وبذا فإن الكميه الكلية من العناصر التى تحصل عليها كل صوبة — قبل الزراعة وأثناء نمو النباتات — تختلف حسب طول موسم النمو، كما يلى

| طول موسم النمو (شهر) | الكمية الإجمالية من العنصر السمادى (كجم) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | N | $P_2O_5$ | $K_2O$ | MgO |
| ٣ | ٣٥ | ٢٤ | ٤٠ | ٥ |
| ٤ | ٤٢ | ٣٠ | ٤٧ | ٨ |
| ٥ | ٥٧ | ٣٤ | ٦٤ | ١٣ |

ويجب أن تُراعى عند تطبيق هذا البرنامج جميع الأمور والبدائل والمحظورات التى أسلفنا بيانها للبرنامج المماثل لهذا البرنامج تحت الطماطم

## مواصفات المحاليل المغذية للزراعات اللاأرضية

### التركيز الكلى لأملاح العناصر وعلاقته بالنمو والمحصول والجودة

فى دراسه عن تأثير تركيز لمحلول المغذى على نمو نباتات الخيار، ومحصولها، ونوعية ثمارها (Chung وآخرون ١٩٩٤) استُعمل فيها ربع ونصف التركيز القياسى للأملاح المغذية فى المحلول. وتركيزها القياسى، وضعف تركيزها القياسى وجُدَ ما يلى

١- أحدث انخفاض التركيز نقصًا فى كل من طول النباتات، ومساحة الأوراق، والوزنين الطازج والجاف للأوراق والسيقان والجذور

٢- نقص كذلك دليل مساحة الورقة LAI، بينما ازدادت الكفاءة التمثيلية NAR، مع انخفاض تركيز العناصر المغذية

٣ حصل على أعلى محصول عندما استعمل المحلول المغذى القياسى.

٤ ظهرت أعلى نسبة من الثمار المنحنية (١٧ ٪) عندما استعمل ضعف التركيز القياسى

ويبين جدولا (١٢-١)، و (١٢-٢) المحاليل المغذية القياسية للعناصر الكبرى التى تناسب الخيار فى المزارع المائية خلال مراحل النمو الأولى وحتى بداية العقد، ثم بعد ذلك حتى نهاية المحصول. وكذلك تركيب محلول العنصر الدقيقة

جدول (١٢-١) المحاليل المغذية للخيار فى المزارع المائية خلال مراحل النمو (Marr ١٩٩٤)

| السماد وتركيبه | من البادرة إلى بداية العقد | | من بداية العقد إلى نهاية المحصول | |
|---|---|---|---|---|
| الكيميائى وتحليله | جزء فى المليون | حم سماد/١٠٠٠ لتر | جزء فى المليون | حم سماد/١٠٠٠ لتر |
| سبعات المجنيز | Mg ٥٠ | ٥٠٠ | Mg ٥٠ | ٥٠٠ |
| $MgSO_4 7H_2O$ | | | | |
| (ملح إبسوم) | | | | |
| فوسفات أحادى البوتاسيوم | K ٧٧ | ٢٧٠ | K ٧٧ | ٢٧٠ |
| $KH_2PO_4$ | P ٦٢ | | P ٦٢ | |
| (صفر-٢٢,٥-٢٨,٠) | | | | |
| نترات البوتاسيوم | K ٧٧ | ٢٠٠ | K ٧٧ | ٢٠٠ |
| $KNO_3$ | N ٢٨ | | N ٢٨ | |
| (٧٥ ١٣-صفر-٣٦,٩) | | | | |
| نترات الكالسيوم | N ١١٦ | ٦٨٠ | N ٢٣٢ | ١٣٥٧ |
| $CaNO_3$ | Ca ١٦٥ | | Ca ٣٣٠ | |
| (٥ ١٥ -صفر صفر) | | | | |
| حديد مخلبى | Fe ٢,٥ | ٢٥ | Fe ٢,٥ | ٢٥ |
| Fe330 | | | | |
| محلول عنصر صغرى | | ١٥٠ مل | | ١٥٠ مل |

