

إضافة الكيماويات بمياه الري

Chemigation

(٩، ١) مقدمة :

إن حقن المواد الكيماوية الزراعية مثل الأسمدة الصناعية (Fertilizers) ومبيدات الأعشاب (Herbicides) ومبيدات الحشرات (Insecticides) ومبيدات الديدان (Nematicides) ومبيدات الفطريات (Fungicides) وكيماويات التحكم في النمو (Growth regulators) إلى نظام الري أصبح يعرف بالري بإضافة الكيماويات (Chemigation). ويمكن استخدام نظم الري بالرش والتنقيط لإضافة المواد الكيماوية من خلال تلك النظم أثناء الري. أن الري بإضافة الكيماويات Chemigation هو عبارة عن حقن تلك المواد إلى مياه الري المتدفقة خلال الأنبوب الرئيسي لنظام الري. ولقد انتشرت هذه الطريقة بالري خلال السنوات الأخيرة، لكن طريقة إضافة الأسمدة الطبيعية إلى النباتات من خلال قناة الري مباشرة معروفة منذ مئات السنين. ولكن مع تطور تصميم نظم الري بالرش والتنقيط ووجود الأجهزة المطلوبة لحقن هذه الكيماويات إلى مياه الري المتدفقة خلال الأنابيب أدى إلى انتشار إضافة هذه المواد الكيماوية إلى المحاصيل الزراعية.

هناك أسماء عديدة لهذه الإضافات تعتمد على حسب نوع المادة الكيماوية المضافة مع مياه الري إلى المساحة المروية مثل الري بالأسمدة الصناعية (Fertigation) أو ما يسمى بالرسمة، الري بمبيدات الأعشاب (Herbigation)، الري بمبيدات الحشرات (Insectigation)، الري بمبيدات الفطريات (Fungigation).

لذلك الري بالكيماويات (Chemigation) عبارة عن إضافة المواد الكيميائية مهما كان نوع هذه المادة مع مياه الري إلى التربة وأوراق النباتات. وتعتبر طريقة فعالة للاستفادة من هذه المواد المضافة، ولكي يتحقق ذلك لابد أن تناسب المادة المضافة نظام الري المستخدم. أن أهم شروط الري المطلوبة عند إضافة الكيماويات هي :

- أ. توزيع منتظم نسبياً للمواد الكيماوية.
- ب. مرونة التحكم في زمن الإضافة.
- ج. أقل تكلفة مقارنة بطرق الإضافة الأخرى مثل استخدام الجرارات والطائرات.
- د. أقل ضرراً للمحصول مقارنة بإضافتها على الأرض مباشرة.

كذلك أن من أهم الأمور التي يجب أخذها في الاعتبار عند الري بإضافة الكيماويات هو احتمال تلوث المياه الجوفية والسطحية في حالة حدوث الآتي :

١. رجوع المواد الكيماوية التي تم حقنها إلى مصدر الماء، وذلك عند حدوث عطل ميكانيكي أو عند انقطاع كهرباء نظام الري المستخدم.
٢. رجوع المياه المتدفقة إلى نظام الحقن، ومن ثم تدفق هذه المياه من على جوانب حزان الحقن.
٣. استمرار تشغيل مضخة الحقن عند توقف مضخة نظام الري سوف يؤدي إلى انتقال المحلول الكيماوي إلى الخط الرئيسي لنظام الري مما قد يسبب في انتقاله إلى مصدر الماء.
٤. احتمال تلوث للمساحات المجاورة أو المياه السطحية للمحصول المروية خاصة عند وجود رياح أو جريان سطحي.

أن مقارنة التكلفة عند إضافة الكيماويات مع مياه الري بطرق إضافة أخرى مثل استخدام الطائرات أو إضافة هذه المواد على سطح الأرض بواسطة الأيدي أو الآلات الزراعية الأخرى يعتمد على إجابة الأسئلة التالية :

١. هل نظام الري المستخدم موجود في الحقل؟
٢. هل هناك حاجة لإضافة مياه الري؟
٣. كم عدد مرات إضافة الكيماويات خلال الموسم؟

تعتبر طريقة إضافة الكيماويات مع مياه الري أقل تكلفةً بحوالي ٣٠-٥٠٪ من استخدام الطائرات أو الجرار الزراعي. وتقل هذه التكلفة مع زيادة عدد مرات الإضافة في الموسم. بالإضافة إلى وجود مميزات أخرى مثل المرونة في زمن الإضافة ومعدل الإضافة أثناء الموسم. وبالتالي يمكن إضافة الأسمدة الصناعية مع مياه الري بمعدلات مناسبة حسب حاجة النبات إلى ذلك، وحسب عمق الماء المضاف أثناء الري مما يؤدي إلى تقليل تسرب النترات مع مياه الصرف إلى المياه الجوفية.

(٩،٢) المواد الكيماوية Chemical Materials

هناك عدة أنواع من المواد الكيماوية يمكن إضافتها مع مياه الري، ولكن كل مادة يجب أن تستخدم بالطريقة المناسبة حسب الغرض من الاستخدام والخصائص الفيزيائية وكذلك مراعاة الإرشادات والاحتياطات المطلوبة عند الاستخدام. أكثر المواد الكيماوية استخداماً والتي سوف تناقش هي الأسمدة الصناعية والمبيدات الحشرية، وكذلك المواد التي تستخدم في تطهير نظم الري من الفطريات والطحالب والجراثيم.

للمواد الكيماوية خصائص فيزيائية تتحكم في طريقة الإضافة مع مياه الري. حيث قد تكون هذه المواد سهلة الإذابة في الماء أو هناك صعوبة في الإذابة وبالتالي تكون على شكل محلول مركز مع بقايا عالقة (مستحلب)، كذلك قد توجد هذه المواد مذابة في زيوت أو على هيئة غازات. ويمكن تقسيم هذه المواد من حيث الذوبان إلى الآتي:

١. المواد القابلة للذوبان:

تعتبر المواد الكيماوية القابلة للذوبان في الماء أسهل الكيماويات عند التحضير والاستخدام. وتختلف درجة قابلية الذوبان على حسب الخصائص الفيزيائية للمادة

وكذلك درجة حرارة الماء المذابة فيه ونوعية مياه الري. فمثلاً قدرة المياه على إذابة هذه المواد يمكن أن يحددها حموضة أو قلوية هذه المياه، أو وجود أملاح ذائبة في هذه المياه مثل كربونات أو نترات كل من الصوديوم أو الكالسيوم أو الماغنسيوم. أن حقن هذه الكيماويات يمكن أن يؤدي إلى حموضة أو قلوية المياه على حسب نوع المادة المضافة. زيادة قلوية المياه قد يؤدي إلى ترسب أملاح الكالسيوم والماغنسيوم مما قد يسبب انسداد بعض مكونات نظم الري مثل المنقطات. كذلك خفض رقم الـ PH إلى أقل من ٦,٥ يمكن أن يسبب تآكل في بعض مكونات نظم الري. كذلك عند حقن أكثر من مادة كيماوية في نفس الوقت قد يؤدي إلى تكوين مادة غير قابلة للذوبان.

