حرارة الأوراق ، وانغلاق الثغور ؛ مما يؤدى إلى ضعف نمو النباتات ونقص المحصول (عن Romero-Aranda & Longuenesse ١٩٩٥) . وفى المقابل تؤدى زيادة الرطوبة الأرضية إلى غزارة النمو الخضرى على حسب الإثمار ، مع تعرض النباتات للإصابة بأعفان الجذور . ويؤدى تعرض النباتات إلى شدّ رطوبيّ معتدل (يتراوح بين Ψ_L « الـ Leaf Water Potential » مقدارها- ١,٠ ميجا باسكال من الزراعة إلى مرحلة تكوين العنقود الزهرى الثالث ، و ـ ٠,٥ ميجا باسكال بعد ذلك) إلى حفظ التوازن المطلوب بين النمو الخضرى والنمو الثمرى (Araki ١٩٩٤) .

التسميد

تقديرات احتياجات الطماطم من العناصر السمادية

كميات العناصر الممتصة

اختلفت تقديرات الباحثين بشأن كميات العناصر التى تمتصها نباتات الطماطم من التربة فى الزراعات المحمية . وقد تراوحت التقديرات للهكتار (الهكتار = ١٠٠٠٠ م^2 = ٢,٣٨ فداناً) كما يلى : النيتروجين ٢٧٣ - ٣٨٦ كجم ، والفوسفور ٣٥ - ١٠٥ كجم ، والبوتاسيوم ٥٨٠ - ٨٩٣ كجم ، والكالسيوم ٢٨٠ - ٣٤٠ كجم ، والمغنيسيوم ٤٨ - ٨٨ كجم . أما تقديرات العناصر الممتصة فى مزارع البيت موس فى البيوت المحمية ، فقد كانت أعلى من ذلك ، وبلغت : ٦١٢ كجم / هكتار للنيتروجين ،و ٩٠ كجم للفوسفور ،و ٩٦١ كجم للبوتاسيوم ،و ٢٨١ كجم للكالسيوم ،و ١٠٤ كجم للمغنيسيوم ، ومن الضرورى توفير هذه الكميات من العناصر على صورة أسمدة ؛ وذلك للحصول على أعلى إنتاجية من الزراعات المحمية (عن Adams ١٩٨٦) .

وفى نيوزيلندا . . قدر White (١٩٩٣) كميات العناصر التى امتصتها نباتات الطماطم النامية فى مزارع تقنية الغشاء المغذى (متوسطات ١٧ زراعة ، بمتوسط عمر ٣٤ أسبوعًا ، على أساس تحليل الماء والمحاليل المغذية وكميات أملاح العناصر المغذية المضافة) على النحو التالى (كجم / هكتار) :

النيتروجين ٧٩٠	الفوسفور ١٧٠
البوتاسيوم ١٤١٥	الكبريت ٢٣٧
الكالسيوم ٦٠٦	المغنيسيوم ١١٢
الصوديوم ٧٠	الكلورين ٩٧
الحديد ١٤	المنجنيز ٤,٥
الزنك ٠,٨	النحاس ٠,٥
البورون ١,٥	

وقد ازداد معدل امتصاص العناصر تدريجيا بين الزراعة وبداية الحصاد ، ثم انخفض لفترة ، ثم عاد إلى معدلاته العالية مرةً أخرى . وكان مرد الانخفاض المؤقت إلى حدوث موت لبعض الجذور عند بداية مرحلة الحمل الغزير ، وتَعَرُّض النباتات لحالة من الشدّ stress نتيجة لذلك .

وتمتص نباتات الطماطم كميات كبيرةً من الماء والعناصر المغذية يوميا ، وتزداد كمية الماء الممتصة بزيادة النمو النباتى ، وبارتفاع درجة الحرارة . ويوضح جدول (٩ ـ ١) كميات عناصر النيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم ، وكمية الماء التى يمتصها النبات الواحد من الطماطم يوميا فى مزرعةٍ مائية . يتضح من الجدول أن النباتات الصغيرة (التى فى مرحلة تفتح أزهار العنقود الأول) لا تختلف عن النباتات الكبيرة (التى فى مرحلة تفتح أزهار العنقود التاسع) ، فى الكميات التى تمتصها من عنصرى النيتروجين ، والفوسفور ، بينما تمتص النباتات الكبيرة كمياتٍ أكبر نسبيا من عنصر البوتاسيوم ومن الماء . إلا أن نتائج دراساتٍ أخرى لا تتفق مع هذه النتائج كما سيأتى بيانه فى موضعٍ لاحقٍ من هذا الفصل .

جدول (٩ ـ ١) : المعدل اليومى لامتصاص نباتات الطماطم من عناصر النيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم ، ومن الماء فى مزرعةٍ مائية .

مرحلة النمو (العنقود ذو الأزهار المتفتحة)	الامتصاص اليومى / نبات			
	النيتروجين (مجم)	الفوسفور (مجم)	البوتاسيوم (مجم)	الماء (مل)
١	١١٦	٢٢	١١٤	٦٠٨
٩	١١٤	٢٥	٢٩٣	٩٢٦

تجدر الإشارة إلى أن هذه الدراسة أجريت فى المملكة المتحدة خلال شهرى أغسطس وسبتمبر . ومن المتوقع أن تزداد كمية الماء التى يمتصها النبات يوميا عن ذلك بنحو ٥٠ ٪ فى المناطق الأكثر حرارة ، حتى إذا كانت البيوت المحمية مزودةً بوسائل التبريد ؛ ذلك لأن عملية التبريد تؤدى إلى حركة الهواء حول النباتات ، وزيادة معدلات النتح تبعًا لذلك (عن Adams ١٩٨٦) .

وبينما يتأثر امتصاص عنصرى النيتروجين والبوتاسيوم إيجابيا بدرجة حرارة الهواء وشدة الإشعاع الشمسى ، فإن امتصاص الفوسفور يكون أكثر تأثرًا بدرجة حرارة الجذور (Adams ١٩٩٣ و ١٩٩٤) .

كما يتأثر معدل امتصاص نباتات الطماطم من كلٍّ من الماء والعناصر الغذائية بشدة الإضاءة ؛ فيتضاعف امتصاص النباتات للماء عدة مراتٍ فى الإضاءة الجيدة بالمقارنة بالامتصاص الحادث فى الإضاءة الضعيفة . ومع أن أمتصاص النباتات لعنصرى النيتروجين والبوتاسيوم يزداد فى الإضاءة الجيدة أيضًا بنحو ٦٥٪ ـ ٧٠ ٪، إلاّ أن نسبة الكمية الممتصة من الماء تكون فى الإضاءة الضعيفة أكبر بكثيرٍ منها فى الإضاءة القوية . وتتضح هذه العلاقة بين شدة الإضاءة ، وامتصاص النبات للماء والعناصر الغذائية فى جدول (٩ ـ ٢) . وتبين هذه النتائج مدى أهمية أخذ عامل شدة الضوء فى الحسبان عند تحضير المحاليل المغذية وتجديدها لمزارع الطماطم المائية (عن Adams ١٩٨٦) .

جدول (٩ ـ ٢) : العلاقة بين شدة الإضاءة ، وامتصاص نباتات الطماطم للماء وعنصرى النيتروجين والبوتاسيوم .

الشهر	شدة الإضاءة ($MJm^{-2}h^{-1}$)	الامتصاص اليومى / نبات			النسبة	
		النيتروجين (مجم)	البوتاسيوم (مجم)	الماء (مل)	N/ماء	K/ماء
مارس	منخفضة : ٠,٢٤	٨,١	١٥,٧	٤٣,٢	٠,١٨٨	٠,٣٦٣
يونية	مرتفعة : ١,٩٦	١٣,٧	٢٥,٦	١٤٠,٩	٠,٠٩٧	٠,١٨٢

وتمتص نباتات الطماطم فى مزارع تقنية الغشاء المغذى ـ ١٢ ٪ فقط من احتياجاتها اليومية من الماء ، وبين ٢٨ ٪ إلى ٤٥ ٪ من احتياجاتها اليومية من مختلف العناصر المغذية خلال الليل (والرقم المقابل بالنسبة لامتصاص العناصر فى الخيار ليلاً هو من ١٨ ٪ ـ ٤٦ ٪) . ويعنى ذلك أن نسبة امتصاص العناصر إلى امتصاص الماء تكون أعلى ليلاً منها نهارًا (عن Kanahama ١٩٩٤) .

