

Producción Ornamental

Manual de manejo de invernaderos de Texas

- Estructuras de invernadero
- Requisitos de calefacción de invernadero
- Media creciente
- Medios de cultivo y pH
- Fertilización de cultivos de invernadero
- Diagnóstico de deficiencias nutricionales
- Riego de cultivos de invernadero
- Monitoreo de la Calidad del Agua de Riego
- Tratamiento del agua de riego
- Manejo de sales solubles
- Tratamiento y reciclaje de escorrentías de riego
- Aire, agua y medios... Poniéndolos todos juntos
- Referencias adicionales para la gestión de invernaderos

Recurso educativo basado en una publicación del mismo nombre preparada por el Dr. Don Wilkerson, Texas AgriLife Extension. Copyright © Texas AgriLife Extension Service, todos los derechos reservados

Catalog

Manejo de Sales Solubles - Managing Soluble Salts.....	1
Manual de manejo de invernaderos de Texas - Table of Contents.....	4
Media Creciente - Growing Media.....	5
Medios de cultivo y pH - Growing Media & pH.....	10
Monitoreo de la Calidad del Agua de Riego - Monitoring the Quality of Irrigation Water.....	15
Referencias Adicionales para la Gestión de Invernaderos - Additional References for Greenhouse Management.....	17
Requisitos de calefacción de invernadero - Greenhouse Heating Requirements.....	19
Riego de Cultivos de Invernadero - Irrigating Greenhouse Crops.....	24
Tratamiento del Agua de Riego - Treating Irrigation Water.....	27
Tratamiento y Reciclaje de Escorrentías de Riego - Treating and Recycling Irrigation Runoff.....	31
Aire, Agua y Medios... Poniéndolos todos juntos - Air, Water And Media... Putting Them All Together.....	35
Diagnóstico de deficiencias nutricionales - Diagnosing Nutritional Deficiencies.....	38
Estructuras de invernadero - Greenhouse Structures.....	41
Fertilización de Cultivos de Invernadero - Fertilizing Greenhouse Crops.....	45
disuelto en agua.....	48
Mono calcio Fosfato.....	48
Nitrato de amonio.....	48
Urea.....	48
Yeso (Calcio.....	48
Cloruro amónico.....	48
Urea.....	49
Fosfato triple.....	49
KCl.....	49
21-53-0 0.....	49
16-0-0 0.....	49
38-0-0 0.....	49
0-0-62 0.....	49
0-0-53 0.....	49
Yeso.....	50
molibdato de amonio.....	50
0 0.....	50
0 Varios % Fe.....	50

Manejo de sales solubles

La presencia de un exceso de sales solubles es quizás el factor más limitante en la producción de cultivos de invernadero. En términos generales, las acumulaciones de sal son el resultado del uso de agua de riego de mala calidad, sobre fertilización o sustratos de cultivo con un contenido inherentemente alto de sal. Aunque las sales solubles pueden inhibir el crecimiento de las plantas, cuando se manejan adecuadamente, sus efectos pueden reducirse.

Daño a las Plantas por Sal

El daño a la planta resultante del exceso de sales solubles puede ocurrir primero como una clorosis leve del follaje, que luego progresa a una necrosis de las puntas y los márgenes de las hojas. Este tipo de lesión se atribuye en gran medida a la movilidad de las sales solubles dentro de la planta. Como estas sales se trasladan rápidamente por toda la planta, se acumulan en las puntas y márgenes de las hojas. Una vez que las sales alcanzan un nivel tóxico, provocan la característica "quemadura" asociada con el exceso de sales.

Las raíces también pueden dañarse por la presencia de sales solubles. Esto a menudo predispone a la planta a una amplia gama de enfermedades de la raíz (es decir, *Phythium*, *Fusarium*, etc.). La lesión extrema también puede interferir con la absorción de agua y dar como resultado un marchitamiento excesivo de la planta. Es extremadamente importante inspeccionar los sistemas de raíces de las plantas con regularidad para controlar los efectos de las sales solubles.

Agua de Riego

El agua de riego es un importante contribuyente de sales solubles al medio de cultivo. Estos ocurren principalmente como sales de Na, Ca y Mg, aunque pueden estar presentes otros.

Las sales solubles en el agua de riego se miden en términos de conductividad eléctrica (CE). Cuanto mayor sea el contenido de sal, mayor será la CE. En general, los valores de EC superiores a 2,0 milimhos/cc se consideran perjudiciales para el crecimiento de las plantas. La calidad del agua debe controlarse con frecuencia para evitar posibles problemas derivados de las sales solubles.

Fertilizantes

Los fertilizantes son formas de sales y, por lo tanto, contribuyen al contenido total de sales solubles del sustrato. Dependiendo del contenido de sal inherente del agua de riego utilizada, los niveles de fertilidad deben ajustarse para evitar acumulaciones de sal.

Los fertilizantes a menudo se clasifican por la cantidad de sales totales que contienen. Este

“índice de sal” se puede usar para determinar la cantidad de sales aportadas al medio de cultivo. La Tabla 1 presenta el índice de sal de varios fertilizantes de uso común.

Cuadro 1. Índice salino relativo para varios fertilizantes.

Fertilizante	Índice de Sal
Nitrato de sodio	100
Cloruro de potasio	116
Nitrato de amonio	105
Urea	75
Nitrato de potasio	74
Sulfato de amonio	69
Nitrato de calcio	53
Sulfato de magnesio	44
Fosfato diamónico	34
superfosfato concentrado	10
Yeso	5

El nitrato de sodio se fijó arbitrariamente en 100. Cuanto menor sea el valor del índice, menor será la contribución del fertilizante al nivel de sales solubles.

Media Creciente

Los medios de cultivo se pueden formular a partir de una variedad de componentes. Estos incluyen turba, perlita, vermiculita, corteza de pino y otros. En términos generales, estos materiales no contienen cantidades excesivas de sales solubles. Sin embargo, es importante monitorear cuidadosamente la calidad de los componentes de los medios.

En algunos casos es necesario lixiviar a fondo un medio antes de usarlo. Esto es particularmente importante para la germinación de semillas y otras formas de propagación. La lixiviación se puede lograr haciendo correr agua a través de macetas o bandejas individuales antes de plantar o lixiviando todo el volumen del medio a granel.

Para una evaluación cuantitativa de este proceso se puede evaluar la conductividad eléctrica del lixiviado. Cuando la CE es inferior a 2,0 milimohos, el medio está libre de sales excesivas.

Manejo de Sales Solubles

La gestión de las sales solubles implica un enfoque integrado de la producción. Esto incluye el tipo de medio de cultivo utilizado, la frecuencia de riego, la calidad del agua, el régimen de fertilidad y la tolerancia de la planta.

Los medios de crecimiento deben contener una cantidad sustancial de poros grandes para facilitar un buen drenaje. Los medios con estas características se lixivian fácilmente y reducen el potencial de acumulación de sales solubles. Al regar este medio, es importante aplicar suficiente agua para permitir que se filtren cantidades suficientes a través del recipiente. Se debe aplicar aproximadamente un 15-20% más de agua de la que puede contener el recipiente en cada riego si el riesgo de sal es alto. La presión del agua debe ajustarse para evitar el desbordamiento.

Dado que la concentración de sales solubles en los tejidos de las plantas aumenta a medida que disminuyen los niveles de humedad, es importante controlar el contenido de agua del medio de cultivo. En presencia de sales solubles excesivas, no se debe permitir que los medios de crecimiento se sequen. Mantener niveles de humedad adecuados puede ser difícil en medios de cultivo porosos y requiere una atención cuidadosa.

Proporcionar una fertilidad adecuada es importante para mantener un crecimiento óptimo de las plantas. Sin embargo, si los niveles de fertilidad son demasiado altos, pueden producirse daños por sales solubles. La determinación de la cantidad de nutrientes a utilizar debe basarse en la calidad del agua de riego, así como en el índice de sal del fertilizante. En general, la mayoría de los regímenes de fertilidad utilizados para la producción de cultivos de invernadero en maceta están entre 150 y 350 ppm (N). Los niveles más altos de fertilidad crean un potencial mucho mayor de daño por sales solubles.

Quizás el medio más efectivo para manejar las sales solubles es evitar la producción de plantas sensibles a la sal. Cada especie de planta tiene una respuesta distinta a las acumulaciones de sal y los productores a menudo pueden seleccionar aquellas con tolerancia. Entre las plantas con susceptibilidad conocida a las sales solubles se encuentran el clorófito, las violetas africanas, la calceolaria, los crisantemos, los geranios y las petunias.

Producción Ornamental

Manual de manejo de invernaderos de Texas

- Estructuras de invernadero
- Requisitos de calefacción de invernadero
- Media creciente
- Medios de cultivo y pH
- Fertilización de cultivos de invernadero
- Diagnóstico de deficiencias nutricionales
- Riego de cultivos de invernadero
- Monitoreo de la Calidad del Agua de Riego
- Tratamiento del agua de riego
- Manejo de sales solubles
- Tratamiento y reciclaje de escorrentías de riego
- Aire, agua y medios... Poniéndolos todos juntos
- Referencias adicionales para la gestión de invernaderos

Recurso educativo basado en una publicación del mismo nombre preparada por el Dr. Don Wilkerson, Texas AgriLife Extension. Copyright © Texas AgriLife Extension Service, todos los derechos reservados

Media creciente

La producción de cultivos de invernadero implica una serie de insumos culturales. Entre estos, quizás el más importante es el tipo de medio de cultivo utilizado. Debido a la profundidad relativamente baja y al volumen limitado de un contenedor, los medios de cultivo deben modificarse para proporcionar las propiedades físicas y químicas necesarias para el crecimiento de las plantas.

Los suelos de campo son generalmente insatisfactorios para la producción de plantas en contenedores. Esto se debe principalmente a que los suelos no proporcionan la capacidad de aireación, drenaje y retención de agua requerida. Para mejorar esta situación, se han desarrollado varios medios de cultivo "sin suelo". La siguiente es una descripción de algunas de las enmiendas más utilizadas para la producción de cultivos de invernadero.

Turba y Materiales Similares a la Turba

La turba se forma por la acumulación de materiales vegetales en áreas mal drenadas. El tipo de material vegetal y el grado de descomposición determinan en gran medida su valor de uso en un medio de cultivo. Aunque la composición de los diferentes depósitos de turba varía ampliamente, se pueden identificar cuatro categorías distintas:

Musgo hipnáceo – este tipo de turba se compone de restos parcialmente descompuestos de *hyprum*, *polytrichum* y otros musgos de la familia Hypanaceae. Aunque se descompone más rápidamente que otros tipos de turba, es adecuada para uso en medios. Muchos de los depósitos de turba en el norte de los Estados Unidos son Hypnaceous.

Caña y Juncia – son turbas derivadas de restos moderadamente descompuestos de juncos, hierbas bastas, juncos, juncos y plantas similares. Estos materiales de textura fina son generalmente menos ácidos y contienen relativamente pocas partículas fibrosas. La velocidad rápida de descomposición, el tamaño de partícula fino y el contenido de fibra insuficiente hacen que las turbas de caña y juncia no sean satisfactorias para su uso en medios.

Humus o Estiércol – Consiste en los desechos descompuestos de materiales vegetales finamente divididos de origen desconocido. El humus a menudo contiene grandes cantidades de partículas de limo y arcilla, y cuando se mezcla con el suelo no mejora el drenaje ni la aireación. Debido a su rápida tasa de descomposición y tamaño de partícula, el humus se considera indeseable para el uso de medios de cultivo.

Musgo Sphagnum – son los restos deshidratados de plantas de pantano ácido del género *Sphagnum* (es decir, *Spapillosum*). Es liviano y tiene la capacidad de absorber de 10 a 20 veces su peso en agua. Esto se atribuye a los grandes grupos de células retenedoras de agua, característicos del género. El musgo *Sphagnum* contiene sustancias fungistáticas específicas que explican su capacidad para inhibir el marchitamiento de las plántulas.

El musgo *Sphagnum* es quizás la forma más deseable de materia orgánica para la preparación de medios de cultivo. El drenaje y la aireación mejoran en suelos más pesados, mientras que la retención de humedad y nutrientes aumenta en suelos más ligeros. Alemania, Canadá e Irlanda son las principales regiones productoras de musgo *Sphagnum*.

Residuos de Madera

Los residuos de madera constituyen una fuente importante de sustratos de cultivo sin suelo. Estos materiales son generalmente subproductos de la industria maderera y están fácilmente disponibles en grandes cantidades. El agotamiento del nitrógeno por parte de los microorganismos del suelo, durante el proceso de descomposición, es uno de los principales problemas asociados con estos materiales. Sin embargo, las aplicaciones suplementarias de N a los medios de cultivo pueden convertir la mayoría de los residuos de madera en enmiendas valiosas.

