الفصل الثانى

العوامل البيئية وتأثيرها فى نباتات الخضر

العوامل الجوية

نتناول - فيمايلى - مختلف العوامل الجوية وتأثيرها فى محاصيل الخضر .

درجة الحرارة

تعد درجة الحرارة من أهم العوامل الجوية المؤثرة على نمو وتطور محاصيل الخضر ، بداية من زراعة البذرة ، حتى نضج الأعضاء النباتية . ويفيد التقسيم الحرارى للخضر - الذى سبقت مناقشته - فى دراسة الاحتياجات الحرارية لمختلف محاصيل الخضر . إلا أن درجة الحرارة المناسبة لاتختلف فقط باختلاف المحصول ، وإنما كذلك باختلاف مرحلة النمو، فلكل مرحلة :

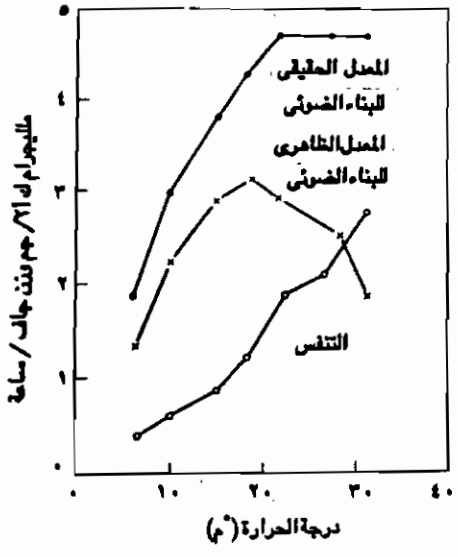
١ - درجة حرارة صغرى Minimum Temperature : وهى أقل درجة حرارة يمكن أن يحدث عندها النمو . وإذا انخفضت درجة الحرارة عن ذلك فإن النمو يتوقف ، لكن النبات لايموت إلا إذا وصلت درجة الحرارة إلى الدرجة الدنيا المميتة Minimum Lethal Temperature .

٢ - درجة حرارة مثلى Optimum Temperature : وهى درجة الحرارة التى يحدث عندها أقصى نمو.

٣ – درجة حرارة عظمى Maximum Temperature : وهى أعلى درجة حرارة يمكن أن يحدث عندها النمو ، فإذا ارتفعت درجة الحرارة عن ذلك ، فإن النمو يتوقف ، لكن النبات لايموت إلا إذا وصلت درجة الحرارة إلى الدرجة العظمى المميتة Maximum Lathal Temperature .

ويكون معدل البناء الضوئى أعلى ما يمكن ، بينما يكون معدل التنفس عاديا فى درجة الحرارة المثلى ، وبذلك تتوفر أعلى نسبة من الغذاء المجهز للنمو ، وبانخفاض درجة الحرارة عن الدرجة المثلى يقل معدل البناء الضوئى بدرجة أكبر من انخفاض معدل التنفس ، وبذلك يقل الفائض فى كمية الغذاء المجهز اللازم للنمو إلى أن يتوقف النمو عند درجة الحرارة الصغرى .

وبارتفاع درجة الحرارة عن الدرجة المثلى يزيد معدل التنفس بدرجة أكبر من الزيادة فى معدل البناء الضوئى ، وبذلك يقل أيضا الفائض فى كمية الغذاء المجهز اللازم للنمو (شكل ٢–١) إلى أن يتوقف النمو عند درجة الحرارة العظمى . ونجد أن سرعة النمو تتضاعف مع كل ارتفاع فى درجة الحرارة مقداره ١٠ درجات مئوية فيما بين الدرجة الصغرى والدرجة المثلى.



شكل (٢ –١) : تأثير درجة الحرارة على التنفس والبناء الضوئى (عن Hanan وآخرين ١٩٧٨) .

ويفيد انخفاض درجة الحرارة ليلا فى تقليل فقد الغذاء المجهز بالتنفس ، إلا أن انخفاضها عن الدرجة الصغرى يقلل من معدل تمثيل البروتين فى الخلايا الجديدة ، وبالتالى يقلل من معدل النمو . ويطلق على ظاهرة انخفاض درجة الحرارة ليلا وارتفاعها نهارا اسم Thermoperiodicity.

وباستمرار انخفاض درجة الحرارة إلى درجة التجمد ، فإن الماء يتجمد فى خلايا النبات؛ الأمر الذى يفقده خصائصه الهامة كوسط لكل التفاعلات الحيوية فى النبات.

ومع ارتفاع درجة الحرارة عن الدرجة العظمى واقترابها من الدرجة العظمى المميتة ، تحدث تغيرات لا عودة فيها فى التركيب الجزيئى للإنزيمات والبروتينات الأخرى ، فيفقد النبات بذلك إنزيماته التى هى أساس جميع التفاعلات الحيوية . ومن أبرز أضرار الحرارة المرتفعة حالة لسعة أو سمطة الشمس Sunscald ، والتى تشاهد فى عديد من الخضر عند تعرض أنسجتها الغضة لأشعة الشمس القوية ، وارتفاع درجة حرارتها بسبب امتصاصها للطاقة الساقطة عليها (Edmond وآخرون ١٩٧٥).

الضوء

تتأثر نباتات الخضر بكل من شدة الإضاءة وطول الفترة الضوئية

أولاً : تأثير شدة الإضاءة

١ - تؤثر شدة الإضاءة Light Intensity تأثيرا كبيرا فى معدل عملية البناء الضوئى ، فيزداد البناء الضوئى مع زيادة شدة الإضاءة فى حدود معينة . ونظرا لأن النباتات تعتمد فى نموها على عملية البناء الضوئى ، لذا.. نجد أن المحصول يزداد بزيادة شدة الإضاءة فى تلك الحدود .

٢ - يزداد النتح مع زيادة شدة الإضاءة ؛ لذا.. يفضل إجراء عملية الشتل فى الجو الملبد بالغيوم ، أو فى المساء ، لأن النباتات المشتولة حديثا لايمكنها امتصاص كمية كبيرة من الماء من التربة ، لأنها تفقد جزءا من مجموعها الجذرى عند تقليعها من المشتل .

٣ - تؤثر شدة الإضاءة فى التركيب التشريحى للأوراق. ففى الإضاءة الساطعة تحتوى

الأوراق على ٢ -٣ طبقات من الخلايا المحتوية على البلاستيدات الخضراء ، وتكون الخلايا مندمجة ومكتنزة بالغذاء المجهز. أما تحت ظروف الإضاءة الضعيفة ، فإن المسافات البينية بين خلايا النسيج الوسطى (الميزوفيل) تكون واسعة ، وتكون الأوراق عصيرية. وتلك هى الصفات المفضلة فى نباتات السلاطة ، مثل الخس ، والجرجير.

٤ - تؤدى زيادة الإضاءة أكثر من اللازم إلى الإصابة بلفحة الشمس ، ويحدث ذلك فى النموات الخضرية والثمرية على حد سواء.

يحدث الضرر للنموات الخضرية بصفة خاصة عندما تكون رهيفة وعصيرية وتتعرض ... ءة شمس قوية بعد فترة من الجو الملبد بالغيوم . ففى هذه الظروف تتلون الأنسجة ... رضة لأشعة الشمس باللون الأخضر المصفر فى مساحات غير منتظمة الشكل ، وسريعا تصبح الأنسجة المصابة طرية ، ثم تجف تاركة بقعا هشة بنية اللون.

كذلك تتعرض أبصال البصل ودرنات البطاطس لأضرار مماثلة عند إجراء الحصاد فى جو حار صحو.

وأيضا تصاب ثمار الخضر المختلفة بلفحة الشمس ، فتصاب ثمار الطماطم ، والبطيخ ، والشمام ، والقاوون ، والفلفل ، والباذنجان وغيرها عند التعرض لأشعة الشمس القوية فى الجو الحار . وتظهر الأعراض على ثمار الطماطم الخضراء ، أو غير المكتملة التلوين ، حيث يبدو النسيج المصاب لامعا فى البداية ، ثم يصبح مشبعا بالماء ، ثم يجف بسرعة ، وينخفض سطح النسيج المصاب عن مستوى سطح باقى الثمرة ، ويتحول لونه إلى اللون الأبيض أو الرمادى فى الثمار الخضراء ، وإلى اللون الأصفر فى الثمار الحمراء. وتزيد عادة شدة الضرر فى الأصناف ذات النمو الخضرى الضعيف.

وفى الفاصوليا تظهر أعراض لفحة الشمس على الثمار فى صورة بقع صغيرة مشبعة بالماء ، سرعان ما تتلون باللون الأحمر أو البنى . وتزداد حدة هذه الأعراض فى الجو الحار.

ثانياً: تأثير الفترة الضوئية

تؤثر الفترة الضوئية Photoperiod فى النبات عن طريقين :

١ – من خلال تأثيرها فى كمية الضوء الكلية التى تتعرض لها النباتات ، وبالتالى تؤثر على كمية الغذاء المجهز ، والنمو ، والمحصول.

