



UNA METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE SUSTRATOS PARA AGRICULTURA PROTEGIDA

Programa Nacional Sectorial
de Producción Agrícola
bajo Ambientes Protegidos
ProNAP

APB-061

Los sustratos son insumos de frecuente empleo en la agricultura protegida y procuran mayor sanidad de las raíces y administrar de mejor forma la nutrición, al obviar la frecuente presencia de diversos patógenos y plagas que hay en el suelo y mediante un fácil acceso de las raíces a cantidades apropiadas de nutrimentos. Para lograrlo sin embargo, es fundamental conocer con certeza sus propiedades físicas y químicas, mediante un correcto análisis, que es distinto al de las metodologías empleadas para suelos.

EL MUESTREO

Para la evaluación de sustratos, debe iniciarse con la toma de una muestra para análisis físico y químico. Esto tiene tanta importancia como el análisis mismo pues es necesario que los resultados sean representativos de la condición. Con esto en mente, se recomienda tomar varias sub-muestras para luego mezclarlas y conformar una muestra compuesta (de 2 a 3 kg), que es la que debe ser entregada en un laboratorio.

Las sub-muestras deben tomarse en varios sitios del módulo productivo, en la zona de los contenedores en donde se concentra la mayor parte de las raíces activas de la planta, a fin de determinar una condición funcional real. Si el análisis es de un sustrato que nunca se ha utilizado como tal, es decir si aún está en una paca o saco, será suficiente con 2 o 3 sub-muestras provenientes de diferentes sacos o pacas, siempre que provengan de un mismo lote de fabricación.

I. LAS PROPIEDADES FÍSICAS

Para la valoración de los sustratos, al igual que para los suelos, para el análisis físico se utilizan cribas mecánicas a fin de determinar el porcentaje de partículas de distintos tamaños (**granulometría**). Además, se determina porosidad total, capacidad de retención de agua y densidad de masa. La granulometría se obtiene empleando una criba mixta, con tamices de 70, 40, 20 y 9 OPN (cantidad de orificios por pulgada), colocados de arriba hacia abajo:

1. Tomar material no húmedo (puede ser seco al aire, sin comprimir) y llenar el 100% del frasco superior.
2. Agitar manualmente la criba mecánica durante 3 minutos.
3. Medir el porcentaje de partículas según la escala de cada frasco.

Si la cantidad de material restante en alguno de los frascos es menor a 5%, la lectura se vuelve difícil y por tanto simplemente se estima. Para una mayor precisión, se podrían calcular el porcentaje con base en el peso del material presente en cada fracción.

Las otras propiedades pueden ser conocidas con instrumental mínimo. Los análisis respectivos permiten determinar **la porosidad de los materiales, la capacidad de retención de agua y la densidad de masa**. Debe recordarse que en la mezcla de materias primas para generar un sustrato compuesto, no necesariamente se mantienen las propiedades de los materiales originales. Se procede de esta forma:

1. Tomar vasos plásticos, realizarles 5 perforaciones en la base (en forma de "X") y tapar los agujeros con una cinta adhesiva, de preferencia "tape eléctrico".
2. Agregar un **volumen de sustrato** (conocido y sin comprimir, en ml) por cada vaso. Se utilizan 2 repeticiones.
3. Saturar con agua (brillo en la superficie de sustrato) las muestras y dejar reposar 15 minutos.
4. Quitar la cinta de la base y recoger lo drenado durante 2 minutos en un recipiente.
5. Se mide el agua drenada en una probeta (**volumen drenado**).
6. El sustrato de cada muestra se coloca por separado en recipientes o cápsulas plásticas, para ser pesado (**peso húmedo**) en una balanza. Restarle el valor de peso del recipiente.

- Colocar las muestras pesadas en la estufa a 65°C. Luego de 48 horas, cuando las muestras estén secas, se pesan nuevamente (**peso seco**). Restarle el valor de peso del recipiente.
- Se determina la porosidad total o espacio total de poros, según los siguientes cálculos:

$$\text{Porosidad total (\%)} = \frac{(\text{peso húmedo} - \text{peso seco}) + \text{volumen drenado} \times 100}{\text{volumen del sustrato}}$$

$$\text{Capacidad de retención de agua (\%)} = \frac{(\text{peso húmedo} - \text{peso seco}) \times 100}{\text{volumen del sustrato}}$$

Interpretación: la diferencia de pesos se debe al contenido de agua que ha llenado los poros. La densidad del agua es de 1 g/ml, por lo que se puede convertir libremente la masa en volumen.

