

aunque continuado es menos pronunciado. En la parte inferior, la relación se precisa en una forma hiperbólica con una posible asíntota todavía alejada del rango representado en la gráfica.

Como conclusión se podría decir que los resultados del análisis floral se pueden situar como punto inicial de la evolución de nutrientes tanto en hojas como en frutos. Esto justifica las correlaciones encontradas por otros autores con el material foliar, e introduce el uso de los datos florales como herramienta de diagnóstico e incluso predicción del estatus nutricional de los frutos, lo que es especialmente importante para elementos como el calcio, cuya alteración provoca importantes alteraciones metabólicas en el fruto.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos de investigación del Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias AGL-2000-1698 y P017/2001 del CONSI+D de la Diputación General de Aragón. Se agradece al grupo ALM las facilidades prestadas y a M^{ra} Angeles Gracia la excelente asistencia técnica.

Referencias

- BERGMANN, W. (1992). Nutritional disorders of plants. Development, Visual and Analytical Diagnosis, pp 132-151.
- BETRÁN, J.A.; VAL, J.; MONTAÑÉS-MILLÁN, L.; MONGE, E.; MONTAÑÉS, L. Y MORENO, M.A. (1997). Influence of rootstock on the mineral concentrations of flowers and leaves from sweet cherry. *Acta Horticulturae*, 448: 163-167.
- COMITÉ INTER INSTITUTOS (1969). Métodos de referencia para la determinación de elementos minerales en vegetales. *Anales de edafología y Agrobiología* 28, 403-418.
- LEECE, D.R., GILMOUR, A.R. (1974). Diagnostic leaf analysis for stone fruit 2-Seasonal changes in the leaf composition of peach. *Austral Journal Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 14: 822-827.
- MONTAÑÉS-MILLÁN, L.; VAL, J.; BETRÁN, J.; MORENO, M.A. Y MONTAÑÉS, L. (1997). Floral analysis: fresh and dry weight of flowers from different fruit tree species. *Acta Horticulturae*, 448: 233-239.
- PALAZÓN, L., PALAZÓN, C., ROBERT, P., ESCUDERO, I., MUÑOZ, M., Y PALAZÓN, M. (1984). Estudio de los problemas patológicos de la conservación de peras y manzanas en la provincia de Zaragoza. (Zaragoza: Diputación Provincial, Institución Fernando el Católico).
- PINTA, M., Y COMITÉ-INTER-INSTITUTOS. (1973). Méthodes de référence pour la détermination des éléments minéraux dans les végétaux. Détermination des éléments Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, et Cu par absorption atomique. *Oléagineux* 28, 87-93.
- SANZ, M., HERAS, L., MONTAÑÉS, L. (1991). Foliar diagnosis in peach: reference nutrient contents throughout the season. *Anales de Aula Dei (Zaragoza)*, 20 (3-4): 67-73.
- SANZ, M., HERAS, L., MONTAÑÉS, L. (1992). Relationships between yield and leaf nutrient contents in peach trees: Early nutritional status diagnosis. *Journal of Plant Nutrition*, 15 (9): 1457-1466.
- SANZ, M., MONTAÑÉS, L. (1993). Diagnóstico foliar continuado en melocotonero: valores de referencia. *ITEA 89V* (2): 79-89.
- SANZ, M.; CARRERA, M. Y MONTAÑÉS, L. (1994). The possibility of using floral analysis to diagnose the nutritional status of pear trees. *Acta Horticulturae*, 367: 290-295.
- SANZ, M., VAL, J., MONGE, E., MONTAÑÉS, L. (1995). Is it possible to diagnose the nutritional status of peach trees by chemical analysis of their flowers?. *Acta Horticulturae*, 383: 159-163.
- SANZ, M., MONTAÑÉS, L. (1995). Flower analysis as a new approach to diagnosing the nutritional status of the peach tree. *Journal of Plant Nutrition*, 18: 1667-1675.
- SANZ, M., BELKHODJA, R., TOSELLI, M., MONTAÑÉS, L., ABADÍA, A., TAGLIAVINI, M., MARANGONI, B., ABADÍA, J. (1997). Floral analysis as a possible tool for the prognosis of iron deficiency in peach. *Acta Horticulturae*, 448: 241-245.
- SANZ, M., PÉREZ, J., PASCUAL, J. Y MACHÍN, J. (1998). PROGNOSIS of iron chlorosis in apple trees by floral analysis. *Journal of Plant Nutrition*, 21: 1697-1703.
- SANZ, M. Y MACHÍN, J. (1999). Aplicación del análisis floral al pronóstico y diagnóstico del bitter pit. *Información técnica Económica Agraria (ITEA)*, 95 (2): 118-124.
- WALLWORTH, J.L., SUMMER, M.E. (1987). The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) 149-188. *En Advances of Soil Scienc.* B.A. Stewart (eds). Vol. 6 Springer-Verlag. New York (USA).

