

APLICACIONES DE CALCIO *para mitigación del bitter pit*

El *bitter pit* es uno de los principales desórdenes fisiológicos que pueden aparecer en las manzanas durante su desarrollo, almacenamiento y comercialización. Las variedades del tipo Golden, las más producidas en Europa y España, suelen presentar una alta susceptibilidad a esta fisiopatía.

ESTANIS TORRES
IRTA Programa Fruticultura (Lleida)



FIGURA 1
Frutos con síntomas de *bitter pit* en campo y en central después de conservación.

En este tipo de variedades, los síntomas de *bitter pit* se presentan como pequeñas manchas deprimidas en la epidermis, con un aro amarillento en el borde y de color verde oscuro en el interior que con el tiempo evolucionan a marrón oscuro, localizadas principalmente en la zona calicina del fruto (**Figura 1**). Debajo de la epidermis, el tejido afectado adquiere una textura corchosa y de sabor amargo dando nombre a la enfermedad. El *bitter pit* ha recibido una especial atención en todo el mundo debido a las grandes pérdidas económicas que provoca a lo largo de la cadena de producción, conservación y distribución. La fisiopatía se induce en campo, durante el periodo de crecimiento y desarrollo del fruto, pudiéndose observar síntomas justo

antes de la recolección. No obstante, los daños se manifiestan principalmente durante el periodo de conservación, hecho que produce importantes pérdidas económicas ya que los frutos afectados deben ser desechados sin que se puedan comercializar para su consumo en fresco (Val y col., 2011). Su aparición se asocia a una deficiencia de calcio en el fruto por lo que las aplicaciones de calcio se han convertido en la principal herramienta para combatirlo. Sin embargo, su grado de efectividad depende de varios factores, como el tipo de aplicación (radicular o foliar), el número de aplicaciones, la época en que éstas se realizan y/o la fuente de calcio utilizada.

El calcio

El calcio es un elemento esencial para las plantas que interviene como ele-

mento estructural en los tejidos vegetales a la vez que interviene en diversas funciones bioquímicas. Todavía hoy en día se desconocen muchos de los mecanismos de cómo el calcio actúa en muchos de los procesos metabólicos de las plantas, poniendo de manifiesto su complejidad en la fisiología vegetal. Se estima que el 60% del total del calcio se encuentra en la pared celular dando estabilidad y rigidez a los tejidos. En la lámina media de las paredes celulares, el calcio enlaza grupos funcionales de ácidos poligalacturónicos (pectinas) y estabiliza las membranas celulares enlazando grupos fosfato y carboxilato de fosfolípidos y proteínas (**Figura 2**). El alto porcentaje de calcio estructural contrasta con la baja concentración de calcio en el citosol donde actúa como mensajero a través de los canales de calcio de las membranas

y de la activación de la calmodulina y otras enzimas relacionadas con el metabolismo energético de la célula. Se han detectado numerosos procesos del metabolismo de las plantas en los que el calcio está involucrado, como la expresión génica, el balance iónico, la regulación estomática o el metabolismo de carbohidratos y fitohormonas, por poner unos ejemplos. Todo ello confiere al calcio un papel protagonista en procesos de defensa de la planta contra situaciones de estrés y en la regulación de determinados procesos de la maduración de los frutos, que va más allá de su función meramente estructural en las paredes celulares.

