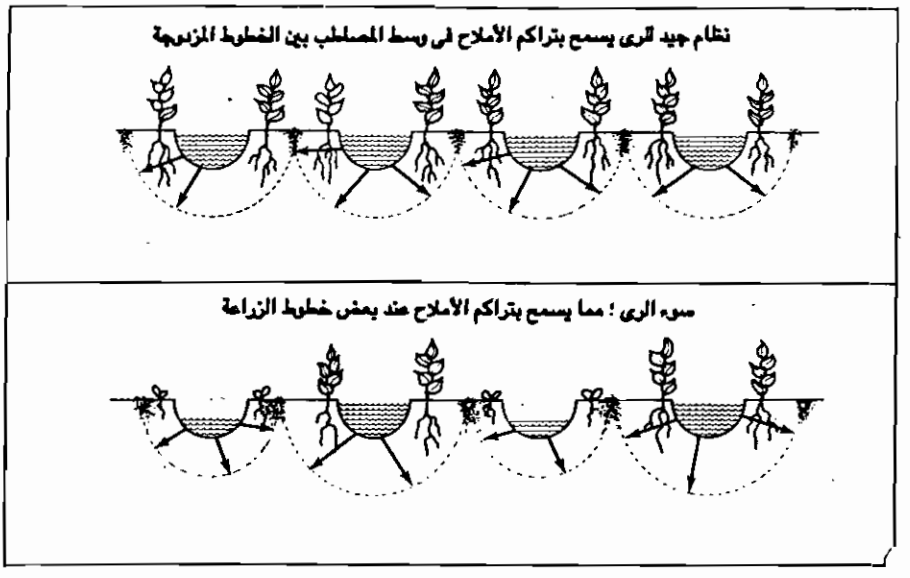

شكل (٢ –٥) : تزهر الأملاح بعيداً عن النباتات عندما تكون الزراعة فى خطوط مزدوجة على جانبى مصاطب عريضة ويكون الرى منتظماً .

وتقسم العناصر الضرورية – حسب الكميات التى يحتاج إليها النبات منها – إلى عناصر كبرى ، وعناصر دقيقة أو صغرى . ويبين جدول (٢ – ٤) محتوى الأراضى الحديثة الاستصلاح (الرملية والجيرية) فى مصر من العناصر الأولية ، وأربعة من العناصر الدقيقة ، مقارنة بمحتوى أراضى الوادى والدلتا من تلك العناصر ، ويتبين منه الانخفاض الشديد فى محتوى الأراضى الرملية والجيرية من مختلف العناصر .

العناصر الكبرى

تتضمن العناصر الكبرى Macroelements : النيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم (وهى التى تعرف بالعناصر الأولية Primary Elements ويحتاج إليها النبات بكميات أكبر من بقية العناصر التى يمتصها من التربة) ، والكالسيوم ، والمغنسيوم والكبريت (وهى التى يحتاج إليها النبات بكميات أقل نسبياً) .

جدول (٢ - ٤) : محتوى الأراضى الرملية والجيرية الحديثة الاستزراع - فى مصر - من العناصر الأولية ، وأربعة من العناصر الدقيقة ، مقارنة بمحتوى أراضى الوادى والدلتا (عن عبد الحميد ١٩٩١) .

العنصر	أراضى حديثة الاستزراع (صفر - ٦٠سم)		أراضى الوادى والدلتا (صفر - ٦٠سم)
	رملية	جيرية	
عناصر أولية (مجم/١٠٠جم) :			
النيتروجين	١٢ - ٤٥	١٨ - ٤٧	٧٥ - ١٧٠
الفوسفور	٠ر٤ - ١ر٢	٠ر٣ - ٠ر٥	١ر٢ - ٤
البوتاسيوم	٥ - ١٠	١٧ - ٢٢	٣٨ - ٦٨
عناصر دقيقة (جزء فى المليون) :			
حديد	٠ر٥ - ٤ر٥	١ر٥ - ٦	٩ر٥ - ٣٠
منجنيز	٢ - ٢ر٥	٥ - ١٢	١٠ - ٤٠
زنك	٠ر٥ - ٧ر٠	٠ر٨ - ١	١ر٢ - ٤ر٢
نحاس	٠ر٤ - ١ر٩	٠ر٨ - ٠ر٩	٢ر٧ - ٦ر٤

١ - النيتروجين

يدخل النيتروجين فى تركيب البروتين الذى يعد المركب الأساسى فى البروتوبلازم ، كما يدخل فى تركيب الإنزيمات ، وبعض مرافقات الإنزيمات ، وكلوروفيل ا ، ب ، والأحماض النووية ، وبعض الهرمونات .

