الفصل الرابع

تسميد الباذنجانيات الثمرية
(الطماطم – الفلفل – الباذنجان)

الطماطم

تعتبر الطماطم من محاصيل الخضر المجهدة للتربة، والتى تستجيب للتسميد بصورة جيدة، ولكن تختلف الأصناف فى مدى استجابتها بحسب قدرتها الإنتاجية؛ فالهجن الحديثة عالية الإنتاجية تكون أكثر استجابة للمستويات العالية من التسميد – التى تحتاج إليها لإعطاء أعلى محصول ممكن – وذلك مقارنة بالأصناف القديمة قليلة الإنتاجية.

العناصر الغذائية وأهميتها

النيتروجين

يؤدى نقص النيتروجين إلى تقزم النمو؛ وصغر مساحة الأوراق، التى تصبح متصلبة stiff، وتكتسب لونًا أخضرًا باهتًا مشوبًا بالصفرة. أما الأوراق الكبيرة فإنها تصبح صفراء اللون، وتكتسب عروقها لونًا ورديًّا، وتموت مبكرًا. كذلك يؤدى نقص العنصر إلى إصفرار البراعم الزهرية وسقوطها.

ويؤدى وقف تزويد نباتات الطماطم بالنيتروجين فى المحاليل المغذية – ولو لمدة يوم واحد – إلى إحداث نقص فى كل من معدل النمو النسبى، ومعدل البناء الضوئى، ونمو الورقة، كما ينخفض محتوى الأوراق والسيقان من النيتروجين مع استمرار غياب العنصر فى المحلول المغذى إلى ثلاثة أو سبعة أيام، بينما لا يتأثر كثيرًا محتوى الجذور من العنصر خلال تلك الفترة، كما لا يتأثر معدل نموها كنسبة مئوية من النمو البيولوجى

الكلى. هذا .. إلاّ أن النبات يستعيد محتواه من النيتروجين كما يعود معدل النمو النسبى إلى وضعه الطبيعى فى خلال أسبوع واحد من عودة توفر العنصر بالمحلول المغذى (Martinez وآخرون ٢٠٠٥).

يضاف عنصر النيتروجين على دفعات طوال مراحل النمو النباتى. ومن الضرورى أن يتوفر جزء كبير منه بالقرب من جذور النباتات خلال المرحلة الأولى من النمو؛ والتى يكون النمو الجذرى فيها محدودًا، بينما تكون النباتات بحاجة للآزوت ليكون نموها الخضرى قويًّا منذ البداية. وتستمر إضافة النيتروجين أثناء الإزهار، والعقد، ونمو الثمار حتى يصل قطر الثمار الأولى بالعنقود الأول لنحو ٢– ٣ سم. وعندها يجب إيقاف التسميد الآزوتى فى أصناف التصنيع الحديثة، بينما يستمر بالنسبة للأصناف التقليدية التى يستمر نموها الخضرى وإزهارها وإثمارها لفترة طويلة تمتد إلى بداية الحصاد. وفى حالة الزراعة فى الأراضى الرملية، فإنه ينصح باستمرار التسميد الآزوتى – بكميات صغيرة وعلى عدد أكبر من الدفعات – حتى منتصف موسم الحصاد.

ويلاحظ أن استمرار إضافة الأسمدة الآزوتية أثناء الحصاد فى أصناف التصنيع الحديثة يدفع النباتات إلى تكوين نموات خضرية جديدة تحمل أزهارًا بكثرة، إلا أن الثمار المتكونة عليها نادرًا ما تصل إلى حجم مناسب يصلح للتسويق قبل انقضاء الفترة المخصصة لمحصول الطماطم فى الدورة، وبذلك لا يكون العائد منها اقتصاديًّا. وفى حالة الحصاد الآلى.. تؤدى الإضافات المتأخرة من الآزوت إلى عدم تركيز نضج الثمار خلال فترة زمنية وجيزة؛ مما يؤثر على كفاءة عملية الحصاد.

يجب أن يكون هناك توازن بين الأسمدة النيتراتية، والأسمدة الأمونيومية المضافة، وذلك لأن الإفراط فى التسميد بالأخيرة يؤدى إلى ظهور أعراض التسمم بالأمونيا، والتى تظهر فى البداية على شكل انخفاضات طولية على سيقان النباتات لا تلبث أن تتحول إلى اللون البنى، تظهر بها نقر pits، كما يزداد عددها لدرجة أنها قد تغطى ساق النبات تمامًا. وفى الحالات الشديدة نظهر الأعراض على أعناق الأوراق أيضًا

(Maynard وآخرون ١٩٦٦). وقد أدت إضافة البوتاسيوم بكميات كافية (بتركيز مولارى مكافئ لمستوى الأمونيوم) إلى وقف ظهور هذه الاعراض. وتعتبر نسبة الأمونيوم إلى البوتاسيوم (NH_4^+/K^+) فى النبات دليلاً جيدًا على مدى تمثيل الأمونيوم واحتمالات التسمم به. هذا .. وتختلف أصناف الطماطم كثيرًا فى حساسيتها للأمونيوم (Maynard وآخرون ١٩٦٨).

ويؤدى نقص البوتاسيوم مع كثرة التسميد الأمونيومى إلى زيادة نشاط الإنزيمات المسئولة عن إنتاج مركبات عديدة الأمين polyamines، مثل البُترسين putrescene-، وهى التى ربما تلعب دورًا فى ظهور أعراض التسمم.

كذلك يظهر على النباتات التى تصاب بالتسمم الأمونيومى اصفرار وتحلل بالأوراق مع اتجاه أنصالها إلى أسفل – وهى الظاهرة التى تعرف باسم Leaf Epinasty – وذلك بسبب زيادة إنتاج النبات لغاز الإيثيلين (Corey وآخرون ١٩٨٧). وتؤدى زيادة إضافة البوتاسيوم تحت هذه الظروف إلى نقص إنتاج النباتات لغاز الإيثيلين، وتوقف ظاهرة تدلى الأوراق (Barker & Corey ١٩٩٠).

كذلك يؤدى الإفراط فى التسميد بالأسمدة الأمونيومية – خلال مرحلة الإثمار – إلى الإسراع بظهور حالة تعفن الطرف الزهرى وهو عيب فسيولوجى يجعل الثمار غير صالحة للتسويق. ويرجع ذلك إلى أن وفرة أيون الأمونيوم (NH_4^+) تقلل من امتصاص النبات لأيون الكالسيوم (Ca^{++}). وكمثال للدراسات التى تؤيد ذلك ما وجده Wilcox وآخرون (١٩٧٣) من أن تسميد الطماطم فى مزرعة رملية بمحلول مغذ يحتوى على ١١٢ جزءًا فى المليون من النيتروجين الأمونيومى أدى إلى تقليل نمو النباتات، ونقص محتواها من عنصرى الكالسيوم والمغنيسيوم إلى ما دون المستوى الطبيعى، بينما أدت مناصفة كمية الآزوت المضافة بين الصورتين النيتراتية والأمونيومية إلى ارتفاع محتوى الكالسيوم، والمغنيسيوم بالنباتات إلى المستوى الطبيعى.

وأيا كانت الصور التى يضاف عليها النيتروجين فمن الضرورى عدم الإفراط فى

التسميد الآزوتى؛ لأن ذلك يؤدى إلى تكوين نموات خضرية غزيرة غير مرغوب فيها، ويزيد من إصابة الثمار ببعض العيوب الفسيولوجية، كما أنه لا يؤدى إلى زيادة المحصول بصورة اقتصادية تتناسب مع الزيادة فى كمية الآزوت المضافة.

وقد أظهرت دراسات Hartz وآخرين (١٩٩٤) فى كاليفورنيا أنه عند التسميد مع مياه الرى بالتنقيط يندر أن تستجيب الطماطم إلى زيادة معدل التسميد الآزوتى عن ٩٠ كجم/ فدان. كذلك أوضح Hochmuth (١٩٩٢) فى فلوريدا أن نباتات الطماطم لا تستجيب للتسميد بأكثر من ١٨٠ كجم نيتروجينًا/ هكتار (٧٥ كجم / فدان) عند التسميد مع مياه الرى بالتنقيط، على الرغم من أن المزارعين يسمدون بأكثر من ٣٠٠ كجم نيتروجين / هكتار) (١٢٥ كجم / فدان).

كذلك أظهرت دراسات May & Gonales (١٩٩٤) فى كاليفورنيا – عند اتباع طريقة الرى بالغمر – أن نباتات الطماطم لم تستجب للتسميد بأكثر ١٦٨ كجم نيتروجينًا / هكتار (٧٠ كجم / فدان).

وكما تضار نباتات الطماطم بالتسميد النتراتى الغزير، وبالتسميد الأمونيومى غير المتوازن مع التسميد النتراتى، فإنها تضار – كذلك – لدى تعرضها ولو لكميات قليلة من النيتروجين النيتريتى NO_2-N، أو للأمونيا الحرة.

وعلى الرغم من أن تسميد نباتات الطماطم (فى فلوريدا) بمعدلات تزيد على ٨٥ كجم نيتروجين / فدان أدت إلى زيادة تركيز النتيروجين وكميته الكلية فى النموات الخضرية، إلاّ إنه لم يؤد إلى زيادة المحصول، كذلك أدى التسميد بأعلى معدل للنيتروجين (١١٣ كجم نيتروجين / فدان) إلى إحداث انخفاض كبير فى كفاءة النيتروجين المسمد به (Anderson وآخرون ١٩٩٩).

وقد وجد ارتباط معنوى بين مستوى النيتروجين النتراتى فى أعناق أوراق نباتات الطماطم والمحصول، وكذلك بين مستوى النيتروجين النتراتى بأعناق الأوراق ومعدلات

التسميد الآزوتى، وذلك بين أربعة وعشرة أسابيع بعد الشتل، ولكن لم تظهر تلك العلاقات بعد ذلك (Rhoads وآخرون ١٩٩٦).

كما وجد ارتباط جوهرى بين تقديرات النترات فى أعناق الأوراق ونتائج تحليل النيتروجين الكلى بالأوراق خلال فترة التقديرات التى دامت لثلثى مدة نمو محصول الطماطم وشملت الفترات الحرجة لتسميد المحصول، وأظهر تركيز النترات بالنسغ النباتى لأعناق الأوراق توافقًا جيدًا مع نتائج التحليل المعملى (Ferneselli وآخرون ٢٠١٤).

يرتبط تركيز النيتروجين مع محصول الطماطم خلال الفترة من الأسبوع الرابع وحتى الأسبوع العاشر بعد الشتل، ولكن هذا الارتباط يبلغ أقصاه فى الأسبوع العاشر؛ هذا مع العلم بأن تركيز النيتروجين ينخفض تدريجيًّا – بصورة طبيعية – أثناء موسم النمو من ١١٠٠ إلى ٢٠٠ كجم / لتر (Locascio وآخرون ١٩٩٧).

وعندما يكون الرى بطريقة التنقيط، فإن الموعد المناسب والطريقة المثلى للتسميد بالنيتروجين تتوقف على طبيعة التربة وعدد مرات الرى التسميدى، كما يلى:

١- فى الأراضى الرملية تفضل إضافة ٤٠٪ من النيتروجين أثناء خدمة الأرض، وباقى الكمية على حوالى ٦ دفعات أثناء النمو.

٢- يكون التسميد على ١٠ دفعات بعد الشتل أفضل مما يكون عليه الحال على ست دفعات، وفى هذه الحالة لا يهم إضافة جزء من النيتروجين قبل الزراعة.

٣- فى الأراضى الصفراء الرملية يمكن زيادة الكميات المضافة من النيتروجين قبل الشتل (Locascio وآخرون ١٩٩٧ أ).

الفوسفور

من أهم أعراض نقص الفوسفور اكتساب الأوراق لونًا أخضر قاتمًا أو قرمزيًّا، وتكون

السيقان رفيعة ومتقزقة ومتليفة، بينما تكتسب الجذور لونًا بنيًّا ويقل تفرعها، كذلك تكون الأوراق الكبيرة العمر صغيرة الحجم ووريقاتها ملتفة إلى أسفل. ومع استمرار نقص العنصر تكتسب هذه الأوراق لونًا قرمزيًّا، وتظهر بها مساحات ميتة، وتصبح صفراء وعروقها قرمزية اللون، وتموت مبكرة. كذلك يتأخر عقد الثمار ونضجها.

وفى الأراضى الفقيرة فى الفوسفور (التى يقل فيها مستوى الفوسفور عن ٩ ملليجرام/ كيلوجرام من التربة المستخلص منها الفوسفور بطريقة Mehlich-1) يكون التسميد بالعنصر مع ماء الرى بالتنقيط أكثر كفاءة من التسميد بالفوسفور قبل الزراعة فقط (Carrijo & Hochmuth ٢٠٠٠).

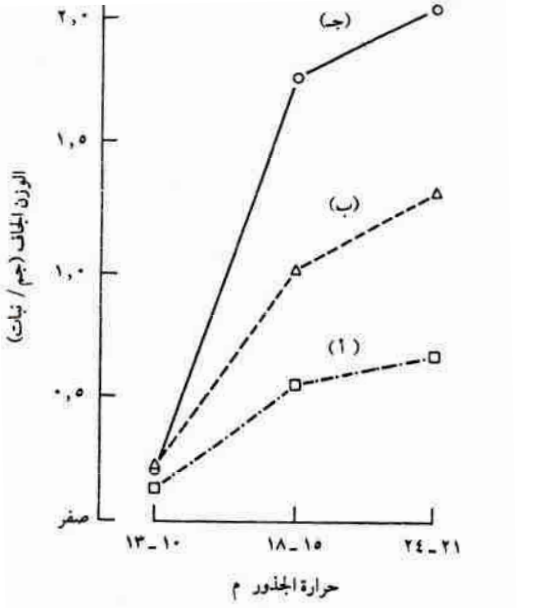
وقد تبين إمكان استعمال السوبر فوسفات الأحادى فى تسميد الطماطم مع ماء الرى بالتنقيط، وذلك بمعدل ٥,٤ جم من السماد لكل نبات طماطم مع نقع السماد فى ٢٠ مل ماء (٥٤ كجم من السماد فى ٢٠٠ لتر ماء لكل ١٠٠٠٠ نبات طماطم) لمدة ٢٤ ساعة، مع استخدام الرائق فى التسميد أسبوعيًّا مع الرى بالتنقيط لمدة ١٥ أسبوعًا (Fontes وآخرون ٢٠١٤).

ويؤدى تيسر الفوسفور للنبات فى بداية حياته إلى التبكير فى النضج. وزيادة المحصول، خاصة عندما يكون الجو باردًا (Al-Afifi وآخرون ١٩٩١)، وذلك لأن امتصاص الفوسفور يقل كثيرًا فى درجات الحرارة الأقل من ١٣ °م، ويؤدى توفره بالقرب من جذور النباتات الصغيرة إلى زيادة الكمية المتصة منه (Wilcox وآخرون ١٩٦٢)؛ لذا .. يضاف الفوسفور للشتلات بوفرة فى صورة أسمدة بادئة عند الشتل، كما يضاف فى صورة حزام ضيق تحت البذور بنحو ٥ سم عند الزراعة بالبذور مباشرة، خاصة فى الجو البارد.

وقد أجريت دراسات عديدة عن تأثير درجة الحرارة على استجابة النباتات للتسميد الفوسفاتى. فقد وجد Lingle & Davis (١٩٥٩) أن استفادة نباتات الطماطم من الفوسفور كانت أعلى ما يمكن فى درجات الحرارة المعتدلة والمرتفعة نسبيًّا، كما ازداد تركيز العنصر فى أنسجة النبات بزيادة درجة حرارة الجذور، ويعنى ذلك ضعف مقدرة النباتات على امتصاص الفوسفور فى درجات الحرارة المنخفضة، وحاجتها لزيادة التسميد بهذا العنصر تحت هذه الظروف.

كـذلك وجـد Wilcox وآخـرون (١٩٦٢) أن نمـو نباتـات الطمـاطم ازداد طرديًّـا بزيـادة التسميد بالفوسفور فى درجات الحـرارة المرتفعـة نـسبيًّا وهـى ١٤، و ١٦°م، بينمـا لم تحـدث استجابة عندما كانت حـرارة التربـة ١٣°م، وذلـك مـع أن تركيـز الفوسـفور ازداد فـى أنـسجة النباتات بزيادة التسميد الفوسفاتى فى كل درجـات الحـرارة. كمـا توصـل Davis & Lingle (١٩٦١) من دراستهما على نباتات الطماطم النامية فى محلول هوجلنـد المغـذى — فـى حـرارة تراوحت بين ١٣ و ٢٧°م — إلى أن زيادة تركيز المحلول من خُمس التركيز الكامـل إلى التركيـز الكامل لم تصاحبها زيادة فى النمو إلا فى درجات الحرارة المعتدلة والمرتفعة فقط.

ويوضح شكل (٤–١): استجابة نباتات الطماطم — النامية فى مزرعة رمليـة — لمـستويات مختلفة مـن الفوسـفور فـى درجـات الحـرارة المختلفـة. يتـبين مـن الـشكل أن الـوزن الجـاف للنباتات يزداد بارتفاع درجة الحـرارة، ولكـن هـذه الزيـادة تكـون أعلـى عنـد ارتفـاع مـستوى الفوسفور فى بيئة الزراعة.



شكل (٤–١): تأثير درجة حرارة الجذور وتركيز الفوسفور على الوزن الجاف لنباتات الطماطم النامية فى مزرعة رملية. تركيز الفوسفور فى المحلول المغذى المستعمل: (أ) جزء واحد فى المليون، (ب) ٥ أجزاء فى المليون، (ج) ١٠ أجزاء فى المليون (عن Adams ١٩٨٦).

ويستفاد مما تقدم أن التفاوت فى درجات الحرارة بين الليل والنهار، يمكن النبات من الاستفادة من الفوسفور المضاف بدرجة أكبر عند ارتفاع درجة الحرارة نهارًا؛ ولهذا يوصى دائمًا بزيادة التسميد بالفوسفور عندما يسود الجو طقس بارد.

ونظرًا لانخفاض درجات الحرارة فى الزراعات المبكرة فى الربيع، حيث تظهر أعراض نقص الفوسفور على البادرات الصغيرة فى صورة لون أزرق ضارب إلى الأحمر، أو القرمزى على الأوراق الحديثة؛ والأوراق الفلقية، والسيقان، لذلك اهتم الباحثون بكيفية توفير الفوسفور لنباتات الطماطم فى هذه المرحلة من النمو تحت هذه الظروف؛ لذا .. يُضاف السماد الفوسفاتى تحت البذور مباشرة، وبذلك يمكن للجذر الأولى أن يبدأ فى امتصاص الفوسفور مع بداية ظهور الورقتين الفلقتين، لأنه سيكون قد نما بمقدار ٢,٥ سم حتى تلك المرحلة. أما إذا كان السماد بعيدًا عن الجذور، فلن يستطيع النبات امتصاصه حتى تصل إليه بعض التفرعات الجذرية (Locasico & Warren ١٩٥٩). وفى دراسة أخرى استفادت النباتات من مجرد خلط السماد الفوسفاتى بالبذور بمعدل ٢,٥ كجم من سماد فوسفات أحادى الأمونيوم، ولكن لم ينصح بذلك، بل أوصى بإضافة الفوسفور تحت البذور على عمق ٢,٥ — ٤ سم (Locasico وآخرون ١٩٦٠).

وبالمقارنة .. ينخفض امتصاص جذور الطماطم للفوسفور فى خلال خمسة أيام من تعرضها للحرارة ٣٦°م ويقل معها النمو الخضرى والطلب على الفوسفور، مع حدوث انخفاض فى معدل تنفس الجذور؛ مما يؤدى إلى انخفاض تركيز الفوسفور فى النباتات (Klock وآخرون ١٩٩٧).

أما عند الزراعة بطريقة الشتل، فقد وجد Jones & Warren (١٩٥٤) ما يلى:

١- إن إضافة السماد الفوسفاتى عميقًا فى التربة تحت مستوى الشتلات كان أكثر فاعلية من إضفاته سطحيًا فى خنادق بالقرب من الشتلات، أو نثرًا مع التغطية بالتربة.

٢- أدى استعمال محاليل بادئة تحليلها ٦- ٥٧ — ١٧ (لاحظ ارتفاع مستوى الفوسفور فيها) إلى إحداث زيادة جوهرية فى المحصول.

٣- أدى العمل على زيادة كمية الفوسفور التى امتصتها النباتات – مبكرًا فى بداية موسم النمو – إلى زيادة المحصول بمعدلات أكبر من معدلات الزيادة فى كمية الفوسفور الكلية المتصة، كما لم يكن للفوسفور الممتص فى أواخر موسم النمو أثر يذكر على المحصول.

وقد وجد Sobulo وآخرون (١٩٧٨) أنه فى حرارة ١٠°م كانت إضافة الفوسفور بطريقة السر فى خنادق banding أفضل من إضافته بطريقة النثر broadcasting، بينما لم يكن هناك فرق بين الطريقتين فى حرارة ٢٧°م، ولكن طريقة السرّ كانت أفضل فى الأراضى ذات القدرة الكبيرة على تثبيت الفوسفور.

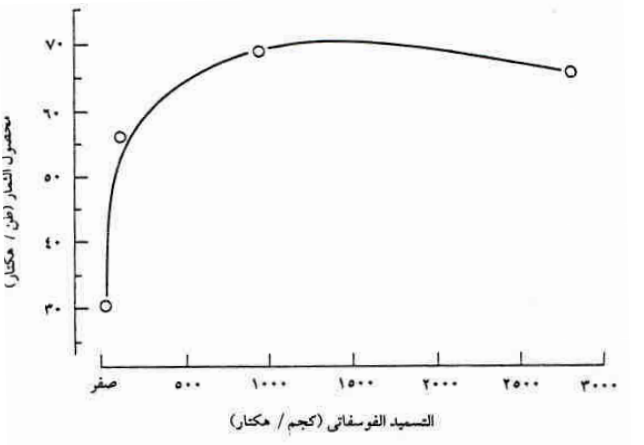
وحديثًا .. تزايد الاهتمام بتأثير حرارة التربة المرتفعة على نمو نباتات الطماطم وامتصاصها لعنصر الفوسفور، وذلك بسبب احتمالات تعرض الجذور لدرجات حرارة شديدة الارتفاع عند استخدام الأغطية البلاستيكية للتربة، وعند الزراعة بتقنية الغشاء المغذى صيفًا؛ فقد وجد أن درجة حرارة الوسط الذى تنمو فيه الجذور ارتفعت إلى أكثر من ٣٥°م تحت الغطاء البلاستيكى، بينما كانت الحرارة المثلى لنمو جذور الطماطم وامتصاص عنصر الفوسفور ٢٥°م.

وقد وجد Klock وآخرون (١٩٩٧) أن تعريض جذور الطماطم – فى مزرعة مائية – لحرارة ٣٦°م أدى إلى زيادة معدل تنفس الجذور حتى اليوم الثامن من معاملة التعريض للحرارة العالية، ثم انخفاضه بعد ذلك، كما انخفض تركيز الفوسفور خطيًّا – مع الوقت – فى النموات الخضرية للنباتات المعاملة، بينما ازداد نشاط إنزيم الفوسفاتيز – فى الجذور – خطيًّا – مع الوقت كذلك، وكان ذلك مصاحبًا بنقص فى النمو الخضرى للنباتات المعاملة، مقارنة بتلك التى عُرِّضت جذورها لحرارة ٢٥°م.