METABOLISMO DEL CALCIO EN FRUTALES. INVESTIGACIÓN REALIZADA EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE AULA DEI

Val, J., Aznar, Y., Cortés, E., Medjoub, R., Mata, A.P., Gracia, M.A., Monge, E., Blanco, A.

Estación Experimental de Aula Dei. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Apartado 202
50080-Zaragoza. email: jval@eead.csic.es

Resumen

La deficiencia de calcio en fruto tiene importantes repercusiones en especies frutales y hortícolas. Así, en manzano, las alteraciones de la nutrición cálcica originan el bitter pit y plara, fisiopatías que junto con el escaldado merman considerablemente la producción. En este trabajo se describe la investigación realizada en la Estación Experimental de Aula Dei acerca del papel fisiológico del calcio en especies frutales. Estos estudios comprenden la toma y transporte de calcio en especies modelo como el tomate; describir la 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 finalmente, tratamientos con nuevas formulaciones de calcio y reguladores de crecimiento.

Palabras clave: bitter pit, calcio, deficiencia de calcio, manzano, nutrición vegetal, prognosis, tomate

Antecedentes

La literatura científica ofrece gran número de referencias acerca de la toma y distribución de calcio por las plantas y, en especial, por los frutales (Monge et al., 1995). 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). Además, el calcio no tiene movilidad a través del floema que transporta los azúcares desde las hojas hacia los frutos en desarrollo. Por estas razones, el calcio es un nutriente poco móvil que 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 tanto, la deficiencia de este elemento 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 hojas jóvenes, frutos u otros órganos pueden presentar niveles por debajo de la normalidad (Chiu y Bould, 1977). Ya DeLong (1936) relacionó la susceptibilidad de las manzanas al bitter pit con una deficiencia de Ca²⁺ en fruto. El escaldado y las fisiopatías relacionadas con el calcio que producen manchas corchosas como bitter pit y plara producen pérdidas superiores al 3% de la cosecha total (Palazón et al, 1984; Sió et al., 1998). Garman y Mathis (1956), mostraron la relación existente entre la concentración de calcio en el fruto en cosecha y la incidencia de bitter pit tras el almacenamiento; además, propusieron el tratamiento foliar con sales de calcio durante el desarrollo del fruto para reducir la incidencia de la fisiopatía.

Resumen de los trabajos realizados en la EEAD

En otras comunicaciones presentadas a este Simposio se exponen los resultados obtenidos en el estudio de la composición de la flor como herramienta de diagnóstico del fruto (Aznar, et al.); se describe el comportamiento de la enzima polifenol oxidasa en tejidos de manzana sanos y afectados por bitter pit (Cortés et al.); y se exponen los resultados de la evaluación de Calcimax y Rootip-Calcio, nuevas formulaciones diseñadas para el control del bitter pit y otras patologías dependientes de calcio (Mata et al; Val y Mata). Finalmente, en otra comunicación se describen los efectos de un nuevo regulador de crecimiento todavía en fase experimental, Prohexadione-Ca en la nutrición y crecimiento del manzano (Medjoub et al.).

Además de los referidos, se han realizado y actualmente 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. A

continuación, se exponen brevemente cuatro ejemplos de los trabajos desarrollados por el grupo.

Deficiencia de calcio en plantas de tomate

El síntoma más característico de la deficiencia de calcio consiste en la morfología de gancho que adquieren los limbos foliares. Así, Sanz et al (2000), trabajando con plantas de tomate desarrolladas en medio hidropónico deficiente en calcio, pudieron concluir que al final del ciclo de cultivo, la altura y el grosor del tallo de las plantas deficientes eran, dependiendo de la severidad del tratamiento, 30-50% inferiores a los de los controles. Los primeros síntomas visuales de deficiencia se observaron en las hojas más jóvenes, las raíces se oscurecieron y disminuyeron de tamaño, se interrumpió la aparición de nuevas hojas y aumentó el espesor y peso específico de las ya desarrolladas.

