

الفصل (الحاوي) والعشرون

تقييم الأداء

جوزيف م. لورد (شركة ج م لورد، فرنسو، كاليفورنيا)
جيمس إ. أيارز (USDA-ARS، بارلير، كاليفورنيا)

ملخص: يتطلب تقييم أداء نظام الري أكثر من المراقبة البسيطة للعملية الهيدروليكية لنظام ما. فهو يتطلب فهم مكان الري الملائم في إدارة المزرعة، والاحتياجات المائية للمحصول، والخصائص الهيدروليكية للتربة، والظروف الحقلية، واقتصاديات التشغيل. ونقوم في هذا الفصل بمناقشة الخلفية والحاجة إلى التحري الكامل عن تشغيل النظام في سياق الإدارة الكلية للمزرعة. ويتطلب هذا القيام بالتحري عن متغيرات الإدارة التي تؤثر على التشغيل، مثل، قيود إمداد المياه، وقيود الهندسة الزراعية، وقيود العمالة. وسيتم مناقشة مقاييس الأداء التي تميز إدارة وتشغيل النظام. وهناك مناقشة للخواص الفريدة التي تميز كل نظام ري لإلقاء الضوء على الاختلافات في منهج التقييم. وأخيراً تقديم مقترحات لتغطية تقييم الأداء، وتفسير البيانات، وإعداد التقرير، والتوصيات.

الكلمات الأساسية: انتظامية التوزيع، كفاءة الري، أداء نظام الري، تقييم أداء نظام الري، الري الدقيق، الري بالرش، الري السطحي.

(٢١,١) مقدمة

لقد واجه الوادي الأوسط في كاليفورنيا تصاعداً سريعاً في تكلفة المياه الزراعية منذ فترة الجفاف التي وقعت خلال ١٩٨٩-١٩٩٣، وكتيجة لذلك طبيعية، أدت إلى رفع المنافسة على مصادر المياه بين الجهات الريفية، والبيئية، والسمكية، والحياة البرية، والأغراض الزراعية. وقد تضاعفت تكاليف المياه لضعفين وأحياناً لثلاثة أضعاف. وفي عام ١٩٩٤، قام بنك المياه الذي تحكمه الولاية بوضع قيمة سوقية للمياه الزراعية تبلغ ١٠١ دولار/ ١٠٠٠ م^٣. وهذه القيمة خلقت اهتماماً كبيراً في المجتمع الزراعي وفي بعض المناطق من المجتمع الاستثماري، وقد تطلّعوا إلى حتى أصغر الفرص لتقليل استخدام المياه في القطاع الزراعي.

إن الطلب المتزايد على المياه والمشكلات المتعلقة بالتخلص من مياه الصرف الزراعية، والقضايا البيئية، وحصص المياه المخصصة للاستخدام الزراعي قد دفعت الوكالات الحكومية (الدولية والفيدرالية) إلى تمويل برامج كبيرة لتقييم أداء نظم الري داخل المزارع. والأسباب الشائعة التي تذكرها وكالات المياه ومقاطعات المياه للقيام بأعمال التقييم لنظم الري في المزارع تشمل الحفاظ على المياه، وتحسين الاستخدام الفعال للمياه، وتقليل الخسائر في التسرب العميق. ولكن، يعد المزارعون أكثر اهتماماً في تحسين إنتاج المزارع، والعائدات المالية، وجعل المصدر المحدود ينتج أكثر.

لقد تم تطوير برنامج المختبر المتنقل لكاليفورنيا لإجراء التقييم داخل المزرعة لنظم الري من قبل وزارة الزراعة بالولايات المتحدة (USDA) وهيئة المحافظة على الموارد الطبيعية (NRCS) وهيئة الموارد المائية بولاية كاليفورنيا. إن الأهداف المذكورة لبرنامج المختبر المتنقل هي تقييم كفاءة وانتظامية عملية الري، وتحديد المشكلات في تصميم النظام أو إدارته، وتحديد فرص التحسين. وفي عام ١٩٦٦، كانت ٦٠ من وكالات المياه في كاليفورنيا تتشارك التكاليف مع مختبرات كاليفورنيا المتنقلة (هيئة الموارد المائية، ١٩٦٦).

وبغض النظر عن يقوم بسداد تكاليف الخدمة، فإن تقييم الري في المزارع يتم القيام به عادةً بالنسبة للمالك/المشغل من قبل إحدى الهيئات الفنية أو الخدمية المحترفة. وحتى لو كان يتم تمويلها من قبل مقاطعة المياه أو أي طرف آخر مهتم بالأمر، فإن التقييم ما يزال يجب توجيهه إلى المالك/من يقوم بتشغيل النظام. وإنه أمر معاكس للإنتاج ولا يمثل أي جدوى اقتصادية أن يتم القيام بتقييم شيء ما وعدم محاولة تقديم مقترحات بالتغير أو تحسين إدارة النظام لإلقاء الضوء على وجوه القصور التي تم تحديدها.

ومن المهم للمهندس أو العالم أن يدرك أن، برغم الاعتقاد الشائع، معظم نظم ري المزارع لم يتم تصميمها من قبل مهندسين أو علماء، وإنما تم تطويرها من الممارسات المحلية والنجاحات السابقة. وحتى بداية حقبة الثمانينات، اعتبرت هيئة استصلاح الأراضي بالولايات المتحدة USBR أن ١٦٠ أكر تعد وحدة زراعية (قانون الاستصلاح)، وليس من الصعب تصديق أن كثيراً من المشروعات الكبيرة لهيئة استصلاح الأراضي بالولايات المتحدة (USBR) كان يُنظر إليها على أنها مكررات مكونة من ١٦٠ أكر من وحدات الري المتساوية.

ولابد للمهندس أو العالم أن يدرك أن معظم مالكي ومشغلي نظم الري ليسوا مهتمين بالتفاصيل الفنية للتقييم، ولكنهم مهتمون بكيف يمكن للتأثير أن تكون أكثر فاعلية في مساعدتهم على إنتاج محاصيل أفضل و/أو تحقيق تكاليف إنتاج أقل. وفي هذا الصدد، لابد من توجيه عمليات التقييم نحو الهدف منها، وهو كيفية تحسين أداء نظام بعينه. ولا يجب أن يقوم تقييم النظام فقط بقياس وتسجيل هيدروليكا والبيانات الأخرى (التصرف، الضغط، ... إلخ)، وإنما يجب كذلك أن يأخذ في الاعتبار كيف يمكن تحسين مقاييس الأداء الهامة. وتعد التوصيات للمالك/المشغل لعمل بعض التغييرات في تصميم نظام الري، والإدارة، والتشغيل بنفس أهمية البيانات التي يتم تجميعها.

ولقد كانت هناك مادة كبيرة مكتوبة حول كيفية جمع بيانات عن أداء الري. وقد تم ذكر هذا في فصول أخرى وكتب أخرى من بينها ميريام وكلير

(Merriam and Keller, 1978) ، وميريام وآخرون (Merriam et al. 1983) ، وبيرت وليهمكيل (Burt and Lehmkuhl, 1991) ، وبيرت وآخرون (Burt et al. 1997). ومعظم المصطلحات المستخدمة لتحديد أداء نظام الري تم الموافقة عليها بشكل عام ، بالرغم من الخطأ في استخدام بعض منها. وهناك معاملات هائلة العدد يتم استخدامها لوصف أداء الري في المزارع ، مثل ، معدل الإضافة ، وكفاءة الإضافة ، وانتظامية التوزيع (كما تم إيجازه في الفصل الخامس). ولكن ، للقيام بالوصف الكافي لأداء النظام ، فإن هذه المقاييس بحاجة إلى أن يتم عرضها في سياق أكبر من هذا الذي يتضمن في حقل واحد وعملية ري واحدة. وإن الطرق والمعادلات التي يمكن بها تحديد أداء النظام يتم تحديدها بدرجة كبيرة وهي تعد واسعة القبول ، وهي تدرك أن طرق الري المختلفة تتطلب خطوات تقييم مختلفة.

