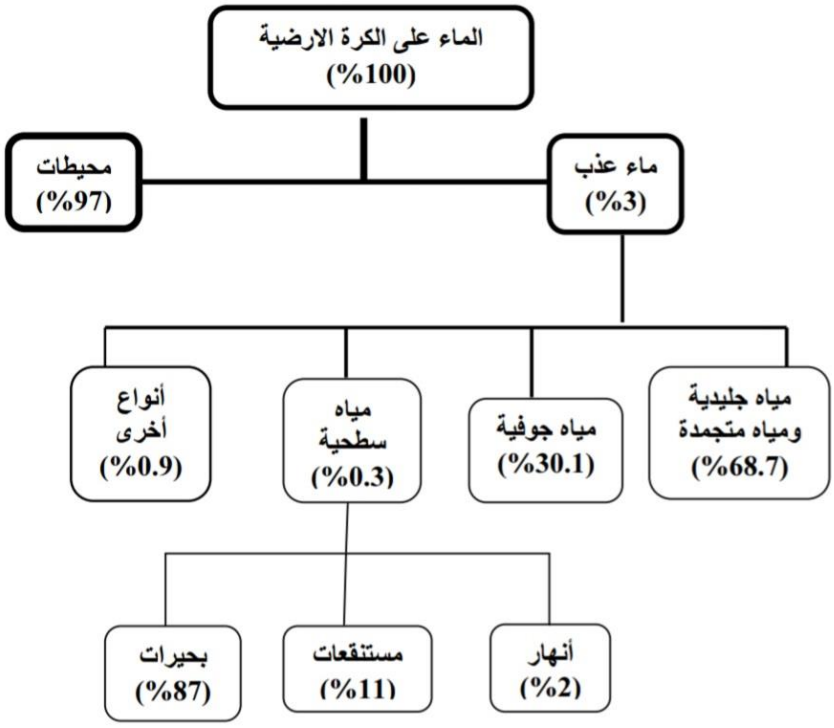
نوعية مياه

المحاضرة الأولى

صفات ومميزات الماء

تكمن أهمية الماء للحياة في كونه يدخل في تركيب الخلايا بنسبة 75-95% من الكتلة البروتوبلازمية كما يدخل في الأنسجة المختلفة. بدون الماء، لا تتم عملية الهضم والامتصاص والتمثيل الغذائي إلا بوجود وسط مائي. يسمى الغلاف المائي على الكرة الأرضية بالهيدروسفير Hydrosphere وتمثل المساحة للبحار والمحيطات ب 71% من سطح الأرض



الماء مركب كيميائي مكون من ذرتي هيدروجين وذرة من الأكسجين. ينتشر على الأرض بأشكاله المختلفة: السائل، الصلب والغاز. والشكل السائل يكون شفافا بلا لون، ولا طعم، ولا رائحة. يعتبر العلماء أن الماء أساس الحياة على أي كوكب. لصفات الماء أهمية في الحياة، في استعمال الإنسان وترتيب المنظر والمناخ. من هذه الصفات نذكر ما يلي:

مميزات كيميائية

- التعادل الحامضي: الماء سائل متعادل الحموضة، إذ أن درجة الحموضة أو القاعدية فيه هي 7 درجات، وهذا يعني أنه لا يمكن اعتبار الماء مادة حامضية أو قاعدية.
- الإذابة: الماء مادة مذيبة، أي من الممكن إذابة الكثير من الأملاح والمواد في الماء. الماء الموجود في الطبيعة ليس نقياً بشكل مطلق وذلك بسبب وجود الأملاح والغازات في الماء الموجود بالطبيعة. لكي تذوب مادة في الماء يجب أن تحتوي على أيونات حرة، أو أن تكون مادة متقطبة (لأن "المثل يذوب بالمثل" والماء مادة متقطبة لهذا السبب يعتبر الماء مذيبا جيدا للعديد من المواد).

الماء هو مذيب جيّد.

أ. إشرح كيف تمكن هذه الصفة المخلوقات من العيش في الماء.

ب. تنتشر الملوثات في المياه بسرعة. اشرح لماذا.

مميزات فيزيائية

- تميل جزيئات الماء إلى التصرف كمجموعات مترابطة وليس كجزيئات منفصلة، ومجموعات جزيئات الماء تكون محتوية على فراغات.
- يتمدد الماء بالحرارة وينكمش بالبرودة شأنه في ذلك شأن كل السوائل والغازات والأجسام الصلبة، إلا أنه يسلك سلوكا شاذا تحت درجة 4 °C حيث أنّه يتمدد بدلا من أن ينكمش وهذا يجعل ثقله النسبي (أي كثافته) يقل بدلا من أن يزيد وبذلك يخف

فيرتفع إلى الأعلى، وعندما يتجمد في درجة الصفر المئوي يكون تجمده فقط على السطح بينما في الأسفل يكون الماء سائلا في درجة 4°C، وفي ذلك حماية كبيرة للأحياء التي تعيش في الماء.

- **التوصيل للكهرباء** :الماء مادة موصلة سيئة للكهرباء، ولكن بما أن الماء مادة مذيبة، فعند إذابة الأملاح في الماء، أو إذابة مواد أخرى، يصبح الماء موصلا جيدا للكهرباء.
- **التماسك (اقتران)**: حيث تنجذب جزيئات الماء إلى بعضها البعض بواسطة وجود **أربطة هيدروجينية** بينها، وهذه الصفة تساعد على ارتفاع الماء في الأوعية الخشبية للنبتة.
- التماسك و**التلاصق**: للماء مقدرة للالتصاق بالاسطح مثل جدران الأنابيب مما يعطيها شكل الأنابيب، وهذه الصفة أيضًا تساعد في ارتفاع الماء في الأوعية الخشبية للنبتة.
- **الخاصة الشعيرية**: وجود صفتي التماسك والتلاصق تساعد الماء في الارتفاع في أنابيب ضيقة تدعى شعيرات دون ممارسة أي ضغط عليها وهذا ما يسمى بالخاصة الشعرية.

الحالات الثلاث للماء

تبلغ كثافة الماء في الحالة السائلة 1000 كيلوغرام لكل متر مكعب، وعندما يصبح جليداً تصبح كثافته 917 كيلو غرام لكل متر مكعب.

انتبه!

شذوذ الماء

الماء في الحالة الصلبة أخف من الماء في الحالة السائلة، وهذا بعكس بقية السوائل في الطبيعة. ولذلك فإن تبريد الماء يؤدي إلى تقلص حجمه حتى تصبح درجة حرارة الماء 4 درجات مئوية، ولكنه بعد ذلك ينعكس هذا الوضع إلى تمدد فيزداد حجم الماء تحت هذه الدرجة حتى الدرجة صفر مئوية والتي عندها يتحول الماء إلى جليد صلب ذي كثافة أقل. وتنعكس هذه الظاهرة على الحياة في البحار العميقة والمتجمدة، حيث نلاحظ أن الطبقة العليا من البحر قد تجمدت وعندما نغوص في هذا البحر نجد أن الأسماك والحيوانات البحرية والكائنات الحية تعيش حياة طبيعية، فسبحان الله الذي لم ينسَ هذه الحيوانات في أعماق البحار وظلماتها وبرودة مائها!

ويتميز الماء بحرارة نوعية عالية، أي أن الماء يحتاج لكمية حرارة كبيرة لرفع درجة حرارته،

فالماء إذن يسخُن ببطء ويبرد ببطء. فكل غرام من الماء يحتاج إلى وحدة حرارية «كالوري1» لرفع درجة حرارته درجة مئوية واحدة. وهذا يعني أن كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء من الدرجة صفر إلى الدرجة مئة مئوية، هي مئة وحدة حرارية.

هنالك ميزة أخرى مهمة وهي أن الماء يحتاج لحرارة كبيرة (الحراره النوعيه) حتى يتحول من حالة لأخرى. فإذا أردنا أن نحول غراماً من الماء إلى بخار ماء، أي من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية فإننا نحتاج إلى 600 كالوري، وذلك عند الدرجة 100 مئوية. أما إذا أردنا أن نحول غراماً من الماء إلى جليد، أي من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة فإنا نحتاج إلى 80 كالوري، وذلك الدرجة صفر2.

كذلك فإن درجة غليان الماء ودرجة تجمده تتأثران بالمحيط. فإذا ما أردنا أن نغلي الماء على قمة جبال الهملايا فإن الماء سيغلي عند الدرجة 70 مئوية فقط. وإذا نزلنا إلى أعماق المحيط فإن الماء لن يغلي قبل الدرجة 650 مئوية.

[1] الكالوري هي وحدة لقياس كمية الحرارة.

نرى في هذا الشكل الحالات الثلاث للماء، الحالة الصلبة والحالة السائلة والحالة الغازية. فعندما يتحول الماء من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية مروراً بالحالة السائلة فإنه يمتص كمية من الطاقة، وعندما يتم التحول من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة يتم تحرير الطاقة.

انتبه!

الحرارة النوعية

هي كمية الحرارة اللازمة لتتغير درجه حرارة وحدة الكتلة من الجسم بمقدار درجه واحدة.

إذا أخذنا كتلتين متساويتين من الماء والزيت وقمنا بتسخينهما لفترة متساوية بنفس اللهب فإننا نلاحظ بعد فترة أن درجة الحرارة الماء تكون أقل بكثير من درجة حرارة الزيت وهذا يعنى أن للماء سعة حرارية أكبر من السعة الحرارية للزيت. ولذلك نقول أن الحرارة النوعية للماء أكبر من الحرارة النوعية للزيت.

وسبب اختلاف الحرارة النوعية من مادة إلى أخرى يعود إلى مدى تراص وترابط ذرات المادة ومن ثم قدرتها على توصيل الحرارة. فلى سبيل المثال: ذرات الحديد تكون متراصة بشكل جيد بحيث عند تسخنه تنتقل الحرارة بين أجزائه بسرعة ومن ثم ترتفع درجة حرارته بسرعة أيضاً، أما في حالة الماء فان جزيئات الماء ليست مترابطة بنفس الشدة ولا هي متراصة بل تتحرك بحرية كبيرة لذلك يكون توصيل الحراة فيما بينها أضعف وتحتاج إلى قدر أكبر من الحرارة.

للماء دور مهم في حياة الإنسان، الحيوان والنبات وبدون الماء لا تكون حياة على سطح الكرة الأرضية. الماء هو المادة الأكثر وجودًا في جميع الأجسام الحية، حيث يتواجد في الخلية بنسبة 50-60% من وزن الخلية، ويتواجد بنسبة 70% من وزن الإنسان والخضراوات ويشكل 90% من وزن

الفواكه. تأتي أهمية الماء للإنسان بعد الأكسجين مباشرّة، فالإنسان يحتاج إلى بضعة لترات منه كل يوم. يعتبر الماء ضروري للحيوان والنبات فهو يشكل بيئة حياتية ملائمة للقيام بتفاعلات بيولوجية داخل الخلايا.

تحتاج جميع الكائنات الحية إلى الماء للقيام بعمليات الحياة المختلفة، وهذه الكائنات بحاجة إلى مياه عذبة، لكنّ غالبية (97.5%) المياه الموجودة على الكرة الأرضية هي **مياه مالحة** وأغلبها موجود في المحيطات ولذلك لا تستطيع معضم الكائنات الحية استغلالها. فقط 2.5% من المياه هي عذبة وأغلبها موجود بكتل ثلجية أو بالهواء كبخار ماء أو بالمياه الجوفية العميقة، ولهذا هي ليست متيسرة للاستعمال بمعظمها. يمكن القول أنه فقط 0.75% من المياه العذبة متيسّرة ويمكن استعمالها. إن كمية المياه المستغلة غير متساوية في الدول المختلفة، حيث يقرر المناخ في كل دولة كمية المياه التي تتبخر أو التي تهطل على شكل أمطار. لهذا السبب نجد بعض الدول غنية جدًا بالمياه ودول أخرى فقيرة بالمياه.

انتبه!

إن أقل من 1% من كمية المياه الموجودة في الكرة الأرضية هي مياه متيسرة للاستعمال الحيوي

وظائف الماء للكائنات الحية

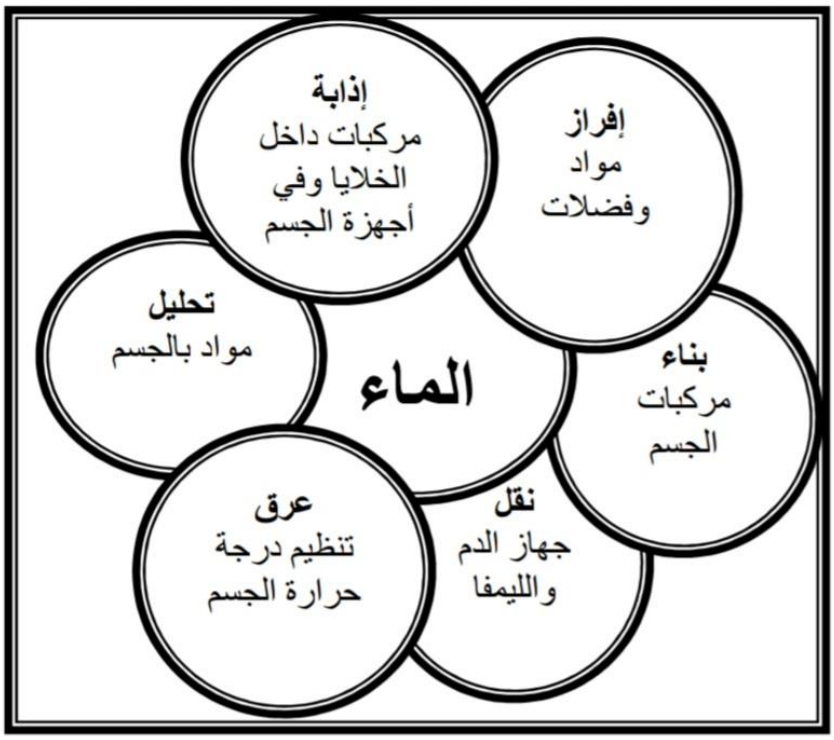
للماء أهمية حيوية لعيش الكائنات الحية بما فيها الإنسان. لأن له وظائف متعددة بالجسم. حيث الماء أهم مكونات الكائن الحي فنجد أن من 50 –90% من وزن الكائن الحي هو ماء.

يقوم الماء بوظائف عديدة هامة وحيوية للمحافظة على استمرار الحياة وتتلخص فيما يلي:

1. يعتبر الماء الوسط الذي يذوب فيه وتنتقل بواسطته جميع عناصر الغذاء من عضو لآخر حيث تؤدي وظائفها.
2. يسهل عمليات الهضم والامتصاص والإخراج.
3. يحافظ على مستوى الضغط الأسموزي بداخل وخارج الخلايا عند الحد الطبيعي ويقوم بعملية التوازن داخل الجسم.
4. يقوم بدور هام في المحافظة على ثبات درجة حرارة الجسم عند حدها الطبيعي ففي الأجواء الحارة وعند شعور الشخص بارتفاع درجة الحرارة لأصابته بحمى مثلاً يحدث عملية العرق التي ترطب الجلد وتوازن درجة حرارته وتؤدي إلى انخفاضها.
5. يحمل الماء المواد الضارة أو السامة للجسم والناتجة عن التركيب الغذائي عن طريق الكليتين ليتخلص منها على هيئة بول مثل البولينا والحامض البولي وغيرها.
6. يقوم الماء بدور الملين للمواد الغذائية فيسهل عملية مضغها لوجوده باللعاب وبالتالي بلعها وهضمها.
7. تسهيل عملية الإخراج وتخلص الجسم من الفضلات، بواسطة الماء داخل القناة الهضمية.
8. يعتبر الماء عنصراً هاماً في عملية بناء الخلايا ويساعد على سرعة التئام الأنسجة عند إصابتها بالجروح.

تخطيط يُجمل أهمية الماء المتنوعة لجسم الكائن الحي:

أهمية الماء للكائنات الحية



تدخّل الإنسان في دورة المياه في الطبيعة

تعتبر المياه **موردًا متجددًا** حيث أن أغلب المياه المستهلكة من قبل الكائنات الحية والمياه الضرورية لاحتياجات أخرى تعود مجددًا إلى البيئة، أحيانًا مع انخفاض في الجودة. لتجديد المياه هنالك عمليتان أساسيتان: الأولى هي عملية التبخر من المجمعات المائية المختلفة، من التربة ومن الكائنات الحية. أما العملية الثانية فهي التنقية الذاتية الطبيعية في البحيرات والأنهار والبحار بواسطة عمل المحللات. هذه المحللات تقوم بتحليل المواد العضوية التي تشكل غذاءها إلى ماء وثاني

اوكسيد الكربون بشكل خاص، إضافة إلى مواد أخرى. إن كمية المياه ثابتة تقريبا بالعالم وذلك بسبب دورة المياه بالطبيعة، والتي تتم بواسطة تبخر المياه وتجمع هذا البخار على شكل غيوم، التي تعود مجددًا إلى الأرض. يقوم الإنسان بإعاقة هذه الدورة عن طريق زيادة الملوثات المنطلقة إلى المجمعات المائية مما يؤثر على عملية التبخر. يقوم الإنسان بعدة عمليات يعيق بها هذه الدورة مثل:

1. تحويل مياه المجاري إلى المجمعات المائية.
2. تلوث الهواء وتكوين المطر الحامضي.
3. قطع الغابات مما يؤدي إلى انجراف التربة وعدم تغلغل المياه إلى الخزانات الجوفية.
4. رش **الأسمدة الكيماوية** والمبيدات التي تنجرف في نهاية الأمر إلى المجمعات المائية.
5. تغطية مساحة الأرض بالبنايات والشوارع مما يقلل من تغلغل المياه في التربة.

جميع هذه الأعمال تؤدي بالطبع إلى تقليل كمية المياه الصالحة للاستعمال وتؤثر على دورة المياه في الطبيعة.

1. **إشرح لماذا تُعتبر المياه مورداً متجدداً، ولماذا يمكن أن يطرأ انخفاض على جودة المياه.**
2. **صف عمليتين طبيعيتين تساهمان في تجدّد المياه.**
3. **اشرح لماذا تعتبر المياه العذبة مورداً متجدداً بينما المياه الأحفورية ليست مورداً متجدداً؟**

تخطيط دورة الماء على سطح الكرة الأرضية، *ونلاحظ من خلال هذا الشكل (المعتمد من قبل وكالة الجيولوجيا الأمريكية) كيف تتوزع كميات المياه المتبخرة والمتساقطة بنسب محددة، وتتحول من منطقة لأخرى بنظام دقيق يشهد على صدق قول الحق تبارك وهنا يتجلى قوله تعالى: ﴿وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ﴾ [المؤمنون: 18].*

مراحل الدورة العامة للمياه

يغطي الماء 70% من مساحة سطح الأرض على شكل محيطات وبحار. تحتوي المحيطات والبحار على 97.5% من ماء كوكب الأرض بينما لا تتجاوز حصة اليابسة 2.5% والتي تكون عادة على شكل أنهار وبحيرات وبرك ومياه جوفية أو رطوبة تربة. ماء البحار والمحيطات مالحا أما مياه اليابسة فغالبا ما تكون عذبة،ويمكن أن يتواجد الماء على شكل سائل أو صلب أو غاز في الغلاف الجوي حيث تبلغ نسبته في الغلاف الجوي أقل من 0.001%.