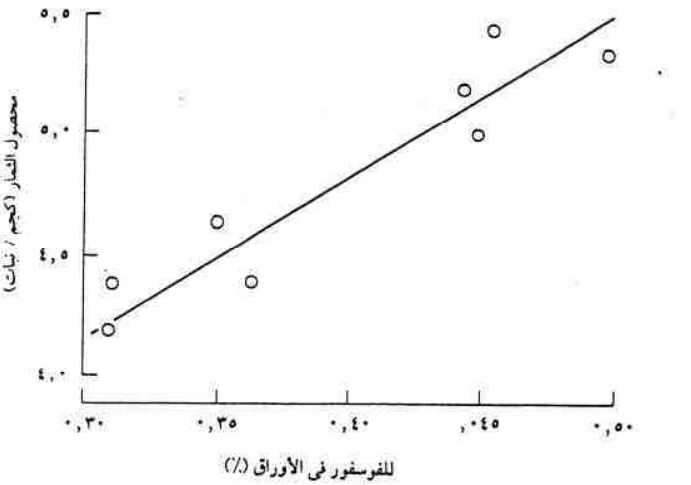
وتتضح العلاقة بين التسميد بالفوسفور، والمحصول فى شكلى (٤-٢) و(٤-٣). فنجد فى الشكل الأول أن النباتات استفادت من زيادة معدلات التسميد الفوسفاتى حتى نحو ١٢٥٠ كجم من الفوسفور للهكتار، ثم انخفض المحصول بزيادة التسميد الفوسفاتى عن ذلك. أما شكل (٤-٣) فيبين طردية العلاقة فى خط مستقيم بين محتوى الأوراق من الفوسفور

والمحصول. ولا تتحقق النسب المرتفعة من الفوسفور فى الأوراق إلا بالتسميد الفوسفاتى الجيد، مع تيسر العنصر لامتصاص النبات دون أن يثبت فى التربة (Adams ١٩٨٦).

وتجدر الإشارة إلى وجود علاقة عكسية بين زيادة معدلات التسميد الفوسفاتى وامتصاص النباتات لعنصر البورون؛ الأمر الذى يعنى أهمية تجنب الإفراط فى التسميد بالفوسفور.



شكل (٤-٢): العلاقة بين معدل التسميد الفوسفاتى والمحصول.



شكل (٤-٣): العلاقة بين محتوى الأوراق من الفوسفور والمحصول.

البوتاسيوم

من أهم الأعراض الأولى التى تميز نقص عنصر البوتاسيوم فى الطماطم ظهور تجعّد دقيق على الأوراق الحديثة، بينما تكتسب الأوراق الكبيرة لونًا أخضر قاتمًا فى البداية، ولكنه سريعًا ما يتحول إلى اللون الأخضر المصفر عند حواف الوريقات. ويعقب ذلك امتداد هذه الأعراض نحو مركز الوريقات بين العروق، وكثيرًا ما يتغير لون الأنسجة المتأثرة إلى اللون البرتقالى الزاهى، وتكون سهلة التقصف، ثم تتحول إلى اللون البنى، وتموت فى نهاية الأمر.

وتكون سيقان النباتات التى تعانى من نقص البوتاسيوم صلبة ومتخشبة، وتفشل فى الزيادة كثيرًا فى السمك. هذا.. بينما تبقى جذور النباتات رفيعة، وقد تصبح بنية اللون.

تأثير نقص البوتاسيوم على الطماطم

يؤدى النقص الشديد للبوتاسيوم لفترة طويلة (٢١ يوم) إلى إحداث خفض شديد فى الكتلة البيولوجية للطماطم، خاصة بعد حدوث نقص فى قطر ساق النبات. وبسبب ضعف الطلب على الغذاء المجهز يتراكم السكر فى الأوراق؛ الأمر الذى يؤدى إلى خفض فى معدل البناء الضوئى. ولا يكون ذلك مصاحبًا بأى تأثير على مستوى البوتاسيوم أو السكر بالثمار (Kanai وآخرون ٢٠٠٧).

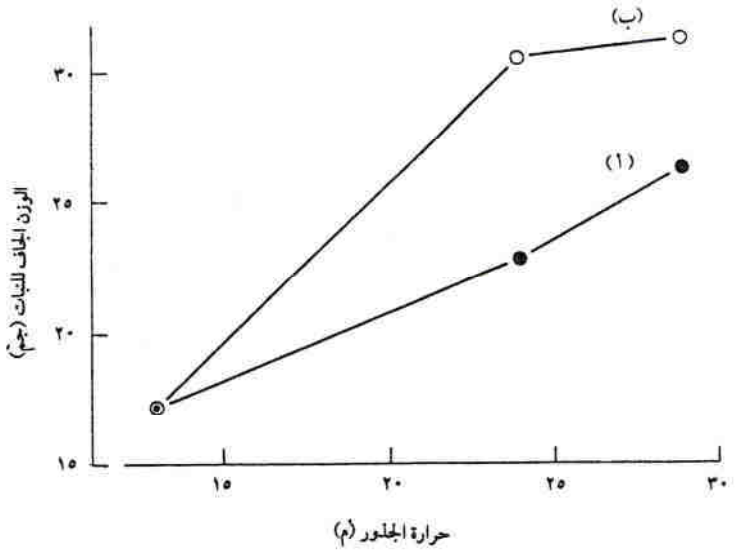
يلعب البوتاسيوم دورًا أساسيًّا فى انتظام تلون الثمار، وتكون حاجة النباتات من العنصر – التى تعطى أفضل تلوين للثمار – أعلى من مستوى التسميد البوتاسى الذى يعطى أعلى محصول (Winsor & Adams ١٩٨٧).

وتوجد علاقة طردية بين تركيز البوتاسيوم فى نسيج الورقة ومحتوى الثمار من الحموضة المعايرة والحموضة الكلية؛ وهو ما يعنى تحسّن طعم الثمار بزيادة التسميد البوتاسى.

كذلك يؤدى نقص البوتاسيوم إلى نقص الفترة التى تلزم لوصول الثمار إلى مرحلة النضج، وسرعة الوصول إلى مرحلة الكلايمكترك.

ولا توجد مشاكل خاصة بالتسميد البوتاسى، وإن كان من الضرورى أن يتوفر العنصر للنبات بطبيعة الحال. وتجدر الإشارة إلى أن أعراض نقص البوتاسيوم تظهر على النباتات — عادة — عند اقترابها من النضج فى صورة اصفرار بالأوراق، وموت حوافها أحيانًا، وامتداد الاصفرار بين العروق. ولا يمكن التخلص من هذه الأعراض حتى مع استمرار التسميد البوتاسى عن طريق التربة، أو بالرش طوال موسم النمو، كما لم تؤد زيادة التسميد البوتاسى — حينئذ — إلى زيادة المحصول (Sims وآخرون ١٩٧٩). إلا أن الإفراط فى التسميد بالبوتاسيوم يمكن أن يؤدى إلى إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى، نتيجة لمنافسة كاتيون البوتاسيوم لكاتيون الكالسيوم فى الامتصاص.

وتزداد استجابة نباتات الطماطم إلى التسميد البوتاسى بارتفاع حرارة الجذور؛ حيث يزداد الوزن الجاف للنباتات بارتفاع درجة الحرارة، وتكون الزيادة فى الوزن أكبر مع زيادة تركيز البوتاسيوم فى بيئة الزراعة (شكل ٤-٤).



شكل (٤-٤): تأثير درجة حرارة الجذور وتركيز البوتاسيوم على الوزن الجاف لنباتات الطماطم النامية فى مزرعة لا أرضية. تركيز البوتاسيوم فى بيئة الزراعة: (أ) ٤ مللى مكافئ /لتر، (ب) ١٢ مللى مكافئ/ لتر.

يـزداد تركيـز البوتاسـيوم فـى أوراق الطمـاطم بزيـادة معـدلات التـسميد الأسمـدة البوتاسية دون أن تتأثر تلك العلاقة بمصادر البوتاسيوم المستخدم. ويوصـى فـى الأراضـى الفقيرة فى البوتاسيوم بتسميدها– فى حالتى الرى بالتنقيط السطحى وتحت السطحى — بمعدل ٨٨ كجم بوتاسيوم (K) للفدان (Locascio وآخرون ١٩٩٧ أ، ١٩٩٧ ب).

هذا .. ويؤثر مستوى البوتاسيوم على محتوى ثمار الطمـاطم الـشيرى مـن المركبـات المتطايرة المسئولة عن النكهة، وكذلك على الخصائص المسئولة عن الطعم. وقـد وجـد أن تركيز المركبات المتطايرة التالية:

3-methylbutanal	1-penten-3-one
hexanal	cis-3-hexenal
2-methyl-4-pentenal	trans-2-hexenal
2E-4E-hexadienal	6-methyl-5-hepten-2-one
phenylacetaldehyde	phenylethanol

وكذلك تركيز السكريات الذائبة والمواد الصلبة الذائبة يزداد، ثم يـنخفض بزيـادة تركيـز البوتاسيوم فى المحلول بين صفر، و١٠ مللى مول K/لتر. وقد حُـصِلَ علـى أعلـى القـيم لتلك المركبات فيما بين ١,٤، و٣,٠ مللى مول K/ لـتر، باسـتثناء الـ cis-3-hexenal (١,١ مللى مولى K/ لتر)، والـ phenylacetaldehyde (٤,٥ مللى مول K/ لتر)، والـ phenylethanol (٤,٨ مللى مول K/ لتر). وبالمقارنة .. فإن زيادة مـستوى البوتاسـيوم فى المحلول المغذى قلل مـن نـسبتى الـسكريات الذائبـة إلى الحموضـة المعـايرة، والمـواد الذائبة إلى الحموضة المعـايرة. وإجمـالاً.. يعتقـد أن تـوفير البوتاسـيوم بـين ١,٤، و ٣,٠ مللى مول/ لتر يُحسن طعم الطماطم، بينما غيـاب العنـصر أو زيادتـه عـن تلـك الحـدود يُكسب الثمار طعمًا رديئًا، ربما بسبب تواجد مـستوى غـير مرغـوب فيـه مـن المركبـات المسئولة عن النكهة (Wang وآخرون ٢٠٠٩).

الكبريت

نادرًا ما تظهر أعراض نقص الكبريت على نباتات الطماطم؛ لتوفر العنصر فى عديد من الأسمدة التى تسمد بها حقول الطماطم، مثل: سلفات الأمونيوم، وسلفات البوتاسيوم، والسوبر فوسفات (الذى يحتوى على الجبس وهو سلفات الكالسيوم)، وسلفات المغنيسيوم. وتتشابه أعراض نقص الكبريت – إلى حد ما – مع أعراض نقص النيتروجين؛ فتأخذ الأوراق السفلى للنبات لونًا أخضر مصفرًا، وتصبح السيقان متصلبة ومتخشبة، وتزداد كثيرًا فى الطول، ولكنها تبقى رفيعة. كما قد تظهر بقع متحللة على قمة وحواف الوريقات، وبقع قرمزية صغيرة بين العروق فى الأوراق الكبيرة.

الكالسيوم

نادرًا ما يعانى النمو الخضرى أو الزهرى لنباتات الطماطم من نقص عنصر الكالسيوم، وإذا ما حدث ذلك فإن الأعراض تظهر فى المناطق الميرستيمية النشطة فى الانقسام؛ حيث تموت القمة النامية والوريقات الطرفية، وتكون سيقان النباتات – المتأثرة بنقص العنصر – قليلة الصلابة، وتظهر بالقرب من قممها النامية بقع متناثرة من أنسجة ميتة. كذلك تفشل الأزهار فى العقد وتموت البراعم الطرفية فى العناقيد الزهرية.

ويؤدى انخفاض تركيز الكالسيوم (إلى ٠,٥ بدلاً من ٩ مللى مكافئ/ لتر) لفترات قصيرة فى المحاليل المغذية إلى حدوث انخفاض كبير فى محتوى نباتات الطماطم من الكالسيوم، إلاّ أن تلك الفترات القصيرة لا تؤثر على معدل النمو النباتى. وبالمقارنة.. فإن زيادة الرطوبة النسبية (من ٧٠٪ إلى ٩٥٪) تُحدث نقصًا كبيرًا (ولكن بدرجة أقل) فى محتوى الأنسجة من الكالسيوم، إلاّ أن ذلك يكون مصاحبًا بنقص فى النمو الخضرى (Del Amor & Marcelis ٢٠٠٦).

وبالمقارنة .. فإن ثمار الطماطم تكون حساسة جدًّا لنقص العنصر، حيث تظهر عليها أعراض العيب الفسيولوجى المعروف باسم "تعفن الطرف الزهرى" عندما لا تصلها كميات كافية من العنصر.

ظهرت نسبة عالية من إصابة ثمار الطماطم بتعفن الطرف الزهرى عندما كان تركيز الكالسيوم فى المحلول المغذى ٦٠ مجم/ لتر، ولم يكن الرش بكلوريد الكالسيوم مفيدًا فى تصحيح هذا الوضع، ولكنه حسَّن من محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة ووزنها الجاف. وبينما لم تتأثر إصابة الثمار بالأمراض بعد الحصاد بمعاملة الرش بالكالسيوم، فإن الفقد فى الوزن أثناء التخزين انخفض برش النموات الخضرية بالكالسيوم (Coolong وآخرون ٢٠١٤).

وتكون جذور النباتات المتأثرة بنقص العنصر قصيرة، وسميكة، وكثيرة التفريع، وتأخذ لونًا بنيًّا داكنًا.

المغنيسيوم

يكثر ظهور أعراض نقص المغنيسيوم — وخاصة فى الزراعات المحمية — وذلك بسبب الإفراط فى التسميد البوتاسى، الذى يؤدى تلقائيًّا إلى ضعف امتصاص عنصر المغنيسيوم. فى بداية الأمر.. تميل الأوراق الكبيرة إلى الالتفاف إلى أعلى، ولكن سريعًا ما تتطور أعراض نقص العنصر على صورة اصفرار يظهر بين العروق فى الأوراق السفلى للنبات، مع ظهور بقع متحللة متناثرة فى المساحات الصفراء، بينما تبقى العروق والمناطق المحيطة بها مباشرة خضراء اللون. وقد يبدأ ظهور الاصفرار عند طرف الأوراق، ثم ينتشر نحو الداخل بين العروق. وفى نهاية الأمر تكتسب الأوراق الكبيرة لونًا بنيًّا وتموت. وتزداد شدة ظهور الأعراض على أوراق النبات أثناء تكوين الثمار، ولكن لا تظهر على الثمار ذاتها أىُّ أعراض.

الحديد

يؤدى نقص الحديد إلى اكتساب الأوراق القمية لنبات الطماطم لونًا أخضر باهتًا مصفرًا، مع ظهور تبرقشات صفراء بين العروق تبدأ من قاعدة الورقة المركبة وقواعد الوريقات، كما يتقزم النمو. وفى بداية تطور الأعراض تبقى عروق الأوراق خضراء اللون،

وتبدو كشبكة دقيقة خضراء على خلفية صفراء اللون، ولكن – مع استمرار نقص العنصر – يصبح كل نصل الورقة – فى الأوراق الطرفية – أصفر اللون.

هذا .. ويقل انتقال عنصر الحديد من الجذور إلى الأوراق عند توفر تركيزات عالية من أى من عناصر الكالسيوم أو المنجنيز أو الزنك فى بيئة الزراعة.

المنجنيز

يؤدى نقص المنجنيز إلى صغر حجم الأوراق، وظهور تبرقش بين العروق فى الأوراق الحديثة، ويكون بلون أخضر باهت فى البداية، ثم يتحول إلى اللون الأصفر، بينما تبقى العروق خضراء اللون. كما تظهر بقع صغيرة بنية اللون فى المساحات الصفراء، يبدأ ظهورها بالقرب من قواعد الوريقات بعيدًا عن العروق، ثم تزداد تدريجيًّا فى المساحة إلى أن تلتحم معًا. كذلك يقل نمو المجموع الجذرى، وتكون الجذور أقصر وأقل سمكًا مما تكون عليه الحال فى النمو الطبيعى، ويظهر بعض التلون البنى فى القمم النامية.

يحدث التسمم بالمنجنيز عندما يزداد تركيز العنصر فى بيئة الزراعة، وهو أمر شائع فى الأراضى الحامضية، والأراضى الغدقة، والأراضى المعقمة جزئيًّا بالبخار ومن أهم أعراض التسمم بالمنجنيز ظهور بقع بنية اللون على أعناق الأوراق والسيقان. ويبلغ تركيز المنجنيز فى أوراق النباتات التى تعانى من زيادة العنصر أكثر من ١٠٠٠ جزء فى المليون. وتؤدى إضافة السوبر فوسفات إلى تقليل حدة التسمم بالمنجنيز.

النحاس

قد تظهر أعراض نقص النحاس على بادرات الطماطم النامية فى بيئات أساسها البيت موس بسبب تكوين العنصر لمركبات معقدة ثابتة مع المادة العضوية؛ الأمر الذى يجعله أقل تيسرًا للنبات. ومن أهم أعراض نقص العنصر بطء النمو وتقزمه، والتفاف حواف الأوراق إلى أعلى نحو الداخل، مع ظهور انسفاع عليها. ويظهر اصفرار بالأوراق السفلى للنبات، التى لا تلبث أن تتحول إلى اللون البرونزى، فالبنى، مع ظهور تحلل

بحواف الوريقات وتلون أسود بالعروق. كذلك تظهر بقع بنية متخشبة على السيقان وأعناق الأوراق، كما يقل الإزهار ويتأخر، ويضعف النمو الجذرى بشدة.

الزنك

تظهر أعراض نقص الزنك فى الأراضى القلوية، خاصة عند زيادة التسميد الفوسفاتى. ومن أهم أعراض نقص العنصر قِصَر السلاميات، وتوقف النمو الخضرى، مع ظهور اصفرار بين العروق فى الأوراق السفلية للنبات، مع انتشار الاصفرار فى الأوراق الأعلى بصورة تدريجية، وتكتسب الأوراق السفلى لونًا بنيًّا فى نهاية الأمر. ومن الأعراض الأخرى التى يسببها نقص العنصر التفاف حواف الوريقات إلى أسفل، وظهور بقع بنية اللون على العروق وفيما بينها، وعلى أعناق الأوراق وأعناق الوريقات، مع التفاف أعناق الأوراق إلى أسفل.

البورون

يؤدى نقص البورون إلى ضعف النمو الجذرى، وتضخم السويقة الجنينية العليا، وتضخم الأوراق الفلقية، وسهولة تقصف الأوراق وأعناقها، كما تتحلل القمة النامية للنبات، ولا يكتمل نمو الأوراق فتكون غير منتظمة الشكل، وتقصر السلاميات، ويزداد التفريع الجانبى، وتحدث تغيرات خلوية غير طبيعية. كما وجد أن نقص البورون يرتبط جوهريًّا بضعف الإزهار، والعقد، ونقص حجم الثمار المتكونة، مع ظهور أنسجة فلينية عند أكتاف الثمرة بالقرب من الكأس.

ومن أبرز أعراض نقص العنصر فى المزارع الرملية اصفرار حواف الأوراق العليا للنبات بالقرب من قواعدها، ثم اكتسابها لونًا أحمر أو قرمزيًّا، مع تلون العروق فى السطح السفلى للأوراق باللون القرمزى. كذلك يضعف النمو الجذرى للنبات، وتأخذ القمم الجذرية النامية مظهرًا جيلاتينيًّا، وتصبح بنية اللون. ومع استمرار نقص العنصر تظهر مساحات كبيرة من الأوراق ملونة بالأصفر، والبنى، والقرمزى، مع حدوث زيادة

فى سمك الأوراق، ويأخذ النبات مظهرًا متقزمًا نتيجة لظهور أوراق جديدة متزاحمة تحت قمته النامية.

وتزداد فرصة ظهور أعراض نقص البورون عند زيادة التسميد الفوسفاتى أو البوتاسى.

وتؤدى زيادة البورون فى التربة، أو فى مياه الرى، أو زيادة التسميد بالبورون إلى احتراق حواف الأوراق السفلى مع تقدم ظهور الأعراض — تدريجيًّا – فى الأوراق الأعلى. ويحدث ذلك عندما يصل تركيز البورون فى الأوراق إلى حوالى ١٥٠ جزءًا فى المليون.

تستفيد نباتات الطماطم — كثيرًا — من التسميد بالبورون، سواء أكانت إضافته عن طريق التربة أم رشًا. وقد ظهرت تلك الاستفادة فى صور عديدة تضمنت: زيادة النمو النباتى، وزيادة تركيز عناصر البوتاسيوم والكالسيوم والبورون فى النسيج النباتى، وزيادة امتصاص النيتروجين، وزيادة الوزن الطازج للنباتات والوزن الجاف للجذور، وتحسين عقد الثمار، وزيادة المحصول الكلى ومحصول ثمار الدرجة الأولى، وزيادة صلابة الثمار وقدرتها التخزينية. وقد لعب البورون دورًا هامًّا فى الاستفادة من البوتاسيوم، حيث وجدت تركيزات عالية من كل من البورون والبوتاسيوم فى ثمار الطماطم المسمدة بالبورون (Davis وآخرون ٢٠٠٣).

هذا .. إلاّ أن زيادة البورون عما ينبغى يؤدى إلى تسمم النبات بالعنصر؛ الأمر الذى يمكن تجنبه — جزئيًّا — بالتسميد الجيد بالزنك (Günes وآخرون ١٩٩٩).

وقد ظهرت أعراض التسمم بالبورون على نباتات الطماطم عند زيادة تركيز العنصر بالنبات من ٠,٥ مجم/ كجم إلى ٥ أو ٥٠ مجم/ كجم، وظهر التسمم على صورة ضعف فى النمو، وزيادة فى نفاذية الأغشية الخلوية وتراكم للبرولين، وزيادة فى نشاط الإنزيم nitrate reducatse (Eraslan وآخرون ٢٠٠٧).

المولیبدنم

تظهر أعراض نقص عنصر الموليبدنم فى الأراضى الحامضية؛ ولذا .. تندر ملاحظة تلك الأعراض فى الوطن العربى. وتكون الأعراض – التى قد تحدث فى المزارع المائية – على صورة تبرقش واضح يظهر على الأوراق السفلى للنبات، ثم تحترق حواف الأوراق وتلتف نحو الداخل وتجف – تدريجيا – من القمة إلى القاعدة، كما تسقط معظم الأزهار بدون عقد. وفى حالات النقص الشديد تظهر الأعراض كذلك على الأوراق الحديثة (عن Purvis & Carolus ١٩٦٤، و Winsor & Adams ١٩٨٧).

السيلينيم

أدت إضافة السيلينيم للمحلول المغذى للطماطم بتركيز ملليجرام واحد Se/ لتر إلى امتصاص الجذور له وزيادة تركيزه فى كل من الأوراق والثمار، وإلى تأخير بداية نضج الثمار، وتأخير الحصاد، وخفض محتواها من البيتاكاروتين، وذلك مقارنة بعدم تزويد المحلول المغذى بالعنصر. وقد أدت المعاملة – كذلك – إلى بطء التغير اللونى فى الثمار، وانخفاض معدل إنتاج الإيثلين بها؛ مما يعنى إمكان تأثير المعاملة إيجابيًّا على قدرتها التخزينية (Pezarossa وآخرون ٢٠١٤).

التسميد العضوى

أدى الاعتماد على سبلة الدواجن فى إنتاج الطماطم إلى زيادة محصول الثمار ومحتواها من عنصر الزنك المهم لصحة الإنسان، مع خفض لمحتواها من عنصر البروم الضار (Demir وآخرون ٢٠١٠).

وأحدث تسميد الطماطم بمعدل ٤٢ كجم من هيومات البوتاسيوم + ٢١ طن مترى من السماد البلدى للفدان – كبديل للتسميد المعدنى – زيادة فى كل من محصول الثمار ومحتواها من فيتامين C والمواد الصلبة الذائبة الكلية، بالإضافة إلى إحداث زيادة فى كل من الوزن الجاف للنبات والوزن الجاف للجذور ومحتوى الأوراق من البرولين الحر والعناصر (N ، P ، K، Fe، Mn، Zn) والنتريت والنترات، وذلك مقارنة بمستويات التسميد بالهيومات والسماد البلدى الأقل من ذلك (Rady ٢٠١١).

