

NETAFIM USA



OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GOTEO

**PROCEDIMIENTOS RECOMENDADOS PARA UN SISTEMA
DE RIEGO POR GOTEO**

INFORMACIÓN GENERAL

El riego por goteo subsuperficial (SDI/Subsurface Drip Irrigation) es un sistema de riego por goteo donde la línea de goteo permanece enterrada bajo la superficie del suelo, suministrando agua directamente a las raíces. El SDI es más que un sistema de riego, es una herramienta para gestionar el área de las raíces. El fertilizante se puede aplicar a las raíces en la cantidad más conveniente - dando como resultado mayor eficacia de uso y mejor rendimiento en la cosecha. También, existen a su disposición una serie de productos químicos para proteger los cultivos (con la correspondiente etiqueta identificativa) para ser aplicados a través del sistema de goteo, lo que los convierte en una poderosa herramienta para la protección de cultivos.

La durabilidad del sistema dependerá de factores tales como la calidad inicial del agua, el buen funcionamiento, el mantenimiento habitual y la calidad de la línea de goteo. Netafim cuenta con sistemas subsuperficiales de riego por goteo con más de 20 años de funcionamiento continuo. La presente publicación detalla los procedimientos recomendados por Netafim para garantizar una durabilidad lo más extensa posible para su sistema SDI.

ESQUEMA BÁSICO DEL SISTEMA

La figura 1 es una configuración esquemática de los componentes que constituyen un sistema SDI:

- Línea de goteo - es el corazón del sistema (dependiendo de las condiciones del terreno) y puede llevar compensador de presión (terrenos montañosos) o no tener compensador de presión (terrenos planos).
- Filtros (normalmente se trata de un disco o sistema de filtrado de arenas) son la mejor opción para proteger la línea de goteo.
- Inyector de fertilizantes: inyecta químicos fertilizantes en el sistema para obtener el máximo rendimiento del cultivo y mantener la línea de goteo funcionando a largo plazo.
- Cabezales de la tubería: aberturas de control y ventilación de aire; completan el sistema.

Nuestra intención no es describir el proceso de diseño del sistema en detalle. Su distribuidor Netafim USA está capacitado para diseñar e instalar sistemas SDI de calidad. Es importante entender cómo se compone el sistema y por qué se especifican ciertos elementos del diseño.

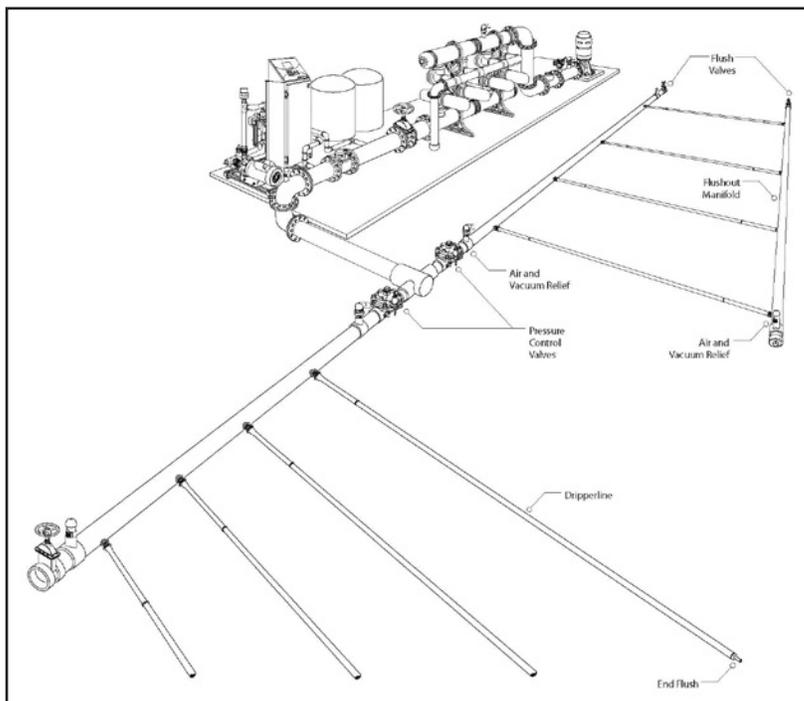


Figura 1. Configuración esquemática de los componentes del sistema de goteo

ESPECIFICACIONES DE LA LÍNEA DE GOTEO

Las siguientes recomendaciones sobre la línea de goteo se deben tomar únicamente como directrices: el tipo de suelo, la topografía y la calidad del agua afectarán el diseño final. Su distribuidor Netafim USA está familiarizado con las condiciones locales y recomendará una línea de goteo acorde a su zona. La línea de goteo debe instalarse con un GPS donde sea posible para que su posición pueda ser establecida según sea necesario. Dependiendo de las condiciones locales, la línea de goteo puede instalarse con goteros de presión compensada (Netafim DripNet PC ó UniRam) o sin presión compensada (Netafim Typhoon ó Streamline). Factores tales como la longitud de la línea, la topografía, el tamaño del área y la calidad del agua juegan un papel importante en la elección del gotero adecuado. Independientemente del tipo de gotero utilizado, hay varias pautas básicas a seguir:

1. La distancia entre las líneas de goteo está determinada por el tipo cultivo. Para cultivos de maíz con hileras cada 40", el espaciamiento habitual entre las hileras de líneas de goteo es de 80", con la línea de goteo ubicada en el surco y una línea de goteo en cada fila. Con esta configuración, una línea de goteo riega dos hileras de maíz con una hilera de riego seguida de una hilera seca. Esta configuración tiene implicaciones para medir el nivel de humedad del suelo. La medición nunca debe realizarse en hileras secas. Algunos agricultores han aumentado la densidad de sus plantaciones de maíz cambiándose a filas de 20" y en este caso la línea de goteo se coloca en centros de 40". En todo caso, la tasa de aplicación de agua se establece según el diseño que satisfaga las necesidades del cultivo de acuerdo con la disponibilidad de agua.
2. Las tuberías de goteo se entierran generalmente a una profundidad de 12" a 18". La cosecha, la textura del suelo y la presencia de roedores son las consideraciones principales al determinar la profundidad a la cual se entierra la línea de goteo. Por lo general, los suelos arenosos requieren menor profundidad de enterramiento. En zonas con gran población de roedores, es más probable que la parte más profunda de la línea de goteo sea alcanzada por los dientes de los roedores. Los roedores no suelen ser aficionados del suelo arenoso, por lo que la profundidad no es un problema. Sin embargo, una colocación más profunda puede dificultar la germinación del cultivo con el sistema de goteo a menos que haya suficiente humedad residual en el suelo. A la hora de diseñar el sistema SDI debe tenerse en cuenta lo siguiente:
 - La distancia entre goteros y el caudal del gotero - seleccionados para lograr la tasa de aplicación adecuada según la disponibilidad de agua.
 - El grosor de la pared de la línea de goteo - se recomienda generalmente la de 13 a 35 mil, siendo de uso común la de 15 a 25 mil.