توزيع العناصر الممتصة على مختلف الأجزاء النباتية

يوضح جدول (٩ ـ ٣) كميات العناصر التى تصل إلى مختلف الأجزاء النباتية ، ونسبة ما يصل منها إلى الثمار . ويتضح من الجدول أن الثمار يصل إليها نحو ٦٠ ٪ من الكميات التى تمتصها النباتات من العناصر الأولية ؛ وهى : النيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم ، بينما يصل إليها نحو ثلث الكمية الممتصة من المغنيسيوم ، وأقل من ٥ ٪ من الكمية الممتصة من الكالسيوم . وفى دراسات أخرى بلغ الوزن الجاف لثمار الطماطم من ٥١٪ ـ ٦٣ ٪ من الوزن الجاف الكلى للنبات ؛ وذلك يدل على أن المخزون بالثمار أكثر من نصف كمية الغذاء الموجودة فى النبات ، سواء أكانت تلك المواد التى يقوم النبات بتجهيزها ، أم تلك التى يمتصها من التربة .

جدول (٩ ـ ٣) : توزيع العناصر التى تمتصها الطماطم فى الزراعات المحمية على مختلف الأجزاء النباتية (جم / نبات) .

الجزء النباتى	النيتروجين	الفوسفور	البوتاسيوم	الكالسيوم	المغنيسيوم
أنصال الأوراق	٣,٧٧	٠,٧٥	٥,٨٥	٨,٥٦	٠,٥٧
أعناق الأوراق	٠,٦٨	٠,١٧	٤,٠٧	١,٨٩	٠,٣٤
الأزهار ، وأعناق الثمار	٠,٢٢	٠,٠٤	٠,٠٣٧	٠,١٤	٠,٠٣
السيقان	٠,٨٧	٠,٢٥	٢,٣٤	٠,٩٠	٠,١٩
الجذور	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠٨	٠,٥	
الثمار	٨,٥٥	١,٨٢	١٦,٧٠	٠,٥٨	
المجموع الكلى	١٤,١٥	٣,٠٤	٢٩,٤١	١٢,١٢	١,٧٦
نسبة ما يصل إلى الثمار	٦٠,٤ ٪	٥٩,٩ ٪	٥٦,٨ ٪	٤,٨ ٪	٣٥,٢ ٪

وتؤثر الرطوبة النسبية على محتوى الأوراق والثمار من عنصرى الكالسيوم والبوتاسيوم ؛ حيث تؤدى زيادة الرطوبة إلى نقص مستوى العنصرين فى الأوراق وإلى زيادتهما فى الثمار (Adams ١٩٩٣ ، ١٩٩٤) .

تعرف الحاجة إلى التسميد من تحليل النبات

يفيد تحليل النبات فى التعرف على احتياجاته السمادية ، علمًا بأن تركيز العناصر فى النباتات التى لا تعانى نقص العناصر يقل تدريجيا مع تقدمها فى العمر . ويُبيّن جدول (٩ ـ ٤) هذه الحالة بالنسبة لزراعات الطماطم المحمية ، كما يعطى الجدول التركيزات الطبيعية لعناصر النيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم فى المراحل المختلفة للنمو معبرًا عنها برقم العنقود ذى الأزهار المتفتحة . ويلاحظ أن محتوى الأوراق من جميع العناصر يتناقص مع تقدم النبات فى العمر ، ويصل مقدار النقص فيما بين مرحلتى إزهار العنقودين الثانى والثانى عشر إلى ٣٥ ٪ فى حالتى النيتروجين ، والبوتاسيوم ،و ٢٢ ٪ فى حالة الفوسفور (عن Adams ١٩٨٦) .

جدول (٩ ـ ٤) : محتوى أوراق الطماطم فى الزراعات المحمية من عناصر النيتروجين ، والفوسفور ، والبوتاسيوم فى المراحل المختلفة من النمو النباتى(أ) .

عمر النبات معبرًا عنه برقم آخر عنقود تفتحت أزهاره	محتوى الأوراق من العنصر (٪ على أساس الوزن الجاف)		
	النيتروجين	الفوسفور	البوتاسيوم
٢	٤,٨	٠,٣٢	٥,٠
٣	٤,٠	٠,٢٤	٤,١
٥	٣,٥	٠,٣٠	٤,٢
٧	٣,٦	٠,٢١	٣,٦
٩	٣,١	٠,٢٠	٣,١
١٢	٣,١	٠,٢٥	٣,٢

(أ) أجريت التحاليل على الورقة التى توجد أسفل آخر العناقيد المزهرة مباشرة.

ويذكر Coltman & Riede (١٩٩٢) أن الاختبارات السريعة لمحتوى العصير الخلوى لأعناق الأوراق من البوتاسيوم ـ باستعمال دلائل ورقية خاصة (colorimetric paper test strips) – يفيد كثيراً فى تقدير مدى حاجة النباتات إلى التسميد بالبوتاسيوم. وقد حصل الباحثان على أعلى محصول صالح للتسويق

(٢,٧٥ كجم / نبات) ، عندما تراوح تركيز البوتاسيوم فى المحلول المغذى (للمزارع اللاأرضية) بين ١٩٠ و ٢٠٠ مجم / لتر ؛ حيث كان محتوى العصير الخلوى لأعناق الأوراق من العنصر ٥,٩ مجم / مل .

تعرف الحاجة إلى التسميد من أعراض نقص العناصر

على الرغم من أن هذا الموضوع سبق أن تناولناه بالتفصيل فى كتاب « أساسيات وفسيولوجيا الخضر » حسن ١٩٩٧ أ) ، وبإيجازٍ عام فى الفصل السابع من هذا الكتاب . . إلا أننا نورد ـ فى هذا المقام – أعراض نقص مختلف العناصر كما تظهر على نباتات الطماطم بوجهٍ خاصٍّ .

أولاً : العناصر المتحركة فى النبات

العناصر المتحركة هى تلك التى تتحرك فى النبات من الأوراق السفلى ـ عند بلوغها مرحلة الشيخوخة ، أو عند تعرض النبات لنقص العنصر ـ إلى الأوراق العليا التى تكون ما زالت نشطةً فسيولوجيا ؛ ولذا . . فإن أعراض نقص هذه العناصر تظهر أولاً على الأوراق القاعدية ، ثم تتقدم تدريجيا نحو الأوراق العليا ، ولكنها نادراً ما تظهر على أحداث الأوراق التى تكون فى قمة النبات .

وتضم العناصر المتحركة ما يلى :

١ ـ النيتروجين :

فى حالات نقص العنصر يكون النبات ضعيفًا ، وتكتسب الأوراق السفلى لونًا أخضر مصفرًا . وفى حالات النقص الشديد تكون معظم أوراق النبات ذات لونٍ أخضر شاحبٍ ، وتأخذ العروق الرئيسية فى الأوراق لونًا قرمزيا ، وتكون الثمار صغيرة الحجم .

٢ ـ الفوسفور :

فى حالات نقص العنصر يقل معدل النمو النباتى (الخضرى والجذرى ، وتكون السيقان رفيعةً . وفى حالات النقص الشديد تكون الأوراق صغيرةً ، وصلبةً

أو شبة متيبسة ، وملتفةً لأسفل . ويأخذ السطح العلوى للأوراق لونًا أخضر ضارباً إلى الزرقة ، بينما يكتسب سطحها السفلى ـ بما فى ذلك العروق ـ لونًا قرمزيا . وتظهر بالأوراق المسنة بقعًا قرمزيةً جافةً ، وتتعرض للسقوط المبكر .