1- التبخير

وهو عملية تحول الماء من حالة السيولة إلى الحالة الغازية وهي العملية التي ترطب الغلاف الغازي حيث تعمل حرارة الشمس والرياح على تحويل الماء من سائل إلى غاز (من حالة الصلابة إلى غاز تسمى التسامي وهي قابلة للحدوث في الطبيعة ولكن على نطاق ضيق جدا). 80% من بخار الماء في الطبيعة مصدره المحيطات والباقي من مياه اليابسة. يتواجد معظم بخار الماء في الغلاف الغازي على شكل غاز ونسبة قليلة منه تتواجد على شكل غيوم. تعتبر هذه العملية أساسية في نقل الماء من المسطحات المائية إلى مناطق أخرى على شكل أمطار كما أن هذه العملية تلعب دورا هاما في توزيع الطاقة بين أركان الأرض الثلاثة اليابسة والماء والهواء حيث تخزن جزيئات الماء في عملية التبخر طاقة داخلية تسمى الطاقة الكامنة والتي تطلق على شكل طاقة محسوسة عند عملية التحول العكسي أي من بخار إلى ماء (المطر).

2- النقل

وهو يمثل عملية تجول بخار الماء في الغلاف الغازي مؤثرا على رطوبة الكتل الهوائية ويكون خلال ذلك محكوما بحركة الرياح مثل التيارات النفاثة في أعلى الغلاف الغازي أو نسيم البحر والبر. على الرغم من أن بخار الماء في الغلاف الغازي في أكثر الأحوال يكون غير مرئي بالعين المجردة ولكنه يمكن مراقبته بواسطة الأقمار الصناعية.

3- التكاثف

وهو عملية تحول بخار الماء إلى سائل (يمكن أن يحول بخار الماء إلى حالة الصلابة مباشرة وتسمى هذه الحالة عملية الترسب) حيث أن حركة الهواء لأعلى تعمل على تبريد الهواء ذاتيا مما يجعله يفقد قدرته تدريجيا على حمل بخار الماء فيكثف متحولا إلى غيوم ومن ثم مطر. أما حركة الهواء لأعلى فهي نتاج تيارات الحمل أو الجبهات أو التضاريس.

4- الهطول

وهو عملية انتقال الماء الناتج عن التكاثف في الغيوم من الهواء إلى أسفل (الماء أو اليابسة). تعتمد حجم قطرة الماء الساقطة على تيارات الهواء الصاعدة وتعمل قوى التصادم بين القطرات المائية في الغيوم على زيادة حجم القطرة حتى تصل الحجم القادر على التغلب على التيارات الصاعدة ومن ثم تسقط باتجاه الأسفل وفي حال سقطت على اليابسة فان طاقتها الحركية تتحول إلى شغل يعمل على تفتيت التربة عند الاصطدام بها.

تتغير كميات الهطول من مكان إلى مكان ومن زمان إلى زمان (منطقة قد تعاني لفترة طويلة من جفاف ثم فجأة تتعرض لفيضان) ولكن كميات المطر التراكمية العالمية ثابتة والتي هي أصلا تعتمد على معدل حرارة الغلاف الغازي و حجمه والذين يعتبران ثابتتين (في حال تأكد زيادة درجة حرارة الأرض فان هذا يعني زيادة في كميات الأمطار)

5- الاعتراض

جزء من ماء المطر يتعرض للاعتراض من قبل النباتات وحواجز أخرى مما يعمل على تقليل التعرية وانجراف التربة.

6- النتح

تعمل النباتات على امتصاص الماء من التربة بواسطة جذورها والذي يمكن أن تمتصه من أعماق بعيدة ومن ثم تخزن جزء منه في أجزاء النبات وثماره وتطلق الباقي للغلاف الغازي في عملية النتح.

7- الجريان

تتجمع مياه الأمطار والينابيع والثلوج الذائبة لتشكل الجداول والأنهار والبحيرات والسدود الطبيعية والاصطناعية وعادة ما يكون الجريان في أوجه بعد الأمطار الغزيرة وفوق المناطق الرملية التي تصل إلى حالة الإشباع بسرعة مما يؤدي إلى حدوث الفيضانات بمختلف أشكالها.

8- الترشيح

وهي عملية تعمل على تصدير الماء إلى باطن الأرض حيث تنتقل مياه الأمطار إلى باطن الأرض ويعتمد معدل الترشيح على العوامل التالية: معدل هطول الأمطار، كيفية الهطول، الغطاء النباتي، كيمياء التربة وتركيبها ورطوبة التربة حيث أن التربة تمنع تسرب الماء للأسفل إلا بعد أن تصل حالة الإشباع وهي كمية الماء التي تستطيع أن تحملها بين جزيئاتها وتسمى هذه الكمية بالسعة الحقلية. وبالنظر إلى المقطع العرضي التالي نلاحظ وجود منطقتين رئيسيتين هما منطقة التروية وهي التي تزود النبات بحاجته من الماء ومنطقة الإشباع وهي المنطقة التي تخزن المياه الجوفية والتي يمكن استخراجها عن طريق الحفر إلى ما يسمى مستوى المائدة المائية (water table). في حالة الفيضان يكون هذا المستوي أعلى من سطح الأرض أو يساويه. وفي حال وجدت هذه المياه طريقها إلى السطح بشكل طبيعي تتشكل الينابيع بشكل عام تتحرك المياه الجوفية بشكل أفقي باتجاه الأنهار والبحيرات ومن ثم البحار والمحيطات وبذلك تكتمل دورة المياه.

المحاضرة الثانية

انواع الموارد المائية في العراق

تكون الموارد المائية في العراق على ثلاث اشكال هي الامطار والثلوج والمياه السطحية (الانهار والجداول والبحيرات) والمياه الجوفية، وفيما يأتي توضيح لتلك المصادر[1].

اولا:- الامطار والثلوج

1- **الامطار:** تمثل الامطار المورد الاساسي الذي تعتمد علية الزراعة في العراق وهي المسؤولة عن تموين المياه الجوفية وتؤثر تأثيراً واضحاً في حجم تصريف المياه في انهار البلاد وتزداد الامطار الهاطلة فوق سفوح الجبال الواقعة شمال وشمال شرق العراق وتتناقص الكمية بالابتعاد عن الجبال، كما يتمتع البلاد ببعض الامطار خلال فصل الربيع نتيجة العواصف المطرية بين بضعة دقائق الى ساعة او اكثر ويتميز نظام المطر بعدم الانتظام والفصلية وندرة الحدوث ويتراوح كمية المطر في العراق بين 50 و100 ملم وقد ترتفع احيانا الى (120 ملم)[2]

2- **الثلوج:** يستلم البلاد العراقي وحوض دجلة والفرات وروافدها كمية من التساقط على شكل ثلج في الحالات التي تنخفض فيها درجة الحرارة الى ما دون الصفر المئوي، وان كمية الثلج وضمان استمرارها يعتمد على استمرار انخفاض درجة الحرارة دون درجة التجمد وتمد الثلوج المياه الجوفية والسطحية بجزء كبير من مياهها وتزداد اهمية الثلوج بزيادة المطر فقد تبقى الثلوج لمدة شهرين فوق الجبال على ارتفاع (1000م) مما يجعل لعامل الارتفاع دوراً بارزاً في سمك الثلوج ويبدأ سقوط الثلج في اواخر كانون الثاني وذوبانه يبدأ في اواخر نيسان او اوائل مايس وهكذا تكون الثلوج المتراكمة مصدراً مهماً يغذي كلا من المياه الجوفية (العيون والإبار) والمياه السطحية (الانهار والبحيرات)[3]

والملاحظ كثرة مياه الينابيع ومياه الشلالات في مصيف شمال العراق خلال صيف عام 2005 قياساً بصيف (2004) كما في مصيف سولاف وبيخال وشلال كلي علي بيك دليل كثرة الامطار والثلوج في موسم شتاء 2004-2005 قياسا بالموسم الذي سبقة[4]

ثانيا: المياه السطحية

وهي من اهم موارد البلاد المائية، ولا يمكن مقارنتها باي صورة من الصور بمورد البلد المائية الاخرى مثل الامطار والمياه الجوفية وهي تتمثل بالمياه التي تجري في نهري دجلة والفرات وشط العرب وروافدهما المختلفة ولكن هذه الموارد ترتبط بدرجة كبيرة بكمية الامطار والثلوج التي تتساقط في احواض الانهر الرئيسية (دجلة وروافده والفرات) كذلك بسياسات التشغيل

للسدود والخزانات المقامة في دول اعالي الانهر المشتركة في كل من تركيا وسوريا وايران.[1] وتلعب المياه السطحية دوراً مهماً في تحديد اماكن الاستيطان البشري فيه حيث نجد ان المدن والمستوطنات الاخرى ترتبط بمجاري الانهار وفروعها المختلفة لان معظمها ما هو الا مراكز اقليمية لمناطق زراعية تغذيها الانهار بمياهها ولا نجد مثل هذه الظاهرة واضحة في الاقسام الشمالية الجبلية من البلاد.[2] وبشكل عام يمكن القول ان كمية المياه السطحية الجارية لا تكون منتظمة خلال السنة وذلك لعلاقة جريان الماء مع التساقط التي يتزايد في فصل الشتاء وتظل مياهها في ارتفاع وانخفاض مستمر مع تذبذب كميات الامطار اعتباراً من تشرين الاول حتى نهاية شباط وبداية اذار، ولكن بعد ذلك ترتفع درجات الحرارة وتبدأ الثلوج المتراكمة على المرتفعات بالذوبان فيجعل الفيضان المستقرة الذي يستمر حتى نهاية مايس، وتختلف كمية المياه في احواض الانهار تبعا للسنوات الرطبة والجافة فعلى سبيل المثال ان الايرادات المائية الحالية لنهري دجلة والفرات اقل بكثير من معدلاتها الطبيعية مقارنة بالسنوات السابقة اذ بلغ المعدل السنوي لها (68، 88) مليارم^3 خلال المدة (1990 –1995) انخفض الى (53–95) مليارم^3 خلال المدة (1996–2002) ومن ثم الى (52،8) مليارم^3 خلال الفترة (2003–2009) وهذا يعني ان العراق يواجه ازمة مائية حقيقة بسبب انخفاض واردات نهري دجلة والفرات من جهة ومن جهة اخرى بسبب استخدام الري التقليدي الخاطئ.[3]

1- نهر الفرات

وهو من الانهار الهامة في الوطن العربي حيث يعتبر ثاني اطول نهر عربي بعد نهر النيل، وله ثقل اقتصادي وسياسي كبيرين.[4] ينبع نهر الفرات من الاقسام الشرقية في تركيا ويمكن تحديد منابعة العليا بين حوالي خطي طول 37–43 درجة شرقاً وبين دائرتي عرض 38,5–40 درجة شمالاً وتضم المنطقة المحصورة بين تلك الخطوط سلسلتين عاليتين من الجبال تحصران بينهما وديان عميقة هما سلسة طوروس الشرقية وسلسة طوروس الخارجية.[5] ويتكون من منابع عدة تقع شرق تركيا اهمها:

أ- فرات صو: الذي تقع منابعة في جبل دوملو يجري في سهل ارضروم – ارزنجان ويبلغ طوله 510كم

ب- مراد صو: الذي تقع منابعه في جبل صانجي يجري في هضبة ارمينيا ويلتقي بفرات صو قرب قرية خربوط ويبلغ طولة 600كم مكونا نهر الفرات، ويدخل الفرات سوريا بالقرب من مدينة جرابلس متجها نحوم الجنوب الشرقي ويصب فيه روافد البليخ بالقرب من مدينة الرقة والخابور بعد اجتيازه مدينة دير الزور ويدخل الحدود العراقية بعد مروره بمدينة البوكمال السورية وعند دخوله العراق في الحصيبة العراقية فانة يخترق بمجراه العميق جزءاً من الهضبة الغربية، ويدخل السهل الرسوبي عند مدينة الرمادي ويقترب بمجراه عند الفلوجة من نهر دجلة بحيث لا تزيد المسافة عن (40) كيلومتر ويكون مجرى الفرات في هذه المنطقة اعلى من مجرى نهر دجلة بـ (7) امتار وفي جنوب المسيب يتفرع الى فرعين كبيرين هما الفرع الاول فرع الحلة الذي يجري الى الجنوب الشرقي ماراً بمدينتي الحلة والهاشمية، وبعد الهاشمية يتفرع الى فرعين الفرع الشرقي يسمى بنهر الدغارة واما الفرع الغربي فيعرف بنهر الديوانية،اما الفرع الثاني فهو نهر الهندية الذي يتجه نحو الجنوب ماراً بمدينة الهندية (طويريج) ثم يتفرع الى فرعين احدهما فرع الكوفة من الجانب الغربي والثاني فرع الشامية من الجانب الشرقي ويلتقي الفرعان عند مدينة الشنافية فيتوحد المجرى ثم ينقسم بعد مسافة (1,5) كم الى فرعين اخرين هما فرع السماوة والسوير وبالقرب من مدينة الخضر يتوحد المجرى ماراً بمدينة الناصرية ثم سوق الشيوخ وبعد مدينة سوق الشيوخ تدخل مياه النهر الى هور الحمار من خلال مجموعة نواظم الحفار ثم يخترق النهر هور الحمار ويخرج من قناة

كبيرة تسمى كرمة علي تلتقي بنهر دجلة في شمال مدينة البصرة.[1] ويبلغ طول نهر الفرات من نقطة التقاء رافديه مراد صو وفرات صو حتى مصبه في شط العرب عند كرمة علي 2330 كم منها (1200كم) ضمن الحدود العراقية، اما القسم الباقي من نهر الفرات البالغ(1100كم) فيقع خارج حدود العراق (455كم تركيا و675كم في سوريا) وتبلغ مساحة حوض الفرات (289300كم).[2] ويتضح من الخريطة (1) نهر الفرات من المنبع وحتى المصب.

2- نهر دجلة

يعد نهر دجلة اهم مصادر المياه في العراق وذلك بسبب ضخامة ايراده السنوي وكذلك لكون 33,5% من ايراده السنوي يأتي من داخل العراق وهو بحدود 16 مليارم^3 سنويا.[3]

ينبع نهر دجلة من المرتفعات الواقعة جنوب شرق تركيا، ويلتقي بنهر الفرات عند منطقة كرمة علي شمال مدينة البصرة فيكونان شط العرب ويتكون من اتحاد روافد متعددة اكبرها (دجلة صو) الذي ينبع من المرتفعات الواقعة جنوب حوض نهر (مراد صو) مارا ببحيرة كولجك ثم يتجه نحو الشرق بعد مروره بديار بكر وخلال جريانه نحو الشرق يلتقي بنهر دجلة صو من جابه الايسر ثلاث روافد رئيسية هي

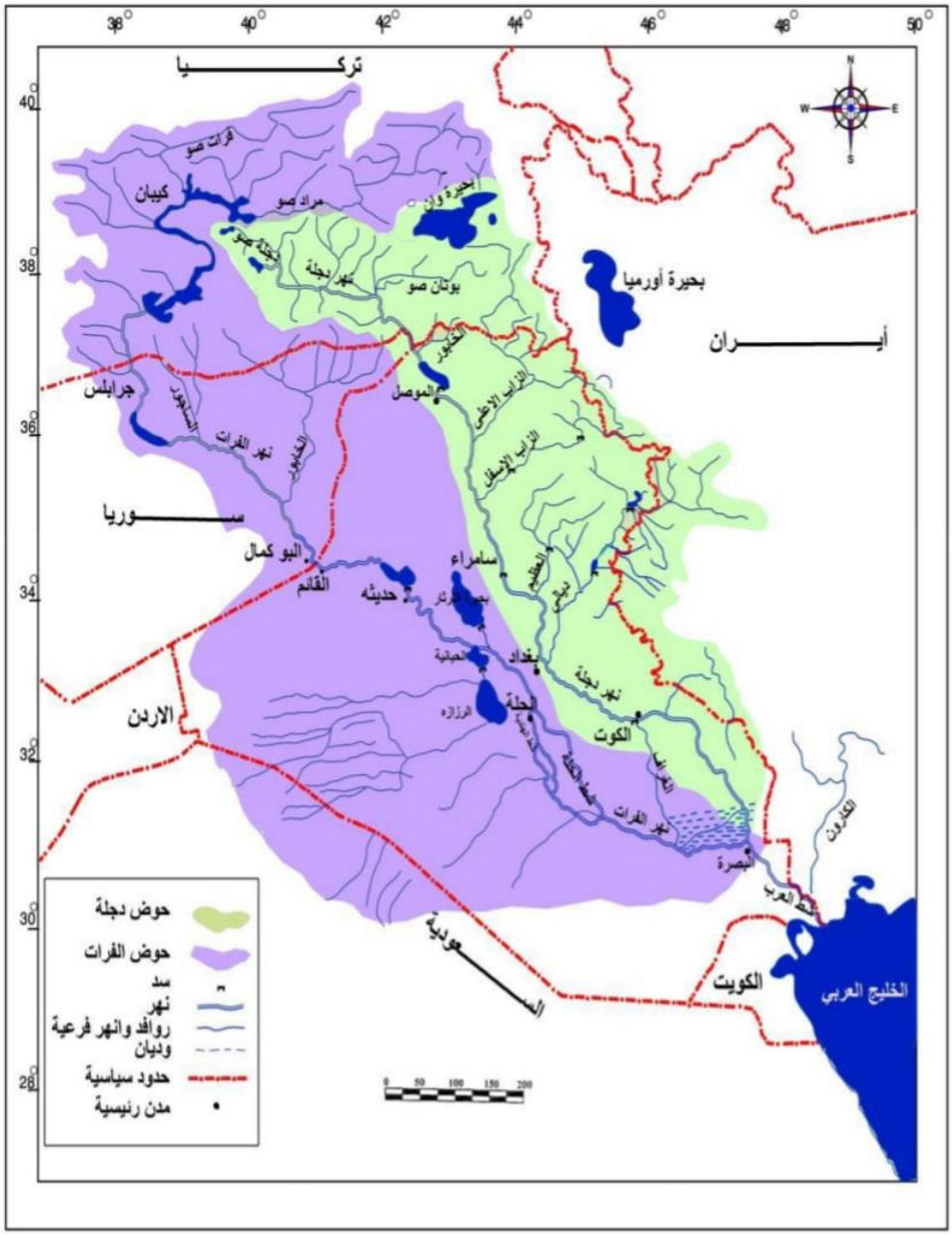
أ- بطان صو الذي ينبع من جبال حيكاري

ب- كازران جاي الذي ينبع من جبال حيكاري ايضاً

اما الرافد الثالث فينبع من الجبال الواقعة في الاجزاء الجنوبية من بحيرة وان متجهاً نحو الجنوب والجنوب الشرقي حتى يلتقي بنهر دجلة عند الحدود العراقية التركية، ويدخل الحدود العراقية عند فيشخابور، ويكون مجراه في ارض وعره في وادي عميق وضيق.[4] وتتصل بنهر دجلة بعد دخوله الحدود العراقية من ضفته اليسرى خمس روافد رئيسية ابتداء من الشمال الى الجنوب هي (الخابور والزاب الكبير والزاب الصغير والعظيم وديالى) ويسير نهر دجلة داخل الاراضي العراقية في ارض مموجة تحيط بمجراه التلال بشكل سلاسل وهضاب حتى ينهي المناطق المرتفعة عند عبوره سلسلة تلال حمرين عند منطقة الفتحة شمال مدينة بيجي.[5] وبعد ذلك يجري النهر في ارض سهلية قليلة الانحدار الامر الذي يؤدي الى اتساع مجراه وتكثر الالتواءات وتقل سرعته، وتتفرع من نهر دجلة مجموعة من الانهار الى الجنوب من مدينة بغداد، اهمها الغراف والدجيلة من الجانب الايمن للنهر عند مدينة الكوت او البتيرة والمجرى الصغير والمجرى الكبير من الضفة اليمنى، والمشرح والكحلاء عند مدينة العمارة والمجرية من الضفة اليسرى شمال مدينة قلعة صالح وبعد مدينة العزيز يتسع مجراه من جديد حتى يصل القرنة ليلتقي بالمجرى الشمالي للفرات حيث يتسع مجراه ويزداد تصريفه منحدراً نحو الجنوب الى ان يلتقي بالفرات عند كرمة علي الواقعة على بعد (10كم) شمال البصرة مكونين شط العرب، ويبلغ طول نهر دجلة من منبعه في تركيا الى مصبه (1718كم) منها(1418كم) (82% من مجموع طوله) داخل الاراضي العراقية.[6] وتبلغ مساحة الحوض الكلية (28900كم2) اما مساحة الحوض في العراق تبلغ 64,2 %.[7] ويتضح من الخريطة (1) نهري دجلة والفرات من المنبع وحتى المصب.

