

Aplicaciones foliares para la nutrición de los frutales de pepita

Factores que influyen en la eficacia de aspersión de cada elemento mineral con especial incidencia del calcio

La eficacia de los tratamientos foliares depende de la movilidad de cada nutriente a través de la planta. Además, es importante considerar los factores inherentes a la planta, al ambiente y a las propiedades y composición de la solución de aspersión. En este artículo se detallan las particularidades de la nutrición vía foliar de cada elemento mineral en los frutales de pepita con especial importancia del calcio, por ser éste un elemento muy poco móvil y de gran importancia en estos cultivos.

Jesús Val Falcón.

Dr. en Ciencias Químicas. Científico titular.
Estación Experimental de Aula Dei.
Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

La organización morfológica del tejido foliar es capaz de albergar la toma de nutrientes gaseosos, mientras que las raíces adquieren los solubles en agua, que principalmente se suministran por el abonado. Sólo cuando los nutrientes están firmemente fijados al suelo o cuando los requerimientos de la parte aérea del cultivo son mayores que la tasa de asimilación del sistema radicular, se puede adoptar la fertilización foliar como práctica cultural rutinaria.

La eficacia de los tratamientos foliares depende de la movilidad del nutriente a través de la planta, comprendiendo los mecanismos de transporte a larga distancia, especialmente en el floema y en el simplasto celular. Potasio y nitrógeno son dos ejemplos de nutrientes muy móviles y, cuando éstos son aplica-

dos a las hojas, pueden redistribuirse rápidamente por toda la planta. Calcio, azufre y hierro tienen movilidades muy bajas. Así, el calcio captado por las hojas no se redistribuye a los tejidos jóvenes o a los frutos que pueden ser deficitarios en este elemento. Los micronutrientes, al ser necesarios en menores cantidades, por lo general son más fácilmente aplicables vía foliar (Mengel, 2002).

Los nutrientes pueden incorporarse al árbol por aplicaciones diluidas de minerales a las hojas, yemas, madera o frutos. Sin embargo, la cantidad de minerales susceptible de ser absorbida a través de las capas externas de células recubiertas de ceras suele ser pequeña en relación a la demanda de la planta por dichos nutrientes. Los nutrientes minerales no entran en las células epidérmicas por la superficie de cera epicuticular, sino a través de los poros ectodesmos que tienen un diámetro inferior a 1 nm (Schönherr, 1976).

Estos poros son permeables a solutos como la urea que tiene un radio molecular de 0,44 nm, pero no a moléculas más grandes como los quelatos sintéticos. Los ectodesmos tienen cargas negativas, posiblemente de los ácidos poligalacturónicos, que incrementan su densidad desde el exterior hasta el interior de la cutícula.

Así, la permeabilidad de los cationes aumenta a lo largo de este gradiente, mientras que los aniones son repelidos en esta región (Tyree *et al.*, 1990). Por lo tanto, la toma de cationes por las hojas es más rápida que la de aniones. El número de ectodesmos en la superficie adaxial de las hojas (haz) es generalmente inferior que en la abaxial (envés). Se estima que el número de ectodesmos por cm² es de aproximadamente 1.010 (Marschner, 1995).

Esta densidad de ectodesmos está fuertemente afectada por las condiciones ambientales y por el estado fisiológico de las hojas. Los estreses como las temperaturas altas, la intensa radiación solar, sequía y afecciones patógenas hacen disminuir el número de ectodesmos de la hoja. A medida que ésta se desarrolla, disminuye el número de estos poros por unidad de superficie. Según Schönherr y Bukovac (1978), el número de ectodesmos afecta no sólo a la capacidad de las hojas para absorber iones, sino a su permeabilidad.

Según Marschner (1995), es preciso tener en cuenta que existen impedimentos que limitan la captación de nutrientes por las hojas:

1. Tasas de penetración bajas, especialmente en hojas con cutícula muy gruesa.
2. Falta de adhesión a las superficies hidrofóbicas.
3. Lavado producido por la lluvia.
4. Rápido secado de las soluciones foliares.
5. Escasas tasas de traslocación de ciertos minerales como el calcio desde los lugares que reciben la aplicación, generalmente las hojas desarrolladas, hasta otras partes de la planta.



Foto 1. Aspersión foliar en manzano.

FRUTALES DE PEPITA dossier



Foto 2. Fitotoxicidad en manzano inducida por aspersiones de calcio al 2% (peso/volumen).

6. Los macronutrientes, a excepción del nitrógeno en forma de urea, sólo pueden aportarse a la planta en forma de aspersión en cantidades limitadas.

7. Es posible que se produzca daño a las hojas, necrosis y quemado.

El daño que sufren las hojas por aplicaciones foliares a alta concentración es un serio problema práctico. Este daño es más el resultado de un desequilibrio nutricional que una alteración del potencial osmótico de las hojas. En general, los daños foliares se alivian cuando el pH de la solución es bajo (Neumann *et al.*, 1983).

Factores que influyen en la eficacia de las aspersiones foliares

Para el buen éxito de la fertilización foliar es necesario considerar los factores inherentes a la planta, al ambiente y a las propiedades y composición de la solución de aspersión (**cuadro I**). Con respecto a esta última, hay que conocer la movilidad del nutriente que se pretende incorporar al tejido vegetal, la concentración salina de la solución, pH, tensoactivos adicionados y tamaño de la gota que produce el dispositivo de aplicación.

De las condiciones ambientales hay que tener en cuenta la temperatura, el viento, la luz, la humedad relativa y la hora de aplicación; de la planta, la especie y el cultivar; del cultivo, el estado nutricional, la etapa de desarrollo y la edad de las hojas (Kovacs, 1986). A continuación se desglosan los parámetros más importantes que condicionan el éxito de la nutrición foliar por aspersión de soluciones nutritivas.