٣ ـ البوتاسيوم :

فى حالات نقص العنصر تبدو الأوراق السفلية وكأنها محترقة ، وتلتف حواف الوريقات ، ويظهر بها اصفرار بين العروق ، وبقع صغيرة جافة متحللة . وتقتصر أعراض نقص العنصر فى الأوراق الوسطية على ظهور الاصفرار ما بين العروق والبقع الصغيرة الجافة . كذلك يقل معدل النمو النباتى وتبقى الأوراق صغيرة . وفى المراحل المتأخرة ينتشر الاصفرار والتحلل فى مساحاتٍ كبيرةٍ من الورقة مع تقدم ظهور الأعراض على الأوراق الأحدث . وتظهر على الثمار ظاهرة النضج المتبقع أو غير المنتظم ؛ حيث تكثر بالثمار الناضجة المساحات الخضراء والصفراء والحمراء الباهتة اللون .

٤ ـ المغنيسيوم :

يظهر ـ عند نقص العنصر ـ اصفرار فى حواف الأوراق السفلى ، يتقدم نحو الداخل فيما بين العروق الرئيسية تاركًا العروق خضراء اللون ، ثم تظهر بقع متحللة فى المناطق الصفراء بين العروق ، كما تفقد العروق الصغيرة ـ كذلك ـ لونها الأخضر . وفى حالات النقص الشديد تموت الأوراق السفلى ، ويأخذ النبات كله لونًا مصفرًا ، ويقل إنتاج الثمار .

٥ ـ الزنك :

الزنك من العناصر الصغرى المتحركة فى النبات . عند نقص العنصر تكون جميع أوراق النبات أصغر من حجمها العادى . وتظهر بقع صغيرة بنية اللون ذابلة (بها انكماش) غير منتظمة الشكل على أعناق الوريقات ، وعلى عروق الورقة وفى المساحات بين العروق ، كما تنحنى أعناق الأوراق إلى أسفل وتلتف الأوراق الكاملة بطريقةٍ حلزونية . وفى حالات النقص الشديد ينتشر التحلل والجفاف فى معظم النمو الخضرى .

ثانياً : العناصر غير المتحركة فى النبات

نظرًا لأن هـذه المجموعة مـن العناصر تثبت فـى الأنسجة التى تصل إليها ، ولا تتحرك منها بعد ذلك ، ونظراً لأن المراحل الأولى للنمو النباتى تستنفذ ـ فى حالات نقص العناصر ـ القليل الموجود منها فى بيئة الزراعة ؛ لذا . . فإن أعراض نقص هذه العناصر تظهر أولا على الأوراق العليا من النبات .

وتضم العناصر غير المتحركة ما يلى :

١ ـ الكالسيوم

الكالسيوم من العناصر الكبرى غير المتحركة فى النبات ، ويؤدى نقصه إلى اصفرار حواف الأوراق العليا ، وتحوّل سطحها السفلى إلى اللون البنى الضارب إلى القرمزى ، وخاصة عند الحواف ، وتبقى الوريقات صغيرةً ، ومشوهةً ، وتلتف حوافها إلى أعلى . ومع استمرار النقص تجف قمة الورقة وحوافها ، وتلتف أعناق الأوراق وتموت ، كما تموت القمة النامية . وفى النهاية تَصْفَرُّ كذلك الأوراق السفلية وتظهر فيها بقع متحللة . ومن أهم أعراض نقص العنصر إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى .

٢ ـ الكبريت :

الكبريت ـ كذلك ـ من العناصر الكبرى غير المتحركة فى النبات . تبدو الأوراق العليا عند نقص العنصر صلبةً أو شبة متيبسة ، وتلتف إلى أسفل ، ومع استمرار النقص تظهر بها بقع متحللة ، وتصبح صفراء اللون ، بينما تكتسب السيقان والعروق وأعناق الأوراق لونًا قزمزيا . ويظهر على الأوراق السفلية بقع متحللة عند قمة الوريقات وحوافها ، وبقع صغيرة قرمزية بين العروق .

٣ ـ الحديد :

الحديد من العناصر الصغرى ، ويعد الاصفرار أهم أعراض نقصه . يبدأ ظهور الاصفرار عند حواف الوريقات القمية ، ثم ينتشر فى كل الورقة . وفى البداية تكون

أصغر العروق خضراء اللون ؛ الأمر الذى يعطى الورقة مظهرًا شبكيا من العروق الصغيرة الخضراء فى خلفية صفراء اللون ، ولكن سرعان ما تكتسب الورقة كلها لونا أصفر شاحبًا ، ولكن لا يظهر أى تحللٍ فيها . ومع استمرار النقص تظهر الأعراض على الأوراق التى تلى القمة النامية ، فالأدنى منها . . . وهكذا . يكون النمو النباتى متقزمًا ، والسيقان رفيعةً ، والأوراق صغيرةً ، كما تفشل الأزهار فى العقد .

٤ ـ البورون :

البورون من العناصر الصغرى التى يؤدى نقصها إلى ضعف النمو الخضرى ، وجفاف وموت القمة النامية للنبات . ويظهر على الأوراق العليا للنبات المتأثر بنقص العنصر اصفرار بين العروق ، وتبرقشات فى الوريقات التى تبدو أصغر من حجمها الطبيعى ، وتلتف إلى أعلى ، وتتشوه ، ثم تكتسب لونًا بنيا وتموت . وتكتسب الأوراق الوسطية لونًا برتقاليا ضاربًا إلى الصفرة ، وتصبح العروق صفراء أو قرمزية اللون . أما الأوراق السفلية فيكون لونها أخضر ضاربًا إلى الصفرة . وتموت القمم النامية للفروع الجانبية للنبات . وتكون أعناق الأوراق سهلة الكسر . وتحدث انسدادات فى الأنسجة الوعائية للنبات .

٥ ـ النحاس :

النحاس من العناصر الصغرى التى يؤدى نقصها إلى التفاف حواف الأوراق الوسطية والعلوية على شكل اسطوانى نحو العرق الوسطى . ولا يظهر أى اصفرارٍ أو تحللٍ ، ولكن يظهر لون أخضر ضارب إلـى الزرقة ، وتكون الأوراق الطرفية صغيرةً ، وصلبةً أو شبه متيبسة ، وتلتف إلى أعلى . تنحنى أعناق الأوراق إلى أسفل ، وتتقزم الساق . ومع استمرار نقص العنصر تظهر بقع متحللة قريبًا من العرق الوسطى والعروق الكبرى وعليهما .

٦ ـ المنجنيز :

المنجنيز ـ كذلك ـ من العناصر الصغرى الذى يؤدى نقصه إلى اكتساب الأوراق الوسطى والقاعدية ـ ثم الأوراق العليا ـ لونًا باهتًا. ومن أهم ما يميز نقص العنصر

ظهور اصفرار واضح بين العروق مع بقاء العروق خضراء اللون ، ثم ظهور بقع متحللة فى المساحات الصفراء . ويكون الاصفرار أقل حِدَّةً مما فى حالة نقص الحديد ، كما لا يكون مقصورًا على الأوراق العلوية فقط مثلما تكون عليه الحال فى حالة الحديد .

٧ ـ الموليبدنم :

الموليبدنم من العناصر الصغرى التى يحتاج إليها النبات بكميات قليلة جدا . ويؤدى نقصه إلى ظهور لونٍ أخضر شاحبٍ وتبرقشاتٍ مصفرةٍ فى المساحات بين العروق فى جميع أوراق النبات . كما تفقد العروق الصغيرة لونها الأخضر . ويبدأ ظهور التحلل فى المساحات الصفراء وعند حواف وقمة الوريقات ، ثم يظهر ـ فى نهاية الأمر ـ على كل الورقة التى تجف وتنكمش . ويحدث تقدم الأعراض من الأوراق المسنة إلى الأوراق الأحدث ، ولكن تبقى الأوراق الفلقية خضراء اللون لفترةٍ طويلةٍ (عن Resh ١٩٨٥) .

