى المليون ، وهى كالتالى مرتبة تصاعديًا حسب حساسيتها للبورون : الذرة السكرية – البسلة – الفاصوليا – فاصوليا الليما – البطاطس .

وللمزيد من التفاصيل يراجع Purvis & Hanna (١٩٤٠) ، و Eaton (١٩٤٤) .

٩ – ١٢ – ٣ : تيسر البورون فى التربة

يتوفر البورون فى الأراضى التى يقل الـ pH فيها عن ٧ ، ويقل نسبيًا فى pH ٧ – ٧,٥ ، ويصبح النقص شديدًا فى pH ٧,٥ – ٨,٥ ، إلّا أن البورون الميسر يزداد مرة أخرى فى الأراضى التى يزيد الـ pH فيها عن ٨,٥ .

تظهر أعراض نقص العنصر بصفة خاصة فى الأراضى الرملية التى تزرع سنويًا ، وكذلك فى الأراضى القلوية والعضوية .

ويعتبر تركيز البورون فى المحلول الأرضى منخفضًا جدًا ، ويقل بدرجة أكبر فى الأراضى القلوية . وأفضل تركيز للبورون فى محلول التربة هو ٠,١ – ١,٠ جزءًا فى المليون ، وتظهر غالبًا أعراض التسمم بالعنصر إذا زاد تركيزه عن ذلك المستوى ، كما تؤدى زيادة التسميد بالبورون إلى ظهور أعراض التسمم ، ويحدث ذلك غالبًا فى الأراضى الحامضية الرملية الفقيرة فى المادة العضوية ، عنه فى

الأراضى المتعادلة ، أو الصفراء ، أو الطينية ، أو الغنية بالمادة العضوية . ومع ذلك .. فيوجد من الخضر مالا ينمو جيدًا إلّا إذا كان تركيز البورون فى المحلول الأرضى من ١٠ – ١٥ جزء فى المليون ، كالفليون (Thompson & Kelly ١٩٥٧ ، و Edmond وآخرون ١٩٧٥ ، و Devlin ١٩٧٥ ؛ و Lorenz & Maynard ١٩٨٠) .

هذا .. ولمزيد من التفاصيل عن البورون ودوره فى النبات ، وأعراض نقصه والتسميد بالبورون يراجع كل من Gauch & Dugger (١٩٥٤) و Gupta (١٩٧٩) .

ويعالج نقص البورون بالتسميد بأحد المركبات الآتية :

١ – البوراكس Borax ($Na_2B_4O_7.\ 10H_2O$) يحوى ١٠,٦٪ بورون ؛ يستعمل بمعدل ٥ – ١٢ كجم/ فدان للتربة ، أو رشًّا بتركيز ٠,٩ – ٢,٢٥ كجم/ ٤٠٠ لتر ماء . وفى حالة البنجر المزروع فى الأراضى الرملية القلوية تزداد الكمية المضافة للتربة إلى ٢٢ كجم/ فدان .

٢ – السوليوبـــــور Solubor ($Na_2\ B_4O_7.\ 5\ H_2o$ and $Na_2\ B_{10}\ O_{16}.\ 10\ H_2o$) يحوى ٢٠,٥٪ بورون ، ويستعمل بمعدل ٢,٥ – ٥ كجم/ فدان للتربة ، أو رشًّا بتركيز ٠,٤٥ – ٠,٧٠٠ كجم/٤٠٠ لتر ماء .

٣ – خامس بورات الصوديـــوم Sodium pentaborate ($Na_2\ B_{10}\ O_{16}.\ 10\ H_2o$) يحوى ١٨,١٪ بورون ، ويستعمل بمعدل ٢,٥ – ٧,٥ كجم/ فدان للتربة ، أو رشًّا بمعدل ٠,٤٥ – ١,٣٥ كجم/ ٤٠٠ لتر ماء .

٤ – تترابورات – بنتاهيدرات الصوديوم Sodium tetraborate pentahydrate ($Na_2B_4\ O_7\ 5H_2O$) يحوى ١٣,٧٪ بورون ، ويستعمل بمعدل ٣,٥ – ٩ كجم/ فدان للتربة ، أو رشًّا بتركيز ٠,٤٥ – ١,٨ كجم/١٠٠ لتر ماء .

