الفصل التاسع عشر

الري الكيميائي

تيد و. فان دير جيليك (وزارة الزراعة والأراضي بإقليم
كولومبيا البريطانية — مدينة أبوتسفورد - ولاية كولومبيا البريطانية)
روبرت ج. إيفانز (وحدة خدمة البحوث الزراعية - وزارة الزراعة الامريكية — مدينة سيدني ولاية مونتانا)
ديان أ. إيزينهاير (جامعة نبراسكا — مدينة لينكولن — ولاية نبراسكا)

ملخص: إن عملية الري الكيميائي (إضافة الكيماويات أثناء الري) هي عملية تطبيق المواد الكيماوية المتوافقة مع الماء باستخدام نظام الري من أجل التسميد (التخصيب) أو مكافحة آفات المحاصيل، أو من أجل صيانة نظام الري. وعملية الري الكيميائي، بكافة أشكالها، يشيع استخدامها في الزراعة بالري عبر أرجاء العالم، ويمكن لاستخدامها أن يؤثر كثيرا في تصميم وتشغيل نظم الري الحقلي. ولابد لاستخدامها من أن يتبع متطلبات تنظيمية، وأن يتم وفقا لأنواع المواد الكيماوية المستخدمة. ومن المخاوف الرئيسة المرتبطة بعملية الري الكيميائي مشكلة السلامة، فيما يخص وقاية الأفراد، ومياه الري، والبيئة المحيطة. وهناك طرق متعددة لتطبيق استخدام مختلف أنواع المواد الكيماوية اعتمادا على الحجوم، وعلى مدى الدقة المطلوبة في عملية الحقن. ولابد من أن تتم معايرة (أي ضبط) هذه النظم بعناية، واستخدامها بحذر شديد.

الكلمات الأساسية: المواد الكيماوية، وقاية المحاصيل، الأسمدة ، الريّ، السلامة، النظم.

(١٩,١) مقدمة

(١٩,١,١) التعريف

إن عملية الري الكيميائي هي عملية تطبيق مختلف المواد الكيماوية على المحصول من خلال نظام الري. وفي العمليات الزراعية نجد أن نوع المواد الكيماوية المستخدمة قد يكون الأسمدة، أو مبيدات الآفات أو الحشرات أو الفطريات أو الحشائش أو الديدان الخيطية، ومنظمات النمو (Rolston *et al.*, 1986; Bar-Yosef, 1999). وعلى كل الأحوال، نجد أن عملية حقن الأسمدة القابلة للذوبان في الماء هي الشكل الأكثر شيوعاً بين أشكال عملية الري الكيميائي (Wright *et al.*, 1992; van der Gulik, 1993; Burt *et al.*, 1995; Scherer *et al.*, 1999). واعتماداً على كل من الاستخدام والمستخدم، يشار إلى الأشكال المتنوعة من عملية الري الكيميائي بأسماء متنوعة مثل: "عملية الرسمدة (التسميد أثناء الري)"، و"عملية إضافة مبيدات الآفات أثناء الري"، و"عملية إضافة المبيدات الحشرية أثناء الري"، و"عملية إضافة مبيدات الفطريات أثناء الري"، و"عملية إضافة مبيدات الحشائش أثناء الري"، و"عملية اضافة مبيدات الديدان الخيطية أثناء الري"، وذلك على سبيل المثال لا الحصر.

كذلك قد يتم حقن المواد الكيماوية إلى داخل نظام الري من أجل أغراض الصيانة، مثل مبيدات الطحالب، والكلور في نظم الري الدقيق (Evans and Waller, 2007). والفصل السابع عشر يقدم تفاصيل نوعية محددة حول صيانة نظم الريّ الدقيق بالمعالجات الكيماوية.

وتم أخذ عملية الري الكيميائي في الحسبان وربما كذلك تمت ممارستها منذ أن تم استخدام الرشاشات لأول مرة في المزارع في أوائل القرن العشرين. وإحدى أولى المناقشات الدائرة حول عملية الري الكيميائي في البحوث قد كتبها كل من بريان وتوهامس Bryan and Thomas in (1958)، أما دراسة زرادجيل Threadgill (1985)

فقد أجرت استطلاعاً حول استخدام عملية الري الكيميائي في ٣٥ ولاية في عام ١٩٨٣ ووجدت أن حوالي ٤,٣ مليون هكتار في الولايات المتحدة الأمريكية كانت تستخدم عملية الري الكيميائي على الأقل مرة واحدة أثناء الموسم. وقد ورد في الإحصاء الزراعي لعام ١٩٩٨ (NASS,1998) أن حوالي ٤ مليون هكتار كان يتم فيها استخدام عملية الري الكيميائي في أكثر من ٣٥ ألف مزرعة عبر الولايات المتحدة الأمريكية في ذلك الوقت. ومن المنتظر لاستخدام عملية الري الكيميائي أن يزداد مع ازدياد تحول المنتجين لاستخدام نظم الري المتطلبة للضغط، بسبب ما توفره من راحة، وخفض في تكاليف التطبيق عن الطرق الأكثر تقليدية لتطبيق المواد الكيماوية. وبالإضافة إلى ذلك، من المتوقع أن التأكيد الحالي على اصباغ أساليب الري بالدقة سوف يعمل على تسريع وتيرة نمو عملية الري الكيميائي في المستقبل القريب.

وتطبيق استخدام المواد الكيماوية هو أمر شائع تماماً مع معظم نظم الري بالتنقيط، وهناك نسبة كبيرة من نظم الري بالرش، تستخدم هذه التقنية. وتستخدم عملية الري الكيميائي بشكل محدود في الأراضي ذات الري السطحي. وكل من نظم الريّ الدقيق، ونظم الري المحوري، تلائم استخدام عملية الري الكيميائي بشكل جيد بسبب انتظامية توزيعها العالية، وسهولة تشغيلها (Rolston *et al.*, 1986; Threadgill *et al.*, 1990; van der Gulik and Evans, 2006; Evans and Waller, 2007).

وقبل استخدام المشغل للري الكيميائي لابد له من أن يفهم اللوائح الفيدرالية والمحلية ذات الصلة، وأن يفهم مسائل السلامة، وتدابير الوقاية البيئية الواجب اتباعها، وأن يكون لديه معرفة بكل من تشغيل نظام الري والمواد الكيماوية المفترض استخدامها، وأن يكون قادرا على تحديد توقيت ملائم ومعدل حقن ملائم للمنطقة محل المعالجة، والمحصول المزروع، وأن يضمن أن نظام الري يتم غسله بالدفق بشكل مناسب بعد اكتمال عملية الري الكيميائي (van der Gulik 1993; Burt *et al.*, 1995; Evans and Waller, 2007).

(١٩,١,٢) المميزات

إن استخدام عملية الري الكيميائي مع نظم الري أظهرت نموا مطرداً. واشتملت المنافع على:

- انخفاض العمالة وتكلفة تطبيق المواد الكيماوية.
- دمج وتنشيط الأسمدة مع المحاصيل المزروعة بنظم الري بالتنقيط في المناطق المناخية الجافة.
- تطبيق المواد الكيماوية في الوقت المناسب.
- التقليل من انضغاط التربة والتلف الميكانيكي للمحصول (التلف الناتج عن استخدام المركبات الميكانيكية).
- تحسين سلامة العامل أثناء تطبيق مبيدات الآفات.
- انخفاض كمية المواد الكيماوية المستخدمة.
- الخفض المحتمل في التلوث البيئي.
- تحسين إنتاجية المحاصيل.

وفوائد عملية الري الكيميائي تأتي مصحوبة بتكلفة إضافية واحتياطات وقائية زائدة. فمعدات منع التدفقات المرتدة، وغيرها من معدات السلامة الأخرى، والحاقنات، سوف تزيد جميعها من تكلفة النظام. ولابد من رفع انتظامية التوزيع في نظام الري إلى الحد الأقصى وذلك لضمان أفضل انتظامية ممكنة لتوزيع المواد الكيماوية. ولضمان التشغيل الملائم للنظام لابد من ضبط الحاقنات. ولابد من تقليل انجراف الري إلى الحد الأدنى، ولابد من التحكم في كل نظم الري للسيطرة على الإضافة المفرطة أو المنقوصة للمواد الكيماوية.

واستخدام نظم الري الدقيق، وعملية الرسمدة (التسميد أثناء الري)، سيزداد نمواً نتيجة للمنافع الكثيرة التى تقدمها هذه التقنية. فكفاءات التطبيق الأفضل تطرح خفضاً في مقدار السماد المستخدم. كما أن عملية الرسمدة تطرح إمكانية التطبيقات

في الوقت المناسب وبالمقادير الملائمة من الأسمدة وهو ما سينتج عنه تأثير أقل على البيئة المحيطة.

والتوزيع الملائم للأسمدة يطرح الحد الأدنى من المخاوف الصحية، والحد الأدنى من مخاطر تلوث مصادر المياه. وعلى كل الأحوال، فإن إمكانية تطبيق مواد كيماوية أخرى ينظر إليه على أنه مخاطرة أكبر. والتلوث المحتمل لمصدر الماء نتيجة للسحب الارتدادي، والضغط الارتدادي هو أمر محتمل إذا حدث إغلاق غير متوقع لنظام الري بينما تجري عملية الحقن. ويمكن تقليل هذه المخاطرة من خلال اتباع ممارسات جيدة لعملية الري الكيميائي وإذا أمكن يتم تركيب أجهزة ملائمة لمنع التدفقات المرتدة، مع فحصها بشكل دوري.

(١٩,٢) السلامة ومنع التدفقات المرتدة

(١٩,٢,١) لماذا تُعَدّ عملية الري الكيميائي خطراً محتملاً

إن عملية الري الكيميائي تعتبر خطراً محتملاً إن كانت هناك أية وصلة تقاطعية محتملة بين خزان المواد الكيماوية ومصدر الماء الصالح للشرب. والوصلة التقاطعية هي أية وصلة أو ترتيب هيكلي فيما بين نظام الماء الصالح للشرب، وأي نظام لماء غير صالح للشرب، أو أي مصدر للمواد الكيماوية، يمكن من خلاله للتدفقات المرتدة أن تظهر. ويمكن للوصلة التقاطعية أن تكون وصلة إلى خط الأنابيب الرئيس لمصدر المياه، أو إلى جدول أو بحيرة مصدر المياه، أو إلى المياه الجوفية المستخدمة كمصدر للماء الصالح للشرب. ومن ثم فإن حقن المواد الكيماوية داخل نظام الري يطرح خطراً محتملاً على السلامة والصحة العامة، مما يتطلب تدابير سلامة معتمدة.

وسوف تعتمد أدوات السلامة المطلوبة على القوانين الفيدرالية والمحلية، وعلى المعلومات المتوافرة على بطاقة العلامة التجارية للمواد الكيماوية. فبعض بطاقات العلامات التجارية للمواد الكيماوية تنص على تركيب أنواع معينة من أجهزة منع

التدفقات المرتدة قبل استخدام عملية الري الكيميائي. وقد تتفاوت مواصفات أجهزة منع التدفقات المرتدة وطرق التحكم بها بحسب تفاوت السلطات القضائية. وينبغي على مستخدمي الري الكيميائي أن يقوموا دوماً بمشاورة المختصين أو الخبراء المحليين من أجل الحصول على معلومات بشأن أجهزة منع التدفقات المرتدة المطلوبة في هذه المنطقة.

(١٩,٢,٢) اللوائح والسلامة

القاعدة الأولى في عملية الري الكيميائي هي دوماً السلامة. فبموجب اللوائح الفيدرالية والمحلية، فإن كافة نظم حقن المواد الكيماوية تحتاج إلى توافر أجهزة خاصة للسلامة مع عملية الري الكيميائي، وصمامات عدم الرجوع وصمامات تفريغ الهواء. ولابد من وقاية فوهات الآبار من التدفقات العكسية، أو تصريف النظام، أو السحب الارتدادي. كما يجب تركيب أجهزة تعشيق كهربية وهيدروليكية ذات تأخيرات زمنية فيما بين الحاقنات ومضخات الري لمنع حقن المواد الكيماوية حين لا يعمل نظام الري. ولابد دوماً من أن تكون مناطق حقن المواد الكيماوية مسيّجة بشكل آمن وأن تكون ذات مرافق احتواء ملائمة في حالة حدوث أي انسكاب للمواد الكيماوية (Shulze and Buttermore, 1994). ولابد من التميز الواضح وتوفير إمكانية وصول يسيرة إلى معدات الوقاية الخاصة، وحمامات السلامة، وأي عوامل كيماوية تكون مطلوبة لتحييد المواد الكيماوية. ولابد أن يكون العمال مدربين بشكل خاص، وفي بعض الحالات، لابد أن يكون من حاملي التراخيص باستخدام المواد الكيماوية. وأما حقن أي من مبيدات الآفات فلابد أن يكون مسموحاً به بشكل محدد من خلال بطاقة العلامة التجارية لمبيد الآفات، كما أنه قد يكون عرضة للوائح حكومية إضافية. ولابد من الإبقاء على سجلات تفصيلية بكافة تطبيقات الاستخدامات الكيماوية السابقة من أجل السلامة، والتقييم، والاشتراطات القانونية والتنظيمية.

ولابد من فحص كافة المواد الكيماوية ومحاليل المياه والمواد الكيماوية بها وذلك لتفادي التأثيرات السامة للنبات قبل القيام بأي حقن. بالإضافة إلى ذلك، من المهم أن

تكون كافة المواد الكيماوية المحقونة في وقت واحد، متوافقة مع بعضها البعض، وألا يتم تجاوز كيميائية الماء وحدود التركيز، ومن ثم لا تتكون الترسبات التي قد تسد المنقطات. وبعض المركبات الكيميائية مثل نترات الكالسيوم وحامض الفسفوريك سوف تكوّن بشكل فوري ترسيبات تتسبب في انسداد حاد للمنقطات. أما تركيزات مبيدات الآفات القابلة للاستحلاب، والمساحيق القابلة للتبليل فقد تتطلب تصميما خاصاً واعتبارات إدارة خاصة (مثل التحريك الميكانيكي لخزان الإمداد) للمساعدة في ضمان الحصول على إضافات منتظمة والتقليل من الانسداد. وكذلك قد يستلزم الأمر في بعض الأحيان اللجوء إلى عملية التحميض لتخفيض الرقم الهيدروجيني (pH) للماء، قبل البدء بحقن المادة الكيماوية. ولابد من إجراء اختبارات الترسيب عند نفس التخفيفات، والحامضية (pH)، وغيرها من شروط استخدام المواد الكيماوية. ويمكن الاطلاع على المزيد من المعلومات والإجراءات في دراسة كل من بتاكيك Ptacek (1986)، وسماجسترلا وآخرين Smajstrala *et al.* (1986)، وفان دير قيليك van der Gulik (1993)، وبيرت وآخرين Burt *et al.* (1995)، وكلارك وآخرين Clark *et al.* (1998)، وسشيرير وآخرين Scherer *et al.* (1999)، وجرين-بيري وآخرين Gran-berry *et al.* (2001).

(١٩,٢,٣) أجهزة منع التدفقات المرتدة

يمكن للتدفقات المرتدة أن تظهر في نظم الري الكيميائي إما بواسطة السحب الارتدادي أو الضغط الارتدادي (Smajstrala *et al.*, 1985; Wright *et al.*, 1992; van der Gulik, 1993; Solomon and Zoldoske, 1998; ASABE, 2006). فأما السحب الارتدادي فيسببه الضغط المتدني أو الضغط المنخفض في أنابيب إمداد الماء. أما المسببات الرئيسة للسحب الارتدادي فهي:

- تعطل صمام عدم الرجوع لخط الأنابيب الرئيس في شبكة الري عند إغلاق المضخة أو عند تعطل المحرك.

• تسبب الأنابيب صغيرة الحجم في ميل هيدروليكي حاد في خط الإمداد.

• حالات الكسور في خطوط الأنابيب لإمداد الماء إلى الخط الرئيس، وهو الأدنى من نقطة خدمة العميل.

• انخفاض الضغط للخط الرئيس بسبب المعدل العالي لسحب الماء، مثلا من أجل مكافحة الحرائق أو غسيل الخط الرئيس بالدفق.

• ضغط الإمداد المنخفض للخط الرئيس كنتيجة لتعطل المضخة أو المحرك.

وأما الضغط الارتدادي فيظهر حين يعمل نظام المستخدم بضغط أعلى من نظام إمداد الماء. وأما المصادر الرئيسة للضغط الارتدادي فهي:

• مضخات تعزيز الضغط في نظام المستخدم والتي يتم استخدامها لزيادة التدفقات ولاستيفاء متطلبات الضغط.

• الربط البيني مع نظم أنابيب أخرى تعمل بضغوط عالية.

• نظم الحقن المدفوعة بقدرة الكهرباء أو الغاز.

• الوصلات مع الأنظمة المكيفة الضغط، مثل الغلايات.

• الفروق في الارتفاع بين نظام الري ونظام إمداد الماء أو مصدر المياه.

والأجهزة التالية يمكن استخدامها مع نظام الري الكيميائي. والجهاز المختار سيعتمد على درجة الخطر، ونوعية الحاقنة، وتجهيز نظام الري. ولابد من أن يتم اختبار كافة أجهزة منع التدفقات المرتدة بواسطة مختبر معتمد قبل كل موسم ري، وأن يتم فحصها قبل كل مرة يتم فيها إجراء عملية الري الكيميائي. ولابد من أن يتم تركيب "جهاز منع التدفقات المرتدة" فيما بين منفذ تصريف المضخة ونقطة حقن المواد الكيماوية.

(١٩,٢,٣,١) الفجوة الهوائية

يمكن لفجوة هوائية تبلغ – ٠,٢٥ م أن تكون أداة فعالة لمنع التدفقات المرتدة. ويشيع استخدام الفجوات الهوائية كثيراً حين يكون مصدر الماء في نظام الري الكيميائي

هو بركة أو خزان ذاتي الاحتواء. ولابد من الإبقاء على الفجوة الهوائية فيما بين أقصى ارتفاع لسطح الخزان والأنابيب المستخدمة لملء الخزان. والمحاصيل مثل التوت البري، غالباً ما تستخدم الخزانات للإمداد بمياه الري، والوقاية من الصقيع، ويمكنها أن تستخدم الفجوة الهوائية كأداة لمنع التدفقات المرتدة.