CUADRO I. FACTORES QUE CONDICIONAN LA EFECTIVIDAD DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR (ADAPTADO DE ALEXANDER, 1986)

Planta	Condiciones ambientales	Caldo de aspersión
Cera cuticular	Temperatura	Concentración
Cera epicuticular	Luz	Cantidad aplicada
Densidad de ectodesmos	Fotoperíodo	Tecnología de aplicación
Edad de la hoja	Viento	pH
Estomas	Humedad	Polaridad
Células guarda	Sequía	Higroscopicidad
Tricomas	Hora del día	Tipo de compuestos
Haz de las hojas	Potencial osmótico en la zona radicular	Estabilidad
Envés de las hojas	Estrés nutritivo	Relaciones entre los nutrientes (antagonismos y sinérgismos)
Turgencia foliar		Tensoactivos
Varietal de cultivo		Calidad del agua
Etapa de cultivo		Humectantes
Capacidad de intercambio		
Estado nutricional de la planta		

CUADRO II. CONCENTRACIÓN FOLIAR DE NUTRIENTES EN MANZANO Y PERAL

Nutriente	Manzano		Peral	
	Deficiencia	Normal	Deficiencia	Normal
N (%)	<1,5	1,7-2,5	<1,8	1,8-2,6
P (%)	<0,13	0,15-0,3	<0,11	0,12-0,25
K (%)	<1,0	1,2-1,9	<0,7	1,0-2,0
Ca (%)	<0,7	1,5-2,0	<0,7	1,0-3,7
Mg (%)	<0,25	0,25-0,35	<0,25	0,25-0,90
Mn (ppm)	<25	25-150	<14	20-170
Fe (ppm)		40-500?		100-800
B (ppm)	<20	20-60	<15	20-60
Cu (ppm)	<4	05-dic	<5	6-20
Zn (ppm)	<14	15-200	<16	20-60
Mo (ppm)	<0,05	0,1-0,2		

FERTILIZANTES Y PRODUCTOS FITOSANITARIOS

LUQSA
LERIDA UNION QUIMICA / SA

<http://www.luqsa.com>
Info@luqsa.com

Afuera, s/n. 25173 SUDANELL (LLEIDA)
Tel. 973 25 82 56 - Fax 973 25 80 19

En frutales de pepita, las aplicaciones secuenciales de varios nutrientes por aspersión han mejorado el crecimiento y producción del árbol por el alivio de los síntomas de deficiencias nutricionales. También han permitido mejorar la calidad del fruto en los casos del calcio y fósforo, reduciendo sus desórdenes fisiológicos. Los mecanismos de toma de nutrientes y los factores que favorecen su absorción cuando se aplican por vía foliar se recogen en profundidad en la revisión de Wójcik (2004).

Para establecer un programa de fertilización en frutales, se deben considerar la edad de la plantación, el nivel de producción y el estado nutricional del cultivo. Este último se determina mediante los análisis de suelo y foliares. En el **cuadro II** se muestran los valores foliares de referencia generales que propusieron Shear y Faust (1980), que corresponden a muestras de hojas tomadas en julio para manzano y para peral hojas de lamburda en agosto.

A continuación se detallan distintas consideraciones acerca de las aspersiones foliares en frutales de pepita individualizadas por elemento.

Aspersiones foliares de nutrientes minerales

Nitrógeno

El nitrógeno es el elemento más importante desde el punto de vista de crecimiento del cultivo, pero también es el que potencialmente puede causar mayores agresiones al medio ambiente si no se aplica racionalmente. En los últimos años existe una fuerte preocupación social por la degradación continua del medio ambiente, que se ha traducido en la emisión a nivel de la Unión Europea, España y comunidades autónomas de una serie de disposiciones oficiales relativas, en particular, a la protección del patrimonio agua: Directiva CEE nº 91/676 de 12 de diciembre, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias; Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero (BOE nº 61 de 11-03-96), sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias (Espada, 2002).

Se han realizado numerosos estudios acerca del aporte de nitrógeno a los frutales por aspersión foliar con el fin de controlar las entradas de este nutriente al medio agrícola y reducir las emisiones al entorno (Titus y Kang, 1982).

La urea es la forma de nitrógeno más comúnmente utilizada en el manzano, si bien los nitratos de calcio y potasio también se han aplicado con éxito. Las concentraciones de urea en el caldo de aspersión suelen ser de un 5% o menos. La trasloca-



Foto 3. Deficiencia de nitrógeno en peral. (Cortesía de Manuel Sanz).

ción de la urea foliar aplicada en verano desde las hojas a otros tejidos es rápida y se han descrito rendimientos desde muy altos (Boynton, 1954) hasta muy limitados (Forshey, 1963).

Este último autor describe que si se intenta proporcionar al árbol el total de nitrógeno por vía foliar, se obtienen crecimientos pobres. En otoño, durante la senescencia, se produce un mecanismo natural de exportación de nitrógeno desde las hojas que va a aumentar las reservas del árbol que favorecen el crecimiento en la próxima primavera. En estudios en maceta con plantas jóvenes, el nitrógeno exportado en esta época variaba del 23 al 70% (Titus y Kang, 1982).

Sin embargo, Khemira *et al.* (1998) describen que, en árboles *Delicious* adultos, se encontró muy poco nitrógeno de la aplicación en otoño en los tejidos de la primavera siguiente. Se han descrito evi-

dencias, en manzanos con suficiente nitrógeno en el período de senescencia, en las que el nitrógeno aplicado como urea no hace aumentar la concentración foliar de este elemento, sino que reemplaza al nitrógeno de la hoja que se exporta de forma natural. Esto permite sugerir que las aplicaciones de urea en otoño son útiles para los árboles con un estatus de nitrógeno bajo.

En recientes experimentos con plantas de un año, aplicando N²⁵ por vía foliar y a las raíces en diferentes fechas del ciclo de cultivo, se ha encontrado que la toma de este elemento por vía aérea fue superior a la radicular en mayo y septiembre, mientras que en julio la adquisición por las raíces superó a la de los tratamientos foliares (Dong *et al.*, 2005). Estos autores proponen, como estrategia para regular el aporte de nitrógeno a árboles jóvenes, tratamientos tempranos por aspersión, seguidos por aplicaciones al suelo y terminando con nuevos tratamientos foliares al final del ciclo de cultivo.

