

1. Antecedentes

Para cultivos en condiciones de ambiente controlado, es muy importante el tipo de sustrato que se utilice. Un sustrato puede definirse como cualquier tipo de material en el que se depositan semillas o raíces para posibilitar su desarrollo. Los sustratos sin suelo, conocidos como artificiales, poseen algunos requerimientos básicos para ser viables: estar libres de patógenos, poseer buenas cualidades de aireación y drenaje, y una capacidad de retención de agua suficiente para prevenir una sequedad excesiva.

Algunos de los sustratos más comunes en México son:

(a) Fibra de coco; formada por cascara de coco molida. Este es un de los sustratos más ampliamente utilizados, que se producen en varias zonas de México. La fibra de coco tiene propiedades que previene la desintegración típica de otro sustrato, por lo cual es posible utilizarlo durante varios años.

(b) La Composta puede considerarse como un sustrato de relativamente bajo costo y con alto grado de sustentabilidad formado por desechos orgánicos locales. Producida de manera correcta, la composta contiene gran cantidad de microorganismos benéficos y en consecuencia puede reducir el uso de fertilizantes. Sus desventajas son la falta de uniformidad y consistencia de un lote a otro y el peligro de contaminación potencial.

(c) La Turba o "Peat moss". Producto que incrementa la capacidad de retención de agua y nutrientes del suelo. Tiene un pH ácido, en un rango de 3.8 a 4.3. Uno de los mayores beneficios de este sustrato es que no solos previene el lixiviado de nutrientes excesivo, sino que libera lentamente el cultivo. Su mayor desventaja es que repele agua, por lo que es difícil mantenerlo en nivel adecuado de hidratación.

(d) La Vermiculita, que es un mineral natural que se expande el ser calentado. Posee una estructura de placas cóncavas que le permite retener grandes volúmenes de agua, así como nutrientes con carga positiva tales como potasio, magnesio y calcio. Suele emplearse en mezclas, y no por sí solo en general, pero también pueden utilizarse para propagar semilla. Su pH depende de su zona de procedencia; por ejemplo, en algunos lugares la vermiculita puede ser bastante alcalina con un pH de hasta 9, mientras que en otras minas se reporta haber encontrado vermiculita con pH alrededor de 7. Una característica de la vermiculita es analizada y tratada para eliminar asbestos antes de ser comercializada. De todas maneras, se recomienda utilizar una máscara anti-polvo al manejar este sustrato para evitar daños potenciales.

(e) La Perlita es un cristal volcánico amorfo que, al igual que la vermiculita, se expande al ser calentado, lo cual es parte del proceso de preparación para su uso como sustrato de cultivo. Posee alta permeabilidad y baja capacidad de retención de agua; razón por la cual es usado como aditivo en otros sustratos. Su pH es relativamente neutro de 6.5 a 7.5.

(f) La Liparita o piedra pómez. Tiene una alta porosidad que permite una mejor aireación y circulación de agua.

(g) La Lana de Roca. Material que por lo regular se maneja solo y no en mezclas, ya que su estructura compacta le permite ser un elemento indispensable. Sin embargo, en ocasiones se utiliza molida, presentación que aporta drenaje y reduce la compactación del terreno.

En forma resumida se puede decir que la fibra de coco absorbe humedad y retiene nutrientes; la composta o humus aporta nutrientes y permite la agregación, aunque existen grandes variaciones en calidades; la Turba absorbe humedad; la vermiculita permite la retención química de nutrientes, aunque su desventaja es que puede contener fibra de asbesto; la Perlita (o Agrolita) descompacta y airea; la Piedra Pómez ayuda a los flujos de agua y aire, y la Lana de Roca Molida aporta drenaje y descompactación, pero es costosa, difícil de desechar y no biodegradable.

Algunos productores de sustratos mezclan diferentes materiales para la elaboración del producto comercial. Se presupone que, como acabamos de señalar, cada material aporta características y propiedades diferentes y por consiguiente la mezcla comercial puede teóricamente ofrecer un sustrato con características óptimas para diferentes cultivos o diferentes tipos de manejo. Con cualquier sustrato que se utilice o piense utilizar es aconsejable antes de iniciar la producción recibir la capacitación y el adiestramiento práctico adecuado, consultando a asesores especializados para asegurar un alto grado de éxito.

En condiciones protegidas y controladas de producción de hortalizas, la manera más eficiente de producir es mediante el uso de sustratos sin suelo. Cuando se cultiva en suelo en ambientes controlados, es más difícil de manejar las plantas debido a la profundidad de las raíces en el piso. En cambio, los sustratos sin suelo permiten un mejor control ya que su utilización simplifica el manejo y la prevención de enfermedades del suelo, pues el cultivo crece en ambiente contenido.

1. La fibra de coco como sustituto de sustratos tradicionales

En México la fibra de coco ha ido sustituyendo los sustratos tradicionales compuestos a base de turba. Esto ha sido así porque la fibra de coco ofrece una mayor precocidad para plantas sanas, tiene un gran poder de retención (tanto minerales como agua) y es un perfecto acolchado.