(١٩,٢,٣,٢) قواطع تفريغ الهواء الجوي والضغط

قواطع التفريغ تعتبر فعالة في حالات السحب الارتدادي فقط. ويمكن فقط استخدام قواطع تفريغ الهواء الجوي (AVB) في الحالات التى لا تكون فيها الوحدة معرضة لضغط متواصل، ومن ثم ليس بها صمامات إغلاق باتجاه مصب التيار لهذه الوحدة. وعلى خلاف قواطع تفريغ الهواء الجوي (AVB)، نجد أن قواطع تفريغ الضغط (PVB) لها صمام تنفيث جوي يتم تعبئته داخليا بواسطة زنبرك. وهذا الزنبرك يساعد على فتح الصمام، ومن ثم يمكن تركيب قواطع تفريغ الضغط (PVB) على جانب الضغط في صمام الغلق، وتستخدم في حالات تعمل في ظل ضغط متواصل. ولابد من تركيب قواطع تفريغ الهواء الجوي (AVB) أو قواطع تفريغ الضغط (PVB) على بعد ٣٠ سم (١٢ بوصة) فوق أعلى الرشاشات، أو المنقطات في نظام الري الكيميائي.

والاستخدام المقبول لكل من قواطع تفريغ الهواء الجوي والضغط يشمل حالات يتم فيها ضخ الماء غير الصالح للشرب إلى داخل نظام الري المتصل بوصلة تعامدية بمنطقة ري أو بشبكة أنابيب تابعة لمصلحة البلدية حيث السحب الارتدادي هو وحده الأمر المحتمل الحدوث. ولا يستحسن استخدام قواطع التفريغ مع نظم الري التي تطبق استخدام عملية الري الكيميائي.

(١٩,٢,٣,٣) صمام الكبح مع صمام تصريف الضغط المنخفض وصمام تفريغ الهواء

بشكل نمطي، نجد أن كلا من صمام الكبح وصمام تصريف الضغط المنخفض وصمام تفريغ الهواء يتم دمجهم جميعا معا في منفذ تفتيش واحد، سواء كانت مصنعة كوحدة واحدة أو تم تجميعها كعناصر منفصلة. وعند دمج هذه الأجهزة تُكوّن جهاز

معتمداً لمنع التدفقات المرتدة، في نظم عملية الري الكيميائي. وكل من صمام الكبح، والأجهزة الملحقة لابد من أن يتم تركيبها بالتوافق مع مواصفات الصانع، والإبقاء عليها في حالة سليمة.

صمام الكبح: صمام الكبح يتكون من زعنفة قلابة داخلية التحميل، قادرة على غلق ومنع التدفقات المرتدة للري من الرجوع إلى مصدر الماء. والمصطلح يتم استخدامه، بوجه عام، بحيث يضم كل أنواع العناصر بغض النظر عن شكل وطريقة التشغيل. ولابد لصمام الكبح من أن يحظى بسداد محكم مانع للماء ليحول دون حدوث التدفق العكسي.

ولابد لصمام الكبح من أن يحتوي على آلية غلق سريعة ومحكمة الإغلاق تنغلق في نفس لحظة توقف الماء عن التدفق في اتجاه التيار. ولابد للهيكل البنائي لصمام الكبح أن يسمح بإمكانية وصول يسيرة من أجل أغراض الفحص الداخلي والخارجي والصيانة. والطريقة المفضلة لتركيب صمام الكبح هي أن يتم تركيبه بشكل أفقي أعلى سطح الأرض مع ترك مسافة كافية لتيسير الصيانة والاختبار والفحص. فلابد من أن يتم اختبار صمام الكبح وفحصه بعد تركيبه للتأكد من أنه قد تم تركيبه بشكل صحيح وأنه يعمل بشكل مرض.

ولابد أن يتم تصريف المياه من كل من خطوط أنابيب الري وصمام الكبح في فصل الخريف لوقايتها من التجمد. ويمكن للصانع أن يوفر توصيات بشأن كيفية نزح المياه المحجوزة في تجويف الجهاز.

صمام تصريف الضغط المنخفض: إن صمام التصريف الآلي منخفض الضغط يتم استخدامه مع صمام الكبح ويتكون من صمام زنبركيّ التعبئة، أو صمام هيدروليكي التشغيل يتخذ لنفسه موضعاً عند قاع خطوط أنابيب الري فيما بين الصمام ومصدر المياه. وصمام التصريف الآلي منخفض الضغط يتم تصميمه هكذا إن كان صمام الكبح يتسبب في التسريب بعد إغلاق النظام، وصمام التصريف الآلي

منخفض الضغط سيسمح بأن يتم تصريف مزيج الماء والمواد الكيماوية بعيداً عن مصدر الماء بدلاً من أن يصب فيه.

ولابد من تركيب صمام التصريف الآلي منخفض الضغط فيما بين مصدر الماء وصمام الكبح بحيث إن أي مائع قد ينزّ فيما وراء صمام الكبح عائداً باتجاه مصدر الماء سيتم تصريفه بشكل نمطي إلى خارج أنابيب الري. ولابد لقطر صمام التصريف أن يبلغ على الأقل ٢ سم (٤/٣ بوصة) ولابد أن يكون موضعه عند قاع أنبوب الري الافقي فيما بين مصدر الماء وصمام الكبح. ولابد للفتحة الخارجية لصمام التصريف من أن تبلغ ٥ سم (٢ بوصة) أعلى سطح الأرض. ولابد من أن يتم التحكم في سريان التدفق من صمام التصريف بواسطة أنبوب أو حوض أو خندق أو انحدار لسطح التربة أو بأي وسيلة أخرى بحيث إنه سيسري بعيداً عن مصدر الماء.

صمام تفريغ الهواء: صمام تفريغ الهواء يتم دمجه مع صمام الكبح، وصمام التصريف منخفض الضغط. ويتكون الجهاز من صمام زنبركي التعبئة، أو صمام قاطع تفريغ الهواء الجوي هيدروليكي التشغيل. وقواطع تفريغ الهواء الجوي (AVB) تسمح للهواء بالدخول إلى أنابيب الري حين يتم خفض ضغط خط الأنابيب إلى مدلول مقياس ضغط يبلغ الصفر أو أقل. وجهاز التفريغ الهوائي بشكل نمطي يتخذ لنفسه موضعاً أعلى خط أنابيب الريّ الأفقي فيما بين صمام الكبح ومصدر الماء.

وجهاز تفريغ الهواء لابد من أن يتم تركيبه في مثل هذا الوضع وبطريقة تمنع دخول أي حشرات أو حيوانات أو مياه الفيضانات أو غيرها من الملوثات الأخرى إلى داخل أنابيب الري من خلال جهاز التفريغ الهوائي. ويتم تعليق جهاز التفريغ الهوائي على منفذ التفتيش طالما أن ذلك لا يتداخل مع التفتيش على أجهزة منع التلوث الأخري، بما فيها صمام الكبح، وصمام التصريف منخفض الضغط.

منفذ التفتيش: منفذ التفتيش يعمل على تيسير الوصول إلى المكونات الداخلية لصمام الكبح، وصمام التصريف الآلي منخفض الضغط، وصمام التفريغ الهوائي

من أجل أغراض الاختبار والفحص والصيانة. ولابد لمنفذ التفتيش أن يسمح بالفحص البصري لتحديد ما إذا كان هناك أي تسريب فيما وراء صمام الكبح، أو سدادة الإحكام، أو القاعدة، أو أي مكونات أخرى في جهاز منع التدفقات المرتدة. ولابد للمنفذ من أن يحظى بقطر فوهة أو بمساحة مشاهدة حدّها الأدنى يبلغ ١٠ سم (٤ بوصة). أما مع أعمال التحويلات ذات أنابيب الري الأصغر كثيراً من أن تركب منفذ تفتيش بقطر ٤ بوصة، فنجد أن صمام الكبح والأجهزة الملحقة الأخرى ينبغي ان يتم تركيبها باستخدام الفواصل السريعة، أو الوصلات الشفهية، أو قارنات مطارق التسوية، أو غير ذلك من الوصلات الأخرى التي تسمح بتسهيل عمليات الاختبار والفحص والصيانة والاستبدال.

(١٩,٢,٣,٤) صمام الكبح المزدوج التجميعي

إن صمام الكبح المزدوج التجميعي (DCVA) يتكون من اثنين من صمامات الكبح المعتمدة، والمحملة داخلياً إما بواسطة زنبرك أو ثقل، مثبتين كوحدة واحدة فيما بين اثنين من صمامات الغلق المحكمة الإغلاق. ويعتبر صمام الكبح المزدوج التجميعي (DCVA) من الأجهزة المعتمدة لمنع التدفقات المرتدة، وهو فعال في مواجهة التدفقات المرتدة التي يسببها الضغط الارتدادي أو السحب الارتدادي. ولابد من تركيب صمام الكبح المزدوج التجميعي (DCVA) في عكس اتجاه تدفق نظام حقن المواد الكيماوية، وعند موضع يسهل الوصول إليه لإجراء الفحص.

ولابد من أن يتم غسيل خطوط أنابيب الري بشكل كامل بالدفق قبيل تركيب صمام الكبح المزدوج التجميعي (DCVA)، ومعظم حالات الإخفاق أثناء التجارب تعود إلى وجود بقايا تعوق مقاعد صمام الكبح الأول أو الثاني. ولابد من أن يتم تركيب صمام الكبح المزدوج التجميعي (DCVA) أعلى سطح الأرض بمسافة كافية لتيسير عمليات الصيانة والاختبار. ويتم فحصه وتجريبه بعد التركيب من أجل التأكد من أنه تم تركيبه بشكل صحيح وأنه يعمل بشكل مرض. ولابد من أن يتم تركيب

مصفاة أمام صمام الكبح المزدوج التجميعي (DCVA) مباشرة لإطلاق السائل المستخرج للخارج. ولابد من القيام بصرف الماء عن صمام الكبح المزدوج التجميعي (DCVA) في فصل الخريف مع وقايتها من التجمد. ويمكن للصانع أن يوفر توصيات تخص كيفية صرف المياه المحتجزة في فجوة الجهاز. ولابد من أن يتم اختبار صمام الكبح المزدوج التجميعي (DCVA) في مختبر معتمد قبل كل موسم ري.

وإن أمكن، لا ينبغي تركيب صمام الكبح المزدوج التجميعي (DCVA) في أي حفرة، لأن أياً من محابس الاختبار التي تسبب تسريباً ستصبح بذلك وصلات تعامدية عندما تفيض الحفرة. فإن كان لابد من أن يتم تركيب الوحدة في حفرة، فلابد عندئذ من اتخاذ الاحتياطات اللازمة لصرف السوائل عن الحفرة. ولابد كذلك من أن يتم سد فتحات صمامات الاختبار، للحد من مخاطر التسرب إن أصبح الجهاز مغموراً بالمياه. ولابد أن تكون الحفرة متسعة وكبيرة بما يكفي لتوفير مدخل سلس لاختبار أو إصلاح الجهاز. أما صمام الكبح المزدوج التجميعي (DCVA) الأكبر من ٦,٤ سم (٢,٥ بوصة) فسيكون له قوالب دعم للحيلولة دون اصابته بالتلف.

(١٩,٢,٣,٥) جهاز مخفض الضغط

إن جهاز مخفض ضغط الارتداد (RPBD) يتكون من اثنين من صمامات الكبح الداخلية التعبة والعاملة بشكل مستقل، والتي يتم الفصل بينهما بمنطقة مُخَفضة الضغط. ولابد من أن يتم تركيب الجهاز كوحدة واحدة فيما بين اثنين من صمامات الغلق المحكمي الإغلاق. جهاز مخفض ضغط الارتداد (RPBD) هو أداة فعالة في مواجهة التدفقات المرتدة التي يسببها أي من الضغط الارتدادي أو السحب الارتدادي، وقدّ تم تصميمه لكي يتم استخدامه في حالات تعتبر شديدة الخطورة. وجهاز مخفض ضغط الارتداد (RPBD) رغم أنه يعتبر أكثر تكلفة قليلاً إلا أنه يمثل أفضل وقاية لمنع التدفقات المرتدة. والسبب الرئيس في ذلك هو أن الوحدة ستقوم بتسريب الماء حين لا تعمل بكفاءة، مما يسمح بالفحص البصري السريع الذي يخبر

العامل إذا ما كانت الوحدة معطلة. وعندئذ يمكن إصلاح الوحدة قبل الخوض في عملية الري الكيميائي. ولابد من أن يتم تركيب جهاز مخفض ضغط الارتداد (RPBD) بعكس اتجاه تيار تدفق جهاز حقن المواد الكيماوية، ويفضل أن يتم تركيبه أعلى سطح الأرض بمسافة كافية لتيسير الصيانة والفحص. ولابد من أن يتم تركيب مصفاة لإطلاق السائل المستخرج للخارج أمام جهاز مخفض ضغط الارتداد (RPBD) مباشرةً. ولابد من أن يتم غسيل خطوط أنابيب الري بشكل كامل بالدفق قبل تركيب جهاز مخفض ضغط الارتداد (RPBD). ومعظم حالات الإخفاق أثناء الاختبار تعزى إلى وجود بقايا تعوق مقاعد صمام الكبح الأول أو الثاني. وإن أمكن، لا ينبغي تركيب جهاز مخفض ضغط الارتداد (RPBD) في أي حفرة تحت مستوى سطح الأرض. ففيض الحفرة يسبب وصلة تعامدية مباشرة من خلال صمام التفريغ.

فإن كان تركيب الوحدة في حفرة أمراً ضرورياً للغاية، فلابد عندئذ من اتخاذ الاحتياطات اللازمة لنزح السوائل عن الحفرة. أما جهاز مخفض ضغط الارتداد (RPBD) الأكبر من ٦,٤ سم (٢,٥ بوصة) فسيكون له قوالب دعم للحيلولة دون إصابتها بالتلف. وأجهزة تخفيض ضغط الارتداد (RPBD) هي عرضة لضغوط إمداد متقلبة في حالة التدفق المتدني للغاية، أو التدفق الاستاتيكي، وهو ما يسبب تنقيطاً غير مرغوب فيه وفي نهاية الأمر تلف الجهاز. ولابد من أن يتم فحص جهاز مخفض ضغط الارتداد (RPBD) واختباره بعد تركيبه للتأكد من أنه تم تركيبه بشكل صحيح وأنه يعمل بشكل مرض، ولابد من أن يتم اختباره على يدي مختبر معتمد قبل كل موسم ريّ. ولابد من أن يتم تصريف الماء من جهاز مخفض ضغط الارتداد (RPBD) في فصل الخريف مع وقايته من التجمد. ويمكن للصانع أن يوفر توصيات تخص كيفية تصريف كل فجوة تحجز الماء في الجهاز.

(١٩,٢,٤) معدات السلامة

لابد لنظم عملية الري الكيميائي أن تشتمل كذلك على أجهزة إضافية للسلامة والوقاية من التلوث، مثبتة على نظام الري، ونظام حقن المواد الكيماوية

(Smajstrala *et al.*, 1985; Wright *et al.*, 1992; Burt *et al.*, 1995; Solomon and Zoldoske, 1998; Evans and Waller, 2007). وهذه الأجهزة يتم استخدامها للحد من المخاطر التي يتعرض لها البيئة والعمال خلال تطبيق عملية الري الكيميائي.

(١٩,٢,٤,١) معدات خط الحقن

صمام الكبح بخط الحقن: إن صمام الكبح بخط الحقن لابد من أن يتم تركيبه بحيث يحول دون تدفق الماء من نظام الري إلى داخل خزان الإمداد بالمواد الكيماوية، وهو ما يحتمل أن يجعل خزان الإمداد هذا يفيض. وكذلك يتم استخدام صمام الكبح ليحول دون التدفق بفعل الجاذبية من داخل خزان الإمداد بالمواد الكيماوية، إلى داخل نظام الري إذا كان ضغط الفتح لصمام الكبح كافياً. وقيمة ضغط الفتح أو ضغط التصدع لصمام الكبح بخط حقن المواد الكيماوية لابد أن تبلغ على الأقل ٧٠ كيلوبسكال أو أكثر لمنع التدفق بفعل الجاذبية. ولابد لصمام الكبح بخط الحقن من أن يكون موضعه مع اتجاه تيار تدفق أي من معدات منع التدفقات المرتدة، ومع اتجاه تيار تدفق صمامات الإمداد بالماء.

وإذا أمكن عملياً، ينبغي لنقطة حقن المواد الكيماوية أن تكون أعلى من خزان الإمداد بالمواد الكيماوية، وأدنى من أدنى الرشاشات أو المخارج على نظام الري. وهذا سيمنع عملية السحب من خزان الإمداد بالمواد الكيماوية. وكذلك ينبغي لنقطة حقن المواد الكيماوية أن يكون موضعها أبعد ما يمكن عن مصدر المياه وذلك لحمايته في حالة التسرب الكيميائي أو انسكاب المواد الكيماوية على سطح الأرض.

مجس التدفق: إن مجسّ التدفق في خط الحقن والمركب على خط حقن عالي الضغط ضد اتجاه تيار تدفق صمام الكبح بخط حقن المواد الكيماوية، يمكن له أن يضمن إغلاق النظام في حالة ما إذا توقف التدفق في خط الحقن. وهذا الجهاز يقوم بالحماية ضد استمرار التشغيل في أعقاب حدوث انفجار أو انقطاع في خط الحقن، أو حدوث عطل بمضخة الحقن، أو حدوث فقد في التجهيزات الأساسية، أو في حالة فراغ خزان الإمداد بالمواد الكيماوية، أو انسداد منفذ الحقن.

الصمام اليدوي: الصمام يدوي التشغيل ينبغي أن يتم تركيبه على خزان الإمداد بالمواد الكيماوية. فتركيب صمام يدوي سيسمح للعامل بأن يقوم بشكل يدوي بإيقاف تدفق المواد الكيماوية من خزان الإمداد بالمواد الكيماوية خلال عمليات صيانة المعدات أو في حالات الحوادث.

المصفاة: ينبغي أن يتم تركيب مصفاة على جانب السحب في مضخة حقن المواد الكيماوية. وتقع مصفاة المنبع لأنبوب المعايرة، ومضخة الحقن، وصمام تنفيس الهواء، وصمام الكبح بخط الحقن، والمصفاة ضرورية لمنع الأجسام الغريبة من أن تقوم بسد أو تعطيل هذه الأجهزة أو غيرها من معدات السلامة.