٢ – من خلال تأثيرها المباشر فى نمو وتطور النباتات ، فيما يعرف بالتأقت الضوئى Photoperiodism. وقد يكون تأثير الفترة الضوئية متمثلا فى دفع النباتات إلى الإزهار ، أو إلى تكوين درنات ، أو أبصال ، أو مدادات ... إلخ من عمليات النمو والتطور التى تتأثر بالفترة الضوئية . وعادة.. يقصد بتأثير الفترة الضوئية تأثيرها فى الإزهار ، مالم يذكر غير ذلك.

وتقسم النباتات حسب استجابتها للفترة الضوئية إلى ثلاث مجموعات كما يلى :

١ – نباتات النهار القصير Short-day plants : وهذه لا تزهر إلا إذا زاد طول الليل على حد معين . فيجب أن تتعرض هذه النباتات لفترة ظلال لا تقل عن حد معين حتى تزهر ومن أمثلتها: الذرة السكرية ، والفول الرومى .

٢ – نباتات النهار الطويل Long-day plants : وهذه لا تزهر إلا إذا قصر طول الليل عن حد معين . فيجب أن تتعرض هذه النباتات لفترة ظلام لا تزيد على حد معين حتى تزهر. ومن أمثلتها: السبانخ والفجل ، والشبت.

٣ – نباتات محايدة لطول النهار Day-neutral plants : وهذه لا تتأثر فى إزهارها بالفترة الضوئية ، ومن أمثلتها: الطماطم ، والبامية.

وكما سبق الذكر .. فإن تأثير الفترة الضوئية لا يقتصر على الإزهار ، بل يمتد أيضا ليشمل :

١ – تكوين الأبصال : فيعد البصل والثوم من نباتات النهار الطويل بالنسبة لتكوين الأبصال .

٢ – تهيئة النبات لتكوين الدرنات : فتعد البطاطس من نباتات النهار القصير بالنسبة لتهيئة النباتات لتكوين الدرنات ، بينما تعد البطاطا من نباتات النهار الطويل بالنسبة لزيادة الجذور فى الحجم .

٣ – تكوين المدادات : فيعد الشليك من نباتات النهار الطويل بالنسبة لتكوين المدادات.

وعمليا .. يستفاد من دراسة الفترة الضوئية وتأثيرها على النباتات فى اختيار الصنف والموعد المناسبين للزراعة فى منطقة الإنتاج ، بحيث ينمو النبات بالطريقة التى تؤدى إلى إنتاج المحصول الاقتصادى الذى زرع من أجله ، فمثلا :

١ – عند زراعة محصول مثل السبانخ يراعى اختيار موعد الزراعة ، بحيث يتم إنتاج المحصول الاقتصادى – وهو الأوراق – قبل زيادة الفترة الضوئية إلى الحد الذى يدفع النباتات نحو الإزهار ، فتفقد بذلك قيمتها الاقتصادية.

٢ – كذلك توجد اختلافات كبيرة بين أصناف السبانخ فى سرعة اتجاهها نحو الإزهار بزيادة الفترة الضوئية ، فيجب اختيار الأصناف الأقل ميلا للإزهار فى الزراعات التى يصاحبها نهار طويل نسبيا.

٣ – عند زراعة البصل يجب اختيار الأصناف التى يمكنها تكوين الأبصال فى الفترة الضوئية السائدة فى منطقة الإنتاج.

٤ – توقيت موعد الزراعة بحيث تتجه النباتات نحو الإزهار فى الوقت المناسب عند الرغبة فى إنتاج البذور.

الرياح

تؤدى زيادة سرعة الرياح إلى :

١ – اقتلاع النباتات ، ورقاد النباتات الطويلة المروية حديثا.

٢ – تغطية النباتات بالرمال .

٣ – إثارة حبيبات الرمل التى تضرب فى النباتات ، محدثة بها اضرارا كبيرة .

٤ – اختلال التوازن المائى داخل النباتات وذبولها عندما تكون الرياح ساخنة جافة؛ نظرا لتسببها فى زيادة سرعة النتح بدرجة أكبر من قدرة الجذور على امتصاص الماء .

٥ – إغلاق الثغور جزئيا عند زيادة سرعة الرياح عن ١٠كم/ ساعة ، ويؤدى ذلك إلى نقص تبادل الغازات ، وبطء عملية البناء الضوئى.

٦ – تؤدى رياح الخماسين التى تهب على مصر خلال فصل الربيع – وهى رياح حارة جافة تكون محملة بالأتربة والغبار – إلى إحداث تأثيرات ضارة ؛ منها – بالإضافة إلى ما سبق – ضمور حبوب اللقاح ، وسقوط الأزهار والثمار الحديثة العقد ، وزيادة سرعة النضج، وزيادة الإصابة بالعنكبوت الأحمر.

الأمطار والرطوبة النسبية

للرطوبة النسبية مزاياها ومضارها كالتالى:

١ – تجود بعض المحاصيل فى ظروف الرطوبة النسبية المرتفعة ، مثل: القنبيط ، والخس ، والسبانخ ، والخضر الورقية عموما ، بينما تجود محاصيل أخرى فى الجو الجاف، مثل : البطيخ ، والشمام ، والقاوون .

٢ – تخفف الرطوبة النسبية المرتفعة من الأثر الضار لكل من الحرارة المنخفضة والحرارة المرتفعة على بعض محاصيل الخضر ، مثل: الطماطم ، والفاصوليا.

٣ – تساعد الرطوبة النسبية المرتفعة على انتشار الإصابة بالأمراض.

كذلك تساعد الأمطار على انتشار الإصابة بالأمراض – خاصة البكتيرية منها – ولذا .. يفضل إنتاج بذور الخضر فى المناطق الجافة غير الممطرة حتى لا تنتشر الأمراض – خاصة تلك التى تنتقل عن طريق البذور – كما فى عديد من أمراض البسلة والفاصوليا. وتؤدى الأمراض إلى انتثار بذور بعض الخضر قبل حصادها كما فى الخس .

العوامل الأرضية

الصفات العامة للتربة

يبين جدول (٢-١) الصفات العامة للأراضى الصحراوية الحديثة الاستزراع مقارنة بأراضى الوادى والدلتا (عن عبد الحميد ١٩٩١) . يتبين من الجدول أن نسبة الرمل – بالوزن – لاتقل فى الأراضى الصحراوية (الرملية) عن ٨٥ ٪ ، إلا أن هذه النسبة تنخفض إلى ٧٠ – ٨٥ ٪ فى الأراضى الرملية الطميية ، وإلى ٤٥ – ٧٠ ٪ فى الأراضى الطينية الرملية ، والطميية الرملية الطينية ، والطميية الرملية .

جدول (٢-١) : صفات التربة فى الأراضى الصحراوية المصرية مقارنة بأراضى الوادى والدلتا .

نوع التربة	المحتوى (٪ بالوزن) رمل	سلت	طين	رقم الـ pH	التوصيل الكهربى (EC_e)	كربونات الكالسيوم (٪)	المادة العضوية (٪)
الصحراوية							
الرملية	٨٥ – ٩٠	٣ – ٥	٧ – ١٠	٨ر٠ – ٨ر٥	٢ر٠ – ٧ر٠	٥ر٠ – ٧ر٠	٤ر٠ – ٨ ر٠
الجيرية	٧٠ – ٨٣	٧ – ١٠	١٠ – ٢٠	٨ر٥ – ٩ر٠	٦ر٠ – ٣ر٠	٦ – ٤٠	٧ر٠ – ٩ ر٠
الوادى والدلتا	٢٠ – ٢٥	٣٧ – ٤٧	٢٨ – ٤٣	٨ر٠ – ٨ر٥	٦ر٠ – ٣ر٥	٥ر٤ – ٧ر٥	١ – ٥ ر٤

وتتميز الأراضى الرملية – بمختلف أنواعها بقوامها الخشن ومساميتها العالية . وهى خصائص تجعلها أنسب الأراضى لإنتاج محصول مبكر من الخضر ، لكن المحصول لا يكون عاليا فيها إلا إذا أعطيت عمليات الخدمة المحصولية عناية فائقة ، خاصة تلك التى تتأثر بطبيعة التربة ؛ مثل : الرى ، والتسميد . كذلك لا تحتاج حقول الخضر فى الأراضى الرملية إلى جهد كبير فى حراثة الأرض ، لأنها أراض مفككة بطبيعتها . ونظرا لجفاف الطبقة السطحية من التربة فى الأراضى الرملية بسرعة ؛ لذا .. فإنها لا تزرع إلا بالطريقة (العفير) أى زراعة البذور الجافة فى أرض جافة ثم الرى.