REQUISITOS DE LA BOMBA

El volumen de salida de la estación de bombeo dicta la cantidad de área que puede regarse. Se ha creado una fórmula simple que convierte la tasa máxima de evapotranspiración (ET) requerida en pulgadas de agua por día por acre en galones por minuto por acre.

$$ET \text{ (pulgadas/día/acre)} * 18.86 \text{ (factor de conversión)} = \text{GPM/acre}$$

Usando esta fórmula - un ET de 0.25 pulgadas por 24 horas por acre requeriría 4.72 GPM/acre. Este cálculo es para una bomba funcionando las 24 horas. Habitualmente como un factor de seguridad, los sistemas se dimensionan en base a las 20 horas de funcionamiento. Para lograr esto utilice la siguiente fórmula:

$$24 \text{ (horas en un día)} / (\text{número de horas deseadas para el riego}) \times (\text{GPM/acre}) \\ 24/20 \times 4.72 = 5.66 \text{ GPM/acre}$$

En terrenos planos, la presión de salida requerida de las estaciones de bombeo está dictada principalmente por los requisitos de limpieza de filtros y tuberías. En terrenos inclinados también se debe considerar la presión requerida para elevar el agua hasta el punto más alto. La mayoría de los filtros automáticos requieren un mínimo de 30 psi para auto-limpiarse correctamente. Ésta es generalmente la presión de funcionamiento mínima de la bomba para operar un sistema de goteo.

FILTRADO

El sistema de filtros protege el sistema de goteo de arena y otras partículas pequeñas que pueden bloquear los goteros de la línea de goteo. Un sistema de filtro bien diseñado maximiza el rendimiento y la durabilidad de su sistema SDI. Se recomiendan dos tipos de filtros:

1. Filtros de arena
2. Filtros de disco Netafim (Figura 2)

En general, los filtros de malla son adecuados sólo para fuentes de aguas muy limpias. Los filtros de medios arenosos y de disco los cuales aplican un filtrado profundo son más eficaces eliminando partículas suspendidas en el agua. El sistema de filtros debe configurarse para que se limpie automáticamente cuando el diferencial de presión en el medio es demasiado grande. Un interruptor de diferencial de presión en combinación con un controlador de lavado es un enfoque común para la automatización de la limpieza del filtro.



VÁLVULAS REGULADORAS DE PRESIÓN

Para lograr la presión de servicio correcta en el sistema de goteo, se recomienda usar válvulas de control de presión (Figura 3) en las líneas de goteo sin compensación. Las válvulas reguladoras de presión deben ser ajustables para admitir presiones más altas requeridas durante el lavado.

RESPIRADEROS

Los respiraderos de succión (Figura 3) impiden que los goteros succionen el suelo cuando se apague el sistema. Por cada 50 laterales debe haber un respiradero anti-succión en la elevación más alta y uno ensamblado en la elevación más alta del colector de descarga. Se debe instalar un respiradero automático de doble función en la bomba y normalmente se requiere en la línea principal.

SISTEMA DE INYECCIÓN DE FERTILIZANTES

El sistema (Figura 4) está diseñado para suministrar fertilizantes a todos los bloques de riego usando un sistema automatizado o una simple bomba de inyección. Consulte a un distribuidor de Netafim USA para determinar qué fertilizantes pueden aplicarse de forma segura a través del sistema de goteo.

MEDIDORES DE AGUA

Es esencial monitorear el flujo para controlar el funcionamiento de su sistema y el uso del agua del cultivo. Su sistema SDI está diseñado para producir un caudal específico a una presión determinada. Los cambios en el caudal pueden indicar fugas en el sistema, válvulas de regulación de presión incorrectamente ajustadas, ó incluso cambios en el pozo y en la planta de bombeo. En las siguientes páginas se detalla el uso de un medidor de agua y un manómetro para diagnosticar problemas del sistema.

MANÓMETROS

Utilice manómetros para asegurarse de que el sistema de goteo, el sistema de filtro y la bomba funcionan a la presión correcta. Los manómetros también son esenciales para evaluar problemas potenciales en el sistema.

COLECTORES DE DESCARGA

La mayoría de los sistemas SDI permanentes utilizan colectores de descarga para lavar zonas enteras simultáneamente. Un colector al final del campo también mejora la uniformidad del sistema. El uso de colectores de descarga es muy recomendable para reducir el trabajo requerido para el mantenimiento correcto del sistema.

PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA

Ya sea que acaba de instalar un nuevo sistema o está poniendo el sistema en marcha después del descanso por temporada baja, estos sencillos pasos, realizados antes del riego, le ayudarán a garantizar un rendimiento óptimo del mismo.

1. Enjuague el pozo antes de poner el filtro en marcha. Un pozo nuevo o uno que ha permanecido sin uso durante la temporada baja, puede descargar arena a la puesta en marcha, este "tapón" de partículas puede sobrecargar al sistema de filtración haciendo que en repetidas ocasiones se desencadene un ciclo de autolavado improductivo. Si el pozo descarga arena periódicamente, puede requerirse instalar un separador de arena antes del sistema de filtración normal. Consulte a su distribuidor Netafim USA para obtener más información sobre los separadores de arena.
2. Limpie completamente las tuberías laterales y principales antes de poner en marcha el sistema. En sistemas nuevos, durante la instalación, es posible que la suciedad y las piezas de PVC se acumulen en el sistema - éstas deben ser eliminadas adecuadamente. Durante la temporada de cultivo, los sistemas deben lavarse regularmente. Los filtros no filtran el 100% de



Figura 2. Ejemplo de un Netafim Apollo Disc-Kleen Filter



Figura 3. Ejemplo de instalación en campo de válvulas de regulación de presión y respiraderos



Figura 4. Sistema de Inyección de Fertilizantes

las partículas, a menudo entra lodo fino. Éste se asentará en las líneas y debe ser especialmente eliminado de las líneas de goteo. Los escombros puede que también entren en las líneas después de ocurrir una ruptura, y deben ser eliminados después de cualquier reparación.

3. Compruebe si hay fugas en los laterales de la línea de goteo. Los laterales ocasionalmente se dañan durante la instalación. La puesta en marcha del sistema es el momento adecuado para comprobar si hay fugas, antes de que el dosel del cultivo se expanda, lo que dificulta las reparaciones.
4. Abra las válvulas portarramales con los colectores de descarga aún abiertos para limpiar los portarramales de escombros.
5. Por cada portarramal, abra la válvula de control hasta que el agua de descarga al final de los tramos laterales se despeje. Si la capacidad de suministro de agua es insuficiente para lavar todos los laterales simultáneamente, a continuación, enjuague algunos canales laterales a la vez. Cierre la válvula portarramal.
6. Cierre los colectores de descarga en los extremos laterales.
7. Haga funcionar el sistema hasta que esté totalmente presurizado y se descargue todo el aire.
8. Revise el sistema por si hubiera fugas o se requiriera alguna reparación.
9. Vuelva a limpiar las líneas después de reparar las fugas.
10. Revise los manómetros y ajuste todos los reguladores de presión o válvulas de regulación según sea necesario.
11. Compruebe que todos los componentes del sistema funcionen correctamente: bombas, controladores, válvulas, respiraderos, reguladores de presión, medidores, contadores de agua, sistema de filtros e inyectores de fertilizantes.
12. Registre las lecturas de todos los manómetros y medidores de flujo y compruebe la frecuencia del ciclo de retrolavado de sus filtros. Si el retrolavado es frecuente (varias veces por hora) consulte con su distribuidor Netafim USA.

PRESIÓN DEL SISTEMA Y PRUEBAS DE FLUJO

En la puesta en marcha inicial es mejor evaluar la uniformidad de su sistema de goteo. Esto se logra a través de:

1. Medir la presión en el sistema en varios puntos y compararla con la presión de diseño.
2. Leer el medidor de agua o calcular el flujo del sistema y comparar el resultado con el caudal diseñado.

Estas evaluaciones deben realizarse como parte de la puesta en marcha del sistema y como elemento constante en el mantenimiento del sistema. Consulte la sección de mantenimiento de esta guía para obtener un programa completo para el cuidado del sistema.