جهاز معايرة الحاقنة: ينبغي أن يتم تركيب جهاز معايرة ذو حجم كاف على جانب السحب في مضخة الحقن لمعايرة مضخة الحقن بشكل دقيق. وتركيب أنبوب معايرة هو أمر يوفر طريقة سلسة لفحص وضبط ناتج مضخة الحقن بشكل دقيق. ولابد لحجم أنبوب المعايرة وعلامات تدريجه، من أن يكونا كافيين لتوفير حد أدنى لفترة معايرة تبلغ ٥ دقائق. ولابد لعلامات تدريج أنبوب المعايرة من أن تكون كبيرة بما يكفي ليسمح للمستخدم بأن يقرأ التدريج. والتوافق الكيميائي هو مفتاح أساسي لمنع أنبوب المعايرة من أن يتشوه لونه أو تتدهور جودته.

صمام تنفيس الهواء: ينبغي أن يتم تركيب صمام تنفيس الهواء على الجانب مرتفع الضغط من مضخة حقن المواد الكيماوية بشكل مباشر من منبع تدفق صمام الكبح بخط حقن المواد الكيماوية. ويمكن استخدام صمام تنفيس الهواء لتفريغ الهواء والضغط المحبوسين في خط الحقن العالي الضغط، وهو بخلاف ذلك قد يؤثر على معدل الحقن المدرج. ولابد من أن يتم تفريج الضغط داخل الخط في أي وقت يفترض أن يتم فيه فصل خط الحقن. فهذا يحول دون جعل العامل يصيبه رذاذ المواد الكيماوية من خط الحقن. وهذا الصمام مفيد بشكل خاص عند القيام بمهام التفتيش على المعدات.

خزانات الإمداد : ينبغي أن يتم تشييد خزانات الإمداد بالمواد الكيماوية من خامات ذات مقاومة كيميائية. كما أن خزانات الإمداد التى تبقي في الحقل طوال العام لابد أن يتم تشييدها هي الأخرى من خامات ذات مقاومة لأشعة الشمس. ولابد من أن يتم تصميم خزانات الإمداد بحيث يصبح من السهل نزح المائع عنها بعد كل استخدام. أما سعة الخزانات فسوف تعتمد على نوعية المادة الكيميائية المحقونة. ووجود نظام احتواء يساعد في الوقاية من حدوث تلوث موضعي في حالة ما إذا أصاب خزان الإمداد بالمواد الكيماوية أي تسريب أو كسر نتيجة للانفجار. وهياكل الاحتواء تلك يمكن صنعها من اللدائن (البلاستيك) ذات المقاومة الكيميائية، أو المعادن المطلية ذات المقاومة الكيميائية، أو الخراسانة ذات المقاومة الكيميائية.

ولابد لموضع خزانات الإمداد بالمواد الكيماوية أن يكون أبعد ما يمكن عن مصدر الماء. ولابد من أن يتم تدريج انحدار سطح التربة لدفع مائع التصريف بعيداً عن مصدر الماء في حالة حدوث تسريب أو انسكاب كيميائي.

الصمام اللولبي: لمزيد من الامان، يمكن استخدام صمام لولبي مغلق بشكل طبيعي على خط السحب الكيميائي بأن يتم تعشيقه كهربياً مع المحرك أو الموتور الذي يقوم بدفع مضخة الحقن. وهذا الصمام الذي يقع على جانب السحب لمضخة حقن المواد الكيماوية يعمل على توفير إغلاق إيجابي لخط حقن المواد الكيماوية. ولا يمكن للمواد الكيماوية أن تتدفق إذا ما توقفت مضخة الحقن. ولابد من صناعة الصمام اللولبي من خامات ذات مقاومة كيميائية ؛ لأنه سيكون على اتصال بالمواد الكيماوية المركزة.

(١٩,٢,٤,٢) أجهزة تعشيق مضخة الحقن

ينبغي استخدام نظام تعشيق فيما بين نظام القدرة الدافعة لوحدة الحقن، ووحدة ضخ الري، ونظام الري، إذا ما كان يتم التحكم فيها بشكل كهربي. وأجهزة التعشيق يمكن انجازها بشكل كهربي، وهيدروليكي، وميكانيكي. ولابد لجهاز التعشيق من أن يعمل بحيث لو توقفت مضخة الري، تتوقف مضخة الحقن هي الأخرى. وهذا

النوع من أجهزة التعشيق يشار إليه باسم جهاز التعشيق أحادي الاتجاه. ومن عيوب جهاز التعشيق أحادي الاتجاه هو أن بعض نظم الري المدفوعة بالمحركات تواصل العمل إذا ما توقفت مضخة الحقن. وفي مثل هذه الحالة، يكون من الصعب على العامل أن يحدد المكان الذي توقفت عنده عملية المعالجة الكيميائية في الحقل.

أما جهاز التعشيق ثنائي الاتجاه، فيضمن أن كلا النظامين تم إغلاقه في آن واحد، ويمكن إنجازه مع الأنظمة غير الكهربية من خلال تركيب مجس تدفق أو مجس ضغط على خط الحقن العالي الضغط. والفاقد في الضغط في خط حقن المواد الكيماوية نتيجة للكسر في خط الحقن، أو خواء خزان الإمداد بالمواد الكيماوية، أو انسداد المصفاة، أو تعطل مضخة الحقن هي أمور تتسبب في إغلاق متزامن لنظام الري ونظام حقن المواد الكيماوية.

(١٩,٣) نظم الحقن

هناك أربعة أنواع رئيسية من نظم الحقن المستخدمة في عملية الري الكيميائي، وهي: مضخات الطرد المركزي، ومضخات الإزاحة الموجبة (المكابس، الأغشية، التروس، الفصية، التماوجية، وغيرها)، والحاقنات تفاضلية الضغط، وحاقنات الفنتوري. وبعض الحاقنات تكون توليفة من كل هذه الأنواع. والأنظمة تفاضلية الضغط هي غالباً الأقل تكلفة كما أنها الأقل دقة. والتكلفة الأساسية لكل من حاقنات الفنتوري والأنظمة المدفوعة بقدرة الماء هي أقل من البدائل الأخرى، وعلى كل الأحوال، فإن تكلفة هذه الحاقنات مع نظم التغذية الارتجاعية والتحكم، هي في نفس نطاق تكلفة مضخات الإزاحة الموجبة.

ومضخات الإزاحة الموجبة هي المضخات المفضلة الاستخدام بوجه عام في معظم تطبيقات عملية الري الكيميائي بسبب دقتها في قياس المواد الكيماوية الداخلة إلى النظام ولمنعها حدوث التدفقات المرتدة.

أما المواد الكيماوية المحقونة فتكون في صورة غازية أو سائلة، وعلى كل الأحوال، فإن هذه المناقشة ستركز على نظم الحقن المعتمدة على الماء. والغازات المحقونة مثل الكلور والأمونيا اللامائية لها متطلباتها الخاصة، ولابد للمزارعين من أن يقوموا بالتشاور مع موردیهم الكيماويين من أجل هذه التطبيقات الفريدة من نوعها. وهناك العديد من الشركات التي تقوم بتصنيع مضخات حقن سوائل لأنظمة عملية الري الكيميائي. وهذه الأجهزة يتم استخدامها لإضافة المواد القابلة للذوبان في الماء، من الأسمدة ومبيدات الآفات، ومنظمات نمو النبات، وعوامل التبليل، ومحسنات التربة، والأحماض المعدنية، وغيرها من المواد الكيماوية الأخرى المتنوعة.

(١٩,٣,١) اختيار الحاقنات

المعايير الأولية لاختيار الحاقنات تشمل المتانة، والدقة، وسهولة التشغيل والإصلاح، وفترة صلاحية التشغيل، ونطاق معدل التدفق، ومقاومة التآكل أو الصدأ بفعل المواد الكيماوية المستخدمة. ومن بين الاعتبارات الهامة الأخرى التكلفة، ومصدر القدرة الدافعة المتاح، وأنواع المواد الكيماوية المفترض حقنها، وعدد المواد الكيماوية المفترض حقنها في وقت متزامن.

ولابد لأنظمة الحقن من أن تكون قادرة على حقن أي مواد كيماوية قابلة للذوبان في الماء، أو أي أحماض قابلة للذوبان في الماء، أو أي مركزات قابلة للاستحلاب، أو أي مسحوق قابل للتبليل بمناسيب تركيز منخفضة (أي من ١ إلى ١٠٠ مجم/لتر). ويكون للمحاليل مدى حامضية (pH) واسع، أو يكون لها مؤشر تآكل آخر يتطلب حاقنات متعددة مصنوعة من خامات مختلفة. وكذلك يكون من المطلوب استخدام حاقنات منفصلة لحقن الأسمدة ومبيدات الآفات الزراعية، حيث إن الأسمدة بشكل نمطي تستلزم معدل حقن أعلى من المواد الكيماوية الأخرى. وغالباً ليس من الممكن إجراء ضبط دقيق لحاقنة الأسمدة لتقوم بالحقن بمعدل التدفق المنخفض اللازم لحقن مبيدات الآفات أو الأحماض.

واختيار الحاقنة سيعتمد على أخذ العوامل التالية في الاعتبار:

• ما هو حجم الحقل، وبرامج استخدام مبيدات الآفات والأسمدة، ونوعيات المحاصيل الواجب تغطيتها؟

• ما هي معدلات تدفق الماء في نظام الري؟

• ما هي المواد الكيماوية التي سيتم حقنها، وبأي تركيزات مرغوبة (لا سيما إذا كان من المرغوب حقن الأحماض)؟

• هل من المطلوب استخدام رؤوس حقن متعددة (للمواد الكيماوية غير المتوافقة) أم لا؟

• ما هي اشتراطات الضغط والتدفق اللازمة للتشغيل الملائم للحاقنة؟

• هل من المرغوب استخدام الحاقنات المتنقلة أم الثابتة؟

وبمجرد تحديد حجم ونوعية الحاقنة، عليك أن تراعي سهولة إصلاح الوحدة، وفترة الصلاحية المقررة لتشغيل تلك الوحدة. وكذلك لابد للمزارعين من أن يأخذوا في الحسبان مدي الثقة في الصانع وما يوفره من دعم فني، وخدمة، وغير ذلك من المؤهلات. وكثير من هذه المعلومات متوافر على شبكة المعلومات الدولية (الإنترنت)، ويتوافر كذلك من خلال تجاذب أطراف الحديث مع المزارعين الآخرين والعاملين في الإرشاد الزراعي.

أما حقن مواد كيماوية متعددة في نفس ذات الوقت، فهو أمر يتطلب التخطيط الحذر لضمان التوافق ومسافات التباعد الفاصلة، وعمليات الضخّ المرنة عبر نطاق مختلف من الظروف. وتتوافر بعض مضخات الإزاحة الموجبة التي يمكنها تشغيل رؤوس حقن متعددة منفصلة لكل مادة كيميائية مختلفة.

كما تتوافر نظم للتغذية الارتجاعية والتحكم تقوم بقياس معدل تدفق خطوط أنابيب الري، وبشكل آلي تقوم بضبط معدلات الحقن للفنتوري أو لمضخات الإزاحة الموجبة. وعلى سبيل المثال، قدّ يكون لأنظمة الري بالتنقيط العديد من الأحجام المختلفة

للوحدات أو يكون لها وحدات ذات متطلبات مائية مختلفة. ويمكن لنظام التغذية الارتجاعية والتحكم أن يقوم بضبط معدل الحقن بينما يتغير نظام الري بشكل آلي من وحدة إلى أخرى. وكذلك يمكن لآليات التحكم أن تدير محركات متغيرة السرعة لتوفر نطاقاً واسعاً من معدلات الحقن، وهو الأمر المفيد مع نظم الري الكبيرة (مثل النظم المحورية) أو متعددة المساحات ذات معدلات التدفق الثابتة أو المتغيرة على السواء.

(١٩,٣,٢) مضخات الطرد المركزي

مضخات الطرد المركزي الصغيرة ذات التدفق القطري (مضخات تعزيز الضغط) غالباً ما يتم استخدامها لحقن المواد الكيماوية إلى داخل نظم الري. فالمضخة تسحب الماء بشكل مباشر من خزان المواد الكيماوية وتقوم بتوفير ضغط أعلى من الضغط الموجود في خط أنابيب الري من أجل أن يتم حقن المادة الكيماوية. وبناءً عليه فإن معدل تدفق المادة الكيماوية من المضخة يعتمد على الضغط الكائن في خط أنابيب الري وقت الحقن. والتحديد الدقيق لمقدار المادة الكيماوية المراد حقنها يحتاج إلى إجراء معايرة بينما النظام يعمل. ولأن هذه الأنظمة حساسة لتقلبات وتغيرات ضغط نظام الري، فلا يوصى باستخدامها في حقن المواد الكيماوية السامة حيث لابد من السيطرة المحكمة على معدلات الحقن.

(١٩,٣,٣) مضخات الإزاحة الموجبة

مضخات الإزاحة الموجبة هي أكثر ما يوصى باستخدامه مع نظم الحقن. وهي غالباً ما تصنف بوجه عام إلى مضخات ترددية (المكبس والغشاء)، أو مضخات دوّارة (الترسية والفصية)، أو المضخات المختلطة النوع (مثل: التماوجية، والتجويف التقدمي)، وذلك اعتمادا على الآلية المستخدمة في نقل الطاقة إلى المائع. ويتم استخدام القليل من المضخات الدوّارة وغيرها من الأنواع الأخرى لمضخات الإزاحة الموجبة، من أجل حقن المواد الكيماوية إلى داخل نظم الري. أما المضخات الدوّارة من نوعية المضخات ذات التروس والمضخات الفصية، إلى جانب المضخات التماوجية فيمكن

استخدامها فقط حين يكون من المطلوب تشغيل معدلات حقن صغيرة. وهذه المناقشة تغطي فقط مضخات المكبس ومضخات الغشاء ومضخات توليفة المكبس/الغشاء، وهي جميعاً الأنواع الأكثر شيوعاً في الاستخدام في عملية حقن المواد الكيماوية إلى داخل نظم الري.

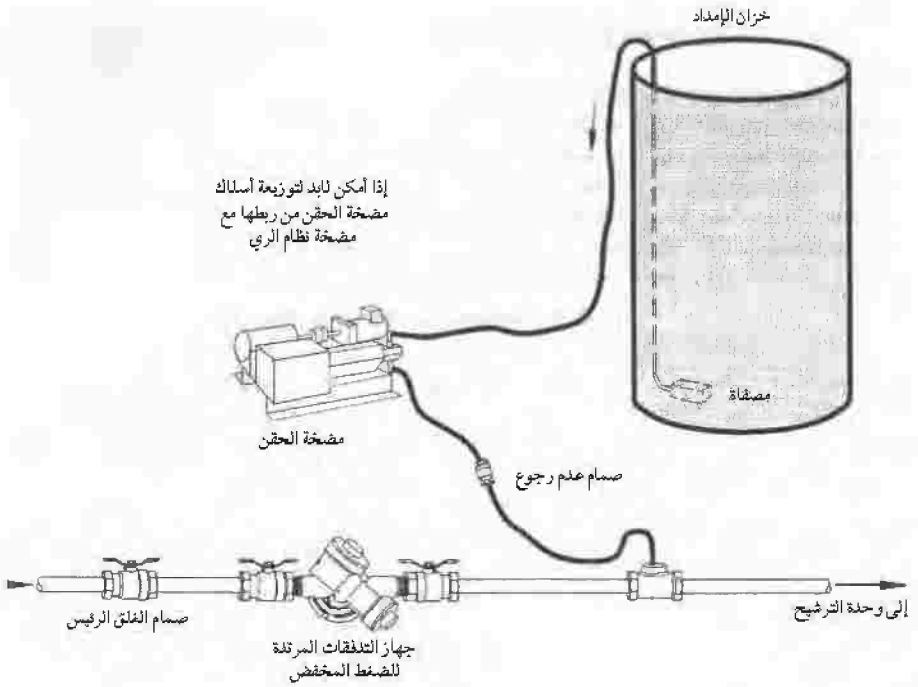
ويوصي باستخدام مضخات الإزاحة الموجبة حيث يكون من المطلوب توفير سيطرة محكمة على معدل حقن المواد الكيماوية، كما في حالة مبيدات الآفات، كما أن هذه المضخات يتم اختيارها مع المواد العالية اللزوجة، فهي تتميز بسهولة مراقبتها ومعايرتها، ويمكن ضبط أغلبها أثناء عملها (وهو أمر مفضل).

ومضخات المكبس والغشاء المملوءة بالمائع وتوليفة المكبس/الغشاء تقترب من أن تكون مضخات الإزاحة الموجبة المثالية. فهذه الأنظمة يمكنها بشكل نمطي التحكم في معدل تدفق الحقن بنطاق خطأ يتراوح ما بين (±١٪) و(±٢٪). وتظل معدلات التدفق المحقونة ثابتة عبر نطاق متنوع من قيم لزوجة المواد الكيماوية، وضغوط خطوط أنابيب الري، طالما أن هناك حدّا أدنى من الضغط في خط أنابيب الري. وكل من مضخات المكبس والغشاء قابلة للضبط، وعلى كل الأحوال، فإن بعض المضخات لا يمكن أن يتم ضبطها بينما النظام يعمل.

فالمكبس أو الغشاء يعمل على إزاحة مقدار معين من المادة الكيماوية مع كل شوط ضخ. ومضخات المكبس والغشاء تتكون من جهاز ضخ واحد واثنين من صمامات الكبح (الشكل رقم ١٩,١). فبينما يتراجع المكبس أو الغشاء للخلف، تنسحب المادة الكيماوية إلى داخل الحجرة من داخل الخزان عبر صمام الكبح الأول. وبينما يتقدم المكبس أو الغشاء للأمام، يتم دفع المادة الكيماوية خارج صمام الكبح الثاني إلى داخل خط أنابيب الري. ومضخات الأغشية لها غشاء صغير مرن مصنوع من مادة "التيفلون" أو من المطاط يتحرك دخولاً وخروجاً من حجرة صغيرة. ومن ثم فإن مضخات الأغشية هي أقل عرضة للتآكل من مضخات المكابس، لأنها أقل اتصالا

بالمادة الكيماوية. وبالنسبة لمضخات المكابس، والتي تعمل على سحب المادة الكيماوية إلى داخل أسطوانة معدنية طويلة، لابد من توخي الحذر لانتقاء مكبس وأسطوانة لن يتعرضا للتآكل بفعل المواد الكيماوية.