النفاذية للماء

تعد النفاذية العالية للماء من أهم عيوب الأراضى الرملية الخشنة القوام ، إذ إنها تزيد على ١٠٠مم/ ساعة فى الأراضى الرملية الخشنة ، والطمية الرملية ، بينما هى تتراوح من ٢٠ – ١٠٠ مم / ساعة فى الأراضى الرملية الطمية ، والرملية الناعمة الطمية، والطمية الرملية الناعمة ، وتنخفض إلى ٥ – ٢٠مم / ساعة فى الأراضى الطمية ، والسلتية الطمية ، والطينية الطمية ، وإلى أقل من ٥مم / ساعة فى الأراضى الطينية ، والسلتية الطينية ، والرملية الطينية . ولذا .. نجد أن الأراضى الرملية الخشنة القوام لاتحتفظ بالرطوبة عقب الرى ، بل يرشح منها الماء بسرعة كبيرة إلى باطن الأرض .

وتتطلب الزراعة فى الأراضى ذات النفاذية العالية استعدادات خاصة ، منها مايلى :

١ – لا تصلح مع هذه الأراضى طريقة الرى بالغمر ، لكن إذا اتبعت معها ، فيجب على الأقل تبطين قنوات الرى الرئيسية بالأسمنت أو البلاستيك الأسود لمنع تسرب الماء منها .

٢ – يناسب هذه الأراضى طريقتا الرى بالرش ، والرى بالتنقيط .

٣ – يفيد خلط الطبقة السطحية من التربة فى هذه الأراضى بمركبات محبة للماء – وذات قدرة عالية على الاحتفاظ بالرطوبة – فى زيادة احتفاظ الأرض بالماء . تعرف هذه المواد باسم Soil Conditioners ، وجميعها من البوليميرات التى من أهم أنواعها ما يلى (عن White ١٩٨٧) .

البوليميرات الذائبة	البوليميرات المستحلبة
Polyvinyl alcohol (PVA)	Bitumen
Polyacrylamide (PAM)	Polyvinylacetate (PVAc)
Polyethyleneglycol (PEG)	Polyurethane

ومن أمثلة التحضيرات التجارية لهذه المركبات ما يلى :

أ – أجروسوك Agrosoke : إنتاج Chem. Discoveries بانجلترا ، ويمتص حتى ٣٠ ضعف وزنه من الماء .

ب – جالشاكتى Jalshakti : منتج هندى يمتص حتى ١٠٠ ضعف وزنه من الماء .

جـ – هموزورب Homosorb : يمتص حتى ١٥٠ ضعف وزنه من الماء .

د – برودليف بى٤ Broadleaf P4 : إنتاج Agr. Polymers بانجلترا ، ويمتص حتى ٤٠٠ ضعف وزنه من الماء .

هـ – أكواستور Aguastore : إنتاج شركة Cyanamid ، ويمتص حتى ٥٠٠ ضعف وزنه من الماء (الزراعة فى العالم العربى – ١٩٨٧ – المجلد الثالث – العدد الأول) .

تتميز هذه المركبات بمايلى :

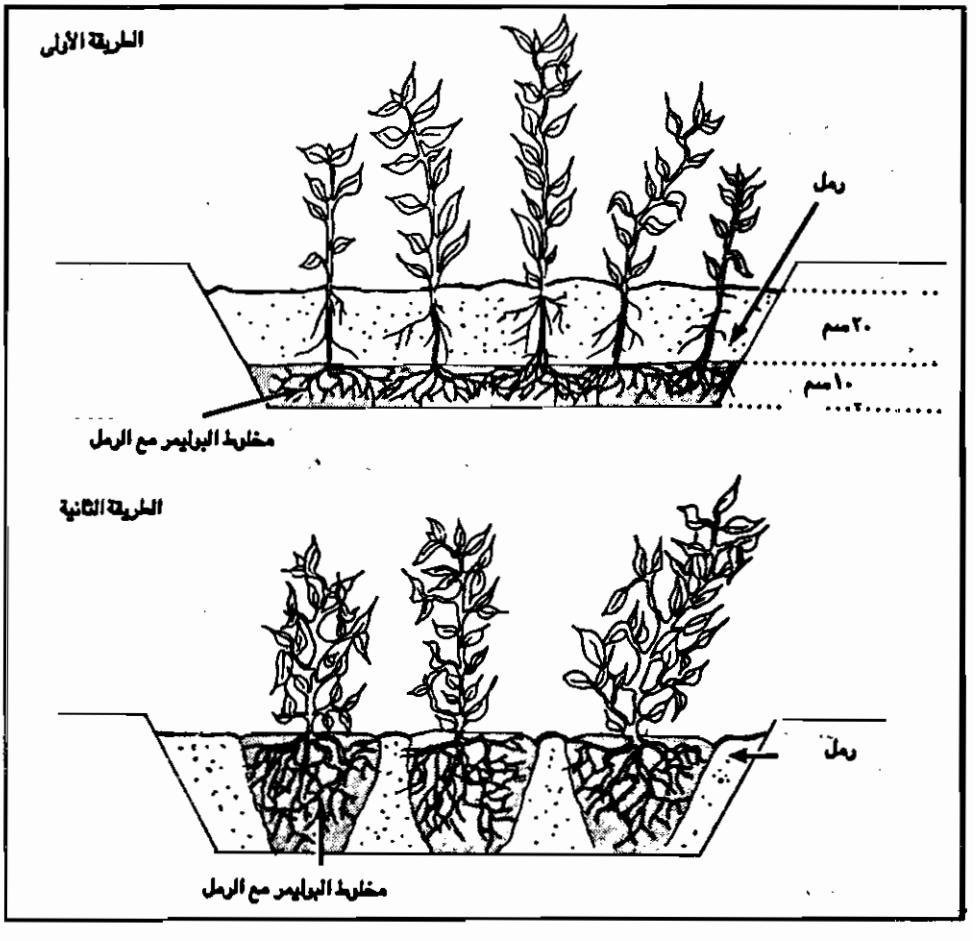
أ – تمتص مياه الأمطار فلا تفقد بالتبخير ، ومياه الرى فلا تفقد بالرشح .

ب – تُحسّن تهوية التربة .

جـ – لا تتخلل فى التربة ، وتكفى معاملة واحدة منها .

تفيد هذه المركبات فى تقليل صدمة الشتل ، وزيادة كفاءة استخدام المياه ، وتحسين النمو النباتى ، وزيادة المحصول .

تخلط هذه المركبات بالتربة إلى العمق المناسب – الذى تنتشر فيه الجذور – إما يدوياً ، وإما آلياً . فمثلا .. يخلط الأجروسوك بالطبقة السطحية من التربة حتى عمق ١٠سم . ويكفى كيلوجرام واحد منه لكل طن من الأرض الرملية ، أى نحو طن لكل هكتار من الأرض . ويستخدم الأكواستور بمعدل كيلوجرام واحد / لكل متر مكعب من الأرض الرملية . أما الهيدروجيل فيستخدم بمعدل ١٥ – ٢٠ جم / م٢ من الأرض . ويبين شكل (٢ – ٢) كيفية إضافة تلك المركبات .



شكل (٢ –٢) : طريقتان لإضافة المركبات البوليمترية إلى التربة الرملية .

٤ – يفيد مع الأراضى الرملية الخشنة القوام (التى لا تقل نسبة الرمل فيها عن ٨٥ ٪ ، ولا تزيد نسبة الطين فيها على ١٠٪) استخدام الحواجز الأسفلتية للرطوبة As-phalt Moisture Barriers . يوضع الحاجز الأسفلتى تحت سطح التربة بنحو ٦٠ – ٩٠سم بواسطة آلة خاصة لذلك ، بحيث تتكون على هذا العمق طبقة مستمرة من الأسفلت بسمك نحو ٣مم . يؤدى استخدام هذه الحواجز الأسفلتية إلى احتفاظ الأرض بالرطوبة وزيادة المحصول .

السعة التبادلية الكاتيونية

تحمل غرويات التربة – سواء أكانت غرويات الطين ، أم الغرويات العضوية – شحنات سالبة بكثرة ، وتزداد أعداد الشحنات السالبة على الغرويات العضوية كلما ازدادت درجة تحللها . تجذب هذه الشحنات السالبة إليها الكاتيونات المختلفة ، مثل : الكالسيوم ، والبوتاسيوم ، والمغنسيوم ، والأيدروجين ، والصوديوم ، والأمونيوم ، فتدمص على سطح غرويات التربة .

ويعبر عن عدد مواقع ادمصاص الكاتيونات لكل وحدة من وزن التربة بالسعة التبادلية الكاتيونية Soil Cation Exchange Capacity ، وتحسب بالملليمكافىء millequivalents لكل ١٠٠جم من التربة المجففة ، وهى تساوى عدد ملليجرامات أيون الأيدروجين H^+ التى تتحد بمئة جرام من التربة الجافة .

