المنخفض فى مراحل النمو الأولى، مع زيادة كمية السماد المستعملة مع تقدم نمو النباتات.

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

الزراعات اللاأرضية

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

زراعات الصوف الصخرى

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

فى هذه الحالة عما كان فى حالة استعمال بلوكات الصوف الصخرى الكبيرة (Logendra وآخرون ٢٠٠١)

مواصفات المحاليل المغذية للزراعات اللاأرضية

العناصر الكبرى

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

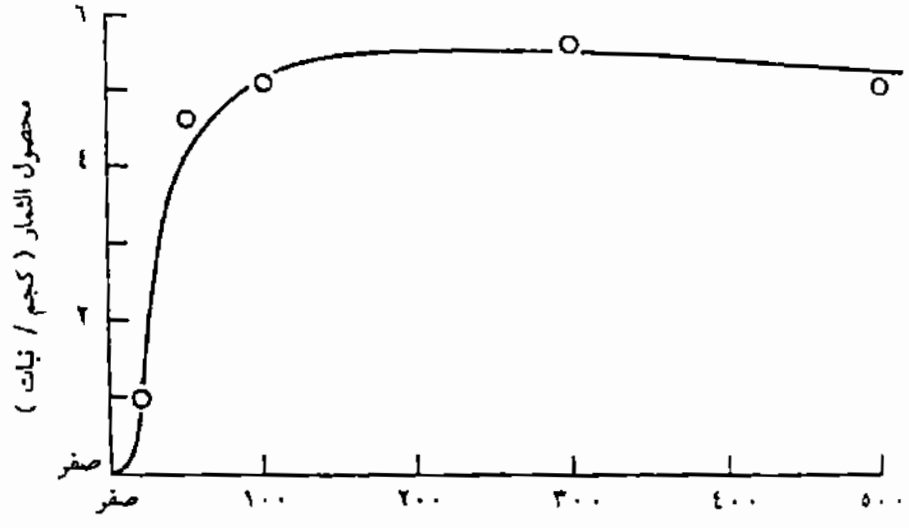
ويذكر Chi & Han (١٩٩٤) أنه بجعل تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى ٤ ملى مكافئ/لتر (مقارنة بتركيزات ١ و ٢ و ٨ و ١٦ ملى مكافئ/لتر) أمكن تجنب النمو الخضرى الغزير دون التأثير على محصول الثمار

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

ويتأثر نمو الطماطم — بشدة — بنقص الكالسيوم فى مراحل النمو الأولى، حيث تظهر الأعراض على الأوراق القمية وعلى الثمار الصغيرة فى خلال أسبوعين من التعرض لنقص العنصر وأكثر الثمار حساسية لنقص الكالسيوم هى التى يتراوح عمرها بين ٧ أيام و ١٠ أيام من العقد، حيث تكون أكثر تعرضًا للإصابة بتعفن الطرف الزهرى. ويزداد تأثر النباتات بنقص الكالسيوم فى ظروف الإضاءة القوية عنه فى ظروف الإضاءة الضعيفة

ويؤدى نقص الكالسيوم فى مراحل النمو المبكرة إلى تأخير ظهور أعراض نقص المغنيسيوم، بينما يؤدى نقصه فى مراحل النمو التالية إلى منع ظهور أعراض نقص المغنيسيوم، أو خفض حدة أعراض نقصه التى قد تكون متواجدة بالفعل (Sonneveld & Voogt ١٩٩١)،

ويوضح شكل (٩-٣) تأثير تركيز الكالسيوم فى المحلول المغذى على محصول الطماطم، ويتبين منه زيادة المحصول بزيادة تركيز العنصر حتى ١٠٠ جزء فى المليون (١٠٠ مجم/لتر).



شكل (٩-٣): تأثير تركيز الكالسيوم فى المحلول المغذى على محصول الطماطم (عن Adams ١٩٨٦).

العناصر الدقيقة

تؤثر العناصر الدقيقة تأثيرًا مباشرًا على محصول الطماطم. وتبدو هذه العلاقة واضحة بالنسبة لعنصر البورون فى جدول (٩-٥) الذى يبين تأثير تركيز البورون فى المحلول المغذى على عدد الثمار التى ينتجها النبات، والمحصول فى مزرعة رملية، كما يبين جدول (٩-٦) تأثير نقص عناصر النحاس، والحديد، والمنجنيز، والزنك — كل على

انفراد — على النمو النباتى والمحصول. ويتضح من الجدول أن نقص أى من هذه العناصر يؤثر بشدة على نبات الطماطم وقد تراوح النقص فى المحصول بين ٥٦٪ فى حالة نقص الزنك، و ٩٥٩٪ فى حالة نقص النحاس (عن Adams ١٩٨٦)

جدول (٩-٥) تأثير تركيز البورون فى المحلول الكلى، وعدد الثمار التى ينتجها النبات فى مزرعة رملية

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

جدول (٩-٦) تأثير نقص عناصر النحاس، والحديد، والمنجنيز، والزنك — كل على انفراد — من المحلول المغذى على النمو الخضرى، والمحصول فى الطماطم

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

تركيز أملاح العناصر المغذية وعلاقته بالنمو والمحصول والجودة

التركيز الكلى

نجد فى المزارع المائية المغلقة أن استمرار إعادة استعمال المحاليل المغذية يؤدى إلى

تراكم أيون الكبريتات؛ الأمر الذى قد يتسبب فى حالة من عدم التوازن الأيونى؛ مما قد يؤثر فى المحصول. ولدراسة تأثير تركيز أيون الكبريتات على الطماطم عُومل بأربعة تركيزات، هى: صفر، و ٥,٢ (الكنترول) و ١٠,٤، و ٢٠,٨ ملل مول/ لتر فى المحلول المغذى وقد وجد أن غياب أيون الكبريتات أدى إلى نقص الوزن الجاف للنباتات، ومعدل البناء الضوئى، والمحتوى الكلوروفيلى، والعدد الكلى للثمار، مقارنة بالكنترول، وذلك مع زيادة فى محتوى الأوراق من كل من الفوسفور والكالسيوم والمغنيسيوم، ولكن مع انخفاض فى محتواها من الكبريت. وبالمقارنة .. فإن أعلى تركيز من الكبريتات فى المحلول المغذى لم يؤثر فى الوزن الجاف للنباتات، أو فى معدل البناء الضوئى، أو كمية المحصول، أو جودة الثمار، ولكنه أدى إلى انخفاض محتوى الأوراق من كل من المغنيسيوم والكالسيوم والفوسفور. ويعنى ذلك أن نباتات الطماطم تأثرت سلبيًا بنقص الكبريتات، ولكنها تحملت زيادة تركيزه حتى ٢٠,٨ ملل مول/لتر فى المحلول المغذى دون أن تظهر عليها أى تأثيرات ضارة (Lopez وآخرون ١٩٩٦).

وارتبطت زيادة تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى لمزارع تقنية الغشاء المغذى فى الطماطم سلبيًا بتركيز الفوسفور وإيجابيًا بتركيز كل من الكالسيوم والحديد والزنك فى النباتات وازداد محتوى النباتات من الحديد والمنجنيز وانخفض محتواها من النيتروجين والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم بزيادة تركيز الفوسفور فى المحلول المغذى أما زيادة تركيز البوتاسيوم فى المحلول المغذى فقد صاحبتها زيادة فى تركيز كل من البوتاسيوم والنيتروجين والفوسفور والزنك، وانخفاض فى تركيز كل من الكالسيوم والحديد بالنباتات وأدت المعاملة بالكالسيوم إلى زيادة محتوى النباتات من كل من الكالسيوم والنيتروجين، وانخفاض محتواها من كل من الفوسفور والمغنيسيوم والحديد والزنك والمنجنيز. ومع زيادة تركيز المغنيسيوم بالمحلول المغذى انخفض محتوى النباتات من كل من البوتاسيوم والكالسيوم والحديد والزنك، بينما لم يتأثر محتواها من كل من النيتروجين والفوسفور والمنجنيز وأما زيادة الحديد فقد تسببت فى خفض محتوى النباتات من كل من المغنيسيوم والزنك والمنجنيز. وبينما حدث تفاعل تداؤبى

synergism بين نترات والحديد، فإن محتوى النباتات من الفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والمنجنيز لم يتأثر بمستوى الزنك فى المحلول المغذى كذلك لم يستجب محتوى النباتات من كل من البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والحديد لزيادة تركيز المنجنيز بالمحلول المغذى، إلاّ أن محتوى النباتات من كل من النيتروجين والفوسفور انخفض فى المستويات العليا من المنجنيز فى المحلول المغذى (Gunes وآخرون ١٩٩٨)

وقد دُرس تأثير مستويات مختلفة من درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى (EC) تراوحت بين ٣، و ٩ ملى سمينز mS لكل سم على جودة ثمار الطماطم فى مزارع الصوف الصخرى، مع استعمال كلوريد الصوديوم أو توافيق مختلفة من عناصر الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والكلوريد والنيتروجين النتراتى والفوسفور والكبريتات كمصادر للملوحة أدت زيادة الملوحة فى منطقة نمو الجذور إلى زيادة تركيز المادة الجافة، والسكريات، والحموضة المعايرة، وحامض الأسكوربيك، والكاروتين الكلى فى ثمار الطماطم، وكان ذلك مستقلاً عن مصدر الملوحة، إلا إنه وجد باختبار للتذوق أن كلوريد الصوديوم حسن "حلاوة" ثمار الطماطم أكثر مما أثرت المصادر الأخرى للملوحة. وقد ازدادت صلابة الثمار بزيادة الملوحة (Peterson وآخرون ١٩٩٨).