وقد تحسن مظهر بادرات الطماطم كثيرًا عند ما زود محلول هوجلند المغذى (بتركيز ٥٠٪) المستخدم فى إنتاجها بمستخلص (أوراشح) الفيرميكومبوست vermicompost بتركيز ١ : ١٠ (حجم /حجم). وفى غياب كلا من الفوسفور والبوتاسيوم من المحلول المغذى فإن إضافة مستخلص الفيرميكمبوست حسَّن من مختلف دلائل النمو، مثل طول النبات وعدد الأوراق والوزن الجاف لكل من النمو الخضرى والجذور، مقارنة بما حدث فى شتلات معاملة المقارنة. هذا .. إلا أن تلك المعاملة لم تعوض نقص النيتروجين (Arthur وآخرون ٢٠١٢).

كذلك وجد أن إضافة المتبقيات السائلة من عمليات التخمر التى تُجرى لأجل إنتاج الناشرات الحيوية ذات الببتيدات الدهنية lipopeptide biosurfactants (وهى متبقيات عضوية تحتوى على كميات كبيرة من العناصر المغذية الميسرة للامتصاص والأحماض الأمينية، مع حدود دنيا من العناصر الثقيلة).. وجد أن إضافتها لأصص الطماطم بنسبة ١٪ (حجم/ وزن) أدت إلى تحسين كل دلائل النمو النباتى، وإلى زيادة أعداد بكتيريا المحيط الجذرى والنشاط الإنزيمى فيه، وإلى زيادة تيسر العناصر، وكان التأثير المفيد لإضافة المتبقيات السائلة أفضل من إضافة النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم المعدنى عند نفس المستوى (Zhu وآخرون ٢٠١٣).

التفاعلات بين العناصر

تؤثر العناصر السمادية على بعضها البعض، فتؤدى زيادة إحداها إلى ظهور أعراض نقص واحد أو أكثر من العناصر الأخرى. ومن أمثلة هذه التفاعلات ما يلى:

١- يؤدى الإفراط فى التسميد الآزوتى، أو الفوسفاتى، أو البوتاسى إلى ظهور أعراض نقص عنصر المغنيسيوم.

٢- تؤدى زيادة الآزوت إلى ظهور أعراض نقص عنصر البوتاسيوم.

٣- تؤدى زيادة الفوسفور إلى نقص واضح فى امتصاص النبات لعناصر البورون، والزنك، والمنجنيز.

٤- تؤدى زيادة عنصر المنجنيز إلى نقص امتصاص عنصر الحديد.

٥- تؤدى زيادة الملوحة إلى زيادة تركيز الفوسفور، ونقص تركيز النتيروجين النيتراتى، والكالسيوم فى الأوراق (عن Adams ١٩٨٦).

ولمزيد من التفاصيل المزودة بالصور الملونة عن أعراض نقص، وزيادة جميع العناصر الغذائية وأهميتها لنبات الطماطم.. يراجع Eysinga & Smilde (١٩٨١).

احتياجات نباتات الطماطم من العناصر خلال مختلف مراحل نموها

تعطى الأصناف التقليدية من الطماطم ذات النمو الحضرى الممتد — سواء أكانت محدودة النمو أم غير محدودة النمو — نحو ٢٪ من نموها الكلى خلال الشهر الأول بعد الشتل، و ٢٦٪ فى الشهر الثانى، و٧٢٪ فى الشهر الثالث، كذلك تمتص معظم احتياجاتها من العناصر الغذائية خلال الشهر الثانى والثالث بعد الشتل. ويبدو ذلك واضحًا فى جدول (٤-١) الذى يُبَيّن النسبة المئوية لامتصاص الطماطم للعناصر الغذائية الكبرى خلال الأشهر الثلاثة الأولى بعد الشتل. ويتضح من الجدول أن ثلثى كمية العناصر الممتصة تكون فى الشهر الثالث بعد الشتل، أى خلال الفترة التى يحدث فيها معظم النمو الخضرى، وجزء كبير من النمو الثمرى.

جدول (٤-١): النسبة المئوية لامتصاص نبات الطماطم للعناصر الغذائية الأولية (النيتروجين، والفوسفور والبوتاسيوم) خلال الشهور الثلاثة الأولى بعد الشتل.

العنصر	النسبة المئوية لامتصاص العنصر خلال الشهر		
	الأول بعد الشتل	الثانى بعد الشتل	الثالث بعد الشتل
النيتروجين	٣	٢٨	٦٩
الفوسفور	٣	٣٥	٦٢
البوتاسيوم	٢	٣٠	٦٨

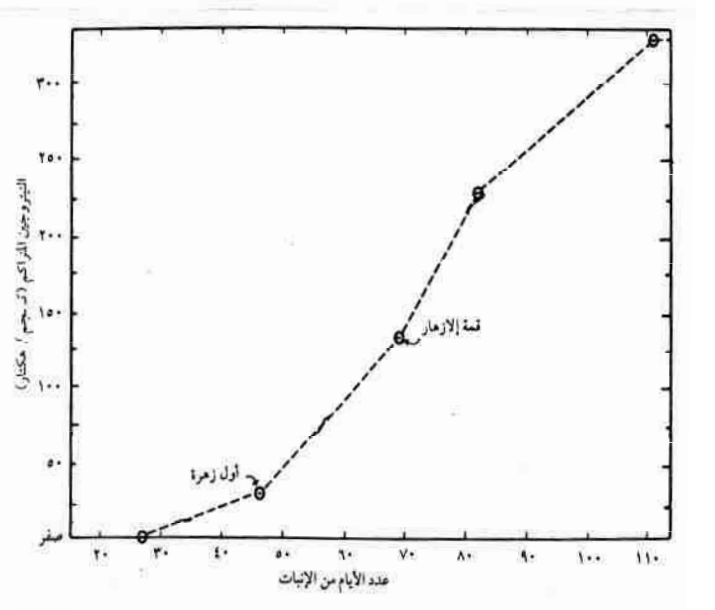
وفى دراسة أخرى أُجريت على أحد أصناف الطماطم التى زرعت بالبذور مباشرة فى أرض رملية ورويت بطريقة التنقيط، تم حساب كمية النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم التى امتصتها النباتات يوميًّا. ويُبَيِّن جدول (٤–٢) نتائج هذه الدراسة والتى تفيد بأن معدل الامتصاص اليومى يختلف عن عنصر لآخر، فيكون معدل امتصاص الآزوت مرتفعًا بوجه عام، ولكنه يزيد بصورة خاصة خلال مرحلة الإزهار (فى بداية الشهر الثالث بعد الزراعة)، وأثناء نمو ونضج الثمار (عند منتصف الشهر الرابع وحتى الحصاد). ويكون معدل امتصاص الفوسفور منخفضًا بوجه عام، ولكنه يزيد زيادة كبيرة خلال مرحلة الإزهار فى النصف الأول من الشهر الثالث بعد زراعة البذور. ويتشابه البوتاسيوم مع النيتروجين فى امتصاص النباتات له بكميات كبيرة نسبيًّا، ولكن الامتصاص يزداد بشدة خلال النصف الأول من الشهر الثالث، ثم يقل بعد ذلك (عن Adams ١٩٨٦).

جدول (٤–٢): معدل الامتصاص اليومى للطماطم المزروعة فى تربة رملية، وتروى بطريقة التنقيط من عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم.

الفترة	معدل الامتصاص اليومى (ملليجرام / نبات)		
(عدد الأيام بعد زراعة البذور)	النيتروجين	الفوسفور	البوتاسيوم
٤٢– ٦٤	٦٥	٧	١٠٣
٦٤– ٧٦	٩٠	١٧	١٥٥
٧٦– ١١١	٦٥	٥	٨٥
١١١– ١٨٠	١٠٥	٦	٨٥

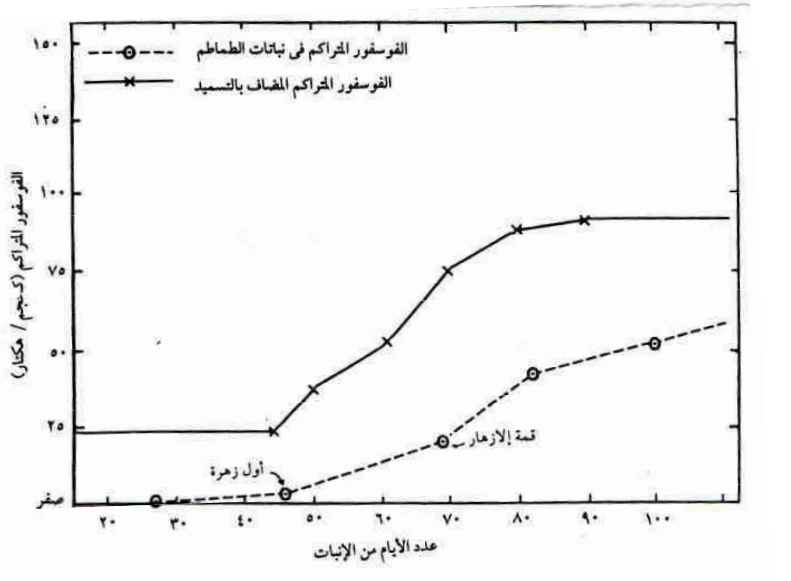
ويبين شكل (٤–٥) الكمية التراكمية المتصة من النيتروجين خلال مختلف مراحل نمو نباتات الطماطم، ويتبين منه أن الكمية الكلية المتصة من النيتروجين تبلغ حوالى ٣٢٥ كم/ هكتار (حوالى ١٣٥ كجم / فدان) بعد حوالى ١١٠ أيام من إنبات البذور (عند الزراعة بالبذور مباشرة فى الحقل الدائم)، تمتص النباتات منها حوالى ٣٠ كجم فقط

(حوالى ٩٪) خلال مرحلة النمو التى تسبق ظهور أول زهرة، بينما يبلغ الامتصاص الكلى (حوالى ١٣٥ كجم/ هكتار (حوالى ٤١٪) عندما تصل النباتات إلى قمة مرحلة الإزهار.



شكل (٤-٥): الكمية التراكمية الممتصة من النيتروجين خلال مختلف مراحل نمو نباتات الطماطم.

وبالمقارنة .. يوضح شكل (٤-٦) العلاقة بين المعدل التراكمى لامتصاص الفوسفور مع عدد الأيام بعد زراعة البذور، مع بيان بكميات الفوسفور المضافة خلال مختلف مراحل نمو نباتات الطماطم. يتبين من الشكل أن الكمية الكلية الممتصة من الفوسفور بلغت حوالى ٦٠ كجم/ هكتار (حوالى ٢٥ كجم/ فدان) بعد حوالى ١١٠ أيام من زراعة البذور، بينما بلغت الكمية الكلية المضافة من العنصر حوالى ٩٠ كجم / هكتار (حوالى ٣٧,٥ كجم / فدان). كما يوضح الشكل ان النباتات تمتص حوالى ٤ كجم فقط من الفوسفور (حوالى ١٦٪) خلال مرحلة النمو التى تسبق ظهور أول زهرة،بينما يبلغ الامتصاص الكلى حوالى ٤٠ كجم/ هكتار (حوالى ٦٦,٧٪) عندما تصل النباتات إلى قمة مرحلة الإزهار (عن Phene وآخرين ١٩٨٧).



شكل (٤-٦): الكمية التراكمية المضافة من الفوسفور والكمية التراكمية المتصة منه خلال مختلف مراحل نمو نباتات الطماطم.

وعلى الرغم من اختلاف أصناف الطماطم فى كمية العناصر التى تمتصها من التربة، إلا أن الكميات تتقارب عند تساوى المحصول، يُوضح جدول (٤-٣) متوسط كميات النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم التى تمتصها نباتات الطماطم لكل فدان، كما يتضح من الجدول أن معظم الكميات المتصة من عنصرى الفوسفور، والبوتاسيوم تصل للثمار، بينما تحتفظ النموات الخضرية بمعظم النيتروجين الممتص. وتفيد هذه الحقيقة — فى تخطيط البرنامج التسميدى لكل من الطماطم، والمحاصيل التى تليها فى الدورة، لأن جزءًا كبيرًا من النيتروجين الممتص يعود للتربة مرة أخرى عند قلب النموات الخضرية للطماطم فيها بعد الحصاد، بينما تُزال معظم الكميات المتصة من الفوسفور والبوتاسيوم نهائيًّا من الحقل مع الثمار.

جدول (٤-٣): متوسط كميات العناصر الأولية (النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم) التى تمتصها نباتات الطماطم لكل فدان (كجم).

العنصر	متوسط الكمية الممتصة	المدى	نسبة الكمية الممتصة التى تصل للثمار
النيتروجين	٧٥	٦٥- ٨٥	٢٥
الفوسفور	٧	٦- ٨	٧٥
البوتاسيوم	١٥٠	١٠٠- ١٧٥	٦٠

وإذا ما اختلفت الأصناف فى كمية المحصول.. فإنه يمكن التعميم – بالنسبة للأصناف الحديثة ذات النمو المندمج – أن كل ٢٠ طنًّا من الثمار تزيل معها – من الحقل – حوالى ٢٥ كجم من النيتروجين، و٦ كجم من خامس أكسيد الفوسفور (P_2O_5)، و٥٠ كجم من أكسيد البوتاسيوم (K_2O)، و ٢,٥ كجم من كل من أكسيد الكالسيوم (CaO) وأكسيد المغنيسيوم (MgO).

وتتحدد الاحتياجات السمادية الكلية للنبات من المعلومات المبينة أعلاه (الكميات التى تصل إلى الثمار ونسبتها من الكميات التى يمتصها النبات)، والمحصول الكلى المتوقع، ونسبة ما يفقد من الأسمدة مع مياه الرى أو الغسيل، ونسبة ما يثّبت منها فى التربة. ويعتبر تثبيت الفوسفور هو العامل الأول المسئول عن إضافة كميات من العنصر تزيد – كثيرًا – عن حاجة النباتات الفعلية منه.

وبصفة عامة.. يلزم لإنتاج كل طن من ثمار الطماطم امتصاص النباتات لحوالى ٢,٥- ٣ كجم نيتروجين، و٠,٢- ٠,٣ كجم فوسفور (P)، و ٣- ٣,٥ كجم بوتاسيوم (K). وتحتوى ثمار الطماطم على نحو ٤٥٪ – ٦٠٪ من إجمالى النيتروجين الممتص، و٥٠٪ – ٦٠٪ من الفوسفور، و٥٥٪ – ٧٠٪ من البوتاسيوم. وتُمتص غالبية العناصر التى ينتهى بها الحال فى الثمار بداية من مرحلة الإزهار. وتقل نسبة العناصر التى تصل إلى الثمار – مقارنة بالكمية الإجمالية المتصة منها – بزيادة معدلات التسميد. وتنتقل نسبة بسيطة من النيتروجين الممتص من الأوراق إلى الثمار، ويحدث الأمر ذاته بالنسبة للفوسفور والبوتاسيوم – كذلك – ولكن بدرجة أقل. ويبلغ أقصى احتياج للعناصر الثلاثة بداية من

بعد الإزهار بنحو ١٠ أيام إلى حين نضج الثمار. وتُمتص نسبة أعلى من الفوسفور أثناء الليل مقارنة بالامتصاص الليلى لعنصرى النيتروجين والبوتاسيوم. ويناسب الطماطم ارتفاع نسبة النيتروجين النتراتى مقارنة بالنيتروجين الأمونيومى فى الأسمدة المستعملة معها. وتعد أفضل نسبة أنيونات لتسميد الطماطم هى: ٥٨ نيتروجين: ٣٦ كبريت: ٦ فوسفور، وأفضل نسبة كاتيونات هى: ٣٩ بوتاسيوم: ٣٢ كالسيوم: ٢٩ مغنيسيوم. وأفضل توقيت وطريقة لتحديد مستوى النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم فى النبات هى بتحليل الورقة الخامسة من قمة النبات فيما بين بداية الإزهار وحتى بداية النضج (Hegde ١٩٩٧).

طرق التعرف على مدى حاجة نبات الطماطم إلى التسميد

تحليل التربة

يكفى تركيزًا للنترات فى التربة قدره ١٥– ٢٠ جزء فى المليون لسد احتياجات النباتات من النيتروجين على المدى القصير خلال مراحل النمو الأولى، ولكن الأمر يحتاج إلى التسميد المنتظم بالنيتروجين عندما تبدأ النباتات فى النمو السريع.

وتقل الحاجة إلى التسميد بالفوسفور إذا زاد محتوى التربة من الفوسفور (P) عن ٢٠ جزءًا فى المليون باختبار البيكربونات (Oslen)، وتفضل إضافة معظم السماد الفوسفاتى قبل الزراعة.

وفى الأراضى التى تروى سطحيًّا تقل الحاجة إلى التسميد بالبوتاسيوم إذا زاد محتوى التربة من العنصر (K) عن ١٣٠ جزءًا فى المليون باختبار الاستخلاص بخلات الأمونيوم، ولكن يتغير الأمر عندما يكون الرى بالتنقيط نظرًا لمحدودية النمو الجذرى والجزء المبتل من التربة، حيث تستجيب الطماطم للتسميد البوتاسى حتى ولو ارتفع محتوى التربة من العنصر عن ٣٠٠ جزء فى المليون.

كما تستجيب الطماطم للتسميد بالزنك عندما يقل مستواه فى التربة عن نصف جزء فى المليون.

تحليل النبات

يفيد تحليل النبات فى تحديد مدى الحاجة للتسميد، ويُبيّن جدول (٤–٤) تركيز مختلف العناصر الغذائية فى نباتات الطماطم النامية بصورة طبيعية. ويعنى نقص تركيز العناصر عن الحدود المبينة فى الجدول أن النباتات تكون معرضة لظهور أعراض نقص هذه العناصر، وأنه من الضرورى إضافتها ضمن البرنامج التسميدى.

جدول (٤–٤): تركيز مختلف العناصر الغذائية فى نباتات الطماطم النامية بصورة طبيعية (على أساس الوزن الجاف).

العنصر	التركيز العادى، أو مجال التركيز الطبيعى	
	(عن Winsor ١٩٧٣)	(عن Adams ١٩٨٦)
النيتروجين	٤,٨٪	٢,٨– ٤,٩٪
الفوسفور	٠,٥٪	٠,٤٠– ٠,٦٥٪
البوتاسيوم	٥,٥٪	٢,٧– ٥,٩٪
المغنيسيوم	٠,٥٪	٠,٣٦– ٠,٨٥٪
الكالسيوم	٢,٥٪	٢,٤– ٧,٢٪
الكبريت	١,٦٪	١,٠– ٣,٢٪
البورون	٣٥ جزءًا فى المليون	٣٢– ٩٧ جزءًا فى المليون
الحديد	٩٠ جزءًا فى المليون	١٠١– ٣٩١ جزءًا فى المليون
المنجنيز	٣٥٠ جزءًا فى المليون	٥٥– ٢٢٠ جزءًا فى المليون
النحاس	١٥ جزءًا فى المليون	١٠– ١٦ جزءًا فى المليون
الزنك	٨٠ جزءًا فى المليون	٢٠– ٨٥ جزءًا فى المليون
الموليبدنم	٠,٥ جزءًا فى المليون	٠,٩ –١,٠ جزء فى المليون

أما جدول (٤–٥)، فإنه يعطى تفاصيل أكثر عن مستويات عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم التى يجب توفرها فى نباتات أصناف طماطم التصنيع خلال المراحل المختلفة للإزهار والإثمار. يلاحظ من الجدول الانخفاض المستمر فى محتوى النباتات من هذه العناصر — مع تقدمها فى العمر — حتى لو توفرت تلك العناصر بكثرة

للنباتات. ويفيد التحليل المبكر والمستمر للنباتات فى اكتشاف نقص العناصر مبكرًا، وفى تصحيحه بالتسميد المناسب (Sims وآخرون ١٩٧٩).

جدول (٤-٥): تركيز عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم فى أصناف طماطم التصنيع خلال المراحل المختلفة للإزهار والإثمار عند نقص هذه العناصر أو كفايتها أو وفرتها[أ].

مرحلة النمو	العنصر	تركيز العنصر فى حالة		
		النقص	الكفاية	الوفرة
بداية الإزهار	N فى صورة NO_3 – جزء فى المليون	٨٠٠٠	١٠٠٠٠	١٢٠٠٠
	P فى صورة PO_4 – جزء فى المليون	٢٠٠٠	٢٥٠٠	٣٠٠٠
	٪ - K	٣	٤	٦
الثمار الأولى بقطر ٢,٥ سم	N فى صورة NO_3– جزء فى المليون	٦٠٠٠	٨٠٠٠	١٠٠٠٠
	P فى صورة PO_4 جزء فى المليون	٢٠٠٠	٢٥٠٠	٣٠٠٠
	٪ -K	٢	٣	٤
بداية تلون الثمار	N فى صورة NO_3 – جزء فى المليون	٢٠٠٠	٣٠٠٠	٤٠٠٠
	P فى صورة PO_4 – جزء فى المليون	٢٠٠٠	٢٤٠٠	٣٠٠٠
	٪ -K	١	٢	٣

أ- النسيج النباتى المستخدم فى التحليل فى جميع مراحل النمو هو عنق الورقة الرابعة من القمة النامية للنبات.

كما يبين جدول (٤-٦) مستويات الكفاية من عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم عند تحليل الأوراق أو أعناق الأوراق على أساس الوزن الجاف، وعند تحليل العصير الخلوى المستخلص من أعناق الأوراق petiole sap، علمًا بأن التحليل الأخير يكون أسرع حيث نحصل على نتائجه فورًا، ولكنه يكون أقل دقة من التحاليل على أساس الوزن الجاف نظرًا لأنه يتوقف على المحتوى الرطوبى بالأوراق (عن: Hartz & Hanson ٢٠٠٥).

جدول (٤-٦): مستويات الكفاية من عناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم فى الطماطم بمختلف طرق التحليل(Hartz & Hanson ٢٠٠٥).

الجزء النباتى	أساس التحليل	العنصر	مستوى الكفاية	
			عند بداية الإزهار	فى مرحلة الإزهار التام
الأوراق الكاملة	الوزن الجاف	N (٪)	٤,٦- ٥,٢	٣,٥- ٤,٥
		P (٪)	٠,٣٢- ٠,٤٩	٠,٢٥- ٠,٤١
		K (٪)	٢,٢- ٣,٥	١,٦- ٣,١
أعناق الأوراق	الوزن الجاف	النترات (جزء فى المليون)	٨٠٠٠- ١٢٠٠٠	٤٠٠٠- ٨٠٠٠
		الفوسفور (PO_4) (جزء فى المليون)	٣٠٠٠- ٤٠٠٠	٢٥٠٠- ٣٥٠٠
		البوتاسيوم K (٪)	٦- ٨	٤- ٦
أعناق الأوراق	العصير الخلوى	النترات (جزء فى المليون)	٦٠٠- ٩٠٠	٣٠٠- ٦٠٠
		البوتاسيوم K (٪)	٣٠٠٠- ٤٠٠٠	٢٥٠٠- ٣٥٠٠

هذا .. ويرتبط تركيز النيتروجين فى أوراق الطماطم بالنيتروجين الكلى فى النبات (r^2 = ٠,٨٣) ويُعد التركيز فى الأوراق دليلاً يمكن الاعتماد عليه للاستدلال على كفاية النيتروجين طوال موسم الإنتاج. أما النيتروجين النتراتى بأعناق الأوراق فلم يميز جيدًا بين حالتى كفاية ونقص النيتروجين المتاح (Hartz & Bottoms ٢٠٠٩).

وقد أوضح Minotti وآخرون (١٩٨٩) أن نسبة النيتروجين النتراتى فى عنق الورقة إلى نسبته فى كل الورقة كانت ٣ : ١ فى الورقة الثالثة من القمة النامية لنبات الطماطم، وكذلك فى الأوراق الأكبر منها سِنًا، ولكن النسبة كانت أعلى من ذلك فى الأوراق الأحدث؛ وبذا .. توصل الباحثون إلى أنه بالإمكان الاعتماد على تحليل الأوراق الكاملة فى التعرف على التغيرات فى محتواها من النيتروجين، بدلاً من الاعتماد على أعناق الأوراق فقط.