Calcio radicular

Las plantas absorben el agua y nutrientes del suelo de forma natural a través de las raíces. Aun así, la aportación de calcio por vía radicular es una práctica poco habitual y no siempre justificada. En suelos calcáreos, habituales en el Valle del Ebro donde se produce la mayor parte de manzanas para consumo en fresco en España, la principal causa de los problemas relacionados con el calcio podría venir dada por la dificultad de regular su distribución en órganos con baja transpiración y no tanto por una baja disponibilidad o absorción radicular. El calcio es un elemento relativamente inmóvil que sigue el flujo del agua y que se moviliza más rápidamente hacia los órganos con una elevada tasa de transpiración, como brotes y hojas en pleno rendimiento, en detrimento de aquellos órganos que mantienen una baja tasa de transpiración, como frutos u hojas en expansión (**Figura 3**). Es por esta razón que, aunque el calcio sea absorbido en grandes cantidades y su contenido global en el conjunto del árbol sea elevado, podemos encontrar un bajo contenido de calcio en los frutos. En estas condiciones, cualquier factor que favorezca la absorción, movilización y distribución del calcio dentro de la planta –como favorecer el crecimiento radicular, regular la transpiración de las hojas o mantener operativo el tejido xilemático, por poner unos ejemplos– podría ser más beneficioso para

la planta que las aportaciones de calcio al suelo por sí solas.

Aplicaciones foliares de calcio

Con la fertilización foliar tenemos la ventaja que el calcio es depositado directamente sobre los frutos, donde más se necesita, evitando los problemas de movilización y redistribución asociados a la absorción radicular. Sin embargo, los resultados no son siempre consistentes y su eficacia puede variar

según el tipo de producto utilizado, el momento y/o número de aplicaciones, entre otros. El CaCl_2 es la sal más utilizada en las aplicaciones foliares de calcio, aunque existen en el mercado diferentes formulaciones a base de formiatos, sulfatos o nitratos que han demostrado eficacias similares. Respecto al momento de las aplicaciones, algunos autores consideran que las aplicaciones tempranas pueden ser más ventajosas al estar la cutícula

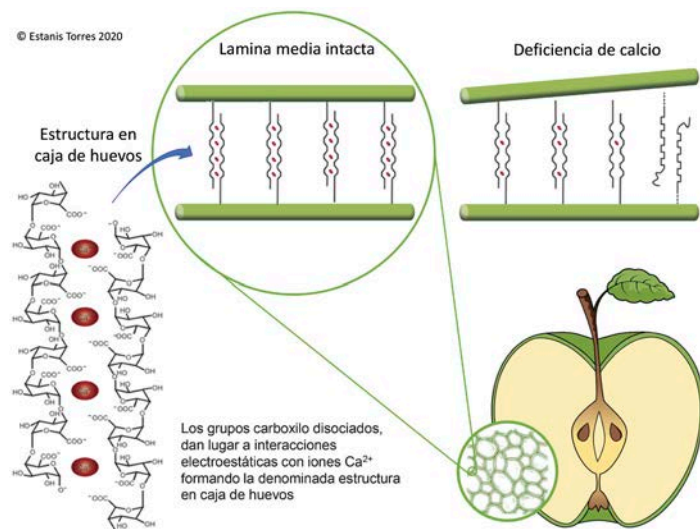


FIGURA 2

Esquema de la lámina media de la pared celular. La lámina media está formada principalmente por pectinas formando la denominada estructura en caja de huevos. La lámina media es compartida por dos células contiguas y es donde se encuentran sus puntos de unión.

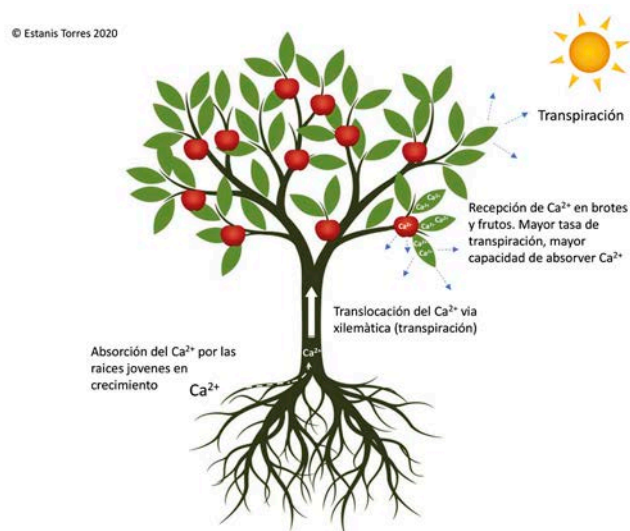


FIGURA 3

Esquema de la absorción, movilización y distribución del calcio dentro de la planta.

