

Mineral markers for distinguishing fruit physiological disorders

Díaz, A., Redondo, D. & Val, J.

Departamento de Nutrición Vegetal. Estación Experimental de Aula Dei (EEAD-CSIC), Avda. Montañana 1005. 50059, Zaragoza, España. jesus.val@csic.es

Abstract

Bitter pit of apples is still one of the main calcium related physiological disorders chiefly affecting apple production. Exogenous calcium treatment is almost the sole way that apple fruit growers can account to mitigate. However, a general agreement on the frequency of leaf sprays, calcium active principles and additives as not been reached so far. The origin of bitter pit and other akin alterations in fruits and vegetables remains still unknown or, in other words, this process may be triggered by a huge number of agro climatic factors and cultural practices. Nevertheless, a considerable amount of work has been done in order to characterize the specific fruit tissues affected by the disorder. By comparing desiccated bitter pit affected with adjacent sound pulp and also with an asymptomatic fruit, major differences are observed. For instance, polyphenol oxidase activity is enhanced in altered tissues, as well as an accumulation of pathogen related proteins, and also the mineral composition of the spots differs significantly from that of healthy tissue. Double concentration of calcium accumulates in the pits, but almost an order of magnitude higher can be found for magnesium.

High value late season peach cultivars from the region of Aragón (NE, Spain) are appreciated by their delicate flavor, external uniform golden appearance, yellow pulp and chiefly to be free of chemicals as they are bagged from their last three months of growth until harvest. These commodities often are affected by another not well known physiological alteration so called vitrescent dark spot (VDS). The research team from Zaragoza has been working for years in this alteration. Mineral characterization of these fruit tissues has been carried out and remarkable differences with respect to other fruit calcium related alterations were found. The affected peach tissue by VDS has a bright watery appearance and calcium and magnesium do not accumulate in these areas. In recent seasons a new physiological disorder has emerged in late season peaches from the Protected Designation of Origin 'Melocotón de Calanda'. This alteration, preliminary designated as Corky Spot of peaches, is a serious problem for peach production in this area and differs from the VDS as the affected zones are dehydrated and exhibit a darker brown color. Mineral composition of these tissues was analyzed concluding that are very similar to tissues affected by bitter pit of apples. This information is discussed in the context of designing strategies to avoid calcium related disorders in the late season peach production.

Keywords: Vitrescent Dark Spot, Corky spot of peaches, calcium related disorders.

Introducción

El calcio es el nutriente clave para el cultivo de especies frutales ya que es uno de los principales factores limitantes para la calidad del fruto. El flujo de transpiración a través del xilema, mueve el calcio desde la raíz hasta los órganos con altas tasas de transpiración. El nutriente se acumula en los órganos más viejos y es abundante en hojas y meristemas terminales. Los frutos de gran tamaño, derivados de las prácticas de formación y de la carga de cosecha del árbol, promueven desequilibrios en estos órganos con una muy restringida tasa de transpiración. Esto promueve que sean susceptibles de

sufrir diversas alteraciones fisiológicas y que comparten características independientemente de la especie y de su manifestación externa. Con objeto de mitigar en lo posible estos daños, se aplican aspersiones foliares de calcio, como estrategias imprescindibles en los sistemas de producción integrada de fruta (Blanco et al., 2010). En éste y en trabajos previos de los autores se usan sales de Ca en combinación con un adyuvante, la Goma Tara, aditivo de uso alimentario que se usa como espesante ya que forma un gel viscoso al entrar en contacto con el agua, aumentando su capacidad de retención de humedad y facilitando, en condiciones favorables, la liberación de iones Ca^{2+} a lo largo del tiempo, permitiendo de este modo reducir el número de aplicaciones foliares (Fernández et al., 2009).

El Melocotón de Calanda se distingue de otros frutos por la aplicación del embolsado de sus frutos en los meses de junio o julio, permaneciendo así hasta su recolección. Esta práctica impide la posibilidad de efectuar tratamientos foliares de calcio en fases avanzadas del ciclo de cultivo.