إن الهدف من هذا الفصل هو عرض عمليات تقييم نظام الري في المزارع للعمل على إفادة المالك/المشغل. وهو يدمج بين العوامل الزراعية والعوامل الهندسية لتحديد أداء نظام الري. وهو ينبه أيضاً على الجوانب العملية لتقييم نظام ري يعمل ضمن بيئة زراعية منتجة عن طريق الفهم والأخذ في الاعتبار بعمالة من يقوم بتشغيل النظام ، ومصدر المياه ، والقيود التشغيلية الأخرى على التحليل.

(٢١،٢) إدارة المتغيرات

إن الخطوة الأولى في تقييم نظام ري هي تحديد متغيرات الإدارة ومجال النظام. ومن الممكن تحديد نظام ري المزرعة على أنه مجموعة من العناصر الفيزيائية والاجتماعية التي يتم توظيفها لكي : (١) يتم الحصول على المياه من المصدر (بئر ، أو قناة ، أو خط أنابيب ، أو تفرعة) ، و(٢) تعمل على تسهيل ومراقبة حركة هذه المياه في وعبر منطقة بعينها ، و(٣) تقوم بنشر هذه المياه داخل منطقة الجذور للمحاصيل التي يتم زراعتها (Small and Svendsen, 1992). وهناك مناقشة للمتغيرات الرئيسية المستخدمة في تحديد نطاق وتشغيل النظام في الأجزاء التالية.

(٢١, ٢, ١) إمدادات المياه

إحدى الخطوات الهامة في تقييم أحد نظم الري تكون من خلال تحديد وفهم قيود إمدادات المياه. وهي القيود الطبيعية، والكيميائية، والزمنية المرتبطة بمعظم مصادر المياه الزراعية، وفي معظم عمليات تشغيل مقاطعات الري توجد قيود تعاقدية لا بد من اعتبارها. وعند تقييم أداء النظام، من الضروري أن يدرك من يقوم بالتقييم علاقات السبب والأثر بين إمدادات المياه وتشغيل النظام. وكل التوصيات الناتجة لا بد من أن تأخذ في الاعتبار هذه العلاقات.

وفي عمليات تقييم النظم، يكون هناك حاجة بشكل شائع للبراعة في وصف إمكانيات النظام بدقة عند التعامل مع قيود إمدادات المياه. فعلى سبيل المثال، يمكن للمالك/المشغل أن يقوم بضبط كمية المياه التي يتم إضافتها لمجموعة في فترة من ٢٤ ساعة بدون تغيير في الضغط والتصرف من خلال قبول تغير التباعد في نظام الري المنقول يدوياً، الذي يؤدي إلى انخفاض انتظامية التوزيع في عملية ري واحدة ولكنه يعين على استعادة هذا الخفض عن طريق المجموعات البديلة. ومن الهام أن يفهم من يقوم بتشغيل النظام أن المجموعات البديلة لا بد من تحريكها لنصف مجموعة، أو بين المجموعات السابقة. ويمكن أن يعمل هذا حتى على تحسين انتظامية التوزيع الكلية للنظام، طالما أن الحقل ليس هناك نقص في ريه. إن "الري الناقص"، كما هو مستخدم هنا، يشير إلى أن عملية الري لا تعيد ملء تخزين منطقة الجذور وأن استنزاف رطوبة التربة سوف تبقى مع اكتمال عملية الري هذه.

(١٢, ٢, ٢) المعوقات الزراعية

من المستغرب، أن القيام بوضع جدولة للري يتحدد في الغالب بالعمليات الزراعية بدلاً من أن تتم العمليات الزراعية عن طريق الحاجة للري. ويعد غرض مجموعة الأشجار، ومراقبة نمو الحشائش، والحفاظ على نشاط المحصول، ومراقبة الأمراض، وإعداد أماكن وضع البذور كلها اعتبارات زراعية تؤثر على أداء نظام الري ويكون هناك حاجة لأخذها في الاعتبار.

ولقد كانت مقاطعة مياه المستنقعات إحدى الوكالات الزراعية لكثير من عمليات تقييم الري في المزارع التي يتم إجراؤها في وسط كاليفورنيا (Burt and Katen, 1988). وقد طالبت المقاطعة بأنه يجب القيام بكل التقييمات تحت الإشراف المباشر لفريق يتكون من عالم في الهندسة الزراعية (أو التربة أو عالم مياه)، وكذلك مهندس متخصص في الري. وهذا يلقي الضوء على أهمية احتواء التقييم على الزراعة في الحقل.

(٢١، ٢، ٣) التشغيل

من الذي يتخذ قرار متى يتم الري وكم هو مقدار مياه الري، ومن يقوم بتنفيذ هذا القرار، تعد كلها أسئلة تؤخذ في الاعتبار في تقييم نظام الري، ويتم اتخاذ قرار الري بشكل عام عن طريق المالك/المشغل ويعتمد على من يقوم بالري الذي ينفذ التعليمات. ويعد القائم بالري في الغالب عاملاً مأجوراً لديه فهم أساسي لعملية الري، ولكنه لم يتلق تدريباً رسمياً في طرق إدارة الري التي يمكن استخدامها لتحسين الأداء. ويتم استنتاج زمن الري بالمثل من العمالة المتاحة والمياه المتاحة وليست من الاحتياجات المائية للمحصول جيدة التحديد. وسوف تؤثر أيضاً إتاحة المياه من مصدر الإمداد على الأداء، أي، ما إذا كان نظاماً عند الطلب أو نظاماً دورياً (تناوبياً).

ولقد عملت اللوائح التنظيمية للعمالة في الولايات المتحدة إلى حد كبير على تقليل إتاحة عمال الري الذين يعملون ليلاً. ومن الشائع في الحقول قصيرة الخطوط أن يتم ري مجموعتين يومياً: مجموعة لفترة زمنية طولها ١٠ ساعات والأخرى ١٤ ساعة. ويتم القيام بعملية ري المجموعة التي تستغرق ١٠ ساعات عبر مجموعة محددة من الخطوط، والمجموعة التي تستغرق ١٤ ساعة على عدد أكبر من الخطوط. ولكلتا المجموعتين بشكل شائع نفس معدل التصريف وبالتالي سوف يختلف بدرجة كبيرة معدل الإضافة، وكفاءة الإضافة، وانتظامية التوزيع، وكفاءة الري (انظر الجزء ٢١، ٣) بسبب التغير في المساحة التي يتم ريها وزمن الري.

ومن الممكن إهمال تأثير تشغيل الحقل على الأداء الكلي للحقل إذا لم يتم بذل جهد كبير وجاد في التقييم المسبق للمزرعة، وسوف يعمل فهم موقف المالك/المشغل على الحصول على فوائد كبيرة في كيفية نجاح تسلم التقييم ونوعيته.