Molde de Hoja – el arce, el roble y el sicómoro se encuentran entre los principales tipos de hojas adecuados para la preparación del moho de las hojas. Las capas de hojas y el suelo se compostan junto con pequeñas cantidades de compuestos nitrogenados durante aproximadamente 12 a 18 meses. El uso de moho foliar puede mejorar eficazmente las propiedades de aireación, drenaje y retención de agua de un medio de cultivo. Aunque estos materiales están fácilmente disponibles a bajo costo, el moho de la hoja no se usa mucho en la producción de contenedores.

Serrín – la especie de árbol de la que se deriva el aserrín determina en gran medida su calidad y valor para su uso en un medio de cultivo. Se sabe que varios aserrín, como la nuez y la secoya no compostada, tienen efectos fitotóxicos directos. Sin embargo, la C: N del aserrín es tal que no se descompone fácilmente. El alto contenido de celulosa y lignina junto con un suministro insuficiente de N crea problemas de agotamiento que pueden restringir severamente el crecimiento de las plantas. Sin embargo, las aplicaciones suplementarias de nitrógeno pueden reducir este problema.

Ladra – son principalmente un subproducto de las industrias de pulpa, papel y madera contrachapada. El tamaño de partícula adecuado se obtiene mediante molienda con martillo y tamizado. Esto produce un material que es adecuado para su uso en medios de contenedores. Las propiedades físicas obtenidas de la corteza de los árboles son similares a las del musgo *Sphagnum*.

Bagazo

El bagazo es un subproducto de desecho de la industria azucarera. Se puede triturar y/o convertir en abono para producir un material que pueda aumentar las propiedades de aireación y drenaje de los medios de los contenedores. Debido a su alto contenido de azúcar, se produce una rápida actividad microbiana después de la incorporación del bagazo en un medio. Esto disminuye la durabilidad y la longevidad del bagazo e influye en los niveles de N. Aunque el bagazo está fácilmente disponible a bajo costo (generalmente transporte), su uso es limitado.

Cáscaras de Arroz

Las cáscaras de arroz son un subproducto de la industria de la molienda de arroz. Aunque son extremadamente livianas, las cáscaras de arroz son muy efectivas para mejorar el drenaje. El tamaño de partícula y la resistencia a la descomposición de la cascarilla de arroz y el aserrín son muy similares. Sin embargo, el agotamiento de N no es un problema tan grave en los medios enmendados con cascarilla de arroz.

Varios otros materiales orgánicos son adecuados para su uso con medios de contenedores. Se

incluyen: estiércol; mazorcas de maíz; Paja; cáscaras de maní y nuez. Sin embargo, estos no constituyen fuentes comerciales importantes de enmiendas orgánicas.

Arena

La arena, un componente básico del suelo, varía en tamaño de partícula de 0,05 mm a 2,0 mm de diámetro. Las arenas finas (0,05 mm – 0,25 mm) hacen poco para mejorar las propiedades físicas de un medio de cultivo y pueden reducir el drenaje y la aireación. Las partículas de arena mediana y gruesa son las que proporcionan ajustes óptimos en la textura del medio. Aunque la arena es generalmente la menos costosa de todas las enmiendas inorgánicas, también es la más pesada. Esto puede resultar en costos de transporte prohibitivos. La arena es una enmienda valiosa tanto para macetas como para medios de propagación.

Perlita

La perlita es un mineral silíceo de origen volcánico. Los grados utilizados en los medios de los contenedores primero se trituran y luego se calientan hasta que la vaporización del agua combinada los expande a una sustancia pulverulenta liviana. Ligereza y uniformidad hacen que la perlita sea muy útil para aumentar la aireación y el drenaje.

La perlita es muy polvorienta cuando está seca y tiende a flotar hasta la parte superior de un recipiente durante el riego. También se ha demostrado que la perlita contiene niveles potencialmente tóxicos de flúor. Aunque los costos son moderados, la perlita es una enmienda eficaz para los medios de cultivo.

Vermiculita

La vermiculita es un mineral micáceo producido por calentamiento a aproximadamente 745oC. Las partículas en forma de placa expandidas que se forman tienen una capacidad de retención de agua muy alta y ayudan en la aireación y el drenaje. La vermiculita tiene excelentes capacidades de intercambio y amortiguación, así como la capacidad de suministrar potasio y magnesio. Aunque la vermiculita es menos duradera que la arena y la perlita, sus propiedades químicas y físicas son muy deseables para los medios de contenedores.

Arcillas Calcinadas

Las arcillas calcinadas se forman calentando minerales de arcilla montmorillonítica a aproximadamente 690oC. Las partículas parecidas a las cerámicas que se forman son seis veces más pesadas que la perlita. Las arcillas calcinadas tienen un intercambio catiónico relativamente alto, así como una capacidad de retención de agua. Este material es una enmienda muy duradera y útil.

Estas enmiendas inorgánicas del suelo generalmente se utilizan para aumentar la cantidad de poros grandes, disminuir la capacidad de retención de agua y mejorar el drenaje y la aireación. Otros materiales como: piedra pómez; cenizas; y la gravilla también son adecuadas para este uso.

Varias enmiendas sintéticas del suelo son subproductos de varias empresas de fabricación de plástico. Otros están diseñados específicamente para su uso en medios de contenedores. Estos

materiales se utilizan con frecuencia en lugar de arena y perlita y tienen la misma influencia en las propiedades de los medios.

Poliestireno Expandido

Los copos de poliestireno, un subproducto del procesamiento del poliestireno, son muy resistentes a la descomposición, aumentan la aireación y el drenaje y reducen la densidad aparente. El poliestireno se puede descomponer por las altas temperaturas y por ciertos agentes desinfectantes químicos.

Urea Formaldehídos

Este material se prepara mezclando aire con una resina líquida y dejando enfriar. Las espumas de urea formaldehído tienen una mayor capacidad de retención de agua que el poliestireno, pero tienen una influencia similar en la aireación y el drenaje. Las materias primas se transportan fácilmente y son enmiendas muy efectivas.

Preparación de Medios de Cultivo sin Suelo

Aunque las combinaciones de enmiendas pueden variar, los objetivos básicos en la preparación de un medio de cultivo son similares. Un programa eficaz debe producir un medio de cultivo que sea:

1. poroso y bien drenado, pero que retiene suficiente humedad para cumplir con los requisitos de agua de las plantas entre riegos;
2. relativamente bajo en sales solubles, pero con una adecuada capacidad de intercambio para retener y suministrar los elementos necesarios para el crecimiento de las plantas;
3. estandarizado y uniforme con cada lote para permitir el uso de programas de fertilización y riego estandarizados para cada cultivo sucesivo;
4. libre de plagas dañinas del suelo; organismos patógenos, insectos del suelo, nematodos y semillas de malas hierbas
5. biológica y químicamente estable después de la pasteurización; principalmente libre de materia orgánica que libera amoníaco cuando se somete a tratamientos térmicos o químicos.

Dado que innumerables combinaciones de enmiendas pueden producir un medio de cultivo con estas características, es importante considerar tanto los óptimos económicos como los culturales. Los factores que determinan el costo de un medio de cultivo incluyen: transporte, mano de obra, equipo, materiales y manejo. En muchos casos, el costo de mezclar un medio de cultivo "personalizado" supera el de los materiales preparados comercialmente. Estos factores deben ser estudiados cuidadosamente antes de tomar una decisión.

Medios de Cultivo Recomendados

La composición de un medio de cultivo debe estar determinada en gran medida por el cultivo que se está produciendo. Sin embargo, hay algunas formulaciones de medios que se pueden

usar como base. La siguiente es una lista de varias de las mezclas sin suelo más utilizadas:

Tabla 1. Mezclas sin suelo de uso común para cultivos de invernadero.

Volumen/Relación Volumen	Componentes
2:1	Turba, perlita ¹
2:1:1	Turba, Perlita, Vermiculita
2:1	Turba, Arena 3:1 Turba, Arena
3:1:1	Turba, Perlita, Vermiculita
2:1:1	Turba, Corteza, Arena
2:1:1	Turba, Corteza, Perlita
3:1:1	Turba, Corteza, Arena

1. Se pueden usar perlas de espuma en lugar de perlita.

Medios de Cultivo y pH

Aunque la mayoría de los cultivadores están familiarizados con el pH, pocos se dan cuenta de lo compleja que es esta propiedad. En general, el término pH se refiere a la acidez/alcalinidad de un medio de cultivo. Sin embargo, estos factores también influyen en la disponibilidad de muchos elementos nutritivos, así como en las respuestas fisiológicas dentro de la planta. La siguiente información revisa los conceptos básicos del pH y sus implicaciones prácticas.

Acidez y pH

Los ácidos, cuando se mezclan con agua, se disocian o ionizan en iones de hidrógeno (H⁺) y aniones asociados. Cuanto más fuerte es el ácido, mayor es la cantidad de ionización. Esos H⁺ y los iones que se disocian se miden como acidez activa, mientras que los capaces de disociarse se miden como acidez potencial. La suma de las concentraciones de acidez activa y potencial da como resultado la acidez total.



Disociación del ácido sulfúrico (H₂SO₄) en iones de hidrógeno positivos (H⁺) y asociados anión sulfato negativo (SO₄²⁻).

En ácidos fuertes, la actividad de H⁺ iones es tan casi igual a la concentración de acidez total que hay poca necesidad de designaciones separadas. Sin embargo, muchos ácidos débiles se disocian a menos del uno por ciento, en cuyo caso una medida de acidez total no da indicación de acidez activa. Con ácidos extremadamente débiles, H⁺ la actividad de iones generalmente se establece en términos del logaritmo del recíproco de la actividad de iones de hidrógeno o pH.

$$\text{pH} = 1 / (\log_{10}(\text{H}^+\text{actividad}))$$

Factores que afectan la determinación del pH en sustratos sin suelo

Aunque el pH puede determinarse colorimétricamente, el método más preciso y ampliamente utilizado es mediante un potenciómetro de electrodo de vidrio. Los electrodos de vidrio no se ven afectados por las sustancias oxidantes y reductoras y no liberan gases disueltos del sistema. Sin embargo, se ha encontrado que las mediciones de pH varían según el método de preparación de la muestra. Las fuentes principales de esta variación incluyen: secado, contenido de agua del medio y concentraciones de sales solubles.

Las mediciones realizadas en condiciones de saturación pueden considerarse las más válidas para evaluar el entorno existente de los medios de cultivo. Sin embargo, el proceso de secado puede acelerar ciertas reacciones químicas que dan como resultado muestras cercanas al equilibrio.

Se han recomendado varias proporciones de dilución para la determinación del pH. Estos varían desde el porcentaje de saturación de humedad hasta una proporción de sustrato: solución de 1:10. Las diluciones más amplias generalmente requieren un tiempo de equilibrio más largo (30 a 60 minutos) y deben leerse dentro de los 60 segundos posteriores a la inmersión del electrodo.

En términos generales, la mayoría de las determinaciones de pH en medios de cultivo sin suelo se realizan utilizando una proporción de sustrato: solución de 1:2 o 1:5. Es necesario agitar la suspensión para mantener suspendido el sustrato durante la medición del pH.

El pH medido con un potenciómetro de electrodo de vidrio se realiza poniendo una suspensión de medios en contacto con el electrodo de vidrio. Dado que los doloides se comportan como ácidos débiles, se puede esperar que la presencia de una fase sólida proporcione valores de pH más bajos cuando están en contacto con el electrodo. Por el contrario, a medida que la suspensión se vuelve más diluida, los valores de pH tienden a aumentar.

Para obtener una evaluación precisa de la acidez, se debe tener en cuenta la presencia de sales solubles. Las sales influyen en las actividades iónicas y, por lo tanto, reducen los valores de pH. Este efecto de la sal se puede superar lixiviando con agua destilada y luego determinando el pH en la muestra sin sal.

Otro método para enmascarar los efectos acidificantes de las sales solubles es suspender la muestra en una solución salina en lugar de agua (es decir, CaCl_2). Las diferencias de pH se miden en la suspensión de la solución de sal añadida. Esta es una evaluación más precisa de la acidez que la medida en una suspensión de agua de sustrato.

Determinación del pH en sustratos sin suelo

Se han desarrollado varias técnicas para la determinación del pH. Sin embargo, en la actualidad, no existen estándares de prueba para medios de cultivo sin suelo. Los siguientes pasos describen un procedimiento que utilizan muchos productores y laboratorios en todo Texas y los EE. UU.

1. Recoger muestra– Asegúrese de recolectar una muestra que sea representativa de toda la masa de medios de cultivo en cuestión. Se pueden extraer muchas muestras y luego combinarlas en un número representativo de muestras "compuestas". Recuerde que puede haber variación entre ubicaciones en el invernadero, macetas individuales, así como diferentes ubicaciones dentro de la misma maceta. Las muestras de núcleo son excelentes para dar cuenta de este tipo de variación. Evite tomar solo la pulgada superior más o menos del medio. Esto es generalmente donde se acumulan las sales solubles.
2. Seque la muestra– Extienda las muestras sobre una toalla de papel o una superficie limpia. Deje que se sequen al aire hasta obtener una consistencia uniforme (esto puede llevar varios días). No permita que las muestras se sequen

hasta convertirse en un polvo fino. Esto dará como resultado muestras que son difíciles de volver a humedecer.