مواصفات المحاليل المغذية للزراعات اللاأرضية

التركيز الكلى للأملاح

تؤدى زيادة تركيز الأملاح فى المحلول المغذى إلى نقص الوزن الجاف الكلى للنبات ، ونقص المحصول ، وصغر حجم الثمار ، دون أن تتأثر كمية المادة الجافة فى الثمرة الواحدة ، فتزيد نسبة المادة الجافة فى الثمار تبعًا لذلك . ويستفيد بعض منتجى الطماطم فى مزارع تقنية الغشاء المغذى nutrient film technique من هذه الظاهرة بزيادة تركيز المحلول المغذى كل مدةٍ لتحسين نوعية الثمار بجعلها أصغر حجمًا (تبعًا لرغبات المستهلكين) ، وأكثر احتواءً على المواد الصلبة الذائبة (عن Ehert & HO ١٩٨٦) .

ويحدث هذا التأثير سواء أكانت الزيادة فى تركيز الأملاح فى المحلول المغذى مردها إلى محتوى الماء المرتفع من كلوريد الصوديوم ، أم إلى زيادة تركيز الأملاح السمادية فى المحلول المستخدم . فمثلاً . . وجد Cerda & Martinez (١٩٨٨)

نقصاً جوهريًا فى محصول الطماطم ونموها الخضرى والثمرى بزيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى المحلول المغذى ، وكان التأثير أكبر مع زيادة تركيز الملح ، علمًا بأن التركيزات المستخدمة كانت : ٤ و ٢٥ و ٥٠ و ١٠٠ ملليمول كلوريد صوديوم / لتر .

ويبدو أن زيادة تركيز الأملاح فى المحاليل المغذية ـ بإضافة كلوريد الصوديوم إليها حتى تصل درجة توصيلها الكهربائى إلى ٥,٥ ملليموز / سم ـ ليست لها تأثيرات سلبية على محصول الطماطم فى الوقت الذى تؤدى فيه إلى زيادة محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية ، لكن مع التأثير سلبيا على محتواها من الكالسيوم . وقد انخفض تركيز الكالسيوم فى الثمار عندما زِيد تركيز الأملاح ليلاً ، بينما لم تكن لزيادة تركيز الأملاح نهارًا تأثير مماثل . ومرد ذلك إلى أن نسبة الكالسيوم الممتص ـ التى تنتقل إلى الثمار ـ تكون أعلى ليلاً منها نهارًا .

ويذكر Adams (١٩٩٣) ازدياد حالات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى عند زيادة التركيز الكلى للعناصر المغذية عما فى حالة زيادة تركيز ملح كلوريد الصوديوم منفردًا .

وقد وجد Adams & Ho (١٩٨٩) أن زيادة تركيز الأملاح بزيادة أيٍّ من العناصر المغذية (البوتاسيوم ، أو المغنيسيوم ، أو النيتروجين النتراتى) ، أو كلوريد الصوديوم أحدثت تأثيراتٍ متشابهةً ؛ فكان المحصول دائمًا منخفضًا عندما كانت درجة التوصيل الكهربائى ثابتةً عند ٨ ملليموز / سم . وكان مرد ذلك إلى نقص وزن الثمرة خلال الأربعة أسابيع الأولى من الحصاد ، وإلى نقص عدد الثمار ـ أيضاً ـ بعد ذلك . وكان لتبادل استعمال محاليل ملحيةٍ بتركيزاتٍ مرتفعةٍ (٨ ملليموز / سم) نهارًا ، ومنخفضة (٣ ملليموز / سم) ليلاً تأثيراتٍ سلبيةً على النباتات أكثر وضوحًا من تأثير استعمال محلولٍ ملحيٍّ واحد بتركيز متوسط (٥,٥ ملليموز / سم) .

كما قارن Adams (١٩٩١) تأثيرات مستويات ملوحة ٣ ،و ٨ ،و ١٢ ملليموز / فى المحاليل المغذية فى مزارع الصوف الصخرى (حيث زيدت الملوحة فى التركيزات

العالية ؛ إما بزيادة تركيز العناصر المغذية ، وإما بإضافة كلوريد الصوديوم) ، ووجد أن زيادة الملوحة قد صاحبها نقص متزايد فى المحصول ، ولكن مع زيادة مقابلة فى نسبة الثمار العالية الجودة . وكانت استجابة الطماطم متماثلةً لمصدرى الأملاح عند مستوى ملوحة ٨ ملليموز / سم . ولكن عند مستوى ملوحة ١٢ ملليموز / سم كان استعمال العناصر المغذية فى الوصول إلى هذا المستوى من الملوحة أشدّ تأثيراً على إنقاص وزن الثمرة وخفض وزنها الجاف ومحتواها من السكر عما كان لاستعمال كلوريد الصوديوم . كذلك ازدادت حموضة عصير الثمار ومحتوى الثمار الكلى من الأحماض عند مستويى الملوحة ٨ ، و١٢ ملليموز / سم ، ولكن التأثير كان أوضح عند استعمال العناصر المغذية لأجل الوصول إلى هذه المستويات العالية من الملوحة فى المحاليل المغذية مقارنةً باستعمال كلوريد الصوديوم .

كما وجد أن زيادة تركيز المحلول المغذى من نصف التركيز القياسى إلى التركيز القياسى ، وإلى ضعف التركيز القياسى (كان التوصيل الكهربائى للمحاليل المستعملة ١,٢ ،و ٢,٤ ،و ٤,٠ ملليموز / سم على التوالى ، علمًا بأن تركيز الأيونات فى المحلول القياسى بالمللى مكافئ / لتر كانت كما يلى : ١٦ NO_3 ، و ١,٣NH_4 ،و ٤ P ،و ٨ K ،و ٨ Ca ،و٤ Mg) أدت إلى زيادة معدل تشقق ثمار الطماطم الكريزية ، مع نقص وزن الثمرة ونقص الجهد المائى للأوراق والثمار ،و زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى الثمار (Ohta وآخرون ١٩٩٣ و ١٩٩٤).

وتؤدى زيادة ملوحة المحلول المغذى إلى نقص محتوى الأوراق والثمار من البوتاسيوم وإلى نقص محتوى الثمار من كلٍّ من الكالسيوم والمغنيسيوم (Adams ١٩٨٤) .

ويمكن ـ بزيادة تركيز البوتاسيوم فى المحلول المغذى ـ تقليل الآثار الضارة التى تحدثها زيادة تركيز كلوريد الصوديوم فيها . فمثلاً . . وجد أن وجود ملح كلوريد الصوديوم فى المحلول المغذى بتركيز ٥٠ مللى مول أحدث نقصًا جوهريا فى كلٍّ من طول النبات ، ووزن الثمرة ،و الوزن الجاف الكلى للنبات ، ولكنه أحدث ـ كذلك ـ زيادةً فى عدد الثمار / نبات ، ومحتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية .

وأدت إضافة نترات البوتاسيوم ـ إلى هذا المحلول المغذى الملحى ـ بتركيز ٤ أو ٨ ملل مول إلى إحداث تحسنٍ جوهريٍ فى طول الساق ، ونسبة عقد الثمار ، وعدد الثمار / نبات ، ووزن الثمرة ، والوزن الجاف الكلى للنبات ، دون التأثير على نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية المرتفعة التى أحدثتها زيادة تركيز كلوريد الصوديوم (Satti & Lobez ١٩٩٤). كما أدت إضافة البوتاسيوم أو الكالسيوم إلى المحلول المغذى الملحى إلى زيادة تراكم البوتاسيوم فى النباتات بنسبة ٣٠٠ ٪ إلى ٧٠٠ ٪ فى مختلف أصناف الطماطم . وأحدثت إضافة البوتاسيوم تحسنًا واضحًا فى نمو وتطور النباتات . كذلك أحدثت إضافة الكالسيوم تحسنًا مماثلاً ، ولكن بدرجةٍ أقل مما فى حالة البوتاسيوم (عن Satti وآخرين ١٩٩٤) .