Si nos ponemos a calcular, cada coco contiene alrededor de 125 gramos de fibras. Dichas fibras son bastante largas. Sin embargo, en el proceso de extracción se forman fibras de menos de 2 mm de longitud, así como un polvillo de fibra y coco. Para fabricar un sustrato se puede elegir entre una variedad de distintos tipos de fibras de coco, ya sean más largas o más cortas. Los sustratos pueden tener distintas aplicaciones y cada uno estaría indicado para un uso específico, según el cultivo y las condiciones de este:

- **Coco fino:** para semilleros y esquejes, donde las raíces son muy pequeñas y débiles.
- **Coco estándar:** se puede utilizar para jardineras, macetas o cualquier otro medio.
- **Coco grueso:** para plantas grandes, acolchado de jardines y demás.

Lo que usualmente se conoce como fibra de coco y se aplica como sustrato para el cultivo de plantas es, por lo general, la mezcla del polvillo de coco con fibras largas o pequeñas a elección del fabricante.

Uno de los principales problemas que presenta la fibra de coco es su contenido en sales, pues el cultivo del cocotero se hace en zonas costeras, azotadas por vientos salinos, brisas y suelos más menos salinos. Al final, esas fibras del coco contienen una gran cantidad de sales que podrían fácilmente pasar al cultivo. La solución consiste en "lavar" la fibra de coco antes y después del proceso de triturado.

3. Ventajas y desventajas del sustrato a base de fibra de coco

-Ventajas

- Es un subproducto natural y orgánico. No contamina ni consume energía.
- Tiene una gran capacidad de aireación y retención de agua.
- Se puede escoger entre varios tamaños de fibra según lo que se cultive.
- Tiene un pH estable, entre 5,5 y 6,5.
- Ofrece una rápida respuesta cuando se pretende corregir una carencia mineral.

- Se rehidrata fácilmente, por lo que la respuesta al estrés hídrico es rápida.
- Retiene nutrientes con gran facilidad, y los libera de forma progresiva (Es decir, buena "Capacidad de intercambio catiónico").
- Precio muy competitivo

-Desventajas

- Antes de salir al mercado se debe solucionar el problema de la salinidad.
- Puede ser más caro que otros sustratos. (Aunque con agua se expande y hay mucha superficie de cultivo).
- Dependiendo de la calidad del agua, puede retener con facilidad sales.
- No aporta tantos elementos minerales como otros sustratos.

Como previamente señalado, es una práctica frecuente entre los fabricantes de sustratos de coco el mezclar o "enriquecer " el sustrato, mezclándolo con otros sustratos y/o agregándole sustancias útiles a la planta. Por ejemplo, combinar la fibra de coco con un humus rico en nutrientes. Esto es algo muy factible, sobre todo cuando se manejan cantidades relativamente pequeñas de sustrato.

El cultivo en suelo mediante fibra de coco es algo relativamente novedoso y bastante raro de ver. Consiste en disponer la fibra de coco directamente en el suelo, y es apropiado cuando tenemos un suelo muy pesado con mal drenaje.

4.Características genéricas de fibra de coco

Estas son algunas de las principales características genéricas, físicas y químicas, de los sustratos a base de fibra de coco:

- pH: 5,5 - 6,5
- Conductividad eléctrica media : < 0,8 mS/cm
- Porosidad total, o " % de aireación" : 10-40 %
- Capacidad de retención de agua a 1/3 de bar : 25-50 %
- CIC (Capacidad de intercambio catiónico): 70-100 meq/100 g
- C/N (Relación carbono orgánico a Nitrógeno total) 80:1

5. Análisis y Guía Nutricional en la utilización del sustrato

Los sustratos o medios de crecimiento para la producción de plántulas en invernadero tienen propiedades físicas y químicas diferentes a las que posee el suelo común. En los pasados 25 a 30 años productores expertos en invernaderos han venido cambiando la mezcla de materiales tradicionales como suelo, turba o aserrín por materiales fundamentalmente a base de fibra de coco, aunque siguen utilizándose con frecuencia la perlita, y la vermiculita. Los medios de crecimiento "sin suelo" poseen buena retención de humedad y aireación y, en el caso de la fibra de coco, buena capacidad para retener nutrientes. El manejo de la fertilización cuando se utilizan sustratos es muy importante para obtener cosechas de mayor rendimiento y calidad.

Para una fertilización apropiada es requisito indispensable conocer las propiedades físicas y químicas del sustrato utilizado. En los sustratos de fibra de coco estas características pueden variar ampliamente entre los diferentes fabricantes, según hayan sido o no enriquecidos con sustancias externas. El tipo y el volumen de sustancia añadida pueden cambiar radicalmente las características de cada sustrato. El análisis de estos sustratos o medios de crecimiento provee información básica para formular un plan de fertilización. Antes de usar un nuevo sustrato, sea o no a base de coco, analice el pH, contenido de sales solubles y nivel de nutrientes disponibles. Conociendo inicialmente las propiedades químicas se pueden evitar posteriormente costos mayores. Nuestro laboratorio ofrece un programa de análisis específicamente diseñado para analizar sustratos.

