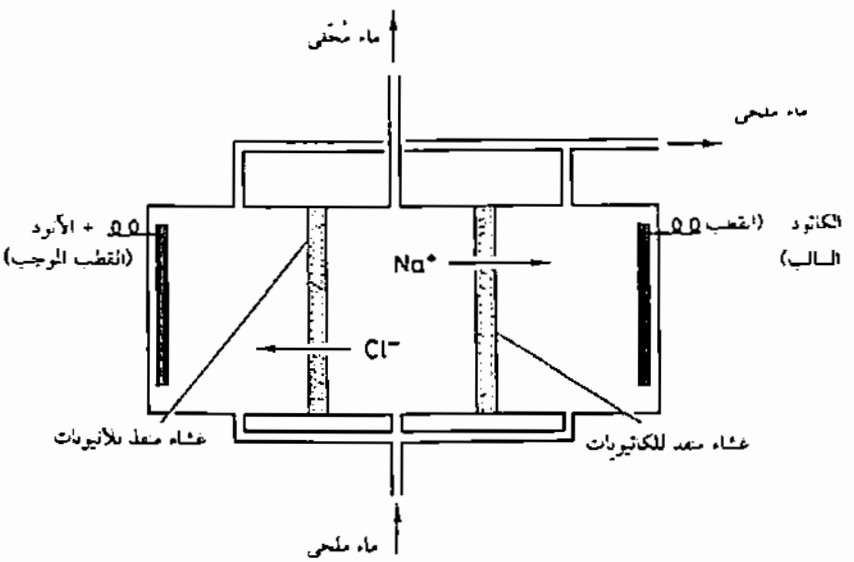
الزراعات المائية أدت إلى زيادة معدل النمو الخضرى، وزيادة المحصول الكلى بنسبة ١٤٪ والمحصول الصالح للتسويق بنسبة ٢٣٪، مقارنة بالوضع فى معاملة الكنترول التى أعطيت المحلول المغذى فقط كذلك أدت تلك المعاملة إلى زيادة محتوى الثمار من كل من السكر والعناصر والمادة الجافة (Islam وآخرون ٢٠١٠)




شكل (٤-٢) عملية "الديلرة" الكهربائية Electrodialysis

## ترشيح الماء المستعمل فى تحضير المحاليل المغذية

إن لم تكن مياه الآبار صحية تماما وخالية من أية عوالق فإنه يتعين ترشيحها، وكذلك تُرشَّح جميع مصادر المياه الأخرى باستثناء تلك التى يُتحصل عليها من تحلية مياه البحر. ويجب ألا يقل عدد فتحات مناخل المرشحات عن ١٥٠ فتحة فى البوصة (٢,٥ سم) الطولية (١٥٠ مش mesh)، لكى يكون فعالاً فى استيعاب الجزيئات التى تضر بأجزاء النظام من مضخة وصمامات، ومنظمات ضغط، وحاقنات، وكذلك للحد من انسداد النقطات

## التركيز الكلى للأملاح فى المحاليل المغذية

### مصادر الأملاح، ومستواها المناسب، وأضرار زيادتها

يوجد بالمحاليل المغذية مصدران للأملاح؛ هما: الأسمدة المذابة، والأملاح الموجودة أصلاً فى الماء المستعمل فى تحضير المحلول المغذى. وكلما انخفضت نسبة الأملاح فى الماء، أمكن زيادة تركيز الأسمدة، لأن التركيز الكلى للأملاح يجب ألا يزيد على حد معين يقدر فى المتوسط بنحو ٠,٧ ضغط جوى. وتؤدى زيادة التركيز الكلى للأملاح على ذلك إلى نقص النمو النباتى تدريجيًا إلى أن يتوقف، ثم تموت النباتات بسبب عدم استطاعتها الحصول على حاجتها من الماء عند زيادة الضغط الأسموزى عن الحد المناسب للنمو النباتى كما تصاب النباتات بتعفن الطرف الزهرى. وتصبح أوراق الخس صلبة القوام، وحوافها ملتفة. كذلك فإن نقص التركيز الكلى للأملاح عن المستوى المناسب يعنى انخفاض تركيز العناصر الغذائية الميسرة لامتصاص النبات عما هو ضرورى للنمو الجيد.