جدول ١٢ ٢). كميات الاسمدة البسيطه التى تلزم لتحضير ١٠٠ لتر من محلول مغذ يناسب الخيار – فى المزارع المائية المفتوحة والمغلقة – خلال مراحل النمو (جم/١٠٠ لتر) (Hochmouth ٢٠٠١ب)

| السماد | من البادرة حتى أول الثمار عقدًا (A) | من أول الثمار عقدًا حتى نهاية الموسم (B) |
|---|---|---|
| سلفات المغنيسيوم | ٥٠ | ٥٠ |
| فوسفات أحادى البوتاسيوم | ٢٧ | ٢٧ |
| نترات البوتاسيوم | ٢٠ | ٢٠ |
| نترات الكالسيوم | ٦٨ | ١٣٦ |
| حديد مخلبى (Fe 330) | ٢,٥ | ٢,٥ |
| محلول العناصر الدقيقة | ١٥ مل | ١٥ مل |

يحتوى المحلول المغذى النهائى على ما يلى بالجزء فى المليون

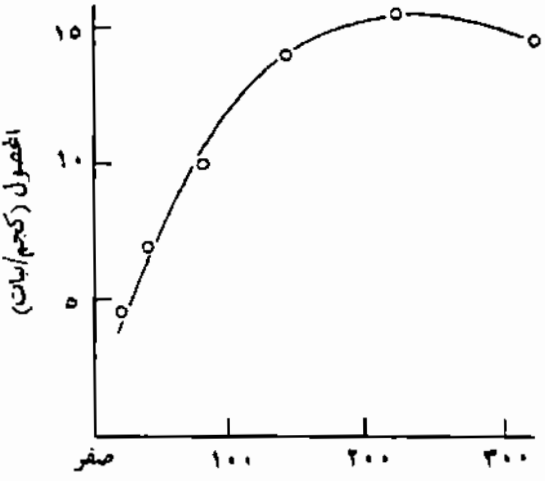
| | | |
|---|---|---|
| ١٣٣ نيتروجين فى المرحلة الأولى. و ٢٤٠ فى الثانية | ٦٢ فوسفور | ١٥٠ بوتاسيوم |
| ١٣٠ كالسيوم فى المرحلة الأولى. و ٢٤٠ فى الثانية | ٥٠ مغنيسيوم | ٧٠ كبريت |
| ٢٥ حديد | ٠,٤٤ بورون | ٠,٠٥ نحاس |
| ٠,٦٢ منجنيز | ٠,٠٩ زنك | ٠,٠٣ موليبدنم |

## النيتروجين ومصاوره

وجد أن تركيز النيتروجين فى المحاليل المغذية الذى يعطى أعلى محصول من الخيار هو ٢٢٠ جزءًا فى المليون (شكل ١٢–١). لذا يتعين المحافظة على هذا التركيز خلال جميع مراحل نمو النبات حتى الانتهاء من حصاد المحصول. وقد ازدادت نسبة الثمار الرديئة التكوين إلى أكثر من ٢٥٪ عندما كان تركيز النيتروجين ١٠٠ جزء فى المليون، بينما كانت ٤٠٪ من الثمار باهتة اللون عندما وصل تركيز النيتروجين إلى ٢٠–٤٠ جزءًا فى المليون

وعندما زرع الخيار فى محاليل مغذية تباينت فى محتواها من النيتروجين بين ١٠، و ٣٢٠ جزءًا فى المليون كان النمو الخضرى – فى بداية الأمر – شاحبًا فى أقل تركيز للنيتروجين. بينما كان اللون أخضر قاتمًا، مع ظهور احتراق فى حواف الأوراق فى أعلى تركيز للنيتروجين، إلا أن هذه الاختلافات اختفت تدريجيًا مع اطراد النمو وتوقف

امتصاص النباتات للنيتروجين — وكذلك البوتاسيوم — على شدة الإضاءة (جدول ١٢-٣)، ودرجة الحرارة، حيث ازدادت معدلات امتصاصها بزيادة مستوى أى من العاملين.




شكل (١٢-١): العلاقة بين تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى والمحصول فى الخيار

جدول (١٢-٣): تأثير شدة الإضاءة على امتصاص نباتات الخيار اليومى من الماء والنيتروجين، والبوتاسيوم.

| شدة الإضاءة | امتصاص النبات من | | |
|---|---|---|---|
| (ميجا جول MJ/م²/يوم) | الماء (لتر) | النيتروجين (مجم) | البوتاسيوم K (مجم) |
| ٢,٣ | ٠,٥١ | ١٥٤ | ١٣٦ |
| ١٥,٥ | ١,٥٦ | ٢٥٧ | ٣٢٥ |
| ١٩,٢ | ٢,١٤ | ٢٦٠ | ٣٥٤ |

هذا .. وكان أفضل تركيز من النيتروجين لنمو بادرات الخيار فى المزارع اللاأرضية الهوائية aeroponics هو ٨,٦ ملللى مكافئ/لتر، وكان النمو ضعيفًا عندما كان تركيز النيتروجين ٤,٣ ملللى مكافئ/لتر، أو عندما استعمل النيتروجين فى الصورة الأمونيومية (Park & Chiang ١٩٩٧).