العناصر الكبرى

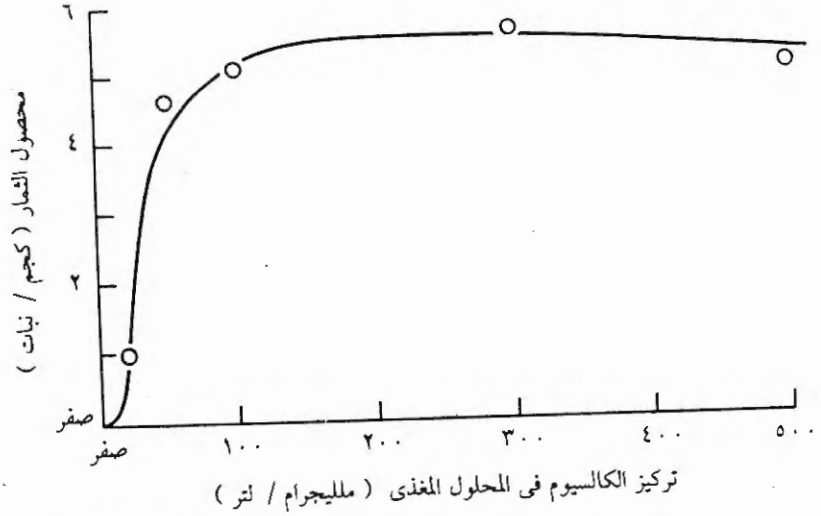
يتفق كثير من الباحثين على أن أنسب تركيز للنيتروجين فى المحاليل المغذية للطماطم فى المزارع المائية هو ٢٠٠ جزءً فى المليون . ولكن تستعمل فى فلوريدا خمسة تركيزات من النيتروجين فى المحاليل المغذية ؛ تبدأ بتركيز ٧٠ جزءًا فى المليون فى مراحل النمو الخضرى الأولى ، وتزداد تدريجيا مع تقدم نمو وتطور النباتات ، إلى أن يصل تركيز النيتروجين إلى ١٥٠ جزءًا فى المليون أثناء مرحلة الإثمار الغزير . ويفيد ذلك فى خفض معدلات إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى ، الذى يصاحب ـ عادةً ـ حالات النمو الخضرى المبكر الغزير ، الذى قد يحدث نتيجة لزيادة امتصاص النباتات للنيتروجين فى مراحل نموها الأولى (عن Schon وآخرين ١٩٩٤) .

ويذكر Chi & Han (١٩٩٤) أنه بجعل تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى ٤ ملل مكافئ / لتر (مقارنةً بتركيزات ١ و ٢ و ٨ و ١٦ ملل مكافئ / لتر) أمكن تجنب النمو الخضرى الغزير دون التأثير على محصول الثمار .

ويزداد محصول الطماطم تدريجيا بزيادة مستوى البوتاسيوم أو الكالسيوم فى المحلول المغذى ، إلى أن يصل تركيز أيٍّ منهما إلى حوالى ١٢٥ جزءًا فى المليون . وتتوقف الزيادة فى المحصول بعد ذلك على زيادة تركيز أيٍّ منهما .

ويتأثر نمو الطماطم ـ بشدةٍ ـ بنقص الكالسيوم فى مراحل النمو الأولى ؛ حيث تظهر الأعراض على الأوراق القمية وعلى الثمار الصغيرة فى خلال أسبوعين من التعرض لنقص العنصر . وأكثر الثمار حساسيةً لنقص الكالسيوم هى التى يتراوح عمرها بين ٧ أيام و ١٠ أيام من العقد ؛ حيث تكون أكثر تعرضا للإصابة بتعفن الطرف الزهرى . ويزداد تأثر النباتات بنقص الكالسيوم فى ظروف الإضاءة القوية عنه فى ظروف الإضاءة الضعيفة . ويؤدى نقص الكالسيوم فى مراحل النمو المبكرة إلى تأخير ظهور أعراض نقص المغنيسيوم ، بينما يؤدى نقصه فى مراحل النمو التالية إلى منع ظهور أعراض نقص المغنيسيوم ، أو خفض حدة أعراض نقصه التى قد تكون متواجدة بالفعل (Sonneveld & Voogt ١٩٩١) .

ويوضح شكل (٩ ـ ٤) تأثير تركيز الكالسيوم فى المحلول المغذى على محصول الطماطم ، ويتبين منه زيادة المحصول بزيادة تركيز العنصر حتى ١٠٠ جزءٍ فى المليون (١٠٠ مجم / لتر) .



شكل (٩ ـ ٤) : تأثير تركيز الكالسيوم فى المحلول المغذى على محصول الطماطم (عن Adams ١٩٨٦) .

العناصرالدقيقة

تؤثر العناصر الدقيقة تأثيراً مباشراً على محصول الطماطم . وتبدو هذه العلاقة واضحةً بالنسبة لعنصر البورون فى جدول (٩ ـ ٥) الذى يبين تأثير تركيز البورون فى المحلول المغذى على عدد الثمار التى ينتجها النبات، والمحصول فى مزرعةٍ رمليةٍ ، كما يبين جدول (٩ ـ ٦) تأثير نقص عناصر النحاس ، والحديد ، والمنجنيز ، والزنك ـ كل على انفراد ـ على النمو النباتى والمحصول ، ويتضح من الجدول أن نقص أيٍّ من هذه العناصر يؤثر بشدة على نبات الطماطم . وقد تراوح النقص فى المحصول بين ٥٦,٥ ٪ فى حالة نقص الزنك ، و ٩٥,٩ ٪ فى حالة نقص النحاس (عن Adams ١٩٨٦) .

جدول (٩ ـ ٥) : تأثير تركيز البورون فى المحلول الكلى ، وعدد الثمار التى ينتجها النبات فى مزرعةٍ رملية .

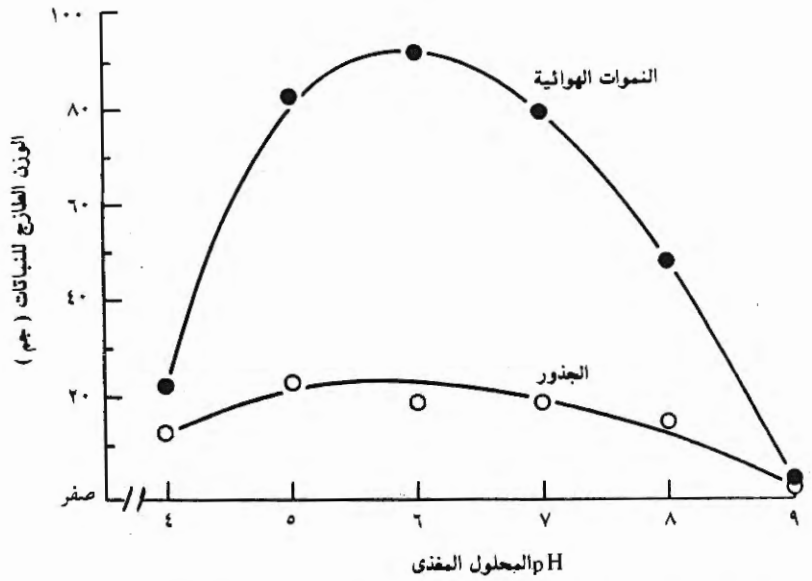
تركيز البورون فى المحلول المغذى (جزء فى المليون)	عدد الثمار التى ينتجها النبات	وزن الثمار / نبات (جم)
٠,٠٠٨	٢٠	١٧٨٦
٠,٠١٥	٢٨	١٩٩١
٠,٠٣٠	٣٦	٢٦٧٤
٠,٠٦٠	٥٠	٢٧٠٤
٠,٢٠٠	٥٨	٣٥٨٩

جدول (٩ ـ ٦) : تأثير نقص عناصر النحاس ، والحديد ، والمنجنيز ، والزنك ـ كلٍّ على انفراد ـ من المحلول المغذى على النمو الخضرى ، والمحصول فى الطماطم .