ومن الممكن شراء مضخات الإزاحة الموجبة، التي تغطي نطاقاً واسعاً فيما يخص معدلات التدفق والخصائص الكيميائية. فعلى سبيل المثال، يمكن شراء مضخات المكابس بأسطوانات ذات اثنين من الأحجام المختلفة على كلا جانبي المضخة من أجل توفير نطاق متنوع من معدلات تدفق الحقن. أما مضخات الأغشية فلها، بوجه عام، نطاق تشغيل ثابت، ولكن يمكن شراء رؤوس حقن مختلفة لتغطي نطاقاً أوسع من معدلات التدفق إلى جانب المواد الكيماوية.



الشكل رقم (١٩,١). مخطط نموذجي لأنظمة مضخات الحقن ذات الإزاحة الموجبة (van der Gulik, 1993).

وتعتبر نظم مضخات الإزاحة الموجبة نظماً قابلة للتكيف مع نظم التغذية الارتجاعية ونظم السيطرة، مما يوفر مرونة إضافية للإدارة. وغالباً ما يتم استخدام سواقات (بكرات) محركات كهربية متباينة التردد، مع نظم التحكم.

وحيث إن مضخات الإزاحة الموجبة تعمل على إزاحة حجم ثابت من المائع مع كل شوط ضخ، من ثم فبمقدور مثل هذه المضخات أن تنتج ضغوط حقن عالية للغاية. ومثل هذا الموقف لابد من تفاديه (أي تجنب محاولة التشغيل في ظل صمام مغلق في خط التصرف)، حيث إن ذلك غالباً ما سوف ينتج عنه تلف المضخة أو خط الحقن.

وتعتبر المحركات الكهربائية ثلاثية المراحل هي مصادر القدرة الأوسع انتشاراً لمضخات المكابس ومضخات الأغشية. وبعض مضخات الحقن تعمل بواسطة القدرة الدافعة للسيور، أو للغازات المضغوطة، أو لأحد المحركات المائية. وهناك مشكلة أخرى مع مضخات الحقن الكهربية ألا وهي أن تلك المضخات بمقدورها أن تواصل حقن المواد الكيماوية بعد أن يتم غلق نظام الري. ومنع هذا التشغيل المستقل يتطلب أجهزة ربط كهربية وميكانيكية إلى جانب المراقبة الدقيقة.

ومن التباين الخاص بمضخات الإزاحة الموجبة، نجد الحاقنات المدفوعة بضغط الماء. فكما هو الحال مع نظم الفنتوري، نجد أن الأنظمة المدفوعة بقدرة الماء يتم تركيبها على خط أنابيب متواز جانبي يسحب الماء من خط الأنابيب الرئيس أعلى خاصرة التدفق عبر الجهاز من أجل حقن المادة (الكيماوية). وعلى كل الأحوال، ففي هذه الحالة، يقوم الماء بتوفير القدرة الدافعة لتوربين صغير أو جهاز مكبس صغير. ويتم التحكم في معدل الحقن بواسطة ضبط مقدار الماء الداخل إلى وحدة الدافع. وأجهزة الحقن المدفوعة بقدرة الماء تعمل، بوجه عام، بنسب حقن تتراوح ما بين ٠,٢٪ و٢٪ من التدفق الإجمالي. والتوربين يستخدم ضغط النظام ليقوم بدفع كامة صغيرة، ووحدة عمود مكبس صغير، وذلك لتحريك حاقنة المكابس أو حاقنة الأغشية. فأما سواقات (وحدة الدافع) المكابس المدفوعة بقدرة الماء فتستخدم مقادير صغيرة مماثلة

من الماء (حوالي ثلاثة أضعاف المقدار المحقون)، ولكن مع عدم خفض ضغط النظام بسبب تشغيلها.

ويتطلب الأمر تنفيذ بعض التصريف من أجل التخلص من الماء من سواقات المكابس المدفوعة بقدرة الماء، حيث لا يعود الماء إلى النظام.

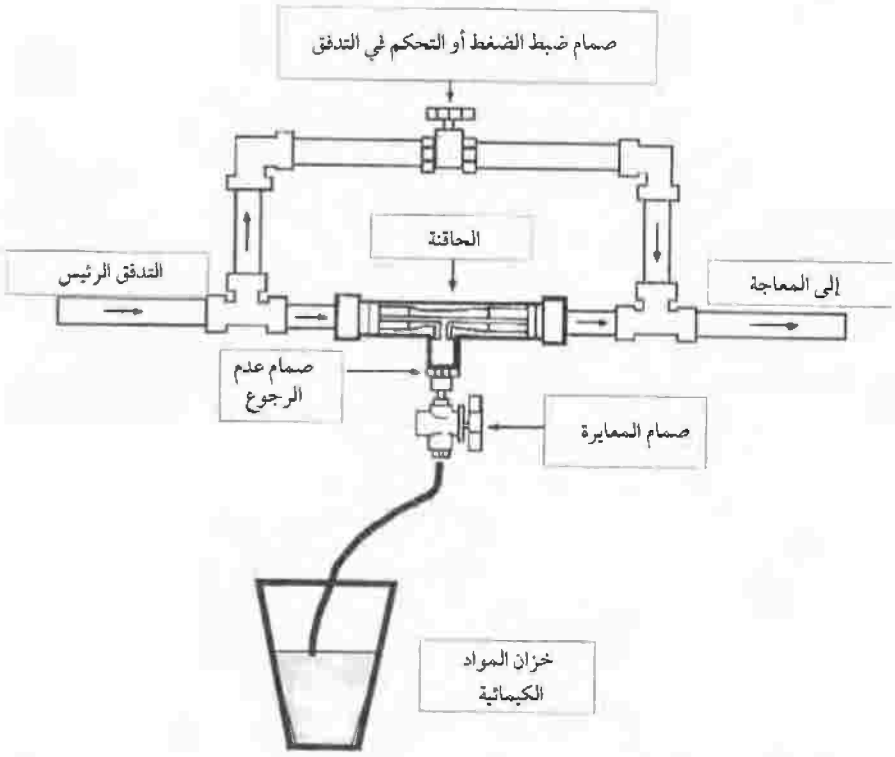
وغالباً ما يشار إلى الحاقنات المدفوعة بقدرة الماء على أنها ملقمات تناسبية أو ملقمات نسبية، لأن مقدار المادة المحقونة يعتمد على معدل التدفق عبر الحاقنة، والذي هو دالة مع الضغط في خط الأنابيب الرئيس. ومن ثم، فإن تركيز المواد الكيماوية في ماء الري سيبقى على حاله؛ لأنه دوما ما يكون متناسباً مع معدل تدفق النظام. وهذه الخاصية المميزة، يمكن لها أن تمثل ميزة في الحالات التى يتغير فيها النظام بشكل آلي من منطقة إلى أخرى، مع تباين متطلبات التدفق، طالما أن التركيز في كل منطقة يظل على حاله.

(١٩,٣,٤) نظم فنتوري للحقن

حاقنات فنتوري تعتمد على مبدأ الانخفاض في الضغط بالفنتوري، في سحب المواد الكيماوية من الخزان إلى داخل خط أنابيب الري. ويمكن استخدام حاقنة فنتوري (الشكل رقم ١٩,٢) لحقن المواد الكيماوية إلى داخل خط أنابيب رئيس صغير نسبياً من خلال تحويل نسبة من التدفق خلال الحاقنة. وللتأكيد على أن الماء سيتدفق من خلال التحويلة والحاقنة، لابد من ظهور انخفاض في الضغط في خط الأنابيب الرئيس. وهذا الخفض يتم توليده بواسطة صمام مفتوح جزئياً، أو من خلال فوهة، أو من خلال غير ذلك من أي عوائق أخرى. وهذه العوائق توضع فيما بين معدات تزويد ماء الخلط، ونقطة الحقن. وهي تعمل على زيادة سرعة الماء، وخفض الضغوط إلى قيم أدنى من قيم الضغط الجوي في عنق جهاز الفنتوري.

وأغلب خزانات المواد الكيماوية في نظم حقن الفنتوري تكون مزودة بفتحات لتنفيس الضغط الجوي، ويعمل الفرق في الضغط فيما بين الغلاف الجوي وعنق جهاز

الفنتوري، على دفع المحلول الكيميائي إلى داخل أنابيب الري عند هذه المنطقة المخفضة الضغط. ويتم تسهيل عملية خلط المواد الكيماوية بماء الري بواسطة سرعة التدفق في جهاز الفنتوري. ولأن المادة الكيماوية يتم مصّها إلى داخل نظام الري فيما بعد إلى المضخات الرئيسة أو مضخات التعزيز، من ثم ليس هناك من تلامس بين المادة الكيماوية والمضخة، ومن ثم فإن نظم حاقنات فنتوري هي الأقل عرضة للتآكل من بعض أنواع الحاقنات الأخرى.



الشكل رقم (١٩,٢). مخطط لأساسيات نظام حقن الفنتوري. الصورة مهداة من مؤسسة مـــازي Mazzei للحاقنات (MIC).

وحاقنات الفنتوري لها أحجام مختلفة ويمكن تشغيلها في ظل ظروف ضغط متباينة. وأما سعة السحب (معدل الحقن)، وفاقد الضاغط المطلوب، ونطاق ضغط التشغيل، جميعها ستعتمد على النموذج. وحاقنات فنتوري ذات آليات التغذية الارتجاعية والتحكم أو بدونها يمكن شراؤها في وحدات ذات أحجام مختلفة لتوفير نطاق واسع من معدلات تدفق الحقن. وقد يتطلب الأمر استخدام خزان كبير لتخزين المادة الكيميائية لأن معدلات التناسب منخفضة (بشكل نمطي تقع في المدي ١ : ١٥). وهذا الأمر يميل إلى أن يقصر استخدام حاقنات الفنتوري على المساحات الصغيرة نسبياً.

وحاقنة الفنتوري لا تحتاج إلى قدرة خارجية لتعمل، على الرغم من أن المعدات المساعدة (مثل نظم التحكم، ومضخات التعزيز) تتطلب قدرة. وهي ليس بها أي أجزاء متحركة، مما يزيد من فترة صلاحيتها للعمل، ويقلل من احتمالية تعطلها. وعادة ما يتم تشييد الحاقنة من البلاستيك وهي مقاومة لمعظم المواد الكيماوية. وهي تحتاج إلى الحد الأدنى من الاهتمام بالتشغيل والصيانة. وحيث إن الجهاز بسيط للغاية، نجد أن تكلفته منخفضة بالمقارنة بالأجهزة الأخرى ذات نفس الوظيفة والمقدرة.

معدل تدفق حاقنة الفنتوري يمكن أن يتباين بشكل كبير نتيجة للتغيرات في ضغط أنابيب الري. وأغلب حاقنات الفنتوري تتطلب على الأقل ٢٠٪ من فرق الضغط حتى تبدأ عملية تفريغ كافية من أجل التشغيل الملائم. وعلى كل الأحوال، طالما ظل اختلاف الضغط عبر الجانب القادم من منبع تيار التدفق والجانب المتجه مع مصب تيار التدفق في حاقنة الفنتـــوري، أكبر من ٢٠٠ كيلوبسكال، نجد أن معدل تدفق الحقن يكون غير حساس نسبياً لضغط خطوط أنابيب الري. وهذا الوضع يسبب الحد الأدنى من الضغط داخل عنق حاقنة الفنتوري والذي هو أعلى قليلاً من صفر الضغط المطلق. أما اختلاف الضغط والذي عنده يبلغ كل نظام حقانة الفنتوري حدّا أدنى له، فيمكن ملاحظته على معدل التدفق المصنعي مقابل منحنيات اختلاف الضغط. وإذا كان الأمر يتطلب وجود معدل تدفق ثابت لحقن المواد الكيماوية طوال العملية، ومن ثم لابد من الإبقاء على

فرق ضغط مرتفع عبر أرجاء القنتوري، أو يتم استخدام مضخة طرد مركزي من أجل تعزيز الضغط في خط الأنابيب الثانوية لنظام حقن القنتوري. ونظام شبكة الأنابيب الموضح في الشكل رقم (١٩,١) ليس ملائماً للمعايرة الدقيقة ومعدل الحقن الثابت. ومن ثم، فإن نظم حقن القنتوري يمثل كذلك أداة منظمة للضغط من أجل تحقيق سيطرة أكثر إحكاماً على معدلات الحقن.

ويمكن لمعدل تدفق حاقنة القنتوري أن يكون حساساً تماماً لتغيرات درجة الحرارة، لأن لزوجة بعض المواد الكيماوية يمكن أن تتغير بشكل كبير مع تغير درجة الحرارة. وعلى سبيل المثال، يمكن للتغير في معدل تدفق الحقن أن يقع في المدى ما بين ٥٪ و١٠٪ في نطاق درجة حرارة يبلغ ٢٠ درجة مئوية مع الأسمدة اللزجة نسبياً مثل UAN32 أو CAN17. وعلى كل الأحوال، ليس هناك بشكل أساسي من تغير في معدل التدفق نتيجة لتغير درجة الحرارة وذلك مع المحاليل الكيماوية ذات قيم اللزوجة التى تقع في نطاق لزوجة الماء؛ لأن قيم اللزوجة تلك والتي تتغير مع تغير درجة الحرارة هي أقل ما يمكن. وحين تكون قيمة لزوجة المادة الكيماوية مسألة مهمة، فإن إحدى الطرق الجيدة لإبقاء التدفق ثابتاً مع التغير في درجة الحرارة هو استخدام نظام تحكم مع تغذية ارتجاعية من مجس التدفق.

ومن المهم أيضاً أن ندرك أن سعة السحب تعتمد على منسوب السائل في خزان الإمداد. فمع هبوط منسوب السائل، يزيد ضاغط السحب مما ينتج عنه انخفاض في معدل الحقن. ولتفادي مثل هذه المشكلة، يقوم بعض الصناع بتوفير خزان صغير إضافي على جانب خزان الإمداد، حيث يقوم صمام يعمل بعوامة بالإبقاء على منسوب المائع ثابتاً. ويتم حقن المائع من هذا الخزان الإضافي الأصغر.

ومعيار الحقن في كثير من الأحيان هو معرفة حجم المادة الكيماوية المطلوب ضخها خلال فترة محددة لكل منطقة ري، ولكن التركيز لا يحتاج لأن يظل ثابتاً. وأحد البدائل الشائعة الاستخدام مع نظم الري التي تعمل بالضغط، هو توليفة من جهاز حقن القنتوري مع خزان مواد كيميائية المضغوط. وحيث إن الماء المتدفق من خزان يقع

تحت ضغط، فإن الأمر يتطلب استخدام خزان إمداد ضغط مغلق ومحكم الإغلاق (مبني بحيث يصمد أمام الحد الأقصى لضغط التشغيل). وعلى كل الأحوال، فإن التركيزات المحقونة سوف تتغير بشكل تدريجي نتيجة لتخفيف المادة الكيماوية في الخزان مع دخول الماء إلى الخزان أثناء الحقن.

(١٩,٣,٥) نظم الحاقنات ذات فرق الضغط

الحاقنات ذات خزانات الخلط، والخلاطات التناسبية التي توضع على جانب التصريف في مضخة الري، هما اثنان من نظم الحاقنات ذات فرق الضغط المعتمدة. ويتم استخدام العديد من صمامات المعايرة أو صمامات التناسب مع خزانات الخلط، وخزانات التناسب، والعاملة وفقاً لتغيرات الضغط أو التدفق في نظام الري. وبشكل متواتر، تعتبر هذه الأجهزة تطبيقاً لمقياس الفوهة أو مقياس الفنتوري ذي القطر المتغير.

واستخدام خط السحب لأنابيب الري هو طريقة حقن غير معتمدة قانونياً في أغلب المناطق القضائية. والسبب في ذلك هو أنه من الصعب منع تلوث مصادر الماء السطحي في حالة حدوث إغلاق غير متوقع للمضخة. ومن ثم يمكن سحب المادة الكيماوية بسهولة خارج الخزان وإلى داخل مصدر الماء. ومن الصعب كذلك مراقبة أو تحديد معدل تدفق المادة الكيماوية، حيث إنه يعتمد على مقدار سحب المضخة عند نقطة الحقن، وطول وقطر خط السحب، ومنسوب المادة الكيماوية في خزان الإمداد. وكذلك من الصعب ضبط معدل الحقن في هذه الأنظمة. وبالإضافة إلى ذلك، فإن المحلول الكيميائي يتم سحبه من خلال المضخة ويمكن له أن يتسبب في تآكل كبير وتلف لسدادات الإحكام وكراسي التحميل. وهذا الأسلوب من الحقن غير مستحسن.

الحاقنات ذات خزانات الخلط تعمل على جانب التصريف من المضخة الرئيسة، كما تعمل على ذات المفهوم التفاضلي للضغط كما في نظم حقن الفنـــوري. وهذه الحاقنات يتم تركيبها على تحويلة فرعية تسير بشكل مواز لخط الري الرئيس. وعلى كل الأحوال، فإنه في تلك الأنظمة البسيطة المنخفضة الدقة يتم إحكام خزان المواد الكيماوية بختم إحكام، بدلاً من تنفيثه على الهواء الجوي. ويدخل الماء القادم من الخط

الرئيس إلى الخزان فيزيح نفس القدر من الخليط الكيميائي إلى داخل نظام الري. وينتج عن ذلك انخفاض متواصل في التركيز الكيميائي في الخزان، مما يتطلب أن يتم تجهيز مخاليط كيميائية معينة لكل منطقة للتأكد من أن كل منطقة تنال المقدار الصحيح تقريباً من الخام. وغالباً ما يتم التحكم في عملية الحقن إلى داخل الخط الرئيس بواسطة أداة معايرة مركبة على جانب مدخل الحاقنة.

أما الخلاطات التناسبية فما هي إلا تعديل لخزانات الخلط ذات الضغط، وتعمل اعتمادا على مبدأ إزاحة مقدار من الماء. وهي شائعة الاستخدام في نظم الري المتوقع فيها حدوث تغيرات في معدل التدفق، ربما نتيجة لتفاوت حجوم الأطقم أو لتفاوت الماء المشارك فيه مستخدمان آخران. أما المادة الكيماوية المركزة الكافية لدورة حقن واحدة فيتم احتواؤها في كيس غير نفاذ قابل للطيّ يوضع في خزان الضغط. وتظل المادة الكيماوية منفصلة عن الماء، وتعمل على تلقيم محلول كيماوي إلى داخل صمام التناسب الذي يحقن المحلول إلى داخل نظام الري. ويتم دفع المواد الكيماوية التي بداخل الكيس إلى داخل صمام التناسب من خلال اختلاف الضغط، وحقنها إلى داخل نظام الري. وتتم إزاحة مقدار المادة الكيماوية بواسطة الماء الداخل إلى الخزان بنفس معدل حقن المادة الكيماوية. وهذا الماء المركب لا يختلط بالمادة الكيماوية ولا يعود إلى داخل النظام. ويكتمل الحقن حين ينطوي الكيس تماماً ويصير الخزان مملوء بالماء. ويستجيب صمام التناسب للتغيرات الحادثة في معدل التدفق، ولكنه لا يستجيب للتغيرات الحادثة في ضغط نظام الري. ومن ثم، طالما أن كلا من الضغط ومعدل التدفق في النظام لا يتغيران بشكل ملحوظ، فإن معدل الحقن سوف يظل ثابتاً بشكل نسبي. ولإدخال كيس جديد من المواد الكيماوية يتم عزل الخزان بواسطة الصمامات وتصريفه.

