المائية كانا فى موسمى الشتاء/الربيع، والخريف/الشتاء — على التوالى — أبكر بمقدار ١٠، و ٨ أيام، وأعلى محصولاً بمقدار ١١٪، و ٧٪، وذلك مقارنة بالوضع فى الزراعة الأرضية. وكانت الزراعة الأرضية أكثر كفاءة فى استخدام المياه فى كلتا الزراعتين (شتاء/ربيع، وخريف/شتاء)؛ بسبب الاعتماد على أجهزة قياس الشد الرطوبى tensiometers فى التربة، والرى بكميات مياه مناسبة، واستخدام الأغطية البلاستيكية للتربة. وبمقارنة نوعا المزارع المائية المستخدمتين كانت تقنية الغشاء المغذى أعلى محصولاً، وأقل استهلاكًا للماء والأسمدة، وأقل تأثيرًا فى البيئة (Valenzano وآخرون ٢٠٠٨).

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 = ١٠٠٠٠م^{٢} = ٢.٣٨ فدانًا) كما يلى: النيتروجين ٣٧٣ — 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 تدريجيًّا بين الزراعة وبداية الحصاد، ثم انخفض لفترة، ثم عاد إلى معدلاته العالية مرة أخرى. وكان مرد الانخفاض المؤقت إلى حدوث موت لبعض الجذور عند بداية مرحلة الحمل الغزير، وتعرض النباتات لحالة من الشدّ stress نتيجة لذلك.

وتمتص نباتات الطماطم كميات كبيرة من الماء والعناصر المغذية يوميًّا، وتزداد كمية الماء المتصة بزيادة النمو النباتى، وبارتفاع درجة الحرارة. ويوضح جدول (٩-١) كميات عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، وكمية الماء التى يمتصها النبات الواحد من الطماطم يوميًّا فى مزرعة 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 كميات أكبر نسبيًّا من عنصر البوتاسيوم ومن الماء إلا أن نتائج دراسات أخرى لا تتفق مع هذه النتائج كما سيأتى بيانه فى موضع لاحق من هذا الفصل

تجدر الإشارة إلى أن هذه الدراسة أجريت فى المملكة المتحدة خلال شهرى أغسطس

وسبتمبر. ومن المتوقع أن تزداد كمية الماء التى يمتصها النبات يوميًا عن ذلك بنحو ٥٠٪ فى المناطق الأكثر حرارة، حتى إذا كانت البيوت المحمية مزودة بوسائل التبريد، ذلك لأن عملية التبريد تؤدى إلى حركة الهواء حول النباتات، وزيادة معدلات النتح تبعًا لذلك.

جدول (٩-١): المعدل اليومى لامتصاص نباتات الطماطم من عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، ومن الماء فى مزرعة مائية (عن Adams ١٩٨٦)

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

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

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

		الامتصاص اليومى / نبات				
	شدة الإضاءة	النيتروجين	البوتاسيوم	الماء	النسبة	
الشهر	($MJm^{-2}h^{-1}$)	(مجم)	(مجم)	(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 - 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٪-٤٦٪). ويعنى ذلك أن نسبة امتصاص العناصر إلى امتصاص الماء تكون أعلى ليلاً منها نهارا (عن Kanahama ١٩٩٤).

توزيع العناصر الممتصة على مختلف الأجزاء النباتية

يوضح جدول (٩-٣) 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٪-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

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، و ١٩٩٤).

جدول (٩-٣) 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	٠,٠٢
الثمار	٨,٥٥	١,٨٢	١٦,٧٠	٠,٥٨	٠,٦١
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٪

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 تدريجيًا مع تقدمها فى العمر. ويبين جدول (٩-٤) هذه الحالة بالنسبة لزراعات الطماطم المحمية، كما يعطى الجدول التركيزات الطبيعية لعناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم فى المراحل المختلفة للنمو معبرا 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).

ويذكر Coltman & Riede (١٩٩٢) أن الاختبارات السريعة لمحتوى العصير الخلوى لأعناق الأوراق من البوتاسيوم — باستعمال دلائل ورقية خاصة (colorimetric paper test strips) — يفيد كثيرًا فى تقدير 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 ٩ ٥ مجم/مل.

