

NUTRICIÓN CÁLCICA Y BITTER-PIT

J. Val

A. Blanco

Estación Experimental de Aula Dei (CSIC).

Crta. Montañana 177, 50017-Zaragoza

Papel del calcio en la agricultura

Las alteraciones fisiológicas asociadas con la nutrición cálcica son factores importantes para los cultivos. De hecho, según Poovaiah (1993), al aumentar la concentración de calcio en tejidos vegetales debe disminuir la incidencia de estas patologías y, por tanto, mejorar la calidad del producto. Sin embargo, niveles de calcio bajos en determinados órganos de una planta no siempre son el resultado de una absorción insuficiente, sino que puede deberse a problemas de distribución (Paiva et al., 1998).

Se supone que la mayor parte del calcio se mueve pasivamente por el flujo de transpiración acompañando al agua desde el suelo a través de la planta y finalmente al aire (Kirkby y Pilbearn, 1984). Este movimiento pasivo de transpiración implica el intercambio iónico del calcio en las paredes de los vasos huecos del xilema de los haces vasculares. Al contrario que las hojas, los frutos tienen una superficie de transpiración baja respecto a su volumen, es decir, la fuerza impulsora del movimiento del agua por el árbol es la evaporación a través de las hojas, y el calcio se arrastra por la corriente de transpiración. El calcio no tiene movilidad a través del floema que transporta los azúcares desde las hojas hacia los frutos en desarrollo. En este sentido, podría suponerse que el bitter-pit de las manzanas es el resultado de la competición por calcio entre brotes y frutos y, por tanto, las acciones que permitan desplazar el equilibrio hacia los frutos, en teoría, podrían paliar el desarrollo de las fisiopatías asociadas con el calcio.

¿Qué es el bitter-pit?

El bitter-pit es una fisiopatía que se declara por la muerte y deshidratación de células en zonas aisladas del mesocarpio (1-2 mm debajo de la piel) llegando a afectar a todo el volumen de éste, en casos extremos (Figuras 1 y 2). Esto supone una lógica disminución del valor comercial del producto ya que, además del daño en su apariencia externa, las manzanas pueden presentar una piel grasa, un deterioro en la textura de la pulpa y un descenso en la concentración de ácidos y azúcares. En unas circunstancias en las que prevalece la calidad del producto, resulta difícil la salida comercial de las manzanas afectadas, más aun en el contexto del mercado europeo. Este desorden, extendido en todas las zonas del mundo dedicadas al cultivo del manzano, alcanza su cenit durante el proceso de

conservación, cuando ya se ha invertido un capital importante en la recolección, transporte, y horas de frío, para dar como resultado un valor comercial prácticamente nulo.

Numerosos trabajos de investigación indican que el metabolismo del calcio juega un papel clave en el desarrollo del Bitter-pit (Monge et al., 1994; Lang y Voltz, 1998). En general, se acepta que el bitter-pit es el resultado de una deficiencia de calcio en el fruto. Sin embargo, esto no es totalmente cierto ya que el tejido afectado contiene mayor concentración de calcio que el sano (Figura 3).

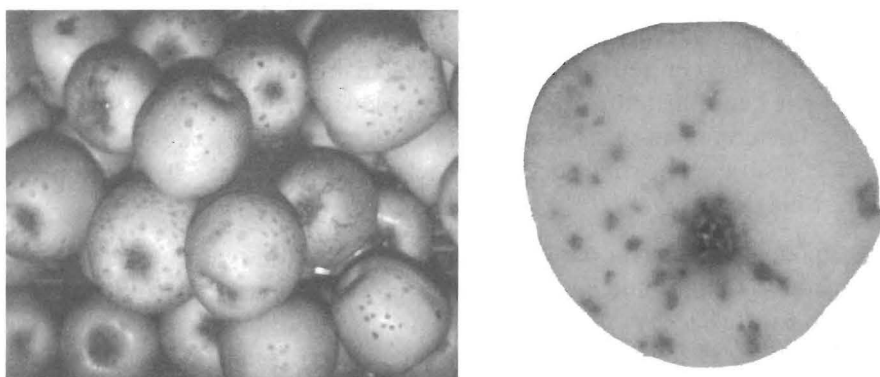


Figura 1. Partida de manzanas Golden afectadas por bitter-pit (Izda) y corte transversal de una manzana afectada (dcha).