(٩,٣,٦) تشغيل وصيانة نظم الحقن

مما يوصى به بشدة أن تقوم نظم الحقن باستخدام إحدى الطرق (الميكانيكية أو السائلة) لبدء تحريك خزان إمداد الحاقنة لإبقاء المواد الكيماوية في صورة محاليل، لاسيما عند التعامل مع الكثير من مبيدات الآفات، والمواد الكيماوية الجافة. وبالإضافة

إلى ذلك، إن لم يتم استخدام خزانات الأسمدة الكبيرة لفترات مطولة، يمكن عندئذ للأسمدة القابلة للذوبان في الماء أن تتراكم في قاع خزانات التخزين نتيجة لفروق الكثافة، مما ينتج عنه فروق كبيرة في تركيزات الأسمدة خلال دورة الحقن. وأيضاً، نجد أن نسب التخفيف الأعلى من ١ : ٢٠٠ تحتاج إلى التحريك حيث إن السماد قد لا يتحلل بشكل كامل نتيجة لتجاوز حدود قابلية المادة الكيماوية للذوبان.

والممارسات التالية يوصى بها في معظم الأنظمة:

- لابد من عمل الحقنات الكيميائية في وسط تيار ماء (أي في مركز قطر الأنبوب)، كلما أمكن، من أجل الحصول على مزج أفضل.
- المحافظة على أنبوب السحب للحاقنة أقصر ما يمكن (١,٥ م أو أقل).
- لابد لخرطوم السحب على الحاقنة من أن يحتوي أيضاً على مصفاة لمنع المواد المترسبة وغير القابلة للذوبان في الماء من الدخول إلى الحاقنات ونظام الري.
- ينبغي تغطية خزان التخزين لمنع تراكم الطحالب و/أو البقايا، أو لمنع التلوث، أو لمنع التبخر من المحلول المخزّن.
- يجب أن تكون خزانات التخزين معتمة، حيث إن بعض العناصر الحلقية الاتحاد مع الفلزات في بعض أسمدة التغذية الدقيقة، تميل إلى التفكك إذا ما تعرضت للضوء.
- لا يجب للحاقنات أن تتعرض لدرجات حرارة التجمد حيث قد ينتج عن ذلك تصدعها أو انبعاجها.
- يجب أن يتم استبدال أنابيب السحب والتصريف بشكل منتظم (مثلاً كل عامين اثنين).
- ينبغي تعليق مصافي الماء الداخل على بعد من ٧ إلى ١٠ سم (٣ إلى ٤ بوصات) من قاع خزان المحلول لتجنب سحب مادة مركزة غير مخففة لأعلى.
- يجب حقن ماء نظيف في أعقاب الاستخدام من أجل غسيل النظام بالدفق.

• يجب تنظيف خزانات المحاليل بشكل منتظم (مرة كل أسبوع أو كل أسبوعين، اعتماداً على تكرارية الاستخدام) وذلك لمنع تراكم القاذورات والرواسب والتي قد تتسبب في انسداد أو قشط الحاقنات.

• يجب تنظيف مصافي أنابيب السحب باستخدام ماء نظيف صاف مع التفتيش عليها بشكل دوري لاكتشاف الانسداد و/أو الشقوق.

• يجب التفتيش على حلقات الخدمة الدائرية. ولا يجب استخدام أي من زيوت التشحيم البترولية مثل الفازلين، أو اللانولين، أو WD-40، أو زيوت المحركات، أبداً على المكابس أو الأختام الموزعة للجرعات.

(١٩,٤) معايرة نظم الحقن

إن التوازن بين معدل تدفق المواد الكيماوية المحقونة ومعدل تدفق مياه الري هو أمر شديد الأهمية من أجل الحصول على شكل ملائم لعملية الري الكيميائي. فإذا ما كان هناك القليل جداً من الماء في خليط الماء والمادة الكيماوية، سيكون هناك توزيع غير متساو للمادة الكيماوية، مع وجود تطاير عال (فقد كيميائي)، أو وجود تراكم كيميائي في خطوط أنابيب الري. ومن جهة أخرى، وجود الكثير جداً من الماء في الخليط الكيميائي سينتج عنه تخفيف محتمل للمادة الكيماوية فيما دون قيم التركيزات الفعالة، أو ينتج عنه فقد المادة الكيميائية المستخدمة في المياه الجوفية (Smajstrala *et al.*, 1986; Clark *et al.*, 1998; Scherer *et al.*, 1999; Werner, 2002; Evans and Waller, 2007).

وبناء عليه، فإن معايرة معدل تدفق الحاقنة أمر مهم للغاية. ففي هذه العملية يتم تحديد كمية المادة الكيميائية المحقونة باستخدام إعدادات مختلفة. والمعايرة الدورية خلال موسم الري هي أمر مطلوب للتأكد من أن الحاقنة تعمل بشكل لائق. وطرق المعايرة تركز إما على تحديد معدلات الحقن وفقاً للكتلة أو الحجم الكمي، وهي مستقلة عن التركيزات التي يجب أن يتم تحديدها بشكل منفصل. وقد يتم إجراء بعض

التعديلات من خلال ضبط معدل الحقن (مثل حاقنة الفنتوري)، أو من خلال ضبط تركيز محلول تخزين المادة الكيماوية.

وهناك طرق عديدة لمعايرة نظم الحقن اعتماداً على نوعية النظام والمادة الكيماوية المستخدمة. والكثير من المواد الكيماوية يتم توفيرها إما كنسبة مئوية من وزن مزيج جاف أو سائل. ولهذا، فإن كتلة المزيج الكيميائي المطلوب ستعتمد على تركيز المادة الكيماوية الخام في المزيج. وعند توافر المادة الكيماوية في صورة سائلة، كما هو الحال دوماً في عملية الري الكيميائي، يكون من المريح أكثر أن نقيس الحجوم بدلاً من قياس الكتل أو الأوزان، ومن ثم فإن المعايرة الحجمية هي الأكثر شيوعاً. ولابد لدليل تشغيل نظام الحقن من أن يوصي بطرق اختبار حاقن محدد.

أما بالنسبة لخزانات الإمداد التي يتم تنفيثها على الهواء الجوي، فمن الممكن معايرة الحاقنات بواسطة خزانات موازنة ذات كفتين أو خلايا تحميل. وهذا الإجراء هو نفسه الموصى به مع نظم حقن المواد الكيماوية الغازية. وحيثما تصبح أساليب العمل الأخرى غير عملية، يمكن عندئذ لتقنيات التتبع بالفلوريسنت أن تكون وسيلة دقيقة لمعايرة الحاقنات.

ومعدل الحقن لمضخة حقن المواد الكيماوية لمكان معين لابد من أن يتم تحديده من أجل تجهيز معين لمقبض التحكم في معدل الحقن، مع تشغيل نظام الري، ومن ثم تعمل مضخة الحقن تعمل على خطوط أنابيب ضغط الماء. وعدا ذلك، فإن معدل الحقن المجرب سيكون أعلى منه حين تكون مضخة الحقن بصدد الحقن داخل خطوط أنابيب الري تحت ضغط الماء. ولابد من إجراء المعايرة عند ضغط ثابت في ظل وجود ماء نظيف بدون أي مواد كيماوية. كذلك لابد من أن يتم تشغيل الحاقنة قبيل الاختبار لإزالة أي فقاعات هواء في خطوط الأنابيب.

والمعايرة الحجمية تعتمد على ترك مضخة الحقن تسحب من حاوية مدرّجة على جانب السحب من مضخة الحاقنة. وبشكل اعتيادي، يتم استخدام أنبوب قراءة مدرّج

لتحديد الحجم المستخرج من خزان الإمداد بالمواد الكيماوية. وكذلك قد يتم استخدام عدادات تدفق على خطوط الحقن وذلك للإشارة إلى معدلات تدفق الحاقنة الحجمية.

وحجم الماء المحقون يتم قياسه عبر فترة زمنية محددة في كل دورة حقن محددة (عادة ما يتم التعبير عنه على قرص مراقبة في صورة رقم) من أجل التحديد المسبق لمقدار الماء (مع التأكد من أن الحجم ملائم للحاوية). ولابد أن يتم ملء الحاوية حتى حجم معين. ويتم بدء تشغيل الحاقنة مع ساعة إيقاف أو مؤقّت في وقت متزامن. ويتم تسجيل الوقت، وضغط خط الأنابيب، والحجم، عندما ينخفض الحجم في الحاوية بالمقدار المحدد سلفاً. ويتم تكرار هذه العملية من أجل الوصول إلى قيم إعدادات مختلفة على قرص المراقبة. وهناك بعض الاعتبارات الخاصة الثابتة، وذات الحركة المتواصلة، ونظم الري السطحي.

(١٩,٤,١) نظم الري الثابتة

نظم الري الثابتة تشمل الرشاشات المتحركة باليد وبالعجلة، ومجموعة الرشاشات الثابتة بشكل دائم، ونظم الري الدقيق (وتشمل المنقطات والرشاشات الصغيرة). وعملية الري الكيميائي مع نظم الري الثابتة هي عملية بسيطة نسبياً إذا كانت عملية الري الكيميائي تبدأ وتنتهي في غضون مدة وحدة ري واحدة مع تطبيق المادة الكيماوية على منطقة معينة. والتطبيق من خلال نظم الري بالرشاشات سيكون منتظماً بشكل مكاني فقط لتداخل نمط تطبيق الماء. ويتم تكرار الحقن بنفس المعدل والفترة الزمنية لكل وحدة ري إلى أن يتم تغطية كامل الحقل.

وتطبيقات الري الدقيق بوجه عام لا تحظى بتداخل من أدوات تطبيق الماء المجاورة، وتعتبر الانتظامية بمثابة دالة مع الزمن ومعامل الانتظامية للأدوات المنفردة. وفي ظل تحكم جيد، يكون هذا الأمر عالي الكفاءة بشكل كبير، مع وجود نسب فاقد قليلة؛ لأن جذور النباتات تكون نمت عبر الوقت حتى تتمكن أن تنتفع بشكل كامل من الماء المضاف والمواد الكيماوية المضافة في الحيز المبلل من التربة.

وبعض النظم الحديثة للري الدقيق بها أنابيب فرعية طويلة وذات أقطار كبيرة لمنع فاقد الاحتكاك المفرط. ومن ثم فإن انتظامية تماثلية ومدة عملية الري الكيميائي تصبح أموراً صعبة بوجه خاص بسبب طول الفترة الزمنية التي يستغرقها الماء والمادة الكيماوية للوصول إلى آخر المنقطات.

(١٩,٤,٢) نظم الري ذات الحركة المستمرة

نظم الري ذات الحركة المستمرة تشمل نظم الري المحوري، ونظم الحركة المستقيمة، والنظم المدفعية. ومع هذه النظم لابد للحقنات أن تكون ذات تركيز ثابت خلال دورة الري بالكامل للتأكد من أن نفس مقدار المادة الكيماوية يتم إضافته على الحقل بالكامل. فإذا ما كان المعدل يتغير مع تحرك الآلة، فإن التغيرات في إضافات المادة الكيماوية ستتفاقم. فلابد من معايرة معدل الحقن بحيث يكون التطبيق الكامل مستمراً طوال فترة عملية الري (مثلا: لدورة واحدة كاملة). فالمزارع لا يرغب في أن تفرغ منه المادة الكيميائية قبل نهاية عملية الري، كما أنه لا يرغب في الإضافة الزائدة للمادة على الأراضي التي تم من قبل تغطيتها في هذه الرية.

ومدافع الرش الطرفية، ونظم الأركان، تعتبر تحديات فريدة من نوعها فيما يخص عملية الري الكيميائي. فتشغيل مدفع الرش الطرفي المتقطع، ومعدلات تدفق نظام الري المتفاوتة، مع تأرجح النظام الركنيّ بين الخروج والدخول، هي أمور تعمل مرة أخرى على تغيير معدلات تدفق الحقن كما أنها تؤثر على الضغط وانتظامية الإضافة. وفي مثل هذه الحالات، نجد أن عملية الري الكيميائي تنتفع بشكل شائع من نظام التحكم في التغذية الارتجاعية لعدّاد التدفق مثبت إلى المستبين (جهاز البيان) الزاويّ عند المحور (خلال لوحة التحكم) و/أو نظام تحديد المواقع GPS، من أجل تنظيم معدلات الحقن مع تغير معدلات تدفق نظام الري. ولابد لعملية معايرة نظام الحقن من أن تراعي كامل نطاق معدلات التدفق، والخصائص المميزة لاستجابة المضخة، مع تغير كل من التدفق والضغط. ويتم إيقاف تشغيل مدافع الرش الطرفية في مناطق معينة من الحقل للحيلولة دون المشكلات المحتملة التي تضر بالسلامة والبيئة.

(١٩,٤,٣) التحقق من معدل الحقن

بمجرد أن تبدأ عملية الري الكيميائي الفعلية، لابد من إعادة التحقق من معدل الحقن، وإعادة ضبط العدّاد (إن كان ضرورياً) على الأقل مرة واحدة خلال عملية الري الكيميائي. ومؤشر التدفق الذي يتم تثبيته إما على أنابيب السحب، أو أنابيب المخرج في الحاقنة، هو أداة تشخيص مميزة. فبعضها سيسمح للمزارع بمجرد لمحة بأن يقول ما إذا كانت المضخة تعمل بشكل سليم أم لا.

وهناك العديد من أنواع مقاييس التدفق لقياس معدلات حقن المواد الكيماوية، وتشمل العدّادات متغيرة المساحة (وتسمى ذات الأنبوب مستدق الطرف أو الدوّارة)، والإزاحة الموجبة، وذات ذراع التحريك، وأنبوب بيتوت، والعاملة بالموجات فوق الصوتية، وعدّادات التدفق الكتلي. ولكل نوع منها سماته الخاصة، وهناك نطاق واسع لتكلفتها. فأما العدّادات متغيرة المساحة فتتفوق بمزايا متعددة على أنواع أخرى أكثر تكلفة وتقنية منها، مما يجعلها العدّادات المختارة لكثير من تطبيقات قياس تدفق المواد الكيميائية. وبعض الصناع يقومون بتوفير العديد من مؤشرات التدفق باعتبارها معدات قياسية.

ومن بين المؤشرات الأخرى لمخرج حاقنة الأسمدة، نجد قياس التوصيل الكهربائي (EC) لمحلول السماد المخفف. ويمكن الحصول على تقييمات جيدة لتركيزات السماد باستخدام مقياس التوصيل الكهربائي EC المحمول حيث يتم إضافة الماء في الحقل. وكذلك فإن الأجهزة الثابتة لقياس التوصيل الكهربائي EC والتي تقوم كذلك بقياس الرقم الهيدروجيني pH يمكن تركيبها على مسافة مناسبة مع اتجاه تيار تدفق نقطة الحقن. ومن آن لآخر، يمكن أن يتم تحليل تركيز عينة من مزيج الماء والسماد بواسطة معمل تحاليل حسن السمعة.

(١٩,٥) الاعتبارات الخاصة بنظام الري

إن تصميم وتشغيل نظم الري سيؤثران علي فعالية نظام الري الكيميائي. فهناك العديد من الخصائص التشغيلية الواجب مراعاتها، لكن الشاغل الرئيس هنا هو انتظامية

التوزيع في النظام. ومن المستحيل عملياً تحقيق انتظامية إضافة جيدة للمواد الكيميائية إذا لم يكن قد تم تصميم نظام الري ليعمل بانتظامية عالية. ونظم الري المحورية منخفضة الأنابيب، ونظم الري بالتنقيط/بالنزّ، توفر جميعها أفضل انتظامية ممكنة، أما نظم الري بالرش، والرش المدفعي فهي عرضة للانجراف بفعل الرياح، ولاختلافات الضغط، وتداخل النباتات، وهو ما يتسبب في الغالب في خفض الانتظامية الممكن تحقيقها.

(١٩,٥,١) الخصائص المميزة لنظام الري

إن الخصائص الفيزيائية لنظام الري ستعمل على تحديد نوعية نظام الحقن، واختيار المواد الكيماوية التي يمكن استخدامها، ومعدل التطبيق، ومدة التطبيق.

ونظم الري هي إما ثابتة، أو مستمرة الحركة، والنظم الثابتة فتشمل، نظم الخطوط اليدوية، والمدفوعة بالعجلات، وذات الرشاشات ثابتة الوضع، والتنّقيط، والرشاشات الصغيرة. وهذه النظم تعمل على ري قطعة من الأرض بمعدل إضافة ثابت عبر الزمن. ومن ثم يمكن مزج مخاليط من المواد الكيماوية وتطبيقها أثناء فترة الري، وطول مدة التطبيق ستتحدد بناء على نوعية المواد الكيماوية التي يتم توزيعها. فبعض المواد الكيماوية لابد من أن يتم دمجها حتى تكون فعالة، مما يتطلب استخدام ماء كاف لتحريك المادة الكيماوية إلى داخل التربة. وهناك مواد كيماوية أخرى مثل نترات النيتروجين هي متحركة للغاية وينبغي تركها قرب سطح التربة لتفادي التلوث المحتمل للمياه الجوفية. أما المواد الكيماوية المستهدف تطبيقها على أوراق النباتات فينبغي أن يتم إضافتها فقط بواسطة نظم الرشاشات العلوية خلال نهاية كل دورة ري مع استخدام القدر الأدنى من الغسيل بالدفق.

أما نظم الري ذات الحركة المستمرة فتشمل، نظم الري المحورية، وذا الحركة المستقيمة، والمدفعي المتحرك، ونظم الري ذات العوارض العلوية المستخدمة في عمليات المشاتل والبيوت المحمية. وهذه النظم تقوم بري قطعة من الأرض بمقدار محدد سلفاً من الماء، ولكن بمعدلات إضافة متفاوتة (حيث سيكون معدل الإضافة عند البرج الأخير، لا سيما في تلك النظم التي تستخدم مدافع الرش الطرفية، أكبر من معدل

الإضافة عند نقطة المحور). ومن ثم لابد لمعدل حقن المواد الكيماوية أن يتوافق مع معدل الحركة. ولا يمكن استخدام مخاليط المواد الكيماوية مع مثل نظم الري تلك.

