

INFLUENCIA DE LA FERTILIZACIÓN EN LA SITUACIÓN DE LOS MINERALES Y EL VALOR NUTRITIVO DE FRUTAS Y HORTALIZAS

Efecto del tipo de fertilización en el contenido mineral en vegetales

En la actualidad, el aumento de la productividad de los cultivos debe tener como objetivo la mejora de la calidad nutricional de las frutas y hortalizas, por lo que los nutrientes minerales (Ca, Mg, K, Na y P), así como los oligoelementos considerados esenciales o beneficiosos para la salud humana (Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se y Zn) presentes en estos productos adquieren una gran importancia. Tanto los estreses ambientales (salinidad, sequía, temperaturas extremas, etc.) como las prácticas de fertilización inorgánica y orgánica afectan a la composición mineral y, por tanto, influyen sobre la calidad de los alimentos vegetales.

Alcaraz-López C¹,
Martínez-Ballesta M.C¹,
Dominguez-Perles R²,
Moreno D.A²,
Muries B¹,
García-Viguera C²,
Carvajal M¹.

¹ Departamento de Nutrición de las Plantas, CEBAS-CSIC, Espinardo, Murcia.

² Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos CEBAS-CSIC, Espinardo, Murcia.



Los seres humanos necesitan más de veintidós elementos minerales esenciales. Aunque las frutas y hortalizas constituyen la principal fuente de minerales para la dieta humana no siempre contienen la cantidad suficiente de estos nutrientes para satisfacer las necesidades dietéticas. Además, las carencias de nutrientes minerales, como Ca, Zn, Se, Fe e I, afectan a la salud de un gran número de personas en el mundo en desarrollo. Por otro lado, una ingesta excesiva de minerales puede tener un efecto perjudicial, lo que en su conjunto ha llevado a los investigadores a obtener datos precisos sobre los requisitos mínimos y las dosis tóxicas de los minerales presentes en los alimentos.

Examinar las prácticas agronómicas constituye un elemento esencial de la investigación en nutrición de las plantas. Además, las recomendaciones sobre las cantidades y sobre la aplicación de fertilizantes se modifican continuamente para optimizar la calidad de la producción de alimentos.

Minerales en alimentos de origen vegetal

Antes de intentar modificar los componentes nutricionales en las plantas, se deberían considerar ciertos aspectos a la hora de seleccionar los minerales, como su eficacia, o si un aumento o disminución en su contenido afectaría negativamente a la salud.

En el cuadro I se resumen los principales efectos de los minerales esenciales o beneficiosos sobre la salud.

Fertilización y contenido mineral en los cultivos

A continuación vamos a resumir los efectos de la aplicación de fertilizantes en el contenido mineral de los cultivos.

CUADRO I. Principales efectos de los minerales esenciales o beneficiosos para la salud.

Minerales	Alimentos vegetales (Cantidad diaria recomendada)	Beneficios en la salud (potenciales) y otras alegaciones
Calcio (Ca)	Vegetales de hoja, frutas. 800-1.300 mg	Reduce el riesgo de osteoporosis, es necesario para la transmisión del impulso nervioso e interviene en la permeabilidad celular.
Magnesio (Mg)	Espinacas, frutos secos, cereales y cacao. 200-400 mg	Componente mayoritario de huesos y dientes junto con el Ca. Contribuye a la función muscular y nerviosa: sistema inmune y salud ósea. Reduce los riesgos de padecer enfermedades coronarias y diabetes.
Potasio (K)	Patatas, cereales, cítricos, brócoli, plátanos. 3.500 mg	Presión arterial (dieta baja en Na).
Selenio (Se)	Brócoli, crucíferas. Depende de la fertilización. 0,07 mg	Actividad antioxidante y preventiva de ciertos tipos de cáncer, sistema inmune.
Boro (B)	Frutos secos, legumbres, vegetales de hoja. 1-2 mg	Mantenimiento de la estructura de las membranas y la estructura ósea y se implica en la función cerebral.
Cromo (Cr)	Cereales, albaricoque, melocotón y patatas. 0,025-0,035 mg	Fundamental para la función de la insulina.
Cobre (Cu)	Legumbres y frutos secos. 1-1,6 mg	Forma parte de algunas proteínas y enzimas. Ayuda a la formación de los glóbulos rojos, venas y tejido conectivo.
Yodo (I)	Vegetales en muy baja concentración dependiendo del suelo y condiciones de cultivo. 0,15 mg	Asociado al funcionamiento de la glándula tiroidea: implicado en la formación de tiroxina.
Hierro (Fe)	Legumbres y frutas deshidratadas. 8-18 mg	Componente esencial de la hemoglobina, prevención de la anemia.
Manganeso (Mn)	Frutos secos, legumbres, vegetales de hoja. 2 mg	Mantenimiento de la estructura ósea y se implica en la función cerebral
Molibdeno (Mo)	Cereales, legumbres. Depende de la fertilización. 0,25 mg	Forma parte de muchas enzimas y como coenzima. Fundamental para la formación de ácido úrico.
Fósforo (P)	Todos los vegetales y en especial semillas, aunque no es asimilable. 800-1.300 mg	Junto al Ca forma parte de huesos y dientes. ATP. Estructural en la formación de membranas, ADN, etc.
Sodio (Na)	Vegetales en baja concentración, asociado a conservas y comida rápida. 2.400 mg	Necesario para mantener la homeostasis celular. Su consumo en exceso se asocia a hipertensión.
Zinc (Zn)	Semillas, pero no se asimila. 8-11 mg	Actividad antioxidante y preventiva de ciertas enfermedades. Sistema inmune.

