

## الفصل الرابع

# المحاليل المغذية

المحاليل المغذية Nutrient Solutions هي محاليل تحتوى على العناصر الغذائية اللازمة للنمو النباتى، وتستخدم فى رى نباتات جميع المزارع اللاأرضية ( المائية وغير المائية ) ، بدلاً من الماء العادى . وتقترب أغلب المحاليل المغذية فى تركيبها من محلول هوجلاند Hoagland's Solution .

ولا يوجد محلول مغذ واحد يمكن أن يقال إنه الأفضل ؛ فكل محلول يصلح فى ظروف خاصة، إلا أن هناك شروطاً عامة يجب أن تتوفر فى المحاليل المغذية تتعلق بنوعية الماء المستعمل فى تحضيرها وتركيز العناصر المختلفة بها وخصائصها من حيث الـ pH ، ودرجة التوصيل الكهربائى (EC) ، والضغط الأسموزى ... إلخ ، وهذا ما سنتناوله بالشرح فى هذا الفصل .

## خصائص الماء المستخدم فى تحضير المحاليل المغذية

يجب أن يكون الماء المستخدم فى تحضير المحاليل المغذية قليل الملوحة . . فيستبعد الماء الذى تزيد درجة توصيله الكهربائى عن ٧٠٠ ميكروموز ، ويفضل ألا تزيد نسبة كلوريد الصوديوم به عن ٥٠ جزءاً فى المليون ، مع أخذ التركيز الكلى للأملاح فى الحسبان . ويمكن عند الضرورة استعمال الماء الذى يصل فيه تركيز الأملاح إلى ٤,٠ ضغط جوى .

ويمكن استعمال الماء العسر قليلاً فى تحضير المحاليل المغذية، وهو الماء الجوفى الذى يمر على طبقات جيرية ؛ فيحتوى - بالتالى - على تركيزات عالية من كربونات وكبريتات الكالسيوم والمغنسيوم . ويعبر عن عسر الماء بمحتواه من أيون الكربونات  $\text{HCO}_3^-$  ، لكن مع زيادة عسر الماء يزداد الـ pH ، وتصبح بعض الأيونات مثل

الحديد غير ميسرة ، وقد يزداد محتواه من أيونات الكالسيوم والمغنسيوم عن المستوى المناسب للنمو النباتى . وفى هذه الحالة يجب عدم استعماله فى تحضير المحاليل المغذية .

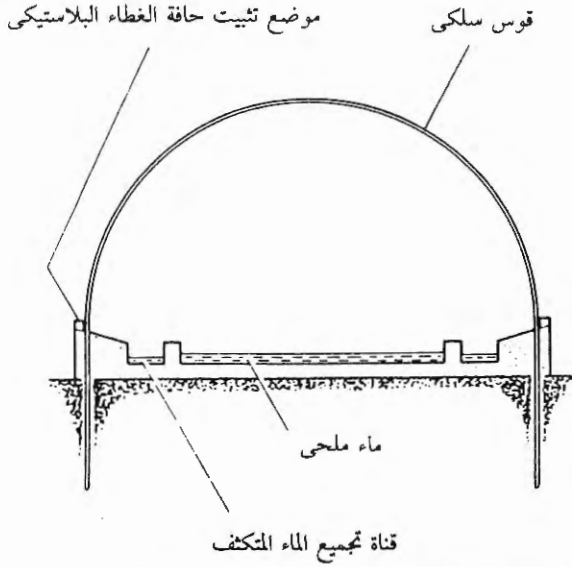
ويمكن عند الضرورة التخلص من الكاتيونات والأنيونات المسببة لعسر الماء بإمرار الماء أولاً فى مرشحات مشبعة بالأيدورجين الذى يحل محل كاتيونات الكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم ، ثم يمر على مرشحات أخرى مشبعة بالأيدروكسيد الذى يحل محل أنيونات الكربون والكبريتات والكلوريد . وتعرف هذه العملية باسم Ionization ، ويعرف الماء الناتج باسم Deionized Water ولا تؤدى هذه العملية إلى التخلص من أيون البورون .

ويمكن عادة استخدام ماء الشرب فى تحضير المحاليل المغذية ، إلا أن ماء الشرب العسر المعامل بالصوديوم - ليحل محل كاتيونات الكالسيوم والمغنسيوم لجعله غير عسر (soft) - لا يصلح لتحضير المحاليل المغذية لزيادة محتواه من عنصر الصوديوم.

وعندما لا تتوافر المياه السطحية المناسبة لتحضير المحاليل المغذية ، أو عندما تكون المياه الجوفية عالية الملوحة ، فإنه يمكن تحلية مياه البحر أو المياه الجوفية الشديدة الملوحة .