تتميز أعراض نقص النيتروجين فى نوات الفلقة الواحدة باصفرار وسط نصل الورقة ، مع بقاء حوافها خضراء . أما فى نوات الفلقتين .. فإن الورقة تصبح متجانسة بلون أخضر مصفر . وفى كليهما .. تظهر الأعراض على الأوراق السفلى أولا ، وإن لم يصحح النقص فى العنصر يزداد اصفرار الأوراق ، مع تقدم ظهور الأعراض تدريجياً نحو الأوراق العليا. وفى حالات النقص الشديد تجف الأوراق السفلى وتسقط ، ويصبح النبات متخشباً وصغيراً فى الحجم .

أما عند زيادة النيتروجين عن المستوى المناسب .. فإن الأوراق تكتسب لوناً أخضر داكناً ، ويزداد محتواها من الكلوروفيل ، ويتبع ذلك زيادة فى معدل البناء الضوئى ، ولكن نتيجة لتوفر الآزوت ، فإن الغذاء المجهز يستعمل فى بناء أنسجة جديدة ؛ ومن ثم يكون النمو

سـريعاً فى الجنور والسيقان والأوراق ، ويقل تخزين الغذاء وتكوين الألياف التى تدعم النبات ، كذلك يقل الإزهار والإثمار . ومن ثم تكون السيقان رهيفة ، وجذرها رقيقة ، والمحصول قليلاً ، 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 المستوى المناسب على زيادة الإصابة ببعض الأمراض (Buckman & Brady ١٩٦٠) .

تمتص النباتات النيتروجين فى صورتيه : النتراتية (NO_3^-) والأمونيومية (NH_4^+) ، ولكن الامتصاص يحدث فى محاصيل الخضر غالباً فى الصورة النتراتية . فتحت الظروف المناسبة لنمو الخضروات يكون التحول سريعاً من الصورة الأمونيومية إلى الصورة النتراتية؛ وبالتالى يحدث معظم الامتصاص على الصورة الأخيرة .

يدمص النيتروجين الأمونيومى على سطح غرويات التربة ، ويقاوم الفقد بالترشيح ، ولكن مع مرور الوقت يتحول النيتروجين فى التربة من الصورة الأمونيومية إلى الصورة النتراتية بفعل الكائنات الحية الدقيقة ؛ وبالتالى يتعرض للفقد بالرشح مع ماء الرى . وتزداد سرعة هذا التحول مع ارتفاع درجة الحرارة ، وتوفر الرطوبة ، والتهوية المناسبة .

يثبت أزوت الهواء الجوى فى جنور البقوليات بأكثر من ١٨ نوعاً من البكتيريا التابعة للجنس رايزوبيم Rhizobium ، يتخصص كل نوع منها على واحد أو أكثر من النباتات البقولية ، فمثلاً يتخصص النوع R. leguminosarum على البسلة ، والنوع R. phaseoli على الفاصوليا (عن Tisdale & Nelson ١٩٧٥) . ولذا .. يجب تلقيح بذور البقوليات ببكتيريا العقد الجذرية المناسبة لها ، وخاصة إن لم يكن قد سبقت زراعة هذه المحاصيل فى الحقل من قبل .

٢ - الفوسفور

يدخل الفوسفور فى تركيب : جميع الأحماض النووية ، والإنزيمات اللازمة لتفاعلات الطاقة فى عمليتى التنفس والبناء الضوئى ، والمركبات الفوسفورية ذات الروابط الغنية

بالطاقة (الـ ADP ، والـ ATP) ، ومرافقات الإنزيمات NAD ، و NADP ، والفوسفوليبدات Phosopholipids التى تشكل – مع البروتين – جزءاً هاماً من الأغشية الخلوية .

يعمل الفوسفور على تقليل الأثر الضار لزيادة الآزوت ، فهو يبكر النضج ، كما يشجع نمو الجذور ، خاصة العرضية والليفية منها . ويتراكم جزء كبير من الفوسفور الذى يمتصه النبات فى البذور والثمار .