الخريطة (1)

الموقع الجغرافي لأحواض نهر العراق



المصدر: مثنى فاضل علي الوائلي، التغيرات المناخية وتأثيراتها في الموارد المائية السطحية في العراق، أطروحة دكتوراه، كلية الآداب، جامعة الكوفة، 2012، ص106.

ويتضح من الجدول (1) والشكل (1) الايرادات السنوية لنهري دجلة والفرات لسنة 2010 حيث يتضح ان الايراد السنوي لنهر دجلة الرئيس يمثل كمية المياه الواردة الى العراق عند الحدود التركية علماً ان مجموع ايرادات نهر دجلة وروافده تبلغ (47،7)مليار/م3، اما الايرادات السنوية لنهر الفرات تبلغ (19,3) مليار/م3 وهذا يعني ان مجموع إيرادات نهر دجلة وروافده اعلى من ايرادان نهر الفرات.

الجدول (1)

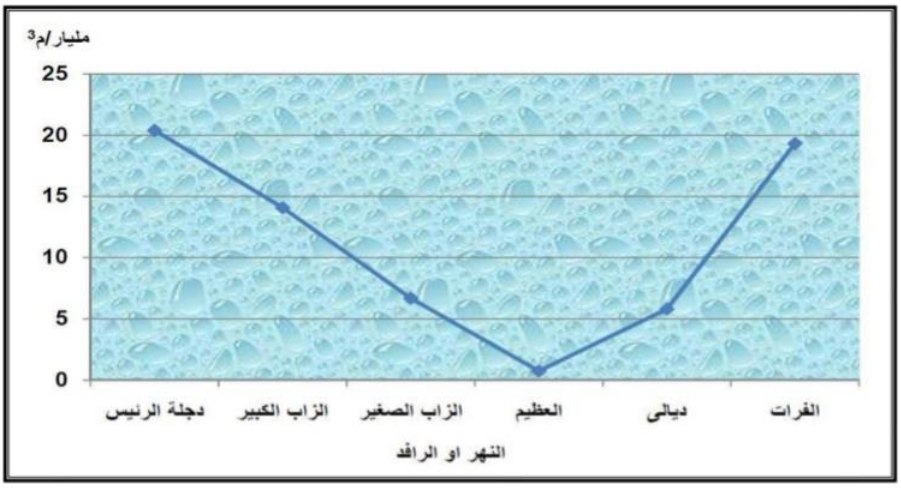
الأيرادات السنوية لنهري دجلة والفرات لسنة 2010

النهر وروافده		الأيراد السنوي(مليار/ م3)
دجلة الرئيس		20,4 (بضمنها مياه الخابور)
الروافد	الزاب الكبير	14,1
	الزاب الصغير	6,7
	العظيم	0,7
	ديالى	5,8
مجموع ايرادات نهر دجلة وروافده		47,7
الفرات		19,3

المصدر: مديرة الاحصاء الزراعي تقرير الموارد المائية لسنة 2010، ص4، المنشور على الانترنت وعلى الرابط، http://www.cosit.gov.iq/documents

الشكل (1)

الايراد السنوي لنهري دجلة والفرات لعام 2010



المصدر: مديرة الاحصاء الزراعي تقرير الموارد المائية لسنة 2010، ص 4.

3- شط العرب:

يطلق اسم شط العرب على النهر الممتد بين القرنة وخليج البصرة جنوب شرقي الفاو[1]، ويتكون شط العرب من التقاء نهري دجلة والفرات عند كرمة علي ويبلغ طولة بين الكرمة والمصب في الخليج العربي (110كم) ويبلغ عرضة عند المصب اكثر من كيلومترين بينما يضيق عند البصرة الى حوالي الكيلومتر الواحد او اقل ويصب في شط العرب الى الجنوب من مدينة المحمرة الايرانية رافده الوحيد نهر الكارون الذي يجري بكاملة في الاراضي الايرانية، ويتأثر شط العرب بأحوال المد والجزر في الخليج اللذين يتكرران مرتين يومياً ويصل الفرق بين منسوب المد ومنسوب الجزر زهاء (1,70م) في وقت الصيهود ويقل هذا الفرق حتى يصل الى حوالي ربع متر خلال موسم الفيضان وتسقي مياه المد هذه بساتين النخيل في القرنة ولا يقل عمق شط العرب عن(8 م) وتسير فيه البواخر حتى المعقل، وقدرت المياه التي يحملها شط العرب الى الخليج العربي بنحو (بنحو 82 مليار م3).

4- البحيرات الرئيسية في العراق

أ- بحيرة الحبانية

تقع بحيرة الحبانية على الضفة اليمنى من نهر الفرات في جنوب شرقي مدينة الرمادي ويبلغ طولها (25كم) وعرضة (12كم) وتبلغ سعتها عند الامتلاء في موسم الفيضان نحو (3،2 مليارم3) ويرتبط ببحيرة الحبانية منخفض ابي دبس (بحيرة الرزازة) الواقع الى جنوب البحيرة بنحو (70كم) بواسطة جدول يدعى بجدول (تخلية المجرة) الذي يتسع لكمية تقدر بحوالي (21مليار م3) ويمكن الاستفادة منه لأغراض الري في المستقبل[1]. ويتلخص مشروع الحبانية بما يلي:

1- الاستفادة من بحيرة الحبانية ومنخفض هور ابي دبس في تخفيف وطأة فيضان الفرات وذلك بحفر جدول من الفرات الى الحبانية على ان يكون هذا الجدول شمالي مدينة الرمادي في الورار.
2- حفر جدول بين الحبانية وهور ابي دبس لتصريف مياه الفيضان الزائد من البحيرة الى الهور يدعى بجدول (تخلية المجرة).
3- الانتفاع من المياه المخزونة بإعادتها الى الفرات في موسم الصيهود [2].

ب- بحيرة ساوه

تقع بحيرة ساوه على بعد (25كم) الى الجنوب الغربي من مدينة السماوة مركز محافظة المثنى تبلغ مساحة البحيرة (12،5كم^2) وطولها (75و4كم) وعرضها (1،75كم) وعمقها ما بين (2,5 – 5,5 م) اما شكلها المورفولوجي يبدو انه شبيها بالبطة فالبحيرة حافظت على منسوب مياهها من دون ان يكون هناك مجرى مائي ظاهري يغذيها بل انها تعتمد على مياه تتدفق من شقوق في اسفلها مما يدل على انها تقع في جيب صخري، ان بحيرة ساوه هي واحدة من المعالم الطبيعية في العراق فهي حوض مغلق تختلف عن غيرها من البحيرات بعدد من الظواهر فتركيب مائها مختلف عن تركيب الماء في المنطقة المجاورة لها ومستوى الماء فيها مرتفع عن سطح الارض المجاورة بـ(5 امتار) تحتوي البحيرة على املاح الكالسيوم ومركبات كبريتية مختلفة واملاح المغنسيوم هذه الاملاح تعتبر علاج لبعض الامراض الجلدية وهذا مرتبط ارتباطاً وثيقياً بالسياحة العلاجية ان دراسة مياه بحيرة ساوه وقابليتها العلاجية وانشاء مصحات حولها تؤدي بلا شك الى نشوء وتطور احد الفروع السياحية الا وهي السياحة العلاجية [3].

ج- بحيرة دوكان

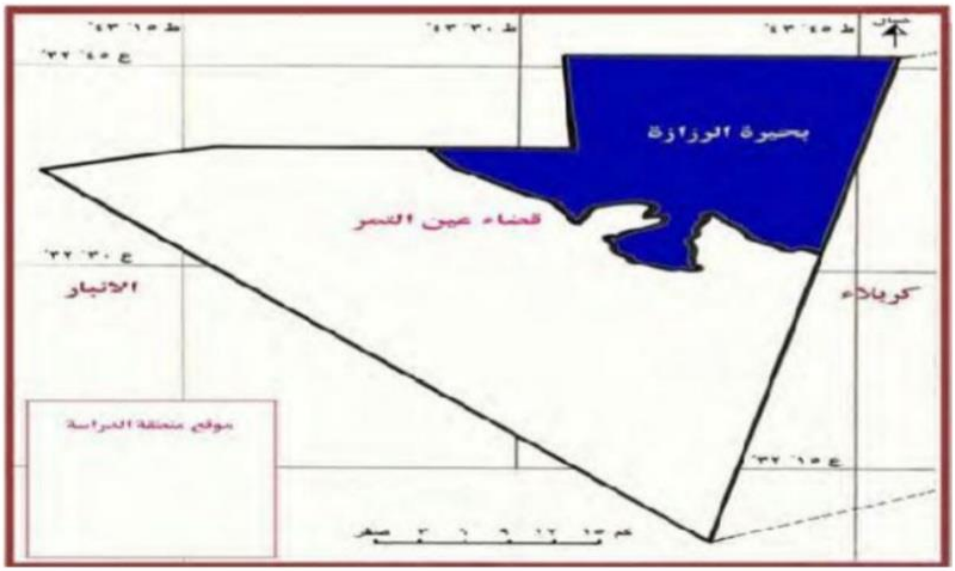
تمتد البحيرة لمسافة (40 كم) من امام السد الى موقع الدربند وتبلغ سعة الخزن الكلية (6,8 مليارم3) وتصل مساحة سطح الخزان عند منسوب (511م) نحو (270كم2) ويهدف المشروع الى تحقيق السيطرة على الفيضانات وتجهيز الاراضي الزراعية بمياه الري وتحقيق الثروة السمكية والنزهة والسياحة [4].

د- بحيرة الرزازة

تقع بحيرة الرزازة على بعد (70كم) جنوب بحيرة الحبانية و(15كم) غرب مدينة كربلاء، وتقع الى الشرق من مدينة عين التمر يبلغ طولها (60 كم) وعرضها(30كم) الخريطة (2)، تفصلها عن الحبانية تلول مرتفعة يربطها بالحبانية ناظم وجدول المجراة[5] سميت بحيرة الرزازة بهذا الاسم نسبة إلى منطقة الرزازة شمال غرب مدينة كربلاء المقدسة، استبعد استغلال مياه البحيرة لأغراض الزارعة بسبب تراكم الأملاح فيها لكونها مغلقة وصلت نسبة الأملاح في السنوات الأخيرة أكثر من (١٤٥٠٠)

جزء بالمليون ولهذا المياه لا تصلح للشرب او الزراعة، وتبلغ مساحة البحيرة نحو (٢٠٠٠)كم ٢، وعلى ارتفاع (٤٠) م عن مستوى سطح البحر، وتتسع لنحو(٢٦) مليار متر مكعب من المياه اعمق نقطة في البحيرة تتراوح بين (30–50 م) [1].

الخريطة (2) موقع بحيرة الرزازة



المصدر: حيدر عبدالرزاق كمون، واورانس عبد الواحد، توظيف موارد البيئة المحلية في إنشاء الوحدات المكونة للنسيج الحضري ضمن اطار الحفاظ على التراث العمراني (تجربة حسن فتحي نموذجا)، مجلة المخطط والتنمية، جامعة بغداد، العدد 22، 2010، ص 25

5-الاهوار

هناك ظاهرة طبيعية يتعلق وجودها بالنهرين الكبيرين دجلة والفرات وهي ظاهرة الاهوار والمستنقعات في جنوب العراق.اذ تستمد مياهها من النهرين وتغطي مساحات واسعة تختلف في مساحتها من فصل الى اخر فهي على سعتها في موسم الفيضان في الربيع وفي اوائل الصيف وأدناها في موسم الصيهود في اواخر الصيف والخريف وانها تمتد في محافظات البصرة وميسان وذي قار. تعرضت هذه المسطحات المائية الى سياسات جائرة ادت الى جفافها لسنوات عديدة وهلاك الكائنات التي تعيش فيها ونزوح السكان المحليين منها. ومؤخراً دبت الحياة فيها من جديد حيث أعيدت 30% من مياه الاهوار القديمة[2].

أ- هور الحويزة

يعد هور الحويزة مسطح مائي مشترك بين العراق وإيران من حيث الموقع ومصادر التغذية ويضم هور الحويزة العديد من المسطحات المائية وأبرزها السناف وأم النعاج وأبي عذبة والعظيم والصافية والخابطة والدوب والجكة،تتوزع مساحته بمقدار(٧٥%) في الجانب العراقي و(٢٥%) في الجانب الإيراني وتتوزع مساحة الجزء العراقي للهور بمقدار (٦٧%) و(٣٣%) لمحافظتي ميسان والبصرة على التوالي، اذ يمتد من ناحية المشرح في محافظة ميسان شمالاً الى مدينة القرنة في محافظة البصرة جنوباً، ليبلغ طوله بحدود (٨٠كم)، ومن الحدود العراقية الايرانية شرقاً إلى شرق نهر دجلة غربا بمعدل عرض مقداره (٣٠) كم، وبذلك يبلغ معدل مساحته بحدود (٢٤٠٠) كم٢. يتغذى هور الحويزة في العراق من خلال الجداول الشرقية لنهر

دجلة في ميسان والمتمثلة بالكحلاء والمشرح والمجرية، ومن إيران عبر انهار الكرخة والطيب ودويريج، ويبلغ معدل أعماق هور الحويزة بحدود (٣) متر يتباين المعدل بين فصل الفيضان والصيهود بمقدار (3–4) و(1–2) متر على التوالي[1].

ب– الاهوار الوسطى

تعد الاهوار الوسطى مسطحات مائية متصلة بين المحافظات الجنوبية (البصرة، ذي قار، ميسان) وتضم الاهوار الوسطى العديد من الاهوار الثانوية أبرزها هور أبي زرك الذي يقع ضمن نواحي الإصلاح والفهود والحمار والغموكه والعوينه فتقع ضمن قضاء الشطرة، أما اهوار الجبايش (أيسر الفرات) تقع ضمن قضائي الجبايش والمدينة وكل هذه المسطحات تمثل الأجزاء الجنوبية والشرقية للاهوار الوسطى أما اهوار عودة وزجري والصحين فتقع ضمن قضاء ميمونة وناحيتي العدل والسلام وهي تمثل الجزء الشمالي للاهوار[2]. تمتد الاهوار الوسطى من محافظة ميسان شمالاً الى نهر الفرات في محافظتي البصرة وذي قار جنوبًا، ومن محافظة ذي قار غربًا الى غرب نهر دجلة شرقًا وبذلك يبلغ معدل مساحة الهور بحدود (٤٠٠٠) كم٢، تتغذى هذه الاهوار من الجداول الغربية لنهر دجلة في العمارة التي يزيد عددها على 15 جدول أهمها البتيرة والمجر الكبير، ويبلغ معدل أعماق الاهوار بحدود (٣،٥) متر، أما الآن فهي تتغذى من نهايات نهري البتيرة والمجر الكبير المتفرعة من نهر دجلة في الأجزاء الشمالية لمحافظة ميسان [3].

ج– هور الحمّار

يعتبر هور الحّمار من أهم الأهوار، ويمتد من كرمة علي التي تقع على بعد20 كيلو مترا شمالي البصرة إلى سوق الشيوخ والبو صالح والشطرة حول نهاية الغراف(19) كم يبلغ طوله 90 كم وعرضه (25– 30) كم، وكانت مساحته السطحية القصوى (3000) كم2 في موسم، ويعد أكبر بحيرة في البلاد، وهي تستمد ماءها من الفرات بواسطة قنوات وجداول عديدة إلى الشرق من قرية الحّمار. ويبلغ متوسط عمقها ثلاثة أقدام[4] يضم هور الحمار العديد من المسطحات المائية أبرزها اهوار العدل وأم نخلة والعبرات وأيسر غليوين، وهي تمثل الجزء الشمالي للهور وتقع ضمن حدود قضائي سوق الشيوخ والجبايش وتشكل بحدود ٥٦% من إجمالي مساحة الهور الكلية في محافظة ذي قار، أما الجزء الجنوبي فيشمل اهوار المسحب والصلال والشافي، والتي تقع ضمن حدود ناحية الدير وتشكل بحدود ٤٤ % من إجمالي مساحة الهور في محافظة البصرة. يتغذى هور الحمار من اهوار القرنة ومن جداول نهر الفرات بين سوق الشيوخ والقرنة التي يبلغ عددها (١٠) جداول فضلاً عن مياه البزل المصروفة له من المصب العام ويبلغ معدل أعماق الهور بحدود (٢) متر[5].

ثالثاً: المياه الجوفية

المياه الجوفية هي المياه المخزونة في باطن الارض سواء منها الراكدة او الجارية وتظهر هذه المياه على السطح اما بصورة طبيعية وبدون تدخل الانسان على شكل عيون وينابيع، او بصورة اصطناعية عن طريق تدخل الانسان على شكل ابار وكهاريز[6]، وتنقسم على قسمين الاول المياه الجوفية المتجددة او تحت السطحية لأنها قريبة من سطح الارض وتعتمد في تغذيتها على مياه الامطار والتسربات الناتجة عن ترشيح وسريان مياه الانهار والسيول وكمياتها تكون صغيرة، اما القسم الثاني وهي المياه الجوفية العميقة غير المتجددة ويرجع تجمعها الى العصور الجيولوجية القديمة[7]، حيث تعد المياه الجوفية المصدر الثالث من المصادر المائية في العراق ويقدر الاحتياط المتجدد منها نحو (6,2 مليارم3) سنويا منها (930 مليون م3) في

منطقة الصحراء الغربية [1]، وتوجد مكامن للمياه الجوفية في مناطق مختلفة من العراق هي المنطقة الجبلية وبادية الجزيرة ومنطقة الصحراء الغربية والمنطقة المتموجة ومنطقة السهل الرسوبي من بغداد الى الخليج وتمتاز هذه المياه بارتفاع نسبة الملوحة فيها بالإضافة الى مياه الامطار والثلوج التي تدنت وانخفضت بدرجة كبيرة نتيجة التغيرات المناخية والبيئية في العالم والعراق خصوصا[2].