#### ١ - تقطير المياه بالطاقة الشمسية Solar Distillation :

وأبسط الطرق لتحقيق ذلك هى باستعمال الأنفاق البلاستيكية بالكيفية المبينة فى شكل ( ٤ - ١ ) . تكون قاعدة النفق عريضة ، وتملأ بالماء الملح ، يغطى النفق بشريحة من البوليثلين المعامل لتحمل الأشعة فوق البنفسجية ، والتى تستند على أقواس سلكية . تؤدى الطاقة الشمسية إلى تبخر الماء ، ليتكثف على السطح الداخلى لغطاء البوليثلين ، ثم لتزلق قطراته ، وتتجمع فى مجرىين جانبيين منحدرين ؛ ليصل بخار الماء المتكثف فى نهاية الأمر إلى خزان خاص معد لهذا الغرض . تناسب هذه الطريقة المناطق الحارة ، ويلزم معها معاملة السطح الداخلى للغطاء البلاستيكى بمادة تقلل التوتر السطحي لقطرات الماء المتكثفة ؛ بحيث تنزلق سريعاً أولاً بأول . يعيب هذا النظام قلة كمية المياه المتكثفة التى تنتج منه .



شكل ( ٤ - ١ ) : تقطير المياه بالطاقة الشمسية في الأنفاق البلاستيكية .

٢ - استعمال أجهزة التقطير الكهربائية : تعمل هذه الأجهزة بكفاءة عالية ، وتنتج ماء نقياً بكميات كبيرة ، ولكن تكلفتها الإنشائية والتشغيلية عالية . يعتمد عمل هذه الأجهزة على تبخير الماء - تحت ضغطٍ منخفضٍ - على حرارة تقل عن ٥٠ م° .

### ٣ - التحلية بخاصية الأسموزية العكسية Reverse Osmosis :

عندما يُفصل محلولان مائيان مختلفان في ضغطيهما الأسموزي - كلاهما عن الآخر - بغشاء شبه منفذ ( غشاء منفذ للمادة المذابة وغير منفذ للأملاح المذابة ) ، فإن الماء يمر من المحلول ذي التركيز الملحي المنخفض - من خلال الغشاء - إلى المحلول ذي التركيز الملحي المرتفع . وإلى أن يتساوى تركيز الملح على جانبي الغشاء فإنه يوجد فرق في الضغط الأسموزي عبره . ويعتمد مدى هذا الضغط على الفرق بين تركيزي المحلولين . وإذا ما عُرِضَ المحلول ذو التركيز الملحي المرتفع لضغطٍ فيزيائيٍّ يزيد على فرق الضغط الأسموزي بين المحلولين ، فإن الماء يتحرك عبر الغشاء شبه المنفذ في الاتجاه العكسي ( أي من المحلول ذي التركيز الملحي المرتفع إلى

المحلول ذى التركيز الملحي المنخفض ) . ونظراً لأن الضغط الفيزيائي يعكس حركة الماء التى تحدثها الخاصية الأسموزية ؛ لذا . . فإن هذه العملية تُعرف باسم «الأسموزية العكسية» . ويستعمل لهذا الغرض - عادةً - غشاء شبه منفذ يصنع من خلاات السيليلوز أو من نوع من النايلون يعرف باسم « بولى أمايد polyamide » .

هذا . . وينتج عن هذه العملية محلولان ، يعرف أحدهما باسم « المحلول النافذ Permeate » ، وهو عذب نسبياً ، ويحتوى على ٥٪ - ١٠٪ من نسبة الأملاح الأصلية الموجودة فى الماء الذى تتم تحليته ، بينما يعرف الثانى باسم « المحلول الملحي المركز Concentrate » وهو شديد الملوحة .