Los últimos avances encaminados a caracterizar la deficiencia de calcio en plantas utilizando parámetros fisiológicos, también se han llevado a cabo utilizando plantas de tomate en hidropónico (Sanz et al., 2001). Del trabajo de estos autores se deduce que la deficiencia de calcio no incide directamente en la potencialidad fotosintética de la planta, aunque la carencia de pigmentos del ciclo de las xantofilas en las hojas jóvenes deficientes indicaría la incapacidad de disipar la energía luminosa por parte de las hojas en formación. Como hipótesis, los autores apuntan que, ante la carencia de calcio, la planta interrumpe los procesos asociados al crecimiento tratando de mantener vivas el resto de las estructuras existentes que, debido a la escasa movilidad de este elemento, no desarrollan síntomas de deficiencia.

Composición de las manchas de bitter pit y gradientes nutricionales dentro del fruto

Los recientes trabajos realizados por el grupo de investigación han permitido profundizar en el conocimiento de las causas que desencadenan el bitter pit. Se ha demostrado la existencia de gradientes de concentración de aniones y cationes en el volumen del fruto y cómo esta distribución se modifica drásticamente en manzanas afectadas por la fisiopatía (Aznar, 2001; Aznar et al., 2001b). La concentración de Calcio, en frutos afectados por bitter pit, alcanza el valor mínimo en la proximidad al extremo del cáliz. Sin embargo, el Ca^{2+} insoluble aumenta en esa misma dirección. En cambio, en las manzanas sanas, el comportamiento es justo el opuesto; en la zona próxima al cáliz se encuentran las mayores concentraciones de Ca^{2+} soluble y las mínimas de Ca^{2+} insoluble. Estos datos, sugieren que el equilibrio entre el Ca^{2+} citosólico y el estructural, en áreas concretas del fruto, podría ser un factor crucial para el desarrollo del bitter-pit.

Asimismo, se demuestra claramente que las manchas de bitter-pit contienen no sólo una gran concentración de Ca^{2+} (Val et al., 1999; Aznar et al., 2001a; Aznar et al., 2001c), sino que acumulan gran cantidad de Mg^{2+} . De hecho, el magnesio total encontrado en las lesiones es casi un orden de magnitud mayor que el del tejido circundante y que el de la manzana sana (Aznar et al., 2001c).

Inducción de manchas corchosas mediante infiltraciones con magnesio

La justificación del exceso de Mg^{2+} en las manchas de bitter-pit, no es evidente. Chamel y Bossy (1981) también encontraron mayores concentraciones de Ca^{2+} y Mg^{2+} en las zonas de bitter-pit, lo que podría deberse a que el incremento de Mg^{2+} altera la delicada homeostasis del Ca^{2+} y éste pudiera liberarse desde los orgánulos de almacenamiento como las vacuolas al interior del citoplasma provocando el colapso celular. En cualquier caso, estos resultados justificarían los obtenidos por Burmeister y Dilley (1993) que se están aplicando en Chile a gran escala para predecir el bitter pit (Retamales y Valdes, 2001). Estos autores consiguen inducir la aparición de manchas similares al bitter-pit infiltrando las manzanas con MgCl_2 . En nuestro laboratorio también hemos conseguido la inducción de manchas acorchadas en manzanas infiltrando con Mg (Figura 1). Además de una clara vocación como herramienta de predicción, puesto que se realiza en las dos o tres semanas previas a la recolección, consideramos que la posibilidad de inducir este tipo de manchas puede hacernos avanzar en el conocimiento de la secuencia de acontecimientos que desencadenan la fisiopatía. En este sentido, hemos comparado la composición en K, Mg y Ca de las manchas inducidas artificialmente con las que ocurren de forma natural encontrando grandes similitudes entre ambos tipos de tejido.

Tinción selectiva de Calcio en secciones de fruto

Hasta el momento, no existía en un método capaz de revelar, de forma sencilla y rápida, la presencia de calcio y su distribución dentro del fruto. En nuestro laboratorio se ha puesto a punto una técnica que consiste en una sencilla reacción de desarrollo de color al poner en contacto una sección de fruto sobre un papel de filtro especial impregnado de una mezcla de reactivos (Val et al., 1999).



Figura 1. Aspecto de una manzana Golden Smoothie tras 1 semana de haber sido infiltrada con sales de Mg.