**FIGURA 4**

Diferentes métodos de aportación de calcio: fertirrigación, aplicaciones foliares y baños poscosecha.

del fruto menos desarrollada, lo que favorecería la penetración de calcio (Wilsdorf y col., 2012). Sin embargo, diversos estudios no han observado una mejora significativa por aplicar en floración o han obtenido mejores resultados con aplicaciones próximas a la recolección (Benavides y col., 2001; Casero y col., 2010; Lotze y col., 2008; Peryea y col., 2007; Torres *et al.* 2017; Valle y col., 2008).

Baños poscosecha

Otra forma de aplicar calcio directamente sobre los frutos es mediante los baños en poscosecha. Esta técnica, aunque ha demostrado ser eficiente en la mitigación del *bitter pit* y mejora de la conservación de los frutos, no deja de presentar resultados variables. La manera de realizar las aplicaciones en la central suele ser mediante *drenchers* o balsas de tratamientos poscosecha. Estas técnicas, además de conseguir mitigar los daños de *bitter pit* durante la conservación, otorgan al fruto una mayor resistencia a los ataques de patógenos y a los daños por manipulación gracias al calcio depositado sobre la epidermis. Estudios realizados por el IRTA y la Universidad de Lleida demostraron que los baños de calcio son capaces de incrementar el contenido de calcio en el fruto y reducir la tasa de respiración y producción de etileno, mejorando así la capacidad de conservación del fruto (Recasens y col. 2004). No debemos obviar que las aplicaciones de calcio en poscosecha supone un riesgo de sufrir fitotoxicidades sobre

la superficie del fruto si no se realiza una buena gestión de los tratamientos. Baños con sales de calcio muy concentrados pueden alterar las lenticelas, a causa del bajo potencial osmótico que se genera cuando la solución se va secando. Esto produce salidas del agua desde el tejido adyacente a la lenticela, causando su posterior necrosis. Otro elemento a tener en cuenta antes de aplicar baños a altas concentraciones es el tamaño de la apertura calicular de cada variedad (Retamales y Valdes, 2000).

Combinación de tratamientos de calcio

Las aplicaciones de calcio en manzano se han convertido en imprescindibles para el control del *bitter pit* en la mayor parte de las zonas productoras de todo el mundo. Aunque se dispone de muchas referencias respecto a las

aplicaciones foliares y, en menor medida, de los baños poscosecha, apenas se dispone de referencias respecto a la eficacia de las aplicaciones radicales, así como de los efectos de combinar los distintos tipos de aplicación. A continuación, se presentan algunos resultados obtenidos en un ensayo realizado por el IRTA para evaluar la eficacia de distintos tratamientos a base de diferentes tipos de aplicaciones de calcio para el control del *bitter pit* (Torres *et al.*, 2017).