En sustratos sin suelo, la concentración de nutrientes esenciales alrededor de la raíz es determinante y crítica para el crecimiento de la planta. Esta concentración va a depender de la capacidad de retención de humedad de dichos medios. Los nutrientes contenidos en un sustrato disminuyen su concentración a medida que aumenta el contenido de humedad. Por otro lado, una variación muy amplia de la densidad aparente del medio de crecimiento (peso por unidad de volumen), puede dificultar el desarrollo de una sola fórmula general de fertilización.

Con el método de extracción de pasta saturada que utiliza nuestro laboratorio es posible establecer una guía única de Interpretación (Tabla 1), ya que la cantidad de agua retenida a saturación está directamente relacionada a las características de retención de humedad de cada sustrato. En completa saturación, el contenido de agua de un medio es aproximadamente cuatro veces a la retenida en el punto de marchitez permanente (PMP) y cerca de dos veces aquella retenida a capacidad de

campo (CC). La concentración total de nutrientes solubles a saturación será por lo tanto una cuarta parte respecto al PMP (medida a 15 bar) y la mitad respecto a la CC. (Medida a 1/3 de bar).

El pH de sustrato deseable, el contenido de sales y el nivel de nutrientes varía con la especie vegetal y con las prácticas de manejo en el invernadero. Una guía general de los parámetros más importantes de la fertilidad se presenta en la Tabla 1. Los niveles de cloruro y de sodio aceptables dependerán del contenido total de sales solubles.

Para lograr un buen crecimiento del cultivo, se debe ajustar el nivel de nutrientes antes de la siembra. Para realizar el ajuste del nivel de nutrientes tome en consideración lo que se expone a continuación. El pH del sustrato influye en la disponibilidad y absorción de nutrientes por el cultivo. En sustratos de tipo turba, el pH deseable es de 5.6 a 5.8 para la mayoría de los cultivos.

TABLA 1
GUÍA DE INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS
PARA USO EN SUSTRATOS O MEDIOS DE CRECIMIENTO
(Evaluados por el método de extracto en pasta saturada)

| EVALUACIÓN | | | | | | |
|--------------------|------------|---|------------------|----------------|----------------|-----------------|
| Análisis | | Bajo | Aceptable | Óptimo | Alto | Muy Alto |
| N-Nitrato | ppm | 0-39 | 40-99 | 100-199 | 200-299 | 300+ |
| N-Amoniacal | ppm | <i>Variable, se reporta la relación NH₄/NO₃</i> | | | | |
| Fósforo | ppm | 0-2 | 3-5 | 6-9 | 11-18 | 19+ |
| Potasio | ppm | 0-59 | 60-149 | 150-249 | 250-349 | 350+ |
| Calcio | ppm | 0-79 | 80-199 | 200+ | | |
| Magnesio | ppm | 0-29 | 30-69 | 70+ | | |

Es frecuente que el agua de riego sea alcalina con pH arriba de 7.0. Cuando se asperjan las plantas con esta agua alcalina el pH del sustrato subirá gradualmente, pudiéndose incrementar en un periodo de tres meses hasta en 1.0 unidad de pH. Por lo tanto, es muy importante hacer el ajuste de pH en el sustrato antes de la siembra. Un pH muy alto, mayor de 6.5, significará deficiencias de micronutrientes. Un pH bajo, menor de 5.3, puede resultar en deficiencias de calcio y/o magnesio o toxicidad de manganeso.

La cantidad de cal necesaria para elevar el pH depende de la capacidad tampón (grado de resistencia al cambio) del sustrato. Para lograr el cambio de 1.0 unidad de pH (ejemplo de 4.5 a 5.5) un sustrato con débil capacidad tampón puede requerir solamente 1.20 Kg de cal firmemente molida por metro cúbico de sustrato, mientras que un sustrato con alta capacidad tampón puede requerir hasta 3.0 Kg/m³. Sustratos tales como perlita, espuma de poliestireno y vermiculita poseen poca o nula capacidad tampón.

La fibra de coco (como por otra parte también la turba y el aserrín) presentan una baja capacidad tampón o de amortiguamiento ("Buffer" por su denominación en inglés). En la medida que un sustrato orgánico se va descomponiendo su capacidad tampón irá aumentando. La eventual adición de cal (CaCO₃) a un sustrato se debe hacer con cuidado para evitar incurrir en problemas de sobre encalado. Se recomienda primero humedecer una pequeña parte del sustrato (0.2 de rn) con la mezcla cal-agua en la dosis recomendada, colocando el sustrato humedecido en una bolsa de plástico durante 2 semanas, luego muestree y determine el pH. Si el pH del sustrato está entre 5.5 y 6.0 el tratamiento es aceptable. Si el pH está fuera de estos rangos, habrá que hacer la corrección respectiva.

