

Tabla 3. Efecto de las diferentes formas de P sobre la extracción foliar sobre materia seca (mg por tiesto) de Pi, Phi y P total de plantas de trigo cultivadas en medio hidropónico ( los tratamientos seguidos de diferentes letras son significativamente diferentes para  $p < 0,05$ ). Los valores corresponden a las medias.

Tratamientos	Pi	Phi	P total
C	0,247 a	-0,001 a	0,246 a
Phi(1)	0,282 ab	0,343 c	0,625 c
Phi(2)	0,327 b	0,979 e	1,306 e
Pi(1)	0,484 d	-0,005 a	0,478 b
Pi(2)	0,737 e	-0,009 a	0,728 c
Phi-Pi(1)	0,404 c	0,126 b	0,531 b
Phi-Pi(2)	0,472 cd	0,446 d	0,918 d

### Bibliografía

- (1) Rickard, D.A. (2000). Review of phosphorous acid and its salts as fertilizer materials. *J. Plant Nutr.*, 23, 161-180.
- (2) McDonald, A.E., Grant, B.R., Plaxton, W.C. (2001). Phosphite (phosphorous acid): its relevance in the environment and agriculture and influence on plant phosphate starvation response. *J. Plant Nutr.*, 24, 1505-1519.
- (3) Carswell, Ch., Grant, B., Theodorou, M., Harris, J., Niere, J., Plaxton, W. (1996). The fungicide phosphonate disrupts the phosphate-starvation response in *Brassica nigra* seedlings. *Plant Physiol.*, 110, 105-110.
- (4) Förster, H., Adaskaveg, J.E., Kim, D.H., Stanghellini, M.E. (1998). Effect of phosphite on tomato and pepper plants and on susceptibility of pepper to phytophthora root and crown rot in hydroponic culture. *Plant Dis.*, 82, 1165-1170.
- (5) Wells, K.L., Dollarhide, J.E., Mundell Jr, R.E. (2000). Effect of phosphite phosphorous on alfalfa growth. *J. Plant Nutr.*, 31, 2707-2715.

### ESTUDIO DE LA COMPOSICIÓN MINERAL DE LA FLOR Y SU RELACIÓN CON LOS NUTRIENTES EN FRUTO Y HOJA DE MANZANO

*Aznar Y., Cortés E., Blanco A. y Val J.*

Estación Experimental de Aula Dei. (C.S.I.C.). Apartado 202 50080-Zaragoza email: jval@eead.csic.es

#### Resumen

El análisis de suelo y el foliar son las herramientas tradicionalmente utilizadas para determinar el estatus nutricional de los cultivos. En manzano, la toma de muestra de hojas se realiza entre los 75 y 105 días tras plena floración, fechas en las que es prácticamente imposible corregir los posibles desequilibrios nutricionales. En este artículo se justifica por qué el contenido en nutrientes de las flores puede estar relacionado tanto con los elementos minerales de la hoja como con los del fruto. Por lo tanto, se propone el uso del análisis floral no solo para adelantar el diagnóstico obtenido de las hojas, sino para caracterizar, en detalle, la evolución de nutrientes en fruto. Esto último es especialmente importante en el caso de elementos poco móviles que se transportan principalmente vía xilema, y de los que el fruto puede ser intrínsecamente deficitario.