جدول (٩-٤) محتوى أوراق الطماطم فى الزراعات المحمية من عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم فى المراحل المختلفة من النمو الساتى[1]

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

[1] أجريت التحاليل على الورقة التى توجد أسفل آخر العناقيد الزهرة مباشرة

وتكون حدود الكفاية لتحليل مختلف العناصر فى الطماطم بأول الأوراق المكتملة النمو من القمة النامية — على أساس الوزن الجاف — كما يلى:

العنصر	قبل الإثمار	أثناء الإثمار
النيتروجين (٪)	٥,٠-٤,٠	٤,٠-٣,٥
الفوسفور (٪)	٠,٨-٠,٥	٠,٦-٠,٤
البوتاسيوم (٪)	٤,٥-٣,٥	٤,٠-٢,٨
الكالسيوم (٪)	١,٨-٠,٩	٢,٠-١,٠
المغنيسيوم (٪)	٠,٨-٠,٥	١,٠-٠,٤
الكبريت (٪)	٠,٨-٠,٤	٠,٨-٠,٤
الحديد (جزء فى المليون)	٢٠٠-٥٠	٢٠٠-٥٠

العنصر	قبل الإثمار	أثناء الإثمار
الزنك (جزء فى المليون)	٢٥-٦٠	٢٥-٦٠
المنجنيز (جزء فى المليون)	٥٠-١٢٥	٥٠-١٢٥
النحاس (جزء فى المليون)	٨-٢٠	٨-٢٠
البورون (جزء فى المليون)	٣٥-٦٠	٣٥-٦٠
الموليبدنم (جزء فى المليون)	١-٥	١-٥

أما المستويات السامة للعناصر بالأوراق، فهى (بالجزء فى المليون): ١٥٠ للبورون، و ٥٠٠ للمنجنيز، و ٣٠٠ للزنك (عن Oregon State University ٢٠٠٢).

تعرف الحاجة إلى التسميد من أعراض نقص العناصر

على الرغم من أن هذا الموضوع سبق أن تناولناه بالتفصيل فى كتاب "أساسيات وفسيولوجيا الخضر". حسن ١٩٩٧أ، وبإيجاز عام فى الفصل السابع من هذا الكتاب .. إلا أننا نورد – فى هذا المقام – أعراض نقص مختلف العناصر كما تظهر على نباتات الطماطم بوجه خاص.

أولاً: العناصر المتحركة فى النبات

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

وتضم العناصر المتحركة ما يلى:

١- النيتروجين

فى حالات نقص العنصر يكون النبات ضعيفًا، وتكتسب الأوراق السفلى لونًا أخضر

مصفرًا وفى حالات النقص الشديد تكون معظم أوراق النبات ذات لون أخضر شاحب، وتأخذ العروق الرئيسية فى الأوراق لونًا قرمزيًا، وتكون الثمار صغيرة الحجم

٢- الفوسفور

فى حالات نقص العنصر يقل معدل النمو النباتى (الخضرى والجذرى) وتكون السيقان رفيعة وفى حالات النقص الشديد تكون الأوراق صغيرة، وصلبة أو شبة متيبسة. وملتفة لأسفل ويأخذ السطح العلوى للأوراق لونًا أخضر ضاربًا إلى الزرقة، بينما يكتسب سطحها السفلى – بما فى ذلك العروق – لونًا قرمزيًا وتظهر بالأوراق المسنة بقعا قرمزية جافة. وتتعرض للسقوط المبكر.

٣- 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 مساحات كبيرة 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- المغنيسيوم

يظهر – عند نقص العنصر – 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 – كذلك – لونها الأخضر. وفى حالات النقص الشديد تموت الأوراق السفلى، ويأخذ النبات كله لونًا مصفرًا، ويقل إنتاج الثمار

٥- 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 كرمشة) غير منتظمة الشكل على أعناق الوريقات، وعلى عروق الورقة وفى المساحات بين العروق. كما تنحنى أعناق الأوراق إلى أسفل وتلتف الأوراق الكاملة بطريقة حلزونية. وفى حالات النقص الشديد ينتشر التحلل والجفاف فى معظم النمو الخضرى.

