ITEA (1999). Vol. 95V N.° 2, 118-124

APLICACIÓN DEL ANALISIS FLORAL AL PRONÓSTICO Y DIAGNÓSTICO DEL BITTER PIT

Manuel Sanz
Javier Machín

Estación Experimental de Aula Dei (CSIC)
Apartado 202
50080 Zaragoza
España

RESUMEN

El análisis de las flores de manzano (*Malus pumila* Mill) permite, en poblaciones afectadas por clorosis férrica, relacionar la concentración de hierro (Fe) en flor con la incidencia de la afección de bitter pit en sus frutos. El índice de correlación entre ambos es de -0.633*** en ensayos de 1995, en los que la incidencia de la clorosis férrica en los manzanos controlados fue muy variable. En 1996 fue de -0,326**, con una afectación de clorosis poco variable que permitió una peor medición. La correlación del calcio (Ca) con la incidencia del bitter pit es de -0,342** y de -0,368** en las dos campañas. La carencia asintomática de Fe produce bitter pit y se corresponde con valores de este nutriente en flor de 310 a 400 ppm sobre materia seca.

Palabras clave: Análisis floral, Prognosis bitter pit, Clorosis férrica, Calidad de fruto, Manzano, Hierro, Calcio.

ABSTRACT

APPLYING FLORAL ANALYSIS FOR THE PROGNOSIS AND DIAGNOSIS OF BITTER PIT

The analysis of flowers (*Malus pumila* Mill) in apple orchards affected by iron chlorosis enables us to relate the iron (Fe) concentration during flowering with the incidence of affectation of bitter pit on its fruit. The correlation index between them was -.633*** in 1995 experiments where the incidence of iron chlorosis in the controlled apple trees was quite variable. In 1996 it was -.326**, with a low variable chlorosis affectation that permitted a poorer measurement. The correlation of calcium (Ca) with the incidence of bitter pit was -.342** and -.368** during the two seasons. The subclinical Fe deficiency produces bitter pit and corresponds to floral dry matter values of 310 to 400 ppm.

Key words: Floral analysis, Prognosis bitter pit, Iron chlorosis, Fruit quality, Apple tree, Iron, Calcium.

Introducción

El análisis floral, aplicado a diversas especies frutales, nos está permitiendo realizar un pronóstico de su estado nutricional muy precoz y un diagnóstico preciso de sus desarreglos. Su interpretación posibilita la detección de fisiopatías nutricionales que el análisis foliar no detecta, como la clorosis férrica (SANZ *et al.*, 1997a; SANZ *et al.*, 1997b; SANZ *et al.*, 1998) y otros desequilibrios como el bitter pit.

Posiblemente la función fotosintética de las hojas y sus complejos mecanismos determinan que, en ciertas fases, los elementos que intervienen en estos procesos queden inactivos o bloqueados, enmascarando el diagnóstico nutricional. Las flores, órganos de muy corta duración y en los que no tienen lugar tan complejas transformaciones, pueden presentar determinantes ventajas a la hora de establecer un diagnóstico. Además hay que pensar en que la flor, tras la caída de pétalos, pasa a ser los estadíos primarios del fruto y que estas primeras transformaciones (fase de división celular) parecen ser de importancia primordial en la aparición del bitter pit .

Con el objetivo de evaluar las posibilidades del análisis floral para pronosticar la incidencia y diagnosticar las causas de la aparición del bitter pit en manzano (*Malus pumila* Mill), los años 1995 a 1997 se plantearon unos ensayos de campo y cámara de conservación, dada la alta importancia económica de esta fisiopatía en nuestra zona de trabajo.

No haremos aquí una nueva revisión bibliográfica del tan estudiado problema del bitter pit, pues las ya existentes (VANG-PETERSEN, 1980; MONGE, *et al.* 1995; SAURE, 1996) ponen de manifiesto suficientemente lo que interesa a nuestros objetivos: El bitter pit es la respuesta en fruto a variados desarreglos nutricionales sufridos por los manzanos, tanto sean directos como inducidos por múltiples causas climatológicas o de cultivo.

Se citan en la bibliografía, con frecuentes contradicciones, como causa del bitter pit los desarreglos de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, boro, zinc, cobre etc. además del calcio con el que existe una gran coincidencia en su papel directo en la aparición de la fisiopatía. No conocemos que esté citado el hierro entre ellos.