كذلك بين Beverly (١٩٩٤) أنه بالإمكان الاعتماد على تحليل العصير الخلوى المستخلص من سيقان بادرات الطماطم فى التعرف على مستوى النيتروجين فيها، حيث كان توفر النيتروجين النتراتى بتركيز لا يقل عن ٥٠٠ ميكرو جرامًا / مل من العصير (حوالى ٥٠٠ جزءٍ فى المليون) كافيًا لمنع التوقف فى نمو البادرات.

وقد أثبتت دراسات Coltman & Riede (١٩٩٢) أن بالإمكان الاعتماد على اختبارات العصير الخلوى السريعة لأعناق أوراق الطماطم فى تقدير مدى حاجتها إلى التسميد البوتاسى. وحصل الباحثان على أعلى محصول صالح للتسويق عندما كان محتوى البوتاسيوم ٥,٩ مجم/ مل من العصير الخلوى.

كما بيّنت دراسات Hochmuth (١٩٩٤) على الطماطم وعديد من محاصيل الخضر الأخرى أن تركيز كل من النيتروجين والبوتاسيوم فى العصير الخلوى لأعناق الأوراق يرتبط ارتباطًا عاليًا مع تركيز كل منهما — على التوالى — فى الأوراق الكاملة. وقد تناقص تركيز كلا العنصرين مع تقدم موسم النمو. هذا .. ولم يتأثر تركيز أى من العنصرين عندما حفظت العينات النباتية المعدة للتحليل فى الثلج لمدة ١٦ ساعة، أو عندما جُمدت لمدة ٢٤ ساعة.

وتبين من دراسات Renner وآخرين (١٩٩٥) أن التركيز الحرج للبوتاسيوم فى الطماطم — الذى يتأثر النمو النباتى سلبيًا إذا انخفض عنه — هو ٢,٣٪ على أساس الوزن الجاف.

برنامج تسميد الطماطم فى الأراضى الصحراوية

تعد جميع الأراضى الصحراوية فقيرة — بطبيعتها — من حيث محتواها من المادة العضوية، والعناصر الغذائية التى تحتاج إليها النباتات، مع انخفاض سعتها التبادلية الكاتيونية بشدة، وارتفاع نفاذيتها للماء بدرجة كبيرة؛ لذا .. فإن نجاح زراعة الخضر فى هذه الأراضى يتوقف على التسميد الجيد الذى يجب أن يراعى فيه ما يلى:

١- الاهتمام بالتسميد العضوى لبناء التربة، وزيادة سعتها التبادلية الكاتيونية وقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة. ويفضل استعمال سماد الدواجن بمعدل ١٠-١٥ م^3 طنين للفدان، وذلك تجنبًا لتلوث الأرض ببذور الحشائش ومسببات الأمراض. كما يمكن استعمال الكومبوست بمعدل١٥-٢٥ طنًّا للفدان (Maynard ١٩٩٥).

٢- رفع معدلات التسميد الكيميائى لتعويض النقص الحاد فى خصوبة التربة.

٣- إعطاء الأسمدة فى جرعات صغيرة على فترات متقاربة لتجنب فقدها بالرشح.

٤- الاهتمام بالتسميد بالعناصر الدقيقة إما فى صورة مخلبية – لكى لا تثبت فى التربة القلوية والجيرية – وإما رشًا على الأوراق.

ونظرًا لأن معظم زراعات الطماطم فى الأراضى الصحراوية تروى بطريقة التنقيط؛ لذا .. فإننا نوجه جُلَّ اهتمامنا إلى كيفية التسميد من خلال شبكة الرى بالتنقيط، مع الإشارة إلى كيفية التسميد – عند اتباع طريقتى الرى السطحى والرى بالرش – فى نهاية هذا الجزء.

أولا: برنامج التسميد عند اتباع طريقة الرى بالتنقيط

١- أسمدة تضاف قبل الزراعة

يضاف السماد العضوى فى فج المحراث (موقع المصاطب فيما بعد) بمعدل ٢٠ – ٣٠ م^3 من السماد البلدى (سماد الماشية)، والأفضل إضافة ١٥- ٢٠ م^3 سمادًا بلديا مع نحو ٥ م^3 من سماد الكتكوت (مخلفات الدواجن). ويفضل – تجنبًا لمشاكل الحشائش والتلوث بالنيماتودا ومسببات الأمراض- عدم إضافة أية أسمدة بلدية، مع استعمال نحو ١٥- ٢٠ م^3 من سماد الكتكوت للفدان.

ويضاف إلى السماد العضوى – قبل إقامة المصاطب – مخلوط من الأسمدة الكيميائية، كما يلى:

العنصر	صورة العنصر	الكمية (كجم)	السماد المفضل
النيتروجين	N	٢٠	سلفات النشادر
الفوسفور	P_2O_5	٣٠	السوبر فوسفات
البوتاسيوم	K_2O	٢٠	سلفات البوتاسيوم
المغنيسيوم	MgO	٥	سلفات المغنيسيوم
الكبريت	S	٥٠	كبريت زراعى

يكون الهدف الأساسى من إضافة الكبريت خفض pH التربة فى منطقة نمو الجذور، وليس التسميد بالكبريت؛ نظرًا لأن النبات يحصل على حاجته من عنصر الكبريت من مختلف الأسمدة السلفاتية، ومن السوبر فوسفات، والجبس الزراعى، وبعض المبيدات.

وتفيد إضافة الأسمدة الآزوتية بطيئة الذوبان والتيسر Slow Release Fertilizers فى تقليل فقد النيتروجين بالرشح (Cook & Sanders ١٩٩١).

٢- أسمدة عناصر أولية تضاف مع مياه الرى بعد الزراعة

أ- كميات الأسمدة:

يستمر تسميد الطماطم بعد الشتل بالعناصر الأولية، وهى النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم. ويسمد الفدان الواحد بنحو ١٠٠ – ١٢٠ كجم نيتروجينًا (N)، و٣٠ كجم فوسفورًا (P_2O_5)، و٨٠– ١٠٠ كجم بوتاسيوم (K_2O).

هذا .. وتحصل النباتات على كميات إضافية من النيتروجين من حامض النيتريك الذى قد يستخدم بتركيز منخفض فى إذابة الأملاح التى تسد النقاطات، أو لإذابة سلفات البوتاسيوم، ومن نترات الجير أو نترات الكالسيوم التى قد تستخدم كمصدر إضافى للكالسيوم، إلا أن الكمية الكلية المضافة بهذه الطرق لا تتجاوز حوالى ٢٥ كجم للفدان.

ب- توقيت بداية التسميد:

يعمد الكثيرون إلى تأخير بداية التسميد إلى حين مرور أسبوعين إلى ثلاثة أسابيع على الشتل اعتمادًا على ما يتوفر فى التربة من أسمدة سبقت إضافتها قبل الزراعة، وربما محاكاة لما يكون عليه الحال فى الأراضى الثقيلة، إلا أن الجذور لا تصل إلى هذه الأسمدة قبل مرورة أسبوعين على الشتل؛ وبذا .. فهى لا تستفيد منها خلال تلك الفترة، كما أن الأراضى الصحراوية تعد فقيرة جدا فى محتواها من العناصر الغذائية إذا ما قورنت بالأراضى الثقيلة؛ ولذا .. فإن التسميد يجب أن يبدأ فى الأراضى الصحراوية بمجرد معاودة النباتات لنموها، ويكون ذلك — عادة — بعد نحو ٣- ٧ أيام من الشتل.

ج- اختيار الأسمدة المناسبة:

(١) الأسمدة الآزوتية:

تستخدم اليوريا ونترات الأمونيوم (بنسبة ١: ١) كمصدر النيتروجين خلال الشهر الأول بعد الزراعة، ثم تستخدم نترات الأمونيوم منفردة، أو بالتبادل مع سلفات الأمونيوم بعد ذلك. ولا يوصى بالتسميد باليوريا إذا ارتفعت حرارة الجو عن ٢٥°م. ويذكر Nicoulaud & Bloom (١٩٩٦) أن بالإمكان رش النباتات باليوريا — يوميًّا — بتركيز ٠,٢٪؛ بهدف توفير علاج سريع لحالات نقص الآزوت؛ نظرًا لسرعة امتصاصها ووصولها إلى جميع أجزاء النبات فى خلال ٢٤ ساعة من عملية الرش.

وعلى الرغم من أنه يوصى دائمًا باستعمال المصادر الامونيومية للنيتروجين — لأنها أرخص ثمنًا ولا تتعرض للفقد مع مياه الصرف مثلما تتعرض المصادر النتراتية للنيتروجين — إلا أن تحقيق ذلك يتطلب سعة تبادلية كاتيونية عالية فى التربة، وهو ما لا يتوفر فى الأراضى الرملية.

(٢) الأسمدة الفوسفاتية:

يستخدم سوبر فوسفات الكالسيوم العادى أو السوبر فوسفات الثلاثى كمصدر للفوسفور فى حالة التسميد الأرضى، بينما يستخدم حامض الفوسفوريك فى حالة

التسميد مع ماء الرى، حيث تقل فرصة تثبيت الفوسفور المضاف إليه، لأن حامض الفوسفوريك يعمل على خفض pH ماء الرى؛ الأمر الذى يمنع ترسيب الفوسفور حتى مع وجود الكالسيوم فى ماء الرى.

وعلى الرغم من أن الفوسفور المضاف مع مياه الرى يبقى فى التربة قريبًا من النقاطات – مما يعنى عدم تعرض كل المجموع الجذرى للنبات إلى الفوسفور المضاف – إلا أن ذلك يكون كافيًا لقيام النباتات بامتصاص حاجتها من العنصر.

(٣) الأسمدة البوتاسية:

تستخدم سلفات البوتاسيوم كمصدر للبوتاسيوم. وإذا وجدت صعوبة فى إذابتها فى مياه الرى فإنه يحسن خلطها جيدًّا مع حامض النيتريك التجارى (المخفف بالماء) بنسبة ٤ من السماد إلى ١ من الحامض التجارى. يترك المخلوط يومًا كاملاً إلى أن تترسب كل الشوائب المختلطة بسماد سلفات البوتاسيوم، ثم يؤخذ الرائق للتسميد به.

وإذا لم يتوفر حامض النيتريك لإذابة سلفات البوتاسيوم فإنه يمكن استعمال حامض الكبريتيك التجارى المركّز فى تحضير محلول سمادى يحتوى على كل من النيتروجين والبوتاس (K_2O) بنسبة ١ : ١,٥ (وهى النسبة المناسبة للتسميد بها ابتداء من الأسبوع التاسع بعد الشتل وإلى قبل انتهاء موسم الحصاد بنحو أسبوعين) مع إضافة الفوسفور – بالنسبة المرغوبة – إلى هذا المخلوط ليصبح سمادًا كاملاً، ويجرى ذلك على النحو التالى:

- يضاف ٢٠ لترًا من حامض الكبريتيك المركز إلى برميل يتسع لنحو ٢٠٠ لترًا، ويحتوى على ٦٠ لترًا من الماء. تكون إضافة الحامض إلى الماء بصورة تدريجية، وببطء شديد، مع التقليب المستمر، ويحظر إجراء العكس (أى يحظر إضافة الماء إلى الحامض المركز)؛ لما ينطوى عليه ذلك من خطورة على القائمين بهذه العملية.
- يضاف ٥٠كجم من نترات النشادر إلى الحامض المخفف مع التقليب المستمر.

- يضاف إلى المحلول المتكون ٥٠ كجم من سلفات البوتاسيوم مع التقليب المستمر.
- يضاف إلى المحلول الناتج ٤/^{٣} — ١,٥ لتر من حامض الفوسفوريك مع التقليب المستمر، علمًا بأن الكمية المستعملة منه تقل تدريجيًّا إلى أن تصل إلى الحد الأدنى (٤/^{٣} لتر) قرب انتهاء موسم الحصاد.
- يضاف الماء لإكمال حجم المحلول الناتج إلى ٢٠٠ لتر.
- تكشط الرغوة والأملاح التى تتجمع على سطح المخلوط.

يكفى المحلول السمادى الناتج من هذه العملية لتسميد فدان من الطماطم بعناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم لمدة حوال ١٥ يومًا، وقد تستعمل لتسميد ١٥ فدانًا لمدة يوم واحد .. وهكذا.

أما إذا لم يرغب المنتج فى إجراء ما تقدم بيانه فإنه يفضل استعمال أحد الأسمدة السائلة كمصدر للبوتاسيوم.

وبالنظر إلى أن ما يوجد فى هذه الأسمدة من عنصر البوتاسيوم يكون جاهزًا لامتصاص النبات مباشرة، ولا يفقد منه شيء؛ لذا.. يمكن — عند استخدامها — خفض كمية البوتاسيوم (K_2O) الموصى بها إلى النصف؛ فيستعمل منها ما يكفى لإضافة نحو ٤٠ — ٥٠ كجم من K_2O للفدان مع ماء الرى، بالإضافة إلى الـ ٢٠ كجم الأخرى التى تضاف فى باطن الخط قبل الزراعة.

وحتى إذا استعملت سلفات البوتاسيوم فى التسميد فإن إضافة جزء من البوتاسيوم فى صورة سماد بوتاسيوم سائل يعد أمرًا مرغوبًا فيه؛ ولذا.. يوصى بالتسميد بنحو لتر من أحد هذه الأسمدة البوتاسية السائلة ابتداء من الأسبوع السابع بعد الشتل، مع تخفيض الكمية المستعملة منها — تدريجيًّا — ابتداء من الأسبوع الخامس عشر بعد الشتل.

د- توزيع كميات الأسمدة على موسم النمو:

توزع كميات عناصر النيتروجين والفوسفور، والبوتاسيوم المخصصة للمحصول على النحو التالى:

(١) يزداد معدل التسميد بالنيتروجين تدريجيًّا إلى أن يصل إلى أقصى معدل له قبل منتصف النمو، أو عند الإزهار وبداية مرحلة الإثمار، ويبقى عند هذا المستوى المرتفع لمدة حوالى ستة أسابيع، ثم تتناقص الكمية التى يسمد بها تدريجيًّا إلى أن يتوقف التسميد بالنيتروجين نهائيًّا قبل الحصاد بنحو أسبوعين.

وعادة .. يبدأ برنامج التسميد الآزوتى بنحو ٣- ٤ كجم من النيتروجين أسبوعيًا ابتداء من الأسبوع الثانى بعد الشتل. مع زيادة الكمية المضافة منه — تدريجيًّا — إلى أن تصل إلى حوالى ٨ — ١٠ كجم نيتروجينًا أسبوعيًّا فى الأسبوع التاسع من الشتل، وتستمر على هذا المستوى المرتفع حتى الأسبوع الرابع عشر بعد الشتل، حيث تتناقص كمية النيتروجين المضافة بعد ذلك — تدريجيًّا إلى أن تصل إلى نحو ٥ كجم أسبوعيًّا فى الأسبوع الثامن عشر بعد الشتل، ثم يتوقف التسميد الآزوتى — تقريبًا — بعد ذلك.

(٢) يزداد معدل التسميد بالفوسفور سريعًا بعد الزراعة إلى أن يصل إلى أقصى معدل له بعد انقضاء نحو ربع موسم النمو، ويبقى عند هذا المستوى المرتفع لمدة حوالى ستة أسابيع، ثم تتناقص الكمية المضافة منه تدريجيًّا إلى أن يتوقف التسميد بالفوسفور نهائيًّا قبل انتهاء الحصاد بنحو ثلاثة أسابيع.

وعادة .. يبدأ برنامج التسميد الفوسفاتى بنحو ٥٠٠ مل (سم٣) من حامض الفوسفوريك أسبوعيًّا ابتداء من الأسبوع الثانى بعد الشتل، مع زيادة الكمية المستعملة منه — تدريجيًّا — إلى أن تصل إلى حوالى لترين أسبوعيًّا ابتداء من الأسبوع السابع بعد الشتل، وتستمر على هذا المستوى المرتفع حتى الأسبوع الثانى عشر بعد الشتل، حيث تتناقص الكمية المضافة منه تدريجيًّا — بعد ذلك — إلى أن تصل إلى حوالى ٣٠٠ مل فقط أسبوعيًّا فى الأسبوع الثامن عشر بعد الشتل، ثم يتوقف التسيد الفوسفاتى — تقريبًا — بعد ذلك.

(٣) يزداد معدل التسميد بالبوتاسيوم ببطء إلى أن يصل إلى أقصى معدل له فى بداية مرحلة الإثمار، ويبقى على هذا المستوى المرتفع لمدة حوالى أربعة أسابيع، ثم تتناقص الكمية المضافة منه تدريجيًّا إلى أن يتوقف التسميد بالبوتاسيوم تمامًا قبل انتهاء الحصاد بنحو أسبوع أو أسبوعين.

وعادة .. يبدأ برنامج التسميد البوتاسى بنحو ١– ١,٥ كجم بوتاس (K_2O) أسبوعيًّا ابتداء من الأسبوع الثانى بعد الشتل، مع زيادة الكمية المضافة منه – تدريجيًّا – إلى أن تصل إلى حوالى ١٢ – ١٥ كجم بوتاس أسبوعيًّا فى الأسبوع الحادى عشر بعد الشتل، وتستمر على هذا المستوى المرتفع حتى الأسبوع الخامس عشر، حيث تتناقص كمية البوتاس المضافة تدريجيًّا بعد ذلك إلى أن تصل إلى نحو ٣– ٤ كجم فقط أسبوعيًّا فى الأسبوع الثامن عشر، وقد يستمر التسميد البوتاسى على هذا المستوى المنخفض لمدة أسبوعين آخرين بعد ذلك.

ونقدم – فيما يلى – برنامجًا مقترحًا لتسميد الطماطم بالعناصر الأولية خلال مختلف مراحل النمو النباتى، ليس لتطبيقه، وإنما للاسترشاد به فى تحديد الكميات الفعلية التى تجب إضافتها من مختلف العناصر الغذائية، والتى تتوقف على عوامل كثيرة، منها: الصنف وقدرته الإنتاجية، ودرجة الحرارة السائدة... إلخ.

مرحلة النمو	العنصر السمادى (كجم يوميًا / فدان)		
	N	P_2O_5	K_2O
من الشتل إلى بداية الإزهار	٠,٤	٠,٤	٠,٤
من بداية الإزهار إلى بداية العقد	١,٠	٠,٨	١,٠
من العقد إلى بداية القطف	١,٧	٠,٨	٣,٠
من بداية القطف إلى نهاية الحصاد	١,٢	٠,٦	٢,٥

هـ– نظام إضافة الأسمدة البسيطة والمركبة:

تحسب الكمية اللازمة من جميع الأسمدة لكل أسبوع من موسم النمو، حسب مرحلة النمو النباتى. وقد تضاف كميات الأسمدة المخصصة لكل أسبوع على دفعتين أو ثلاث دفعات، ولكن يفضل أن يتم التسميد مع ماء الرى بالتنقيط ست مرات أسبوعيًّا،

بينما يخصص اليوم السابع للرى بدون تسميد. وتوزع الأسمدة المخصصة لكل أسبوع على أيام التسميد الستة بأحد النظم التالية:

(١) تخلط جميع الأسمدة المخصصة لليوم الواحد ويسمد بها مجتمعة، وهذا هو النظام المفضل.

(٢) يُخَصّصُ يومان للتسميد الآزوتى، ثم يوم للتسميد الفوسفاتى والبوتاسى.. وهكذا.

(٣) تخصص ثلاثة أيام منفصلة للتسميد الآزوتى، والفوسفاتى، والبوتاسى، ثم تعاد دورة التسميد.. وهكذا.

ولكن يراعى عند التسميد مع ماء الرى – بصورة عامة – عدم الجمع بين أى من أيونى الفوسفات أو الكبريتات وأيون الكالسيوم، لكى لا يترسبا بتفاعلهما مع الكالسيوم.

ويمكن – فى حالة التسميد مع ماء الرى بالتنقيط – استبدال الأسمدة التقليدية بالأسمدة المركبة السائلة، أو السريعة الذوبان إذا كان استخدامها اقتصاديًّا، ويتوقف تركيب السماد المستخدم على مرحلة النمو النباتى، حيث يمكن استعمال سماد تركيبه ١٩–٦–٦ خلال الربع الأول من حياة النبات، يستبدل بسماد تركيبه ٢٠–٥–١٥ خلال الربع الثانى من موسم النمو، ثم بسماد تركيبه ١٥–٥–٣٠ إلى ما قبل انتهاء موسم الحصاد بنحو أسبوعين.

يكون استخدام هذه الأسمدة بكميات تفى بحاجة النباتات من عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم. وكما سبق أن أوضحنا فإن العناصر الغذائية فى تلك الأسمدة تكون جاهزة لامتصاص النبات مباشرة، ولا يفقد منها شىء. ولذا.. يمكن – عند استخدامها – خفض كمية عنصرى النيتروجين، والبوتاسيوم الموصى بهما إلى النصف، فيصبحان ٥٠– ٦٠ كجم نيتروجينًا، و٤٠– ٥٠ كجم K_2O للفدان. أما الفوسفور؛ فتبقى الكمية الموصى بها بعد الزراعة – وهى ٣٠ كجم – كما هى، نظرًا لأن التسميد المنفرد بالفوسفور يكون بحامض الفوسفوريك الجاهز للامتصاص السريع على أية حال.

ويكفى – عادة – نحو كيلو جرام واحد (أو لتر واحد) من تلك الأسمدة المركبة للفدان يوميًا، ثم تزداد الكمية تدريجيًّا إلى أن تصل إلى نحو ٣ – ٤ كجم يوميًا فى منتصف موسم النمو، تتناقص مرة أخرى – تدريجيًّا – إلى أن تصل إلى كيلو جرام واحد للفدان يوميًّا – مرة أخرى – قبل انتهاء موسم الحصاد بنحو أسبوعين.

وكما فى حالة التسميدة بالأسمدة التقليدية.. يلزم تخصيص يوم واحد، أو يومين أسبوعيًا للرى بدون تسميد؛ بهدف خفض تركيز الأملاح فى منطقة نمو الجذور.

ونظرًا لأن غسيل الأسمدة من التربة يمكن أن يحدث عند الرى بالتنقيط؛ لذا .. فإن الأسمدة المضافة فى أية رية يجب ألا تتعرض إلى رى زائد لا فى نفس الرية ولا فى الريات التالية. وتزيد فرصة احتمال غسيل الأسمدة عند زيادة فترة الرية الواحدة عن الساعة ونصف الساعة.

٣- أسمدة عناصر كبرى أخرى تضاف بعد الزراعة

إن أهم العناصر الكبرى الأخرى – بخلاف عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم – هى عناصر الكبريت، والمغنيسيوم، والكالسيوم.

أ– الكبريت:

يحصل النبات على حاجته من عنصر الكبريت أساسًا من الكبريت المضاف إلى التربة قبل الزراعة، ومن كبريتات الأمونيوم، وكبريتات البوتاسيوم، وسوبر فوسفات الكالسيوم، والجبس الزراعى (الذى قد يستعمل بغرض خفض pH التربة)، بالإضافة إلى ما يوجد من كبريت بالأسمدة الورقية، وبعض المبيدات. ولا توجد حاجة إلى أية إضافات أخرى من هذا العنصر.

ب– المغنيسيوم:

يحصل النبات على حاجته من المغنيسيوم من سلفات المغنيسيوم التى تضاف قبل الزراعة، بالإضافة إلى ما يتوفر من العنصر فى الأسمدة المركبة، سواء تلك التى تستخدم

فى مد النبات بحاجته من العناصر الأولية (النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم) أم الأسمدة الورقية؛ لذا .. لا يحتاج الأمر إلى مزيد من التسميد بالمغنيسيوم إلا إذا لم يكن قد سمد المحصول بالعنصر قبل الزراعة، أو إذا ظهرت أعراض نقص المغنيسيوم، ويلزم – حينئذ – إضافة كبريتات المغنيسيوم بمعدل كيلو جرام واحد للفدان إما رشًّا، وإما مع ماء الرى بالتنقيط، مع تكرار المعاملة أسبوعيا إلى أن تختفى أعراض نقص العنصر، أو كل أسبوعين طوال موسم النمو.