En las últimas campañas están cobrando creciente relevancia otras manifestaciones de estrés abiótico además de la cuasi específica mancha vitrescente del melocotón de la Denominación de Origen protegida Melocotón de Calanda. De forma creciente, la provisionalmente denominada ‘mancha corchosa’ del melocotón de Calanda y de otras variedades tardías similares, es una fuente de mermas de gran importancia. Las estrategias de tratamientos foliares de calcio está optimizada para conseguir la máxima eficacia aplicándola en tres dosis previas al embolsado. En este trabajo se dan los primeros datos de caracterización ionómica de la nueva fisiopatía y los resultados de éxito en porcentaje de mitigación de incidencia en la variedad tardía 58-GC-76, extremadamente susceptible a esta nueva fisiopatía, para concluir que la aplicación de nuestra estrategia de tratamientos de calcio exógeno es una herramienta útil para el cultivo de estas variedades.

Material y Métodos

El material vegetal empleado tanto para la extracción de manchas de bitter pit, como para llevar a cabo la inducción de manchas similares por métodos artificiales, fueron manzanas (*Malus x domestica Borkh*) de la variedad *Smoothie Golden Delicious*. Los métodos desarrollados para la inducción de manchas, infiltración de sales de Mg con campana de vacío e inyecciones de oxalato amónico, quedan descritos en la publicación de Díaz et al., 2006.

Los tejidos afectados por fisiopatías en melocotón fueron extraídos de dos variedades tardías procedentes de distintas localidades de la zona de la Denominación de Origen protegida (DO) Melocotón de Calanda, en las distintas recolecciones de la campaña 2015. Las variedades fueron elegidas en función de su susceptibilidad a las distintas fisiopatías que se estudian en este trabajo. La variedad Jesca es propensa a desarrollar Mancha Vitrescente, en inglés Vitrescent Dark Spot (VDS) y de ella se tomaron los tejidos para su caracterización ionómica; la variedad 58-GC-76 tiene características muy similares a las tres variedades reconocidas por la DO, si bien no está incluida, entre otros motivos, porque su origen genético no es de la zona. Sin embargo, es de gran interés comercial, se produce profusamente en la zona de la DO y es un melocotón amarillo tardío en el que la manifestación de la nueva alteración denominada, de forma preliminar, Mancha Corchosa, en inglés Corky Spot (CS), es alarmantemente alta con intensidad creciente en las últimas campañas. Esta variedad se ha usado como modelo para caracterizar sus tejidos de CS y como objetivo de los tratamientos de calcio descritos en Díaz y Val (2014).

Las muestras de tejidos afectados por cualquiera de las fisiopatías que se estudian en este trabajo, tanto de manzana con origen natural o inducido por métodos químicos, como las de melocotón tardío de Calanda, fueron extraídas quirúrgicamente con ayuda de un bisturí. Por otra parte, se extrajo tejido sano adyacente a las manchas y, por último, tejido sano de frutos que no estaban afectados por fisiopatías.

La caracterización iónica se llevó a cabo con una digestión previa por vía húmeda en placa calefactora de todo el material vegetal extraído de los frutos y el análisis del extracto ácido se realizó mediante espectrofotometría de absorción (Ca y Mg) y emisión atómica (K) con un equipo *Thermo Scientific iCE3000*.

Las estrategias de tratamientos foliares de calcio fueron descritas en Díaz y Val (2014), aplicándose en forma de aspersiones foliares en fincas de la zona del Bajo Aragón (Caspe, Aragón, España). El diseño experimental consistió en una distribución en bloques al azar con 4 repeticiones, conteniendo cada uno de ellos dos tratamientos (testigo y aspersión foliar con calcio); la unidad experimental fue de un árbol.

Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza con el programa SPSS 22.0.