وتكون السعة التبادلية الكاتيونية قليلة جداً ، ولا تذكر فى كل من السلت والرمل ، وتتراوح من ٨ إلى ١٠٠ فى الأنواع المختلفة من غرويات الطين ، وتصل إلى ٢٠٠ فى المادة العضوية . وعليه .. تبلغ قيمة السعة التبادلية الكاتيونية أقل من ٥ فى الأراضى التى تحتوى على نسبة قليلة جداً من الطين ، ويمكن تقديرها تقريباً بالمعادلة التالية :

السعة التبادلية الكاتيونية = (النسبة المئوية للمادة العضوية فى التربة × ٢) + (النسبة المئوية للطين فى التربة × $\frac{١}{٢}$) .

ويعد انخفاض السعة التبادلية الكاتيونية من أهم عيوب الأراضى الرملية ؛ لما يترتب على ذلك من عدم قدرة هذه الأراضى على الاحتفاظ بأيونات العناصر الغذائية الموجبة الشحنة .

ولذا .. تفيد كثيراً إضافة الأسمدة العضوية إلى هذه الأراضى – خاصة فى خطوط الزراعة – حيث تُحدث تلك الأسمدة زيادة ملموسة فى كل من السعة التبادلية الكاتيونية ، وقدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة فى منطقة نمو الجذور .

الرقم الايدروجينى (الـ pH)

يعبر عن تفاعل التربة بالرقم الأيدروجينى pH . وبينما يتراوح pH غالبية الأراضى بين ٥ر٠ ، و ٩ر٠ ، فإن pH الأراضى الصحراوية يرتفع دائماً من ٨ر٠ ، حيث يتراوح غالباً من ٨ر٠ – ٨ر٥ ، بينما يصل الرقم إلى ٩ر٠ فى الأراضى الجيرية . ويلاحظ أن كل تغير مقداره وحدة pH يقابله تغير نسبى مقداره عشرة أضعاف فى حموضة التربةأو قلويتها . فمثلا .. تزداد قلوية التربة عشرة أضعاف عن تغير الـ pH عن ٧ر٥ إلى ٨ر٥ .

وفى هذا المجال من الـ pH السائد فى الأراضى الصحراوية تثبت معظم العناصر الدقيقة كالحديد ، والمنجنيز ، والنحاس ، والزنك ، والبورون ، كما يقل أيضاً تيسر عنصر الفوسفور ، خاصة عند ارتفاع الـ pH عن ٨ر٠ .

وعلى العكس من ذلك .. فإن بقية العناصر الغذائية (النيتروجين ، والبوتاسيوم ، والكبريت، والمغنسيوم ، والموليبدنم) لا تثبت فى مدى الـ pH القلوى السائد فى الأراضى الصحراوية .

وبالرغم من أن أنسب pH لزراعة محاصيل الخضر يتراوح من ٦ – ٦ر٨ ، حيث يتوفر فى هذا المجال معظم العناصر الغذائية الضرورية للنبات ، إلا أنه يمكن زراعة الخضر بنجاح فى pH يصل إلى ٩ر٠ ، بشرط علاج النقص الذى يمكن أن يحدث فى بعض العناصر الغذائية .

وتزداد مشكلة ارتفاع الـ pH فى الأراضى الصحراوية تعقيداً عندما يكون ذلك مصاحباً بارتفاع كبير فى نسبة كربونات الكالسيوم ، كما فى الأراضى الجيرية ؛ إذ يؤدى ذلك إلى ما يلى :

١ – تتحول فوسفات أحادى وفوسفات ثنائى الكالسيوم إلى فوسفات ثلاثى الكالسيوم ، وهى صورة قليلة الذوبان جداً فى الماء .

٢ – تتحول مركبات العناصر الصغرى الأكثر ذوباناً فى المحلول الأرضى إلى صورة الكربونات الأقل ذوباناً .

٣ – يؤدى توفر الجير إلى تطاير وفقد الأمونيا من الأسمدة النشادرية .

ويوصى – عموماً – بزيادة تركيز عناصر الحديد ، والمنجنيز ، والزنك فى مياه الرى (بالتنقيط) بنسبة ٥٠٪ عند وجود كربونات الكالسيوم فى الأرض بنسبة ٥ – ١٠٪ . أما عند زيادة نسبة الجير عن ١٠٪ .. فإنه تفضل إضافة العناصر الصغرى رشاً على أوراق النباتات .

ملوحة التربة

تتراكم الأملاح بصورة طبيعية فى الأراضى التى تتكون من تفتت صخور معدنية تحتوى على أملاح بكميات زائدة ، إلا أن الأملاح تزداد أيضاً فى التربة بفعل العوامل التالية :

١ – مع ماء الرى : وتتأثر سرعة تراكم الأملاح التى تصل إلى التربة بهذه الطريقة بكل من :

أ – درجة ملوحة الماء المستخدم فى الرى .

ب – كمية الماء المستخدمة فى الرى .

ففى حالة قلة المياه – كما هى الحال فى الأراضى الصحراوية – لا يكون الرى بالدرجة التى تكفى لبل التربة إلى عمق كبير ، ومن ثم لا تغسل الأملاح ، وتتراكم سنوياً . وفى المناطق الحارة قد تصل كمية ماء الرى فى الموسم الواحد إلى ٣٦٠٠ م^{٣} للفدان (متوسط ٢٠ م^{٣} للفدان يومياً بالتنقيط × ٣٠ يوماً شهرياً × ٦ شهور لموسم النمو) ، أى أن كمية الأملاح المضافة للفدان – مع ماء الرى فى الموسم الواحد تتراوح من ٠,٩ طناً (عند استخدام مياه عذبة تبلغ نسبة الأملاح فيها ٢٥٠ جزءاً فى المليون) إلى ٩ أطنان للفدان (عند استخدام مياه تبلغ نسبة الأملاح فيها ٢٥٠٠ جزء فى المليون) .

٢ – عند ارتفاع منسوب الماء الأرضى ، فإن الصرف يكون رديئاً من جهة ، ومن جهة أخرى .. يؤدى منسوب الماء الأرضى المرتفع إلى ارتفاع الماء إلى سطح التربة بالخاصية الشعرية وتبخره ، تاركاً الأملاح على سطح التربة .

ونجد فى الأراضى العادية أن الكالسيوم والمغنسيوم يكونان أكثر الكاتيونات تواجداً ، أما عند زيادة تركيز الأملاح ، فإن كبريتات وكربونات الكالسيوم ، وكبريتات المغنسيوم تترسب ، لأن قدرتها على الذوبان محدودة ، ويؤدى ذلك بالتالى إلى زيادة نسبة أيونات الصوديوم فى المحلول الأرضى .

ونظراً لوجود توازن ديناميكى بين الأيونات الذائبة فى المحلول الأرضى والأيونات المدمصة على سطح حبيبات التربة ، فإن أيونات الصوديوم تحل محل بعض أيونات الكالسيوم والمغنسيوم على سطح حبيبات التربة . وفى بعض الأراضى الملحية التى تزيد فيها نسبة تركيز أيون الصوديوم عن نصف الكاتيونات الذائبة الكلية يكون أيون الصوديوم هو الكاتيون الوحيد تقريباً فى المحلول الأرضى ، ومن ثم يكون هو الكاتيون الأساسى المدمص على غرويات التربة (Allison ١٩٦٤) .

وتحتاج الأراضى الشديدة الملوحة إلى الغسيل - قبل زراعتها بالخضر الحساسة للملوحة - بنحو ٢١٠٠ م^3 ماء للفدان ؛ ليمكن التخلص مما يوجد فيها من أملاح ، ويمكن إضافة تلك الكمية من الماء بطريقة الرش . كذلك يلزم توفير صرف جيد فى الأراضى التى يرتفع فيها مستوى الماء الأرضى ، وتحسين نفاذية الأراضى القليلة النفاذية بإضافة الجبس الزراعى إليها لكى يحل الكالسيوم محل الصوديوم ، مع غسيل الأملاح الزائدة بالرى الغزير ، ويفضل إضافة الماء بطريقة الغمر فى تلك الحالات .

ولتجنب تراكم الأملاح فى التربة أثناء نمو المحصول ، يلزم دائماً زيادة كمية مياه الرى - فى كل رية - عما يلزم لتوصيل الرطوبة فى منطقة نمو الجذور إلى السعة الحقلية ، حيث تعمل كمية المياه الزائدة على غسيل الأملاح التى تضاف إلى التربة مع كل رية ولا تمتصها النباتات . وتتضح أبعاد هذه المشكلة عند اتباع نظام الرى بالتنقيط ، حيث يكون الهدف هو التوفير فى مياه الرى إلى أكبر قدر ممكن .

تعرف نسبة الزيادة فى مياه الرى (عما يلزم لحاجة المحصول) التى تلزم لغسيل الأملاح المتراكمة باسم عامل الغسيل ، وهى تتوقف على كل من : مدى ملوحة مياه الرى ، ودرجة الملوحة التى يُراد المحافظة عليها فى منطقة انتشار الجذور ، وهى التى تتوقف على مدى حساسية المحصول المزروع للملوحة . ويحسب عامل الغسيل بالمعادلة التالية :

عامل الغسيل = م ر × ١٠٠ / م ت

حيث إن :

م ر : ملوحة مياه الرى معبراً عنها بالمليموز .