٥ – ونظرًا لأن أملاح البورون الصودية تعتبر شديدة القابلة للذوبان فى الماء ، وعرضة للفقد بالرشح بسرعة ، لذلك يفضل استعمال مادة الكوليمانايت ($Ca_2\ B_6\ O_{11}.\ 5H_2o$) .

٩ – ١٣ : الموليبدنم

٩ – ١٣ – ١ : دور الموليبدنم فى النبات

يدخل الموليبدنم فى تركيب أحد الإنزيمات التى تعمل على اختزال النترات فى النبات إلى أمونيا ، وهو جزء من التركيب الجزيئى لإنزيم ريبوبروتينيز riboproteinase الضرورى لاختزال نيتروجين الهواء الجوى فى كل من البكتريا **Azotobacter** و **Rhizobium** (Edmond وآخرون ١٩٧٥) . وقد لوحظ أن نقص الموليبدنم يتبعه دائمًا نقص فى تركيز حامض الأسكوربيك فى النبات ، وهو الذى يحمى الكلوروبلاستيدات من أى تغير فى تركيبها . ويبدو أن للموليبدنم دورًا فى ميتابولزم الفوسفور فى النبات .

٩ – ١٣ – ٢ : أعراض نقص الموليبدنم

تتميز أعراض نقص الموليبدنم بصورة عامة بظهور بقع مصفرة غير منتظمة الشكل والتوزيع ، وتشوه الأوراق الحديثة ، وموت البرعم الطرفى ، ولا ينمو نصل الورقة بمعدله الطبيعى ، وقد لا ينمو كلية ، ويبقى العرق الوسطى فقط ، كما يكون النمو بطيئًا ، والنباتات متقزمة ، ويصاحب ذلك نقص فى كمية ونوعية المحصول . ومن أعراض نقص الموليبدنم فى الطماطم والخيار والفاصوليا : التفاف حواف الأوراق ، وتلونها باللون الأصفر أو البنى ، وفى القنبيط : يكون القرص صغيرًا ومفككًا ، والأوراق ضيقة ، وحواف النصل متآكلة ، وتسمى هذه الحالة بمرض طرف السوط Whibtail .

وأكثر الخضروات احتياجًا للتسميد بالموليبدنم هى : الخس ، والفاصوليا ، والقنبيط ، والبروكولى ، والطماطم ، والخيار ، والبصل ، والسبانخ .

وتظهر أعراض نقص الموليبدنم فى القرنبيط والبروكلى فى شكلى (٩ – ٣) ، (٩ – ٤) على التوالى (Climax Molybdenum Comopany ١٩٥٦)

شكل ٩ – ٣ : أعراض نقص البورون فى القنبيط . يلاحظ صغر الأوراق الداخلية وتآكل حواف النصل ، وهى الظاهرة المعروفة باسم طرف السوط Whiptail

شكل ٩ - ٤ : أعراض نقص البورون فى البروكولى . يلاحظ أن الأوراق تأخذ شكلا ملعقيا ، وهى أعراض تسبق ظهور حالة طرف السوط فى حالات النقص الشديدة .

٩ - ١٣ - ٣ : تيسر الموليبدنم فى التربة

يتوفر الموليبدنم فى الأراضى التى يزيد فيها الـ pH عن ٧ ، ويقل نسبيًّا فى pH من ٥,٥ - ٧ ، ويصبح النقص شديدًا عند انخفاض الـ pH عن ٥,٥ ، وذلك بعكس كل العناصر الدقيقة الأخرى .

ويوجد الموليبدنم فى التربة فى صوره الثلاث : المثبتة كجزء من معادن التربة ومن المادة العضوية ، والمدمصة على سطح غرويات الطين ، والذائبة فى محلول التربة ، كأيون موليبدات مو أ$_٤^{--}$ ، أو يد مو أ$_٤^{-}$. ويتراوح تركيز الموليبدات الذائبة فى التربة من ٠,٣ - ٣,٩ أجزاء فى المليون من التربة الجافة . ويدمص أيون الموليبدنم بطريقة التبادل الأنيونى ، كما فى حالة أنيونات الكبريتات والفوسفات .