Fertilización nitrogenada

El efecto de fertilizantes nitrogenados en el contenido mineral de frutos y hortalizas varía en función de la dosis aplicada, del nu-

triente o mineral a tratar, de la especie vegetal en estudio y de la parte de la planta que se consume. Así, en tomate cultivado bajo diferentes dosis de N (0, 60 120 y

180 kg ha⁻¹), sólo la mayor dosis aumentó los niveles de N total en fruto, provocando, además, una disminución del contenido en K+ según aumentó la aportación de N (Cserni *et al.*, 2008). En tubérculos como la patata y boniato, la aplicación de fertilizantes nitrogenados por lo general produce un incremento de N en el tubérculo, mientras que el contenido K, P, Ca y Mg no son significativamente diferentes respecto a las plantas control (0-200 kg ha⁻¹) (Ilin *et al.*, 2002).

Es bien sabido que la aplicación de N mejora el crecimiento de las plantas y su rendimiento. Sin embargo, la aplicación de altas concentraciones de N no sólo contamina el medio ambiente, sino que también causa la acumulación de NO₃⁻ en las hojas de los cultivos hortícolas, las cuales son la principal fuente de NO₃⁻ tóxico de la dieta humana. En general, las raíces, tallos u hojas suelen tener un mayor contenido en nitratos que el fruto.

Fertilización fosfórica

El fósforo favorece el crecimiento de raíces, aumenta la eficiencia de la absorción de nutrientes y agua y mejora el rendimiento del cultivo. Gao *et al.* (1989) observaron que una alta relación N:P en suelos era una de las principales causas de la acumulación de NO₃⁻ en vegetales, en cambio, al fertilizar con P disminuyó la concentración de NO₃⁻ en la col y la colza, y produjo un efecto beneficioso sobre el crecimiento en espinaca (Wang y Li, 2004).

Togay *et al.* (2008) estudiaron el efecto de diferentes dosis de P (10, 40 y 80 kg ha⁻¹) en el contenido de P en grano de alubia y observaron un aumento en los niveles de P cuando la dosis fue 80 kg ha⁻¹. En cuanto al efecto sobre micronutrientes, se observó que las concentraciones de Fe y Mn fueron superiores al control en los tratamientos con P en pepino y en



manzana (Moreno *et al.*, 2003), mientras que en pera la fertilización con P foliar disminuyó el contenido de B y Zn en los frutos (Hudina y Stampar, 2002).

Fertilización potásica

A pesar de que el potasio está estrechamente relacionado con la asimilación de N en las plantas y puede acelerar el transporte de NO_3^- de las raíces a las partes aéreas de la planta, Zhou *et al.* (1989) mostraron que en comparación con el control, la concentración de nitratos en col disminuyó con la aplicación de K, mientras que Gao *et al.* (1989) observaron un aumento en espinaca.

Se ha demostrado que la fertilización foliar con K^+ aumenta el contenido de K y disminuye el de B y Zn en peras (Hudina y Stampar, 2002), mientras que en brócoli no hubo diferencias en el contenido de K entre los cuatro niveles diferentes de fertilización potásica aplicados (Vidal-Martínez *et al.*, 2006).

Fertilización de azufre

La fertilización de azufre puede ser recomendada en ciertos cultivos para reducir el contenido en nitrato de las partes comesti-



Foto superior. Las concentraciones de Fe y Mn fueron superiores al control en los tratamientos con P en pepino y en manzana.