Para un eventual encalado, se deberá usar calcita finamente molida que pase por malla 100. Materiales más gruesos como la cal agrícola comercial puede requerir hasta 6 meses de tiempo para que reaccione totalmente y lograr el cambio de pH deseado. La cal no reacciona si el sustrato está seco; en condiciones de buena humedad la cal finamente molida puede reaccionar en 2 semanas. La calcita sólo sufre calcio, mientras que la cal dolomítica proporciona calcio y magnesio.

Evite el uso de sustratos con pH muy alto; pues es más difícil bajar un pH que subirlo. Un alto pH del sustrato puede acidificarse con Sulfato de hierro. Aproximadamente para disminuir el pH en 1.0 unidad (ejemplo de 7.5 a 6.5) podría ser necesario aplicar 1.80 Kg/m³ de Sulfato de hierro. El cambio exacto dependerá de la capacidad de amortiguamiento de cada componente de la mezcla.

El ajuste de pH en contenedores o charolas con plantas ya establecidas es más difícil ya que se puede causar daño a las plantas. Se puede usar agua con cal para neutralizar alguna acidez (o sea elevando el pH). Se sugiere no realizar ajustes si el pH es de 5.4 o mayor. Agite 1/2 Kg de cal fina en unos 300 litros de agua, déjelo reposar toda la noche y aplique la solución limpia sobrenadante o previamente filtrada. El sustrato debe estar lo suficientemente húmedo en el momento de la aplicación para evitar un daño brusco a la raíz.

Evite el contacto directo de la solución con el follaje o lave de inmediato luego de la aplicación. No aplique fertilizante conteniendo amonio inmediatamente antes o después de aplicar la solución enalante. El amonio reacciona con la cal convirtiéndose en gas volátil y puede quemar el follaje de las plántulas. El agua para riego con pH alcalino puede ser acidificada usando ácido fosfórico (H_2PO_4), ácido nítrico (HNO_3) o algún otro ácido. La cantidad de ácido a usar dependerá del pH del agua y de su dureza.

Como punto de partida, 28.35 g de ácido fosfórico 85% ó 56.7 g de ácido nítrico 70% agregados a 378.5 litros de agua causará un cambio de pH de 1.0 a 1.5 unidades (por ejemplo de 7.8 a 6.8 ó 6.3).

Para ajustes más precisos se requiere de pruebas adicionales y monitoreo del pH resultante del agua. Inyectando el ácido dentro del sistema de irrigación también limpiará las líneas conductoras, así como válvulas y aspersores. Extreme los cuidados cuando trabaje con ácido. Tenga siempre a mano una solución de bicarbonato de sodio para neutralizar cualquier daño de quemaduras por acción de ácido.

-SALES SOLUBLES

Todos los iones solubles o nutrientes tales como nitrato, amonio, potasio, calcio, magnesio, cloruro, y sulfato contribuyen a aumentar el contenido de sales solubles en el agua o en el sustrato. El contenido de sales solubles en el agua o en el extracto del medio de crecimiento es determinado con un Conductímetro y es expresado en mili-Siemens/cm. Para convertir este valor a ppm (partes por millón) multiplíquelo por 700 ($700 \times \text{mili-Siemens por cm} = \text{ppm}$).

En los análisis de rutina para determinar el contenido de sales solubles comúnmente se hace tomando una parte del sustrato por dos partes de agua destilada es decir una relación 1:2 en base a volumen. Se puede usar también una relación 1:5 si se desea obtener más solución. El método más generalizado es determinar Conductividad Eléctrica (C.E.) en el extracto de saturación. Una guía para interpretar el nivel de sales se presenta en la Tabla 2. La mezcla del fertilizante con el sustrato o medio de crecimiento aumentará el contenido de sales solubles. En general, cada kilogramo de fertilizante soluble mezclado por metro cúbico aumentará las sales solubles en el extracto de saturación 1.0 mS por cm. El incremento exacto dependerá del tipo de fertilizante usado.

La concentración de sales solubles puede disminuir al ser arrastrados por lixiviación o lavado. El nivel excesivamente alto de sales solubles puede ser reducido lavando

estos hasta un nivel aceptable. El lavado de los contenedores o camas teniendo éstas buen drenaje y luego repitiendo este proceso 1 a 2 horas más tarde reducirá suficientemente este alto nivel de sales. Niveles extremos de sales solubles pueden requerir que se repita el proceso de lavado 2 ó 3 días después del primero.