م ت ملوحة التربة التى يراد المحافظة عليها فى منطقة نمو الجذور معبرا عنها بالمليموز كذلك (عن وزارة الزراعة ١٩٨٩) .

ويلزم الاسترشاد بجدول (٢ – ٣) لاختيار قيمة (م ت) المناسبة لكل محصول ، علماً بأن قيمة عامل الغسيل المناسبة يجب ألا تزيد على ٣٠ ٪ ، وإلا ترتب على ذلك فقد كبير فى مياه الرى ، مع احتمال تعرض النباتات للإصابة بأعفان الجذور .

ملوحة مياه الرى

تتناسب درجة التوصيل الكهربائى لماء الرى تناسباً طردياً مع درجة ملوحته . وتقسم مياه الرى حسب درجة توصيلها الكهربائى (EC_w) إلى ست درجات كما يلى:

١ – **الدرجة الأولى** : تتراوح درجة التوصيل الكهربائى فيها من صفر إلى ٠,٢٥ مللى موز (صفر – ١٥٠ جزءاً فى المليون من الأملاح) ، وملوحتها منخفضة ، ويمكن استعمال هذه المياه فى رى معظم المحاصيل فى معظم الأراضى ، دون أى احتمال لحدوث مشاكل ملوحة . ويلزم توفير صرف مناسب للماء الزائد فى الأراضى الضعيفة النفاذية .

٢ – **الدرجة الثانية** : تتراوح درجة التوصيل الكهربائى فيها من ٠,٢٥ – ٠,٧٥ مللى موز (١٥٠ – ٥٠٠ جزء فى المليون من الأملاح) ، وملوحتها معتدلة . ويمكن استعمال هذه المياه فى رى معظم المحاصيل ماعدا الشديدة الحساسية ، وفى معظم الأراضى ، ماعدا القليلة النفاذية ، حيث يجب توفير صرف جيد للسماح بغسل الأملاح .

٣ – **الدرجة الثالثة** : تتراوح درجة التوصيل الكهربائى فيها من ٠,٧٥ – ٢,٢٥ مللى موز (من ٥٠٠ – ١٥٠٠ جزء فى المليون من الأملاح تقريباً) ، وملوحتها معتدلة إلى عالية ، ويجب قصر استعمال هذه المياه على الأراضى المتوسطة إلى العالية النفاذية ، كما يحسن غسل الأملاح بصفة دورية ، تجنباً لمشاكل الملوحة . كذلك يجب أن يقتصر استعمال

هذه المياه على المحاصيل المتوسطة إلى العالية فى قدرتها على تحمل الملوحة .

٤ - **الدرجة الرابعة** : تتراوح درجة التوصيل الكهربائى فيها من ٢,٢٥ - ٤,٠ مللى موز (من ١٥٠٠ - ٢٥٠٠ جزء فى المليون من الأملاح تقريباً) ، وملوحتها عالية ، ويمكن استعمالها فى رى المحاصيل ذات القدرة العالية على تحمل الملوحة عند زراعتها فى الأراضى العالية النفاذية ، بشرط توفير صرف جيد .

٥ - **الدرجة الخامسة** : تتراوح درجة توصيلها الكهربائى من ٤ر٠ - ٦ر٠ مللى موز (من ٢٥٠٠ - ٤٠٠٠ جزء فى المليون من الأملاح تقريباً) ، وملوحتها عالية جداً ، وتستعمل تحت الظروف التى تستخدم فيها مياه الدرجة الرابعة ، بشرط توفير غسيل دائم ، وإن كان لا ينصح باستعمال هذه المياه فى الرى .

٦ - **الدرجة السادسة** : تزيد درجة التوصيل الكهربائى فيها عن ٦ر٠ مللى موز (يزيد تركيز الأملاح على ٤٠٠٠ جزء فى المليون) ، وملوحتها عالية جداً بدرجة لا ينصح معها استعمال هذه المياه فى الرى (من Thorne & Peterson ١٩٥٤) .

وتجدر الإشارة إلى أن تركيز الأملاح فى الماء الأرضى يبلغ ٢ - ١٠٠ ضعف تركيزه فى ماء الرى حسب الحالة . ففى الأراضى الرملية التى تروى بغزارة قد يقترب تركيز الأملاح فى الماء الأرضى من تركيزه فى ماء الرى . أما فى الأراضى الثقيلة .. فقد يصل تركيز الأملاح فى الماء الأرضى إلى ١٠٠ ضعف تركيزه فى ماء الرى (Israelsen & Hansen١٩٦٢) .

مضار الصوديوم والبورون فى مياه الرى

يعتبر كلوريد الصوديوم هو الملح الرئيسى المسئول عن الملوحة فى مياه الرى . وعندما تزيد نسبة تركيز الصوديوم إلى الكالسيوم والمغنسيوم (بالمللى مكافىء / لتر) على الواحد الصحيح فإن الصوديوم يتراكم فى التربة ، وتصبح الأرض قلوية . ويتطلب استعمال المياه المرتفعة فى محتواها من الصوديوم عناية خاصة ، إذ يلزم توفير صرف جيد وغسيل جيد ، مع إضافة المادة العضوية لتحسين صفات التربة الطبيعية . وتلزم أحيانا إضافة الجبس الزراعى لإحلال الكالسيوم محل الصوديوم على حبيبات الطين .

وبصفة عامة .. فإن الأراضى الرملية لا تُضار من استعمال المياه المرتفعة الملوحة فى الرى . كما أن توفير الجبس فى التربة يقلل من أضرار زيادة الأملاح فى ماء الرى .

ونظراً لتفاوت المحاصيل المختلفة فى تحملها للبورون ؛ لذا .. فإن مياه الرى تقسم – من حيث نوعيتها – تقسيماً يدخل فى حسبانه درجة حساسية المحاصيل للبورون كما فى جدول (٢-٢) . ويؤدى كثرة استعمال المياه التى يزيد محتواها من البورون على جزأين فى المليون إلى إحداث مشاكل مع معظم المحاصيل الزراعية .

جدول (٢-٢) تقسيم مياه الرى حسب محتواها من البورون ومدى صلاحيتها لرى المحاصيل المختلفة.

نوعية المياه ومدى صلاحيتها للرى	الحد الأقصى لمحتوى المياه من البورون (بالجزء فى المليون) النسبة للمحاصيل		
	الحساسة للبورون	المتوسط التحمل للبورون	العالية التحمل للبورون
ممتازة	< ٠ر٣٣	< ٠ر٦٧	< ١ر٠٠
جيدة	٠ر٣٣ – ٠ر٦٧	٠ر٦٧ – ١ر٣٣	١ر٠٠ – ٢ر٠٠
مقبولة	٠ر٦٧ – ١ر٠٠	١ر٣٣ – ٢ر٠٠	٢ر٠٠ – ٣ر٠٠
مشكوك فى صلاحيتها	١ر٠٠ – ١ر٢٥	٢ر٠٠ – ٢ر٥٠	٣ر٠٠ – ٣ر٧٥
غير صالحة	> ١ر٢٥	> ٢ر٥٠	> ٣ر٧٥

وتقسم الخضروات حسب تحملها للبورون فى ماء الرى إلى الأقسام التالية :

١ – خضروات حساسة للتركيزات المنخفضة التى تصل إلى ٠,٥ – ١,٠ جزءاً فى المليون من البورون ، مثل الفاصوليا .

٢ – خضروات متوسطة التحمل ، ويمكنها النمو فى تركيزات تصل إلى ١ – ٢ جزء فى المليون من البورون ، وتشمل : البطاطا ، والفلفل ، والطماطم ، والقرع العسلى ، والذرة السكرية ، والبسلة ، والفجل ، والبطاطس ، والكرفس .

٣ – خضروات قادرة على تحمل تركيزات عالية من البورون تصل إلى ٢ – ١٠ أجزاء فى المليون ، وتشمل : الجزر ، والخس ، والكرنب ، واللفت ، والبصل ، والفول الرومى ، والقاوون ، والبنجر ، والهليون .

ومن المحاصيل الأخرى الشديدة التحمل للبورون فى مياه الرى : النخيل ، وبنجر السكر ، والبرسيم الحجازى .

وقد رتبت الخضروات فى كل مجموعة تصاعدياً حسب قدرتها على تحمل البورون (Allison ١٩٦٤) .

تقسيم الخضر حسب تحملها لملوحة التربة

تتفاوت محاصيل الخضر كثيراً فى مدى حساسيتها ، أو تحملها لملوحة التربة ، ويتضح ذلك من جدول (٢ - ٣) الذى رتبت فيه محاصيل الخضر تصاعدياً حسب تحملها لملوحة التربة ، مع مقارنتها بعدد من محاصيل الفاكهة ومحاصيل الحقل الهامة ؛ علماً بأن القيم المبينة فى الجدول هى للاسترشاد بها فقط ، أما القيم الفعلية لتحمل الملوحة .. فإنها تتوقف على الظروف الجوية ، والعوامل الأرضية ، والمعاملات الزراعية التى يُعطاها المحصول (عن Maas ١٩٨٤) .

