

CAPÍTULO 9

INYECCIÓN DE QUÍMICOS PARA TRATAMIENTO DEL AGUA

Introducción

La inyección de químicos es esencial para la sostenibilidad, a largo plazo, del riego por goteo en un medio ambiente árido. Generalmente, en la mayoría de los casos, si no en todos, los fertilizantes deben ser aplicados con el agua de riego para que queden disponibles en la zona raíces. Usualmente se requiere algún tratamiento para evitar obstrucción y problemas de permeabilidad a menos que se utilice agua de un acueducto municipal. El tratamiento del agua puede también ser necesario por otras razones agronómicas/hortícolas.

Si desea información más detallada relacionada con equipos, técnicas, químicos, dosis etc. de inyección química, puede ponerse en contacto con Cal Poly ITRC para obtener el libro FERTIGATION.

La Tabla 39 proporciona algunas guías sobre problemas potenciales de obstrucción cuando se utiliza agua de diferentes calidades en riego por goteo/microaspersión. Estas guías fueron desarrolladas para dispositivos de emisión con caudales en el rango de 2 LPH - 8 LPH (0,5 GPH - 2,1 GPH).

Hay cinco tipos de obstrucción en sistemas de goteo, los cuales requieren inyección de químicos dentro del agua:

- Bacterias limosas. Estas bacterias crecen en el interior de las paredes de las mangueras y de los emisores. Los tratamientos para eliminar bacterias limosas incluyen:
 - Cloro
 - Ozono
 - Ácido
- Óxidos de hierro y manganeso
- Sulfuros de hierro y manganeso
- Precipitación de carbonatos de calcio y magnesio
- Intrusión de raíces dentro de los emisores enterrados

Tabla 39. Guías sobre obstrucción potencial con aguas de diferente calidad (Bucks and Nakayama, 1980).

Tipo de Problema	Nivel de Riesgo		
	Bajo	Moderado	Severo
Físico			
Sólidos en suspensión	50 ppm	50 - 100 ppm	> 100 ppm
Químico			
pH	7,0	7,0 - 8,0	> 8,0
Sales	500 ppm	500 - 2000 ppm	> 2000 ppm
Bicarbonatos		100 ppm	
Manganeso ^a	0,1 ppm	0,1 - 1,5 ppm	> 1,5 ppm
Hierro Total ^a	0,2 ppm	0,2 - 1,5 ppm	> 1,5 ppm
Sulfuro de Hidrógeno	0,2 ppm	0,2 - 2,0 ppm	> 2,0 ppm
Biológicos			
Población bacteriana	10.000/litro 2.642/galón	10.000 - 50.000/litro 2.642 - 13.210/galón	> 50.000/litro > 13.210/galón
Otros			
Aceite	??	??	??

^a Cuando se hagan pruebas para hierro y manganeso, acidifique la muestra de agua a un pH de 3,5 inmediatamente después de tomarla.

Los químicos son también inyectados en todos los métodos de riego agrícola con fines agronómicos, aún cuando hasta ahora los sistemas de goteo son los más populares para la mayoría de las prácticas de inyección. Los fines agronómicos de la inyección incluyen:

- Mejoramiento de la infiltración de agua en el suelo
- Fertirrigación
- Aplicación de pesticidas
- Modificación del pH del suelo

Nota importante de precaución - ANTES DE INYECTAR CUALQUIER QUÍMICO, O ANTES DE MEZCLAR QUÍMICOS DE CUALQUIER CLASE, SE DEBE SIEMPRE LLEVAR A CABO UNA PRUEBA DE “JARRA”. Una prueba de “jarra” se lleva a cabo poniendo algo del químico en una jarra con agua de riego y observando si se forma cualquier precipitado u opalescencia, lo cual ocurre dentro de las siguientes 24 horas. Si ocurre cualquier “turbidez”, hay mucha probabilidad de que la inyección de químicos cause problemas de obstrucción de los emisores.

Uniformidad

Si la inyección de químicos se inicia después de que el sistema de riego por goteo/microaspersión “se haya cargado” y esté operando en equilibrio normal de caudal y presión, los químicos se distribuirán a través del sistema con la misma UD del agua. En un sistema de goteo bien diseñado y mantenido, esta uniformidad de aplicación de fertilizantes puede ser mucho mejor que la que se pueda lograr con métodos de aplicación con tractor o al boleó. Más aún, se pueden inyectar muy

pequeñas cantidades de material con la misma uniformidad que la que se logra aplicando grandes cantidades de fertilizantes.

El tiempo de espera requerido después del encendido del sistema (antes de empezar la inyección) puede estimarse en forma simple asumiendo una velocidad promedio en el sistema de 0,305 m/s (*1 pie/s*). Si la trayectoria tubería-manguera más larga es de 305 m (*1000 pies*) desde la bomba, tomará al sistema alrededor de 1000 segundos (*17 min*) para estabilizarse, tiempo después del cual puede empezar el tiempo de inyección del fertilizante. Después de que finalice la inyección, el sistema debe seguir funcionando al menos por 17 minutos más, antes de ser apagado.

Hay un error de diseño común, el cual desmejora ostensiblemente la uniformidad de aplicación de químicos en sistemas de riego. Algunos sistemas de riego se diseñan de tal manera que cuando el químico es inyectado, los operadores cierran parcialmente la válvula de la línea principal para crear una presión diferencial, la cual es necesaria para operar el inyector de químicos. Esto baja las presiones en el sistema de riego de manera tal que la UD del sistema de riego (y la UD de la aplicación de químicos) es muy baja, lo cual anula parte del propósito de tener un buen sistema de inyección. Hay muchas opciones para accesorios de inyección, las cuales no requieren este cierre temporal de la válvula de la línea principal.

Tasa Constante vs. Tasa Variable

Para inyección de fertilizantes generalmente se desea aplicar un cierto número de UNIDADES o KILOGRAMOS (*libras*) de fertilizante durante un evento de riego. La tasa real de aplicación durante ese período puede no ser importante, siempre y cuando todo el fertilizante sea inyectado.

Para el tratamiento químico contra el taponamiento, en general es deseable mantener con ácido un pH de cierto grado, o una cierta concentración de cloro en ppm. Por consiguiente, un inyector debe ser capaz de inyectar un químico a tasa constante para prevenir obstrucción. Entre los varios métodos usados comúnmente para inyectar químicos, solamente el tanque de presión diferencial es incapaz de inyectar químicos a una tasa más o menos constante.

Localización del Inyector

El tratamiento químico del agua para evitar obstrucción en sistemas de goteo se localiza típicamente aguas abajo de la bomba, pero aguas arriba de los filtros (ver Figura 40). Así se previene el daño de los impulsores y cubiertas de las bombas. Los filtros deben remover cualquier suciedad introducida al sistema por conexiones sucias de las mangueras, lodos desde el fondo de los tanques de químicos, o precipitados suciedad/químicos que puedan formarse inadvertidamente durante la inyección. Se exceptúan a veces los ácidos fuertes, los cuales pueden ser inyectados directamente

dentro de las líneas principales de PVC aguas abajo de los filtros para evitar daño por corrosión de los mismos. Sin embargo, deben tomarse precauciones extremas cuando se inyecta cualquier producto aguas abajo de los filtros.

Otras Anotaciones Sobre Inyección

En el comercio hay una gran gama de sistemas de inyección disponibles. Las características importantes necesarias para estos sistemas deben incluir:

- a. Los inyectores deben ser capaces de entregar un caudal igual a 0,1% del caudal de riego total. Puede ser deseable tener varios inyectores para compuestos diferentes y para caudales diferentes de inyección. Por ejemplo, inyectores del rango de $0,2 \text{ m}^3/\text{h}$ (*1 GPM*) son difíciles de ajustar con precisión al rango de $0,02 \text{ m}^3/\text{h}$ (*0,1 GPM*), por consiguiente puede ser deseable un inyector más pequeño para condiciones de requerimientos de pequeñas inyecciones.
- b. Inyectores múltiples. Si se van a inyectar 5 químicos diferentes, se deberían instalar 5 inyectores diferentes. Así cada químico se inyectará a su propia tasa, por lo demás, como ya se mencionó, un inyector de caudal elevado no es adecuado para inyectar pequeños caudales con precisión. Además, la calibración es diferente para cada químico debido a los pesos específicos diferentes y a las diferentes viscosidades.
- c. Resistencia completa a la corrosión por fertilizantes y ácidos.
- d. Interrupción automática del inyector cuando para la bomba de riego.
- e. Habilidad para ajustar la tasa de inyección durante la operación.
- f. Válvulas de retención en el inyector para prevenir reflujo del agua de riego hacia el tanque de químicos.
- g. Disponibilidad de energía eléctrica. Algunos inyectores requieren electricidad; otros no.
- h. El inyector debe localizarse aguas arriba de los filtros. Esta es la recomendación de mayor controversia porque: (a) algunos filtros pueden corroerse por altas dosis de ácido y (b) Los inyectores de químicos se deben desengranar antes del retrolavado. En general, los valores muy bajos de pH pueden evitarse con otras prácticas de manejo. Hay una variedad de controles de retrolavado, los cuales pueden desengranar los inyectores de químicos antes del retrolavado.

En el comercio hay disponible una variedad de bombas de inyección, las cuales pueden satisfacer los requerimientos mencionados. Los dispositivos más simples son las bombas eléctricas de pistón o de diafragma, las cuales son excelentes y capaces de inyectar aún químicos cáusticos como urea-sulfúrico. Estos inyectores pueden estar equipados con control proporcional, de tal manera que cambien la tasa de inyección a medida que cambia el caudal del sistema de riego. Más aún, estas bombas excelentes son capaces de bombear el mismo caudal (a la misma calibración) independientemente de la viscosidad del producto químico o de la presión en la

línea de riego. Los productores agrícolas más sofisticados tienden a usar estos tipos de bombas.

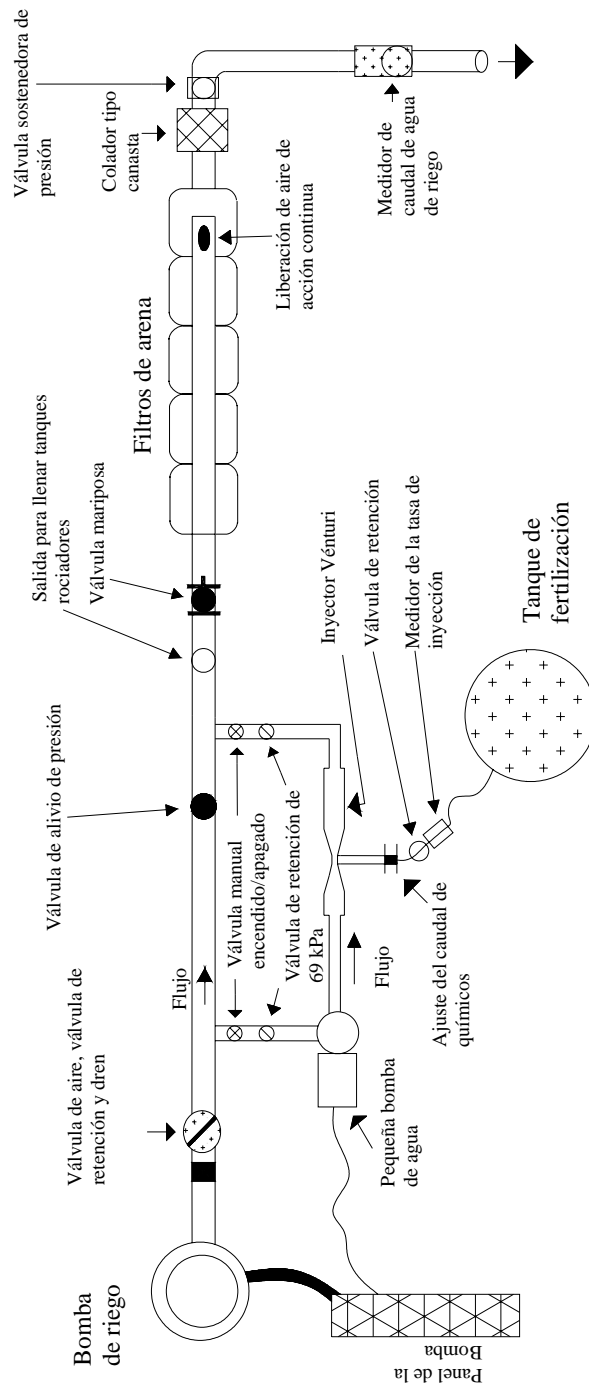


Figura 40. Equipo típico de inyección de productos químicos para riego agrícola por goteo/microaspersión. Se prefieren las bombas de fertirrigación eléctrica proporcional.

Un diseño de inyector común en California usa una motobomba eléctrica de fracción de caballo de fuerza, localizada al lado de la tubería de riego. Bombea un caudal de derivación de cerca de $3,4 \text{ m}^3/\text{h}$ con una presión extra de 276, kPa (*15 GPM, presión extra de 40 psi*) a través de un dispositivo de inyección tipo vénturi. El químico es jalado hacia el vénturi a través de un puerto de succión lateral y luego es forzado hacia la tubería de riego. La bomba misma nunca es expuesta al producto químico. El inyector de motobomba eléctrica se conecta con cables eléctricos a la bomba del sistema de riego, de tal manera que se apague cuando pare la bomba de riego.

Para prevenir el reflujo de químicos hacia el abastecimiento de agua, no solo se recomienda ensamblar una válvula de retención aprobada; es exigida en los Estados Unidos para inyección de cualquier herbicida o pesticida. La válvula de retención debe ser accionada por resorte. Cada válvula de retención debe tener un dren de baja presión (el cual abra y drene cualquier cantidad restante de líquido sobre la superficie del suelo cuando baje la presión) en el fondo de la sección aguas arriba. Se debe instalar una válvula de alivio de aire, de gran volumen, aguas arriba de cada válvula de retención. Para estos y otros requerimientos, siempre deben cumplirse las normas locales y estatales/nacionales.

Figura 41. Una instalación de “quimigación” con prevención de reflujo.

Prevención de Obstrucción

El tratamiento o prevención debe estar acorde con el problema que ocurra. En las siguientes secciones se reseñan las bases sobre prevención de obstrucciones.

Bacterias Limosas

Estas bacterias crecen en el interior de las paredes de las mangueras y de los emisores. Las partículas de arcilla en el agua, **las cuales son demasiado pequeñas**

para ser removidas por el filtrado, se pegan a las bacterias limosas y agravan el problema al proveer nutrientes que favorecen un crecimiento adicional. A medida que el desarrollo de las bacterias se incrementa en tamaño, se desprenden grandes partículas y se mueven aguas abajo y en esa forma se obstruyen los pequeños orificios de los emisores. Los tratamientos comunes para eliminar bacterias limosas incluyen:

1. Cloro

Se puede usar líquido o gas (usualmente gas). Puede aplicarse en forma continua en dosis bajas (0,5 ppm - 1,5 ppm) u ocasionalmente en dosis más altas (5 ppm - 20 ppm). La concentración crítica de cloro debe determinarse en los extremos de las mangueras; para aplicaciones continuas, una concentración de cerca de 0,5 ppm de cloro libre disponible debe persistir en los extremos de las mangueras.

Cuando el cloro se inyecta en el agua, el cloro libre consta de dos compuestos: ácido hipocloroso e hipoclorito. El porcentaje relativo de cada uno depende del pH del agua. El ácido hipocloroso es muchas veces más poderoso como biocida que el hipoclorito. Para un tratamiento efectivo con cloro, las aguas alcalinas deben acidificarse a un pH de 6,5, de tal manera que predomine el ácido hipocloroso.

El cloro “libre” residual es aún activo y reaccionará con las bacterias. Es más fácil medirlo con un equipo de pruebas para piscinas. Las determinaciones de cloro “total” analizan el cloro libre más otros componentes de cloro. Sus resultados no son tan significativos como aquellos que miden el cloro libre.

La supercloración de 200 ppm a 500 ppm se usa algunas veces si el sistema ya está obstruido (nota: puede dañar un cultivo vigoroso). Si se usa supercloración, primero deben lavarse las mangueras por completo; luego el cloro debe inyectarse y permitir que se asiente en las mangueras durante la noche (con el sistema apagado) y a continuación, se debe hacer un lavado a través de todo el sistema. Puede ser necesario que este proceso se repita varias veces.

Cuando se use hipoclorito de sodio líquido para inyección (5,25% - 15% de cloro disponible), se debe usar la siguiente fórmula:

$$T_{isq} = \frac{K(CIL)Q}{COCl}$$

donde: T_{isq} = Tasa de inyección de la solución química, LPH (GPH)

K = Factor de conversión de unidades, 0,36 para el Sistema Internacional y 0,006 para el Sistema Inglés

CIL = Concentración de cloro libre deseada. Se refiere a la concentración deseada de hipoclorito (OCl) y de ácido hipocloroso (HOCl) en el agua de riego, ppm

Q = Caudal del sistema de riego, LPS (*GPM*)

$COCl$ = Concentración de hipoclorito en la solución que se inyecta, %

Cuando se usa gas de cloro (100% de cloro disponible), se debe emplear la siguiente fórmula:

$$T_{igc} = (KC)(CIL)Q$$

donde: T_{igc} = Tasa de inyección de gas de cloro, kg/día en el Sistema Internacional, lb/día en el Sistema Inglés.

KC = Factor de conversión de unidades, 0,06 en el Sistema Internacional, 0,0085 en el Sistema Inglés.

Las demás variables como se mencionó anteriormente.

Algunas anotaciones sobre inyección de cloro incluyen:

- La acidificación del agua y la inyección de cloro deben hacerse en dos puertos de inyección diferentes; mezclar ácido y cloro líquidos en el mismo tanque producirá gas de cloro tóxico. Nunca deben almacenarse juntos, ácidos y cloro.
- La inyección de cloro combinado con herbicidas o pesticidas puede reducir la efectividad de estos químicos.
- Siempre hay que adicionar el cloro (líquido o seco) al agua, y no a la inversa.

2. Ozono

La inyección de gas de ozono es relativamente nueva en la industria. Es un oxidante muy fuerte y por consiguiente es muy corrosivo. Tiene además una vida muy corta (cerca de 30 minutos); por consiguiente, mientras puede ser efectivo en eliminar el material orgánico que entra al sistema, puede ser relativamente inefectivo en los extremos de las mangueras en donde el material orgánico se está desarrollando.

3. Control de pH

Los tratamientos con ácidos acrecientan la efectividad del cloro y en muchos casos son suficientes por sí solos para eliminar bacterias limosas. Mientras muchos productores usan ácido sulfúrico o fosfórico, otros usan fertilizantes de nitrógeno acidificados, los cuales proporcionan tanto ácido como fertilizante. El uso exclusivo de fertilizante de nitrógeno acidificado o de larga duración para el control de bacterias, debe hacerse con precaución porque: (i) el nitrógeno no debe ser aplicado a algunos cultivos próximos a la cosecha y (ii) el pH del suelo puede ser afectado en forma adversa.

4. Polímeros Varios y Mezclas Especiales

En el mercado hay numerosos aditivos especiales con un amplio rango de efectividad. La efectividad puede depender en parte del pH y de la salinidad total. Muchos de los fosfonatos y polifosfatos trabajan muy bien sobre iones específicos tales como calcio y hierro.

Hierro y Manganeseo

Las concentraciones muy pequeñas de estos dos elementos (0,1 ppm - 0,3 ppm) pueden causar problemas. El primer paso es asegurarse de que el causante del problema es realmente el hierro o el manganeseo y en qué forma. La compañía de equipos de prueba HACH vende las pruebas "BART", las cuales son pruebas simples y rápidas usadas para identificar compuestos específicos en el agua, que pueden causar problemas.

Existen dos problemas básicos:

1. Ciertas bacterias oxidan el hierro o el manganeseo presentes en el agua de riego como una fuente de energía. Hay docenas de razas de bacterias que hacen esto; algunas se combinan para formar hebras largas a manera de envoltura, las cuales pueden obstruir completamente un sistema de goteo en materia de un par de semanas. En este caso, no son el hierro o el manganeseo de por sí los que obstruyen los emisores; esta obstrucción es causada más bien por las bacterias limosas. El desarrollo de bacterias en un pozo profundo puede también formar incrustaciones en el revestimiento del pozo y reducir drásticamente su caudal. El hierro en estado ferroso (carga +2) se oxida hacia el estado férrico (carga +3).
2. El hierro puede oxidarse (herrumbrarse) químicamente. En forma similar, el hierro elemental se oxida o se herrumbra y se vuelve óxido (hierro férrico con carga +3). Este se precipita y puede bloquear los emisores.

En el oeste de los Estados Unidos, los problemas de hierro y manganeseo están casi siempre asociados con el agua de pozos profundos; no obstante, los pozos vecinos pueden tener características completamente diferentes. Las bacterias son notoriamente difíciles de eliminar.

En general, el tratamiento debe empezar en el pozo. Esto tendrá el beneficio de limpiar el revestimiento del pozo, además, así se reducirá la población de bacterias que se multiplican en la misma agua de riego. Los especialistas en limpieza de pozos pueden usar una combinación de químicos que eliminan las bacterias y que, de otra manera, no sean corrosivas para el metal del revestimiento. En algunas áreas el tratamiento de pozos con ácido/cloro funciona. Es conveniente agitar el pozo, ya que con frecuencia el problema es mayor en la porción del revestimiento que experimenta abatimiento durante el bombeo.

El siguiente paso es tratar el agua antes de que entre al filtro, de tal manera que el hierro sea removido. Hay cuatro opciones para ejecutar esta operación:

1. Descargar el agua dentro de un embalse, asegurándose de que haya buena aireación. Esta operación oxidará el hierro en estado ferroso, lo convertirá en férrico y este se precipitará.
2. Inyectar un oxidante fuerte dentro del agua, aguas arriba de los filtros para oxidar el hierro (aunque no el manganeso, puesto que su reacción es mucho más lenta). El oxidante más común es el cloro. Típicamente, se inyecta cloro a tasas entre 1,40 y 3,00 veces la tasa del hierro. Las tasas más altas se requieren si los tiempos de mezcla y contacto no son los óptimos. El problema con este tratamiento es que el cloro puede necesitar de 2 a 3 minutos de tiempo de contacto; algo que casi nunca ocurre entre el pozo y los filtros en sistemas agrícolas de riego por goteo/microaspersión. Se puede usar la siguiente fórmula (Rain Bird, 1990), basada en 1,40 veces la tasa de inyección:

$$\text{kg de cloro requerido por } 1.000 \text{ m}^3 = 1,4 \times (\text{Concentración de Fe en ppm})$$

$$\text{lb de cloro requerido por acre-pie} = 3,8 \times (\text{Concentración de Fe en ppm})$$

3. Inyectar un polímero que haya sido diseñado específicamente para “secuestrar” el hierro y el manganeso de tal manera que permanezcan en solución. Compuestos tales como “fosfonatos” y “polifosfatos” han llegado a hacerse crecientemente populares desde los primeros años de la década de 1990, como solución a este problema.
4. Utilizar una arena especial, llamada “arena verde” en un filtro de arena profundo. Mientras esto suena intrigante, tiene problemas prácticos en agricultura. La arena verde es una arena revestida, la cual debe regenerarse después de que el revestimiento haya sido saturado con hierro o manganeso. El proceso de regeneración requiere típicamente inyección de permanganato de potasio dentro de los tanques en una forma muy controlada, a más de un vertimiento seguro de la solución vieja. Este puede ser un proceso peligroso y que produce suciedad.

Sulfuros de Hierro y Manganeso

El hierro y el manganeso disueltos en presencia de sulfuros pueden formar un precipitado negro insoluble. El hierro es el problema principal en obstrucción, ya que el manganeso es tóxico para muchos cultivos en concentraciones muy bajas y puede dañar los cultivos por toxicidad antes de que la obstrucción llegue a ser un problema. El problema con sulfuros está casi exclusivamente asociado con aguas de pozos y en estos el revestimiento se ensucia rápidamente. Una vez que el agua ha alcanzado la superficie del terreno, la combinación de aireación, acidificación y cloración pueden precipitar cualquier cantidad de sulfuro que aún permanezca.

Precipitación de Carbonatos de Calcio y Magnesio

Las precipitaciones de carbonatos tienen lugar en los mismos emisores y puede ocasionar taponamiento de los mismos. Su presencia puede identificarse fácilmente colocando una gota de ácido muriático (ácido clorhídrico) sobre un emisor obstruido. Si se produce efervescencia sobre el material, se trata de carbonatos.

La solución más popular es la inyección de ácido para la remoción de carbonatos del agua, en forma de gas de CO_2 , antes de que ocurra la precipitación. En este proceso se usan muchos tipos de ácidos incluyendo ácidos sulfúrico y fosfórico (el ácido fosfórico blanco se prefiere con respecto al verde debido a que tiene menos impurezas). Adicionalmente hay varios tipos de inyector de gas, incluyendo varios inyectores de SO_2 . El bajar el pH a 6,5 prevendrá la precipitación de carbonatos.

Recientemente ha habido interés en el tratamiento de agua magnética activa. Este tratamiento hace que los carbonatos formen aragonita, la cual pasa a través de los emisores como partículas microscópicas. Desde 1993 se han desarrollado numerosos polímeros líquidos para prevención de incrustaciones. Algunos de ellos son excelentes y pueden además eliminar problemas moderados de hierro y manganeso. Estos polímeros son típicamente seguros para manipular y evitan problemas asociados con el pH bajo de la inyección de ácidos.

Intrusión de Raíces

A medida que se instalan más sistemas de riego por goteo subsuperficial (RGS), mayor es la atención que se presta a la prevención del crecimiento de raíces dentro de los emisores enterrados. En cultivos anuales tales como la lechuga, comúnmente se minimiza la intrusión de raíces al evitar estrés de humedad durante la estación de crecimiento y luego exterminando las raíces (y las plantas) por medio de inyección de ácido al final de la estación de cultivo. Para algunos árboles y vides hay herbicidas registrados con este propósito; ellos exterminan las raíces alrededor de los emisores, sin eliminar las plantas.

Algunos emisores vienen impregnados con el químico Treflan o con otro químico. Tales emisores proporcionan mayor protección cuando están nuevos, que los emisores estándar. Eventualmente, la descarga de Treflan desde los emisores decrecerá en concentración en forma tal que deben emplearse otros medios para inhibir la intrusión de raíces. Este tópico se trata con mayor detalle en las Secciones 2 y 3.

Propósitos Agronómicos

Los químicos son inyectados en todos los métodos de riego con fines agronómicos; no obstante, los sistemas de goteo son hasta ahora los más populares en prácticas de inyección. Los fines agronómicos incluyen:

- Mejorar la infiltración del agua en el suelo. Puesto que este es un problema químico, la solución dependerá de la química particular del suelo y del agua. Varias soluciones incluyen:
 - inyección de ácido
 - polímeros
 - inyección de partículas de yeso de tamaño de tamiz 200 o menor.
 - inyección de partículas de carbonato de calcio de tamaño de tamiz 200 o menor.

- **Fertirrigación.** El fertilizante primario que usualmente es inyectado es nitrógeno; sin embargo, los productores avanzados inyectan mezclas completas de nutrientes.
- **Pesticidas.** Varios nematocidas, herbicidas e insecticidas son etiquetados por los gobiernos estatales y federales para inyección a través de sistemas de riego. Debe tenerse sumo cuidado para utilizar equipos y prácticas seguros.
- **Modificación del pH del suelo.** El pH puede haberse cambiado a valores muy altos o muy bajos debido a otras prácticas de inyección como fertilización, control de bacterias, etcétera. La modificación del pH incluye inyección de ácidos e inyección de suspensiones muy puras de carbonato de calcio de tamaño de tamiz 200.

Nota importante:

Cualquier producto químico mencionado en esta publicación está en la lista del contexto de las prácticas acostumbradas por los agricultores; no se trata entonces de recomendación alguna. Las normas locales sobre salud/seguridad relacionadas con la inyección de productos químicos deben cumplirse siempre. En ausencia de normas locales o estatales, se recomienda acogerse a los estándares de la USEPA.