Hay que resaltar la opinión de diversos autores que desaconsejan los tratamientos foliares con urea en el cultivo del peral, tanto por su falta de efectividad como por los daños que su-



Foto 4. Deficiencia de potasio en peral.

fre el fruto (Perya y Willemsen, 2000). Sin embargo, Zilkah *et al.*, (1998) recomiendan el uso en primavera de estos tratamientos cuando las condiciones de acumulación de horas de frío son insuficientes y la primavera siguiente es especialmente calurosa. Estos mismos autores reconocen que en condiciones climáticas más suaves no se observan efectos apreciables.

En resumen, el aporte de nitrógeno a los frutales de pepita para alcanzar sus requerimientos nutricionales debe tener en cuenta las reservas acumuladas del árbol y la toma por las raíces. El ciclo natural del nitrógeno en el árbol ofrece la oportunidad de manipular el estatus de este elemento tanto en la actual temporada de cultivo como en la siguiente. Sin embargo, hay que recordar que la fertirrigación ofrece una vía de suministro de nitrógeno relativamente eficaz si se maneja adecuadamente el uso del agua.

Fósforo

En los frutales de hoja caduca el fósforo juega un papel importante en el desarrollo radicular, en la floración y en el cuajado de los frutos. La aplicación foliar de compuestos solubles de fósforo ha permitido mejorar el estatus de este nutriente en frutales de pepita. A pesar de participar en importantes procesos de la fisiología vegetal, la cantidad requerida de fósforo (P) por los frutales es baja cuando se compara con otros macronutrientes como nitrógeno (N), potasio (K) y calcio (Ca).

La necesidad de P de las especies frutales está íntimamente relacionada con la concentración en los órganos de la planta y con la cantidad que se exporta a los frutos y al material de poda. Las hojas tienen una concentración que varía entre 0,10 y 0,40% en base a materia seca, mientras que los frutos tienen una concentración muy inferior, del orden de 0,005 a 0,0012%. La estructura permanente de la planta (ramas, tronco y raíces) tiene una concentración baja del elemento, del orden de 0,04 a 0,09%.

La cantidad anual de P requerida por los frutales no supera 20 kg/ha. Aproximadamente la mitad se exporta al sistema por los frutos y el material de poda (si no vuelve al suelo), mientras que la otra mitad se reparte entre la porción que queda inutilizada en el material estructural del tronco y ramas y aquella disponible al ser reciclada debido a su carácter de elemento móvil (Sánchez, 1999).

Para mejorar la calidad del fruto, se han realizado aspersiones foliares de fósforo en etapas tempranas del ciclo de cultivo (de cuatro a seis semanas tras plena floración) durante el período de multiplicación celular. Como ejemplo, baste citar que aspersiones semanales de potasio dihidrógenofosfato al 1% aumentan la concentración de este nutriente en fruto y reducen los daños por bajas temperaturas en ciertos cultivares como Bramley, Cox's Orange Pippin y McIntosh (Neilsen y Neilsen, 2003).

Potasio

En pocas ocasiones se ha observado que los frutales de pepita respondan a los tratamientos foliares de potasio, en parte debido a las grandes cantidades que necesita el cultivo para su óptimo desarrollo y a la facilidad de mejorar su deficiencia aplicándolo al suelo.

Magnesio

Apenas se encuentran trabajos en la bibliografía que describan prácticas de fertilización con magnesio en frutales de pepita. Sin embargo, la alta solubilidad de las sales de magnesio per-

ELIJA KUHN, ELIJA LA DIFERENCIA



FC 303/353 CONSTANT FLOAT®

UN MAYOR ALIGERAMIENTO PARA OBTENER MEJORES RESULTADOS

El porvenir pertenece a aquellos que sabrán controlar los niveles de ácido butírico en la leche y conservar la cubierta vegetal para acelerar el crecimiento. Para conseguir estos retos, KUHN ha inventado un sistema de aligeramiento constante CONSTANT FLOAT® para las segadoras acondicionadoras FC 303/353, de regulación sencilla y fiable.



CONSTANT FLOAT®
Aligeramiento constante sobre un amplio desplazamiento. Una exclusividad KUHN.



www.kuhn.es

175
Years of Excellence

KUHN IBÉRICA, S.A.

Pol. Ind. Los Frailes, 23 • 28814 Daganzo (Madrid) • Tel.: 91 878 22 60 • Fax: 91 878 25 01

e-mail: info@kuhn.es



Foto 5. Deficiencia de magnesio en peral. (Manuel Sanz).

mite su aplicación como abono foliar. Se han utilizado aplicaciones foliares repetidas 2-5, para aliviar los síntomas de la deficiencia de este elemento en manzano. Estos tratamientos se aplican generalmente en posfloración a finales de mayo-principios de julio en el hemisferio norte, consiguiendo aminorar la caída de frutos asociada a la deficiencia severa de este nutriente (Ford, 1964). Se puede utilizar el sulfato de magnesio (sal de Epsom) al 2% (peso/volumen), aunque también se han usado otras sales como cloruro y nitrato (Neilsen y Hoyt, 1984).

Boro

En los frutales caducifolios el boro interviene en la absorción de agua, en la de cationes, especialmente en la de calcio, en la formación de la pectina de las membranas celulares y en el metabolismo de los glúcidos.

En el manzano, si la deficiencia de boro es aguda, mostrará muerte descendente de las ramas, venas amarillas y rojas en las ramas terminales y muerte de pequeñas zonas de la corteza cer-

ca de las puntas; los entrenudos se acortan formando usualmente una roseta.