En nuestra experiencia estamos constatando que, en manzanos de altas producciones, muchos desarreglos nutricionales pueden provocar la aparición de bitter pit en fruto. El problema radica en la dificultad de establecer un diagnóstico preciso de sus causas por el método tradicional del análisis foliar o de frutos.

La aparición de una clorosis férrica en la primera campaña de ensayos, con la incidencia ya descrita en una anterior publicación (SANZ *et al.* 1998), nos permite medir la influencia de la carencia de Fe y Ca en el desarrollo de bitter pit.

Material y métodos

Este estudio ha sido realizado en 60 manzanos individualizados de la variedad Golden Delicious en plena producción, seleccionados en diez plantaciones de la Cuenca del Ebro (NE de España), zona donde se concentra la mayor producción española de esta variedad (17.000 ha de cultivo de un total de 23.000). El portainjertos es el M 9 y están formados en palme-

tas de brazos oblicuos en un marco de plantación de 3 x 5 m.

En los ensayos de campo realizados durante el año 1995 los árboles estaban en plena floración el 30 de Marzo y la cosecha de frutos se realizó el 16 de Septiembre. Las cosechas de los árboles en control fueron almacenadas, en su totalidad, hasta primeros de Abril de 1996 en cámaras de atmósfera controlada y tras diez días más en cámara sin control atmosférico madura-ron, procediéndose a la cuantificación del bitter pit desarrollado mediante diagnóstico visual de las características manchas de bitter pit, en todas las manzanas de cada árbol, con independencia del grado de afectación. En los ensayos de 1996 los ciclos de cultivo y almacenamiento fueron similares.

El trabajar sobre árboles individualizados lo consideramos indispensable en este tipo de trabajos, pues defendemos que al muestrear varios árboles a la vez, de una forma representativa, se obtienen unos resultados analíticos que no se corresponden con la media de cualquier medición sobre ellos efectuada (clorofila, producción, calidad, etc.). El resultado analítico de la muestra que representa un árbol se corresponde mejor con sus características intrínsecas.

Los elevados pH y carbonatos de los suelos donde están establecidos los ensayos, Fluvisoles y Cambisoles (MONTAÑÉS *et al.*, 1975), y el clima son los típicos del área Mediterránea.

Estas características de suelo y clima propician la aparición de graves problemas de clorosis férrica (SANZ *et al.*, 1992). El primer año de los ensayos todavía en curso, 1995, la incidencia de esta fisiopatía fue importante y no se ha repetido con la misma intensidad. Esto nos permitió medir la relación entre el Fe de la flor y las clorofila de las hojas (SANZ *et al.*, 1998) y en el presente artículo con la incidencia del bitter pit en cosecha.

En la población estudiada no se discriminaron sistemas de riego ni manejo. únicamente, aparte de la variedad y estar en plena producción, se fijó que los árboles en ensayo no recibiesen aportaciones de Fe ni Ca.

Los métodos de muestreos de flores y su análisis fueron descritos en trabajos anteriores (SANZ y MONTAÑÉS, 1995), con la diferencia respecto al melocotonero de que las flores de manzano están provistas de peciolo que fue incluido en el análisis.

Los estudios estadísticos están realizados con el programa Statview 512^{+TM} para Macintosh, de la Universidad de Zaragoza.

Resultados y discusión

En el año 1995 los 60 manzanos utilizados en el ensayo presentaron una clorosis férrica muy variable entre individuos, estando representados todos los grados de esta fisiopatía, desde individuos sin síntomas carenciales a clorosis general, a excepción de clorosis graves que provocaran defoliaciones. En 1996 se generalizó la clorosis férrica, presentando todos los árboles ensayados (60 manzanos) unas clorosis visuales de grados medios, no quedando árboles sin síntomas visuales ni tampoco graves.

Los resultados de los análisis de elementos nutricionales en las flores de manzano se incluyen en el Cuadro 1. En la campaña de 1995 se presentaron grandes diferencias en concentraciones de Fe en flor en las poblaciones estudiadas, lo que permitió

CUADRO 1
RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS EFECTUADOS EN FLOR DE MANZANO, EXPRESADOS SOBRE MATERIA SECA
TABLE 1
RESULTS OF THE ANALYSES CARRIED OUT ON APPLE FLOWERS, EXPRESSED IN DRY MATTER