EVALUACIÓN DE LA PRESIÓN DEL SISTEMA

Los sistemas de goteo habitualmente están diseñados para operar entre 10 y 15 psi. Medir la presión en varios puntos de su sistema de goteo es la forma más sencilla de evaluar el rendimiento. Una buena evaluación incluirá mediciones de presión en un mínimo de tres puntos a lo largo del extremo de la cabecera del campo y tres puntos en el extremo de fondo del campo. Las mediciones de presión en más puntos en el campo incluyendo a lo largo de la longitud de los laterales, darán una idea más completa de la uniformidad del sistema, pero usualmente no son necesarias si las presiones de los extremos están dentro de una psi de la presión de descarga.

CAUDAL DEL SISTEMA

Un contador de agua es un componente importante de cada sistema de goteo. Proporciona al operador una indicación rápida del rendimiento operativo de su sistema y se utiliza para determinar las tasas adecuadas de aplicación de agua. Cada sistema nuevo debe tener un medidor de agua. Los sistemas más antiguos sin medidores de agua deben ser equipados con uno. El diseño del sistema debe incluir un caudal previsto del sistema y el caudal medido debe estar dentro de +/- 5% de la tasa diseñada. Para calcular el caudal previsto para cada zona, utilice la siguiente fórmula:

$$\text{Caudal (GPM)} = (0.2) \times \text{longitud de la línea de goteo (pi)} \times \text{caudal de goteo (GPH)} / \text{intervalo de goteo (pulg)}$$



CONVERSIÓN DEL CAUDAL DEL SISTEMA EN PULGADAS DE AGUA APLICADA

Los programas de riego se basan generalmente en las tasas de evapotranspiración (ET) que se expresan en pulgadas de agua evaporada durante un período de tiempo determinado, normalmente un día o una semana. Es sencillo convertir un caudal en GPM, puede leerlo en un medidor o calcular como se indica en la página anterior, a pulgadas de agua aplicada por hora usando la siguiente fórmula:

$$\text{Pulgadas de agua aplicada por hora} = (0.00221) \times (\text{caudal en GPM}) / (\text{número de acres})$$

Por ejemplo, un sistema SDI típico en alfalfa tendrá una separación de 40" entre líneas de tubería de goteo con goteros de 0.16 GPM espaciados a 24 pulgadas. Cada acre del sistema mencionado tiene 62 filas, 208 pies de largo para un total de 12.896 pies. Esto da un caudal de 17.19 GPM.

$$(0.00221) \times 17.19 / 1 = 0.038 \text{ pulgadas por hora que es igual a } 0.456 \text{ pulgadas en 12 horas}$$

MONITORIZACIÓN DE SU SISTEMA DE GOTEO

Para lograr los mayores rendimientos y ahorros de agua posibles con un sistema de riego por goteo, es necesario monitorear su sistema y hacer ajustes. Además, el monitoreo regular del sistema puede dar aviso anticipado de problemas potenciales.

MONITOREANDO LA PRESIÓN DEL SISTEMA Y LOS CAUDALES

Como se mostró anteriormente, las mediciones del flujo y la presión del sistema dan una buena idea del rendimiento del sistema. Debido al gran número de variables en juego en un sistema de riego, la tasa de aplicación de agua medida puede no coincidir exactamente con la tasa prevista. Aún grandes diferencias en valores calculados versus valores medidos pueden indicar un problema con sus cálculos o un problema físico del sistema, como una línea rota u obstruida. Durante la temporada de cultivo, los cambios en la tasa de flujo o la presión en su sistema se pueden utilizar para diagnosticar problemas con el mismo. La Tabla 2 detalla algunos de los problemas que pueden diagnosticarse mediante la monitorización de la presión y el caudal del sistema. Esta no es una lista exhaustiva, pero es un buen punto de partida.

MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GOTEO

El mantenimiento de su sistema SDI se centra en la identificación de los factores que pueden conducir a la reducción del rendimiento de su sistema de goteo, y los procedimientos para mitigar estos impactos negativos. Los factores que pueden retardar o detener el flujo a través del sistema de goteo incluyen: material suspendido, precipitación química, crecimiento bacteriano, intrusión de raíces, ingestión de suelo y engarzado de la línea de goteo. Para asegurar la vida máxima del sistema, reducir o eliminar el impacto de los factores negativos (Tabla 2). Esto puede requerir tratamiento de agua y un programa sistemático para el mantenimiento regular. En esta sección esbozamos los diversos problemas potenciales que pueden afectar negativamente al sistema de goteo y ofrecemos procedimientos para mitigar el daño potencial.

SÍNTOMA	POSIBLE PROBLEMA
Disminución gradual del caudal	Obstrucción de gotero Posible desgaste de la bomba (verifique la presión)
Disminución repentina del caudal	Válvula de control atascada Falla en el suministro de agua
Aumento gradual en el caudal	Daño progresivo en la línea de goteo por plagas
Aumento repentino del caudal	Lateral, portarramal o línea principal rotos Fallo del regulador de presión
Gran caída de presión a través de los filtros	Acumulación de residuos en filtros Limpieza inadecuada de los filtros
Disminución gradual de la presión en la entrada del filtro	Desgaste de la bomba o problemas de suministro de agua
Disminución repentina de presión en la salida del filtro	Lateral, portarramal o línea principal rotos Falla del regulador de presión o en el suministro de agua
Aumento gradual de presión en la salida del filtro	Obstrucción de gotero
Aumento repentino de la presión en la salida del filtro	Válvula de control atascada Otras restricciones de flujo
Disminución repentina de presión en el portarramal	Lateral dañado o roto

Cuadro 2. Problemas diagnosticados a través del caudal y la presión del sistema

CALIDAD DEL AGUA

Los problemas potenciales de obstrucción del gotero variarán según la fuente del agua de riego, ya sea superficial o subterránea. En general, las algas y el crecimiento bacteriano suelen asociarse con el uso de agua superficial. Las células de algas y los residuos orgánicos de algas son a menudo lo suficientemente pequeños para pasar a través de los filtros de un sistema de riego. Estas células de algas pueden formar acumulaciones que tapan los goteros. Los residuos de algas en descomposición pueden acumularse en las tuberías y goteros para apoyar el crecimiento de bacterias formadoras de limo. Las aguas superficiales también pueden contener organismos más grandes como musgo, peces, caracoles, semillas y otros desechos orgánicos que deben estar adecuadamente filtrados para evitar problemas de obstrucción. El agua subterránea, por otra parte, puede contener altos niveles de minerales que pueden dificultar la función del gotero. El agua de pozos poco profundos (menos de 100 pies) a menudo produce problemas de obstrucción asociados con bacterias. La precipitación química es más común en los pozos profundos.

El análisis de la calidad del agua puede lanzar al agricultor una “alerta” sobre áreas potencialmente problemáticas para el sistema de goteo. Esta prueba debe realizarse antes del diseño final del sistema para asegurar que los componentes adecuados estén instalados para solucionar cualquier problema. Diversos laboratorios alrededor de los Estados Unidos tienen servicios de Análisis de Calidad del Agua disponibles capaces de llevar a cabo una “Prueba de Adecuación de Riego por Goteo”. El análisis debe incluir pruebas de pH, sólidos disueltos, manganeso, hierro, sulfuro de hidrógeno, carbonato y bicarbonatos. La Tabla 3 enumera los problemas más comunes de calidad del agua que pueden afectar los sistemas de riego por goteo. Que la evaluación del agua de como resultado un agua de categoría moderada o incluso severa no significa que no se pueda usar el riego por goteo, pero hace falta aplicar precauciones especiales para prevenir problemas. Consulte a su distribuidor local de Netafim USA para obtener más información sobre la calidad del agua y el riego por goteo.