(٢١,٢,٤) المخاوف البيئية

إن العلاقة بين إدارة نظام الري وأي مصدر مياه جوفية أساسية تعد اعتباراً بيئياً كبيراً لا بد من إدراكه في تقييم نظام ري المزرعة. وإحدى الحالات هي وجود منسوب ماء أرضي معلق يقع في حدود ٣ م من سطح التربة، ومنسوب الماء الأرضي الذي يقع على عمق ٣٠ م تحت التربة جيدة الصرف تعد حالة مختلفة تماماً. وقد خلقت تلك الحالة الأخيرة فرصاً للاستخدام الموحد وتغذية المياه الجوفية، فما يفقده حقل ما يمكن أن يكتسبه حقل آخر. ومرة أخرى ففي الحياة العملية، من الممكن أن يكون التسرب العميق، حتى الأكبر من متطلب الترشيح، مفيداً عندما يأخذ في اعتباره تغذية المياه الجوفية بفرض أن جودة المياه لا تتدهور بدرجة كبيرة. وفي مناطق تطوير الري المكثفة، تعد المياه الجوفية في الغالب جزءاً تكاملياً من مصدر المياه. وفي هذه الحالات، لا بد من تشغيل وإدارة مصادر المياه السطحية ومصادر المياه الجوفية بشكل متصل، ولا بد من أن تدرك مناهج تقييم النظام هذه العلاقة.

(٢١,٢,٥) الاعتبارات الإنشائية

هناك منشآت زراعيان رئيسيان لنهر كلورادو في جنوب كاليفورنيا يعارضان القيود البيئية المفروضة على مستخدمي المياه. ويعمل إحدهما على تسهيل مغادرة المياه الفائضة للمزرعة، ويعمل الآخر على منع استخدام المياه من تصريف أي مياه سطحية من المزرعة. وطبقاً لهذا هناك حاجة لإجراء التقييم.

وتقوم كلتا السياستين على الاعتبارات البيئية، ولهذا لا يتضح بسهولة لماذا يكون لهاتين المقاطعتين سياسات تشغيل مختلفة، وبوجه خاص بسبب أن كليهما تقوم بتصريف تدفقات العودة في نفس المنخفض الملحي. وقد تشكلت وتم تصميم المقاطعة الأولى منذ ٤٠ عاماً سابقة على المقاطعة الثانية، وكنتيجة لهذا، يمكن أن تعكس

الفلسفات المبكرة لهيئة الاستصلاح بالولايات المتحدة بأن تكون قيمة المياه أكبر في الحصول عليها واستخدامها في مقابل استخدامها بشكل نافع وكفاء. ومن الممكن أن تكون تلك الفلسفة المختلفة قد تم تطويرها عن طريق المنافسة الزائدة على موارد المياه السطحية، وعلى وجه التحديد مياه نهر كلورادو.

لقد أدت مقاطعة المياه التي تم تأسيسها أولاً، عند بداية القرن العشرين، إلى تكوين مصرف عميق مفتوح قريباً من كل الخطوط الفرعية للتسليم الخاصة بها على مسافات متباعدة قدرها ٨٠٠ م للعمل على تسهيل إزالة مياه الصرف السطحية وتحت السطحية في المزرعة. ويقوم النظام الآخر الذي تم تطويره في فترة الأربعينات، باستخدام خطوط المياه لتسليم المياه، وقد تم تصميم نظام الصرف الخاص به مياه صرف المزرعة تحت السطحية فقط. ومن المثير للانتباه ملاحظة أن مخطط الري الرئيس الأخير الذي تم تطويره من قبل هيئة الاستصلاح بالولايات المتحدة، وحدة سان لويس من مشروع الوادي الأوسط في حقبة الستينات، قد تم الترخيص له بدون أي تسهيلات تصريف حتى بالرغم من أن حاجات الصرف قد تم إدراكها.

وتؤكد الأمثلة السابقة على أن فهم كيف تم تصميم النظم المستخدمة في المزارع وتشغيلها في سياق تسهيلات وسياسة مقاطعة الري يعد ضرورياً لتفسير معلومات إدارة النظام، كما أن مستخدم المياه الذي يقوم بتصريف ٣٠٪ من مورد الحقل إلى منخفض ملحي يتمتع بكفاءة تقل عن ٧٠٪ في استخدام المياه، بغض النظر عن أي مدى يتم استخدام بقية المياه على نحو منتج ومنظم. وبالعكس، فمن الخطأ القيام بتوصية للتغيير في إدارة الري بدون فهم القيود على النظام وسياسات التشغيل والتي تعد أموراً مشكوكاً فيها بدرجة أكبر.

(٢١، ٢، ٦) الاعتبارات الاقتصادية

سوف تؤثر الطاقة والعمالة والمعدات وتكاليف المياه بدرجة كبيرة على إدارة نظام الري في حين أن معظم التقييمات تركز على هيدروليكا وهيدرولوجيا عملية الري. ومن المهم التفكير في التضاربات بين التكاليف المرتبطة بها: العمالة الأقل والأجهزة الأقل، أو

العكس بالعكس. وتعد التكلفة الكلية لكل وحدة من الإنتاج تعريفاً حقيقياً للكفاءة الاقتصادية، ولكن هذا يقع عادة فيما وراء نطاق تقييمات نظام الري في المزارع. ويكون من المطلوب القيام بدراسة عبر عديد من السنوات لتحديد تأثير عمليات الري على الإنتاج الزراعي ولا يتم القيام بها عادةً بسبب التكلفة والزمن الطويل اللازمين.

(٢١،٣) مقاييس الأداء

في مركز كل عملية تقييم توجد مقاييس الأداء. وعند مناقشة الأداء، من المفيد إدراك أن كل نظام ري له دورة حياة ودورة أداء، وبعض أكثر المعلومات قيمة التي يتم إنتاجها لأجل المالك/المشغل هي التغيرات في دورة حياة النظام. فمن الممكن أن تكون دورة الأداء قصيرة المدى وتحدث في العادة خلال عملية الري. ومن الممكن أن تكون ببساطة تقلب الضغط الناتج عن التنظيف العكسي بتدفق المياه، أو التابع بين أماكن الري المختلفة. إن الأداء اللحظي للنظام يتأثر تقريباً على نحو دائم بالهيدروليكا، والتسرب، والمنسوب. ومن المحتمل أن تكون تغيرات الأداء الأكثر صعوبة في التقييم هي تلك المتعلقة بالتغيرات الموسمية، مثل معدل التسرب للترب التي يتم ريها بالخطوط. وهناك دورات حياة طويلة المدى متعلقة بدورة حياة مكونات المعدات المستخدمة في النظام، مثل الأجهزة المنقطة أو المضخات. وتلك هي التغيرات الطفيفة، التي تحدث عادة في الهيدروليكا، والتي تحدث عبر فترات زمنية طويلة نتيجة للتآكل داخل النظم عالية الضغط، مثل تآكل دافع المضخة وفوهات الرشاشات بسبب وجود الرمال في المياه. وبالمثل، فبدون صيانة النظام بعناية وبصورة دورية، فإن نظام ري دقيق يستخدم المياه بنسب عالية من المعادن المذابة يمكن أن يتأثر أداء المنقطات بترسب المعادن. ولا بد من معرفة دورات الحياة طويلة المدى وقصيرة المدى وعمل حساب لها عند تحليل البيانات.

