وبالإضافة إلى الأسمدة المذكورة آنفًا . فإن الفلفل يحتاج إلى مزيد من التسميد بالكالسيوم (بخلاف ما يتوفر فى السوبر فوسفات العادى المضاف قبل الزراعة). ويكون التسميد إما فى صورة نترات الكالسيوم، وإما برائق نترات الكالسيوم الجيرية، ابتداءً من الأسبوع السابع بعد الشتل. حتى قرب انتهاء موسم الزراعة على النحو التالى (لكل صوبة مساحتها ٤٠٥م٢).

| الأسبوع بعد الشتل | عدد الأسابيع | CaO (كجم/أسبوع) |
|---|---|---|
| السابع إلى الثانى عشر | ٦ | ٠,٢ |
| الثالث عشر إلى الخامس والعشرين | ١٣ | ٠,٣ |
| السادس والعشرون إلى الثلاثين | ٥ | ٠,٤ |
| الحادى والثلاثون إلى الثامن والثلاثين | ٨ | ٠,٥ |
| التاسع والثلاثون إلى الأربعين | ٢ | ٠,٤ |
| المجموع | — | ١٢,٠ |

وبذا .. تحصل كل صوبة على نحو ٨٠ كيلو جرامًا من نترات الكالسيوم (تحتوى على حوالى ١٢ كيلو جرامًا من النيتروجين).

أما العناصر الدقيقة فإنها تضاف — مرة واحدة أسبوعيًا — بمعدل ٥٠-١٠٠ جم من مخلوط سماد العناصر تُذاب فى ٥٠ لترًا — ١٠٠ لتر من الماء لكل صوبة. يستخدم المعدل المنخفض فى مراحل النمو الأولى، مع زيادة كمية السماد المستعملة بزيادة عمر النباتات.

ويجب أن تراعى عند تطبيق هذا البرنامج جميع الأمور والبدائل والمحظورات التى أسلفنا بيانها للبرنامج المماثل لهذا البرنامج تحت الطماطم، وبخاصة ما يتعلق منها بعدم الجمع — عند التسميد — بين نترات الكالسيوم وأى من الأسمدة الأخرى.

## بعض الجوانب الخاصة بالزراعات اللاأرضية

### مزارع بيئات الجذور الصلدة اللاأرضية

تبين لدى لدى مقارنة نمو ومحصول الفلفل فى بيئات: مسحوق ليف جوز الهند،

وفوم اليوريا فورمالدهيد، وقشور الأرز المضاف إليها جل البولى أكريلاميد polyacrylamide (لتحسين احتفاظها بالرطوبة) أن ارتفاع النباتات، والوزن الطازج الكلى للأوراق. وقطر الساق كانوا الأعلى فى بيئة مسحوق ليف جوز الهند والأقل فى بيئة قشور الأرز، وهى التى كن فيها — كذلك — أقل محصول وأسوأ نوعية للثمار (Del Amor & Gómez-López ٢٠٠٩)

بمقارنة إنتاج الفلفل فى الصوف الصخرى وفى البرليت بإنتاجه فى تربة رملية صفراء مغطاة بالملش البلاستيكى، كان الإنتاج فى الصوف الصخرى والبرليت أكثر تبكير، وبالتالى ازدادت معهما مبيعات الثمار الأعلى سعرًا عما فى حالة الزراعة الأرضية كذلك ازداد فى تلك المزارع محصول ثمار الدرجة الثانية. إلا أن ثمارها كانت أصغر حجمًا عما فى الزراعة الأرضية وقد كان استهلاك الماء والاحتياجات السمادية أقل للنباتات النامية فى التربة عما كان عليه الحال بالنسبة لكل من نباتات زراعات الصوف الصخرى والبرليت، إلا أن كفاءة استخدام الماء كانت أعلى فى مزارع البرليت عما فى مزارع الصوف الصخرى (Escobar & Garcia ١٩٩٥)

يتطلب إنتاج محصول عال من الفلفل أن تكون أوعية نمو النباتات كبيرة، مع وجود برنامج قوى للتسميد، علما بأن استخدام أوعية النمو الصغيرة (٩ ديسمتر مكعب) يؤدى إلى التبكير فى الإزهار والحصاد. مع قصر فى فترة الحصاد ونقص فى المحصول (Xu & Kafkafi ٢٠٠١)

