

الريّ لعالم ينمو

RAIN  **BIRD**®



الماء من أكثر موارد الأرض قيمةً، ولكن يلاحظ أن أنماط استهلاك المياه تتم كما لو كانت الكمية الموجودة منها غير محدودة.

نحن في شركة رينبرد (Rain Bird) لدينا شعور بأن مسؤوليتنا زيادة الوعي العام حيال الأخطار الملازمة لندرة الماء حول العالم. وما هذا الكتيب، الذي أعطيناه عنوان "الريّ لعالم ينمو"، سوى محاولة لتثقيف القراء في مجال استخدام الماء بجدارة وطرق جعل هذه الممارسات جزءاً لا يتجزأ من حياتهم اليومية.

منذ العام 1933، هدفت جهودنا في البحث والتسويق والانتاج الى ابتكار أدوات وتقنيات تمكّن من استخدام الماء بجدارة، سجّلناها تحت اسم "الاستخدام الأمثل للمياه". والتزامنا هذا يتجاوز حدود الشركة ليقدم الخدمات التعليمية والتدريبية والعملية في مختلف مجالات الصناعة والاجتماع.

الحاجة الى الاقتصاد في استهلاك الماء لم تكن يوماً أضخم مما هي اليوم. وفي ودنا أن نحقق المزيد في هذا المجال. واننا، بمساعدتكم، قادرون على ذلك.

أنطوني لافيترا

رئيس الشركة

Rain Bird Corporation

145 North Grand Avenue • Glendora, CA 91741 USA • (626) 963-9311 • Fax: (626) 963-4287
www.rainbird.com

المحتويات

4 -1

الفصل الأول: أزمة الماء في العالم

المشاكل الأساسية
نظرة الى المستقبل

11-5

الفصل الثاني: الحلول المتاحة

إعادة تسعير الماء
إعادة استعمال الماء
تحلية مياه البحر
تحويل المياه وتحسين شبكات التوزيع
اختيار نباتات بديلة
ترشيد استهلاك المياه من خلال استخدام أنظمة ري ذات كفاءة عالية

20-13

الفصل الثالث: الاقتصاد في استهلاك المياه عن طريق الري الكفوء

أنواع الري
تطبيقات الري
خطوات عملية لتطبيق نظم الري ذات الكفاءة العالية
التصميم الملائم
استخدام المنتجات الملائمة لترشيد استهلاك المياه
التركيب السليم
الصيانة السليمة

24-21

الفصل الرابع: تشجيع الاقتصاد في استهلاك الماء

الحوافز الحكومية
التربية والوعي
نظرة مستقبلية

الفصل الأول أزمة الماء في العالم

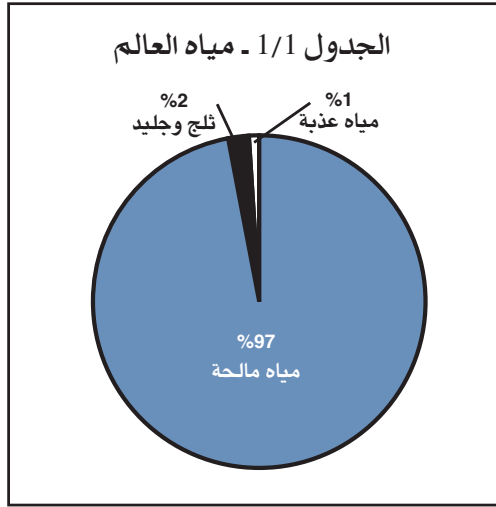
معظم مشاكل المياه حول العالم آتية من إشكالية أساسية، هي أن كمية الماء في الكرة الأرضية محدودة، في حين أن عدد سكان العالم واستهلاكهم الماء في ازدياد مطرد. وعلى رغم التحذيرات الكثيرة التي تمت سابقاً، فلم يلفت هذا الموضوع الخطير انتباه الجمهور إلا في الآونة الأخيرة.

كثيرة هي الحلول المتاحة لمواجهة ندرة المياه. وسيركز الكتيب الذي بين أيدينا على واحد من أكثرها عمليةً، هو ترشيد الري، أي استخدام طرق الري الفعالة: من الري في ساعات الصباح الأولى إلى اعتماد آلات وضوابط متطورة تعمل تلقائياً أو بواسطة الكمبيوتر، بما فيها تقنيات التكيف المناخي. ومن شأن هذه الوسائل تحقيق وفر ملحوظ في كمية الماء المستعمل في المزارع والحدايق، مع الحفاظ على وفرة المحاصيل وجمال المناظر الطبيعية.

سيشمل هذا الكتيب الموضوعات الآتية:

- أزمة الماء في العالم.
- طرق لمواجهة ندرة الماء.
- بحث مفصّل حول الاقتصاد في الماء عبر ترشيد الري ذي الكفاءة العالية.
- تشجيع الاقتصاد المائي عن طريق الحوافز الحكومية والتربية وبرامج التوعية الشعبية.

المشاكل الأساسية



توافر الماء

يبدو الماء للمراقب غير الدقيق أكثر الموارد توافراً على الأرض. والحق أن 97 في المئة من مجمل هذا الماء مياه مالحة، و2 في المئة على هيئة ثلج وجليد، في حين لا تتجاوز نسبة المياه العذبة الصالحة حالياً للاستهلاك البشري الواحد في المئة⁽¹⁾ (الجدول 1/1).

تخضع المياه العذبة لدورات من التحول الدائم، إذ تتبخر ثم تعود إلى الأرض في شكل أمطار وثلوج وجليد. وسرعان ما تخضع معظم هذه الكمية المتساقطة للتبخر، أو التسرب نحو مواضع يستحيل بلوغها، أو التدفق إلى مصباتها في المحيطات والبحار، قبل الاستفادة منها. ولا تتجاوز نسبة الأمطار التي يستغلها الناس لحاجاتهم 10 في المئة، علماً أن 40 في المئة فقط من هذه النسبة، أي 4 في المئة من إجمالي المطر، تدخل حقاً حيز الاستعمال.

إن كمية الماء التي يمكن الاستفادة منها (بين 8760 بليون متر مكعب و13560 بليون متر مكعب) لو فرّشت سطح الأرض لما تجاوز ارتفاعها مقدار 25 مليمتراً⁽²⁾.

الازدياد السكاني

يشهد عدد الناس الذين يستغلون ثروة الأرض المائية المحدودة ازدياداً مطرداً. وبينما لم يتجاوز عدد السكان في مرحلة ما قبل التاريخ، التي تعود إلى 5500 سنة، الملايين العشرة⁽³⁾، أصبح 6,1 بليون نسمة عام 2000⁽⁴⁾، ويقدر أن يرتفع إلى 8 بليون عام 2030⁽⁵⁾ (الجدول 2/1).

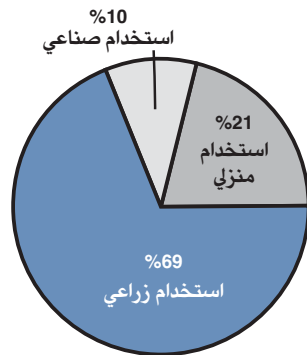
الجدول 5/1 - استنزاف المجمعات المائية حول العالم⁽¹⁴⁾

اسم المجمع	الموقع	المشاكل
بحيرة أوينز	كاليفورنيا (الولايات المتحدة)	بعد جرّ ماء هذه البحيرة 240 كيلومتراً إلى الشمال لخدمة لوس أنجلوس، صارت اليوم مستنقعاً ملحياً جافاً تتخلله جزيئات سامّة تلوث هواء المنطقة.
نهر كولورادو	سبع ولايات أميركية والمكسيك	تحوّل النهر إلى وشل عند مصّبه، مع اختفاء شبه تام لدلتا نهر كولورادو شمال المكسيك.
طبقة أوغالالا الجوفية المائية	من ولاية داكوتا الجنوبية إلى لسان ولاية تكساس (الولايات المتحدة)	تم استنزاف نصف كمية الماء التي كانت تبلغ أصلاً 4 تريليون طن. وبلغ نقص الماء السنوي منذ 1991 نحو 90 سنتيمتراً سنوياً مرتفعاً إلى 30 متراً في بعض الأماكن.
طبقة غزّة الجوفية المائية	فلسطين	معدل انخفاض الماء السنوي بلغ 18 متراً في: السعودية، الكويت، قطر، البحرين، الإمارات.
بحر آرال	أوزبكستان	انخفض حجم البحيرة 60 في المئة، وارتفعت ملوحة مائها ثلاثة أضعاف، واختفى 24 نوعاً من السمك المحلي، وهُجرت الأراضي الزراعية المحيطة بسبب ملوحة التربة، وبلغت كمية المعادن السامة التي تلوث الهواء 40 مليون طن.

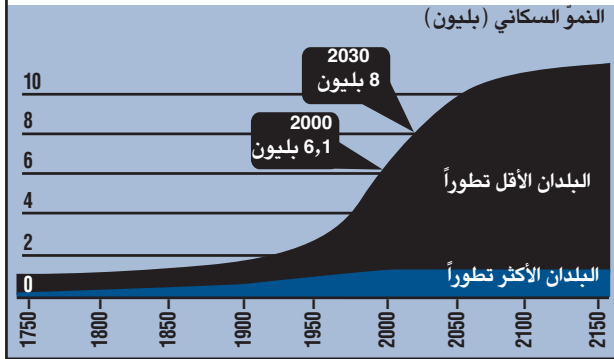
نظرة إلى المستقبل

يقدّر أن نسبة 69 في المئة من إجمالي الماء المستخدم في العالم تذهب إلى الزراعة، و21 في المئة إلى الصناعة، و10 في المئة إلى الاستعمالات السكنية. وإذا تم استخدام الماء بجدارة أكبر، خصوصاً في المجالات الزراعية، يمكن أن يكون لهذا أثر ملحوظ على الاحتياطي المتوافر⁽¹³⁾. وتذهب الباحثة ساندرابوستل، مديرة مشروع السياسة المائية العامة، ومركزه مدينة أمهرست في ولاية مساتشوستس الأميركية، إلى أن اعتماد تقنيات الري ذات الجدارة العالية من شأنه تحسين توزيع الماء حتى نسبة 95 في المئة، ورفع الانتاج الزراعي، وخفض الاحتياجات المائية العالمية بنسبة 10 في المئة، ومضاعفة كمية الماء المتوافرة للاستعمال المنزلي⁽¹⁵⁾. في الفصول التالية سنبحث بمزيد من التفصيل مسألة الاستخدام الأمثل للمياه عبر ترشيد الري كوسيلة عملية جداً لمواجهة ندرة الماء.

الجدول 6/1 - الاستخدام العالمي للماء⁽¹⁶⁾



الجدول 2/1 - سكّان العالم (6)



حالياً، يعاني نصف بليون شخص، أي 8 في المئة من سكان العالم، نقصاً مائياً يراوح بين الاعتدال والشدة. ومما يفاقم الأمر التوزيع المتفاوت للأمطار على مناطق العالم المختلفة، مع نسبة أعلى من الولادات في المناطق الأكثر جفافاً مثل الصين والهند ونيجييريا وباكستان. على سبيل المثال، يتلقى سكان الصين، وهم 1,3 بليون يشكّلون 22 في المئة من سكان العالم، نسبة 7 في المئة من المياه العذبة (7).

ازدياد الاستعمال

الندرة العالمية للمياه لا تنحصر في البلدان النامية. ومن العوامل التي تؤثر بشكل ملحوظ على استهلاك المياه التوسع المدني والصناعي. في الولايات المتحدة، مثلاً، تذهب نسبة 40 في المئة من المياه المتاحة الى الاستخدام الصناعي. ومن الملاحظ تاريخياً أن التطورات التكنولوجية والمعيشية تضاعف استهلاك الماء كل 20 سنة (8). ويبيّن الجدول 3/1 ارتفاع كمية الماء اللازمة لإنتاج طن من المنتجات الصناعية مقابل إنتاج طن من المنتجات الزراعية مثل قصب السكر.

خلال القرن المنصرم، تفوّق معدل الاستهلاك المائي الفردي على معدل النمو السكاني. فمنذ العام 1900 حتى اليوم، تضاعف عدد سكان الولايات المتحدة، في حين ارتفع استهلاك الماء الفردي ثمانية أضعاف (10) ويستخدم معظم سكان المدن ما يتجاوز كثيراً كمية 80 لتراً، وهي الكمية اليومية الدنيا المقدرة لسد حاجات الفرد في المعيشة والنظافة وإنتاج الغذاء. ويبلغ معدل الاستهلاك الفردي الأميركي للماء 382 لتراً يومياً (الجدول 4/1).