٢. المواد الغير قابلة للذوبان :

هي مواد كيماوية غير قابلة للذوبان في الماء، ولكن يمكن تكوين محلول تكون هذه المواد معلقة غير ذائبة عند خلط هذه المواد وتحريكها في خزان الحقن. وبالتالي يمكن الحصول على تركيز منتظم نسبياً عند حقنها مع مياه الري.

٣. المواد المذابة في الزيوت :

وهي كيماويات يتم أذابتها في زيوت ولكنها تحتاج إلى عناية جيدة بسبب قابليتها للاشتعال، ولذلك لا بد من حقنها جيداً وخلطها مع مياه الري لأنها قد تنفصل عن مياه الري.

٤. المواد الغازية :

وهي مواد على هيئة غازات مثل الكلور وكذلك $anhydrous\ ammonia$ ، وهذه المواد يمكن حقنها بسهولة. ولكن المشكلة الرئيسية هي قابلية هذه الغازات إلى التطاير عند إضافتها إلى النبات مع مياه الري بواسطة نظام الري.

أن الاختلاف الرئيسي بين هذه المواد هو أن بعض هذه الكيماويات لا بد من خلطها مع التربة حتى يمكن الاستفادة منها. والبعض الآخر لا بد من إضافتها على الغطاء الخضري. بينما البعض الآخر لا بد من ترسيبها في القاع كما هو الحال في المطهرات مع مكونات نظم الري. لذلك نجد أن كيفية إضافة هذه المواد يؤثر

على زمن الإضافة وكذلك على حجم الماء المطلوب إضافته مع هذه الكيماويات. لذلك نجد أن إضافة سماد النتروجين من خلال نظم الري وخاصة التنقيط يؤدي إلى زيادة نمو الطحالب وبعض الكائنات الدقيقة الذي قد يسبب انسداد المنقطات، وكذلك الرشاشات وكذلك بعض الأنابيب. في هذه الحالة يمكن استخدام المنظفات مثل الكلور لتنظيف نظام الري.

تشغيل نظم الري عند إضافة الكيماويات :

عند تشغيل نظم الري وإضافة الكيماويات أثناء الري لابد من اعتبار الاحتياطات التالية :

- ١ . لابد من حماية المزارع والبيئة.
- ٢ . معايرة نظام الحقن حتى يمكن إضافة الكمية المطلوبة.
- ٣ . إضافة الكمية المطلوبة من مياه الري في الوقت المناسب حتى يمكن تقليل مياه الجريان السطحي والتسرب العميق وبعثرة الرياح والتي قد تحمل مواد كيماوية مضافة إلى خارج الحقل.
- ٤ . يجب استخدام نظام الري ذو التصميم الجيد مع المحافظة على الصيانة المستمرة، وذلك للحصول على توزيع متجانس للمواد المضافة.
- ٥ . تحقق الأحماض بعد المرشحات حتى لا يحدث تآكل لمكونات هذه المرشحات.
- ٦ . تحقق جميع المواد الكيماوية في الخط الرئيسي لنظام الري مع ملاحظة وجود مسافة كافية تسمح باختلاطها وإذابتها قبل الدخول إلى المرشحات.
- ٧ . يفضل إضافة الأسمدة إلى مياه الري على جرعات خفيفة حتى لا يحدث مشاكل مثل الترسيب والتآكل.
- ٨ . ينصح بإجراء اختبار على المواد المضافة في البداية قبل خلط وحقن هذه الكيماويات لمعرفة درجة الذوبان مع مياه الري. هذا الاختبار سهل الإجراء وهو عبارة عن وضع كمية معينة في وعاء زجاجي سعته حوالي لتر واحد،

ثم خلطها مع مياه الري المستخدمة بالجرعات المطلوبة والمخلدة والتي سوف تستخدم مع المحصول في الحقل. بعد ذلك يترك الوعاء حوالي ٢٤ ساعة، فإذا كان المحلول الناتج على شكل مستحلب أو لم تكن الإذابة تامة فإن احتمال ترسب جزء من المادة المضافة يكون كبيراً.

٩. دائماً أضف الأحماض إلى المياه وليس العكس.
١٠. لا تخلط الكلور مع الأحماض لأن ذلك يكوّن غاز الكلور السام.

(٩,٣) المعايرة Calibration :

للحصول على الفائدة القصوى من الكيماويات المضافة إلى النبات بواسطة نظام الري ، وكذلك تجنب تلوث البيئة والمشاكل الصحية لابد من المعايرة السليمة لنظام الحقن الكيماوي ، كذلك فحص مكونات ذلك النظام قبل المعايرة والتأكد من سلامة وكفاءة هذه المكونات.

والمعايرة لنظام الحقن تعتبر طريقة مباشرة نسبياً ولكن تحتاج إلى الوقت والأدوات المناسبة، وكذلك الحسابات السليمة حتى يمكن الوصول إلى معدل الحقن الكيماوي المطلوب والمعايرة السليمة. وتتكون المعايرة السليمة من الخطوات التالية :

١. إيجاد المساحة المراد ربيها ومعاملتها بالمواد الكيماوية بالهكتار.
٢. إيجاد الكمية المطلوب إضافتها من الكيماويات لكل هكتار.
٣. إيجاد الكمية الكلية من الكيماويات المطلوب إضافتها في الري الواحدة كالتالي :

$$(٩,١) \quad W_f = \frac{W_{ef} \cdot A}{y}$$

حيث أن:

W_f = الوزن الكلي للمحلول الكيماوي.

W_{ef} = الوزن الفعلي للمادة الكيماوية المضافة للهكتار الواحد.

A = المساحة المروية بالهكتار.

y = نسبة تركيز المادة الكيماوية المضافة.

٤. إيجاد زمن حقن الكيماويات إلى مياه الري إلى المساحة المراد ربيها (ساعة، دقيقة) وهذه الخطوة تعتمد على عدة عوامل مثل زمن الري اليومي أو زمن الري للحقل، ومعدل إضافة مياه الري، وحجم مياه الري المطلوب إضافتها مع المواد الكيماوية. مع الأخذ في الاعتبار زمن مرور أو انتقال الكيماويات خلال مكونات (شبكة) نظام الري.
٥. إيجاد المحلول أو الخليط الكيماوي المناسب.
٦. إيجاد التصرف المناسب لنظام الحقن المستخدم كالاتي:

$$(٩,٢) \quad Q_f = \frac{W_f}{\rho \cdot T_f}$$

$$(٩,٣) \quad Q_f = \frac{V_f}{T_f}$$

حيث أن:

Q_f = تصرف جهاز الحقن (معدل الحقن).