- Material y métodos

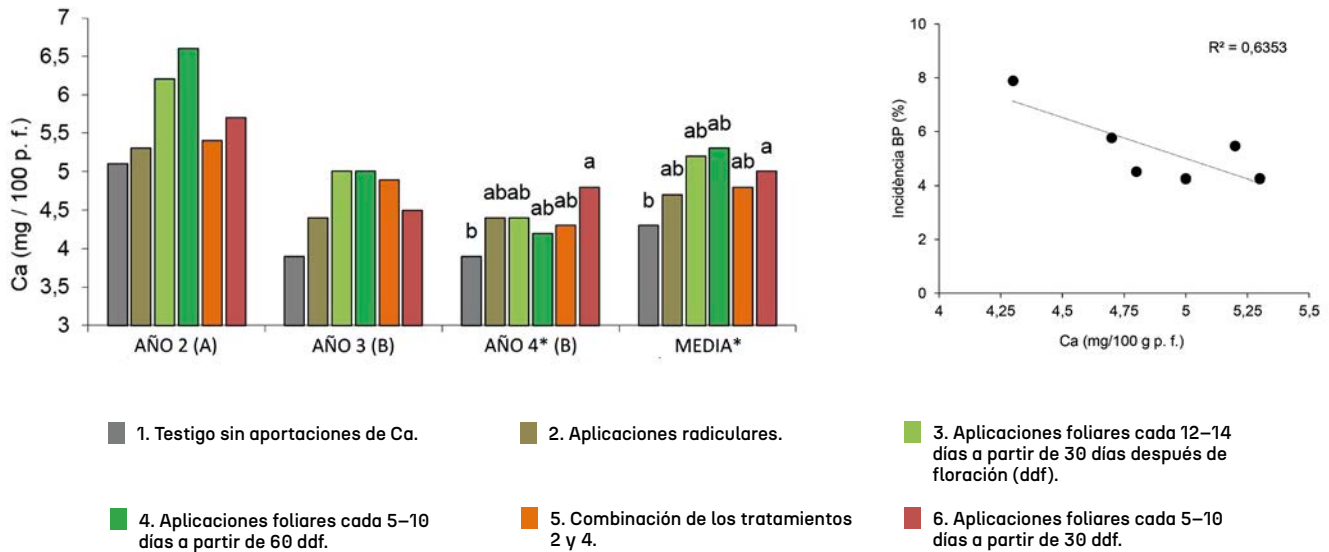
El ensayo se realizó durante cuatro años consecutivos en una plantación de 10 años de la variedad 'Golden Delicious'. Se evaluaron un total de seis tratamientos precosecha, consistentes en un tratamiento a base de aplicaciones radicales, tres tratamientos basados en aplicaciones foliares en diferentes

TABLA 1

Tipos, número y momento de las aplicaciones realizadas en un ensayo de cuatro años para evaluar la eficacia de distintos métodos y estrategias de aportar calcio en manzano.

Nº	TRATAMIENTO	Nº APLIC.	MOMENTO DE APLICACIÓN	CAO TOTAL W(KG/HA Y AÑO)
1	Testigo sin aplicaciones			
2	Radicar	4	Floración, cuajado, multiplicación celular y maduración	6,0
3	Foliar	7	30 ddf y cada 12-14 días hasta la recolección	5,9
4	Foliar	7	60 ddf y cada 6-10 días hasta la recolección	5,9
5	Combinación de los tratamientos R4 y F7b			
6	Foliar	13	30 ddf y cada 6-10 días hasta la recolección	11,0

ddf: días después de floración.

**FIGURA 5**

Izquierda: contenido de Ca en fruto en el momento de la recolección comercial; barras con diferente letra minúscula y años con diferente letra mayúscula indican diferencias significativas entre tratamientos y años, respectivamente, según el test de Duncan ($P = 0,05$). Derecha: relación lineal entre el contenido de Ca y la incidencia del *bitter pit* (izquierda); cada valor corresponde a la media de los cuatro años de ensayo de cada tratamiento.

momentos o número de aplicaciones, una combinación de aplicaciones radiculares y foliares, y un testigo sin aportaciones de calcio. La fuente de calcio provino de formulaciones comerciales de CaCl_2 especialmente diseñadas para cada tipo de aplicación. En la **Tabla 1** se muestran los momentos de aplicación y cantidad de calcio aplicado en cada tratamiento. También se evaluó la combinación de los tratamientos precosecha con baños en soluciones de calcio en poscosecha. Para ello, se sumergió una muestra de frutos de cada tratamiento durante 30 segundos en una disolución al 3,5% de CaCl_2 . En el momento de la recolección se analizó el contenido de calcio en fruto y se evaluó la incidencia y severidad del *bitter pit* en poscosecha después de un periodo de conservación en frío normal a 0°C durante cuatro meses. La incidencia del *bitter pit* se calculó como porcentaje de manzanas afectadas. El índice de severidad se calculó en relación al número de manchas por fruto, obteniendo un valor del 0 (sin síntomas) al 1 (más de 15 manchas por fruto). Para determinar la significación de los tratamientos en los parámetros

evaluados, se realizó un ANOVA y una separación de medias por el método Duncan.