يؤدى نقص الفوسفور فى نوات الفلقة الواحدة إلى ظهور لون أحمر أو أرجوانى فى مناطق مختلفة من الورقة . أما نوات الفلقتين .. فتتلون فيها عروق الأوراق – خاصة على سطحها السفلى – بلون أحمر أو أرجوانى . ويبدأ ظهور الأعراض فى كليهما على الأوراق السفلى أولا ، ثم تتقدم الإصابة تدريجياً نحو الأوراق العليا ، نظراً لأن الفوسفور من العناصر المتحركة فى النبات .

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 يؤدى إلى نقص فى النمو الخضرى الضرورى لإنتاج محصول وافر . وتلاحظ هذه الظاهرة أحياناً فى الأراضى الرملية .

يمتص الفوسفور على صورة أيونات الفوسفور PO_4^{---} ، و HPO_4^{--} ، و $H_2PO_4^-$ والصورة الأخيرة (dihydrogen phosphate) هى أكثر الصور امتصاصاً لأنها أكثرها ذوباناً .

ويتحول الفوسفور فى الأراضى القلوية إلى فوسفات الكالسيوم الثلاثية غير الذائبة، وبذا .. يصبح العنصر غير ميسر لاستعمال النبات . وكما لا يمكن للنبات امتصاص الفوسفور العضوى الذى قد يوجد فى التربة إلا بعد تحلله إلى الصورة غير العضوية . وعموماً .. فإن كمية الفوسفور المستخدمة فى التسميد تزيد كثيراً على حاجة النبات الفعلية

من هذا العنصر ؛ لأن جانبا كبيراً من الفوسفور المضاف يثبت قبل أن يستعمله النبات .

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

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

٢ - استخدام الأسمدة الفوسفاتية المحببة granular بدلاً من المسحوقية ، نظراً 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 صورتها الثلاثية إلى صورتيها الثنائية والأحادية ؛ وبذا .. يزيد التسميد العضوى من تيسر الفوسفور فى الأراضى القلوية .

٤ - يمكن بخفض pH التربة إلى قرب درجة التعادل تقليل تثبيت الفوسفور إلى الحد الأدنى . وتجدر ملاحظة أن الفوسفور المثبت يظل مخزوناً فى التربة ، وقد يصبح ميسراً فى ظروف أخرى .

٣ - البوتاسيوم

يعتبر البوتاسيوم هو الكاتيون السائد فى النبات ؛ إذ إنه يُمتص بكميات أكبر من أى عنصر آخر . وتمتص معظم النباتات كميات من البوتاسيوم أكثر من حاجتها الفعلية للنمو وإعطاء محصول جيد . ويسمى الامتصاص الزائد للبوتاسيوم بالاستهلاك الترفى Luxury Consumption . ويتواجد البوتاسيوم فى النبات كملح غير عضوى ، وكملح بوتاسيوم للأحماض العضوية .

ويبدو أن للبوتاسيوم علاقة بكل من عمليات : تمثيل الأحماض النووية ، والبروتين ، وانقسام الخلايا ، وتنظيم نفاذية الأغشية فى النبات . وهو يلعب دوراً هاماً فى انتقال السكريات والبروتينات فى النبات ؛ ويؤثر بالتالى فى اختزان المواد الكربوهيدراتية فى

أعضاء التخزين.

يؤدى نقص البوتاسيوم فى نوات الفلقة الواحدة إلى ظهور اصفرار فى قمة الأوراق ، ويمتد لأسفل نحو الحواف ، بينما يظل مركز الأوراق أخضر اللون . أما فى نوات الفلقتين . فتظهر أعراض نقص العنصر فى البداية على صورة اصفرار خفيف على حواف الأوراق ، يتبعه تقدم الاصفرار على امتداد العروق ، مع تغير لون الحواف إلى اللون البنى الداكن أو البرونزى ، وجفافها . وتعرف هذه الحالة باسم انسفاع أو احتراق Scorching . ويكون ظهور الأعراض دائما على الأوراق المسنة أولا ، ثم تتقدم الإصابة تدريجياً نحو الأوراق العليا ؛ نظراً لأن البوتاسيوم من العناصر المتحركة فى النبات .