ج- الكالسيوم:

يحصل النبات على معظم حاجته من الكالسيوم من سوبر فوسفات الكالسيوم، ومن الجبس الزراعى الذى قد تعامل به التربة، بالإضافة إلى ما يتوفر من العنصر فى الأسمدة المركبة بنوعيها، إلا أن الطماطم تحتاج إلى مزيد من التسميد بالكالسيوم لكى لا تتعرض ثمارها للإصابة بتعفن الطرف الزهرى، وهو عيب فسيولوجى يظهر عند نقص كمية عنصر الكالسيوم التى تصل إلى الثمار.

ويستخدم فى مصر رائق سماد نترات الجير المصرى (عبود) لتزويد الطماطم بعنصر الكالسيوم مع ماء الرى بالتنقيط، لكن يفضل استخدام سماد نترات الكالسيوم النقى عند توفره. ويشترط فى كلتا الحالتين عدم احتواء مياه الرى على كمية كبيرة من الفوسفات أو الكبريتات.

ويكون استعمال أى من السمادين (نترات الجير المصرى أو نترات الكالسيوم النقية) بمعدل ١٥- ٢٠ كجم أسبوعيا، ابتداء من بداية مرحلة عقد الثمار ولمدة ستة أسابيع.

ونظرًا للتوقيت الحرج لإضافة هذا السماد – والذى لا يكون فيه النمو الخضرى الغزير أمرًا مرغوبًا فيه – يفضل خصم كميات النيتروجين التى تضاف فى صورة نترات مع الكالسيوم – والتى تبلغ نسبتها فى كلا السمادين ١٥٪ – من كميات السماد الآزوتى المقرر إضافتها – خلال تلك الفترة فى برنامج التسميد.

ومتى كان هناك تسميد بالكالسيوم، فإنه يتعين إضافة الأسمدة مع ماء الرى فى مجموعتين منفصلتين، حيث تضم إحداهما الأسمدة المحتوية على الكالسيوم، بينما تشتمل الأخرى على الأسمدة التى تحتوى على أيونى الفوسفات أو الكبريتات، لكى لا يترسبا بتفاعلهما مع الكالسيوم.

ويمكن استخدام سماد نترات الكالسيوم النقى، أو رائق نترات الجير المصرى رشًّا بتركيز ١,٥– ٣ جم/ لتر؛ لإمداد النبات بعنصر الكالسيوم اللازم لوقف انتشار ظاهرة تعفن الطرف الزهرى فى الطماطم، مع الاهتمام بتوجيه محلول الرش إلى الثمار، بالإضافة إلى الأوراق.

٤- أسمدة العناصر الصغرى

إن أهم العناصر الصغرى التى يلزم تسميد نباتات الخضر بها فى الأراضى الصحراوية هى: الحديد، والزنك، والمنجنيز، والنحاس.. وهى العناصر التى تثبت فى صورة غير ميسرة لامتصاص النبات فى الأراضى القلوية. يتبقى بعد ذلك من العناصر الصغرى عنصران: البورون، وهو يثبت مع ارتفاع رقم pH التربة حتى ٨,٥، ثم يزداد تيسره كثيرًا بعد ذلك، والموليبدنم وهو لا يثبت فى الأراضى القلوية. ونجد – بصفة عامة – أن الأراضى الصحراوية ينخفض محتواها من العناصر الصغرى كما هى الحال بالنسبة للعناصر الكبرى.

وبناء على ما تقدم .. فإن محاصيل الخضر تستجيب للتسميد بالعناصر الصغرى فى الأراضى القلوية، ولكن عناصر الحديد، والزنك والمنجنيز والنحاس تتعرض للتثبيت إذا كانت إضافتها عن طريق التربة، أو مع ماء الرى، حيث تبقى بالقرب من النقاطات نظرًا لأن جميع الأراضى الصحراوية قلوية. ولذا.. فإنه لا يفضل إضافة هذه العناصر عن طريق التربة إلا فى صورة مخلبية، كما أن ملح الكبريتات لهذه العناصر يمكن إضافته بطريقة الرش بمعدل ١– ١,٥ كجم مع ٤٠٠ لتر ماء للفدان. وإذا استخدمت الصور المخلبية لهذه العناصر رشًّا على الأوراق فإنها تستعمل بمعدل ٠,٢٥– ٠,٥٠ كجم فى

٤٠٠ لتر ماء للفدان. أما البورون فإنه يضاف دائمًا فى صورة معدنية على صورة بوراكس إما عن طريق التربة بمعدل ٥– ١٠ كجم للفدان، وإما رشًّا على الأوراق بمعدل ١– ٢,٢٥ كجم فى ٤٠٠ لتر ماء للفدان.

هذا .. ويمكن استبدال الأسمدة المفردة – التى سبق ذكرها – بالأسمدة المركبة وهى كثيرة جدًّا، ويبدأ الرش بها بعد الشتل بنحو ثلاثة أسابيع، ثم يستمر كل ٢– ٣ أسابيع إلى ما قبل نهاية الحصاد بنحو ثلاثة أسابيع. وتفيد إضافة اليوريا إلى محلول العناصر الدقيقة – بتركيز ٠,١٪ – فى زيادة معدل امتصاص النباتات من هذه العناصر.

ومتى توفرت العناصر الدقيقة فى صورة مخلبية فإنه يكون من الأسهل – والأفضل – إضافتها عن طريق مياه الرى. ويحتاج الفدان – عادة – إلى نحو ٢ – ٣ لترات من أسمدة العناصر الدقيقة المخلبية تجزأ على دفعات متساوية كل ثلاثة أسابيع، مع بداية التسميد بها بعد الشتل بنحو أسبوعين، وعلى ألا تزيد كمية السماد المستعملة فى كل مرة عن ٣٠٠ مل (سم^3). ويفضل استعمال السماد على دفعات أسبوعية مع مياه الرى، تبدأ بنحو ١٠٠ مل بعد الشتل مباشرة، وتزداد تدريجيًّا إلى أن تصل إلى ٣٠٠ مل ابتداء من الأسبوع السابع بعد الشتل، وتستمر على هذا المستوى المرتفع حتى الأسبوع الرابع عشر بعد الشتل، لتنخفض بعد ذلك تدريجيًّا إلى أن تصل إلى نحو ١٥٠ مل فى الأسبوع الثامن عشر بعد الشتل.

ثانيا: برنامج التسميد عند اتباع طريقة الرى بالغمر أو بالرش

يؤخذ فى الاعتبار عند تسميد الطماطم فى الأراضى الصحراوية – عند اتباع طريقتى الرى بالغمر أو بالرش – كل ما أسلفنا بيانه عند التسميد فى حالة الرى بالتنقيط، ولكن مع ملاحظة الأمور التالية:

١– زيادة التسميد السابق للزراعة من الفوسفور إلى ٤٥ كجم P_2O_5 للفدان، مع انقاص الكمية المستخدمة منه – بعد الزراعة – إلى ١٥ كجم P_2O_5 للفدان.

٢- لا يكون لمعدل ذوبان الأسمدة فى الماء أهمية تذكر عند اتباع طريقة الرى بالغمر؛ ولذا .. فإن سماد سوبر فوسفات الكالسيوم يستعمل – فى هذه الحالة – بدلاً من حامض الفوسفوريك بعد الزراعة.

أما عند اتباع طريقة الرى بالرش، فإن معدل ذوبان الأسمدة يبقى أمرًا له أهميته عند اختيار الأسمدة المناسبة للاستعمال؛ ولهذا السبب فإن حامض الفوسفوريك يستعمل كمصدر للفوسفور بعد الزراعة، ولكن مع خفض الكمية المستخدمة منه لما يكفى لإمداد النباتات بنحو ١٥ كجم P_2O_5 للفدان؛ لكى يبقى تركيز الحامض منخفضًا فى مياه الرى وفى مستوى لا يؤيدى إلى تآكل الأجزاء المصنوعة من البرونز والنحاس فى جهاز الرش.

٣- تحسب الكمية اللازمة من جميع الأسمدة لكل أسبوع من موسم النمو – حسب مرحلة النمو النباتى – ثم تضاف بالكيفية التالية:

أ- فى حالة الرى بالغمر:

تخلط الأسمدة معًا وتضاف تكبيشًا إلى جانب النباتات، وعلى مسافة حوالى ٧ سم من قاعدتها. وتكون إضافة الأسمدة على فترات أسبوعية أو كل أسبوعين.

ب- فى حالة الرى بالرش:

تخلط الأسمدة معًا وتضاف إما نثرًا حول النباتات، وإما مع ماء الرى، ويكون التسميد مع ماء الرى بالرش بنفس الكيفية التى تتبع عن الرى بالتنقيط.

ويوصى – فى حالة الرغبة فى التسميد مع ماء الرى بالرش – أن يكون ذلك فى النصف الثانى من حياة النبات بعد أن تنتشر الجذور وتشغل نسبة كبيرة من مساحة الحقل، وأن يتم إدخال السماد فى نظام الرى بالرش بطريقة تسمح بتشغيل جهاز الرى أولاً بدون سماد لمدة تكفى لبل سطح التربة، وبل أوراق النبات، وإلا فُقِدَ السماد بتعمقه فى التربة مع ماء الرى، يلى ذلك إدخال السماد مع ماء الرى لمدة تكفى لتوزيعه بطريقة متجانسة فى الحقل، ويعقب ذلك الرى بالرش بدون تسميد لمدة ١٥ دقيقة؛ والغرض

من ذلك هو غسل السماد من على الأوراق، والتخلص من آثاره فى كل جهاز الرى بالرش، كما يساعد هذا الإجراء على تحريك السماد فى التربة.

٤- يمكن استخدام سماد نترات الجير (عبود) كمصدر رئيسى للتسميد بالكالسيوم والنيتروجين. يضاف السماد عن طريق التربة — تكبيشًا — إلى جانب النباتات على ٤ دفعات نصف شهرية، تبدأ عند بداية الإزهار، بمعدل ٢٥ كجم للفدان فى كل مرة. وقد يفيد الرش بنترات الكالسيوم النقية (وهى سريعة الذوبان فى الماء) فى سد حاجة النبات السريعة إلى عنصر الكالسيوم، وهى تستخدم بمعدل ٢,٥ كجم فى ٤٠٠ لتر ماء للفدان.

٥- يمكن — كذلك — استخدام رائق السوبر فوسفات العادى مع إضافته رشًّا على النباتات (وليس مع ماء الرى بالرش) بتركيز ٠,٥- ٢,٠ جم/ لتر حسب حاجة النبات، مع تكرار الرش كل أسبوعين حسب الحاجة. كما يمكن استخدام التربل سوبر فوسفات بدلاً من السوبر فوسفات العادى، ولكن بنحو ثلث التركيز المستخدم من السوبر فوسفات العادى.

٦- كما يمكن استخدام رائق سلفات البوتاسيوم بتركيز ١,٥- ٢,٥ جم/لتر رشًّا على الأوراق خلال مرحلة نضج الثمار.

برنامج تسميد الطماطم فى الأراضى الثقيلة

نظرًا لأن معظم زراعات الطماطم فى الأراضى الثقيلة تروى بطريقة الغمر؛ فإننا نوجه جُلَّ اهتمامنا إلى كيفية التسميد عند الرى بالغمر، مع الإشارة إلى كيفية التسميد — عند اتباع طريقتى الرى بالتنقيط والرى بالرش — فى نهاية هذا الجزء.

أولا: برنامج التسميد عند اتباع طريقة الرى بالغمر

يخصص لكل فدان من الطماطم كميات الأسمدة التالية:

١- حوالى ٢٠- ٣٠ م^3 من السماد البلدى (سماد الماشية)، أو نحو ١٥- ٢٠ م^3 سمادًا بلديًّا مع ٥م^3 من سماد الكتكوت (مخلفات الدواجن). قد تضاف كل الكمية عند

تجهيز الأرض بعد الحرثة الأولى، أو قد تقسم إلى دفعتين متساويتين تضاف إحداهما عند تجهيز الأرض، بينما تضاف الثانية بعد نحو شهر من الشتل فى قناة المصطبة، ثم يُردَّم عليها فى العزقة الأولى.

٢- من ٤٥- ٦٠ كجم وحدة فوسفور (P_2O_5)، مع إضافة الحد الأقصى عند زراعة الهجن. يستعمل السوبر فوسفات العادى أو السوبر فوسفات الثلاثى كمصدر للفوسفور. قد تضاف كل كمية السماد المخصصة للفدان نثرًا مع السماد العضوى عند تجهيز الأرض بعد الحرثة الأولى، ولكن يفضل تقسيمها إلى دفعتين متساويتين، تضاف إحداهما عند تجهيز الأرض، بينما تضاف الثانية بعد نحو شهر من الشتل فى قناة المصطبة، ثم يُردم عليها فى العزقة الأولى.

٣- من ١٠٠ — ١٢٠ كجم نيتروجينًا (N)، مع إضافة الحد الأقصى عند زراعة الهجن. تستعمل اليوريا كمصدر للنيتروجين فى بداية حياة النبات وفى الجو البارد، وتستعمل سلفات الأمونيوم فى الدفعات الأولى للاستفادة من تأثيرها الحامضى، ويفضل استعمال نترات الأمونيوم خلال مراحل الإزهار وعقد الثمار، واستعمال نترات الجير المصرى (عبود) خلال المراحل الأولى لعقد الثمار؛ لتوفير الكالسيوم الذى يحتاجه النبات خلال تلك المرحلة؛ لتجنب إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى.

ونظرًا لسهولة فقد النيتروجين من التربة؛ فإنه يتعين إضافة الكمية المخصصة للفدان فى ثلاث دفعات بمعدل ٣٠- ٣٥، و٣٥- ٤٠، و٣٥- ٤٥ كجم N للفدان بعد حوالى ٤، و٧، و ١٠ أسابيع من الزراعة، مع الترديم عليها أثناء العزيق، ويراعى إضافة الحد الأقصى — فى كل موعد — عند زراعة الهجن.

٤- من ٦٠ — ٨٠ كجم وحدة بوتاسيوم (K_2O) للفدان، مع إضافة الحد الأقصى عند زراعة الهجن. تستعمل سلفات البوتاسيوم كمصدر للبوتاسيوم، وتفضل إضافة الكمية المخصصة للفدان فى ثلاث دفعات — مع النيتروجين — ولكن بمعدل ١٥ -٢٠، و٢٠- ٢٥، و٢٥- ٣٥ كجم K_2O للفدان فى الدفعات الثلاث على التوالى.

وبذا .. تكون الكميات المستعملة للفدان من مختلف الأسمدة، ومواعيد إضافتها على النحو التالى:

الموعد	السماد البلدى (م٣)	سماد الكتكوت (م٣)	P_2O_5 (كجم)	N (كجم)	K_2O (كجم)
بعد الحرثة الأولى	٧,٥– ١٠	٢,٥	٢٢,٥– ٣٠	–	–
بعد ٤ أسابيع من الشتل	٧,٥– ١٠	٢,٥	٢٢,٥– ٣٠	٣٠–٣٥	١٥–٢٠
بعد ٧ أسابيع من الشتل	–	–	–	٣٥–٤٠	٢٠–٢٥
بعد ١٠ أسابيع من الشتل	–	–	–	٣٥–٤٥	٢٥–٣٥
الإجمالى	١٥– ٢٠	٥	٤٥– ٦٠	١٠٠–١٢٠	٦٠–٨٠

وبالإضافة إلى الأسمدة التى تقدم بيانها .. فإن نباتات الطماطم تعطى ثلاث رشات بأسمدة العناصر الصغرى الورقية بعد نحو ٤، و ٧، و١٠ أسابيع من الشتل. يتراوح تركيز محلول الرش – عادة – بين ٠,١٪، و٠,١٥٪، ويلزم للفدان حوالى ٢٠٠، و٣٠٠، و٤٠٠ لتر من محلول الرش فى الرشات الثلاث على التوالى.

ثانيا: برنامج التسميد عند اتباع طريقة الرى بالتنقيط أو بالرش

عند رى الطماطم فى الأراضى الثقيلة بطريقة التنقيط، أو بالرش فإن النباتات تعطى برنامجاً للتسميد يتساوى – من حيث كميات العناصر السمادية المستعملة – مع الكميات المستعملة فى حالة الرى بالغمر فى الأراضى الثقيلة، ويتشابه – من حيث نوعيات الأسمدة المستخدمة، ومواعيد وطرق إضافتها – مع ما سبق بيانه بالنسبة لهذه الأمور فى حالتى الرى بالتنقيط وبالرش – على التوالى – فى الأراضى الصحراوية. هذا .. ويمكن فى حالة الرى بالرش – إضافة الأسمدة المقرر إضافتها إلى التربة مباشرة (وليس مع مياه الرى) فى عدد أقل من الدفعات، كما فى حالة الرى بالغمر. أما فى حالة إضافة الأسمدة مع مياه الرى بالرش فلا بد من الاستمرار فى توزيعها على عدة دفعات، لكى تكون بتركيزات منخفضة لا تحدث ضررًا للنباتات.

الفلفـل

يستجيب الفلفل للتسميد الآزوتى المناسب، ذلك لأن النباتات يجب أن تنمو مبكرة وبصورة جيدة بعد الشتل، وإلا فإنها تبدأ فى الإزهار وعقد الثمار وهى مازالت صغيرة، ويؤدى ذلك إلى ضعف نمو النباتات فلا تصل إلى الحجم المناسب الذى يلزم لإعطاء محصول جيد.

العناصر الغذائية، وأهميتها، واحتياجات نبات الفلفل منها

النيتروجين

يؤدى نقص النيتروجين إلى ضعف نمو النباتات وتقزمها، واصفرار الأوراق، مع ظهور بعض الاصفرار فى الثمار الخضراء، وضعف العقد، وقلة عدد الثمار المنتجة، ونقص المحصول. وعلى الرغم من تناسب المحصول طرديًّا مع زيادة التسميد الآزوتى، فإن زيادته عن اللازم يؤدى إلى نقص المحصول المنتج. حدث ذلك عند زيادة مستوى التسميد الآزوتى عن ١٣٥ كجم نيتروجينًا للهكتار (٥٨ كجم للفدان) فى إحدى الدراسات، وعن ٣٣٦ كجم للهكتار (١٤١ كجم للفدان) فى دراسة أخرى. ويتوقف الأمر على عوامل كثيرة من أهمها خصوبة التربة، والصنف، وطريقة التسميد...إلخ.

وقد تراوح المدى الطبيعى لمستوى النيتروجين فى الأوراق — فى إحدى الدراسات — بين ٥,٤٪، و٥,٦٪ بعد ٤ أسابيع من الشتل، وارتفع إلى ٦٪ — ٦,٤٪ عند عمر ٦ أسابيع بعد الشتل، ثم انخفض إلى ٤,٢٪ — ٤,٧٪ عند عمر ١٢ أسبوعًا. وظهر هذا الاتجاه واضحًا كذلك فى دراسة أخرى كان فيها مستوى النيتروجين الطبيعى فى الأوراق ٣,١٪ عند الشتل، وبلغ أعلى مستوى له — وهو ٥٪ – بعد ٦ أسابيع من الشتل، ثم انخفض تدريجيًّا بعد ذلك إلى أن وصل إلى أدنى مستوى له — وهو ٢,٩٪ – عند عمر ١٦ أسبوعًا. ويتوقف الأمر على مستوى التسميد الآزوتى الذى تعطاه النباتات؛ فمثلاً.. كان مستوى النيتروجين فى المراحل المتقدمة للنمو النباتى (فى آخر تحليل) ٣,٣٪، و٣,٦٪، و٤,٢٪ – على التوالى — عندما كان التسميد الآزوتى بمعدل ٥٦،

و١٤٠، و٢٢٤ كجم / هكتار (٢٣,٥، و٥٩، و ٩٤ كجم للفدان)، وكان محصول الثمار المقابل لمستويات التسميد الآزوتى ٤,٨، و٨,٥، و١٠,١ طن للفدان، على التوالى (عن Winsor & Adams ١٩٨٧).

ويعتبر حد الكفاية من النيتروجين النتراتى فى العصير الخلوى لأعناق أوراق الفلفل هو ١٠٠٠٠ ميكروجرام / جم فى بداية النمو النباتى، و٥٠٠٠ ميكروجرام/ جم فى المراحل المبكرة لعقد الثمار، و٣٠٠٠ ميكروجرام/ جم خلال مراحل الحصاد. وعمومًا .. فإن المستوى يجب ألا ينخفض عن ٤٠٠٠ ميكروجرام/جم خلال فترة الإنتاج الرئيسية من الثمار (عن Hartz وآخرين ١٩٩٣).

وقد اختلفت تقديرات مستوى التسميد الآزوتى المناسب للفلفل فى الأراضى الرملية بين ١٨٠، و٢٠٠ كجم نيتروجين للهكتار (٧٦، و٨٤ كجم نيتروجين للفدان، على التوالى). وعلى الرغم من أن زيادة معدل التسميد الآزوتى من ١٣٥ كجم من العنصر للهكتار (٥٧ كجم للفدان) إلى ٢٢٤ كجم للهكتار (٩٤ كجم للفدان) أدت إلى زيادة تركيز العنصر فى الأوراق، إلا أنها لم تؤثر على المحصول (Locasico & Stall ١٩٩٤).

وقد تبين من دراسات المزارع المائية أن نسبة النيتروجين الأمونيومى: النيتروجين النتراتى التى تعطى أعلى محصول من الفلفل، هى : ١: ٩، وأن زيادة نسبة النيتروجين الأمونيومى تدريجيًّا حتى ٤ :٦ أدت إلى نقص تدريجى مقابل فى المحصول، مع زيادة فى نسبة الثمار المصابة بتعفن الطرف الزهرى (Winsor & Adams ١٩٨٧).

وفى دراسة أخرى (Sarro وآخرون ١٩٩٥) لم تؤثر معاملة التسميد بالأمونيوم مخلوطًا بالنترات، لفترات مختلفة — مقارنة بالتسميد بالنترات فقط — على محصول الفلفل، أو على امتصاص النباتات للنيتروجين الكلى أو البوتاسيوم، إلا أن استعمال الأمونيوم أثر سلبيًّا على امتصاص النباتات لكل من النترات، والفوسفور، والكالسيوم والمغنيسيوم من المحاليل المغذية، وازداد التأثير بزيادة فترة التغذية بالأمونيوم.

وقد أنتج الفلفل أعلى محصول من الثمار عندما كان استعمال النيتروجين الأمونيومى بنسبة ٣٠٪ من النيتروجين الكلى (٦ مللى مول) خلال مرحلة النمو الخضرى، والنيتروجين النتراتى هو المصدر الوحيد للنيتروجين خلال مرحلة الإثمار (Xu وآخرون ٢٠٠١).

وبالمقارنة .. وجد أن استخدام النيتروجين الأمونيومى بتركيز ٠,٩ — ١,٨ مللى مول NH_4^+N (١٥٪ – ٣٠٪ من النيتروجين الكلى) بالمحول المغذى أعطى أعلى محصول كلى من الفلفل، وأعلى كفاءة لاستخدام البوتاسيوم من قبل نبات الفلفل (Xu وآخرون ٢٠٠٢).

وأظهرت نباتات الفلفل تحملاً للنسب المعتدلة من الأمونيوم (٢٥٪ أو أقل، أو ٥٠٪ أو أقل)، إلاّ أن النسب الأعلى أضعفت النمو. ولم تؤد زيادة تركيز البوتاسيوم فى المحلول المغذى إلى تحسين النمو الخضرى، إلاّ أن زيادته إلى ٩ مللى مول جعلت إنتاج الثمار عاديًّا عند توفر ٥٠٪ من النيتروجين فى صورة أمونيومية. وقد أدت زيادة أيونا الأمونيوم والبوتاسيوم فى المحلول المغذى إلى انخفاض محتوى الأوراق من الكالسيوم والمغنيسيوم؛ بما يعنى حدوث تنافس كاتيونى (Hernández–Gómez وآخرون ٢٠١٣).