## خصائص المحاليل المغذية فى الزراعات اللاأرضية

### مصادر العناصر المغذية وتركيزاتها

أوضحت نتائج دراسات لتسميد أن استعمال تركيز مرتفع ثابت من النيتروجين النتراتى فى المحاليل المغذية (١٧٥ جزءًا فى المليون) — فى مزارع الصوف الصخرى — كان أفضل للفلفل من استعمال تركيز متوسط ثابت (١٢٠ جزءًا فى المليون)، أو تركيزات متدرجة فى الزيادة (٦٠، ثم ٩٠، ثم ١٢٠ جزءًا فى المليون) خلال مراحل النمو النباتى،

حيث ترتب على استعمال التركيز المرتفع الثابت زيادة معنوية فى كل من عدد الثمار، ووزن الثمرة، والمحصول الكلى، مقارنة بالمعاملتين الأخريين، بينما لم تتأثر نسبة الثمار المصابة بتعفن الطرف الزهرى بمستوى النيتروجين المستعمل فى تغذية النباتات (عن Schon وآخرين ١٩٩٤)

ولتغذية الفلفل فى مزارع تقنية الغشاء المغذى، يوصى بأن يكون النيتروجين نتراتيًا بنسبة ١٠٠٪ فى ظروف الإضاءة القوية، بينما يفضل استعمال محاليل مغذية تحتوى على نيتروجين نتراتى: نيتروجين أمونيومى بنسبة ٩:١، أو ٨:٢ فى ظروف الإضاءة الضعيفة (Jung وآخرون ١٩٩٤).

وبدراسة تأثير مستوى النيتروجين والبوتاسيوم فى المحلول المغذى لمزرعة مائية من الفلفل الجالابينو Jalapeno — وهو فلفل شديد الحرافة — كان أفضل تركيز للنيتروجين للمحصول هو ١٥ مللى مول، علمًا بأن تركيز مللى مول واحد من النيتروجين أحدث حفضًا جوهريًا لمحتوى الثمار من الكابسايسين. وأما البوتاسيوم، فقد أحدثت زيادة تركيزه بين ١، و ١٢ مللى مول زيادة خطية فى كل من الكتلة البيولوجية، وعدد الثمار، ووزن الثمار/نبات. إلاّ أن أفضل محصول كان عند استعمال تركيز ٦ مللى مول. هذا بينما لم يؤثر تركيز البوتاسيوم على حرافة الثمار (Johnson & Decoteau ١٩٩٦).

وكان أفضل تركيز للنيتروجين فى المحاليل المغذية للمزارع الهوائية aeroponics للفلفل هو ٩,٣ مللى مول/لتر للمحصول الكلى، و ٨,٣ مللى مول/لتر للجودة العالية (علمًا بأن المعاملات اشتملت على خمسة تركيزات كلية للنيتروجين تراوحت بين ٠.٢٥، و ١٤ مللى مول/لتر، مع ثبات نسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى عند ٤:١). وقد ازداد كلا من محصول الثمار الكلى ومحصول الثمار عالية الجودة (الصالحة للتسويق) بزيادة نسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى فى المحلول المغذى (علمًا بأن المعاملات اشتملت على خمس نسب تراوحت بين ١:٤، و ٤:١. مع ثبات التركيز الكلى للنيتروجين عند ٧ مللى مول/لتر). وقد انخفض

محصول الثمار الكلى ومحصول الثمار عالية الجودة — بشدة — مع زيادة تركيز النيتروجين الأمونيومى فى المحلول المغذى عند ٢ ملى مول/لتر، وكانت تلك الزيادة سببًا رئيسيًا فى انخفاض تركيز الكالسيوم فى كل من الأوراق والثمار، وفى زيادة حالات إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى. كذلك ازدادت نسبة الثمار المسطحة (المبططة) flat بزيادة تركيز الأمونيوم فى المحلول المغذى (Bar-Tal وآخرون ٢٠٠١).

بدراسة تأثير تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى (تراوح التركيز بين ٠,٢٥، و ١٤ ملى مول/لتر، مع ثبات نسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى عند ٤ : ١)، ونسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى (تراوحت النسبة بين ١ : ٤ إلى ١ : ٤، مع ثبات تركيز النيتروجين عند ٧ ملى مول/لتر) على نمو الفلفل، ونتح النباتات، وامتصاص العناصر فى مزرعة مائية هوائية aero-hydroponic، وجد ما يلى:

١- تراوح أفضل تركيز للنيتروجين لتراكم المادة الجافة فى السيقان والأوراق بين ٨، و ٩,٢ ملى مول/لتر.