GUÍA DE INTERPRETACIÓN
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUSTRATOS
UTILIZANDO DIFERENTES RELACIONES DE SUSTRATO: AGUA

| Extracto Saturación* | Sustrato: Agua 1:2 | Sustrato: Agua 1:5 | Comentarios |
|---|--------------------|--------------------|---|
| 0-.74 | 0-.25 | 0-.12 | •Muy bajo nivel de sal indica muy bajo estatus de nutrientes. |
| .75-1.99 | .25-.75 | .12-.35 | •Rango adecuado para plántulas y plantas sensibles. |
| 2.00-3.49 | .75-1.25 | .35-.65 | •Rango deseable para la mayoría de plantas, el valor alto de rango puede afectar plantas sensibles. |
| 3.50-5.0 | 1.25-1.75 | .65-.90 | •Ligeramente más alto que lo deseable. Pérdida en el vigor en el rango superior bueno para plantas de alto requerimiento de nutrientes. |
| 5.0-6.0 | 1.75-2.25 | .90-1.10 | •Se reduce el crecimiento y el vigor. Marchitez y quemado de bordes de la hoja. |
| 6.00+ | 2.25+ | 1.10+ | •Severo daño por sal. |
| <i>*Usado por el Laboratorio de Suelos de la Universidad Estatal de Michigan.</i> | | | |

Nota. La unidad denominada " Mili-Siemens (mS)" reemplaza al milimho (mmho) como unidad preferida para expresar la Conductividad (sales solubles). El valor permanece igual solamente cambia el nombre.

-NITRÓGENO-NITRATO

Las plantas deficientes en nitrógeno se tornan de color verde pálido comenzando en las hojas viejas. Algunas plantas manifiestan un ligero color rojizo. El nitrógeno es componente importante de la molécula de clorofila. La forma nitrato de nitrógeno es muy soluble y móvil en el sustrato de manera que puede perderse fácilmente por lixiviación.

Los niveles óptimos de N-NO₃ varían con la especie vegetal y edad de esta. Una guía aproximada de interpretación se da en la Tabla 3. Las plantas jóvenes o plántulas crecen bien /con niveles bajos a medios de nitratos. Muchas plantas en camas o macetas durante su "etapa de crecimiento" requieren niveles moderadamente altos. Los cultivos que crecen en tierra o en camas altas requieren de niveles altos de nitratos. El nivel inicial de nitratos puede ajustarse siguiendo la guía que se presenta en Tabla 4.

Un constante ligero nivel de nitrógeno disponible puede ser mantenido inyectando nitrógeno adicional dentro del sistema de riego. Cuando se inyecte fertilizante dentro del agua de riego, asegúrese de aplicar algún lavado para prevenir una posible acumulación de nitratos y sales solubles.

TABLA 3
CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO-NITRATO DESEABLE
EN SUSTRATOS DE INVERNADERO

(Concentración determinada en ppm mediante el Método de extracto de saturación)

| | ppm N-NO ₃ en extracto |
|--|--------------------------------------|
| •Plántulas recién nacidas | 40-70 |
| •Plantas jóvenes en maceta para follaje | 50-90 |
| •Plantas de maceta y de camas – etapa de crecimiento. | 80-160 |
| •Rosas, crisantemos, boca de dragón; creciendo en tierra o camas elevadas. | 120-200 |
| •Lechuga y tomates en camas con suelo | 125-225 |
| •Apio | 75-125 |

TABLA 4
FERTILIZANTE NITROGENADO NECESARIO PARA INCREMENTAR EL NIVEL
DE NITRÓGENO NITRATO (N-NO₃-) EN 10 PPM UTILIZANDO
EL MÉTODO DE EXTRACTO DE SATURACIÓN.

| Fuente de Nitrato | Contenido de N % | Para aumentar el nivel en 10 ppm usar: | | | | |
|--------------------|---------------------|--|----------|---------------|------------------|--------------------|
| | | oz/bu | oz/cu yd | oz/100 sq ft. | g/m ³ | g/10m ² |
| Nitrato de Potasio | 13 | 0.12 | 2.3 | 4.6 | 86.53 | 140.20 |
| Nitrato de Calcio | 15 | 0.10 | 2.0 | 4.0 | 75.24 | 121.92 |
| Nitrato de Amonio | 33 | 0.45 | 0.9 | 1.8 | 33.86 | 54.86 |
| Urea | 45 | 0.35 | 0.7 | 1.4 | 26.33 | 42.67 |

-FÓSFORO (P)

Un adecuado aprovisionamiento de fósforo es importante para el buen desarrollo de raíces, rápido crecimiento y mayor calidad de flor en especies florales. Plantas deficientes en fósforo exhiben lento crecimiento de raíces y parte aérea. En casos severos, el follaje exhibe una coloración púrpura. El fósforo cumple un rol muy importante en el proceso de la fotosíntesis. Los componentes del fósforo (siendo lentamente soluble) están sujetos a pérdidas por lixiviación muy limitadas, pero el lavaje puede ser significativo (arriba de 30%) en sustrato grueso con mezcla de material fibroso y peatlite. Suficiente Superfosfato puede ser mezclado inicialmente con el sustrato para suplir fósforo a través de todo el ciclo sin riesgo de pérdida por lavaje o incremento de sal. Los cultivos que crecen en suelo o en camas elevadas requieren más altos niveles de fósforo que plantas en maceta o en camas (Tabla 5).

Las plantas que crecen en temperaturas frías algunas veces desarrollan deficiencias de fósforo, aún con la presencia de niveles adecuados. Esto es debido a la poca actividad de este nutriente y por ende al limitado crecimiento de raíces. Con sólo elevar la temperatura 5° F las plantas podrían crecer mejor en estas condiciones que si se aplicara más fósforo.

