



Importancia del boro en la producción del almendro

F.J. VARGAS GARCÍA

Investigador jubilado del IRTA. Mas Bové, Constantí, Tarragona.

Foto 1. Almendros con flor de calidad y buen cuajado (foto cedida por Crisolar).

RESUMEN

El boro es un microelemento esencial, necesario para la producción y crecimiento: evolución de yemas florales, floración, polinización, cuajado, desarrollo del fruto, división celular, fotosíntesis, etc. Muchas plantaciones españolas de almendro están asentadas en suelos alcalinos, pobres en materia orgánica, arcillosos o de textura gruesa, donde el boro asimilable es escaso. Recientemente se han producido en España alarmas por fallos productivos (caída de flores y frutos recién cuajados) en plantaciones en regadío. Unas veces el origen de este fallo era la alternancia productiva junto a situaciones de estrés en el verano anterior (calor excesivo, déficit hídrico en el período de recolección, etc.); pero en otras, los análisis foliares mostraron carencia en boro, que podría haber sido el factor limitante, o bien habría actuado complementariamente con los otros factores adversos. En este artículo se comentan aspectos destacables sobre el boro en la moderna almendricultura española.

Palabras clave: *Prunus dulcis*, Fertilización, Microelementos, Caída de flores y frutos.

ABSTRACT

Boron importance in almond production.

Boron is an essential micro-nutrient, needed for production and growth: development of flower buds, flowering, pollen viability, pollen tube growth and fruit set, cell division, photosynthesis, etc. Many Spanish almond orchards are placed in chalky soils, low on organic matter, clay soils or coarse texture, where available boron is limiting. In Spain, recently a number of productive shortfalls (flower buds and fruitlets drops) in irrigated orchards have been reported. In some cases, the origin of this shortcoming was alternate bearing together with stressing situations in the previous growing season (hot weather conditions, hydric deficiencies during harvest or post-harvest, etc.); however in some other cases, leaf mineral analysis showed boron deficiencies, which could be the limiting factor or occurring overlapping with some other adverse factors. In this work some important issues related to boron nutrition in modern Spanish plantings are reported.

Key words: *Prunus dulcis*, Nutrition, Microelements, Flowers and fruits drop.

El cultivo del almendro en España ha experimentado una notable mejora en los últimos años: material vegetal, tecnología del riego, fertirrigación, mecanización, protección fitosanitaria, calidad del producto, etc. El avance tecnológico ha sido muy rápido; sin embargo, algunos temas continúan retrasados: todavía se hacen pocos análisis foliares y, cuando se hacen, no siempre se aprovechan para corregir los programas de fertilización, pues el agricultor no sabe, por ejemplo, si su abonado nitrogenado es excesivo o escaso, si tiene o no carencias de microelementos tan importantes como el boro y el zinc, etc. El cultivo del almendro tiene unas exigencias muy diferentes en el cultivo tradicional en secano que en el moderno en regadío porque, entre otras cosas, las producciones esperadas también lo son. Los análisis de hoja muestran el estado nutritivo del árbol y son, por consiguiente, una herramienta indispensable en la moderna almendricultura.

En el almendro, la producción está directamente relacionada con el número de frutos que tiene el árbol. Al igual que en otros cultivos leñosos en los que no se realiza aclareo del fruto, como el cerezo, olivo, pistachero o avellano, una reducción del número potencial de frutos, por cualquier motivo (helada, mal cuajado, etc.), no resulta compensado por el aumento de peso de los que quedan en el árbol. El ciclo productivo del almendro dura dos años. En el primero se produce la diferenciación de yemas (vegetativas o florales) y el comienzo de la evolución de

las yemas de flor; es muy importante que estas fases se desarrollen con normalidad, pues situaciones de estrés traen como consecuencia una reducción del número de yemas florales y/o una merma de la calidad de las mismas que conduce a la formación de flores estériles (8). En el segundo año se produce la floración, polinización, cuajado y desarrollo del fruto. Cuantas más yemas lleguen a fruto mayor será la cosecha. A lo largo del ciclo se producen caídas de yemas, flores y frutos. Los modelos de caídas (fechas, intensidad, etc.) varían con las variedades y las condiciones en que se ha desarrollado el cultivo. El IRTA publicó en 2021 un interesante artículo donde se describe el modelo de caídas de 20 variedades mediterráneas y la influencia en estos modelos del patrón y tipo de poda (5).

