

INFORMACIONES AGRONOMICAS

EFECTO DE LA NUTRICION MINERAL EN LA CALIDAD DEL MELON

Eloy Molina*

Introducción

El melón es una hortaliza de gran demanda por su sabor y dulzura, cualidades que lo hacen atractivo en los mercados internacionales. El melón se adapta mejor a climas cálidos y secos, por lo que su cultivo en los países de clima temperado se limita principalmente a las estaciones de primavera y verano. Esto abre la posibilidad de suplir la demanda de invierno con fruta proveniente de países como Costa Rica, Guatemala, Honduras y Panamá, donde se puede cultivar en la estación seca que va de diciembre a abril.

La planta de melón no es exigente en suelo, pero produce mejor en suelos ricos en materia orgánica, profundos, mullidos, bien drenados, con buena aireación y con pH comprendido entre 6 y 7. Por otro lado, el melón exige buen drenaje, ya que el encharcamiento causa asfixia radicular y pudrición del fruto. Los suelos con alto contenido de calcio (Ca) y magnesio (Mg), y sin problemas de acidez intercambiable, son los más aptos para el cultivo. Es una especie de moderada tolerancia a la salinidad, en el suelo la conductividad eléctrica (CE) crítica es de 2.2 mS cm^{-1} , y en el agua de riego la CE crítica es 1.5 mS cm^{-1} , sin embargo, se sostiene que por cada unidad de incremento sobre la CE crítica la producción se reduce en 7.5 %.

La fertilización es una de las prácticas agrícolas que tiene mayor impacto en el rendimiento y calidad del melón. Por lo general, la nutrición se suministra con fertirrigación, lo que facilita la distribución y fraccionamiento de los nutrientes de acuerdo con las diferentes etapas fenológicas del cultivo. En la mayoría de las plantaciones se utiliza también fertilización foliar, como complemento a la nutrición al suelo, para suministrar principalmente de micronutrientes y otros elementos que favorecen los procesos de floración, cuaje, llenado y calidad externa e interna del fruto.

Usualmente, se considera a la fertilización del melón como una herramienta para maximizar la producción, sin embargo, la nutrición mineral también tiene un impacto importante en la calidad y en la vida en anaquel de la fruta cosechada. Entre los factores de deterioro que generan rechazo por baja calidad del fruto de melón se encuentran la falta o exceso de tamaño, pérdida de firmeza, desprendimiento de placenta, color y maduración poco uniforme, bajo contenido de sólidos solubles, falta de sabor, etc. Muchos de estos problemas pueden ser causados por deficiencias, desequilibrios o toxicidades nutricionales. Además, la fertilización también afecta la

* Profesor Asociado, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Correo electrónico: eamolina@cariari.ucr.ac.cr

Octubre 2006 ¹ N° 63

CONTENIDO

	Pág.
Efecto de la Nutrición Mineral en la Calidad del Melón	1
Zinc en el Cultivo de Maíz, Deficiencia de Oportunidad	8
Relación entre el Fósforo y el Zinc	12
Reporte de Investigación Reciente	14
- Efecto de la fertilización en el contenido de carbono en las plantaciones de pino en dos sitios de zonas altas.	
- Descomposición y liberación de nutrientes acumulados en leguminosas herbáceas perennes asociadas con banano.	
Cursos y Simposios	15
Publicaciones de INPOFOS	16
Editor: Dr. José Espinosa	

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se citen la fuente y el autor.



INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE
POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA



es constituyente de numerosos compuestos orgánicos en la planta, como aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos, clorofila, etc. El suministro adecuado de N es esencial para el crecimiento óptimo de la planta debido a que es un elemento imprescindible para la formación de órganos vegetativos. El N incrementa la relación biomasa/raíces, favorece la formación de tallos y hojas, incrementa el número de flores y mejora el peso y tamaño de los frutos.

La deficiencia de N usualmente se inicia con la presencia de un color verde pálido o amarillento en las hojas inferiores, debido a

susceptibilidad del cultivo al ataque de plagas y enfermedades, factor que repercute también en el rendimiento y calidad de la fruta.

Se conoce que el potencial de obtener calidad a poscosecha y vida en anaquel de cualquier fruta u hortaliza fresca se determina mucho antes de la cosecha. Por lo tanto, el manejo cuidadoso y la implementación de prácticas adecuadas de manejo del cultivo, incluyendo la fertilización, tienen gran impacto en la calidad del producto cosechado.

Si bien es cierto que la fertilización permite obtener altos rendimientos de fruta en melón, esto no garantiza que se logre al mismo tiempo óptima calidad. En muchas ocasiones, los rendimientos altos de fruta pueden estar asociados con problemas de tamaño, firmeza y/o bajo brix, que pueden ser causados por excesos o desequilibrios nutricionales. Es importante indicar además que la nutrición mineral por sí sola no garantiza el éxito del cultivo porque la producción está asociada con otros factores, como suelo, clima, riego y las otras prácticas agrícolas, que en conjunto determinan la cantidad y la calidad final del producto cosechado. Es importante conocer las funciones de los nutrientes y sus interacciones, las fuentes y dosis de estos nutrientes y las etapas de crecimiento y desarrollo del cultivo para lograr que la fertilización cumpla con su papel de lograr altos rendimientos de fruta de calidad.

Efecto de los nutrientes en la calidad del melón

Nitrógeno

El nitrógeno (N) es uno de los nutrientes que tiene mayor impacto en el crecimiento y desarrollo del melón. El N

que es un elemento móvil dentro de la planta. Posteriormente, las hojas más viejas comienzan a necrosarse desde el extremo apical hasta los bordes y el centro de la lámina foliar. Los síntomas pueden extenderse a toda la planta, causando reducción del crecimiento, muerte de hojas y reducción de la floración, todo esto promueve la producción de frutos pequeños, de cáscara delgada, coloración desuniforme, sensibles a la quema de sol y de maduración precoz.

El exceso de N causa un crecimiento exuberante del follaje, retraso en la floración y cuaje de la fruta, e incrementa el tamaño del fruto a la cosecha (alto porcentaje de fruta con tamaño inadecuado). La fruta de lotes que han recibido exceso de N tiende a ser más suave, la cavidad interna es más grande y tiene menor resistencia al almacenamiento en frío. El exceso de N también causa cambios importantes en la composición química de la fruta, como la reducción del contenido de ácido ascórbico, bajo contenido de azúcares, y acumulación de nitratos a niveles tóxicos.

Fósforo

El fósforo (P) es componente del ADN, ácidos nucleicos, fosfolípidos, enzimas y moléculas como el ATP donde la planta almacena la energía metabólica. El P es componente estructural de la membrana celular y participa en la síntesis de proteínas y vitaminas. El P cumple una función importante en el sistema de transferencia de energía dentro de la planta, participando en procesos como la fotosíntesis y respiración. El P es esencial para el crecimiento de raíces, favorece la floración y el cuaje de frutas, acelera la maduración de los frutos y mejora el contenido de azúcares.

La deficiencia de P en melón inicialmente provoca una coloración verde oscuro en las hojas, posteriormente las hojas más viejas se necrosan desde los márgenes hacia adentro. Las plantas son pequeñas, con escaso crecimiento radicular, menor número de flores femeninas y frutas. Se produce un retraso en la maduración del fruto.

Potasio

El potasio (K) es el nutriente más abundante en la composición mineral de la planta de melón, después del N y Ca. Aunque el K no es parte integral de la estructura de la planta, juega un papel esencial en muchos procesos fisiológicos del crecimiento vegetal. El K cumple una función importante en la fotosíntesis, como activador de muchas enzimas, en la síntesis de proteínas y en el metabolismo oxidativo de la planta.

El K participa en la regulación hídrica, mejorando la eficiencia del consumo de agua al aumentar la presión osmótica de las células, volviéndolas más turgentes. El K es vital para la translocación y almacenamiento de asimilados producto de la fotosíntesis. Los productos de la fotosíntesis (fotosintatos) deben ser transportados de las hojas a los frutos y el K promueve este transporte (principalmente carbohidratos y aminoácidos) a través del floema.

El K mejora la resistencia a plagas y enfermedades, debido que incrementa el grosor de las paredes celulares y aumenta la firmeza de tallos y pecíolos. El K evita que se acumulen azúcares en las hojas y mejora la eficiencia en el uso del N, logrando que el follaje sea menos succulento y propenso al ataque de patógenos.

El K se conoce como el “elemento calidad” en la producción de cultivos, debido al papel que cumple promoviendo muchos procesos que favorecen la calidad de frutas y granos. El efecto del K en la calidad del melón se observa en los siguientes procesos:

- n Incremento del contenido de sólidos solubles.
- n Aumento del peso y tamaño de las frutas.
- n Mejor color externo y sabor de la fruta.
- n Mayor resistencia durante el almacenamiento y transporte de la fruta.
- n Aumento de la resistencia de la fruta al frío.
- n Mejora la resistencia al ataque de patógenos en poscosecha.
- n Incremento en la vida en anaquel de la fruta.

Debido a que el K es un elemento móvil dentro de la planta, la deficiencia de este elemento en melón causa el amarillamiento de los márgenes de las hojas más viejas, luego estas áreas se necrosan y al aumentar la

severidad del síntoma se produce defoliación. Los tallos son delgados y frágiles, los entrenudos se acortan, las frutas son pequeñas y de coloración desuniforme.