3. Mezclar medios y agua– Tome 1/4 taza de medio de cultivo seco y agregue 1/2 taza (1:2 v/v) o 1- 1/4 (1:5) de agua destilada. Mezcle bien y deje que se equilibre durante aproximadamente 1 hora. Si esta suspensión se deja más tiempo antes de la determinación, asegúrese y cubra para evitar la evaporación. (NOTA: asegúrese de mantener la botella de agua destilada cerrada, ya que el agua se volverá ácida con el tiempo si se deja abierta).

4. Determinar pH–Con un medidor de pH calibrado, sumerja el electrodo en la suspensión mientras lo agita. Permita que la medición se estabilice durante aproximadamente 1-3 minutos.

Interpretación de los valores de pH

La disponibilidad de nutrientes está determinada en gran medida por el pH de un medio de cultivo. Esto está influenciado principalmente por el efecto de H⁺iones en el complejo de intercambio, así como la solubilidad de varios elementos nutrientes.

Se ha descubierto que algunos nutrientes, como el hierro y otros micronutrientes, son más solubles a valores de pH bajos. Sin embargo, muchos otros elementos esenciales se vuelven insolubles a un pH inferior a 4,5. Para maximizar el crecimiento de las plantas, es esencial lograr un pH que optimice la disponibilidad de todos los elementos esenciales. La Tabla 1 presenta un rango de valores de pH para medios sin suelo con una evaluación de su efecto sobre el crecimiento de las plantas.

Tabla 1. Evaluación del pH para sustratos sin suelo

Clasificación	pH
Extremadamente bajo	4.5 o menos
Muy bajo	4.6 – 4.7
Bajo	4.8 – 4.9
Ligeramente bajo	5.0 – 5.1
Óptimo	5.2 – 5.5
Ligeramente alto	5.6 – 5.8
Alto	5.9 – 6.3

Muy alto	6.4 – 6.8
Extremadamente alto	6.9 y superior

La interpretación de los valores de pH debe basarse en la técnica utilizada en la determinación. También se debe considerar el tipo de medio de cultivo y cultivo. Los productores deben ser extremadamente cuidadosos al relacionar los valores de pH de los laboratorios de suelo u otras instalaciones de prueba independientes con su propia operación. En general, es mejor que los productores hagan su propia evaluación para asegurar la coherencia en la interpretación de los valores de pH en relación con el crecimiento de la planta.

Modificando el pH

Dado que los cultivos de invernadero generalmente se producen en medios ácidos orgánicos en su mayoría, los productores se preocupan con mayor frecuencia por los métodos para elevar el pH. La piedra caliza molida (carbonato de calcio) es el material más utilizado para este fin. La actividad del carbonato de calcio está determinada por su pureza, así como por el tamaño parcial. Juntos, estos factores pueden usarse para calcular un equivalente de carbonato de calcio (CCE).

La cal hidratada (hidróxido de calcio) es otro material que se puede utilizar para la reducción rápida del pH. Sin embargo, este material aporta más iones al contenido de sales solubles del medio que la piedra caliza molida. En términos generales, la cantidad de cal hidratada utilizada se reduce en 1/3-1/2 de la cantidad de piedra caliza molida utilizada.

El material más preferido para elevar el pH es la cal dolomítica (un carbonato de calcio/magnesio). Este material reacciona de la misma manera que el carbonato de calcio, pero también suministra

magnesio para el crecimiento de las plantas. Esto es particularmente importante cuando el magnesio no está incluido en los programas de fertilización líquida o granular.

La cantidad de estos materiales a utilizar por yarda cúbica de sustrato se basa en el CCE, la capacidad de intercambio catiónico y el pH existente del sustrato. Dado que la mayoría de estos valores no están disponibles para los medios de cultivo sin suelo, es prácticamente imposible calcular con precisión cuánto material agregar para lograr el pH deseado. En términos generales, los productores usan entre 2 y 8 libras de cal dolomítica/yarda cúbica de sustrato para amortiguar adecuadamente el pH. Sin embargo, la única forma de estar seguro es a través de un procedimiento de prueba y error.

En los casos en que sea necesario bajar el pH, se puede usar azufre agrícola o flores de azufre (malla 60). El cambio de pH que produce el azufre es relativamente lento porque se requieren bacterias para la conversión a dióxido de azufre y luego a ácido sulfúrico.

Resumen

Determinar el pH de los medios de cultivo sin suelo es complejo y la interpretación puede ser confusa. Debido a las variaciones entre las densidades aparentes de los medios sin suelo, es prácticamente imposible comparar el pH de un medio con otro (es decir, turba:perlita versus turba:vermiculita). Dado que el pH de un medio de cultivo está influenciado por la relación sustrato: solución, el volumen de medio utilizado y las sales solubles, los productores deben esforzarse por mantener la coherencia en su método de determinación.

En términos generales, un pH de aproximadamente 5,0 se considera óptimo para el crecimiento de plantas en medios sin suelo. Sin embargo, esto depende del método de determinación utilizado, así como del cultivo que se está cultivando.

Dado que la mayoría de los sustratos sin suelo son de naturaleza ácida, los productores suelen preocuparse por elevar el pH. Se pueden usar varios materiales para este propósito, pero generalmente se recomienda la cal dolomítica porque también proporciona magnesio al medio de cultivo.

Monitoreo de la Calidad del Agua de Riego

El agua de riego es un factor clave en la producción de cultivos de vivero e invernadero. Por lo tanto, es importante monitorear los estándares de calidad con frecuencia para evitar posibles problemas.

A menudo, los productores no están familiarizados con las muchas determinaciones que se realizan en una prueba de agua de rutina. Esto también dificulta un poco la interpretación de los resultados. El siguiente es un breve resumen de estos factores de calidad, así como las pautas que pueden usarse para determinar su efecto en el crecimiento de las plantas.

Conductividad Eléctrica (EC) es una medida del contenido total de sal del agua basada en el flujo de corriente eléctrica a través de la muestra. Cuanto mayor sea el contenido de sal, mayor será el flujo de corriente eléctrica. EC se mide en mho/cm, que es lo opuesto a los ohmios de resistencia eléctrica. Dado que la conductividad de la mayoría del agua es muy baja, la EC generalmente se informa en milésimas de mho o milimhos/cc.

Carbonato + Bicarbonato ($\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$) son en realidad sales de ácido carbónico (el ácido que se forma cuando el dióxido de carbono se disuelve en agua). Cuando se combina con calcio y/o magnesio (CaCO_3 , MgCO_3) hay un efecto alcalinizante. Esto es generalmente suave porque son sales poco solubles de bases moderadamente fuertes y ácidos débiles. Puede ocurrir un efecto alcalinizante más fuerte en presencia de sodio (Na_2CO_3) porque esta es una sal altamente soluble de una base fuerte y un ácido débil. Los carbonatos y bicarbonatos se reportan en miliequivalentes/litro.

Calcio y Magnesio (Ca, Mg) son cationes (iones cargados positivamente) que están presentes en el agua. En la mayoría de los casos, la suma de Ca y Mg se expresa en miliequivalentes/litro. Juntos, Ca + Mg se pueden usar para establecer la relación con la salinidad total y estimar el riesgo de sodio.

Sodio (Na) es otro catión que se encuentra en la mayoría del agua de riego. Junto con el Ca y el Mg, el Na está presente en cantidades totales que normalmente superan el 0,1 %. El sodio es a menudo responsable de los problemas de salinidad cuando se vincula con cloruro (Cl) y sulfato (SO_4) pero rara vez de Ca o Mg.

El sodio se expresa en términos de la relación de absorción de sodio (SAR) calculada como sigue:

$$\sqrt{\frac{\text{Na}^+}{\frac{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}}{2}}}$$

Cloruro (Cl) es un anión (ion con carga negativa) que se encuentra con frecuencia en el agua de riego. Las determinaciones de Cl se utilizan para establecer la relación con la acidez total, así como para indicar posibles toxicidades para cultivos sensibles.

Acidez/Alcalinidad (pH) los ácidos cuando se mezclan con agua se ionizan en iones de hidrógeno (H+) y aniones asociados. Cuanto más fuerte es el ácido, mayor es la cantidad de ionización. Los ácidos débiles (como los del agua de riego) generalmente se ionizan a menos del 1,0%. El h+la actividad iónica de estos ácidos se expresa en términos del logaritmo del recíproco de H+actividad iónica o pH.

Interpretación de la calidad del agua

La calidad del agua de riego depende del contenido total de sal, la naturaleza de las sales presentes en la solución y la proporción de Na a Ca, Mg, bicarbonatos y otros cationes. La siguiente tabla presenta pautas sobre la interpretación de los factores de calidad del agua.

Cuadro 1. Estándares de calidad del agua para la producción de cultivos de invernadero y vivero.

Calidad	Conductividad eléctrica CE X 10 ⁻³ (millimhos)	solubles totales Sales (ppm)	Contenido de sodio (% Sales como Na)	RAE	pH
Excelente	0.25	175	20	3	6.5
Bueno	0,25 – 0,75	175 – 525	20 – 40	3 – 5	6.5 – 6.8
Permisible	0,75 – 2,0	525 – 1400	40 – 60	5 – 10	6.8-7.0
Dudoso	2.0 – 3.0	1400 – 2100	60 – 80	10 – 15	7.0 - 8.0
Inadecuado	> 3.0	> 2100	> 80	> 15	> 8,0

Para una conversión aproximada de EC a partes por millón, use los siguientes cálculos:

$$\text{ppm} = (\text{CE} \times 10^{-3}) \times 670$$

$$\text{ppm} = (\text{CE} \times 10^{-6}) \times 0,67$$

Referencias Adicionales para la Gestión de Invernaderos

Referencia	Fecha	Autor	Editor y Dirección
Forzamiento comercial de flores	1979	A. Laurie, DC Kiplinger y KS nelson	Mcgraw – Hill Book Co. Inc., Nueva York, NY 10036
El invernadero Ambiente	1977	John W. Mastalerz	John Wiley and Sons, Nueva York, NY 10036
Operación de Invernadero y administración	1981	Pablo V Nelson	Reston Publishing Co., Inc., Reston, VA 22090
Gestión de invernaderos para la producción de flores y plantas	1973	Kennard S Nelson	Impresoras y editores interestatales, Danville, OH 43014
El libro rojo de la pelota	1991		George J. Ball Inc., West Chicago, IL 60185
Propagación de plantas, Principios y Prácticas	1990	HT Hartman, DE Kester y FT davies	Prentise – Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ 07362
Éxito con las semillas			George W. Park Seed Co., Inc., Greenwood, SC 29647
Revista Grower Talks			George J. Ball Co., Inc., PO Box 532 1 North River Lane, Suite 206, Ginebra, IL 60134
Gerente de Invernadero Revista			Sucursal – Smith Publishing, 120 St. Louis Ave., Fort Worth, TX 76104
Cultivador de invernadero Revista			Publicación Meister, 37733 Euclid Ave., Willoughby, OH 44094
Viveristas de Texas Revista			Asociación de Viveristas de Texas, 7730 South IH 35, Austin, TX 78745

Referencia**Fecha Autor****Editor y Dirección**

Revista Internacional
FloraCultura

International Horticulture Publications
Co., PO Box 352, Ginebra, IL 60134

Revista de noticias de
productos de invernadero

Scranton Gillette Communications,
Inc., 380 E. Northwest Highway, Des
Plaines, IL 60016

Requisitos de calefacción de invernadero

La calefacción es una preocupación importante para los productores de invernaderos comerciales. Esto se debe principalmente a los costos involucrados en la compra y operación de equipos de calefacción, así como a los efectos potencialmente desastrosos de un sistema mal diseñado. Aunque la energía solar representa un factor importante en la calefacción de invernaderos, los sistemas complementarios son una necesidad para la producción durante todo el año.

Fuentes y métodos de distribución de calor

El carbón, el petróleo y el gas son las formas de energía más comunes utilizadas para la calefacción de invernaderos. La elección de cuál de estos usar se basa principalmente en la economía. En Texas, la gasolina es la más disponible, además de económica.

El gas se quema de manera eficiente, pero todas las formas deben ventilarse para evitar los humos tóxicos. Se han diseñado muchos tipos de calentadores de gas para su uso en invernaderos y también afectan la eficiencia. Al seleccionar este tipo de equipo de calefacción, es importante tener en cuenta los factores de combustible y costo.