وتعد الفوائد غير المباشرة المتعلقة بفواقد الحقل صعبة القياس. وهي تتضمن بشكل أساسي فواقد المياه المتعلقة بإدارة الملوحة، والتسرب العميق، و/أو الجريان

السطحي. وعندما تشارك هذه الفواقد في إمدادات الري الأخرى أو تغذية المياه الجوفية، فإنه يكون هناك حاجة لتحديد هذه الفوائد الثانوية في تقييم الأداء. فعلى سبيل المثال، من الممكن اعتبار أن رياً ما بعد الموسم لاستنبات الحشائش يعد استخداماً نافعاً. ومن الممكن أن تشارك عملية الري هذه في إدارة الملوحة بحيث يكون الحجم الفعلي المستخدم لاستنبات الحشائش ليس من السهل قياسه.

وهناك تقييمات متعددة مطلوبة لقياس التغيرات في أداء النظام، وللأسف، فإن معظم مناهج التقييم يتم تصميمها حول الحدث المفرد للري. وقد حدد برنامج المختبر المتنقل بكاليفورنيا تقييماً واحداً لكل المالك/المشغل. ومن الممكن أن تعمل هذه التقييمات الفردية على تطوير كل مقاييس الأداء الضرورية، ولكنها تنتج فقط لمحة سريعة عن أداء النظام ككل، والأكثر أهمية، أن لديه إمكانية في أن يقوم بالعرض السيئ لأداء النظام بأكمله. ولا يمكن التأكيد الزائد على قيمة التقييمات المتعددة، وبوجه خاص عندما يتم استخدام تقييم حقل/مزرعة لعرض مقاطعات الري بأكملها واستخدام المياه الزراعية بوجه عام.

وإن المقاييس الأعلى قيمة لتحديد أداء النظام هي معدل الإضافة، وكفاءة الإضافة، وانتظامية التوزيع، والخصائص التشغيلية، وكفاءة الري. وهذه المقاييس المذكورة بترتيب قيمتها لدى المالك/المشغل.

(٢١، ٣، ١) معدل الإضافة

يعد معدل إضافة النظام أساساً لكل قرارات إدارة الري، وهو القيمة التي يجب على كل من يديرون عملية الري معرفتها، بغض النظر عن كيفية قيامهم بوضع جدولة لعمليات الري الخاصة بهم. وهو المعدل الذي يتم به إضافة المياه لمنطقة ما ويتم التعبير عنه في العادة بالعمق لكل وحدة زمن. وبمعرفة معدل الإضافة، يمكن للمزارع حساب الزمن المطلوب لإضافة كمية المياه المحددة. ولا يتضمن معدل الإضافة الكفاءة أو الانتظامية.

(٢١,٣,٢) انتظامية التوزيع

يتم استخدام انتظامية التوزيع كمؤشر لمشاكل التوزيع في النظام ويتم استخدامها عامة بشكل قابل للتبادل باسم انتظامية الانبعاث أو معامل انتظامية كريستنسن (انظر كذلك الفصل الخامس، الجزء (٥,٣,٧)). وأحد الحسابات الشائعة لانتظامية التوزيع DU، هو:

$$DU = \frac{D_{lq}}{D_{av}} \quad (٢١,١)$$

حيث إن:

D_{lq} = متوسط العمق المتسرب في الأطراف الأكثر انخفاضاً لربع الحقل.

D_{av} = متوسط العمق المتسرب عبر الحقل بأكمله.

وهناك تعبيرات أخرى مستخدمة لتحديد تساوي إضافة الري، ولكن، للأسف، وعلى كثرتها، لا توجد طريقة مثالية لتحديد الانتظامية. ويعمل الاقتصاد في الوقت والجهد على تحديد كم يلزم من القياسات القيام به في أي تقييم. وتعد القيمة الحقيقية لحساب انتظامية التوزيع هي أنها تركز على النظام كمقابل للإدارة. وكيفية عمل النظام سوف تؤثر على انتظامية توزيع الري، ولكنها تتأثر بقوة بتصميم النظام والأدوات المستخدمة.

ومن الممكن أن يكون لنظام الري انتظامية عالية وأن يكون منخفض الكفاءة خلال عملية الري الزائد، أو أن يكون له انتظامية منخفضة وأن يكون ذا كفاءة ١٠٠٪ خلال عملية الري الناقص. والاعتبار الآخر هو مثال الرشاشات المتحركة يدوياً والتي لها انتظامية توزيع مقاسة لعملية ري واحدة. ومن خلال تقييم الحركة على المجموعات البديلة وتكامل أنماط إضافة النظام، فإن انتظامية التوزيع لريتين متعاقبتين يمكن أن تصبح عالية ولكن يكون على المقيمين القيام بقياس آثار ريتين منفصلين.

(٢١,٣,٣) كفاءة الإضافة

إن كفاءة الإضافة هي مقياس الأداء التي يكون حولها أكبر خلط. فكفاءة الإضافة، التي تم تعريفها في الفصل الخامس بالمعادلة رقم (٥,٢)، تدمج قرارات الإدارة في التقييم. والتعريف هو:

$$e_a = \frac{V_s}{V_f} \quad (٢١,٢)$$

حيث إن:

e_a = كفاءة إضافة المياه.

V_s = حجم مياه الري المخزونة للبخر-نتح من قبل المحصول.

V_f = حجم المياه التي تم توصيلها إلى الحقل.

وهناك خطأ شائع في استخدام المصطلح مثل كفاءة نظام الري، والأقل شيوعاً ولكن الأكثر خطأً بكثير هو خلط هذه القيمة مع انتظامية توزيع النظام.

(٢١,٣,٤) كفاءة الري

إن كفاءة الري هي مقياس الأداء الذي يعد هو تركيز الجميع ما عدا المالك/المشغل. وليس الأمر أنهم لا يهتمون بكيف يمكن أن يكون هذا المقياس غير فعال لنظامهم، وإنما فقط الأمر أن من الصعب إقناعهم أن بعض كمية، أي كمية، من الري لا تكون مفيدة لمحصولهم. وتم التعبير عن كفاءة الري بشكل واضح سابقاً كما في المعادلة رقم (٥,٤) كما يلي:

$$e_i = \frac{V_b}{V_f} \quad (٢١,٣)$$

حيث إن:

e_i = كفاءة الري.

V_b = حجم المياه التي يتم استخدامها بصورة مفيدة.

V_f = حجم المياه التي يتم توصيلها إلى الحقل.

والجانب الواقعي لهذه القيمة المحسوبة هي أنها تكون معلومة خاطئة في الغالب أكثر من كونها معلومة صحيحة. وإن لها حقاً قيمة بسيطة، ما لم يتم بذل مجهود لتحديد ما يتم تمثيله بذكر الكفاءة. وبسبب هذه المشكلات التفسيرية، فقد قامت مقاطعة ري كبيرة في كاليفورنيا ببذل مجهود كبير وبذل المال لتشكيل وترويج التعريفات الثلاثة المذكورة لاحقاً (مقاطعة مياه المستنقعات، ١٩٨٩).