TABLA 5
CONCENTRACIONES DESEABLES DE FÓSFORO EN SUSTRATOS DE INVERNADERO.
EVALUACIONES EN EXTRACTO DE SATURACIÓN

| | |
|--|-------|
| Plántulas recién nacidas | 5-9 |
| Planta en cama y macetas | 6-10 |
| Lechuga y tomates en camas con suelo | 10-15 |
| Rosas, crisantemos, boca de dragón en suelo o camas elevadas | 10-15 |
| Azaleas | 7-12 |
| Apio en transplante | 10-15 |

TABLA 6
FERTILIZANTES FOSFORADOS NECESARIOS PARA INCREMENTAR EL NIVEL
DE FÓSFORO EN 2 PPM EN EL EXTRACTO DE SATURACIÓN

| Fuente de Fósforo | Contenido P ₂ O ₅ % | Para incrementar el nivel en 2 ppm usar: | | | | |
|---------------------|--|--|----------|--------------|------------------|--------------------|
| | | oz/bu | lb/cu yd | lb/100sq ft. | g/m ³ | g/10m ² |
| Superfosfato simple | 20 | 0.75 | 0.90 | 1.8 | 0.54 | 877.80 |
| Superfosfato triple | 46 | 0.33 | 0.40 | 0.8 | 0.24 | 390.16 |
| Harina de huesos | 25 | 0.60 | 0.75 | 1.5 | 0.45 | 731.55 |

El Superfosfato triple concentrado (0-46-0) es una de las fuentes de fósforo más común en condiciones de invernadero, sin embargo, el Superfosfato simple (0-20-0) es más recomendable debido a que contiene calcio y azufre extra. La tabla 6 provee una guía para incrementar los niveles de fósforo disponible en sustratos. Las mezclas conteniendo más de 25% de arcilla calcinada (vermiculita) requerirán alrededor de 2.5 veces más fertilizante fosfatado para producir el mismo incremento de fósforo extractable. No use superfosfato para lirios o azucenas debido a que estos fertilizantes contienen flúor potencialmente tóxico. El flúor se presenta en la roca fosfórica que es la materia prima para la producción de los superfosfatos. La harina de huesos es mejor fuente para los lirios. Tome precauciones para no aplicar exceso de fósforo. Niveles excesivamente altos de fósforo pueden reducir la capacidad de las plantas para absorber y utilizar varios micronutrientes. Si el pH del agua de riego se ajusta con ácido fosfórico, probablemente no necesitará fósforo adicional. Cada 28.35 g de ácido fosfórico 85% agregado a 378.5 litros de agua suplirá 83 ppm de P₂O₅ (36 ppm P). El 43% del fósforo contenido como P₂O₅ en el fertilizante está como elemento Fósforo (P).

-POTASIO (K)

El nutriente que a menudo está más limitado en los programas de fertilización en invernadero es el potasio. Las hojas inferiores o más viejas muestran primeramente la deficiencia con una clorosis o amarillamiento en sus márgenes. Manchas sobre la hoja entera son a veces también asociados con deficiencia de potasio.

Muchos de los cultivos que se manejan en invernadero requieren cantidades iguales o mayores de potasio que su requerimiento de nitrógeno. Como resultado de esto, los niveles de K descienden más rápidamente que los niveles de nitrógeno. Las sales de potasio son solubles en agua y se lavan fácilmente en sustratos que no contienen suelo y que tienen baja capacidad para retener nutrientes. Los fertilizantes solubles son comúnmente inyectados dentro del sistema de riego supliendo 200 ppm de nitrógeno y muchos de estos fertilizantes (tales como 20-20-20 ó 25-0-25) contienen cantidades iguales de N y K₂O. Sin embargo, el K₂O es solamente 83% K y las plantas recibirán solamente 166 ppm en la solución fertilizante.

TABLA 7
FERTILIZANTES FOSFORADOS NECESARIOS PARA INCREMENTAR EL NIVEL
DE FÓSFORO EN 2 PPM EN EL EXTRACTO DE SATURACIÓN

| | ppm de K en extracto |
|--|----------------------|
| •Plántulas recién nacidas | 100-175 |
| •Plantas en cama | 50-90 |
| •Plantas de maceta y de camas – etapa de crecimiento. | 80-160 |
| •Rosas, crisantemos, boca de dragón; creciendo en tierra o camas elevadas. | 120-200 |
| •Lechuga y tomates en camas con suelo | 125-225 |
| •Apio | 75-125 |

La demanda de K es mayor en plantas durante la etapa vegetativa. Las plántulas y plantas jóvenes usualmente desarrollan mejor con niveles de bajo a medio de K. Los niveles óptimos de K se presentan en Tabla 7 para varias categorías de plantas.