كما وجد أن زيادة درجة التوصيل الكهربائى EC للمحلول المغذى فى تقنية الغشاء المغذى لمزارع الطماطم من ١٥٠٠ ميكروسمينز/سم إلى درجة مناسبة للنمو المحصولى بإضافة كبريتات البوتاسيوم أو كلوريد الصوديوم لم تؤثر على محصول الثمار، ولكن المعاملة بكلوريد الصوديوم حسنت من pH الثمار؛ وبذا .. قد يُستفاد من تلك المعاملة فى تقليل كلفة المحاليل المغذية (التى تكون تركيزات العناصر فيها أقل مما فى المحاليل المغذية القياسية)، وفى تقليل التلوث البيئى بكل من النترات والفوسفات (Papadopoulos وآخرون ١٩٩٩)

وأدت زيادة معدل إضافة كبريتات البوتاسيوم لطماطم البيوت المحمية النامية فى

التربة إلى تقليل الإصابة بعيوب النضج الفسيولوجية وإلى خفض نسبة الثمار المجوفة، وزيادة حموضة عصير الثمار وصلابتها. وفى الطماطم النامية بتقنية الغشاء المغذى لم تؤثر مستويات كبريتات البوتاسيوم على محصول الثمار، إلا أن عدد الثمار ازداد بزيادة تركيز أيون البوتاسيوم. كذلك ازدادت الكتلة البيولوجية للثمار وحموضة عصيرها بزيادة تركيز أيون البوتاسيوم (Papadopoulos وآخرون ١٩٩٩).

وقد دُرس تأثير زيادة الأشعة النشطة فى البناء الضوئى photosynthetic photon flux density (اختصارًا: PPF) من ٤٠٠ إلى ٦٢٥ ميكرمول µM/م^{2} فى الثانية، وكذلك استجابة نباتات الطماطم فى الزراعات المائية بزيادة درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى (الـ EC) – بزيادة تركيز العناصر به، وليس بإضافة كلوريد الصوديوم إليه – من ١٢٥ إلى ٨٧٥ ديسى سمينز/م وقد وجد أن زيادة الـ PPF حفزت من كل من نمو الطماطم ومعدل البناء الضوئى، إلا أن زيادة الـ EC قللت منهما. وتراوح النقص فى الوزن الجاف للنباتات بين ١,٩٪، و ٧,٣٪، وفى معدل البناء الضوئى لكامل النبات بين ١,٧٪، و ٤,٥٪ لكل زيادة فى الـ EC بمقدار وحدة واحدة، ولكن هذا النقص كان مرده إلى النقص فى المساحة الورقية، وليس لنقص فى نسبة المادة الجافة، أو لانخفاض فى معدل البناء الضوئى بوحدة المساحة من الأوراق (Schwarz وآخرون ٢٠٠٢).

كما دُرس تأثير المعاملة بتركيزات صفر (الكنترول)، و ٠,٥، و ١,٠، و ٢,٠ جزءًا فى المليون من السيلنيم selenium فى مزرعة مائية للطماطم ابتداء من مرحلة ازدياد حجم الثمار فى العنقود الأول، ووجد أن المعاملة بتركيز ٠,٥ أعطت أكبر وزن وعدد للثمار، بينما كانت أعلى نسبة للمادة الجافة وأعلى حموضة معايرة بثمار معاملة الكنترول. كما وجد اتجاه نحو زيادة صلابة الثمار بزيادة تركيز السيلنيم، بينما لم يتأثر محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية بتركيز العنصر فى المحلول المغذى. وبالمقارنة انخفض محتوى السكريات الحرة بزيادة تركيز السيلنيم وقد ازداد محتوى الثمار من كل من السيلنيم والليكوبين بزيادة تركيز العنصر بالمحلول المغذى (Lee وآخرون ٢٠٠٧).

ووجد أنه فى حالة الرى تحت السطحى لنباتات الطماطم فى نظام مغلق للرى (مزارع أغوار) أن استعمال محلول مغذٍ ملحى (ماء مطر ذات درجة توصيل كهربائى مقدارها ٠٫٥ ديسى سيمنز/م مضافا إليه جرام واحد من كلوريد الصوديوم لكل لتر) يحتوى على ٧٠٪ فقط من العناصر المغذية الضرورية أن المحصول كان مساويًا لذلك الذى حُصل عليه فى نظام مفتوح للرى تحت السطحى مع استعمال محلول مغذٍ كامل، إلا أن استعمال محلول مغذٍ كامل (١٠٠٪) مع وجود الأملاح (١ جم كلوريد صوديوم/لتر) أدى إلى نقص المحصول (Montesano وآخرون ٢٠١٠).

النيتروجين ومصاوره

فى محاولة لمقارنة دور التسميد باليوريا كمصدر عضوى للنيتروجين — بدور كل من النترات والأمونيوم كمصادر غير عضوية فى مزرعة مائية للطماطم، مع تثبيت تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى عند ١٦٨ مجمN/لتر، وجد أن الوزن الجاف الكلى للنباتات التى أعطيت يوريا + نترات كان أعلى جوهريًّا عما فى النباتات التى تلقت يوريا فقط. وكان مساويًا — تقريبًا — للوزن الجاف للنباتات التى أعطيت نترات فقط أو نترات + أمونيوم. وقد انخفض امتصاص النيتروجين واستخدامه بالنبات عندما كان النيتروجين فى صورة يوريا، مقارنة بما كان عليه الحال فى النباتات التى تلقت النيتروجين فى صورة نترات أو أمونيوم ولقد قُدِّر أن عدم الامتصاص والاستخدام الكافيين للنيتروجين كانا السببين الرئيسين المسئولين عن نقص نمو نباتات الطماطم التى أعطيت يوريا فقط. هذا إلا أن الجمع بين اليوريا والنترات يُعد مفيدًا للنمو النباتى الجيد دون إحداث خفض لامتصاص الكاتيونات، فى الوقت الذى يُحافظ فيه على ثبات pH المحول المغذى (Ikeda & Tan ١٩٩٨).

ودُرس تأثير نسبة النيتروجين الأمونيومى إلى النيتروجين النتراتى فى المحلول المغذى على قراءة جهاز قياس الكلوروفيل (SPAD)، وعلاقة القراءة بكل من حالة النيتروجين فى النبات والتنبؤ بالمحصول فى الزراعة المحمية. وقد وجدت زيادة فى كل من المحصول

وقراءة الـ SPAD مع زيادة نسبة النيتروجين الأمونيومى حتى ٢٥٪، ثم حدث نقص فى كلتا الصفتين المقيستين مع زيادة نسبة النيتروجين الأمونيومى عن تلك الحدود. وقد ازداد تركيز النيتروجين فى أوراق الطماطم بزيادة نسبة النيتروجين الأمونيومى فى المحلول المغذى، وازداد محصول الثمار بزيادة قراءة الـ SPAD. وأظهرت قياسات قراءة الـ SPAD. والنيتروجين الكلى بالأوراق. والوزن الطازج للنمو الخضرى، ومحصول الثمار استجابات تربيعية quadratic لزيادة النيتروجين الأمونيومى فى المحلول المغذى حتى بلغت نسبته ٢٥٪ أو ٥٠٪ (Sandoval-Villa وآخرون ١٩٩٩).