جدول (٢-٣) : الحد الأقصى للملوحة الذى يمكن أن تتحمله محاصيل الخضر المختلفة - مقارنة بعدد من الفاكهة والمحاصيل الحقلية - وتأثير زيادة الملوحة عن ذلك فى نموها .

المحصول	الحد الأقصى لمستوى الملوحة -فى مستخلص التربة المشبع- الذى لا يحدث معه نقص فى المحصول (Ece)(أ)	النسبة المئوية للنقص فى المحصول مع كل زيادة مقدارها وحدة (ECe) عن الحد الأقصى المناسب لمستوى الملوحة
محاصيل حساسة :		
الفاصوليا	١ر٠	١٩
الجزر	١ر٠	١٤
الشليك	١ر٠	٣٣
البصل	١ر٢	١٦
البرقوق(ب)	١ر٥	١٨
المشمش(ب)	١ر٦	٢٤
البرتقال	١ر٧	١٦
الخوخ	١ر٧	٢١
الجريب فروت(ب)	١ر٨	١٦

جدول (٢-٣) : يتبع .

المحصول	الحد الأقصى لمستوى الملوحة – فى مستخلص التربة المشبع – الذى لايحدث معه نقص فى المحصول (Ece)(أ)	النسبة المئوية للنقص فى المحصول مع كل زيادة مقدارها وحدة (ECe) عن الحد الأقصى المناسب لمستوى الملوحة
محاصيل متوسطة الحساسية :		
اللفت	٩ر٠	٩ر٠
الفجل	١ر٢	١٣
الخس	١ر٣	١٣
البرسيم المصرى	١ر٥	٧ر٥
العنب(ب)	١ر٥	٩ر٦
الفلفل	١ر٥	١٤
البطاطا	١ر٥	١١
الفول الرومى	١ر٦	٩ر٦
الذرة	١ر٧	١٢
الكتان	١ر٧	١٢
البطاطس	١ر٧	١٢
قصب السكر	١ر٧	٩ر٥
الكرنب	١ر٨	٩ر٧
الكرفس	١ر٨	٦ر٢
البرسيم الحجازى	٢ر٠	٧ر٣
السبانخ	٢ر٠	٧ر٦
اللوبيا (علف)	٢ر٥	١١
الخيار	٢ر٥	١٣
الطماطم	٢ر٥	٩ر٩
البروكولى	٢ر٨	٩ر٢

جدول (٢-٣) : يتبع .

المحصول	الحد الأقصى لمستوى الملوحة – فى مستخلص التربة المشبع – الذى لايحدث معه نقص فى المحصول (Ec_e)(أ)	النسبة المئوية للنقص فى المحصول مع كل زيادة مقدارها وحدة (ECe) عن الحد الأقصى المناسب لمستوى الملوحة
محاصيل متوسطة التحمل :		
حشيشة السودان	٢ر٨	٤ر٣
بنجر المائدة(جـ)	٤ر٠	٩ر٠
الكوسة	٤ر٧	٩ر٤
اللوبيا	٤ر٩	١٢
فول الصويا	٥ر٠	٢٠
القمح(جـ)	٦ر٠	٧ر١
الذرة الرفيعة	٦ر٨	١٦
محاصيل تتحمل الملوحة :		
الهليون	–	–
نخيل البلح	٤ر٠	٣ر٦
حشيشة برمودا	٦ر٩	٦ر٤
بنجر السكر(جـ)	٧ر٠	٥ر٩
القطن	٧ر٧	٥ر٢
الشعير(جـ)	٨ر٠	٥ر٠

أ – كل وحدة EC_e : ٦٤٠ جزءاً فى المليون .

ب – قُـيِّـمَ تحمل الملوحة على أساس النمو النباتى وليس المحصول .

جـ – أقل تحملاً للملوحة أثناء إنبات البذور ونمو البادرات .

أضرار الملوحة العالية ووسائل التغلب عليها

تؤدى الملوحة الزائدة فى التربة ، أو فى ماء الرى إلى ضعف إنبات البذور بدرجة كبيرة ، وتهتك بعض أنسجة الجذور ، وموت معظم النباتات ، ويرجع ذلك إلى الأسباب التالية :

١ – زيادة الضغط الإسموزى للمحلول الأرضى ؛ وبالتالى فشل البذور والنباتات فى الحصول على كل احتياجاتها من الماء .

٢ – الضرر المباشر الذى تحدثه التركيزات المرتفعة من أيونى الصوديوم والكلور فى الأنسجة النباتية .

٣ – عدم اتزان العناصر الغذائية فى المحلول الأرضى ، وظهور أعراض نقص بعض العناصر .

٤ – الأضرار الناشئة عما تحدثه هذه الأملاح من تغيرات غير مرغوبة فى الخواص الطبيعية والكيميائية للأراضى .

ويمكن تجنب وتقليل أضرار الملوحة بمراعاة ما يلى :

١ – تفضل الزراعات الشتوية ، حيث يكون ضرر الأملاح عليها أقل مما فى الزراعات الصيفية .

٢ – تفضل الزراعة بالشتل عن الزراعة بالبذرة ؛ لأن الشتلات أكثر تحملاً للملوحة من البذور .

٣ – تفضل زراعة المحاصيل الأكثر تحملاً للملوحة .

٤ – يحسن اتباع طريقة الرى بالتنقيط ؛ لأنها تعمل على تجميع الأملاح بعيداً عن النباتات ، على أن تغسل التربة من الأملاح المتراكمة فيها قبل زراعة المحصول التالى .

٥ – عند توفر الرى .. يمكن اتباع طريقة الرى السطحى بالغمر مع الزراعة بأى من الطرق التالية :

أ – على خطوط عالية ، على أن تكون الزراعة فى النصف السفلى من ميل الخطوط ،

وأن يصل ماء الرى – عبر قنوات خطوط – إلى حد الزراعة ؛ ليكون تزهر الأملاح بعيداً عن النباتات (شكل ٢ – ٣) .

ب – فى خطوط مفردة فى منتصف مصاطب عريضة ، مع تنظيم الرى بحيث تتزهر الأملاح بعيداً عن النباتات (شكل ٢ – ٤) .

جـ فى خطوط مزدوجة على جانبى مصاطب عريضة ، مع تنظيم الرى بحيث تزهر الأملاح فى منتصف المصاطب بعيداً عن النباتات (شكل ٢ – ٥) (عن Mayberry ١٩٨٣) .

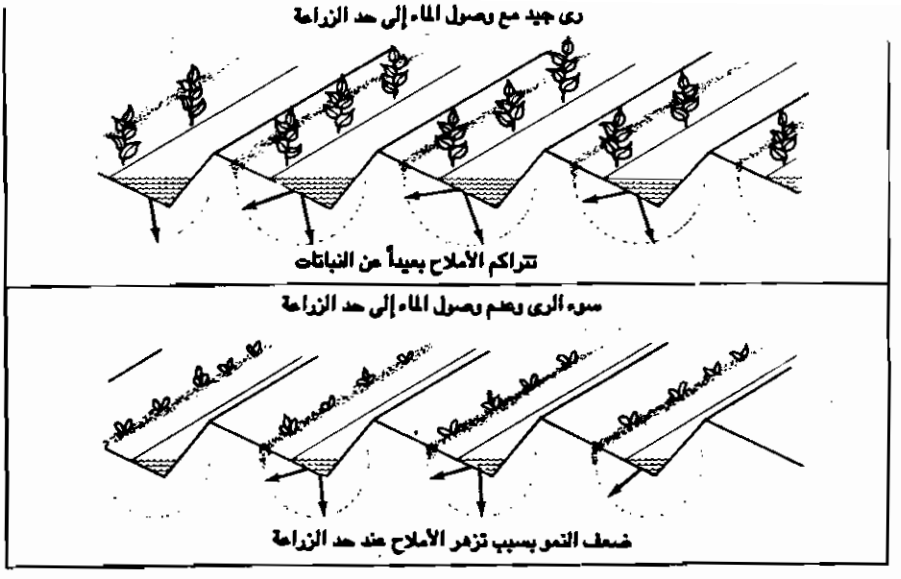
هذا .. وتجرى محاولات لتحسين إنبات البنور فى الأراضى الملحية بتعريضها لمعاملات خاصة قبل زراعتها ؛ ومن أمثله ذلك ما يلى :

أ – وجد Bano وآخرون (١٩٨٧) أن تقع بنور الطماطم فى محلول كلوريد الكولين Cho-line Chloride (وهو منظم النمو Chlornequat) بتركيز ٢ ملى مول أدى إلى تحسين إنباتها بعد ذلك فى أطباق بترى تحتوى على بيئة زراعة Hoagland & Arnon مضافاً إليها كلوريد الصوديوم بتركيزات وصلت إلى ٥٠,٠ ملى مكافىء / لتر .