كفاءة الري السابق على الزراعة: وهي كفاءة عملية الري السابقة على عملية الزراعة، وهي نسبة مجموع عمق المياه المستخدمة لإحلال مياه التربة (SMR) وممارسات الحراثة (CP) إلى عمق المياه المضافة (AW). وليس هناك احتواء لمطلب الغسيل، ولكن سيكون هناك فائدة غسيل مستنتجة بوجه خاص في الجزء العلوي من قطاع التربة. ويتم حساب كفاءة الري السابق على عملية الزراعة (PIE) كما يلي:

$$PIE = \frac{SMR_1 + CP_1}{AW_1} \quad (٢١,٤)$$

كفاءة الري الموسمي: وتعمل على تكامل كفاءة واحدة أو أكثر من عمليات الري الموسمية المنتظمة في المزرعة. وهي نسبة مجموع المياه المكونة من رطوبة التربة والمياه المستخدمة لممارسات الزراعة لكل عملية ري بعد الري السابق على الزراعة إلى مجموع المياه المضافة أثناء عمليات الري هذه. وليس هناك احتواء لمتطلبات الغسيل. ويمكن حساب كفاءة الري الموسمي (SIE) كما يلي:

$$SIE = \sum_{i=2}^n \frac{SMR_i + CP_i}{AW_i} \quad (٢١,٥)$$

كفاءة الري السنوي: وتستخدم لحساب كفاءة كل عمليات الري في المزرعة وهي نسبة مجموع المياه المكونة من مياه التربة والمياه المستخدمة لممارسات الزراعة لكل عمليات الري، زائد المياه اللازمة لتلبية متطلب الغسيل الموسمي (L_r)، إلى مجموع المياه المضافة أثناء كل عمليات الري، بما فيها عملية الري السابقة على الزراعة. وكفاءة الري السنوية (AIE) هي:

$$AIE = \sum_{i=1}^n \frac{SMR_i + CP_i + L_r}{AW_i} \quad (٢١,٦)$$

ومن الجوانب الهامة الأخرى في حسابات كفاءة الري أن تفسير البيانات يمكن أن يصبح خطأ بسهولة بسبب العمليات الرياضية. وعندما تكون عمليات الري المبكرة في الموسم زائدة، كالعادة، وعمليات الري في أواخر الموسم لا تعيد ملء خزان التربة وعادة ما يحدث إجهاد مياه للمحصول، ومن الممكن أن تكون قيمها مضللة. وحسابياً، فإن الزائد والناقص (الإشارات السالبة والموجبة) من الممكن أن يلغيا بعضهما البعض. والمشكلة هي في النباتات وليست في علماء الرياضيات وأن عمليات الري الزائدة في بداية الموسم لا تعوض عن حالات النقص في أواخر الموسم. وهذا صحيح بوجه خاص عندما يتم استخدام البخر-نتح للمحصول ككل لحساب كمية المياه التي من المحتمل استخدامها بشكل نافع. ومن المفيد أن نفهم أنه لا عملية ري ولا سلسلة من عمليات الري تصل الكفاءة لها ١٠٠٪ في الحياة الواقعية، ولكن تكون المياه المضافة تحت ظروف الري الناقص هي ما يتم استخدامها على نحو مفيد عادةً.

ومن اللازم الحصول على بيانات كافية حول أداء الري في المزارع لتحديد كفاءة الري في مزرعة ما، وكفاءة استخدام المياه في إحدى مقاطعات المياه، أو لوضع تعبير عن الكفاءة الكلية أو استخدام المياه الزراعية. وبدون هذه البيانات وبدون الفهم الجيد لما تمثله، فإن القيم المذكورة تكون في الغالب مشكوكاً فيها، وتعد قيماً ليست موضوعية، وفي بعض الحالات، غير صحيحة ومضللة.

(٢١,٣,٥) خصائص الحقل

هناك عدد من القياسات وتقييمات الحقل التي تعد مهمة لتقييم الري بالمرعة، من بينها:

- مرحلة نمو المحصول.
- عمق منطقة الجذور.
- سعة احتفاظ التربة بالمياه.
- وضع أو حالة مياه التربة.
- البخر-نتح للمحصول.
- أبعاد الحقل.

ويبدو أن هذه البيانات بسيطة ويسهل الحصول عليها خلال العملية الكلية لتقييم نظام الري، ولكن ما لم يتم بذل جهد مكثف من قبل من يقوم بالتقييم لتحديد كل منها، فسوف تحدث أخطاء شائعة ومؤكدة في التقييم. ولكن تأكد من أن خصائص الحقل هذه تعد ضرورية لقيمة ولتفسير أداء الري الأمثل. ومن الأعظم فائدة أن تكون هذه القيم متضمنة في تقرير التقييم النهائي. وهي لا تسمح فقط للمالك/المشغل أن يقيم ممارسات الري المستقبلية الخاصة به/بها، وإنما تمنح كذلك من يقوم بالتقييم التالي إطاراً من المرجع لأي تقييمات مستقبلية.

(٢١,٤) طرق التقييم الحقلية

ليس المقصود من هذا الفصل توفير خطوات التقييم التفصيلية التي تتطلبها كل طريقة ري. وعلى أي حال، من المهم مناقشة مفاهيم التصميم والتشغيل، ويعزو الفريد والخرج منها إلى الأنواع العامة من طرق الري. ولتسهيل هذا، فقد تم تصنيف نظم الري الكثيرة التي يتم استخدامها اليوم في ثلاثة أنواع ري رئيسية: الري السطحي، والري بالرش، والري الدقيق.

(١, ٤, ٢١) الري السطحي

في عام ٢٠٠٢، تم تسجيل نظام الري السطحي على أنه الطريقة التي يتم اختيارها للري فوق سطح الأرض في الولايات المتحدة (Irrigation Journal, 1997). وفي أنحاء العالم، فمن المقدر وفقاً لمنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو) أنها الطريقة المستخدمة على ٧٣٪ من الأراضي المروية (Pallas, 1993).

وبالرغم من انتشارها الواسع، فطريقة الري السطحي تواجه أكثر التضاربات المحيطة بالتقييم. ففي البداية، لقد تم إعطاؤه اسم "غير فعال" من قبل هؤلاء الذين لا يفهمون بشكل تام هذه الطريقة. وثانياً، تعد خطوات تقييم هذه الطريقة مختلفة بشكل مميز عن الخطوات المستخدمة لطرق الري بالرش والري الدقيق. وثالثاً، لقد تم التقليل من منزلة هذه الطريقة حتى موضع من القيمة الاقتصادية المحدودة من قبل صناعة الري بشكل عام؛ لأنه يتطلب القليل أو لا يتطلب وجود معدات على الإطلاق (ألونيوم، أو خارصين، أو بلاستيك) ويتم القيام بتصميمها غالباً من قبل من يقوم بالممارسة (من يسوي الأرض).

ولخصائص التربة تأثير كبير على أداء الري السطحي. وغالباً ما تملئ أنواع التربة التشكيل الفيزيائي للحقل (الميل والطول) وكذلك متطلباتها التشغيلية (تكرار ومدة الري). وتعد هذه المكونات كلها جزءاً من خطوات التقييم القياسية. وما لم يتم اشتماله بشكل نموذجي في عملية التقييم هو انتظامية ميل الحقل وتجانس تربته. ومن الممكن أن تكون هذه العوامل محددة بشكل جزئي من خلال الأنشطة السابقة على التقييم وعن طريق المناقشات مع المالك/المشغل.

ويعد تقييم نظم الري السطحي مستقلاً عن الزمن. فقياس معدلات التقدم والانسحاب للتدفقات المائية عند مواقع كافية حتى تصبح ممثلة للحقل بأكمله يمكن أن يكون مستهلكاً للوقت، ولكن، من الضروري حيث يكون أداء نظام الري السطحي مقارناً بطرق الري بالرش أو طرق الري الدقيق، وتكون عينات البيانات مقارنة كذلك.