La porosidad total por tanto, es un indicador de los espacios disponibles en el sustrato, que se pueden llenar con aire o agua; nótese que el volumen drenado es agua que el sustrato no puede contener. Es posible también entonces, determinar la capacidad del sustrato para saturarse (capacidad de retención de agua) o contener la solución nutritiva y por tanto, calcular el tiempo o el volumen de riego, de acuerdo con las propiedades de los emisores del equipo. Para estos indicadores, un valor por encima de 50 % es adecuado en la mayoría de los sustratos.

$$\text{Densidad de masa (g/ml)} = \frac{\text{peso seco}}{\text{volumen del sustrato}}$$

Interpretación: la densidad de masa es el peso de cierto volumen de sustrato. Esto es de particular interés para facilitar la operación en los almácigos y evitar por ejemplo que las bandejas se deformen (mucho peso) y el ferti-riego no se distribuya de manera uniforme. Se considera que un buen sustrato para ser empleado en almácigos no debe tener una densidad superior a 0,2 g/ml.

Igualmente, con la densidad de masa es posible calcular el requerimiento de compra de sustrato para llenar los recipientes de la etapa de producción, así como determinar las necesidades de rellenado por pérdidas al momento de eliminar plantas viejas o fallidas.

II. LAS PROPIEDADES QUÍMICAS

Estas propiedades requieren necesariamente instrumental y condiciones de laboratorio, aunque algunas de ellas, como pH y conductividad pueden determinarse en el sitio, con equipo portátil debidamente calibrado. Los análisis permiten determinar los **aportes en nutrimentos, el pH y la conductividad eléctrica** del sustrato. Se aplica la siguiente metodología:

- Contar con instrumentos limpios de trabajo para evitar contaminación por aportes.
- Tomar 400 ml de muestra en un beaker y saturar con agua destilada (hacer 2 repeticiones).
- Dejar las muestras saturando por el lapso de 1 hora.
- Filtrar cada muestra saturada en un embudo Büchner por medio del uso de una bomba de vacío.
- Recoger 100 ml de filtrado en el recipiente del equipo (kitasato).
- Almacenar la solución en botellas plásticas oscuras y refrigerar hasta realizar el análisis con espectrofotómetro para leer los siguientes nutrimentos: Ca, Mg, K, Fe, Zn, Cu, Mn y Na.
- Determinar por medio del colorímetro el N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ y P.
- Medir el pH o acidez de la solución, para lo cual se requiere un pH-metro, y la conductividad eléctrica del líquido filtrado, con un medidor de conductividad eléctrica: los equipos deben estar debidamente calibrados.

Cantidad de nutrimentos (mg/L)

Se logra con ello determinar el aporte nutricional del sustrato en cuanto nutrimentos y ello permite calcular el resto de minerales requeridos para el desarrollo normal de las plantas (diseño de la solución nutritiva). En tanto el sustrato sea más inerte, deberán suplirse los requerimientos de la planta empleando mayores cantidades en las soluciones preparadas.

Interpretación: se hace mediante tablas que indican los requerimientos considerados como mínimos aceptables de cada elemento para la adecuada nutrición, de acuerdo con los requerimientos de los cultivos.

El pH y la conductividad eléctrica:

Con la lectura de pH se logra determinar la acidez o la actividad de iones H^+ y la conductividad eléctrica permite referenciar la concentración total de sales en solución.

Interpretación: el pH es la acidez de la solución y establece el rango en el cual se absorben con mayor facilidad los nutrimentos. Un rango de 5,5 a 6,5 se considera propio para la mayoría de los cultivos. La conductividad eléctrica debe estar entre 0,5 y 3 mS/cm. (mili-Siemens por centímetro). Valores más elevados indican altas concentraciones de sales y por tanto riesgo de poca capacidad de absorción o de daño a las raíces.

Este material fue elaborado por Gustavo Quesada Roldán, Investigador del Programa de Hortalizas, Estación Experimental Fabio Baudrit, Universidad de Costa Rica y Francisco Marín Thiele, Gerente del ProNAP, Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Información adicional puede lograrse con el primer autor, escribiendo a gustavo.quesada@ucr.ac.cr

El Programa Nacional Sectorial es una unidad adscrita al despacho Ministerial del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica

Para comunicarse con la Gerencia llamar al teléfono (506) 2232-1949 ó escriba a franathi@costaricense.cr



Este documento ha sido impreso gracias al aporte de la Fundación para el Fomento y la Promoción de la Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria en Costa Rica, como parte del proyecto F-03-12.