ثانيًا العناصر غير المتحركة فى النبات

نظرًا لأن هذه المجموعة من العناصر تثبت فى الأنسجة التى تصل إليها ولا تتحرك منها بعد ذلك. ونظرًا لأن المراحل الأولى للنمو النباتى تستنفذ — فى حالات نقص العناصر — القليل الموجود منها فى بيئة الزراعة، لذا .. فإن أعراض نقص هذه العناصر تظهر أولاً على الأوراق العليا من النبات.

وتضم العناصر غير المتحركة ما يلى:

١ – الكالسيوم

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

ويؤدى نقص الكالسيوم فى الزراعات المحمية للطماطم إلى صغر حجم الأوراق الصغيرة وظهور تحللات بها، وزيادة نسبة الثمار المصابة بتعفن الطرف الزهرى، وكذلك إلى نقص المحصول فى الحالات الشديدة، كما تؤدى زيادة الكالسيوم إلى ظهور بقع أو بثرات ذهبية اللون goldspot أو goldspec بالثمار بسبب تجمع تكتلات حبيبية من بللورات صغيرة جدًا من أوكسالات الكالسيوم بالخلايا فى موقع تلك البقع، وهى ظاهرة

لا تؤثر فقط على مظهر الثمار، ولكن تؤثر – كذلك – فى قدرتها على التخزين. وقد وجد أن أفضل تركيز للكالسيوم فى المحلول المغذى كان ٣٠٠ جزء فى المليون، كما كان أفضل تركيز للمغنيسيوم ١٨٠ جزءًا فى المليون (Hao & Papadopoulos ٢٠٠٤)

٢- الكبريت

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

٣- 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 شبكيًا من العروق الصغيرة الخضراء فى خلفية صفراء اللون. ولكن سرعان ما تكتسب الورقة كلها لونًا أصفر شاحبًا، ولكن لا يظهر أى تحلل فيها ومع استمرار النقص تظهر الأعراض على الأوراق التى تلى القمة النامية. فالأدنى منها .. وهكذا يكون النمو النباتى متقزمًا، والسيقان رفيعة، والأوراق صغيرة. كما تفشل الأزهار فى العقد.

٤- 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 بنيًا وتموت وتكتسب الأوراق الوسطية لونًا برتقاليًا 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- النحاس:

النحاس من العناصر الصغرى التى يؤدى نقصها إلى التفاف حواف الأوراق الوسطية والعلوية على شكل اسطوانى نحو العرق الوسطى. ولا يظهر أى اصفرار أو تحلل، ولكن يظهر لون أخضر ضارب إلى الزرقة، وتكون الأوراق الطرفية صغيرة، وصلبة 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- المنجنيز:

المنجنيز – كذلك – من العناصر الصغرى الذى يؤدى نقصه إلى اكتساب الأوراق الوسطى والقاعدية – ثم الأوراق العليا – 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 حدةً مما فى حالة نقص الحديد، كما لا يكون مقصورًا على الأوراق العلوية فقط مثلما تكون عليه الحال فى حالة الحديد.

٧- الموليبدنم:

الموليبدنم من العناصر الصغرى التى يحتاج إليها النبات بكميات قليلة جدًا. ويؤدى نقصه إلى ظهور لون أخضر شاحب وتبرقشات مصفرة 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 – فى نهاية الأمر – على كل الورقة التى تجف وتنكمش. ويحدث تقدم الأعراض من الأوراق المسنة إلى الأوراق الأحدث، ولكن تبقى الأوراق الفلقية خضراء اللون لفترة طويلة (عن Resh ١٩٨٥).

برنامج التسميد للزراعات الأرضية

نُذكّر – بداية – بكميات الأسمدة التى سبقت إضافتها فى باطن مصاطب الزراعة أثناء إعداد التربة للزراعة. وهى كما يلى (لكل صوبة مساحتها ٥٠٠م٢ تقريبًا)

٥م٣ سمادا بلديًا. أو ٢,٥م٣ سماد أغنام أو خيول، أو ١م٣ زرق دواجن

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

١٥ كجم P_2O_2 (أى حوالى ١٠٠ كجم سوبر فوسفات عادى)

٢٥ كجم K_2O (أى حوالى ١٠٠ كجم سلفات بوتاسيوم).