وقد وجدت اختلافات بين أصناف الخيار فى استجابتها للتسميد النتراتى والأمونيومى. بسبب اختلافها فى القدرة على تمثيل النيتروجين فى الجذور، وفى الصورة التى ينتقل عليها النيتروجين من الجذور إلى النموات الخضرية (Zornoza وآخرون ١٩٩٠).

وعندما كانت نسبة النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى فى المحاليل المغذية للخيار ٦٠ : ٤٠ ظهر نقص معنوى فى محتوى النباتات من النيتروجين النتراتى، والفوسفور العضوى، والمجنيز، وذلك مقارنة باستعمال نسبة ١٠٠ : صفر، أو ٨٠ : ٢٠، كذلك انخفض قليلا امتصاص كل من البوتاسيوم والكالسيوم عند استعمال نسبة ٦٠ : ٤٠ (Zornoza & Carpena ١٩٩٢)

قارن Lee وآخرون (١٩٩٣) تأثير استعمال نسب مختلفة من النترات إلى الأمونيوم (١٠٠ صفر، و ٧٥ : ٢٥، و ٥٠ : ٥٠) فى محلول هوجلاند المغذى — مع ثبات التركيز الكلى للنيتروجين فى المحلول — على كل من نمو نباتات الخيار، ومحصولها، ونوعية ثمارها. ووجدوا ما يلى

١ - كان طول النباتات، ومساحة أوراقها، ووزنها الطازج والجاف أعلى عندما استعملت نسبة ١٠٠ : صفر، مقارنة بنسبة ٥٠ : ٥٠. ولكنها لم تختلف جوهريًا عنها عندما استعملت نسبة ٧٥ : ٢٥.

٢ - كان أعلى محتوى من البوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم عندما استعملت نسبة ١٠٠ : صفر

٣- كان المحصول أعلى عندما استعملت نسبة ١٠٠ : صفر أو ٧٥ : ٢٥ عما عندما استعملت نسبة ٥٠ : ٥٠، حيث بلغ لمحصول ٤,٥، و ٣,٩٦، و ٢,٣ كجم من الثمار الصالحة للتسويق/نبات فى المعاملات الثلاث، على التوالى.

٤- ظهرت أعلى نسبة من الثمار المنحنية عندما استعملت نسبة ٥٠ : ٥٠

٥ - انخفض pH المحلول المغذى — تدريجيًا - عندما استعملت نسبة ٧٥ : ٢٥، أو ٥٠ : ٥٠. ولكن لم يحدث ذلك عندما استعملت نسبة ١٠٠ : صفر

وفى دراسة أخرى استعملت فيها محاليل مغذية تحتوى على نسب مختلفة من النيتروجين النتراتى إلى النيتروجين الأمونيومى تراوحت بين ١٠٠٪ نتراتى : صفر ٪ أمونيومى، وصفر ٪ نتراتى : ١٠٠٪ أمونيومى كان النمو الخضرى للخيار أقوى ما يمكن عند إضافة كل النيتروجين فى الصورة النتراتية، ولكن إضافة ٢٥٪، أو ٥٠٪ من النيتروجين فى صورة أمونيومية أدى إلى زيادة الإثمار، حيث تكونت أول زهرة مؤنثة عند عقد أقرب إلى قاعدة النبات، وازداد عدد الأزهار المؤنثة المتكونة، وازداد محصول النبات من الثمار جوهريًا عما لو أضيف كل النيتروجين فى صورة نتراتية فقط أو أمونيومية فقط كذلك أدت هذه المعاملة إلى زيادة محتوى الأوراق من كل من البوتاسيوم، والحديد، والزنك، مقارنة بمعاملة إضافة النيتروجين فى صورة نتراتية بنسبة ١٠٠٪. وقد كانت النباتات الصغيرة أقل حساسية لاستعمال النيتروجين فى صورة أمونيومية من النباتات الكبيرة (Shou وآخرون ١٩٩٥).