T_f = زمن حقن المحلول الكيماوي إلى مياه الري.

ρ = كثافة المحلول الكيماوي.

عند المعايرة لابد من الأخذ في الاعتبار نوع نظام الري. حيث يمكن تصنيف تلك النظم إلى نظم ثابتة أثناء الري مثل نظام الري بالتنقيط أو متحركة مثل النظام المحوري. حيث في النوع الأول يمكن خلط كمية من المواد الكيماوية وإضافتها إلى مساحة معينة أثناء عملية الري، بينما في النظم المتحركة يجب أن يتناسب معدل الحقن الكيماوي مع سرعة جهاز الري والمساحة المروية. كذلك يجب تحديد معدل الحقن وذلك بمعايرة نظام الحقن تحت الظروف الحقلية المستخدم فيها نظام الحقن. ويمكن تحديد معدل أولي للحقن باستخدام مياه نظيفة بدلاً من المحلول الكيماوي وبالتالي معرفة التصرف المطلوب من نظام الحقن، ولا يجب الاعتماد على معدل

التصرف المكتوب على مكونات نظام الحقن من الشركة المنتجة. لذلك لا بد من تحديد ذلك في الحقل وتحديد معدلات التصرف تحت الظروف الحقلية. وذلك عن طريق تجميع أحجام معينة من نظام الحقن في خزان حتى يمكن الوصول إلى معدل التصرف المطلوب. ويجب ملاحظة أن أي تغيير في اللزوجة والكثافة للمواد الكيماوية يؤثر على معدل الحقن. كذلك يجب ملاحظة أن معدل الحقن لنظم الري المتحركة يكون عالياً نسبياً مقارنة بنظم الرش التقليدية والتنقيط. كذلك خلط المواد الكيماوية قبل أن تبدأ المعايرة وتحديد الكمية الكلية المطلوبة. ولا بد من استخدام موازين وأدوات سليمة للخلط والقياس.

عند إضافة المادة الكيماوية من خلال نظم الري إلى الحقل فيتم قياس تركيز تلك المادة بوحدات مثل mg/l , gm/l , ppm , $mmol/l$, mol/m^3 . وتكون كمية السماد الجافة مثلاً بوحدة كجم/هكتار/موسم وتختلف هذه الكمية حسب كمية مياه الري المضافة.

(٩،٤) نظام الحقن Injection System :

العوامل التي تؤثر على تصميم نظام حقن الكيماويات هي :

- ١- طريقة وسرعة الحقن .
- ٢- تركيز محلول المواد الكيماوية و دقة الإذابة.
- ٣- سعة خزان الحقن.
- ٤- منع تلوث مصدر الماء.

الأجهزة المطلوبة للحقن :

يتكون نظام أو جهاز الحقن عند إضافة الكيماويات مع الري بالرش من عدة مكونات تشمل مصدر للطاقة، مضخة حقن للمواد الكيماوية المضافة أثناء الري، خزانات حقن، محابس لمنع التدفق العكسي للسريان ومعايير قياس. وتعتبر مضخة الحقن هي الجزء الأساسي في هذا النظام. حيث لا بد أن تكون دقيقة عند

حقن و خلط المواد المضافة بالمعدل المطلوب حسب نوع المحصول والتصريف المتدفق والمساحة المروية. كذلك تكون سهلة المعايرة والتدريج للحصول على معدلات حقن مختلفة، بالإضافة إلى مقاومة التآكل وسهلة الصيانة وذات متانة جيدة. هناك أنواع متوفرة من مضخات الحقن في الأسواق.

اختيار خزان الحقن :

أن من أهم الخصائص عند اختيار خزان الحقن لا بد أن يكون ذو سعة كافية بحيث يحتوي على الكمية المطلوبة من المحلول الكيميائي للمساحة المروية بدون الحاجة إلى التعبئة مرة أخرى (حيث يكون $V_i \geq V_r$). ويمكن إيجاد حجم الخزان من المعادلة التالية :

$$(٩,٤) \quad V_i = \frac{n.W_r.A}{y}$$

حيث أن :

V_i = حجم خزان الحقن المطلوب.

n = عدد مرات الإضافة بين التعبئة و الأخرى للخزان.

أما عند وجود المادة المضافة في حالة سيولة أو عند وجود بعض الشروط لخلط المادة المضافة كنسبة لتحويله إلى سائل أو محلول مركز فتكون W_r عبارة عن الكمية المطلوبة من السائل المركز في الإضافة الواحدة وكذلك تكون $(\rho = 1)$ ، ويمكن الحصول على قيمة ρ من جداول. ولا بد من ملاحظة أن كثافة المادة الكيماوية تزيد مع زيادة درجة حرارة الماء. والتحرك والخض في الخزان مطلوب خاصة لبعض المواد حتى يمكن إذابتها في الماء.

(٩,٥) معدل حقن الكيماويات إلى نظم الري :

تعتمد المعايرة عند إضافة المواد الكيميائية إلى المحصول أثناء الري هامة للغاية حتى يمكن إضافة الكمية المطلوبة حيث أن إضافة كميات قليلة لا تعطي النتائج المرغوبة، بينما الإضافة بكميات عالية يؤدي إلى زيادة التكاليف، بالإضافة إلى احتمال إصابة

المحصول وتلوث البيئة ببعض الأضرار. والمعايرة تحتاج إلى وقت و بعض الحسابات بالإضافة إلى بعض الأجهزة أو الأدوات.

ويجب الأخذ بعين الاعتبار بنوع نظام الري المستخدم حيث قد يحدد عدد أجهزة الحقن، مثل نظم الرش التقليدي حيث يمكن خلط هذه الكيماويات ثم الإضافة على دفعات. بينما نظم الري المتحركة مثل المحوري والسيار والمدفعي حيث يتم حقن الكيماويات إلى مياه الري باستمرار أثناء الري بمعدلات منتظمة، والتي تتوقف على معدل الإضافة، وسرعة الحركة، والمساحة المروية. مع ملاحظة أن مضخات الحقن المستخدمة مع نظم الري المتحركة يجب أن تكون دقيقة إلى حوالي ١٪ من أقصى معدل حقن.

نظم الري بالرش التقليدية :

تميز نظم الري بالرش التقليدية عن نظم الري بالرش المتحركة بأنه يمكن إضافة المادة الكيميائية في أي وقت أثناء الري. فمثلا مييدات الحشائش يمكن إضافتها في منتصف زمن الري أثناء عملية الري حتى يكون هناك مياه ري كافية لعملية الخلط. بينما تضاف مييدات الحشرات في نهاية الري حتى يتم تجنب غسيل هذه المبيدات من على أوراق النبات. وهناك ثلاثة عناصر لا بد من معرفتها أثناء المعايرة مع هذه النظم هي:

١- المساحة المروية للوضع الواحد.

