

Macronutrientes Secundarios y Vegetales de Invernadero

- » Los macronutrientes secundarios son importantes para el crecimiento y desarrollo adecuado de los cultivos de hortalizas.
- » Los macronutrientes secundarios Ca, Mg y S se necesitan en menores cantidades que N, P y K.

Las plantas absorben elementos de su entorno para utilizarlos en el crecimiento y las funciones metabólicas. Los diecisiete elementos esenciales utilizados por las plantas se dividen en macronutrientes y micronutrientes, dependiendo de la cantidad que la planta necesita. Los macronutrientes individuales representan entre el 0.4 y el 90 % del peso seco de los tejidos vegetales, mientras que los micronutrientes individuales suelen representar el 0.02 % o menos.¹ Los macronutrientes incluyen carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), azufre (S) y magnesio (Mg). Las plantas obtienen C, H y O del dióxido de carbono (CO₂) y el agua (H₂O). Los otros nutrientes se absorben principalmente por las raíces desde el suelo o la solución nutritiva. De los macronutrientes, N, P y K son los que las plantas necesitan en mayores cantidades, y las cantidades relativas se indican en la mayoría de los envases de fertilizantes como una relación N:P:K (por ejemplo, 24:8:16). Los otros tres macronutrientes (Ca, Mg y S) se conocen como macronutrientes secundarios porque se requieren en menores cantidades que N, P y K. Estos nutrientes a menudo son componentes de fertilizantes utilizados para suministrar N, P y K.²

La disponibilidad de nutrientes en formas que las plantas puedan absorber depende, en parte, del pH de la solución nutritiva, con algunos nutrientes más disponibles en condiciones ácidas (pH bajo) y otros en condiciones alcalinas (pH alto) (Figura 1). Las plantas generalmente absorben los nutrientes en proporción a sus niveles disponibles en la solución. Sin embargo, la abundancia excesiva de algunos nutrientes puede inhibir la absorción de ciertos otros nutrientes. Por ejemplo, cantidades excesivas de K pueden inhibir la absorción de N, Ca y Mg.¹

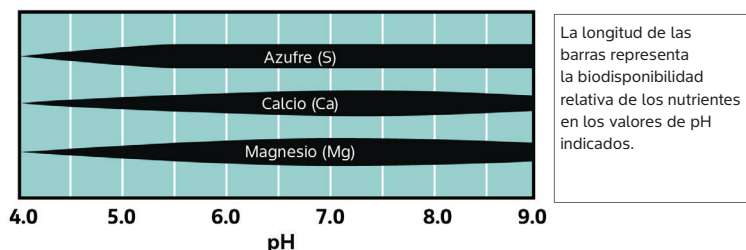


Figura 1. El efecto del pH sobre la disponibilidad de tres macronutrientes secundarios para las plantas.

La ubicación de los síntomas de deficiencia de nutrientes en las plantas está determinada por la movilidad de los elementos dentro de la planta. Un elemento que es altamente móvil (fácil de mover para la planta) puede ser translocado desde tejidos más viejos a tejidos jóvenes en desarrollo si los niveles en la planta son insuficientes. Por lo tanto, para estos elementos, los síntomas generalmente se desarrollan primero en los tejidos más viejos. Los síntomas suelen aparecer primero en los tejidos más jóvenes con elementos que no son muy móviles en la planta.^{1,2,3} Los síntomas específicos que resultan de las deficiencias de nutrientes están relacionados con las diversas funciones en las que el nutriente está involucrado en la planta.

Calcio (Ca)

El calcio se utiliza como parte de la estructura de la pared celular de las células vegetales, incluyendo la capa de la lámina media que mantiene unidas las células. El Ca también es importante para la integridad de la membrana celular y en la translocación y retención de otros nutrientes. Además, el Ca es utilizado por las plantas como un mensajero para responder a los cambios ambientales.^{1,3,4}

Existe un equilibrio delicado entre las cantidades de Ca, Mg y K dentro de la planta. Demasiado de cualquiera de estos nutrientes puede suprimir la absorción de los otros dos. La absorción de Ca por las raíces también puede verse afectada por los niveles de NH₄ en la solución nutritiva.^{4,5} La absorción de Ca es un proceso pasivo, lo que significa que la tasa de absorción depende de la cantidad de Ca en la solución y que la planta no gasta energía para extraer Ca de la solución. Se absorbe por la parte de la raíz justo detrás de la punta de la raíz. Por lo tanto, la presencia de raíces saludables y en crecimiento activo es importante para la absorción de Ca, y la absorción puede verse afectada por enfermedades de las raíces y otros factores que afectan la función y el crecimiento de las raíces.⁴ La disponibilidad de Ca también se reduce en condiciones ácidas (Figura 1).¹



Figura 2. Síntomas de pudrición apical en frutos de tomate causados por una deficiencia localizada de calcio dentro de la planta.