El calor de las unidades de gas se puede distribuir de varias maneras diferentes. Quizás el método más común utilizado es a través de tubos de ventilación de polietileno (PE). Estos tubos de PE generalmente se conectan cerca del calentador y se inflan cuando se enciende el ventilador. El calor se fuerza a través del tubo y se distribuye en la casa desde los agujeros perforados en el PE. Estos sistemas también se pueden utilizar en combinación con equipos de ventilación y circulación.

La disposición de los tubos de PE en el invernadero influye en gran medida en la eficiencia y en el crecimiento de las plantas. Cuando los tubos se cuelgan por encima de la cabeza, es más probable que el calor salga de la "zona de la planta" y entre en la parte superior de la estructura. Cuando se colocan tubos debajo de los bancos, se mejora la eficiencia y se mantiene el calor en el área adecuada para un crecimiento óptimo de las plantas. Este tipo de disposición de tubos requiere sistemas de calefacción montados en el piso o conductos que muevan el calor de las unidades superiores a los tubos debajo del banco.

Aunque las calderas y los sistemas tradicionales de calefacción con agua caliente/vapor no se usan mucho en esta área, existe una variación de estos sistemas que se está volviendo cada vez más popular entre los productores de Texas. Se ha demostrado que el uso de agua caliente para "calentar debajo de la olla" es extremadamente efectivo y eficiente. En estos sistemas, el agua se calienta en un calentador de agua caliente modificado y se bombea a través de un amplio sistema de tuberías que se monta en el banco. El calor es radiado por los tubos y absorbido por las ollas que se colocan directamente sobre ellos. El medio de la olla se mantiene a una temperatura constante, lo que permite que la temperatura del aire se mantenga mucho más baja que con los sistemas tradicionales. El efecto general es un mejor crecimiento de las plantas y una reducción de los costos de energía.

Termostatos y Controles

Hay varios tipos de termostatos y controladores ambientales que están disponibles para la producción de invernaderos comerciales. Independientemente de lo sofisticado que sea este

equipo, hay algunos factores muy básicos que deben tenerse en cuenta para que el sistema funcione correctamente.

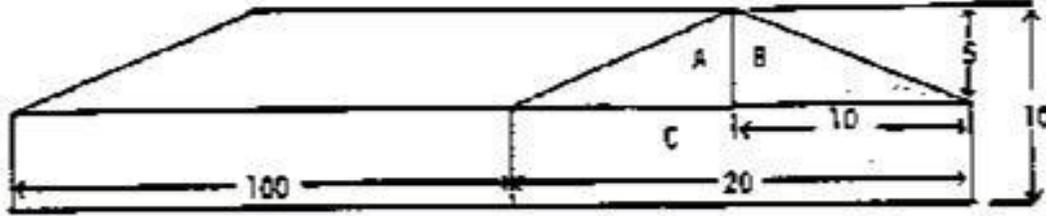
Los dispositivos de detección deben colocarse al nivel de la planta en el invernadero. Los termostatos colgados a la altura de los ojos son fáciles de leer, pero no proporcionan la información necesaria para un control ambiental óptimo. También es importante contar con un número adecuado de sensores en toda el área de producción. A menudo, las condiciones ambientales pueden variar significativamente dentro de una pequeña distancia.

No coloque los termostatos bajo los rayos directos del sol. Obviamente, esto dará como resultado lecturas deficientes. Monte el termostato de modo que queden orientados hacia el norte o en un lugar protegido. A veces también es necesario usar un pequeño ventilador para sacar aire sobre el termostato para obtener los valores adecuados.

Cálculo de los requisitos de calefacción de invernadero

La clave para calentar eficientemente un invernadero es hacer coincidir el equipo con los tipos de cultivos que se van a producir. El primer paso en este proceso es determinar la pérdida de calor del invernadero. En base a esta información, se puede seleccionar el tipo y la capacidad de un sistema. A continuación, se presenta una serie de fórmulas que pueden ser utilizadas para estos cálculos.

1. Usando Figura 1, determine el área de superficie expuesta de la cubierta del invernadero (es decir, poliéster, fibra de vidrio, vidrio, etc.).
2. Usando Figura 1, determine el área de superficie expuesta de otros materiales (es decir, bloques de hormigón, cemento vertido, ladrillo, etc.).
3. Desde tabla 1, determine el valor U correspondiente para cada uno de los materiales enumerados en 1 y 2 anteriores.
4. Determine la diferencia entre la temperatura más alta que se mantendrá en el invernadero y la temperatura mínima exterior nocturno donde: $T = (\text{temperatura interior máxima}) - (\text{temperatura exterior mínima})$
5. Calcule el factor de pérdida de calor por conducción (QC) para cada uno de los materiales enumerados en 1 y 2 donde: $QC = \text{Área de superficie expuesta} \times U \times T$
6. Usando la Figura 1, calcule el volumen de la estructura del invernadero (V).
7. Usando la Tabla 2, calcule la pérdida de calor por infiltración de aire (QA) donde: $QA = 0,22 \times T \times V \times \text{valor de la Tabla 2}$
8. Calcule la pérdida total de calor del invernadero (QT) donde: $QT = QC + QA$



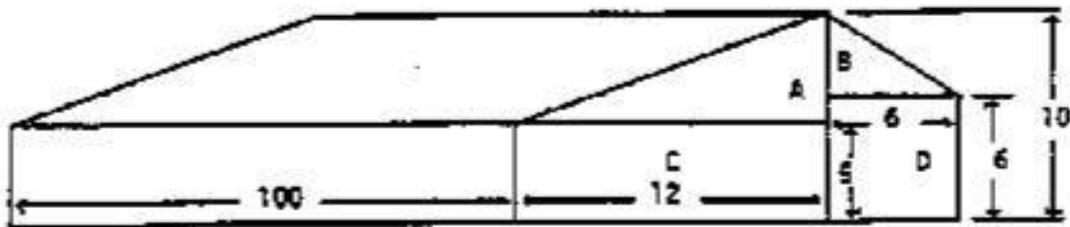
Estructura de tramo uniforme

$$\text{Área A y B} = \frac{1}{2} (5 \times 10) = 25$$

$$\text{Área C} = 20 \times 5 = 100$$

$$\text{Área total} = A + B + C = 100 + 25 + 25 = 150$$

$$\text{Volumen} = \text{Longitud} \times \text{Área total} = 100 \times 150 = 15,000 \text{ cu. Pie}$$



Estructura de 3/4 de luz

$$\text{Área A} = \frac{1}{2} (12 \times 5) = 30$$

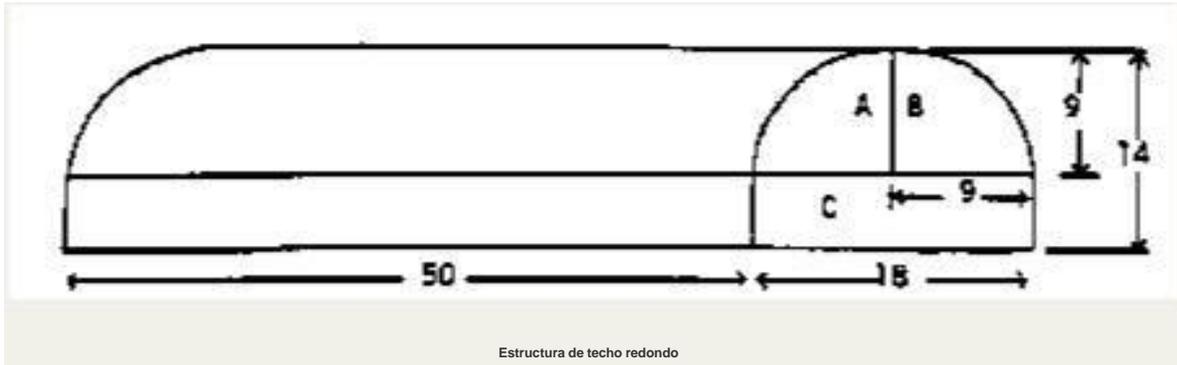
$$\text{Área B} = \frac{1}{2} (4 \times 6) = 12$$

$$\text{Área C} = 12 \times 5 = 60$$

$$\text{Área D} = 6 \times 6 = 36$$

$$\text{Área total} = A + B + C + D = 30 + 12 + 60 + 36 = 138$$

$$\text{Volumen} = \text{Longitud} \times \text{Área total} = 100 \times 138 = 13,800 \text{ cu. Pie}$$



Área A + B = $\frac{1}{2} (\pi r^2) = 127$ pies cuadrados

Área C = $5 \times 18 = 90$ pies cuadrados

Área total = (A + B) + C = $127 + 90 = 217$ pies cuadrados

Volumen = Longitud (50) x Área total (217) = 10,850 pies cúbicos pie

Tabla 1: Coeficiente de transferencia de calor para materiales de construcción de invernaderos

Material	Valor U (BTW/(h °F ft ²))
1. Vidrio, de una sola capa	1.13
2. Vidrio, doble capa, espacio 1/4'	0.65
3. Película de PE, capa única	1.15
4. Película PE, doble capa, separada	0.70
5. Fibra de vidrio	1.00
6. Bloque de hormigón, 8'	0.51
7. Bloque de hormigón, 8' más 1' espuma de uretano	0.13
8. Bloque de hormigón, 8' más 1' espuma de poliestireno	0.18
9. Hormigón vertido, 6	0.75
10. Tablero de asbesto cemento, 1/4	1.10
11. Tablero de asbesto de cemento, 1/4' más 1' espuma de uretano	0.14
12. Tablero de asbesto de cemento, 1/4' más 1' espuma de poliestireno	0.21

Cuanto menor sea el valor U, menor será la pérdida de calor

Tabla 2: Intercambios de aire para invernaderos

Sistema Constructivo	Intercambios de aire por hora
1. Nueva construcción, vidrio o fibra de vidrio	0.75 a 1.5
2. Nueva construcción, PE de doble capa.	0.50 a 1.0
3. Construcción antigua, vidrio, buen mantenimiento.	1.00 a 2.0
4. Construcción antigua, vidrio, mal estado	2.00 a 4.0

El viento bajo o la protección contra el viento reduce la tasa de intercambio de aire.

Riego de Cultivos de Invernadero

El riego de los cultivos de invernadero es una de las prácticas de producción más críticas. Y, sin embargo, con frecuencia se pasa por alto y se da por sentado. Para proporcionar las condiciones para el crecimiento óptimo de las plantas, es esencial familiarizarse con los factores que influyen en la humedad del suelo.

Sistemas de Riego para Producción Comercial

En la mayoría de los casos, el agua se aplica a la superficie superior del medio. Esta agua se puede aplicar por medio de un rociador aéreo, un sistema de riego por goteo o goteo, a mano usando una manguera o dispositivo similar, o alguna combinación de estos sistemas de distribución. Los rociadores elevados y el riego manual tienden a “desperdiciar” agua y también mojan el follaje, lo que aumenta la posibilidad de enfermedades y lesiones. Los sistemas de goteo o goteo son los más eficientes y brindan un mayor control sobre la cantidad de agua aplicada. Además, dado que el follaje no se humedece, existe un potencial reducido de enfermedades y lesiones.

También se puede aplicar agua a los cultivos de invernadero mediante su irrigación o mantas capilares. Sin embargo, en áreas donde las sales solubles son un problema, las mantas no permiten la lixiviación, lo que aumenta el riesgo de daño por sal.

Con mucho, el tipo de riego más utilizado en Texas es el sistema de goteo o goteo. Hay varios tipos de emisores disponibles comercialmente que proporcionan una amplia gama de capacidades. Los más comunes están generalmente en el rango de 1-3 galones/minuto.

Frecuencia de Riego

La frecuencia de riego está determinada en gran medida por las condiciones ambientales existentes. Durante los meses de marzo a septiembre, la mayoría de los productores de Texas deben regar sus cultivos al menos una vez al día y, a menudo, dos o tres veces. Esta frecuencia de riego significa que los productores deben considerar las características físicas de sus medios de cultivo (es decir, capacidad de retención de agua y drenaje) con mucho cuidado. Particularmente donde las sales solubles son un problema. A menudo, los problemas nutricionales, como las deficiencias de magnesio y micronutrientes, surgen como resultado de un exceso de lixiviación. En estos casos, se debe prestar especial atención a las enmiendas de los medios y los regímenes nutricionales para proporcionar un crecimiento óptimo de la planta.

Cantidad de Agua de Riego a Aplicar

La cantidad de agua de riego a aplicar es quizás más importante que cómo y cuándo regar. Una regla general a seguir en el riego de cultivos de invernadero es aplicar entre un 10 y un 15 % más de agua de la que cabe en el recipiente. Esto facilita la lixiviación en cada riego y

reduce el potencial de acumulación de sales solubles. Por supuesto, la tasa de riego debe ser lo suficientemente baja para permitir que el agua se filtre a través de los medios de cultivo en lugar de desbordar la parte superior del recipiente. Cuando se usa soluble fertilizantes en el agua de riego es especialmente importante dejar al menos un 10-15% de lixiviación para evitar la acumulación de sal.