### الكالسيوم

قارن Frost & Kretchman (١٩٨٩) تأثير خفض تركيز الكالسيوم فى المحلول المغذى من ١٦٠ إلى ٨٠، و ٤٠ جزءًا فى المليون على نوعية ثمار الخيار، ووجدا أن نمو نباتات الخيار فى مستوى منخفض من الكالسيوم أدى إلى ظهور بقع مائية متحللة فى بشرة الثمرة ونسيجها الخارجى عند طرفها الزهرى. كما ظهرت جيوب هوائية عند طرف العنق فى بعض الثمار. وكان ذلك مصاحبًا بتدهور فى نسيج المشيمة فى هذا الجزء من الثمرة وقد انخفض تركيز الكالسيوم فى الثمار، كما انخفض وزنها بانخفاض مستوى الكالسيوم فى المحلول المغذى إلى ٤٠ جزءًا فى المليون

### العناصر الدقيقة

درس Adams وآخرون (١٩٨٩) تأثير عدم التسميد بالعناصر الدقيقة — كل على انفراد — على محصول الخيار فى مزارع البيت موس، ووجدوا أن أكثر العناصر تأثيرًا كانت النحاس والبورون. اللذين أدى حجب أى منهما من المحلول المغذى إلى نقص

المحصول بنسبة تراوحت بين ٧٪ و ٩٥٪، وظهرت أعراض نقصهما بشدة عندما انخفض تركيزهما في البيت موس إلى ٢ ميكروجرامًا/جم بالنسبة للنحاس، وإلى ٧-١٦ ميكروجرامًا/جم بالنسبة للبورون. وبالمقارنة . أدى حجب الحديد إلى انخفاض المحصول بنسبة ١٨٪، بينما لم يؤثر حجب أى من المنجنيز، أو الزنك، أو الموليبدنم على محصول الخيار.

وقد أدى توفر النحاس فى المحاليل المغذية للخيار على صورة كلوريد النحاس بتركيز ١٠٠ ميكرومولار،إلى نقص امتصاص النباتات للأمونيوم بنحو ٦٠٪ فى حلال ساعة واحدة من إضافة النحاس، وبنحو ٩٠٪ بعد نحو ساعتين من إضافته، فى الوقت الذى تراكم فيه النحاس فى جذور النباتات التى نمت فى وجود التركيز العالى من كلوريد النحاس بدرجة أكبر عما فى نباتات الكنترول (Burzyński & Buczek ١٩٩٧)

## التركيز الكلى للأملاح وعلاقته بالنمو والمحصول والجودة

وجد Cerda & Martinez (١٩٨٨) أن نمو ومحصول الخيار انخفضا جوهريًا بزيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى المحاليل المغذية من ٤ إلى ١٦، و ٣٢، و ٦٤ مللى مولار/لتر. وكان التأثير السلبى للملح متزايدًا مع الزيادة فى تركيزه كما وجد Al-Harbi & Burrage (١٩٩٣) أن زيادة تركيز ملوحة المحلول المغذى فى مزارع تقنية الغشاء المغذى من ٢.٥ إلى ٤,٥، و ٦,٥، و ٨,٥ مللى موز/سم أحدثت نقصًا جوهريًا فى كل من الوزنين الطازج والجاف، ومحصول نباتات الخيار، وكذلك أحدثت نقصًا فى امتصاصها للماء، وكان ذلك مصاحبًا بنقص فى معدل النتح،ودرجة توصيل الثغور للغازات، مع انخفاض فى نسبة الكالسيوم والبوتاسيوم، وزيادة مقابلة فى نسبة الكلور والصوديوم فى الجذور هذا . بينما لم تتأثر نسبة الجذور إلى النموات الخضرية، أو معدل البناء الضوئى، فى الوقت الذى ازدادت فيه نسبة المادة الجافة فى النباتات بزيادة تركيز الأملاح