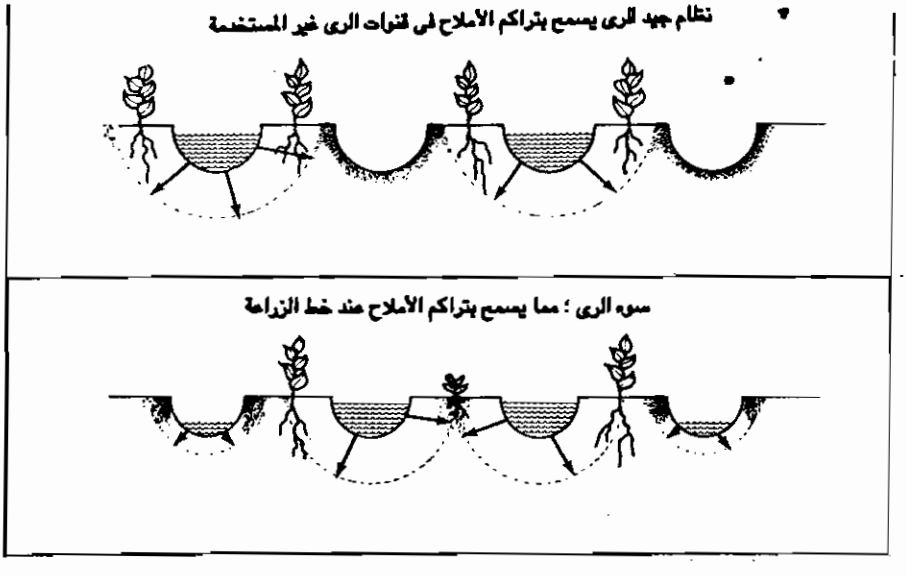
ب – وجد Wiebe & Muhyaddin (١٩٨٧) أن نقع بنور الطماطم لمدة ٨ أيام فى محلول مهوى من البوليثيلين جليكول ٤٠٠٠ (PEG 4000) بتركيزات ١٢ باراً على ١٦°م أدى إلى تحسين إنباتها عند زراعتها بعد ذلك فى تربة طمية رملية تحتوى على تركيزات تتراوح من صفر – ٨ جم من كلوريد الصوديوم ، وكبريتات المغنسيوم / كجم من التربة .

العناصر الغذائية

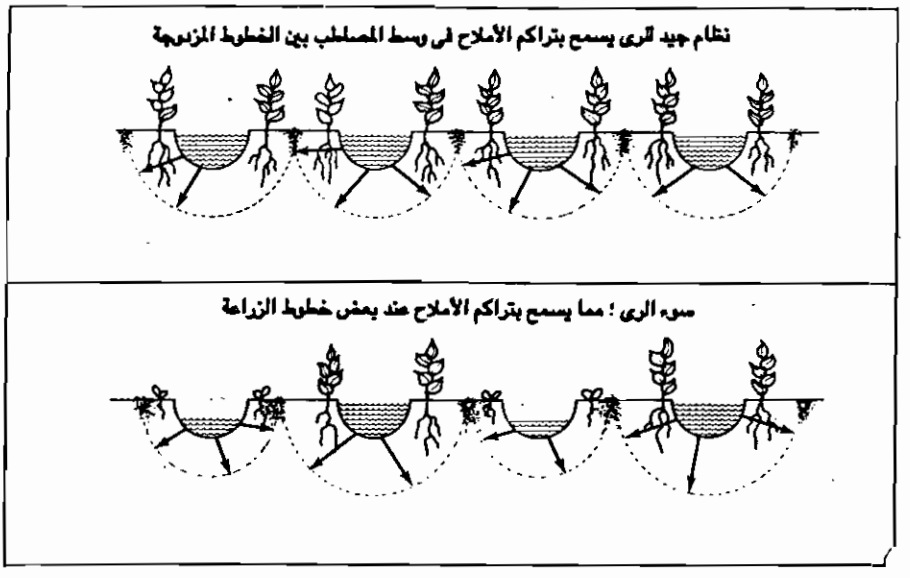
إلى جانب عناصر الكربون ، والأيدروجين ، والأكسجين التى يحصل عليها النبات من الماء وغاز ثانى أكسيد الكربون – والتى تشكل الهيكل الأساسى للمادة العضوية – فإن النبات يمتص من التربة أكثر من ٤٠ عنصراً آخر ، منها ١٢ عنصراً ضرورياً ، وهى العناصر التى يؤدى غيابها من بيئة نمو النبات إلى فشل النبات فى إكمال دورة حياته وعدم نموه بصورة طبيعية ، كما لا يمكن أن تقوم عناصر أخرى بعملها فى غيابها . أما العناصر غير الضرورية فقد تكون لها تأثيرات مفيدة بالرغم من نمو النباتات بصورة طبيعية فى غيابها .



شكل (٢ -٣) : تزهر الأملاح بعيداً عن حد الزراعة عندما تكون الزراعة على خطوط ويكون الري منتظماً .



شكل (٢-٤) : تزهر الأملاح بعيداً عن النباتات عندما تكون الزراعة في منتصف مصاطب عريضة ويكون الري منتظماً .



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 .

العناصر الدقيقة

إن العناصر الدقيقة هى العناصر التى يمتصها النبات بكميات قليلة جدا ، لذا .. فإنها تسمى بالعناصر الصغرى ، ولكنها لا تقل أهمية عن العناصر الكبرى ، إذ إن النبات لايمكنه أكمال دورة حياته فى غيابها ، وهى تشمل عناصر : الحديد ، والنحاس ، والزنك ، والمنجنيز ، والبورون ، والموليبدنم .

١ - الحديد

يدخل الحديد فى تركيب عديد من الإنزيمات اللازمة فى عملية التنفس ، وتلك المسئولة عن تمثيل جزىء الكلوروفيل ، كما يدخل فى تركيب صبغة الهيم heme ، وهى الصبغة الضرورية فى المراحل الأخيرة من التنفس .

يتميز نقص العنصر بظهور لون أصفر بين العروق فى أوراق النموات الحديثة ، التى يندر أن يعمها اللون الأصفر ، فيما عدا فى الأوراق الحديثة جداً فى حالات النقص الشديدة . ومع استمرار نقص العنصر يتحول لون الأنسجة بين العروق إلى اللون العاجى ، بينما تبقى العروق خضراء اللون .

يمتص النبات العنصر على صورة أيون الحديديك Fe^{+++} غالباً ، ولكن الصورة النشطة بيولوجيا فى النبات هى صورة أيون الحديدوز Fe^{++} . ولذا .. فإنه يتحول أولا إلى حديدوز قبل أن يستفيد منه النبات .

يثبت الحديد فى الأراضى القلوية ؛ وبذا .. يصبح غير ميسر لامتصاص النبات . ويزداد تثبيت العنصر فى الأراضى الجيرية ، لتكون كربونات الحديد ، وعند التسميد بكميات كبيرة من الفوسفات الذائبة ، لتكون فوسفات الحديد . وتزداد الظاهرة الأخيرة فى الأراضى الرملية عنها فى الأراضى الطينية ، لأن الأراضى الرملية أقل قدرة على تثبيت الفوسفات من الأراضى الطينية .

ويعد الحديد من العناصر التى تتوفر فى التربة بكميات كبيرة ، إلا أن ذلك يكون فى الصور غير القابلة للذوبان ، بينما تكون نسبة الذائب ، أو المتبادل منه منخفضة للغاية .

٢ - النحاس

يدخل النحاس فى تركيب عديد من الإنزيمات التى تلعب دوراً هاماً فى تفاعلات الأكسدة والاختزال فى النبات ، ويعد هذا العنصر ضروريا لتمثيل جزىء الكلوروفيل .

يصاحب نقص النحاس ظهور لون أصفر شاحب وباهت بالأوراق ، يعقبه فقدان اللون الأخضر كلية فى قمة الأوراق . وتظهر الأعراض على صورة احتراق (انسفاع) Scalding فى الجو الحار . ويكون نمو النباتات التى تعانى نقص العنصر بطيئاً ، وتكون أوراقها مرتخية . ويصاحب نقص العنصر فى البصل بهتان لون حراشيف الأبصال ، وسهولة انفصالها .

وأكثر الخضر حساسية لنقص النحاس هى : البنجر ، والسبانخ ، والخس ، والبصل .

يمتص النبات النحاس على صورته الأيونية Ca^{++} ، التى تدمص بشدة على سطح غرويات التربة . وبرغم توفر العنصر بكميات كبيرة مثبتاً فى صخور التربة ، إلا أنه لا يوجد منه سوى القليل جداً ذائباً فى المحلول الأرضى . ويقدر تركيزه فى المحلول الأرضى - عند توفر العنصر بكميات مناسبة - بنحو ٠,١ جزءاً فى المليون . وهو يثبت بكثرة فى الأراضى القلوية .