الفوسفور

تبدو أوراق الفلفل التى تعانى من نقص الفوسفور ضيقة، ولامعة، وذات لون أخضر رمادى، ويصاحب ذلك ضعف عام فى النمو. كما يؤدى نقص الفوسفور إلى إنتاج ثمار مشوهة وصغيرة الحجم، مع تأخر فى النضج.

تظهر أعراض نقص الفوسفور عندما ينخفض مستوى العنصر فى الأوراق إلى ٠,٠٩٪ أو أقل من ذلك. أما المستوى الطبيعى للعنصر فإنه يتراوح بين ٠,٣٠، و٠,٤٢٪، ولا يزداد المحصول بزيادة مستوى العنصر فى الأوراق عن ٠,٦٪ بزيادة مستوى التسميد بالفوسفور.

وفى إحدى الدراسات تناقص مستوى الفوسفور فى الأوراق – تدريجيًّا – مع تقدم النمو النباتى – من ٠,٣٦٪، إلى ٠,٢٧٪ ثم إلى ٠,١٩٪. وفى دراسة أخرى حدث تناقص فى مستوى الفوسفور من ٠,٤٣٪ إلى ٠,٢٧٪ خلال العشرة أسابيع الأولى بعد الشتل، ثم ارتفع مرة أخرى ليبلغ ٠,٤٧٪ عند عمر ١٦ أسبوعًا.

وينخفض مستوى الفوسفور فى ثمار الفلفل – خلال المراحل المختلفة لنموها – من ٠,٩٪ فى الثمار الأقل من ١,٥ سم طولاً إلى ٠,٣٪ فى الثمار الخضراء المكتملة التكوين. كما ينخفض مستوى الفوسفور فى الثمار من ٠,٤٤٪ إلى ٠,٣٢٪ خلال فترة الحصاد.

وتحصل الثمار على نحو ٥٨٪ من إجمالى الفوسفور الذى يمتصه النبات فى منتصف موسم النمو، ولكن هذه النسبة تنخفض بعد ذلك نظرًا لتناقص أعداد الثمار التى يحملها النبات فى نهاية الموسم.

البوتاسيوم

يؤدى نقص البوتاسيوم إلى اكتساب أوراق الفلفل لونًا برونزيًّا، فيما يعرف باسم bronzing. ويزداد هذا التلون البرونزى وضوحًا عندما يصاحب نقص البوتاسيوم زيادة فى النيتروجين. ومع استمرار نقص العنصر يتقزم النمو، وتتكون بقع صغيرة متحللة على امتداد العروق فى الأوراق البرونزية التى سرعان ما تموت.

وتجدر الإشارة إلى أن كلا من نقص البوتاسيوم، والإفراط فى التسميد البوتاسى يؤديان إلى نقص المحصول، بينما يؤدى التسميد البوتاسى المعتدل إلى زيادة أعداد الثمار، وسمك جدرها، وتحسين نوعيتها، مع زيادة المحصول.

ويزداد مستوى العنصر فى الأوراق وفى الثمار – تدريجيًّا – مع كل زيادة فى مستوى التسميد بالبوتاسيوم، وكانت تلك الزيادة – فى إحدى الدراسات – من ١,٢٪ إلى ٤,٦٪ فى الأوراق، ومن ١,٨٪ إلى ٣,٤٪ فى الثمار.

كذلك ينخفض مستوى البوتاسيوم فى الأوراق فى نهاية موسم النمو إلى نحو ٢,٢٪ عندما يكون المحصول عاليًا. وقد تأرجح مستوى العنصر فى الأوراق – فى إحدى

الدراسات — بين ١,٩٪ عند الشتل، إلى ٤,٧٪ — ٥,٠٪ بعد ٤ –٨ أسابيع من الشتل، ثم إلى ٣,١٪ — ٣,٤٪ عند عمر ١٢ أسبوعًا.

الكالسيوم

يؤدى نقص الكالسيوم إلى تقزم النمو، وتصبح الأوراق خضراء فاتحة، والثمار صغيرة الحجم وخضراء قاتمة كذلك عن اللون العادى. ومع استمرار النقص تبدو الأوراق صغيرة وصفراء اللون وتلتف حوافها إلى أعلى، وتظهر على كثير من الثمار أعراض الإصابة بتعفن الطرف الزهرى.

كانت نسبة الكالسيوم فى النباتات المسمدة جيدًا بالعنصر (١٥٠ جزءًا فى المليون من الكالسيوم فى المحاليل المغذية) حوالى ١,٢٢٪، مقارنة بنسبة كالسيوم ٠,٦٢٪ فقط فى النباتات التى لم تعط كفايتها من العنصر (٥٠ جزءًا فى المليون من الكالسيوم فى المحاليل المغذية)، وقد بلغ مستوى الكالسيوم فى الثمار عند مستويى التسميد ٠,١٧٪، و٠,١٣٪، على التوالى، وصاحب المستوى المنخفض ظهور نسبة من الإصابة بتعفن الطرف الزهرى (عن Winsor & Adams ١٩٨٧).

هذا .. وتوجد علاقة عكسية بين محتوى نباتات الفلفل من الكالسيوم وبين محتواها من كل من البوتاسيوم والمغنيسيوم (Yang وآخرون ١٩٩٦).

المغنيسيوم

تظهر أعراض نقص المغنيسيوم بوضوح على الفلفل فى صورة اصفرار بين العروق فى الأوراق السفلى يبدأ من قمة الورقة، مع التفاف الأوراق إلى أعلى، وكذلك تصبح الأوراق سهلة التقصف. وبينما تبقى العروق خضراء اللون، فإنه تظهر بقع متحللة فى المساحات الصفراء من نصل الورقة. وفى حالات النقص الشديدة يتوقف النمو النباتى، وتسقط الأوراق السفلى ويقل كثيرًا إنتاج النبات من الثمار، وتكون الثمار المنتجة صغيرة الحجم.

تحتوى أوراق نباتات الفلفل التى تنمو فى تربة فقيرة فى المغنيسيوم على ٠,١١٪ مغنيسيوم، مقارنة بنسبة ٠,٤٩٪ فى أوراق النباتات المسمدة جيدًا بالعنصر، وكانت

المحتويات المقابلة للعنصر فى الثمار ٠,١٣٪، و٠,١٩٪ فى مستويى التسميد على التوالى؛ مما يعنى أن حالة النقص أثرت على نسبة العنصر فى الأوراق بدرجة أكبر من تأثيرها عليه فى الثمار.

وفى دراسة أخرى كان تركيز العنصر فى أوراق النباتات النامية فى مزرعة رملية ٠,٢٠٪، و٠,٦٠٪، و١,٣٧٪ – على التوالى – عندما كان رى المزرعة بمحاليل مغذية احتوت على المغنيسيوم بتركيز ١٠، و٤٩، و٢٤٣ جزءًا فى المليون، وكان تركيز المغنيسيوم فى الثمار ٠,٢٠٪، و٠,٢٢٪، و٠,٢٧٪ مقابل مستويات التسميد المختلفة؛ الأمر الذى يؤكد تأثر محتوى الأوراق من المغنيسيوم بنقص العنصر بدرجة أكبر من تأثر الثمار.

وعمومًا فإن التركيز الطبيعى للعنصر فى أوراق النباتات المسمدة جيدًا بالمغنيسيوم يتراوح بين ٠,٦٥٪، و٠,٧٢٪، بينما يعنى تركيز ٠,٢٥٪ فى الأوراق أن النباتات تعانى من نقص العنصر.

هذا .. إلا أن التركيز الطبيعى للمغنيسيوم فى الأوراق يختلف باختلاف مرحلة النمو النباتى، فقد كان فى إحدى الدراسات ٠,٦٪ عند الشتل، وارتفع إلى ١,٦٪ بعد ١٢ أسبوعًا من الشتل، ثم انخفض ٠,٩٪ فى الأسبوع السادس عشر بعد الشتل. وتغير مستوى العنصر فى السيقان كذلك بطريقة مماثلة لتغيره فى الأوراق، فارتفع من ٠,٦٪ عند الشتل إلى ١,٠٪ بعد ١٢ أسبوعًا من الشتل، ثم انخفض إلى ٠,٥٪ بعد ٤ أسابيع أخرى. أما الثمار فقد انخفض محتواها من العنصر تدريجيًّا من ٠,٢٤٪ فى بداية موسم الحصاد إلى ٠,١٨٪ فى نهايته. ومن إجمالى المغنيسيوم الموجود فى النبات، كان حوالى ٥٠٪– ٨٠ ٪ فى الأوراق وأعناقها، وحوالى ١٨٪– ٣٨٪ فى السيقان، وحتى ١٦٪ فى الثمار.

وقد أدت زيادة أملاح الصوديوم، أو البوتاسيوم، أو الكالسيوم كمصادر للملوحة فى ماء الرى إلى خفض مستوى المغنيسيوم فى الأوراق من ١,٤٨٪ إلى ١,٠٪– ١,٣٪، بينما

أدت إضافة أملاح المغنيسيوم كمصدر للملوحة إلى زيادة نسبة العنصر فى الأوراق إلى ٣,١٪ (عن Winsor & Adams ١٩٨٧).

كذلك انخفض تركيز المغنيسيوم فى أوراق الفلفل بزيادة مستوى التسميد البوتاسى (Paz وآخرون ١٩٩٦).

الحديد

يؤدى نقص الحديد إلى اصفرار الأوراق الحديثة وانسفاعها، مع توقف النمو، كذلك يتقزم النمو الجذرى وتسودّ قمة الجذر النامية.

المنجنيز

يؤدى نقص المنجنيز إلى ظهور تلون أصفر بين العروق فى الأوراق الحديثة، ويتوقف النمو. أما الأوراق المسنة فيظهر عليها بقع صفراء اللون، لا تلبث أن تتحلل.

النحاس

يؤدى نقص النحاس إلى التفاف الأوراق الصغيرة، ثم ذبولها، وجفافها. ويبدأ الذبول من حواف الأوراق التى يظهر عليها تبرقش خفيف. ويتراوح المستوى الطبيعى للعنصر فى ثمار الفلفل بين ٢٦، و٣١ ميكروجرامًا/ جم.

الزنك

يؤدى نقص الزنك إلى تلون نصل الأوراق الحديثة بين العروق باللون البرونزى وسقوط الأوراق. ويتراوح المستوى الطبيعى للزنك فى ثمار الفلفل بين ٤٣، و٥٢ ميكروجرامًا/ جم.

البورون

يؤدى تقص البورون إلى التفاف الأوراق الصغيرة ثم سقوطها، مع تقزم النمو. أما زيادة البورون فإنها تؤدى إلى توقف نمو حواف الأوراق الكبيرة والتفافها إلى أسفل،

واحتراقها، مع توقف النمو بنسبة تزداد تدريجيًّا من حوالى ٩٪ عند تركيز ٥ أجزاء فى المليون من البورون فى المحلول المغذى إلى ٢٨٪ عند تركيز ١٠ أجزاء فى المليون، و٥١٪ عند تركيز ١٥ جزءًا فى المليون، وإلى ٧١٪ عند تركيز ٢٥ جزءًا فى المليون من البورون فى المحلول المغذى (عن Winsor & Adams ١٩٨٧).

ويزداد تركيز العنصر فى أوراق الفلفل بزيادة مستوى التسميد بالبورون (Paz وآخرون ١٩٩٦).

وقد أنتج الفلفل أعلى كتلة بيولوجية عندما كان تركيز البورون فى تربة جيرية حوالى ملليجرام واحد /كجم، وكانت التركيزات الأعلى من ذلك سامة للنباتات. هذا .. وقُدِّر التركيز الحرج للبورون فى نموات الفلفل الخضرية بنحو ٦٩ مجم/ كجم عند عمر ثلاثة أسابيع، و٤٩ مجم/ كجم عند عمر ستة أسابيع (Nabi وآخرون ٢٠٠٦).

الموليبدنم

يؤدى نقص الموليبدنم إلى ظهور تآكل وتبرقش غير منتظم فى حواف الأوراق (عن Winsor & Adams ١٩٨٧).

الاحتياجات السمادية من العناصر الكبرى

تعرف الحاجة إلى التسميد من تحليل النبات

يفيد تحليل النبات فى تحديد مدى الحاجة إلى التسميد. ويبين جدول (٤–٧) الموعد المناسب لإجراء التحليل ومستويات نقص وكفاية عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم فى كل موعد (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠). كذلك يوضح جدول (٤–٨) المستوى الطبيعى من النيتروجين والبوتاسيوم فى مراحل النمو المختلفة وبطرق التقدير المختلفة (عن Hartz & Hochmuth ١٩٩٦).

جدول (٤-٧): مستويات نقص وكفاية عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم فى الفلفل عند إجراء التحليل فى مواعيد مختلفة[١].

الأصناف	موعد التحليل	العنصر وصورته	مستوى تركيز العنصر فى حالة[٢] النقص	الكفاية
الحلوة	النمو المبكر	NO_3	٨٠٠٠	١٢٠٠٠
		PO_4	٢٠٠٠	٤٠٠٠
		K	٤	٦
	بداية عقد الثمار	NO_3	٣٠٠٠	٥٠٠٠
		PO_4	١٥٠٠	٢٥٠٠
		K	٣	٥
الحريفة	النمو المبكر	NO_3	٥٠٠٠	٧٠٠٠
		PO_4	٢٠٠٠	٣٠٠٠
		K	٤	٦
	بداية عقد الثمار	NO_3	١٠٠٠	٢٠٠٠
		PO_4	١٥٠٠	٢٥٠٠
		K	٣	٥

(١) أجريت التحاليل على عنق أحدث ورقة مكتملة النمو.

(٢) تركيز العناصر بالجزء فى المليون فى حالتى النيتروجين والفوسفور، وكنسبة مئوية من الوزن الجاف فى حالة البوتاسيوم.

جدول (٤-٨): المستوى الطبيعى (مستوى الكفاية) من النيتروجين، والبوتاسيوم فى مختلف مراحل النمو النباتى فى الفلفل.

مرحلة النمو	عصير أعناق الأوراق (مجم/ لتر)		الأوراق الكاملة (جم/كجم وزن جاف)	
	النيتروجين النتراتى	البوتاسيوم	النيتروجين	البوتاسيوم
ظهور البراعم الزهرية الأولى	١٤٠٠- ١٦٠٠	٣٢٠٠- ٣٥٠٠	٤٥- ٥٠	٥٠-٦٠
تفتح الأزهار الأولى	١٤٠٠- ١٦٠٠	٣٠٠٠- ٣٢٠٠	٤٠- ٤٥	٤٥-٥٠
منتصف نمو الثمار الأولى	١٢٠٠- ١٤٠٠	٣٠٠٠- ٣٢٠٠	٤٠- ٤٥	٤٠-٥٠
الحصاد الأول	٨٠٠- ١٠٠٠	٢٤٠٠- ٣٠٠٠	٣٥- ٤٠	٣٥-٤٥
الحصاد الثانى	٥٠٠- ٨٠٠	٢٠٠٠- ٢٤٠٠	٢٥- ٣٠	٣٠-٤٠

تعد هذه التقديرات – التى ترتبط نتائجها فى طريقتى التقدير – أعلى نسبيًّا عن التقديرات المماثلة فى عديد من محاصيل الخضر الأخرى (Hochmuth ١٩٩٤)

وقد استخدمت قراءة الـ SPAD من جهاز SPAD-502 فى تقييم تأثير التسميد بالنيتروجين على نمو وتطور الفلفل، وأمكن تحويل القراءات إلى محتوى كلوروفيلّى بالأوراق بالميكروجرام/ سم٢ (Madeira & de Varennes ٢٠٠٥).

وبناء على دراسات Olsen & Lyons (١٩٩٤).. فإن تقديرات النترات فى النَّسغ النباتى لأعناق اوراق الفلفل تُعد أكثر حساسية بمقدار خمس مرات عن تقديرات النيتروجين الكلى فى الأوراق الجافة فى الدلالة على وضع النيتروجين والمحصول. واتضح من الارتداد الخطى البسيط وجود علاقة أقوى بين النيتروجين المستعمل فى التسميد وتركيز النترات بأعناق الأوراق عما بين النيتروجين المسمد به والنيتروجين الكلى بالنبات.

استجابة الفلفل للتسميد

تختلف كميات العناصر السمادية التى ينصح بها للفلفل اختلافًا كبيرًا فى الظروف المختلفة، فهى تبلغ على سبيل المثال نحو ٨٠ كجم N، و٤٥ كجم P_2O_5، و٣٠ كجم K_2O للأيكر (يساوى فدان تقريبًا) فى كاليفورنيا، ونحو ١٠٠ كجم N، و٧٢ كجم P_2O_5، و١٠٠ كجم K_2O فى فلوريدا، ونحو ٥٧ كجم N، و١٠٠ كجم P_2O_5، و١٠٠ كجم K_2O فى الولايات الأمريكية الشرقية (Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

ونجد أنه فى مقابل كل طن من الثمار التى تنتجها النباتات، فإنها تمتص ٣–٣,٥ كجم من النيتروجين، و٠,٨– ١,٠ كجم من الفوسفور (P)، و ٥–٦ كجم من البوتاسيوم (K)، علمًا بأن الثمار يصلها عادة حوالى ٤٥٪– ٦٠٪ من النيتروجين الكلى الممتص، و٥٠٪–٦٠٪ من الفوسفور الكلى، و٥٥٪–٧٠٪ من البوتاسيوم الكلى. وفى غياب العوامل الأخرى التى يمكن أن تؤثر فى النمو النباتى والمحصول، فإنه يوجد ارتباط قوى بين امتصاص العناصر والمحصول.

وتزداد حاجة نباتات الفلفل لعناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم من بعد تفتح الأزهار الأولى بنحو ١٠ أيام وحتى نضج الثمار.

ويفضل الفلفل الصورة النتراتية للنيتروجين، حيث يقل المحصول بزيادة نسبة النيتروجين الأمونيومى إلى النيتروجين النتراتى فى الأسمدة المضافة (Hegde ١٩٩٧).

وقد كان أعلى إنتاج من الفلفل بأفضل نوعية من الثمار عندما كان التسميد الآزوتى – مع الرى بالتنقيط – بمعدل ٢٥٢ كجم للهكتار (١٠٦ كجم للفدان). وقد كانت إضافة هذه الكمية من العنصر فى ٨–١٠ جرعات أسبوعية متساوية فى صورة مخلوط من اليوريا ونترات الأمونيوم، مع بدء التسميد عند بداية معاودة النباتات لنموها بعد الشتل. وقد حافظ هذا المستوى المرتفع من التسميد الآزوتى على تركيز يزيد عن ٥٠٠٠ ميكروجرام/ جم من النيتروجين النتراتى فى العصير الخلوى لأعناق الأوراق حتى بداية المراحل المبكرة لفترة الحصاد الرئيسية. كما وُجد ارتباط عالٍ بين مستوى النيتروجين المقدر بهذه الطريقة باستعمال جهاز صغير يعمل بالبطارية، وبين مستوى النيتروجين المقدر بطرق التحليل التقليدية فى المختبر. أما مستوى الكلوروفيل المقدر بجهاز صغير يعمل بالبطاية – كذلك – فلم يكن مرتبط بتركيز النيتروجين فى الأوراق (Hartz وآخرون ١٩٩٣).

وفى أرض رملية طميية كان أعلى محصول من الفلفل عند التسميد – مع مياه الرى بالتنقيط – بمعدل ٧١ كجم من كل من النيتروجين، والفوسفور (P_2O_5)، والبوتاسيوم (K_2O) للفدان (Storlie وآخرون ١٩٩٥).

وتبعًا لـ Csizinszky (١٩٩٧) فإن الفلفل النامى فى أرض رملية مع استعمال الغطاء البلاستيكى للتربة والرى بالتنقيط ليس بحاجة إلى التسميد بالفوسفور مع مياه الرى أثناء النمو النباتى متى كان محتوى التربة من الفوسفور (P) المستخلص بطريقة Mehlich-1 لا يقل عن ٢١ مجم/ كجم من التربة؛ الأمر الذى يمكن تحقيقه بإضافة سماد السوبر فوسفات بالقدر الكافى قبل الزراعة.

وأوضحت دراسات Ombodi وآخرون (١٩٩٨) أن نباتات الفلفل يمكنها الحصول على كافة احتياجاتها من العناصر الغذائية بتسميدها مرة واحدة قبل الزراعة بسماد بطئ التيسر مغطى بالبوليولفين Polyolefin Coated Fertilizer. كانت النباتات المسمدة بهذه الطريقة أطول، وكان محصولها المبكر والكلى أعلى عن النباتات التى أعطيت عدة دفعات من الأسمدة العادية.

وأحدث رش نباتات الفلفل الحلو باليوريا بتركيز ١,٥٪ مرتان أسبوعيًّا تحسنًا جوهريًّا فى لون الثمار، مقارنة بلون الثمار التى حصلت نباتاتها على احتياجاتها من النيتروجين عن طريق التربة فقط. كذلك أحدث الرش باليوريا زيادة فى تركيز الأنثوسيانين بالثمار. وبينما أحدث نقص النيتروجين شدًّا تأكسديًّا، فإن الرش باليوريا غير من تلك الاستجابة، وخفض جوهريًّا من نشاط إنزيمى الـ catalase، والـ ascorbate peroxidase (del Amor وآخرون ٢٠٠٩).

وفى محاولة لتقليل التلوث البيئى بزيادة كفاءة استخدام النيتروجين دون التأثير سلبيًّا على محصول الثمار أو جودتها، وُجد أن قصر تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى للفلفل على ٥٦,٢ مجم/ لتر أدى إلى امتصاص كامل تقريبًا للعنصر بواسطة النباتات دون أن يحدث تأثير جوهرى سلبى على صفات جودة الثمار الفيزيائية والكيميائية، بما فى ذلك محتوى السكر والحموضة. كما لم يؤثر تقليل إضافة النيتروجين على القيمة الغذائية للثمار مثل محتواها من البيتاكاروتين والليكوبين والنشاط الكلى المضاد للأكسدة. هذا .. وقد كان صنف الفلفل الأقوى نموًّا أكثر كفاءة فى استعمال النيتروجين (Yasuor وآخرون ٢٠١٣).

وازداد محصول الدرجة الفاخرة Fancy Grade من كل من محصول القطفة الأولى والمحصول الكلى، وكذلك محصول الدرجة الأولى من القطفة الأولى.. ازداد خطيًّا مع زيادة معدل التسميد بالكالسيوم، وصاحب ذلك انخفاض فى معدل إصابة الثمار بكل من تعفن الطرف الزهرى، ولسعة الشمس (Alexander & Clough ١٩٩٨).

برنامج تسميد الفلفل فى الأراضى الصحراوية

تعد جميع الأراضى الصحراوية فقيرة – بطبيعتها – من حيث محتواها من المادة العضوية، والعناصر الغذائية التى تحتاج إليها النباتات، مع انخفاض سعتها التبادلية الكاتيونية بشدة، وارتفاع نفاذيتها للماء بدرجة كبيرة، لذا .. فإن نجاح زراعة الفلفل فى هذه الأراضى يتوقف على التسميد الجيد الذى يجب أن يراعى فيه ما يلى:

١–الاهتمام بالتسميد العضوى لبناء التربة، وزيادة سعتها التبادلية الكاتيونية وقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة.

٢–رفع معدلات التسميد الكيميائى لتعويض النقص الحاد فى خصوبة التربة.

٣–إعطاء الأسمدة فى جرعات صغيرة على فترات متقاربة لتجنب فقدها بالرشح.

٤–الاهتمام بالتسميد بالعناصر الدقيقة إما فى صورة مخلبية – لكى لا تثبت فى التربة القلوية والجيرية – وإما رشًّا على الأوراق.