Existe suficiente evidencia experimental acerca de la respuesta del melón a la aplicación de K (Csizinsky et al., 1987; Prabhakar et al., 1985; Srinivas y Prabhakar, 1984; Molina et al., 1993). Por esta razón, la aplicación de K con el riego es muy común en los programas de fertilización de melón. Recientemente se ha propuesto el suplemento complementario de K en aplicación foliar (Lester et al., 2005), argumentando que la provisión del nutriente por el suelo no es suficiente para satisfacer la intensa demanda de K por el melón durante el período de llenado de fruta al final del ciclo del cultivo.

El contenido de azúcares del melón está directamente relacionado con la presencia de K en el floema, que interviene en el transporte de sacarosa a los frutos (Lester et al., 2005). Durante el crecimiento y maduración del fruto, la fertilización al suelo es a menudo insuficiente para satisfacer la demanda de K por la fruta, debido en parte a la pobre absorción radicular durante esa etapa. Esto se debe a la competencia por fotoasimilados entre frutos en desarrollo y órganos vegetativos, que finalmente podría limitar el crecimiento radicular y la absorción de nutrientes como el K (Ho, 1988). Durante este período de gran demanda nutricional, la absorción de K también compite con la de Ca y Mg, elementos que son esenciales para la estructura de la membrana celular y la vida de la fruta en anaquel. Aplicaciones suplementarias de K foliar podrían complementar la alta demanda, especialmente durante el período crítico de crecimiento y maduración.

Recientemente, Lester et al. (2005) presentaron resultados de un experimento que evaluó el efecto de aplicaciones foliares de K (Metalosato de K al 24%) en la calidad del melón Cantaloupe, variedad Cruiser. La dosis utilizada fue de 4 ml/L de agua (0.096% de K). Las aplicaciones se hicieron semanalmente a partir de 3-5 días después de cuaje de frutos y hasta 3-5 días antes de la cosecha, durante dos temporadas de cultivo (2003 y 2004). Los resultados mostraron que los melones que recibieron aplicaciones foliares de K llegaron a madurez 2 días antes que el tratamiento control. Además, tuvieron mayor cantidad de sólidos solubles, vitamina C, betacaroteno y mayor contenido de K y azúcares que el control. La firmeza del fruto fue también mayor con respecto al control (**Tabla 1**). Las aplicaciones semanales de K promovieron un mayor contenido de azúcares, ácido ascórbico y beta-caroteno que las aplicaciones cada dos semanas. El ácido

Tabla 1. Efecto de la aplicación foliar de K en diferentes parámetros de calidad de fruta de melón Cantaloupe, variedad Cruiser (Lester et al., 2005).

Tratamiento	Madurez		Firmeza*		K pecíolo		Sólidos solubles		Acido ascórbico		Beta-caroteno		Azúcares totales	
	----- días -----		--- Newtons ---		----- % -----		----- % -----		-- mg/100 g --		----- µg/g -----		----- mg/g-----	
	2003	2004	externa	interna	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004	2003	2004
Control	37 a	35 a	13.5 b	6.6 b	5.95 b	5.61 b	8.0 b	8.8 b	21.9 b	29.8 b	234 a	303 c	499 ab	594 c
K c/2 semanas	35 b	33 b	14.3 ab	8.4 a	8.17 b	8.49 a	9.2 a	9.5 a	25.4 a	32.1 a	368 b	319 b	434 b	716 b
K semanal	35 b	33 b	18 a	8.5 a	8.25 a	8.68 a	9.5 a	9.8 a	26.2 a	33.6 a	482 a	348 a	549 a	850 a

* Sólo se midió en el 2004.

Promedios con la misma letra dentro de una columna no muestran diferencias significativas según prueba de Duncan al 95% de probabilidad.

Tabla 2. Efecto de la aplicación foliar de dos fuentes de K en melón Cantaloupe en algunos parámetros de calidad a poscosecha (Lester, 2004).

Tratamiento	Firmeza Newtons		Sólidos solubles %	Acido ascórbico mg/100 g	Beta- caroteno µg/g
	externa	interna			
Control	14.5 d	6.6 c	8.9 b	33.5 b	25.7 c
KCl	19.7 b	8.8 a	9.2 b	35.1 ab	26.6 c
KCl + S	19.2 b	8.0 b	9.7 a	36.0 a	28.6 b
K aminoácido	23.7 a	9.4 a	9.7 a	36.4 a	30.9 a
K aminoácido + S	18.1 c	7.5 b	9.8 a	35.2 a	29.6 ab

Promedios con la misma letra dentro de una columna no muestran diferencias significativas según prueba de Duncan al 95% de probabilidad.

ascórbico y el beta-caroteno incrementan la actividad antioxidante en las células, retardando el envejecimiento de tejidos y ayudando a prolongar la vida en anaquel de la fruta. Hubo una correlación altamente significativa entre la concentración de K en la fruta y el contenido de azúcares ($r=0.9$), pero es importante destacar el incremento en la relación fructosa/sacarosa en la fruta con las aplicaciones foliares de K. El incremento en la dulzura de la fruta se asoció con un aumento en la cantidad de fructosa en la pulpa. Se conoce que la fructosa es aproximadamente 42% más dulce que la sacarosa y 57% más dulce que la glucosa, lo que explica por qué los melones con alto nivel de fructosa son más dulces.

En un estudio similar al anterior, en condiciones de invernadero, se compararon dos fuentes de K foliar, Metalosato de K y KCl, aplicados semanalmente en dosis de 4 ml/L, con y sin surfactante, durante un período de 4-6 semanas que se inició al cuaje de la fruta (Lester, 2004; Flores, 2005). Los dos tratamientos superaron al testigo en los parámetros de calidad de fruta (Tabla 2). No hubo diferencias significativas entre las fuentes de K. Contrario a lo que muchos productores creen, el KCl no causó ninguna toxicidad o quema en el follaje.

Otro estudio conducido por Molina et al. (1992) en melón Honey Dew en dos suelos del Pacífico Norte de

Costa Rica, encontraron la mejor respuesta en rendimiento y tamaño con la aplicación de 225 kg de K_2O /ha. No hubo diferencias significativas al evaluar algunas características de calidad de fruta, pero la dosis de 225 kg de K_2O /ha obtuvo el valor más alto de brix (Tabla 3).

Otro estudio conducido en Turquía con melón Cantaloupe (Aydin et al., 2002), utilizando sulfato como fuente de K, encontró la máxima respuesta en rendimiento con la aplicación de 250 kg de K_2O /ha. Se determinó además que al aumentar la dosis de K se incrementó el contenido de azúcares en la fruta, especialmente el de sacarosa.

Tabla 3. Efecto de la aplicación de K al suelo en el contenido de azúcares y la firmeza de la fruta en melón Honey Dew, en Guanacaste (Molina et al., 1992).

Dosis de K_2O kg/ha	Brix grados	Firmeza Newtons
0	11.33	26.02
75	11.21	19.95
150	11.73	19.87
225	12.21	18.46
300	11.40	23.46
375	11.42	23.47
450	11.32	18.57

Calcio

En general, los procesos fisiológicos de la planta que están reguladas por el calcio (Ca) son abscisión, maduración, senescencia, control de la pared celular, tropismo, germinación de esporas, crecimiento de la punta del polen, movimiento del cloroplasto, división celular, movimiento de hojas, hinchamiento de la célula guardián de los estomas, control del daño por frío y acción hormonal (Whitman, 1993).

El Ca es muy importante para mantener la firmeza de tallos y pecíolos en las plantas y para regular la absorción de nutrientes a través de la membrana celular. Interviene en la división y elongación de las células, en la estructura y permeabilidad de la membrana celular, en el metabolismo del N y en la translocación de carbohidratos y mantiene la relación anión/catión en la vacuola (Albion, 2000; Whitman, 1993). El Ca también sirve como agente desintoxicante por su habilidad de ligarse con agentes tóxicos.

Sin embargo, es particularmente notorio el papel que juega el Ca en el control de varios desórdenes fisiológicos que se presentan en pre y poscosecha en frutas y hortalizas. El Ca es parte de la pared celular. Los pectatos de Ca en la lámina media que actúan como agentes cementantes que incrementan la adhesión entre células dándoles una mejor estabilidad (Whitman, 1993). Además, el Ca mantiene la integridad de la membrana celular aumentando la rigidez de los tejidos (Molina, 2002; Román y Gutiérrez, 1998). Esto evita que el fruto se ablande durante la maduración y almacenamiento. El Ca también incrementa la rigidez de la pared celular al formar ligaduras dentro de la matriz de polisacáridos de pectina (Whitman, 1993). El Ca retrasa la senescencia de los tejidos, la cual está asociada a la degradación de los polímeros pécticos en la pared celular (Román y Gutiérrez, 1998; Eaks, 1985; Bangerth et al., 1972; Poovaiah, 1979.). Además, el Ca hace que las paredes celulares sean menos accesibles a enzimas como la poligalacturonasa, que provoca la degradación de las sustancias pécticas de la lámina media provocando una disminución de la rigidez de los tejidos (Poovaiah et al., 1998, Buescher y Hobson, 1982). El mejoramiento de la firmeza y la resistencia al ablandamiento de la fruta de melón logrado con aplicaciones de Ca se atribuye a la estabilización de la membrana celular y la formación de pectatos de Ca, que incrementan la rigidez de la lámina media y la pared

celular (Poovaiah, 1986). El Ca también reduce la tasa respiratoria y la producción de etileno durante el almacenamiento (Bangerth et al., 1972; Lieberman y Wang, 1982; Dris, 1998) lo que hace que la fruta se madure más lentamente, prolongando así la vida en anaquel (Román y Gutiérrez, 1998). En cucurbitáceas como el melón es donde más se enfatiza el uso de Ca como fertilizante.