De hecho, datos previos obtenidos recientemente en nuestro laboratorio, indican que las manchas de bitter-pit contienen no solo mayor concentración de Ca^{2+} , sino que acumulan gran cantidad de Mg^{2+} y fosfato. Esto explicaría por qué Burmeister, y Dilley (1993) consiguen inducir la aparición de manchas similares al bitter-pit infiltrando las manzanas con MgCl_2 .

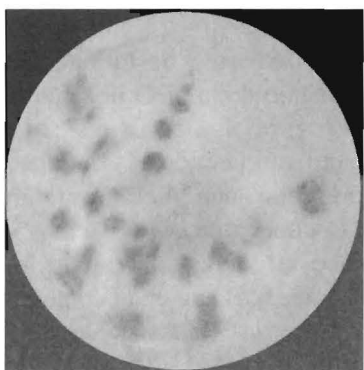


Figura 2. Tinción selectiva de calcio de un corte de manzana afectada por bitter-pit según el método de Val (1999).

Durante los últimos treinta años se ha realizado una investigación exhaustiva con el objetivo de aliviar el problema del bitter-pit. La mayoría de los investigadores están de acuerdo en que las soluciones pasan por nutrir adecuadamente los árboles, un valor de pH del suelo óptimo (6.5-7), una adecuada metodología de poda, incluyendo la poda en verde de verano (Preston y Perring, 1974) y un régimen hídrico favorable evitando el estrés hídrico, especialmente en las primeras fases de la estación (Failla, et al., 1990). A esto hay que añadir que los tamaños de fruto excesivos agravan la incidencia de la enfermedad (Volz, et al., 1993). Sin embargo, las causas que desencadenan la aparición del bitter-pit todavía no ha sido bien establecidas.

Factores precosecha

El hecho de que los frutos puedan acumular calcio a lo largo de su desarrollo resalta la importancia de mantener una humedad de suelo adecuada y un pH favorable para asegurar la continuidad en la toma de agua y nutrientes durante toda la estación. A esto hay que unir el efecto positivo del número de semillas, que sugiere una interdependencia entre el transporte de auxina basípeto y el acrópeto del calcio dentro del fruto que determinan, en parte, la cantidad de calcio que recibe el fruto. Recientes experimentos realizados en nuestro laboratorio en manzana Golden, demuestran que los frutos afectados por bitter-pit contienen un promedio de 2.4 semillas por fruto, mientras que las manzanas sanas albergan en sus cinco receptáculos una media de 5.6 pepitas por fruto (Figura 3). Por lo tanto, es necesario asegurar una buena polinización y la adecuada fertilización para obtener un número de semillas alto, y así prevenir posibles alteraciones fisiológicas (Cutting et al., 1990; Tomala, 1997; Broom et al., 1998).

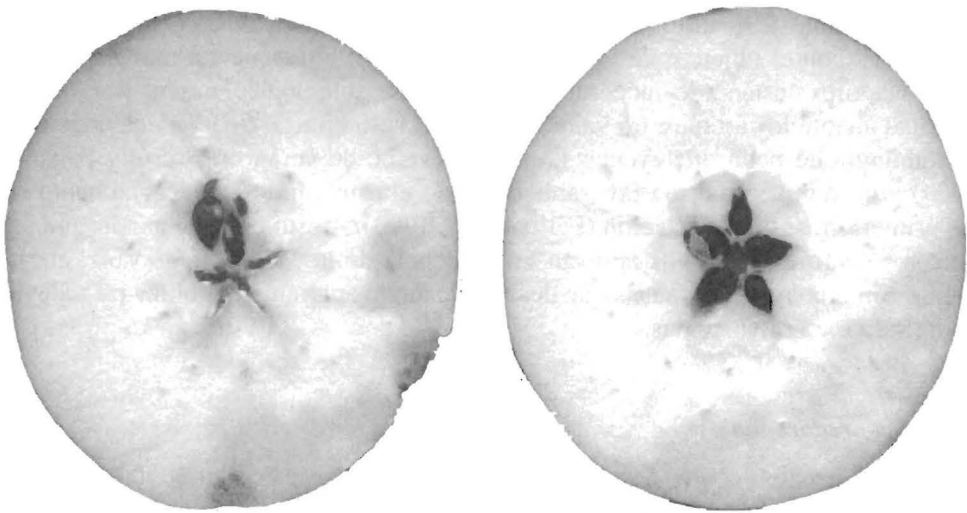


Figura 3. Izquierda: manzana con bitter-pit que contiene solo 2 semillas y derecha manzana sana con todos los receptáculos llenos