وأوضحت دراسات Jones وآخرون (١٩٨٩) التى قيموا فيها تأثير ٧ تركيزات من

الملوحة تراوحت بين صفر، و ١٥ ملليموز/سم على ٦ أصناف من الخيار أن الملوحة — فى ذلك المدى — لم تؤثر على نسبة إنبات البذور بعد ٥ أيام من بداية المعاملة، ولكنها انقصت نمو الجذير ومع زيادة الملوحة من صفر إلى ١٢ ملليموز/سم نقص طول البادرات ووزنها الجاف. وصاحب ذلك زيادة فى محتواها من الكالسيوم والصوديوم، ونقص محتواها من البوتاسيوم والمغنيسيوم وعندما قورن تأثير مستويين من الملوحة، هما ١.٦ و ٤ ملليموز/سم فى النباتات الكبيرة، وجد أن الملوحة العالية أنقصت المحصول جوهريًا فى خمسة أصناف من ستة، ولكنها لم تؤثر فى نوعية الثمار. وقد وجد ارتباط فى أحد أصناف الخيار بين طول البادرة عند ملوحة ٩ ملليموز/سم والمحصول النسبى فى ملوحة ٤ ملليموز/سم.

كذلك وجد أن كلاً من الوزن الطازج والجاف للجذور والنموات الخضرية ينخفض فى الخيار النامى فى مزارع تقنية الغشاء المغذى بزيادة تركيز ملوحة المحلول المغذى من ٢٥ إلى ٨٥ ملليموز/سم. دون أن تتأثر نسبة الجذور إلى النموات الخضرية، وصاحبت زيادة الملوحة نقص جوهرى فى المحصول الكلى، مع نقص جوهرى فى امتصاص النباتات للماء. ومحتواها النسبى من الرطوبة، ومعدل النتح، وتوصيل الثغور، ونقص فى محتوى الجذور والنموات الخضرية من الكالسيوم والبوتاسيوم، وزيادة فى محتواها من الكلور والصوديوم. بينما لم يتأثر معدل البناء الضوئى بمستوى الملوحة (Al-Harbi & Barrage ١٩٩٣أ). هذا ولم تؤثر تدفئة المحلول المغذى إلى ٢٧°م — بصورة دائمة — على النمو النباتى، أو المحصول، أو على استجابة النباتات لمستويين من الملوحة، هما ٢.٥، و ٨.٥ ملليموز/سم (Al-Harbi & Barrage ١٩٩٣ب).

ويستدل من دراسات Ho & Adams (١٩٩٤) أن زيادة درجة التوصيل الكهربائى للمحاليل المغذية من ٣ إلى ٨ ملليموز/سم أدت إلى نقص الوزن الجاف الكلى للنبات، كما أدت إلى نقص امتصاص الكالسيوم. ونقص ما وصل منه إلى الأوراق العليا للنبات، ونقص المحصول.

وحصل Al-Harbi (١٩٩٥) على نتائج مشابهة لما سبق بيانه، حيث وجد أن الوزن

الجاف لجذور الخيار ومواته الهوائية تناقص مع زيادة تركيز الأملاح من ٢,٠ إلى ٨ ٠ ملل موز/سم، ومع زيادة نسبة الصوديوم إلى الكالسيوم عند مستوى ملوحة ٤,٠ ملل مور/سم وصاحب ارتفاع الملوحة تراكم فى كل من الصوديوم والكلور فى النباتات. مع بعض فى تركم الكالسيوم وتبعا لكل من Adams & Ho (١٩٩٥) فإن زيادة الملوحة من ٣ إلى ٩ ملل مور سم أدت إلى نقص إنتاج المادة الجافة فى الخيار. ولكن مع زيادة نسبة فى الصر على حساب الجزء العلوى من النمو الخضرى، ونقص امتصاص الكالسيوم. وقد أدت زياده الرطوبة النسبية أثناء النهار إلى نقص تراكم الكالسيوم فى اوراق الخيار كذلك يستدل من دراسات Chartzoulakis (١٩٩٥) أن زيادة الملوحة فى الميه عن ١٠ ملل مولار كلوريد صوديوم أحدثت نقصًا معنويًا فى المحصول وعدد الثمار/نبات، مصحوبًا بزيادة فى محتواها من الكلوريد، والصوديوم، والمواد الصلبة الذائبة الكلية، ومن ثم إلى تحسين طعمها فى اختبارات التذوق.