Los síntomas de deficiencia de boro se ven con frecuencia en los frutos antes de que se manifiesten en las ramas y/o las hojas. Se producen zonas corchosas internas, redondas o irregulares, con áreas de color café dentro de la zona central, que se observa claramente al hacer un corte del fruto. Las masas celulares muertas se tornan secas, duras y corchosas.

La aplicación foliar de boro en frutales en otoño es muy efectiva para incrementar la concentración de este elemento en las yemas florales y mejorar el cuajado de frutos en la temporada siguiente (Brown y Shelp, 1997). Este tipo de aplicaciones de boro en compuestos como ácido bórico (20%) son muy efectivas y más adecuadas que la adición de boro al suelo, ya que la concentración aplicada es mucho más baja vía foliar (0,2-0,5% peso/volumen).

Una práctica común para mantener el boro en niveles adecuados consiste en realizar una única aplicación temprana previa a la floración. Con este tratamiento se aseguran niveles adecuados para el crecimiento de los tubos polínicos, la fertilidad de las flores, cuajado y desarrollo de frutos, lo que puede ser especialmente útil si las condiciones de polinización no son las óptimas (Perya, 2002). Este autor demuestra la eficacia equivalente de las formulaciones de boro bajo ocho distintas formas comerciales y recomienda las aplicaciones foliares anuales para mantener el estatus de este elemento en frutales bajo las condiciones de cultivo del estado de Washington.

Para corregir deficiencias severas de boro es preciso realizar varias aspersiones a lo largo del período de cultivo.

Cinc

La deficiencia de cinc se da principalmente en árboles de hoja caduca. Los brotes jóvenes tienen entrenudos cortos, las hojas jóvenes se quedan pequeñas y se desarrolla clorosis intervenal. Debido a los entrenudos cortos, las hojas se disponen en forma de roseta. En ausencia de cinc no se forman los precursores de la auxina, responsable de la elongación. También pueden formarse rosetas en cultivos anuales; en estos casos aparece clorosis en las hojas viejas, jóvenes e intermedias, con coloración rojiza o parda y necrosis. Las plantas en estado carencial de cinc manifiestan una marcada disminución del contenido en pigmentos. En determinados casos, y en función del genotipo, la deficiencia de cinc potencia la absorción de hierro por la planta (Val y Monge, 1990).

Es necesario el uso de métodos efectivos para aportar cinc a los frutales, debido a la extensión de la deficiencia de este elemento en todo el mundo. Las aplicaciones al suelo son poco efectivas, ya que, aunque las raíces de los frutales exploran amplias zonas del suelo, el cinc es poco móvil en este medio (Swietlik, 2002).

Una forma rápida y efectiva para corregir la deficiencia de cinc consiste en la aplicación anual de aspersiones foliares de compuestos que contengan este elemento. Sin embargo, estos tratamientos adolecen de escaso efecto residual debido a la baja movilidad de este elemento desde las hojas que reciben la aplicación hasta las que no la han recibido o hasta las que están en formación. Se

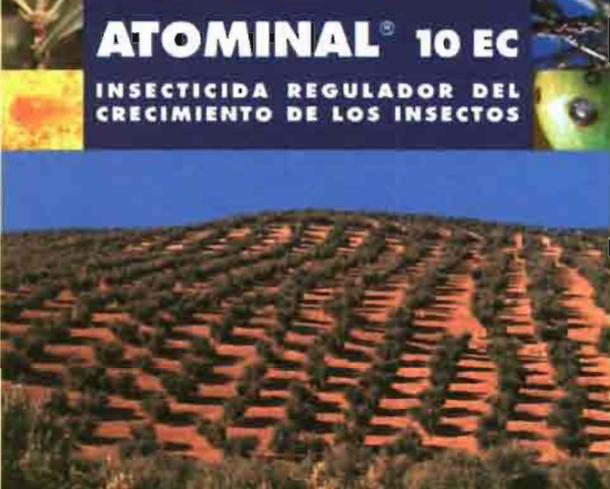


Foto 6. Deficiencia de cinc en manzano.