El nitrato de potasio tiene una relación K:N de 3: 1 y es ideal para reconstruir el nivel de K en un sustrato o medio de crecimiento. Desde que tanto el potasio como el nitrato de esta sal son utilizadas por la planta, el riesgo de que se concentre es menor respecto a otras fuentes. Es deseable mantener un nivel de K óptimo cercano en el sustrato antes de la plantación a fin de asegurar un suplemento constante a través de la etapa de crecimiento. La cantidad de fertilizante necesario para mantener esta reserva se presenta en Tabla 8.

El Sulfato de Potasio es una fuente adecuada pero no es muy soluble. El Cloruro de Potasio es muy soluble pero no se recomienda en invernadero debido a su alto índice de salinidad.

-CALCIO (Ca)

La disponibilidad de Calcio para las plantas depende del pH que tenga el medio de crecimiento y el nivel de otros cationes presentes, especialmente potasio y magnesio. La deficiencia de calcio en plantas resulta en un crecimiento anormal o muerte de los meristemas. Conforme el medio de crecimiento llega a ser más ácido (pH bajo), especialmente debajo de 5.0, el Ca llega a ser menos disponible.

TABLA 8
FERTILIZANTES CÁLCICOS NECESARIOS PARA INCREMENTAR EL NIVEL
DE CALCIO 25 PPM EN EL EXTRACTO DE SATURACIÓN

| Fuente de Calcio | Contenido Ca % | Para incrementar el nivel 25 ppm usar: | | | | |
|---------------------|-------------------|--|----------|--------------|------------------|--------------------|
| | | oz/bu | oz/cu yd | lb/100sq ft. | g/m ³ | g/10m ² |
| Calcita | 30-34 | 0.21 | 4.2 | 0.53 | 158.0 | 258 |
| Cal dolomita | 20-24 | 0.30 | 6.0 | 0.75 | 225.7 | 365 |
| Sulfato de calcio | 23 | 0.29 | 5.8 | 0.73 | 218.2 | 336 |
| Nitrato de calcio | 19 | 0.35 | 7.0 | 0.88 | 263.3 | 429 |
| Superfosfato simple | 20 | 0.33 | 6.7 | 0.84 | 252.0 | 409 |
| Superfosfato triple | 13 | 0.51 | 10.2 | 1.28 | 383.7 | 624 |

El Ca disponible puede estar limitado en sustratos que "no contienen suelo", especialmente aquellos que contienen material turba como material base, a menos que se aplique una enmienda caliza. Para que haya un cambio efectivo del pH y mayor disponibilidad de Ca, es necesario mezclar bien la cal con el sustrato previamente húmedo. Muchas de las fuentes cálcicas son lentamente solubles de manera que no se logrará rápidamente el equilibrio ni reaccionará el material si el sustrato permanece seco. Como resultado, el contenido de Ca en el extracto de saturación puede no reflejar con precisión su contenido realmente disponible.

Los niveles de Ca pueden ser incrementados adicionando cal al medio de crecimiento ácido. El Sulfato de Calcio (Yeso) y el Nitrato de Calcio pueden ser usados para agregar calcio sin necesidad de hacer ajustes en el pH. Dosis adecuadas de aplicación se presentan en la Tabla 9. El Sulfato de Calcio es insoluble y no es adecuado en fertirrigación a diferencia del Nitrato de Calcio que se puede usar sin mayor problema.

-MAGNESIO (Mg)

Las reacciones del magnesio en el sustrato son similares al calcio. Las hojas inferiores manifiestan primeramente los síntomas de deficiencia exhibiendo una clorosis intervenal. Esta clorosis puede algunas veces aparecer también en hojas superiores. Algunos sustratos que no contienen suelo son bajos en magnesia disponible a menos que el pH se ajuste con cal dolomita. Los medios de crecimiento que contienen vermiculita usualmente tienen adecuados niveles de Mg. Los niveles bajos de magnesia en sustratos o mezclas ácidas pueden corregirse agregando cal dolomita finamente molida.

El Sulfato de Magnesia (sal de Epsom) 150-300 gramos por metro cúbico o disuelto en 378.5 litros (para usarse en humedecimiento) es el mejor material para sustratos que no necesitan encalado. Cuando se inyecte el Sulfato de magnesia en el sistema de riego, no lo mezcle con ningún otro material, especialmente con compuestos o fertilizantes que contengan calcio o fósforo. De lo contrario los inyectores se obstruirán por formación de precipitados.

-BALANCE DE NUTRIENTES

El potasio, calcio y magnesio compiten por los mismos sitios de absorción en la raíz de la planta. Incrementando la concentración de cualquiera de ellos, cambiará de inmediato su disponibilidad relativa. Similarmente, un alto nivel de sodio (Na) puede disminuir la absorción de K, Ca o Mg. De ahí que el balance adecuado entre el K, Mg Y Ca es muy importante.

El balance de nutrientes, expresados como porcentaje de las sales solubles totales, tal como se expresan en la Tabla 10, dan buena respuesta de la planta. Aunque los datos presentados en la Tabla 10 sea lo más deseable, si los nutrientes presentes estuvieran en otros niveles, pero en la misma proporción que se presentan en la tabla 10, serán igual de adecuados desde el punto de vista nutricional.