وأوضحت دراسات Tazuke (١٩٩٧) أن معدل النمو النسبى لثمار الخيار كان طبيعيًا مع زيادة تركيز كلوريد الصوديوم فى المحاليل المغذية حتى ٦٠ ملل مولارًا، ولكن تأثر معدل النمو النسبى للثمار بعد ذلك سلبيًا بزيادة تركيز الملح، كما بدأت العوامل البيئية الاخرى عند هذا المستوى المرتفع من الملوحة - فى التفاعل مع الأملاح فى التأثير السلبى على معدل نمو الثمار

وتقدر المحصول النسبى - معبرا عنه كنسبة مئوية — عند تغير درجة التوصيل الكهربائى لميه الرى بالمعادلة التالية

$$y = -16.8x + 115$$

حيث إن x = هى درجة التوصيل الكهربائى EC معبرًا عنها بالملل موز/سم فى حرارة ٢٥°م

وقد أقترح حدًا أقصى للملوحة التى يمكن أن تتحملها نباتات الخيار قدره ٣٠ جزءا فى المليون من الصوديوم، و ٥٠ جزءا فى المليون من الكلور فى مياه الرى، مع عدم

زيادة درجة توصيلها الكهربائى عن ٠,٥ ملى موز/سم هذا إلا إنه يمكن زيادة تلك المستويات إلى الضعف بأمان إذا استعملت كميات زائدة من مياه الرى لغسيل الأملاح المتراكمة فى التربة (عن Winsor & Adams ١٩٨٧).

وتبعًا لدراسات Ho & Adams (١٩٩٤) فإنه فيما بين مستويى ملوحة ٣، و ٨ ملى موز/سم فى المحلول المغذى لمزارع تقنية الغشاء المغذى انخفض الوزن الجاف لنباتات الخيار بنسبة ٩٪ مع كل زيادة قدرها وحدة EC كاملة (٦٤٠ جزءًا فى المليون من الأملاح). هذا إلا أن محصول الثمار لم ينخفض إلا عندما زادت درجة التوصيل الكهربائى للمحلول المغذى عن ٥,٥ ملى موز/سم. وقد أدت الملوحة العالية إلى انخفاض نسبة ما وصل إلى النموات الخضرية من المادة الجافة، مقارنة بما وصل إلى الثمار. كذلك أدت كل وحدة EC زيادة عن ٣ ملى موز/سم إلى نقص محتوى الكالسيوم بنسبة ١٦.٦٪ فى الأوراق، و ١١٪ فى الثمار.

وقد وجد Lechino وآخرون (١٩٩٧) أن تعريض جذور الخيار لمحلول ملحى من كلوريد الصوديوم بتركيز نهائى (فى المحلول المغذى) قدره ١٠٠ ملى مولار/لتر أدت إلى زيادة نشاط الإنزيمات المضادة للأكسدة كاتاليز Catalase؛ وجلوتاثيون ردكتيز Glutathione Reductase، ومحتوى مضادات الأكسدة: حامض الأسكوربيك، والجلوتاثيون المختزل.

وأوضحت دراسات Rosendahl & Rosendahl (١٩٩١) أن تلقيح نباتات الخيار بفطر الميكوريزا *Glomus etunicatum* أدى إلى زيادة تحملها لمستوى ملوحة قدره ٠,١ مولار من كلوريد الصوديوم فى المحلول المغذى.

## درجة حرارة المحاليل المغذية

يذكر Al-Harbi & Burrage (١٩٩٣أ) أن تدفئة المحلول المغذى إلى ٢٧°م — بصورة دائمة — فى الرياض بالمملكة العربية السعودية — لم يكن مؤثرًا على نمو نباتات الخيار أو محصولها، كما لم يؤثر على استجابة النباتات لمستويين من ملوحة المحلول المغذى، هما ٢,٥، و ٨,٥ ملى موز/سم

ويستدل من دراسات Adams (١٩٩٣) على أن امتصاص نباتات الخيار للماء، والنيتروجين، والبوتاسيوم من المحاليل المغذية — فى مزارع تقنية الغشاء المغذى — يزداد بزيادة شدة الإضاءة وارتفاع حرارة الهواء، بينما يزداد امتصاص الفوسفور مع ارتفاع درجة حرارة الجذور