ونظرًا لأن معظم زراعات الفلفل فى الأراضى الصحراوية تروى بطريقة التنقيط؛ لذا .. فإننا نوجه جُلَّ اهتمامنا إلى كيفية التسميد من خلال شبكة الرى بالتنقيط، مع الإشارة إلى كيفية التسميد – عند اتباع طريقتى الرى السطحى والرى بالرش – فى نهاية هذا الجزء.

أولاً: برنامج التسميد عند اتباع طريقة الرى بالتنقيط

١– أسمدة تضاف قبل الزراعة:

يضاف السماد العضوى فى فج المحراث (موقع المصاطب فيما بعد) بمعدل ٢٠–٣٠ م^3 من السماد البلدى (سماد الماشية)، والأفضل إضافة ١٥ م^3 سمادًا بلديًّا مع نحو ٨ م^3 من سماد الكتكوت (مخلفات الدواجن). ويفضل – تجنبًا لمشاكل الحشائش والتلوث بالنيماتودا ومسببات الأمراض – عدم إضافة أية أسمدة بلدية، مع استعمال نحو ١٥م^3 من سماد الكتكوت للفدان.

ويضاف إلى السماد العضوى – قبل إقامة المصاطب – مخلوط من الأسمدة الكيميائية؛ كما يلى:

العنصر	صورة العنصر	الكمية (كجم)	السماد المفضل
النيتروجين	N	٢٠	سلفات النشادر
الفوسفور	P_2O_5	٤٥	السوبر فوسفات
البوتاسيوم	K_2O	٢٠	سلفات البوتاسيوم
المغنيسيوم	MgO	٥	سلفات المغنيسيوم
الكبريت	S	٥٠	كبريت زراعى

يكون الهدف الأساسى من إضافة الكبريت خفض pH التربة فى منطقة نمو الجذور، وليس التسميد بالكبريت؛ نظرًا لأن النبات يحصل على حاجته من عنصر الكبريت من مختلف الأسمدة السلفاتية، ومن السوبر فوسفات، والجبس الزراعى. وبعض المبيدات.

٢- أسمدة عناصر أولية تضاف مع مياه الرى بعد الزراعة:

أ- كميات الأسمدة:

يستمر تسميد الفلفل بعد الشتل بالعناصر الأولية، وهى النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم. ويسمد الفدان الواحد بنحو ١٠٠ كجم نيتروجينًا (N)، و ٣٠ كجم فوسفورًا (P_2O_5)، و١٠٠ كجم بوتاسيوم (K_2O).

هذا .. وتحصل النباتات على كميات من النيتروجين من حامض النيتريك الذى قد يستخدم بتركيز منخفض فى إذابة الأملاح التى تسد النقاطات، أو لإذابة سلفات البوتاسيوم، ومن نترات الجير أو نترات الكالسيوم التى قد تستخدم كمصدر إضافى للكالسيوم، ويجب احتساب تلك الكميات من كمية النيتروجين الكلية الموصى بها للفدان.

ب- توقيت بداية التسميد:

يعمد الكثيرون إلى تأخير بداية التسميد إلى حين مرور أسبوعين إلى ثلاثة أسابيع على الشتل اعتمادًا على ما يتوفر فى التربة من أسمدة سبقت إضافتها قبل الزراعة، وربما محاكاة لما يكون عليه الحال فى الأراضى الثقيلة، إلا أن الجذور لا تصل إلى هذه الأسمدة قبل مرور أسبوعين على الشتل؛ وبذا .. فهى لا تستفيد منها خلال تلك الفترة، كما أن الأراضى الصحراوية تعد فقيرة جدًّا فى محتواها من العناصر الغذائية إذا ما قورنت بالأراضى الثقيلة؛ ولذا.. فإن التسميد يجب أن يبدأ فى الأراضى الصحراوية بمجرد معاودة النباتات لنموها، ويكون ذلك — عادة — بعد نحو ٣-٧ أيام من الشتل.

ج- اختيار الأسمدة المناسبة:

(١) الأسمدة الآزوتية:

تستخدم اليوريا ونترات الأمونيوم (بنسبة ١ : ١) كمصدر للنيتروجين خلال الشهر الأول بعد الزراعة، ثم تستخدم نترات الأمونيوم منفردة، أو بالتبادل مع سلفات الأمونيوم بعد ذلك. ولا يوصى بالتسميد باليوريا إذا ارتفعت حرارة الجو عن ٢٥°م. وبالإمكان رش النباتات باليوريا — يوميًّا — بتركيز ٠,٢٪ بهدف توفير علاج سريع لحالات نقص الآزوت، نظرًا لسرعة امتصاصها ووصولها إلى جميع أجزاء النبات فى خلال ٢٤ ساعة من عملية الرش.

(٢) الأسمدة الفوسفاتية:

يستخدم سوبر فوسفات الكالسيوم العادى أو السوبر فوسفات الثلاثى كمصدر للفوسفور فى حالة التسميد الأرضى (ويفضل السوبر فوسفات العادى)، بينما يستخدم حامض الفوسفوريك فى حالة التسميد مع ماء الرى، حيث تقل فرصة تثبيت الفوسفور المضاف إليه، لأن حامض الفوسفوريك يعمل على خفض pH ماء الرى؛ الأمر الذى يمنع ترسيب الفوسفور حتى مع وجود الكالسيوم فى ماء الرى.

وعلى الرغم من أن الفوسفور المضاف مع مياه الرى يبقى فى التربة قريبًا من النقاطات – مما يعنى عدم تعرض كل المجموع الجذرى للنبات إلى الفوسفور المضاف – إلا أن ذلك يكون كافيًا لقيام النباتات بامتصاص حاجتها من العنصر.

(٣) الأسمدة البوتاسية:

تستخدم سلفات البوتاسيوم كمصدر للبوتاسيوم. وإذا وجدت صعوبة فى إذابتها فى مياه الرى فإنه يحسن خلطها جيدًا مع حامض النيتريك التجارى (المخفف بالماء) بنسبة ٤ من السماد إلى ١ من الحامض التجارى. يترك المخلوط يومًا كاملاً إلى أن تترسب كل الشوائب المختلطة بسماد سلفات البوتاسيوم، ثم يؤخذ الرائق للتسميد به.

وإذا لم يتوفر حامض النيتريك لإذابة سلفات البوتاسيوم فإنه يمكن استعمال حامض الكبريتيك التجارى المركز فى تحضير محلول سمادى يحتوى على كل من النيتروجين والبوتاس (K_2O) بنسبة ١ : ١,٥ (وهى النسبة المناسبة للتسميد بها ابتداء من الأسبوع التاسع بعد الشتل وإلى قبل انتهاء موسم الحصاد بنحو أسبوعين) مع إضافة الفوسفور – بالنسبة المرغوبة – إلى هذا المخلوط ليصبح سمادًا كاملاً، ويجرى ذلك على النحو التالى:

- يضاف ٢٠ لترًا من حامض الكبريتيك المركز إلى برميل يتسع لنحو ٢٠٠ لترًا، ويحتوى على ٦٠ لترًا من الماء. تكون إضافة الحامض إلى الماء بصورة تدريجية، وببطء شديد، مع التقليب المستمر، ويحظر إجراء العكس (أى يحظر إضافة الماء إلى الحامض المركز)؛ لما ينطوى عليه ذلك من خطورة على القائمين بهذه العملية.
- يضاف ٥٠ كجم من نترات النشادر إلى الحامض المخفف مع التقليب المستمر.
- يضاف إلى المحلول المتكون ٥٠ كجم من سلفات البوتاسيوم مع التقليب المستمر.

- يضاف إلى المحلول الناتج ٤/^{٣} — ١,٥ لتر من حامض الفوسفوريك مع التقليب المستمر، علمًا بأن الكمية المستعملة منه تقل تدريجيًّا إلى أن تصل إلى الحد الأدنى ٤/^{٣} لتر) قرب انتهاء موسم الحصاد.
- يضاف الماء لإكمال حجم المحلول الناتج إلى ٢٠٠ لتر.
- تكشط الرغوة والأملاح التى تتجمع على سطح المخلوط.

يكفى المحلول السمادى الناتج من هذه العملية لتسميد فدان من الفلفل بعناصر النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم لمدة حوالى ١٥ يومًا، وقد تستعمل لتسميد ١٥ فدانًا لمدة يوم واحد.. وهكذا.

أما إذا لم يرغب المنتج فى إجراء ما تقدم بيانه فإنه يفضل استعمال أحد الأسمدة السائلة كمصدر للبوتاسيوم.

وبالنظر إلى أن ما يوجد فى هذه الأسمدة من عنصر البوتاسيوم يكون جاهزًا لامتصاص النبات مباشرة، ولا يفقد منه شىء؛ لذا.. يمكن — عند استخدامها — خفض كمية البوتاسيوم (K_2O) الموصى بها إلى الثلثين؛ فيستعمل منها ما يكفى لإضافة نحو ٧٠ كجم من K_2O للفدان مع ماء الرى، بالإضافة إلى الـ ٢٠ كجم الأخرى التى تضاف فى باطن الخط قبل الزراعة.

وحتى إذا استعملت سلفات البوتاسيوم فى التسميد فإن إضافة جزء من البوتاسيوم فى صورة سماد بوتاسيوم سائل يعد أمرًا مرغوبًا فيه؛ ولذا .. يوصى بالتسميد بنحو لتر من أحد هذه الأسمدة البوتاسية السائلة ابتداء من الأسبوع السابع بعد الشتل، مع تخفيض الكمية المستعملة منها — ابتداء من الأسبوع الخامس عشر بعد الشتل.

د- توزيع كميات الأسمدة على موسم النمو:

(١) توزع كميات عناصر النيتروجين والفوسفور، والبوتاسيوم المخصصة للمحصول على النحو التالى:

(أ) يزداد معدل التسميد بالنيتروجين تدريجيًّا إلى أن يصل إلى أقصى معدل له بعد حوالى ٤ أسابيع من الشتل، ويبقى عند هذا المستوى المرتفع إلى ما قبل انتهاء موسم الحصاد بنحو ٤ أسابيع، ثم تتناقص الكمية التى يسمد بها تدريجيًّا إلى أن يتوقف التسميد بالنيتروجين نهائيًّا قبل انتهاء موسم الحصاد بنحو أسبوعين.

وعادة .. يبدأ برنامج التسميد الآزوتى بنحو ٣–٤ كجم من النيتروجين أسبوعيًّا ابتداء من الأسبوع الثانى بعد الشتل. مع زيادة الكمية المضافة منه – تدريجيًّا إلى أن تصل إلى حوالى ٨–١٠ كجم نيتروجينًا أسبوعيًّا فى الأسبوع الخامس من الشتل، وتستمر على هذا المستوى المرتفع حتى الأسبوع السادس عشر بعد الشتل، حيث تتناقص كمية النيتروجين المضافة بعد ذلك – تدريجيًّا – إلى أن تصل إلى نحو ٥ كجم أسبوعيًّا فى الأسبوع الثامن عشر بعد الشتل، ثم يتوقف التسميد الآزوتى – تقريبًا – بعد ذلك.

(ب) يزداد معدل التسميد بالفوسفور سريعًا بعد الزراعة إلى أن يصل إلى أقصى معدل له فى مرحلة الإزهار وبداية عقد الثمار، ويبقى عند هذا المستوى المرتفع حتى الأسبوع الرابع عشر، ثم تتناقص الكمية المضافة منه تدريجيًّا إلى أن يتوقف التسميد بالفوسفور نهائيًّا قبل انتهاء الحصاد بنحو ثلاثة أسابيع.

وعادة .. يبدأ برنامج التسميد الفوسفاتى بنحو ٥٠٠ مل (سم^{٣}) من حامض الفوسفوريك أسبوعيًّا ابتداء من الأسبوع الثانى بعد الشتل، مع زيادة الكمية المستعملة منه – تدريجيًّا – إلى أن تصل إلى حوالى لترين أسبوعيًّا ابتداء من الأسبوع الخامس بعد الشتل، وتستمر على هذا المستوى المرتفع حتى الأسبوع الرابع عشر بعد الشتل، حيث تتناقص الكمية المضافة منه تدريجيًّا – بعد ذلك – إلى أن تصل إلى حوالى ٣٠٠ مل فقط أسبوعيًّا فى الأسبوع الثامن عشر بعد الشتل، ثم يتوقف التسميد الفوسفاتى – تقريبًا – بعد ذلك.

(ج) يزداد معدل التسميدبالبوتاسيوم ببطء إلى أن يصل إلى أقصى معدل له فى بداية مرحلة الإثمار، ويبقى على هذا المستوى المرتفع حتى قبل انتهاء موسم الحصاد بنحو أسبوع أو أسبوعين.

وعادة .. يبدأ برنامج التسميد البوتاسى بنحو ١–١,٥ كجم بوتاس (K_2O) أسبوعيًّا ابتداء من الأسبوع الثانى بعد الشتل، مع زيادة الكمية المضافة منه – تدريجيًّا – إلى أن تصل إلى حوالى ١٢– ١٥ كجم بوتاس أسبوعيًّا فى الأسبوع الثامن بعد الشتل، وتستمر على هذا المستوى المرتفع حتى الأسبوع السادس عشر، حيث تتناقص كمية البوتاس المضافة تدريجيًّا بعد ذلك حتى يتوقف قبل انتهاء الحصاد بنحو أسبوع.

هـ– نظام إضافة الأسمدة البسيطة والمركبة:

تحسب الكمية اللازمة من جميع الأسمدة لكل أسبوع من موسم النمو، حسب مرحلة النمو النباتى. وقد تضاف كميات الأسمدة المخصصة لكل أسبوع على دفعتين أو ثلاث دفعات، ولكن يفضل أن يتم التسميد مع ماء الرى بالتنقيط ست مرات أسبوعيًّا، بينما يخصص اليوم السابع للرى بدون تسميد. وتوزع الأسمدة المخصصة لكل أسبوع على أيام التسميد الستة بأحد النظم التالية:

(١)تخلط جميع الأسمدة المخصصة لليوم الواحد ويسمد بها مجتمعة، وهذا هو النظام المفضل.

(٢)يُخَصّصُ يومان للتسميد الآزوتى، ثم يوم للتسميد الفوسفاتى والبوتاسى وهكذا.

(٣)تخصص ثلاثة أيام منفصل للتسميد الآزوتى، والفوسفاتى، والبوتاسى، ثم تعاد دورة التسميد.. وهكذا.

ولكن يراعى عند التسميد مع ماء الرى – بصورة عامة – عدم الجمع بين أى من أيونى الفوسفات أو الكبريتات وأيون الكالسيوم، لكى لا يترسبا بتفاعلهما مع الكالسيوم.

ويمكن – فى حالة التسميد مع ماء الرى بالتنقيط – استبدال الأسمدة التقليدية بالأسمدة المركبة السائلة، أو السريعة بالذوبان إذا كان استخدامها اقتصاديًّا، ويتوقف تركيب السماد المستخدم على مرحلة النمو النباتى، حيث يمكن استعمال سماد تركيبه ١٩–٦–٦ خلال الربع الأول من حياة النبات، يستبدل بسماد تركيبه ٢٠–٥–١٥ خلال الربع الثانى من موسم النمو، ثم بسماد تركيبه ١٥–٥–٣٠ إلى ما قبل انتهاء موسم الحصاد بنحو أسبوعين.

يكون استخدام هذه الأسمدة بكميات تفى بحاجة النباتات من عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم. وكما سبق أن أوضحنا فإن العناصر الغذائية فى تلك الأسمدة تكون جاهزة لامتصاص النبات مباشرة، ولا يفقد منها شىء. ولذا.. يمكن – عند استخدامها – خفض كمية عنصرى النيتروجين، والبوتاسيوم الموصى بهما إلى الثلثين، فيصبحان ٧٠ كجم نيتروجينًا، و٧٠ كجم K_2O للفدان. أما الفوسفور؛ فتبقى الكمية الموصى بها بعد الزراعة وهى ٣٠ كجم – كما هى، نظرًا لأن التسميد المنفرد بالفوسفور يكون بحامض الفوسفوريك الجاهز للامتصاص السريع على أية حال.

ويكفى – عادة – نحو كيلو جرام واحد (أو لتر واحد) من تلك الأسمدة المركبة للفدان يوميًّا، ثم تزداد الكمية تدريجيًّا إلى أن تصل إلى نحو ٣–٤ كجم يوميًّا فى منتصف موسم النمو، وتتناقص مرة أخرى – تدريجيًّا – إلى أن تصل إلى كيلو جرام واحد للفدان يوميًّا – مرة أخرى – قبل انتهاء موسم الحصاد بنحو أسبوعين.

وكما فى حالة التسميدة بالأسمدة التقليدية .. يلزم تخصيص يوم واحد، أو يومين أسبوعيًّا للرى بدون تسميد؛ بهدف خفض تركيز الأملاح فى منطقة نمو الجذور.

ويبين جدول (٤–٩) برنامجًا مقترحًا للتسميد بالنيتروجين والبوتاسيوم فى الأراضى الرملية بولاية فلوريدا الأمريكية.

جدول (٤-٩): برنامج التسميد بالنيتروجين والبوتاسيوم للفلفل فى الأراضى الرملية فى ولاية فلوريدا الأمريكية عند إجراء الزراعة بالشتل، والرى بالتنقيط، واستعمال الغطاء البلاستيكى للتربة (عن Hartz & Hochmuth ١٩٩٦).

مرحلة النمو		كمية العنصر بالكجم للهكتار (وبالكجم للفدان بين قوسين)/ يوم أ، ب	
المرحلة	الفترة بالأسبوع	N	K
١	٢	١,١ (٠,٥)	٠,٩ (٠,٤)
٢	٣	١,٧ (٠,٧)	١,٤ (٠,٦)
٣	٧	٢,٢ (٠,٩)	١,٨ (٠,٨)
٤	١	١,٧ (٠,٧)	١,٤ (٠,٦)
٥ج	١	١,١ (٠,٥)	٠,٩ (٠,٤)
الكمية الإجمالية		١٨٠ (٧٥)	١٥٠ (٦٣)

أ- للتحويل من K إلى K_2O يقسم على ٠,٨٣، وبذا تكون الكمية الموصى بها من K_2O (وحدات البوتاسيوم) هى: ١٨٠ كجم للهكتار، أو حوالى ٧٥ كجم للفدان.

ب- تخصم الكميات التى تضاف قبل الزراعة (وتكون فى حدود ٢٠٪ من الكميات الإجمالية) من الكميات الموصى بها من العناصر خلال الأسابيع القليلة الأولى بعد الشتل.

ج- عند استمرار موسم النمو لفترة أطول يستمر العمل ببرنامج المرحلة الخامسة حتى نهاية الحصاد.

ونظرًا لأن غسيل الأسمدة من التربة يمكن أن يحدث عند الرى بالتنقيط؛ لذا .. فإن الأسمدة المضافة فى أى رية يجب ألا تتعرض إلى رى زائد لا فى نفس الرية ولا فى الريات التالية. وتزيد فرصة احتمال غسيل الأسمدة عند زيادة فترة الرية الواحدة عن الساعة.

٣- أسمدة عناصركبرى أخرى تضاف بعد الزراعة:

إن أهم العناصر الكبرى الأخرى – بخلاف عناصر النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم – هى عناصر الكبريت، والمغنيسيوم، والكالسيوم.

أ- الكبريت:

يحصل النبات على حاجته من عنصر الكبريت أساسًا من الكبريت المضاف إلى التربة قبل الزراعة، ومن كبريتات الأمونيوم، وكبريتات البوتاسيوم، وسوبر فوسفات الكالسيوم، والجبس الزراعى (الذى قد يستعمل بغرض خفض pH التربة)، بالإضافة إلى مايوجد من كبريت بالأسمدة الورقية، وبعض المبيدات. ولا توجد حاجة إلى أية إضافات أخرى من هذا العنصر.

ب- المغنيسيوم:

يحصل النبات على حاجته من المغنيسيوم من سلفات المغنيسيوم التى تضاف قبل الزراعة، بالإضافة إلى ما يتوفر من العنصر فى الأسمدة المركبة، سواء تلك التى تستخدم فى مد النبات بحاجته من العناصر الأولية (النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم)، أم الأسمدة الورقية؛ لذا .. لا يحتاج الأمر إلى مزيد من التسميد بالمغنيسيوم إلا إذا لم يكن قد سمد المحصول بالعنصر قبل الزراعة، أو إذا ظهرت أعراض نقص المغنيسيوم، ويلزم – حينئذ – إضافة كبريتات المغنيسيوم بمعدل كيلو جرام واحد للفدان إما رشًّا، وإما مع ماء الرى بالتنقيط، مع تكرار المعاملة أسبوعيًّا إلى أن تختفى أعراض نقص العنصر، أو كل أسبوعين طوال موسم النمو.

ج- الكالسيوم:

يحصل النبات على معظم حاجته من الكالسيوم من سوبرفوسفات الكالسيوم، ومن الجبس الزراعى الذى قد تعامل به التربة، بالإضافة إلى ما يتوفر من العنصر فى الأسمدة المركبة بنوعيها، إلا أن الفلفل يحتاج إلى مزيد من التسميد بالكالسيوم لكى لا تتعرض ثماره للإصابة بتعفن الطرف الزهرى، وهو عيب فسيولوجى يظهر عند نقص كمية عنصر الكالسيوم التى تصل إلى الثمار.

ويستخدم فى مصر رائق سماد نترات الجير المصرى (عبود) لتزويد الفلفل بعنصر الكالسيوم مع ماء الرى بالتنقيط، لكن يفضل استخدام سماد نترات الكالسيوم النقى عند

توفره. ويشترط فى كلتا الحالتين عدم احتواء مياه الرى على كمية كبيرة من الفوسفات أو الكبريتات.

ويكون استعمال أى من السمادين (نترات الجير المصرى أو نترات الكالسيوم النقية) بمعدل ١٥– ٢٠ كجم أسبوعيًّا، ابتداء من بداية مرحلة عقد الثمار ولمدة ستة أسابيع.

ونظرًا للتوقيت الحرج لإضافة هذا السماد – والذى لا يكون فيه النمو الخضرى الغزير أمرًا مرغوبًا فيه – يفضل خصم كميات النيتروجين التى تضاف فى صورة نترات مع الكالسيوم – والتى تبلغ نسبتها فى كلا السمادين ١٥٪ – من كميات السماد الآزوتى المقرر إضافتها – خلال تلك الفترة فى برنامج التسميد.

ومتى كان هناك تسميد بالكالسيوم، فإنه يتعين إضافة الأسمدة مع ماء الرى فى مجموعتين منفصلتين، حيث تضم إحداهما الأسمدة المحتوية على الكالسيوم، بينما تشتمل الأخرى على الأسمدة التى تحتوى على أيونى الفوسفات أو الكبريتات، لكى لا يترسبا بتفاعلهما مع الكالسيوم.

ويمكن استخدام سماد نترات الكالسيوم النقى، أو رائق نترات الجير المصرى رشًّا بتركيز ١,٥– ٣ جم/ لتر؛ لإمداد النبات بعنصر الكالسيوم اللازم لوقف انتشار ظاهرة تعفن الطرف الزهرى فى الفلفل، مع الاهتمام بتوجيه محلول الرش إلى الثمار، بالإضافة إلى الأوراق.

٤– أسمدة العناصر الصغرى:

إن أهم العناصر الصغرى التى يلزم تسميد نباتات الفلفل بها فى الأراضى الصحراوية هى: الحديد، والزنك، والمنجنيز، والنحاس.. وهى العناصر التى تثبت فى صورة غير ميسرة لامتصاص النبات فى الأراضى القلوية. يتبقى بعد ذلك من العناصر الصغرى عنصران: البورون، وهو يثبت مع ارتفاع رقم pH التربة حتى ٨,٥، ثم يزداد تيسره كثيرًا بعد ذلك، والموليبدنم وهو لا يثبت فى الأراضى القلوية. ونجد – بصفة

عامة — أن الأراضى الصحراوية ينخفض محتواها من العناصر الصغرى كما هى الحال بالنسبة للعناصر الكبرى.