وكان محصول ثمار الطماطم النامية فى مزرعة لاأرضية وسمدت بالأمونيوم كمصدر للنيتروجين أقل بمقدار ٢٥٪ عن محصول تلك التى سمدت بالنترات فقط، بينما كان محصول النباتات التى حصلت على نترات وأمونيوم بنسبة ١:٤ أعلى بمقدار ٢٠٪ عن محصول النباتات التى سُمدت بالنترات فقط كمصدر للنيتروجين. وأدت إضافة البيكربونات HCO_3^- لبيئة الزراعة إلى تحفيز حمل الثمار، إلاّ أن النتيجة توقفت على نسبة النترات الأمونيوم؛ فقد أدت إضافة البيكربونات مع التسميد بالنترات فقط أو بالأمونيوم فقط إلى زيادة المحصول بنسبة ٢٨٪، و ١١٪ – على التوالى – مقارنة بالمحصول فى حالة إضافة البيكربونات. كذلك أدى التسميد بالنترات والأمونيوم بنسب ٤ : ١، و ١ : ١ مع البيكربونات إلى زيادة المحصول بنسبة ١٦٪، و ١٠٪ – على التوالى – مقارنة بالمحصول فى حالة عدم إضافة البيكربونات وقد وجد أن التسميد بالأمونيوم كمصدر للنيتروجين خفض تراكم السكريات المختزلة فى الثمار بنسبة ٢٠٪ مقارنة بتراكمها فى الثمار التى سمدت بالنترات كمصدر للنيتروجين. وأدت إضافة البيكربونات إلى بيئة الزراعة إلى زيادة تركيز السكريات فى الثمار بنسبة ٢٨٪ فى تلك التى سمدت بالنترات فقط، وبنسبة ١٠٪ فى تلك التى سمدت بالأمونيا فقط. وعلى الرغم من أن صورة النيتروجين المسمد بها لم تؤثر على محتوى الثمار من الحامضين الكربكسوليين الرئيسيين. حامض الماليك وحامض الستريك، فإن إضافة البيكربونات إلى بيئة الزراعة أدت إلى زيادة تراكم الأحماض الكربوكسيلية بنسب تراوحت بين ٢٢٪، و ٣٠٪،

حسب صورد لنيترجين لى سعملت فى التسميد أما لأحماض الأمينية . فقد ازداد تركيزها فى ثمار النباتات التى سُمدت بالأمونيوم، مقارنة بتركيزها فى حالة التسميد بالنترات. وكان هذك ارتباط بين تركيزها فى الثمر ومستوى الأمونيوم فى بيئة الزراعة وأحدثت إضافة البيكربونات إلى بيئة الزراعة زيادة فى تركيز الأحماض الأمينية فى الثمار بمقدار ٩٪ عندما كان التسميد بالنترات، و ٢١٪ عندما كان التسميد بالأمونيوم (Bıalczyk وآخرون ٢٠٠٧).

وتتأثر شدة إصابة الطماطم بالذبابة البيضاء. وشدة تكاثرها عليها بكل من تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى. ونسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى فيه. ففى دراسة أجريت حول هذا الموضوع كانت الإصابة بالذبابة أشد عندما كان تركيز النيتروجين ٢٠٥، أو ٣٣٥ جزءًا فى المليون، مقارنة بالإصابة عند تركيز ٧٥ جزءًا فى المليون. بينما انخفضت شدة الإصابة بزيادة نسبة النيتروجين النشادرى من ٢٥٪ إلى ٤٥٪ من النيتروجين الكلى (Zanic وآخرون ٢٠١١).

البوتاسيوم

أدت زيادة مستوى البوتاسيوم فى المحلول المغذى للطماطم إلى زيادة محتوى الثمار من مضادات الأكسدة (البيتا كاروتين والليكوبين) فى مرحلة النضج الأحمر التام، كما حدثت زيادة أقل عند زيادة المغنيسيوم، وكانت أقل القيم لمضادات الأكسدة عند زيادة الكالسيوم وقد وجد ارتباط موجب بين محتوى الثمار من البوتاسيوم والليكوبين، وآخر سالب بين محتوى الثمار من الكالسيوم ومحتواها من الليكوبين (Fanasca وآخرون ٢٠٠٦)

الكالسيوم

أدى تباين مستوى الكالسيوم فى المحاليل المغذية بين ٠,٢، و ٢٠ ملى مول إلى ما يلى:

١- ماتت النباتات مبكرًا ولم تُثمر عند تركيز كالسيوم قدره ٠,٢ ملى مول.

٢- ظهرت إصابة بتعفن الطرف الزهرى وكانت البذور المتكونة فى الثمار العاقدة صغيرة ومشوهة وسوداء اللون عند مستوى كالسيوم قدره ٢,٥ ملى مول.

٣- ازداد تركيز الكالسيوم فى الثمار بزيادة تركيز الكالسيوم فى المحلول المغذى، وبلغ أقصاه (١٧ ديكاجرام dag كالسيوم/كيلوجرام من الثمار) عند تركيز كالسيوم قدره ١٩,٧٩ ملى مول.

٤- انخفض محتوى الثمار الكلى من الليكوبين والكاروتين بزيادة تركيز الكالسيوم فى المحلول المغذى، الأمر الذى ربما حدث بسبب نقص امتصاص البوتاسيوم فى المستويات العالية من الكالسيوم (Paiva وآخرون ١٩٩٨).

التركيز الكلى للأملاح وعلاقته بالنمو والمحصول والجودة

الاستجابة العامة لزيادة تركيز الأملاح

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

ويحدث هذا التأثير سواء أكانت الزيادة فى تركيز الأملاح فى المحلول المغذى مردها إلى محتوى الماء المرتفع من كلوريد الصوديوم، أم إلى زيادة تركيز الأملاح السمادية فى المحلول المستخدم فمثلاً . وجد Cerda & Martinez (١٩٨٨) نقصًا جوهريًا فى محصول الطماطم ونموها الخضرى والثمرى بزيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى المحلول المغذى، وكان التأثير أكبر مع زيادة تركيز الملح، علمًا بأن التركيزات المستخدمة كانت: ٤ و ٢٥ و ٥٠ و ١٠٠ ملليمول كلوريد صوديوم/لتر.

ويبدو أن زيادة تركيز الأملاح فى المحاليل المغذية — بإضافة كلوريد الصوديوم إليها

حتى تصل درجة توصيل الكهربائى إلى ٥,٥ ملليموز/سم – ليست لها تأثيرات سلبيه على محصول الطماطم فى الوقت الذى تؤدى فيه إلى زيادة محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية. لكن مع التأثير سلبيًا على محتواه من الكالسيوم وقد انخفض تركيز الكالسيوم فى الثمار عندما زيد تركيز الأملاح ليلاً. بينما لم تكن لزيادة تركيز الأملاح نهارًا تأثير مماثل. ومرد ذلك إلى أن نسبة الكالسيوم الممتص – التى تنتقل إلى الثمار – تكون أعلى ليلاً منها نهارًا.

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

وقد وجد Adams & Ho (١٩٨٩) أن زيادة تركيز الأملاح بزيادة أى من العناصر المغذية (البوتاسيوم، أو المغنيسيوم، أو النيتروجين النتراتى)، أو كلوريد الصوديوم أحدثت تأثيرات متشابهة، فكان المحصول دائمًا منخفضًا عندما كانت درجة التوصيل الكهربائى تابتة عند ٨ ملليمور/سم وكان مرد ذلك إلى نقص وزن الثمرة خلال الأربعة أسابيع الأولى من الحصاد. وإلى نقص عدد الثمار – أيضًا – بعد ذلك. وكان لتبادل استعمال محاليل ملحية بتركيزات مرتفعة (٨ ملليموز/سم) نهارًا، ومنخفضة (٣ ملليموز/سم) ليلاً تأثيرات سلبية على النباتات أكثر وضوحًا من تأثير استعمال محلول ملحى واحد بتركيز متوسط (٥,٥ ملليموز/سم).

كما قارن Adams (١٩٩١) تأثيرات مستويات ملوحة ٣، و ٨، و ١٢ ملليموز/سم فى المحاليل المغذية فى مزارع الصوف الصخرى (حيث زيدت الملوحة فى التركيزات العالية، إما بزيادة تركيز العناصر المغذية. وإما بإضافة كلوريد الصوديوم)، ووجد أن زيادة الملوحة قد صاحبها نقص متزايد فى المحصول، ولكن مع زيادة مقابلة فى نسبة الثمار العالية الجودة. وكانت استجابة الطماطم متماثلة لمصدرى الأملاح عند مستوى ملوحة ٨ ملليموز/سم ولكن عند مستوى ملوحة ١٢ ملليموز/سم كان استعمال العناصر

المغذية فى الوصول إلى هذا المستوى من الملوحة أشد تأثيرًا على إنقاص وزن الثمرة وخفض وزنها الجاف ومحتواها من السكر عما كان لاستعمال كلوريد الصوديوم. كذلك ازدادت حموضة عصير الثمار ومحتوى الثمار الكلى من الأحماض عند مستوى الملوحة ٨. و ١٢ ملليموز/سم، ولكن التأثير كان أوضح عند استعمال العناصر المغذية لأجل الوصول إلى هذه المستويات العالية من الملوحة فى المحاليل المغذية مقارنة باستعمال كلوريد الصوديوم

كما وجد أن زيادة تركيز المحلول المغذى من نصف التركيز القياسى إلى التركيز القياسى، وإلى ضعف التركيز القياسى (كان التوصيل الكهربائى للمحاليل المستعملة ١٢. و ٢٤. و ٤٠ ملليموز/سم على التوالى، علمًا بأن تركيز الأيونات فى المحلول القياسى بالملى مكافئ/لتر كانت كما يلى: NO_3 ١٦، و NH_4 ١,٣، و P ٤، و K ٨، و Ca ٨. و Mg ٤) أدت إلى زيادة معدل تشقق ثمار الطماطم الكريزية، مع نقص وزن الثمرة ونقص الجهد المائى للأوراق والثمار، وزيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى الثمار (Ohta وآخرون ١٩٩٣ و ١٩٩٤).