Foto inferior. Se ha demostrado que la fertilización foliar con K^+ aumenta el contenido de K y disminuye el de B y Zn en peras.

bles de las plantas. De hecho, un mayor nivel de azufre en el suelo redujo significativamente las concentraciones de NO_3^- en los tubérculos y hojas de brasicas (sin tener un efecto sobre el contenido total de N) (Losak *et al.*, 2008).

Fertilización de calcio

Las hortalizas de hoja pueden ser una excelente fuente dietética de calcio, y son una buena alter-

nativa para los individuos con una dieta baja en productos lácteos. El aumento del contenido de calcio en las hortalizas de hoja a través de la gestión de la fertilización podría mejorar aún más sus beneficios nutricionales. Por ejemplo, en lechuga en cultivo hidropónico, el aumento de la concentración de Ca en la solución nutritiva provocó un aumento de los niveles de calcio en hoja (Neeser *et al.*, 2007).

Val *et al.* (2008), comprobó que realizando tratamientos foliares con calcio en precosecha se aumentó la concentración de Ca en la piel del fruto, pero no en la carne. Sin embargo, la aplicación foliar de calcio no tuvo efecto sobre las concentraciones de Mg y K. En un estudio reciente, la aplicación de CaCl_2 aumentó el contenido de Ca en frutos de litchi, así como la firmeza, color de la piel de los frutos y la concentración de K tanto en hojas como en frutos (Cronje *et al.*, 2009).

Microelementos

Aunque la mayoría de los estudios se han realizado sobre los efectos de la fertilización de N, P y K, es importante reseñar algunos aspectos relevantes sobre los efectos de los microelementos sobre las partes comestibles de plantas. Graham *et al.* (2001) demostraron que la aplicación de fertilizantes de Zn a suelos deficientes en este elemento aumentó significativamente la concentración de Zn en el grano de trigo. La aplicación foliar de micronutrientes es eficaz en función de los nutrientes suministrados y el momento de la aplicación. De esta manera, Wojcik y Wojcik (2003) mostraron que la aplicación foliar de B antes de la floración o después de la cosecha aumentaba las concentraciones de B en pera.

La deficiencia de selenio es un grave problema para la nutrición y la salud. En base a solucionar esto, aplicaciones foliares de selenio aumentaron la concentración de éste en arroz (Chen *et al.*, 2002). Por otro lado, en plantas de lechuga la concentración de Se fue mayor al aplicar selenatos en vez de selenitos (Ríos *et al.*, 2008). Otros estudios mostraron que determinadas dosis de selenio en el suelo causaron un aumento significativo del contenido de Se en grano de trigo (Ducsay *et al.*, 2009). Por otra parte, Fang *et al.* (2008) indican que aplicacio-

nes foliares de Zn y Se aumentaron el contenido en Zn, Se y Fe en arroz y concluyeron que este tipo de aplicaciones son muy efectivas a la hora de corregir la deficiencia de estos micronutrientes.

Fertilización orgánica vs fertilización mineral

El uso masivo de fertilizantes químicos en la agricultura intensiva ha aumentado considerablemente la preocupación por el declive de la fertilidad de los suelos. El agotamiento de los nutrientes del suelo es el resultado de la creciente presión sobre las tierras de cultivo. Por ello, los aportes orgánicos deben garantizar que los sistemas intensivos no pongan en peligro la sostenibilidad del uso de la tierra. A pesar de que los pequeños agricultores son reacios a utilizar los desechos orgánicos o compost de abonos orgánicos,

debido a que la liberación de nutrientes es más lenta que con los abonos minerales, la demanda de productos orgánicos y el número de productores en agricultura ecológica ha ido en aumento. Esto se debe a la creencia de que los alimentos orgánicos son más nutritivos que los convencionales, aunque la comunidad científica no ha demostrado este punto de forma concluyente. Así pues, conocer el efecto de los fertilizantes orgánicos sobre la calidad de los alimentos en términos de contenido mineral cobra mayor importancia.

En los estudios sobre la influencia de la fertilización orgánica en el suelo sobre el contenido de nutrientes en los cultivos se han obtenido resultados dispares. Algunos autores demostraron que la aplicación de enmiendas orgánicas mejora el contenido de nutrientes del suelo aunque esta



Un mayor nivel de azufre en el suelo redujo significativamente las concentraciones de NO_3^- en los tubérculos y hojas de brasicas.

mejora no siempre se viera reflejada en el nivel nutricional de la planta. Sin embargo, ciertos resultados indican que se obtuvo un mayor contenido de P y K en arroz cuando se aplicaron enmiendas orgánicas en vez de fertilizantes

minerales (Basu *et al.*, 2008).