PRODUCTOS MASSÓ PARA EL OLIVAR



ATOMINAL® 10 EC
INSECTICIDA REGULADOR DEL
CRECIMIENTO DE LOS INSECTOS



**COBRE
NORDOX®
75 WG**

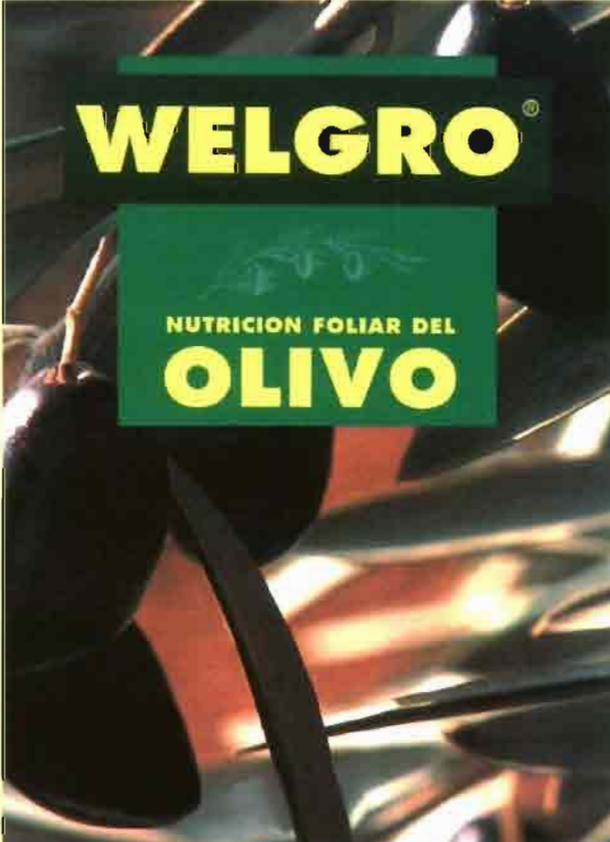
FUNGICIDA CÚPRICO DE ALTA CONCENTRACIÓN
GRÁNULOS DISPERSABLES EN AGUA



M MASSO
DIVISION ORDO

WELGRO®

NUTRICION FOLIAR DEL
OLIVO

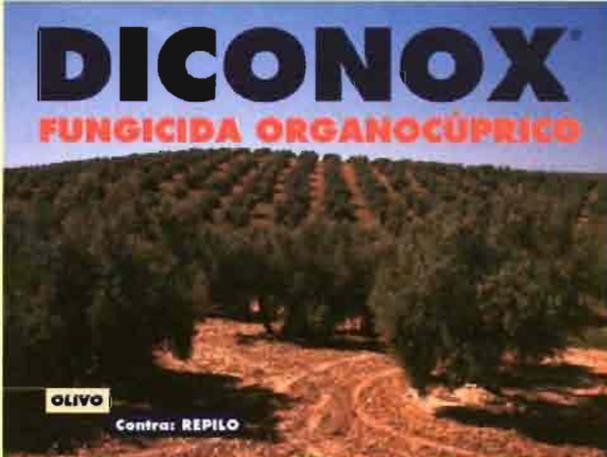


DICONOX®
FUNGICIDA ORGANOCÚPRICO

OLIVO
Contra: REPILO

VINA
Contra: MILDIU

PATATA
Contra: MILDIU
y ALTERNARIA




Un fungicida
clásico de probada
eficacia y de gran
calidad de
formulación



COMERCIAL QUÍMICA MASSÓ, S.A.

Viladomat 321, 5º - 08029 BARCELONA - Tel. 93 495 25 00 - Fax 93 495 25 02
E-mail: masso@cqm.es



Foto 7. Deficiencia de hierro en manzano (izquierda) y en peral (derecha).

han utilizado aspersiones de efecto retardado en forma de sulfato de cinc, aunque cuando el fruto está unido al árbol se prefieren las formas quelatadas para evitar daños a estos órganos. Por otra parte, apenas se han encontrado diferencias en la efectividad de los compuestos de cinc si su solubilidad y concentración son similares (Neilsen y Neilsen, 2003).

Es preciso resaltar las advertencias de Sánchez y Righetti (2002) acerca del uso indiscriminado de las aspersiones de este elemento a lo largo de la estación, ya que hacen aumentar los niveles foliares por encima del óptimo, además de enmascarar la interpretación del análisis foliar. Estos autores demuestran, utilizando un isótopo estable de cinc, la nula persistencia de los tratamientos del año anterior en los tejidos desarrollados en primavera y recomiendan, como única medida efectiva, la aplicación de tratamientos sólo en primavera para incorporar cantidades moderadas de cinc en los órganos del frutal.

Hierro

El contenido de hierro en las plantas es muy variable, considerándose como normales valores en hoja entre 60 y 300 ppm, mientras que en plantas deficientes pueden oscilar entre 10 y 30 ppm. El contenido de hierro total dice muy poco acerca del estatus nutricional de la planta, ya que los niveles, en casos de defi-

ciencia, pueden ser iguales e incluso superiores a los de las plantas normales (Monge *et al.*, 1990; Val *et al.*, 1995).

La deficiencia se manifiesta por una clorosis característica que comienza en las hojas jóvenes en las extremidades de los brotes, alcanzando después las hojas más viejas. El limbo toma un color verde pálido, después amarillo uniforme o casi blanco, con excepción de los nervios que quedan verdes. Si la deficiencia se produce regularmente todos los años, el crecimiento de los árboles se ve afectado, la floración es más débil, los frutos son menos numerosos, más pequeños y fuertemente coloreados, los brotes se debilitan y los árboles se deprimen.

Es difícil corregir la deficiencia de hierro en frutales de pepita mediante la aplicación de sales solubles al suelo debido a su tendencia a precipitar, haciéndolo no disponible para la planta. Tampoco se han obtenido buenos resultados aplicando simultáneamente sulfato ferroso con materia orgánica y otros acidificantes fuertes. Las formas quelatadas de hierro sí que permanecen solubles en el suelo, si bien su efectividad se contrarresta por el alto precio de estos compuestos. El hierro-EDDHA es muy efectivo en amplios rangos de pH del suelo.

En el siglo XIX en Francia se aplicó sulfato ferroso en el follaje de la vid para corregir la clorosis en las plantas (Gris, 1844). La deficiencia de hierro se sigue corrigiendo en la actualidad por aspersiones foliares de soluciones diluidas de sulfato ferroso o de distintos quelatos de hierro. Se necesitan múltiples aplicaciones foliares a los brotes en crecimiento, y repetirse éstas cada año.

En peral se han realizado distintos tratamientos combinando varias sales y quelatos de hierro, tensoactivos y acidificantes (Alvarez-Fernandez *et al.*, 2004). Ninguno de estos tratamientos indujo la completa recuperación de las plantas. Estos autores concluyen que, a pesar de que las aplicaciones foliares de hierro no son capaces de controlar completamente la clorosis férrica en peral, pueden utilizarse como técnica complementaria a los tratamientos de quelatos al suelo, debido a su bajo impacto ambiental y reducido costo.

Manganeso

El manganeso tiene importantes funciones en el metabolismo de las plantas, particularmente en los procesos de activación de diferentes enzimas, síntesis de clorofila, fotosíntesis, reducción de nitratos y síntesis de aminoácidos y proteínas. A diferencia de otros elementos traza esenciales (Cu, Zn, Fe y Mo), que normalmente son componentes de enzimas, el manganeso usualmente actúa como activador y puede ser sustituido por otros iones metálicos. El manganeso, similar al magnesio en sus funciones bioquímicas, está implicado en la activación de reacciones enzimáticas, entre las que se encuentran las de fosforilación, decarboxilación, reducciones e hidrólisis y, por lo tanto, afecta a importantes procesos fisiológicos como la respiración, síntesis de aminoácidos, biosíntesis de lignina y nivel de hormonas en plantas (Monge y Val, 1990).