هذا .. ويكفى نحو ٠,٠١ جزء فى المليون للتغلب على نقص العنصر فى المحاليل المغذية .

ويعالج نقص الموليبدنم فى التربة باستعمال أحد السمادين التاليين :

١ - موليبدات الأمونيوم Ammonium molybdate ، وتحوى ٤٨,٩٪ موليبدنم ، وتركيبها : $(NH_4)_2\ Mo\ O_4$ ، وتستعمل بمعدل ١,٨ كجم/فدان للتربة سرًّا فى خنادق ، أو ٣,٦ كجم/ للفدان عند إضافتها نثرًا .

٩ - ١٤ : العناصر الأخرى

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 ، والفاناديم ، والسيلينيم .

٩ - ١٤ - ١ : الصوديـــوم

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 إلى الاعتقاد بأن الصوديوم يقوم ببعض المهام التى يقوم بها البوتاسيوم .

هذا .. ويوجد توازن بين امتصاص الصوديوم وامتصاص الكاتيونات الأخرى ، كالكالسيوم والمغنسيوم . 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 ، لكن عمومًا .. فإن زيادة الصوديوم أو البوتاسيوم تؤدى إلى نقص امتصاص النبات للكالسيوم والمغنسيوم . ويبدو أن الخضروات التى تمتص أكبر قدر من الصوديوم ، دون أن يتأثر امتصاصها من البوتاسيوم هى أكثر الخضروات 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) .

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

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

أولًا : فى حالة نقص عنصر البوتاسيوم :

١ - خضر الاستفادة فيها قليلة جدًا : الخس - البطاطس - فول الصويا - السبانخ - الشليك - 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 .

٩ – ١٤ – ٢ : الكلـــور

ثبت بالتجربة أن عنصر الكلور ضرورى للطماطم فى المزارع المائية ، ولكن لم يثبت أبدًا نقص الكلور تحت ظروف الحقل لتوفره كشوائب فى كل الأسمدة ، كما ثبتت ضرورة الكلور لنمو نحو ٤٠ نوعًا نباتيًا . والحد الأدنى للعنصر فى النبات هو ١٠٠ جزء فى المليون من الوزن الجاف . ويعتبر أيون الكلور ضروريًا فى عملية التمثيل الضوئى ، لأنه يساهم فى عملية أكسدة الماء .

ويعتبر المصدر الأساسى للكلور هو ماء المطر ، خاصة 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 ، و Devlin ١٩٧٥) .

٩ – ١٤ – ٣ : الكـــوبالت

لم تثبت ضرورة الكوبالت إلّا لبعض الطحالب الخضر المزرقة .

٩ – ١٤ – ٤ : السيليكون

ثبتت ضرورة السيليكون للأرز وللعديد من الطحالب ، كما وجد أنه يحسن نمو الشعير وعباد الشمس . ويشكل السيليكون جزءًا كبيراً من الرماد فى النباتات بوجه عام .

٩ – ١٤ – ٥ : الجاليم

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

٩ – ١٤ – ٦ : الألومنيـــوم

يُحسّن الألومنيوم من نمو العديد من النباتات .

٩ - ١٤ - ٧ : الفاناديم

لم تثبت ضرورة الفاناديم Vanadium إلّا بالنسبة لبعض الطحالب الخضراء .

٩ - ١٤ - ٨ : السيلينيم

يعتبر السيلينيم Selenium ضروريًا لعدد قليل من النباتات .

٩ - ١٥ : المراجـــع

استينو ، كمال رمزى ، وعز الدين فراج ، ومحمد عبد المقصود محمد ، و وريد عبد البر وريد ، وأحمد عبد المجيد رضوان ، وعبد الرحمن قطب جعفر (١٩٦٣) . إنتاج الخضر . مكتبة الأنجلو المصرية - القاهرة - ١٣١٠ صفحة .