Condición de los Medios de Cultivo

La condición de los medios de cultivo es muy importante para determinar la eficiencia del riego. La mayoría de la turba, la corteza y otros componentes orgánicos utilizados en los medios de cultivo sin suelo tienen características hidrofóbicas o repelentes al agua. Cuando están excesivamente secos, estos materiales tienden a ser difíciles de "mojar" y, por lo tanto, requieren una cuidadosa atención durante el riego. En algunos casos, puede ser necesario un "agente humectante" para proporcionar una absorción adecuada. La clave para evitar los problemas asociados con la humectación es no colocar las plantas en macetas en un medio excesivamente seco o permitir que el medio se seque entre riegos. De nuevo, estos problemas pueden agudizarse en presencia de sales solubles.

Porosidad y Capacidad de Retención de Agua

La porosidad y la capacidad de retención de agua de los medios de cultivo es otro factor que influye en las prácticas de riego. Las combinaciones óptimas de estas dos características proporcionan suficientes poros grandes para permitir una lixiviación y aireación adecuadas, así como una capacidad de retención de agua que minimiza la frecuencia de riego. Otra consideración en esta área son las enfermedades de las raíces asociadas con medios húmedos y mal drenados. Por lo tanto, es importante mantener niveles de humedad que no provoquen enfermedades de las raíces.

Calidad del Agua

La calidad del agua influye en gran medida en las prácticas de riego. Como se mencionó anteriormente, la presencia de sales solubles requiere que los medios de cultivo estén bien drenados y que se aplique al menos un 10-15% más de agua de la que cabe en el recipiente en cada riego. También es recomendable reducir la humectación y secado de los medios entre riegos para evitar aumentos en las concentraciones relativas de sales solubles. Asegúrese de analizar periódicamente la calidad del agua para controlar estas condiciones.

Resumen

El riego de cultivos de invernadero es una práctica de producción crítica y no debe darse por sentada. La mayoría de los cultivos de invernadero en Texas se riegan por medio de un sistema de goteo o goteo. La frecuencia de riego está determinada en gran medida por las condiciones ambientales existentes, así como por las propiedades físicas de los medios de

cultivo. En áreas donde las sales solubles son un problema, es importante aplicar al menos un 10-15% más de agua de la que cabe en el recipiente para proporcionar una lixiviación adecuada. Los medios que están extremadamente secos pueden ser difíciles de "mojar" y se debe tener cuidado durante el riego para asegurar una distribución completa del agua. La calidad del agua debe controlarse periódicamente para controlar las sales solubles.

Tratamiento del agua de riego

La calidad del agua es uno de los factores más críticos que afectan la producción de cultivos de vivero e invernadero. Esto es particularmente cierto en Texas, donde los productores deben combatir una variedad de problemas de calidad del agua. En el pasado, los productores se veían obligados a utilizar el agua que tenían disponible, independientemente de su calidad. Hoy, sin embargo, el uso de agua de riego tratada está aumentando.

En términos generales, hay tres áreas principales que los productores de Texas pueden abordar. Estos incluyen: pH, alcalinidad y sales solubles.

La alcalinidad y el pH determinan en gran medida la eficacia de los pesticidas y los reguladores del crecimiento de las plantas. Sin embargo, el efecto más común de estas propiedades es sobre la solubilidad del fertilizante en el medio de cultivo. Este problema ocurre con mayor frecuencia con los micronutrientes y con el magnesio.

¿Qué es el pH?

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno (H^+) en solución. Como esto representa una expresión logarítmica, H^+ la concentración a pH 6,0 es 10 veces mayor que a pH 7,0 y 100 veces mayor que a pH 8,0. En esta relación, el pH no tiene un efecto directo sobre el crecimiento de las plantas. Sin embargo, el pH afecta la forma/disponibilidad de los elementos nutritivos en el agua de riego, las soluciones de fertilizantes y el medio de cultivo.

El pH del agua de riego generalmente debe estar dentro del rango de 5.5 a 6.5. Estos niveles mejoran la solubilidad de la mayoría de los micronutrientes y evitan un aumento constante del pH del medio de cultivo. Este rango de pH también optimiza la solubilidad de los nutrientes en soluciones concentradas de fertilizantes.

pH y Alcalinidad

El pH se describe a menudo en términos de acidez. Esto se basa en la capacidad de ciertos ácidos para disociarse o ionizarse en iones H^+ y aniones asociados.

La alcalinidad es una medida de la capacidad del agua para neutralizar estos ácidos. Químicamente, esto se expresa en partes por millón (ppm) de equivalentes de carbonato de calcio ($CaCO_3$). Los bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos son los principales productos químicos que contribuyen a la alcalinidad del agua.

¿Suena confuso? Bueno, en pocas palabras, la alcalinidad afecta la capacidad de reducir el pH al neutralizar los ácidos agregados. Un ejemplo más gráfico de esta relación se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Cantidad de ácido necesaria para reducir el pH a 5,0.

Muestra existente pH Alcalinidad ppm CaCO₃ácido requerido

A	9.3	71	1.2*
B	8.3	310	6.0

* Número de ml. de 0,1 NH₂ASI QUE4/100 ml. agua.

Como notará, la muestra B tiene una unidad completa de pH más baja que la muestra A, pero debido al efecto neutralizador de CaCO₃, se requiere cinco veces más ácido para bajar el pH a 5.0. La alta alcalinidad puede causar la precipitación de nutrientes en soluciones de fertilizantes concentrados, aumento del pH del medio de cultivo (lo que a su vez reduce la disponibilidad de micronutrientes), reducción de la eficacia de los pesticidas y reguladores del crecimiento y, en algunos casos graves, residuos foliares.

Ajuste del pH del Agua de Riego

Para optimizar la fertilidad y combatir los otros efectos adversos del alto pH/alcalinidad, es posible tratar el agua de riego inyectando ácido. Aunque los ácidos fosfórico y nítrico tienen alguna aplicación, el ácido sulfúrico es el más utilizado. Actualmente existen en el mercado varios inyectoros “compatibles con ácidos”. Sus precios van desde \$ 200 a \$ 300 a miles, dependiendo de sus necesidades. Algunos de estos sistemas consisten en un medidor de flujo, inyector y medidor de pH para ajustar automáticamente la cantidad de ácido utilizado.

El primer paso para evaluar la inyección de ácido es analizar el agua (para obtener información, comuníquese con el agente de extensión de su condado). Además, un medidor de pH de buena calidad es esencial. Para calcular la cantidad de ácido requerida para lograr el pH deseado, primero llene una cubeta de 5 galones con agua de riego, luego agregue lentamente el tipo de ácido que desea inyectar y revuelva el agua para asegurar una mezcla completa. Mida el pH del agua y continúe hasta obtener el pH deseado. La cantidad de ácido requerida puede ser bastante pequeña. Usando ácido sulfúrico, se pueden requerir tan solo 0,5 onzas para reducir el pH de 7,0 a 4,0.

Cuando se ha medido la cantidad de ácido necesaria para corregir el pH de la muestra, calcular la cantidad de ácido a inyectar en el sistema es una operación sencilla, suponiendo que se conoce la cantidad de agua que pasa al sistema. (Texas AgriLife Extension Soil and Water Testing Lab ha establecido recientemente un proceso de titulación para ayudar a determinar la cantidad de ácido requerida. Comuníquese con el agente de Extensión de su condado para obtener más información).

Cuando utilice la inyección de ácido, asegúrese de acidificar el agua aguas arriba desde el

punto de inyección de nutrientes. Esto optimizará la solubilidad del fertilizante que pasa por el sistema. Además, use agua acidificada para mezclar todas las soluciones de fertilizantes y pesticidas.

Sales Solubles

La presencia de sales altamente solubles en el agua de riego es uno de los factores más limitantes en la producción de cultivos de vivero e invernadero. Aunque se pueden utilizar técnicas de gestión para tratar algunos de estos problemas, ciertas situaciones requieren una acción más drástica.

Muchos productores ahora usan agua tratada a través de un proceso conocido como ósmosis inversa (RO) para eliminar las sales potencialmente dañinas. El agua RO es más barata que el agua destilada o desionizada y la calidad general es la misma. Si bien es posible comprar un sistema de ósmosis inversa, la mayoría de las unidades que ahora están en funcionamiento se arriendan.

Desafortunadamente, el uso de agua RO no resuelve todos los problemas asociados con las sales solubles. De hecho, puede crear algunas situaciones únicas que son, en muchos aspectos, más difíciles de corregir. Los productores generalmente dan por sentados los micronutrientes presentes en el agua de riego. Esta fuente de elementos esenciales es extremadamente importante para complementar un programa básico de fertilidad, así como los nutrientes en el medio de cultivo.

Cuando los micronutrientes se eliminan del agua de riego a través del proceso de ósmosis inversa, las plantas pueden estar sujetas a una amplia gama de deficiencias de nutrientes. Estos pueden ocurrir como resultado de un suministro bajo de un elemento en particular o debido a un desequilibrio entre los nutrientes. Identificar y corregir las deficiencias puede ser complicado en estos sistemas "súper limpios".

Como posible solución a esta situación, muchos productores ahora mezclan su agua de ósmosis inversa con otras fuentes (es decir, pozo, ciudad, río, etc.). Al mezclar su agua tratada con la fuente normal, los productores pueden suministrar muchos de los nutrientes necesarios y aun así reducir las sales solubles a un nivel aceptable. En la actualidad, parece deseable una mezcla 50-50, pero pueden ser factibles reducciones adicionales en la cantidad de agua de ósmosis inversa utilizada. Un beneficio adicional de este enfoque es que el costo por galón se reduce considerablemente.

El uso de agua RO tiene algunas limitaciones significativas. Sin embargo, para situaciones en las que las sales altamente solubles son un problema, este método de tratamiento de agua tiene un enorme potencial. Se advierte a los productores que la ósmosis inversa no es la solución para todo, pero si se usa con prudencia, puede ser una herramienta valiosa para producir cultivos de calidad.

Aunque los costos asociados con el tratamiento del agua de riego son sustanciales, la mayor calidad y la reducción de las pérdidas a menudo compensan la inversión requerida. Si los

cultivadores quieren mantener la rentabilidad, deben continuar evaluando técnicas culturales mejoradas para la producción.

Tratamiento y Reciclaje de Escorrentías de Riego

La contaminación potencial de las aguas superficiales y subterráneas por la escorrentía presenta un gran desafío para la industria de los invernaderos. Los productores dependen en gran medida del uso de fertilizantes y pesticidas, así como del agua, para producir cosechas de calidad. Como resultado, estas operaciones pueden representar una amenaza para nuestros recursos hídricos naturales. Recoger, tratar y reciclar los efluentes de los invernaderos es una de las mejores soluciones a este problema ambiental.

Muchos estados ahora requieren un permiso de descarga de agua para controlar la escorrentía de riego. Estos permisos regulan el nivel de descarga que desemboca en las reservas de aguas superficiales y subterráneas. En muchas situaciones, los estándares de descarga cuantitativa son vagos y cada caso se basa en el mejor juicio profesional de la agencia reguladora.

Aunque estos permisos difieren un poco de un estado a otro, hay algunas características comunes:

- Generalmente de 3 a 5 años de duración
- Debe retener toda la escorrentía de riego
- Debe retener todo o parte de la escorrentía de la tormenta (generalmente los primeros 2")
- Debe disponer de la escorrentía de riego
- No se vierten pesticidas
- Descarga de nitrato y amoníaco < 2ppm
- Descarga pH entre 6 y 9
- Nivel aceptable de sólidos en suspensión

El monitoreo es muy importante en el proceso general de tratamiento de la escorrentía del invernadero. Saber qué contaminantes están presentes y sus concentraciones relativas es la información básica requerida para desarrollar un plan de manejo. Los nitratos, las sales, los pesticidas y los organismos patógenos son los principales contaminantes a tener en cuenta. Muchas de las pruebas para estos materiales son bastante costosas de realizar. Además, la técnica de muestreo, el manejo y la metodología analítica pueden afectar los resultados y la interpretación. La Tabla 1 proporciona una lista de laboratorios que actualmente están realizando análisis de escorrentía.

Tabla 1. Laboratorios, a partir de la publicación, realizando análisis de escorrentía.

Nombre	Dirección	Código Postal	Teléfono
Millipore	P.O Box 255	Bedford, Mass 01730	(617)-275-9200
Empresa HACA	P.O Box 389	Loveland, CO 80539	(800)-227-4224
Laboratorios de Pruebas Nacionales	6151 Wilson Mills Rd.	Cleveland, OH 44143	(216)-449-2524

Minimizar la Escorrentía

El mejor método para manejar la escorrentía es utilizar prácticas de producción que reduzcan el volumen. Obviamente, cuanto menos escorrentía tenga que enfrentar, menos problema creará. Además, estas técnicas suelen ser mucho más económicas de implementar que los procedimientos de tratamiento y eliminación a gran escala. Los siguientes son algunos conceptos básicos a tener en cuenta:

Utilizar Sistemas de Riego Eficientes

Un sistema de riego eficiente y bien diseñado es la base de un buen programa de gestión del agua. El riego por goteo y el sub-irrigación hacen un excelente trabajo al entregar agua al recipiente y son bastante eficientes. Los sistemas elevados aumentan el potencial de enfermedades y problemas de insectos y crean grandes volúmenes de escorrentía. Los productores deben trabajar para adaptar las nuevas tecnologías de riego a sus sistemas de producción para ayudar a reducir los costos y reducir el volumen de escorrentía.