**Palabras clave:** Análisis floral, calcio, diagnóstico nutricional, manzana, nutrición mineral,

#### Introducción

El análisis foliar permite obtener los conocimientos básicos sobre el crecimiento, producción y cualidades de árboles frutales en distintas condiciones medioambientales. La fertilidad del suelo puede ser evaluada a través de su análisis químico o, de manera más directa, usando el cultivo para determinar el contenido nutricional de la planta o su producción. La extracción de nutrientes por las plantas representa en sí, un método más directo y concreto que el análisis nutricional del suelo y se asume que la composición química de la planta refleja el potencial de suministro de nutrientes del suelo. Sin embargo, el análisis foliar es apenas una de las herramientas empleadas para determinar el mejor rendimiento de los cultivos y como tal debe complementar otros métodos y no reemplazarlos. Esta metodología, que está apoyada por numerosas investigaciones, se basa en que la cantidad y calidad de nutrición en planta puede determinarse analizando el contenido de nutrientes en las hojas. La técnica del análisis foliar es de mayor utilidad en los cultivos perennes que en los anuales debido a que estos últimos difícilmente podrían ser hechos con suficiente antelación como para realizar las correcciones pertinentes en el ciclo actual del cultivo, mientras que en plantas perennes como los árboles frutales, puede ser usado para corregir los problemas encontrados. Sin embargo, en la práctica, el diagnóstico foliar en cultivos perennes también tiene como inconveniente la fecha de muestreo. Así, Bergmann (1992) indicó que una posible mejora en la calidad y cantidad de la producción por efecto de la fertilización durante la fase de crecimiento, solamente sería efectiva de aplicarse en el momento preciso.

El muestreo foliar de los manzanos, normalmente se realiza 75-105 días tras plena floración, que coincide con la segunda quincena de julio en el hemisferio norte. En estas fechas, es muy difícil modificar el estatus nutricional o corregir los posibles desequilibrios nutricionales. Previas investigaciones en melocotonero han permitido realizar el muestreo foliar 60 días tras plena floración (Sanz et al., 1991;1992) e incluso se han llevado a cabo muestreos continuos durante toda la etapa de crecimiento (Sanz y Montañés, 1993). Otros investigadores han recomendado el uso de modelos matemáticos para avanzar la fecha de diagnóstico foliar en melocotonero (Leece y Gilmour, 1974), pero, aún así, el diagnóstico foliar, generalmente es muy tardío y su interpretación compleja debido a que la composición de las hojas está dinámicamente influenciada por procesos de envejecimiento, así como por las interacciones entre la planta y su entorno que afectan a la absorción y distribución de nutrientes (Wallworth y Summer, 1987).

Las flores son órganos con un periodo de vida corto, que están menos expuestas que las hojas y los frutos a los cambios metabólicos y a las prácticas culturales. Por lo tanto, de ser viable y considerando que el fruto es el resultado de la maduración del ovario de la flor, el análisis floral permitiría el diagnóstico temprano o prognosis de desórdenes nutricionales antes, incluso de que los síntomas fueran visibles.

En los últimos años, en el Departamento de Nutrición Vegetal de la Estación Experimental de Aula

Dei, se han desarrollado una serie de técnicas basadas en el análisis floral con el objetivo de pronosticar la deficiencia de hierro en melocotonero y manzano (Sanz et al. 1995; Sanz et al. 1997; Sanz et al. 1998); para realizar el diagnóstico nutricional en cerezo, melocotonero y peral (Sanz et al. 1994; Sanz y Montañés 1995; Betran et al. 1997; Montañés Millán et al. 1997), e incluso se ha intentando relacionar la clorosis férrica con el bitter pit (Sanz y Machin 1999). Siguiendo estas líneas de trabajo se pretende llegar un poco más allá y comprobar la relación existente entre la flor como órgano primigenio de otros materiales vegetales, es decir, de hojas y frutos.

#### Material y Métodos

El material vegetal utilizado en el estudio; flores, hojas y frutos provino de manzanos Golden Smothee sobre M9 de una parcela de la finca del Grupo ALM: "El Cerradico" sita en Quinto de Ebro (Zaragoza). Las muestras se tomaron en los años 1998 y 1999.

#### Preparación de muestras.

Las flores, hojas despeciadas y frutos, fueron lavadas con detergentes exentos de fosfato y finalmente con agua destilada, el material se secó en una estufa en corriente de aire caliente (60 °C) durante 48-72 horas, hasta que el peso se mantuvo constante. Posteriormente se homogeneizó en molino y se pasó por un tamiz (60 mallas), obteniéndose así una molienda homogénea. Se calcinó 1 g de material (2 g en el caso de los frutos) en mufla a 600°C durante 24 h, y las cenizas se disolvieron en ácido nítrico (1:1). La solución obtenida se evaporó hasta sequedad total y el residuo se introdujo de nuevo en la mufla durante 1 hora a 600°C. Las cenizas se disolvieron calentando con HCl diluido.