ومن الأعراض الأخرى المميزة لنقص البوتاسيوم ما يلى :

ا – فى الخيار .. تصبح حواف الأوراق المسنة صفراء اللون ، ولكن تبقى العروق خضراء .

ب – تصبح الأوراق فى بعض النباتات خشنة الملمس ، ومجعدة Puckered ، وتلتف حوافها لأسفل ، وتصفر ، ثم تتحول فى النهاية إلى اللون البنى ، كما فى الطماطم والبطاطا .

جـ – نقص التغليظ الثانوى فى الجذور والدرنات ؛ مما يؤدى إلى تكوين أعضاء تخزين رفيعة .

د – ضعف القدرة على التخزين .

هـ – عدم انتظام التلوين (النضج المتبقع Blotchy Ripening) فى ثمار الطماطم .

و – انخفاض الكثافة النوعية فى درنات البطاطس .

ز – تعرض النباتات الطويلة للرقاد ؛ لأن البوتاسيوم ينظم سمك الجدر الخلوية ، ويؤثر فى متانة الأنسجة الوعائية (عن Humbert ١٩٦٩) .

يُمتص البوتاسيوم على صورة أيون العنصر K^+ ، وهو لا يثبت فى الأراضى القلوية .

تظهر أعراض نقص العنصر غالباً فى الأراضى الخفيفة الرملية . وتحتوى معظم الأراضى على كميات كبيرة من البوتاسيوم ، لكنه يوجد فى صورة غير قابلة للذوبان . وترتبط كمية البوتاسيوم الذائبة ارتباطاً قوياً 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 .

٤ - الكالسيوم

يلعب الكالسيوم دوراً كبيراً فى تكوين الجدر الخلوية ، وخاصة فى تكوين الصفيحة الوسطى Middle lamella ، حيث يتفاعل حامض البكتيك Pictic acid مع الكالسيوم ، مكوناً بكتات الكالسيوم غير القابلة للذوبان . وتعمل بكتات الكالسيوم - مع بكتات المغنسيوم - على لصق سلاسل السيليلوز ببعضها البعض أثناء عمل الجدر الخلوية . ولذلك .. فوجود الكالسيوم مهم فى الأنسجة السريعة النمو ، كميرستيم الساق ، والجذر ، والكامبيوم .

كذلك فإن للكالسيوم دوراً فى : تكوين الأغشية الخلوية (حيث يدخل ملح الكالسيوم للمادة الدهنية Lecithin فى تركيب الغشاء الخلوى) ، والانقسام الخلوى الميتوزى ، وتنشيط بعض الإنزيمات ، وامتصاص النيتروجين النتراتى .

وأعراض نقص الكالسيوم هى : ظهور لون أخضر مصفر على الأوراق الحديثة ، بينما تبقى الأوراق المسنة بلون أخضر عادى ، إلا أن حوافها تكون عادة أقل اخضراراً من مركز الورقة . ومع استمرار نقص العنصر تظهر بقع متحلله فى الأوراق الحديثة ، وتلتف أطرافها لأسفل ، وتكون حوافها - أحياناً - متموجة وغير منتظمة النمو ، كما يكون النبات متخشباً ، والنمو متقزماً ، والجذور قصيرة وسميكة ، لارتباط الكالسيوم بالانقسام الميتوزى فى النبات. ولنفس السبب تموت القمم النامية بالسيقان والأوراق والجذور ، ويتوقف النمو .

ويؤدى نقص الكالسيوم إلى ظهور عديد من العيوب الفسيولوجية فى محاصيل الخضر ، منها :

أ – تعفن الطرف الزهرى فى الطماطم ، والفلفل ، والبطيخ .
ب – احتراق حواف الأوراق فى الخس ، والشيكوريا .
جـ – احتراق حواف الأوراق الداخلية فى الكرنب ، والكرنب الصينى .
د – التلون البنى الداخلى فى كرنب بروكسل .
هـ – القلب الأسود فى الكرفس .

يمتص النبات الكالسيوم على صورة أيون العنصر Ca^{++} ، الذى يشكل عادة أكبر نسبة من الكاتيونات المتبادلة ، ولكنه يفقد بسهولة بالرشح . إلا أن الجزء الأكبر من الكالسيوم الموجود فى التربة يوجد فى صورة غير متبادلة ، فيوجد – مثلاً – فى صورة كالسيت Calcite (كربونات الكالسيوم) فى المناطق الجافة وشبه الجافة . ويكثر فوسفات الكالسيوم الثلاثى غير القابل للذوبان فى الأراضى القلوية .