El calcio no es muy móvil dentro de la planta, y los niveles en tejidos específicos se ven afectados por la transpiración y el movimiento del agua dentro de la planta. Los niveles de humedad alrededor del dosel afectan la translocación del agua y, por lo tanto, el movimiento de Ca.^{4,5} Una deficiencia de Ca puede resultar en el fracaso del desarrollo del brote terminal y de la punta de la raíz. La clorosis y necrosis de los márgenes de las hojas pueden desarrollarse en las hojas nuevas, lo que da lugar a un crecimiento distorsionado, como se observa con la necrosis apical de la lechuga y cultivos de col. También pueden desarrollarse manchas cloróticas y necróticas en hojas deficientes en Ca. La podredumbre apical en tomate y pimiento, el corazón negro en apio y la mancha cavitaria en zanahorias son todos el resultado de deficiencias localizadas de Ca dentro de la planta (Figura 2).¹ El desarrollo de los síntomas suele estar asociado con la incapacidad de la planta para translocar Ca al tejido donde se necesita en lugar de una falta de Ca disponible en la solución nutritiva o dentro de la planta en su totalidad.^{4,5}

Las deficiencias de Ca pueden estar relacionadas con problemas de manejo de la humedad, altas temperaturas y baja circulación de aire. Mantener condiciones de humedad uniformes puede ayudar a minimizar el desarrollo de la podredumbre apical y otros síntomas relacionados con la deficiencia de Ca. Reducir grandes fluctuaciones de humedad relativa (HR) en el invernadero y equilibrar la luz, temperatura, HR y los horarios de riego para prevenir la falta de transpiración por parte de las plantas puede ayudar a mantener el flujo de Ca hacia los tejidos de la planta donde se necesita. Las condiciones de baja HR y altas temperaturas también pueden provocar un aumento de la transpiración a través de las hojas, lo que resulta en más Ca moviéndose hacia las hojas y menos hacia los frutos en desarrollo.¹

Para manejar las deficiencias, mantenga el pH de la solución nutritiva entre 5.5 y 6.5.^{1,4} Mantenga un flujo de aire horizontal uniforme en el invernadero entre 0.3 y 1.0 m/s.¹ Las aplicaciones foliares de fertilizantes con Ca (CaCl_2 o CaNO_3) en tejidos jóvenes y en crecimiento también pueden ayudar a aliviar las deficiencias localizadas de Ca en algunas situaciones.⁵

Magnesio (Mg):

El magnesio se utiliza como parte de la molécula de clorofila necesaria para la fotosíntesis. También se utiliza como cofactor y activador enzimático, haciendo que ciertas enzimas funcionen mejor. El Mg es relativamente móvil en las plantas, se trasloca fácilmente de tejidos más viejos a más jóvenes, y los síntomas de deficiencia generalmente se desarrollan primero en los tejidos más viejos de la planta. La absorción de Mg puede ser inhibida por niveles excesivos de K, Ca y NH_4 .^{1,4,5}

Las deficiencias de Mg se manifiestan como clorosis internervial y necrosis en hojas más viejas (Figura 3). Las deficiencias severas pueden resultar en el achaparramiento de las plantas.^{4,5} En tomates de invernadero, los síntomas de clorosis internervial primero se desarrollan en las hojas más viejas, con un leve color morado en las hojas afectadas. Las aplicaciones foliares de fertilizantes que contienen Mg pueden ayudar a manejar los síntomas de deficiencia. El análisis de nutrientes en tejidos también puede ayudar a detectar niveles excesivos de K, Ca y N.⁵ Revise el pH de la solución para asegurarse de que no esté demasiado alto.¹



Figura 3. Síntomas de deficiencia de magnesio en una hoja de tomate. Bruce Watt, Universidad de Maine, Bugwood.org.