Los síntomas de deficiencia de Ca se presentan principalmente en los tejidos nuevos (zonas meristemáticas de raíces, tallos y hojas) donde ocurre división celular. Puede presentarse la muerte de los tejidos en crecimiento como brotes nuevos, inflorescencias y puntas de raíces (Albion, 2000). La deficiencia de Ca provoca torcedura y deformación de hojas nuevas y en cucurbitáceas en particular provoca la presencia de moteados amarillentos, manchas parduzcas y clorosis intervenal con la posterior necrosis en hojas nuevas. También se observa que las hojas nuevas tienen los márgenes doblados hacia arriba y las hojas viejas tienen los márgenes doblados hacia abajo. Además, la deficiencia de Ca provoca reducción del crecimiento, presencia de hojas pequeñas, tallos delgados con pocos brotes secundarios, aborto de yemas florales, flores pequeñas, frutos pequeños y sin sabor, escaso desarrollo radicular y raíces más gruesas y cortas de lo normal (Winsor y Adams, 1987).

La deficiencia de Ca es responsable también de numerosos problemas fisiológicos en frutas y hortalizas, problemas que disminuyen la calidad y la vida en poscosecha. Ejemplos son las deformaciones de fruta de sandía, "bitter pit" en manzanas y peras, pudrición apical del fruto de tomate, chile y melón, quema de las puntas de hojas de lechuga, pudrición interna del tubérculo de papa y fruta blanda en melón (Albion, 2000; Molina, 2002).

La deficiencia de Ca en los frutos se explica cuando se revisan los mecanismos de absorción y transporte de este nutriente en la planta. La absorción de Ca por la raíz es un proceso pasivo que depende del movimiento del agua a través del xilema, por esta razón, el Ca

Tabla 4. Efecto de la inmersión por 20 minutos de fruta de melón Honey Dew en una solución Ca quelatizado con aminoácidos, en el contenido de sólidos solubles y firmeza (Albion, 2000).

Tratamiento	----- Brix (%) -----		---- Firmeza (Newton) ----	
	Cosecha	21 días después	Cosecha	21 días después
Sin Ca	8.5	10.0	11.5	8.2
Con Ca*	11.5	11.9	17.3	11.9
* Matalosato de Ca				

Tabla 5. Efecto de la aplicación foliar de Ca en parámetros de calidad de fruta en melón Cantaloupe (O'Brien, 2005).

Tratamiento	Firmeza Newtons	Diámetro cm	Peso g
Control	16.3 a	11.75 a	853 a
Ca* 10 días antes de cosecha, 2.3 L/ha	22.22 b	12.34 b	1032 b
Ca 7 días antes de cosecha, 2.3 L/ha	21.63 b	12.51 b	1024 b

* Metalosato de Ca, quelato de aminoácido al 6% de Ca.

Promedios con la misma letra dentro de una columna no muestran diferencias significativas según prueba de Duncan al 95% de probabilidad.

tiende a acumularse en los tejidos donde ocurre la mayor tasa de transpiración. Como las hojas tienen una mayor tasa de transpiración que los frutos, el Ca se deposita en mayor cantidad en las hojas y muy poco en los frutos. Además, el Ca es un nutriente inmóvil dentro de la planta y una vez que se acumula en las hojas no puede ser transportado a otros órganos de la planta (Molina, 2002). Con frecuencia, el contenido de Ca en las hojas no es un buen indicador de deficiencia o suficiencia porque no se relaciona directamente con la cantidad de Ca presente en el fruto (Albion, 2000).

El transporte del Ca a través del xilema, y la dificultad que tiene el elemento para moverse hacia el fruto, promueve frecuentemente la presencia de desórdenes fisiológicos que deterioran la calidad de la fruta a poscosecha. La fertilización a través del riego no siempre puede ser suficiente para garantizar un contenido adecuado de Ca en la fruta de melón, por lo que se han sugerido aplicaciones foliares de Ca antes de la cosecha y el tratamiento de fruta con soluciones de Ca a poscosecha.

Un estudio realizado en Texas por Lester y Grusak (1999) con melón Honey Dew, demostró que el tratamiento a poscosecha con Ca aumentó la concentración de azúcares, la firmeza y la vida en anaquel del fruto (Tabla 4). En este experimento se sumergió la fruta de melón, por 20 minutos, en una solución de 3.2 g/l de Metalosato de Ca, un quelato de aminoácido que contiene 6% de Ca. Se encontró que en las frutas tratadas con Ca casi duplicaron la vida en anaquel con respecto al testigo sin Ca. Esta es una ventaja porque la vida más larga de la fruta a poscosecha permite transportar la fruta a mercados más lejanos.

Lester y Grusak (2003) realizaron varios experimen-

tos en melón Honey Dew y Cantaloupe en California y Texas. Se evaluó el efecto de 1, 2 y 4 aplicaciones foliares de dos fuentes de Ca (quelato de aminoácido de Ca y Ca acompañado con manitol), en dosis de 2.3 L/ha, desde el inicio de floración hasta días antes de la cosecha, frente a un testigo sin aplicación. La aplicación foliar de Ca afectó el rendimiento y la calidad del melón Cantaloupe en ambas localidades. Sin embargo, 4 aplicaciones foliares de Ca sin importar la fuente, incrementaron el contenido de Ca y mejoraron el rendimiento y la firmeza de la fruta del melón Honey Dew, frente al testigo sin Ca y a los tratamientos con 1 o 2 aplicaciones foliares. No se observaron diferencias en el contenido de azúcares en la fruta.

Resultados parciales de un estudio conducido en la Universidad de Arizona publicados por O'Brien (2005), mostraron que la aplicación foliar de Ca, como quelato de aminoácido (Metalosato de Ca), en dosis de 2.3 L/ha, incrementó la firmeza, peso y diámetro de la fruta de melón Cantaloupe (Tabla 5). No existieron diferencias significativas entre aplicación foliar de Ca a 7 y 10 días antes de la cosecha, pero éstas sí fueron significativamente diferentes del testigo no tratado.

Luna-Guzmán et al. (1999) observaron que la inmersión de cilindros recién cortados de melón Cantaloupe en una solución de CaCl_2 mejoró algunas características de calidad a poscosecha de la fruta. Se

Tabla 6. Efecto de la inmersión en CaCl_2 de cilindros frescos de melón Cantaloupe almacenados por 10 días a 5°C y 95% de humedad relativa, en la firmeza (Newtons) de la fruta (Luna-Guzmán et al., 1999).

Tiempo de inmersión minutos	CaCl ₂ (%)			
	0	1	2.5	5
1	8.5 d	8.8 cd	9.4 b	9.8 a
2.5	8.7 d	8.6 d	9.2 b	
5			9.1 bc	

Promedios con la misma letra dentro de una columna no muestran diferencias significativas según prueba de Duncan al 95% de probabilidad.

sumergió la fruta en soluciones de 0, 1, 2.5 y 5% de CaCl_2 , por períodos de 1, 2.5 y 5 minutos. La tasa de respiración de la fruta, medida por la producción de CO_2 , fue más alta en el tratamiento testigo sin Ca y se redujo con la aplicación de Ca, sin importar el tiempo de inmersión. La inmersión en CaCl_2 mejoró la firmeza de la fruta durante el período de almacenamiento a 5°C, sin importar el tiempo de inmersión. (Tabla 6).