- Resultados

Se observó una relación entre el aumento del contenido de calcio en fruto y la reducción del *bitter pit*, aunque ambos parámetros dependieron más del año en cuestión que de los tratamientos realizados (**Figura 5**). El contenido de calcio más alto se registró el segundo año de ensayo (5,1 mg/100 g p. f.), coincidiendo con una baja incidencia. Sin embargo, el tercer y cuarto año, los valores de calcio fueron muy similares (~3,9 mg/100 g p. f.) pero con incidencias de *bitter pit* significativamente distintas (1% vs. 19%). Los tratamientos foliares mostraron un incremento de calcio mayor que los tratamientos radiculares (5,1 vs. 4,7 mg/100 g p. f.), aunque sólo el tratamiento con 13 aplicaciones foliares logró diferencias significativas respecto al testigo. En general, cuanto mayor fueron el número de aplicaciones foliares realizadas, mayor fue el contenido de calcio en el fruto. Al igual que con el contenido de calcio,

las aplicaciones foliares tuvieron un mayor efecto sobre la reducción del *bitter pit* que las aplicaciones radiculares (**Figura 6**). De hecho, los tratamientos radiculares no mostraron diferencias significativas respecto al testigo en ninguno de los años y la combinación de aplicaciones radiculares y foliares no resultó en una mejora respecto al resto de tratamientos foliares por si solos. Aumentar el número de aplicaciones foliares de 7 a 13 fue determinante para obtener un descenso significativo de la incidencia del *bitter pit*. No se observaron diferencias significativas entre empezar el programa de aplicaciones foliares 30 o 60 días después de floración, aunque un mayor número de aplicaciones foliares concentradas cerca de la recolección resultó en una tendencia a mejorar los resultados.

Los baños en poscosecha mostraron una mayor reducción de la incidencia y severidad del *bitter pit* que las aplicaciones precosecha, especialmente en el año de mayor incidencia (**Figura 7**). Finalmente, la combinación del mayor número de aplicaciones foliares en precosecha (13 aplicaciones) junto