(٢, ٤, ٢١) الري بالرش

إن الري بالرش (أي، الرشاشات كبيرة الحجم التي يكون لها معدلات تصرف تساوي على الأقل ٤ لتر/دقيقة) هي الطريق الأكثر دراسة، والأفضل فهماً، وأكثر نظم الري توثيقاً بين الطرق الرئيسية الثلاثة. ويعد التدفق، والضغط، والتصرف هي خصائص النظام التي يتم قياسها بسهولة وتسجيل نتائجها بسرعة. وتفسير الحاسب الآلي للبيانات قد سهل كثيراً من الجوانب في عملية جمع البيانات وتفسيرها. ومن الاهتمامات الأساسية في نظام الري بالرش انتظامية الإضافة، حيث إن الرياح من الممكن أن تشوه أنماط الرش، ولكن، هذه المشكلة بشكل عام متقطعة ويكون من المستحيل تقريباً القيام بالتصميم أو التشغيل بدون إيقاف تشغيل النظام تحت ظروف الرياح الشديدة.

وهناك كميات كبيرة من بيانات الاختبار على الخصائص التشغيلية للرشاش، والتي تعد متاحة من المصنعين ووكالات الاختبار المستقلة. وبيانات الأداء المنشورة سوف تعمل على تسهيل التخطيط السابق على التقييم والمعاونة على تفسير التقييم.

(٣, ٤, ٢١) الري الدقيق

هذه الطرق من الري الجديدة نسبياً (والتي تشمل الرشاشات صغيرة الحجم ذات تصرف أقل من ٤ لتر/الدقيقة، وكذلك الري بالتنقيط، والري النبعي صغير الحجم، ... إلخ). قد تطورت بخطوات ضخمة. وقد عملت تطوراتها الأخيرة في الاستخدام على محاصيل الصفوف والتكوينات المدفونة على خلق الحاجة إلى وجود تقنيات تقييم جديدة. وتعد معظم الخطوات الحالية تعديلات ثانوية على تقنيات تقييم الري بالرش. وإن الري بالتنقيط يتم استخدامه بشكل مكثف في أعمال الزراعة الدائمة ولا تستدعي التصاميم تداخل أنماط الببلل أو حتى السطح المبلل الكلي. فمعظم التصاميم تستخدم واحداً أو أكثر من المنقطات لكل شجرة.

ومن السمات التشغيلية محتملة الفائدة لنظام الري بالتنقيط هي القيام بالري يومياً، أو حتى على نحو أكثر تكراراً. وقد أدت عمليات الري كثيرة التكرار إلى زيادة

إنتاجية المحاصيل وتحسين كفاءة استخدام المياه في كثير من المحاصيل ، وبوجه خاص ذات الاحتياجات المائية الكبيرة. وهذا النمط من التشغيل يتطلب القيام بعمل آلية مكثفة ونتيجة لهذا فإن كثيراً ممن يقومون بالزراعة قد اتضح أنهم يستغلون تلك المنفعة المحتملة. ولنظم الري الدقيق متطلب إضافي بالنسبة لمعلومات التقييم الدقيقة والحديثة لأن إدارتهم قد تتضمن استبدال المحاصيل واستخدام المياه يومياً للمحصول. وتتوقف الإدارة الجيدة على الحصول على فهم تام للنظام وقياس دقيق لاستهلاك المحصول اليومي من المياه والسيطرة على ردود فعل النظام.

إن نظم الري الدقيق ذات سمة حرجة للتصميم تتمثل في حجم التربة المبللة. وقد اقترحت مواصفات التصميم المبكرة أن أدنى حجم من التربة المبللة لا يقل عن ٣٣٪ عن الحجم الكلي لمنطقة الجذور (Keller and Karmeli, 1975). وقد أظهرت الممارسة والتجربة أن أفضل حجم مبلل للتصميم هو ٥٠٪ ، ومع الإدارة الجيدة (التشغيل اليومي) ، فإن ٦٠٪ إلى ٨٠٪ من حجم التربة المبللة يعد واقعياً. وإن النسبة المثوية للحجم المبلل ، كما هو مذكور هنا ، هي نسبة الحجم الكلي لمنطقة الجذور بالنسبة لمحاصيل الصفوف والمحاصيل المعمرة) التي تتبلل بالري.

(٢١،٥) الاقتصاديات

هناك حاجة لبعض المكافآت المالية أو العائد الاقتصادي للتأثير على التغيرات في أي مشروع تجاري ، وهذا ينطبق بشكل صحيح على الحفاظ على المياه من خلال الإنتاج الزراعي ، ويصبح هذا المفهوم واقعياً وواضحاً ، في كثير من الحالات ، فليس للحفاظ على المياه فائدة ملموسة للمالك/المشغل الذي يتعامل مع المياه. وفي معظم الحالات ، من المعتقد أن بعض القصور في الكفاءة ينتج من سياسة تأمين المالك/المشغل لهذه الفترات من الجفاف والموارد المائية المحدودة. وهناك خيط من القواسم المشتركة في هذا الاعتقاد مع تعليمات قانون المياه "استخدمها قبل أن تفقدها".

إن طريقة معالجة هذه القضية هي من خلال إنشاء اقتصاديات تحسين إدارة المياه. وفي تقييم أداء نظام الري، فإن التكاليف التشغيلية وتكاليف نظام المعدات المستخدمة هي، في الحقيقة، المنطقتان الوحيدتان اللتان لهما فرصة في تطوير تكاليف النظام. وإن الفوائد الحقيقية والملموسة لتقييمات النظام ترتبط بكمية وجودة إنتاج المحصول. ولا بد من ترجمة تحسين أداء الري إلى زيادة كمية و/أو جودة إنتاج المحصول. وللقيام بدقة بقياس هذه الفوائد فإن هذا لا يقع بصورة عامة داخل نطاق تقييم نظام ري المزرعة. ولكن، لا بد من مناقشتها من قبل من يقوم بالتقييم مع المالك/المشغل عند اللزوم.

(٢١،٥،١) التكاليف التشغيلية

يتم حساب التكاليف التشغيلية على أفضل نحو في الفترة السابقة على التقييم. وبشكل نمطي، تعد هذه التكاليف التشغيلية هي المياه، والطاقة، والعمالة (والتي تشمل الإدارة)، والممارسات الزراعية (الأسمدة والمخصبات)، ومكافحة الآفات والأمراض.

ولا بد أن تعكس تكلفة المياه أعلى معدل، وبوجه خاص عندما يتم استخدام التسعير. وعند استخدام المياه الجوفية، لا بد من احتواء تكلفة البئر وصيانته وتكلفة التطوير. ولا بد أن تحتوي تكاليف الطاقة على المضخة وكفاءة المحرك وكذلك تشغيل المحطة وتكاليف الصيانة. وعندما يكون هذا خارج نطاق التقييم فيتم تحديد هذه المعلومات، فمن المعقول تخصيص قيمة وتسجيلها كقيم مخصصة أو مقدرة. وليس من المفروض أن تصبح مشكلة طالما أن المالك/المشغل يدرك أن هناك مبالغ مخصصة لها. ويعد قياس تكلفة العمالة تحدياً أكبر بكثير. وتكلفة العمالة عالية المهارة أكبر من تكلفة العمالة الأقل مهارة، والتغير في تكلفة العمالة من الممكن أن يعكس تغييرات في العمالة. وما هو ضروري لمن يقوم بالتقييم أن يدرك أن معظم عمليات الزراعة تكون مدفوعة بدرجة كبيرة للاقتصاد في العمالة وسوف يكون المشغل سعيداً بالقيام بالاستخدام الاقتصادي للمياه، إذا كان لديه مياه، للعمل على توفير العمالة.