Reducir el Exceso de Riego

El riego es quizás el menos preciso de todos los insumos culturales. Los productores con frecuencia confían en el método de "globo ocular" para determinar cuándo las plantas necesitan ser regadas.

Como resultado, muchos cultivos reciben cantidades excesivas de agua, lo que genera escorrentía. Investigadores tanto en Europa como en los EE. UU. ahora están trabajando para identificar regímenes de riego óptimos basados en el estado del agua del medio de cultivo. Estos sistemas serán cada vez más importantes a medida que los productores trabajen para reducir la escorrentía.

Implementar el Manejo Integrado de Plagas

El MIP es un enfoque de sentido común para el control de plagas. Esta técnica de manejo se basa en aprovechar al máximo los pesticidas químicos y también incorpora el uso de controles biológicos donde sea factible. IPM no solo es el sistema más económico para el control de plagas, sino que también reduce significativamente el volumen de productos químicos que potencialmente pueden llegar a las reservas de aguas superficiales y subterráneas.

Optimizar la Fertilidad

Las plantas requieren regímenes nutricionales suficientes para producir productos de invernadero de calidad. Dado que el fertilizante no representa un costo de producción significativo, muchos productores usan niveles excesivos para asegurar un crecimiento óptimo de las plantas. Esta práctica contribuye en gran medida al alto nivel de nitratos

presente en la escorrentía de riego. Los investigadores ahora estiman que la mayoría de los cultivos de invernadero reciben de 5 a 10 veces más que la cantidad de fertilizante que necesitan.

Muchos productores también están evaluando los beneficios de los fertilizantes de liberación lenta para ayudar a limitar la contaminación por nitratos. Estos materiales, solos o en combinación con fertilizantes solubles, se pueden manejar de manera efectiva para brindar niveles nutricionales óptimos y, al mismo tiempo, minimizar el riesgo para nuestros recursos hídricos naturales.

Reducción de la Escorrentía de Tormentas

Se requieren muchas operaciones para capturar la escorrentía de tormentas de las áreas de producción. Esto puede representar un volumen significativo de agua para desviar y retener. Por lo tanto, los productores deben usar el espacio de manera eficiente y reducir tanto como sea posible el área de superficie desperdiciada. Además, la cubierta vegetal ayuda a limitar la escorrentía, así que trabaje para eliminar las áreas de superficie dura.

Dado que se deben recolectar hasta las primeras 2 pulgadas de la escorrentía de la tormenta, la capacidad del embalse debe diseñarse sobre la base de eventos de tormenta predecibles. Los datos sobre la duración y la frecuencia de las lluvias para su ubicación específica están disponibles en fuentes de información meteorológica (es decir, Oficina Meteorológica, Servicio de Extensión, etc.). En función de la precipitación máxima por hora, la precipitación anual y la superficie expuesta, se puede calcular el tamaño del embalse. La mayoría de los diseños también permiten suficiente francobordo para manejar tormentas impredecibles. Estos depósitos también deben diseñarse para evitar filtraciones (otra fuente potencial de contaminación de aguas subterráneas).

Eliminación de la Escorrentía del Invernadero

Una vez que haya capturado la escorrentía, la siguiente pregunta es ¿cómo se deshace de ella? Existen numerosos sistemas comerciales disponibles para la eliminación de agua, pero el más adecuado para una situación específica puede representar una combinación de uno o todos los siguientes:

Los estanques de evaporación no han sido una solución de eliminación viable. Aunque se pueden perder grandes volúmenes de agua a través de la evaporación, la calidad del agua y los sedimentos que quedan son extremadamente pobres, lo que crea un problema de eliminación aún más desafiante.

El uso de la tierra es una forma de disponer de este efluente. Muchas operaciones riegan tramos de tierra con escorrentía de riego. Se pueden aplicar hasta 3-4 pulgadas de agua por día en estas áreas, según el tipo de suelo y la vegetación. Sin embargo, se debe evitar la escorrentía secundaria. El riego por aspersión es el sistema más factible para esta aplicación.

Los humedales construidos ahora están siendo evaluados por su capacidad para limpiar la escorrentía. Estos lechos de grava poco profundos, llenos de vegetación seleccionada (es decir, totora), sirven como filtro biológico para eliminar pesticidas y fertilizantes químicos. Todavía queda mucho trabajo por hacer en esta área, pero parece prometedor.

La escorrentía puede descargarse en los sistemas de tratamiento municipales. Sin embargo, la descarga generalmente se restringe a las horas de menor actividad, el tamaño de las alcantarillas existentes puede ser limitante y las tarifas de los usuarios suelen ser altas. Dado que la mayoría de las instalaciones de tratamiento se sobrecargan rápidamente, este enfoque representa una solución a corto plazo para la eliminación de escorrentías.

Tratamiento y Reciclaje de Escorrentía

La reutilización o el reciclaje de la escorrentía se está convirtiendo rápidamente en una práctica de producción común. El control cuidadoso de las sales, los productos químicos, los nutrientes y el pH son extremadamente críticos para manejar esta fuente de agua. El tratamiento de la escorrentía reciclada es una parte importante de este proceso. En la figura 1 se ilustra un sistema de tratamiento de muestra. Cualquiera o todos estos procedimientos pueden incorporarse en una instalación de tratamiento. El orden en que el agua pasa a través de cada componente también se puede reorganizar para producir la calidad de agua más alta requerida.

Osmosis Inversa

Muchos productores ahora usan agua tratada a través de un proceso conocido como ósmosis inversa (RO) para eliminar las sales potencialmente dañinas. Estos sistemas son relativamente costosos, pero funcionan bien como fuente de agua para retro mezclar. El agua de ósmosis inversa prácticamente no tiene ningún valor nutritivo y los productores han experimentado deficiencias de micronutrientes cuando las plantas han estado alimentadas con esta fuente de agua durante largos períodos de tiempo.

Como la mayoría de los problemas ambientales, las medidas preventivas son mucho más efectivas que las operaciones de limpieza a gran escala. El sentido común es a menudo todo lo que se requiere para implementar insumos culturales que reducirán la escorrentía y mejorarán la calidad del agua. Sin embargo, cuando se requiere algo más que sentido común, los productores deben trabajar para adaptar nuevas tecnologías para el tratamiento y el reciclaje del agua.

Aire, Agua y Medios... Poniéndolos Todos Juntos

La relación entre el medio de cultivo, el aire y el agua es uno de los aspectos menos comprendidos en la producción de cultivos de invernadero y vivero. Como resultado, una cantidad significativa de pérdida de plantas puede estar relacionada directa o indirectamente con una combinación inadecuada entre estos elementos culturales. Una comprensión básica de los factores que intervienen en esta relación puede ser valiosa para desarrollar prácticas de gestión sólidas.

Espacio Poroso

El medio de crecimiento consta de sólidos (es decir, turba, corteza, perlita) y espacio poroso. Los poros son creados por los espacios entre los componentes sólidos del medio. Por lo tanto, una mezcla que contiene árido grueso tiene menos poros, pero más grandes que una compuesta por árido fino. El tamaño y la distribución de los poros es uno de los factores más críticos en el desarrollo de un sustrato con características físicas óptimas.

La mayoría de los medios de cultivo sin suelo contienen entre un 60 % y un 80 % de espacio poroso total. Una porción de estos poros está ocupada por aire. Las raíces de las plantas requieren oxígeno para crecer, por lo que es necesaria una aireación adecuada del medio. A medida que las raíces toman oxígeno, también emiten dióxido de carbono. Este intercambio de gases se produce principalmente por difusión a través de los poros del sustrato.

Aunque el espacio total de los poros es una medida de la capacidad de un medio de cultivo para retener aire y agua, el tamaño de los poros determina la tasa de drenaje y el intercambio de gases. Los poros grandes permiten que el aire vuelva a entrar en el medio después del riego. Dado que el medio de cultivo en contenedores contiene una cantidad relativamente grande de agua, se reduce el porcentaje de espacio poroso lleno de aire. Por lo tanto, es fundamental una adecuada distribución de poros grandes y pequeños. En promedio, la mayoría de las mezclas contienen entre un 10 % y un 30 % de aire después del riego.

El agua también se mantiene en el espacio poroso de un medio de cultivo. La disponibilidad de esta agua para el crecimiento de las plantas está determinada en gran medida por la fuerza con que la retiene el componente sólido del medio. Cuanto más cerca está una molécula de agua de un sólido, más estrechamente se mantiene a través de las fuerzas de adhesión y cohesión. Por lo tanto, una mezcla fina puede contener más agua que una mezcla gruesa, pero hay menos agua disponible para la planta. En general, la cantidad de agua no disponible es relativamente alta en el medio de cultivo sin suelo.

Drenaje

El drenaje se ve afectado por el tamaño de los poros y la forma del recipiente. El agua que

ocupa poros grandes se retiene con menos fuerza porque las moléculas no están tan cerca de los sólidos en el medio. Como resultado, esta agua está más disponible para la planta y también se drena a un ritmo más rápido que el agua que ocupa poros más pequeños.

La longitud de la columna de suelo también influye en la tasa de drenaje. Cuanto más alto sea el recipiente, mayor será la fuerza de gravedad sobre el agua que ocupa el espacio poroso. Esto da como resultado un mayor drenaje. Las columnas más cortas de un volumen igual de medio retienen más agua, drenan más lentamente y contienen menos aire.

La compactación es otro factor que afecta el drenaje. Empacar medio de cultivo en un contenedor puede reducir significativamente la cantidad de poros grandes. Cuando esto ocurre, crea menos agua disponible para la planta, reduce la aireación y el intercambio de gases, aumenta la retención de agua y disminuye el drenaje. En envases más pequeños el efecto de compactación puede ser aún mayor.

Capacidad de Retención de Agua

Establecer un equilibrio entre la capacidad de retención de agua de un medio, la aireación y el drenaje es clave para el crecimiento óptimo de las plantas. El costo del riego a menudo obliga a los productores a utilizar un medio que contiene cantidades excesivas de agua. Con frecuencia, esto da como resultado un mayor tiempo de cultivo, un menor crecimiento de las raíces y una mala calidad de la planta.

La cantidad de agua que contiene un medio depende de los componentes utilizados, el tamaño y la distribución de los poros, así como la forma del recipiente. La mayoría de las mezclas sin suelo deben contener aproximadamente entre un 60 % y un 70 % de agua después del drenaje.

Poniéndolos Todos Juntos

El desarrollo de un plan eficaz para la gestión del riego requiere una combinación cuidadosa entre las necesidades de la planta y el medio de cultivo. Aunque los productores se preocupan con mayor frecuencia por la falta de agua en el medio, la investigación ahora indica que los peligros potenciales del riego excesivo pueden ser mucho mayores.

La aireación es un factor esencial para el crecimiento óptimo de las plantas y requiere una cuidadosa consideración al desarrollar un medio de cultivo. Sin embargo, la presión para conservar el agua obliga a los productores a utilizar mezclas que contienen grandes volúmenes de agua. Una comprensión de la relación entre el medio de cultivo, el aire y el agua puede ser extremadamente útil para desarrollar prácticas de manejo sólidas.

Tabla 1. El efecto del tamaño del contenedor y la compactación media sobre el aire y el agua.

Grado de compactación	Tamaño de contenedor		
	4 pulgadas	6 pulgadas	1 galón
Compactación Ligera			
Compactación ligera	52	48	45
Espacio Aéreo	19	23	25
Compactación Media			
Agua Disponible	53	50	48
Agua No Disponible	21	23	24
Espacio Aéreo	12	17	22
Compactación Pesada			
Agua Disponible	49	45	42
Agua No Disponible	29	31	28
Espacio Aéreo	8	12	19

Para este ejemplo se usó un medio corteza: arena 2:1 v/v.

Diagnóstico de deficiencias nutricionales

El diagnóstico correcto de las deficiencias nutricionales es importante para mantener un crecimiento óptimo de las plantas. El reconocimiento de estos síntomas permite a los productores "afinar" su régimen nutricional y minimizar las condiciones de estrés. Sin embargo, los síntomas expresados a menudo dependen de la especie de planta cultivada, la etapa de crecimiento u otros factores de control. Por lo tanto, los productores deben familiarizarse con las deficiencias nutricionales cultivo por cultivo.