TIPO DE FACTOR	LEVE	MODERADO	GRAVE
SÓLIDOS SUSPENDIDOS (ppm)			
INORGÁNICOS	<10	10 - 100	>100
ORGÁNICOS	<10		>10
OBSTRUCCIÓN			
HIERRO (ppm)	0.0 - 0.1	0.1 - 0.4	0.4+
MANGANESO (ppm)	0.0 - 0.2	0.2 - 0.4	0.4+
SULFUROS (ppm)	0.0 - 0.1	0.1 - 0.02	0.2+
CARBONATO DE CALCIO	0.0 - 50.0	50.0 - 100.0	150.0+
BIOLÓGICOS			
POBLACIONES DE BACTERIAS	10,000	10,000 - 50,000	50,000+

Cuadro 3. Problemas comunes de la calidad del agua en el riego por goteo

SÓLIDOS SUSPENDIDOS

Los sólidos suspendidos en el agua entrante es lo que más afecta al sistema de goteo y lo más fácil de controlar. Cada gotero Netafim tiene un filtro amplio integrado en la unidad para evitar que las partículas suspendidas queden atrapadas en el laberinto. Este filtro se encuentra en la parte inferior del gotero y apunta hacia el centro de la tubería de goteo de modo que se puede limpiar mediante el lavado de la línea de goteo. Este filtro incorporado desempeña un papel importante en la durabilidad del sistema SDI. Por lo tanto, la mayor parte del agua utilizada para el riego por goteo debe ser filtrada para eliminar las partículas sólidas suspendidas que pueden alojarse en los goteros y reducir o incluso detener el flujo. Dichas partículas pueden ser orgánicas como algas o inorgánicas como arena. Cada fabricante recomienda un nivel de filtración basado en la tecnología del dispositivo de goteo. Los goteros Netafim comúnmente requieren filtración de 120 mesh. Este es el requerimiento de filtración más

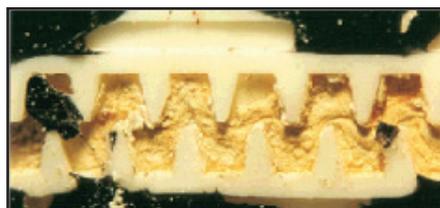
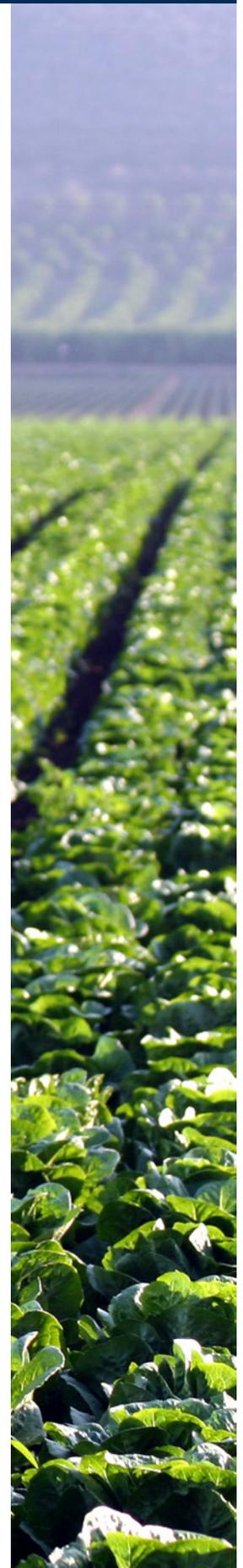


Figura 5. Gotero con precipitado de calcio. Las piezas negras en el cuadro son piezas de la línea de goteo de plástico recortadas y no contaminantes



bajo de cualquier producto comercial de riego por goteo. Esto significa que los goteadores son más fiables, lo que garantiza un servicio prolongado incluso en condiciones difíciles.

El agua superficial generalmente contiene una combinación de partículas orgánicas e inorgánicas en suspensión. Estos incluyen algas, musgo, animales acuáticos, así como arena suspendida, limo y partículas de arcilla. El filtrado de esta mezcla de material es un desafío que se logra mejor mediante filtración tridimensional, tal como un disco o un medio de arena. El agua de pozo generalmente tiene niveles más bajos de sólidos suspendidos, los cuales pueden tratarse usando filtros de disco o filtros de malla en casos de niveles muy bajos de contaminación. Si el pozo genera grandes cantidades de arena, se puede instalar un separador de arena antes de instalar otros filtros. Los filtros para SDI deben limpiar automáticamente (retrolavado) durante el funcionamiento cuando los niveles de contaminantes alcancen lo suficiente.

PRECIPITACIÓN QUÍMICA

La obstrucción química generalmente resulta de la precipitación de uno o más de los siguientes minerales: calcio, magnesio, hierro o manganeso. Los minerales se precipitan de la solución y forman incrustaciones que pueden bloquear parcial o completamente el flujo de agua a través del gotero (ver Figura 5). El agua que contiene cantidades significativas de estos minerales y un pH mayor de siete tiene el potencial de tapar goteros. Particularmente común es la precipitación de carbonatos de calcio, que depende de la temperatura y del pH. Un aumento en el pH o la temperatura reduce la solubilidad del calcio en el agua, y resulta en la precipitación de dicho mineral.

Cuando el agua subterránea es bombeada a la superficie y descargada a través de un sistema de microriego, la temperatura, presión y el pH del agua a menudo cambian. Esto puede dar como resultado la precipitación de carbonatos de calcio u otros minerales para formar incrustaciones en las superficies internas de los componentes del sistema de riego. Una simple prueba para identificar la incrustación de calcio es disolverla en vinagre. Los minerales de carbonato se disuelven y liberan gas carbónico con una efervescencia siseante.

El hierro es otra fuente potencial de depósito mineral que puede obstruir goteros. El hierro se encuentra en prácticamente todos los suelos en forma de óxidos, y a menudo se disuelve en agua subterránea como bicarbonato ferroso. Cuando se expone al aire, el bicarbonato ferroso soluble en agua se oxida a insolubles ó hidroides férricos coloidales y precipita. El resultado se conoce comúnmente como "agua roja", que en ocasiones se encuentra en pozos de riego agrícola. En ocasiones, el manganeso acompaña al hierro, pero generalmente en concentraciones más bajas.

El sulfuro de hidrógeno está presente en muchos pozos. Los problemas de precipitación generalmente no ocurren cuando se usa aguas duras, las cuales contienen grandes cantidades de sulfuro de hidrógeno. El sulfuro de hidrógeno minimizará la precipitación del carbonato de calcio (CaCO_3) debido a su acidez.

Los fertilizantes inyectados en un sistema de goteo pueden contribuir a la obstrucción. Esto puede ser el resultado de una reacción química que se produce cuando se mezclan diferentes fertilizantes o porque el fertilizante en cuestión no es completamente soluble. Este tipo de obstrucción es completamente prevenible. Para determinar el potencial de problemas de obstrucción por la inyección de fertilizantes, se puede realizar la siguiente prueba:

1. Agregue gotas del fertilizante líquido a una muestra del agua de riego de manera que la concentración sea equivalente al fertilizante diluido que fluiría en las líneas laterales.
2. Cubra y coloque la mezcla en un ambiente oscuro durante 12 horas.
3. Dirija un haz luminoso al fondo del recipiente de la muestra para determinar si se han formado precipitados. Si no se ha producido precipitación aparente, la fuente de fertilizante normalmente será segura de usar en esa fuente de agua específica.

CRECIMIENTO BACTERIANO

Un sistema de microriego puede proporcionar un ambiente favorable para el crecimiento bacteriano, resultando en la acumulación de limo. Este limo se mezcla con partículas minerales en el agua y forma acumulaciones lo suficientemente grandes como para tapar los goteros. Ciertas bacterias pueden crear suficiente precipitación de manganeso, azufre y compuestos de hierro hasta causar la obstrucción del gotero. Además, las algas pueden ser transportadas al sistema de riego desde la fuente de agua y crear condiciones que pueden promover la formación de acumulaciones.