	1995			1996		
	Media	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo
N%	2,88±0,16	2,63	3,36	3,33±0,24	2,71	3,71
P%	0,38±0,02	0,29	0,43	0,41±0,04	0,28	0,49
K%	1,75±0,12	1,38	1,99	1,90±0,15	1,34	2,16
Ca%	0,52±0,10	0,35	0,77	0,65±0,20	0,37	1,34
Mg%	0,25±0,04	0,19	0,35	0,25±0,03	0,16	0,31
Fe ppm	387,87±91,33	250,00	544,40	178,68±25,71	89,46	224,30
Mn ppm	39,12±8,80	22,72	56,28	34,49±6,86	18,99	53,12
Cu ppm	44,97±18,76	28,34	110,60	53,98±64,58	21,08	535,54
Zn ppm	44,47±3,99	37,14	53,99	40,17±6,30	30,50	68,20

medir la relación entre este microelemento en flor y la clorofila de las hojas y ahora su relación con bitter pit. Obviamente cuando los rangos de variación del elemento considerado son estrechos el estudio de sus influencias es poco claro, sobre todo en condiciones de campo en las que resulta imposible el control de otros elementos que han de interferir.

El bitter pit se midió en manzanas maduras tras casi siete meses de conservación, encontrándose unas variaciones de incidencia desde el 0 al 68,3 % en peso de manzanas afectadas por árbol. La medición del bitter pit expresada en porcentaje de número de manzanas afectadas independientemente del grado de afección, frente al total de las producidas por el árbol, no hace variar los cálculos estadísticos realizados.

La correlación calculada entre la concentración de Fe en la flor del manzano y el bitter pit de sus frutos en 1995 es de -0,633 *** (figura 1), que consideramos muy alta para unos experimentos que combinan la complejidad de los ensayos de campo, desde la floración de los frutales hasta su recolección, con los de cámara de conservación. La correlación entre la concentración de Ca en flor y la incidencia del bitter pit fue de -0,342** (figura 2).

Esto no quiere decir que, al ser mucho más significativa la correlación con el Fe, este elemento tenga más importancia en la aparición del bitter pit, únicamente ocurre que el material estudiado presenta unos rangos en su concentración de Fe en flor muy amplios, lo que posibilita una mejor medida. Lo que si parece indudable es que el Fe, en nuestras condiciones de trabajo muy clorosantes, tiene una estrecha relación con la aparición de la fisiopatía.

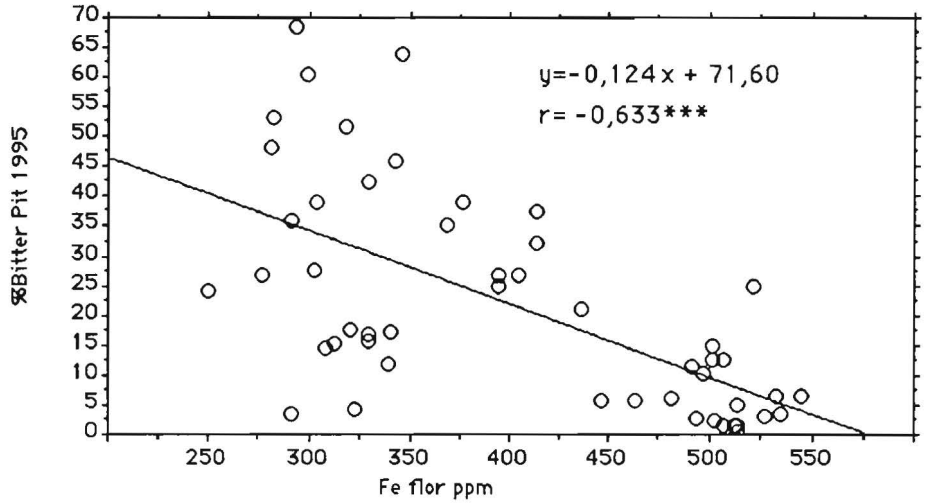


Figura 1. Recta de regresión entre incidencia de bitter pit y concentración de Fe en flor en ppm sobre materia seca

Figure 1. Regression line betwen the incidence of bitter pit and the Fe concentration in dry matter (ppm)