(٢١,٥,٢) تكاليف النظام

يتم ترجمة تكاليف النظام في الأساس إلى تكاليف المعدات المستخدمة ، أي ، إعداد نظام الرش ، أو قطع طول الخط إلى النصف عن طريق شراء /تأجير أنابيب معزولة إضافية. وعند اقتراح نظم بديلة أو تغييرات في النظام ، فلا بد من تحديد التكلفة الكلية والمنطقية. والعنصر الحرج في تطوير هذه التكاليف يكون من خلال التأكد أن التقييم يتم بشكل عملي وواقعي. وإذا بدا أن عنصراً واحداً من عناصر تقدير التكلفة غير واقعي أو أحد مكونات التغير المقترح مثل العمالة ، فإن من يقوم بالزراعة سوف يتجاهل التغير المقترح.

(٢١,٦) التحليل والتفسير

نفس القدر من الأهمية لجمع المعلومات الهامة هو القيام بتحليلها وتفسيرها ، وهذا يعود إلى "من لمن؟" المعايير المذكورة سابقاً. وإذا كان يقوم المالك /المشغل بتعيين خبير استشاري أو بالاتصال رسمياً بمركز خدمة مستقل (NRCS أو أي أفرع تعاونية) للقيام بالتقييم ، يكون لهذا السؤال مغزى أقل. ولكن ، عندما يوجد طرف ثالث يسدد تكلفة هذه الخدمة ، أو وكالة تقوم بالتفتيش على الحقول لتقييمها ، يصبح للسؤال "من لمن؟" معنى أكبر.

وإن الخطوة الأولى هي تحديد ما إذا كان هذا سوف يكون تقييماً لأداء رية واحدة أو أداء موسمياً. ومن الأكثر قيمة أن يتم التقييم للأداء الموسمي للنظام وأن يتم تقييم النظام على الأقل مرتين في نفس الموسم. ومن الممكن حينها تطوير ميزانية مياه موسمية. وهذا هام بوجه خاص في النظام كبير الحجم منخفض التكرار (الري السطحي أو بالرش). وإذا كان النظام صغير الحجم كثير التكرار (الري الدقيق) ، فربما يكفي القيام بتقييم واحد. وهذه النظم الأخيرة لا تعتمد على أنواع التربة ، وعن طريق معرفة التالي ، فمن الممكن حساب تقييم الأداء الموسمي بدرجة معقولة :

- الاستهلاك الموسمي للمحصول من المياه.
- انتظامية التوزيع.
- الأمطار الموسمية الفعالة.
- ساعات التشغيل الكلية (الموسم).
- معدل الإضافة.

ولتقدير الأداء الموسمي من التقييم المفرد لنظام الري السطحي أو الري بالرش فإن هذا يتطلب بعض البيانات التشغيلية والتي لا يمتلكها في العادة المالك/المشغل أو التي لا تكون متاحة بصورة روتينية. وهذه المعلومات هي حالة مياه التربة، قبل وبعد كل عملية ري عبر الموسم، من بينها المحتوى المائي الابتدائي بالتربة، وأي عمليات ري سابقة على الزراعة. وبدون فهم آثار الري على خزان منطقة الجذور، فإن هذه الكفاءة الموسمية لأي نظام ري يكون من الصعب تقييمها. ومع النظم كبيرة الحجم منخفضة التكرار، من الممكن أن يكون الخطأ كبيراً، وبوجه خاص حيثما تتغير خصائص امتصاص التربة أثناء الموسم. ومن الشائع أن تكون عمليات الري الأولى في بداية الموسم زائدة وفي نهاية الموسم ناقصة. وإذا ما حدث إجهاد للمحصول في أي وقت، فإن هذا سوف يبطل صحة التقييم. والآثار المتراكمة بسهولة يساء تفسيرها على أنها فعالة، أو، إذا كان يتم تقييم حدث واحد فقط، فإنه لا يكون ممثلاً للتقييم.

وبالعكس، لا بد من فهم أن الإجهاد المائي للمحصول الذي يدار بشكل جيد من الممكن أن يكون هاماً للهدف الخاص بمن يقوم بالزراعة. فعلى سبيل المثال، يعد الري الناقص قيماً جداً لزراعة الكروم وجودة العنب، ويلعب كذلك دوراً هاماً في تحقيق أعلى إنتاجية لمحصول القطن. وفي حالة بعض الحبوب الصغيرة، فإن إجهاد مياه المحصول أثناء استطالة السيقان السريعة من الممكن أن يقلل من طول الساق ويقلل من تخزين المياه بدون فقد في الإنتاجية أو الجودة.

ومن الممكن أن تتعهد مقاطعات المياه ببذل جهد لتقييم عمليات الري عبر أنحاء المقاطعة أثناء موسم الري، ومن خلال الجمع العشوائي لعينات الري، تقوم بتطوير

صحة التمثيل. ولكن لا بد من اتخاذ الحيطة في كيفية اختيار المتعاونين. فلقد كان هناك عدد من الحالات حيث تم اختيار المشاركين بأسبقية الحضور، وعلى أساس بعدهم عن المقاطعة. ومن الممكن أن يوضح التقييم المتعجل لهؤلاء المشاركين أنهم كانوا متقدمين على المالك/المشغل في المقاطعة. وقد أدركت مقاطعة الري هذه الزلات المحتملة وقامت ببذل جهدها لتقييم نظم بعض المالكين، ومن يقومون بالتشغيل الذين يعيرون أعمال الري الخاصة بهم قليلاً من الاهتمام.

(٢١،٧) المختبرات المتنقلة

لقد تطور مفهوم المختبرات المتنقلة في كاليفورنيا بسبب بعض سماتها القيمة. فهذه المعامل أو فرق تقييم النظام بدأت العمل عام ١٩٨٥ من خلال المجهود التعاوني من قبل هيئة المحافظة على المياه بكاليفورنيا وهيئة المحافظة على الموارد الطبيعية NRCS ووزارة الزراعة بالولايات المتحدة USDA. وقد تم توفير الدعم التقني من قبل الباحثين في جامعة ولاية كاليفورنيا في سان لويس أوبيسبو (كال بولي). وقد كان البرنامج مفيداً في تطوير وقياس خطوات اختبار الحقل لإجراء التقييمات الحقلية لنظم الري في المزارع. وقد أظهر منهج المختبر المتنقل بفاعلية للإنتاج الزراعي والموارد المائية والصناعة قيمة البيانات الدقيقة والمفصلة لأداء نظام الري. وقبل تقييم استخدام المياه في المزرعة، قامت مقاطعة مياه المستنقعات بإعداد حالة ظهر أن كفاءة الري فيها قد بلغت ٨٠٪. وبعد جمع البيانات لأكثر من ٣٥٥ حقل عبر موسمين للري، وتم حساب كفاءتهما وقد بلغت ٧٧٪ وكانت هذه من أكثر المقاطعات تقدماً في كفاءة الري (مقاطعة مياه المستنقعات، ١٩٨٩ ب).