٢٥ كجم MgO (أى حوالى ٢٥ كجم سلفات مغنيسيوم).

٥٠ كجم كبريتًا زراعيًا.

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

توصى وزارة الزراعة المصرية (مشروع الزراعة المحمية – وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى – جمهورية مصر العربية ١٩٨٩) بالتسميد بالعناصر الكبرى مع ماء الرى بالتنقيط. مع تخصيص يومين للتسميد بكل 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).

كمية السماد بالجرام/م٣ من مياه الرى خلال شهور

السماد	نوفمبر	ديسمبر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيه
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 صوبة تتوقف — تبعًا لهذا البرنامج — على كمية مياه الرى المستعملة، وهى التى تتوقف على كل 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 يوميًا تكون فى الأراضى الصحراوية حوالى ١/٣م صوبة مساحتها ٤٠٥م٢ فى بداية حياة النباتات (بعد الشتل مباشرة) تزداد تدريجيًا، إلى أن تصل إلى حوالى ٥م٣/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 طبيعية ناشئة عن زيادة معدلات التسميد، فإن التسميد يمكن تقليله بزيادة عدد أيام الرى بدون تسميد، أو بخفض كميات السماد المبينة/م٣ من مياه الرى بنسبة معينة حسب الحالة، أو بتقصير فترة الرى اليومية بالسماد مع إكمال الرى بدون سماد.

أما العناصر الصغرى فإنها تضاف رشًا بنسبة ٠,٢٪ (٢٠٠ جم من سماد العناصر الصغرى/١٠٠ لتر ماء) كل أسبوعين.

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

العنصر	(مجم)
النيتروجين	نترات النشادر بصورة أساسية
	اليوريا فى بداية حياة النبات وفى الجو البارد، ولكن يفضل — عند استعمالها — 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

العنصر	(جم)
	فوسفات أحادى الأمونيوم: يؤخذ فى الحسبان ما يضاف من الآزوت عند استعمال السماد كمصدر للفوسفور
	فوسفات ثنائى الأمونيوم: يؤخذ فى الحسبان ما يضاف من الآزوت عند استعمال السماد كمصدر للفوسفور
الفوسفور	حامض الفوسفوريك هو المصدر المفضل للفوسفور لأجل خفض pH مياه الرى، والمساعدة على دوبان الأملاح المترسبة فى شبكة الرى
	فوسفات أحادى الأمونيوم
	فوسفات ثنائى الأمونيوم
البوتاسيوم	سلفات البوتاسيوم. يستعمل رائق السماد أو يذاب السماد بواسطة حامض النيتريك كما سبق بيانه فى الفصل السابع

وباستثناء سماد نترات الكالسيوم — الذى يجب أن يُسمد به منفردًا — فإن جميع الأسمدة الأخرى يمكن إضافتها مجتمعة. كذلك لا يجوز استعمال أملاح السلفات (الكبريتات) والفوسفات عند احتواء مياه الرى على تركيزات عالية — طبيعية — 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 ٧٠)

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

تعطى كل جورة (حفرة زراعة) — عند الشتل (بعد وضع الشتلة فى الحفرة وقبل الترديم عليها) — حوالى ١٢٥ مل (سم٣) — أى ملء نصف كوب ماء — من سماد بادئ يُحضر بإذابة سماد مركب (ورقى) — غنى بكل من النيتروجين الأمونيومى والفوسفور — فى الماء بنسبة ٢ ٠٪ (٢٠٠جم من السماد/ ١٠٠ لتر ماء)

وإذا أخذنا فى الحسبان كميات العناصر السمادية المضافة قبل الزراعة، وما تعطاه كل صوبة من عناصر سمادية مع مياه الرى بالتنقيط بعد الشتل . فإننا نجد أن توزيع إضافة

العناصر السمادية (بالكيلو جرام) يكون - أسبوعيًا، وعلى مدى خمسة شهور بعد الشتل - 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 أسبوع، وتتم إضافتها على مدى ٥-٦ أيام، مع تخصيص يوم واحد أو يومين غير متتابعين - أسبوعيًا - للرى فقط بدون إضافة أسمدة، بهدف خفض تركيز الأملاح فى منطقة نمو الجذور. وقد تُجزأ كميات الأسمدة بالتساوى على أيام التسميد وتضاف معًا - وهذا هو الإجراء المفضل - أو يخصص يومين لكل من الأسمدة الآزوتية، والأسمدة الفوسفاتية، والأسمدة البوتاسية، مع إضافة سلفات المغنيسيوم مع أية مجموعة منها.