ويتوقف التركيز الكلى المناسب للأملاح بالمحلول المغذى على درجة الحرارة؛ فيفضل أن يكون الضغط الأسموزى حوالى ٠,٥ صيفًا، و ١,٠ شتاءً؛ وذلك بسبب زيادة النتح عند ارتفاع درجة الحرارة خلال الصيف. وعمومًا .. يقل الضغط الأسموزى المناسب فى المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية، عنه فى المناطق الباردة (Jones ١٩٨٢).

وقد درس Nieman (١٩٦٢) تأثير الضغط الأسموزى للمحلول المغذى على النمو الخضرى لعدد من الخضروات، واستخدم الباحث محلولاً مغذيًا قياسيًا يبلغ ضغطه الاسموزى ٠,٤ ضغط جوى. ثم استخدم كلوريد الصوديوم لتوصيل الضغط الأسموزى إلى ١,٤ و ٢,٤ و ٣,٤ و ٤,٤ فى المعاملات المختلفة. وأجريت الدراسة فى مزرعة حصى gravel culture

ويتضح من النتائج المبينة فى جدول (٤-١) أن بعض الخضروات – كالبنجر، والسبانخ – استفادت من إضافة كلوريد الصوديوم إلى المحلول المغذى، حتى وصل ضغطه الأسموزى إلى ٢,٤ ضغط جوى. وهذه المحاصيل معروفة بمقدرتها العالية على تحمل

الملوحة كما استفاد كل من اللفت. والكرنب بزيادة الضغط الأسموزى إلى ٤ ١ ضغط جوى أما باقى الخضر التى درست. فقد تأثر نموها سلبيًا بزيادة الضغط الأسموزى إلى ٤ ١ ضغط جوى. ويستمر التدهور فى نموها بزيادة الملوحة عن ذلك

جدول (٤-١) تاثير الضغط الاسموزى للمحلول المغذى على النمو الخضرى لعدد من محاصيل الخضر فى مزارع الحصى

| المحصول | وزن النمو القمى (كنسبة مئوية من الوزن فى المحلول المغذى القياسى) عندما كان الضغط الأسموزى | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ١,٤ | ٢,٤ | ٣,٤ | ٤,٤ |
| البنجر | ١٠٧ | ١١٩ | -- | ٩٦ |
| السبانخ | ٩٠ | ١٢٩ | ١٢١ | ٨٨ |
| اللفت | ١١٣ | ١٠١ | ٩٨ | ٨١ |
| الكرنب | ١٤٤ | ٩٥ | ٩٦ | ٥٢ |
| الطماطم | ٩١ | ٧٤ | ٧٧ | ٧٢ |
| السترد | ٩٥ | ٦٩ | ٨٠ | ٥١ |
| الخس | ٦٨ | ٦٠ | ٦٥ | ٥٢ |
| بصل | ٩١ | ٦٨ | ٥٤ | ٣٨ |
| الفلفل | ٦٨ | ٦٤ | ٥٨ | ٣٣ |
| الفاصوليا | ٨٨ | ٥٥ | ٢٢ | ١٦ |
| البصل | ٧٧ | ٣٩ | ٣٩ | ٢٨ |
| البسلة | ٧٧ | ٥٣ | (٥) | (٥) |

(٥) موت النباتات بسبب زيادة الملوحة

كما أظهرت دراسات Xu وآخرين (١٩٩٤) على الطماطم فى مزرعة لاأرضية أساسها البيت موس أن زيادة التركيز الكلى للأملاح فى المحلول المغذى لتصل درجة توصيله الكهربائى (EC) إلى ٥ ٤ مللى موز/سم -- مقارنة بـ EC ٢,٣ مللى موز/سم — أدت إلى نقص الجهد المائى للأوراق water potential، الأمر الذى ترتب عليه نقص معدل نمو النبات الخضرى فيه

كذلك حصل Ohta وآخرون (١٩٩٤) على نتائج مماثلة، حيث أدت مضاعفة تركيز المحلول المغذى القياسى فى مزرعة مائية إلى نقص الجهد المائى لأوراق الطماطم (من الصنف Sun Cherry ذى الثمار الكريزية)، وكان ذلك مصاحبًا بنقص مماثل فى كل من وزن الثمرة وجهدها المائى، وجهدها الأسموزى، مع زيادة محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية.