A largo plazo, el uso de los abonos orgánicos (compost vegetal y residuos de verde de los cultivos anteriores) en invernadero indujo pequeñas diferencias en las concentraciones de macronu-

HORTISUL®

Solución de la Naturaleza

- Altísima concentración de nutrientes totalmente solubles en agua.
- Para cultivos de alta productividad, sensibles al cloruro y / o suelos con elevada salinidad.
- Su uso en Agricultura Ecológica está autorizado según CE 834/2007 y CE 889/2008.

HORTISUL® 52% K_2O · 45% SO_3



K plus S Española S.L., División K+S KALI GmbH · Joan d'Austria 39-47 · 08005 Barcelona · España
Teléfono: 932 247 334 · Fax: 932 259 291 · E-Mail: kali@ks-spain.com · Web: www.kali-gmbh.com

Una empresa del grupo K+S

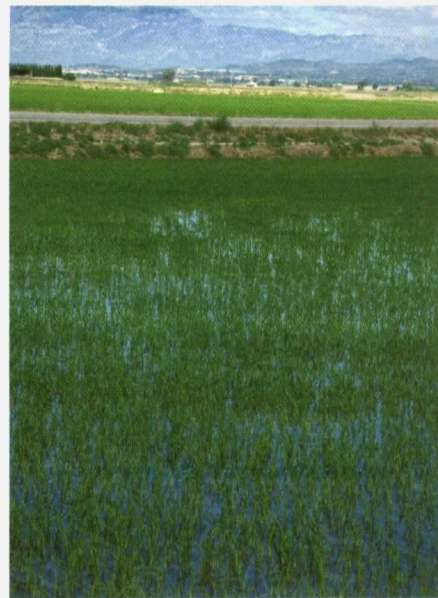


Foto izda.: La aplicación de fertilizantes de Zn a suelos deficientes en este elemento aumentó significativamente la concentración de Zn en el grano de trigo. Foto central: La deficiencia de selenio es un grave problema para la nutrición y la salud. En plantas de lechuga la concentración de Se fue mayor al aplicar selenatos en vez de selenitos. Foto derecha: Ciertos resultados indican que se obtuvo un mayor contenido de P y K en arroz cuando se aplicaron enmiendas orgánicas en vez de fertilizantes minerales.

trientes en las partes comestibles de las plantas en comparación con los experimentos con la fertilización mineral. A pesar de esto, se obtuvieron valores de N más altos en la fertilización mineral y mayor concentración de K en fertilización orgánica. Además, la concentración de NO_3^- en las partes comestibles de los cultivos producidos orgánicamente, fue significativamente menor que los cultivados con fertilización mineral (Hajslova *et al.*, 2005). Esto puede proporcionar un beneficio claro para la salud humana. Sin embargo, los resultados fueron variables en función de la cosecha, el ciclo de la temporada y el año, por lo que estos factores deben ser considerados en las posibles conclusiones y recomendaciones para los productores y los consumidores.

Conclusiones

La calidad de los frutos comestibles en cuanto al contenido de minerales, puede variar atendiendo a las interacciones entre los cultivares, los factores ambientales como la luz y la temperatura, la composición de la disolución

nutritiva, las prácticas de manejo de cultivos y la interacción de todos estos factores.

La influencia que las prácticas de fertilización pueden tener sobre la situación de minerales y el valor nutritivo de las frutas y hortalizas también depende de los fertilizantes utilizados, los macro (N, P, K, S, etc.) o los micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Se, etc.), además de la parte de la planta de interés para el consumo (hojas, raíces, tubérculos o frutas). Del mismo modo, el tipo de fertilización (orgánica/ecológica vs inorgánica/tradicional) puede afectar a la composición mineral de los frutos y hortalizas que ingerimos, variando la disposición de estos elementos en la dieta humana. ●

Bibliografía

Basu M., Bhadoria P.B.S., Mahapatra S.C. (2008) Growth, nitrogen fixation, yield and kernel quality of peanut in response to lime, organic and inorganic fertilizer levels, *Bioresource Technol.* 99, 4675- 4683.