وتؤدى زيادة ملوحة المحلول المغذى إلى نقص محتوى الأوراق والثمار من البوتاسيوم وإلى نقص محتوى الثمارمن كل من الكالسيوم والمغنيسيوم (Adams ١٩٨٦).

ويمكن — بزيادة تركيز البوتاسيوم فى المحلول المغذى — تقليل الآثار الضارة التى تحدثها زيادة تركيز كلوريد الصوديوم فيها. فمثلاً .. أحدث وجود ملح كلوريد الصوديوم فى المحلول المغذى بتركيز ٥٠ ملى مول نقصًا جوهريًا فى كل من ذبول النبات، ووزن الثمرة، والوزن الجاف الكلى للنبات، ولكنه أحدث — كذلك — زيادة فى عدد الثمار/نبات، ومحتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية. وأدت إضافة نترات البوتاسيوم — إلى هذا المحلول المغذى الملحى — بتركيز ٤ أو ٨ ملى مول إلى إحداث تحسن جوهرى فى طول الساق،ونسبة عقد الثمار، وعدد الثمار/نبات، ووزن الثمرة، والوزن الجاف الكلى للنبات. دون التأثير على نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية المرتفعة

التى أحدثتها زيادة تركيز كلوريد الصوديوم (Satti & Lopez ١٩٩٤). كما أدت إضافة البوتاسيوم أو الكالسيوم إلى المحلول المغذى الملحى إلى زيادة تراكم البوتاسيوم فى النباتات بنسبة ٣٠٠٪ إلى ٧٠٠٪ فى مختلف أصناف الطماطم. وأحدثت إضافة البوتاسيوم تحسنا واضحًا فى نمو وتطور النباتات. كذلك أحدثت إضافة الكالسيوم تحسنًا مماثلاً، ولكن بدرجة أقل مما فى حالة البوتاسيوم (عن Satti وآخرين ١٩٩٤).

ونجد فى نظم الزراعات المائية المغلقة — مثل تقنية الغشاء المغذى — أن النباتات تستبعد — بكفاءة — امتصاص أيون الصوديوم؛ مما قد يسبب تراكمًا فى بيئة الجذور. وهذه الملوحة الزائدة يمكن أن تثبط النمو النباتى بزيادتها للضغط الأسموزى الخارجى حول الجذور، مما يعرضها لشدٍّ مائى، وكذلك فإن الملوحة الزائدة قد تحدث تسممًا أيونيًا، أو عدم توازن أيونى ولقد أدت زيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى المحلول المغذى بمزارع تقنية الغشاء المغذى من صفر إلى ٢٠٠ جزء فى المليون إلى إنتاج ثمار صغيرة، مع ازدياد هذا التأثير بزيادة تركيز الملح. ومن ناحية أخرى .. أدت زيادة درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى من ٢٥٠٠ إلى ٥٢٠٠ ميكروسيمنز/سم — بإضافة ١,٢١ جم كلوريد صوديم إلى كل لتر من المحلول المغذى — أدت إلى تحسين نوعية ثمار الطماطم والخيار والفلفل الحلو، مع زيادة القدرة التخزينية لتلك الثمار وحموضتها، ولكن مع زيادة فى نسبة ثمار الطماطم والفلفل التى أصيبت بتعفن الطرف الزهرى (عن Papadopoulos وآخرين ١٩٩٩).

ووجد أن زيادة الملوحة تؤدى إلى نقص فى نمو النباتات ومحصول ثمار الطماطم، وانخفاض فى كمية المادة الجافة التى تصل إلى الثمار، وفى حجم الثمار، ولكنها تزيد من تركيز المادة الجافة بالثمار، وهى تزيد — كذلك — من حالات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، وتؤدى إلى نقص امتصاص الكالسيوم وضعف انتقاله للثمار من خلال نسيج الخشب (Van Ieperem وآخرون ١٩٩٦).

وأدت زيادة درجة التوصيل الكهربائى EC فى مزرعة مائية مغلقة بين ١,٠، و ٩,٠

ديسى سيمنز dS/م إلى ضعف نمو نباتات الطماطم وانخفاض محصولها وعند EC مقدارها ٦,٠ dS/م انخفض المحصول بمقدار ٥٠٪ مقارنة بالمحصول الذى حُصل عليه عند EC ١,٠ dS/م. هذا إلا أن محتوى الثمار من المادة الجافة ازداد بزيادة الـ EC. كذلك انخفض امتصاص النباتات للماء بزيادة الـ EC. وعند EC ٩,٠ dS/م انخفض امتصاص الماء إلى ٦٠٪ من الامتصاص عند EC ١,٠ dS/م، وكان مرد هذا النقص الأخير – أساسًا – إلى حدوث نقص فى المساحة الورقية، وهى التى كانت عند EC ٩,٠ dS/م أقل بمقدار ٢٠٪ عما فى النباتات التى تعرضت لـ EC ١,٠ dS/م (Schwarz & Kuchenbuch ١٩٩٨).

وأدت زيادة درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى فى تقنية الغشاء المغذى بمقدار ٤٠٪ أكثر من EC المحلول القياسى، أى حتى ٤,٦ ملليسيمنز mS/سم إلى تحسين جودة ثمار الطماطم دون حدوث فقد فى المحصول. ولم يختلف الأمر عند زيادة الـ EC بزيادة تركيز العناصر الكبرى، أم باستعمال كلوريد الصوديوم، أم باستعمال مخلوط من كلوريد الصوديوم مع كلوريد البوتاسيوم. لذا .. فإن زيادة EC المحلول المغذى بنسبة ٤٠٪ باستعمال كلوريد الصوديوم قد تعد طريقة عملية لتحسين جودة الثمار (Hao وآخرون ٢٠٠٠).

كما وجد أن محصول الطماطم الصالح للتسويق انخفض بمقدار ٥,١٪ مقابل كل زيادة فى درجة التوصيل الكهربائى بمقدار وحدة واحدة تزيد عن ٢,٠ ديسى سمينز dS/م حتى ٩,٠ dS/م. وفى الوقت الذى لم يتأثر فيه عدد الثمار بدرجة التوصيل الكهربائى، فإن الانخفاض فى المحصول كان مرده إلى النقص فى وزن الثمرة والذى بلغ ٣,٨٪ مع كل زيادة بمقدار وحدة EC. وقد أمكن الحد من تلك الانخفاضات فى المحصول بتغيير بيئة النمو كى تصبح أقل دفعًا للنبات على النتح (Li وآخرون ٢٠٠١).

وعندما زرعت نباتات الطماطم فى مزرعة مائية بطريقة قسمت فيها جذور كل نبات لتنمو فى محلولين مغذيين مختلفين أو متشابهين فى درجة توصيلهما الكهربائى حتى ٦

ديسى سيمنز/م وجد أن تقسيم المجموع الجذرى بين محلولين أحدهما ذات درجة EC قدرها ٦ والآخر ذات درجة EC شديدة الانخفاض أعطى محصولاً من الثمار أعلى مما فى حالة استعمال محلول ذات EC قدره ٣ مع كلا المجموعين الجذريين، وهى المعاملة التى أعطت — بدورها — محصولاً من الثمار أعلى مما فى حالة نمو كلا المجموعين الجذريين فى محلول ذات EC قدره ٦ ديسى سيمنز/م، وقد كان ذلك مصاحبًا بزيادة فى نسبة إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى من ١٢٪ فى المعاملة الأولى إلى ٨٨٪ فى المعاملة الأخيرة (Tabatabaei وآخرون ٢٠٠٤).

وأدت زيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى مزرعة مائية للطماطم إلى ٦٠ مللى مول إلى خفض المحصول الكلى والمحصول الصالح للتسويق، الأمر الذى كان مرده — أساسًا إلى نقص حجم الثمار كما أدت المعاملة بالأمونيوم إلى إعطاء أقل محصول، الأمر الذى كان مرده إلى كل من نقص حجم الثمار، وزيادة تلك التى أصيبت بتعفن الطرف الزهرى (Navvarro وآخرون ٢٠٠٥)

كذلك أدت زيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى المحاليل المغذية لمزرعة طماطم مائية إلى ٥ ديسى سمينز/م، مقارنة بـ ١٤ ديسى سمينز/م فى الكنترول إلى زيادة حلاوة الثمار، وحموضتها، وجودة طعمها، وقبولها العام، وذلك فى اختبارات التذوق. وازداد فى ثمار النباتات التى تعرضت للملوحة العالية تركيز الهكسوز جوهريًا، وكذلك تركيز الأحماض العضوية والأمينية، مقارنة بالوضع فى ثمار الكنترول. وقد تأثر قبول المستهلك للطماطم ليس فقط بتركيز السكر، ولكن كذلك بتركيز الأحماض العضوية والأمينية (Sato وآخرون ٢٠٠٦).