أ- العيون والينابيع:

توجد الينابيع والعيون في منطقة الجبال العالية والمنطقة شبه الجبلية وعلى الحافة الشرقية للهضبة الصحراوية والينابيع والعيون هي مياه تنبع من سفوح الجبال والمرتفعات ويتوقف توزيعها على كمية مياه الامطار والثلوج المتراكمة وانحدار طبقات الصخور ودرجة مساميتها وعلى عوامل التعرية التي اثرت في جرف الطبقات العليا الى مستوى مستودعات المياه الجوفية، فأظهرت في شكل ينابيع وتظهر الينابيع ايضاً في المناطق التي يكون فيها تفاوت في مستوى الارض كالحافة بين السهول المروحية والسهول الرسوبية في المنطقة الممتدة بين مندلي وهور الحويزة، ومياه الينابيع تختلف من موسم لأخر ومن سنه لأخرى فهي كثيرة في موسم الامطار وقليلة في موسم الجفاف (الصيف)،[3] حيث يعتمد تموينها بالماء على كمية المياه المخزونة في طبقات الصخور وعلى كمية الثلوج المتراكمة على قمم الجبال والتي بذوبانها تزود بصورة تدريجية هذه الينابيع والعيون طيلة فصل الجفاف، ولليناابيع والعيون اهمية اذ انها تمون المدن والقرى بمياه الشرب للناس وللحيوانات وكذلك للزراعة ومن امثلة هذه العيون ما هو موجود في مدينة شقلاوة وبعشيقة وعين سرسنك وعين سولاف قرب مدينة العمادية، وتختلف نوعية مياه الينابيع والعيون من منطقة الى اخرى وهي بصورة عامة اقل ملوحة من مياه الابار [4].

ب-الكهاريز

وهي اقدم الوسائل التي استخدمها الانسان في شمال العراق لاستثمار المياه الجوفية وكانت منتشرة في محافظات السليمانية واربيل ونينوى، ويتطلب عمل الكهاريز حفر بئر الى مستوى المياه الجوفية في ارض مرتفعة، وتبعد كل بئر عن الاخرى من (15- 20 م) يبلغ عمق قناة الكهريز (1،5م) وعرضها نحو نصف متر،[5] وقد قل عددها فاصبح لا يزيد الان عن 50 كهريزا صالح للاستعمال ويرجع سبب تناقص عددها الى ان بعضها قد جف والبعض الاخر ملأته الترسبات ولم يعد صالحاً للاستعمال ومعظم الكهاريز الموجودة في العراق نشأت قديماً واتجاه الان حفر ابار بدلاً من الكهاريز لان حفر الكهريز يكلف مبالغ اكثر من حفر البئر ويحتاج الى عناية وصيانه اكثر منه، والكهريز قناة تشق بانحدار تدريجي من بئر في مستوى اعلى الى بئر في مستوى اوطأ ومن هذا البئر الى بئر اخر وهكذا وتكون قناة الكهريز مغطاة لمنع تبخر الماء ومنع تلوثه ويعتمد طول الكهريز على طبيعة سطح الارض وطبيعة الصخور[6].

الاستنتاجات

1- يواجه العراق خطراً مائياً حقيقياً حالياً ومستقبلاً بسبب سياسات دول المنبع.
2- ترتبط ادارة الموارد المائية السطحية في العراق بمعرفة كمية التساقط (الأمطار والثلوج) في احواض الأنهر الرئيسة وامكانية التنبؤ بمدى تأثر المنطقة بالتغيرات المناخية العالمية.
3- تذبذب الإيرادات المائية الواردة الى العراق من سنة الى اخرى.
4- سوء الاستخدام للمياه في العراق وهدر كميات كبيرة منه

نوعية مياه الري

تعتبر مياه الري احد الموارد الطبيعية والاساسية والمهمة لعدد كبير من بلدان العالم وخاصة تلك الواقعة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة التي تعتمد على الزراعة الاروائية بشكل رئيسي. وفي مثل هذه البلدان تعتبر مياه الري العامل المحدد الرئيسي في تطور الزراعة فيها ، لذلك تعتبر نوعية مياه الري المتوفرة من المؤشرات الاساسية التي يجب ان تاخذ بنظر الاعتبار عند التخطيط لاستعمال الموارد المائية في المجالات الزراعية على الامد القريب والبعيد وذلك للاعتبارات التالية:

1. يعتبر الري في هذه البلدان الوسيلة الرئيسية في الاستغلال الزراعي
2. نتيجة للتوسع في رقعة الاراضي الزراعية في العالم وخاصة في هذه البلدان ازدادت الحاجة الى مياه الري واصبح لزاما ان تتقاسم البلدان المتشاطئة على الانهر مصادر مياه الري بشكل معقول اخذين بنظر الاعتبار ليس كمية المياه فقط وانما نوعيتها ايضا
3. بسبب التوسع الكبير في مجالات الصناعة والمجالات المدنية في معظم بلدان العالم فان مياه الري في مناطق عديدة اصبحت عرضة للتلوث بالملوثات الكيميائية والعضوية وغيرها ، لذا يجب وضع معايير للحفاظ على هذا المورد الطبيعي بالاضافة الى ذلك فان كثير من مناطق العالم بدا باستعمال مياه ملوثة في مجال الزراعة والتي يمكن ان تلوث التربة
4. نتيجة للتطور التكنلوجي في طرائق الري والذي لعب دورا كبيرا في زيادة كفاءة الري ، لذلك يصبح اختيار نوعية مياه الري قبل المباشرة باستعمال اي طريقة من طرائق الري من الامور الضرورية في هذا المجال

تاثيرات مياه الري على التربة:

ان ادخال الري في الزراعة يؤدي الى اختلال حالة التوازن التي كانت سائدة بين التربة والنبات والماء ، وذلك بسبب دخول عامل جديد في دورة المياه السائدة في منطقة معينة. ويمكن ان نوجز اهم التاثيرات التي يمكن ان تجري في التربة عند استعمال الري في الزراعة:

1. الملوحة: ان عملية تراكم الاملاح في التربة ترتبط في كثير من الاحيان باستعمال الري في الزراعة وذلك عند عدم اتخاذ الاجراءات اللازمة لمنع ذلك ، ان مياه الري يمكن ان تسبب مشكلة الملوحة في التربة من خلال تاثيرين:
   - التاثير المباشر : من خلال نقل كميات كبيرة من الاملاح الى الاراضي الزراعية
   - التاثير غير المباشر: من خلال رفع مستوى المياه الجوفية في الاراضي الزراعية والتي تؤثر بدورها بشكل اساسي في عملية التملح
2. القلوية والصودية: يمكن ان يؤدي استعمال الري في بعض المناطق الى زيادة النسبة المئوية للصوديوم المتبادل (ESP) في التربة وتطور مشكلة الصودية فيها خاصة عند استعمال مياه ري ذات محتوى عالي نسبيا من الصوديوم.

3. التغير في الصفات الكيميائية للتربة: ان الاستعمال الطويل الامد في الاراضي الزراعية يمكن ان يحدث تغيرات كيميائية عديدة في التربة ومن الامثلة على هذه التغيرات هي:
(1) تغير الاس الهيدروجيني للتربة
(2) تشبع معقد التبادل بالكاتيونات
(3) نقل كميات كبيرة من دقائق الطين والرمل والغرين ودقائق اخرى والتي ستؤثر حتما على الصفات الكيميائية والمعدنية للتربة
(4) اذابة وترسيب بعض الاملاح وخاصة الكلس والجبس
(5) تغير ظروف الاكسدة والاختزال
4. التغير في الصفات الفيزيائية للتربة: يمكن ان يحدث الاستعمال الطويل لمياه الري تغيرات في الصفات الفيزيائية للتربة مثال ذلك تاثير مياه الري على نسجة التربة من خلال نقل ترسبات تحتوي على نسب مختلفة لدقائق الرمل والغرين والطين. وكذلك التاثير على نفاذية التربة بشكل مباشر او غير مباشر
5. التغير في الصفات الخصوبية والحيوية للتربة: ان اهم هذه التغيرات هي:
(1) ان نقل كميات كبيرة من الترسبات الحديثة للترب المروية يزيد من احتياطي العناصر الغذائية في التربة
(2) تسبب مياه الري غسل بعض العناصر الغذائية من طبقة الجذور الى اسفلها
(3) يحتمل ان تنقل مياه الري بعض العناصر السمية وملوثة للتربة مثل البورون
(4) ان استعمال مياه الري يمكن ان يوفر بيئة مناسبة لبعض الاحياء الدقيقة وبيئة غير مناسبة لاحياء اخرى
(5) ان تغير ظروف الاكسدة والاختزال بالتربة بسبب الري يؤدي الى حدوث تغيرات في جاهزية العناصر الغذائية
6. التغير في الطوبوغرافية: ان الاستعمال الطويل الامد لمياه الري يمكن ان يؤدي الى التغير في التضاريس الموقعية Micro relief في التربة وذلك بسبب الكميات الهائلة من الطمى التي تحملها مياه الري سنويا الى الاراضي الزراعية

العوامل المحددة لصلاحية مياه الري:

ان صلاحية مياه الري لاغراض الزراعة تعتمد على العوامل التالية:

اولا: التربة:

تؤثر التربة في صلاحية مياه الري من خلال صفاتها الفيزيائية والكيميائية ، اذ يمكن ان تكون المياه صالحة لري هذه التربة وغير صالحة لتلك التربة اعتمادا على الصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة والتي يمكن ان نوجزها بما يلي:

1- نسجة التربة Soil texture: تؤثر في تحديد صلاحية مياه الري من خلال علاقتها بالنفاذية وحركة الاملاح ، ففي الوقت الذي يمكن فيه استعمال مياه ذات ملوحة عالية نسبيا في الترب الرملية يتعذر استعمالها في الترب الطينية ، اذ تؤدي استعمالها في الترب الطينية

الى تراكم الاملاح فيها وتحولها من غير ملحية الى ملحية بينما لايحدث ذلك في الترب الرملية وذلك لقابليتها العالية على مرور المياه والاملاح خلالها باتجاه الطبقات السفلى

2- بناء التربة Soil structure: ان كثير من صفات التربة ذات العلاقة بحركة الماء مثل سرعة الرشح والنفاذية والتوصيل المائي وتكوين القشرة على سطح التربة ترتبط ببناء التربة ، لذلك يؤثر بناء التربة في تحديد صلاحية مياه الري

3- السعة التبادلية الكاتيونية Cation exchangeable capacity : تلعب دورا في تحديد القابلية التنظيمية للتربة بالنسبة للكاتيونات المحمولة مع مياه الري وذلك من خلال عمليات التبادل الكاتيوني التي تجري بين الكاتيونات المتبادلة في التربة ، اذ تقلل الكاتيونات المتبادلة مثل الكالسيوم والمغنيسيوم من مخاطر الصودية عند السقي بمياه تحتوي على الصوديوم وذلك من خلال امتزاز الصوديوم على سطح معقد التبادل واستبداله بالكالسيوم الذي يعمل على ترسيب الكاربونات التي كانت مرتبطة بالصوديوم

4- وجود الكلس والجبس في التربة Calcite and Gypsum in Soil: يعتبران مصدرا لايونات الكالسيوم في التربة التي تلعب دورا في التقليل من مخاطر الصودية عند السقي بمياه حاوية على تراكيز عالية من الصوديوم . فوجود هذين المركبين وخاصة الجبس (بسبب قابليته العالية نسبيا على الذوبان) يلعبان دورا في تحديد صلاحية مياه الري.

ثانياً المحصول Crop: تقسم المحاصيل من ناحية تحملها للملوحة الى:

- محاصيل حساسة للملوحة
- محاصيل متوسطة التحمل للملوحة
- محاصيل متحملة للملوحة

لذلك فان تقرير مدى صلاحية مياه الري في اي ظرف يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار نوع المحصول الزراعي ، فمياه الري غير الصالحة لري بعض المحاصيل يمكن ان تعتبر صالحة لمحاصيل اخرى.

ثالثاً الظروف المناخية Climatic conditions : في الظروف التي يكون فيها قيمة الاستهلاك المائي عالي نتجنب استعمال مياه ذات ملوحة عالية نسبيا وذلك لان مثل هذه الظروف نحتاج الى كميات مياه ري كبيرة لسد حاجة النبات ومتطلبات التبخر وان هذه الكميات ستنقل معها كميات كبيرة من الاملاح. ان لكمية الامطار الساقطة خلال الموسم الزراعي وخلال توزيعها خلال السنة اهمية ايضا في تقرير مدى صلاحية مياه الري.

رابعاً ادرة الري والبزل Management Irrigation and Driange : ان استعمال طريقة الري المناسبة لكل تربة ولكل محصول زراعي تساعد كثير في تقرير مدى صلاحية مياه الري ، مثلا ينصح باستعمال طريقة الري بالرش في حالة المياه العذبة وذلك لان استعمال المياه المالحة يسبب ضررا كبيرا للنبات بسبب امتصاص الجزء الخضري للاملاح ، بينما يمكن استعمال مياه الري المالحة في الري بالتنقيط فقط في ظروف خاصة. ان تجهيز الاراضي الزراعية بشبكات بزل فعالة يسمح لنا باختيارات اكثر بالنسبة لنوعية مياه الري ، ففي مثل الظروف يمكن ان تعتبر المياه ذات الملوحة العالية نسبيا صالحة للاستعمال ولكن هذه المياه نتجنب استعمالها في الاراضي غير المجهزة بشبكات بزل.

خامساً نوعية مياه الري Quality of irrigation water: يتم الحكم على نوعية مياه الري من خلال اجراء التحليل الكيميائي وعلى ضوء بعض المؤشرات يقرر صلاحية المياه لاغراض الري.

ان معظم طرائق التصنيف لمياه الري قد اعتمدت المؤشرات التالية لتحديد نوعية مياه الري:

اولا: الكمية الكلية للاملاح الذائبة ذات العلاقة بمخاطر الملوحة

تحتوي مياه الري على كمية من الاملاح الذائبة بشكل ايونات مثلا الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والكلوريد والكبريتات والكاربونات والبيكاربونات ، وتعتبر الكمية الكلية للاملاح الذائبة في مياه الري من المؤشرات الاساسية المحددة لنوعية مياه الري. ويعبر عن الكمية الكلية من الاملاح في مياه الري بمجموع المواد الذائبة الكلية Total dissolved salts (TDS) والتي يتم تقديرها عن طريق تبخير حجم معين من مياه الري والكمية المتبقية من المواد الصلبة بعد التبخير تعتبر مجموع المواد الصلبة والذائبة في الماء والوحدة المستعملة لها هي (ملغم.لتر$^{-1}$)

ان افضل تصنيف لمياه الري بالنسبة لمخاطر الملوحة هوتصنيف مختبر الملوحة في الولايات المتحدة الامريكية كما مبين في الجدول الاتي:

ت	صنف مياه الري	الرمز	TDS (ملغم.لتر$^{-1}$)	EC (ميكروموز.سم$^{-1}$)	صلاحية المياه
1	مياه ذات ملوحة واطئة	C1	اقل من 200	اقل من 250	صالحة لري كافة المحاصيل وفي معظم الترب
2	مياه ذات ملوحة متوسطة	C2	500-200	750-250	صالحة لري معظم المحاصيل المتوسطة التحمل للملوحة
3	مياه ذات ملوحة عالية	C3	1500-500	2250-750	لاتستخدم الا بوجود شبكات بزل فعالة ولمحاصيل عالية التحمل للملوحة
4	مياه ذات ملوحة عالية جدا	C4	1500- 3000	5000-2250	غير صالحة للري في الظروف الاعتيادية ويمكن استعمالها فقط في حالات معينة مثلا تربة ذات نفاذية عالية جدا وبزل كفوء ولمحاصيل عالية التحمل للملوحة

ملاحظة: 1ديسي سيمنز.م$^{-1}$ =1000 ميكروموز.سم$^{-1}$

الاتزان الملحي والمائي

الاتزان الملحي والمائي في التربة: ان مشروع الري الناجح يهدف الى تجهيز الماء بصورة مثلى متجنبا الشـــحة أو الزيادة، وعليه فان التجهيز المائي المحدود يقيد نمو المحصـــول وغزارة الماء تؤدي الى النضح الشديد له الى التربة التحتية مع قلة كفاءة الري، فضلا عن الماء المتغلغل في التربة قد يسبب ارتفاع في مستوى الماء الأرضي الذي بدوره يقلل من هواء التربة المؤثر في نمو النبات. ومع قلة أو كثرة الماء سوف تظهر مشكلة الملوحة في التربة نتيجة لتبخر الماء أو نتحه تبقى الأملاح على ســـطح التربة. وان التخلص من هذه الأملاح يتم بالغســـل الذي يجلب معه مشـــاكل بزل هذا الماء. وبذلك فان التوازن المائي الملحي يصـــف الزيادة أو النقصـــان في كمية المياه والأملاح عند مســـاحة أو طبقة معينة من التربة خلال فترة محدودة من الزمن الذي يمكن أن يعبر عنه بالمعادلة البسيطة الآتية:

Out put = In put

التغير في كمية الرطوبة(ΔW) = الكمية الداخلة للماء والأملاح الى التربة(ΔS) – الكمية الخارجة للماء والأملاح من التربة أو الأملاح (ΔS)

وبذلك تكون قيمة التغير في كمية الرطوبة والتغير في كمية الأملاح بالتربة تساوى صفر عند حالة الاتزان المائي والملحي. وان دراســـة الموازنة المائية في المناطق القاحلة بمفردها لا تكون كافية على الأغلب في إعطاء الحل النهائي للادراة المائية عند مشـاريع الري بسـبب تدخل الأملاح. ولتسهيل دراسة الاتزان المائي والملحي تم تقسيمه الى منطقتين:

1. **الاتزان المائي الملحي في المناطق المرتفعة:** ويقصـــد بها المناطق التي يكون فيها الماء الأرضي منخفض وبعيد عن سطح التربة لا يشارك في عملية الاتزان المائي الملحي يمكن أن تقسم الى حالتين:

أ- الحالة الأولى تمثل ابســط حالات الاتزان التي نادرا ما تحدث في المناطق الاروائية ، لذا فإنها توجد في المناطق ذات الماء الأرضـــي العميق مع توفر بزل طبيعي جيد، ومعتمدة على الأمطار فقط. فلو فرض أن:

R=كمية التساقط خلال فترة الاتزان

E=كمية الاستهلاك المائي(التبخر والنتح)

D=كمية المياه المبزولة طبيعيا

فيمكن كتابة معادلة الاتزان بالشكل الآتي:

$$R-E-D=0$$

$$R-D=E$$

وعند الاتزان التام فان التغير في كمية الرطوبة يساوي صفر:

$$R = E+D$$

وهذا يعني ان الكمية الداخلة من الماء تساوي الكمية الخارجة منه، وفي هذه الحالة لا يوجد احتمال لتطور الملوحة.