المحلول المغذى	طول النبات (سم)	الوزن الجاف للنبات (جم)	عدد الثمار / نبات	المحصول / نبات (جم)
يحتوى على جميع العناصر	٣٠٧	٣٣٩	٣٦	١٧٤٧
به نقص فى النحاس	١٦٣	٢٨	٢	٧٢
به نقص فى الحديد	١٧٢	٧٨	١٠	٤٠١
به نقص فى المنجنيز	١٧٩	٩٩	٨	٤٤٧
به نقص فى الزنك	٢٣٠	١٧٩	١٢	٧٦٠

رقم الحموضة (الـ pH)

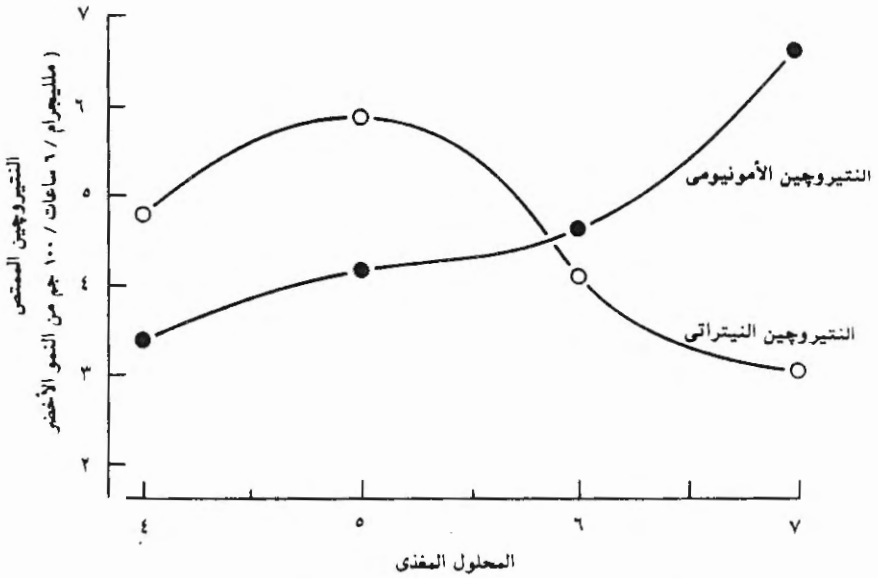
يؤثر pH المحلول المغذى تأثيراً مباشراً على نبات الطماطم ، بينما يتأثر النمو الخضرى بدرجةٍ أكبر بكثيرٍ من النمو الجذرى ، وتبدو هذه العلاقة واضحةً فى شكل (٩ ـ ٥) . ويتراوح أفضلpH لنبات الطماطم بين ٥,٥ و ٦,٥ ؛ كما يؤدى ارتفاع أو نقص الـ pH عن ذلك إلى تدهورٍ كبيرٍ فى النمو النباتى .



شكل (٩ ـ ٥) : تأثير pH المحلول المغذى على النمو الخضرى ، والجذرى لنبات الطماطم .

كما يؤثر pH المحلول المغذى أيضًا على امتصاص النيتروجين فى صورتيه النتراتية ، والأمونيومية (شكل ٩ ـ ٦) . فبينما تزداد كمية النيتروجين الأمونيومية التى يمتصها نبات الطماطم بزيادة pH المحلول المغذى تدريجيا من ٤ إلى ٧ ، فإن كمية النيتروجين النتراتية الممتصة تكون أعلى ما يمكن فى pH ٥,٠ ، وتقل بزيادة أو نقص الـ pH عن ذلك (عن Adams ١٩٨٦) .

وتؤدى ـ كذلك ـ زيادة pH المحلول المغذى إلى نقص تيسر كلٍّ من : الفوسفور ، والبورون ، والنحاس ، والحديد (Adams ١٩٩٤) .



شكل (٩ ـ ٦) : تأثير pH المحلول المغذى على امتصاص عنصر الأزوت بصورتيه النتراتية والأمونيومية .

التهوية

تعد تهوية المحاليل المغذية أمرًا ضروريًا لتوفير الأكسجين اللازم لتنفس الجذور . ويؤدى سوء التهوية إلى ضعف النمو النباتى ، وقلة امتصاص العناصر ، ويتضح ذلك جليا من جدول (٩ ـ ٧) الذى يعطى مقارنةً بين كميات أيونات البوتاسيوم ، والنترات ، والفوسفات ، والكالسيوم ، والمغنيسيوم التى تمتصها نباتات الطماطم من المحاليل المغذية المهواة جيدًا وغير المهواة (عن Adams ١٩٨٦) .

جدول (٩ ـ ٧) : تأثير pH تهوية محلول هوجلاند المغذى على امتصاص الطماطم لبعض الأيونات (مللى مكافئ) .

الأيون	الكمية الممتصة من المحاليل المغذية	
	غير المهواة	المهواة جيداً
البوتاسيوم K^+	٥٠٦	٧٣٨
النترات NO_3^-	٧٧٦	١٠٧٤
الفوسفور $H_2PO_4^-$	١١٨	١٦٠
الكالسيوم Ca^{++}	٣٢٩	٤٤٥
المغنيسيوم Mg^{++}	١٤١	١٩٧

برنامج التسميد للزراعات المائية

نظرًا لأن الزراعات المائية تعتمد فى تغذيتها على المحاليل المغذية (وهى التى تناولناها بالشرح المفصل فى الفصل الرابع) ؛ لذا .. فإنه لا يمكن الحديث عن برامج للتسميد فى المزارع المائية بالمعنى المفهوم لذلك . وأهم ما يرغب المنتج فى الإلمام به ـ فى هذا الخصوص ـ هو حاجة النباتات اليومية من مختلف العناصر ، والتى يمكن الاسترشاد بها فى تحضير المحاليل المغذية ، وحساب كميات الأسمدة التى تجب إضافتها إليها أسبوعيا لتعويض ما تمتصه النباتات منها . ويجد القارئ فى جدول (٩ ـ ١٠) هذه المعلومات ـ بصورةٍ تقريبية ـ بالنسبة لمحصول الطماطم فى مزارع تقنية الغشاء المغذى . وقد أوردنا هذا الجدول للاسترشاد به بالنسبة للاتجاه العام فقط ، مع الأخذ فى الحسبان أن الأرقام التى وردت فيه يمكن أن تختلف كثيراً عن ذلك فى الظروف المختلفة ومع الأصناف المختلفة .

برنامج التسميد للزراعات الأرضية

نُذكّر ـ بدايةً ـ بكميات الأسمدة التى سبقت إضافتها فى باطن مصاطب الزراعة أثناء إعداد التربة للزراعة ؛ وهى كما يلى (لكل صوبةٍ مساحتها ٥٠٠ م^2 تقريبًا) :

٥ م^3 سمادًا بلديا ، أو ٢,٥ م^3 سماد أغنامٍ أو خيولٍ ، أو ١ م^3 زرق دواجن .

٢٠ كجم نيتروجينًا (أى حوالى ١٠٠ كجم سلفات نشادر) .

١٥ كجم P_2O_5 (أى حوالى ١٠٠ كجم سوبر فوسفات عادى) .

٢٥ كجم K_2O أى حوالى ١٠٠ كجم سلفات بوتاسيوم) .

٢,٥ كجم MgO (أى حوالى ٢٥ كجم سلفات مغنيسيوم) .

٥٠ كجم كبريتًا زراعيا .

أما برنامج التسميد التالى للزراعة فإنه يتعين أن يأخذ فى الحسبان استمرار إمداد النباتات باحتياجاتها من جميع العناصر الضرورية ـ الكبرى والصغرى ـ مع مراعاة التوازن فيما بينها ، واختلاف حاجة النباتات من كلٍّ منها باختلاف مرحلة النمو النباتى .

جدول (٩ ـ ١٠) : كمية العناصر التى تمتصها نباتات الطماطم بالملليجرام / نبات أسبوعيا فى مزارع تقنية الغشاء المغذى (عن Cooper ١٩٧٩) .