Figura 2. Cortes transversales de manzanas sanas (derecha) y afectadas por bitter pit (izquierda). En la parte inferior se observan las huellas de calcio que aparecen en el papel de filtro tras aplicar del método de tinción selectiva de calcio. Nótase la diferencia en la intensidad y distribución de la coloración en las secciones de ambas manzanas.

Mediante este procedimiento, se demostró que se produce una acumulación de dicho elemento en las áreas afectadas por la fisiopatía. Se puede observar una coloración roja intensa, impresa en el papel de filtro, correspondiente a las zonas afectadas por bitter-pit, que aparece al realizar el corte en la manzana. En cambio, el tejido circundante a estas áreas, manifiesta una coloración menos intensa, que indica un menor contenido de calcio alrededor de las manchas. Al comparar estos cortes con las tinciones realizadas en manzanas que no presentan ningún indicio de estar afectadas por la fisiopatía, se pueden apreciar mayores cantidades de calcio en sus tejidos y una distribución más homogénea en toda la superficie de los cortes transversales y longitudinales.

Por otra parte, la observación al microscopio de las manchas de bitter pit teñidas directamente con un método similar al utilizado en las secciones del fruto, indica que la fracción apoplástica de estas células, contiene algún complejo insoluble de calcio que no está presente en el resto del fruto.

La aplicación del citado método puede resultar útil para estudiar las fisiopatías relacionadas con el calcio. Esta técnica se ha utilizado para el estudio del transporte de calcio en tallos de plantas de tomate (Sanz, 2000) y puede ser aplicado en frutos como peras, kiwi, y en otros cuya coloración de pulpa no interfiera con el color rojo que produce la aplicación del reactivo.

Consideraciones finales

En esta contribución se pretende mostrar unas breves pinceladas del trabajo que está siendo llevado a cabo por un Grupo de Investigación de la Estación Experimental de Aula Dei. A mediados de los 90, iniciamos, una línea orientada al estudio y diagnóstico de las alteraciones metabólicas de las plantas relacionadas con el calcio. El conocimiento de los procesos fisiológicos implicados en el desarrollo de las fisiopatías dependientes de calcio, ha de ser una de las vías para buscar soluciones que mitiguen las pérdidas de producción debidas a deterioros cualitativos de los frutos. Esta investigación que persigue la obtención de producciones de alta calidad, rentables y eficientes, incide especialmente en la gestión agrícola integrada, la conservación del suelo, agua, energía y recursos biológicos.

En nuestra opinión, la investigación enfocada a aliviar el problema del bitter-pit debe encaminarse al estudio de los aspectos fisiológicos que potencialmente permitan incrementar el suministro de calcio a las manzanas.

En la actualidad se está evaluando la influencia de la fertilización nitrogenada y potásica, así como el papel del exceso de magnesio en el desarrollo del bitter pit. Asimismo, se sigue incidiendo en el tamaño de fruto y la competición por nutrientes entre órganos modificando la carga de cosecha del árbol.

A nivel de campo, se están realizando experimentos para determinar la correspondencia entre el transporte de auxinas y su relación con movimiento del calcio. Se están ensayando procedimientos que

modifican el flujo de transpiración de los frutos para estudiar en qué forma se altera la toma de Ca^{2+} . Se prosigue la caracterización de las lesiones producidas por el bitter-pit, desde el punto de vista anatómico, de composición química e iso-enzimática, para profundizar en el conocimiento de las causas metabólicas que desencadenan la enfermedad. Asimismo, se ensayan nuevos procedimientos para provocar artificialmente marchas corchosas en las manzanas con el fin de elaborar un modelo que describa la secuencia de acontecimientos que desembocan en la fisiopatía.

Finalmente, por sus consecuencias agronómicas, se está avanzando en el desarrollo de nuevos métodos de prognosis que permitan a los productores de manzanas evaluar de forma temprana la incidencia de este tipo de patologías 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.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos de investigación del Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias AGL-2000-1698 y P017/2001 del CONSI+D de la Diputación General de Aragón.