ب-الحالة الثانية:على سبيل افتراض الظروف ذاتها في الحالة الأولى باستثناء كفاية ماء المطر لسد حاجة النبات. عندئذ يدخل الري كعامل آخر في معادلة الاتزان وتستبدل كمية المياه المبزولة طبيعيا(D) بكمية الماء المتغلغل في التربة باتجاه البزل الطبيعي أو الصناعي ويرمز له (P)، لذلك تكون معادلة الاتزان عندما يكون التغير في كمية الرطوبة صفر في حالة الاتزان التام كالآتي:

$$R + I = E + D \pm \Delta W$$

وعند استبدال P بدلا من D تكون المعادلة كالاتي:

$$R + I = E + P \pm \Delta W$$

وفي المناطق القاحلة التي يمكن إهمال عامل المطر فيها لاعتمادها على الري تصبح المعادلة كالآتي:

$$I = E+P$$

ولما كان الماء الناقل الأساسي للأملاح، عندئذ أصبح من الضروري تحويل معادلة الاتزان المائي الى اتزان مائي ملحي، وذلك بإدخال الايصالية الكهربائية المعبرة عن الملوحة لكل من حدود المعادلة على فرض ان:

ECi=ملوحة ماء الري

EC_E= ملوحة التبخر والنتح

ECp=ملوحة ماء البزل تصبح المعادلة كالآتي:

$$I*ECi = E*EC_E + P*ECP \pm \Delta S$$

ولما كانت $EC_E=0$ على اعتبار أن الماء الناتج من النبات(النتح) والمتبخر من التربة لا يحتوي على الأملاح فعند الاتزان التام التغير في كمية الأملاح ΔS تساوي صفر، فتصبح المعادلة كالآتي:

$$I\times ECi=P\times ECp$$

أما إذا كان التغير في كمية الأملاح أصغر من الصفر(كمية الأملاح الداخلة أكثر من الخارجة) فان:

$$I\times ECi=P\times ECp+\ \Delta s$$

وفي مثل هذه الحالة يجري تراكم للأملاح في التربة واحتمال تحولها الى تربة متملحة، ولمعالجة هذه الحالة لابد من أن تكون المياه المبزولة(P)كالآتي:

$$P=\ I\times ECi/\ ECp$$

ولتحويل ذلك الى عمق ماء ري يتطلب استعماله للحصول على الاتزان تعوض قيمة P في المعادلة السابقة (I=E+P)أي أن:

$$I=E+(I\times ECi/ECp)$$

$$I=(ECp\ /\ ECp-ECi)E....(1)$$

والمعادلة(1) تصف الاتزان المائي الملحي الذي يكون عندها عمق الماء الأرضي مساويا الى الاستهلاك المائي مضروبا في ثابت(ECp/ECp−ECi) وتحدث عملية التملح عندما يكون

$$I<E(ECp/ECp-ECi)$$

وان ملوحة ماء الري يمكن قياسها بسهولة، وملوحة ماء البزل خلال التربة يمكن قياسها في المختبر التي يفترض أن تكون مساوية الايصالية الكهربائية لمستخلص العجينة المشبعة(ECe) لان خلال الري تصبح معظم المسامات، لاسيما في المنطقة الجذرية مشبعة بالماء وبتعويض القيم المفترضة تصبح المعادلة على النحو الآتي:

$$I=(ECe/ECe-ECi)E....(2)$$

مثال: محصول زراعي ذو استهلاك مائي 1000ملم(عمق الماء) مزروع في تربة ذات ايصالية كهربائية (ECe)4ديسيمنز م$^{-1}$ ويسقى بماء ري ملوحته1ديسيمنز م$^{-1}$. ما هو عمق وحجم الماء اللازم للحفاظ على اتزان ملحي طيلة الموسم الزراعي؟ من خلال المعادلة(2) يمكن الحصول على الآتي:

$$I=(4/4-1)1000=1333.33mm$$

أي ان عمق الماء اللازم لغرض الموازنة المائية أو التخلص من الأملاح المضافة من مياه الري يساوي:

$$1330-1000=333.33mm$$

ولحســـاب الحجم للدونم: 2500×333.33/1000=833.325م^3 دونم$^{-1}$، وان عمق ماء الري اللازم اســتعماله لهذا المحصــول خلال الموســم الزراعي أكبر من عمق الماء الري اللازم لســد احتياجات المحصــول(الاســتهلاك المائي) بمقدار 333.33ملم، وهذه الكمية الإضــافية من ماء الري ضــرورية وذلك لغســل الأملاح المتراكمة في التربة(المنطقة الجذرية). وفي حالة ماء الري يســاوي حجم الاســتهلاك المائي (أقل من1333.33ملم) فان كمية ما من الأملاح ســوف تتراكم في التربة، وبالطبع مصدرها مياه الري.

ان المعادلة(2)تمثل أبسط معادلات الاتزان الملحي في الأراضــي المروية من خلال إجراء بعض الافتراضــات لتســهيل تطبيقها. ولغرض الحصــول على قيم دقيقة لحجم ماء الري اللازم للحفاظ على الاتزان الملحي يجب الأخذ بالاعتبارات الآتية:

1- في المعادلة(2)أهملت كمية أو حجم مياه الأمطار المتســـاقطة التي من المحتمل تشكل كمية معتبرة في بعض المناطق القاحلة وشبه القاحلة. لذلك فالعامل(I× ECi) الداخل في هذه المعادلة يجب أن يســـتبدل بالعامل I.ECi+R.EC$_R$، ويقصـــد بالـ EC$_R$ تركيز الأملاح في مياه الأمطار. كما ان ملوحة ماء الري ECi يجب ان تســـتبدل بمعدل ملوحة ماء الري وماء المطر(ECi+ EC$_R$ والذي يســـاوي(ECi× I/I+R).

2- لقد افترض عند إجراء الحسـابات بوسـاطة المعادلة(2) ان ملوحة ماء البزل تسـاوي ملوحة ماء التربة، وهذا الافتراض يمكن قبوله في حالة امتزاج ماء الري مع محلول التربة بشـكل تام(الوصـول الى حالة الاتزان). وان الواقع ليس كذلك في معظم الترب من حيث ان ماء الري النافذ خلال التربة يتحرك بالمسـامات الكبيرة بسـرعة أكبر من المسـامات الصـغيرة، كما ان قسـم من ماء الري يتحرك عبر الشـقوق بدون أي كفاءة من ناحية غسل الأملاح المتراكمة. لذلك فان(ECp≠ECe) والواقع أن(ECp=ECe) لـذلـك لابـد من وجود عـامـل يطلق عليـه عـامـل أو معـامـل كفـاءة الغســـل(f) لتصـــبح(ECp=f.ECe)، والتي تكون قيمته أقل من(1) يعتمد على نســـجة التربة بدرجة أساسية.

ان مشــاركة مياه الأمطار في عملية الســقي والغســل تؤثر في قيمة معامل كفاءة الغســل، لذلك يجب استبدال قيمة المعامل بقيمة**f**$_{(L+R)}$ والتي تساوي:

$$f(I+R)=(I+R/I\ .f)$$

لذلك عند أخذ التصحيحات المشار إليها بنظر الاعتبار تصبح المعادلة(2)بالشكل الآتي:

$$I+R=(f_{L+R}\ .ECe/\ f_{L+R}\ .ECe-EC_{I+R}).E\ldots.(3)$$

وعن طريق المعادلة(3)يمكن حســـاب حجم ماء الري+ ماء المطر اللازم للحفاظ على الاتزان الملحي بدقة عالية نوعا ما في المنطقة المســتغلة من الأراضـــي الاروائية. وان أي اختلاف في طرفي المعادلة ســـوف يقود الى تراكم الأملاح في التربة، لاســـيما في المنطقة الجذرية، ويكون مصدرها مياه الري فقط باعتبار ان هذه الأراضي أو الحالة تمثل حالة الأراضي الاروائية المرتفعة ذات الماء الجوفي العميق الذي لا يسهم بعملية التملح في التربة.

ت- **الاتزان المائي الملحي في المناطق المنخفضــة:** ويقصــد بها تلك الأراضـــي ذات الماء الجوفي الضــحل الناتج عند عدم وجود بزل طبيعي، ومياه الري المســتعملة في أراضـــي المناطق القاحلة وشـبه القاحلة لغرض السـقي لمدة طويلة من الزمن يؤدي ذلك الى ارتفاع الماء الأرضـــي بالتدريج ليكون قريب من سـطح التربة الى أن يصـبح عمقه أقل من العمق الحرج، عندئذ يشـارك في دورة الميـاه في التربـة ويـدخـل كعـامـل من عوامـل معـادلـة الاتزان المـائي (I+R+G=E+P). إذ ان (s=0)، وG=كمية الماء الأرضـي الصـاعد لمنطقة الجذور وسـطح التربة بالخاصية الشعرية، ويسهم في تجهيز النبات بالماء ليحل محل جزء من ماء الري، وبالطبع يكون ذي فائدة للنبات عند احتوائه على كميات ملائمة من الملوحة. وعلى العكس من ذلك قد يكون مصـــدر للأملاح عند احتوائه على كميات عالية منها(20-7غم لتر$^{-1}$) مثلما يحدث في الغالب عند المناطق القاحلة وشبه القاحلة كما هو الحال في بعض أراضي وسط وجنوب العراق. وعند أخذ بنظر الاعتبار تركيز الأملاح في المياه الأرضية تصبح المعادلة كالآتي:

$$(I+R)EC_{I+R} + G \cdot EC_G = P \cdot ECp \ldots\ldots(4)$$

وتصح هذه المعادلة في حالة افتراض(s=0)على أساس ان التربة تتصف بقابلية بزل جيدة أو تتوفر فيها شـــبكة مبازل اصـــطناعية. والعكس من ذلك فان أي اختلال في البزل الطبيعي أو الاصـطناعي سـيقود الى ارتفاع الماء الأرضـي باتجاه سـطح التربة وتراكم الأملاح في المنطقة الجذرية، إضافة الى تراكم تلك الأملاح مع الأملاح المنقولة بوساطة مياه الري. مما يصبح تراكم الأملاح في هذه المناطق أكبر من المناطق المرتفعة نتيجة لمشـاركة الأملاح الموجودة في الماء الأرضـــي. ولغرض تطبيق المعادلة(4) لتقدير حجم (ماء الري+ ماء المطر) اللازم للحفاظ على الاتزان الملحي يجب إجراء الافتراضات الآتية:

أ. ان ملوحة الماء المبزول من التربة(ECp)تساوي ملوحة طبقة الجذور كما افترض في المناطق العالية، وملوحة الماء الأرضي تساوي ملوحة الماء المبزول عند حالة من الاتزان التام بين ملوحة الماء النافذ خلال التربة وملوحة الماء الصـاعد من خلالها، والتي تسـاوي هاتين الملوحتين ملوحة مسـتخلص العجينة المشـبعة(ECe)، وبذلك تكون ملوحة الماء الأرضـي (EC_G) تسـاوي ملوحة ماء البزل(ECp) وتسـاوي ملوحة مسـتخلص العجينة المشـبعة(ECe). وبالتالي تصـبح المعادلة على النحو الآتي:

$(I+R)\ .(EC_{I+R})=(P-G)ECe....(5)$

ب. ان ملوحة الماء النافذ(البزل) نادرا ما يســـاوي ملوحة التربة إلا عند الامتزاج التام كما ذكر مسبقا، وإنما هي أقل منه بمعامل قدرة أو كفاءة غسل f، (ECp<ECe=f .ECe)، لذلك تصبح المعادلة:

$(I+R)\ .(EC_{I+R})=(P-G)f\ .\ ECe.....(6)$

ت. على سبيل الفرض ان ECp=ECe. f كما في الحالة السابقة، الا ان ملوحة الماء الصاعد بالخاصية الشعرية لا يساوي ECp، وإنما يساوي ملوحة التربة. إذ ان الماء الصاعد يشغل جميع المسـامات من الناحية التطبيقية. وبعبارة أخرى ان كفاءة الماء الصـاعد تسـاوي 100%، وقيمة معامل كفاءته يساوي1 أي ان(EC_G=ECe):

$(I+R)EC_{I+R}+G\ .\ ECe=P\ .\ f.ECe$

ويمكن ان تكتب بالشكل الآتي: $fP-G\ /\ I+R=EC_{I+R}$

$/\ ECe.....(7)$

وان أي اختلال في طرفي المعادلة يقود الى تراكم الأملاح في التربة، وهذا ما يحدث غالبا في المناطق القاحلة وشبة القاحلة، ومصدر الأملاح ماء الري والماء الأرضي الصاعد.

ث. لقد تم افتراض ملوحة الماء الأرضي مساوية الى ملوحة التربة في الحالات السابقة، إلا ان في حالات عديدة لوحظ ان ملوحة الماء الأرضي أكثر من ملوحة التربة، لاسيما في المنطقة الجذرية، وفي الكثير من المناطق القاحلة وشبة القاحلة ملوحة الماء الأرضي أكثر من ملوحة التربة بمقدار يتراوح بين 1.5-2مرة(Kovda,1973). أي ان ملوحة الماء الأرضي تختلف عن ملوحة التربة بمعامل قدرة(α)أي ان:

$\alpha=EC_G/ECe$

أو $ECG=\alpha.\ ECe$

وعند تعويض هذه القيم في المعادلة(7) تصبح كالآتي:

$(I+R)EC_{I+R}+G.\ \alpha.\ ECe=P.\ f.\ ECe$

والتي يمكن كتابتها بالشكل الآتي: $fP-.....(8)$

$\alpha G/I+R=ECI+R/ECe$

وفي هذه المعادلة يظهر بوضـوح مشـاركة الماء الأرضـي في الاتزان الملحي، وبشـكل فعال في عملية التملح، لاسـيما في المناطق المنخفضـة القاحلة وشـبه القاحلة، وان أي اختلال في هذه المعادلة يؤدي الى التملح، ولغرض تطبيق المعادلة لابد من معرفة حجم الماء الأرضـي الصـاعد

خلال فترة الموسم الزراعي، وبالطبع ان هذا الحجم على خصائص التربة وطبيعة المحصول المزروع، والظروف المناخية السائدة، فضلا عن عمق الماء الأرضي.

مثال: أرض زراعية ملوحتها 4ديسيمنز م$^{-1}$ مستغلة بمحصول زراعي الاستهلاك المائي له 1000ملم، ورويت بماء ملوحته 0.9ديسيمنز م$^{-1}$ ، ومعامل كفاءة الغسل قيمته 0.8 مع العلم ان معامل الاختلاف بين ملوحة الماء الأرض وملوحة التربة(α)يساوي 1.5 على سبيل الفرض أن التغير في ملوحة التربة(s)مساوية الى الصفر وعمق الماء الصاعد بالخاصية الشعرية خلال الموسم الزراعي 365ملم. فما هو حجم ماء الري وماء المطر للحفاظ على توازن ملحي في التربة؟

الحل: بعد تطبيق المعادلة(8) ينتج الآتي:

$$0.8P-1.5\times 365/I+R=0.9/4$$

$$0.9(I+R)4(0.8P-547-5)=3.2P-2190\div 0.9$$

$$I+R=3.6P-2460$$

$$P=I+R+2460/3.6$$

وبالتعويض في المعادلة الأساسية(I+R+G=E+P) ينتج الآتي:

$$I+R=1000-365+(2460+I+R/3.6=2286+2460+I+R/3.6$$

$$3.6(I+R)-(I+R)=2286+2460$$

$$2.6(I+R)=4746$$

$$I+R=4746/2.6=1800mm$$

تشير النتيجة الى أن عمق الذي يستعمل للحصول على الاتزان الملحي يزيد عن قيمة الاستهلاك المائي 800ملم وبحجم 2500×1000/1000=2500م^3 دونم$^{-1}$، وذلك للحفاظ على(S = صفر)، أما إذا كانت قيمة(I+R)أقل من1800أو مساوية فقط لحجم الاستهلاك النباتي، عندئذ ستؤدي الى تراكم الأملاح في التربة، وبالتالي تتحول الى الأراضي غير الملحية(4ديسيمنز م$^{-1}$) الى ملحية، وبالطبع مصدر الأملاح بدرجة رئيسية هو الماء الأرضي ومياه الري بالدرجة الثانوية. وان الحفاظ على الاتزان الملحي (S = صفر) يتطلب إضافة كمية من ماء الري (800ملم) لغرض غسل الأملاح المتراكمة كما في المثال أعلاه، ويطلق على هذه الكمية الإضافية من ماء الري بمتطلبات الغسل.

ثانيا. متطلبات الغسل(Leaching requirements): هي الكمية الإضافية من ماء الري مع ما يحتاجه النبات من ماء تعمل على غسل الأملاح المتراكمة باتجاه أسفل المنطقة الجذرية. وان إضافة متطلبات الغسل يتطلب توفر بزل طبيعي جيد أو اصطناعي فعال في حالة عدم توفر البزل الطبيعي، وذلك لنقل هذه الكمية الإضافية من ماء الري مع الأملاح خارج المنطقة الجذرية.

وعليه فلابد من توفر البزل الفعال في مشاريع الأراضي الاروائية للمناطق القاحلة وشبه القاحلة، فضلا عن الحفاظ على مستوى المياه الأرضية. وعكس ذلك إنشاء مشاريع اروائية بدون شبكات بزل فعالة عند تلك المناطق سيؤدي كما ثبت رياضيا الى تراكم الأملاح في التربة أجلا أم عاجلا. وخلاصة القول ان الاختلال في الاتزان المائي والملحي مهما كان سببه في تلك المناطق هو المسؤول عن ظاهرة التملح.

ولأجل كيفية حساب متطلبات الغسل ومعرفة ميكانيكيته من خلال المثال الآتي:

مثال: محصول زراعي ذو استهلاك مائي 1000ملم(عمق الماء) زرع في تربة ملوحتها4ديسيمنز م$^{-1}$، وتسقى بماء ملوحته 1ديسيمنز م$^{-1}$ بمعامل كفاءة غسل0.6، فما هو عمق ماء الري اللازم للحفاظ على الاتزان الملحي طيلة الموسم الزراعي؟

الحل: على وفق المعادلة: $I=(f.ECe/\ )E$

$f.ECe-ECi$

$I=(0.6 \times 4/0.6 \times 4-1)\ 1000=(2.4/2.4-1)\ 1000=1714mm$

ومن المعادلة المقترحة لحساب متطلبات كفاءة الغسل على النحو الآتي:

$LR=(D_{dw}\ /\ D_{iw})\ 100=(EC_{iw}\ /\ EC_{dw})\ 100$

$LR=(ECiw\ /\ f\ .ECe)\ 100=(1/0.6\times\ 4=5/12$

أي ان متطلبات الغسل تشكل 12/5من حجم ملء الري اللازم، ويشكل الاستهلاك المائي في هذه الحالة:

1-(12/5)=12/7، وبعد إجراء التناسب يمكن الحصول على عمق ماء الري اللازم للحفاظ على الاتزان الملحي:

$I=1000 \times 12/7=1714mm$

وعمق متطلبات الغسل=1714-1000=714ملم

إذ ان: D_{dw}=عمق ماء البزل على سبيل الفرض ملوحته(EC_{dw}) مساوية لملوحة مستخلص العجينة المشبعة (ECe) كما أشير إليها مسبقا، D_{iw}= عمق ماء الري ملوحته(EC_{iw}).

ويمكن الاستدلال على التملح أيضا من خلال تقدير دليل الاتزان الملحي(Salt Balance Index) الذي يرمز إليه (SBI)يساوي كمية الملح الخارج على كمية الملح الداخل، فإذا كانت قيمته أقل من واحد يحدث تملح. وان كانت قيمته أكبر من واحد لا يحدث تملح في التربة، وان كان مساويا الى الواحد هنالك حالة اتزان ملحي.