وإذا كان استعمال الأسمدة المركبة اقتصاديًا .. فإنه يمكن الاستعانة بها، مع خفض كميات الآزوت والبوتاسيوم التى تُعطاها النباتات إلى نحو ٦٠٪-٧٥٪ من الكميات الموصى بها، ذلك لأن النباتات تستفيد منها بكفاءة أعلى من الأسمدة التجارية البسيطة. وأما الكميات المخصصة من الفوسفور فإنها لا تُخفض، لأن كفاءة استفادة النباتات من حامض الفوسفوريك - الموصى به للتسميد مع مياه الرى بالتنقيط - تكون عالية أصلاً

وتحتاج الطماطم - بالإضافة إلى ما سبق بيانه من عناصر صماديه – إلى ما يلى:

١– الكبريت

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

٢– الكالسيوم:

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

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 صوبة على نحو ٤٠ كيلو جرامًا من نترات الكالسيوم (تحتوى على حوالى ٦ كجم من النيتروجين)

لا تجب – أبدًا – إضافة نترات الكالسيوم مع أى من الأسمدة الأخرى، ولكن يخصص لإضافتها يومين غير متتابعين أسبوعيًا

٣– العناصر الدقيقة

تضاف العناصر الدقيقة بطريقة الرش - مرة واحدة أسبوعيًا – بمعدل ٥٠ -١٠٠ جم من مخلوط سماد العناصر الدقيقة، تُذاب فى ٥٠–١٠٠ لتر ماء 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 صورة مخلبية؛ لأن الصور غير المخلبية للعناصر الدقيقة (خاصة الحديد، والزنك، والنحاس، والمنجنيز) يمكن أن تثبت فى الأراضى القلوية.

الزراعات اللاأرضية

تتضمن الزراعات اللاأرضية — كما أسلفنا — كلا من الزراعات المائية والزراعات التى تتطلب بيئات صلبة لنمو الجذور لا تدخل التربة ضمن مكوناتها. ونقدم تحت هذا العنوان بعض الأمور التى لم يسبق تناولها بالتفصيل — بالنسبة لمحصول الطماطم فى الفصول الخاصة بالزراعات اللاأرضية.

زراعات الصوف الصخرى

نظرًا لارتفاع أسعار الصوف الصخرى، مما يجعل إنتاج الطماطم محدودة العدد من العناقيد الزهرية على بلوكات الصوف الصخرى القياسية (٧,٥ × ٧,٥ × ٦,٣سم؛ و ١٠ × ١٠ × ٦,٣سم) أمرًا غير اقتصادى. فقد جُرِّب استخدام بلوكات صغيرة الحجم (٤ × ٤ × ٤سم، و ٥ × ٥ × ٤سم) وُضعت على مادة من الرايون بوليستر rayon polyster material، كانت — بدورها — مبطنة للبنشات. وقد تبين أن محصول الثمار لم يختلف بين بلوكات البوليستر القياسية والصغيرة. وفى وجود مادة الرايون بوليستر فإن جذور النباتات اخترقتها، وتكونت حصيرة mat من الجذور الكثيفة عليها، وازداد محصول النباتات جوهريًا مقارنة بالمحصول باستعمال البلوكات الصغيرة التى لم تستعمل معها مادة الرايون بوليستر، وذلك بسبب حدوث زيادة فى حجم الثمار وعددها. وعندما سُمح بتكوين عنقودين ثمريين بدلاً من عنقود واحد كان المحصول — عند استعمال بلوكات الصوف الصخرى الصغيرة — مع مادة الرايون بوليستر — أعلى بمقدار ٤٠٪ عما فى حالة السماح بتكوين عنقود زهرى واحد؛ بسبب زيادة عدد الثمار. على الرغم من أن الثمار كانت أصغر حجمًا. ولم يختلف المحصول جوهريًا