والجدول رقم (١٩,١) يقدم إرشاداً عاماً حول الانتظاميات التي يمكن تحقيقها، واعتماداً على التصميم، وطريقة التركيب والتشغيل فإن بعض النظم يمكن تصنيفها على أنها أعلى أو أقل مما هو موضح بالجدول. والفصل الخامس يوفر معلومات أكثر تفصيلاً حول انتظامية نظم الري.

ولابد لكافة مكونات النظام من أن تكون قادرة على الصمود أمام آثار التآكل بفعل المواد الكيماوية القاعدية والحامضية المحقونة بالتركيزات المتوقعة عند كل موضع. ومن ثم عليك بمراجعة جداول توافقية الخامات، وقُم بالتوفيق بين الخامات والمواد الكيماوية. فعلى سبيل المثال، نجد أن حمض الكبريتيك المركز لا يتوافق مع الأنابيب المصنوعة من مادة البلاستيك القاسي PVC، وأنه سرعان ما سيتسبب في وضع محفوف بالخطر، لكن مادة البلاستيك القاسي PVC تكون مقبولة حين يتم تخفيف الحمض بشكل كبير. وكقاعدة عامة، نجد أن المكونات المعدنية غير المطلية (فيما عدا الصلب المقاوم للصدأ "الاستنلس ستيل") ينبغي أن يقل استخدامها قدر المستطاع.

الجدول رقم (١٩,١). انتظامية نظم الري.

نظام الري	الانتظامية
المتحرك على عجل	مقبولة
الخطوط المتحركة يدوياً	مقبولة
الرشاشات ثابتة الوضع المثبتة أعلى الأشجار	مقبولة
الرشاشات ثابتة الوضع المثبتة أسفل الأشجار	ضعيفة
الرشاشات ثابتة الوضع المدفعية	ضعيفة
الرشاشات الصغيرة	مقبولة
الرش المدفعي المتحرك	ضعيفة
الري المحوري	جيدة
النظم السطحية	ضعيفة
التنقيط/النز	جيدة

(١٩,٥,٢) الاعتبارات الخاصة بالموقع

إن قرب نظام الري من المباني السكنية، والمحاصيل المجاورة، وشبكات الطرق، وساحات اللعب، والمناطق السكنية، ومصادر المياه السطحية مثل الترع والجداول والبحيرات، هو أمر لابد من أخذه بعناية في الاعتبار. فلابد من مراعاة سلامة الأفراد، والحياة البرية، والحيوانات الداجنة، وغيرها من المناطق غير المستهدفة.

(١٩,٥,٢,١) التضاريس

إن تضاريس الحقل يمكن أن تتسبب في اختلافات في الضغط عبر امتداد طول الخطوط الفرعية للري، مما يؤثر على انتظامية التوزيع. ونظم الري المحورية منخفضة الضغط، ونظم الري بالتنقيط هي الأكثر عرضة للاختلافات في الضغط التي يسببها الفاقد نتيجة المنسوب أو الاحتكاك. وكذلك فإن نظم الري بالرش يمكن أن تتأثر إذا كانت التغيرات في المناسيب تزيد على ٥ م. ويتطلب الأمر استخدام منظمات للضغط أو للتدفق على كل رشاش منفرد على امتداد طول الخط الفرعي للري. ويوصى باستخدام المنقطات الموازنة للضغط، للمحافظة على انتظامية النظام في نظم الري بالتنقيط.

(١٩,٥,٢,٢) المحصول

إن نوعية المحصول المزروع غالباً ما تحدد نوعية نظام الري الذي سيتم استخدامه. فنظم الري بالتنقيط غالباً ما يتم استخدامها مع محاصيل أشجار الفاكهة، والأعناب، وثمار الفراولة، وغيرها من المحاصيل البستانية، بسبب كفاءتها في إضافة الماء وقدرتها على التحكم في إضافة السماد بشكل مباشر إلى جذور النباتات (Doerge *et al.*, 1991; Burt *et al.*, 1995; California Fertilizer Association,1995; Rosen and Eliason, 1996). أما المحاصيل البستانية عالية الكثافة، فتحتاج إلى حدوث استجابة سريعة للشجرة بعد غرسها، وإلى نمو مبكر للثمار لتحقق عائداً استثمارياً. وعلى أي حال، فإن حقن بعض مبيدات الآفات الزراعية خلال نظام الري بالتنقيط لا يكون فعالا.

أما التوت البري ومحاصيل العلف فتناسبها بشكل جيد نظم الري بالرش. أما نظم الري بالرشاشات العلوية ونظم الري بالرشاشات المثبتة أسفل الأشجار، فيشيع استخدام كليهما في ري البساتين وكروم العنب وذلك لأسباب متنوعة. فأنظمة الري بالرشاشات العلوية، والمستخدمة للري، أو الوقاية من الصقيع، أو لتبريد المحصول على ثمار الأشجار أو ثمار التوت البري، يمكن تكييفها لعملية الري الكيميائي. ولابد من تحقيق حد أدنى لانتظامية التوزيع يبلغ ٨٠٪.

أما نظم الري المحورية، ونظم الري العلوية بالرشاشات ذات الحركة المستقيمة فيشيع استخدامها مع محاصيل الذرة والأعلاف، ولكن يمكن استخدامها مع أي محصول شريطة أن تكون الحقول كبيرة بما يكفي لاستيعاب المحور.

(١٩,٥,٢,٣) نوع التربة

إن أقصى معدل تسرب للماء خلال التربة والسعة التخزينية للماء المتاح في التربة، هي أمور تختلف باختلاف نوعية التربة. ويمكن لنوعية التربة أن تختلف بشكل كبير عبر كامل نطاق حقل واحد، مما يستلزم تغييراً في تشغيل نظام الري. فالتربة الخشنة يكون لها معدلات تسرب عالية ومع ذلك لا يمكنها إلا تخزين القليل جداً من الماء في نطاق حيز الجذور. وفي المقابل، نجد أن التربة الناعمة، يمكنها تخزين مقادير كبيرة من الماء، وإن كان لها معدلات تسرب منخفضة. ومن ثم فإن معدلات الإضافة العالية مع التربة الناعمة تزيد من إمكانية حدوث عملية الجريان السطحي، في حين أن مقادير الري الزائدة مع التربة الخشنة، تزيد من إمكانية تسرب المواد الكيماوية أسفل حيز جذور المحصول وإلى داخل المياه الجوفية.

ونظم الري الكيميائي، لابد أن يتم تشغيلها في حدود نوع التربة الموجودة، وذلك لتقليل إمكانية حدوث أي من الجريان السطحي، أو التسرب. وكذلك فإن فهم قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء هو أمر مهم للتأكد من أن المادة الكيماوية المضافة يتم تحريكها إلى عمق مناسب داخل التربة بالنظر إلى حجم المجموع الجذري للنبات.

(١٩,٥,٢,٤) الانجراف، والجريان السطحي المحتمل

إن عمليتي الانجراف والجريان السطحي، هما مسببان من المسببات الرئيسة للفقد فى المواد الكيماوية فى نظم الري الكيميائي.

ويمكن لعملية التسرب أيضاً أن تكون من مسببات الفقد فى المواد الكيماوية. والظروف البيئية أثناء التطبيق، ونوعية الرشاشات، ونوعية المادة الكيماوية المستخدمة، والظروف المناخية بعد التطبيق، تؤثر جميعها في حجم ومقدار الفقد في المواد الكيماوية.

والماء المتصرّف من بعض فوهات الرشاشات تحت الضغط يظهر في صورة رذاذ دقيق. ومقدار الانجراف المادي سيعتمد على، نوع الرشاشات، وضغط النظام، وسرعة الرياح، وارتفاع وكثافة المحصول. وجزء من الرذاذ يتبخر في إطار المنطقة المبللة، تعترضه النباتات والتربة، أو تحمله الرياح إلى خارج المساحة المستهدفة. والانجراف بفعل الرياح يمكن أن يتسبب في وضع محفوف بالمخاطر فعلياً. ومن ثم لا يجب أن يتم إجراء عملية الري الكيميائي إن كانت ظروف الرياح قوية بما يكفي لإحداث انجراف واضح باتجاه المناطق غير المستهدفة. وهناك بعض العلامات التجارية لبعض مبيدات الآفات، والتي تحمل عبارات تحظر تطبيق استخدام تلك المبيدات حين تتجاوز سرعات الرياح حدّا معيناً.

وكثير من نظم الري المحورية ستقوم بإغلاق مدفع الرش الطرفي بينما هي تتحرك حول أرجاء الحقل وذلك لتفادي تطبيق الماء على الطرق أو المباني أو الممرات المائية. وفى مثل هذه الحالات، غالباً ما يتم إغلاق مدفع الرش الطرفي خلال عملية الري الكيميائي بالكامل وذلك لتفادي التغيرات الحادثة في ضغط النظام حيث إن مدفع الرش يدور داخل أو خارج مختلف مناطق الحقل، لأن ذلك يمكن أن يسبب انتظاميات سيئة على امتداد طول الخط الفرعي بالكامل. والجمع بين الضغوط العالية، والقطرات الصغيرة الناتجة، ومدافع الرش الطرفية التي يتم تعليقها على ارتفاع ما بين ٣ إلى ٤ م

مباشرة أعلى الخط الفرعي، هو أمر يخلق فرصة أكبر لحدوث انجراف للمواد الكيماوية، فيما وراء منطقة التطبيق المستهدفة.

أما عملية الجريان السطحي فتعتمد ليس فقط على معدل إضافة نظام الري، وعلى معدل التسرب للتربة، لكنها تتأثر كذلك بعوامل مثل ميل الحقل، والمجموع الخضري السطحي، وكثافة المحصول، ورواسب سطح التربة. ونظم الري التي تقوم بتطبيق استخدام المواد الكيماوية لابد من أن يتم تصميمها وتشغيلها بحيث تحول دون حدوث أي عملية جريان سطحي. وبعض المناطق ستحتاج لأن يتم احتواء عملية الجريان السطحي قبل أن تغادر حدود ملكية الأرض أو منطقة الاستخدام. ويستدعي الأمر إعادة استخدام الماء المعالج على المحصول أو الموقع المعالج. وتعمل القيود الواردة على بطاقة العلامة التجارية للمادة الكيميائية المستخدمة على حظر استخدام الماء المعالج على محاصيل أو مواقع غير المدرجة على بطاقة العلامة التجارية للمادة الكيماوية.

(١٩,٥,٣) الاعتبارات الخاصة بتصميم نظم الري بالرش

إن نظم الري بالرش والمستخدمة لإضافة المواد الكيماوية، ينبغي أن يتم تصميمها بمعامل انتظامية يبلغ على الأقل ٨٠٪ ومن المفضل أن يبلغ ٩٠٪ إن أمكن. وحتى بالنسبة للانتظاميات البالغة ٩٠٪، نجد أن نسبة عمق الري المستخدم في أحد أجزاء الحقل مقارنة بجزء آخر يمكن أن تكون عالية حتى ٣:١. ويمكن فقط الحصول على معامل انتظامية يبلغ ٨٠٪ من خلال تصميم نظم الرش وفقاً لمعايير الحد الأدنى التالية:

- الحد الأقصى للاختلاف في الضغط على طول الخط الفرعي لا يجب أن يتجاوز ٢٠٪ من ضغط تشغيل الرشاش، ويفضل لاختلاف الضغط أن يبلغ ١٠٪ (أو أقل). ولابد من استخدام فوهات للتحكم في التدفق إذا ما تجاوزت فروق الضغط قيمة ٢٠٪. ومن الخيارات الأخرى استخدام منظمات الضغط عند حوامل الرشاشات التي تعمل عند ضغوط تتجاوز ضغط التشغيل الطبيعي.

• بالنسبة لنظم الرش الثابتة، نجد أن المسافة بين الرشاشات على طول الخط الفرعي، والمسافة بين الخطوط الفرعية نفسها لا يجب أن يتجاوز ٥٠٪ من قطر البلل للرشاش. وإذا كانت سرعة الرياح السائدة تتجاوز ٥ كم/ساعة، فينبغي خفض المسافات إلى نحو ٤٠٪ من القطر البلل.

• ويجب أن يتم تشغيل الرشاش وفقاً للضغط الذي يوصي به الصانع، وذلك لتوفير تفتيت ملائم لمسار دفق الماء من أجل التوزيع السليم.

• ويجب للرشاش أن تكون له نوبة دوران أقل من ١ دقيقة، وأن يتم تشغيل النظام لنحو ١٥ دقيقة على الأقل عند إجراء عملية الري الكيميائي لتحسين الانتظامية.

(١٩,٥,٤) الاعتبارات الخاصة بتصميم نظام الري الدقيق

نظم الري الدقيق تشمل نظم الري بالنز أو بالتنقيط والتي تقوم بإضافة مياه الري بشكل مباشر إلى التربة المحيطة بجذور النبات بدلاً من إضافتها على الحقل بأكمله. وكافة نظم الري الدقيق ينبغي أن يتم تصميمها بحيث يكون في الإمكان حقن المبيدات الحيوية، والأسمدة، وغيرها من المواد الكيماوية، وإضافتها بشكل منتظم خلال نظام الري. ويقدم الري الدقيق بطبيعته منافع عظيمة فيما يخص حقن وإضافة المواد الكيماوية. وتتوافق المحتويات المائية للتربة وحجم التربة المبللة، في أنهما يميلان في رفع كفاءة امتصاص النبات لكثير من المواد الكيماوية. أما العناصر المغذية القابلة للذوبان في الماء، فيمكن حقنها عن قرب حتى تتوافق مع احتياجات المحصول، مما يزيد من كفاءات استخدام العناصر المغذية، ويقلل من التكاليف.

ونظم الري الدقيق يمكن تشغيلها بحيث تحقق انتظامية تنقيط تبلغ ٩٠٪ إذا ما تم توخي الحذر عند تخطيط وتصميم النظام. فالنظام ينبغي أن يتم تصميمه وتشغيله لتحقيق انتظامية التوزيع العالية هذه لتفادي التسرب غير المرغوب فيه، ولضمان الحصول على انتظامية توزيع جيدة حيث إن انتظامية توزيع المواد الكيماوية لا يمكن لها أن تتجاوز انتظامية توزيع الماء.

ونظم الري الدقيق تعمل بكفاءات تقع في المدى بين ٨٥٪ و٩٥٪ بالمقارنة بنظم الري بالرش، والتي تنحصر كفاءاتها في المدى من ٦٠٪ إلى ٨٠٪. ومن ثم، فنظم الري الدقيق تعتبر نظماً متفوقة بكثير على أغلب نظم الري بالرش فيما يخص عملية الري الكيميائي. أما نظم الري المحورية منخفضة الضغط ذات الأنابيب الساقطة، فهي النظم الوحيدة التي تستطيع أن تقارب كفاءة أداء نظم الري بالتنقيط. وعلى كل الأحوال، فإن هذه النظم تتصف بقدرة محدودة على إضافة مبيدات الحشائش والمبيدات الحشرية بشكل فعال.

العوامل التي ينبغي أخذها في الحسبان عند تصميم نظم الري الدقيق لإجراء عملية الري الكيميائي، هي:

• لابد للمسافات بين المنقطات أن تضمن ما لا يقل عن ٦٠٪ من المجموع الجذري للنبات يتم ريه خلال المواسم الأكثر جفافاً.

• لابد للمنقطات المختارة من أن تعمل علي توفير انتظامية جيدة، وأن تتوافق مع التضاريس، ونوع المحصول، ونوعية المياه المتاحة. ولابد من زيادة خصائص التدفق واستمرارية المنتج. ولابد لمعامل الاختلاف المصنعي أن يكون أقل من ٠,٠٥ والأفضل أن يكون ٠,٠٣. واختبار معدلات التدفق للمنقطات عند بداية ونهاية المنطقة، هو أمر سيؤكد على أن انتظامية معدل التدفق هي في إطار الحدود المقبولة.

• إذا لم يتم استخدام المنقطات المعادلة للضغط، فينبغي لنطاق ضغط تشغيل المنقط من أن يظل في حدود ± ١٠٪ من ضغط تشغيل المنقط.

• كافة حاقنات المواد الكيماوية ينبغي أن يتم ترشيحها. وينبغي أن يتم الحقن بعد المضخة، وقبل المرشحات المنخلية الوسطى أو النهائية، وذلك لحصر أي مواد غير ذائبة. وينبغي دوماً لتركيبات الحقن أن تعمل على توفير مزج كامل وتركيزات متماثلة قبل أن تصل المواد الكيماوية إلى الحقل. وينبغي أن يتم حقن المواد إلى داخل منتصف تدفق الماء لضمان التخفيف السريع لها بالماء، وذلك لخفض تحلل خزانات المرشحات،

والأنابيب، والصمامات، وغيرها من المكونات الأخرى. وبوجه عام، لا ينبغي لمعدلات الحقن أن تتجاوز ١٪ من معدل تدفق المياه في النظام على الرغم من أن حدود التركيز (على سبيل المثال، للكلور) والاشتراطات الواردة في بطاقات العلامات التجارية، عادة ما تكون أقل.

• حقن المواد الكيماوية غالبا ما يزيد من قابلية تعرض المنقطات للانسداد. وهناك العديد من المنتجات العالمية التى يتم الترويج لها باعتبارها مبيدات حيوية، وأسمدة، ومنظفات شاملة للمنقطات أو خطوط الأنابيب. وهذه المنتجات ينبغي استخدامها فقط إذا كان في الإمكان التحقق من هذه المزاعم بواسطة بحوث محايدة عالية الكفاءة. فالكثير من هذه المواد عالية التكلفة، وهي فقط تعالج الأعراض دون أن تعمل على علاج المشكلات الكامنة وراءها، ومن ثم، فهي في نهاية المطاف تفشل. (P.745)

(١٩,٥,٥) الاعتبارات الخاصة بتصميم النظم السطحية

إن عملية الري الكيميائي مع نظم الري السطحية عادة ما تنطوي فقط على الأسمدة أو غيرها من محسنات التربة (مثل مركب PAM). أما مبيدات الآفات فنادراً ما يتم حقنها خلال نظم الري السطحية بسبب الاعتبارات البيئية نتيجة لعملية الجريان السطحي.