#### Análisis de nutrientes minerales.

Los análisis se realizaron siguiendo los métodos propuestos por el Comité Inter-Institutos (1969) y Pinta y C.I.I (1973). Los resultados se expresaron en porcentaje de materia seca. El K se determinó por emisión atómica, Mg y Ca por absorción atómica, P por el método del vanadofosfomolibdato y N mediante análisis elemental por el método Dumas.

#### Resultados y Discusión

Hasta el momento solo se han descrito correlaciones entre los contenidos de nutrientes en flor con los correspondientes en hoja a los 60 días tras la plena floración (Sanz et al., 1995). Sin embargo, no se ha planteado relacionar los resultados del análisis floral con los de fruto y hoja. La hipótesis de trabajo utilizada consistió en proponer la adecuación del dato floral como punto de inicio de la evolución de nutrientes en hoja o en fruto. Si bien no existen referencias bibliográficas que respaldasen o contradijeran esta teoría, en principio, cabría esperar que las mejores relaciones se encontrasen con el fruto ya que la flor es su origen.

En la Figura 1 se representa la evolución del contenido de macronutrientes en hoja y fruto, durante dos años consecutivos. El punto inicial de cada serie evolutiva de datos representa la concentración en flor de cada nutriente. Se observa que, al comienzo de la estación, la flor contiene un alto porcentaje de todos los elementos y conforme el fruto va aumentando de peso la concentración se diluye. Según la forma de estas gráficas parece coherente considerar que la evolución de los macronutrientes sigue ecuaciones cinéticas logarítmicas o inverso de  $x$ . Asimismo, atendiendo a la evolución de nutrientes foliares, se observa que todos los elementos analizados en flor se encuentran en rangos similares a los encontrados en hoja, lo cual justifica los resultados encontrados por Sanz et al., (1995) para melocotonero.

La importancia de la teoría propuesta podría tener especial interés en el caso del calcio, nutriente poco móvil, inmóvil en el floema cuya deficiencia provoca graves alteraciones metabólicas en el fruto. El bitter pit y la para son las fisiopatías de las manzanas relacionadas con el calcio que causan importantes mermas en la producción (Palazón et al., 1984).

Para ilustrar este estudio, en la Figura 2, se muestra la evolución durante 1998 del calcio en fruto (incluyendo el dato de la flor) expresada tanto en concentración como en cantidad total por fruto. Asimismo, ambos parámetros se representan frente a los días tras plena floración y al peso seco del fruto. La sección izquierda de esta figura representa la evolución de los referidos parámetros en función de los días transcurridos tras la plena floración.