Bibliografía

- Albion Laboratorios. 2000. Calcium deficiencies and metalosate Calcium. Metalosate Plant Nutrition News. 1(3): 1-4. <http://www.agnet.org>
- Aydın, A., Mordogan, S., Yagmur, B., Gürpınar, A., Küçük, S.A. 2002. Effects of K_2SO_4 applications on fruit yield and some quality parameters in melon. International Conference On Sustainable Land Use And Management / 2002-Canakkale, Turquía. <http://www.toprak.org.tr>
- Bangerth, F., Dilley, D.R., Dewey, D.H. 1972. Effect of postharvest calcium treatments on internal breakdown and respiration of apple fruits. Journal of American Society of Horticultural Science 97(5): 679-682.
- Cszinsky, A.A., Maynard, D.N., Hochmuth, G., Martin F.G. 1987. Supplemental fertilization of cucurbits growing in full-bed polyethylene mulch culture. Journal of Plant Nutrition. 10(9/10): 1479-1488.
- Dris, R. 1998. Effect of preharvest calcium treatments on postharvest quality of apples grown in Finland. www.helsinki.fi/lehdet/uh/498h.htm
- Eaks, I.L. 1985. Effect of calcium on ripening, respiratory rate, ethylene production, and quality of avocado fruit. Journal of American Society of Horticultural Science 110(2): 145-148.
- Flores, A. 2005. Kicking up nutrients in melons and income in growers pockets: consumers get a better tasting, sweeter melon, and one that can help boost their intake of beta-carotene and vitamin C. Agricultural Research. www.findarticles.com/p/articles
- Fonseca, J.M. 2005. Yield and postharvest quality of Cantaloupe melons as affected by calcium foliar applications. Vegetable Report, University of Arizona, College of Agriculture and Life Sciences. <http://cals.arizona.edu>
- Ho, L.C. 1988. Metabolism and compartmentation of imported sugars in sink organs in relation to sink strength. Annual Revue of Plant Physiology 39: 355-378.
- Lester, G.E., Grusak, M.A. 1999. Postharvest application of calcium and magnesium to honey dew and netted muskmelons: effects on tissue ion concentrations, quality and senescence. Journal of American society of Horticultural Science 124: 545-522.
- Lester, G.E., Grusak, M.A. 2003. Field application of chelated calcium: postharvest effects on Cantaloupe and Honey Dew fruit quality. Hort Technology 14(1): 28-38.
- Lester, G.E. 2004. Foliar applied potassium to fall and spring greenhouse grown muskmelon. Annual Report 2004 TX51F, USDA-ARS-SPA-SARC, Weslaco, Texas. 2 p.
- Lester, G.E., Jifon, J.L., Rogers, G. 2005. Supplemental foliar potassium application to muskmelon (*Cucumis melon* L.) during fruit growing improves quality and content of human wellness components. Journal of American Society of Horticultural Science 130(4): 649-653.
- Lieberman, M., Wang, S.V. Influence of calcium and magnesium on ethylene production by apple tissue slices. Plant Physiology 69: 1150-1155.
- Luna-Guzmán, I., Candwell, M., Barrett, D.M. 1999. Fresh-cut Cantaloupe: effects of CaCl_2 dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. Postharvest Biology and Technology 17: 201-213.
- Molina, E., Salas, R., Martinez, I., Cabalceta, G., Cabalceta, E. 1992. Fertilización potásica del cultivo del melón (*Cucumis melo* L cv. Honey Dew) en Guanacaste. Agronomía Costarricense 16(1):107-113.
- Molina, E. 2002. Fertilización foliar de cultivos frutícolas. In Memorias Seminario Fertilización foliar: principios y aplicaciones, ed. por G. Meléndez y E. Molina. Laboratorio de Suelos CIA-UCR/ACCS, San José, Costa Rica. p. 85-104.
- Molina, E. 2003. Fertilizantes foliares. In Memorias Seminario Fertilizantes: características y manejo, ed. por G. Meléndez y E. Molina. Laboratorio de Suelos CIA-UCR/ACCS, San José, Costa Rica. p. 93-106.
- O'Brien, J. 2005. Yield and quality of Cantaloupe melons as affected by a field application of Metalosate Calcium. Metalosate Plant Nutrition News 6(3).
- Poovaiah, B.W. 1979. Role of calcium in ripening and senescence. Comm. Soil Sc. and Plant Anal 10: 83-88.
- Poovaiah, B.W. 1986. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. Food Technology 40: 86-89.
- Poovaiah, B.W., Glen, G.M., Reddy, A.S.N. 1988. Calcium and fruit softening: Physiology and Biochemistry. Horticultural Review 10: 107-152.
- Prabhakar, J., Srinivas, K., Shukla, V. 1985. Yield and quality of muskmelon (cv. Hara Madhu) in relation to spacing and fertilization. Progressive Horticulture 17(1): 51-55.
- Román, L.F., Gutiérrez, M.A. 1998. Evaluación de ácidos carboxílicos y nitrato de calcio para incrementar calidad, cantidad y vida en anaquel en tres tipos de melón. Terra 16(1): 49-54.
- Srinivas, K., Prabhakar, J. 1984. Response of muskmelon (*Cucumis melo* L.) to varying levels of spacing and fertilizers. Singapore Journal of Primary Industries 12(1): 56-61.
- Whitman, C. 1993. Benefits of calcium fertilization.
- Winsor, G., Adams, P. 1987. Diagnosis of mineral disorders in plants. Vol. 3: Glasshouse crops. Chemical Publishing, New York, USA:168 p. .

ZINC EN EL CULTIVO DE MAÍZ, DEFICIENCIA DE OPORTUNIDAD

Silvia E. Ratto ¹ y Fernando H. Miguez ²

Introducción

El manejo integral de nutrientes se ha convertido en una necesidad debido a la variabilidad introducida en los sistemas agrícolas. Las nuevas variedades e híbridos, la acumulación de residuos en la superficie del suelo con el desarrollo de siembra directa y la aplicación de una cantidad importante de nutrientes producen una alteración en el balance de los ciclos biológicos, químicos y geológicos que se manifiesta como nuevos equilibrios edáficos. Estos nuevos equilibrios afectan al zinc (Zn) y, por esta razón, en muchas áreas agrícolas del mundo se lo considera como el tercer elemento limitante, luego del nitrógeno (N) y el fósforo (P). Por su abundancia relativa en el ambiente, el Zn es considerado como un micronutriente y normalmente su concentración se expresa en partes por millón (ppm), lo que equivale a microgramos por gramo ($\mu\text{g g}^{-1}$) o miligramos por kilogramo (mg kg^{-1}).

Desde hace algunos años se ha comenzado a observar deficiencia de Zn en maíz en el área conocida como Pampas en Argentina. Por sus características, esta condición se puede definir como “*deficiencia de oportunidad*”, más adelante en este artículo se explica el significado de esta expresión. Estudios de campo realizados en la Región Pampeana en el pasado encontraron que el contenido foliar de Zn en maíz era cercano o ligeramente superior al nivel crítico. De igual manera, se demostró que existe una correlación positiva entre el rendimiento de cultivo y la concentración de Zn en la hoja (Ratto et al., 1991). La misma tendencia se observó en ensayos de invernáculo, donde el aumento de Zn en el suelo estuvo acompañado por un incremento de absorción y producción de materia seca de las plántulas de maíz (Ratto y Mizuno, 1991).

En los últimos años se han utilizado importantes volúmenes de fertilizante nitrogenado en la Región Pampeana para asegurar el rendimiento de los cultivos. Existe evidencia de que la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz aumenta la absorción de Zn (Goldman et al., 2002; Ratto et al., 1991), incrementando así la cantidad de elemento extraído. Es lógico intuir que este incremento en rendimiento, inducido por la disponibilidad de N, aumente la absorción y que aparezcan deficiencias de otros nutrientes.

Sintomas de deficiencia de Zn

Los síntomas visuales de deficiencia constituyen una gran ayuda en el diagnóstico nutricional, sin embargo, para que el diagnóstico sea efectivo se debe conducir en un contexto amplio que tenga en cuenta en conjunto la disponibilidad del nutriente en el suelo, el material genético utilizado y el manejo del cultivo.

La deficiencia de Zn en maíz frecuentemente aparece en las primeras semanas del cultivo. Se manifiesta como fajas de color amarillento entre nervaduras de la lámina foliar (**Foto 1**). Los síntomas generalmente aparecen en la segunda o tercer semana del ciclo y se caracterizan por su corta duración. Pueden durar hasta por dos semanas, para luego desaparecer por completo. Sólo en algunas situaciones, en lotes de suelos arenosos, se ha observado que los síntomas de deficiencia de Zn persiste hasta la floración. Sin embargo, una situación similar ocurre en lotes que están en producción bajo siembra directa, con elevada fertilización fosfatada y en períodos de baja humedad. La aplicación foliar de Zn ha controlado en todas las situaciones los problemas de deficiencia.

Los síntomas de deficiencia de Zn que se observan específicamente en plantas de maíz se han generalizado a partir de la introducción de la siembra directa en el paquete tecnológico. Las condiciones que predisponen la presencia de estos síntomas parecen ser los siguientes: siembras tempranas en suelos fríos, siembra



Foto 1. Amarillamiento intervenal en las hojas más desarrolladas de un cultivo de maíz de tres semanas cultivado bajo siembra directa.

¹ Cátedra de Edafología - FAUBA, Argentina.

² Cátedra de Cereales y Oleaginosas - Fac. Ciencias Agrarias UCA (1): 14-16. Argentina. Correo electrónico: sratto@agro.uba.ar

directa con elevada cobertura de residuos y fertilización con cantidades altas de P colocado en banda cerca de la semilla. La deficiencia se describe como una deficiencia de Zn inducida por una elevada disponibilidad de P (Ratto y Giuffr , 1997). Estos síntomas desaparecen al poco tiempo, probablemente debido a la mayor exploración radical del perfil y a la mayor temperatura del suelo que aumentaría la difusión del Zn.

La siembra directa provoca cambios que son altamente beneficiosos, pero que también modifican ciertos parámetros como la temperatura y especialmente su amplitud térmica del suelo. La menor temperatura diurna del suelo limita el crecimiento de las raíces y la difusión del Zn y en siembras tempranas, la temperatura nocturna normalmente está por debajo de la temperatura base de crecimiento del maíz. La baja temperatura del suelo provoca también una menor tasa de liberación de Zn de formas medianamente lábiles hacia formas solubles o intercambiables que son las más rápidamente disponibles por la planta. La presencia de una importante cantidad de residuos vegetales en la superficie promueve una demanda importante de Zn por parte de los microorganismos del suelo. Se podría decir que existe inactivación del Zn por un período variable que depende de la cantidad y la relación C/N de los residuos, la concentración de P en la banda de fertilización y la temperatura y humedad del suelo. Toda condición que favorezca la mineralización de los residuos contribuye a una mayor liberación de Zn aprovechable por las plantas.