٣ - الزنك

يعد الزنك عنصراً ضرورياً لتكوين التربتوفان Tryptophane ، وهو الحامض الأمينى الذى يتكون منه إندول حامض الخليك IAA . ويعد العنصر ضروريا لكل من عمليات : تمثيل البروتين ، والتنفس ، وتكوين جزىء الكلوروفيل .

تظهر أعراض نقص الزنك على الأوراق الحديثة أولا على صورة لون مصفر بين العروق ، بينما تظل العروق خضراء اللون . وتكون أوراق النباتات التى تعانى نقص العنصر صغيرة ، وضيقة ، ومبرقشة ، ومشوهة ، وغير منتظمة الشكل ، وملتوية ، ومتزاحمة على أفرع قصيرة ، فتأخذ شكلاً متوردا rosette . كذلك تصبح السلاميات قصيرة ، ويبدو النبات متقزماً فى حالات النقص الشديدة ، ولذلك علاقة بتمثيل الأوكسين IAA .

ومن الأعراض الأخرى المميزة لنقص الزنك : موت أفرع النباتات المعمرة من القمة نحو القاعدة dieback ، ونقص محصول البذور في البقوليات ، وظهور لون بني محمر على الأوراق الفلقية للفاصوليا ، وظهور لون أصفر بين العروق مع احتراق حواف الأوراق في البنجر ، وظهور خطوط خضراء وصفراء عريضة عند قواعد الأوراق ، مع تأخير ظهور الحريرة ، وعدم امتلاء الكيزان جيداً في الذرة السكرية .

وأكثر الخضروات حساسية لنقص الزنك : الذرة السكرية ، والفاصوليا .

تمتص النباتات الزنك على صورة أيون العنصر Zn^{++} . ويبلغ تركيزه المناسب في المحلول الأرضي خمسة أجزاء في المليون ، ولكنه يثبت بشدة في الأراضي التي يزيد فيها الـ pH عن ٨ر٠ .

٤ - المنجنيز

يعد المنجنيز ضرورياً لتمثيل جزيء الكلوروفيل ، وهو يعمل كمنشط ، أو يدخل في تركيب عديد من الإنزيمات الهامة التي تشترك في تفاعلات الأكسدة والاختزال ، وتمثيل البروتين. ويمكن أن تقوم الكاتيونات الثنائية الشحنة الأخرى - مثل : Mg^{++} ، و Zn^{++} ، وFe^{++} - بعمله بالنسبة للإنزيمات التي تدخل في تفاعلات الأكسدة والاختزال ، كما يمكن أن يحل أيون الكوبالت Co^{++} جزئيا محلة في تركيب إنزيمين لازمين لدورة كربس ، وهما : malic dehydrogenase ، و oxalsuccinc dehydrogenase .

تظهر أعراض نقص المنجنيز على الأوراق الحديثة أولا على صورة اصفرار في المساحات بين العروق - بينما تبقى العروق خضراء - مع ظهور بقع صغيرة ميتة متحللة على امتداد وسط الورقة .

ومن الأعراض الخاصة لنقص العنصر : ظهور بقع متحللة بنية اللون في الأوراق الفلقية لكل من البسلة والفاصوليا ، وظهور خطوط صفراء اللون بأوراق البصل والذرة السكرية .

وأكثر الخضروات حساسية لنقص العنصر هي : الفاصوليا ، والبسلة ، والطماطم ، والبطاطس ، والبنجر ، والسبانخ ، والبصل ، والخس ، والفجل .

يمتص المنجنيز على صورة أيون العنصر فى صورته الثنائية Mn^{++} ، وهو يثبت بشدة فى الأراضى القلوية . يوجد معظم المنجنيز فى التربة مثبتاً فى الصورتين الثلاثية والرباعية لأكسيد المنجنيز . أما الصورة الثنائية فإن تركيزها فى المحلول الأرضى منخفض للغاية ؛ لذا .. فإن الصورة المتبادلة تعد مهمه جداً لتغذية النبات .

٥ - البورون

يلعب البورون دوراً هاماً فى انقسام الخلايا ، لذا .. ترتبط أعراض نقصه بالأنسجة النشطة فى الانقسام . وهو عنصر غير متحرك ؛ مما يعنى ظهور أعراض نقصه على الأوراق الحديثة أولا .

ومن الأعراض العامة لنقص العنصر ما يلى :

أ - انهيار خلايا الأنسجة الميرستيمية التى تحدث فيها انقسامات نشطة ، وهى القمم النامية ومناطق الكامبيوم .

ب - يترتب على (أ) تأثر الحزم الوعائية فى الجذور والسيقان ، وتعطل انتقال الماء فيها ؛ فيحدث الذبول الذى يكون غالباً بداية لظهور أعراض نقص العنصر .

جـ - ينخفض أيضاً المحتوى الكربوهيدراتى للجذور والسيقان ؛ بسبب تعطل انتقال المواد الكربوهيدراتية إليها .

د - موت القمم النامية للجذور والسيقان .

هـ - التفاف حواف الأوراق الصغيرة التى تكون أنسجتها نشطة فى الانقسام ، وقد يظهر عليها لون أصفر باهت غير منتظم التوزيع .

ومن الأعراض الخاصة لنقص عنصر البورون ما يلى :

أ - ظهور بقع فلينية سوداء ، أو بنية اللون قريباً من حلقات النمو فى البنجر .

ب - تلون أقراص القنبيط والبراعم الزهرية للبروكولى باللون البنى .

جـ - تظهر على سيقان القنبيط ، والكرنب ، والبروكولى مناطق مائية تتطور فيما بعد إلى شقوق أفقية .

د – تظهر على أعناق أوراق الكرفس من جهة الخارج خطوط بنية متحللة ، بينما تتحلل خلايا البشرة من الداخل .

هـ – تظهر على أعناق أوراق السلق خطوط قاتمة اللون من جهة الخارج ، بينما تظهر تشققات عليها من الداخل .

وقد سبق تقسيم الخضروات حسب حاجتها إلى عنصر البورون ، أو حساسيتها لزيادة تركيزه فى ماء الرى .

يمتص النبات البورون على أى من الصور التالية : $B_4O_7^{--}$ ، و $H_2BO_3^-$ ، و HBO_3^{--} ، و BO_3^{---} ، وهو من العناصر التى تثبت فى الأراضى القلوية ، خاصة عندما يتراوح pH التربة من ٧ر٥ – ٨ر٥ ، وتكثر ظهور أعراض نقصه فى الأراضى الرملية ، حيث ينخفض تركيزه فى المحلول الأرضى بشدة . وأفضل تركيز للبورون فى محلول التربة هو ما يتراوح بين ١ر٠ – ٠ر١ جزء فى المليون . وتظهر غالبا أعراض التسمم بالعنصر إذا زاد تركيزه عن ذلك المستوى .

٦ – الموليبدنم

يدخل الموليبدنم فى تركيب أحد الإنزيمات التى تعمل على اختزال النترات فى النبات إلى أمونيا . وقد لوحظ أن نقص الموليبدنم يتبعه دائماً نقص فى تركيز حامض الأسكوربيك فى النبات ، وهو الذى يحمى الكلوروبلاستيدات من أى تغير فى تركيبها . ويبدو أن للموليبدنم دوراً فى ميتابوليزم الفوسفور فى النبات .

تتميز أعراض نقص الموليبدنم بظهور بقع مصفرة غير منتظمة الشكل والتوزيع على نصل الورقة . وإلى جانب ذلك .. يموت البرعم الطرفى ، وتتشوه الأوراق الحديثة ، ولا ينمو نصل الورقة بمعدله الطبيعى ، وربما لا ينمو كلية ، ويبقى العرق الوسطى فقط ، كما يكون النمو بطيئاً والنباتات متقزمة .

ومن الأعراض الأخرى لنقص الموليبدنم ما يلى :

أ – التفاف حواف الأوراق ، وتلونها باللون الأصفر أو البنى فى كل من : الطماطم ،

والخيار ، والفاصوليا ، والبروكولى .

ب - ظهور حالة طرف السوط Whiptail (ضيق الورقة ، مع تآكل حافة النصل) فى القنبيط ، مع تكون أقراص صغيرة مفككة .

وأكثر الخضراوات حساسية لنقص الموليبدنم هى : الخس ، والفاصوليا ، والقنبيط ، والبروكولى ، والطماطم ، والخيار ، والبصل ، والسبانخ .

يمتص النبات الموليبدنم فى الصورة الأيونية $HMoO_4^-$ ، أو MoO_4^{--} ، وهو لايثبت فى الأراضى القلوية بعكس العناصر الدقيقة الأخرى . ويتراوح تركيز الموليبدات الذائبة فى التربة من ٠,٣ - ٣,٩ أجزاء فى المليون . ويدمص أيون الموليبدنم بطريقة التبادل الأنيونى ، كما فى حالة أنيونات الكبريتات ، والفوسفات (عن Devlin ١٩٧٥ ، و Lorenz & Maynard ١٩٨٠) .