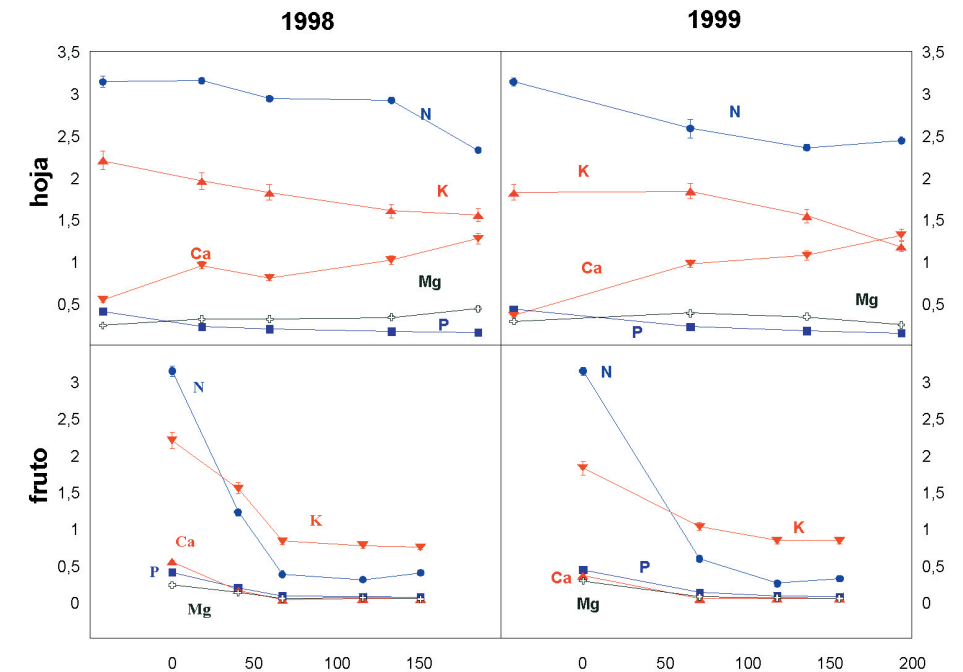


Figura 1. Evolución del contenido de macronutrientes por unidad de peso y por fruto en función de los días tras la plena floración o del peso seco del fruto.

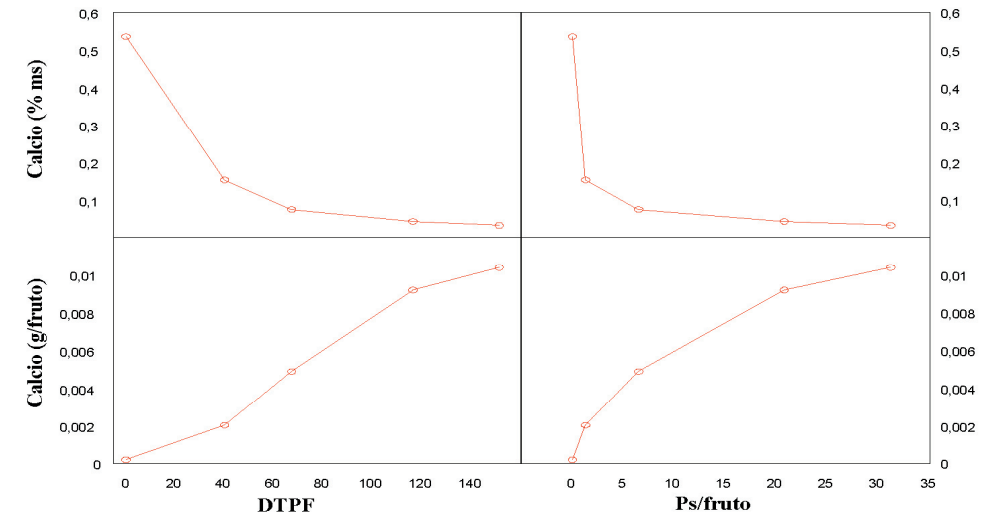


Figura 2. Evolución del contenido en calcio por unidad de peso seco (A) y por fruto (B), en función de los días tras la plena floración (DTPF) y del peso seco del fruto (Ps/fruto).

En la parte superior de la Figura 2 se observa el brusco descenso de la concentración de calcio en fruto desde la flor hasta aproximadamente los 70 DTPF. A partir de este punto, continúa la pérdida de concentración pero a un ritmo mucho más moderado. Sin embargo, en la parte inferior se aprecia cómo la cantidad de calcio en fruto aumenta progresivamente. Es interesante advertir que la forma en S de esta figura rememora la típica sigmoidea de crecimiento de la masa del fruto. En la parte derecha de la referida figura, se expresan ambos parámetros en función del peso seco del fruto. En este caso el descenso brusco de concentración se produce desde la flor hasta el primer muestreo de frutos y el descenso posterior,

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<sup>o</sup> 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 Ca<sup>2+</sup> 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 a., 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