Bibliografía

- Aznar Y., Cortés E., Blanco A. y Val J. (2002) Estudio de la composición mineral de la flor y su relación con los nutrientes en fruto y hoja de manzano. Actas del IX Simposio Ibérico sobre Nutrición Mineral de las Plantas. 10-13 Septiembre, Zaragoza-España
- Aznar, Y. (2001). Caracterización fisiológica del "bitter pit": aspectos nutricionales, fenológicos y métodos de diagnóstico. Tesis Doctoral. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular y Celular (Universidad de Zaragoza), pp. 240.
- Aznar, Y., Cortés, E., Blanco, A., y Val, J. (2001a). Composición aniónica y catiónica de las manchas de bitter pit en manzanas de tipo golden. En Actas del IV Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas. Cáceres. en prensa.
- Aznar, Y., Cortés, E., Blanco, A., y Val, J. (2001b). Gradientes nutricionales en manzanas afectadas por bitter pit. En Actas del IV Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas. Cáceres. en prensa.
- Aznar, Y., Cortés, E., Monge, E., Blanco, A., y Val, J. (2001c). Caracterización Catiónica de manzanas afectadas por bitter pit. En: Nutrición mineral en una agricultura mediterránea sostenible, C.F. Alcaraz, M. Carvajal, y V. Martínez, eds (Murcia: Consejería de Agricultura, Agua y medio Ambiente), pp. 389-398.
- 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, 1203-1207.
- Chamel, A.R., y Bossy, J.P. (1981). Electron-microprobe analysis of apple fruit tissues affected with bitter pit. Scientia Horticulturae 15, 155-163.
- Chiu, T.F. y Bould, C. (1976). Effects of shortage of calcium and other cations on ^{45}Ca mobility, growth and nutritional disorders of tomato plants. Journal of the Science of Food and Agriculture, 27: 969-977.
- Cortés E., Aznar Y., Blanco A. y Val J. (2002) Estudio de la Polifenol oxidasa en manzanas afectadas por bitter pit mediante técnicas de detección visual, medidas de actividad y caracterización isoenzimática. Actas del IX Simposio Ibérico sobre Nutrición Mineral de las Plantas. 10-13 Septiembre, Zaragoza-España
- Delong, W. A. (1936). Variations in the chief ash constituents of apples affected with blotchy cork. Plant Physiology, 11: 453-456.
- Garman, P. y Mathis. W. T. (1956). Studies of mineral balance as related to occurrence of Baldwin spot in Connecticut. Connecticut Experiment Station Bulletin. 601.
- Kirkby, E.A. y Pilbeam, D.J. (1984). Calcium as a plant nutrient. Plant, cell and environment. 7: 397-405
- Mata, A.P. Charlez, J.M., Val, J. y Blanco, A. (2002) Efectos de calcimax® sobre la nutrición calcica del manzano tipo golden y su influencia sobre el bitter pit. Actas del IX Simposio Ibérico sobre Nutrición Mineral de las Plantas. 10-13 Septiembre, Zaragoza-España
- Medjdoub R., A.P. Mata., J. Val y A. Blanco (2002) Efecto del prohexadione-ca sobre el crecimiento y la nutrición del manzano. Actas del IX Simposio Ibérico sobre Nutrición Mineral de las Plantas. 10-13 Septiembre, Zaragoza-España
- Monge, E., Val, J., Sanz, M., Blanco, A. y Montañés, L. (1995). El calcio nutriente para las plantas. Bitter pit en manzano. Anales de la Estación Experimental Aula Dei, 21: 189-201.
- Palazón, L., Palazón, C., Robert, P., Escudero, I., Muñoz, M., y Palazón, M. (1984). Estudio de los problemas patológicos de la conservación de peras y manzanas en la provincia de Zaragoza. (Zaragoza: Diputación Provincial, Institución Fernando el Católico).
- Retamales, J.B., y Valdes, C.A. (2001). Chileans find better way to predict bitter pit. Good Fruit Grower 52, 35-38.
- Sanz, M.A. (2000). Distribución de calcio en plantas superiores: deficiencia de Ca^{2+} en plantas de tomate. Tesina de Licenciatura. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular y Celular (Universidad de Zaragoza).
- Sanz, M.A., Blanco, A., Monge, E., y Val, J. (2001). Caracterización de la deficiencia de calcio en plantas de tomate utilizando parámetros fisiológicos. ITEA 97V, 26-38.
- Sanz, M.A., Blanco, A., y Val, J. (2000). Inhibición del crecimiento de plantas de tomate por la deficiencia inducida de calcio. ITEA. 96V, 207-217.
- Sió, J., Usall, J., Cabello, S., Aragai, M., y Boixadera, J. (1998). Estudio de las características de los suelos y su influencia sobre la calidad y la aptitud a la conservación de la manzana Golden en la zona frutícola de Lleida (II). Calidad y aptitud a la conservación. Fruticultura Profesional. 94, 36-50.
- Val, J. y Mata, A.P. (2002) Efecto del Rootip-Calcio en la calidad y estatus nutricional de manzanas tipo Golden. Actas del IX Simposio Ibérico sobre Nutrición Mineral de las Plantas. 10-13 Septiembre, Zaragoza-España
- Val, J., Aznar, Y., Monge, E., y Blanco, A. (1999). Un nuevo método de detección del bitter pit. Actas de Horticultura 27, 188-192