ولابد من أن يتم تصميم دورات الري وإدارتها بحيث تضمن أعلى انتظامية توزيع ممكنة خلال عملية الري الكيميائي. أما الخيارات المتاحة لتحقيق الانتظامية العالية فتشمل زيادة التدفق، وخفض أطوال الخطوط، لاسيما على التربة المتشققة. ولابد أن تكون هناك تدابير خاصة بتجميع وإعادة استخدام كل الماء الخلفي. والماء الخلفي لابد من إعادة استخدامه على نفس المنطقة قدر الإمكان. ولا يجب لدورات الحقن ان تتجاوز الوقت المطلوب لكل منطقة، بحيث تتلقى كل منطقة المقدار الصحيح من المواد الكيماوية. والمواد الكيماوية يتم حقنها بشكل نمطي فقط لحوالي نصف زمن الري الإجمالي، وهناك العديد من البدائل المتاحة.

أحد الخيارات هو بدء الحقن بعدما يكون الماء قد سار إلى حوالي نصف طول الخط أو الشريحة، وذلك لتقليل التسرب المفرط عند رأس الحقل. وعلى كل الأحوال، فإن التحكم في الماء الخلفي، وضمان التوزيعات المتماثلة، هما من الأمور الصعبة جداً. والأكثر شيوعاً هو أن كل منطقة يتم ريها لنفس الفترة الزمنية بنفس تركيزات ومعدلات التدفق.

ولابد من أن يتم حقن المواد الكيماوية بشكل متواصل إلى داخل إمدادات الماء الواردة بمعدل ثابت على مسافة كافية في منبع تيار التدفق لضمان المزج السليم طوال مدة كل فترة حقن. ويمكن إضافة الأسمدة ومحسنات التربة في صورة سائلة أو في صورة مسحوق، إلى إمدادات الماء الواردة من خلال أجهزة تعمل بدفع الجاذبية أو بآلات تعمل بالبطاريات. أما الغازات مثل الأمونيا اللا مائية، فغالباً ما يتم حقنها بواسطة خرطوم يتم إقحامه إلى داخل القناة أو الأنبوب باستخدام ضغط الخزان لتزويد العملية بقدرة الدفع اللازمة.

(١٩,٥,٦) اعتبارات عملية

بالإضافة إلى الاعتبارات الخاصة بانتقاء النظام وتصميمه، هناك أيضاً الكثير من الاعتبارات التشغيلية الواجب مراعاتها من أجل ضمان تنفيذ برنامج فعال لعملية الري الكيميائي بطريقة آمنة.

(١٩,٥,٦,١) فحص النظام

لابد من أن يتم غسيل معدات الحقن والأمان بالدفق لمنع تراكم المواد المترسبة في معدات الحقن. فمضخة الحقن، وخطوط أنابيب الحقن، وصمام الكبح على خط أنابيب الحقن، لابد من أن يتم غسلها جميعاً بالدفق بعد كل استخدام. وهذه المعدات لابد من أن يتم غسيلها بالدفق باستخدام ماء نظيف أو غيره من المحاليل الأخرى بحسب ما هو موضح ببطاقة العلامة التجارية للمادة الكيميائية.

وكافة معدات الحقن والأمان لابد من أن يتم التفتيش عليها قبل كل عملية من عمليات الري الكيميائي. ولابد للعامل من أن يتبع توصيات الصانع فيما يخص تنظيف

وصيانة تلك المعدات. فالتفتيش على تلك الأجهزة سيقلل إلى الحد الأدنى من احتمالية تعطلها عن العمل. ولابد من أن يتم تشحيم الأجزاء المتحركة كلما اقتضت الضرورة قبل كل عملية من عمليات الري الكيميائي، وقبل التخزين في غير أوان الموسم من أجل الحفاظ على المعدات.

ولابد من أن يتم إصلاح أو استبدال صمام الكبح على خط أنابيب الري إذا ما لوحظ به أي تسريب. ولا ينبغي للعامل أن يقوم بأداء عملية الري الكيميائي إذا ما كان صمام الكبح هذا يسرّب. وتذكر أن المصرف منخفض الضغط هو من أجل الدعم فقط.

والمصرف منخفض الضغط لابد من أن يتم فحصه قبل كل عملية ري كيميائي. فإذا كان المصرف يعمل بشكل جيد، ينبغي لبعض الماء أن يتم تصريفه من المخرج في أعقاب بدء التشغيل مباشرة. وينبغي أن يتم إغلاق صمام المصرف هذا في نهاية الأمر، مع ازدياد ضغط النظام.

ولابد من أن يتم فحص صمام الكبح على خط الحقن لمنع التدفقات المرتدة، وإزالة خط الحقن من جانب الدخول في صمام الكبح على خط أنابيب المواد الكيماوية، ومراقبة ما إذا كان هناك أي تسرب خلفي يظهر أم لا عند عودة ضغط نظام الري. ويجب القيام بتنفيس أي هواء أو ضغط محبوس في خط الحقن قبل الإزالة. وكذلك، يمكن فحص صمام الكبح على خط حقن المواد الكيماوية لاكتشاف أي تسرب في الاتجاه الطبيعي للتدفق من مدخل الحقن. ولفحص الصمام، نقوم بإدخال طرف التصريف لصمام الكبح الخاص بخط الحقن داخل دلو وتشغيل مضخة الحقن. ونقوم بضخّ بعض المواد الكيماوية أو الماء خلال النظام، ثم إغلاق مضخة الحقن ومراقبة ما إذا كان يظهر أي تسرب من خلال صمام الكبح الخاص بخط حقن المواد الكيماوية.

كذلك ينبغي فحص نظام التعشيق قبل كل استخدام، حيث إن مفاتيح التحويل وغيرها من المفاتيح يمكن أن تتعطل بعد الصمود أمام تأثير الجو والتآكل.

وأخيراً، يجب فحص وصلات نظام الري ومثبتاته، والفوهات، وفحص فوهات النظام، ومنافذ مخارجه للتأكد من حالتها والقدرة على التشغيل. وفحص كافة المثبتات، والوصلات في النظام لتفادي حالات التسرب والإفراط المحتمل أثناء التطبيق.

وينبغي على العمال أن ينفذوا عملية الري الكيميائي فقط باستخدام معدات سلامة وحقن موثوق بها وجيدة الصيانة. فعملية الري الكيميائي يمكن أن تكون عملية آمنة نسبياً شريطة أن يتم اتخاذ تدابير ملائمة.

(١٩,٥,٦,٢) خصائص تشغيل عملية الري

إن الخصائص الفيزيائية لنظم الري، والتي تؤثر على انتظامية الحقن الكيميائي، تشمل ما يلي:

- تشتت المادة المذابة يظهر مع انتقال المادة الكيماوية عبر خط أنابيب الري. واحتكاك جدران الأنابيب المؤثر على حركة المائع هو المسبب لهذا التشتت. فطلقة المواد الكيماوية المحقونة في نظام للري تصبح منتشرة بينما تتحرك وتنتقل المادة الكيماوية مع ماء الري.
- احتواء خط الري الرئيس على مقدار كبير من الماء. ولابد من مراعاة كل من، وزمن الترحال اللازم للمادة الكيميائية لكي تصل إلى نقطة التفريغ، والزمن اللازم لغسيل النظام بالدفق. فنظام الري لابد من أن يتم غسيله بالدفق بعد اكتمال عملية الحقن. وينبغي على العامل أن يقوم بغسيل نظام الري بالدفق لفترة تتراوح ما بين ١٠ و١٥ دقيقة بعد كل دورة حقن كيميائي.
- اختلاف معدل التدفق عند التشغيل لكل منطقة.
- لنظم الري الثابتة، بوجه عام، تزداد انتظامية التطبيق مع طول زمن الدورة. من ثم فالمواد الكيماوية التي تحتاج إلى زمن إضافة قصير يكون من الصعب إضافتها بشكل متماثل.
- لنظم الري الدائمة الحركة مثل نظم الري المحورية، فإن مقدار المادة الكيماوية التي يمكن إضافتها يعتمد على سرعة الدوران وتركيز المحلول الكيمياوي. ويمكن

للمحلول الكيمياوي المتوافر أن يحدد سرعة دوران نظام الري. ويجب التأكد من أن السرعة المختارة ستعمل على توفير انتظامية إضافة جيدة.

(١٩,٥,٦,٣) إرشادات التشغيل

الخطوات التالية يمكن استخدامها للتأكد من أن نظام الري الكيميائي يعمل بكفاءة:

١- القيام بإعداد ورقة عمل توضح المناطق، ومعدل التدفق لكل منطقة، والمساحة التي تغطيها النباتات بالمنطق، ومعدل الحقن، وزمن الحقن. فهذا الأمر مفيد كمرجع مستقبلي.

٢- لابد لأنابيب الري من أن تكون مملوءة كلياً وتحت الضغط قبل بدء عملية الري الكيميائي.

٣- نظم الري ذات مجموعة الرشاشات الثابتة يفضل وينبغي أن يتم تشغيلها لمدة ساعة واحدة لتحقيق انتظامية إضافة جيدة، ولا يكون هذا الأمر ممكناً مع كل تطبيقات عملية الري الكيميائي، لكن الحد الأدنى لزمن الإضافة هو ١٥ دقيقة.

٤- الأسمدة والمواد الكيماوية الزراعية الأخرى (فيما عدا الكلور) لا ينبغي أبداً تركها في خطوط الأنابيب حين لا يعمل النظام. فطريقة "الربع" العامة المجربة هي أن عملية الري الكيميائي ينبغي أن تبدأ بعد "ربع" زمن دورة الري، ولابد للحقن أن يظهر خلال الربعين الأوسطين، وأن يتم الغسيل بالدفق لخطوط الأنابيب بالماء النظيف خلال الربع الأخير في زمن دورة الري. (انظر الجزء التالي للاطلاع على المزيد من المعلومات). وحقن مبيدات الآفات، والأسمدة لابد أن تكون بجرعات صغيرة ومتكررة تتلاءم مع جدولة فترات الري والتي تتناسب واستخدام النبات للماء لتجنب التسريب غير المرغوب فيه. وبالمثل، لا ينبغي أبداً إجراء تطبيقات الماء المفرطة (أو الجائرة) لغسيل أملاح التربة، وذلك عندما تكون بصدد حقن المواد الكيمياوية (باستثناء الكلور).

٥- لابد أن يتم غسيل النظام بالدفق بعد اكتمال عملية الري الكيميائي. ولابد من أن يتم تشغيل نظام الري لفترة طويلة بما يكفي لتطهير كافة خطوط الأنابيب من المواد الكيماوية التي يتم استخدامها. فإذا ما تم إغلاق نظام الري قبل أن تخرج كافة المواد الكيماوية من الخطوط الفرعية، فعندئذ ستضاف مواد كيمياوية زائدة عند الأماكن المنخفضة حيث يخرج الماء من خلال المنقطات أو الرشاشات، أونظام الصرف. ومن ثمّ، فإن المادة الكيماوية المستهدفة لنهاية خطوط الأنابيب لن تصل إلى المنطقة المستهدفة. وبعض المواد الكيماوية قدّ تتسبب في انسداد الفوهات أو المنقطات إن لم يتم غسيلها بالدفق بشكل كامل إلى خارج النظام. وقد تكون فترة غسيل بالدفق لمدة ٣٠ دقيقةكافية مع أغلب النظم، اعتماداً على تصميم النظام، وعلى الرغم من أن النظم ذات خطوط الأنابيب الرئيسة الطويلة وكبيرة الحجم قد تتطلب فترات زمنية أطول لغسيل النظام بالدفق.

٦- يمكن إجراء فحص بالصبغة لتحديد الزمن اللازم لخروج آخر المواد الكيماوية من آخر الرشاشات أو المنقطات. ويمكن خفض مقدار زمن الغسيل بالدفق من خلال حقن المادة الكيماوية عند منطقة التحكم في بعض النظم.

٧- مزج المحلول بشكل منفصل لكل منطقة هو أمر يقلل من احتمالية الخطأ خلال عملية التطبيق ويسمح بإجراء عملية غسيل جيدة بالدفق لنظام الري وذلك لرفع انتظامية التطبيق. وإذا ما تم استخدام آلية تحكم قادرة على برمجة الحقنات أثناء جدولة الري المتبعة، عندئذ يمكن مزج خزان لدفعات مخاليط المواد الكيماوية لكافة المناطق. ومن ثم، فإن مقدار المادة الكيماوية المضافة لكل منطقة سيتم التحكم فيه عندئذ من خلال ضبط توقيتات الحقن.

٨- عند إضافة المواد الكيماوية التي تلحق الضرر بمجموع أوراق المحصول، عندئذ ينبغي تشغيل نظام الري مدة طويلة بما يكفي بعد عملية الري الكيميائي للتأكد من أن المادة الكيماوية قد تم غسلها.

٩- قد يتطلب الأمر إجراء معالجات ما بعد الحقن، لتفادي تراكم الطحالب، أو الأوحال، أو المواد المترسبة والتي تسبب انسداد نظم الريّ الدقيق. والتركيزات العالية للكربونات و/أو الحديد في بعض مياه الري قد تتفاعل مع الأسمدة مسببة مركبات كالسيوم أو حديد غير قابلة للذوبان في الماء. وكذلك فإن أنواعاً معينة من البكتريا يمكنها أن تعمل على ترسيب الحديد كمنتج ثانوي لعملية الأيض الحيوي وتنتج أوحالاً أو مواد شبيهة بالجيلاتين داخل خطوط أنابيب الري. وكذلك فإن نمو الطحالب قدّ يتحسن بإضافة العناصر المغذية إلى الماء. وقد يتطلب الأمر اللجوء إلى إجراءات صيانة خاصة مثل إضافة الكلور إلى الماء (عملية الكلوَرة)، وإضافة مبيدات الطحالب، أو مبيدات البكتريا، والمعالجة المسبقة للماء بالعناصر الحلقية الاتحاد مع الفلزات، وذلك عند إجراء عملية الرسمدة مع نظم الري.

١٠- لابد من فحص حامضية التربة، لا سيما عند إضافة أسمدة الأمونيوم خلال نظام الري بالتنقيط. والحامضية ستعتمد على قدرة التربة على تحملها. واختيار مصدر تسميد ملائم هو أمر سيقلل من مشكلات الحامضية. والمعالجة بالجير (الكلس) قد تكون أيضاً من البدائل.

(١٩,٥,٦,٤) تحديد عمق تطبيق المواد الكيماوية

الأسمدة التي يتم تطبيقها من خلال نظام الري حتى تكون فعالة، لابد أن يتم تخزينها في حدود الحيز الجذري للنباتات. وتطبيقات الري التي تتجاوز قدرة التربة على تخزين الماء تسبب حدوث تسرب أسفل منطقة عمق المجموع الجذري للنباتات. والعمق المعين في التربة، والذي يتم إضافة الأسمدة أو المواد الكيماوية إليه، يمكن أن يتم تحديده من خلال معدل الإضافة لنظام الري، ومدة الري، وقوام التربة، ومحتوى رطوبة التربة قبل بدء عملية الري الكيميائي. والجدول رقم (١٩,٢) يقدم لنا دليلاً إرشادياً لتحديد محتوى رطوبة التربة التقريبي باستخدام طريقة التحسس باليد. وتتوافر الكثير من طرق ومنتجات مراقبة التربة لتحديد محتوى رطوبة التربة، بعض منها تمت مناقشتها في موضع آخر من هذا الكتاب.

الجدول رقم (١٩,٢). رطوبة التربة ومظهرها ووصفها. (وزارة الزراعة والأراضي بإقليم كولومبيا البريطانية، ٢٠٠٦).

الماء المتاح[أ]	ملمس أو مظهر التربة			
	الرملية	الرملية اللومية	اللومية/الطمية اللومية	الطينية اللومية/الطينية
أكبر من ١٠٠٪ (قريب من التشبع)	الماء الحر يظهر عند عصر التربة باليد	الماء الحر ينطلق عند عجن التربة (باليد)	يمكن عصر الماء الحر (من التربة).	برك صغيرة؛ الماء الحر يتكون على السطح
١٠٠٪	عند عصر التربة باليد لا يظهر أي ماء حر على التربة، ولكنها تترك شكل كرة مبللة على اليد. (٨٠)[ب]	تبدو داكنة للغاية. وعند اعتصارها لا يظهر أي ماء حر على التربة، ولكنها تترك شكل كرة مبللة على اليد. صانعة أشرطة قصيرة. (١٢٥)[ب]	تبدو داكنة للغاية. وعند اعتصارها يظهر ماء حر على التربة، ولكنها تترك شكل كرة مبللة على اليد. صانعة أشرطة قصيرة تبلغ حوالي ١ بوصة. (١٧٠)[ب]	تبدو داكنة للغاية. وعند اعتصارها لا يظهر أي ماء حر على التربة، ولكنها تترك شكل كرة مبللة على اليد. صانعة أشرطة قصيرة تبلغ حوالي ٢ بوصة. (٢١٠)[ب]
من ٧٥٪ إلى ١٠٠٪	تميل لأن تتماسك سوياً قليلاً، وأحياناً ما تكوّن كرة ضعيفة بالضغط. (٧٠ إلى ٨٠).[ب]	داكنة تماماً. تكوّن كرة ضعيفة، تتفتت بسهولة. ولن تكون زلقة. (١٠٠ إلى ١٢٥).[ب]	ملونة بشكل داكن. وتكوّن كرة، وهي طيّعة (سهلة التشكيل) للغاية، وتكون زلقة بفعل ما إذا كان الطين بها مرتفعاً. (١٢٥ إلى ١٧٠).[ب]	ملونة بشكل داكن. سهلة في تكوين الأشرطة فيما بين الأصابع، ولها ملمس زلق. (١٦٠ إلى ٢١٠).[ب]
من ٥٠٪ إلى ٧٥٪	تبدو كأنها جافة، ولن تكوّن شكل كرة بالضغط. (٤٠ إلى ٧٠).[ب]	داكنة نوعا ما. تميل لتكوين شكل كرة مع الضغط، ولكنها نادرا ما تتماسك سويا. (٧٠ إلى ١٠٠)[ب]	داكنة نوعا ما. تقوم بتكوين شكل كرة لدنة نوعا ما، وأحيانا ما ستكون زلقة slick مع الضغط. (٨٠ إلى ١٢٥)[ب]	داكنة نوعا ما. تقوم بتكوين شكل أشرطة ribbons كرات فيما بين الإبهام والسبابة. (١٠٠ إلى ١٦٠)[ب]

تابع الجدول رقم (١٩,٢).