Los problemas de obstrucción del gotero son comunes cuando se utiliza agua con alta actividad biológica y altos niveles de hierro y sulfuro de hidrógeno. El hierro ferroso soluble es una fuente de energía primaria para ciertas bacterias precipitantes de hierro.



Figura 6. Limo filamentoso de azufre que tapa completamente un pequeño medidor de agua.

Estas bacterias pueden adherirse a las superficies y oxidar el hierro ferroso a su forma de hierro férrico insoluble. En este proceso, las bacterias crean un limo que puede formar acumulaciones llamadas ocre, que pueden mezclarse con otros materiales en la tubería de microriego y causar la obstrucción del gotero. Los depósitos de ocre y los sedimentos asociados son usualmente rojos, amarillos o bronce.

El limo de azufre es un depósito fibroso de color amarillo a blanco formado por la oxidación del sulfuro de hidrógeno. La acumulación de sulfuro de hidrógeno (H₂S) en las aguas subterráneas es un proceso típicamente asociado a atmósferas reducidas en entornos anaeróbicos. La producción de sulfuros es común en lagos y sedimentos marinos, suelos inundados y zanjas; puede ser reconocido por el olor a huevo podrido. El limo de azufre es producido por ciertas bacterias filamentosas que pueden oxidar el sulfuro de hidrógeno y producir azufre elemental insoluble.

El problema de las bacterias de azufre puede minimizarse si no hay contacto aire-agua hasta que se descarga el agua del sistema. Las válvulas o accesorios de tubería defectuosos en el lado de succión de la bomba de riego son causas comunes de problemas con bacterias de azufre. Si se utiliza un tanque de presión, el contacto aire-agua en el tanque de presión puede conducir al crecimiento bacteriano en el tanque, obstruyendo el gotero. El uso de una vejiga de aire o diafragma para separar el aire del agua debería minimizar este problema.

INTRUSIÓN DE RAÍCES

Las raíces de la plantación tienden a crecer hacia las áreas del suelo que tengan mayor contenido de agua. Debido a esta tendencia, las raíces pueden obstruir los sistemas de goteo subsuperficiales creciendo en las aberturas del gotero. Las raíces de las plantas tienden a “cazar” el agua cuando es escasa, por lo tanto, el problema parece ser más agudo cuando el riego no es suficiente según las necesidades de la planta. Este es un problema específico de los sistemas que no se usan durante parte de la temporada. Se pueden emplear varias estrategias para reducir la posibilidad de intrusión de raíces:

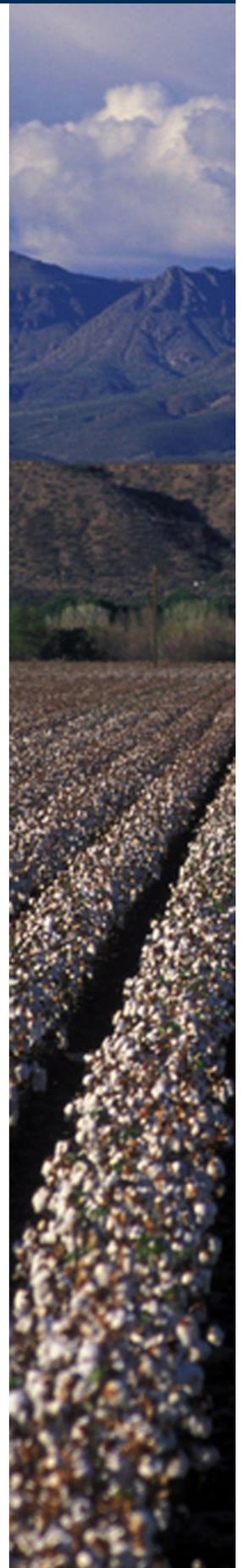
1. Los riegos cortos frecuentes mantienen el agua adecuada en la zona de las raíces, por lo que las raíces no tienen necesidad de buscar el agua.
2. La inyección de ácido que disminuya el pH a menos de cuatro desalentará el crecimiento de raíces y se puede utilizar para limpiar las raíces de goteros que tengas pequeñas cantidades de intrusión de raíz. Las altas concentraciones de cloro (100 a 400 ppm), N-pHURIC, fosfórico o metam sodio (Vapam) también destruirán las raíces en goteros.
3. En las zonas donde se permite, la trifluralina es un inhibidor efectivo del crecimiento de raíces y puede utilizarse para prevenir la intrusión de raíces.
4. La líneas de goteo cosidas alientan a las raíces a crecer a lo largo de la costuras y en el gotero. Los productos Netafim están diseñados sin costura para desalentar dicha intrusión.

INGESTIÓN DE SUELO

La ingestión de suelo no es un problema en los sistemas SDI correctamente diseñados. La ingestión de suelo ocurre cuando el suelo es aspirado por la línea de goteo. Cuando se apaga un sistema de goteo el agua continúa fluyendo hacia el extremo inferior del campo creando un vacío en el extremo superior, succionando el suelo saturado en la línea. Un sistema de goteo adecuadamente diseñado minimizará este potencial problema. El colector de alimentación debe estar equipado con respiraderos de alivio de vacío, estos respiraderos permiten que el aire fluya hacia las tuberías de goteo cuando el sistema está apagado. Los respiraderos de alivio de aire/vacío de Netafim permitirán que haya suficiente aire en el sistema. El aire insuficiente creará un vacío (similar a no utilizar respiraderos). Este no es un buen punto para escatimar.

ENGARZADO DE LA LÍNEA DE GOTEO

Pinchar la línea de goteo puede ocurrir como resultado de la alteración del suelo por el equipo o la desecación. Debido a que es difícil corregir el engarzado en un sistema SDI, muchos agricultores están configurando su sistema para que haya el mínimo tráfico en las líneas de goteo. Las líneas se instalan usando GPS y el campo se coloca con filas de tráfico específicas.



PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento del filtro

Siga las instrucciones para el mantenimiento de su sistema de filtros. Los filtros son la primera línea de protección para su sistema de goteo y necesitan mantenimiento regular para operar a un nivel alto. De forma semestral, compruebe el sistema a medida que completa un ciclo de retrolavado. Asegúrese de que todas las presiones se encuentren dentro de los límites del sistema antes y después del retrolavado. Compruebe el funcionamiento de las válvulas de retrolavado, los interruptores diferenciales de presión y el controlador. Asegúrese de limpiar el filtro de comandos. Al final de la temporada, compruebe el nivel de arenas en los tanques de arenas. La suciedad puede acumularse en los filtros de disco y los discos pueden necesitar ser limpiados con ácido. En las áreas que experimenten congelación, drenar toda el agua del filtro, válvulas y sistema de mando.

Lavado de la línea de goteo

Para minimizar la acumulación de sedimentos, se recomienda el lavado regular de las tuberías de riego por goteo. El diseño del sistema debe ser tal que se pueda obtener una velocidad de descarga mínima de 1.0 pies/seg. en las líneas. Las válvulas suficientemente grandes para permitir una velocidad de flujo suficiente deben instalarse en los extremos de las líneas. Además, deben hacerse tolerancias de lavado en los extremos de las líneas laterales. El lavado de las líneas laterales de goteo debe continuar hasta que fluya agua limpia de la línea lavada durante al menos dos minutos. Un programa regular de mantenimiento de inspección y lavado ayudará significativamente a prevenir la obstrucción del gotero.