٢- زمن إضافة أو حقن الكيماويات.

٣- كمية المواد المضافة لوحدة المساحة .

ويعتبر تحديد زمن الإضافة عاملاً مهماً بعد معرفة نوع المادة الكيماوية. وتعتبر النظم التقليدية والتنقيط اقل حساسية من النظم المتحركة بالنسبة لتحديد زمن الإضافة. في النظم التقليدية لا بد من تشغيل الرشاشات لزمن لا يقل عن ١٥-٣٠ دقيقة قبل إضافة المادة الكيماوية حتى يمكن الوصول إلى انتظام افضل للرشاشات عند التوزيع.

إضافة الكلور Chlorination :

تضاف مادة الكلور إلى مياه نظام الري لمنع نمو الطحالب والأعشاب البكتيرية حتى لا تؤدي إلى انسداد الرشاشات الصغيرة. كذلك يضاف محلول الكلور إلى المياه السطحية لنفس الغرض السابق. الإضافة المستمرة لمادة الكلور تتطلب أن يكون تركيز الكلور في نهاية الطرف البعيد من نظام الري حوالي ١-٣ جزء في المليون. أما عندما تكون الإضافة على هيئة جرعات خفيفة فيكون تركيز الكلور في الطرف البعيد من نظام الري حوالي ٤٠ جزء في المليون لمدة لا تقل عن ٣٠ دقيقة من بداية التشغيل. زمن الإضافة والكمية المطلوب حقنها من الكلور إلى نظام الري تعتمد على عوامل متنوعة لنوعية المياه (رقم الـ PH ، وتركيز الحديد وكبريت الهيدروجين). في البداية يفضل إضافة الكلور إلى نظام الري مرة واحدة على الأقل كل شهر وبعد إضافة أي سماد صناعي.

نظم الري بالرش المتحركة Moving Sprinkler Irrigation Systems :

تتطلب هذه النظم المعايرة الدقيقة عند حقن المواد الكيماوية مع مياه الري ، وذلك لأن الاختلافات القليلة مع فترة ري طويلة قد تسبب انخفاض أو زيادة لمعدل الحقن ، وفي النهاية نتائج غير مرضية. سوف نتطرق إلى أكثر هذه النظم استخداماً في الوقت الحاضر وهو نظام الري المحوري. حيث لا بد من معايرة معدل الحقن الكيماوي المضاف إلى نظام الري المحوري والذي يعتمد على المساحة المروية. ويمكن إيجاد معدل الحقن للمساحة المروية بعد قياس العناصر التالية:

- أ . محيط مسار البرج الأخير .
- ب . المساحة المطلوب ربيها بالهكتار .
- ج . سرعة البرج الأخير .

ومن الأمور الهامة التي يجب اعتبارها عند المعايرة هو قياس سرعة دوران البرج الأخير في الحقل أثناء الري قبل إضافة الكيماويات. لأن سرعة البرج قد تختلف حسب نوع التربة وتضاريس الحقل، كذلك تختلف سرعة الجهاز عندما يتحرك بدون ري أو أثناء الري.

(٩,٦) مميزات وعيوب الإضافة بنظم الري بالرش :

المواد الكيماوية المضافة إلى التربة يمكن توزيعها بانتظام باستخدام نظم الري المختلفة، ولكن نظم الري بالرش هي التي يمكن استخدامها فقط لإضافة هذه المواد إلى التربة وأوراق النباتات أثناء الري الواحدة. ومن أهم مميزات الري بإضافة الكيماويات عند استخدام نظم الري بالرش هي :

- ١- يمكن إضافة المادة الكيماوية المطلوبة بسهولة مع التحكم في برنامج الإضافة حسب الأوقات المطلوبة.
- ٢- عدم الحاجة إلى استخدام آليات زراعية أخرى أثناء إضافة المواد الكيماوية مع مياه الري ، وبالتالي تقليل ضغط التربة والإصابة الميكانيكية للمحاصيل.
- ٣- تقليل المخاطرة للتعرض لهذه المواد أثناء الإضافة بواسطة المزارع مباشرة.
- ٤- التحكم الدقيق وتقليل الفواقد بإضافة الكمية المطلوبة عند كل ريه، وبالتالي لا يتم غسيل هذه المواد عن طريق التسرب العميق.
- ٥- تقليل التكاليف عند استخدام نظم الري بالرش مقارنة بالطرق التقليدية وبكفاءة عالية.

ولكن هناك بعض الجوانب السلبية عند استخدام نظم الرش في إضافة المواد الكيماوية هي :

- ١- احتمال تلوث مصدر الماء بالكيماويات المضافة إذا لم يوضع محبس لمنع التدفق العكسي للماء.

- ٢- التوزيع الغير متجانس أثناء الإضافة إلى المحصول أو التربة قد يؤدي إلى تلوث المحصول أو المياه الجوفية.
- ٣- احتمال إضافة المواد الكيميائية بتركيز أعلى من المطلوب نتيجة خلط خاطئ أو توقف المضخة بينما مضخة الحقن تعمل.
- ٤- احتمال تلوث مصادر المياه السطحية أو بعض الأماكن الأخرى إذا لم يتخذ الاحتياطات اللازمة.
- ٥- زيادة التكاليف الأولية عند الري بالمواد الكيميائية حيث يحتاج ذلك إلى جهاز حقن كيماوي وخزان أو خزانات لذلك.

انتظامية الإضافة :

تعتبر انتظامية توزيع المياه على المساحة المروية مهمة عند إضافة الكيماويات. في العادة يتم خلط المواد المضافة جيدا مع مياه الري. ولذلك لا بد من انتظامية التوزيع للمياه للحصول على توزيع منتظم للمواد الكيميائية المضافة. في حالة نظم الري بالرش يقترح أن لا تقل قيمة معامل التجانس (Cu) عن ٨٥٪. ويمكن الحصول على ذلك بالتصميم الجيد لنظام الري. ويفضل عندما يكون فرق الضغط بين ضغط التشغيل الفعلي والضغط التصميمي أكثر من ٢٠٪ فأما النظام يتم إيقافه حتى لا يكون التوزيع غير منتظم وبالتالي الحصول على توزيع للمواد المضافة غير مقبول. ويفضل إضافة المواد الكيميائية عندما تكون الرياح هادئة (أقل من ٣,٥ كم/ساعة).