SANIDAD VEGETAL

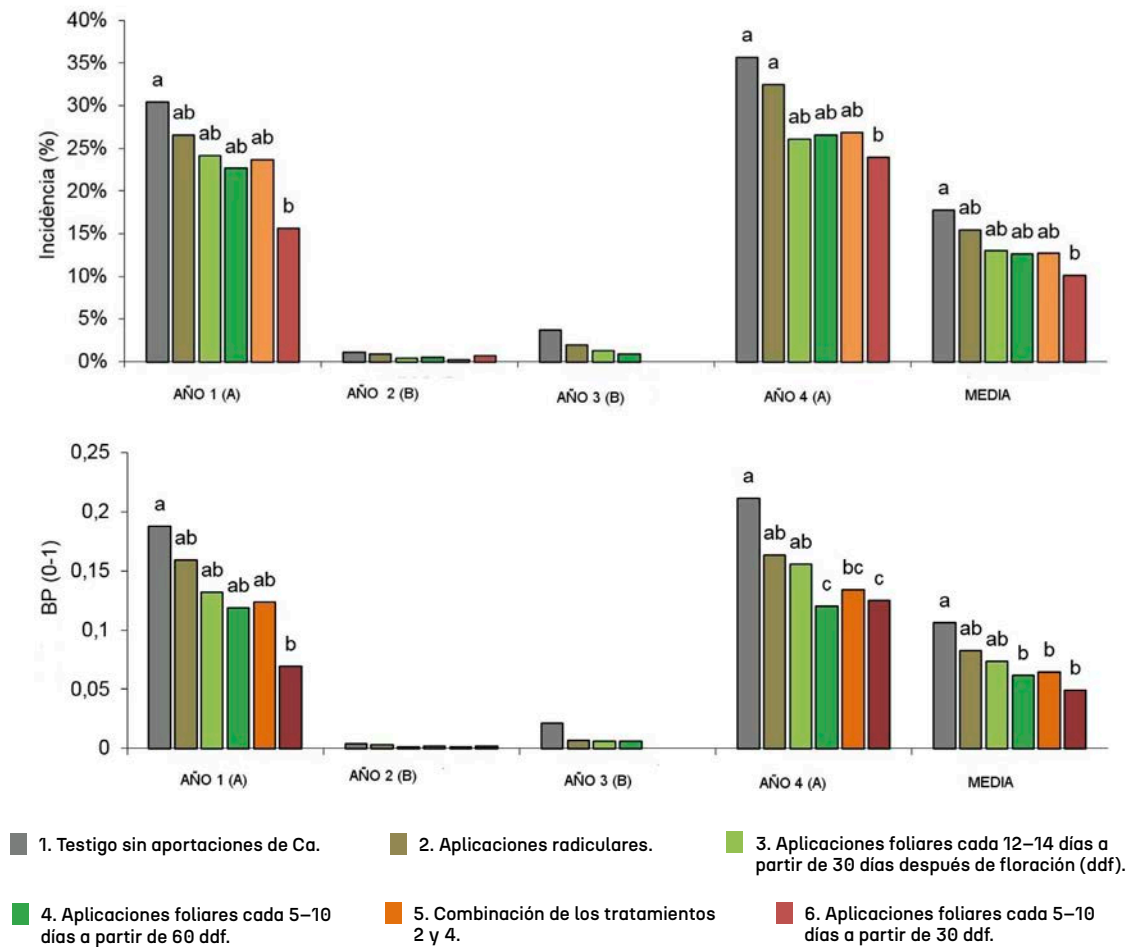
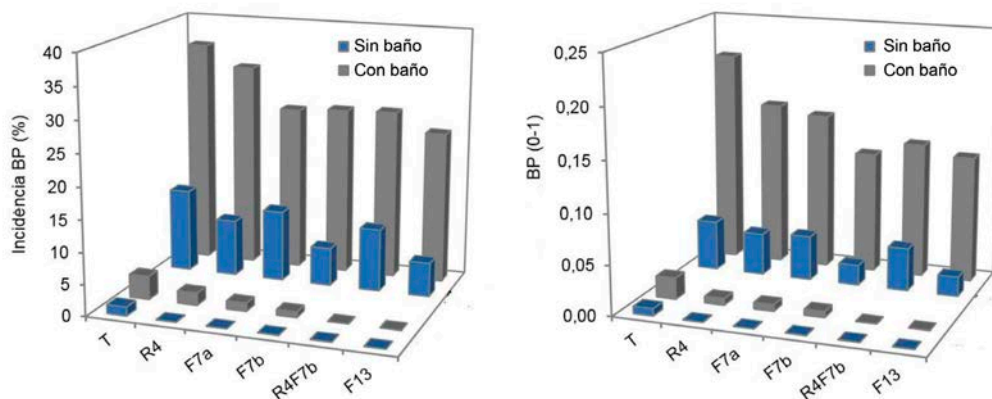


FIGURA 6

Incidencia (arriba) y índice de severidad (abajo) de bitter pit (BP) para cada tratamiento precosecha y año. El índice de severidad es un valor relativo entre 0 (sin síntomas) y 1 (todos los frutos afectados con más de 15 manchas). Barras con diferente letra minúscula indica diferencias significativas entre tratamientos y los años con diferente letra mayúscula indica diferencias significativas entre años, según test de Duncan ($P = 0,05$).