INFLUENCIA DEL ESTRÉS HÍDRICO Y DEL ESTADO NUTRITIVO DEL OLIVO EN LA ABSORCIÓN FOLIAR DE POTASIO.

H. Restrepo, M. Benlloch y R. Fernández-Escobar.

Departamento de Agronomía. Universidad de Córdoba. Apartado de Correos 3048 14080 – Córdoba.

Abstract

Plantas autoenraizadas de la variedad 'Picual' y cultivadas en macetas de 2L de capacidad, fueron sometidas a diferentes tratamientos de estrés hídrico y dispuestas en distintos estados nutritivos de potasio al ser regadas con una solución tipo Hoagland 1/2 con 0.05 y 2.5 mM de KCl durante 63 días. Después se mantuvieron cinco semanas en régimen de secano. A los 63 días (plantas hidratadas) y a los 98 días (plantas con estrés hídrico) las plantas recibieron un tratamiento con RbCl al 4% vía foliar. Los contenidos de Rb^+ encontrados en dichas plantas 48 horas después de cada tratamiento indican que el Rb^+ se acumuló principalmente en plantas de olivo sometidas a estrés hídrico, pero que presentaban un buen estado nutritivo en potasio. Cuando las plantas recibieron poco potasio, el Rb^+ se acumuló en menor cantidad y no se apreciaron diferencias significativas entre las plantas hidratadas y las sometidas a estrés hídrico.

Introducción

Desde un punto de vista nutricional, el olivar de secano español se caracteriza por presentar deficiencias generalizadas en potasio (Fernández-Escobar et al., 1994). Entre los factores que afectan a ese estado nutritivo se encuentran: 1) cultivo en suelos pobres; 2) temperatura del suelo; 3) humedad del suelo; 4) carga del árbol; y 5) interacciones con calcio, magnesio y amonio. La escasa humedad del suelo en el olivar de secano, el marcado carácter vecero de las variedades cultivadas y el cultivo en suelos predominantemente calcáreos, pueden explicar las deficiencias generalizadas de potasio encontradas en el olivar español.

Bajo esas condiciones, la práctica de la fertilización del olivar debe basarse, al menos en parte, en la aplicación foliar de fertilizantes potásicos. Sin embargo, los resultados que se obtienen tanto en ensayos de campo como en la práctica común son muy variables en lo que respecta a la corrección de las deficiencias de potasio. Cabe sospechar que factores que afecten a la absorción vía foliar pueden afectar a la utilización de ese elemento por la planta. El estado nutritivo en el momento del tratamiento y el estrés hídrico podrían condicionar, entre otros factores, la absorción foliar de dicho elemento.

El objetivo del presente trabajo ha sido estudiar la influencia del estado nutritivo y del estado hídrico de plantas de olivo en la absorción foliar de potasio. Para ello, se ha utilizado rubidio como marcador del potasio (Benlloch et al., 1989)

Material y Métodos

El ensayo se realizó con estaquillas de la variedad 'Picual' enraizadas bajo nebulización. Las plantas se cultivaron en macetas de 2L utilizando como sustrato sólido perlita Se regaron 3 veces a la semana con una solución nutritiva tipo Hoagland 1/2 con dos concentraciones diferentes de K (0,05 y 2,5 mM de KCl). Los tratamientos con estrés hídrico se realizaron interrumpiendo el volumen regado a partir de los 63 días del inicio del ensayo por un periodo de 5 semanas. Los tratamientos foliares con Rb^+ se aplicaron a los 63 y a los 98 días del inicio del ensayo con una solución de RbCl (4%) como trazador de K^+ . Las plantas fueron cortadas 48 horas después de la aplicación. Al final del ensayo se determinó el peso fresco de raíz, tallo y hoja y se midió el contenido de Rb^+ en esas mismas partes de la planta.