٥ – المغنسيوم

يدخل المغنسيوم فى تركيب جزىء الكلوروفيل ا ، ب ، كما تشترك بكتات المغنسيوم مع بكتات الكالسيوم فى لصق ألياف السيليلوز عند بناء جدر الخلايا ، وهو يعمل كمنشط لعديد من الإنزيمات .

تظهر أعراض نقص المغنسيوم على الأوراق المسنة أولا ، ويكون ذلك على صورة تبرقش أصفر يعقبه اصفرار المساحات التى بين العروق ، بينما تكون العروق خضراء اللون ، مع ظهور بقع بنية على حواف وقمم الأوراق . ويبدأ اصفرار ما بين العروق من حواف الورقة ، ثم يتجه نحو مركزها . ويحدث التغير فى لون تلك المساحات تدريجياً من الأخضر الداكن إلى الأخضر المصفر ، فالأصفر . ومع ازدياد النقص تتحول تلك الأجزاء الصفراء إلى اللون البنى ، ثم تموت هذه الأنسجة .

وأكثر الخضروات حساسية لنقص المغنسيوم فى التربة هى : الكرنب ، والبطيخ ، والقاوون (والشمام) ، والخيار ، والقرع العسلى ، والطماطم ، والبطاطس ، والفلفل ، والباذنجان ، والذرة السكرية .

ويمتص النبات المغنسيوم على صورة أيون العنصر Mg^{++} . وتعد الأراضى الرملية

فقيرة فى محتواها من هذا العنصر . ويؤدى التسميد البوتاسى الغزير إلى نقص امتصاص النبات للمغنسيوم .

٦ - الكبريت

يدخل الكبريت فى تركيب ثلاثة أحماض أمينية أساسية هى : السيستين Cysteine ، والسيستاين Cystine ، والميثايونين Methionine ، كما يدخل فى تركيب الثيامين Thiamine (فيتامين ب١) ، وهو مرافق إنزيمى ضرورى فى عملية التنفس . ويدخل الكبريت كذلك فى تركيب الفيتامين بيوتين Biotin ، والمرافق الإنزيمى Coenzyne A .

ويعد الكبريت عنصراً أساسياً فى تركيب بعض المواد الطيارة التى تعطى الطعم والنكهة المميزين لبعض الخضروات ، مثل : البصل ، والثوم ، والصليبيات .

نادراً ما تظهر أعراض نقص الكبريت لتوفره فى عديد من الأسمدة والمركبات التى تضاف لتحسين خواص التربة . وإذا حدث نقص فى العنصر فإن الأعراض تظهر على صورة اصفرار يبدأ فى الأوراق الحديثة ، ويكون فى العروة أكثر وضوحاً ، منه بين العروق.

يمتص النبات العنصر على صورة أيون الكبريتات SO_4^{--} . ولا تستفيد النباتات من الكبريت العضوى الموجود فى التربة إلا بعد تحلل المادة العضوية وتكوين مركب H_2S (hydrogen sulfide) الذى يتأكسد معطياً حامض الكبريتيك ، الذى يتفاعل بدوره مع معادن التربة فى المحلول الأرضى ، مكوناً أملاح الكبريتات .

كذلك يتوفر الكبريت فى الهواء نتيجة لاحتراق الفحم، وفى الأبخرة المتصاعدة من عديد من المصانع ، ويصل إلى الأرض بعد ذوبانه فى ماء المطر ، ثم يتأكسد إلى SO_4 ، ثم إلى SO_3 ، الذى يتفاعل مع الماء معطياً حامض الكبريتيك ، الذى يتفاعل بدوره مع معادن التربة ، مكوناً أملاح الكبريتات .

أما الأسمدة المحتوية على الكبريت ، فهى عديدة ، ومنها : كبريتات الأمونيوم ، وكبريتات البوتاسيوم ، والسوبرفوسفات . كذلك يوجد الكبريت فى كل من : زهر الكبريت – الذى يستعمل فى خفض pH التربة ، والجبس الزراعى المستعمل فى إصلاح وزيادة نفاذية الأراضى الملحية القلوية .