El mantenimiento de registros y las fotografías son excelentes herramientas para ayudar en el diagnóstico de las deficiencias de nutrientes. Las fotografías permiten a los productores comparar los síntomas con situaciones anteriores en un enfoque paso a paso para la resolución de problemas. Los registros precisos ayudan a establecer tendencias y respuestas a los tratamientos correctivos.

Debido a que los síntomas de las plantas pueden ser muy subjetivos, es importante abordar el diagnóstico con cuidado. La siguiente es una guía general a seguir para reconocer la respuesta a las deficiencias de nutrientes:

Nitrógeno (N) – Crecimiento restringido de las puntas y raíces y especialmente de los brotes laterales. Las plantas se vuelven larguiruchas con clorosis general de toda la planta a un verde claro y luego un amarillamiento de las hojas más viejas que avanza hacia las hojas más jóvenes. Las hojas más viejas se deshojan temprano.

Fósforo (P) – Crecimiento restringido y larguirucho similar al de la deficiencia de nitrógeno. El color de las hojas suele ser de un verde oscuro opaco a un verde azulado con un color púrpura en los pecíolos y las nervaduras en la parte inferior de las hojas más jóvenes. Las hojas más jóvenes pueden ser de color verde amarillento con venas moradas con deficiencia de N y de color verde más oscuro con deficiencia de P. Por lo demás, las deficiencias de N y P son muy parecidas.

Potasio (K) – Las hojas más viejas muestran clorosis entre las nervaduras y manchas necróticas marginales o quemaduras que progresan hacia adentro y también hacia arriba, hacia las hojas más jóvenes a medida que la deficiencia se vuelve más severa.

Calcio (Ca) – Desde una ligera clorosis hasta un chamuscado marrón o negro de las puntas de las hojas nuevas y la muerte regresiva de los puntos de crecimiento. La porción de tejido quemada y muerta tarda mucho en secarse, por lo que no se desmorona fácilmente. La deficiencia de boro también causa quemaduras en las puntas de las hojas nuevas y muerte regresiva de los puntos de crecimiento, pero la deficiencia de calcio no promueve el crecimiento de brotes laterales y entrenudos cortos como lo hace la deficiencia de boro.

Magnesio (Mg) – Jaspeado o moteado clorótico intervenal de las hojas más viejas que avanza hacia las hojas más jóvenes a medida que la deficiencia se vuelve más severa. Las manchas amarillas intervenales cloróticas generalmente ocurren hacia el centro de la hoja y los márgenes son los últimos en volverse amarillos. En algunos cultivos, las manchas amarillas intervenales son seguidas por manchas o manchas necróticas y chamuscado marginal de las hojas.

Azufre (S) – Se asemeja a la deficiencia de nitrógeno en que las hojas más viejas se vuelven de color verde amarillento y los tallos se vuelven delgados, duros y leñosos. Algunas plantas muestran coloridos tintes anaranjados y rojos en lugar de amarillear. Los tallos, aunque duros y leñosos, aumentan de longitud, pero no de diámetro.

Hierro (Fe) – Comienza con un moteado clorótico entre las nervaduras de las hojas inmaduras y, en casos severos, las hojas nuevas carecen por completo de clorofila, pero con pocas o ningunas manchas necróticas. El moteado clorótico en las hojas inmaduras puede comenzar primero cerca de la base de los folíolos, de modo que, en efecto, la mitad de la hoja parece tener una raya amarilla.

Manganeso (Mn) – Comienza con un moteado clorótico entre las nervaduras de las hojas inmaduras y, en muchas plantas, es indistinguible del férreo. En las plantas fructíferas, los botones florales a menudo no se desarrollan por completo y se vuelven amarillos o abortan. A medida que la deficiencia se vuelve más severa, el nuevo crecimiento se vuelve completamente amarillo, pero, a diferencia de las manchas necróticas de hierro, generalmente aparecen en el tejido intervenal.

Cinc (Zn) – En algunas plantas, el moteado clorótico intervenal aparece primero en las hojas más viejas y en otras, aparece en las hojas inmaduras. Eventualmente afecta los puntos de crecimiento de todas las plantas. El moteado clorótico intervenal puede ser el mismo que el del hierro y el manganeso excepto por el desarrollo de hojas excepcionalmente pequeñas. Cuando el inicio de la deficiencia de zinc es repentino, como el zinc que queda fuera de la solución nutritiva, la clorosis puede parecer idéntica a la del hierro y el manganeso sin la hojita.

Boro (B) – Desde una ligera clorosis hasta un chamuscado marrón o negro de las puntas de las hojas nuevas y una muerte regresiva de los puntos de crecimiento similar a la deficiencia de calcio. Además, el tejido de muerte regresiva marrón y negro se seca muy lentamente, por lo que no se puede desmenuzarse fácilmente. Tanto la médula como la epidermis de los tallos pueden verse afectadas, como lo muestran los tallos huecos o los tallos rugosos y agrietados.

Cobre (Cu) – Las hojas en la parte superior de la planta se marchitan fácilmente seguidas de áreas cloróticas y necróticas en las hojas. Las hojas en la mitad superior de la planta pueden mostrar arrugas inusuales con clorosis venosa. Ausencia de un nudo en la hoja donde el pecíolo se une al tallo principal de la planta comenzando unas 10 o más hojas por debajo del punto de crecimiento.

Molibdeno (Mo) – Las hojas más viejas muestran manchas cloróticas entre las nervaduras, se ahuecan y se engrosan. La clorosis continúa hacia las hojas más jóvenes a medida que avanza la deficiencia.

Resumen

El diagnóstico de las carencias de nutrientes puede ser clave para optimizar el crecimiento

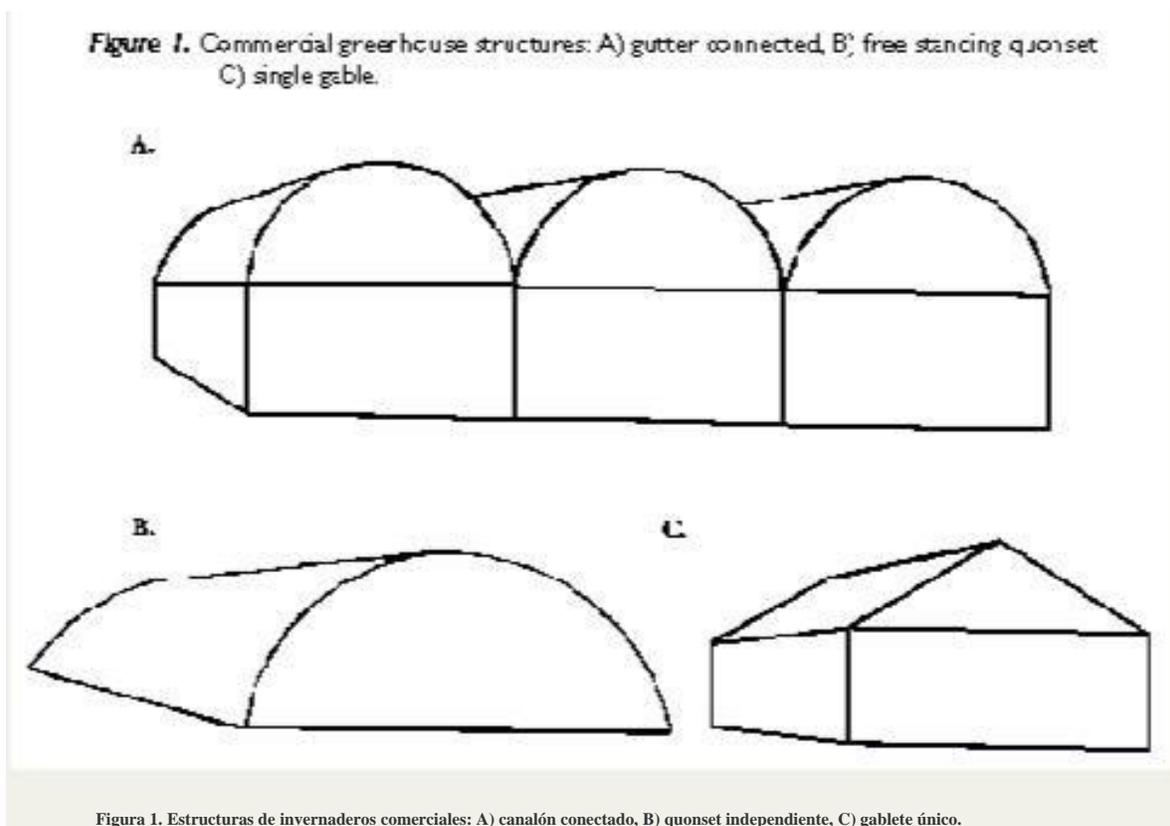
de las plantas. Sin embargo, esta técnica es muy subjetiva y requiere una cuidadosa observación. Las plantas responden a las condiciones de deficiencia de nutrientes de varias maneras diferentes. Los productores deben familiarizarse con ellos cultivo por cultivo. Las fotografías y el mantenimiento de registros pueden ser herramientas muy útiles en el diagnóstico de las deficiencias de nutrientes.

Estructuras de invernadero

La eficiencia y la productividad de una operación de invernadero dependen en gran medida del tipo de estructura de cultivo utilizada. Dado que hay muchos diseños para elegir, es importante familiarizarse con las ventajas y desventajas de cada uno. La siguiente es una breve discusión de los invernaderos comerciales y sus componentes estructurales.

Tipos de Invernaderos

En términos generales, hay tres tipos de invernaderos: adosados, separados y de cumbrera y surco o canaletas conectadas (Figura 1). Pocos invernaderos adosados se utilizan para la producción comercial debido a las limitaciones de tamaño. Este tipo de casa es la más popular entre los aficionados.



Los invernaderos separados se mantienen independientes unos de otros. No obstante, pueden estar conectados a una zona de trabajo o acceder a otro invernadero a través de un pasillo. El tipo más común de invernadero separado para la producción comercial es el Quonset. Estas casas están construidas con vigas arqueadas y generalmente tienen paredes sólidas en los extremos para apoyo adicional. Los invernaderos Quonset son adecuados

para la producción de la mayoría de los cultivos, pero el área de cultivo está algo restringida cerca de las paredes laterales. Esto reduce tanto la eficiencia como la productividad.

Los invernaderos de cumbrera y surco están conectados en el alero por un canalón común. Por lo general, no hay una pared interna debajo de la canaleta, lo que permite una mayor eficiencia. Los invernaderos de cumbrera y surco pueden ser de dos aguas o de arco curvo. Las casas a dos aguas suelen ser adecuadas para cubiertas pesadas (es decir, vidrio, fibra de vidrio), mientras que las casas de arco curvo se cubren con materiales más livianos (es decir, polietileno, policarbonatos). Varios invernaderos de surcos y cumbreras conectados a menudo se denominan "gama".

Componentes estructurales

Las vigas son el principal soporte vertical de un invernadero (Figura 2). Por lo general, se colocan en centros de 2, 3 o 4 pies según los requisitos de resistencia. Las vigas pueden ser del tipo viga o arco curvo dependiendo del ancho del invernadero. En términos generales, los invernaderos de más de 50 pies de ancho requieren una construcción de vigas reforzadas.

Figure 2. Basic structural components of a greenhouse: A)rafter, B) end wall, C) side post, D)side wall, E) purlin.

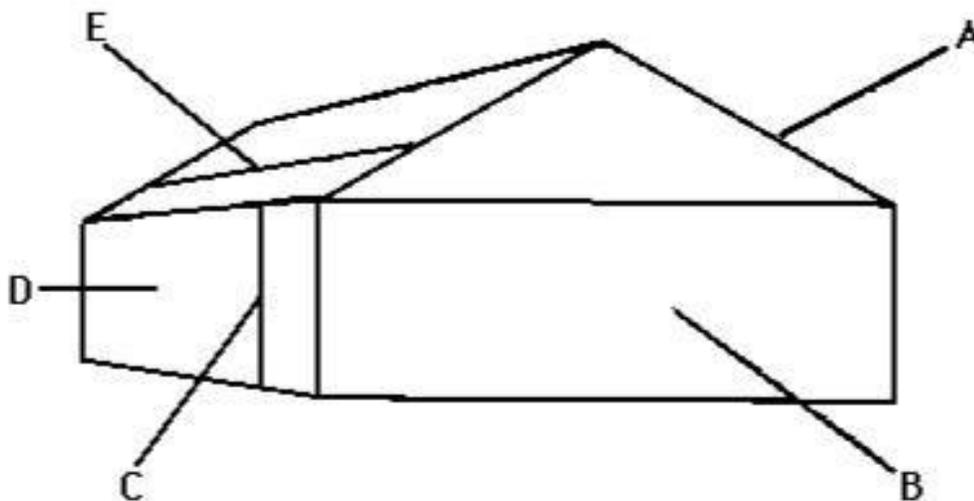


Figura 2. Componentes estructurales básicos de un invernadero: A) viga, B) pared final, C) poste lateral, D) pared lateral, E) correa.