Tratamiento químico

El tratamiento químico se requiere a menudo para prevenir la obstrucción del gotero debido al crecimiento microbiano y/o la precipitación mineral. La fijación de partículas inorgánicas al limo microbiano es una fuente significativa de obstrucción del gotero. La cloración es una medida eficaz contra la actividad microbiana. Use cloro y todos los demás productos químicos sólo de acuerdo con las instrucciones de la etiqueta. La inyección ácida puede eliminar depósitos de incrustaciones, reducir o eliminar la precipitación de minerales y crear un ambiente no apto para el crecimiento microbiano.

INYECCIÓN DEL CLORO

Información general

La cloración es el método más común para tratar contaminantes orgánicos. El cloro activo es un oxidante fuerte y como tal, es útil para lograr lo siguiente:

- A. Prevenir la obstrucción y la sedimentación de sustancias orgánicas.
- B. Destruir y descomponer las bacterias del azufre y el hierro, así como el limo bacteriano acumulado en el sistema.
- C. Mejorar el rendimiento de los sistemas de filtración mientras se reduce el agua de lavado.
- D. Sistemas limpios de sedimentos orgánicos. (El cloro no tiene ningún efecto sobre los depósitos de incrustaciones.)

Si la fuente de agua del sistema de microriego no está clorada, es recomendable equipar el sistema para inyectar cloro y suprimir el crecimiento microbiano. Dado que las bacterias pueden crecer dentro de los filtros, la inyección de cloro debe ocurrir antes de la filtración.

El hipoclorito de sodio líquido (NaOCl) - la lejía de lavar la ropa- está disponible en varias concentraciones de cloro. Las concentraciones más altas son a menudo más económicas. Es la forma más fácil de manejar el cloro y se usa con mayor frecuencia en sistemas de riego por goteo. El hipoclorito de calcio en polvo (CaCOCl₂), también denominado hipoclorito de alta prueba (HTH), no se recomienda para su inyección en sistemas de microriego ya que puede producir precipitados que pueden tapar los goteros, especialmente a altos niveles de pH. Los siguientes son varios esquemas de inyección de cloro posibles:

- Inyectar continuamente a un nivel bajo para obtener una a dos ppm de cloro libre en los extremos de los laterales.
- Inyectar a intervalos (una vez al final de cada ciclo de riego) a concentraciones de 20 ppm y durante un tiempo suficiente para alcanzar el último gotero del sistema.
- Inyectar un tratamiento de babosas a altas concentraciones (50 ppm) semanalmente al final de un ciclo de riego y durante un tiempo suficiente para distribuir el cloro a través de todo el sistema de tuberías.

El método utilizado dependerá del potencial de crecimiento de los organismos microbianos, del método y equipo de inyección y de la programación de la inyección de otros productos químicos.

Cuando se inyecta cloro, se debe usar un kit de prueba para comprobar que la tasa de inyección es suficiente. Se deben usar kits de prueba de colores (D.P.D.) que midan el cloro libre residual, que es el agente bactericida primario. El kit de prueba tipo ortotolidina, que se utiliza a menudo para medir el contenido total de cloro en piscinas, no es adecuado para este propósito. Los kits de prueba de D.P.D. se pueden adquirir en los distribuidores de equipos de riego. Compruebe el agua en la salida más alejada de la bomba de inyección. Debe haber una concentración de cloro residual de una a dos ppm en ese punto. Los caudales del sistema de riego deben monitorearse de cerca, y tomar medidas (cloración) si los caudales disminuyen.

La cloración para el control bacteriano es relativamente ineficaz por encima de un pH 7.5, por lo que pueden ser necesarias adiciones de ácido para disminuir el pH y aumentar la acción biocida del cloro en aguas más alcalinas. Dado que el hipoclorito de sodio puede reaccionar con emulsionantes, fertilizantes, herbicidas e insecticidas, los productos químicos a granel deben almacenarse en un lugar seguro de acuerdo a las instrucciones de la etiqueta.

Receta para la inyección de cloro

ADVERTENCIA: Las soluciones de cloro activo son peligrosas para los seres humanos y los animales - **las instrucciones del fabricante deben ser seguidas con mucho cuidado.** Cuando se usa cloro, se debe usar una protección adecuada para los ojos, las manos y las partes del cuerpo, es decir, gafas protectoras, guantes, zapatos, etc. El contacto del cloro con la piel puede causar quemaduras graves, el contacto con los ojos puede causar ceguera y la deglución puede ser fatal. Antes de llenar cualquier tanque con solución de cloro, asegúrese de que está absolutamente limpio de residuos de fertilizantes. El contacto directo entre el cloro y el fertilizante puede crear una reacción térmica, que puede ser explosiva. **Esto es extremadamente peligroso.** El contacto directo del cloro y el fertilizante en el agua de riego después de haber sido inyectado en el sistema no es peligroso.

El contacto del cloro libre en agua y fertilizante nitrogenado (amonio y urea) crea la combinación de cloramina que se llama "cloro combinado". Si es posible, evite la aplicación de fertilizantes de amonio o urea junto con la cloración.

En el caso de que se requiera cloración, se recomienda pedir a su Servicio de Extension Agrícola local que le ayude en los métodos de cálculo y aplicación.

El hipoclorito de sodio es transportado en tanques. Se debe almacenar en un tanque limpio sin ningún resto de fertilizantes. Los tanques deben ser pintados de blanco y colocados en un área a la sombra. En el campo, el almacenamiento no debe exceder los 20 días. En caso de cloro gaseoso, el transporte, el almacenamiento y la manipulación general deben realizarse de acuerdo con las instrucciones específicas del fabricante bajo la supervisión de las autoridades pertinentes.

OBJETIVO DE LA CLORACIÓN	MÉTODO DE APLICACIÓN	CONCENTRACIÓN REQUERIDA (PPM = PARTES POR MILLÓN)	
		COMIENZO DEL SISTEMA	FIN DEL SISTEMA
PREVENIR SEDIMENTACIÓN	CLORACIÓN CONTINUA	3 - 5	0.5 - 1
	CLORACIÓN INTERMITENTE	10	1 - 2
LAVADO DEL SISTEMA	CLORACIÓN CONTINUA	5 - 10	1 - 2
	CLORACIÓN INTERMITENTE	15 - 50	4 - 5

CONCENTRACIÓN Y PUNTO DE INYECCIÓN

Es importante recordar que la concentración de cloro disminuye a medida que aumenta el tiempo y la distancia desde el punto de inyección. La concentración más baja siempre se encontrará más lejos del punto de inyección. El punto de inyección debe estar lo más cerca posible del sistema tratado.

La concentración requerida de cloro activo es el resultado del objetivo de cloración.

Cuando el objetivo de la cloración es mejorar el rendimiento del filtrado, el punto de inyección debe estar cerca del sistema de filtración para asegurar una distribución uniforme a través de los filtros. La concentración de cloro con la corriente de la batería de filtros debe ser no menos de una a dos ppm para la cloración constante y tres veces más para la cloración intermitente.

Para la cloración continua, la inyección debe comenzar después de presurizar el sistema. Para la cloración intermitente, el procedimiento debe ser el siguiente:

INICIAR	Lavando el sistema.
INYECCIÓN	Inyectar la cantidad requerida en el tiempo, preferiblemente al principio del ciclo.
TIEMPO DE CONTACTO	Preferiblemente una hora, pero no menos de treinta minutos.
LAVADO	Al final del proceso, abra el extremo de la línea, enjuague y deje correr agua fresca durante una hora.



CÁLCULOS - Cloro líquido

Utilice las siguientes hojas de cálculo para determinar la tasa de inyección apropiada de cloro en términos de GPH para líquido y lbs./hr para gas.