En estos últimos años, agricultores de diversas zonas se han alarmado por fallos inesperados en la producción (importantes caídas de flores y frutos recién cuajados) en 'Vairo' y otras variedades con fama de alta capacidad productiva. Unas veces el fallo puede deberse a la normal alternancia en la producción (vecería) incrementada por otras circunstancias adversas sufridas por el árbol en el verano anterior (calor excesivo, estrés hídrico en el período de recolección, cosecha alta, enfermedades, deficiencias nutritivas, etc.); pero en otras los análisis foliares de nutrientes mostraron que la plantación tenía carencia en boro. Según los casos, esta carencia podría haber sido el principal problema, el factor limitante de la producción, o bien habría podido actuar de forma complementaria con la situación de estrés, pero en todo caso habría sido un factor negativo. Aquí, parece oportuno recordar la conocida "Ley del mínimo", relativa a las cosechas vegetales, formulada por Liebig en 1840, que considera que el rendimiento de la cosecha está determinado por el elemento nutritivo que se encuentra en menor cantidad.

Varias preguntas pueden plantearse. ¿Es la carencia de boro un problema grave? Sí, sin duda, si no hay suficiente boro habrá problemas con toda seguridad, pues el árbol lo necesita para fructificar. ¿Es difícil de solucionar este problema? No, es bastante fácil. El boro es barato, fácil de suministrar y móvil en el árbol; pero para po-

der solucionarlo primero es necesario conocer la existencia del problema. La observación de resultados de muchos análisis foliares indica, por desgracia, que este problema está difundido en España, bastante más de lo que se creía previamente.

Merece destacarse que investigadores y extensionistas de la Universidad de California (EE. UU.) han publicado numerosos trabajos sobre análisis de suelos, aguas de riego, foliares, de fruto, evolución de nutrientes a lo largo del ciclo, diagnóstico y corrección de carencias y toxicidades en plantaciones de almendro (3, 6). En California y Australia, los almendricultores realizan análisis, conocen el estado nutritivo y realizan los oportunos tratamientos correctores. En España, será necesario prestar más atención a este elemento, conocer la situación y actuar en consecuencia. Algunos aspectos destacables se recogen a continuación.

Microelemento esencial

El boro es un microelemento esencial. Dos palabras importantes: microelemento y esencial. El árbol necesita boro, aunque en cantidades muy pequeñas, para producir y desarrollarse. Su carencia ocasiona problemas productivos importantes y, si es grave, también vegetativos. Su exceso, produce toxicidad.

Procedencia

El árbol consigue el boro del suelo y del agua de riego. Evidentemente es importante que los almendricultores conozcan los contenidos en boro asimilable del suelo donde se asientan sus plantaciones y del agua que se utiliza para el riego de las mismas.

Con respecto al suelo, pueden destacarse algunos aspectos (1):

- La mayor parte del boro que se encuentra en el suelo está formando parte de minerales y no es asimilable por la planta. El boro asimilable supone una pequeña parte del total. La materia orgánica retiene el boro y facilita su disponibilidad al árbol. Es frecuente que los suelos arenosos contengan menor contenido (por una mayor facilidad de lavado) que los francos o arcillosos.

Estrategias para el engorde,
maduración y aumento de
grados brix.

coda



+

coloración
grados brix
calibre



sas

Sustainable Agro Solutions, S.A.U.
C/ta N-240, Km 110 - Almacetes - Lleida (Spain) 25100
T. (34) 973 74 04 00 / info@sas-agri.com

sas-agri.com



- El boro es muy soluble, muy móvil, en suelos ácidos, pero en suelos alcalinos disminuye la solubilidad. Hasta pH 7 domina la forma de ácido bórico, BO_3H_3 , que es muy soluble. A partir del pH 7, a medida que aumenta hasta el pH 9, aumenta la concentración del anión borato que es adsorbido por arcillas, óxidos e hidróxidos de Fe, Al y Mg; a partir del pH 9, disminuye la fuerza de adsorción con el anión borato. Como en España es frecuente que las plantaciones de almendro estén asentadas en suelos alcalinos, es muy posible que en ellas la solubilidad del boro no sea buena.
- Si se quiere corregir por fertirrigación la carencia en boro de un suelo, debe hacerse de forma que se inmovilice la menor cantidad posible (mediante acidificación, materia orgánica, etc.).
- Las necesidades en boro varían mucho con los cultivos. A nivel muy general, se consideran como niveles críticos de boro asimilable para diferentes tipos de suelos (por debajo de los cuales se producirían problemas de producción) los siguientes:
 - Suelos calizos: 1 ppm
 - Suelos arcillosos: 0,8 ppm
 - Suelos francos: 0,5 ppm
 - Suelos arenosos: 0,3 ppm
- Por otra parte, se consideran niveles tóxicos cuando se superan las 5 ppm, relativamente próximos a los niveles críticos anteriormente mencionados; esto obliga a ser prudentes al tratar de corregir deficiencias.

El agua del riego puede tener un contenido escaso, medio o alto en boro. En muchas ocasiones el agua constituye la principal fuente de boro para cubrir las necesidades del árbol. También hay que tener muy en cuenta el peligro de toxicidad cuando se utilizan aguas ricas en boro, porque si no se controlan bien los riegos, con el tiempo puede producirse la salinización de la plantación. Para evitar este proceso puede recurrirse a mezclar esas aguas ricas en boro con otras con bajo contenido, o bien utilizar instalaciones diseñadas para desalinizar el agua de riego. En California consideran que un contenido en boro del agua de riego superior a 1 ppm con-

duce a largo plazo a la salinización de la plantación e, incluso, que utilizar agua con contenido superior a 0,5 ppm supone un potencial problema. En bastantes zonas de California, los altos contenidos en boro de aguas de riego constituyen un problema. Hablando en términos muy generales, en California tienen riesgos de toxicidad en la parte Oeste y de carencia en la parte Este. En España, no se tienen noticias de problemas por toxicidad de boro en almendro, pero hay que tener presente que las plantaciones en regadío son muy modernas. Es evidente que debe conocerse el contenido en boro del agua utilizada para el riego: puede ser muy útil para evitar carencias o puede ser un potencial problema que habrá que tener en cuenta.

Función en el árbol

El boro es un elemento necesario para la producción y crecimiento del árbol. Puede destacarse que tiene un papel esencial en (1, 3, 6):

- Síntesis y estabilidad de las paredes y membranas celulares.
- División celular.
- Diferenciación, evolución de yemas florales y floración.
- Formación del polen, polinización, cuajado y desarrollo de fruto.
- Fotosíntesis, biosíntesis de carbohidratos, síntesis de sacarosa.
- Transporte de azúcares y asimilados.
- Metabolismo de ácidos nucleicos y proteicos.

Algunos aspectos importantes merecen comentarse:

- El boro es necesario para que los procesos de diferenciación y evolución de yemas se desarrollen con normalidad y se produzcan flores de calidad, capaces de producir frutos.
- El boro es importante para la viabilidad del polen y promueve el crecimiento del tubo polínico en el estigma y estilo, desactivando la calosa.
- El boro es importante para obtener un buen cuajado y desarrollo del fruto.
- La deficiencia de boro dificulta la producción de lignina, lo que ocasiona un debilitamiento de las paredes celulares.

Con respecto a las interacciones con otros nutrientes puede destacarse:

- Los árboles no pueden metabolizar bien el calcio cuando el boro se encuentra en niveles bajos.
- El fósforo facilita la absorción del boro.
- La absorción de potasio aumenta con la presencia de boro y disminuye con su deficiencia (la carencia de boro puede ocasionar incluso una aparente deficiencia de potasio).
- La eficiencia del zinc se puede reducir por una carencia de boro.

Movilidad y almacenamiento

El boro es muy móvil en el almendro (en muchos otros cultivos, como el pistachero, es poco móvil), característica muy positiva, porque facilita la corrección de carencias (6).

- Los tratamientos foliares, en épocas de movimiento de savia son muy eficaces.
- También pueden ser eficaces los tratamientos mediante fertirrigación (evitando en lo posible pérdidas por drenaje en suelos arenosos o por bloqueo en suelos alcalinos).

Los recursos de boro se conservan en el árbol durante el invierno y se ponen a disposición de los órganos que lo necesitan (muy importante para las yemas de flor) el año siguiente.

Los frutos absorben el boro, necesitan este elemento en todas las fases de su formación y desarrollo, desde la polinización y cuajado hasta el momento de su completa maduración. El boro tiene tendencia a acumularse en los frutos, en detrimento de otros tejidos de la planta (como por ejemplo las hojas). Para un determinado nivel en boro del árbol, el contenido en los tejidos variará en función de la cosecha: si es alta, el contenido en las hojas será menor que si es baja y viceversa. Esto hay que tenerlo en cuenta para evaluar necesidades presentes y futuras y también para interpretar los resultados de análisis. Por ejemplo:

- Un buen cuajado indica que el árbol va a necesitar boro para que los frutos pequeños se desarrollen y no se desprendan a lo largo del ciclo (caídas principalmente en mayo o junio).
- Una buena cosecha trae consigo un consumo importante de boro en el árbol y, por

consiguiente, una reducción de la disponibilidad de este elemento para una buena evolución de las yemas que deberán florecer y fructificar al año siguiente.

- Si un análisis de hoja, realizado en julio, mostrara un contenido en boro próximo a 30 ppm (nivel considerado como crítico), la situación de carencia sería más grave si la plantación tuviera cosecha escasa (porque el árbol habría gastado muy poco boro en la fructificación) que si hubiera tenido una cosecha media (mayor absorción por el fruto); si la cosecha fuera excelente, no estaríamos ante un caso propiamente dicho de carencia, sino que, en buena medida, la causa del bajo contenido en boro de la hoja estribaría en la importante absorción de este elemento por la abundante fructificación y que, por consiguiente, sería necesario reponer para asegurar futuras cosechas. También conviene tener en cuenta que los contenidos en boro continuarán bajando hasta el momento de la recolección, porque los frutos seguirán absorbiendo este elemento. Como el árbol necesita boro durante los procesos de diferenciación de yemas y comienzo de la evolución de las yemas de flor (julio-octubre), si en el análisis de julio se detectara una carencia debería realizarse pronto un abonado foliar, aún a sabiendas de que buena parte se iba a perder al ser absorbido por los frutos. Después de la recolección sería necesario dar un tratamiento foliar, para que el árbol tuviera reservas para los procesos de floración, polinización y cuajado del año siguiente.

Situaciones típicas

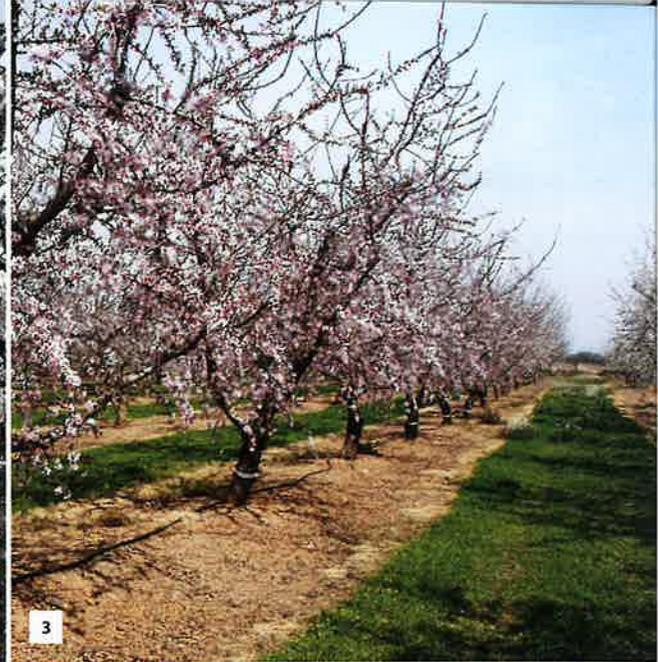
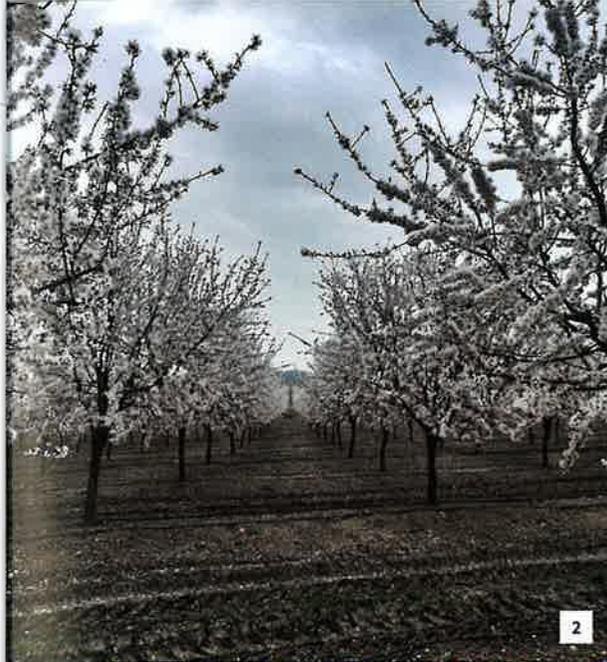
Las necesidades en boro de una plantación varían en función de diversos factores: potencial productivo y desarrollo esperado de los árboles (relacionados con el material vegetal utilizado), tipo de cultivo (regadío o secano), edad de la plantación, etc. A este respecto, pueden comentarse tres situaciones bastante típicas:

- *Diferencia entre variedades.* Como en otros cultivos, hay diferencias en la exigencia en boro de las variedades, porque no todas tienen el mismo potencial productivo ni el mis-

ibi-
vo-
er y
lio,
o a
, la
i la
que
n la
co-
to);
nos
cia,
ajo
n la
por
on-
ase-
ene
oro
de
ab-
ne-
ren-
ión
n el
cia
liar,
a a
Des-
un
era
oli-

va-
cial
bo-
iza-
e la
en-

ros
en
tie-
nis-



Fotos 2 a 6. Floración y fructificación. El potencial productivo de las modernas plantaciones españolas de almendra en regadío es alto, muy superior a las tradicionales en secano. Las necesidades en boro se incrementan. Foto 2 cedida por Crisolar.



Fotos 7 y 8. Caída de flores. Caída de flores, estériles, mal formadas. Cuando hay carencia de boro se producen caídas importantes de flores y frutos recién cuajados. Fotos cedidas por Crisolar.

mo vigor. Variedades muy productivas y vigorosas (como 'Vairo', 'Masbovera' y 'Marta') necesitarán más boro que otras con esas características menos acentuadas. Si en una plantación no se cubren las necesidades, estas variedades agotarán más rápidamente que otras las reservas en boro de los árboles y, por tanto, antes se observarán en ellas los efectos de la carencia con una caída de la producción. Conviene destacar que si una variedad ha mostrado síntomas de deficiencia, otras variedades presentes en la plantación previsiblemente lo mostrarán más tarde o más temprano, o bien no explotarán totalmente su potencial productivo, porque todas ellas, sin excepción, necesitarán boro para producir con normalidad.

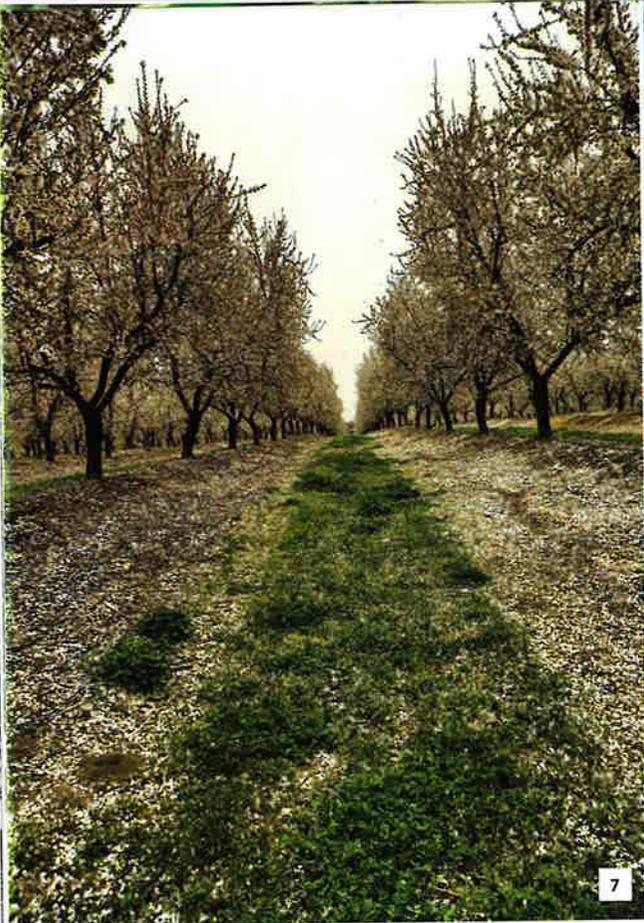
- *Diferencias por el cambio de sistema de cultivo.* La transformación de secano a regadío trae consigo un incremento notable en las necesidades de boro, debido al aumento de la

capacidad productiva. Puede ocurrir que en la plantación de secano no se hubieran observado síntomas de deficiencia y estos aparecerían con la intensificación del cultivo.

- *Diferencias por aumento de la edad de los árboles.* Es un caso parecido al anterior. Una plantación joven produce normalmente pocos frutos y, por consiguiente, necesitará cantidades reducidas de boro. Con la edad y el incremento de la producción aumentarán las necesidades y, si los árboles no disponen del boro necesario y no se corrigen las deficiencias, se reducirán las reservas de los árboles y se producirán caídas en la producción (Fotos 2 a 6).

Sintomatología de las carencias

Cuando las carencias no son fuertes no se observan anomalías en el crecimiento del árbol, pero sí se produce una reducción en la producción, más o menos grave en función de la severi-



Fotos 7 y 8. Caída de flores. Caída de flores, estériles, mal formadas. Cuando hay carencia de boro se producen caídas importantes de flores y frutos recién cuajados. Fotos cedidas por Crisolar.

mo vigor. Variedades muy productivas y vigorosas (como 'Vairo', 'Masbovera' y 'Marta') necesitarán más boro que otras con esas características menos acentuadas. Si en una plantación no se cubren las necesidades, estas variedades agotarán más rápidamente que otras las reservas en boro de los árboles y, por tanto, antes se observarán en ellas los efectos de la carencia con una caída de la producción. Conviene destacar que si una variedad ha mostrado síntomas de deficiencia, otras variedades presentes en la plantación previsiblemente lo mostrarán más tarde o más temprano, o bien no explotarán totalmente su potencial productivo, porque todas ellas, sin excepción, necesitarán boro para producir con normalidad.

- **Diferencias por el cambio de sistema de cultivo.** La transformación de secano a regadío trae consigo un incremento notable en las necesidades de boro, debido al aumento de la

capacidad productiva. Puede ocurrir que en la plantación de secano no se hubieran observado síntomas de deficiencia y estos aparecieran con la intensificación del cultivo.

- **Diferencias por aumento de la edad de los árboles.** Es un caso parecido al anterior. Una plantación joven produce normalmente pocos frutos y, por consiguiente, necesitará cantidades reducidas de boro. Con la edad y el incremento de la producción aumentarán las necesidades y, si los árboles no disponen del boro necesario y no se corrigen las deficiencias, se reducirán las reservas de los árboles y se producirán caídas en la producción (Fotos 2 a 6).

Sintomatología de las carencias

Cuando las carencias no son fuertes no se observan anomalías en el crecimiento del árbol, pero sí se produce una reducción en la producción, más o menos grave en función de la severi-



Fotos 9 y 10. Posible carencia de boro. Defoliación de la parte terminal de brotes, que posteriormente se desecan, situados preferentemente en las partes altas del árbol. Es un síntoma típico de que puede existir una carencia importante de boro.

dad de la carencia (6). La caída en la producción es el resultado de una o diversas anomalías: flores abundantes pero de mala calidad, que caen con facilidad, pocas flores, reducción del cuajado, caída de frutos recién cuajados, caída de frutos ya formados en mayo-junio, etc. Estos síntomas son iguales o parecidos a los que muestra el árbol tras haber sufrido situaciones de estrés el año anterior (restricciones de riego, cosechas importantes, deficientes cuidados de cultivo, etc.) que pueden originar una alternancia en la producción. El conocimiento, por análisis foliar en julio, del contenido en boro de la hoja, indicará, o dará pistas, sobre la causa real de la caída en producción: bajo contenido en boro, estrés, o bien las dos situaciones, que pueden haber actuado de forma complementaria (Fotos 7 y 8).

Cuando la carencia es grave, los árboles además de una producción escasa muestran alteraciones en el crecimiento. Un síntoma carac-

terístico es la presencia de brotes, localizados preferentemente en las zonas altas del árbol, desprovistos de hojas y secos en las zonas terminales. En 1962 se describieron por primera vez en California los síntomas visuales de deficiencias de boro en almendro y se pudo observar que la severidad de los daños estaba relacionada con el bajo contenido en boro de las hojas (4) (Fotos 9 y 10).

Como el árbol no presenta síntomas visuales de carencia de boro hasta que esta es importante, esta deficiencia tarda en detectarse si no se realizan análisis foliares. Los árboles jóvenes tienen aspecto normal y producen las primeras pequeñas cosechas. Luego se reducen las reservas, se producen los fallos productivos y las anomalías en el crecimiento. Es importante realizar análisis foliares en jóvenes plantaciones para detectar carencias precozmente y poder corregirlas lo antes posible.

Necesidades y tratamientos

Los árboles necesitan boro en cantidades muy pequeñas, que las toman del agua de riego y del suelo. Si está disponible, en principio no será necesario realizar abonados (aunque pudiera ser conveniente). Si por el contrario, la disponibilidad es reducida, porque la plantación esté asentada en un terreno pobre en boro (suelos arenosos, con bajo contenido en materia orgánica), o con dificultad de asimilación (suelos con pH alto y poca materia orgánica), unido a que el agua de riego sea pobre en boro, pueden producirse carencias que incidan negativamente en la producción y crecimiento del árbol. Al ser el boro muy móvil en la planta, los abonados foliares son una herramienta útil, rápida y barata para corregir deficiencias, pero deben realizarse a concentraciones bajas para evitar daños de toxicidad.

En California se intenta evitar los problemas ocasionados por suelos deficientes en boro mediante medidas correctoras antes de la plantación (enmiendas acidificantes, incorporación de

materia orgánica, abonado con borax, etc.) y, en años sucesivos, con adición de abono por fertirrigación, con el objetivo de llegar a un nivel de boro asimilable que permita no depender excesivamente de los tratamientos foliares.

Se recomienda una combinación de aplicaciones en el suelo y abonados foliares cuando los contenidos en hoja (o bien en el pellejo, tipo de análisis que actualmente se utiliza en California) son bajos y solamente foliares cuando son moderados o incluso ligeramente altos (cada vez se tiende más a realizar abonados foliares, porque se han observado incrementos en las cosechas del año siguiente). Evidentemente, no se aconsejan abonados cuando los niveles son altos, ya que podrían conducir a situaciones de toxicidad.

El árbol necesita tener cubiertas sus necesidades en momentos claves para la producción. El más importante, sin duda, es durante la floración, polinización y cuajado. En California recomiendan abonados foliares en septiembre (7), inmediatamente después de la recolección.



V I V E R O S
G A L B I S

Especializados en nogales desde 1975

Teléfono: **960 703 441**

Web: **www.viverosgalbis.com**

Email: **comercial@viverosgalbis.com**

Los abonados son del orden de 2 kg de Solubor (20,5% de B)/ha, a una concentración de 120–240 g/100 litros de agua (no debe pasarse de esta concentración para evitar daños por toxicidad). También es frecuente (especialmente si no se ha realizado el abonado anterior) realizar otro tratamiento durante el engrosamiento de las yemas, en el botón rosa, antes de la apertura de la flor, pero este tratamiento es de resultados menos seguros. No se deben realizar tratamientos con la flor abierta, para evitar daños a las abejas y a las flores. Anteriormente se ha mencionado que otra etapa, en la que se debe procurar que el árbol tenga suficiente boro, es durante la diferenciación y evolución de yemas de flor.

El abonado foliar realizado en septiembre, a ser posible inmediatamente después de la cosecha, es una buena solución en California porque no se desperdicia abono (al estar los frutos ya recogidos), los árboles normalmente están en perfectas condiciones, con buen movimiento de savia y el boro puede acumularse en las yemas florales en evolución. En España, muchas veces la situación no es tan favorable porque es frecuente que los árboles sufran un estrés considerable durante el período de recolección (corte del agua de riego), los árboles pierdan hoja y no estén en condiciones óptimas para recibir el abonado foliar.

En California, se ha observado que una hectárea de almendro que produzca unos 2.400 kg de grano extrae, a través del fruto (pellejo, cáscara y grano), unos 450 g de B. Esa es, más o menos, la cantidad que, en forma de Solubor, se aporta en el abonado de septiembre.

Análisis de la hoja y del pellejo del fruto

Los análisis son una herramienta muy útil, ya que permiten racionalizar el abonado. Es importante reflexionar sobre las fortalezas y limitaciones de estos análisis.

Los análisis para conocer el contenido en hoja de nutrientes (macro y microelementos), tienen su origen en trabajos desarrollados en California hace más de 50 años. En aquel entonces, el nivel tecnológico del sector almendricola californiano ya destacaba mucho en comparación con el europeo. Se realizaron análisis de los con-

tenidos de nutrientes en hoja, en el mes de julio, de muchas plantaciones y se estudiaron las correlaciones existentes entre los resultados de los análisis con las características de las fincas de donde procedían las hojas, consiguiendo establecer niveles de referencia, para el mes de julio (deficiente, adecuado, excesivo, tóxico). A lo largo de los años, se ha ido perfeccionando el sistema, acotando mejor las referencias.

En la década de los noventa se establecieron las siguientes referencias para el boro (3): deficiente <30 ppm (anteriormente estaba en 20 ppm); adecuado: 30–65 ppm y excesivo >300 ppm. El establecimiento del nivel crítico ha sido muy útil para la detección de carencias. En California ha podido comprobarse que plantaciones con deficiencias de boro incrementaban notablemente su producción con abonados foliares (2). Los análisis de hoja no fueron efectivos para determinar el exceso de boro, que en algunas zonas de California es un problema bastante importante.

Se ha comentado anteriormente que los frutos tienen una gran capacidad de absorción de boro, porque este elemento tiende a acumularse en ellos, en detrimento de otros tejidos (como las hojas) y que este hecho complica en parte la interpretación de resultados de análisis foliares, pero son muy útiles para detectar carencias actuales o predecir carencias futuras. Los análisis foliares indican la disponibilidad de boro en julio y la necesidad o conveniencia de recurrir a abonados foliares para que la siguiente cosecha pueda producirse con normalidad. Estos análisis son muy útiles también para conocer el contenido en boro de las jóvenes plantaciones y en árboles adultos después de una helada. Probablemente su interés disminuye conforme aumenta la edad y la producción de las plantaciones, en buena medida porque el agricultor ya conoce mejor la situación de su plantación, los puntos fuertes y los débiles, la disponibilidad en boro asimilable del suelo, la comprobación de la utilidad de los abonados foliares, el conocimiento de que producciones importantes exigen mayores cantidades de boro, de que pueden producirse problemas de toxicidad por exceso de boro, etc. Para la gestión del boro, los análisis foliares tienen fortalezas, pero también limitaciones.

Hace unos años los técnicos californianos consideraron que para sus plantaciones, con producciones medias en constante aumento, altas o muy altas y bastante regulares, que traen consigo una mayor demanda de boro, el análisis del mesocarpio (pellejo) de la almendra presentaba ventajas con respecto a los análisis de hoja. Al igual que en el caso del análisis foliar, se determinaron los niveles de referencia de contenido en boro en el pellejo del fruto (6), recogido después de la recolección (para que pudiera absorber la mayor cantidad de boro posible). Los niveles considerados de referencia son los siguientes:

- Deficiente: < 80 ppm
- Adecuado: 80–150 ppm
- Puede ser tóxico: > 200 ppm
- Umbral de toxicidad: 300 ppm

Si los resultados de los análisis muestran un nivel deficiente se aconsejan abonados al suelo (para aumentar la riqueza en boro asimilable) y un abonado foliar en septiembre. Si se clasifica como adecuado, pero inferior a 130 ppm, se recomienda un abonado foliar después de la recolección. El análisis del pellejo facilita el control de la toxicidad.

El análisis del pellejo nos indica el nivel de extracción de boro del árbol. Parece muy adecuado para la situación californiana, con cosechas importantes y la necesidad de controlar el riesgo de toxicidad. Una limitación de este tipo de análisis es que no resulta adecuado para casos en que la fructificación sea escasa (plantaciones jóvenes, carencias, heladas, etc.), porque al haber pocos frutos por árbol, aunque el contenido en boro del árbol fuera relativamente bajo, cada fruto podría absorber una cantidad apreciable. Esta limitación tiene poca importancia en California, porque el almendricultor conoce las características del suelo de la plantación (y hace lo posible por mejorarla) y del agua que utiliza para el riego, está habituado a la utilización de los análisis foliares para la gestión de los nutrientes y conoce el estado de su plantación. El análisis del pellejo le ayuda a la correcta gestión del tema del boro. Este tipo de análisis se ha generalizado en California.

El análisis foliar y el del pellejo se pueden complementar entre sí. El primero indica disponibilidad y es adecuado especialmente para co-

sechas bajas, para carencias, y el segundo indica la extracción y es adecuado para cosechas altas y riesgo de toxicidad.

La situación en España es muy diferente a la californiana. Los análisis foliares son todavía poco utilizados y, con frecuencia, mal interpretados. Falta mucho camino que recorrer para conseguir un nivel tecnológico similar al de California. Sería conveniente que en España se empezaran a utilizar, además de los análisis foliares, los análisis del pellejo, porque parece lógico seguir el mismo camino que los californianos; pero pensar en utilizar actualmente, a nivel general, los análisis del pellejo, además de una utopía probablemente sería un error, porque previsiblemente se producirían errores en los diagnósticos, una situación confusa. La situación española es muy diferente a la californiana, nuestros principales problemas en este tema son las carencias, y las producciones bajas, no las toxicidades y el aumento de las cosechas altas. Hay que avanzar poco a poco, procurando no dar pasos en falso. •

Bibliografía

1. ALARCÓN VERA, A.L. (2001). El boro como nutriente esencial. *Horticultura*, 155: 36–47.
2. BROWN, P.H.; HU, H.; NYOMORA, A.; FREEMAN, M. (1996). Foliar boron application enhances almond yields. *Better Crops*, 80 (1): 20–23.
3. BROWN, P.H.; URIU, K. (1996). Nutrition deficiencies and toxicities: diagnosing and correcting imbalances. En: *Almond production manual*, W. Micke, (ed.), 179–188 pp. Ed. Univ. of California, Div. of Agric. and Nat. Res., Publication 3364.
4. HANSEN, C.J.; KESTER, D.E.; URIU, K. (1962). Boron deficiency symptoms identified in almonds. *California Agriculture*, April: 6–7.
5. LORDAN, J.; ZAZURCA, L.; ROVIRA, M.; TORGUET, L.; BATLLE, I.; DEJONG, TH.; MIARNAU, X. (2021). Almond fruit drop patterns under Mediterranean conditions. *Agriculture*, 11, 544.
6. MUHAMMAD, S.; SAA, S.; DARSHAN, S.; KHALSA, S.; WEINBAUM, S.; BROWN, P.H. (2017). Almond tree nutrition. En: *Almonds: botany, productions and uses*. R. Socías i Company and T. Gradziel (eds.), 291–320 pp. CABI. Boston, MA.
7. NYOMORA, A.; BROWN, P.H.; KRUEGER, B. (1999). Rate and time of boron application increase almond productivity and tissue boron concentration. *HortScience*, 34(2): 242–245.
8. SOCÍAS I COMPANY, R.; ANSÓN, J.M.; ESPIAU, M.T. (2017). Taxonomy, botany and physiology. En: *Almonds: botany, productions and uses*. R. Socías i Company and T. Gradziel (eds.), 1–42. pp. CABI. Boston, MA.