de frutos. Un buen estado hídrico y el mantenimiento de una tasa de fotosíntesis alta, incrementa la concentración de calcio en fruto, siempre que el crecimiento vegetativo no sea excesivo. Otros desequilibrios nutricionales también agravan la incidencia del bitter-pit. La deficiencia de hierro, detectada en sus primeros estadios a través del análisis floral, se relaciona directamente con la incidencia del bitter-pit en cámara (Sanz y Machin, 1999).

Control del bitter-pit.

A grandes rasgos podría recomendarse que para controlar el bitter-pit es preciso moderar el vigor del árbol, evitar las aplicaciones fuertes de nitrógeno o la poda excesiva. El aclareo debe ser el adecuado para obtener un gran número de frutos de tamaño medio y asegurar un buen nivel de floración para el año siguiente. De igual forma hay que evitar aplicaciones indiscriminadas de potasio y magnesio. Las aspersiones de calcio pueden ayudar a controlar el bitter-pit cuando la carga de cosecha del árbol es escasa, pero no son capaces de corregir los errores cometidos en el manejo de la plantación.

Perspectivas para el control y diagnóstico del bitter-pit.

En nuestro laboratorio de la Estación Experimental de Aula Dei, se inició un estudio sistemático de las causas nutricionales que provocan el bitter-pit. Tras investigar el comportamiento de los nutrientes a lo largo del ciclo vegetativo en

hojas y frutos, se pudo concluir que el factor de riesgo por bitter-pit aumenta considerablemente cuando, el valor de la relación foliar K/Ca desciende por debajo de 2 y en fruto aumenta por encima de 25, en unas fechas situadas entre los 80-100 días tras la plena floración (1999b), momento que coincide con el de máximo crecimiento del volumen de fruto (Aznar et al., 1999). Estos resultados son importantes porque nos permiten actuar sobre los árboles unos 50 días antes de la cosecha, bien sea para aplicar medidas correctoras o para destinar la cosecha, o parte de ella, al consumo directo. Esto constituye un método de prognosis, ya que con un solo muestreo en la fecha crítica se podría determinar los árboles en los que muy posiblemente aparecerá bitter-pit (Val et al., 1998). También se ha desarrollado un método de detección específica de calcio en superficies de fruto y que es fácilmente utilizable por los agricultores. Este procedimiento nos ha permitido concluir que se produce una acumulación de calcio en las áreas afectadas por la fisiopatía (Figura 2), lo que obliga a replantear que el bitter-pit se deba a una deficiencia de calcio (Val et al., 1999).

En nuestra opinión, la investigación enfocada a aliviar el problema del bitter-pit debería encaminarse al estudio de los aspectos fisiológicos que potencialmente permitan incrementar el suministro de calcio a las manzanas. Para ello, siguiendo las directrices del apartado anterior, deberían mantenerse controlados el manejo cultural, la fertilización con N, K y Mg y la carga de cosecha del árbol. Además, sería preciso verificar la correspondencia entre el transporte de auxinas y su relación con movimiento del calcio. Deberían ensayarse procedimientos que permitan modificar el flujo de transpiración de los frutos para estudiar en qué forma se altera la toma de Ca^{2+} . Y finalmente, caracterizar las lesiones producidas por el bitter-pit, desde el punto de vista anatómico y de composición química, para entender las causas metabólicas que desencadenan la enfermedad.