مرسى ، مصطفى على ، وأحمد إبراهيم المربع (١٩٦٠) . نباتات الخضر - الجزء الثانى : زراعة نباتات الخضر . مكتبة الأنجلو المصرية - القاهرة - ٧١٥ صفحة .

مرسى ، مصطفى على ، وأحمد إبراهيم المربع، وعاصم بسيونى جمعة (١٩٥٩) . نباتات الخضر - الجزء الأول : أساسيات إنتاج نباتات الخضر - ٥٠٠ صفحة .

American Scociety for Horticultural Science. 1969. Potassium in horticulture. HortScience 4: 33-48.

American Society for Horticultural Science. 1969. The role of phosphorus in plant growth. HortScienee 4: 309-322.

Bould, C., E.J. Hewitt and P. Needham. 1983. Diagnosis of mineral disorders in plants. Vol.1. Principles. Ministry of Agr. & Food, Great Britain. 174p.

Buckman, H.O. and N.C. Brady. 1960. The nature and properties of soils. McMillan, N.Y. 567p.

Climax Molybdenum Company. 1956. Molybdenum deficiency symptoms in crops. Climax Molybdenum Co., N.Y. 8p.

Devlin, R.M. 1975. Plant physiology.D. Van Nostrand Co., N.Y. 600 p.

Eaton, F.M. 1944. Deficiency, toxicity, and accumulation of boron in plants. J. Agr. Res. 69: 237-277.

Edmond, J.B., T.L. Senn, F.S. Andrews and R.G. Halfacre. 1975. (4th ed.). Fundamentals of horticulture. McGraw-Hill Book Co., N.Y. 560p.

Fuller. H.J., Z.B. Carothers, W.W. Payne and M.K. Balbach. 1972. The plant world. Holt, Rinehart and Winstoa, Inc., N.Y. 553 p.

Galston, A.W. 1964. The life of the green plant. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 118 p.

Gauch, H.G. and W.M. Dugger, Jr. 1954. The physiological action of boron in higher plants: a review and interpretation. Md Agr. Exp. Sta. Tech. Bul. A-80.

Gupta, U.C. 1979. Boron nutrition of crops. Adv. in Agronomy. 31: 273-315.

Humbert, R.P 1969. Potassium in relation to food production. HortScience 4: 35-36.

Jones, J.B. 1982. Hydroponics: its history and use in plant nutrition studies. J. Plant Nutrition 5: 1003-1030.

Larson, W.E. and W.H. Pierre. 1953. Sodium and potassium interaction on yield and cation composition of selected crops. Soil Sci. 76: 51-64.

Lorenz, O.A. and D.N. Maynard. 1980 (2nd ed.). Knott's handbook for vegetable growers. Wiley-Interscience, N.Y 390p.

Millar, C.E., L.M. Turk and H.D. Foth. 1965. (4th ed.). Fundamentals of soil science. Wiley, N.Y. 491p.

Mills, H.A. and J.B. Jones, Jr. 1979. Nutrient deficiencies and toxicities in plants: nitrogen J. Plant Nutrition 1: 101-122.

Purvis, E.R. and W.J. Hanna. 1940. Vegetable crops affected by boron deficiency in eastern Virginia. Va Truck Exp. Sta. Bul. 105.

Russell, E.W. 1973. (10th ed.). Soil conditions and plant growth. The English Language Book Society, London. 849p.

Scaife, A. and M. Turner. 1983. Diagnosis of mineral disorders in plant. Vol. 2. Vegetables. Ministry of Agr. & Food, Great Britain. 96p.

Smartt, J. 1976. Tropical pulses. Longman, London. 348p.

Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1975. Soil fertility and fertilizers. McMillan Pub. Co., N.Y. 694p.

Wallace, T. 1961. The diagnosis of mineral deficiences in plants by visual symptoms. Her Majesty's Stationary office, London. 125 p + plates.

Wilcox, G.E. 1969. Potassium needs-diagnosis and use on vegetable crops. HortScience 4: 41.

Wittwer, S.H. 1669. Regulation of phosphorus nutritiou of horticultural crops. Hortscience 4: 320-322.