La deficiencia de manganeso en frutales se manifiesta como una clorosis intervenal, similar a la del hierro. En general, las venas y células más próximas al tejido intervenal permanecen ver-



Foto 8. Deficiencia de manganeso en peral (izquierda) (Manuel Sanz) y manzano (derecha).

des durante más tiempo, incluso cuando los puntos cloróticos llegan a necrosarse. De esta forma, la deficiencia de manganeso es fácilmente distinguible de la del hierro (Monge y Val, 1990; Val *et al.*, 1995 y 1997). Cuando la deficiencia es severa, las hojas pierden por completo su color y se produce una fuerte defoliación.

Cuando las condiciones del suelo, como el pH alto, hacen que el manganeso no esté disponible para la planta, es difícil la corrección de esta deficiencia mediante el aporte al suelo de este elemento. Las aspersiones foliares de sulfato de manganeso aplicadas directamente sobre los tejidos con síntomas hacen reverdecer las hojas cloróticas, aunque cuando la deficiencia es severa, se necesitan varias aplicaciones (Nielsen y Nielsen, 2003).

Cobre

Cerca del 70% del cobre foliar está contenido en los cloroplastos, y de éste más del 50% está en forma de plastocianina. El cobre interviene en un gran número de enzimas, bien como activador, bien formando parte de ellas como grupo prostético. Al igual que el hierro, puede reducirse reversiblemente, lo que le permite intervenir en un gran número de procesos redox. Debido a su acción catalítica en reacciones de óxido-reducción, la deficiencia de cobre afecta el flujo energético de la respiración y fotosíntesis.

Entre los síntomas visuales de la deficiencia de cobre, puede destacarse que las hojas jóvenes permanecen enrolladas y muestran falta de turgencia en diferentes grados y que las ramas de los árboles se curvan, a causa de una falta de lignificación. La deficiencia de cobre provoca una disminución en la cantidad de clorofilas y aparece un color mate que sugiere una reducción específica del contenido en carotenoides (Val y Monge, 1990).

En raras ocasiones se han observado síntomas de deficiencia de cobre en cultivos frutales, debido a los aportes realizados por los fungicidas a base de este elemento. Tampoco se utilizan aplicaciones de cobre al suelo por fertirrigación u otros métodos.

Aspersiones de calcio y calidad de fruto

En las plantas, el calcio es un elemento muy poco móvil y tiende a acumularse en los órganos más viejos, mientras que los de mayor actividad metabólica (hojas en crecimiento, flores, frutos y meristemas apicales) son los que necesitan un mayor aporte. Por lo tanto, la deficiencia de este macronutriente afecta, en primer lugar, a las partes en formación y meristemas en crecimiento, donde queda fijado y prácticamente inmóvil en sus paredes celulares. Debido a esta inmovilidad, las hojas viejas pueden tener concentraciones normales de calcio, mientras que las jóvenes, frutos u otros órganos pueden presentar niveles por debajo de los adecuados (Chiu y Bould, 1977).

En la Estación Experimental de Aula Dei se están llevando a cabo una serie de trabajos encaminados a profundizar en el conocimiento del papel metabólico del calcio en plantas, con especial énfasis en las fisiopatías provocadas por bajos niveles de este nutriente en tejidos del fruto. Estos estudios comprenden: caracterización de la deficiencia de calcio en tomate; evolución de nutrientes en hoja y fruto de manzano; inducción artificial de manchas similares al bitter pit con fines de investigación y de predicción; tinciones selectivas de enzimas y de calcio en secciones de fruto; análisis de flores para el diagnóstico del estatus nutricional; y nuevos tratamientos de calcio en aspersión foliar y

AGROMONEGROS: SELECCIÓN GANADORA

Le presentamos la mejor Selección de Semillas, adecuadas para cualquier explotación cerealista.

Semilla Certificada de total garantía y calidad, que le supondrá una importante reducción de costes en la siembra y máxima seguridad en los procesos de multiplicación a Cooperativas y Multiplicadores.



Tel. Atención al Cliente:
902 168 289

Ctra. Sariñena, Km 25,6
Tel. 976 16 82 89 • Fax 976 16 82 95
50160 LECIÑENA - ZARAGOZA
e-mail: info@agromonegros.com
web: www.agromonegros.com



Foto 9. Manifestación del bitter pit natural (izquierda) e inducido artificialmente por infiltraciones de magnesio (derecha).

reguladores de crecimiento (Aznar *et al.*, 2001a, 2001b, 2001c; Cortes *et al.*, 2002; Val *et al.*, 1998, 1999, 2000, 2002a, 2002b; Val, 2003a y 2003b). Asimismo, se está profundizando en recientes hallazgos relacionados con la acumulación de calcio en las manchas corchosas del fruto, independientemente de la causa que las ocasiona, así como en la aparición de proteínas específicas en estas zonas del fruto (Val *et al.*, 2004).

En nuestra opinión, el conocimiento de los procesos metabólicos implicados en el desarrollo de las fisiopatías dependientes de calcio permitirá aportar soluciones que impidan o mitiguen al mínimo las pérdidas de producción debidas a deterioros cualitativos de los frutos. Esta investigación persigue la obtención de producciones de calidad, rentables y eficientes, haciendo hincapié en la gestión agrícola integrada, la conservación del suelo, agua, energía y recursos biológicos.

Las fisiopatías relacionadas con el calcio en frutas y hortalizas provocan grandes pérdidas de producción por el deterioro de calidad de los productos destinados al consumo y por la reducción de su capacidad de conservación. El bitter pit es una fisiopatía dependiente del calcio que constituye el principal problema en la producción de manzana en todo el mundo (Val, 2003a y 2003b).