الاستفادة من تأثير الملوحة العالية بالتحكم فى الرطوبة النسبية

دُرس تأثير رى الطماطم بصفر أو ٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم مضاف إلى المحلول المغذى، مع نمو النباتات إما تحت ظروف الصوبة الطبيعية (فى مالاجا Málaga فى إسبانيا). وإما مع المعاملة برذاذ دقيق كل ٨ دقائق أثناء النهار وقد وجد أن التضبيب

بالرذاذ فى منتصف النهار أحدث خفضًا فى الفرق فى ضغط بخار الماء مقداره ١–١,٥ كيلو باسكال، وخفضًا فى حرارة هواء الصوبة قدره ٥–٧ درجات. وقلل الرذاذ امتصاص الجذور للماء من بيئة الزراعة بنحو ٤٠٪ فى النباتات غير المعاملة باللوحة، وبنحو ١٥٪ فى ظروف الملوحة العالية. وكان محتوى الأوراق من الصوديوم أقل فى النباتات المعاملة بالتضبيب واللوحة عما فى تلك التى لم تعامل بالتضبيب فى ظروف الملوحة. كذلك قل الشدّ المائى للأوراق وازداد امتلاءها مع التضبيب فى منتصف النهار فى كل من النباتات المعاملة وغير المعاملة باللوحة. وكانت درجة توصيل الثغور وصافى معدل تمثيل ثانى أكسيد الكربون فى النباتات المعاملة بالتضبيب واللوحة أعلى بمقدار ثلاثة وأربعة أضعاف — على التوالى — مقارنة بتلك القيم فى النباتات التى لم تُعامل بالتضبيب فى ظروف الملوحة. وقد ازدادت كفاءة استخدام المياه فى النباتات التى عوملت بالتضبيب بمقدار ٨٤٪–١٠٠٪، وذلك كما قدر من نسبة كفاءة تمثل ثانى أكسيد الكربون إلى النتح. وفى النباتات التى لم تُعامل باللوحة ولكن عوملت بالتضبيب ازدادت فيها المساحة الورقية الكلية ٣٨٪، والمادة الجافة ١٠٪، والمحصول ١٨٪ مقارنة بالوضع فى النباتات التى لم تعامل بالتضبيب أما النباتات التى عوملت باللوحة والتضبيب فقد ازدادت فيها المساحة الورقية الكلية ٥٠٪، والمادة الجافة ٨٠٪، والمحصول ١٠٠٪. وقد أفاد تضبيب الصوبة فى توفير إجمالى الماء المستعمل بمقدار ٣١ لتر/نبات فى الظروف غير الملحية، وفى زيادة المحصول وحجم الثمار أيًا كانت حالة الملوحة (Romero-Aranda وآخرون ٢٠٠٢).

وأمكن الحد من أضرار الملوحة العالية (٨٠ ملللى مول كلوريد صوديوم) على نمو أحد أصناف الطماطم الحساسة (نعومى Naomi) بزيادة الرطوبة النسبية إلى ٧٠٪، وذلك مقارنة بما حدث فى رطوبة ٣٠٪ (An وآخرون ٢٠٠٥).

الاستفادة من تأثير الملوحة العالية بتوقيت زيادتها بين الليل والنهار

دُرس تأثير مستويات مختلفة من ملوحة المحلول المغذى نهارًا وليلاً — فى تقنية الغشاء المغذى — على نمو ومحصول وجودة ثمار الطماطم. وكانت المعاملات هى

مستويات EC للمحلول المغذى (نهارا/ليلا)، كما يلى ٥/٥، و ٩/٩، و ٩/١، و ١/٩ ديسى سيمنز/م. ووجد ما يلى.

١- تأثر محصول الثمار بوضوح بمعاملة الملوحة، فقد ازداد المحصول كثيرًا فى معاملة ملوحة ٩/١، وانخفض فى معاملة ١/٩، وكان الانخفاض فى المحصول أشد فى ٩/٩

٢- كان مرد الانخفاض فى المحصول — أساسًا إلى اختلافات فى متوسط وزن الثمرة، فيما عدا فى معاملة ٩/٩، وهى التى انخفض فيها عدد الثمار — كذلك — بعد ١٢ أسبوعا من المعاملة

٣- باعتبار الثمر غير الناضجة التى يحملها النبات، فإن عدد الثمار انخفض فى معاملة ١/٩. وارداد قليلاً فى معاملة ٩/١، مقارنة بالعدد فى معاملة ٥/٥ كان مرد تلك الاختلافات فى عدد الثمار إلى وجود تباينات بين المعاملات فى تطور النمو النباتى. واختلافات فيما بينها فى عقد الثمار وفى فشل الثمار العاقدة فى إكمال نموها

٤- قبل وصول النباتات إلى بدية مرحلة الحصاد انخفض النمو الخضرى لنباتات الطماطم الصغيرة فى معاملة ٩/٩، وانخفض بدرجة أقل فى ١/٩، مقارنة بالنمو فى معاملة ٥/٥. ولكن النمو لم يتأثر بمعاملة ٩/١.

٥- حُصل على نتائج مماثلة فيما يتعلق بالمساحة الورقية.

٦- لم يتأثر تطور النمو وتوزيع المادة الجافة فى النباتات بمعاملات الملوحة.

٧- بعد ١٢ أسبوعًا من الحصاد كانت الاستجابة للمعاملات كما حدث قبل ذلك، وذلك بالنسبة لمعدل النمو والمساحة الورقية

٨- انخفض عدد العناقيد الثمرية فى معاملة ٩/٩، و ١/٩.

٩- كان توزيع المادة الجافة فى معاملتى ٩/٩، و ١/٩ فى صالح توجهها نحو الجذور على حساب ما وصل منها للأوراق.

١٠- ازداد اتجاه توزيع المادة الجافة نحو الثمار فى معاملة ٩/١، وانخفض فى ٩/٩. وذلك مقارنة بالوضع فى ٥/٥

١١- تأثرت جودة الثمار كثيرًا بمعاملات الملوحة، حيث ازدادت نسبة المادة الجافة

فى الثمار فى معاملة ٩/٩، وانخفضت قليلاً فى معاملة ٩/١، مقارنة بالوضع فى ٥/٥؛ بينما كانت النسبة فى ١/٩ وسطًا بين ٥/٥، و ٩/٩.

١٢- حدثت تغيرات فى الوزن الجاف للثمار كانت مشابهة فى الاتجاه للتغيرات فى الوزن الطازج للنباتات. ولكنها كانت أقل وضوحًا.

١٣- تأثرت الإصابة بتعفن الطرف الزهرى كثيرًا بمعاملات الملوحة، حيث اختفت الإصابة تقريبًا فى معاملة ٩/١، بينما ازدادت فى كل من معاملتى ١/٩، و ٩/٩ مقارنة بالإصابة فى ٥/٥ (Van Ieperen ١٩٩٦).

وتؤدى زيادة ملوحة المحلول المغذى ليلاً، مع بقاءها عادية نهارًا إلى زيادة قوة نمو نباتات الطماطم الصغيرة، ومن المحتمل أن يكون ذلك النظام مفيدًا - كذلك - فى مرحلة الإثمار. فمن المحتمل أن انخفاض الملوحة نهارًا - حينما يكون النتح عاليًا - يُحسِّن من وضع النبات المائى - ومن ثم معدل نموه - بالتأثير فى إنتاج المادة الجافة ومعدل زيادة الخلايا فى الحجم - ولذا .. فمن المحتمل أن هذا النظام يزيد من زيادة الثمار فى الحجم، دون أن يكون له - غالبًا - تأثيرات سلبية بالنسبة للإصابة بتعفن الطرف الزهرى، ذلك لأن انخفاض الملوحة نهارًا يحفز امتصاص الجذور للكالسيوم. فبسبب ضَعْف الجهد المائى السلبى فى نسيج الخشب، ينتقل الكالسيوم عن طريق الخشب إلى الثمار. ومن ناحية أخرى .. فإن التأثير السلبى لهذا النظام (ارتفاع ملوحة المحلول المغذى ليلاً وبقاءه عاديًا نهارًا) على نسبة المادة الجافة بالثمار يكون أمرًا متوقعًا. هذا إلا أن ذلك التأثير السلبى ربما يكون صغيرًا إذ يقابله تحفيز لإنتاج المادة الجافة نهارًا، وانخفاض فى زيادة الخلايا ليلاً (عن Van Ieperen ١٩٩٦).