## تهوية المحاليل المغذية

يحدث أحيانًا ذبول فجائى فى مزارع الغشاء المغذى للخيار، ويرتبط ذلك بنقص الأكسجين فى المحلول المغذى، علمًا بأن جذور الخيار أكثر احتياجًا للأكسجين وأكثر حساسية لنقصه، مقارنة باحتياجات جذور الطماطم تزداد حالة الذبول فى الجو الحار الذى تقل فيه كمية الأكسجين الذائب فى المحلول المغذى. ولذا يجب العمل على التهوية المستمرة للمحلول وتفيد زيادة انحدار قنوات الغشاء المغذى إلى ٦٠ سم أو أكثر لكل ١٠م طولى منها فى تحسين التهوية بالمحلول المغذى (Hochmuth ٢٠٠١)

وعندما زيد تركيز الأكسجين الذائب فى المحاليل المغذية بالمزارع المائية للخيار من ٠,١ إلى ١,٠، ثم إلى ٢,٠ مللى مول ازداد بشدة معدل امتصاص نباتات الخيار للماء من ١٦٤ إلى ١٨٦، ثم إلى ٢٣٥ جم/نبات، على التوالى. كذلك ازداد امتصاص النباتات للماء — عند كل تركيز للأكسجين — بزيادة شدة الإضاءة ومدة التعرض لها ولقد اقترح أن امتصاص الجذور للماء فى المزارع المائية يقل فى التركيزات المنخفضة من الأكسجين الذائب، بسبب ما يحدثه نقص الأكسجين من تغيرات فى نفاذية خلايا الجذر، من خلال نقص فى معدل حدوث عمليات تعتمد على التنفس (Yoshida وآخرون ١٩٩٦).

هذا إلا إنه فى دراسة أخرى لم تؤثر تهوية المحاليل المغذية — لأجل زيادة محتواها من الأكسجين الذائب — فى محصول الخيار بالمزارع المائية، ولكن المحصول ازداد جوهريًا بإضافة الفحم المنشط activated charcoal لتلك المحاليل ويبدو أن إفرازات الجذور — التى قد تكون ضارة للنمو الخضرى والمحصول فى الخيار — يدمصها الفحم المنشط (Asao وآخرون ١٩٩٩).

## المعاملة بمحفزات النمو

استفادت نباتات الخيار فى مزرعة مائية من المعاملة ثلاث مرات — على فترات أسبوعية — من مرحلة الورقة الحقيقية الخامسة إلى العاشرة — بأى من حامض اللاكتيك (فى صورة التحضير التجارى لاكتوفول Lactofol)، أو حامض الهيوميك (فى صورة التحضير التجارى بو-هبوميت K-Humate)، أو البكتيريا *Bacillus subtillis*، وظهرت التأثيرات فى صورة زيادة فى كل من النمو الخضرى، وعدد الثمار/نبات (Boehme وآخرون ٢٠٠٥).

## التغذية بغاز ثانى أكسيد الكربون

تتم تغذية الخيار فى الزراعات المحمية بغاز ثانى أكسيد الكربون بصورة روتينية فى كل من أوروبا وشمال خط عرض ٣٨°م شمالاً فى أمريكا الشمالية، ولكن لم يَحْظَ هذا الإجراء باهتمام يذكر فى المناطق الجنوبية؛ بسبب قصر الفترة التى تبقى خلالها البيوت المحمية مغلقة أثناء الجو المعتدل أو الدافئ.

ويعد رفع تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون إلى ١٠٠٠ جزء فى المليون أمرًا روتينيًّا فى المناطق الباردة. فمثلاً .. أدى ذلك فى زراعات شهر يناير — فى المملكة المتحدة — إلى زيادة محصول الخيار بنسبة ٣٠٪، بينما لم تؤد زيادة تركيز الغاز إلى ١٦٠٠ جزء من المليون إلى أية زيادة إضافية فى المحصول إلا عندما رفعت الحرارة — كذلك — من ٢١°م إلى ٢٤°م، وكانت الزيادة الإضافية الناتجة عن ذلك فى المحصول المبكر فقط ( Slack & Hand ١٩٨٦)، كما أدت زيادة تركيز الغاز — فى ولاية كارولينا الشمالية — إلى زيادة محصول الخيار بنسبة ٢٠٪ (Peet وآخرون ١٩٩١).

أما فى المناطق الدافئة — التى تفتح فيها منافذ التهوية لفترات طويلة من اليوم — فقد وجد أن النباتات تستجيب للتعرض لتركيزات عالية من الغاز لفترات قصيرة، بينما يكون التعرض لهذه التركيزات العالية سامًا للنباتات فى الظروف العادية فى المناطق الباردة.