1. Elija el factor adecuado para la solución de cloro:
Solución de cloro al 5%: El factor es = 2.00
Solución de cloro al 10%: El factor es = 1.00
Solución de cloro al 15%: El factor es = 0.67
2. Multiplicar el factor de dilución por el caudal tratado en términos de GPM.
3. Multiplicar por la concentración de cloro deseada en términos de ppm.
4. Multiplicar por el factor de 0.0006.
5. El resultado será la tasa de inyección requerida de cloro en términos de GPH.

POR EJEMPLO:

La solución de cloro es del 10%. El caudal es de 100 GPM. La concentración deseada de cloro es de 10 ppm.

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Cloro} & \text{Caudal} & \text{Cloro deseado} & & \text{Inyección de cloro} & & \\ \text{Factor de dilución} \times & \text{GPM} \times & \text{concentración (ppm)} \times & 0.0006 & = & \text{Tasa GPH} & \\ \mathbf{10} \times & \mathbf{100} \times & \mathbf{10} \times & \mathbf{0.0006} & = & \mathbf{0.6} & \end{array}$$

La tasa de inyección de la solución de cloro será **0.6 GPH**

CÁLCULOS - Gas de cloro

1. Determine el flujo de la zona tratada en términos de GPM.
2. Multiplique el flujo por la concentración de cloro deseada en términos de ppm.
3. Multiplíquelo por el factor de 0.0005.
4. El resultado será la tasa de inyección del gas en términos de lbs. por hora.

POR EJEMPLO:

El caudal es de 100 GPM. La concentración deseada de cloro es de 10 ppm.

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Caudal} & \text{Cloro deseado} & & \text{Inyección de cloro} & & & \\ \text{GPM} \times & \text{Concentración (ppm)} \times & 0.0005 & = & \text{Tasa (lbs./hr)} & & \\ \mathbf{100} \times & \mathbf{10} \times & \mathbf{0.0005} & = & \mathbf{0.5} & & \end{array}$$

La tasa de inyección del gas será **0.5 lbs./hr.**

INYECCIÓN DE ÁCIDO

Información general

El ácido puede utilizarse para reducir el pH del agua de riego, reducir el potencial de precipitación química, y mejorar la eficacia de la inyección de cloro. Los ácidos sulfúrico, clorhídrico y fosfórico se utilizan para este propósito. El ácido se puede inyectar de la misma manera que el fertilizante; sin embargo, se requiere mucha precaución. La cantidad de ácido a inyectar depende de cuán químicamente básica (capacidad de amortiguación) sea el agua de riego y la concentración del ácido a inyectar. Un miliequivalente de ácido neutraliza completamente un miliequivalente de bases.

Si se inyecta ácido de forma continua para evitar que se formen precipitados de calcio y magnesio, se debe ajustar la velocidad de inyección hasta que el pH del agua de riego esté por debajo de 7.0. Si la intención de la inyección de ácido es eliminar la acumulación de incrustaciones existentes dentro del sistema de microriego, el pH deberá bajarse aún más. La liberación de agua en el suelo debe ser minimizada durante este proceso, ya que se podría dañar la raíz de la planta. Se debe inyectar un porción de ácido en el sistema de riego y dejarlo en el sistema durante varias horas, después de lo cual el sistema debe ser lavado con agua de riego. El ácido es más eficaz en la prevención y disolución de incrustaciones alcalinas. Evite concentraciones que pueden ser dañinas para los goteros y otros componentes del sistema.

El ácido fosfórico, que también es una fuente fertilizante, puede utilizarse para el tratamiento del agua. Algunos operadores de sistemas de microriego utilizan ácido fosfórico en sus mezclas de fertilizantes. Se debe tener cuidado con la inyección de ácido fosfórico en aguas duras ya que puede causar la precipitación de carbonato de calcio.

Por seguridad, diluya el concentrado de ácido en un recipiente de mezcla no metálico, resistente a los ácidos antes de la inyección en el sistema de riego. Al diluir el ácido, agregue siempre el ácido al agua, nunca agua al ácido. El punto de inyección de ácido debe estar alejado de cualquier conexión metálica o filtros para evitar la corrosión. El recomendable lavar el sistema de inyección con agua después de la aplicación de ácido para evitar el deterioro de los componentes en contacto directo con el ácido.

Los ácidos y los compuestos de cloro deben almacenarse por separado, preferiblemente en recipientes de plástico recubiertos de epoxi o de fibra de vidrio. El ácido puede reaccionar con el hipoclorito y producir gas de cloro y calor; por lo tanto, la inyección de ácido debe hacerse a cierta distancia (dos pies), antes de la inyección de cloro. Esto permite la mezcla apropiada del ácido con el agua de riego antes de que el ácido se tope con el cloro.

Los ácidos clorhídrico, sulfúrico y fosfórico son todos muy tóxicos. Siempre use gafas protectoras y ropa resistente a los químicos cuando manipule estos ácidos. El ácido debe ser vertido en agua; nunca vierta el agua en ácido.

Receta para el tratamiento con ácido de los sistemas de riego por goteo

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD: El contacto del ácido con la piel puede causar quemaduras. El contacto con los ojos podría ser extremadamente peligroso. Durante el tratamiento y especialmente al llenar los envases con ácido, use gafas protectoras, ropa y botas. Siga las instrucciones de la Hoja de Datos de Seguridad del Material (M.S.D.S.) adjunta al ácido suministrado.

PROBLEMAS DE CORROSIÓN: Los tubos de polietileno y PVC son resistentes al ácido. Las tuberías de aluminio, acero (con o sin revestimiento interior de hormigón) y de cemento de amianto pueden ser dañadas por la corrosión. En todos los casos, reanudar el flujo de agua normal a través del sistema después de completar el tratamiento durante al menos una hora para eliminar cualquier resto de ácido. La importancia del lavado no se puede enfatizar demasiado cuando las tuberías utilizadas son particularmente sensibles a la corrosión.

MÉTODO DE OPERACIÓN: El ácido se puede aplicar a través del sistema de riego por goteo mediante una bomba de fertilizante resistente a los ácidos o por un cabezal de control convencional con un tanque de fertilizante.

APLICACIÓN DE ÁCIDO CON BOMBA DE FERTILIZANTE: El objetivo del tratamiento con ácido es bajar el nivel de pH del agua en el sistema de riego a valores entre dos a tres durante un corto tiempo (doce a quince minutos). Esto se consigue mediante la inyección de una cantidad adecuada de ácido en el sistema.

INSTRUCCIONES

1. Limpie los filtros.
2. Enjuague el sistema con agua limpia de la siguiente manera: enjuague las tuberías principales, luego las tuberías de distribución y finalmente las tuberías laterales de goteo. Utilice la presión más alta posible para el lavado. Desactive los reguladores de presión y limpie los laterales, unos cuantos a la vez. El enjuague con agua limpia evitará bloqueos durante el tratamiento.
3. Compruebe la descarga del agua del sistema a través del cual se inyectará el ácido y la descarga de la bomba de fertilizante.
4. Calcule la cantidad requerida de ácido que se debe inyectar en el sistema con el fin de obtener 0.6% de concentración de ácido en el agua de riego.
5. Inyecte el ácido en el sistema quince minutos sólo después de que el sistema haya alcanzado la máxima presión de operación.

NOTA: Los ácidos adecuados para ser inyectados en concentraciones de 0.6% son:

Ácido nítrico	60%
Ácido fosfórico	75% - 85%
Ácido sulfúrico	90% - 96%
Ácido clorhídrico	30% - 35%

En muchos casos, los ácidos más económicos son el ácido sulfúrico (ácido de batería) y el ácido clorhídrico (ácido de piscina).