Testigo: sin aportaciones de Ca; Radicular: aplicaciones radiculares de Ca; Foliar 7A: aplicaciones foliares cada 12-14 días a partir de 30 días después de floración (ddf); Foliar 7B: aplicaciones foliares cada 5-10 días a partir de 60 ddf; Radicular+Foliar 7B: combinación de los tratamientos Radicular y Foliar 7B; Foliar 13: aplicaciones foliares cada 5-10 días a partir de 30 ddf.

FIGURA 7

Promedio de la incidencia de bitter pit (izquierda) y severidad (derecha) con y sin baños de calcio en poscosecha. El índice de severidad es un valor relativo entre 0 (sin síntomas) y 1 (todos los frutos afectados con más de 15 manchas por fruto). Barras con diferente letra mayúscula indica diferencias significativas entre tratamientos con baños poscosecha según test de Duncan ($P = 0,05$); barras con diferente letra minúscula indica diferencias significativas entre tratamientos sin baños poscosecha, según test de Duncan ($P = 0,05$).

con el baño en poscosecha fue la estrategia más efectiva para mitigar el *bitter pit*, con una reducción del 30% respecto al testigo.

A modo de conclusión

Las aplicaciones foliares tuvieron un mayor efecto que las aplicaciones radiculares, tanto en la incidencia de *bitter pit* como en el incremento de calcio en el fruto, especialmente las aplicaciones foliares aportadas en la segunda mitad de crecimiento (de julio a septiembre). Ello podría deberse a la dinámica de absorción del calcio por parte del fruto. El suministro natural del calcio de las raíces hacia el fruto suele ser mayor durante la primera mitad de crecimiento del fruto. A falta de tres meses de la recolección (dos meses después de la floración), alrededor del 50% de la cantidad total de calcio se encuentra dentro del fruto, por eso es importante favorecer el suministro radicular de calcio durante esta etapa. El crecimiento de nuevas raicillas, así como un óptimo manejo del riego y de la fertilización, evitando aportes excesivos de productos antagónicos como el potasio o el magnesio, ayudarán a mejorar la asimilación de calcio radicular. Además, no se deben obviar otras prácticas culturales beneficiosas para la asimilación y distribución del calcio radicular hacia el fruto, como evitar excesos de nitrógeno y un buen manejo del vigor del árbol para reducir la competencia entre la parte vegetativa y los frutos. Conforme el fruto vaya creciendo, el calcio absorbido se diluirá y la mayoría del calcio radicular se transportará hacia las hojas donde no podrá volverse a distribuir. Durante esta etapa es cuando se deberían intensificar las aportaciones foliares para abastecer las necesidades de calcio. Los baños en poscosecha es otra de las alternativas a considerar para mitigar el *bitter pit*, mostrando niveles de eficacia incluso mayores que las aplicaciones foliares de calcio. La combinación de ambas herramientas ha mostrado un efecto acumulativo sobre el control del *bitter pit*, obteniendo los mejores resultados al combinar el mayor número de aplicaciones foliares en campo (13 aplicaciones) con el baño en poscosecha. Respecto a los baños, cabe recordar que debe tenerse cuidado con el tipo de formulación a utilizar, la concentración y el tiempo de sumersión para evitar fitotoxicidades sobre la superficie de los frutos. Aún con todo ello, un bajo contenido de calcio en el fruto no es causa indispensable para desencadenar la aparición del *bitter pit*, por lo que deben existir otros factores de riesgo, todavía no identificados, relacionados con las condiciones del año.

Bibliografía

Queda a disposición del lector interesado en el correo electrónico: redaccion@editorialagricola.com

44 INTERNATIONAL FAIR OF AGRICULTURAL MACHINERY
FERIA INTERNACIONAL DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA

FIMA

10-14 FEBRERO/FEBRUARY

2026

ZARAGOZA (ESPAÑA/SPAIN)

WWW.FIMA-AGRICOLA.ES



FERIA
ZARAGOZA

iberCaja

AGRAGEX

EURASCO

ANSEMAT

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN

GOBIERNO DE ARAGON
Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente