غير ميسرة. وقد يزداد محتواه من أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم 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 بالأيدروجين الذى يحل محل كاتيونات الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم. ثم يمرر 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، إلاّ أن ماء الشرب العسر المعامل بالصوديوم — ليحل محل كاتيونات الكالسيوم والمغنيسيوم لجعله غير عسر (soft) — لا يصلح لتحضير المحاليل المغذية لزيادة محتواه من عنصر الصوديوم.

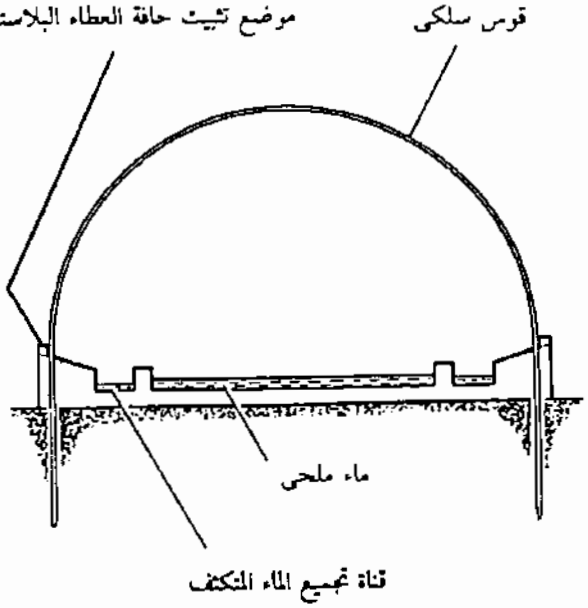
وسائل غير تقليدية لتوفير المياه التى تلزم للزراعة

عندما 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.

تقطير المياه بالطاقة الشمسية Solar Distillation

أن أبسط الطرق لتحقيق ذلك هى باستعمال الأنفاق البلاستيكية بالكيفية المبينة فى شكل (٤-١) تكون قاعدة النفق عريضة، وتملأ بالماء الملحى. يغطى النفق بشريحة من البوليثيلين المعامل لتحمل الأشعة فوق البنفسجية، والتى تستند على أقواس سلكية. تؤدى الطاقة الشمسية إلى تبخر الماء، ليتكثف على السطح الداخلى لغطاء البوليثيلين، ثم لتنزلق قطراته، وتتجمع فى مجريين جانبيين منحدرين ليصل بخار الماء المتكثف فى نهاية الأمر إلى خزان خاص معدٌ لهذا الغرض. تُناسب هذه الطريقة المناطق الحارة، ويلزم معها معاملة السطح الداخلى للغطاء البلاستيكى بمادة تقلل التوتر السطحى

لقطرات الماء المتكثفة، بحيث تنزلق سريعًا أولاً بأول. يعيب هذا النظام قلة كمية المياه المتكثفة التى تنتج منه.



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

استعمال أجهزة التقطير الكهربائية

تعمل هذه الأجهزة بكفاءة عالية، وتنتج ماء نقيًا بكميات كبيرة، ولكن تكلفتها الإنشائية والتشغيلية عالية. يعتمد عمل هذه الأجهزة على تبخير الماء — تحت ضغط منخفض — على حرارة تقل عن ٥٠°م.

التحلية بخاصية الأسموزية العكسية Reverse Osmosis

عندما يُفصل محلولان مائيان مختلفان فى ضغطهما الأسموزى — كلاهما عن الآخر — بغشاء شبه منفذ (غشاء منفذ للمادة المُذيبة وغير منفذ للأملاح المُذابة)، فإن الماء يمر من المحلول ذى التركيز الملحى المنخفض — من خلال الغشاء — إلى

المحلول ذى التركيز الملحى المرتفع وإلى أن يتساوى تركيز الملح على جانبى الغشاء فإنه يوجد فرق فى الضغط الأسموزى عبره ويعتمد مدى هذا الضغط على الفرق بين تركيزى المحلولين وإذا ما عرض المحلول ذو التركيز الملحى المرتفع لضغط فيزيائى يزيد على فرق الضغط الأسموزى بين المحلولين، فإن الماء يتحرك عبر الغشاء شبه المنفذ فى الاتجاه العكسى (أى من المحلول ذى التركيز الملحى المرتفع إلى المحلول ذى التركيز الملحى المنخفض) ونظرا لأن الضغط الفيزيائى يعكس حركة الماء التى تحدثها الخاصية الأسموزية، لذا فإن هذه العملية تُعرف باسم "الأسموزية العكسية". ويستعمل لهذا الغرض — عادة — غشاء شبه منفذ يصنع من خلات 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 نسبيًا، ويحتوى على ٥٪-١٠٪ من نسبة الأملاح الأصلية الموجودة فى الماء الذى تتم تحليته، بينما يعرف الثانى باسم "المحلول الملحى المركز Concentrate" وهو شديد الملوحة

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 تبدل الأنيونات مع أيون الهيدروكسيل، وعندما تستبدل بجميع الأيونات من هذه الأعمدة أيونات الماء الملحى فإنه يتم تنشيطها من جديد بإمرار محلول مركز من حامض — أو قلوى — من خلالها، حسب نوع العمود؛ حيث يؤدى ذلك إلى إزالة الصوديوم وأية كاتيونات أخرى من أحد الأعمدة، وإزالة الكلورين وأية أنيونات أخرى من الأعمدة الأخرى وإحلال أيونات الأيدروجين وأيونات الهيدروكسيل بدلاً منها على التوالى

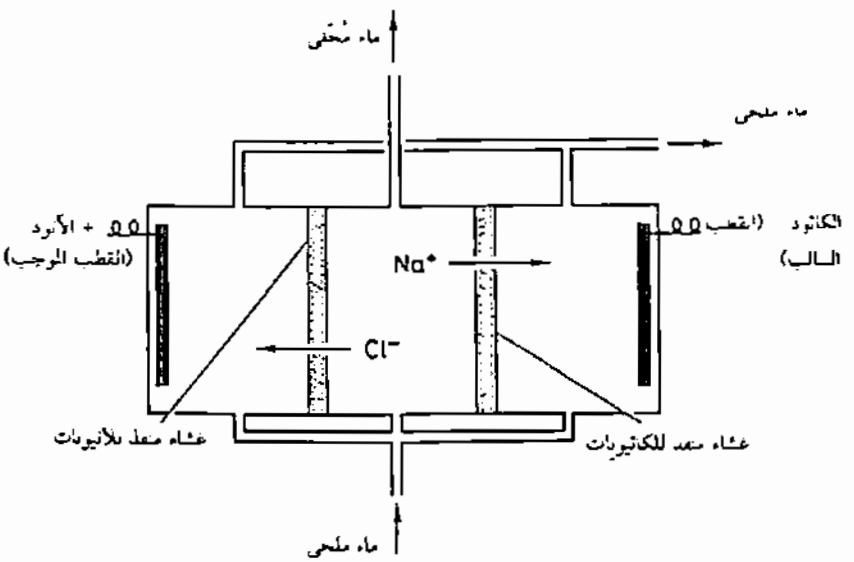
يمكن لهذه الأجهزة إنتاج كميات من المياه المنزوع الأيونات تصل إلى ٩٠٠٠ لتر فى الساعة، وتتوقف تكلفتها على تركيز الأملاح التى توجد فى الماء الذى يُراد تحليته. ويفضل إتباع هذه الوسيلة فى تحلية الماء عندما تقل نسبة الأملاح فيه عن ٨٠٠٠ جزء فى المليون.

الفصل الكهربائى للأيونات (الديلزة الكهربائية) Electrodialysis.

"الديلزة Dialysis" هى خاصية فصل المواد فى المحاليل بالاعتماد على غشاء اختيارى 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 كهربائى خلال محلول مائى؛ حيث يعمل المحلول على توصيل التيار الكهربائى 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 خاصيتى الديلزة والتحليل الكهربائى — فى الديلزة الكهربائية — بتحليه المياه الملحية؛ حيث يقسم الحوض الذى يحدث فيه التحلل الكهربائى إلى ثلاث حجرات. وبموجب هذا التقسيم تفصل الحجرة الوسطية عن الكاثود بغشاء اختيارى النفاذية يسمح بمرور أيون الصوديوم ويمنع مرور أيون الكلور، بينما تفصل هذه الحجرة عن الآنود — من الجانب الآخر — بغشاء آخر اختيارى النفاذية كذلك ولكنه يسمح بمرور أيون الكلورين، بينما يمنع مرور أيون الصوديوم. ويحدث نتيجة ذلك تحرك أيونى الصوديوم والكلور — من الحجرة الوسطية — نحو الكاثود والآنود — على التوالى؛ ليصبح الماء فى الحجرة الوسطية منخفضًا كثيرًا فى محتواه من الأملاح (شكل ٤-٢).

وقد وجد أن إضافة ماء البحر المنقى من الأيونات الأحادية بالديلزة الكهربائية electrodialyzing (استخدمت فيها لُفيفة من غشاء انتقائى selective membrane cartridge)، وذلك بتركيز ٢٪ من المحلول المغذى المستعمل فى رى الباذنجان فى

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