MÉTODO DE CÁLCULO

La velocidad de inyección del ácido a la zona tratada se puede calcular como sigue:

Tasa de inyección en GPH = (flujo del sistema en GPM) X (0.36/ % de ácido en forma decimal)

POR EJEMPLO:

El ácido sulfúrico al 90% y el caudal del sistema es de 100 GPM.

$$100 \times (0.36/0.9) = 40 \text{ GPH}$$

Debido a que el ácido se inyecta sólo 15 minutos, el ácido total requerido es de 10 galones.

NOTA: Bajo ciertas condiciones, es decir, aguas duras con un pH muy alto, puede ser necesario elevar el concentrado ácido en el sistema al 1%. Consulte a un representante de Netafim USA antes de realizar dicho tratamiento.

SISTEMA DE CONTROL DE HIERRO PARA RIEGO POR GOTE

Información general

Los depósitos de hierro crean graves problemas de obstrucción en los sistemas de goteo. El depósito de hierro se describe como un tipo gelatinoso amorfo filamentosos de limo pardo-rojizo, que precipita en el agua que contiene hierro. Los depósitos de hierro se atascan en los goteros y pueden provocar la obstrucción completa del sistema.

El problema existe en las áreas de pozo de agua donde los acuíferos subterráneos están formados principalmente de suelos arenosos o suelos orgánicos de estiércol (muy comunes en Florida) usualmente con un pH inferior a 7.0 y en ausencia de oxígeno disuelto. Estas aguas contienen hierro ferroso (Fe+2) que es químicamente reducido, 100% soluble en agua y sirve como materia prima primaria para la formación de limo.

Las bacterias del hierro, principalmente de géneros filamentosos como Gallionella Sp. Leptolhris y Sphaerotihus y menos del tipo barra como las Pseudomonas y Enterobacterias, cuando están presentes en el agua, reaccionan con el hierro ferroso (Fe+2) a través de un proceso de oxidación. Esto cambia la forma del hierro a hierro férrico (Fe+3) que es insoluble. El hierro ferroso insoluble está rodeado por las colonias de bacterias filamentosas que crean el gel de limo pegajoso de hierro que es responsable de obstruir el gotero.

Las concentraciones de hierro ferroso tan bajas como 0.2 ppm se consideran un riesgo potencial para los sistemas de goteo (H.W. Ford 1982). Entre 0.2-1.5 ppm el riesgo de obstrucción del gotero es moderado. Las concentraciones por encima de 1.5 ppm se describen como graves (Bucks y Nakayama -1980). Prácticamente cualquier agua que contenga concentraciones superiores a 0.5 ppm de hierro no puede usarse en sistemas de goteo a menos que sea tratada químicamente o de otra manera. Los experimentos en Florida indican que la cloración ha controlado con éxito el limo de hierro cuando las concentraciones de hierro fueron inferiores a 3.5 ppm y el pH era inferior a 6.5 (Nakayama y Bucks -1986). También se afirma que el uso a largo plazo de agua con un alto nivel de hierro, puede no ser adecuado para el riego por goteo. La literatura menciona que el agua que contiene más de 4.0 ppm no puede ser tratada químicamente de forma eficiente y el estanque debe someterse a un proceso de sedimentación antes de bombearlo de nuevo a un sistema de goteo.

Métodos de Control de Hierro

Hay varias maneras de controlar los problemas de limo de hierro. El denominador común de todos los tratamientos es la prevención del limo. Básicamente hay dos tratamientos preventivos:

1. **ESTABILIZACIÓN** (inhibidores de precipitación)
Los tratamientos de estabilización mantienen el hierro ferroso en solución por quelación con agentes secuestrantes. Tales agentes incluyen diversos polifosfatos y fosfonato.
2. **OXIDACIÓN - SEDIMENTACIÓN - FILTRACIÓN**
Este tipo de tratamiento oxida el hierro ferroso "invisible" soluble en el hierro férrico "visible" insoluble. Entonces precipitará, por lo que puede ser físicamente separado del agua por medio de filtración.

El segundo procedimiento es generalmente el menos costoso para problemas severos de hierro en las fuentes de aguas. Los diversos medios para oxidar el hierro incluyen cloración y aireación. También hay otros oxidantes, pero generalmente son más costosos. La inyección de cloro para el control del hierro se maneja normalmente de la misma manera que la inyección continua de cloro descrita anteriormente, con niveles de cloro residual de una a dos ppm. La aireación se aplica con mayor frecuencia a los estanques de sedimentación mediante pulverizadores o agitadores para que el hierro tenga reacción con el aire. En este caso el estanque se convierte en un componente de prefiltrado.

Sedimentación - Filtración

Un filtro de arena es el filtro más apropiado para asentar el hierro oxidado y filtrarlo del agua. Cuando se diseña un sistema de filtración para remover el hierro es recomendable sobredimensionar las unidades de filtro. Las unidades más grandes con una velocidad de agua más lenta permitirán que el hierro oxidado se asiente y el agua resultante sea más fácil de filtrar. Este es el mismo principio mostrado en los estanques de sedimentación.

INHIBIDORES DE INCRUSTACIONES

Los inhibidores de incrustaciones, tales como agentes quelantes y secuestrantes, han sido utilizados durante mucho tiempo en otras industrias. Se están comercializando una serie de productos químicos diferentes para su uso en sistemas de microriego para evitar la obstrucción. Muchos de estos productos contienen alguna forma de polifosfato inorgánico que puede reducir o prevenir la precipitación de ciertos minerales formadores de incrustaciones. Estos fosfatos inorgánicos no detienen la precipitación mineral, sino que la mantienen en el rango submicroscópico inhibiendo su crecimiento. Probablemente el más comúnmente utilizado de estos materiales es el hexametáfosfato de sodio - sólo 2 ppm puede contener tanto como 200 ppm de bicarbonato de calcio en solución.

El hexametáfosfato de sodio no sólo es eficaz contra la incrustación alcalina, sino que también forma complejos con el hierro y el manganeso y puede evitar la sedimentación de estos materiales. Aunque la cantidad de fosfato necesaria para evitar depósitos de hierro depende de varios factores, una recomendación general es de dos a cuatro ppm de fosfato por cada ppm de hierro o manganeso.

Estos fosfatos son relativamente baratos, fácilmente solubles en agua, no tóxicos y eficaces a bajas tasas de inyección.

TRATAMIENTO DEL ESTANQUE

Los problemas de algas que a menudo ocurren con las fuentes de agua superficial tales como un estanque pueden tratarse eficazmente con sulfato de cobre (CuSO_4). Dosis de una a dos ppm (1.4 a 2.7 libras por acre-pie) son suficientes y seguras para tratar el crecimiento de algas. El sulfato de cobre debe aplicarse cuando la temperatura del agua del estanque esté por encima de 60°F. Los tratamientos pueden repetirse a intervalos de dos a cuatro semanas, dependiendo de la carga de nutrientes en el estanque. El sulfato de cobre debe ser mezclado en el estanque (es decir, rociado en la estela de un barco). La distribución de biocidas en aguas superficiales debe cumplir con las regulaciones de la Agencia de protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA).

El sulfato de cobre puede ser dañino para los peces si la alcalinidad, una medida de la capacidad del agua para neutralizar el ácido, es baja. La alcalinidad se mide volumétricamente por valoración con H_2SO_4 y se informa en términos de CaCO_3 equivalente. El uso repetido de sulfato de cobre puede resultar en acumulación de niveles tóxicos para las plantas.





NETAFIM USA

5470 E. Home Ave.

Fresno, CA 93727

CS 888 638 2346

www.netafimusa.com