الماء المتاح[أ]	ملمس أو مظهر التربة			
	الرملية	الرملية	الرملية	الرملية
من ٢٥٪ إلى ٥٠٪	تبدو كأنها جافة، ولن تكوّن شكل كرة بالضغط. (٢٠ إلى ٤٠)[ب]	ملونة بشكل خفيف. وتبدو كأنها جافة، ولن تكوّن شكل كرة. (٣٠ إلى ٧٠)[ب]	ملونة بشكل خفيف. متفتتة نوعاً ما، ولكنها تتماسك سوياً بالضغط. (٤٠ إلى ٨٠)[ب]	داكنة بشكل خفيف. وهي طيّعة (سهلة التشكيل) نوعاً ما، تقوم بتكوين شكل كرة مرنة في ظل الضغط. (٥٠ إلى ١٠٠)[ب]
من ٠٪ إلى ٢٥٪	جافة، مخلخلة، منفردة الحبيبات، تتدفق عبر الأصابع. (٠ إلى ٢٠)[ب]	ملونة بشكل طفيف للغاية. جافة مخلخلة، تتدفق عبر الأصابع. (٠ إلى ٣٠)[ب]	ملونة بشكل طفيف. تشبه المسحوق، جافة، وأحياناً متقشرة بشكل طفيف، لكنها سهلة التكسُّر إلى حالة شبيهة بالمسحوق. (٠ إلى ٤٠)[ب]	ملونة بشكل طفيف. صلبة، محمصة، متشققة، وأحياناً ما يعلو سطحها فتات مخلخلة. (٠ إلى ٥٠)[ب]

(أ) الماء المتاح هو الفرق بين السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائمة.

(ب) الأرقام المحصورة بين الأقواس هي محتويات الماء المتاح معبر عنها بالملليمترات من الماء لكل متر من عمق التربة.

(١٩,٦) حساب معدلات الحقن

إن حساب معدل الحقن سوف يساعد على التأكد من أن المشغل يمكنه إكمال عملية الري الكيميائي في الإطار الزمني المحدد، وأن يقرر أن كل المادة الكيماوية يمكن إضافتها، والتأكيد على ما إذا كانت الحاقنة بمقدورها ان تقوم بإضافة الجرعة المرغوبة أم لا. ولضمان أفضل أداء، لا ينبغي لمعدل الحقن المستخدم أن يبلغ النهاية الدنيا أو النهاية العليا لنظام الحقن.

وزمن الحقن دوماً ما سيحدد معدل الحقن. ففي حالة النظم المحورية على سبيل المثال، والتي ستتم مناقشتها تحت البند رقم (١٩,٦,٣)، نجد أن زمن الحقن هو الزمن الذي يستغرقه الجهاز المحوري لإتمام دورة واحدة. أما بالنسبة لنظم الرشّ المدفعي المتحركة، فنجد أن الزمن الذي يستغرقه مدفع الرش لتغطية شريحة واحدة سيكون هو نفسه زمن الحقن. أما نظم الري بالتنقيط والتي تتغير من منطقة إلى أخرى خلال عملية الري الكيميائي، فسيتم ضبط زمن الحقن لها من خلال زمن التشغيل للمنطقة.

والطرق الثلاثة التالية – طريقة الحقن بالوزن، والحقن بالحجم، والحقن بمعدل الحقن – يمكن أن يتم استخدامها في تقدير معدل الحقن. ونوعية نظامي الري والحقن، ونوعية المادة الكيماوية المستخدمة، غالباً ما ستحدد الطريقة الواجب اتباعها.

(١٩,٦,١) طريقة الحقن بالوزن

إن طريقة الحقن بالوزن غالباً ما يتم استخدامها مع الأسمدة الحبيبية، والحاقنات تفاضلية الضغط، والحاقنات من نوع الفنتوري. وهذه الطريقة تعمل بشكل طيب مع نظم خطوط الري اليدوية، ونظم الري المدفوعة بالسواقي، وغيرها من نظم الري بالرش ثابتة الحركة، والتي يتم استخدامها لإضافة الأسمدة. والخطوات التالية يجب اتباعها من أجل تحديد معدل حقن الأسمدة باستخدام طريقة الحقن بالوزن:

١- تحديد مقدار العناصر المغذية التي يفترض إضافتها لكل هكتار.

٢- باستخدام النسبة المئوية للعناصر المغذية المتاحة والمتوفرة في السماد، يتم حساب المقدار الكلي للسماد المفترض إضافتها لكل هكتار. فعلى سبيل المثال، إذا كان ٥٠ كجم من النتروجين N مطلوباً للهكتار الواحد، وكان تركيز السماد يبلغ ١٥٪ نتروجين N، من ثم فإن ٣٣٣ كجم من السماد لابد من أن يتم إضافته للهكتار الواحد.

٣- حساب المساحة المفترض تغطيتها بكل دورة لنظام الري. ويمكن إتمام هذا الحساب باستخدام المسافة بين الرشاشات، وتحديد عدد الرشاشات العاملة على المنطقة المفترض تغطيتها. ومن المهم أن نتذكر أن نفس المقدار من المادة الكيماوية يجب أن يتم إضافته خلال كل دورة لنظام الري من أجل أن ينال الحقل بأكمله تغطية متماثلة.

٤- تحديد المقدار الإجمالي للسماد المفترض إضافته من خلال ضرب الكمية المفترض إضافتها للهكتار الواحد في كامل المساحة المفترض تغطيتها أثناء الدورة الواحدة لنظام الري. والقيام بتجهيز هذا المقدار من السماد في خزان بحيث يبقي المحلول في صورة معلّق. وسيتم إضافة كل هذا المحلول خلال دورة الري.

٥- تحديد زمن الحقن المرغوب، والتأكد من أن هناك زمناً كافياً من أجل البدء اللائق للتشغيل، ومن أجل غسيل النظام بالدفق. وإذا كان من المفترض إضافة السماد إلى عمق معين في التربة، راجع المعلومات السابقة في الجزء (١٩,٥,٦,٤).

٦- معدل الحقن سيكون هو مقدار المحلول الموجود في الخزان مقسوماً على زمن الحقن المنتقى.

في حالة استخدام إحدى الحاقنات تفاضلية الضغط بدون غشاء، فإن تركيز السماد داخل الخزان سينخفض حيث ستتم إزاحة المحلول بواسطة الماء الوارد. ولابد من توخي الحذر للتأكد من أن هناك زمناً كافياً لتوزيع كامل محلول السماد.

(١٩,٦,٢) طريقة الحقن بالحجم

إن طريقة الحقن بالحجم تشبه طريقة الحقن بالوزن، ولكنها تستخدم مع محاليل العناصر المغذية بدلاً من الأسمدة الحبيبية.

وهذه الطريقة غالباً ما يتم استخدامها مع نظم الري ذات الرشاشات الثابتة، أو مع نظم الري ثابتة الحركة بالنزّ أو بالتنقيط. ويمكن مع هذه الطريقة استخدام كافة أنواع الحاقنات، ولكن الأنواع الأكثر شيوعاً هي الحاقنات المدفوعة بقدرة الماء، والحاقنات المدفوعة بقدرة المضخات، بالإضافة إلى الحاقنات من نوع فنتوري. والخطوات التالية من الواجب اتباعها لتحديد معدل الحقن للأسمدة باستخدام طريقة الحقن بالحجم:

١- بشكل مماثل للخطوات المتبعة في طريقة الحقن بالوزن، يتم حساب مقدار العناصر المغذية المفترض توزيعها على كل هكتار، والمساحة التي يغطيها الري.

٢- لابد من معرفة كثافة المحلول لتحديد كمية السماد المشمول في المحلول. فعلى سبيل المثال، محلول بكثافة تبلغ ١,٣ كجم/لتر سيحتوي على ١,٣ كجم من السماد الذائب في كل لتر من الماء.

٣- لابد من معرفة تركيز العناصر المغذية في السماد لتحديد مقدار المحلول الواجب إضافته.

٤- يمكن حساب مقدار المحلول اللازم إضافته للهكتار الواحد باستخدام تركيز السماد وكثافة المحلول. فعلى سبيل المثال، إذا كان المطلوب للهكتار الواحد ٥٠ كجم من النيتروجين N، وكانت كثافة المحلول ١,٣ كجم/لتر، مع تركيز للعناصر المغذية يبلغ ٢٥٪، من ثم فإن مقدار المحلول سيكون ٥٠ كجم/هكتار تقسيم ١,٣ كجم/لتر ويساوي ٣٧,٦ لتر/هكتار. وتطبيق تركيز نتروجين N يبلغ ٠,٢٥، وسينتج عنه مقدار ٣٧,٦ لتر/هكتار تقسيم ٠,٢٥ ويساوي ١٥٠ لتر يتم إضافتها على الهكتار الواحد.

٥- المقدار الإجمالي للمحلول الواجب إضافته يمكن حسابه باستخدام المساحة الفعلية المغطاة بنظام الري مضروبة في مقدار المحلول المطلوب للهكتار الواحد.

٦- مقدار المحلول الواجب إضافته خلال الزمن المنتقى سيعمل على تحديد معدل الحقن.

(١٩,٦,٣) صيغة معدل الحقن

صيغة معدل الحقن يمكن استخدامها مع نظم الري ذات الحركة المستمرة، مثل نظم الري المحورية، ونظم الري بالتنقيط والتي ستتغير بشكل تلقائي (آلياً) من منطقة إلى أخرى أثناء عملية الري الكيميائي. وسيكون من المطلوب استخدام نظام حقن جيد المعايرة مع مثل هذه الأنواع من النظم. وعادة ما يتم استخدام مضخة حقن مدفوعة بالقدرة الكهربية، أو نظام من النوع ڤنتوري المزود بمضخة تعمل بدفع القدرة الكهربية. وحيث إن تلك الطريقة عادة ما تتسبب في معالجة الحقل بالكامل، يكون من المطلوب استخدام خزان كبير ليكفي المواد الكيماوية.

وإذا كانت كل المؤشرات معروفة، من ثم، يمكن تقدير معدل الحقن بالمعادلة:

$$I_c = \frac{Q_c \times A}{C \times T} \qquad (١٩,١)$$

حيث إن:

I_c = معدل حقن المواد الكيماوية (لتر/دقيقة).

Q_c = مقدار العناصر المغذية المفترض إضافتها على المساحة المستهدفة (كجم/هكتار).

A = المساحة المستهدفة بالمعالجة والتي يغطيها نظام الري (هكتار).

C = تركيز المحلول المحقون (كجم/لتر) (وهذا هو التركيز الفعلي للعناصر المغذية أو المواد الكيماوية في المحلول المفترض إضافته).

T = طول الفترة الزمنية التي تعمل خلالها الحاقنة (دقيقة).

فعلى سبيل المثال، النظام المحوري ذو نصف قطر دائرة بلل ٤١٠ م (١٣٥٠ قدم) يفترض له أن يقوم بإضافة ٥٠ كجم من النيتروجين للهكتار الواحد. وسرعة دوران البرج الأخير هي ١,٦٧ م/دقيقة (٥,٥ قدم/دقيقة). ومحلول من اليوريا

المفترض استخدامه كمصدر للسماد، نسبة النتروجين N به تبلغ ٢٣٪ وكثافته تبلغ ١,١٤كجم/لتر. ويتم حساب معدل الحقن كالآتي:

١- مقدار العناصر المغذية المفترض إضافتها (Q_c) هو ٥٠كجم/هكتار من النتروجين N.

٢- المساحة (A) التي يغطيها نظام الري المحوري يمكن حسابها من نصف قطر دائرة البلل وتبلغ ٥٣ هكتاراً.

٣- تركيز النتروجين N في المحلول (C) هو ١,١٤ كجم/لتر × ٠,٢٣ = ٠,٢٦كجم/لتر من النتروجين N.

٤- طول الفترة الزمنية، هو طول الزمن الذي يستغرقه الجهاز المحوري لإتمام دورة واحدة. وهذا سيكون محيط المحور مقسوماً على سرعة البرج الأخير ومن ثم سيكون زمن الحقن هو ١٣٣٦ دقيقة. ومن ثمّ، يكون معدل الحقن هو:

$$I_c = \frac{50\text{kg/ha} \times 53\text{ha}}{0.26\text{kg/L} \times 1336\text{min}} = 7.63\text{L/min}$$

المراجع

ASABE. 2006. EP409.1: Safety devices for chemigation. St. Joseph, Mich.: ASABE. Bar- Yosef, B. 1999. Advances in fertigation. Advances in Agronomy 65: 2-77.

Bausch, W C. 1985. Chemigation: Recommended Safety Devices. Colorado State Univ. Coop. Ext. Pub. #2.801. Fort Collins, Colo.: Colorado State Univ.

B.C. Ministry of Agriculture and Lands. 2006. Irrigation Scheduling Techniques Factsheet. British Columbia Ministry of Agriculture and Lands.

Bryan, B. B., and E. L. Thomas. 1958. Distribution of fertilizer materials applied with sprinkler irrigation systems. Univ. Arkansas Exp. Sta. Res. Bull. 598. Fayetteville, Ark.: Univ. Arkansas.

Burt, C. M., K. O'Connor, and T. Ruehr. 1995. Fertigation. San Luis Obispo, Calif.: Irrigation Training and Research Ctr., California Polytechnic State Univ.

California Fertilizer Association, 1995. Methods of applying fertilizer. Chapter 7 in Western Fertilizer Handbook, 161-188. 8th ed. Sacramento, Calif.: California Fertilizer Assoc.

Clark, G. A., D. Z. Haman, and F S. Zazueta. 1998. Injection of chemicals into irrigation systems: Rates, volumes, and injection periods. IFAS Ext. Bull. 250. Gainesville, Fla.: Univ. Florida.

Doerge, T. A., R. L. Roth, and B. R. Gardner. 1991. Nitrogen fertilizer management in Arizona. College of Agriculture Publication 191025. Tucson, Ariz.: Univ. Arizona.

Evans, R. G., and P M. Waller. 2007. Application of chemical materials. Chapter 8 in Microirrigation for Crop Production. F R. Lamm, J. E. Ayers, F- S. Nakayama, eds. New York, N.Y.: Elsiever.

Granberry, D. M., K. A. Harrison, and W T. Kelley. 2001. Drip chemigation: Injecting fertilizer, acid and chlorine. Bull. 1130. Athens, Ga.: Univ. of Georgia College of Agric. and Environmental Sci. Coop. Ext. Service.

Haman, D. Z., A. G. Smajstrla, and F S. Zazueta. 1990. Chemical Injection Methods for Irrigation. Gainesville, Fla.: Univ. Florida, IFAS.

Irrigation Association. 2000. Chemigation. 5th ed. Falls Church, Va.:Irrigation Assoc. Nakayama, F S., and D. A. Bucks. 1986. Trickle Irrigation for Crop Production: Design, Operation, and Management. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier.

NASS. 1998. 1998 Farm and Ranch Irrigation Survey. Washington D.C.: National Agricultural Statistics Service.

Ptacek, L. R. 1986. Subsurface irrigation and the use of chemicals. In Proc.1986 Irrigation Association Annual Conference, 225-234. Falls Church, Va.: Irrigation Assoc.

Rosen, C. J., and R. Eliason. 1996. Nutrient management for commercial fruit and vegetable crops in Minnesota. Univ. of Minnesota Ext.Pub. BU-05886. Available at: www.extension.umn.edu/ distribution/ cropsystemsIDC5886.html.

Rolston, D. E., R. J. Miller, and H. Schulbach. 1986. Chapt. 4.3: Management principles: Fertigation. In Trickle Irrigation for Crop Production, 317-344. F S. Makayama and D. A. Bucks, eds. Elsevier.

Scherer, T., W Kranz, D. Pfost, H. Werner, J. A Wright, and C. D Yonts. 1999. Chemigation. Chapter 8 in Sprinkler Irrigation Systems Handbook, 145-165. MWPS#30. Ames, Iowa: Midwest Plan Service.

Schulze, L. D., and G. Buttermore. 1994. Fertilizer and pesticide containment guidelines. Publication # G94-1185-A. Lincoln, Nebr.:

Univ. of Nebraska Coop. Ext., and Nebraska Dept. of Environmental Quality. Available at: www.ianr.unl.edu/pubs/water/ g1185.htm.

Smajstrla, A. G., D. S. Harrison, W. J. Becker, F S. Zazueta, and D. Z. Haman. 1985. Backflow prevention requirements for Florida irrigation systems. Bull. 217. Gainesville, Fla.: IFAS, Univ. of Florida.

Smajstrla, A. G., D. Z. Haman, and F S. Zazueta. 1986. Chemical injection (chemigation): Methods and calibration. Agric. Eng. Ext. Report 85-22 (revised). Gainesville, Fla.: IFAS, Univ. Florida.

Solomon, K. H., and D. F Zoldoske. 1998. Backflow prevention and safety devices for chemigation. CATI Pub. #981201. Fresno, Calif.: Univ. California.

Threadgill, E. D. 1985. Chemigation via sprinkler irrigation: Current status and future development. Applied Eng. in Agric. 1: 16-23.

Threadgill, E. D., D. E. Eisenhauer, J. R. Young, and B. Bar-Yosef. 1990. Chemigation. Chapt. 20 in Management of Farm Irrigation Systems, 749-780. G. J. Hoffman, T. A. Howell, and K. H. Solomon, eds. St. Joseph, Mich.: ASAE.

van der Gulik, T. 1993. Chemigation guidelines for British Columbia. Abbotsford, B.C., Canada: British Columbia Ministry of Agriculture and Food.

van der Gulik, T. W., and R. G. Evans. 2006. Chemigation. Chapter 30 in Irrigation. 6th Edition. R. Ryck, ed. Silver Springs, Md.: Irrigation Assoc.

Werner, H. 2002. Chemigation: Calibrating systems for center pivot irrigation. Ext. Bull. FS 863. Brookings, S.D.: Cooperative Ext. Service, South Dakota State Univ.

Wright, J., F Bergsrud, and J. Peckham. 1993. Chemigation safety measures. Cooperative Extension Pub. FO-06122-GO. Minneapolis, Minn.: Univ. Minnesota.

Wright, J., F. Bergsrud, G. Rehm, C. Rosen, G. Malzer, and B. Montgomery. 1992. Nitrogen application in irrigation water: Chemigation. Exte. Service Bull. BU¬6118-GO. Minneapolis, Minn.: Univ. Minnesota. Available at: www.extension.umn.edu/distribution/ cropsystems /DC6118. html.