وبالتحكم فى درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى لنباتات الطماطم (EC) بين ٢. و ٨ ملى سيمنز/سم، مع تباينه بين الليل والنهار، أو تماثله على امتداد اليوم، وجد أن خفض الـ EC إلى مستوى منخفض نهارًا، ورفعه ليلاً أظهر إمكانية لتحسين جودة ثمار الطماطم على صورة زيادة فى وزنها الجاف ومحتواها من السكر وحموضتها

وفي قدرتها على التخزين، وذلك مع أقل نقص في الإنتاج، وهو الذى تمثل — عند زيادة الـ EC نهارًا أو طوال اليوم — في صور انخفاض في متوسط وزن الثمرة، وفي محتواها من الكالسيوم، مع زيادة في معدل إصابتها بتعفن الطرف الزهرى (Nederhoff ١٩٩٩).

وأدى رفع EC المحلول المغذى ليلاً (٦ ديسى سيمنز/م) وجعله عاديًا نهارًا في المزارع المائية للطماطم إلى زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية بالثمار، دون التأثير على محصول الثمار. وذلك مقارنة بالوضع عند استعمال محلول مغذٍ ذات EC عادى ليلا ونهارا (Santamaria وآخرون ٢٠٠٤)

الاستفادة من تأثير الملوحة العالية بتوقيت زيادتها في مراحل النمو النباتي

استخدم في إنتاج الطماطم في مزرعة بتقنية الغشاء المغذى محلولاً مغذيًا بدرجة توصيل كهربائى ١٨ أو ٣,٠ ديسى سيمنز/م، وأضيف كلوريد الصوديوم إلى المحلول المغذى المنخفض التركيز لتصبح درجة توصيله الكهربائى إما متدرجة إلى ٢,٤ ديسى سيمنز/م بعد ٣٠ يومًا، ثم إلى ٣,٠ ديسى سيمنز/م بعد ٦٠ يومًا من الشتل، وإما لتصبح ٣٠ ديسى سيمنز/م من بداية وقت الشتل، أو ترك دون زيادة عند تركيزه الأصلى ١.٨ ديسى سيمنز/م أدت الزيادة التدريجية في كلوريد الصوديوم إلى تحسين النمو الجذرى والخضرى. ولكن مع نقص في المحصول، إلا أن هذا النقص تلاشى عند استعمال كلوريد الصوديوم ليصل EC المحلول المغذى المنخفض التركيز إلى ٣٠ ديسى سيمنز/م منذ بداية الشتل، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة في محتوى الثمار من السكر، مع زيادة في حالات الإصابة بتعفن الطرف الزهرى، ونقص في امتصاص بعض الكاتيونات، ومنها البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم (Hohjo وآخرون ٢٠٠١).

وقد استعادت نباتات الطماطم التي رويت بماء (محلول مغذى) ملحى ذات درجة توصيل كهربائى قدرها ٩ ديسى سيمنز/م ..استعادت نموها الطبيعي الخضرى والثمرى في خلال ثمانية أسابيع من ريها بمحلول مغذى عادى ذات درجة توصيل قدرها ٢

ديسى سيمنز/م. إلا أن الثمار التى كانت فى مرحلة متقدمة من التكوين عند بداية الرى بالمحلول الأخير ظلت على ما هى عليه، كما ازدادت فيها نسبة الإصابة بالتشقق (Li وآخرون ٢٠٠٢).

دُرس تأثير درجة توصيل كهربائى EC للمحلول المغذى – فى مزرعة مائية للطماطم – مقدارها ٤,٥ ديسى سيمنز/م – بدأت المعاملة بها إما بعد تفتح الأزهار مباشرة، وإما بعد أربعة أسابيع من تفتح الأزهار – مع EC للمحلول المغذى مقدارها ٢ ٣ dS/م على مكونات الجودة بثمار الطماطم. ووجد أن كلا من معاملتى الـ EC المرتفعة تسببتا فى زيادة تركيز كلا من الليكوبين والفراكتوز والجلوكوز والمواد الصلبة الذائبة الكلية فى الثمار الحمراء، مقارنة بتركيزات تلك المكونات فى حالة معاملة الـ EC المنخفضة. تراوحت الزيادة فى تركيز الليكوبين بين ٣٠٪، و ٤٠٪ (١,٢٩–١,٣٩ مجم/جم مادة جافة) فى معاملة الـ EC العالى، مقارنة بتركيز ٠,٩٩ مجم/جم فى معاملة الـ EC المنخفضة، هذا إلا إنه لم يظهر فرق جوهرى فى تركيز الليكوبين بين معاملتى الـ EC المرتفعتين. وبالمقارنة .. فإن محتوى المواد الصلبة الذائبة الكلية فى ثمار الطماطم الحمراء الناضجة بلغت فى معاملة الـ EC العالية المبكرة (التى أعطيت بعد تفتح الأزهار مباشرة) ٦,١٪، وكانت أعلى جوهريًا فى الثمار المماثلة لمعاملة الـ EC العالية المتأخرة (التى أعطيت بعد أربعة أسابيع من تفتح الأزهار) والتى كانت ٥,٧٪. وأما تركيز الكلوروفيل بالثمار فإنه لم يتأثر بمعاملات الـ EC وانخفض خطيًا أثناء نمو ونضج الثمار إلى أن وصل إلى مستويات يصعب تقديرها بعد سبعة أسابيع من تفتح الزهرة. ويُستفاد من هذه الدراسة أن الارتفاع فى محتوى الثمار من السكريات والمواد الصلبة الذائبة الكلية كان مرده إلى انخفاض تدفق الماء إلى الثمار، وأن تمثيل الليكوبين ازداد فى ظروف الشدّ الملحى. بينما لم يتأثر تحلل الكلوروفيل بذلك الشدّ (Wu & Kubota ٢٠٠٨).

الاستفادة من تأثير الملوحة العالية بخف الثمار

دُرس تأثير ملوحة بيئة نمو الجذور (EC قدره ٢,٥ أو ٨ ديسى سيمنز/م)، وخف الثمار

(٣ أو ٦ ثمار بالعنقود) على جودة ثمار الطماطم فى الزراعات المحمية، ووجد ما يلى:

١- تحسنت جودة الثمار فى الـ EC العالى، الذى أدى إلى زيادة كل من محتواها من المادة الجافة، والمواد الصلبة الذائبة الكلية، وحموضتها المعايرة، ومحتواها من الجلوكوز والفراكتوز، وحامض الستريك والليكوبين والبيتاكاروتين، إلاّ أن تراكم مختلف المركبات المؤثرة فى جودة الثمار اختلف بين العنقودين الخامس والعاشر. وعلى وجه الخصوص انخفض محتوى الليكوبين، بينما ازداد محتوى البيتا كاروتين فى العنقود العاشر عما فى العنقود الخامس، وربما حدث ذلك بسبب الحرارة العالية التى واكبت نضج ثمار العنقود العاشر

٢- أدى خف ثمار العنقود إلى زيادة وزن الثمرة بنسبة ٤٢٪ والتأثير إيجابيًّا على محتوى المادة الجافة والنشاط الكلى لمضادات الأكسدة، بينما كان له تأثير سلبى على محتوى الثمار من كل من الليكوبين وحامض الستريك.

٣- كان لكل من الـ EC وخف الثمار تأثيرًا قويًا على حجم الثمار

٤- كان للـ EC تأثيرًا أقوى من تأثير الخف على المذاق وصفات الجودة ذات العلاقة بصحة الإنسان.

٥- وجد تفاعل صغير بين الـ EC والخف فى التأثير على كمية المحصول الصالح للتسويق، ومحتوى الثمار من كل من الفراكتوز والجلوكوز، وصلابتها، وتركيز الفوسفور والكالسيوم فيها (Fanasca وآخرون ٢٠٠٧)

الاستفادة من تأثير الملوحة العالية فى إنتاج طماطم العنقود الواحد

يمكن فى حالة إنتاج طماطم العنقود الواحد إخضاع النباتات فى مرحلة نمو هذا العنقود لمعاملة الشدّ الملحى (بهدف زيادة جودة الثمار)، دون أى اهتمام بما قد يكون لهذه المعاملة من تأثيرات ضارة على العناقيد التالية وقد دُرس تأثير تعريض النباتات النامية فى مزارع مائية لمحاليل مغذية بدرجة توصيل كهربائى مقدارها ٥٠ أو ٨٠ ديسى سيمنز/م فى مرحلتين لنضج الثمار، هما الثمار الخضراء غير المكتملة التكوين،

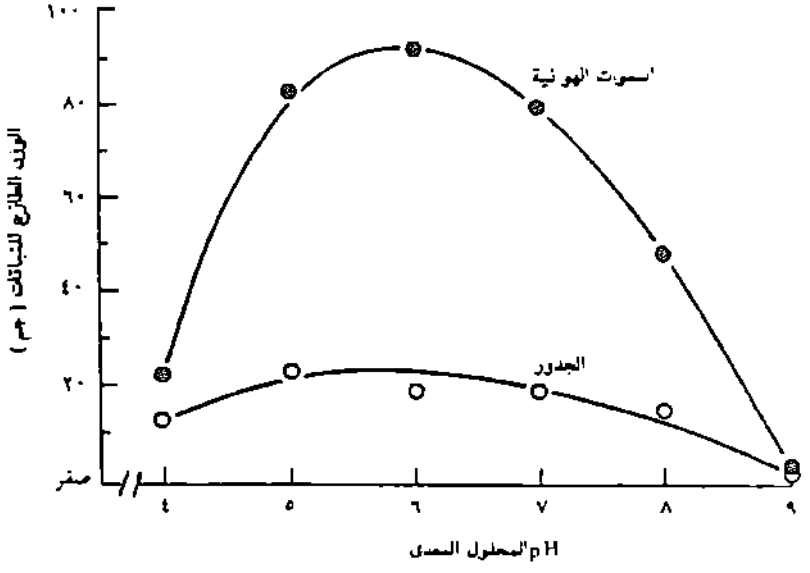
والثمار التى فى مرحلة التحول، وذلك بإضافة كلوريد الصوديوم إلى المحلول المغذى الذى تبلغ درجة توصيله الكهربائى ابتداءً ٢,٤ ديسى سيمنز/م. وقد وجد أن زيادة الملوحة فى مرحلة الثمار الخضراء غير المكتملة التكوين حسَّنت من جودة الثمار عما فى حالة المعاملة فى مرحلة التحول، ولكنها قللت محصول الثمار بدرجة أكبر. وكان النقص فى محصول الثمار مرده إلى النقص فى وزن الثمرة، وليس فى أعداد الثمار. وأدت الملوحة إلى زيادة تركيز المواد الصلبة الذائبة، وحامض الستريك، وحامض الأسكوربيك، والبوتاسيوم. وكلوروفيل أ. وكلوروفيل ب، والليكوبين، والكاروتين فى الثمار، ولكن الكميات المطلقة من تلك المكونات بالثمرة الواحدة انخفضت أو لم تتأثر. ويستدل من تلك النتائج أن التحسن فى جودة الثمار — جراء زيادة الملوحة — مرده إلى خفض وصول الماء للثمار (Sakomoto وآخرون ١٩٩٩أ).

كذلك دُرس تأثير زيادة درجة ملوحة المحلول المغذى ذات الـ EC ٢,٤ ديسى سيمنز dS/م إلى ٥,٠ أو ٨,٠ ديسى سيمنز/م بإضافة كلوريد الصوديوم — وذلك خلال مرحلتين للنضج. هما: مرحلة نضج ثمرتين بالعنقود، ومرحلة الثمار الخضراء غير المكتملة التكوين — على جودة ثمار الطماطم ذات العنقود الواحد single-truss tomato فى مزرعة مائية. وقد وجد أن زيادة الملوحة فى مرحلة الثمار الخضراء غير المكتملة التكوين حسَّن جودة الثمار أكثر من تأثير زيادتها فى مرحلة نضج ثمرتين بالعنقود، ولكن صَاحَبَ ذلك نقصًا أكبر فى المحصول (بنحو ٥٠٪-٦٠٪)، وكان النقص فى المحصول مرده إلى النقص فى وزن الثمرة وليس فى أعداد الثمار. هذا إلاّ أن الوزن الجاف للثمرة لم يتأثر تأثرًا يذكر بالملوحة، ولكن ازدادت فى الثمار نسبة المادة الجافة. وأدت زيادة الملوحة إلى زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية، وحامض الستريك، وحامض الأسكوربيك، وكذلك نسبة كل من كلوروفيل أ، وكلوروفيل ب، والليكوبين، والكاروتين بالثمار. ولكن الكميات المطلقة من تلك المكونات إما أنها نقصت، وإما أنه لم تتأثر. ويعنى ذلك أن التحسن الذى يطرأ على جودة الثمار جراء زيادة الملوحة يكون مرده إلى نقص وصول الماء إلى الثمار، كما يعنى زيادة تأثير كلا من مستويى الملوحة فى المرحلة

المبكرة لتكوين الثمار وهى خضراء غير مكتملة التكوين — وعدم حساسية الثمار الحمراء لزيادة الملوحة (Sakamoto وآخرون ١٩٩٩ب)

رقم الحموضة (الـ pH)

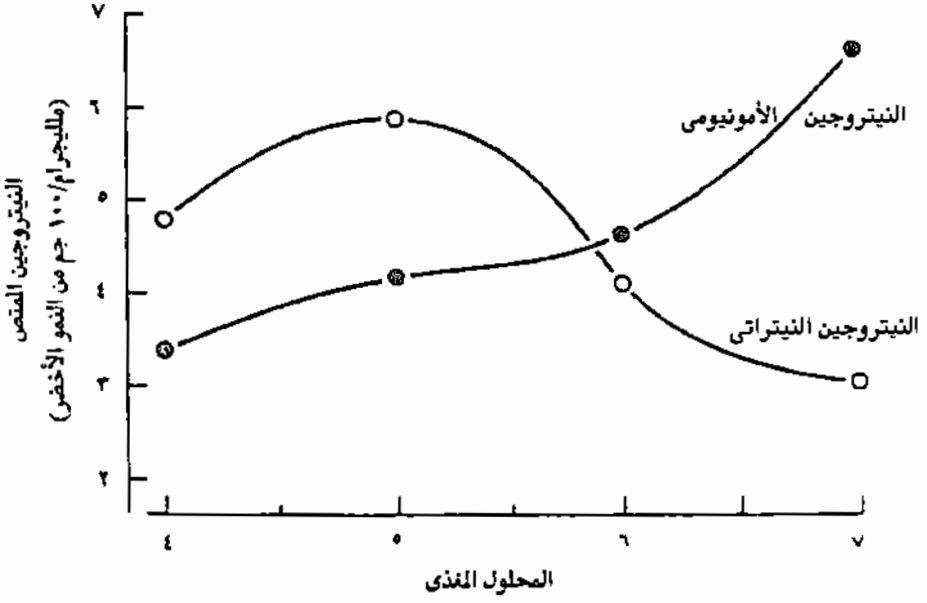
يؤثر pH المحلول المغذى تأثيرًا مباشرًا على نبات الطماطم، بينما يتأثر النمو الخضرى بدرجة أكبر بكثير من النمو الجذرى. وتبدو هذه العلاقة واضحة فى شكل (٩-٤) ويتراوح أفضل pH لنبات الطماطم بين ٥,٥، و ٦,٥؛ كما يؤدى ارتفاع أو نقص الـ pH عن ذلك إلى تدهور كبير فى النمو النباتى



شكل (٩-٤) تأثير pH المحلول المغذى على النمو الخضرى والجذرى لنبات الطماطم

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

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



شكل (٩–٥): تأثير pH المحلول المغذى على امتصاص عنصر الآزوت بصورتيه النتراتية والأمونيومية.

وعندما دُرس تأثير pH المحلول المغذى (٤,٥، و ٥، و ٥,٥، و ٦,٠، و ٦,٥) ونوع بيئة الزراعة [قش الراى (الجاودار) المعزق والبيت والصوف الصخرى)] على محصول الطماطم ومحتوى نباتاتها من مختلف العناصر، وجد ما يلى:

١– لم يتأثر المحصول المبكر بأى من معاملات الـ pH أو بيئات الزراعة.

٢– ازداد المحصول الكلى والمحصول الصالح للتسويق فى الصوف الصخرى عما فى بيئتى قش الراى والبيت.

٣– كان أعلى محصول للطماطم عندما كان pH المحلول المغذى ٥,٥.

٤– لم يؤثر مدى pH للمحلول المغذى من ٤,٥ إلى ٦,٠ على محتوى نباتات الطماطم من أى من عناصر النيتروجين والبوتاسيوم والمغنيسيوم.

٥- انخفض محتوى نباتات الطماطم من كل من الفوسفور والحديد والمنجنيز بزيادة pH المحلول المغذى

٦- ازداد محتوى نباتات الطماطم النامية فى بيئة عضوية فى كل من النيتروجين والكالسيوم والمغنيسيوم مقارنة بالمحتوى فى النباتات النامية فى الصوف الصخرى

٧- ازداد محتوى أوراق الطماطم النامية فى الصوف الصخرى فى كل من الفوسفور والمنجنيز مقارنة بالمحتوى فى النباتات النامية فى بيئات عضوية

٨- احتوت نباتات الطماطم النامية فى بيئة قش الراى تركيزات أقل من كل من البوتاسيوم والحديد عما فى النباتات النامية فى بيئة البيت (Dysko وآخرون ٢٠٠٩)

التهوية

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

جدول (٩-٧) تأثير pH محلول هوجلاند المغذى على امتصاص الطماطم لبعض الأيونات (ملى مكافى)

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

برنامج التسميد للزراعات اللاأرضية

نظرًا لأن الزراعات اللاأرضية تعتمد فى تغذيتها على المحاليل المغذية (وهى التى تناولناها بالشرح المفصل فى الفصل الرابع)؛ لذا .. فإنه لا يمكن الحديث عن برامج التسميد فى المزارع المائية بالمعنى المفهوم لذلك فى الزراعات الأرضية. وأهم ما يرغب المنتج فى الإلمام به — فى هذا الخصوص — هو حاجة النباتات اليومية من مختلف العناصر، والتى يمكن الاسترشاد بها فى تحضير المحاليل المغذية. وحساب كميات الأسمدة التى تجب إضافتها إليها أسبوعيًا لتعويض ما تمتصه النباتات منها ويجد القارئ فى جدول (٩-٨) هذه المعلومات — بصورة تقريبية — بالنسبة لمحصول الطماطم فى مزارع تقنية الغشاء المغذى. وقد أوردنا هذا الجدول للاسترشاد به بالنسبة للاتجاه العام فقط، مع الأخذ فى الحسبان أن الأرقام التى وردت فيه يمكن أن تختلف كثيرًا عن ذلك فى الظروف المختلفة ومع الأصناف المختلفة.