Por otra parte, es preciso desarrollar nuevos métodos de prognosis que permitan a los productores de manzanas evaluar de forma temprana la incidencia de la fisiopatía sobre su cosecha. Esto supondría evitar cuantiosos costes debidos a las mermas en la producción, tiempo de almacenamiento (en cámara) y mano de obra necesaria para la selección, a mano, de la fruta en el momento de su salida al mercado. Este diagnóstico temprano podría abordarse desde el análisis del fruto en sus primeros estadios de desarrollo mediante o antes incluso determinando el contenido en nutrientes de las flores (Sanz y Machín, 1999). El análisis nutricional de hojas y frutos en épocas concretas del ciclo vegetativo (80 tras plena floración "DAFB", y en cosecha), en distintas variedades y condiciones medioambientales, permitiría extender el uso de la relación K/Ca en frutos y en hojas con fines de diagnóstico. Finalmente, sería interesante aplicar a gran escala del test para calcio. Aunque los datos obtenidos en los últimos años en nuestro laboratorio muestran

resultados esperanzadores, es preciso aplicar la técnica sobre un diseño experimental que contemple un rango más amplio de incidencia de la fisiopatía.

Bibliografía

- Aznar, Y., Blanco, A., y Val., J. (1999) Evaluación de parámetros para determinar el desarrollo final del fruto en manzano. *Actas de Horticultura*. 26(3): 171-177.
- Broom, F. D., Smith, G. S., Miles, D. B. y Green, T. G. A. (1998). Within and between tree variability in fruit characteristics associated with bitter pit incidence of 'Braeburn' apple. *The Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 73(4), 555-561.
- Burmeister, D. M. y Dilley, D. R. (1993). Characterization of Mg^{2+} -induced bitter pit-like symptoms on apples: a model system to study bitter pit initiation and development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41(8), 1203-1207.
- Cutting, J. G. M., Bower, J. P. y Bangert, F. (1990). Why study plant growth substances in subtropical crops?. *Acta Horticulturae*, 275, 477-482.
- Kirkby, E.A. y Pilbeam, D.J. (1984). Calcium as a plant nutrient. *Plant, Cell and Environment*, 7, 397-405.
- Lang, A. y Volz, R. K. (1998). Spur leaves increase calcium in young apples by promoting xylem inflow and outflow. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 123(6), 956-960.
- Monge, E., Val, J., Sanz, M., Blanco, A., y Montañés, L. (1994). El calcio como nutriente para las plantas. Bitter pit en manzano. *Anales de la Estacion Experimental de Aula Dei*, 21 (3): 189-201.
- Paiva, E.A, Sampaio, R.A, Prieto, y Martinez, H. (1998). Composition and quality of tomato fruit cultivated in nutrient solutions containing different calcium concentrations. *Journal of Plant Nutrition*, 21(12): 2653-2661.
- Poovaiah, B. W. (1993). Biochemical and molecular aspects of calcium action. *Acta Horticulturae*, 326: 139-147.
- Preston, A.P. y Perring, M.A. (1974) The effect of summer pruning and nitrogen on growth, cropping and storage quality of Cox's Orange Pippin apple. *Journal of Horticultural Science*. 49: 77-83.
- Sanz, M., y Machín, J. (1999). Aplicacion del analisis floral al pronostico y diagnostico del bitter pit. *ITEA*. 95: 118-124.
- Tomala, K. (1997) Factors affecting nutrient content and fruit quality. *Acta Horticulturae*. 448: 257-264.

- Val, J, Aznar, Y. Gil, A., Monge, E. y Blanco, A. (1998). Evolución de nutrientes en una plantación de manzano afectada por "bitter-pit". Actas del VII Simposio Nacional-III Ibérico sobre Nutrición Mineral de las Plantas. pp: 33-39
- Val, J. (1999). Procedimiento visual de la distribución de calcio en secciones de frutos. N. de solicitud: 9802443. País de prioridad: España. Entidad titular: Consejo Superior de Investigaciones Científicas
- Val, J., Aznar, Y., Monge, E., y Blanco, A. (1999). Un nuevo método de detección del bitter pit. Actas de Horticultura. 27(4): 188-192
- Volz, R.K. Ferguson, I. B. Bowen, J. H. Watkins, C. B. (1993). Crop Load Effects on Fruit Mineral Nutrition, Maturity, Fruiting and Tree Growth of Cox's Orange Pippin Apple. Journal of Horticultural Science. 68: 127-137.