Las correas son soportes horizontales que van de viga a viga. Estos componentes estructurales generalmente están separados entre 4 y 8 pies, según el tamaño del invernadero. Las correas a veces pueden estar conectadas por un tirante cruzado. Estos brindan soporte adicional y pueden ser necesarios en áreas donde los vientos fuertes son frecuentes.

Los postes laterales y las columnas son soportes verticales que generalmente varían en altura de 1 a 10 pies. Estos componentes estructurales determinan la altura del área de producción e influyen en gran medida en la eficiencia. Las paredes laterales también se pueden ventilar para proporcionar enfriamiento y aislamiento.

Materiales para enmarcar

Los invernaderos se pueden construir con varios materiales diferentes. Entre los más populares se encuentran el aluminio, el acero y la madera. De estos tres, el aluminio es, con diferencia, el más económico y el más duradero. El aluminio se puede extruir en varias formas y espesores. Luego, este material se puede formar en vigas, postes laterales y otros componentes estructurales.

La madera se usa con menos frecuencia porque se deteriora rápidamente en el ambiente húmedo del invernadero. Si se usa madera, es mejor obtener madera tratada a presión que “resista” la descomposición. Hay varios tipos satisfactorios de esta madera tratada disponibles comercialmente. Sin embargo, se ha descubierto que PENTA emite vapores que pueden ser dañinos para las plantas.

Materiales de cobertura

Los revestimientos de los invernaderos deben ser lo suficientemente claros para proporcionar una transmisión óptima de la luz y, al mismo tiempo, ser duraderos y económicos. Se han desarrollado varios materiales para satisfacer estas necesidades sobre una base comercial.

El vidrio proporciona la mejor transmisión de luz para la producción en invernadero. Sin embargo, los componentes estructurales necesarios para soportar el vidrio son costosos. Además, la inversión inicial y el mantenimiento necesario han restringido el uso de invernaderos por parte de los productores de Texas.

La fibra de vidrio es otro material de cobertura que se usa con frecuencia en los invernaderos comerciales. La fibra de vidrio es estriada, extremadamente duradera y no requiere los extensos componentes estructurales de una casa de vidrio. Desafortunadamente, la fibra de vidrio es muy susceptible de descomponerse por la luz ultravioleta (UV). Esto hace que las fibras se hinchen dando como resultado una disminución significativa en la transmisión de luz. La vida útil de la fibra de vidrio puede ser tan corta como cinco años bajo ciertas condiciones.

Las láminas dobles de película de polietileno (PE), infladas con aire, son la cubierta más común en los invernaderos comerciales de Texas. El PE no es rígido, pero proporcionará el soporte necesario para el funcionamiento normal. La mayoría de las películas de PE actualmente disponibles durarán aproximadamente dos años antes de que sea necesario reemplazarlas. Aunque este mantenimiento frecuente es costoso, la inversión inicial reducida requerida, así como los componentes estructurales limitados necesarios para soportar esta cubierta, han hecho que el PE sea más económico para los productores.

Ahora se fabrican varios materiales nuevos de policarbonato y acrílico para cubiertas de invernaderos. Sin embargo, en este momento no hay suficiente información disponible para determinar si "superarán" a los materiales que se utilizan actualmente.

Resumen

La eficiencia y la productividad de la estructura de un invernadero están muy influenciadas por su diseño. Además, los costos iniciales y de largo plazo de la instalación se ven afectados por el tipo de materiales usados. Las casas de cumbrera y surco brindan la mayor eficiencia en la producción de cultivos. El aluminio es el material de estructura más duradero y comúnmente utilizado para estructuras de invernaderos comerciales. Las láminas dobles de película de polietileno son el material de cobertura más económico disponible para los productores de Texas.

Fertilización de cultivos de invernadero

Mantener una nutrición adecuada es uno de los aspectos más críticos de la producción de cultivos de invernadero. En la actualidad, la mayoría de los productores utilizan un programa de alimentación líquida como medio principal para suministrar nutrientes a las plantas. Este programa también se puede complementar con fertilizantes granulares o de liberación lenta agregados al medio de cultivo.

La frecuencia de las aplicaciones de fertilizantes también influye en el crecimiento de las plantas. En algunos casos es importante suministrar nutrientes en los períodos pico de crecimiento vegetativo o reproductivo. Sin embargo, generalmente se acepta que una alimentación constante (fertilizante soluble en cada riego) es el mejor sistema para optimizar el crecimiento de las plantas.

También se puede modificar un programa de alimentación constante para que los nutrientes se apliquen en cada riego. Este enfoque puede ser necesario en condiciones de sales altamente solubles.

El equilibrio de los nutrientes de las plantas es importante para producir plantas vigorosas y eficientes. En algunos casos, cuando los nutrientes están desequilibrados, pueden producirse graves deficiencias o toxicidades. Por lo tanto, es importante considerar tanto la fuente como la cantidad de fertilizante utilizado.

Selección de fertilizantes:

Varios fertilizantes "completos" están disponibles de fuentes comerciales para la producción de cultivos de invernadero. Estos proporcionan N, P y K en el equilibrio deseado (es decir, 15-16-17, 20-20-20, etc.). Sin embargo, muchos productores "mezclan a la medida" fertilizantes de varias fuentes diferentes para lograr el mejor equilibrio para el crecimiento de las plantas. Tabla 1 y Tabla 2 proporciona una guía rápida de varios de los materiales fertilizantes más utilizados, así como las cantidades requeridas para lograr las concentraciones deseadas.

Seleccionar el tipo de fertilizante a incluir en un régimen nutricional es clave para el crecimiento óptimo de las plantas. La siguiente es una breve descripción de los nutrientes utilizados con frecuencia:

Nitrógeno (N): a menudo se piensa que es el elemento más importante en un programa nutricional. Sin embargo, es sólo uno de varios elementos esenciales para el crecimiento de las plantas. Las fuentes más comunes de N utilizadas en los programas de alimentación líquida incluyen: nitrato de amonio, nitrato de calcio y nitrato de potasio. En términos generales, no más del 50% del N total suministrado a la planta debe estar en forma de amonio.

Fósforo (P): es otro elemento requerido en cantidades relativamente grandes para el crecimiento de las plantas. Sin embargo, el suministro excesivo de P puede hacer que otros nutrientes sean insolubles y, por lo tanto, no estén disponibles para la absorción de la planta. El fósforo generalmente se suministra en soluciones nutritivas mediante ácido fosfórico o, en algunos casos, se puede incorporar superfosfato en el medio de cultivo para suministrar P.

La planta utiliza el potasio (K) o potasa de varias maneras, pero se requiere principalmente en las relaciones con el agua. Entre los muchos cultivos de invernadero producidos, las flores de Pascua se alimentan notablemente de K. La fuente más común de K en los programas de alimentación líquida es el nitrato de potasio, sin embargo, se pueden utilizar otras fuentes.

Secundarios y Micronutrientes un programa nutricional “completo” debe tomar en consideración los secundarios y micronutrientes, así como N, P y K (macronutrientes). Estas dos clases de elementos generalmente incluyen: calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu), manganeso (Mn), boro (B), molibdeno (Mo) y cloruro (Cl). Aunque muchos de estos pueden ser suministrados inherentemente por el medio de cultivo, otros requieren una aplicación suplementaria.

Tanto los nutrientes secundarios como los micronutrientes pueden incluirse como componente de un programa de alimentación líquida. Sin embargo, muchos productores los incorporan previamente al medio de cultivo. La cal dolomítica es quizás la fuente

más común de Mg utilizada de esta manera. También hay varias mezclas comerciales de micronutrientes que se pueden incorporar al medio de cultivo.

Resumen

El principal método de suministro de nutrientes a los cultivos de invernadero es mediante un programa de alimentación líquida. Esto se puede complementar con la adición de nutrientes secundarios y micronutrientes al medio de cultivo.

Los programas de alimentación constante suministran cantidades óptimas de nutrientes para la absorción de la planta. Sin embargo, el nivel de nutrición debe basarse en la presencia de sales solubles. Los fertilizantes completos que contienen N, P y K en las proporciones deseadas se pueden usar para cultivos de invernadero, o los fertilizantes se pueden mezclar a medida para satisfacer las necesidades de la planta.

Tabla 1. Partes por millón (ppm) del elemento nutritivo en solución cuando se utiliza el compuesto fertilizante especificado disuelto en agua.

Fertilizante	Fertilizante y elemento Porcentaje	Cantidad/gal	norte	PAGSk	California magnesio	S	cl
Nitrato de potasio	13.75-0-44.5 (36.9K)	1g	36	97	—	—	—
sulfato de potasio	0-0-50 (41.5K, 17S)	1g	—	—	110	—	— 45 —
Cloruro de potasio	0-0-60 (49.8K, 45Cl)	1g	—	—	131	—	— 119
monopotasio Fosfato	0-22.8-28.7	1g	—	53	75	—	—
K-Mag de Sul-Po-Mag	0-0-22 (18K, 11Mg, 22S)	1g	—	—	48	—	— 29 58 —

Tabla 1. Partes por millón (ppm) del elemento nutritivo en solución cuando se utiliza el compuesto fertilizante especificado disuelto en agua.

Fertilizante	Fertilizante y elemento Porcentaje	Cantidad/gal	norte	PAGSk	Californiamagnesio	S	cl
Mono calcio Fosfato	0-46-0 (20P, 13Ca)	1g	—	—	34	—	—
Nitrato de calcio	15.5-0-0 (19Ca)	1g	—	—	50	—	—
Nitrato de amonio	33.5-0-0	1g	41	—	—	—	—
Sulfato de amonio	21-0-0 (24S)	1g	88	—	—	—	—
Urea	46-0-0	1g	55	—	—	63	—
Ácido nítrico	7)% HNO3 (15,5N)	1g	121	—	—	—	—
Diamonio Fosfato	18-46-0 (20P)	1g	41	53	—	—	—
Ácido fosfórico	75%H3PO4 (0,363 gP/ml)	1ml	47	96	—	—	—
Yeso (Calcio Sulfato)	(18,6 Ca, 14,9 S)	1g	—	—	49	—	39
Sales de Epsom	(9.9Mg, 13S)	1g	—	—	—	26	34

Nota: Para fines prácticos, 3,5 onzas de fertilizante disuelto en 100 galones de agua producen las mismas ppm de elemento en solución que las dadas por 1 gramo/galón. (28,35 gramos = 1 onza)

Cuadro 2. Fuentes de fertilizantes para la producción de cultivos de invernadero.

Nombre y fórmula del material	NPK	Análisis Otros
Cloruro amónico NUEVA HAMPSHIRE:cl	25-0-0	0
Nitrato de amonio NUEVA HAMPSHIRE:NO:	33.5-0-0	0

Cuadro 2. Fuentes de fertilizantes para la producción de cultivos de invernadero.

Nombre y fórmula del material	NPK	Análisis Otros
Fosfato de amonio (di) $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	21-53-0	0
Fosfato de amonio (mono) $\text{NH}_4\text{H}_2\text{CORREOS}_4$	11-48-0	1,4 % Ca, 2,6 % S
Sulfato de amonio $(\text{NUEVA HAMPSHIRE})_2\text{ASI QUE}_3$	20-0-0	24% S
Nitrato de calcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	15-0-0	37% S
Nitrato de sodio NaNO_3	16-0-0	0
Urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	45-0-0	0
Urea formaldehído	38-0-0	0
Superfosfato $\text{CaH}_4(\text{CORREOS})_2$	0-20-0	18% calcio
Fosfato triple $\text{CaH}_4(\text{CORREOS})_2$	0-42-0	12% S
Ácido fosfórico $\text{H}_4\text{CORREOS}_4$	0-52-0	12% calcio
Cloruro de potasio KCl	0-0-62	0
Nitrato de potasio KNO_3	13-0-44	0
sulfato de potasio $\text{K}_2\text{ASI QUE}_4$	0-0-53	0

Cuadro 2. Fuentes de fertilizantes para la producción de cultivos de invernadero.

Nombre y fórmula del material	NPK	Análisis Otros
MagAmp-Magnesio	7-40-6	18% S
fosfato de amonio	0	0
Sulfato de magnesio MgSO ₄ ·7H ₂ O	0	10% magnesio
nitrato de magnesio Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	0	9,5 % de magnesio
Yeso CaSO ₄ ·2H ₂ O	0	23% calcio
sulfato de manganeso MnSO ₄	0	28% manganeso
Ácido bórico H ₃ BO ₃	0	17% B
Sulfato de cobre Cu SO ₄ ·5H ₂ O	0	25% cobre
sulfato de hierro FeSO ₄ ·7H ₂ O	0	20% Fe
quelatos de hierro	0	Varios % Fe
molibdato de amonio (NUEVA HAMPSHIRE)·6MgO·2H ₂ O	0	53% mes
Sulfato de cinc ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0	36,4% zinc