Azufre (S):

El azufre es un componente de varios aminoácidos, incluyendo cistina, cisteína, glutatión y metionina. El S también actúa como cofactor de algunas enzimas.^{1,4} El S generalmente es absorbido por la planta como

el ion sulfato (SO_4^{2-}), que es un componente de muchos fertilizantes, por lo que las deficiencias son raras.⁵

Las plantas deficientes en S suelen desarrollar un color verde claro, similar al observado con la deficiencia de N. Sin embargo, el S no es muy móvil dentro de las plantas, y los síntomas suelen aparecer primero en los tejidos más jóvenes, lo que los diferencia de los síntomas de deficiencia de N. Los niveles excesivos de S pueden resultar en síntomas de toxicidad como clorosis internervial y quemaduras en los márgenes de las hojas que progresan hacia el interior. La exposición al contaminante atmosférico dióxido de azufre (SO_2) puede provocar síntomas que se asemejan al daño por helada o por herbicidas.⁵

Manejo de Deficiencias

Las deficiencias sospechosas de nutrientes deben verificarse mediante análisis de tejido. Para obtener los mejores resultados, siga las instrucciones para el muestreo y envío de muestras proporcionadas por el laboratorio donde se realizará el análisis. Asegúrese de enviar los tejidos específicos recomendados por el laboratorio. El análisis de nutrientes y pH de las soluciones de riego puede ayudar a identificar condiciones donde los niveles de ciertos nutrientes disponibles para las plantas pueden estar limitados.^{2,5}

Los nutrientes pueden ser absorbidos a través de las hojas de la planta. Sin embargo, la aplicación foliar de nutrientes deficientes debe considerarse solo como una solución temporal, ya que estos tratamientos no proporcionarán una fuente continua del nutriente deficiente. Identificar la causa de la deficiencia de ese nutriente ayudará a determinar la mejor manera de abordarla. Con aplicaciones foliares, utilice concentraciones más bajas de fertilizantes para plantas jóvenes y concentraciones más altas a medida que se desarrollan los doseles.⁵

Fuentes

¹Sanchez, E., Di Gioia, F., Berghage, R., Flax, N., and Ford, T. 2023. Hydroponics systems and principles of plant nutrition: Essential nutrients, function, deficiencies, and excess. PennState Extension. <https://extension.psu.edu/hydroponics-systems-and-principles-of-plantnutrition-essential-nutrients-function-deficiency-and-excess#:~:text=Macronutrients%20include%20carbon%2C%20hydrogen%2C%20oxygen,the%20amount%20required%20by%20plants.>

²Taber, H. and Nair, A. 2016. Suggested soil micronutrient levels and sampling procedures for vegetable crops. Iowa State University Extension and Outreach, HORT 3063. <https://www.extension.iastate.edu/vegetablelab/suggested-soil-micronutrient-levels-and-sampling-procedures-vegetable-crops>.

³Nutrition of greenhouse crops. Purdue University.

<https://www.purdue.edu/hla/sites/cea/wp-content/uploads/sites/15/2021/01/Nutrition-of-greenhouse-crops.pdf>.

⁴Hochmuth, G. 2022. Fertilizer management for greenhouse vegetables—Florida greenhouse vegetable production handbook, vol 3. University of Florida IFAS Publication #H5787. <https://doi.org/10.32473/edis-cv265-1990>.

⁵Vitosh, M. 2015. Secondary and micro-nutrients for vegetable and field crops. Michigan State University, MSU Extension, Bulletin E486. https://www.canr.msu.edu/resources/secondary_and_micro_nutrients_for_vegetable_and_field_crops_e486.

Sitios web verificados el 02/04/2025

Para obtener información agronómica adicional, por favor, contacte a su representante local de semillas. El rendimiento puede variar según la ubicación y el año, ya que las condiciones locales de cultivo, suelo y clima pueden ser diferentes. Los cultivadores deben evaluar los datos de múltiples ubicaciones y años siempre que sea posible y considerar los impactos de estas condiciones en su entorno de cultivo. Las recomendaciones de este artículo se basan en la información obtenida de las fuentes citadas y deben usarse como una referencia rápida para obtener información sobre la producción de pepinos en invernadero. El contenido de este artículo no debe sustituir la opinión profesional de un productor, cultivador, agrónomo, patólogo u otro profesional que se ocupe de este cultivo específico.

EL GRUPO BAYER NO GARANTIZA LA EXACTITUD DE CUALQUIER INFORMACIÓN O CONSEJO TÉCNICO AQUÍ PROPORCIONADO Y RECHAZA TODA RESPONSABILIDAD POR CUALQUIER RECLAMO RELACIONADO CON DICHA INFORMACIÓN O CONSEJO. 5013_546300 Published 04/14/2025