الأسبوع	النيتروجين	الفوسفور	البوتاسيوم	الكالسيوم	المغنيسيوم	الحديد	المنجنيز	البورون	النحاس
١	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٢	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٣	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٤	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٥	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٦	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٧	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٨	١٤	٥٦	٤٩	٧	٤	٢	٠,٠٦	٠,٠١	٠,٠١
٩	٣٨٥	٤١٣	٤٣٤	٨٤	٢٠	١٠	٠,٣٠	٠,١٣	٠,١٧
١٠	٤٧٦	٤٩٧	٧٣٥	٢١٧	٥٨	١٥	٠,٥٨	٠,١٥	٠,٢١
١١	٧١٤	٥١٨	٩٧٣	٤٤٨	٧٤	٢٠	٠,٨٠	٠,٧٤	٠,٤٥
١٢	٦٧٢	٧٠٧	١٠٥٧	٤٢٠	٦٢	١٨	٠,٨٥	٠,٤٧	٠,٣٩
١٣	٩٥٢	٩١٧	١٥٦١	٦٠٩	١٢٢	٢٤	١,١٤	٠,٥٠	٠,٥٥
١٤	٨٧٥	٩١٧	١٧١٥	٤٥٥	٨٨	٢٤	١,١٢	٠,٦٥	٠,٥٢
١٥	١٢٣٢	١٠٥٠	٢٩٦٨	٥٠٤	٨٠	٤٨	٠,٠٩	٠,٥٣	٠,٤٩
١٦	٩٧٣	١٠٥٠	٢٣٨٠	٤٩٧	٦٤	٤٨	٠,٩٤	٠,٦٤	٠,٠٧
١٧	٨٥٤	٩٥٢	٢٠٥١	٣٧١	١٨	٣٣	٠,٦٥	٠,٤١	صفر
١٨	٩٧٣	١٢٢٥	٢١٨٤	٤٦٢	٦٢	٤٤	٠,٧٩	٠,٦٣	صفر
١٩	١١٦٢	١٢٧٤	٢٢٤٧	٥٦٧	١٠١	٧٨	٠,٩٧	٠,٥٩	٠,٠٩
٢٠	١١٥٥	١٢٩٥	٢٤٠٨	٦٥٨	٦٤	٦٨	٠,٦٧	٠,٧٥	٠,٠٤
٢١	١١٩٠	١٢٦٧	٢٢٥٤	٧٨٤	١٦١	٦٩	١,٣٠	٠,٦٠	٠,٤٤
٢٢	١١٣٤	١٥٤٠	٢١٨٤	٦٧٩	١٣٠	٧٥	١,٠٤	١,٠٨	٠,١٧
٢٣	١٠٩٩	١٢٦٧	٢١١٤	٧٤٢	١٣١	٦٧	١,١٢	٠,٦٥	٠,٢٧
٢٤	١٠٩٩	١٢٦٧	٢١١٤	٧٤٢	١٣١	٦٧	١,١٢	٠,٦٥	٠,٢٧

توصى وزاة الزراعة المصرية (مشروع الزراعة المحمية ـ وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ـ جمهورية مصر العربية ١٩٨٩) بالتسميد بالعناصر الكبرى مع ماء الرى بالتنقيط ، مع تخصيص يومين للتسميد بكلٍّ من نترات النشادر ، وحامض

الفوسفوريك ، وسلفات البوتاسيوم ، وسلفات المغنيسيوم معًا ،ويخصص يوم ثالث للتسميد بنترات الكالسيوم ، ويترك اليوم الرابع دون تسميد ، ثم تعاد الدورة . . . وهكذا حسب البرنامج التالى (فى الأراضى الصحراوية) :

السماد	كمية السماد بالجرام /م٣ من مياه الرى خلال شهور							
	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونية
نترات النشادر	٤٠٠	٥٠٠	٤٠٠	٣٠٠	٢٠٠	١٥٠	١٥٠	١٠٠
حامض الفوسفوريك	١٠٠	١٥٠	٢٠٠	٢٥٠	٢٥٠	٢٥٠	٢٠٠	١٥٠
سلفات البوتاسيوم	٣٥٠	٦٠٠	٨٥٠	٨٥٠	٧٠٠	٧٠٠	٦٠٠	٥٠٠
سلفات المغنيسيوم	٥٠	٧٥	١٢٥	١٢٥	١٢٥	١٠٠	٧٥	٧٥
نترات الكالسيوم	-	-	٣٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٣٠٠	٢٠٠	١٥٠

ومن الطبيعى أن كميات الأسمدة الكلية التى تضاف إلى كل صوبةٍ تتوقف ـ تبعًا لهذا البرنامج ـ على كمية مياه الرى المستعملة ، وهى التى تتوقف على كلٍّ من مسامية التربة ، ومرحلة النمو النباتى ، ودرجة الحرارة السائدة . وقد سبق أن تناولنا موضوع الرى بالشرح فى الفصل السابع ، وأوضحنا أن كمية مياه الرى المستعملة يوميا تكون فى الأراضى الصحراوية حوالى ١/٢ م٣ / صوبة مساحتها ٥٤٠ م٢ فى بداية حياة النباتات (بعد الشتل مباشرةً) تزداد تدريجيا ، إلى أن تصل إلى حوالى ٥ م٣ صوبة وقت الذروة .

ويفترض هذا البرنامج أن الشتل يجرى حوالى منتصف شهر نوفمبر أو قبل ذلك بقليل . وتعد كميات الأسمدة الموضحة هى الحدود القصوى للتسميد بالعناصر الكبرى ، وإذا لوحظت أعراض غير طبيعيةٍ ناشئة عن زيادة معدلات التسميد ، فإن التسميد يمكن تقليله بزيادة عدد أيام الرى بدون تسميد ، أو بخفض كميات السماد المبينة / م٣ من مياه الرى بنسبةٍ معينةٍ حسب الحالة ، أو بتقصير فترة الرى اليومية بالسماد مع إكمال الرى بدون سماد .

أما العناصر الصغرى فإنها تضاف رشا بنسبة ٢,. ٪ (٢٠٠ جم من سماد العناصر الصغرى / ١٠٠ لتر ماء) كل أسبوعين .

ونقدم ـ فيما يلى ـ برنامجًا آخر للتسميد التالى للشتل ـ فى الأراضى الصحراوية ـ يُعدّ وسطًا بين التوصيات المتحفظة وتلك المغالى فيها . يعتمد التسميد فى هذا البرنامج ـ كالعادة ـ على إضافة أسمدة العناصر الكبرى مع مياه الرى بالتنقيط ، مع الاعتماد على المصادر التالية لمختلف العناصر :

العنصر	الأسمدة
النيتروجين	نترات النشادر بصورة أساسية.
	اليوريا فى بداية حياة النبات وفى الجو البارد ، ولكن يفضل ـ عند استعمالها ـ أن يكون ذلك بالتبادل مع المصادر الآزوتية الأخرى.
	سلفات النشادر : يكون استعمالها مع نترات النشادر واليوريا أو بالتبادل معهما
	حامض النيتريك : يستعمل فى إذابة سلفات البوتاسيوم.
	نترات الكالسيوم : قد تستعمل عند الحاجة إلى التسميد بالكالسيوم.
	فوسفات أحادى الأمونيوم : يؤخذ فى الحسبان ما يضاف من الآزوت عند استعمال السماد كمصدر للفوسفور
	فوسفات ثنائى الأمونيوم : يؤخذ فى الحسبان ما يضاف من الأزوت عند استعمال السماد كمصدر للفوسفور.
الفوسفور	حامض الفوسفوريك : هو المصدر المفضل للفوسفور لأجل خفض pH مياه الرى ، والمساعدة على ذوبان الأملاح المترسبة فى شبكة الرى.
	فوسفات أحادى الأمونيوم.
	فوسفات ثنائى الأمونيوم.
البوتاسيوم	سلفات البوتاسيوم : يستعمل رائق السماد أو يُذاب السماد بواسطة حامض النيتريك كما سبق بيانه فى الفصل السابع.

وباستثناء سماد نترات الكالسيوم ـ الذى يجب أن يُسمد به منفردًا ـ فإن جميع الأسمدة الأخرى يمكن إضافتها مجتمعةً . كذلك لا يجوز استعمال أملاح السلفات (الكبريتات) والفوسفات عند احتواء مياه الرى على تركيزات عالية ـ طبيعية ـ من الكالسيوم ؛ ذلك لأن كايتون الكالسيوم يتفاعل مع الأنيونات الأخرى ؛ ليكون أملاحًا غير ذائبة مثل الجبس (كبريتات الكالسيوم) ، وفوسفات ثلاثى الكالسيوم (عندما يكون pH مياه الرى أكثر من ٧,٠) .

يكون التسميد (لكل صوبةٍ مساحتها ٥٠٠ م٢) كما يلى :

تعطى كل جورةٍ (حفرة زراعة) ـ عند الشتل (بعد وضع الشتلة فى الحفرة وقبل الترديم عليها) ـ حوالى ١٢٥ مل (سم٣) ـ أى ملء نصف كوبٍ ماءً ـ من سمادٍ بادئٍ يُحضر بإذابة سمادٍ مركبٍ (ورقيّ) ـ غنى بكلٍّ من النيتروجين الأمونيومى والفوسفور ـ فى الماء بنسبة ٠,٢ ٪ (٢٠٠ جم من السماد / ١٠٠ لتر ماء) .

وإذا أخذنا فى الحسبان كميات العناصر السمادية المضافة قبل الزراعة ، وما تعطاه كل صوبة من عناصر سماديةٍ مع مياه الرى بالتنقيط بعد الشتل .. فإننا نجد أن توزيع إضافة العناصر السمادية (بالكيلو جرام) يكون ـ أسبوعيا ، وعلى مدى خمسة شهورٍ بعد الشتل ـ على النحو التالى :

الأسبوع بعد الشتل	عدد الأسابيع	N	P_2O_5	K_2O	MgO
قبل الزراعة	–	٢٠	١٥	٢٥	٢,٥
الثانى إلى الرابع (نمو خضرى قوى)	٣	١,٥	٠,٧٥	١,٠	٠,٢
الخامس إلى السابع (الإزهار والعقد)	٣	٢,٠	١,٥	١,٥	٠,٢
الثامن إلى الثانى عشر	٥	٢,٥	١,٠	٢,٥	٠,٢٥
الثالث عشر إلى السادس عشر	٤	٢,٠	٠,٧٥	٢,٥	٠,٢٥
السابع عشر إلى العشرين	٤	١,٥	٠,٥	٢,٥	٠,٢
الحادى والعشرون إلى الثانى والعشرين	٢	–	–	–	–
إجمالى الكمية المضافة	–	٥٧	٣٢	٦٠	٦

تحسب كميات الأسمدة المطلوبة لكل أسبوعٍ ، وتتم إضافتها على مدى ٥ ـ ٦ أيام ، مع تخصيص يومٍ واحدٍ أو يومين غير متتابعين ـ أسبوعيا ـ للرى فقط بدون إضافة أسمدة ؛ بهدف خفض تركيز الأملاح فى منطقة نمو الجذور . وقد تُجزّأ كميات الأسمدة بالتساوى على أيام التسميد وتضاف معًا ـ وهذا هو الإجراء المفضل ـ أو يخصص يومين لكلٍّ من : الأسمدة الآزوتية ، والأسمدة الفوسفاتية ، والأسمدة البوتاسية ، مع إضافة سلفات المغنيسيوم مع أية مجموعةٍ منها .

وإذا كان استعمال الأسمدة المركبة اقتصاديا .. فإنه يمكن الاستعانة بها ، مع خفض كميات الآزوت والبوتاسيوم التى تُعطاها النباتات إلى نحو ٦٠ ٪ ـ ٧٥ ٪ من

الكميات الموصى بها ؛ ذلك لأن النباتات تستفيد منها بكفاءةٍ أعلى من الأسمدة التجارية البسيطة . وأما الكميات المخصصة من الفوسفور فإنها لا تُخفض ؛ لأن كفاءة استفادة النباتات من حامض الفوسفوريك ـ الموصى به للتسميد مع مياه الرى بالتنقيط ـ تكون عاليةً أصلاً .

وتحتاج الطماطم ـ بالإضافة إلى ما سبق بيانه من عناصر سماديةٍ ـ إلى ما يلى :

١ ـ الكبريت :

تحصل عليه النباتات من الكبريت الزراعى المضاف قبل الزراعة ، وكذلك من كلٍّ من : السوبر فوسفات العادى ، وسلفات الأمونيوم ، وسلفات البوتاسيوم .

٢ ـ الكالسيوم :

تحصل النباتات على جزءٍ كبيرٍ من احتياجاتها من الكالسيوم من سوبر فوسفات الكالسيوم المضافة قبل الزراعة ، لكن يلزم ـ كذلك ـ التسميد بنترات الكالسيوم ، أو برائق نترات الكالسيوم الجيرية ، ابتداء من الأسبوع السابع بعد الشتل ، ولمدة ١٤ أسبوعًا على النحو التالى (لكل صوبةٍ مساحتها ٥٠٠ م٢) :

الأسبوع بعد الشتل	عدد الأسابيع	CaO (كجم / أسبوع)
السابع إلى الثامن	٢	٠,٣
التاسع إلى العاشر	٢	٠,٤
الحادى عشر إلى الرابع عشر	٤	٠,٦
الخامس عشر إلى الثامن عشر	٤	٠,٤
التاسع عشر إلى العشرين	٢	٠,٣
المجموع	-	٦,٠

وبذا . . تحصل كل صوبةٍ على نحو ٤٠ كيلو جراما من نترات الكالسيوم (تحتوى على حوالى ٦ كجم من النيتروجين) .

لا تجب ـ أبدًا ـ إضافة نترات الكالسيوم مع أيٍّ من الأسمدة الأخرى ، ولكن يخصص لإضافتها يومين غير متتابعين أسبوعيا .

٣ ـ العناصر الدقيقة :

تضاف العناصر الدقيقة بطريقة الرش ـ مرةً واحدةً أسبوعيا ـ بمعدل ٥٠ ـ ١٠٠ جم من مخلوط سماد العناصر الدقيقة ، تُذاب فى ٥٠ ـ ١٠٠ لتر ماءٍ لكل صوبة . يستخدم المعدل المنخفض فى مراحل النمو الأولى ، مع زيادة كمية السماد المستعملة مع تقدم نمو النباتات .

ويمكن إضافة العناصر الدقيقة مع مياه الرى بالتنقيط إذا كانت فى صورةٍ مخلبيةٍ ؛ لأن الصور غير المخلبية للعناصر الدقيقة (خاصةً الحديد ، والزنك ، والنحاس ، والمنجنيز) يمكن أن تثبت فى الأراضى القلوية .

استعمال المنشطات الحيوية

يحظى موضوع المنشطات الحيوية Biostimulants باهتمامٍ متزايدٍ ـ من قِبَل الباحثين والمنتجين ـ فى مجال إنتاج الخضر ، وقد أفردنا له فصلاً خاصا به فى كتابنا « تكنولوجيا إنتاج الخضر » (حسن ١٩٩٧ ب) .

ولا تخفى أهمية الاستفادة من تلك التقنيات الحديثة فى مجال الزراعات المحمية ، سواء أكانت أرضيةً ، أم لاأرضية ، وسواء أكانت لاأرضية صلدة ، أم مائية . وكمثالٍ على ذلك . . وجد Gangé وآخرون (١٩٩٣) أن إضافة البكتيريا المنشطة للنمو النباتى Pseudomonas fluorescens (سلالة رقم ٦٣ ـ ٢٨) إلى البيت موس فى مزرعة طماطم لاأرضية قوامها البيت موس ـ عندما كانت الظروف البيئية غير مواتيةٍ للنمو النشط للطماطم ـ أحدثت زيادةً قدرها ١٣,٣ ٪ فى المحصول الكلى ،و ١٨,٢ ٪ فى محصول ثمار الدرجة الأولى ،و ١١,١ ٪ فى متوسط وزن الثمرة .

التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون

تعتبر التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون أمرًا بالغ الحيوية فى الدول الباردة التى تُوقَف فيها عملية تهوية البيوت المحمية لفتراتٍ طويلة ؛ (بسبب برودة الهواء الخارجى) ؛ الأمر الذى يترتب عليه استنزاف غاز ثانى أكسيد الكربون الموجود فى