وتعد الفراولة من أكثر محاصيل الخضر حساسية للملوحة، حيث يؤدى تراكم الصوديوم إلى ضعف قوة النمو النباتى، وتأخيره، وإلى زيادة معدلات موت النباتات عن المعدل الطبيعى ويعتبر الاحتراق البسيط أو المتوسط لقمة وحواف الأوراق أمرًا شائعًا عند ارتفاع الملوحة، ولكن تزداد شدة الاحتراق فى الجو الحار الجاف عما فى الجو البارد الرطب كما تؤدى الملوحة العالية إلى ضعف تكوين الجذور فى النباتات الصغيرة وعدم تكوين جذور دقيقة، وهى التى تكون نشطة فى عملية الامتصاص، وتكون الجذور سميكة وتفشل نباتات المدادات غالبًا فى تكوين جذور جديدة على سطح التربة أما النباتات الكبيرة ذات النمو الجذرى المتعمق فى التربة فإنها تكون — عادة — أكثر تحملاً للملوحة (Mass ١٩٩٨)

وقد أدت زيادة تركيز الملوحة فى المحاليل المغذية بمزارع الصوف الصخرى للفراولة من ٢ إلى ٨,٦ ملى موز/سم إلى زيادة تركيز الكلورين من ٠,٠٣٪ إلى ٠,٦١٪ (على أساس الوزن الجاف)، ونقص تركيز النترات فى العصير الخلوى لأعناق الأوراق من ١٠ ٥١ إلى ٣,٦٠ مجم/مل، هذا بينما لم يتأثر — على أساس الوزن الجاف — تركيز كلا من البوتاسيوم، والصوديوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم بزيادة تركيز الملوحة ( Awang & Atherton ١٩٩٤).

كما أدت زيادة تركيز الملوحة فى مزارع الصوف الصخرى للفراولة من ٢ ٥ إلى ٨,٥ ملى موز/سم إلى نقص محصول الثمار، وصاحب ذلك نقصًا فى محتوى الثمار من الرطوبة، وزيادة فى نسبة محتواها من المادة الجافة (من ٨,٣٢٪ عند ملوحة ٢,٥ ملى موز/سم إلى ٩ ٧٨٪ عند ملوحة ٥ ٨ ملى موز/سم). وعلى الرغم من أن تركيز السكريات

المختزلة والأحماض — على أساس الوزن الجاف — لم يتأثر بمعاملة الملوحة، فإن تركيزهما النسبى — على أساس الوزن الرطب — ازداد بنقص محتوى الثمار من الرطوبة. هذا ولم تكن للملوحة أى تأثيرات على صلابة الثمار أو لونها (Awang وآخرون ١٩٩٣).

وبينما أحدث تعريض نباتات الفراولة للملوحة العالية — بصورة دائمة — نقصًا جوهريًّا فى النمو النباتى والمحصول، فإنها أدت كذلك إلى تحسين جودة الثمار. وقد كان النقص فى المحصول مرتبطا بنقص فى عدد النورات الزهرية؛ مما حدا ببعض الباحثين إلى اقتراح تأخير تعريض النباتات للملوحة العالية - فى الزراعات اللاأرضية — للسماح بتكوين نمو خضرى قوى قبل الإزهار، فلا يتأثر المحصول، بينما تتحسن نوعيته؛ ذلك لأن محصول الفراولة يعتمد بدرجة عالية على عدد النورات الزهرية، الذى يعتمد — بدوره — على عدد الأوراق والتيجان كذلك فإن محصول الفراولة يرتبط سلبيًّا مع الوزن الكلى للأوراق. مما يعنى أن الشدّ الذى تضعه الملوحة على النمو الورقى يمكن أن يؤثر إيجابيًّا على المحصول.