إضافة الأسمدة الكيماوية مع مياه الري (الرسمة) Fertigation :

يتم إضافة الأسمدة الكيماوية (الصناعية) خلال نظم الري بالرش لإمداد النبات بالعناصر الغذائية التي يحتاجها النبات للنمو خاصة النتروجين. قد تكون هذه الأسمدة جافة أو سائلة ، وقد تتكون من عنصر واحد أو مركبة من عناصر النتروجين (N) والفوسفور (P) والبوتاسيوم (K) بنسب مختلفة. الأسمدة الجافة قبل إضافتها يتم إذابتها

بخلطها مع الماء في خزان مفتوح ومنفصل بنسبة حوالي ١ كجم من السماد الجاف إلى ٨ لتر من الماء ثم بعد ذلك يتم حقنها إلى نظام الري. كذلك يمكن وضع هذه الأسمدة الجافة في خزان مضغوط مع تدفق كمية من مياه الري من الخط الرئيسي باستمرار حيث يتم إذابة هذه الأسمدة وحقنها مباشرة إلى نظام الري.

مميزات الطريقة المتبعة عند إضافة الأسمدة مع نظم الرش يمكن تلخيصها في الآتي :

أ - تشغيل نظام الري بالرش في البداية حتى يتم بلل سطح الأرض أو الغطاء الخضري للنبات.

ب - حقن الأسمدة بعد ذلك إلى نظام الري لفترة حوالي ساعة أو أكثر.

ج - وجود زمن كافي لغسيل شبكة الأنابيب من الأسمدة قبل إيقاف نظام الري.

ويجب ملاحظة أن زيادة زمن إضافة الأسمدة يؤدي إلى الحصول على توزيع منتظم للأسمدة، بالإضافة إلى تقليل احتمال احتراق الغطاء الخضري أثناء الرش وتقليل تآكل الأنابيب. أيضاً تشغيل النظام بدون أسمدة في نهاية زمن الري يؤدي إلى غسيل أوراق النبات من الأسمدة العالقة وتحريكها إلى منطقة المجموع الجذري مما يحسن من كفاءة الري.

هناك بعض المشاكل قد تحدث أثناء إضافة الأسمدة من خلال نظام الرش من أهمها :

١- تطاير جزء من هذه الأسمدة قبل الوصول إلى النبات أو التربة، مثل تطاير الأمونيا في الحالة الغازية.

٢- عدم قابلية بعض الأسمدة للدوبان في الماء.

٣- فصل مركبات الخليط وترسب بعض العناصر داخل الأنابيب.

٤- المشاكل المصاحبة لنوعية مياه الري.

ويمكن إيجاد معدل الحقن (تصرف جهاز الحقن) للسماد من العلاقة التالية :

$$(٩,٥) \quad Q_f = \frac{W_f \cdot A}{\rho \cdot T_r \cdot T_i}$$

حيث أن :

$$T_r = \text{النسبة بين زمن التسميد وزمن الري.}$$

في النظام التقليدي تعتبر A هي المساحة المروية في الوضع الواحد بينما T_r تعادل نسبة أو جزء من زمن الإضافة. بينما في النظم المتحركة تعتبر A هي المساحة المروية للحقل في الري الواحدة، بينما T_r تعادل زمن الدورة الواحدة، أما T_i تساوي واحد. ولمعرفة تركيز العناصر الغذائية في مياه الري يمكن استخدام العلاقة التالية :

$$(٩,٦) \quad C_f = \frac{W_d}{dg \cdot T_r}$$

$$(٩,٧) \quad C_f = \frac{W_d}{(dg)_f}$$

أما عند اختيار التركيز المطلوب يمكن إيجاد معدل الحقن من العلاقة التالية :

$$(٩,٨) \quad Q_f = \frac{C_f \cdot Q_s}{y \cdot \rho}$$

أما عند استخدام أسمدة جافة بدلا من المحلول تكون كمية السماد الجافة المضافة كالتالي :

$$(٩,٩) \quad W_d = \frac{C_f \cdot Q_s}{y}$$

حيث أن :

C_f = تركيز السماد في ماء الري أو التركيز المطلوب للإضافة (كجم/لتر).

$(dg)_f$ = عمق ماء الري في الدورة الواحدة أثناء فترة حقن أو ضخ الأسمدة (مم).

W_d = معدل إضافة (تطبيق) السماد الجاف (كجم/ساعة).

لهذا يجب دراسة المركبات الكيميائية للأسمدة المستخدمة عند تصميم نظم الحقن والري، وكذلك تحليل التربة والماء لتحديد مدى ملائمة مركبات الأسمدة. فمثلاً عند حقن الأمونيا تؤدي إلى ارتفاع رقم الـ *PH* مما يؤدي إلى ترسب الكالسيوم والماغنسيوم الذائبان في الماء وتغطية السطح الداخلي لجدران الأنابيب الداخلية، وكذلك انسداد المنقطات في حالة نظام الري بالتنقيط. ويمكن التغلب على هذه المشكلة بحقن مادة تيسير الماء (*Water softener*) قبل حقن الأمونيا لتخلص من عسر الماء، ولكن ذلك يزيد من تكاليف التسميد.

معظم أملاح النتروجين (الأزوت) واليوريا تذاب بسهولة في الماء. أما النتروجين الذي مركب مع أسمدة أخرى تحت اسم سماد الفوسفور فهي لا تعتبر سهلة الذوبان في الماء بسبب تفاعل الفوسفور مع الماء والتربة. ويُجد أن كبريتات الأمونيوم (21-0-0) ونترات الأمونيوم (34-0-0) واليوريا (44-0-0) أسمدة تستخدم على نطاق واسع مع نظم الري بالرش.

أما البوتاسيوم سهل الحقن، وأكسيد البوتاسيوم الشائع استعماله يذوب بسهولة في الماء ويتحرك السماد داخل التربة وليس من السهل طرده خارج منطقة الجذور. أما أسمدة الفوسفور ليس من السهل إذابتها في الماء وحقنها في نظام الري، لهذا تستخدم مادة أخرى تعتبر ال حد ما أنها قابلة للذوبان وهي مادة ثلاثي السوبر فوسفات (*Treble-superphosphate 0-45-0*). وهناك عدة أنواع من فوسفات الأمونيوم تعتبر قابلة للذوبان في الماء. ويجب الاهتمام بنوعية مياه الري عند حقن الأسمدة الفوسفاتية فعندما يكون رقم الـ *PH* أعلى من ٧,٥ في مياه الري وتحتوي على نسبة عالية من الكالسيوم فإن الأسمدة الفوسفورية تترسب في شبكة الري مما يعيق سريان الماء. في هذه الحالة يجب استعمال حامض الفوسفوريك كسماد فوسفوري مع غسيل الشبكة بحامض الكبريتيك مباشرة بعد حقن حامض الفوسفوريك. الفوسفور لا يتحرك من مكانه في التربة لأنه يصبح غير قابل للذوبان بمجرد ملاسته للكالسيوم في التربة. لهذا عند إضافة الأسمدة المحتوية على

الفوسفات بواسطة نظم الرش فإنها تتجمع على سطح التربة ولا تصل إلى جذور النباتات المزروع ولكن يستفيد منها المحصول الثاني وذلك عند حرث التربة في الموسم التالي. أما اليوريا ونترات النتروجين تظل على هيئة محلول في التربة وتتحرك مع مياه التربة، ولهذا فهي معرضة للفقد بالغسيل تحت منطقة الجذور عند وجود تسرب عميق. بينما الأمونيا حساسة للحرارة والرطوبة فعند تبخر المياه من سطح التربة بعد الري فتكون الأمونيا عرضة للفقد كغاز من التربة في هذا الوقت خاصة مع الأراضي القلوية.