En vista de las dificultades para mejorar la toma de calcio por el fruto, vía radicular, las aspersiones de Ca, especialmente como cloruro o nitrato, se recomiendan y aplican en muchas partes del mundo como medida de protección rutinaria para evitar la deficiencia localizada de Ca en el fruto y mejorar su calidad. Sin embargo, el uso de estas técnicas no ha producido resultados concluyentes, entre otros motivos porque el Ca aplicado a las hojas no se transporta al fruto y no contribuye a un aumento apreciable en este órgano. Por lo tanto, los efectos de las aspersiones comerciales de Ca en el contenido de Ca en fruto son muy limitados.

La reducción de bitter pit en manzano por las aspersiones no es siempre concomitante con aumentos de la concentración de Ca en fruto (Stahly, 1986). Así, Ferguson y Triggs (1990) observaron que el modelo bajo Ca/bitter pit no se daba en todas las partidas de fruta. A la vista de la diversidad de observaciones referidas por los distintos investigadores, Ferguson y Watkins (1989) concluyen que el bitter pit está regulado por otras nume-

rosas variables además del calcio, y Stahly y Benson (1976) proponen que niveles bajos de Ca en fruto predisponen al bitter pit, pero su desarrollo está asociado con factores desconocidos.

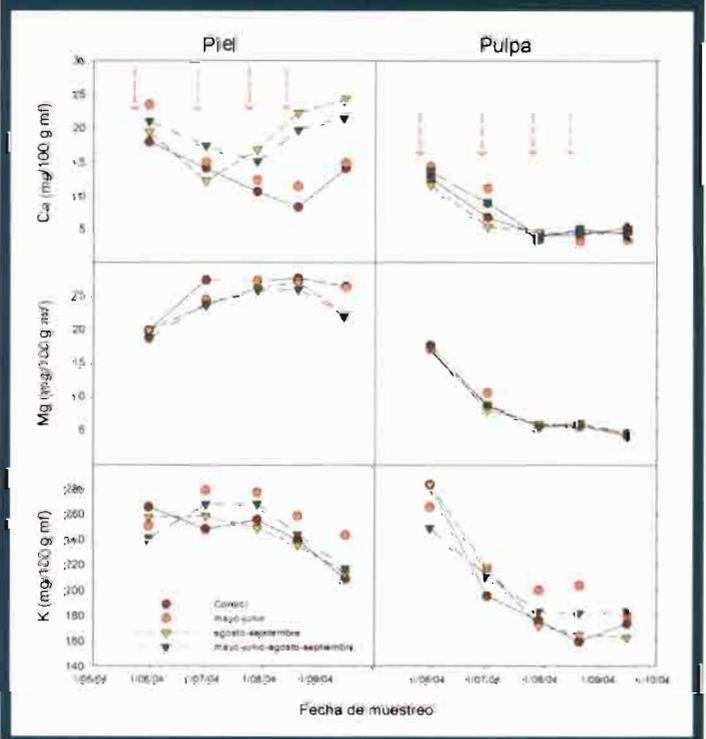
Teniendo en cuenta esta información, y contando con la experiencia de numerosos ensayos previos realizados por nuestro grupo con distintas formulaciones de calcio en los que no se apreciaron en cosecha niveles de calcio sustancialmente más altos en los tratamientos que en los controles, y que el efecto beneficioso desde el punto de vista del bitter pit fue variable, diseñamos un experimento que consistió en aumentar la concentración de calcio en la solución, muy por encima de las recomendaciones comerciales, 1% (p/v) Ca elemental en el caldo de aspersión, aplicado en tres estrategias a lo largo del ciclo de cultivo.

Se trabajó en una plantación de tres años de *Smoothie Golden Delicious* sobre Pajam1 de la Finca Experimental de la Estación Experimental de Aula Dei. Se ensayaron 3 estrategias de aplicación: en la primera mitad del ciclo del cultivo (una aplicación el 31 de mayo y una el 1 de julio), en la segunda (29 de julio y 20 de agosto) y en una tercera que cubriera toda la estación (4 aplicaciones en las fechas mencionadas).

Los resultados obtenidos permiten afirmar que, a pesar de la alta concentración de calcio aplicada, no se han podido observar enriquecimientos de este elemento en pulpa tras los tratamientos. Sin embargo, el calcio en la epidermis aumenta significativamente con respecto al control, con las estrategias que incluyen tratamientos en la segunda mitad del ciclo de cultivo, efecto

FIGURA 1.

Concentración de Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ en pulpa y piel de manzanas Golden tratadas con calcio en aspersión foliar siguiendo tres estrategias. Las flechas indican la aplicación de calcio.



POLIFOSFATOS

+ PERLADO

+ PRECISIÓN

= RESULTADOS

Acthyva

con Poly-P™

¡Una sola aportación!
Todos los nutrientes combinados en el mismo prill.



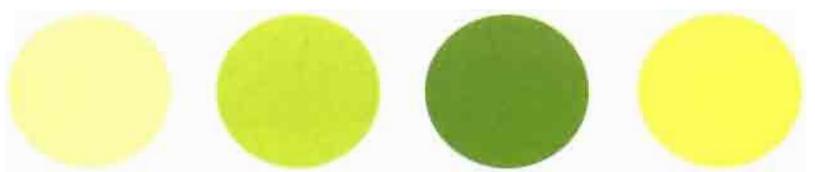
UNA SOLA APORTACIÓN EN EL MOMENTO DEL AHIJADO

Absorción de P_2O_5 (Kg/ha) de trigo con 4,5 t/ha de cosecha.



El 70% de la absorción de fósforo ocurre en el periodo de 4 a 8 semanas.

Momento de aplicar Acthyva.



que persiste en la recolección. El resto de elementos analizados no se alteraron en ambos tejidos del fruto.

Nuestros resultados permiten afirmar que la concentración de calcio en la pulpa de manzana no varía en las fechas de muestreo en función del tratamiento (figura 1). Es decir, se constata que, incluso cuando el nivel de calcio en la solución de aspersión es muy alto, no se consigue que éste alcance la pulpa del fruto.