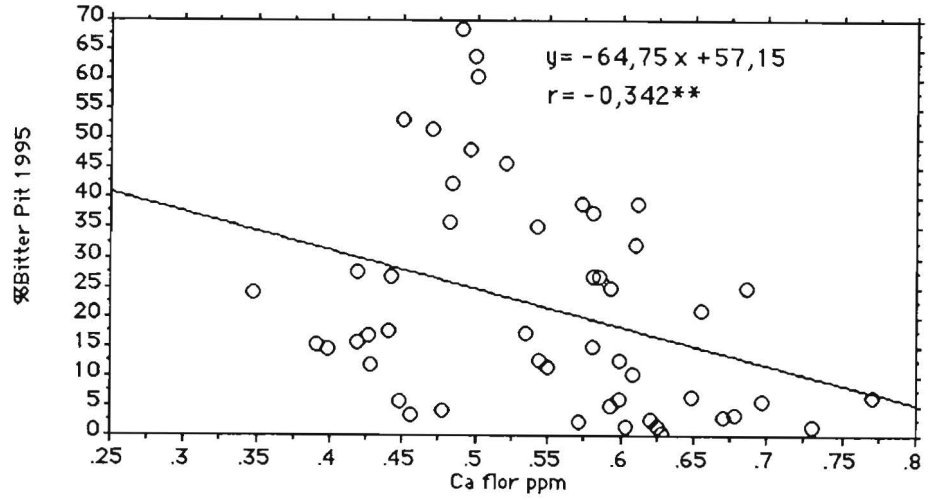


Figura 2. Recta de regresión entre incidencia de bitter pit y concentración de Ca en flor en ppm sobre materia seca

Figure 2. Regression line between the incidence of bitter pit and the Ca concentration in dry matter (ppm)

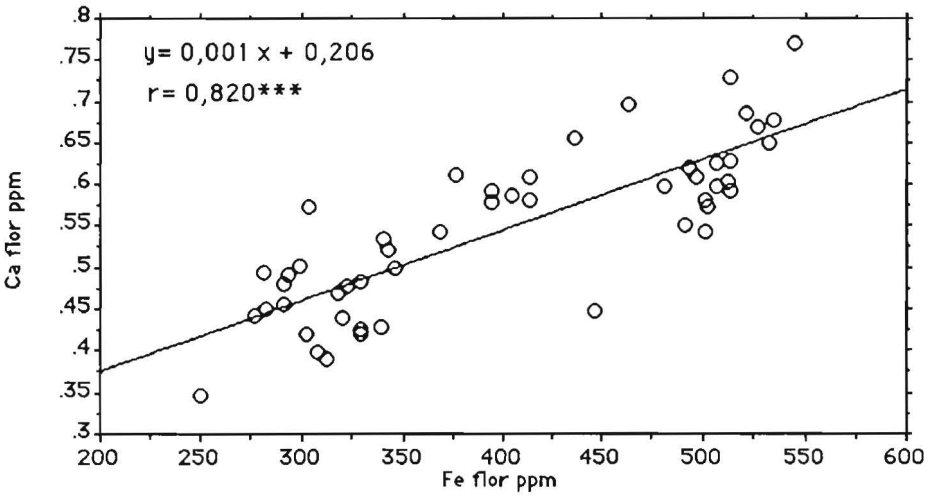


Figura 3. Recta de regresión entre concentración es de Fe y de Ca en flor en ppm sobre materia seca
Figure 3. Regression line between the concentration in flower of Fe and the Ca in dry matter (ppm)

No se ha encontrado correlación entre las concentraciones de Fe y K en las flores de manzano analizadas, a diferencia de lo que ocurre en las hojas de melocotonero y peral en casos de clorosis férrica (HERAS *et al.*, 1976; ABADIA *et al.*, 1985; ABADIA *et al.*, 1989), en las que se produce un fuerte aumento de K y que atribuiría un papel indirecto al Fe en la aparición del bitter pit, dado el antagonismo entre K y Ca.

La correlación entre las concentraciones de Fe y Ca en flor es muy alta (0,820***), contrariamente a lo que ocurre en hojas de peral y melocotonero (HERAS *et al.*, 1976; ABADIA *et al.*, 1985; ABADIA *et al.*, 1989), en las que disminuye el Ca al aumentar la clorosis y disminuir la clorofila (figura 3).

En la campaña 1996 los rangos de variación de la concentración de Fe en flor son mucho más estrechos (cuadro 1). La correlación entre el Fe de la flor y la incidencia del bitter pit es menos significativa (-0,326**), lo que no significa que que este elemento haya tenido una influencia menor, sino que las características del material analizado han permitido una peor medición. La correlación entre concentración de Ca en flor e incidencia de bitter pit ha sido de -0,368** (n=60 en todos los casos).