وبناء على ما تقدم .. فإن نباتات الفلفل تستجيب للتسميد بالعناصر الصغرى فى الأراضى القلوية، ولكن عناصر الحديد، والزنك والمنجنيز والنحاس تتعرض للتثبيت إذا كانت إضافتها عن طريق التربة، أو مع ماء الرى، حيث تبقى بالقرب من النقاطات نظرًا لأن جميع الأراضى الصحراوية قلوية. ولذا.. فإنه لا يفضل إضافة هذه العناصر عن طريق التربة إلا فى صورة مخلبية، كما أن ملح الكبريتات لهذه العناصر يمكن إضافته بطريقة الرش بمعدل ١– ١,٥ كجم مع ٤٠٠ لتر ماء للفدان. وإذا استخدمت الصور المخلبية لهذه العناصر رشًّا على الأوراق فإنها تستعمل بمعدل ٠,٢٥– ٠,٥٠ كجم فى ٤٠٠ لتر ماء للفدان. أما البورون فإنه يضاف دائمًا فى صورة معدنية على صورة بوراكس إما عن طريق التربة بمعدل ٥– ١٠ كجم للفدان، وإما رشًّا على الأوراق بمعدل ١– ٢,٢٥ كجم فى ٤٠٠ لتر ماء للفدان.

هذا.. ويمكن استبدال الأسمدة المفردة — التى سبق ذكرها — بالأسمدة المركبة وهى كثيرة جدًّا، ويبدأ الرش بها بعد الشتل بنحو ثلاثة أسابيع، ثم يستمر كل ٢–٣ أسابيع إلى ما قبل نهاية الحصاد بنحو ثلاثة أسابيع. وتفيد إضافة اليوريا إلى محلول العناصر الدقيقة — بتركيز ٠,١٪ – فى زيادة معدل امتصاص النباتات من هذه العناصر.

ومتى توفرت العناصر الدقيقة فى صورة مخلبية فإنه يكون من الأسهل — والأفضل — إضافتها عن طريق مياه الرى. ويحتاج الفدان — عادة — إلى نحو ٢– ٣ لترات من أسمدة العناصر الدقيقة المخلبية تجزأ على دفعات متساوية كل ثلاثة أسابيع، مع بداية التسميد بها بعد الشتل بنحو أسبوعين، وعلى ألا تزيد كمية السماد المستعملة فى كل مرة عن ٣٠٠ مل (سم٣). ويفضل استعمال السماد على دفعات أسبوعية مع مياه الرى، تبدأ بنحو ١٠٠ مل بعد الشتل مباشرة، وتزداد تدريجيًّا إلى أن تصل إلى ٣٠٠ مل ابتداء من الأسبوع السابع بعد الشتل، وتستمر على هذا المستوى المرتفع حتى الأسبوع الخامس

عشر بعد الشتل، لتنخفض بعد ذلك تدريجيًّا إلى أن تصل إلى نحو ١٥٠ مل فى الأسبوع الثامن عشر بعد الشتل.

ثانيًا: برنامج التسميد عند اتباع طريقة الرى بالغمر أو بالرش

يؤخذ فى الاعتبار عند تسميد الفلفل فى الأراضى الصحراوية — عند اتباع طريقتى الرى بالغمر أو بالرش– كل ما أسلفنا بيانه عند التسميد فى حالة الرى بالتنقيط، ولكن مع ملاحظة الأمور التالية:

١–زيادة التسميد السابق للزراعة من الفوسفور إلى ٦٠ كجم P_2O_5 للفدان. مع إنقاص الكمية المستخدمة منه — بعد الزراعة — إلى ١٥ كجم P_2O_5 فقط للفدان.

٢–لا يكون لمعدل ذوبان الأسمدة فى الماء أهمية تذكر عند اتباع طريقة الرى بالغمر؛ ولذا .. فإن سماد سوبر فوسفات الكالسيوم يستعمل — فى هذه الحالة — بدلاً من حامض الفوسفوريك بعد الزراعة.

أما عند اتباع طريقة الرى بالرش، فإن معدل ذوبان الأسمدة يبقى أمرًا له أهميته عند اختيار الأسمدة المناسبة للاستعمال؛ ولهذا السبب فإن حامض الفوسفوريك يستعمل كمصدر للفوسفور بعد الزراعة، ولكن مع خفض الكمية المستخدمة منه لما يكفى لإمداد النباتات بنحو ١٥ كجم P_2O_5 للفدان؛ لكى يبقى تركيز الحامض منخفضًا فى مياه الرى وفى مستوى لايؤدى إلى تآكل الأجزاء المصنوعة من البرونز والنحاس فى جهاز الرش.

٣– تحسب الكمية اللازمة من جميع الأسمدة لكل أسبوع من موسم النمو — حسب مرحلة النمو النباتى — ثم تضاف بالكيفية التالية:

أ– فى حالة الرى بالغمر:

تخلط الأسمدة معًا وتضاف تكبيشًا فى خندق بعمق ١٠ سم إلى جانب النباتات، وعلى مسافة حوالى ١٠ سم من قاعدتها، مع الترديم عليها عند العزيق. وتكون إضافة الأسمدة على فترات أسبوعية أو كل أسبوعين.

ب- فى حالة الرى بالرش:

تخلط الأسمدة معًا وتضاف إما فى خندق بعمق ١٠ سم إلى جانب النباتات وعلى مسافة ١٠ سم من قاعدتها، وإما مع ماء الرى، ويكون التسميد مع ماء الرى بالرش بنفس الكيفية التى تتبع عند الرى بالتنقيط.

ويوصى — فى حالة الرغبة فى التسميد مع ماء الرى بالرش- أن يكون ذلك فى النصف الثانى من حياة النبات بعد أن تنتشر الجذور وتشغل نسبة كبيرة من مساحة الحقل، وأن يتم إدخال السماد فى نظام الرى بالرش بطريقة تسمح بتشغيل جهاز الرى أولاً بدون سماد لمدة تكفى لبل سطح التربة، وبل أوراق النبات، وإلا فُقِدَ السماد بتعمقه فى التربة مع ماء الرى، يلى ذلك إدخال السماد مع ماء الرى لمدة تكفى لتوزيعه بطريقة متجانسة فى الحقل، ويعقب ذلك الرى بالرش بدون تسميد لمدة ١٠ دقائق، والغرض من ذلك هو غسل السماد من على الأوراق، والتخلص من آثاره فى كل جهاز الرى بالرش، كما يساعد هذا الإجراء على تحريك السماد فى التربة.

٤- يمكن استخدام سماد نترات الجير (عبود) كمصدر رئيسى للتسميد بالكالسيوم والنيتروجين. يضاف السماد عن طريق التربة — تكبيشًا — إلى جانب النباتات على عمق ١٠ سم فى ٦ دفعات نصف شهرية، تبدأ عند بداية الإزهار، بمعدل ٢٥ كجم للفدان فى كل مرة. وقد يفيد الرش بنترات الكالسيوم النقية (وهى سريعة الذوبان فى الماء) فى سد حاجة النبات السريعة إلى عنصر الكالسيوم، وهى تستخدم بمعدل ٢,٥ كجم فى ٤٠٠ لتر ماء للفدان.

٥- يمكن — كذلك — استخدام رائق السوبر فوسفات العادى مع إضافته رشًّا على النباتات (وليس مع ماء الرى بالرش) بتركيز ٠,٥- ٢,٠ جم/ لتر حسب حاجة النبات، مع تكرار الرش كل أسبوعين حسب الحاجة. كما يمكن استخدام التربل سوبر فوسفات بدلاً من السوبر فوسفات العادى، ولكن بنحو ثلث التركيز المستخدم من السوبر فوسفات العادى.

٦- كما يمكن استخدام رائق سلفات البوتاسيوم بتركيز ١,٥- ٢,٥ جم/ لتر رشًّا على الأوراق خلال مرحلة نضج الثمار.

برنامج تسميد الفلفل فى الأراضى الثقيلة

نظرًا لأن معظم زراعات الفلفل فى الأراضى الثقيلة تروى بطريقة الغمر؛ فإننا نوجه جُلَّ اهتمامنا إلى كيفية التسميد عند الرى بالغمر، مع الإشارة إلى كيفية التسميد – عند اتباع طريقتى الرى بالتنقيط والرى بالرش – فى نهاية هذا الجزء.

أولاً: برنامج التسميد عند اتباع طريقة الرى بالغمر

يخصص لكل فدان من الفلفل كميات الأسمدة التالية:

١-حوالى ٢٠- ٣٠م^3 من السماد البلدى (سماد الماشية)، أو نحو ١٥- ٢٠م^3 سمادًا بلديًّا مع ٨ م^3 من سماد الكتكوت (مخلفات الدواجن). قد تضاف كل الكمية عند تجهيز الأرض بعد العزقة الأولى، أو قد تقسم إلى دفعتين متساويتين تضاف إحداهما عند تجهيز الأرض، بينما تضاف الثانية بعد نحو شهر من الشتل فى قناة المصطبة، ثم يُردَّم عليها فى العزقة الأولى.

٢-من ٤٥- ٦٠ كجم وحدة فوسفور (P_2O_5)، مع إضافة الحد الأقصى عند زراعة الهجن. يستعمل السوبر فوسفات العادى كمصدر للفوسفور. قد تضاف كل كمية السماد المخصصة للفدان نثرًا مع السماد العضوى عند تجهيز الأرض بعد الحرثة الأولى، ولكن يفضل تقسيمها إلى دفعتين متساويتين، تضاف إحداهما عند تجهيز الأرض، بينما تضاف الثانية بعد نحو شهر من الشتل فى قناة المصطبة، ثم يُردم عليها فى العزقة الأولى.

٣-من ١٠٠ – ١٢٠ كجم نيتروجينًا (N)، مع إضافة الحد الأقصى عند زراعة الهجن. تستعمل اليوريا كمصدر للنيتروجين فى بداية حياة النبات وفى الجو البارد، وتستعمل سلفات الأمونيوم فى الدفعات الأولى للاستفادة من تأثيرها الحامضى، ويفضل استعمال نترات الأمونيوم خلال مراحل الإزهار وعقد الثمار، مع تخصيص جزء من

النيتروجين يضاف فى صورة نترات الكالسيوم أو نترات الجير المصرى (عبود) خلال نمو الثمار؛ لتوفير الكالسيوم الذى يحتاجه النبات خلال تلك المرحلة؛ لتجنب إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى.

ونظرًا لسهولة فقد النيتروجين من التربة؛ فإنه يتعين إضافة الكمية المخصصة للفدان فى ثلاث دفعات بمعدل ٣٠– ٣٥، و٣٥–٤٠، و٣٥–٤٥ كجم N للفدان بعد حوالى ٤، و٧، و١٠ أسابيع من الزراعة، مع الترديم عليها أثناء العزيق، ويراعى إضافة الحد الأقصى – فى كل موعد – عند زراعة الهجن.

٤– من ١٠٠ – ١٢٠ وحدة بوتاسيوم (P_2O) للفدان، مع إضافة الحد الأقصى عند زراعة الهجن. تستعمل سلفات البوتاسيوم كمصدر للبوتاسيوم، وتفضل إضافة الكمية المخصصة للفدان فى ثلاث دفعات – مع النيتروجين – ولكن بمعدل ٢٥–٣٠، و٣٥–٤٠، و٤٠–٥٠ كجم P_2O للفدان فى الدفعات الثلاث على التوالى.

وبذا .. تكون الكميات المستعملة للفدان من مختلف الأسمدة، ومواعيد إضافتها على النحو التالى:

الموعد	السماد البلدى (م٣)	سماد الكنكوت (م٣)	P_2O_5 (كجم)	N (كجم)	K_2O (كجم)
بعد الحرثة الأولى	١٠ –٧,٥	٤	٣٠–٢٢,٥	–	–
بعد ٤ أسابيع من الشتل	١٠–٧,٥	٤	٣٠–٢٢,٥	٣٥–٣٠	٣٠–٢٥
بعد ٧ أسابيع من الشتل	–	–	–	٤٠–٣٥	٤٠–٣٥
بعد ١٠ أسابيع من الشتل	–	–	–	٤٥–٣٥	٥٠–٤٠
الإجمالى	٢٠–١٥	٨	٦٠–٤٥	١٢٠–١٠٠	١٢٠–١٠٠

وبالإضافة إلى الأسمدة التى تقدم بيانها.. فإن نباتات الفلفل تعطى ثلاث رشات بأسمدة العناصر الصغرى الورقية بعد نحو ٤، و٧، و١٠ أسابيع من الشتل. يتراوح تركيز محلول الرش فيها – عادة – بين ٠,١٪، و ٠,١٥٪، ويلزم للفدان حوالى ٢٠٠، و٣٠٠، و٤٠٠ لتر من محلول الرش فى الرشات الثلاث على التوالى.

ثانيًا: برنامج التسميد عند اتباع طريقة الرى بالتنقيط أو بالرش

عند رى الفلفل فى الأراضى الثقيلة بطريقة التنقيط، أو بالرش فإن النباتات تعطى برنامجًا للتسميد يتساوى – من حيث كميات العناصر السمادية المستعملة – مع الكميات المستعملة فى حالة الرى بالغمر فى الأراضى الثقيلة، ويتشابه – من حيث نوعيات الأسمدة المستخدمة، ومواعيد وطرق إضافتها – مع ما سبق بيانه بالنسبة لهذه الأمور فى حالتى الرى بالتنقيط وبالرش – على التوالى – فى الأراضى الصحراوية. هذا.. ويمكن فى حالة الرى بالرش – إضافة الأسمدة المقرر إضافتها إلى التربة مباشرة (وليس مع مياه الرى) فى عدد أقل من الدفعات، كما فى حالة الرى بالغمر. أما فى حالة إضافة الأسمدة مع مياه الرى بالرش فلا بد من الاستمرار فى توزيعها على عدة دفعات، لكى تكون بتركيزات منخفضة لا تحدث ضررًا للنباتات.

الباذنجان

تعرف الحاجة إلى التسميد من تحليل النبات

تبعًا لـ Hochmuth (١٩٩٤)، و Hochmuth وآخرين (١٩٩٣)، فإن مستوى البوتاسيوم الحرج فى الأوراق كان ٤,٥٪ عند بداية الإزهار، و٣,٥٪ عند بداية الإثمار، و٣,٠٪ أثناء الحصاد، و٢,٨٪ فى نهاية فترة الحصاد. وبالمقارنة .. كان مستوى البوتاسيوم الحرج فى العصير الخلوى لأعناق الأوراق (بالجزء فى المليون) ٤٥٠٠–٥٠٠٠ قبل الحصاد، و٤٠٠٠– ٤٥٠٠ أثناء الحصاد، وكان تركيز قدره ٣٥٠٠ جزء فى المليون أثناء الحصاد دليلاً على نقص العنصر. ويستدل مما سبق بيانه على وجود ارتباط بين نتائج تقدير البوتاسيوم فى الأوراق بطرق التحليل المختبرية العادية، وفى العصير الخلوى لأعناق الأوراق، مع انخفاض مستوى البوتاسيوم فى النبات بتقدم النباتات فى العمر.

وقد قدر مستوى الكفاية من عنصرى النيتروجين والبوتاسيوم فى المراحل العمرية المختلفة لنبات الباذنجان، كما يلى (Hartz & Hochmuth ١٩٩٦).

مرحلة النمو	تحليل الأوراق على أساس الوزن الجاف (٪)		تحليل العصير الخلوى لأعناق الأوراق (جزء فى المليون)	
	N	K	نيتروجين نتراتى	K
اول الثمار بطول ٥ سم	٤,٥– ٥,٥	٤,٥– ٦,٠	١٢٠٠– ١٦٠٠	٤٥٠٠– ٥٠٠٠
بداية الحصاد	٤,٥– ٥,٠	٣,٥– ٥,٠	١٠٠٠– ١٢٠٠	٤٠٠٠– ٤٥٠٠
منتصف موسم الحصاد	٣,٥– ٤,٥	٣,٠– ٤,٠	٨٠٠– ١٠٠٠	٣٥٠٠– ٤٠٠٠

الاستجابة للتسميد

١– المخلفات العضوية (الأوراق النباتية) غير المتحللة:

أدت إضافة الأوراق النباتية غير المتحللة إلى حقول الباذنجان قبل الشتل إلى نقص المحصول جوهريًّا مقارنة بإضافة كومبوست تام التحلل، ولم يكن مرد ذلك التأثير إلى نقص فى مستوى النيتروجين الميسر فى التربة، حيث كان تركيز النيتروجين متماثلاً فى كلتا الحالتين، نظرًا لإعطاء المعاملتين كميات كافية ومتماثلة من الأسمدة الكيميائية. ويبدو أن التأثير السلبى لإضافة الأوراق النباتية غير المتحللة كان مرده إلى المركبات الفينولية التى تسربت من تلك الأوراق إلى التربة (Maynard ١٩٩٧).

٢– العناصر الكبرى:

تحصل ثمار الباذنجان على نحو ٤٥٪– ٦٠٪ من كمية النيتروجين الكلية التى تمتصها النباتات، ونحو ٥٠٪– ٦٠٪ من الفوسفور الكلى، و٥٥٪– ٧٠٪ من البوتاسيوم الكلى. وتحتاج النباتات إلى تغذية متوازنة ومستمرة من هذه العناصر الأولية حتى نهاية موسم الحصاد؛ ولذا فإنها تستجيب جيدًّا للتسميد مع مياه الرى بالتنقيط. ويفضل الباذنجان النيتروجين النتراتى عن النيتروجين الأمونيومى، الذى يؤدى إلى نقص معدل النمو النباتى (Hegde ١٩٩٧).

يؤدى استعمال المصادر النشادرية فقط كمصدر للنيتروجين عند تسميد الباذنجان إلى انخفاض معدل البناء الضوئى خلال المراحل المبكرة للنمو النباتى، وحدوث تقزم فى النمو، مع ظهور اصفرار فيما بين العروق فى نصل الأوراق السفلى، وميل الأوراق لأسفل leaf epinasty، وظهور تحلل فى حوافها، ويتبع ذلك ذبول النباتات، وسقوط الأوراق، وتكوين بقع متحللة على السيقان ونقص فى نموها، مع نقص مماثل فى نمو الجذور، والثمار. وتزداد حدة هذه الأعراض فى ظروف الإضاءة الضعيفة عنها فى الإضاءة القوية، وفى النباتات الصغيرة خلال مراحل النمو السريع للثمار (Claussen & Lenz ١٩٩٥). هذا إلا أن توفير ٣٠٪ – فقط– من النيتروجين فى صورة نشادرية أدى إلى زيادة كفاءة استخدام الماء، وزيادة انطلاق كاتيون الأيدروجين (H^+) من الجذور؛ الأمر الذى أبقى على الـ pH فى المدى المناسب للنمو النباتى (Elia وآخرون ١٩٩٧).

وفى الزراعات المحمية .. أدت زيادة معدلات التسميد الفوسفاتى – على صورة حامض فوسفوريك – من ٢٤ إلى ٣٦ جم P لكل متر مربع إلى زيادة استفادة نباتات الباذنجان من زيادة معدل التسميد الآزوتى – على صورة نترات بوتاسيوم – من ١٥ إلى ٣٠ جم N/ م٢، وإلى زيادة نسبة المحصول الصالح للتسويق (Lopez-Cantarero وآخرون ١٩٩٧).

وقد درس Hochmuth وآخرون (١٩٩٣) استجابة الباذنجان لمستويات مختلفة من التسميد بالبوتاسيوم فى أراضٍ رملية فقيرة فى محتواها من العناصر. كان أعلى محصول (٥١,١ طن للهكتار أو ٢١,٥ طن للفدان) عند التسميد بمقدار ٩٤ كجم K للهكتار (١١٣,٢ كجم K_2O للهكتار أو حوالى ٤٧,٦ كجم K_2O للفدان) فى العروة الربيعية، بينما كان أعلى محصول فى العروة الخريفية (٥٣,٣ طن للهكتار، أو نحو ٢٢,٣ طن للفدان) عند التسميد بمقدار ٦٠ كجم K للهكتار (٧٢,٣ كجم K_2O للهكتار أو حوالى ٣٠,٤ كجم K_2O للفدان).

٣- العناصر الصغرى:

يؤدى نقص البورون إلى اصفرار قمة الأوراق الصغيرة المكتملة التكوين؛ الأمر الذى يحدث عندما يكون تركيز البورون أقل من ٢٠ ميكرومولاً (Kreij & Basar ١٩٩٧).

معدلات التسميد

يسمد الباذنجان بنحو ٢٠- ٣٠م^3 من السماد البلدى القديم، و٨٠- ١٠٠ كجم نيتروجينًا N، و٤٥- ٦٠ كجم فوسفورًا (P_2O_5)، و٨٠- ١٠٠ كجم بوتاسيوم (K_2O) للفدان.

ويتوقف برنامج التسميد على طبيعة التربة وطريقة الرى. ففى الأراضى الثقيلة التى تروى بالغمر يضاف السماد العضوى ومعه نحو ١٠٠ كجم سلفات نشادر (٢٠ كجم N)، و٣٠٠ كجم سوبر فوسفات (٤٥ كجم P_2O_5)، و٥٠ كجم سلفات بوتاسيوم (٢٥ كجم K_2O) للفدان قبل الزراعة. وتفضل إضافة هذه الأسمدة فى باطن خطوط الزراعة، ثم يردَّم عليها بنحو ٢٥ سم من التربة، على أن تستعمل فى الزراعة ريشة (جانب) الخط الذى تم الترديم عليها، والتى أصبحت تقع أعلى مستوى الأسمدة المضافة. أما باقى الأسمدة الكيميائية فإنها تضاف تكبيشًا إلى جانب النباتات أثناء نموها مع الترديم عليها فى كل مرة. تكون مواعيد إضافة هذه الأسمدة بعد الشتل بنحو ثلاثة أسابيع، ثم بعد ذلك بنحو شهر وشهرين، على النحو التالى:

يضاف فى الدفعة الأولى ١٠٠ كجم سلفات نشادر (٢٠كجم N)، و١٠٠ كجم سوبر فوسفات (١٥ كجم P_2O_5)، و٥٠ كجم سلفات بوتاسيوم (٢٥ كجم K_2O) للفدان.

يضاف فى الدفعة الثانية ١٠٠ كجم نترات نشادر (حوالى ٣٣ كجم N)، و٥٠ كجم سلفات بوتاسيوم (٢٥ كجم K_2O) للفدان.

يضاف فى الدفعة الثالثة ٧٥ كجم نترات نشادر (٢٥ كجم N)، و٥٠ كجم سلفات بوتاسيوم (٢٥ كجم K_2O) للفدان.

وإذا كانت التربة خفيفة مع استمرار الرى بالغمر تفضل إضافة الأسمدة التى أسلفنا بيانها على ٦ دفعات بدلاً من ثلاث، على أن يبدأ التسميد بعد الشتل بنحو أسبوعين.

وفى الأراضى الصحراوية التى تروى بطريقة التنقيط، أو بالرش، أو بالغمر تعطى حقول الباذنجان برامج للتسميد مماثلة لتلك التى أسلفنا بيانها تحت الفلفل.

وقد أوصى Hartz & Hochmuth (١٩٩٦) برنامج للتسميد بالنيتروجين والبوتاسيوم مع مياه الرى بالتنقيط فى الأراضى الرملية بفلوريدا، كما يلى:

مرحلة النمو	الفترة بالأسبوع	معدل التسميد بالعنصر (كجم /فدان/يوم)	
		N	K_2O
١	٢	٠,٤٦	٠,٤٦
٢	٢	٠,٧١	٠,٧١
٣	٦	٠,٩٢	٠,٩١
٤	٣	٠,٧١	٠,٧١

هذا مع العلم أن الزراعة كانت بالشتل، والمسافة بين الخطوط ١,٨م. وقد بلغ إجمالى احتياجات النباتات من العنصرين فى ظل هذه الظروف حوالى ٧٥ كجم من كل من النيتروجين والبوتاسيوم للفدان، متضمنة الكميات التى أضيفت مع الأسمدة السابقة للزراعة.