أما الأسمدة الأكثر استخداماً أثناء الري بالرش مع وجود بعض المشاكل هي :

- 1- Urea-ammonium nitrate solution
- 2- Ammonium nitrate (NH_4NO_3)
- 3- Ammonium sulfate (NH_4)₂SO₄
- 4- Urea NH_3 فاقد كبير في
- 5- Calcium nitrate $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- 6- Potassium nitrate KNO_3
- 7- Liquid ammonium phosphates (غالباً يترسب في نظام الري)
- 8- Some dry ammonium phosphates (غالباً يترسب في نظام الري)
- 9- Phosphoric acid (يمكن أن يترسب في نظام الري)
- 10- Glycerophosphoric acid (تكاليف عالية)
- 11- Potassium chloride (صعوبة في الإذابة)
- 12- Potassium oxide

أما العناصر الغذائية الثانوية (Trace elements) التي يحتاجها النبات بكميات قليلة والتي يمكن إضافتها بواسطة نظم الري بالرش فهي :

- 1-Magnesium sulfate
- 2-Zinc sulfate and zinc chelates
- 3-Manganese sulfate and manganese chelates

4-Copper sulfate and copper chelates

5-Solubor (boron)

6-Molybdenum

هناك أسمدة لا يجب إضافتها بواسطة نظم الري بالرش والتنقيط حيث يكون هناك مثلاً فقد لغاز الأمونيا أو ترسب على السطح الداخلي للأنتايب وهي :

1-Aqua ammonium - زيادة فاقد النتروجين والكالسيوم يترسب مع الماء العسر

2-Anhydrous ammonium- زيادة فاقد النتروجين وسوف يترسب مع الماء العسر

3-Single superphosphate- غير قابلة للذوبان

4-Concentrated or treble superphosphate - غير قابلة للذوبان

5-Some dry ammonium phosphates- غير قابلة للذوبان

6-Potassium sulfate- صعوبة في الإذابة

7-Magnesium sulfate - صعوبة في الإذابة

8-Almost all N-P-K dry fertilizers- superphosphate الغير قابل للإذابة

9- Liming materials- غير قابلة للذوبان

10-Elemental sulfur- غير قابلة للذوبان

11- Ammonium polyphosphate- يترسب مع الماء العسر

(٩،٧) الإدارة الحقلية للكيمياويات :

يتطلب من الإدارة المشرفة على إضافة المواد الكيميائية أثناء الري عن طريق

نظم الري إتباع خطوات الإدارة الحقلية الأساسية وهي :

١- إضافة مياه الري المطلوبة فقط إلى المحصول بانتظامية بقدر الإمكان.

٢- المحافظة على الأدوات والأجهزة المستخدمة في حالة تشغيل جيدة.

- ٣- غسل النظام بعد كل استخدام للتخلص من بقايا الكيماويات المترسبة في الخزانات والمضخات وأجهزة الحقن وشبكة نظام الري ، كما يوضح الشكل رقم (٩,١) نظام خط رش محوري أثناء غسيل النظام.
- ٤- لا بد من مراعاة تطبيق احتياطات السلامة الشخصية والبيئية أثناء الإضافة.
- ٥- أتباع طريقة معايرة دقيقة وجيدة.
- ٦- يجب دائما قراءة وأتباع التعليمات والاحتياطات المكتوبة الخاصة بكل مادة كيميائية من قبل الشركة المنتجة.



ب. خروج المياه نظيفة بعد الغسيل

الشكل رقم (٩,١) تأثير غسيل نظام الرش للتخلص من الشوائب.

لذلك عند تطبيق هذه الخطوات فإن احتمال تلوث المياه السطحية أو الجوفية سوف يقل بدرجة كبيرة. ويجب أن يؤخذ في الاعتبار أن عمق المياه المتسربة والتي تحتوي على المواد الكيماوية تتوقف على كل من معدل الإضافة من نظام الري ، وزمن الري، وقوام التربة، وكذلك المحتوى الرطوبي للتربة قبل الري. الجدول رقم (٩،١) يوضح متوسط عمق الماء المتسرب عندما يكون معدل العمق المضاف ٢٥ مم لمجموعة من الترب ذات محتوى رطوبي مختلف وسعة تخزينية مختلفة.

الجدول رقم (٩،١) متوسط عمق الماء المتسرب لكل تربة عند إضافة ٢٥ مم.

| قوام الترب Soil Texture | رملية Sandy | لومية Loam | طينية Clay |
|--|-------------|------------|------------|
| متوسط السعة التخزينية المحتوى الرطوبي (%) | ٨٠ مم/متر | ١٤٠ مم/متر | ١٩٠ مم/متر |
| ٧٥ | ٤٨ مم | ٢٨ مم | ٢٢ مم |
| ٥٠ | ٢٤ مم | ١٤ مم | ١١ مم |
| ٢٥ | ١١ مم | ٩ مم | ٧ مم |

خطوات التشغيل:

- ١- هناك خطوات لا بد من أتباعها عند استخدام المواد الكيماوية حتى يمكن المحافظة على الأجهزة والأدوات المستعملة في حالة تشغيل جيدة واهم هذه الخطوات هي :
 - ١- إصلاح جميع التسربات.
 - ٢- صيانة مستمرة للخرطوم واستبدالها عند الحاجة.
 - ٣- صيانة جميع فوهات الرشاشات حتى تعطي التصريف المطلوب.
 - ٤- استبدال فوهات الرشاشات المتآكلة لأن ذلك قد يسبب زيادة تصرف تلك الرشاشات، أو لا تدور بانتظام مما يسبب سوء في توزيع المياه .
 - ٥- الصيانة والمحافظة على جميع الأجزاء ومفاتيح التشغيل والإيقاف والأسلاك الكهربائية.

- كذلك عند استخدام الري بإضافة الكيماويات لابد من مراعاة الحالات التالية :
١. لا تستخدم الري مع الكيماويات عند وجود مشكلة الجريان السطحي.
 ٢. تذكر أن أطراف حدود الحقل المروية بواسطة نظام الري بالرش تروى برشاشات ذات تصرف اقل مقارنة بمنتصف الحقل.
 ٣. مراقبة خروج المياه من المنقطات والرشاشات أثناء التشغيل حتى يمكن معرفة مواقع الانسداد.
 ٤. المحافظة على ضغط التشغيل المطلوب خاصة في نهاية شبكة نظام الري للحصول على توزيع منتظم للمياه على المساحة المروية.
 ٥. يفضل استخدام أقصى سرعة دوران للجهاز المحوري عند الري بإضافة المبيدات الحشرية. وذلك لأن السرعات البطيئة مع زيادة زمن الإضافة قد تؤدي إلى تلوث البيئة.