مثال: لديك مساحة100دونم كان مقدار ماء الري الداخل اليها7أيكر- قدم للدونم وملوحته 0.7ديسيمنز م$^{-1}$ وحجم الماء الخارج للدونم5أيكر- قدم بملوحة 1ديسيمنز م$^{-1}$، فهل هنالك تملح؟

الحل: أ. كمية المياه الداخلة= حجم الماء الداخل ×المساحة=7×100= 700إيكر- قدم دونم$^{-1}$

448=640×0.7 =640×EC=ppm

طن من الملح/إيكر– قدم من الماء= ppm×0.00136=448×0.00136=0.609

كمية الأملاح الداخلة= كمية المياه الداخلة× طن من الملح/إيكر– قدم من الماء

=700×0.609=426.3طن

ب.كمية المياه الخارجة=5×100=500إيكر– قدم دونم$^{-1}$

ppm= 1×640=640 ، طن من الملح/إيكر–قدم من الماء=640×0.00136=0.870

كمية الأملاح الخارجة=500×0.8704=435طن

S = كمية الأملاح الداخلة–كمية الأملاح الخارجة=426.3–435.2=–8.9طن Δ

دليل الاتزان الملحي(SBI)= كمية الأملاح الخارجة/كمية الأملاح الداخلة=435.2/426.3=1.02

ومن ملاحظة النتائج ان قيمة التغير في كمية الأملاح بالتربة سالبة، وان دليل الاتزان الملحي أكبر من واحد لا يحدث تملح تحت مثل هذه الظروف.

المحاضرة الخامسة

استعمال المياه المالحة في الزراعة

المقدمة

يشير مصطلح الملوحة المستخدم هنا إلى إجمالي التركيز المذاب للأيونات غير العضوية الرئيسية (مثل Na، Ca، Mg، K، HCO3، SO4 و Cl) في مياه الري والبزل والمياه الجوفية. يمكن التعبير عن التركيزات الفردية لهذه الكاتيونات والأنيونات في وحدة حجم الماء إما على أساس مكافئ/لتر او مليمول/لتر أو على أساس الكتلة ، مغلم / لتر. إن المؤشر العملي للملوحة هو الايصالية الكهربائية (EC) ، معبرًا عنها بوحدة ديسيسيمنز/ متر (dS / m). يتم التعبير عن قيم التوصيل الكهربائي دائمًا عند درجة حرارة قياسية تبلغ 25 درجة مئوية لتمكين مقارنة القراءات المأخوذة في ظل ظروف مناخية مختلفة. مع كل أوجه القصور الواضحة ، فإن هذا العرف المتمثل في استخدام EC كمؤشر للملوحة يؤكد المفهوم القائل بأن النباتات تستجيب بشكل أساسي للتركيز الكلي للأملاح بدلاً من تركيزات أو نسب مكونات الملح الفردية.

عند المستويات العالية من الصوديوم تميل معادن الطين في التربة إلى الانتفاخ والتشتت ، وبالتالي تقل نفاذية ، وإن قدرة التربة على نقل المياه يمكن أن تنخفض بشدة بسبب زيادة تركيز الصوديوم. نظرًا لأن التركيز الكلي للملح يميل إلى زيادة ثبات التربة فيما يتعلق بالتجمع والنفاذية ، يتم التمييز بين التربة المالحة والتربة الصودية. فيما يتعلق بالصوديوم ، فإن نسبة الصوديوم المتبادل تقارن مع الكاتيونات الثائية (غالبًا ما يتم التعبير عنها على أنها النسبة المؤية للصوديوم المتبادل (ESP) بدلاً من الكمية المطلقة للصوديوم المتبادل). يمكن أن تكون بعض الأيونات في المياه المالحة سامة على وجه التحديد للنباتات ، إذا كانت موجودة بتركيزات أو نسب زائدة. وخاصة الصوديوم والكلوريد والبورون .على الرغم من أنها ليست سامة في كثير من الأحيان للنباتات ، إلا أن القليل من المواد المذابة في بعض الأحيان الموجودة في المياه المالحة الطبيعية قد تتراكم في أجزاء النبات بمستويات يمكن أن تكون سامة للمستهلكين (الانسان او الحيوان) ، إذا كان نظامهم الغذائي يقتصر إلى حد كبير على هذا الطعام. وتشمل هذه العناصر السيلينيومSe والزرنيخ As والموليبدينوم Mo. عادة ما تُعطى المعايير لمثل هذه المواد السامة المحددة في المياه من حيث تركيزاتها الفردية.

تصنيف المياه المالحة

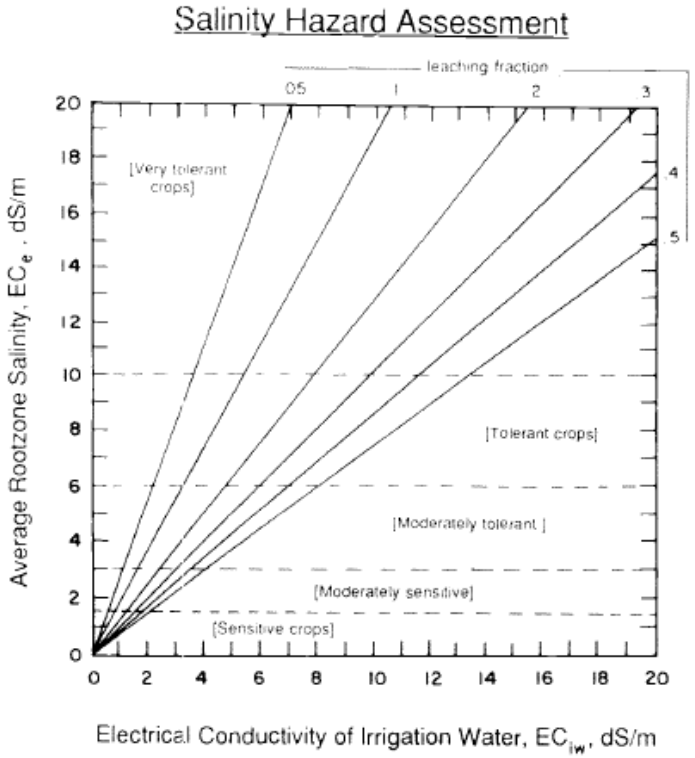
نظرًا لأن ملاءمة المياه المالحة للري تعتمد بشدة على ظروف الاستخدام ، بما في ذلك المحاصيل والمناخ والتربة وطريقة الري وممارسات الإدارة ، من أجل تحديد مستويات ملوحة المياه التي تستهدفها هذه الإرشادات ، من المفيد إعطاء مخطط تصنيف.

يتم إعطاء مثل هذا التصنيف في الجدول 1 من حيث التركيز الكلي للملح ، وهو عامل الجودة الرئيسي الذي يحد بشكل عام من استخدام المياه المالحة لإنتاج المحاصيل. كما هو موضح في الشكل 1 ، فقط المحاصيل شديدة التحمل يمكن إنتاجها بنجاح بمياه تتجاوز حوالي 10 ديسي سيمنز / م . تقع العديد من مياه البزل ، بما في ذلك المياه الجوفية الضحلة تحت الأراضي المروية ، في نطاق 2-10 ديسي سيمنز/ م. أن إعادة استخدام مياه المالحة للري ممكنة ومفيدة في بعض الأحيان.

TABLE 1
Classification of saline waters

Water class	Electrical conductivity dS/m	Salt concentration mg/l	Type of water
Non-saline	<0.7	<500	Drinking and irrigation water
Slightly saline	0.7 - 2	500-1500	Irrigation water
Moderately saline	2 - 10	1500-7000	Primary drainage water and groundwater
Highly saline	10 - 25	7000-15 000	Secondary drainage water and groundwater
Very highly saline	25 - 45	15 000-35 000	Very saline groundwater
Brine	>45	>35 000	Seawater

Figure 1
Relationships between EC_e (saturation extract basis), EC_{iw} and leaching fraction under conventional irrigation management (after Rhoades 1982)



مصادر المياه المالحة وتوافرها

في الاستخدام الزراعي العملي ، تعتبر المياه الجوفية من المصادر الشائعة للمياه المالحة. يمكن أن تكون ملوحة المياه الجوفية ناتجة عن الإنسان أو طبيعية. في العديد من المناطق ، توجد المياه الجوفية المالحة والعذبة على مقربة من سطح التربة. عندما يتم ضخ المياه الجوفية العذبة من طبقات المياه الجوفية المتصلة هيدروليكيًا بمياه البحر ، فقد يؤدي التغيير في ملوحة المياه نتيجة تدفق المياه المالحة من البحر باتجاه البئر. وهذا ما يسمى تسرب مياه البحر.

في المناطق الساحلية ، يمكن أن تصبح مصادر المياه السطحية مالحة بسبب تأثير المد والجزر في البحر. مع تحرك المد العالي إلى المنطقة الساحلية ، تنتقل مياه البحر إلى مجاري المياه وقنوات الصرف وتنتقل إلى الداخل. هذا الانتقال لمياه البحر يغير جودة المياه في مجاري المياه بشكل كبير.

مصدر مهم آخر للمياه المالحة هو المياه المبازل من المناطق المروية. تعد إعادة استخدام مياه الصرف الصحي مهمة عندما يكون الإمداد بمياه الري ذات النوعية الجيدة محدودًا ، كما أنها وسيلة فعالة للحد من تلوث المياه.

مبادئ الاستخدام الآمن للمياه المالحة

أدت الزراعة المروية إلى زيادة إنتاجية المحاصيل بشكل كبير ، ولكن ادى الري غير المناسب وغير الفعال إلى إهدار المياه ، وإلحاق الضرر بالإنتاجية وتغيير البيئة في مساحات شاسعة من الأراضي. تتلوث المياه السطحية والجوفية في العديد من المناطق بالأملاح والأسمدة ومبيدات الأعشاب ومبيدات الآفات. المواد الكيميائية السامة تجعل المياه غير صالحة للشرب وحتى للري في بعض الحالات. تقلل هذه الملوثات أيضًا من الاستخدام الترفيهي والقيمة الجمالية للمياه السطحية.

يقلل مزج المياه المالحة والعذبة من إمكانية استخدام إجمالي إمدادات المياه. يحد استخدام المياه الملوثة للري من إمكانات إنتاج المحاصيل ، فضلاً عن فرض بعض المخاطر الصحية المحتملة على مستهلكي الغذاء. للتغلب على المشاكل الموصوفة أعلاه ، يجب تطوير تقنيات جديدة وتنفيذها لتقليل الاستخدامات المفرطة للمياه وللحفاظ على إمدادات المياه المحدودة ، ويجب إيجاد طرق أفضل لتنفيذ الأساليب الحالية بشكل أكثر فعالية. يجب زيادة كفاءة الري باعتماد استراتيجيات وأنظمة وممارسات إدارية مناسبة ومن خلال التعليم والتدريب. يجب أن تكون إعادة استخدام المياه العادمة ، بما في ذلك استخدام مياه الصرف الصحي والمياه الجوفية المالحة الضحلة لإنتاج المحاصيل ، جزءًا لا يتجزأ من إدارة مياه الري والحفاظ على المياه وبرامج حماية البيئة. يجب تنفيذ تدابير فعالة للتحكم في الملوحة للحفاظ على الزراعة المروية ومنع تلوث الموارد المائية المرتبطة بها. وفهم كيفية تأثيرالمياه المالحة على جودة التربة والموارد المائية ، وليس فقط إنتاج المحاصيل. يمكن استخدام بعض الممارسات للتحكم في الملوحة داخل منطقة جذر المحاصيل . تتكون ممارسات "المزرعة" عادةً من تقنيات زراعية وهندسية يطبقها المزارع على أساس كل حقل على حدة. تتكون ممارسات "على مستوى المنطقة" أو "الأساس التنظيمي الأكبر" بشكل أساسي من الهياكل الهندسية للتحكم في المياه وأنظمة لجمع مياه البزل وإعادة استخدامها ومعالجتها و / أو التخلص منها.

لا توجد عادة طريقة واحدة لتحقيق الاستخدام الآمن للمياه المالحة في الري. يمكن دمج العديد من الأساليب والممارسات المختلفة في أنظمة ري مرضية بالمياه المالحة ؛ يعتمد المزيج المناسب على الجوانب الاقتصادية ، والمناخية ، والاجتماعية ، وكذلك الجوانب المائية والهيدروجيولوجية.

مبادئ توجيهية للإدارة(إدارة إنتاج المحاصيل)

تتكون ممارسات الإدارة للاستخدام الآمن للمياه المالحة للري بشكل أساسي من:

1- اختيار المحاصيل أو أصناف المحاصيل التي تعطي حاصل مقبول في ظل الظروف الحالية أو المتوقعة للملوحة
2- إجراءات الزراعة الخاصة التي تقلل أو تعوض عن تراكم الملح بالقرب من البذور
3- الري للمحافظة على مستوى عالٍ نسبيًا من رطوبة التربة ولتحقيق الغسل الدوري للتربة
4- تحضير الأرض بالحراثة والتنعيم لزيادة انتظام توزيع المياه وترشيحها وإزالة الملوحة
5- المعالجات الخاصة (مثل الحراثة وإضافات المصلحات الكيميائية والمواد العضوية وزراعة محاصيل السماد الأخضر) للحفاظ على نفاذية وخصوبة التربة

بعض وسائل التعايش مع الملوحة

عند تحول الترب الزراعية الخصبة والجيدة بعدة عدة سنوات من الاستغلال الزراعي إلى ترب متوسطة الملوحة او مالحة ، وخاصة عند عدم توفر المبازل او وجود مبازل غير الكفؤة ، تستوجب تنفيذ تدابير للتعيش مع الملوحة لتقليل الاثار السلبية للملوحة. يمكن ذكر بعض وسائل التعايش مع الملوحة وهي:

1- تحسين غسل الاملاح إلى خارج المنطقة الجذرية
2- استعمال المياه المحلاة حلا فعالا ، ولكن التكاليف مرتفعة للغاية بالنسبة للعديد من المزارعين
3- خلط المياه من مصادر مختلفة (المياه المحلاة ومياه الابار) يمكن ان يكون حلا جزئيا للمحاصيل متوسطة التحمل للملوحة
4- هناك اهتماما متزايدا بتطوير المحاصيل القادرة على تحمل مستويات عالية من الملوحة ، الا ان هناك القليل من المحاصيل التي يمكن اعتبارها متحملة للملوحة وذات أهمية اقتصادية للمزارعين ، وفي المستقبل القريب يتوقع من التكنولوجيا الحيوية أن تقدم بعض المساعدة لاستصلاح الاراضي الملحية ، وقد يكون فحص المادة الوراثية للنباتات المتحملة للملوحة مفيدا في هذا المجال ، ومن المرجح ان يزداد استعمال الاصناف المتحملة للاملاح في السنوات القادمة ، كما تم اقتراح المحاصيل المحورة جينيا كحل للتعامل مع الترب الملحية
5- الحد من كمية الأسمدة المضافة هو احد الاساليب المستعملة للتعامل مع الترب الملحية ، اذ ان اختيار الأسمدة وجرعات الاضافة وتعديلها بشكل صحيح يؤدي إلى الحد من التلوث الناجم عن الأسمدة ويقلل من تكاليف الإنتاج ويوفر عائد صافي أعلى للمزارع
6- يمكن ان يساهم زراعة النباتات الملحية في تخفيض ملوحة التربة عن طريق زراعتها وبعد نموها تزال من التربة ، ومن ثَمَّ تخفض ملوحة التربة

واستصلاحها ، وان معرفة كيفية تطور النباتات الملحية الـ (Halophytes) للتكيف مع الترب الملحية ذات أهمية كبيرة لتربية اصناف جديدة من النباتات قادرة على تحمل مستويات ملحية أعلى.

7- حامض السلسليك يحفز النبات على تحمل ملوحة التربة ، اذ ان حامض السلسليك يثبط إنطلاق ايوني البوتاسيوم والهيدروجين من الجذور ، والذي يحدث استجابة لتاثير كلوريد الصوديوم ، وتنشيط التعبير الجيني للاجهاد الملحي

8- ان نبات (الكينوا *Chenopodium quinoa* Willd) عبارة عن محصول بذري خالٍ من الكلوتين ومغذٍ بدرجة عالية مع تكيفات زراعية ملحوظة مع مختلف الظروف المناخية الضارة ، مما يجعلها مناسبة للزراعة في البلدان المعرضة لآثار تغير المناخ. يتكيف الكينوا مع الظروف المناخية الأكثر تطرفًا والتي لا ترحم ، مثل الجفاف والملوحة العالية والصقيع

9- ان نبات *Bassia scoparia* A.J.Scott من النباتات المتحملة للملوحة والجفاف التي يمكن ان تكون مصدرا مهما للاعلاف ، وان هذا النبات له القدرة العالية على النمو في التربة مع الري بمياه مالحة في الصيف ، ولا يتاثر الكتلة الحيوية للمادة الجافة له عند خفض الاحتياجات المائية له بمقدار %20

10- نبات الساليكورنيا عبارة عن عشبة لحمية عصارية تتميز بوجود مفاصل في نقاط تفرع الغصينات، و الأفرع الرئيسية في هذا النبات أفقية أما الأفرع الثانوية فهي عمودية تنمو نحو الأعلى ، و الساليكورنيا نبات بلا أوراق فهو مجرد مجموعة من الغصينات اللحمية العصارية ، وتضم الساليكورنيا نحو خمسة عشر جنساً من النباتات وأزهار هذا النبات مخنثة أي أن الزهرة الواحدة تحتوي على أعضاء التذكير و أعضاء التأنيث جنباً إلى جنب ، وتزهر الساليكورنيا في أواخر الصيف ومن الملاحظ أن لون هذه النبتة يتغير من اللون الأخضر إلى اللون الأحمر في أواخر الصيف أي

قبيل فترة الحصاد. تعتبر الساليكورنيا إحدى أكثر النباتات تحملاً لملوحة التربة لذلك فإنها تنموا بشكل طبيعي على شواطئ البحار والبحيرات المالحة و السباخ والقنوات الاصطناعية التي تربط بين البحار . ويمكن للساليكورنيا أن تنموا بعيداً عن المياه في المناطق التي يزيد معدل الأمطار فيها عن 1000 ميليمتر ، و يمكن لهذا النبات أن ينمو في الترب ذات التفاعل الحامضي ، كما أن بإمكانه النمو في الترب الشديدة القلوية والحقيقة أن الساليكورنيا هي نبات محب للترب الكلسية القلوية ، و بإمكان هذا النبات أن يعيش في الترب الغدقة كما أنه يتحمل الجفاف بشكل جيد . يبلغ طول هذا النبات حوالي 30 سنتيمتراً بشكل وسطي كما أنه يتميز بطعم مالح ونبات الساليكورنيا من النباتات المحبة للأسمدة النيتروجينية والفوسفورية بشكل خاص ، كما أنه يتجاوب بشكل ملحوظ مع هذه الأسمدة ، و يحتاج هذا النبات إلى سبعة أشهر حتى يصل إلى طور الإنتاج لذلك لا يمكن زراعة أكثر من موسم واحدمن هذا النبات في العام الواحد إمكانية ري الساليكورنيا بمياه البحار والمحيطات كما أن بالإمكان زراعة هذا النبات في الترب التي تتميز بمعدلات ملوحة عالية جداً تصل إلى 30 بالمائة من الملح شريطة أن نقوم بغسل هذه الترب مرتين بمياه البحار حتى تفقد شيئاً من ملوحتها قبل أن نقوم بزراعتها ، لذلك فإن هذا الأمر يعد بإمكانية زراعة الصحارى الخالية من المياه الجوفية والأراضي الشديدة الملوحة وذلك باستجرار مياه البحار إلى تلك الأراضي ، كما أن بإمكانية هذا النبات أن أن يقلل من معدلات الأملاح في الترب الزراعية و ذلك تمهيداً لزراعتها بالمحاصيل الإعتيادية . و علينا أن نشير هنا إلى أن الصحارى تحتاج للري بشكل دائم لأن الرمال تجف بسرعة و لا تحتفظ بالمياه كالتربة كما أن الصحارى فقيرة بالمواد العضوية و الأملاح المعدنية.

تقنين استعمال مياه الري

تعد جدولة الري إحدى استراتيجيات إدارة المياه وتهدف الى عدم الإضافة الزائدة للمياه. والذي ينعكس تأثيره في الحاصل وعدم إحداث شد مائي على النبات بسبب الجفاف. يحصل افضل نمو للنبات عندما تتوافر كمية من الماء الجاهز تكفي لنمو النبات ولا تزيد عن حاجته. إذ ان مفهوم جاهزية الماء هو المفتاح لإدارة أي عملية ري ناجحة الغرض منها معرفة الجهود المائية المؤثرة في العلاقات المتداخلة بين التربة والنبات والماء.

توفر جدولة الري المعلومات التي يمكن أستعمالها في تطوير استراتيجيات الري لمختلف المحاصيل وباختلاف الترب والظروف المناخية. يمكن تحديد هذه الجدولة بأستعمال بيانات طويلة الامد تمثل متوسط الظروف أو المعلومات الفصلية الانية المبنية على معلومات عن الزمن الحقيقي والتنبؤات للازمان القصيرة.

جدولة الري هي طريقة منظمة من خلالها يستطيع المزارع أن يقرر متى يروي وما هي كمية المياه الواجب أضافتها، ان الهدف من وضع برنامج جدولة ري فعال هو:

1- تجهيز النبات بالماء الكافي

2- تقليل الخسائر الناجمة عن طريق الصرف العميق percolation والسيح السطحي Runoff

3- تحسين كفاءة استعمال الماء وتحقيق اعلى ربحية من خلال تقليل تكاليف الضخ

4- تحقيق الحد الاقصى من المحصول وزيادة في نوعيه الحاصل.

أن كمية الماء الواجب أضافتها تعتمد على:

1- سعة خزن التربة للماء Soil Moisture Storage Capacity

2-سعة مسك التربة للماء الجاهز Available – Water Holding Capacity of Soil

3-تعمق جذور المحصول

4- كمية أستنزاف الماء الجاهز من مقد التربة من خلال أستعمال المحصول للماء.

متى نروي تعتمد على نسبة أستعمال الماء من قبل المحصول، الرطوبة الكلية الجاهزة للتربة.

أن الهدف الرئيس لجدولة الري هي

1- أدارة الري بكفاءة قصوى

2- تقليل الخسائر في الحاصل من خلال التغلب على الشد المائي الذي يتعرض له المحصول

3- زيادة الحاصل لكل وحدة ماء مضافة (كفاءة الري) ، وهذا يؤدي الى زيادة الربحية

أن استعمال المياه بشكل مفرط أو ناقص يمكن أن تعمل على خفض الانتاجية بشكل معنوي، على سبيل المثال الري المفرط خلال موسم النمو ربما يقلل الشد المائي على المحصول لكنه في الوقت نفسه سيعمل على تقليل كفاءة الري وانخفاض استجابة المحصول لممارسات الادارة الاخرى مثل التسميد. يعتمد نظام جدولة توزيع مياه الري في الحقول على مدى حاجة المحصول للماء، أي أن المزارع يضيف الماء إلى حقله حسب الحاجة بالكمية اللازمة وفي الوقت اللازم أيضاً. أن هذه الطريقة تحتاج إلى جهد ورقابة ومتابعة أكثر من الطريقة السابقة، إلا أنها تستخدم للحصول على الفائدة المثلى من الترابط بين عوامل التربة والماء والنبات، وفي هذه الحالة يتطلب من المزارع أن تكون له القدرة على تقويم حقوله والتعرف على حاجة كل محصول للماء والكمية المطلوبة لسد هذه الحاجة.

تقدير كمية ماء الري

هناك عدد من الطرائق يمكن بوساطتها السيطرة على كمية مياه الري وموعد الري (جدولة الري) ومراقبة التداخل بين التربة والنبات والمناخ القريب من سطح الأرض.

تتطلب جميع اوجه إدارة الري ولاسيما جدولة الري فهم الموازنة المائية للتربة التي تتضمن تقدير كمية الماء الموجود في المنطقة الجذرية عند أي وقت محدد. تؤثر رطوبة التربة بصورة مباشرة في جهد ماء التربة وبصورة غير مباشرة في تهوية التربة وحرارة التربة وحركة المغذيات. وتعتمد جدولة الري بالأساس على مستويات الرطوبة في التربة والتي يمكن قياسها بعدة طرائق بصورة مباشرة أو غير مباشرة. تعد عملية قياس رطوبة التربة شائعة الاستخدام

لتحديد الحاجة للري من الناحية التطبيقية، حيث تراقب رطوبة التربة باستمرار ويروى الحقل عندما يصل العجز في المحتوى الرطوبي إلى القيمة المثبتة مسبقاً، وتعد هذه الطريقة أكثر وضوحاً لأنها تشمل على تقدير مباشر لكمية ماء التربة الذي له علاقة مباشرة بنمو النبات. وتستخدم أي من الطرق المتوفرة لتقدير رطوبة التربة (الطريقة الوزنية أو التشتت النيوتروني). هذه الطريقة بالتأكيد أسهل من طريقة قياس فتحات الثغور أو الجهد التناضحي (الأزموزي) للأوراق، ولكن طريقة قياس الرطوبة لا تخص نوعاً معيناً من المحاصيل، ويقاس في الوقت الحاضر غالباً جهد الرطوبة للتعرف على حاجة المحصول للماء بدلاً من القياس المباشر لرطوبة التربة. تحتاج هذه الطريقة إلى قراءات وحسابات مستمرة لتحديد موعد الري.

يمثل التوازن المائي لأي حقل مجموع الماء المكتسب والماء المفقود والتغير في الخزن الذي يحدث في الحقل ضمن حدود معينة وخلال فترة زمنية معينة. أن واجب مراقبة توازن ماء الحقل والسيطرة عليه يكون حيوياً للإدارة الكفوءة للماء والتربة. وتكون المعلومات عن التوازن المائي ضرورية لإتباع الطرق الممكنة لتقليل الفقد إلى الحد الأدنى وزيادة الماء المكتسب، والذي هو غالباً العامل المحدد لإنتاج المحاصيل، ورفع كفاءة استخدامه إلى أقصى حد.

يمكن تقدير التبخر–نتح من البيانات الجوية للأيام القليلة السابقة للري، او تخمن من البيانات المناخية طويلة الأمد باستخدام الطرق التجريبية (المعادلات)، فإذا كانت كمية مياه التربة في نهاية فترة الري معلومة (مقدار الرطوبة الذي يجب الري عنده)، وكذلك كمية الرطوبة عند بداية الري (غالباً ما تكون السعة الحقلية)، والجريان السطحي والرشح العميق

والأمطار الساقطة معلومة، فيمكن تقدير كمية ماء الري وموعد الإرواء. عادة عند إضافة المياه إلى الحقل ترطب التربة في منطقة الجذور إلى السعة الحقلية، لذا فإن بعد الري تكون معلومة ومقدارها يساوي السعة الحقلية، والجريان السطحي والرشح العميق يكونان قريبين من الصفر، وبذلك تكون الفواقد الرئيسة للماء من الحقل ناتجة عن البخر–نتح ، أي أن كمية ماء الري تساوي التبخر–نتح زائداً التغير في المحتوى الرطوبي ناقصاً كمية الأمطار الساقطة.

ان نقص الماء على النبات يظهر من خلال ظواهر مورفولوجية وفسلجية عديدة التي يمكن استعمالها كمعيار لتحديد الحاجة للري، فالوقت المناسب للري في مثل هذه الحالة هو عندما يصل جهد الماء في النبات إلى النقطة التي بعدها يقل النمو والإنتاج بصورة واضحة. لذا تعد طريقة المؤشر النباتي طريقة مباشرة تدل على جهد الماء، فمن مظاهر سلوك النبات يستدل على مدى الحاجة للري. ومن أهم هذه الطرائق المتبعة هي قياس معدلات النمو لبعض أجزاء النبات ولون النبات اذ عند زيادة جهد ماء التربة فأن أوراق عديدة من النبات تميل إلى تغيير لونها. فمثلاً أوراق نباتات الفاصوليا والقطن والبرسيم والعدس يتغير لونها إلى أخضر مائل للزرقة أو أخضر غامق عندما يزداد جهد رطوبة التربة المزروعة فيها.

تقليل فواقد ماء الري

يعرف الري الناقص او الجزئي بانه اضافة كمية مياه ري اقل من الكمية المطلوبة وذلك لتقليل التبخر نتح (فواقد المياه) ، وان الري الناقص هو زيادة كفاء استعمال الماء عند تعريض المحصول الى مستوى معين من الشد في مرحلة معينة من مراحل النبات او خلال فصل النمو الكامل ،اذ ان من المتوقع بان اي انخفاض في الحاصل سيكون غير معنوي ومهم واذا ما تم مقارنته بالمكاسب كتوفير المياه التي يمكن استعمالها في ري محاصيل اخرى.

يعد الري الجزئي Partial Irrigation (PI) احد مفاهيم الري الناقص Deficit irrigation (DI) الذي طور ليشمل مفهوم جديد هو الري الجزئي لمنطقة الجذور Partial root–zone irrigation (PRI) وهو اسلوب مبتكر لادارة الري ، واستخدم في المناطق التي تعاني من نقص في الموارد المائية ومعدلات التبخر فيها عالية. لقد استعمل الري الجزئي لاختزال كمية مياه الري المضافة وزيادة كفاءة استعمال الماء للمحاصيل دون احداث تاثير سلبي في الحاصل.

الري الجزئي مفهوم لتقانة جديدة ومبتكرة لادارة الري. يعمل بهذه التقانة في الوقت الحاضر في العديد من البلدان ، إذ يتم فيها ارواء جزء من منطقة الجذور ويترك الجزء الاخر ليجف. يعمل هذا النظام على تحسين كفاءة استعمال الماء للمحاصيل بنسبة 20 – 50% من مياه الري دون التأثير سلباً في الانتاجية.

يشمل الري الجزئي ما يلي:

1- الري الجزئي لمنطقة الجذور المتبادل

Alternate partial root-zone irrigation (APRI) هو أحد أنواع الري الجزئي ويتم فيه ترطيب وتجفيف منطقة الجذور بشكل متبادل اثناء الري، اذ يروى جزء من المنطقة الجذرية بينما يكون النصف الاخر جافاً، وفي الرية اللاحقة يروى الجزء الجاف من الجذور ويترك الجزء الذي تم ارواءه سابقاً دون ارواء ويستمر الري المتبادل الى نهاية موسم النمو.

2- الري الجزئي لمنطقة الجذور الثابت

Fixed Partial Root-zone Irrigation (FPRI) هو أحد انواع الري الجزئي (PRI) ويعد تقانة ري جديدة للتقليل من فقد الماء والتي استخدمت وطورت مؤخراً على محاصيل الخضر، حيث يكون الري فيه على ترطيب وتجفيف منطقة الجذور وبشكل ثابت ويستمر الري الى نهاية موسم النمو (Kang و Zhang، 2004).

اكدت بعض الدراسات ان مفاهيم الري الجزئي كانت مناسبة لري محاصيل الخضر باستعمال نظام الري بالتنقيط واعطت نتائج جيدة مما يشجع للتوسع بتطبيق الري الجزئي تحت نظم بيئية مختلفة. تعد التقانة الجديدة لحفظ او اختزال الماء مثل الري الجزئي لمنطقة الجذور او التجفيف الجزئي لمنطقة الجذور لها الدور في تقليل الاخطار البيئية الناجمة عن النشاطات الزراعية على المياه الجوفية والمياه السطحية لاسيما التلوث بالنترات نتيجة الغسل اسفل المنطقة الجذرية ، فضلا عن تقليل الاملاح المتراكمة في التربة.

يعد الري الناقص و الري الجزئي لمنطقة الجذور او التجفيف لمنطقة الجذور (PRD) من الاساليب التي تعمل على توفير كميات من ماء الري، وتلك الكميات من المياه لاتؤثر على انتاجية الحاصل وتعمل على زيادة انتاجية الماء ، فضلا عن تخفيض الكلفة الاجمالية لأنظمة الري. ان النباتات تحت نظام الري الجزئي بكل اساليبه تعتمد على وجود اشارات من المجموع الجذري والمجموع الخضري بشكليها الهيدروليكي والكيميائي والتي تؤثر على عمل الثغور وبالتالي على عمل النبات بصورة كلية من النمو والانتاجية. طورت هذه التقانة على اساس ان النظام الجذري الموجود في جزء التربة الجاف يستجيب للتجفيف من خلال ارسال الجذور اشارة الى المجموع الخضري ليتم غلق الثغور لتقليل فقد الماء بعملية النتح، كذلك عن طريق فتح الثغور الصغيرة وتضييق فتحة الثغور قليلاً وهذا من شأنه تقليل عملية فقد الماء مع تأثير طفيف في عملية التمثيل الضوئي.

ان الري الجزئي يقوم بالاعتماد على ترطيب جانب ويترك الجانب الاخر فضلاً عن ان هذه العملية تعتمد على عوامل عدة هي المحصول ومرحلة النمو والتبخر و نسجة التربة والتوازن المائي في التربة.

المحاضرة الثامنة

استعمال المياه العادمة في الزراعة

المقدمة:

تتطلب المياه المعاد تدويرها للري معالجةً أقلّ من المياه المعاد تدويرها للشرب ، بعض الولايات الأمريكية تستخدم أنظمة إعادة تدوير المياه غير القابلة للشرب في الولايات القاحلة مثل تكساس، ونيفادا، أما في الولايات المطرية مثل فلوريدا فتجمع مياه الصرف الصحي من قبل البلدية وتُعالج للاستخدام في الزراعة، والمسطحات الخضراء، وري الملاعب.

يعاني العراق اليوم من ازدياد حالات الجفاف، وربما قد يصل الأمر إلى نضوب المياه الجوفية ، لذا على المؤسسات الحكومية المعنية الاستفادة من تكنولوجيا معالجة مياه الصرف الصحي، ففضلاً عن الري الزراعي، يمكن استخدام المياه المعاد تدويرها في مجالات عديدة مثل الصناعة والزراعة والبنا والخ.....

أن العراق يواجه ضغوطاً خطرة فيما يخص المياه بعد الجفاف الأخير، وانخفاض مستوى نهري دجلة والفرات وروافدهما، مع توقع خبراء المياه زيادة معدلات الجفاف في المستقبل، وزيادة الطلب على المياه بسبب النمو السكاني؛ لذا فإن قرار اللجوء إلى إعادة الاستخدام الصالح للمياه يعدُّ حلاً ممكناً، ويمكن تحقيق ذلك عبر إنشاء نظام يعمل على حقن مياه الصرف التي عولجت في إمدادات المياه، وبدلاً من صبها في أماكن مخصصة للتخلص منها فإنه يمكن ري المناظر الطبيعية، أو تحويلها إلى مياه شرب من خلال نظام تنقية المياه، كما هو الحال في سنغافورة التي لديها بالفعل نظام لإعادة استخدام المياه يوفر نحو ٣٠% من مياه الشرب.

إن عملية إعادة الاستخدام موجودة بالفعل، وتنمو في أستراليا وبعض الدول الأوروبية، والأفريقية، فدولة ناميبيا الواقعة في الجنوب الأفريقي تفتخر بامتلاكها أول منظومة رئيسة لإعادة استخدام المياه الصالحة للشرب في العالم. يقول الخبراء إن تقنيات إعادة الاستخدام أثبتت فعاليتها، وإن محطات المعالجة يمكن أن تحوّل مياه الصرف الصحي إلى مياه نظيفة صالحة للشرب، غير أن إعادة استخدامها مكلفة أيضاً، إذ تتطلب أنظمة إعادة استخدام مياه الشرب درجة عالية من المعالجة.

نُفّذت مشاريع ناجحة لإعادة تدوير المياه في العديد من البلدان، وقد أثبتت هذه التجارب جدوى إعادة استخدام المياه على نطاق واسع، ودورها في الإدارة المستدامة لها، وأثبتت تجارب المشاريع والدراسات الصحية الشاملة إمكانية استخدام المياه المعاد تدويرها لتكملة إمدادات مياه الشرب.

يؤدي استصلاح أو إعادة تدوير المياه في المقام الأول إلى جعل مياه الصرف (غير الصالحة للشرب) مفيدة؛ وبالتالي توفير التكاليف الاقتصادية والبيئية الخاصّة بإنشاء إمدادات مائية جديدة، وإن إعادة تدوير المياه، وإعادة استخدامها هي عملية جمع مياه الصرف الصحي ومعالجتها واستخدامها، ولاسيما من البلديات والمناطق الصناعية والزراعية.

فوائد إعادة تدوير المياه

1- تحتفظ بمياه الصرف الصحي لإعادة استخدامها، بدلاً من تصريفها بنحو قد تسبب تلوثاً.

2- توفّر الطاقة اللازمة لاستخراج المياه العذبة أو نقلها إلى المنطق في المناطق التي تعاني من شح المياه.

3- تزيد من توفير المياه للمناطق القاحلة.

4- توفر مصدر مياه يمكن الوصول إليه بسهولة للقطاعات الاقتصادية، والصناعية، والزراعية، وتعزّز التنمية الاقتصادية، والإنتاج الغذائي.

5- تحسّن نوعية الزراعة من خلال استخدام المغذيات القيمة المستخرجة من مياه الصرف الصحي.

6- التكيّف مع تغيّر المناخ.

7- تكنولوجيا منخفضة التكلفة نسبياً مقارنة ببدائل مثل الاستخراج والنقل.

مساوئ المياه العادمة المستعملة:

1- هنالك مخاطر صحية عند التعرض لمياه الصرف الصحي المعالجة بنحو غير كاف.

2- عدم تقبل المياه المعادة تدويرها كونها مياه "نفايات " من قبل الناس.

3- يمكن أن تشكل الملوثات غير المعروفة في المياه المعالجة مخاطر صحية، ويجب معالجتها.

4- إن معالجة المياه المستعملة لإعادة الاستخدام تكون مكلفة في البداية بالمقارنة مع بدائل إمدادات المياه، مثل المياه الجوفية.

وعلى ما تقدم يمكن أن تجعل العقبات المؤسسية، فضلاً عن اختلاف أولويات المؤسسات الحكومية، والتصور العام الخاطئ لتنفيذ مشاريع إعادة تدوير المياه أموراً صعبة، لكنْ على الرغم من ذلك هنالك مقترحات يمكن الأخذ بها من أجل تنفيذ سهل لهذا المشروع؛ إذ إنه في بادئ عملية التخطيط يجب على المؤسسات الحكومية التواصل مع الجمهور العام للتعامل مع أي مخاوف، وإبقاؤهم على اطلاع ومشاركة في عملية التخطيط. ومع تزايد الطلب على الطاقة المائية والاحتياجات البيئية، فإن إعادة تدوير المياه ستؤدي دوراً أكبر في إجمالي إمدادات المياه. وبالعمل معاً يمكن التغلب على العقبات وبذا من الممكن إعادة تدوير المياه والحفاظ عليها.

معالجة المياه المستعملة (استصلاح المياه)

هي عملية تحويل المياه العادمة أو مياه الصرف الصحي إلى مياه يمكن إعادة استخدامها لأغراض أخرى مفيدة قد تشمل ري الحدائق والحقول الزراعية أو تجديد موارد المياه السطحية والجوفية كما يمكن توجيه استخدامها لتلبي احتياجات معينة للسكان في منازلهم (مثل تنظيف المرحاض) والأعمال التجارية والصناعة ويمكن حتى معالجتها لتصبح صالحة للشرب.هذه العملية تساهم في الحفاظ علي المياه كجزء من التنمية المستدامة للمياه مما يقلل من الندرة والجفاف ويخفف من الضغوط على المياه الجوفية وغيرها من المسطحات المائية الطبيعية.

الماء المستعمل هو الماء الملوث الذي تدخل عليه المواد الغريبة فتفسد خواصه الكيميائية والفيزيائية أو تغير من طبيعته مما تجعله غير صالح للاستعمال من الإنسان والحيوان والنبات والكائنات التي تعيش في البحار والمحيطات.

يتم تدوير المياه بشكل متكرر من خلال الغلاف المائي لكوكب الأرض ، فكل المياه على الأرض عبارة عن مياه معاد تدويرها، إلا أن المصطلحات "المياه المعاد تدويرها" أو "المياه المستصلحة" تعني عادة مياه الصرف التي يتم إرسالها من المنزل أو العمل من خلال نظام الصرف الصحي إلى محطة معالجة مياه الصرف الصحي ، حيث يتم علاجها إلى مستوى يتفق مع الاستخدام المقصود. أقرت منظمة الصحة العالمية أسباب الاضطرار لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي وهي كالتالي:

1- زيادة ندرة المياه.

2- الزيادة السكانية وقضايا الأمن الغذائي ذات الصلة.

3- زيادة التلوث البيئي من مياه الصرف الصحي بطرق خاطئة.

4- زيادة الوعي وإدراك قيمة موارد مياه الصرف الصحي والفضلات.

تصنيف أنواع الملوثات للمياه:

1- تلوث فيزيائي : يشمل مواد صلبة مثل المواد البلاستكية وأتربة عالقة ونفايات منزلية وما تجره السيول . وان المخاطر الناتجة منه هي اعاقة في استعمال هذه المياه وانسداد أنابيب نقل المياه .
2- تلوث عضوي :و يشمل زيوت صناعية مواد عضوية منحلة ومصدره نفايات منزلية وصناعية .المخاطر الناتجة تلوث البيئة وتسمم المياه وامراض ميكروبية.
3- تلوث كيميائي :وهو مواد كيميائية ومعدنية ومعادن ثقيلة مثل الرصاص والزئبق .مصدره المبيدات الحشريه والفلاحية ومخلفات المستشفيات ومخلفات صناعية.

معظم استخدامات هذه المياه المستصلحة تكون لأغراض غير صالحة للشرب مثل غسل السيارات والمراحيض وتبريد محطات الطاقة والبحيرات الاصطناعية والري حيثما يكون ذلك ممكنا.

استعمال المياه العادمة:

1- استخدامات المدن والمناطق العمرانية: ري الحدائق العامة والخاصة والمرافق الرياضية وتنظيف الشوارع وأنظمة الحماية من الحريق.
2- الاستخدامات الزراعية: مثل زراعة نباتات الزينة اوالنباتات التي تؤكل

3- الاستخدامات الصناعية: مثل إعادة تدوير أبراج التبريد والبناء
4- الاستخدامات الترفيهية: ملاعب الجولف وري المسطحات الخضراء
5- الاستخدامات البيئية: إعادة شحن المياه الجوفية و زراعة الغابات.

تحلية المياه للاستخدام في الزراعة

المقدمة

أصبحت ندرة مصادر المياه ذات الجودة العالية قضية هامة بالمناطق الجافة والشبه-جافة، حيث تخصص المياه الجيدة للشرب كأولوية. وفى هذه الحالات، تتولد الحاجة لاستخدام المياه الهامشية الجودة في الزراعة المروية، مثل المياه الجوفية العسرة، ومياه الصرف الزراعي والمياه العادمة المعالجة.

كما يمكن أن تحدث ندرة في المياه العذبة خلال الظروف الطارئة، مثل حالات تداخل مياه البحر، كما حدث مؤخرا نتيجة للتسونامى في جنوب وجنوب شرق آسيا. وفى هذه الأحوال، فإن توفير مياه الشرب للاستخدام المنزلي للسكان المتضررين، يعد ذا أولوية.

بالإضافة إلى ذلك، فإن ما يزيد عن حاجة الأرض من الري يكون مالحا في الغالب ويصبح مصدرا لزيادة ملوحة قنوات المياه السطحية التي تقع على جوانب مخارج المصارف. فإذا كان الأمر كذلك، فيلزم تقليل كمية الأملاح في المياه المنصرفة لتقليل التأثير السيئ على البيئة.

عند استخدام مياه مالحة بنسبة معقولة لإنتاج المحاصيل، فإحدى الإمكانيات هي التحكم في ملوحة الأراضي المروية، عن طريق الغسيل والتخلص من الملوحة بواسطة الصرف (الطبيعي أو الصناعي)، و الإدارة الأفضل لمياه الري، واختيار المحاصيل المناسبة التي يمكنها تحمل الملوحة. والخيار الآخر هو تقليل المحتوى الملحي في المياه العسرة وذلك بخلطها بمياه ري ذات جودة أفضل. وهذا الأسلوب شائع في دلتا النيل. ولكن إذا لم تتوفر مصادر المياه العذبة، تبقى تحلية المياه هي البديل الوحيد. وأيضا تعد تحلية المياه اختيارا لمعالجة مياه الصرف الزراعي وذلك لتقليل الآثار البيئية من جراء صرف فوائض مياه الري المالحة.

تكنولوجيات تحلية المياه وتكلفتها

تعد تكنولوجيا تحلية المياه من التكنولوجيات المعروفة جيداً لتوفير مياه المدن كما أنها المصدر الرئيسي لمياه الشرب في دول الخليج. وتستخدم أيضا المياه العسرة ومياه البحر المحلاة في دول معينة، لري المحاصيل عالية القيمة. ومن أكثر التكنولوجيات استخداما لتحلية

المياه هي التقطير الحراري والتكنولوجيا الغشائية، مثل الفصل الكهربائي والضغط الأسموزي العكسي (RO).

يحول التقطير الحراري المياه المالحة إلى بخار يكثف بدوره ليشكل مياها محلاة. وتشمل هذه العمليات الومضات متعددة المراحل ، والتقطير متعدد التأثير وضغط البخار الحراري. ويمكن معالجة كميات كبيرة من مياه البحر (000 55 متر3/يوم)، بتركيز يصل إلى أكثر من 30 جم/لتر، باستخدام التقطير الحراري.

وتتم في عملية الفصل الكهربائي بفصل الأملاح من المياه باستخدام شحنة كهربائية. وتستخدم تلك التكنولوجيا لتحلية المياه العسرة التي يقل التركيز الملحي فيها عن 10 جم/لتر.

وتتطلب عملية الضغط الأسموزي العكسي ضغطا على المياه التي تضخ بقوة في غشاء نصف مسامي يحجز أغلب الأملاح. وتستخدم هذه الطريقة في تحلية مياه البحر والمياه العسرة، ويزداد الضغط كلما زاد تركيز الأملاح في المياه المراد تحليتها.

ويمكن خفض طاقة معالجة المياه باستخدام التكنولوجيا الغشائية حسب الاستخدام المطلوب من المحطات الكبيرة (أعلى من 5000 متر3/يوم) إلى المحطات المتوسطة التي تتراوح ما بين 500 إلى 5000 م3/يوم، والمحطات الصغيرة بحد أقصى 500 متر3/يوم.

وتعتمد تكلفة التحلية على التكنولوجيا المطبقة، وحجم المحطة، والمحتوى الملحي في المياه الداخلة. ووفقا للمعلومات المقدمة في الاجتماع الاستشاري لتحلية المياه للاستخدامات الزراعية، الذي عقدته منظمة الـ FAO في روما من 26 إلى 27 أبريل 2004، فإن تكلفة تحلية المياه تقع في الحدود التالية:

- تقطير مياه البحر بالمحطات الكبيرة : بين دولار واحد إلى دولار ونصف لكل متر مكعب؛
- الضغط الأسموزى العكسي المطبق على مياه البحر: أكثر من دولار ونصف للمحطات الصغيرة، من دولار إلى دولار ونصف للمحطات المتوسطة وأقل من دولار للمحطات الكبيرة؛
- استخدام الضغط الأسموزى العكسي لتحلية المياه العسرة: أقل من نصف دولار للمتر المكعب .

وبالرغم من أن الاتجاهات الحالية توضح أن تكلفة التقطير الحراري بالمحطات الكبيرة في هبوط بسبب الحجم الاقتصادي، فإن الضغط الأسموزى العكسي تقل تكلفته بسرعة متزايدة نتيجة للتطور التكنولوجي الحديث، والمنافسة، والحجم الاقتصادي أيضا.

الآثار البيئية والتأثيرات الخارجية الأخرى المصاحبة لتحلية المياه

لتحلية المياه أثار جيدة وأخرى معاكسة على البيئة. أما التأثير الجيد المباشر الأساسي فهو زيادة وفرة المياه العذبة، كما تستفيد البيئة أيضا بطريقة غير مباشرة حيث تحول دون زيادة ملوحة التربة جراء الري بمياه محلاه مقارنة بمخاطر الري بالمياه العسرة.

غير أن تحلية المياه لها آثار غير مستحبة على البيئة لانطلاق غازات الصوب الزجاجية من محطات تحلية المياه، والأثر البصري من هذه المحطات على المناظر الطبيعية والضوضاء الناتجة عنها.

ويؤثر أيضا التخلص من المياه المشبعة بالملوحة، والفضلات الناتجة عن التحلية تأثيرا معاكسا في الكيانات المائية التي تلقى فيها تلك الفضلات. وتحدث تأثيرات مختلفة ناتجة عن التخلص من المياه زائدة الملوحة في المناطق الساحلية والداخلية، حيث تتعقد الأمور بدرجة كبيرة في الأخيرة، غير أن التخلص منها مباشرة في المناطق الساحلية له تأثير أيضاً على البيئة البحرية.

تتوافر التكنولوجيا والاختيارات الإدارية التي يمكن أن تقلل من تلك التأثيرات المناوبة، ولكن لابد من المراقبة المستمرة للدفق وعمل الأبحاث على التخلص من المياه عالية الملوحة، وأيضا تقييم التأثير البيئي لتصحيح أي تأثيرات غير مواتية.

إمكانيات استخدام الطاقة الشمسية

نظرا لارتباط تحلية المياه بتكلفة الطاقة، فلقد زاد الاهتمام بمصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية، نظرا لمزايا محطات التحلية بالطاقة الشمسية كونها أقل حجما، ومتطلبات صيانتها أقل وتأثيرها العكسي الأقل على البيئة. وتقدم التحلية بالطاقة الشمسية رؤية واعدة لتغطية الحاجات الأساسية للطاقة والمياه في المناطق المنعزلة، حيث يكون الاتصال بشبكة الكهرباء العمومية مكلفا أو غير مجدٍ، وحيث تزداد ندرة المياه. ويعد ربط تحلية المياه بموارد الطاقة المتجددة ضروريا لضمان الحلول طويلة المدى.

وبمجرد التعرف على مصادر المياه بالمنطقة، يعتمد اختيار التكنولوجيا الملائمة لتحلية المياه بالطاقة الشمسية على عدة عوامل مثل حجم محطات التحلية، ملوحة المياه التي سيتم تحليتها، بعدها عن العمران، وجود شبكة كهرباء، البنية الأساسية الفنية، وطراز تكنولوجيا الطاقة الشمسية المتاح.

ويعتمد تطبيق تكنولوجيا الطاقة الشمسية في التحلية على مدى التقدم في تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقات كهربائية وحرارية التي تتطلبها عملية التحلية. وإذا أمكن استخلاص الطاقة الحرارية، فيمكن استخدامها مباشرة لإدارة عملية التحلية بأسلوب. ويمكن توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية مباشرة بالتحويل الـ photovoltaic أو بمحطات قوى الحرارة الشمسية. ويعد هذا الأكثر ملائمة لتوفير الطاقة لعملية التحلية بالضغط الأسموزى العكسي RO والفصل الكهربائي وضغط البخار الآلي.

ويمكن تحقيق الطاقة الحرارية بواسطة جهاز تقطير الطاقة الشمسية، وهذا يعطى متوسط 2–5 لتر/يوم (حسب ساعات سطوع الشمس) حيث الطلب على المياه العذبة قليل وسعر الأراضي غير مكلف؛ وتصنف المجمعات وفقا لدرجة الحرارة (منخفضة، متوسطة، مرتفعة) التي يصل إليها السائل الحراري في المجمعات، أو برك شمسية تمزج بين تجميع الطاقة الشمسية وتخزينها لفترات طويلة. ويساعد مستوى مركزات الأملاح في الأحواض على تخزين الطاقة. ويكون اختلاف درجات الحرارة بين الطبقات العليا والسفلى بالحوض كبيرا بدرجة تسمح بتشغيل وحدة التحلية، أو تشغيل مولد البخار ذو المحرك العضوي الدوار. وإحدى مزايا التحلية عن طريق البرك الشمسية هي إمكانية استخدام ما يعد منتجا فاقدا، وهى المياه زائدة الملوحة، كأساس لبناء الحوض الشمسي. وهذه ميزة هامة بالنسبة لعمليات التحلية الداخلية (بعيدا عن البحر).

أما نظم الـ Solar photovoltaic (PV) فهي تحول ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء بواسطة الخلايا الشمسية المصنوعة من المواد ذات التوصيل المتوسط مثل السيلكون. وعادة ما يوصل عدد من الخلايا الشمسية وتغلف معا لتكوين وحدة PV يتم وصلها ببعضها لتكون مجموعة. وبالإضافة إلى وحدة الـ PV، فمن الجائز الاحتياج إلى أجهزة تعديل الطاقة (أي أجهزة تحكم في الشحن، محولات) وأجهزة تخزين الطاقة (أي البطاريات) لتوفير الطاقة لمحطة تحلية المياه. وتستخدم أجهزة التحكم في الشحن لحماية البطاريات من زيادة الشحن. وتستخدم المحولات في تحويل التيار المباشر من أنظمة وحدات الphotovolaic الى التيار

المتردد اللازم للأحمال . وتعد الـ PV تكنولوجيا متطورة ومن المتوقع استمرارها من 20 – 30 عاما.

وتعد الطاقة الشمسية طاقة متاحة وبديلة للبترول، إلا أن استخدامها على النطاق التجارى، يتطلب استثمارات مبدئية ضخمة في التجهيزات والإمدادات لتجميع أشعة الشمس وتحويلها إلى طاقة قابلة للاستخدام (كهرباء أو بخار). ولقد أشارت الأرقام المحدودة عن التكاليف بإقليم الشرق الأوسط وشمال أفريقيا وأسبانيا (ترجع إلى الثمانينات والتسعينات) إلى تكلفة تقدر ب 1 إلى3.5 يورو لكل متر مكعب من المياه بالنسبة للتقطير الشمسي و 6.5 يورو لكل متر مكعب من المياه للـ RO وخلايا الـ PV.

ونظرا للتباين الكبير في اختلاف الحجم، و القدرة، والتصميمات والأشكال، ومتطلبات التركيب/تكلفة رأس المال، والصيانة ذات الصلة، فأنه يصعب المقارنة بين الأنظمة الشمسية وتقييمها. كما لا تتوافر التحليلات الاقتصادية المقارنة المفصلة. ويلزم زيادة فحص الملامح والنماذج المقدمة لتصميم المحطات وإجراء المزيد من الأبحاث والتطوير عن المردودات والكفاءة.

ولقد تم تركيب العديد من محطات رائدة للتحلية بالطاقة الشمسية مصممة خصيصا لمواقع محددة، وأغلبها يعمل بنجاح. ويمكن استنباط بيانات التشغيل والخبرات من تلك المحطات والعمل على تقليل التكلفة بدرجة أكبر، حيث أن تكلفة التحلية بالطاقة الشمسية في الوقت الحالي، مازالت غير منافسة للنظم التقليدية.

وهناك العديد من التكنولوجيات الحديثة لتحلية المياه بالطاقة الشمسية مثل التحلية بالتقطير الغشائي، حيث تدفع الحرارة الشمسية ضغط البخار عبر الأغشية، وكذلك نظم التحلية بالحرارة الشمسية مع عملية استرداد للحرارة حيث يكون هناك سريان مستمر للمياه خلال طبقات الوحدة لتجنب تراكم الأملاح (وبذلك لا تتكون المياه زائدة الملوحة). ولقد تم تصميم أنظمة مختلطة بتكلفة مناسبة تسمح بالاستعانة بالطاقة البترولية أو البخار الزائد لتلافى عدم استقرار الأشعة الشمسية وإتاحة ساعات تشغيل إضافية في حالة غياب الأشعة الشمسية. ولابد من حساب تكلفة الوقود وا لتخزين في الأداء الكلي بالإضافة إلى تكلفة التركيب ، ومصاريف التشغيل.

إمكانيات استخدام المياه المحلاة في الزراعة

بالرغم أن الاستخدام الرئيسي للمياه المحلاة هو لتوفير مياه الشرب، إلا أنها تستخدم أيضا في الزراعة، ولكن في حدود مناطق معينة لري المحاصيل عالية القيمة، خاصة عند دعم التكاليف الرأسمالية. وللآن، يعد استخدام المياه المحلاة في الزراعة مكلف وأقل اقتصادية بشكل كبير عن استخدام المياه العادمة المعالجة. غير أن إعادة استخدام المياه العادمة له مشاكله للحساسية العامة من استخدامها واحتمالات المخاطر الصحية والبيئية .

والحل هو أن خلط ناتج محطات معالجة المياه العادمة مع ناتج محطات تحلية المياه يمكن أن يكون له موضع في الزراعة الحضرية والشبه حضرية. إلا أنه من المهم وضع معايير لجودة المياه العادمة المعالجة ومراقبة الدفق الناتج.

بالرغم من وضع إرشادات صحية من قبل منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO) و منظمة الصحة العالمية (WHO) لإعادة استخدام المياه العادمة المعالجة، إلا انه لم توضع معايير ثابتة نظرا للتنفيذ الغير منظم في الدول حول العالم بمقاييس مختلفة لتقدير تكلفة/فائدة المعالجة. وللأسباب الموضحة أعلاه، لابد من إيلاء الاعتبار اللازم لكل من المزايا والمشاكل التي تترتب على إعادة استخدام المياه العادمة المعالجة وتحلية المياه.

فى حالة إمكانية تحلية المياه لاستخدامها في الزراعة فيفضل المياه العسرة إذا توفرت، عن مياه البحر. ويفضل تركيب محطات التحلية قريبا من المناطق التي يراد ريها لتقليل نفقات النقل. وعادة ما تكون المحطات الصغيرة والمتوسطة ذات تكلفة أقل من ناحية التشغيل والصيانة عن المحطات الكبيرة.