وقد أظهرت دراسات Awang & Atherton (١٩٩٥) على الفراولة أن عدد أوراق النبات (من ١٢ إلى ٦٠ ورقة/نبات) عند بداية المعاملة بالملوحة (من ٢,٦ إلى ٨٩ مللى موز/سم فى المحاليل المغذية بالزراعات اللاأرضية) لم يكن له تأثير على النقص فى النمو الخضرى والإزهار الذى سببته معاملة الملوحة. ولم يحدث نقص فى عدد الثمار إلا عندما عرضت النباتات ذات الستين ورقة لأعلى مستوى من الملوحة (٨٩ مللى موز/سم)، وهى المعاملة التى أحدثت — كذلك — نقصًا فى المحصول الكلى (الجاف والطازج) فى جميع الأحجام النباتية ما عدا أصغرها (١٢ ورقة).

ويتراوح — عادة — مستوى الملوحة فى المحاليل المغذية المستعملة فى تقنية الغشاء المغذى أو فى الزراعات اللاأرضية بين ٣٠، و ٧٥ مللى مول كتركيز كلى للأيونات (يعادل ذلك ضغطًا أسموزيًّا مقداره ٠,٠٧-١٨٠ ميجا باسكال MPa، ودرجة توصيل كهربائى EC مقدارها ٢-٥ ديسى سيمنز/م). تؤدى التركيزات الأقل من هذا المدى إلى الحد من النمو النباتى كون التغذية تصبح عاملاً محددًا للنمو، أو

قد تؤدى — فى الحالات الشديدة — إلى ظهور أعراض نقص العناصر. أما التركيزات الأعلى فإنها قد تقلل النمو — كذلك — بسبب تأثيرها الأسموزى؛ فالضغط الأسموزى العالى حول الجذور يقلل تيسر الماء لها، وإذا ما اقترن ذلك بمعدل عال للنتح، فإن ذلك قد يخفض الجهد المائى بالنبات، وهو الذى يرتبط بانخفاض فى امتلاء الخلايا، ومن ثم ضعف تمددها وعدم زيادتها فى الحجم؛ مما يؤدى إلى ضعف النمو النباتى. كذلك فإن زيادة الضغط الأسموزى للمحلول المغذى قد تسبب نقص النمو من خلال تسببها فى انغلاق الثغور؛ الأمر الذى قد يحدث إما بسبب حدوث انخفاض فى امتلاء خلايا الأوراق، وإما استجابة لإشارات تصدر إليها من الجذور. ويؤدى انغلاق الثغور إلى خفض معدل النمو النباتى؛ بسبب ما يحدثه ذلك من نقص فى معدل البناء الضوئى؛ ومن ثم حدوث نقص فى تراكم المادة الجافة (عن Van Ieperen ١٩٩٦).

## التوصيل الكهربائى كمقياس لتركيز الأملاح فى المحاليل المغذية

تعتمد درجة توصيل المحاليل للتيار الكهربائى على محتواها من الأملاح؛ حيث تزداد قدرتها على توصيل الكهرباء كلما ازداد محتواها من مختلف الأملاح. ويُعبَّر عن التوصيل الكهربائى Electrical Conductivity (اختصارًا: EC) — عادة — بالمللى سيمنز/سم millisiemens per centimeter اختصارًا: mS/cm)، علمًا بأن السيمنز هى وحدات التوصيل الكهربائى فى النظام الدولى للوحدات؛ وهى تعادل مقلوب أوهم ohm واحد (ومقلوب الأوهم هو الموه)؛ أى إن قراءة التوصيل الكهربائى بالمللى سيمنز/سم تعادل القراءة نفسها بالمللى موز/سم millimhos/cm أو mho/cm وقد تكون قراءة جهاز التوصيل الكهربائى بالميكروسيمنز/سم µS/cm.

هذا ... إلا أن درجة التوصيل الكهربائى لمحلول ما لا تعتمد فقط على محتواه من الأملاح، ولكن كذلك على تركيز كل ملح منها؛ لأن بعض الأملاح أكثر قدرة على التوصيل الكهربائى من غيرها. فمثلاً .. توصل كبريتات الأمونيوم الكهرباء بمقدار ضعف توصيل