استنزاف الموارد المائية

بات الاستخدام المتزايد للماء يؤدي الى نضوب الطبقات المائية الجوفية حول العالم بوتيرة يصعب عكسها. حيال هذا الواقع، عمدت بلدان صناعية كثيرة، مثل الولايات المتحدة، الى ابتكار الوسائل والتقنيات لاستغلال مقادير أكبر من المياه الصالحة للاستعمال. ومن التدابير الأولى في هذا المجال إقامة السدود والقنوات خلال عقد الخمسينات من القرن العشرين. وأسفرت هذه المشاريع الضخمة عن حصر كميات كبيرة من المياه الصالحة للاستعمال قبل تسربها الى البحر. ويبلغ عدد السدود في العالم حالياً 45 ألفاً. وفي الولايات المتحدة تم إقامة سدود على 98 في المئة من الأنهار الرئيسية (11).

لكن من نتائج هذه التدابير أن كثيراً من البحيرات العذبة والبحار تحولت الى منبسّات ملحية سامّة. وهناك عدد من أكبر أنهار الأرض وأشهرها - مثل نهر النيل في مصر ونهر الغانج في الهند والنهر الأصفر في الصين ونهر كولورادو في الولايات المتحدة - تصبّ مياهها في البحر وهي شبه ناضبة. ويبيّن الجدول 5/1 الاستنزاف الذي يعانيه عدد من أكبر المجمعات المائية في العالم.

الجدول 3/1 - كمية الماء اللازمة لإنتاج الغذاء والسلع (9)

السلعة (طن واحد)	الماء (لتر / غالون)
الاسمنت	5,1481 لتر / 1,360 غالون
سكر القصب	106,370 لتر / 28,100 غالون
سكر الشمندر	125,297 لتر / 33,100 غالون
البلاستيك	181,700 لتر / 48,000 غالون
الورق	227,125 لتر / 60,000 غالون
الفولانز	235,453 لتر / 62,200 غالون
المطاط الاصطناعي	416,395 لتر / 110,000 غالون
الصوف / القطن	764,653 لتر / 202,000 غالون

الجدول 4/1 - استهلاك الماء اليومي الفردي (12)

المكان	كمية الماء (لتر / غالون)
لاس فيغاس (الولايات المتحدة)	11621 لتر / 307 غالون
الولايات المتحدة - معدل	382 لتر / 101 غالون
بانكوك (تايلند)	208 لتر / 55 غالون
المملكة المتحدة - المدن	151 لتر / 40 غالون
القاهرة (مصر)	132 لتر / 35 غالون
الكمية الدنيا الضرورية	77 لتر / 20,5 غالون

الفصل الثاني الحلول المتاحة

إن خطر نقص الماء، كما رأينا في الفصل السابق، يتفاقم عالمياً ويحتاج الى عناية فورية. ومن الحلول المتاحة لمواجهة هذه المشكلة ما يأتي:

1. إعادة تسعير الماء.
2. إعادة استعمال الماء.
3. تحلية ماء البحر.
4. التحكم بتحويل الماء وتحسين شبكات التوزيع.
5. اختيار نباتات بديلة.
6. ترشيد الري.

الحل الأول: إعادة تسعير الماء

في حالات كثيرة، تدعم الحكومات أسعار الماء وتدعها عند حدود متدنية لتعزيز النمو. ويدفع العديد من المزارعين أجراً محدداً على الماء محتسباً وفق مساحة الأرض، مع استهلاك غير محدد. كما تخضع المؤسسات الصناعية والتجارية الكبرى وملاعب الغولف لحسومات على فواتير الماء. ويشير نقاد دعم سعر الماء الى أن الأسعار المتدنية تشجع تبديد الماء بدلاً من صونه⁽¹⁸⁾. ونرى أدناه أمثلة تبرز الشقة الواسعة بين جباية الماء وكلفته.

الجدول 1/2 - أمثلة عن الفرق بين جباية الماء وكلفته ⁽¹⁹⁾		
المنطقة	الجباية (لكل 1000 متر مكعب)	الكلفة الحقيقية
وسط أريزونا (الولايات المتحدة)	1,67 دولار	166,67 دولار
تونس	51,67 دولار	361,67 دولار
تايوان	73,25 دولار	248,33 دولار

إذا عدلت أسعار الماء لتتلاءم أكثر مع كلفة الإنتاج والتوزيع والجباية والصيانة، فلا بد من أن ينخفض الاستهلاك. وقد انخفض الاستهلاك حقاً في تشيلي بنسبة 26 في المئة بعد رفع أسعار الماء⁽²⁰⁾. وفي مقاطعة بوغور الأندونيسية هبط استهلاك الماء المنزلي بنسبة 30 في المئة خلال السنة الأولى التي تلت رفع الأسعار أربعة أضعاف ما كانت عليه طوال العقد الفائت⁽²¹⁾.

ويبدو أثر رفع الأسعار على أشده عموماً عندما تكون الزيادة ملحوظة. وفي أماكن كثيرة، ما يزال سعر الماء من التدني بحيث لا تثير الزيادات الضئيلة انتباه المستهلكين.

الاهتمام العالمي بالمشكلة

يزداد عدد مؤتمرات القمة الدولية والاقليمية حول تناقص المخزون المائي. ومن هذه المؤتمرات ما يأتي:

● قمة الأرض، ريو دي جانيرو (البرازيل)، 1999.

● منتدى الماء العالمي، ألمانيا.

● المنتدى المائي للعالم الثالث، اليابان، 2003.

خلال مؤتمر مصادر الماء الذي عقده الاتحاد الأميركي للأشغال المائية في لاس فيغاس عام 2002، تم الحوار مع مصنعي نظم الري لبحث الجهود الهادفة الى صيانة الماء. وما يزال هذا الحوار مفتوحاً.

وفي صيف 2003، أطلقت وزيرة الداخلية الأميركية غايل نورتون برنامج "الماء عام 2025" الهادف الى مواجهة تحديات تأمين الماء في المستقبل، مع تأسيس منبر عام لمناقشة الموضوع. ومما قالته الوزيرة نورتون لدى إعلانها عن المؤتمرات الأميركية ضمن هذا البرنامج: "ليست إدارة الأزمة بالحل الناجع. والمطلوب أن نعمل معاً الآن قبل انفجار الأزمة" (17).

وكان من نتائج هذه المؤتمرات الدولية والاقليمية حفز شركات توزيع الماء والمؤسسات التي لا تتوخى الربح والهيئات الصناعية على تكثيف جهودها المشتركة في التصدي نظرياً وعملياً للمسائل المتعلقة بندرة الماء. وفي حين قد تختلف المقاربات والحلول، لكن المسألة غير قابلة للحل إلا بتوحيد الجهود.

والهدف المشترك لهذه الهيئات المختلفة هو استخدام الماء بجدارة أكبر عبر الابتكارات الهندسية والتقنية والادارية المتعلقة بالماء. ولا بد من اتخاذ تدابير وقائية طويلاً قبل أن يدفع الشح المائي المطرد التجمعات والمجتمعات البشرية نحو مزيد من الانقسام والصراع.

على صعيد المياه العذبة .

ومن الحجج المقدّمة ضد التحلية أن العملية نفسها قد تكون ضارّة جداً للبيئة . فمن عواقبها أنها تجعل ماء البحر أشد ملوحةً، الأمر الذي يشكل خطراً كبيراً على الحياة البحرية في حيّز عملية التحلية وجوارها . ومن السلبيات الأخرى الكلفة . فالتجهيزات الأولية لمصنع تحلية تكلف أكثر من مليون دولار . وهذا حدّ من انتشار تقنية التحلية عالمياً .

الجدول 2/2 - كلفة إنتاج المياه (بالدولار) : المخلّاة بالمقارنة مع العذبة⁽³⁰⁾

العذبة (لكل 1000 متر مكعب)	المخلّاة (لكل 1000 متر مكعب)	
442	*662	الولايات المتحدة : كارلسباد، كاليفورنيا
475-407	676	الولايات المتحدة : تامبا، فلوريدا
442-195	750	قبرص
1645-267	2267-493	المملكة العربية السعودية
*977	1665	جزر كناري
*977	1358	مالطا

* الكلفة المقدرة لإنشاء محطة التحلية . ** سعر الاستهلاك الزائد على 3000 متر مكعب .

هناك حالياً 13,600 محطة تحلية حول العالم تنتج 25 مليون متر مكعب من الماء يومياً، أي ما يقل عن واحد في المئة من الاحتياج العالمي (29) .

جمع ماء المطر هو من التوصيات الرئيسية لبرنامج القيادة في الطاقة والبيئة التابع لمجلس البناء الأخضر الأميركي . وقد توصّل هذا البرنامج الى تقدير قيمة البناء وفق ستة معايير: الموقع القابل للاستمرار، الجدارة المائية، الطاقة والهواء، المواد والموارد، نوعية البيئة الداخلية، عملية الابتكار والتصميم . وتعمد الكثير من المباني العسكرية والحكومية والخاصة الى جمع ماء المطر لاستخدامه، وحده أو مع كميات إضافية، في الري⁽³¹⁾ .

الحل الرابع: تحويل المياه وتحسين شبكات التوزيع

تستطيع شركات المياه والري أن تلعب دوراً بارزاً في اثنين من الحلول المتاحة لصيانة الماء، هما: (1) نقل الماء بجملته من منطقة الى أخرى، و(2) إدخال تحسينات على البنية التحتية لشبكات التوزيع .

1. نقل الماء

في حال نقص الامدادات، تتولى شركات نقل الماء والمخازن المائية تبديل نقطة ارتكازها من المجالات الزراعية الى المجالات الأخرى . وسرعان ما تعبّر الأطراف المعنية عن غيظها حيال العواقب في المدى الطويل . منذ عقد الثمانينات المنصرم، يعاني مزارعو الأرز الصينيون في جوار بيجينغ نقصاً في مياه الري التي حوّلت الى المنازل والمصانع . وفي تيروبور، وهي مدينة في غرب الهند، يعتمد السكان الى شراء الماء من مزارع على بعد

دراسة حالة

عندما عمدت مديرية الماء في مقاطعة برودفيو في وادي سان جواكين من أعمال كاليفورنيا الى إبدال رسم الماء الثابت برسم متحرك وفق الكمية المستهلكة، استجاب المزارعون بخفض استهلاكهم. هكذا انخفض استخدام الماء لري القطن بنسبة 25 في المئة، ولري البندورة (الطماطم) بنسبة 9 في المئة، ولري الشمام بنسبة 10 في المئة، ولري القمح بنسبة 29 في المئة، ولري الفصّة بنسبة 31 في المئة. وأعيدت الدراسة عينها عام 2001، فأكدت الحفاظ على هذه النسب، مع إنتاج يعادل أو يفوق قليلاً ما ينتجه مزارعو محافظة فريسنو المجاورة الذين لم يقننوا كمية الماء لمساحة مماثلة من الأرض المروية⁽²²⁾.

الحل الثاني: إعادة استعمال الماء

يقدّر أن إعادة استعمال الماء من شأنها خفض استهلاك المياه العذبة حتى حدود 80 في المئة⁽²³⁾. ويمكن استعمال الماء الذي أعيد إنتاجه، مع معالجة طفيفة أو حتى بدون معالجة، لتبريد المحركات الكهربائية، وتكرير الرمل والحصى، والبناء، وري المحاصيل الغذائية المنتجة للطبخ، وري ملاعب الغولف والحدائق والمساحات الخضراء. والوفا المتأتي من تدوير الماء قد يكون ضخماً. لكن ارتفاع كلفته وقف عائقاً حتى الآن في سبيل اعتماده على نطاق واسع. وتقدر كلفة إنشاء محطة لمعالجة المياه المبتذلة بنصف مليون دولار⁽²⁴⁾. في الولايات المتحدة، بلغ مجموع ما أنفقته إدارة الماء المركزية لجنوب كاليفورنيا بين 1982 و2002 على برامج لإعادة إنتاج الماء 95 مليون دولار. وتمكنت من استعادة 241,2 مليون متر مكعب. وفي محافظة فينيكس من أعمال ولاية أريزونا، أدت بعض محاولات تدوير الماء الى استعادة 80 في المئة من المياه المبتذلة، تقابلها 40 في المئة في المملكة العربية السعودية⁽²⁶⁾. وتعتمد إعادة إنتاج الماء وسائل أخرى أقل تعقيداً. وعلى الرغم من كلفتها، باتت هذه الوسائل تدخل نطاق الاستخدام المنزلي في المدن. ومن أكثرها شيوعاً ثلاث: (1) تركيب جهاز مستقل لمعالجة الماء. (2) وصل الأنابيب المنزلية بمحطة من هذا النوع قائمة في الجوار. (3) جمع ماء المطر من مسطحات مثل سطوح الأبنية ومرائب السيارات وحفظه للاستعمال. وتبلغ كلفة تركيب الأجهزة اللازمة لكل من الوسيلتين الأولى والثانية على الصعيد المنزلي 3000 دولار⁽²⁷⁾.