وكانت هناك العديد من الانتقادات التي تم توجيهها إلى برنامج المختبر المتنقل. وحيث إن المختبر المتنقل يقدم خدماته لمن يقومون بالزراعة مجاناً، فإن هذا يميل إلى تقليل قيمة المفهوم. ويعمل المختبر المتنقل كذلك على توظيف الطلبة في فصل الصيف

والمتخرجين الحديثين من الجامعة للقيام بالعمل في الحقول. ويعمل هذا على خلق موقف حيث يكون الشخص فيه المتمتع بخبرة ري عملية بسيطة هو الذي يقوم بتقييم نظام يقوم بتشغيله شخص يتمتع بخبرة كبيرة. ومن يقوم بالتقييم سوف يكون موجوداً في الحقل بناء على طلب المال، وإذا كان من يقوم بالتقييم سيعود لإعادة الاختبار لهذا النظام أو ذاك، فمن الأفضل ألا يتم توجيه النقد له. والتقييمات المطورة في هذه الحالات نادراً ما تنبه على المشكلات الإدارية بشكل تام.

(٢١،٨) الخطوط العريضة للتقييم

(٢١،٨،١) إجراء مقابلة مع من يقوم بالزراعة قبل القيام بالتقييم

لابد من جمع البيانات التالية أثناء مقابلة مع من يقوم بالزراعة قبل تقييم الحقل:

- المعلومات التشغيلية: كيف تتم جدولة الري؟ ما هو الهدف من عملية الري؟ ما هو برنامج التسميد؟ ما هو نمط زراعة المحاصيل المستخدم، تاريخه والخطط المستقبلية له؟ ما هو وضع القوة العاملة؟ هل هناك أي معلومات حديثة عن ملوحة التربة أو جودة مياه الري؟
- البيانات الفيزيائية للحقل، ومنها الخريطة التي توضح مصدر المياه وأبعاد الحقل، تباعد الخطوط/الصفوف (في حالة الري بالخطوط)، وميل الحقل، والبيانات التي تدور حول خصائص النظام (المضخات، المرشحات، ... إلخ).
- المعلومات عن المحاصيل، ومن بينها موعد ظهور النباتات المزروعة، وموعد الحصاد أو الانتهاء من العمل، وعمق منطقة الجذور (الفعلي أو المحدث)، والبخر-نتح السنوي المقدّر للمحصول.
- المعلومات الاقتصادية، ومن بينها تكلفة المياه، والطاقة، والعمالة (ومن بينها الإدارة).

(٢١,٨,٢) جمع بيانات الحقل

كل نوع من أنواع النظم لابد أن يكون له سجل البيانات الخاص به. وتلك تعد متاحة من كتيبات أو إرشادات الاستخدام. وهذه السجلات لابد أن تحتوي على التاريخ، وأوقات الابتداء والانتهاء، واسم من يقوم بالتقييم، والأحوال الجوية. ولابد أن تُلحق خريطة الحقل بسجل البيانات ومن الملاحظ أنها تعكس أين يتم أخذ القراءات والتقييمات في الحقل (Merriam and Keller, 1978; Burt and Lehmkuhl, 1991).

(٢١,٨,٣) التقرير

لابد أن يشمل التقرير على الأقل على جزء متعلق بخطوات العمل، وجزء للناتج، وجزء للتوصيات. ولابد أن يشمل جزء النتائج على تقرير موجز إلى جانب نسخة من بيانات الحقل الواقعية. وكحد أدنى، لابد أن يقوم التقرير بتسجيل خصائص الحقل التالية وكيف يتم تحديدها: المحصول، وعمق منطقة الجذور، وسعة احتجاز المياه في التربة، والمحتوى المائي في التربة (البدء والانتهاء)، والبخر-نتح للمحصول حتى تاريخ وضع التقرير. وهو يشمل كذلك المقاييس التالية للأداء: معدل الإضافة، وانتظامية التوزيع، وكفاءة الإضافة، وكفاءة الري.

(٢١,٩) الاستنتاجات

يتطلب التقييم الذي يتم القيام به بمهارة لتقييم أداء نظام الري في المزرعة أكثر من مجرد القياس البسيط للأداء الهيدروليكي للنظام. وهو يتطلب تقييم النظام بأكمله ومن بينه النظم الزراعية والاجتماعية التي تؤثر على التشغيل. ولابد من القيام بالتقييم إما من قبل محترف كفء وخبرة أو من فرد يقوم بالتشغيل تحت إشراف محترف خبير. وليس هناك نظام للري لن يقوم التقييم بتقديم تقييم شامل وتام له أو تحديد واحد أو أكثر من الفرص لتحسين النظام أو أدائه. ولكن، هذه التحسينات التي لها نتائج بسيطة أو ليس لها نتائج للمالك/المشغل إذا كانت تهتم فقط بالهيدروليكا وأداء النظام ولا

يشمل تأثير التحسينات الرئيسية لأداء الري سوف يكون لها عائدات على أداء المحصول وعائدات اقتصادية حقيقية. إن الفاعلية التي يتم بها عرض هذه الفرص للمالك/المشغل سوف تقوم بتحديد مقدار قيمة التقييم لهم.

المراجع

- Burt, C. M., A. J. Clemmens, T. S. Strelkoff, K. H. Solomon, R. D. Bliesner, L. A. Hardy, T. A. Howell, and D. E. Eisenhauer. 1997. Irrigation performance measures: Efficiency and uniformity. *J. Irrig. Drain. Eng.* 123(6): 423-442.
- Burt, C. M., and K. Katen. 1988. Westside Resource Conservation District 1986/87 Water Conservation and Drainage Reduction Program. San Luis Obispo, Calif.: Cal Poly.
- Burt, C. M., and M. Lehmkuhl. 1991. Irrigation System Evaluation Manual. San Luis Obispo, Calif.: Cal Poly.
- FWR (Department of Water Resources). July 1996. Special 16th Anniversary Edition: Water Conservation: Yesterday, Today, and Tomorrow. Sacramento, Calif.: Water Conservation News.
- Irrigation Journal. 1997. 1996 Annual irrigation survey reveals growth throughout country. *Irrigation J.* Jan./Feb.: 27-42.
- Keller, J., and D. Karmeli. 1975. Trickle Irrigation Design. Glendora, Calif.
- Merriam, J. L., and J. Keller. 1978. Farm Irrigation System Evaluation: A guide for Management. 3rd ed. Logan, Utah: Utah State Univ.
- Merriam, J. L., M. N. Shearer, and C. M. Burt. 1983. Evaluating irrigation systems and practices. In *Design and Operation of Farm Irrigation Systems*, 721-760. M. E. Jensen, ed, S1, Joseph, Mich.: ASABE.
- Pallas, P 1993. Water and sustainable agricultural development: The role of planning and design of irrigation systems. In *Proc. Trans. 15th Congr. Int'l Comm. on Irrig. and Drain.*, IJ: 53-71. The Hague, Netherlands: ICID.
- Small, L. E., and M. Svendsen. 1992. A Framework for Assessing Irrigation Performance. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute.
- Westlands Water District. 1989a. Water Conservation and Drainage Reduction Programs 1987-1988. Fresno, Calif.: Westlands Water District.
- Westlands Water District. 1989b. Summary Water Conservation and Drainage Reduction Programs 1987-1988. Fresno, Calif.: Westlands Water District.