Resultados y Discusión

El presente trabajo se enmarca en la línea de investigación del Grupo de la EEAD-CSIC que se dedica al estudio de las alteraciones fisiológicas de las frutas relacionadas con calcio. Así, tomando como punto de partida, la publicación de Díaz et al. (2006) cuyos resultados se exponen en la Tabla 1, se observa que las manchas de bitter pit de origen natural, inducidas por Mg^{2+} y por oxalato, presentaron una concentración de calcio superior a la de los tejidos no afectados. Es importante detallar la acumulación de Mg en los tejidos afectados, de hecho, el incremento es de un orden de magnitud en los tejidos afectados con respecto a los sanos adyacentes a las manchas o a los de frutos intactos.

El análisis mineral de las manchas del melocotón (Tabla 2), revela que al igual que en el bitter pit de la manzana, la concentración de Mg en la mancha corchosa, es mucho más elevada que en los tejidos sanos. Además, como resultado diferencial, la concentración de K en la CS se multiplica por un factor superior a 3, lo que no ocurre en el resto de tejidos sanos o afectados extraídos de manzana o melocotón. Sin embargo, en la mancha vitrescente que se caracteriza por desarrollar tejidos pardos y acuosos en zonas próximas a la epidermis, no se observa acumulación de Mg y mucho menos de K. Este conjunto de resultados podría indicar patrones comunes entre la mancha corchosa del melocotón y el bitter pit de la manzana.

Esta hipótesis constituyó la base para la aplicación de tratamientos alternativos foliares de calcio aplicados en campo en melocotón, cuya efectividad ya había sido demostrada en manzana (Díaz et al., 2014). Mediante esta práctica cultural aplicada en un estado fenológico determinado para asegurar la máxima absorción del formulado de calcio aplicado al árbol, la incidencia de bitter pit en una plantación comercial de manzanas del grupo Golden se consiguió mitigar en de un 29% a tan sólo un 3% (Díaz y Val, 2014). En el caso del melocotón tardío 58-GC-76, se ha conseguido reducir la incidencia de VDS en casi un 50%, del 22,2% en el control al 13,3% en los frutos tratados con calcio (Figura 1). Esta efectividad no ha podido contrastarse, para el caso de la mancha vitrescente, de forma coherente en las distintas campañas, en las variedades admitidas por la DO melocotón de Calanda.

Conclusiones

El aspecto visual de los frutos y tejidos de melocotón afectados por mancha vitrescente y su composición mineral, alejan a esta fisiopatía de los patrones descritos

para otras alteraciones relacionadas con calcio en frutas y hortalizas. En concreto, las características del bitter pit descrito y estudiado en manzana se asemeja a las encontradas en la nueva fisiopatía, denominada de forma preliminar ‘mancha corchosa’ de melocotón tardío.

El éxito obtenido en mitigar las alteraciones relacionadas con calcio en manzanas mediante aspersiones foliares, no ha sido, hasta el momento, igualmente eficaz para disminuir, al menos de una forma tan evidente, la mancha vitrescente de los melocotones tardíos. Sin embargo, si se han obtenido hasta ahora prometedores resultados para reducir la incidencia de mancha corchosa en melocotón.

Por estos motivos y por los graves problemas que en los últimos años está causando al sector productivo y comercial la incidencia de esta nueva alteración, resulta de gran interés proseguir el estudio de la misma y profundizar en la determinación de las causas que originan estas alteraciones fisiológicas y los métodos culturales que permitan mitigarlas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Gobierno de Aragón-FITE y el Ministerio Español de Economía y Competitividad AGL 2014-52063-R, cofinanciado por el fondo FEDER.