٢- كانت أفضل نسبة نيتروجين نتراتى إلى نيتروجين أمونيومى لتراكم المادة الجافة فى السيقان هى ١.٣.٥.

٣- كان أفضل تركيز للنيتروجين لإنتاج المادة الجافة فى الثمار هو ٩,٤ ملى مول/لتر.

٤- ازداد إنتاج المادة الجافة بالثمار خطيًا بزيادة نسبة النيتروجين لنتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى فى المدى المدروس.

٥- أثر تركيز النيتروجين — وليس مصدره — على محتوى الأوراق من الكلوروفيل.

٦- كانت النباتات أقصر وأكثر إندماجًا بزيادة نسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى.

٧-كان لتأثير تركيز النيتروجين على النتح علاقة بتأثيره على وزن الأوراق والمساحة الورقية، بينما أدت زيادة نسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى إلى خفض النتح، وربما كان لذلك علاقة بتأثير زيادة النسبة على زيادة إندماج النمو

٨- ازداد امتصاص النيتروجين مع ازدياد تركيز العنصر فى المحلول المغذى، ومع انخفاض نسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى، إلاّ أن انخفاض تلك النسبة قلل بشدة — من ناحية أخرى — من امتصاص الكاتيونات، وخاصة الكالسيوم (Bar-Tal وآخرون ٢٠٠١)

أدت زيادة تركيز النيتروجين الأمونيومى فى مياه الرى، وزيادة معدلات الرى إلى خفض محصول الفلفل فى مزرعة برليت بشدة. وفى المقابل .. أدى خفض تركيز النيتروجين الأمونيومى بخفض نسبته إلى النيتروجين النتراتى، أو بخفض التركيز الكلى للنيتروجين إلى تحسين المحصول. ولقد أدت عملية النترتة nitrification — التى استغرقت وقتًا — إلى خفض تركيز النيتروجين النشادرى فى منطقة نمو الجذور عند تقليل معدلات الرى (Silber وآخرون ٢٠٠٥).

## التركيز الكلى للملوحة وعلاقتها بالنمو والمحصول والجودة

أدت زيادة ملوحة المحاليل المغذية من صفر إلى ١٠٠ مللى مولار من كلوريد الصوديوم إلى نقص تراكم المادة الجافة فى نباتات الفلفل ومن بين أربعة أصناف تم اختبارها كان الصنف إتش دى أى ١٧٤ HDA 174 أفضلها نموًا فى تركيز ٥٠ مللى مول من كلوريد الصوديوم. كما كان أكثرها تراكمًا للصوديوم فى الأوراق. وقد نقص — بصورة عامة — تركيز البوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم، بينما ازداد تركيز الصوديوم والزنك فى الأعضاء النباتية بزيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى المحاليل المغذية. وكان النمو النباتى أضعف ما يمكن عندما بلغ تركيز الصوديوم فى نصل الورقة بين ٠.٥٪، و ٤٪ على أساس الوزن الجاف (Cornillon & Paalloix ١٩٩٥، و ١٩٩٧)

وفى دراسة أخرى أدت زيادة تركيز الملوحة من ٥٠ إلى ١٠٠ مللى مولار من كلوريد الصوديوم فى المحاليل المغذية إلى نقص النمو النباتى. وزيادة محتوى النباتات من كل

من الصوديوم، والكلور، والبرولين، وزيادة مقاومة الثغور. بينما انخفض محتوى النباتات من كل من البوتاسيوم، والنيتروجين الكلى، والكلوروفيل (Gunes وآخرون ١٩٩٦). كذلك أدت زيادة الملوحة بين صفر و ١٠٠ مللى مكافئ من كلوريد الصوديوم/لتر فى المحاليل المغذية إلى نقص محتوى الأوراق من البوتاسيوم، والفوسفور، والكالسيوم، وزيادة محتواها من الصوديوم، بينما أدت زيادة الملوحة إلى زيادة محتوى الثمار من جميع تلك العناصر (Gomez وآخرون ١٩٩٦).

هذا . ولم يتأثر الفلفل بالملوحة العالية حتى ٦٠ مللى مولار فى المحاليل المغذية، ولم يتجه أى من الصوديوم إلى الأوراق أو الثمار، وإنما تراكم فى نسيج النخاع فى قاعدة الساق وفى الجذور، بينما تناقص تركيز الصوديوم تدريجيًا فى خلايا النخاع وفى العصير الخلوى باتجاه القمة النامية للنبات (Blom-Zandstra وآخرون ١٩٩٨).

وقد دُرس تأثير زيادة درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى فى تقنية الغشاء المغذى من ٢ مللى سيمنز/سم إلى ٤، و ٦، و ٨، و ١٠ مللى سيمنز/سم — بإضافة محلول مركز من كلوريد البوتاسيوم إليه — على نمو ومحصول وجودة ثمار الفلفل. وقد وجد أن التركيزات العالية للأملاح نتج عنها نقص فى حجم الثمار ووزنها الجاف، وانخفاض فى مساحة الورقة، كما حفزت زيادة الملوحة على تراكم أكبر للمواد الغذائية المجهزة فى النموات الخضرية عما فى الثمار، ونقص استهلاك النباتات للماء، وأحدثت زيادة فى صلابة الثمار. وزيادة فى مقاومة الثغور، وفى محتوى الثمار من المادة الجافة. وفى تنفس الثمار وإنتاجها من الإثيلين، وزيادة فى سرعة حدوث التغيرات اللونية (Tadesse وآخرون ١٩٩٩أ).

وعندما أعطيت هذه المعاملات (الـ EC العادى للمحلول المغذى ومقداره ٢ مللى سيمنز/سم. وزيادات فى الـ EC إلى ٤، و ٦، و ٨، و ١٠ مللى سيمنز/سم/ بإضافات من محلول مركز من كلوريد البوتاسيوم إلى المحلول المغذى القياسى، وكذلك EC مقداره ١٠ مللى سمينز/سم بإضافات من خليط من كلوريد البوتاسيوم وكلوريد

الكالسيوم بنسبة ٣ ١ وزنًا بوزن) للفلفل فى مزرعة تقنية الغشاء المغذى .. كانت النتائج كما يلى

١- أدت التركيزات العالية للأملاح إلى زيادة إصابة الثمار بتعفن الطرف الزهرى.

٢- كانت لتلك الإصابة علاقة بتثبيط امتصاص الكالسيوم، وخفض تراكمه بالثمار، وخاصة طرفها الزهرى، مع زيادة فى تركيز كل من المغنيسيوم والبوتاسيوم فيها.

٣- أدت زيادة الكالسيوم فى EC ١٠ مللى سيمنز/سم إلى تحفيز تراكم الكالسيوم فى الثمار وخفض الإصابة بتعفن الطرف الزهرى (Tadesse وآخرون ١٩٩٩ب).

كما دُرس تأثير مستويات مختلفة من التوصيل الكهربائى EC (٢، و ٣، و ٤، و ٦، و ٨ ديسى سيمنز/م) – بإضافات من أى من ملحى كلوريد الصوديوم أو كبريتات الصوديوم على المحلول المغذى الأساسى الذى كانت درجة توصيله الكهربائى ٢,٠ ديسى سيمنز/م – على نمو وجودة ثمار الفلفل. أدت المستويات العالية من الملوحة إلى تقليل المحصول وحجم الثمار بشدة. كما انخفض المحصول الصالح للتسويق بسبب زيادة شدة الإصابة بتعفن الطرف الزهرى فى مستويات الملوحة العالية. ولقد كانت كبريتات الصوديوم أخف وطأة من كلوريد الصوديوم فى خفضها لمحصول الفلفل وجوده ثماره، وخاصة فى مستويات الملوحة المتوسطة (Navarro وآخرون ٢٠٠٢).

## التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون

يستجيب الفلفل فى الزراعات المحمية كثيرًا لزيادة نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى هواء الصوبة، إذ يؤدى ذلك إلى زيادة نسبة العقد، والمحصول المبكر. وبالنسبة للمحصول الكلى فإن زيادة مقدارها ٢٠٠ جزء فى المليون فقط فى تركيز الغاز كانت كافية لزيادة عدد الثمار بنسبة ٦٠٪. وقد أصبحت التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون من الإجراءات العادية فى إنتاج الفلفل فى الزراعات المحمية فى هولندا (عن Wien ١٩٩٧)

وقد أفادت زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون إلى ٩٠٠ جزء فى المليون بمعدل ٨