La combinación de restos orgánicos en descomposición, suelos fríos en relación a la velocidad de crecimiento de las raíces de maíz y una secuencia de cultivos que privilegia al trigo, maíz y/o soya muy exigentes en Zn genera una baja disponibilidad del nutriente en todo el sistema. Por esta razón, se habla de *deficiencia de oportunidad*, ya que no se han determinado contenidos de Zn en el suelo o en la planta que tengan valores que indiquen deficiencias severas.

Funciones del Zn en la planta

- n No interviene en sistemas redox. Participa en muchos procesos metabólicos.
- n Interviene en la síntesis de auxinas.
- n Tiene gran afinidad para formar complejos con N, oxígeno (O) y azufre (S) en funciones catalíticas y estructurales de reacciones enzimáticas.
- n Es absorbido como Zn^{2+} y Zn hidratado.
- n Se ha encontrado que la aplicación de quelato de Zn a las semillas de maíz puede aumentar la velocidad de germinación y el vigor de la plántula (Miguez, 2006).

Distribución de Zn en el perfil

En las Pampas se ha medido el contenido de Zn total en suelo para evaluar las reservas, el contenido de Zn en la fracción biodisponible y se han conducido ensayos de invernáculo y de campo para evaluar respuesta. El Zn total oscila entre 60 y 90 $mg\ kg^{-1}$, contenido que se considera de normal a bueno, de acuerdo al contenido promedio de la corteza terrestre. Es interesante observar la distribución del Zn total en dos perfiles de suelo representativos de la región (**Figuras 1 y 2**).

En la **Figura 1**, correspondiente al Hapludol, se observa que parte del Zn se ha acumulado en la superficie formando parte de los compuestos orgánicos y que en la zona de mayor exploración radical el contenido de Zn se reduce apreciablemente. Algo parecido ocurre en el Argiudol (**Figura 2**), donde también se observa una importante disminución del contenido de Zn entre los 40 y 50 cm de profundidad y luego se observa la presencia de una zona de enriquecimiento que corresponde al horizonte argílico, cuyas arcillas retienen Zn. En estas figuras se puede

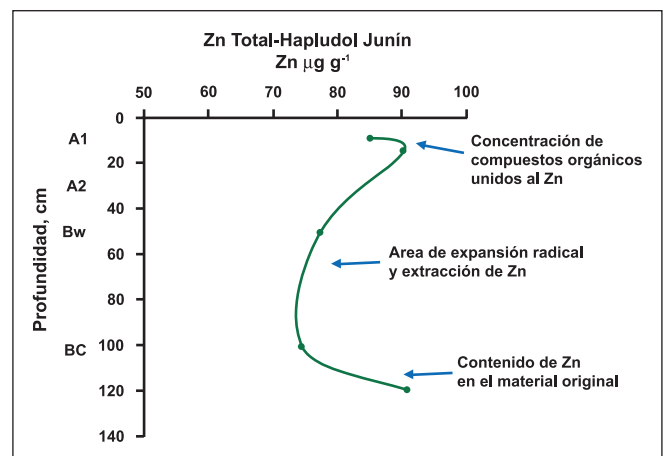


Figura 1. Distribución del Zn total en el perfil de un Hapludol (Mizuno et al., 1988).

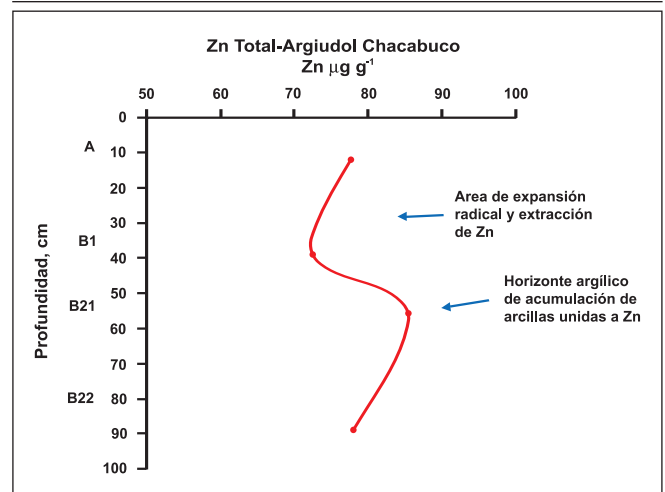


Figura 2. Distribución del Zn total en el perfil de un Argiudol (Mizuno et al., 1988).

observar el efecto, a mediano y largo plazo, de sucesivas cosechas que extraen Zn del área de exploración de las raíces y lo reubican en los residuos acumulados previniendo su disponibilidad en el futuro.

Otras formas del Zn en el suelo

El Zn es retenido por las arcillas silicatadas, carbonatos, óxidos de hierro (Fe) y aluminio (Al) y compuestos orgánicos. Las fracciones del Zn soluble en agua, intercambiable y retenida por compuestos orgánicos son las más importantes para caracterizar la fracción lábil de este nutriente en el suelo. Se cree que esta fracción representa lo que la planta puede absorber. Se considera que la mejor forma de extraer el Zn de la fracción lábil es utilizando soluciones TEA-DTPA (llamada DTPA), EDTA y Melich 3. Se considera también que el Zn extraído por las dos primeras soluciones es el mejor indicador de la cantidad disponible para la planta, sin embargo, para estas determinaciones se deben hacer extracciones independientes de las utilizadas normalmente en la rutina en el laboratorio.

Se han conducido estudios en la mayoría de los suelos del área pampeana utilizando las metodologías de extracción de Zn mencionadas anteriormente. Los resultados indican que aunque el contenido total de Zn es aparentemente suficiente, en muchos suelos los valores de Zn biodisponible están cerca del valor crítico o limitante. Los valores críticos son: 0.5 mg kg⁻¹ para el DTPA, 1.4 mg kg⁻¹ para el EDTA y 1 mg kg⁻¹ para Melich-3.

Es importante indicar que estos valores críticos fueron obtenidos en ensayos de invernáculo y su extrapolación a cultivos de campo debe ser hecha con cuidado. De acuerdo con esta información, un 20% de los suelos de la región Pampeana tendrían valores cercanos a los considerados pobremente provistos de Zn (Ratto et al., 1991; Melgar et al., 2001).

Composición foliar y rendimiento

Aparte de la disponibilidad en suelo, es importante considerar la cantidad de nutriente absorbida por la planta, ya que esto demuestra la efectividad del estudio realizado. A partir de este supuesto, se condujeron distintos estudios para evaluar el contenido de Zn en planta. Para el cultivo de maíz, estos estudios permiten concluir que:

- n Existe relación positiva entre el rendimiento y la concentración de Zn en la hoja opuesta a la mazorca en floración, cuando se explora un amplio rango de valores.

- n La fertilización nitrogenada aumenta la cantidad de Zn absorbido por la planta.
- n Se considera que el valor de 20 µg g⁻¹ de Zn en la hoja opuesta a la mazorca separa la deficiencia de la suficiencia, coincidiendo con valores en la literatura (Jones, 2002).
- n En los casos en los que se observan síntomas de deficiencia de Zn en hojas maduras en floración, los valores de la relación P/Zn son muy altos y esta condición induce la deficiencia de Zn por exceso de P.
- n La deficiencia de Zn está muy difundida en sistemas productivos a nivel mundial. Se considera que el mejor diagnóstico de la condición se logra de la combinación de la observación de síntomas con el análisis foliar y el análisis de suelo.

Rotaciones

Las rotaciones juegan un importante papel en la dinámica del Zn en el suelo. Se considera que las rotaciones trigo-maíz son las que más deprimen el contenido de Zn intercambiable en el suelo. Esta fracción es muy importante en la biodisponibilidad de Zn, ya que es la fracción que más rápidamente repone el Zn en solución del suelo (Chandi and Takkar, 1982). Si se agrega a esta rotación el cultivo de soya, cuya tasa de extracción es semejante o mayor a la de maíz, puede comprenderse con claridad el impacto que el actual sistema de rotaciones de la región Pampeana tiene sobre la dinámica del Zn en el sistema. No resulta aventurado suponer que a corto y mediano plazo se producirá un incremento de las manifestaciones de deficiencia de Zn.

La extracción de Zn del suelo luego de cada cosecha se traduce en valores de Zn soluble e intercambiable muy bajos al finalizar el ciclo y el sistema queda empobrecido para el cultivo siguiente. Esto produce un desplazamiento del equilibrio del Zn en el sistema, la fracción disponible para la planta es menor a la de extracción por el cultivo y se manifiesta la deficiencia.

Es necesario fertilizar?

Esta pregunta no es sencilla de responder si se pretende generalizar. Cada caso debe ser considerado individualmente, evaluando particularmente el historial de uso del suelo y la aplicación de otros nutrientes. Para obtener evidencia que permita un diagnóstico regional, luego de haber caracterizado los ambientes de la zona maicera usando análisis de suelo y foliar, se efectuaron durante varios años (1999-2003) ensayos de campo para evaluar la respuesta del cultivo a la fertilización con Zn en el rendimiento de maíz.