Los frutos que han recibido tratamientos foliares en la segunda mitad del ciclo contienen niveles epidérmicos de calcio más altos que los que no han sido tratados o que los que sólo han recibido aplicaciones en la primera mitad del ciclo. En recolección se mantienen estas diferencias, pero hay que hacer notar un enriquecimiento general en calcio en la piel de todos los frutos, alcanzando valores superiores a los registrados en el muestreo anterior. Estos datos concuerdan con los de Casero *et al.* (2002) que comprobaron la efectividad de las aplicaciones foliares de calcio solamente cuando se realizaron en la segunda mitad del ciclo.

La calidad de los frutos en cosecha no se vio afectada por los tratamientos recibidos, al menos en los parámetros determinados: color, sólidos solubles, acidez y dureza (datos no mostrados). Sin embargo, los datos de producción (cuadro III) demuestran un efecto beneficioso de la estrategia 2. Las mayores producciones, tanto en número como en cantidad de frutos, se registraron en los árboles control y en los que sólo han recibido calcio en julio y agosto, destacándose estos últimos de forma significativa. Lo mismo sucede con la carga de cosecha y la productividad, aunque en estos casos no se diferencian de los controles.

Se han descrito efectos fitotóxicos al utilizar concentraciones altas de Ca que, efectivamente, se han producido en nuestra parcela experimental, especialmente cuando se utilizaron las estrategias 1 y 3 con aplicaciones en mayo y julio, con un descenso significativo de la producción (foto 2, cuadro III). Estos efectos fueron apenas perceptibles en la estrategia 2. De hecho, los tratamientos en la segunda fase del ciclo de cultivo aumentaron la producción, superando incluso la de los árboles no tratados.

Como conclusiones de este experimento, podemos apuntar que: a) las aspersiones de Ca 1% (p/v) no modifican la composición interna del fruto en K, Mg y Ca; b) estos tratamientos sólo han aumentado la concentración de Ca en la epidermis del fruto cuando se aplican en la segunda mitad del ciclo de cultivo; c) los tratamientos efectuados en la primera fase indujeron un fuerte descenso en la producción de los árboles, mientras que los de julio-agosto evitaron la caída de frutos, que se reflejó en aumentos significativos de la producción.

En la actualidad se prosigue la experimentación con aspersiones de calcio a alta concentración y su repercusión en la capacidad de almacenamiento del fruto.

Consideraciones prácticas

La mayor parte de nuestros conocimientos básicos para conseguir el correcto desarrollo de los cultivos de frutales de pepita se basa en el abonado aplicado al suelo como forma de suministrar a la planta los nutrientes que necesita. Sin embargo, en un momento u otro es preciso aplicar nutrientes en aspersión foliar para corregir deficiencias o acelerar los procesos de crecimiento, aunque los resultados son muy diversos.

La fertilización foliar es una de las prácticas agrícolas cuyo uso se va extendiendo cada vez más. Este modo de abonado

CUADRO III. DATOS DE PRODUCCIÓN DE MANZANOS GOLDEN TRATADOS CON CaCl₂ (1% P/V) SIGUIENDO TRES ESTRATEGIAS

	Producción (kg)	Nº frutos	Carga (nº frutos/cm ²)	Productividad (g/cm ²)	Peso fruto (g)
Control CaCl ₂	6.00 a*	47.9 ac	3.29 a	414.8 a	142.1
1 mayo-1 julio	2.15 b	12.9 b	0.93 b	155.2 b	166.7
29 julio-20 agosto	8.50 c	56.8 c	3.38 a	510.5 a	152.2
1 may-1 jul-29 jul-20 ago	3.26 b	20.8 ab	1.40 b	219.6 b	164.8

* En la misma columna, las letras distintas indican diferencias significativas (p<0.05) según el test de Duncan.

puede recomendarse en los planes de producción integrada porque es poco agresivo con el medio ambiente y ofrece la posibilidad de alcanzar altas producciones y mejorar la calidad de la planta y los frutos que produce.

La absorción foliar, que varía con la especie y cultivar, es un factor crítico para el buen funcionamiento de las aspersiones. Por otra parte, hay que recordar que la función de la hoja no es la de absorber soluciones nutritivas, y por tanto, en general, sólo un pequeño porcentaje de fertilizante se incorporará de forma efectiva. Los estomas y ectodesmos, que son las principales vías de entrada al tejido de la hoja, se localizan principalmente en el envés, mientras que el haz está recubierto por ceras casi impermeables. Asimismo, conforme la hoja envejece, la cutícula se hace más gruesa y los climas más calurosos también inducen el engrosamiento de estas capas externas de células.

Los tratamientos foliares son especialmente efectivos en cultivos perennes con sistemas radiculares profundos en los que las aplicaciones de fertilizantes en la superficie del suelo tienen escasa influencia en la nutrición global de la planta. La fertilización foliar debe aplicarse en condiciones de baja disponibilidad de nutrientes del suelo, en suelos secos y cuando la actividad radicular es baja, como en la etapa reproductiva. Sin embargo, la eficacia de la fertilización foliar depende, entre otros factores, de la movilidad del nutriente en la planta; para los que son móviles en el floema la eficacia es particularmente alta.

A pesar de los estudios realizados sobre aspersiones foliares de nutrientes, todavía se desconocen numerosos aspectos acerca de la toma y traslocación de dichos minerales. Por lo tanto, es preciso proseguir la investigación en esta materia para conseguir frutos de alta calidad mediante prácticas culturales no agresivas para el medio ambiente. ■

Agradecimientos

Este trabajo ha sido subvencionado por los proyectos de investigación AGL2004-04305/AGR (Plan Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias) y PM017/2004 (Gobierno de Aragón). Asimismo, se encuadra en las actividades del Grupo Consolidado de Investigación reconocido por el Gobierno de Aragón "Alimentos de Origen Vegetal".

Bibliografía

Existe una amplia relación bibliográfica a disposición de los lectores en la redacción de la revista Vida Rural (redacción@eu-media.es)