صيانة نظام الحقن :

لمنع حدوث ترسب بقايا المواد الكيميائية المضافة في مكونات نظام الرش والحقن لابد من غسيل بعد كل استخدام بمياه نظيفة أو باستخدام بعض المذيبات حسب نوع المادة المضافة. ويمكن إيجاد زمن الغسيل (Flushing Time) لنظم الري بالرش التي تكون فيها الرشاشات على مسافات متساوية ولها تصرف ثابت من العلاقة التالية :

$$(٩,١٠) \quad T_{fw} = t_1(0.577 + \ln N_{sp})$$

$$(٩,١١) \quad t_1 = \frac{a \cdot Ss}{Q_{sp}}$$

حيث أن :

T_{fw} = زمن غسيل نظام الري والحقن بعد الإضافة.

t_1 = زمن سريان الماء بين آخر رشاشين في نهاية نظام الري.

N_{sp} = عدد الرشاشات الكلية على الخط.

a = مساحة مقطع الأنبوب الموجود عليه الرشاشين.

وتعتمد هذه المعادلة على أن سرعة تحرك أو سريان المواد المضافة تساوي متوسط سرعة سريان الماء المتدفق في الأنبوب.

أما عند استخدام نظام الري المحوري فيمكن إيجاد زمن الغسيل في حالة عدم وجود رشاش مدفعي في نهاية خط الرش وعند استخدام أنبوب ذو قطر واحد من العلاقة التالية:

$$(9,12) \quad T_f = \frac{A \cdot R}{2 Q_g} \ln \left(\frac{R+L}{R-L} \right)$$

كذلك عند وجود نظام ري محوري له قطر واحد وبه رشاش مدفعي فإن زمن الغسيل يكون:

$$(9,13) \quad T_f = \frac{A \cdot R^2}{2B(Q_t - Q_g)} \ln \left(\frac{B+L}{B-L} \right)$$

ويمكن إيجاد B من المعادلة التالية:

$$(9,14) \quad B = R \cdot \left[\frac{Q_t}{(Q_t - Q_g)} \right]^{0.5}$$

أما عند استخدام خط رش محوري يتكون من أكثر من قطر فيمكن استخدام العلاقة التالية :

$$(9,15) \quad T_f = \frac{R^2}{2B(Q_t - Q_g)} \left\{ a_1 \cdot \ln \left(\frac{B+L_1}{B-L_1} \right) + a_2 \cdot \ln \left[\left(\frac{B+L_2}{B-L_2} \right) \times \left(\frac{B-L_1}{B+L_1} \right) \right] \dots + a_n \cdot \ln \left[\left(\frac{B+L_n}{B-L_n} \right) \left(\frac{B-L_{n-1}}{B+L_{n-1}} \right) \right] \right\}$$

حيث أن :

a_1, a_2, \dots, a_n = مساحة مقطع الأنابيب ذات الأقطار المختلفة.

L = طول الأنبوب الأول الذي قطره d_1 حتى نقطة المحور.

L_2 = المسافة بين نهاية الأنبوب الثاني الذي قطره d_2 ونقطة المحور (يشمل

طول الأنبوب الذي قطره d_1 + طول الأنبوب الذي قطره d_2).

L_n = المسافة بين نهاية الأنبوب الأول الذي قطره d_n ونقطة المحور.

لذلك لا بد من تشغيل النظام لزم من T_r على الأقل حتى يمكن صيانة النظام من ترسب بقايا المواد الكيميائية أثناء الإضافة حتى لا يحدث تآكل لمكونات النظام.

الاحتياطات الشخصية :

لوجود مواد كيماوية فد تضاف مع مياه الري وهي مواد قد تحتوي على مخاطرة نتيجة الاستخدام ، لذلك لا بد من أخذ احتياطات السلامة الشخصية التالية للأفراد القائمين بعملية الري والإضافة :

- قراءة تعليمات المنتج على المادة الكيماوية بدقة وإتباع ذلك جيداً.
- لا بد من ارتداء الملابس ذات الوقاية المناسبة مثل الأحذية وتغطية الأيدي وبعض أجهزة الوقاية في موقع الحقن.
- لا بد من الحذر الشديد عند حقن مبيدات الحشرات أو مبيد النيماتودا إلى نظام الري لأنها سامة.
- للوقاية ودقة الإضافة يستخدم نظام حقن منفصل للمبيدات عن نظام حقن الأسمدة.
- توضع بعض العلامات التحذيرية عند إضافة المبيدات في الحقل المروي حتى يمكن الابتعاد من ذلك المكان أثناء عملية الإضافة. مع تحذير أصحاب المناحل القريبة.
- تجنب استخدام محاصيل الحقل المروي مباشرة بعد الإضافة.
- تنظيف الملابس الواقية والأيدي والوجه جيداً بعد الإضافة.
- ترتيب مكان الحقن والحفاظة عليه نظيف، وكذلك إتلاف الأوعية الفارغة ودفنها في حفرة بعمق لا يقل عن ٥٠ سم، وعدم رميها في الأماكن المجاورة.

الاحتياطات البيئية:

للمحافظة على البيئة المحيطة يجب اتباع الاحتياطات التالية:

- مراقبة أجهزة وأدوات الحقن باستمرار.
- تحقن المبيدات فقط عندما يكون نظام الري في حالة الري.
- لا تحقن المبيدات عندما تكون حالة الطقس لا تسمح بذلك حتى لا يتم بعثرها على المساحات المجاورة التي لا تروى. عندما تكون سرعة الرياح عالية يفضل إيقاف النظام عن الري.
- لا يفضل استمرار عملية الري بإضافة الكيماويات عند سقوط أمطار.
- في حالة حدوث تلوث للبئر يتم إيقاف الحقن، ويتم سحب المياه بواسطة المضخة من البئر لعدة ساعات.
- تجنب إضافة المبيدات من خلال نظم الري عند وجود مياه سطحية دائمة أو شبه دائمة في الحقل، لأن ذلك قد يضر بالحياة الفطرية خاصة عند وجود حيوانات أو طيور الخ.
- ترتيب مكان الحقن والمحافظة عليه نظيف، وكذلك إتلاف الأوعية الفارغة ودفنها في حفرة بعمق لا يقل عن ٥٠ سم، وعدم رميها في الأماكن المجاورة مثل البرك والقنوات.
- العمل على إيجاد تفكير علمي وتشريعات قانونية تحقق السلامة الشخصية والبيئية عند استخدام المواد الكيماوية في الزراعة.
- السعي إلى توعية المزارع ورفع مستواه العلمي والثقافي في الأمور المتعلقة ببيئته، وعلى الأخص فيما يتعلق بتلوث المحصول والماء والتربة.