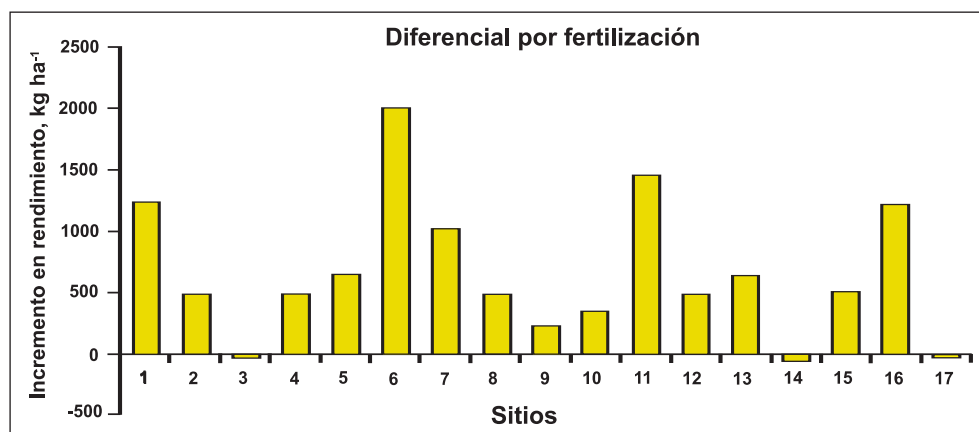


Figura 3. Incremento de rendimiento de maíz sobre el testigo, como respuesta a la aplicación foliar de Zn, en lotes de producción en la campaña con mejor uniformidad de respuesta en ensayos realizados en la Región Pampeana.

Los resultados no fueron consistentes (**Figura 3**). En varios sitios de elevada fertilidad natural y con aplicación de dosis de N y P elevadas se observó respuesta con un aumento importante de rendimiento. Esta respuesta estuvo probablemente asociada a la marcha térmica en las primeras etapas del cultivo y a la distribución de las precipitaciones. Las bajas temperaturas luego de la emergencia del cultivo y la escasez de lluvias parecen aumentar la probabilidad de respuesta.

Los productos utilizados para los ensayos fueron: sulfato de zinc ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), preparado a partir de compuesto puro, en dosis de 5 a 10 kg ha^{-1} de Zn y otros fertilizantes foliares de uso comercial donde el elemento estaba en forma de óxido o quelato de Zn. Se ensayó también la aplicación de Zn con la semilla. De todas las fuentes de Zn aplicadas, el $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ fue el que presentó mayor respuesta. En ningún caso se hizo aplicación de Zn al suelo. Estudios de Melgar et al, (2001) con Zn aplicado al suelo en sistemas intensivos de producción de maíz obtuvieron respuesta positiva en 5 de los 14 sitios evaluados.

Resumen

Las condiciones que predisponen al sistema de cultivo de maíz a la deficiencia de Zn son:

- Siembra directa, alta cobertura de rastrojo y/o suelos fríos.
- Zn disponible menor a niveles críticos en el suelo.
- Siembras con elevada fertilización fosfatada en banda cercana a la semilla.
- Rotaciones: el sistema trigo-maíz-soya produce una marcada disminución del Zn intercambiable.

La cantidad total de Zn en el suelo no constituye una limitante severa. La fracción denominada llamada disponible o bioasimilable oscila entre valores al nivel

crítico y suficiencia de acuerdo a ensayos de invernáculo. En ensayos de campo las respuestas no han sido consistentes, si bien en algunos casos las respuestas son de magnitud. Los valores de Zn en el grano, a la cosecha, están dentro de los estándares de calidad, aún para rendimientos altos.

Las rotaciones practicadas en el área maicera de la región Pampeana están produciendo una extracción alta y

permanente de Zn. La reducción del contenido de Zn en el suelo puede afectar a la actividad de microorganismos que cumplen funciones relevantes en el reciclamiento de nutrientes. La fertilización nitrogenada incrementa la extracción de Zn por los cultivos.

Por ahora, la evidencia indica que la deficiencia de Zn en la región Pampeana es una deficiencia de oportunidad, ya que la deficiencia desaparece luego de las primeras semanas de crecimiento del cultivo, cuando las raíces han logrado explorar el suelo. Este es un llamado de atención para desarrollar conocimiento sobre el funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos que afectan la dinámica de nutrientes y que son de fundamental importancia para un manejo sustentable de los agrosistemas.

Bibliografía

- Chandi, K.S., Takkar, P.N. 1982. Effect of agricultural cropping systems on micronutrient transformation. *Plant and Soil* 69:423-436.
- Goldman, V., Echeverría, H.E., Andrade, F., Uhart, S. 2002. Incidencia de la fertilización nitrogenada sobre la concentración de nutrientes en maíz. *Ciencia del Suelo* 20(1):27-35.
- Jones, J.B. 2002. *Agronomic Handbook: Management of Crops, Soils, and Their Fertility*. CRC Press.Fl. pp: 352
- Melgar, R.J., Lavandera, J., Torres, M., Ventimiglia, L. 2001. Respuesta de la fertilización con boro y cinc en sistemas intensivos de producción de maíz. *Ciencia del Suelo* 19(2):109-114.
- Míguez, F. 2006. Efecto de la aplicación de promotores de crecimiento sobre la velocidad de germinación y el vigor en semilla de maíz. Informe presentado a Fertiva Latinoamericana S.A.

Continúa en la página No. 15

RELACION ENTRE EL FOSFORO Y EL ZINC

Malavolta E.*

Introducción

Para obtener una planta bien nutrida es necesario suministrar todos los nutrientes minerales y que éstos estén presentes en los tejidos en proporciones balanceadas. Se ha demostrado que existen en las plantas relaciones definidas entre determinados nutrientes y que estas relaciones son importantes para el adecuado desarrollo y producción de los cultivos. El exceso de un nutriente, la falta de otro o la presencia de los dos factores al mismo tiempo hace que el balance se rompa y en consecuencia se perjudiquen el crecimiento y el rendimiento. La relación fósforo (P) zinc (Zn) es un ejemplo de esto.

Deficiencia inducida de Zn

Entre las limitaciones de naturaleza química de los suelos de América Latina, se encuentra la deficiencia de P. Esto está relacionado con la gran capacidad de los suelos tropicales (oxisoles, ultisoles y andisoles) de fijar este elemento. Para eliminar esta deficiencia y obtener rendimientos adecuados es necesario utilizar apreciables cantidades de P. En estos casos se observa comúnmente la presencia de deficiencias de Zn.

En la **Tabla 1** se presentan los resultados de un experimento conducido en macetas, con un suelo ácido de Brasil, empleando maíz como planta indicadora. Se observa que al incrementar la dosis de P de 0 a 300 ppm se incrementa también la producción de materia seca, pero el contenido de Zn en los tejidos baja.

Este es un aspecto importante en el diagnóstico foliar del estado nutricional de las plantas que muchas veces es ignorado o poco entendido. Lo que simplemente sucede en este caso es que el incremento en materia seca diluye en los tejidos el contenido de Zn que hasta ese punto es adecuado. Este es un fenómeno común conocido como efecto de dilución que algunas veces confunde el diagnóstico. El hecho concreto es que la concentración de Zn en el tejido es adecuada y no limita el rendimiento como se observa en la **Tabla 1**.



Cuando se incrementa la dosis de P de 300 a 600 ppm se observa que la producción de materia seca se reduce drásticamente y que la concentración de Zn en los tejidos es muy baja (5 ppm). Este fenómeno, completamente diferente al descrito anteriormente demuestra que la planta simplemente no absorbió las cantidades necesarias de Zn para mantener el rendimiento. En este caso, se observa claramente que existió una deficiencia de Zn inducida por el P.

Este fenómeno es conocido desde hace mucho tiempo. Se consideró por largo tiempo que el fenómeno ocurría por la reacción de P con el Zn en el suelo formando fosfato de zinc insoluble. Sin embargo, esta explicación

fue abandonada cuando se demostró que los fosfatos de zinc son solubles y que pueden servir como fuente de estos dos nutrientes. Los mecanismos de la deficiencia de Zn inducida por P son diferentes y se discuten a continuación.

Mecanismos

Se conocen dos mecanismos que explican la deficiencia de Zn inducida por P. Dependiendo de las condiciones puede operar uno o los dos al mismo tiempo.

Inhibición de la absorción de Zn

Como se puede observar en la **Figura 1**, a medida que se incrementa la concentración de P en el suelo, disminuye la absorción de Zn por las raíces. Se trata de una inhibición del tipo no competitivo; es decir, los dos elementos son absorbidos con la mediación de distintos transportadores.

Si el pH del medio es alto (mayor que 7) y el catión acompañante del Zn es Ca, ocurre precipitación del Zn en la superficie de las raíces y como consecuencia disminuye su absorción.

Transporte a larga distancia

En presencia de altas concentraciones de P se reduce no solamente la absorción de Zn por las raíces, sino que

* Malavolta, E. Centro de Energía Nuclear na Agricultura Universidades de Sao Paulo Piracicaba, Sao Paulo, Brasil.

Tabla 1. Efecto de la fertilización fosfatada en el crecimiento y contenido de Zn en el maíz.