Bibliografía

- Blanco A, Fernández V, Val J. (2010). Improving the performance of calcium-containing spray formulations to limit the incidence of bitter pit in apple (*Malus x domestica* Borkh.). *Scientia Horticulturae* 127 (1): pp 23-28.
- Díaz A, Val J. (2014). Los nuevos tratamientos foliares mejoran la calidad de la fruta y mitigan eficazmente la aparición de fisiopatías en manzanas Smoothie Golden Delicious. En: *Avances en la Postcosecha de frutas y hortalizas* (L. Zacarías, A.R. Ballester, J.F. Marcos y M.B. Pérez-Gago, Eds) pp. 223-227.
- Díaz A, Monge E, Val J. (2006). Inducción de fisiopatías mediante métodos químicos, en manzanas Golden. En: *Nutrición mineral: aspectos fisiológicos, agronómicos y ambientales* (Carmen Lamsfus Arrien, coord. eds), Vol. 1, pp. 149-156.
- Fernández V., Díaz A, Blanco A, Val J. (2009) Surface application of calcium-containing gels to improve quality of late maturing peach cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 89: 2323-2330.

Tablas y Figuras

Tabla 1. Composición en Ca, Mg y K (mg 100g⁻¹ de materia fresca) de pulpa de manzana sana, manchas y tejidos adyacentes de bitter pit, inducidas por infiltración a vacío con Mg y con inyecciones de oxalato amónico (Díaz et al., 2006).

Tejido	Ca	Mg	K
Sano	2.51 a	5.19 a	99.86 a
Bitter Pit (BP)	6.74 ab	43.34 c	150.25 b
Adyacente a BP	2.36 a	6.20 a	105.52 a
Mancha Mg	10.73 bc	63.28 d	120.58 ab
Adyacente a mancha Mg	3.36 a	15.42 ab	116.87 ab
Mancha oxalato	12.86 c	21.25 b	121.97 ab
Adyacente a mancha oxalato	3.53 a	5.61 a	106.82 a

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas del 95% entre medias aplicando el test de separación de medias de Waller Duncan ($p \leq 0,05$).

Tabla 2. Composición en Ca, Mg y K ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ de materia fresca) de pulpa de melocotón sano, mancha vitrescente y mancha corchosa y tejidos adyacentes a las manchas.

Tejido	Ca	Mg	K
Sano	3.42 ab	6.77 a	188.80 a
Mancha vitrescente (VDS)	3.45 ab	10.10 a	186.26 a
Adyacente a VDS	4.57 b	6.84 a	200.86 a
Mancha corchosa (CS)	3.54 ab	15.96 b	690.59 b
Adyacente a CS	2.87 a	9.33 a	261.02 a

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas del 95% entre medias aplicando el test de separación de medias de Waller Duncan ($p \leq 0,05$).

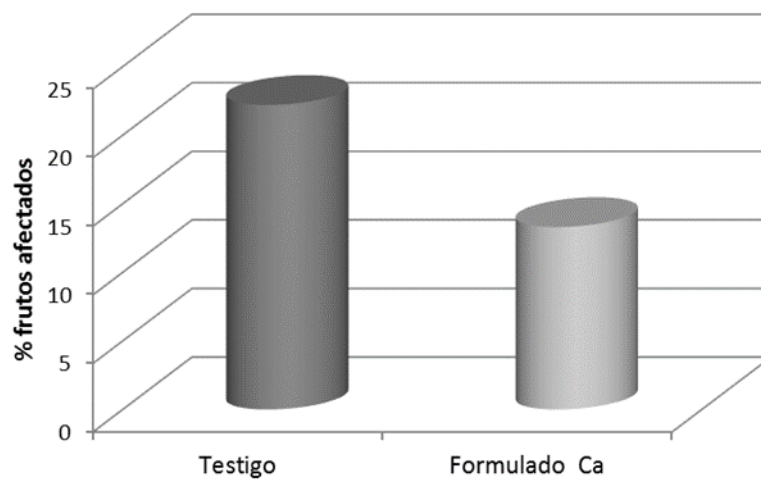


Figura 1. Efecto de la aplicación de aspersiones foliares de calcio en la afección por mancha corchosa en melocotón tardío del Bajo Aragón 58-GC-76.