دراسة حالة

عمد مجمع كينو الرياضي في توسان (ولاية أريزونا) الى ري ملاعبه التدريبية التي تبلغ مساحتها نحو 450,000 متر مربع بماء تم جمعه من مسطحات بمساحة 51 كيلومتراً مربعاً أو 5100 هكتار. وهذا مكن المجمع من الحفاظ على الشروط المهنية المطلوبة لاستضافة فريق بييسبول. وجمعت كمية الماء اللازمة حتى خلال سنة تدنت أمطارها عن المعدل⁽²⁸⁾.

الحل الثالث: تحلية مياه البحر

نظراً الى وجود 97 في المئة من مياه الكرة الأرضية في المحيطات والبحار، تبدو تقنية التحلية أكثر الحلول منطقيّة لمواجهة أزمة الماء التي تنذر العالم كله. وقد أدخلت تحسينات على هذه التقنية جعلت كلفة الإنتاج تقارب ما هو شائع

دراسة حالة

عمد مشروع بريري كروسينغ السكني في ضاحية شيكاغو (إيلينوي) إلى إقامة المنازل بعضها بجانب بعض على مساحة 800,000 متر مربع، مع تخصيص أرض واسعة بمساحة 1,800,000 متر مربع غرست أعشاباً محلية وأزهاراً برية. وأسفرت هذه الطريقة الزراعية عن توفير 50 في المئة من ماء الري، وعن تصفية الماء الفائض قبل سييلانه إلى بحيرة مجاورة تؤوي عدداً كبيراً من الضفادع والأحياء المائية⁽⁴⁰⁾.

دراسة حالة

قدّمت إدارة الماء لجنوب ولاية نيفادا حوافز لأصحاب المنازل بقيمة 900 دولار للعائلة الواحدة من أجل إبدال الأعشاب السطحية المحبة للماء بأشجار وشجيرات وحشائش صحراوية، مع تغطية التراب بالمهاد العازل. وأسفر التصميم الناجح للزراعة الجافة والري الملائم عن هبوط كلفة الماء من 11,16 دولاراً إلى 1,64 دولار في كل 10 أمتار مربعة⁽⁴¹⁾.

الحل السادس: ترشيد استهلاك المياه من خلال استخدام أنظمة ري ذات كفاءة عالية

الكثير من الحلول المفصلة أعلاه تقتضي جهوداً من جانب إدارات ضخمة. وهي مكلفة، وفي حالات عدّة لم تبلغ التطور الكافي لاعتمادها فوراً. أما الاستخدام الأمثل للمياه عبر ترشيد الري فهو من البدائل القابلة للتطبيق الفوري في حالات كثيرة. وفي حين تذهب نسبة 69 في المئة من إجمالي الماء المستعمل عالمياً إلى الزراعة، فإن نسبة المحاصيل المروية بأساليب عالية الجودة، مثل النضج والتنقيط، تراوح بين 11 و16 في المئة.

وفي الولايات المتحدة يُصرف بين 25 و33 في المئة من معدل الماء الفردي اليومي، وهو 382 لتراً في الاستعمال المنزلي، على ري النبات والحدائق⁽⁴²⁾. وترتفع هذه النسبة في المناطق الجنوبية الغربية الجافة إلى 70 في المئة⁽⁴³⁾. لذلك باتت إدارات الماء تولي مزيداً من العناية لمحاولات صيانة المياه المخصصة للاستعمال الخارجي. وقد عمد عدد كبير من الحكومات والإدارات المائية حول العالم إلى تطبيق برامج للاقتصاد المائي موجهة سكنياً وصناعياً وزراعياً. ويمكن أن تسفر هذه البرامج، إذا أُضيف إليها ترشيد الري، عن وفرة هائل في الماء. وهنا بعض الأمثلة:

- في مدينة ألبوكيرك الأميركية، تلقى أصحاب المنازل محاسباتهم المائية مجاناً، مع دورات مجانية حول إقامة الحدائق المقتصدة للماء، فضلاً عن حسومات لتركييب مراحيض ذات استهلاك مائي منخفض. وفي النتيجة، انخفض استهلاك الماء بمعدل 23 مليون متر مكعب سنوياً⁽⁴⁴⁾.
- في مدينة كاملوس الكندية، قدّم برنامج الاقتصاد المائي ورش عمل وحدائق نموذجية تركيزاً على الجدارة في إقامة الحدائق والري. هكذا انخفض استهلاك الماء بنسبة 23 في المئة، الأمر الذي حقق وفراً بقيمة 500,000 دولار عبر قطع الحاجة إلى التوسع في عملية توزيع الماء⁽⁴⁵⁾.

- في مدينة مليونر الأسترالية، أطلق برنامج موسّع قائم على إتاحة حوافز لإنشاء حدائق مقتصدة مائياً، ولاعتماد التقنين المائي وإعادة تصنيع الماء. وكانت النتيجة تحقيق وفر سنوي بمعدل 800 دولار للمنزل الواحد⁽⁴⁶⁾.

قد تكون الكلفة من العوامل المقلقة عند التفكير في اعتماد وسيلة ري جديدة. إلا أن ثمة وسائل متعددة لترشيد الري بدون تكاليف باهظة، منها إقدام المستهلك على وضع برنامج جديد للري يسقي بموجبه النبات في الصباح الباكر بدلاً من منتصف النهار، موزعاً الوقت على مرحلتين قصيرتين أو أكثر. هذا التعديل البسيط من شأنه خفض كميات الماء المفقودة عبر التبخر أو الاستهلاك. ومن الوسائل الأخرى تركيب جهاز دقيق يوقف تدفق ماء الري خلال سقوط المطر أو بعده مباشرة. هذه الوسيلة تحقق وفراً في ماء الري بنسبة 15-20 في المئة، وتعوّض بسرعة عن كلفة تركيب الجهاز اللازم⁽⁴⁷⁾. أما تحويل جهاز الري من الدفع إلى التنقيط فيكلف كثيراً، بحيث تصل هذه الكلفة إلى

30-40 كيلومتراً لاستعمالات منزلية وصناعية، الأمر الذي حمل المزارعين على هجر الزراعة منذ ذلك الحين. وتعمل مصانع النسيج في جزيرة جاوا الاندونيسية على سحب الماء مباشرة من قنوات الري الزراعي أو على اكتراء حقول الأرز أو شرائها من أجل مائها⁽³²⁾. وفي كاليفورنيا اتخذ قرار أخيراً بنقل مياه الري من مزارع إمبيريال فالي جنوب شرق الولاية إلى مدن جنوب كاليفورنيا المكتظة بالسكان. آلاف عمليات نقل الماء من الاستعمال الزراعي إلى الاستعمال السكني تحصل سنوياً، غالباً بموافقة المزارعين الذين تغريهم الأرباح. وهذا يصحح على الغالب عندما تتفوق أرباح الماء على أرباح المحاصيل الزراعية، أو عندما تفيض كمية الماء المباعة عن حاجات الري. وكما هو متوقع، يحجب المزارعون عموماً دعمهم هذه الخطوة إذا مسّت قدرتهم على متابعة زراعتهم.

2. تحسين شبكات التوزيع

إن شبكات توزيع الماء التي تعوزها الصيانة تؤدي إلى هدر ملايين الأمتار المكعبة عبر التسرب وتمزق الأنابيب وانسدادها وتوصيلاتها، فضلاً عن السرقة. وتتراوح خسارة الماء عبر رداءة الصيانة من 24 في المئة في الولايات المتحدة إلى 60 في المئة في الأردن⁽³³⁾. لذلك يركّز عدد من الشركات حالياً على إصلاح شبكات التوزيع القديمة. في كاليفورنيا، مثلاً، يجري إصلاح قناتين لتوزيع الماء بكلفة 200 مليون دولار. وسيؤدي هذا المشروع إلى إنقاذ 120 مليون متر مكعب من مياه نهر كولورادو التي تضيع سنوياً من جراء التسرب⁽³⁴⁾. وفي باييت فالي، ولاية إيداهو، تلجأ تسع شركات لمياه الري والشرب إلى تشغيل 29 محطة مراقبة وما يزيد على 30 جهاز تحكم عن بعد لمكافحة التسرب من نهر باييت. وقد أدت هذه التدابير إلى تحسن ملحوظ في توزيع الماء⁽³⁵⁾.

وفي فلوريدا، تولّت شركة أورلاندو للمياه سدّ 1700 من الآبار المهجورة أو المتدهورة منذ 1983، مما أدّى إلى وفر 1,9 مليون متر مكعب من الماء يومياً⁽³⁶⁾. وفي وسط أوريغون، استطاعت أجهزة قياس الماء تحديد أمكنة التسرب في مشروع أوتشوكولري، فانخفض هدر الماء بنسبة 75 في المئة⁽³⁷⁾.

الحل الخامس: اختيار نباتات بديلة

"زيريسكيب" (Xeriscape) هو الاسم الذي أطلقتته شركة مياه دنفر (كولورادو) على طريقتها الزراعية المبتكرة. وهي تعني "الزراعة الجافة"، أي تلك التي تبدل الأعشاب والنباتات ذات الاستهلاك العالي للمياه بأصناف أخرى من النبات، مثل شقائق النعمان وسواها من النباتات الملائمة للبيئة المحلية، لا تستهلك كثيراً من الماء. وقد تبنت مقاطعات كثيرة في الولايات المتحدة هذه الطريقة التي أدت إلى انخفاض بنسبة 60 في المئة للماء المستعمل خارج المنزل⁽³⁸⁾.

وما ينطبق على الحدائق ينطبق أيضاً على زراعة المحاصيل. فقد أدّى انتقال المزارعين في كيب فيردي، غرب أفريقيا، من غرس قصب السكر الذي يستهلك كميات كبيرة من الماء إلى غرس بذور أكثر ملاءمة للمناخ وأقل استهلاكاً للماء، مثل البطاطا والبصل والفلفل الأخضر والبنندورة (الطماطم)، إلى وفر في الماء ووفرة في الانتاج⁽³⁹⁾. واعتمدت ملاعب الغولف طريقة الزراعة الجافة، خصوصاً في المناطق المحيطة بها، فاستطاعت أن تخفض إلى حد بعيد، وحتى أن تلغي، حاجتها إلى الماء لريّ مزرعاتها.

لكن للزراعة الجافة وجوهاً سلبية، منها محدودية أنواع النبات، والاضطرار أحياناً إلى إعادة تنسيق المكان المزروع بكلفة عالية، والوفر القليل من الماء الذي قد تجنيه المنطقة السكنية المعنية. ناهيك بإساءة فهم حقيقة الزراعة الجافة. ففي أحيان كثيرة، يظن السكان أنهم حققوا البديل الزراعي المقبول في حين تقوم غروسهم المقاومة للجفاف جنباً إلى جنب مع الغروس المحبة للماء. وهذا يؤوّل إلى إخفاق في الاقتصاد المائي لأن النباتات المحبة للماء لن تزدهر إلا بإشباعها. هكذا يستمر السكان في استهلاك كميات الماء التي استهلكوها سابقاً للري. لذلك يحتاج السكان إلى التدريب الكافي على هذه الطريقة قبل اعتمادها.

الجدول 3/2 - حلول لمواجهة ندرة الماء ⁽⁴⁸⁾			
سيئاته	حسنااته	الحلّ	
<ul style="list-style-type: none"> ● طول العملية، نظراً إلى أن هذا الحل يقتضي إنشاء أطقم عمل حكومية وخاصة. ● محدودية الوفر نظراً إلى الركود الذي يلي المرحلة الاولى. 	<ul style="list-style-type: none"> ● ظهور النتيجة فور تعديل السعر. 	إعادة تسعير الماء	1
<ul style="list-style-type: none"> ● كلفة العملية، التي قد تكون 3000 دولار كحد أدنى لكل منزل. ● عدم توافر هذا الحل في كل مكان. 	<ul style="list-style-type: none"> ● خلق مصادر ماء "جديدة". ● قد يكون هذا الحل ملائماً للنبات أحياناً. 	إعادة استعمال الماء	2
<ul style="list-style-type: none"> ● كلفة العملية: مليون دولار حداً أدنى لإقامة مصنع تحلية. ● زيادة الملوحة في محيط المصنع مؤذية بيئياً. 	<ul style="list-style-type: none"> ● خلق مصادر ماء "جديدة". ● لا محدودية الكمية. 	تحلية ماء البحر	3
<ul style="list-style-type: none"> ● عملية طويلة يلزمها عدد كبير من الموظفين والاداريين. ● تحويل الماء يقتصر على إعادة توزيعه، من غير تحقيق وفر أو تأمين مصادر جديدة. 	<ul style="list-style-type: none"> ● تلبية حاجة فورية الى الماء. ● تحسين جدارة التوزيع. 	نقل الماء وتحسين شبكات التوزيع	4
<ul style="list-style-type: none"> ● التحسينات على البنى التحتية قد تكون مكلفة. ● الحاجة غالباً إلى دراسة شاملة ودقيقة للأرض. ● الاقتصار على النباتات المحلية. ● معرض لتفشّي النباتات الدخيلة. 	<ul style="list-style-type: none"> ● تنفيذ هذا الحل قد يكون زهيد الكلفة وممكناً على الصعيد المنزلي. ● الحاجة الى كميات صغيرة من الماء. ● الاقتصاد في المبيدات. 	اختيار نباتات بديلة	5
<ul style="list-style-type: none"> ● الريّ الفعّال يقتضي تضافرّ شروط أربعة، لا يتحقق الوفر بدونها مجتمعةً: (1) التصميم، (2) الأدوات ذات الجدارة المائيّة، (3) التركيب، (4) التشغيل والصيانة. 	<ul style="list-style-type: none"> ● قابل للتحقيق على مراحل: ● من البسيط جداً إلى المعقّد. ● تحقيق وفر مائي ملحوظ في الجوار. ● جني المنافع مباشرةً. 	ترشيد الريّ	6

مئات أُلوف الدولارات في الأراضي الزراعية الكبيرة. لكن كلفة التشغيل الزهيدة وحسنُ العمل والتسميد تعوّض تكاليف التركيب، والنتيجة نبات أفضل ومحاصيل أوفر وحدائق أَيْنَع.

خلاصة

على الرغم من كثرة الحلول المتاحة للاقتصاد المائي، يبقى أكثر هذه الحلول ملاءمةً جدارة الريّ، من حيث قابليته للتنفيذ الفوري ونتائجه الملموسة. ونجد أدناه ملخصاً لهذه الحلول، مع أبرز حسناتها وسيئاتها. وفي الفصل التالي بحث مفصّل عن استخدام نظم الري ذات الكفاءة العالية وأهمية اعتماد الطرق الصالحة لتصميم البرنامج الملائم وتركيبه وصيانته.

الفصل الثالث الاقتصاد في استهلاك المياه عن طريق الري الكفوء

بعد مراجعة عدد من الحلول، في الفصل الثاني، لمواجهة ندرة الماء، بات واضحاً أن لترشيد الري منافع ملحوظة. وبما أن نسبة الماء المستخدم حول العالم لريّ المزارع والحدائق تتجاوز 70 في المئة من إجمالي الماء المستهلك عالمياً، فالوفر الناتج من اعتماد برامج ري أكثر جدارة قد يكون كبيراً جداً في المستقبل.

كثيرة هي برامج الري المتاحة على الصعيد العالمي. وتتدرج الأدوات المستخدمة من مرشّات الضغط البسيطة (الري بالرذاذ) إلى أجهزة المراقبة بمساعدة الأقمار الاصطناعية. والغاية في كل الحالات تحقيق أعلى جدارة مائية ممكنة. ومع أن غالبية الذين يتعاطون الزراعة حالياً لا يلجأون إلى وسائل الري المتطورة هذه، إلا أن تبنيها يشهد ازدياداً سريعاً.

أنواع الري

كانت أشكال الري البدائية، كتلك التي استخدمها المزارعون المصريون في حوض النيل على مرّ القرون، تتبع الدورات النهرية، إذ كانوا يغرسون البذور ثم ينتظرون فيضان النهر. وقد عمدوا إلى حفر القنوات واستخدام الجاذبية لجريّ ماء النهر إلى الأمكنة التي تحتاجها بكثرة. وكانوا يشبعون التربة بالماء، ثم يدعونها حتى تجفّ ويذبل النبات، قبل إشباع التربة من جديد. وما يزال غمر أخاديد الحقول بالماء أكثر طرق الري الزراعي شيوعاً حول العالم. وعلى رغم التقدم الهائل في تقنيات الري، فما يزال العديد من مزارعي العالم يعتمدون طريقة الري بالغمر على أوسع نطاق، خصوصاً لجهلهم التقنيات المتطورة وتجنباً لكلفة التحول إليها.

في 18 كانون الأول (ديسمبر) 1933، تقدّم أورتون إنغلهارت بطلب تسجيل اختراع آلة للريّ وصفت بأنها "مرشّة تعمل على ذراع تثبيت أفقية". ومنح إنغلهارت براءة الاختراع تحت الرقم 1,997,901 بتاريخ 16 نيسان (أبريل) 1935. وأثبتت المرشّة أنها متينة، وأنها تدفع الماء إلى مسافة أبعد وتوزعه بالتساوي في كل الجهات وعلى نحو أكثر جدارة من المرشّات المعهودة آنذاك. وتقديراً لأثر هذا الابتكار، أقدّم كليم لافيترا وزوجته ماري على تسويق مرشّة جارهما أورتون إنغلهارت. وسرعان ما أقاما مصنعاً لإنتاج هذه الآلة على أرضهما، تطوّرت مع الوقت حتى أصبحت شركة رينبرد (Rain Bird)، منتجة هذا الكتيب⁽⁴⁹⁾.

المرشّات هي الوسيلة المعتمدة عالمياً اليوم لريّ المزارع والحدائق. وتختلف أشكالها وأحجامها من مرشّات صغيرة ضاغطة تُستعمل في الحدائق الخلفية للمنازل إلى مرشّات كبيرة دائرية تُستعمل لأغراض تجارية أو زراعية⁽⁵⁰⁾. لكن الري الخفيف يكتسب رواجاً في أسواق المزارع والحدائق لأنه، على جدارته، يحقق وفراً هائلاً في الماء يصل إلى 98 في المئة. ويعتمد أساليب مثل التفوير والتنقيط والرذاذ المجهرى ليوّزع كميات الماء المطلوبة بمنتهى الدقة والبطء والتساوي على جذور النبات أو بالقرب منها، مانعاً الهدر. وتضاف إلى هذه الأساليب أنظمة المراقبة المتطورة وبرامج الري المصممة وفق الأحوال الجوية وحاجة النبات إلى الماء، لتغدو من أكثر طرائق الري العصرية جدارةً.

تطبيقات الريّ

ملاعب الغولف

في الولايات المتحدة وحدها 17,000 ملعب غولف تستهلك نحو 10 ملايين متر مكعب من الماء يومياً لتكون بين

خطوات عملية لتطبيق نظم الري ذات الكفاءة العالية

أثبت الري الاقتصادي أنه يحقق وفراً في استخدام الماء ويعزز صحة النبات. لكن من أجل تحقيق الحد الأقصى من الوفرة المائي، ينبغي استعمال تقنيات الري المتطورة جنباً إلى جنب مع وسائل التصميم والتركيب والصيانة الملائمة. ولا يمكن تحقيق الجدارة المائية في غياب أي خطوة من هذه الخطوات.

1. التصميم الملائم

الخطوة الأولى لتحقيق وفرة مائي عبر ترشيد الري هي اعتماد خطة ري صحيحة التصميم. وسواء أكانت البقعة المقصودة ملكية تجارية ضخمة أم ملعب غولف أم مزرعة أم حديقة منزلية، فالنباتات المختلفة تحتاج الى كميات مختلفة من الماء. ومن المهم جداً أن يعرف المستهلكون بدقة ما هي النباتات المطلوب ريها قبل إقدامهم على تصميم برامج الري.

1 / 1 - التقسيم الى مناطق

في الاستعمالات السكنية والتجارية، ينبغي تقسيم الحدائق الى مناطق ري مختلفة باختلاف أنواع النبات وحاجة كل نوع الى الماء. فلكل نوع نباتي حاجة مائية خاصة، مما يعني ضرورة تقسيم الأرض الى مناطق ري مختلفة. كما أن اختلاف التعرض للشمس والظل في حديقة معينة يؤثر في حاجة مناطقها المختلفة الى الماء. وتحتاج المسطحات الخضراء الى كمية ماء تفوق حاجة الشجيرات والأشجار. وإذا تداخلت هذه كلها في بقعة واحدة، فكمية الماء اللازمة لري الأعشاب ستعني إشباعاً مفرطاً للجنبات والأشجار.

2 / 1 - استشارة مهني مجاز

من الأهمية بمكان استشارة اختصاصي مجاز في الحدائق أو المزارع أو ملاعب الغولف عند وضع خطة للري الاقتصادي. ويعتمد اتحاد الري الأميركي برنامجاً اختصاصياً مصمماً يهدف الى رفع مستوى الخبرة والكفاءة في مجال الري عبر وضع تصاميم ملائمة واقتصادية لتطبيقها على الحدائق في الأمكنة التجارية والسكنية والرياضية، كما على المزارع. وقد تلقى الاختصاصيون تدريبهم في تصميم الري، وأطلعوا على السلع التي تحقق الجدارة المائية وعلى حاجات الري بالنسبة الى مختلف أنواع النبات والظروف البيئية المحلية.

الى هذا، يضم طاقم الحدائق عدداً من مهندسي الحدائق المجازين، ومن أعضاء الجمعية الأميركية لمهندسي الحدائق والجمعية الأميركية لمستشاري الري. وتنطوي خطط الري المصممة بشكل جيد على أهمية قصوى بالنسبة الى ملاعب الغولف والمحاصيل الزراعية. والمناظر الطبيعية الخلابة والمحاصيل الجيدة شروط ضرورية لنجاح مهنة التصميم. وبما أن هذه المواقع الرياضية والزراعية تستهلك الماء بوفرة، فإن جدارة نظام الري (أو عدم جدارته) تنعكس على النوعين معاً.

2. استخدام المنتجات الملائمة لترشيد استهلاك المياه

شهد القرن المنصرم تطورات ملحوظة في أنظمة الري. وعلى رغم الفكرة السائدة بين الجمهور حول استهلاك الأنظمة التلقائية كميات أكبر من الماء، فالواقع أنه يمكن ضبط هذه الأنظمة بحيث تستخدم أقل مقدار من الماء الضروري لإنتاج نباتات ومحاصيل سليمة. وفي ما يأتي توصيات لاستعمال أجهزة ري تؤدي الى استهلاك الماء بجدارة أكبر:

1 / 2 - استعمال أجهزة تلقائية لحفظ الماء

هنا بعض مواصفات حفظ الماء المتوافرة في أجهزة المراقبة التلقائية والمركزية الصالحة للاستخدام التجاري والرياضي والزراعي:

تعدد أوقات بدء الري وتعدد البرامج: هذه الأجهزة تتيح دورات ري أقصر وأدق، مبرمجة وفق الحاجات المختلفة للنبات. وهذا التدبير يمكن أرض الحديقة أو المزرعة من امتصاص الماء على نحو أفضل، مقلصاً هدر الماء وفقدانه. والهدر مشكلة تحصل عند استخدام كمية من الماء تفوق سرعة الامتصاص لدى النبات والتراب.

فاتورة الماء: هذه الطريقة تمكن المستهلك من تعديل كمية الماء وفق حاجة النبات في مختلف فصول السنة.

أكثر الأراضي استهلاكاً للماء⁽⁵¹⁾. وطالما كانت كمية الماء اللازمة للمحافظة على نوعية الفسحات الخضراء التي يطالب بها اللاعبون هدفاً للنقد، خصوصاً في المناطق المعرضة للجفاف. لكن على عكس الصورة العامة، هناك حالات كثيرة أظهرت رياضة الغولف في طليعة المؤسسات التي نفذت تدابير للاقتصاد المائي، كاعتماد أجهزة مراقبة مركزية متطورة وإعادة تكرير الماء. وانتقلت أساليب ترشيد الري من ملاعب الغولف الى أماكن أخرى، حيث شهدت مزيداً من التطور. ومن أجل استمرار هذه النزعة الايجابية وتصحيح الأفكار الخاطئة في أذهان الناس، هناك حاجة الى متابعة الجهود في سبيل صيانة الماء ونشر هذا الوعي بين كل الاداريين واللاعبين المعنيين برياضة الغولف.

في الولايات المتحدة، يحتل العشب الأخضر ذو الجذور السطحية 20 مليون هكتار، وهي مساحة تفوق ما هو مخصص لأي زراعة أخرى بمفردها على صعيد الولايات المتحدة، كما تفوق مساحة ولاية بنسلفانيا⁽⁵²⁾.

دراسة حالة

في مدينة أولمبيا فيلدس من أعمال ولاية إيلينوي الأميركية يقوم ملعبا غولف كبيران، اعتمدا أجهزة أوتوماتيكية تقليدية لتوقيت الري، تفتقر الى آلات الضبط والقياس. واعتمدت طريقة جس التراب يدوياً لتقرير الرطوبة والحاجة الى الماء. وهذا أسفر في الغالب عن ري مفرط بالرشات القديمة التي لا توزع الماء بالتساوي. ورافق توسيع الملعبين تبني أجهزة ضبط متطورة، مما أدى الى ري مساحة أكبر من دون زيادة في الماء، مع توزيع عادل ورقابة أفضل وانخفاض في التكاليف الاجمالية⁽⁵³⁾.

الزراعة

ينتاب المزارعين شعور بالظلم كلما سُئلوا عن حل أزمة الماء في العالم، نظراً الى حقوقهم التاريخية والتشريعية في الماء. لكن التاريخ أظهر أن مخططي السياسات يحيلون الماء في الغالب على الأسواق التي تدر أكبر مقدار من الربح. ومع ازدياد ندرة الماء، تتبدل أساليب التعامل معه وتوزيعه. لذلك يدرك العديد من المزارعين أن تحولهم الى طرق أكثر جدارة في الري من شأنه در فوائدها متعددة عليهم، منها محاصيل أكثر صحة وأوفر كمية، مع استهلاك مقادير أقل من الماء وبيع الفائض منه لسكان المدن.

وبما أن غالبية المزارعين ما تزال تلجأ الى طريقة الري بالغمر، فهي لن تبلغ مرحلة الاقتصاد المائي إلا باعتماد طرق أكثر جدارة للري. لكن العائق الذي يصد معظم المزارعين عن اعتماد تقنيات الري المتطورة هو جهلهم منافعها وكلفة تركيبها.

الحدائق - الاستخدامات التجارية والكبيرة، وأصحاب المنازل، والترفيه

كما ذكرنا سابقاً، تراوح نسبة الماء اللازم لري الحدائق بين 25 و70 في المئة من إجمالي الماء المستخدم، وذلك نسبةً الى موقع الحديقة. والمعلوم أن مقداراً كبيراً من الماء المخصص للحدائق يصرف على ري الأعشاب (المسطحات الخضراء) ذات الجذور السطحية. والسبب أن هذه الأعشاب تحتاج الى كمية ماء تتجاوز حاجة النباتات الاخرى. الحل يكمن في تبني أساليب أكثر فعالية لري الحدائق، وإن كان ذلك يقتضي اعتماد التقنيات المتطورة المكلفة. لكن الري الاقتصادي قد لا يحتاج الى أكثر من تركيب جهاز توقيت في رشاش الماء يخفف كمية الماء شتاءً، مع تعديله عند حلول فصل جديد. وبعتماد طرق الري الاقتصادية، تزيد فرص السكان زيادة ملحوظة في خفض فواتيرهم المائية وتحسين صحة حدائقهم.

دراسة حالة

مصنع كويدي لعصير العنب في ماديرا، كاليفورنيا؛ أكبر مشكلة شغلت هذا المصنع، مع كرومه التي تحتل مساحة 40,000 متر مربع، كانت الوقت والدقة المطلوبين لوضع برنامج ري يلائم أربعة أنواع مختلفة من التربة. ولواجهة هذه المشكلة، عدل مصنع كويدي طريقة الري باعتماد جهاز لاسلكي للمراقبة وصمامات جديدة من الحديد المسبوك. وصار في الامكان مراقبة كمية الماء والوقت المطلوبين لكل نوع من التراب. وفي النتيجة، تحسنت نوعية الكرمة وانخفض وقت الري بنسبة 44 في المئة وهبطت كلفة توصيل الماء 1600 دولار سنوياً. وهكذا أدى تعديل طريقة الري الى تخفيف الأمراض النباتية ورفع مستوى عصارة العنب وخفض هدر الماء وتكاليف العمل⁽⁵⁷⁾.

2/2 - إضافة مجسات وقف المياه تلقائياً الى أجهزة المراقبة الاوتوماتيكية

إن إضافة مجسات تلقائية لوقف المياه، مثل مجس للمطر أو الرطوبة، الى جهاز مراقبة تلقائي يمكن أن تسفر عن وفرة مائي بنسبة 15 الى 20 في المئة أو أكثر⁽⁵⁸⁾. وهذه المجسات متوافرة للاستعمال المنزلي والتجاري. وهي تقفل الجهاز تلقائياً عند تحري المطر أو الكمية الكافية من الرطوبة. وقد أصدر عدد من الولايات والمدن الأميركية تشريعات تفرض إضافة مجسات المطر والرطوبة الى كل أجهزة الري التلقائية، بينها: تكساس، مينيسوتا، كونيتيكت، نيوهامبشير، نيويورك، رود آيلند.

دراسة حالة

دنفر، كولورادو؛ استهلّت شركة مياه دنفر عام 2003 برنامجاً يتولّى حسومات تبلغ 720 دولاراً للزبائن الذين أدخلوا الى مشاريع الري لديهم تقنيات للاقتصاد المائي، وغرسوا جنبات وأشجاراً تستهلك الماء القليل، وتبنوا الاصلاحات الترابية الموصى بها. ومن تقنيات الري التي انطوى عليها البرنامج: مجسات المطر، مجسات التبخر، أجهزة المراقبة التلقائية مثل فاتورة الماء ومضاعفة أوقات بدء الري ومضاعفة البرامج⁽⁵⁹⁾.

3/2 - اعتماد الأنظمة ذات التدفق المنخفض عند الامكان

أنظمة الري الخفيف، مثل التوفير والرشح والتنقيط، هي، على العموم، أكثر الأنظمة اقتصاداً لري المساحات غير المعشبة لأنها توزع كميات محددة من الماء ببطء وتكافؤ عند جذور النبات، متجنباً هدر الماء وإسالته خارجاً الى الطرق والممرات والشوارع والقنوات والمجاري. ويؤدي البطء والانتظام في توزيع الماء على جذور النبات أو بالقرب منها الى خفض تكون الأعشاب اليابسة والأمراض النباتية، مساعداً الأغراس والمحاصيل على النمو. بالنسبة الى الحدائق، يوصى بالري الخفيف في حال الأشجار والشجيرات والأزهار وسواها من المزروعات غير المعشبة. أما بالنسبة الى المزارع، فهذا النوع من الري أشد فاعلية في حال الزروع التي تؤكل ثمارها نيئة، كاللوز والتفاح والبرتقال والخوخ والدراق. وعلى رغم جدارة الري الخفيف، فما تزال كلفة تركيب أجهزته وصيانتها وعدم معرفة منافعه عوائق أساسية في سبيل اعتماده على نطاق أوسع.

مثلاً، تعديل هذه الكمية شتاءً عند 15 في المئة من كمية الصيف يعني خفض الفاتورة المائية بنسبة 85 في المئة.
إرجاء الري: هذه الطريقة تمكّن المستهلك من إرجاء الريّ عند عدم الحاجة إليه، خصوصاً في مواسم المطر، لاستئناف الريّ تلقائياً مع الجفاف.
دورات الريّ: هذه الطريقة تعني الريّ التلقائي عند حاجة التربة إليه، مع تعديل كمية الماء بحيث تمتصّها التربة بسهولة وتقليل هدر الماء وتآكل التربة.
برمجة التبخر: تتيح هذه الطريقة تسجيل مقادير التبخر اليومي وتعديل كمية الماء للتعويض عن هذا التبخر وفق حاجة النبات. ويكاد استخدام هذه الطريقة يقتصر على المؤسسات التجارية الكبيرة وملاعب الغولف والمزارع نظراً إلى كلفتها ودقة أجهزتها.

منافع برامج الري التلقائية

تتيح أجهزة المراقبة التلقائية للمستهلكين ادّخار الوقت والريّ بجدارة ودقّة وتكافؤ أكبر وفق الحاجات المختلفة للنبات. وعند تزويد الأجهزة بالموصفات المذكورة أعلاه لصيانة الماء، يحقق المستهلكون خفضاً ملحوظاً في كمية الماء والعمل والتكاليف، كما يحصلون على نباتات ومحاصيل زراعية أكثر صحةً. وتتيح الأجهزة التلقائية ريّ مساحات أكبر بانتظام وفي الوقت المثالي، أي بين الخامسة والعاشر صباحاً. والريّ المبكر هو الأكثر جدارة لأن التبخر بفعل الريح والشمس يكون أدنى مما هو منتصف النهار. يضاف إلى هذا أن الأجهزة التلقائية تسهّل تصميم برامج الريّ تبعاً لحاجة الأرض. في ملعب غولف نموذجي، مثلاً، تختلف الحاجة إلى الماء باختلاف الأرض من ممرات إلى فسحات خضراء إلى مساحات خشنة محيطة إلى مرائب سيارات. وتسهّل محطة المراقبة المركزية في ملعب الغولف على الموظفين استخدام أقل مقدار من الماء وفق حاجة كل من الأمكنة المذكورة⁽⁵⁴⁾.

دراسة حالة

خبرت مدارس مقاطعة فورت ستوكتون في تكساس معاناة كبيرة لريّ مواقعها السبعة. ومعظم مدارس هذه المقاطعة، التي يعود بناؤها إلى أربعين سنة، ظلّت، حتى خريف 1996، تعتمد الطرائق اليدوية لريّ أراضيها. وكانت آلات قذف الماء تعمل طوال ساعات يومياً لريّ ملاعب كرة القاعدة وكرة القدم، فيما الحجاب ينقلون المرشّات من مكان إلى آخر. ومع ارتفاع الحرارة في تموز (يوليو) 1996 إلى أعلى معدلٍ خلال القرن، بلغ استهلاك الماء الشهري 5200 متر مكعب بكلفة 1800 دولار. وعلى رغم الجهد المبذول وكمية الماء المستهلكة، كان من المستحيل ريّ أي موقع بمفرده في يوم واحد، وتخلّلت الأزهار والأعشاب بقع نابلة. لكن بعد تركيب جهاز ريّ تلقائي يوزع الماء بانتظام وتكافؤ، فاق الوفر المائي في ملعب كرة القدم وحده 3785 متراً مكعباً في الشهر، أي 75 في المئة خفضاً في الماء مع فاتورة بمقدار 471 دولاراً⁽⁵⁵⁾.

دراسة حالة

استعملت شركة هين للمبيح بالجملة في جنوب أستراليا لحدائقها طريقة الرش الرأسية والريّ اليدوي، بحيث استهلكت 35960 متراً مكعباً من الماء سنوياً بكلفة 22,000 دولار. لكن مع اعتمادها مرشّات أكثر تطوراً ومجسات للتبخر، يتوقع انخفاض استهلاك الماء بنسبة 30 في المئة وخفض الفاتورة السنوية بقيمة 21,000 دولار، مع رفع الجدارة المائية من 63 إلى 83 في المئة. أما كلفة البرنامج الجديد فلن تتعدى 73,000 دولار⁽⁵⁶⁾.

محطات الطقس - يتم قياس المعطيات الجوية، كالأمطار والحرارة والرياح، عبر محطات لرصد الأحوال الجوية تتولى نقل معلوماتها تبعاً إلى المزارعين الذين يرسمون برامج الري في ضوء هذه المعلومات. وتعتمد شركات الماء على مدار الساعة إلى وضع قياسات التبخر ورطوبة الماء على الانترنت لتزويد المستهلكين المحليين بمعلومات حول الري. هناك، مثلاً، المكتب الإعلامي التابع لإدارة الري في كاليفورنيا، الذي يضحّ الكثير من التوصيات بعد جمع معلوماته كل ساعة من نحو مئة محطة رصد جوي في الولاية تعمل تلقائياً أو بمساعدة الكمبيوتر. وقد أظهرت إحدى الدراسات أن مزارعي كاليفورنيا الذين يستعملون هذه المعلومات والتوصيات استطاعوا وضع برامج ري دقيقة أدت إلى خفض استهلاك الماء بنسبة 13 في المئة ورفع الحاصل بنسبة 8 في المئة⁽⁶⁶⁾.

أجهزة المراقبة المركزية العاملة على الكمبيوتر - أدت التطورات في تقنيات التوصيل والاتصال إلى تغييرات ملحوظة في أدوات الري وأجهزة المراقبة المركزية. وتتيح هذه الأجهزة لعمال الحدائق والمزارع تشغيل صمامات الري تلقائياً حسب البرامج المحددة ووفق الأرقام التي تسجلها مجسات التبخر والرطوبة وسواها. ويستطيع أصحاب المشاريع الاستعانة بخبراء في إدارة الماء لتشغيل أجهزة الري بواسطة التحكم عن بعد، مع وضع هذه التقنية في متناول مشاريع الري الصغيرة.

دراسة حالة

بسبب عقد كامل من الجفاف، أقدمت مديرية الحدائق في مدينة بيكرسفيلد (كاليفورنيا) على إبدال أجهزة المراقبة الكهربائية الألية القديمة المشغلة يدوياً بجهاز مراقبة مركزي متطور، مع محطة رصد جوي ومجسات للتبخر وتقنيات أخرى، بهدف ري الحدائق الكبرى وحدائق الشوارع في طرف المدينة الجنوبي. وسرعان ما أنشئ في تلك الناحية ناد رياضي وملعب غولف كبير وأربع حدائق عامة وعدد من المدارس والفسحات الخضراء في وسط الشوارع وعلى جوانبها. وبالمقارنة مع طريقة الري التقليدية في أنحاء أخرى من المدينة، ظهر أن الطريقة البديلة حققت وفراً مائياً بلغ 37,850 متراً مكعباً في السنة⁽⁶⁷⁾.

وباختلاف عن بعض السلع الاستهلاكية الاقتصادية التي تحقق وفراً تلقائياً بمجرد تشغيلها، مثل المصابيح الكهربائية ومرشحات الاستحمام وغسالات الملابس، فالسلع المتعلقة بالري لا تحقق الجدارة تلقائياً، بل تحتاج إلى التركيب والصيانة الصحيحين.

3. التركيب السليم

بعد تصميم نظام الري الملائم واختيار المعدات اللازمة لحفظ الماء، يبقى الاستخدام الكفوء للماء وقفاً على سلامة التركيب والصيانة. والأفضل وضع العملية كلها في يد متعهد ري مجاز. ومن المؤسسات الطليعية في هذا المجال اتحاد الري، وهو منظمة عالمية ذات فروع محلية في عدد من الولايات الأميركية. ويتولى هذا الاتحاد تنظيم دورات دراسية تتوجها شهادة اختصاص في ري الحدائق أو ملاعب الغولف أو المزارع. ويبدل الاتحاد جهوداً جديّة في توحيد شركات توزيع الماء والمنظمات التي لا تتوخى الربح والمؤسسات الصناعية لإعداد دراسات حول مشاكل ندرة الماء ومواجهة هذه المشاكل.

ومن البرامج الدراسية لاتحاد الري واحد تُمنح بموجبه شهادة متعهد ري للحدائق والمساحات العشبية. ومن مقتضيات هذا البرنامج تدريب طلابه على تصميم أنظمة الري الملائمة لزراعة الحدائق والأعشاب وتركيبها وصيانتها وتصليح أجهزتها. وهناك ولايات ومحافظات أميركية، مثل نيوجيرسي وكونيكتيكات وأجزاء من فلوريدا، تشترط حيازة المتعهد شهادة اتحاد الري أو ما يشابهها لتكليفه تركيب أنظمة الري.

دراسة حالات زراعية

عمدت مصلحة تكساس الزراعية الى تحويل برنامج ري حقول القطن من الري بالغمر الى التنقيط. وكانت النتيجة خفض استهلاك الماء وزيادة الانتاج بنسبة 27 في المئة⁽⁶⁰⁾.

وفي مدينة مراهشتر الهندية حوّل الباحثون الجامعيون برنامج ري قصب السكر من طريقة الري بالغمر التقليدية الى طريقة التنقيط. وكانت النتيجة خفض استهلاك الماء بنسبة تراوح بين 30 و65 في المئة⁽⁶¹⁾.

وفي تركيا اعتمد نظام التنقيط لري حقول الموز والقطن. والنتيجة استهلاك الموز نصف كمية الماء مع المحافظة على كمية المحاصيل، واستهلاك القطن كمية أقل من الماء مع إنتاج يفوق 34 في المئة ما أعطته حقول القطن المجاورة المروية بالغمر⁽⁶²⁾.

وفي ريو غراند فالي، ولاية تكساس، اعتمد نظام التنقيط لري بساتين الليمون الهندي (كريب فروت)، الذي أتاح دوائر أضييق عند الجذور مع ضبط أفضل لعملية التسميد بالنيتروجين. وأسفر ذلك عن إنتاج حبات برتقال أجمل وأكبر وأرفع ثمناً، مع خفض 35 - 40 في المئة من كمية الماء المستعملة في نظام الري بالغمر⁽⁶³⁾.

4/2 - استخدام آلات منظمّة للضغط في حالات الضغط المرتفع ومضخّات في حالات الضغط المنخفض

من أجل تحقيق الضغط المثالي لأجهزة الريّ

في الحدائق والمزارع على السواء، غالباً ما يحدث هدر الماء عبر التبخر عندما تقوم الأجهزة بدفع مائها على هيئة رذاذ أو ضباب. وهذا ينتج على العموم من إفراط في ارتفاع ضغط الماء الذي يمكن خفضه باستخدام خرطوم ومرشّات وصمامات ومعدات أخرى لتنظيم الضغط. وباستخدام المعدات المناسبة لضبط ارتفاع ضغط الماء في ري الحدائق، يؤدي كل خفض بمقدار 4 أمتار ضغط الى وفرائي بنسبة 6-8 في المئة، قد ترتفع الى 50 في المئة في حال خفض ضغط الماء من 50 متر ضغط الى المقدار الموصى به، وهو 24 متر ضغط⁽⁶⁴⁾. أما في حال الري المنخفض الضغط الذي قد يؤدي الى عدم تكافؤ في توزيع الماء، فيوصى باستعمال مضخة ري عالية الكفاءة من أجل تقوية الضغط الى الحد المرغوب بمساعدة مرشّات رأسية موصولة بالآلة لتنظيم الضغط لتأمين التوزيع الكافي والمتكافئ للماء.

5/2 - استخدام خرطوم ذات جدارية عالية من أجل توزيع متكافئ

التوزيع المتكافئ للماء مهم جداً، سواء أكانت المساحة المروية ملعب غولف أم كرم عنب أم باحة سكنية. وإذا لم يكن التوزيع متكافئاً، فغالباً ما تستغرق برامج الري وقتاً أطول لتأمين وصول الماء الى كل الأمكنة. وهذا يؤدي الى ري مفرط لبقيّة الأماكن. وفي الحدائق، يؤدي اعتماد الخرطوم العالية الجدارية الى وفرائي بنسبة 30 في المئة⁽⁶⁵⁾.

تقنية الري المتطورة: آلات المراقبة والمجسات والتكيّف المناخي

اعتمد أصحاب المزارع والبساتين والحدائق خلال التاريخ على أحكامهم الشخصية لتقرير رطوبة التربة وبرامج الري. أما اليوم فباتت المجسات تسجل قياسات دقيقة لرطوبة التراب والماء، فضلاً عن أجهزة المراقبة التلقائية وأجهزة الكمبيوتر والأقمار الاصطناعية التي تتولى مراقبة مواقع مختلفة في وقت واحد.

الفصل الرابع تشجيع الاقتصاد في استهلاك الماء

في مواجهة نقص الماء المتزايد على الصعيد العالمي، ثمة حاجة إلى العمل الفوري. لكن مما تجدر معرفته أن الناس، أفراداً ومؤسسات وجماعات، لا يتبنون القيم والتدابير الآيلة إلى الاستخدام الأمثل للمياه ما لم تُخلَق لديهم الدوافع على ذلك. ومن هذه الدوافع الحوافز الحكومية والتربوية والوعي العام. والاستخدام الثابت لهذه التدابير من شأنه أن يؤدي في المدى البعيد إلى تغيير عادات استهلاك الماء. أما هدف التدابير، وهو توليد العادات اللازمة لصون الماء، فضروري من أجل تأمين كمية ملائمة من الماء لأجيال المستقبل.

لقد أشرنا سابقاً إلى محدودية كمية الماء المتوفرة في العالم. ومع الازدياد السكاني يرتفع الطلب على الماء. ومن أكثر الحلول عملية لمواجهة هذه المسألة الإدارة السليمة للمصادر المائية المتاحة عن طريق الاستخدام الأمثل للمياه والري السليم.

التخلي عن الري ليس حلاً جديراً

رد الفعل الأول حيال الجفاف ونقص الماء يبدو الدعوة إلى "التخلي عن الري"، أي التقنين. وفي الغالب تُفرض قيود قاسية متسرّعة، لتُرفع مع عودة الأمطار. ومع رفع هذه القيود، يعود المستهلكون أحياناً كثيرة إلى عاداتهم القديمة، وتكرر الدورة. وبالمقارنة مع التبديل الصحيح في العادات المائية كما هو مذكور أعلاه، لا عجب أن التدابير الموقته لتقنين الماء تبقى عموماً غير فعالة في المدى البعيد. وهي تؤدي إلى بلبلة في صفوف المستهلكين عندما تُفرض، ثم تُرفع، ثم تُفرض من جديد. وفي فرجينيا وفلوريدا ونيوجيرسي أسفر تعاقب التدابير عن بلبلة محلية دفعت مديرية الماء في جنوب فلوريدا وحكومة نيوجيرسي إلى مواجهة الأمر باعتماد تدابير شاملة للتقنين المائي طوال السنة كحلّ ثابت لمسألة الاستخدام الأمثل للمياه.

وهناك أدلة واقعية تشير إلى أن التعاقب في فرض تدابير التقنين ثم رفعها يمكن أن يؤدي إلى زيادة في استهلاك الماء. ففي مدينة سيدني الأسترالية، تقيد السكان طوال شهرين بتدابير التقنين لمواجهة الجفاف الذي أصاب المقاطعة عام 2002. لكن ما إن رُفعت تلك التدابير حتى تبين أن استهلاك الماء ارتفع بنسبة 4 في المئة عما كان عليه قبل فرضها⁽⁶⁸⁾. وفي محافظة ديلاوير (بنسلفانيا)، لاحظ المسؤولون في مديرية الماء زيادة في الاستهلاك تبلغ 10 في المئة مع رفع التقنين الصيفي. وهذه النتيجة تقتضي فرض تدابير التقنين في أوقات إضافية من السنة⁽⁶⁹⁾. كما تبين أن قيوداً مثل الري مرة كل يومين أو ثلاثة تشجع المستهلكين على التعويض المفرط خلال الأيام المتاحة للري.

الحوافز الحكومية

جاء في ملخص بيان المنتدى المائي للعالم الثالث الذي عُقد في اليابان في آذار (مارس) 2003 أن "بلداناً كثيرة تواجه أزمة حكم، لا أزمة ماء"، لأن "المسؤولية الأولى تقع على عاتق الحكومات لجعل الماء أولوية..."⁽⁷⁰⁾.

وفي ضوء الحاجة إلى تغيير عادات استهلاك الماء، يتم تحري الحوافز والعوائق وفرضها من جانب الحكومات حول العالم.

أمثلة زراعية عالمية⁽⁷¹⁾:

- في باكستان يُمنَح المزارعون قروضاً، فضلاً عن رأس المال الأولي، لإقامة قنوات وسدود صغيرة واعتماد الري بالتنقيط والرش الخفيف⁽⁷²⁾.
- تسعى الحكومات في بلدان مثل أستراليا وكندا والبرازيل والأرجنتين وفرنسا وإسبانيا إلى اعتماد سياسة "زراعة اقتصادية" مماثلة للسياسة التي اعتمدها الولايات المتحدة في "شرعة المزارع" عام 2002 الموصوفة أدناه⁽⁷³⁾.

4. الصيانة السليمة

الخطوة الأخيرة في الاقتصاد باستهلاك المياه عبر الري الملائم هي الصيانة السليمة. وسواء أكان هذا الأمر يعني زيارات الصيانة الدورية لخبراء الري أو تدريب المستهلكين على استخدام أجهزة المراقبة مع تبديل الفصول، فالمراقبة الدورية لا تقل أهمية عن التصميم والتركيب ونوعية الآلات. وهناك عوامل يمكن أن تخذل أفضل الجهود المبذولة لتحقيق وفر مائي، منها: الري المفرط، ضغط الماء غير المتكافئ، التوقيت غير السليم، الأنابيب المكسورة، انسداد رؤوس الرش والتنقيط.

ان الصيانة السليمة لأنظمة الري تأخذ التدابير الآتية في الاعتبار:

1/4 - برمجة نظام الري ليعمل في ساعات الصباح الباكر

الصباح الباكر أفضل أوقات النهار للري. فالماء المفقود عبر التبخر يكون عند أدنى حد في الساعات الأولى بالمقارنة مع منتصف اليوم.

2/4 - المراقبة الدورية لنظام الري

بما أن ري الحدائق والفسحات الخضراء يجب أن يحصل في ساعات الصباح الأولى، فقد لا يكون ممكناً كشف مشكلة ما إلا في وقت متأخر. وسواء أكانت المساحة المروية ملعب غولف أم كرم عنب أم حديقة تسلية، فالمراقبة الدورية أمر بالغ الأهمية. وقد يؤدي كسر في انبوب أو مرشحة إلى هدر كميات كبيرة من الماء ما لم يُكتشف أمره.

ومن أجل حسن صيانة نظام الري، يجدر استشارة خبير مجاز من اتحاد الري أو مؤسسة مماثلة.

3/4 - تعديل برامج الري مع تبديل الفصول

في حال الحدائق، يحصل الري المفرط عند تلوُّ المستهلكين عن تعديل برامج الري وفق تبديل الفصول. ويمكن خفض استهلاك الماء بسهولة إذا تم اعتماد تدابير المراقبة المذكورة سابقاً، مع تركيب مجسات للمطر والرطوبة.

4/4 - تعديل برامج الري مع تبديل النباتات

مثلاً يجب تعديل برنامج الري ليلائم تعاقب الفصول، يجب تعديله أيضاً عند زرع نبات جديد. والغالب تحقيق وفر مائي باعتماد أنواع من النبات المحلي المقاوم للجفاف.

خلاصة

واضح أن الري الملائم يحقق خفصاً مائياً وينتج نباتاً أكثر صحةً. لكن من أجل تحقيق أكبر مقدار من الوفر المائي، لا بد من اعتماد أجهزة وطرائق الري المتطورة جنباً إلى جنب مع جودة المعايير في تصميم نظام الري وتركيبه وصيانته. وفي غياب أي من هذه الشروط، قد تبقى الجدارة المائية بعيدة المنال والهدر حاصلاً. وتشجيعاً على تبني هذه التدابير، لا بد من أن تنضم إلى المبادرات الشخصية سلسلة من الحوافز الحكومية وحملات التوعية العامة.

برامج التربية المهنية

أدرجت مؤسسات مثل اتحاد الري وصانعي أدوات الري أهمية التربية والتدريب للمهنيين في محيط برنامج الري الاقتصادي. والواقع أن تبديل العادات الاجتماعية حول كيفية استخدام الماء ليس بالمهمة السهلة. من هنا كان التعليم والتدريب الصحيحان لاختصاصيي تركيب الأجهزة في المنازل والمؤسسات ضروريين لضمان سلامة التصميم والتركيب والصيانة جنباً إلى جنب مع اعتماد الأدوات الأكثر تحقياً لسلامة الري. ومن خلال هذا الجهد يتعاون خبراء التركيب مع المستهلكين وأصحاب المنازل في تعزيز الهدف المنشود.

● أستراليا - بالتعاون مع اتحاد الري الأسترالي، استطاعت مديريةية الماء في غرب أستراليا ابتكار برنامج لتدريب متعهدي الري في منطقة كالغورلي / بولدر. وركز البرنامج على إعداد جردات مائية وتقويم أنظمة الري. وتم نقل رسالة البرنامج إلى الجمهور عن طريق محطات التلفزيون والراديو والصحف واللقاءات العامة مع الممثلين المنتخبين. وأقيمت حدائق نموذجية في المدارس لإبراز عناصر الري الملائم والاستخدام الأمثل للمياه. وكان هذا النشاط جزءاً من برنامج عام للري الملائم بكلفة 2,7 مليون دولار، من شأنه خفض الطلب السنوي بمقدار 330 مليون لتر (76).

برامج للتربية العامة والتوعية

أقدمت مديريات الماء والري الأميركية، خصوصاً في المناطق الجافة أو القاحلة في الجنوب الغربي وجبال روكي وفلوريدا، على ابتكار برامج للاستهلاك السكني والتجاري والمؤسسي يركز على الاقتصاد المائي في الداخل. والكثير من هذه البرامج تنطوي على إقامة مراحض ذات دورات مائية منخفضة ومرشحات استحمام ذات صمامات تقفل تلقائياً وحسومات على آلات غسل الملابس وأدوات المطبخ التي تعمل بماء قليل. وأضيفت أخيراً برامج تناول الاستعمال الخارجي للماء.

● مدينة سياتل (ولاية واشنطن) - تولت مديريةية المصالح العامة في سياتل، وهي من أهم الوكالات الداعية إلى الاستخدام الأمثل للمياه عبر برامج مدروسة، تنظيم حملة توعية شعبية للبحث على تبديل عادات الاستعمال الخارجي للماء. وتم نقل هذه الرسالة إلى الجمهور عبر نشر إعلانات في وسائل الإعلام المقروءة والمسموعة والمرئية، ومع الفواتير التجارية والنشرات. وأقيمت ورش عمل وندوات وأكشاك ضمن معارض تجارية. وأسفرت الحملة عن تحقيق وفر مائي يومي رآوح بين 53000 متر مكعب شتاءً و95000 متر مكعب صيفاً (77).

● ولاية كاليفورنيا - أقدمت مديريةية الماء العامة في غرب كاليفورنيا عام 2002 على إطلاق حملة توعية شعبية بكلفة 2,3 مليون دولار، ركزت على الاقتصاد في الاستهلاك الخارجي للماء. وكانت النقطتان الأساسيتان للحملة تعزيز الري الاقتصادي وغرس النبات المقاوم للجفاف. وشملت الحملة دورات تربية مهنية وسكانية، وحسومات على تركيب آلات لصون الماء، وحدائق نموذجية تبرز برامج الري القائمة على الاقتصاد المائي، وبيع رؤوس رشّ بواسطة الانترنت يستطيع أصحاب المنازل إضافتها إلى أجهزة مراقبة الري الخارجي (78). وعلى رغم توجه برامج التوعية العامة إلى مستهلكي الماء الرئيسيين، أي كبار السن، فهناك فئات تفرّ بأهمية نقل هذه المبادئ والقيم إلى أذهان الأجيال الطالعة أيضاً.

● برنامج "ويت" (التربية المائية للمعلمين) مؤسسة لا تتوخى الربح، يرعاها، منذ إنشائها قبل عشرين سنة، عدد من الولايات الأميركية، ومكتب التربية البيئية التابع لوكالة حماية البيئة، ووزارة الداخلية الأميركية، وشركة نستله للماء في أميركا الشمالية، وهيئات أخرى. والدور الأساسي الذي يضطلع به برنامج "ويت" هو تدريب مربين على خصائص الماء وأهمية صونه، إضافة إلى تزويد التلاميذ بمواد دراسية متعلقة بالماء (79).

نظرة مستقبلية

الإقرار بأن الماء مورد محدود هو الخطوة الأولى في عملية يمكن أن تؤدي أخيراً إلى جدارة أكبر في استخدام الماء، عالمياً وإقليمياً وفردياً. بعد إدراك هذه الحقيقة، يجب أن يدرك واضعو الخطط العملية على كل الأصعدة الحلول المتاحة لإدارة هذا المورد الثمين على نحو أفضل.

أمثلة زراعية من الولايات المتحدة:

شركة المزارع الأميركية عام 2002: تقترح هذه الشركة تدبيراً عشرياً من 11 برنامجاً تحوي أكثر من 180 حافزاً على الاستخدام الأمثل للمياه. ويضاف الى تمويل هذه الخطوات 17 بليون دولار لرفع موازنة الشركة الاجمالية الى 37 بليون دولار. ورفَع دعم الاستخدام الأمثل للمياه في هذه الشركة من 7 الى 40 في المئة .
وتحتوي برامج الشركة على الآتي:

- برنامج الحفز على رفع المستوى البيئي: يمكن أن تصل الهبات السنوية التي يتلقاها المزارع الى 50,000 دولار على الاستخدام الأمثل للمياه والتربة الفوقية، والى 450,000 دولار ومساعدات تقنية على تحقيق صيانات اخرى.
- برنامج سلامة الصيانة: قد يتلقى المزارع هبات تبلغ 13,500 دولار من أجل تنفيذ تدابير وحفظها لصون الماء ومنع التربة من التآكل وتعزيز زرع النباتات الملائمة للبيئة، علماً أن مجمل موازنة هذا المشروع يبلغ 2 بليون دولار.

- برنامج صيانة المزارع: يقدم هذا البرنامج هبات لتشجيع الاستمرار في الزراعات المنتجة. وبالتعاون مع برامج مماثلة، يتولى هذا البرنامج مساعدة الحكومات المحلية للحصول على تعهدات بالصيانة وفوائد اخرى من أصحاب المزارع. ومن هذه التعهدات أن يكون للمزرعة خطة صيانة، وأن يكون حجمها كافياً للانتاج الزراعي، وأن تكون محاطة بقطع من الأرض يمكنها دعم هذا الانتاج في المدى الطويل كيما يستخدمها المزارع إذا كانت أرضه معرضة كثيراً لتآكل التربة.

وهناك ولايات كثيرة تقدم دعماً للصون الزراعي على هيئة قروض وهبات وحسومات وحوافز ضريبية. وفي إحدى الحالات، قدم مجلس التنمية المائية في ولاية تكساس مساعدات تتجاوز 44 مليون دولار على شكل قروض متدنية الفائدة الى مئات المزارعين لحملهم على اعتماد تجهيزات ري تحقق وفراً مائياً. ويقدر الوفرة الذي تم تحقيقه بين 49500 متر مكعب الى 99000 متر مكعب ماء سنوياً لكل مزارع⁽⁷⁴⁾. وتشجيعاً للمدن والمحافظات والمدارس على اعتماد تجهيزات لصون الماء، تتولى حكومة تكساس منح إعفاءات ضريبية على الملكية الخاصة.

دراسة حالة

في ولاية واشنطن، تولت مديرية المصالح العامة في سياتل مع زبائن الجملة لديها تنفيذ برنامج ري اقتصادي طوال السنوات الأربع الأخيرة. ويساعد البرنامج كبار المعنيين بالري التجاري على ابتكار أساليب لتحسين الري وتمويلها. واستطاع البرنامج خلال هذه السنوات، عبر التحسينات الأساسية وحدها، تحقيق وفر مائي يومي بمقدار 450 متراً مكعباً، بكلفة تقل كثيراً عن كلفة تركيب جهاز ري جديد. ويحصل الزبائن في الغالب على منافع إضافية، مثل أجور العمل المخفضة ومزيد من سلامة المزروعات. وارتفع عدد الزبائن المشاركين في البرنامج ليضم مسؤولين عن المدافن وتجمعات العائلات وحدائق المكاتب والحدائق العامة والمدارس. وراوح الوفرة المائي لكل مؤسسة مشتركة من 6,7 متر مكعب يومياً للحديقة العامة الى 114 متراً مكعباً يومياً للمدفن، فيما راح الوفرة السنوي في كلفة الماء بين 800 و12,000 دولار⁽⁷⁵⁾.

التربية والوعي

ما يزال العديد من المستهلكين يتعامل مع الماء كسلعة غير محدودة وهم غير واعين للهدر الحاصل. ويحسن بالجمهور أن يدرك أن جهود الاستخدام الأمثل للمياه المبدولة اليوم ستؤثر بشكل ملحوظ على أجيال الغد. ونمو المسؤولية الاجتماعية أمر حاسم لتبديل السلوك في المدى الطويل. ولا بد للدوافع الصحيحة من أن تضع الناس في موقع أقوى للعمل.

هوامش

Footnotes

Chapter One

- 1 Dr. Paul Simon, *Tapped Out: The Coming World Crisis in Water and What We Can Do About It*, (New York, Welcome Rain Publishers, 1998).
- 2 Rain Bird Corporation.
- 3 Population Reference Bureau (PRB), *Human Population: Fundamentals of Growth, Population Growth and Distribution*, 2003, [article online] available at www.prb.org/Content/NavigationMenu/PRB/Educators/Human_Population/Population_Growth/Population_Growth.htm.
- 4 United Nations Population Division, *World Population Prospects, The 2000 Revision, Highlights**, DRAFT, Feb. 28, 2001, p. v, [paper online] available from the Population Division Department of Economic and Social Affairs, United Nations, at www.un.org/esa/population/publications/wpp2000/highlights.pdf.
- 5 Barbara Crossette, *Managing Planet Earth; Experts Scaling Back Their Estimates of World Population Growth*, The New York Times, Aug. 20, 2002.
- 6 PRB, *Human Population*.
- 7 The Johns Hopkins School of Public Health, *Solutions for a Water-Short World*, www.inforhealth.org/pr/m14edsum.shtml.
- 8 Maude Barlow, *Water Incorporated; The Commodification Of The World's Water*, Earth Island Journal, Vol. 17, March 22, 2002.
- 9 Chart sources: The Johns Hopkins School of Public Health, *Solutions for a Water-Short World*, www.inforhealth.org/pr/m14/m14chap6_2.shtml.
- 10 City of Norman, Oklahoma, Water Trivia Facts, [information online] available from Finance Department, at www.ci.norman.ok.us/finance/trivia.htm.
- 11 Ginger Adams Otis, *A World Without Water: Advocates Warn of Thirst and Turmoil for a Parched Planet*, The Village Voice, Aug. 21-27, 2002.
- 12 Vickers, *Handbook of Water Use and Conservation*, Amherst, Mass., WaterPlow Press, June 2002).
- 13 UNFAO, *Crops and Drops*, www.fao.org/DOCREP/005/Y3918E/y3918e10.htm.
- 14 Chart Sources: Adams Otis. Stephanie Goeller, *Water and Conflict in the Gaza Strip*, December 1997, [report online] available from the American University, The School of International Service, The Trade & Environment Database, at www.american.edu/projects/mandala/TED/ice/GAZA.HTM.
Sandra Postel, *Last Oasis: Facing Water Scarcity*, (New York, W.W. Norton & Company, Inc., 1997).
Simon, *Tapped Out: The Coming World Crisis in Water and What We Can Do About It*.
- 15 Postel, *Pillar of Sand*.
- 16 UNFAO, *Crops and Drops*, www.fao.org/DOCREP/005/Y3918E/y3918e03.htm#PO_0
- 17 U.S. Department of the Interior, *Bureau of Reclamation, Water 2025* online, available at www.usbr.gov/uc/albuq/water2025/nm/announce.html.

Chapter Two - The Options

- 18 Postel, *Pillar of Sand*.
- 19 Chart sources: Postel, *Pillar of Sand*. Ariel Dinar and Ashok Subramanian, Editors, *Water Pricing Experiences: An International Perspective*, World Bank Technical Paper No. 386, Oct. 1997, [online paper] available at www.wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/WDSP/IB/1997/10/01/000009265_3971201161412/Rendered/PDF/

الكثيرون من العاملين في الزراعة وتنسيق الحدائق ومن المعنيين بإنتاج المعدات والتقنيات المائية لاستخدامها على نطاق واسع التزموا مبادئ الاستخدام الأمثل للمياه. وهم يعملون على أساس أنهم جزء من الحل بابتكارهم وتبنيهم حلول الري السليم وتقنيات الزرع وإنتاج الأجهزة التي تحافظ على الماء.

إن التحلية وإعادة الاستعمال وسواهما من الطرق، كلها تتصدى لمشكلة ندرة الماء. لكن يبقى الاستخدام الأمثل للمياه، خصوصاً عبر الري الملائم، حلاً ينطوي على حسنة جمة نظراً إلى سهولة تطبيقه النسبية وقدرته على إحداث أثر ملحوظ من حيث الوفرة المائي عالمياً. الاستخدام الأمثل للمياه طريقة أثبتت جدارتها خلال عقود من التطور في العلم والتقنيات والأجهزة حتى بات ممكناً تبنيها اليوم. كما يستطيع خبراء الصناعة والزراعة الصديقتين للبيئة المساعدة في تعليم هذه الطريقة وتنفيذها عبر الري الملائم.

إن حل أزمة الماء العالمية يقتضي جهداً مشتركاً من متسلمي أزمته، أي كل سكان العالم. والري الملائم هو الحل الأكثر قابلية للتطبيق والاستمرار، ويجب قبوله على نطاق أوسع وتبنيه بسرعة أكبر. وعلى المخططين أن يعملوا الآن في مجال الحفز على تبني الري الملائم قبل استفحال الأزمة.

- 34 MWD, *Adaptability*.
- 35 Water District No. 65, *Water Management Plan: Improving Water Management in the Payette River Basin for the 21st Century*, information online available from the Payette River Basin, State of Idaho at www.payetteriver.org/page14.html.
- 36 Debbie Salamone, *The Human Thirst Series: Florida's Water Crisis*, The Orlando Sentinel, April 7, 2002.
- 37 U.S. Department of the Interior, *Water 2025*.
- 38 Postel, *Last Oasis*.
- 39 Food and Agriculture Organization of the United Nations, *World Food Summit Five Years Later, 10-13 2000, Focus on the Issues, Feeding an increasingly urban world*, June 2002, [information online] at www.fao.org/worldfoodsummit/english/newsroom/focus/focus2.htm.
- 40 Vickers, *Handbook of Water Use and Conservation*.
- 41 Kent A. Sovocool and Janet L. Rosales, *A Five-Year Investigation into the Potential Water and Monetary Savings of Residential Xeriscape in the Mojave Desert*, [online paper] available from Southern Nevada Water Authority at www.snwa.com/assets/pdf/xeri_study.pdf, accessed Sept. 16, 2003.
- 42 Vickers, *Handbook of Water Use and Conservation*.
- 43 Sovocool and Rosales.
- 44 Jingle Davis, *Water Conservation in Albuquerque: Residents switch to native plants as city program changes attitudes*, Cox News Service, July 12, 2002.
- 45 Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC), *Case Study: Water Efficiency Initiative Kamloops, BC: WaterSmart Program*, [online report], available at www.cmhc-schl.gc.ca/en/imquaf/himu/wacon/wacon_085.cfm.
- 46 Melbourne Water, [online information] overview of various city measures available at [www.melbournewater.com.au/and Case Studies, The Water Conservation Garden](http://www.melbournewater.com.au/and_Case_Studies_The_Water_Conservation_Garden), Royal Botanic Gardens Melbourne, available at http://conservewater.melbournewater.com.au/content/plants/case_studies_3.htm.
- 47 Rain Bird Corporation.
- 48 Rain Bird Corporation.

Chapter 3: Water Conservation through Irrigation

- 49 Rain Bird Corporation.
- 50 Charles M. Burt, Director, Irrigation Training and Research Center, and professor, BioResource and Agricultural Engineering Department, Cal Poly State University, San Luis Obispo, Calif., interview, Jan. 6, 2003.
- 51 Vickers, *Handbook of Water Use and Conservation*.
- 52 Rain Bird Corporation.
- 53 Stuart Hackwell and Scott Pace, Golf Sales, Rain Bird Canada, interview Sept. 10, 2003.
- 54 Rain Bird Corporation.
- 55 Rain Bird Corporation.
- 56 Australian Environment Protection Authority, *Environment Protection-Eco-Efficiency, Cleaner Production Case Study - Heyne's Wholesale Nursery*, May 1999, [report online] available at http://www.environment.sa.gov.au/epa/cp_heynes.html.
- 57 Rain Bird Corporation.
- 58 Rain Bird Corporation.
- 59 Denver Water, [report online] available at www.water.denver.co.gov/drought/rebates.
- 60 Postel, *Pillar of Sand*.

- multi_page.pdf. Terry L. Anderson, *What Shortage? Water Markets Increase Water Supply*, October 25, 2002 [article online] available from the Political Economy Research Center at www.perc.org/publications/water.php?s=2.
- 20 Nels Johnson, Carmen Revenga, and Jaime Echeverria, Jaime, *Managing Water for People and Nature*, Science, Vol. 292, May 11, 2001.
- 21 The Johns Hopkins School of Public Health, *Solutions for a Water-Short World*, Municipal Conservation, www.jhuccp.org/pr/m14/m14chap6_3.shtml.
- 22 Postel, *Pillar of Sand*.
- 23 Joe Gelt, *Home Use of Graywater, Rainwater Conserves Water – and May Save Money*, available from The Arizona Water Resources Research Center, College of Agriculture and Life Sciences, The University of Arizona, [article online] at <http://ag.arizona.edu/AZWATER/arroyo/071rain.html>.
- 24 Carlsbad Municipal Water District, City of Carlsbad, California, *The Story of Recycled Water in Carlsbad*, [information online] available at www.ci.carlsbad.ca.us/cserv/2recycle.html.
- 25 MWD, *Adaptability*.
- 26 Simon, *Tapped Out: The Coming World Crisis in Water and What We Can Do About It*.
- 26 Dick Bennett, *Graywater: An Option for Household Water Reuse*, Home Energy Magazine Online July/August 1995, [article online], available at <http://hem.dis.anl.gov/eehem/95/950712.html>.
- 27 Rain Bird Corporation.
- 29 Seema Mehta, *Fresh Water Sought at Sea*, Los Angeles Times, August 19, 2002.
- 30 Chart Sources: Global Water Intelligence, *Saudis Announce New Water Ministry*, August 2001, [article online] available from Middle East Desalination Research Center at www.medrc.org.om/new_content/industry_news/Aug01/story2.html. Kaleem Omar, *Desalination plants are the answer to Karachi's water problems*, The International News, Jang Group Online Editions, Feb. 10, 2003, [article online] available from Pakistan Water Gateway at www.waterinfo.net.pk/a_Detail.cfm?ID=313.
- Malta Resources Authority, *Tariffs for supply of water intended for potable use*, [document online] available at www.mra.org.mt/Downloads/Tariffs/tariffs_water1.pdf.
- Panos Pashardes, Phoebe Koundouri and Soteroula Hajispyrou, *Household Demand and Welfare Implications for Water Pricing in Cyprus*, September 2000, p. 5 [paper online] available from the Department of Economics, University of Cyprus at www.econ.ucy.ac.cy/papers/0103.pdf.
- John Ritter, *Cities look to sea for fresh water*, USA Today, November 22, 2002, [article online], available at www.poseidonhb.com/news/news05.html?mode=4&N_ID=35513.
- Pat Storey, *MWD rebates would lower cost of desalinated water*, North County Times, Feb. 12, 2002 [online article] available from nctimes.com at www.nctimes.net/news/2002/20020212/54508.html.
- Tampa Bay Water, *Tampa Bay Seawater Desalination Plant Providing Drinking Water to the Region*, [article online] available at http://www.tampabaywater.org/WEB/Htm/News/news_28March2003_SeawaterDesal.html.
- Juha I. Uitto and Jutta Schneider, editors, *Freshwater Resources in Arid Lands*, United Nations University, 1997, [article online], available from United Nations University Press at www.unu.edu/unupress/unupbooks/uu02fe/uu02fe07.htm#water%20resources.
- United Nations Environment Programme, *Sourcebook of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Small Island Developing States, PART D – ANNEXES, Annex 3, Cost Comparisons*, [document online] available at www.unep.or.jp/ietc/Publications/TechPublications/TechPub-8d/comparisons.asp.
- 31 *Leadership in Energy and Environmental Design*, 2003, www.usgbc.org/leed/index.asp.
- 32 Sandra Postel, *The Looming Water Wars: FARMS vs. CITIES*, USA Today (Magazine), March 2000.
- 33 Simon, *Tapped Out: The Coming World Crisis in Water and What We Can Do About It*.

- 61 Postel, *Pillar of Sand*.
- 62 Osman Tekinel and Riza Kanber, *Modern and Traditional Irrigation Technologies in the Eastern Mediterranean*, Chapter 2, *Trickle Irrigation Experiments in Turkey*, [report online] available at the International Development Research Centre.
- 63 Rain Bird Corporation.
- 64 Rain Bird Corporation.
- 65 Rain Bird Corporation.
- 66 Simon Eching, *California Irrigation Management Information System - (Cimis)*, [article online] available from Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, de Ilha Solteira, Sao Paulo, Brasil, at www.agr.feis.unesp.br/Simon.htm.
- 67 Rain Bird Corporation.

Chapter 4: Conclusion/Summary

- 68 Tom Avril, *Limits on Water are Back Despite Rain*, The Philadelphia Inquirer, September 6, 2002.
- 69 Tom Avril, *Limits on Water are Back Despite Rain*, The Philadelphia Inquirer, September 6, 2002.
- 70 The 3rd World Water Forum, March 16-23, 2003, Kyoto, Shiga and Osaka, Japan, Summary Forum Statement, [information online] available at www.world.water-forum3.com/en/statement.html.
- 71 Postel, *Pillar of Sand*.
- 72 The Pakistan Newswire, *Agriculture: ADBP Sets Rs 4b for Identified Priority*, Pakistan Press International, Sept. 15, 2002.
- 73 European Conservation Agriculture Federation, *Conservation Agriculture in Europe*, [report online] available at www.ecaf.org/English/First.html.
- 74 Texas State Soil and Water Conservation Board and Texas Water Development Board, *An Assessment Of Water Conservation In Texas, Prepared for the 78th Texas Legislature*, [online report] available at www.twdb.state.tx.us/assistance/conservation/ConservationPublications/AssesmentofWaterConservation/AssesmentofWaterConservation.pdf
- 75 Rain Bird Corporation.
- 76 Department for Environment and Heritage, Government of South Australia, *Case Study 4: Kalgoorlie/Boulder Water Efficiency Program*.
- 77 Department for Environment and Heritage, Government of South Australia, *Case Study 8: Seattle Water Efficient Irrigation and Natural Lawn*.
- 78 MWD, *Adaptability*.
- 79 Project Wet, online at www.projectwet.org/.

الاستخدام الأمثل للمياه

نحن، في شركة رينبرد، على قناعة بأن مسؤوليتنا هي إنتاج سلع وتقنيات لاستخدام الماء بجدارة. ويتسع التزامنا ليشمل حقول التعليم والتدريب والخدمات لصناعتنا ومجتمعاتنا.

الحاجة الى الاقتصاد في استهلاك المياه لم تكن في أي يوم أضخم مما هي اليوم. وفي ودنا أن نحقق المزيد في هذا المجال. وإننا، بمساعدتكم، قادرون على ذلك.

لمعلومات إضافية عن الاستخدام الأمثل للمياه، زوروا موقعنا على الانترنت:

www.rainbird.com

الطبعة العربية

التحرير والانتاج: البيئة والتنمية / المنشورات التقنية - بيروت
المراجعة: د. موسى نعمه



Rain Bird Corporation

970 West Sierra Madre Avenue
Azusa, CA 91702
Phone: (626) 963-9311
Fax: (626) 812-3411

Rain Bird Technical Services

(800) 247-3782
(U.S. and Canada only)

Rain Bird Corporation

6991 East Southpoint Road
Building #1
Tucson, AZ 85706
Phone: (520) 741-6100
Fax: (520) 741-6522

Specification Hotline

(800) 458-3005
(U.S. and Canada only)

Rain Bird International, Inc.

145 North Grand Avenue
Glendora, CA 91741
Phone: (626) 963-9311
Fax: (626) 963-4287

www.rainbird.com