El crecimiento de la planta es mejor con nutrientes balanceados aun en medios de baja fertilidad. El alto nivel de sales solubles es mejor tolerado por la planta cuando hay condiciones de adecuado balance.

TABLA 9
BALANCE DESEABLE DE NUTRIENTES EN EXTRACTO DE SATURACIÓN

| Componente | Cantidad a usar o/z yarda cúbica | Cantidad a usar g/metro cúbico |
|----------------------------------|---|---|
| Quelato de hierro (6% Fe) | 1.0 | 37.62 |
| Sulfato manganoso | 1.0 | 37.62 |
| Sulfato de cobre | 0.3 | 11.28 |
| Sulfato de zinc | 0.2 | 7.52 |
| Borato de sodio (Borax) | 0.1 | 3.76 |
| Molibdato de sodio | 0.03 | 1.12 |

Todos los micronutrientes, excepto el molibdeno, están menos disponibles a medida que el pH se incrementa. Por lo tanto, es conveniente mantener un pH debajo de 6.0 o de lo contrario se deberá agregar estos nutrientes. El hierro (Fe) y el manganeso (Mn) con frecuencia manifiestan deficiencia, especialmente a pH's arriba de 6.5. Un amarillamiento total de las hojas más jóvenes es un buen indicador de la deficiencia de Fe, en cambio manchas o bandas presentes en hojas jóvenes que completaron su desarrollo indican más bien deficiencias de Mn. Para corregir deficiencias de Fe aplique 113.4 g de Quelato de Fe por 378.5 litros de agua. Se puede usar también Sulfato ferroso, aunque este es menos soluble, menos efectivo y menos rápido que el Quelato. Especialmente en condiciones alcalinas (pH arriba de 7.0) el sulfato ferroso tiende a precipitar tomándose menos disponible.

Para corregir una deficiencia de Mn, aplique 1 a 2 oz/100 galones de agua (28.35 a 56.7 g/378.5 lt) de sulfato de manganeso ó 4 a 8 oz/100 gal (113.4 a 226.8 g/378.5 lt) de Quelato de manganeso. Nunca mezcle el Quelato de manganeso con el Sulfato de hierro. Las otras fuentes de hierro y manganeso son compatibles. Deficiencias de Cobre (Cu) y Zinc (Zn) ocurren con poca frecuencia. Ambas formas Sulfatos y Quelatos son igualmente de efectivas. Use 1 oz/100 gal (28.35 g/378.5lt) de la forma Sulfato y 1/4 oz/100 gal (7.1 g/378.5 lt) como fuente Quelato.

Mucho cuidado deberá tener cuando aplique Boro (B), pues la diferencia entre lo que puede ser deficiente y tóxico es muy pequeño. Es importante aplicado uniformemente en forma líquida. No use más de 1/4 oz (7.1 g) de bórax (11 % B) por yarda cúbica (0.75 m³) o por 100 gal (378.5 lt) de agua en una sola aplicación. El Boro contenido en el agua de riego es una fuente potencial de toxicidad. Niveles mayores de 0.5 ppm puede ser tóxico para cultivos sensibles. Es muy importante hacer el análisis del agua de riego. (Consulte a nuestro Laboratorio).

La deficiencia de molibdeno (Mo) es rara vez perceptible, pero puede ocurrir cuando el sustrato o medio de crecimiento es bastante ácido, debajo de pH 5.0. Las Poinsetias son más propensas a manifestar deficiencia de molibdeno que otras especies ornamentales. La cantidad requerida es tan pequeña que aplicaciones líquidas foliares muy uniformes puede ser lo más indicado.

La presencia de fluoruro (F) puede afectar adversamente la calidad de lirios, azucenas y plantas de follaje. Más de 5 ppm de F en el extracto de saturación puede afectar seriamente a las plantas sensibles a toxicidad por flúor. El exceso de F puede causar algún tipo de quemado y clorosis marginal. La aplicación de Calcio como Cal o como Sulfato de calcio (5 lb/cu yd) (3.0 Kg/m³) ayudará a "fijar" el F en forma no disponible evitando así su efecto tóxico.

6. Bibliografía

1. Michigan State University. MSU Ag Facts.
2. Waypoint Analytical Inc. Memphis, TEN. USA.
3. "Agricultura Razonada" . West Analítica y Servicio.



LABORATORIOS A-L DE MÉXICO S.A. DE C.V.

Calle Esmeralda # 2847. Colonia Verde Valle.

www.laboratoriosaldemexico.com.mx

44550 Guadalajara, Jalisco.

Tel. 33 3123 1823 y 33 3121 7925.

Información adicional: kcalderon@allabs.com. WhatsApp 33 28 03 79 60.

Laboratorios de Agroecología con una visión social y solidaria

VALORAMOS LA LIBERTAD DE INFORMACIÓN.

ESTE ARTÍCULO ES GRATUITO Y PUEDE SER REPRODUCIDO SIN NINGUNA LIMITANTE.