Tratamiento (ppm P)	Materia seca (g/pl)	Zn (ppm)
0	4.7	25
300	13.0	10
600	7.5	5

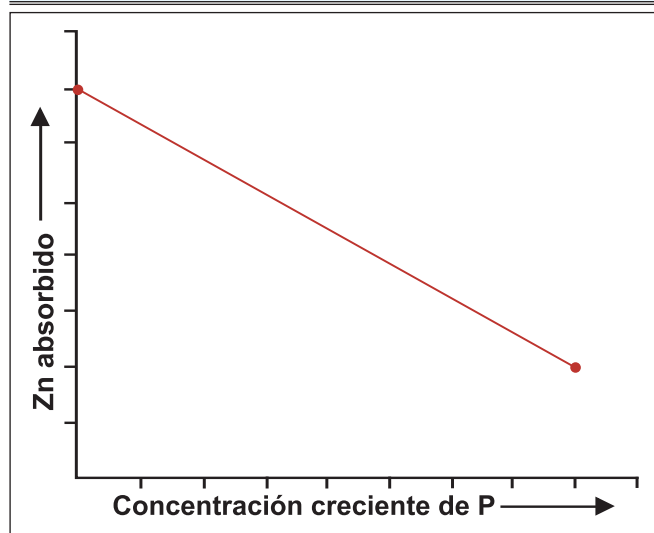


Figura 1. El incremento en la concentración externa de P disminuye la absorción de Zn.

también se reduce el transporte de este nutriente a larga distancia, dentro de la planta, como se ilustra en la **Figura 2**. Este fenómeno se debe a la precipitación de Zn por el P en los vasos conductores de la savia.

Efecto combinado

El suministro de fertilizantes fosfatados en suelos con contenidos bajos o medios de P permite un indiscutible aumento en la producción como se observa en la **Tabla 1**. Sin embargo, en condiciones de concentraciones muy altas de P en el suelo, la concentración de Zn en la materia seca disminuye progresivamente (**Figura 3**). Si se continúa incrementando el suministro de P, la concentración de Zn en los tejidos se reduce aun más, debido al efecto combinado de los mecanismos descritos anteriormente (inhibición en la absorción y disminución en el transporte a larga distancia). Cuando el contenido de Zn en los tejidos se reduce a niveles menores que las concentraciones necesarias para producir rendimiento adecuado (concentraciones críticas), el rendimiento del cultivo se reduce considerablemente.

Control

La presencia de síntomas visuales de deficiencia de Zn en los cultivos (entrenados más cortos; hojas angostas,

pequeñas y cloróticas) no permiten diagnosticar exactamente los agentes causales de la deficiencia. Estos agentes pueden ser pobreza de Zn en el suelo, pH muy alto (ya sea natural o consecuencia del encalado) o exceso de P.

El análisis de suelo puede dar la información necesaria, sin embargo, se obtiene información adicional con el análisis foliar. Si existe demasiado P y poco Zn en el tejido foliar existe mayor probabilidad de que la condición se deba a una deficiencia de Zn inducida por el P.

Si el contenido de P en el suelo y en las hojas es muy alto, se debe suspender durante cierto tiempo el suministro de fertilizantes fosfatados y se debe aplicar Zn al cultivo. En cultivos de ciclo corto se puede suministrar Zn al suelo, mientras que en cultivos perennes se pueden hacer aplicaciones foliares. .

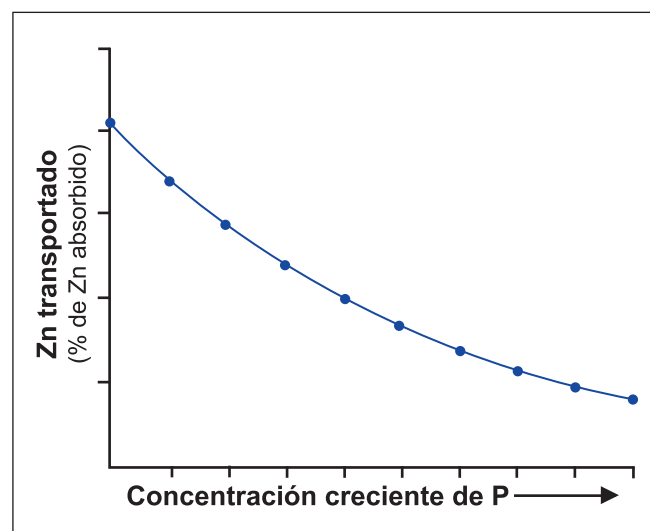


Figura 2. Efecto de las concentraciones altas de P en el transporte de Zn a larga distancia de la planta.

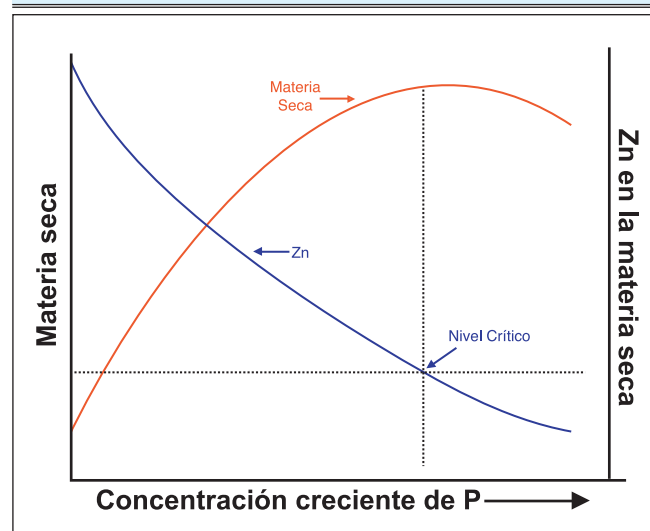


Figura 3. Efecto de las concentraciones altas de P en el contenido de Zn en los tejidos y en la producción.

REPORTE DE INVESTIGACION RECIENTE

EFFECTOS DE LA FERTILIZACION EN EL CONTENIDO DE CARBONO EN LAS PLANTACIONES DE PINO EN DOS SITIOS DE ZONAS ALTAS

Legget, Z.H., Kelting, D.L. 2006. Fertilization effects on carbon pools in loblolly pine plantations on two upland sites. Soil Sci Soc Am J. 70 (1): 279-286.

Se condujo un estudio en plantaciones de pino loblolly (*Pinus taeda* L.) en sitios de zonas altas con suelo arenoso y otro arcilloso, con o sin la aplicación de 250 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico (DAP) a la siembra, para estimar el efecto de la fertilización en el almacenamiento de carbono (C) en el ecosistema. Se midió el contenido de C antes de la siembra y en décimo primer año de desarrollo de la plantación. Se usaron los datos del inventario de árboles para convertir el volumen de la plantación a biomasa acumulada. Durante los 11 años de desarrollo de la plantación, el C total en el ecosistema se incrementó en 24.2 Mg ha⁻¹ en promedio en todos los sitios estudiados, dando así un promedio anual de 2.2 Mg C ha⁻¹. La fertilización incrementó 25.3 Mg ha⁻¹ o 2.3 Mg C ha⁻¹ año⁻¹, con la mayoría del incremento (65%) en la biomasa. En el suelo arcilloso hubo en promedio 64% más C en el ecosistema que en el suelo arenoso. Con la excepción de una pérdida de 12 Mg ha⁻¹ de C mineral del suelo, en la capa de 10 a 20 cm de profundidad, en los lotes sin fertilizar (testigo) en el suelo arenoso, el C del suelo en la capa superficial de 20 cm no cambió durante los 11 años de desarrollo de la plantación, sugiriendo que el C mineral en el suelo en un sumidero secundario en plantaciones de pino. La pérdida de C mineral del suelo observada en las parcelas testigo en el suelo arenoso se puede explicar por la macroporosidad de estos suelos de textura gruesa que crean un ambiente que conduce a la oxidación y en consecuencia a óptima respiración y pérdidas de C después de la preparación del sitio y a una menor oportunidad para la acumulación de C debido a las temperaturas más altas del suelo. La fertilización puede haber mejorado la oportunidad para la acumulación de C en las parcelas fertilizadas en años previos en el sitio de textura arenosa al promover una menor temperatura en el suelo como resultado de rápido cierre de la parte aérea de la plantación y la acumulación de residuos en la superficie. .

DESCOMPOSICION Y LIBERACION DE NUTRIENTES ACUMULADOS EN LEGUMINOSAS HERBACEAS PERENNES ASOCIADAS CON BANANO

Espindola, J.A., Guerra, L.G., Almeida de, D.L., Texeira, M.G., Urquiaga, S. 2006. Descomposicao e liberacao de nutrientes acumulados em leguminosas herbaceas perenes consorciadas com bananeira. R. Bras. Ci. Solo 30(2): 321-328.