وتقدم فى جداول (٩-٩) إلى (٩-١٣) مزيدًا من المعلومات إلى تتعلق بتسميد الطماطم فى الزراعات اللاأرضية، والتى تشمل: تحضير المحاليل المغذية التى تلزم لفرتجة مزارع الصوب الصخرى والبرليت وتقنية الغشاء المغذى فى مختلف مراحل النمو (جدول ٩-٩). وتحضير محلول العناصر الدقيقة الذى يلزم لنفس المزارع (جدول ٩-١٠)، وكميات الأسمدة التى تلزم لتحضير ١٠٠ لتر من محلول مغذٍ يناسب الزراعات المفتوحة والمغلقة خلال مراحل النمو (جدول ٩-١١). وطريقة تحضير نصف لتر من محلول العناصر الدقيقة (جدول ١٩-١٢)، وتركيز مختلف العناصر الضرورية للنبات — بالجزء فى المليون — فى المحلول المغذى النهائى (جدول ٩-١٣).

جدول (٩-٨) كميه العناصر التى تمتصها نباتات الطماطم بالملليجرام/نبات أسبوعيًا فى مزارع تقنية الغشاء المغذى (عن Cooper ١٩٨٢)

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

جدول (٩-٩) تحضير المحلول المغذى الذى يستعمل فى فرتجة الطماطم فى مزارع الصوف الصخرى والبرليت وتقنية الغشاء المغذى، وذلك فى مختلف مراحل النمو. الكميات المبينة هى لكل ١٠٠ لتر من المحلول المغذى النهائى (عن Hochmuth ٢٠٠١ب).

السماد	مرحلة النمو				
	من الشتل إلى أول عنقود	من أول إلى ثانى عنقود	من ثانى إلى ثالث عنقود	من ثالث إلى خامس عنقود	من خامس عنقود إلى نهاية الموسم
حامض فوسفوريك (٥٤٪)	١٤ مل	١٤ مل	١٤ مل	١٤ مل	١٤ مل
كلوريد البوتاسيوم	٢٤ جم	٢٤ جم	٢٤ جم	٢٤ جم	٢٤ جم
سلفات المغنيسيوم	٤٠ جم	٤٠ جم	٤٠ جم	٤٨ جم	٤٨ جم
نترات البوتاسيوم	صفر	صفر	٨ جم	٨ جم	٢٤ جم
نترات الأمونيوم	صفر	صفر	صفر	صفر	٤ جم
محلول العناصر الدقيقة المركز[أ]	١ لتر	١ لتر	١ لتر	١ لتر	١ لتر

[أ] يستخدم لذلك المحلول المبين تحضيره فى جدول (٩-١٠).

جدول (٩-١٠): كميات الأسمدة التى تلزم لتحضير ١٠٠ لتر من محلول العناصر الدقيقة المركز الذى يستعمل مع مزارع الصوف الصخرى والبرليت وتقنية الغشاء المغذى (عن Hochmuth ٢٠٠١ ب).

السماد	الكمية (جم/ ١٠٠ لتر)
سلفات المنجنيز (٢٥٪ منجنيز)	٣٢,٠
سولوبور Solubor (٢٠٪ بورون)	٣٥,٠
كبريتات النحاس (٢٥٪ نحاس)	٧,٠
كبريتات الزنك (٢٣٪ زنك)	٨,٠
موليبدات الصوديوم (٣٩٪ موليبدنم)	١,٣

جدول (٩-١١) كميات الاسمدة البسيطة التى تدرم لتحضير ١٠٠ لتر من محلول مغذ يناسب الطماطم - فى المزارع المائية المفتوحة والمغلقة - خلال مراحل النمو (جم ١٠٠ لتر) (عن Hochmouth ٢٠٠١ ب)

السماد	من البادرة حتى أول الثمار عقدًا (A)	من أول الثمار عقدًا حتى نهاية الموسم (B)
سلفات المغنيسيوم	٥٠٠	٥٠٠
فوسفات أحادى البوتاسيوم	٢٧٠	٢٧٠
نترات البوتاسيوم	٢٠٠	٢٠٠
سلفات البوتاسيوم	١٠٠	١٠٠
نترات الكالسيوم	٥٠٠	٦٨٠
حديد مخلبى (Fe 330)	٢٥	٢٥
محلول العناصر الدقيقة المركز	١٥٠ مل	١٥٠ مل

جدول (٩-١٢) طريقة تحضير نصف لتر من محلول العناصر الدقيقة المركز

السماد	الكمية (جم)[أ]
حامض البوريك (H_3BO_3)	٧,٥٠
كلوريد المنجنيز ($MnCl_2.4H_2O$)	٦,٧٥
كلوريد النحاسيك ($CuCl_2.2H_2O$)	٠,٣٧
ثالث أكسيد الموليبدنم (MoO_3)	٠,١٥
سلفات الزنك ($ZnSO_4.7H_2O$)	١,١٨

[أ] يُستخدم الماء الساخن للمساعدة فى إذابة تلك الكميات فى نصف لتر ماء، ويستعمل ١٥مل من هذا المحلول المركز مع كل ١٠٠ لتر من المحلول المغذى النهائى.

يحتوى المحلول المغذى النهائى على ما يلى بالجزء فى المليون:

١٠٥ نيتروجين فى المرحلة الأولى، و ١٣٣ فى الثانية		٦٢ فوسفور	١٩٩ بوتاسيوم
٩٥ كالسيوم فى المرحلة الأولى، و ١٣٠ فى الثانية		٥٠ مغنيسيوم	٧٠ كبريت
٢,٥ حديد		٠,٤٤ بورون	٠,٠٥ نحاس
٠,٦٢ منجنيز		٠,٠٩ زنك	٠,٠٣ موليبدنم

جدول (٩-١٣): تركيز مختلف العناصر بالجزء فى المليون فى المحلول المغذى النهائى الذى يستعمل فى رى المزارع المائية للطماطم[أ] (عن Hochmuth ٢٠٠١ ب).

العنصر	مرحلة النمو				
	من الشتل إلى أول عنقود	من أول إلى ثانى عنقود	من ثانى إلى ثالث عنقود	من ثالث إلى خامس عنقود	من خامس عنقود إلى نهاية الموسم
النيتروجين	٦٥	٧٥	٩٥	١١٤	١٤٨
الفوسفور	٥٠	٥٠	٥٠	٥٠	٥٠
البوتاسيوم	١٢٠	١٢٠	١٥٠	١٥٠	٢٠٨
الكالسيوم[ب]	٨٠	٩٢	١٠٤	١٢٧	١٢٧
المغنيسيوم[ب]	٤٠	٤٠	٤٠	٤٨	٤٨
الكبريت[ب]	٥٦	٥٦	٥٦	٦٦	٦٦
الحديد	٢,٨	٢,٨	٢,٨	٢,٨	٢,٨
البورن	٠,٧	٠,٧	٠,٧	٠,٧	٠,٧
النحاس	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢
المنجنيز	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨	٠,٨
الزنك	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢	٠,٢
الموليبدنم	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥	٠,٠٥
الـ EC (ملليمول/سم)	٠,٨	١,٠	١,٤	١,٦	٢,٠

[أ] يُعنى بذلك المحلول المغذى المبينة مكوناته فى جدول (٩-٩). يضبط الـ pH عند ٥,٥ لجميع مراحل النمو.

[ب] قد يتباين تركيز العنصر (الكالسيوم والمغنيسيوم والكبريت) حسب تركيز الكالسيوم والمغنيسيوم فى مصدر الماء، وكمية حامض الكبريتيك التى استعملت فى خفض الـ pH.

تقليم الجذور

تجرى عملية تقليم الجذور — فقط — فى حالة مزارع تقنية الغشاء المغذى، بهدف منع الجذور الكثيفة من سدّ مجارى المحلول المغذى (Hochmuth ١٩٩٠).