Dado que no existen experiencias anteriores de diagnóstico floral en manzano y que el Fe no ha sido citado como una de las causas del bitter pit, posiblemente porque los métodos de diagnóstico no eran capaces, no concluiremos en que este elemento es causa directa de la aparición de la fisiopatía, pero en estas campañas de ensayos en la que la incidencia de la clorosis férrica ha sido intensa, la concentración de Fe en flor está altamente relacionada con la incidencia del bitter pit.

La carencia asintomática de Fe (carencia leve que aún no provoca síntomas visuales, pero que reacciona a la aportación de Fe con un aumento de clorofila) se corresponde con concentraciones de Fe en flor de 310-400 ppm. Las plantas en este estado presentan afección de bitter pit, encontrándose las libres de esta fisiopatía exclusivamente por encima de 400 ppm sobre materia seca de flor (figura 1), que se corresponden con mediciones de SPAD superiores a 35 a los 120 días después de la plena floración.

El resto de las relaciones nutricionales diagnosticadas en flor, su relación con el bitter pit y su corrección, son objeto de investigación y podrán ser discutidas cuando se disponga de la totalidad de los ensayos concluidos.

Conclusiones

1. En nuestras condiciones de cultivo del manzano, la deficiente nutrición férrica es una de las causas de la aparición de bitter pit.

2. La deficiencia asintomática de Fe en nuestros manzanos se sitúa entre concentraciones de Fe en flor de 310 a 400 ppm de materia seca y puede ser causa de bitter pit.

3. La concentración de Ca en las flores de manzano está relacionada con la incidencia del bitter pit.

4. El diagnóstico floral permite pronosticar la aparición de bitter pit y diagnosticar algunas de sus causas.

Bibliografía

ABADÍA J., NISHIO J.N., MONGE E., MONTAÑES L., HERAS L., 1985. Mineral composition of peach leaves affected by iron chlorosis. J. Plant Nutr. 8980: 697-707.

ABADÍA A., SANZ M., DE LAS RIVAS J., ABADÍA J., 1989. Photosinthetic pigments and mineral composition of iron deficient pear leaves. J. Plant Nutr. 12(7): 827-838.

HERAS L., SANZ M., MONTAÑÉS L., 1976. Corrección de la clorosis férrica en melocotonero y su repercusión sobre el contenido mineral, relaciones nutritivas y rendimiento. An. Aula Dei. 13 (3-4) : 261-289.

MONGE E., VAL J., SANZ M., BLANCO A., MONTAÑÉS L., 1995. El calcio nutriente para las plantas. Bitter pit en manzano. An. Aula Dei. 21: 189-201.

MONTAÑÉS L., SANZ M., HERAS L., 1975. Fertilidad actual de los suelos dedicados a frutales en regadíos de la cuenca del Ebro. An. Aula Dei. 13(1-2): 167-178.

SANZ M., CAVERO J., ABADÍA J., 1992 . Iron chlorosis in the Ebro River Basin, Spain. J. Plant Nutr. 15:1971-1981.

SANZ M., MONTAÑÉS L., 1995. Flower analysis as a new approach to the nutritional status of the peach tree. J. Plant. Nutr. 18 : 1667-1675.

SANZ M., PASCUAL J., MACHÍN J., 1997a. Prognosis and correction of iron chlorosis in peach trees. The influence on fruit quality. J. Plant Nutr.20 (11): 1567-1572.

SANZ M., BELKHODJA R., TOSELLI M., MONTAÑÉS L., ABADÍA A., TAGLIAVINI M., MARANGONI B., ABADÍA J., 1997b. Floral analysis as a possible tool for the prognosis of iron deficiecy in peach. Third International Symposium on Mineral Nutrition of Deciduous Fruit Trees, 1996, Zaragoza (Spain). E. Monge (ed.).Acta Horticulture 448(241-245).

SANZ M., PÉREZ J. , PASCUAL J., MACHÍN J., 1998. Prognosis of iron chlorosis in apple trees by floral analysis. J. Plant Nutr. 21(8):1697-1703

SAURE M.C. 1996. Reassessment of the role of calcium in development of bitter pit in apple. Aust. J. Plant Physiol. 23:237-243.

VANG-PETERSEN, O. 1980. Calcium nutrition of apple trees: a review. Sci. Hort. 12: 1-19.

(Aceptado para publicación el 23 de marzo de 1999)