(٩,٨) أمثلة محلولة:

مثال ١ :

المطلوب إضافة ٤٤ كجم نتروجين/هكتار أثناء ري حقل مساحته ٢ هكتار مستخدماً كبريتات الأمونيا $2NH_4SO_4$. أوجد وزن المادة الكيماوية المطلوبة وحجم خزان الحقن. إذا علمت أن نسبة النتروجين فيها ٢٠٪.

الحل

$$W_f = \frac{W_{ef} \cdot A}{y}$$

$$= \frac{44 \times 2}{0.20} = 440 \text{kgm} - (2NH_4SO_4)$$

أما حجم خزان الحقن عندما تكون درجة حرارة الماء ١٠ درجة مئوية وكثافة سماد الأمونيا ٠,٧٨ كجم/لتر هو:

$$V_f = \frac{W_f}{\rho} = \frac{440}{0.78} = 564 \text{Litre}$$

مثال ٢ :

أراد مزارع أن يخفض كمية النتروجين في ماء الري إلى ١٠٠ ملليجرام/لتر. احسب عدد الليترات التي يجب أن تضاف في الساعة من محلول نتروجين كثافته ١,٢٢ كجم/لتر إذا كان معدل التصريف ٠,٦٨ لتر/ثانية، ونسبة النتروجين ٣٢٪.

الحل

$$Q_f = \frac{C_f \cdot Q_s}{\rho \cdot y}$$

$$Q_f = \frac{(100 \times 0.68) \times 0.36}{1.33 \times 32} = 0.56 \text{ L/hr}$$

مثال ٣ :

نظام ري تقليدي نصف ثابت له أربعة خطوط فرعية طول كل منها ٤٠٠ متر والمسافة بين الخطوط ١٨ متر. كذلك يوجد نظام محوري طول خط الرش ٤٠٠ متر. فإذا استخدم محلول سمادي (اليوريا) للإضافة مع الري حيث أن نسبة النتروجين ٣٢٪، بكمية ١,٣٢ كجم/لتر. أوجد معدل الحقن إذا كانت الكمية المضافة ٤٠ كجم/هكتار من عنصر النتروجين مع كل نظام ري.

الحل

تركيز عنصر النتروجين في السائل السمادي يكون :

$$C_f = 1.32 \times 32/100 = 0.42 \text{ kg/L}$$

بالنسبة للنظام نصف الثابت تكون المساحة المروية بأربعة خطوط في الوضع الواحد هي:

$$A = (4 \times 400 \times 18) / 10,000 = 2.88 \text{ ha}$$

إذا تم افتراض الآتي للنظام النصف ثابت:

$$T_f = 11 \text{ hr}, T_r = 0.5 \text{ حتى يكون هناك زمن كاف للغسيل}$$

يكون معدل الحقن كالتالي:

$$Q_f = (40 \times 2.91) / (0.42 \times 0.5 \times 11) = 49.87 \text{ L/hr}$$

بالنسبة للنظام المحوري تكون المساحة المروية:

$$A = \pi R^2 = \pi (400)^2 = 502654.8 \text{ m}^2 = 50.27 \text{ ha}$$

أيضا إذا تم افتراض أن زمن الدورة كان ٢٤ ساعة للنظام المحوري يكون معدل الحقن:

$$Q_f = (40 \times 50.27) / (0.42 \times 1.0 \times 24) = 199.5 \text{ L/hr}$$

مثال ٤ :

نظام ري محوري له المواصفات التالية:

$$L = 402 \text{ m}, \quad ra = 3 \text{ m}, \quad d = 0.163 \text{ m}, \quad Q_s = 3240 \text{ Lpm}$$

الحل

$$T_f = \frac{A.R}{2Q_s} \ln\left(\frac{R+L}{R-L}\right)$$

$$Q_s = \frac{3240}{1000} = 3.24 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$R = L + r_o = 402 + \frac{6}{2} = 405 \text{ m}$$

$$A = \pi \frac{d^2}{4} = \pi \frac{(0.163)^2}{4} = 0.021 \text{ m}^2$$

$$T_f = \frac{0.021 \times 405}{2 \times 3.24} \ln\left(\frac{405 + 402}{405 - 402}\right) = 7.3 \text{ min}$$

لذلك يحتاج نظام الري إلى ٧,٣٠ دقيقة للتشغيل بعد الانتهاء من إضافة الكيماويات بمياه الري حتى يمكن التخلص من بقايا المواد المضافة في مكونات النظام مثل الأنابيب والرشاشات.

مثال ٥ :

عند استخدام نظام ري محوري له نفس المواصفات السابقة ولكن يوجد به رشاش مدفعي في نهاية الخط له تصرف ٤٨٠ لتر/دقيقة. أوجد زمن الغسيل.

الحل

$$T_f = \frac{A.R^2}{2B(Q_i - Q_g)} \ln\left(\frac{B+L}{B-L}\right)$$

$$Q_g = 0.48 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q_i = Q_s + Q_g = 3.24 + 0.48 = 3.72 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$B = R \cdot \left[\frac{Q_i}{(Q_i - Q_g)} \right]^{0.5} = 405 \times \left[\frac{3.72}{(3.72 - 0.48)} \right]^{0.5} = 434 \text{ m}$$

$$\therefore T_f = \frac{0.021 \times 405^2}{2 \times 434 (3.72 - 0.48)} \ln \left(\frac{434 + 400}{434 - 400} \right) = 4 \text{ min}$$

مثال ٦ :

نظام ري محوري لا يوجد به رشاش مدفعي، المسافة ٦ متر على طول خط الرش المحوري، هذا الخط يتكون من قطرين بحيث الجزء الأول قطره ١٩٨ مم وطوله ١٩٢ متر، أما الجزء الثاني قطره ١٦٣ مم وطوله ٢١٠ متر. وتصرف النظام ٣٢٤٠ لتر/دقيقة. احسب زمن الغسيل.

الحل

$$T_f = \frac{R^2}{2B(Q_i - Q_g)} \left\{ a_1 \cdot \ln \left(\frac{B+L_1}{B-L_1} \right) + a_2 \cdot \ln \left[\left(\frac{B+L_2}{B-L_2} \right) \times \left(\frac{B-L_1}{B+L_1} \right) \right] \dots + a_n \cdot \ln \left[\left(\frac{B+L_n}{B-L_n} \right) \left(\frac{B-L_{n-1}}{B+L_{n-1}} \right) \right] \right\}$$

$$B = R \cdot \left[\frac{Q_i}{(Q_i - Q_g)} \right]^{0.5}$$

$$L_1 = 192 \text{ m}, \quad L_2 = 192 + 210 = 402 \text{ m}$$

وبالتعويض في المعادلة يكون :

$$T_f = 7.94 \text{ min}$$