#### ٤ - نزع الأيونات Deionisation :

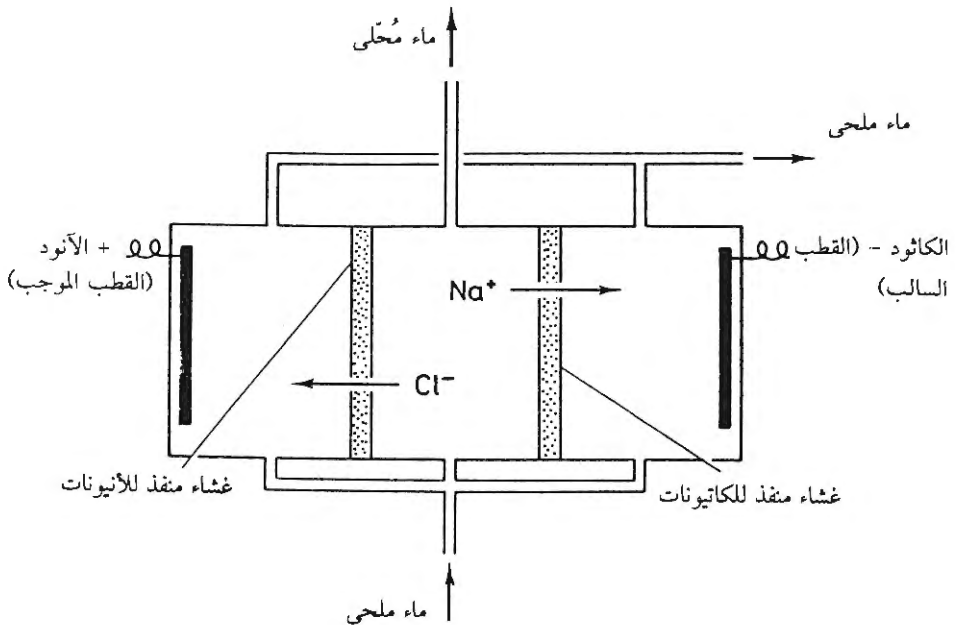
يتم فى هذه الطريقة إزالة الأيونات من الماء ، على عكس طريقة التقطير التى يتم فيها سحب الماء من الأملاح الذائبة . ويجرى ذلك باستعمال أعمدة Columns ( أسطوانات ) خاصة يحدث فيها تبادل للأيونات ؛ حيث يتم فى بعضها تبادل الكاتيونات مع أيون الأيدروجين ، بينما يتم فى بعضها الآخر تبادل الأنيونات مع أيون الهيدروكسيل ، وعندما تستبدل بجميع الأيونات من هذه الأعمدة أيونات الماء الملحي فإنه يتم تنشيطها من جديد بإمرار محلول مركز من حامض - أو قلوي - من خلالها ، حسب نوع العمود ؛ حيث يؤدي ذلك إلى إزالة الصوديوم وآية كاتيونات أخرى من أحد الأعمدة ، وإزالة الكلورين وآية أنيونات أخرى من الأعمدة الأخرى وإحلال أيونات الأيدروجين وأيونات الهيدروكسيل بدلاً منهما على التوالى .

يمكن لهذه الأجهزة إنتاج كميات من المياه المنزوع الأيونات تصل إلى ٩٠٠٠ لتر فى الساعة ، وتتوقف تكلفتها على تركيز الأملاح التى توجد فى الماء الذى يُراد تحليته . ويفضل إتباع هذه الوسيلة فى تحلية الماء عندما تقل نسبة الأملاح فيه عن ٨٠٠ جزء فى المليون .

#### ٥ - الفصل الكهربائى للأيونات ( الديليزة الكهربائية ) Electrodialysis :

« الديليزة Dialysis » هى خاصية فصل المواد فى المحاليل بالاعتماد على غشاء اختياري النفاذية يسمح بنفاذ مواد ذائبة معينة من خلاله ، ويمنع مرور مواد أخرى ذائبة . أما التحليل الكهربائى Electrolysis فهو الخاصية التى يمكن ملاحظتها عند

مرور تيار كهربائي خلال محلول مائي ؛ حيث يعمل المحلول على توصيل التيار الكهربائي من القطب الموجب anode إلى القطب السالب cathode ، وتتحرك أثناء ذلك الكاتيونات - خلال الماء - إلى القطب السالب ، بينما تتحرك الأنيونات تجاه القطب الموجب ، ويسمح الجمع بين خاصيتي الديليزة والتحليل الكهربائي - فى الديليزة الكهربائية - بتخليه المياه الملحية ؛ حيث يقسم الخوض الذى يحدث فيه التحلل الكهربائي إلى ثلاث حجرات . وبموجب هذا التقسيم تفصل الحجرة الوسيطة عن الكاثود بغشاء اختياري النفاذية يسمح بمرور أيون الصوديوم ويمنع مرور أيون الكلور ، بينما تفصل هذه الحجرة عن الأنود - من الجانب الآخر - بغشاء آخر اختياري النفاذية كذلك ولكنه يسمح بمرور أيون الكلورين ، بينما يمنع مرور أيون الصوديوم . ويحدث نتيجة ذلك تحرك أيونى الصوديوم والكلور - من الحجرة الوسطية - نحو الكاثود والأنود ، على التوالي ؛ ليصبح الماء فى الحجرة الوسطية منخفضاً كثيراً فى محتواه من الأملاح ( شكل ٤ - ٢ ) ( عن Cooper ١٩٧٩ ) .



شكل ( ٤ - ٢ ) : عملية « الديليزة » الكهربائية Electrodialysis .