Chen L., Yang F., Xu J., Hu Y., Hu Q., Zhang Y., Pan G. (2002) Determination of selenium concentration of rice in china and effect of fertilization of selenite and selenate on selenium content of rice, *J. Agric. Food Chem.* 50, 5128-5130.

Cronje R.B., Sivakumar D., Mostert P.G., Korsten L. (2009) Effect of different preharvest treat-

ment regimes on fruit quality of litchi cultivar "Maritius", *J. Plant Nutr.* 32, 19-29.

Cserni I., Peto J.B., Huvely A., Nemeth T., Vegh K.R. (2008) Nitrogen, phosphorous, potassium, acid, sugar and vitamin c content in tomato grown in different soil types and under different nitrogen doses, *Cereals Res. Commun.* 36, 1415-1418.

Ducsay L., Lozek O., Varga L. (2009). The influence of selenium soil application on its content in spring wheat, *Plant Soil Environ.* 55, 80-84.

Fang Y., Wang L., Xin Z., Zhao L., An X., Hu Q. (2008) Effect of foliar application of zinc, selenium, and iron fertilizers on nutrients concentration and yield of rice grain in china, *J. Agric. Food Chem.* 56, 2079-2084.

Gao Z.M., Zhang Y.D., Zhang D.Y., Shi R.H., Zhang M.F. (1989) Effects of N, P and K on the accumulation of nitrate and the activity of nitrate reductase and superoxidase in leafy vegetables, *Acta Hortic. Sin.* 16, 293-298.

Hajslova J., Schulzova V., Slanina P., Janné K., Hellenás K.E., Andersson C. (2005) Quality of organically and conventionally grown potatoes: Four year study of micronutrients, metals, secondary metabolites, enzymic browning and organoleptic properties, *Food Addit. Contam.* 19, 524-532.

Hudina M., Stampar F. (2002) Effect of phosphorus and potassium foliar fertilization on fruit quality of pears, in: Tagliavini M. et al. (Eds.), *Proceedings of the international symposium on foliar nutrition of perennial fruit plants, Acta Horticulturae* 594, pp. 487-493.

Ilin Z., Durovka M., Markovic V. (2002) Effect of irrigation and mineral nutrition on the quality of potato, in: Paroussi G., Voyiatzis D., Paroussi E. (Eds.), *Proceedings of the second balkan symposium on vegetables and potatoes, Acta Horticulturae*, 579, pp. 625-629.

Losak T., Hlusek J., Kra S., Varga L. (2008) The effect of nitrogen and sulphur fertilization on yield

and quality of kohlrabi (*Brassica oleracea*), *R. Bras. Ci. Solo.* 32, 697-703.

Moreno D.A., Villora G., Romero L. (2003) Variations in fruit micronutrient contents associated with fertilization of cucumber with macronutrients, *Sci. Hortic.* 97, 121-127.

Neeser C., Savidov N., Driedger D. (2007) Production of hydroponically grown calcium fortified lettuce. *Proceedings of the 1st International Symposium on Human Health Effects of Fruits and Vegetable, Acta Horticulturae* 744, pp. 317-321.

Recommended dietary allowance, (Year of estimate, 2009). Available in: <http://www.anyvitamins.com/rda.htm>.

Togay Y., Togay N., Erman M., Dogan Y. (2008) Performance of dry bean (*Phaseolus vulgaris*) as influenced by phosphorus and sulphur fertilization, *Indian J. Agr. Sci.* 78, 299-303.

Val J., Monge E., Risco D., Blanco A. (2008) Effect of pre-harvest calcium sprays on calcium concentrations in the skin and flesh of apples, *J. Plant Nutr.* 31, 1889-1905.

Vidal-Martinez J.L., Nunez-Escobar R., Lazcano-Ferrat I., Etchevers-Barra J.D., Carrillo-Gonzalez R. (2006). Potassium nutrition of broccoli (*Brassica oleracea*) with conventional management and fertigation in a vertisol in greenhouse. *Agrociencia* 40, 1-11.

Wang Z., Li S. (2004) Effects of N and P fertilization on plant growth and nitrate accumulation in vegetables, *J. Plant. Nutr.* 27, 539-556.

Wojcik P., Wojcik M. (2003) Effects of boron fertilization on 'Conference' pear tree vigor, nutrition, and fruit yield and storability, *Plant Soil.* 256, 413-421.

Zhou Y., Ren S., Wang Z. (1989) The effect of application of N fertilizer on the accumulation of nitrate in vegetables, *Acta Agric. Boreali-Sin.* 4, 110-115.