La evaluación de la descomposición de residuos vegetales adicionados al suelo como plantas de cobertura permiten una mejor comprensión del abastecimiento de nutrientes de los cultivos de interés económico. El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar la descomposición y liberación de nutrientes de la parte aérea de leguminosas herbáceas perennes. Los tratamientos consistieron en diferentes plantas de cobertura de suelos asociadas con banano: Araquis (*Arachis pintoi*, Krapov. & W.C. Gregory), cudzú tropical [*Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth.], siratro [*Macroptilium atropuerarum* (Sessé & Moc. Ex DC.) Urb] y vegetación espontánea con predominio de pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq). Estas especies se cortaron en la estación seca (abril de 1997) y en la estación lluviosa (enero de 1998). Después de cada corte, muestras de la parte aérea fueron introducidas en bolsas de tela distribuidas en la superficie de las parcelas. La descomposición de la materia seca y la liberación de los nutrientes fueron monitoreadas en los residuos de las bolsas de tela a los 5, 10, 15, 30, 60, 90, 120 y 150 días después de corte de las plantas de cobertura. Los residuos de araquís presentaron la mayor velocidad de descomposición, mientras que la vegetación espontánea presentó una descomposición más lenta. Las constantes de descomposición se redujeron y los tiempos de vida media aumentaron en la estación seca. Existió una rápida liberación de N, Ca y Mg por las leguminosas, mientras que la vegetación espontánea presentó el mismo comportamiento para P. En relación a la composición química de los residuos, los contenidos de celulosa y hemicelulosa estuvieron correlacionados con la pérdida de materia seca. Las liberaciones de N se correlacionaron con los contenido de C y hemicelulosa. Los datos obtenidos ilustran el potencial de las leguminosas perennes para liberar nutrientes, particularmente el cudzú tropical y el siratro. .

Zinc en el cultivo del maíz, deficiencia de ...

- Mizuno, I., Villa, A.M., Jiménez, M., Moretti, M., Sanguesa, V., Efron, D., Berasategui, L. 1988. Elementos mayores y menores en algunos perfiles de suelos de la provincia de Buenos Aires. Rev. Facultad de Agronomía.
- Ratto, S., Fatta, N., Lamas, M. 1991. Análisis foliar en maíz de cultivo. II. Microelementos. Rev. Facultad de Agronomía, 12(1):31-38.
- Ratto, S., Mizuno, I. 1991. "Respuesta del maíz al agregado de zinc en ensayo de invernáculo". XIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Bariloche.
- Ratto, S., Giuffré, L. 1997. Relación P/Zn en cultivo de maíz. Actas de VI Congreso Nacional de Maíz, AIANBA (II) 190-195.
- Ratto, S., Lamas, M.C., Chamorro, E. 1991. "Análisis foliar en plantas de maíz de cultivo. I. Macroelementos. Rev. Facultad de Agronomía, 12(1):23-30.
- Ratto, S., Giuffré, L. 1997. "Relación P/Zn en cultivo de maíz" VI Congreso Nacional de Maíz. Tomo 2. Pag.190-195. Ed. AIANBA. Pergamino.

CURSOS Y SIMPOSIOS

1. Congreso Internacional ASA-CSSA-SSSA

Organiza : ASA-CSSA-SSSA
Lugar y Fecha : Indianapolis - USA
 Noviembre 12-18, 2006
Información : www.acsmeetings.org

2. X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo

Organiza : SECS
Lugar y Fecha : Guayaquil - Ecuador
 Noviembre 22-24, 2006
Información : SECS
 Tel.: 02 2463175
 Fax.: 02 2464104
jespinosa@ppi-ppic.org
fmitev@gye.satnet.net
secs@secsuelo.org
www.secsuelo.org

3. XVIII Conferencia Fertilizantes América Latina

Organiza : British Sulphur
Lugar y Fecha : Miami - USA
 Marzo 18-20, 2007
Información : John French
 Tel.: 44 20 7903 2444
 Fax.: 44 20 7903 2432
conferences@crugroup.com
www.britishtsulphurevents.com

4. Zinc en los Cultivos: Mejoramiento de la Producción de Cultivos y la Salud Humana

Organiza : IFA
Lugar y Fecha : Estambul - Turquía
 Mayo 22-24, 2007
Información : IFA
 Tel.: 33 1 5393 0500
 fax.. 33 1 5393 0545
ifa@fertilizer.org
www.fertilizer.org

5. Conferencia de Agricultura de Precisión InfoAg 2007

Organiza : PPI - FAR
Lugar y Fecha : Illinois - USA
 Julio 10-12, 2007
Información : 107 South State Street,
 Suite 300
 Monticello, IL 61856 USA
 Tel: 217-762-2074
www.infoag.org

6. V Simposio Internacional: Interacciones de Minerales de Suelo con Componentes Orgánicos y Microorganismos

Organiza : Universidad de La Frontera
Lugar y Fecha : Pucón - Chile
 Noviembre 26-30, 2008
Información : Dra. María de la Luz Mora
 Universidad de La Frontera
 Temuco, Chile
 Tel: 56-45-744240 - 41
 Fax: 56-45-325053
mariluz@ufro.cl

PUBLICACIONES DE INPOFOS

Las siguientes publicaciones de INPOFOS se encuentran disponibles al siguiente costo en dólares

	U Manual de Arroz: Desórdenes Nutricionales y Manejo de Nutrientes: Esta publicación contiene información que permite desarrollar estrategias de recomendaciones de fertilización del arroz cultivado en regiones tropicales y subtropicales.	\$ 25.00
	U Guía Práctica para el Manejo de Nutrientes en Arroz: Contiene una discusión concisa y muy práctica de las estrategias de manejo nutricional y recomendaciones de fertilización del arroz cultivado en regiones tropicales y subtropicales. Excelente herramienta de apoyo en el contacto diario con los agricultores.	\$ 15.00
	U Guía de Campo, Serie en Palma Aceitera, Volumen 1: Vivero. Guía de campo preparada específicamente para uso práctico en el manejo diario de la palma aceitera. El volumen 1 cubre el manejo del vivero para producir plántas de calidad que deben estar disponibles para la siembra en el campo en el momento requerido.	\$ 20.00
	U Guía de Campo, Serie en Palma Aceitera, Volumen 2: Fase Inmadura. Guía de campo preparada específicamente para uso práctico en el manejo diario de la palma aceitera. El volumen 2 cubre el manejo de la fase inmadura de la plantación para lograr una población uniforme de palmas productivas en cada bloque del campo.	\$ 20.00
	U Guía de Campo, Serie en Palma Aceitera, Volumen 3: Fase Madura. Guía de campo preparada específicamente para uso práctico en el manejo diario de la palma aceitera. El volumen 3 cubre el manejo de la fase madura de la plantación para lograr rendimientos sostenidos de racimos de fruta fresca a través de toda la etapa productiva del cultivo.	\$ 20.00
	U Síntomas de Deficiencias de Nutrientes y Desórdenes en Palma Aceitera. Guía de Bolsillo para técnicos a cargo del manejo de plantaciones que deseen identificar los síntomas de deficiencia en el campo, conocer algo de sus causas y como éstas podrían prevenirse o remediarse.	\$ 8.00
	U Síntomas de Deficiencias Nutricionales y Otros Desórdenes Fisiológicos en Banano. Guía de Campo para técnicos y agricultores que permite identificar en el campo los síntomas de deficiencias nutricionales, conocer sus causas y determinar una estrategia de prevención o recuperación.	\$ 8.00
	U Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Publicación didáctica sobre uso y manejo de suelos y fertilizantes con datos y ejemplos de diferentes partes del mundo	\$ 15.00
	U Manual de Nutrición y Fertilización del Café. Este manual presenta conceptos modernos del manejo de la nutrición y fertilización del café como herramienta para lograr rendimientos altos sostenidos.	\$ 20.00
	U Manual de Nutrición y Fertilización de Pastos. Esta publicación ofrece a las personas envueltas en la producción ganadera una visión amplia del potencial productivo, de los requerimientos nutricionales y de los factores limitantes impuestos por el ambiente tropical a la producción de forrajes.	\$ 15.00
	U Fertilización del Algodón para Rendimientos Altos. Publicación que cubre en forma detallada los requerimientos nutricionales, análisis foliar y de suelos y fertilización del cultivo del algodón.	\$ 5.00
	U Nutrición de la Caña de Azúcar. Este manual de campo es una guía completa para la identificación y corrección de los desórdenes y desbalances nutricionales de la caña de azúcar. El tratamiento completo de la materia y las excelentes ilustraciones hacen de este manual una importante herramienta de trabajo en la producción de caña.	\$ 8.00

PEDIDOS DE PUBLICACIONES: Las publicaciones de INPOFOS pueden ser adquiridas en las siguientes direcciones:

COLOMBIA: *Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS).* Carrera 11 No. 66-34, Oficina 204. Telf.: 211-3383 Fax.: 211-3383. E-mail: scsuelo@cable.net.co. Bogotá, Colombia.

COSTA RICA: *Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS).* Código Postal 2060. Telf.: 224-3712 Fax: 224-9367. E-mail: fbertsch@cariari.ucr.ac.cr. San José, Costa Rica.

PERU: *Corporación MISTI S.A.* Ing. Federico Ramírez, Tudela y Varela 179, San Isidro. Telf.: 222-6722 Fax.: 442-9881. E-mail: framirez@corpimizi.com.pe. Lima, Perú.

Molinos & Cía S. A. Fertilizantes. Ing. Edgardo Alaluna Av. de Los Ingenieros No. 154, Urb. Ind. Sta. Raquel 2da. Etapa - Ate. Telf.: 349-0920 Fax.: 348-0615. E-mail: edgardoag@molicom.com.pe. Lima, Perú.

EN OTROS PAISES: Solicitar las publicaciones a las oficinas de INPOFOS en Quito. Adjuntar cheque girado contra una plaza de los Estados Unidos a nombre del Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS) por el valor de las publicaciones más costo de correo (US \$ 4.00 dólares por publicación).