ITEA (1998). Vol. **94V N.° 3,** 158-164

ANÁLISIS FLORAL DE HIERRO PARA LA PREDICCIÓN DE CLOROSIS FÉRRICA EN MANZANO

M. Sanz*
J. Pascual
J. 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 plantaciones afectadas por clorosis férrica, relacionar la concentración de Fe en flor con el contenido de clorofila en hojas de 60 y 120 días después de la plena floración, encontrándose unas correlaciones de 0,603*** y 0,872*** respectivamente entre ambos parámetros. Esto posibilita una predicción de la aparición de la deficiencia de Fe y de su intensidad, como se expuso en trabajos anteriores para el melocotonero. Los primeros síntomas visuales de clorosis férrica, en nuestras condiciones de trabajo, aparecen en hojas de manzanos con concentraciones menores a 310 ppm de Fe sobre materia seca de flor.

Palabras clave: Prognosis clorosis, Clorosis manzano, Análisis floral, Hierro, SPAD.

SUMMARY
PROGNOSIS OF IRON CHLOROSIS IN APPLE TREES BY FLORAL ANALYSIS

In populations of apple trees (*Malus pumila* Mill) affected by iron chlorosis, the floral analyses permit to establish relationships between the iron concentration in flowers and the chlorophyll content in leaves at 60 and 120 days after full bloom. The relationships between both parameters were highly significant with correlation coefficients of 0.603*** and 0.872 *** respectively. As from previous research with peach trees, these high correlations allowed permitted us to predict at a very early stage, the appearance of the iron deficiency and its intensity. In our experimental conditions, the first visual symptoms of the iron chlorosis appear in apple leaves with floral iron concentrations below 310 ppm in dry matter.

Key words: Floral analysis, Prognosis chlorosis, Floral analyses, Iron, SPAD.

Introducción

El diagnóstico nutricional basado en el análisis de hojas de frutales, diagnóstico foliar, presenta lagunas importantes en su aplicación. En casos de clorosis férrica este diagnóstico químico foliar es impreciso en muchos de los casos, tanto el basado en hierro total (HERAS *et al.*, 1976) como en sus diversas fracciones (ABADÍA *et al.* 1985;

ABADÍA *et al.*, 1989); igualmente ocurre con Zn, Mn y otros nutrientes que en situaciones carenciales, perfectamente diagnosticadas por procedimientos biológicos (inyecciones peciolaros, intervenales, etc.), el diagnóstico químico foliar no ha permitido su evaluación. Además su aplicación práctica, aun en el caso del diagnóstico precoz (SANZ *et al.*, 1992a), resulta tardía.

El diagnóstico nutricional floral, interpretación del análisis químico de las flores, nos está permitiendo realizar evaluaciones muy tempranas y fiables del estado nutricional de los frutales (SANZ y MONTAÑÉS, 1995a; SANZ *et al.*, 1997a). 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. Las flores, órganos de muy corta duración y en los que no tienen lugar tan complejas transformaciones, presentan determinantes ventajas a la hora de establecer un diagnóstico nutricional.

En una publicación anterior (SANZ and MONTAÑÉS, 1995b) se estableció la posibilidad de realizar una prognosis de la clorosis férrica en melocotonero (*Prunus persica* L. Batsch) y peral (*Pyrus communis*. L.), en base a que los rangos de contenidos de Fe en las flores, de ambos frutales, son mucho más amplios que los encontrados en hojas. En estas son muy similares las concentraciones de Fe encontradas en las cloróticas, de cualquier grado, y las presentes en las hojas de plantas sanas (HERAS *et al.*, 1976; PROCOPIOU y WALLACE, 1982; MENGEL *et al.*, 1984a).

Posteriores trabajos realizados con melocotonero (SANZ *et al.*, 1997a; SANZ *et al.*, 1997b) han medido la estrecha relación existente, en casos de clorosis férrica, entre los contenidos de Fe en flor y los contenidos de clorofila en las hojas a lo largo del período vegetativo posterior a la floración; lo que nos permite realizar una prognosis muy fiable y temprana de la clorosis férrica mediante el análisis floral. Así mismo permite la adopción, en su caso, de medidas correctoras y su dosificación en épocas muy precoces, evitando los estrés de la carencia y el no menos importante de la corrección.

En nuestras condiciones de trabajo ocurre que cuando el melocotonero y el peral desarrollan clorosis férrica, hasta grados de hacer visible su carencia de Fe, lo harán el resto de su vida, siendo necesarias correcciones permanentes de la misma. El análisis floral en estos casos nos permite preveer el año de aparición y posteriormente su grado de incidencia, permitiéndonos ajustar las dosis de correcciones tempranas más eficaces (SANZ *et al.*, 1997a; SANZ *et al.*, 1997d).

El manzano, mucho más resistente a esta fisiopatía, puede presentarla intermitentemente a lo largo de su vida productiva. Su diagnóstico químico en hoja es poco fiable, resultando ser el diagnóstico visual el más operativo, siempre que se posea la suficiente experiencia, o el diagnóstico biológico mediante inyecciones (peciolaros o intervenales en hoja, sólidas en madera, etc.) (SANZ y MONTAÑÉS, 1997c), pero de cualquier manera resulta siempre tardío.

Según resultados de ensayos en curso con manzanos, para evaluar la posibilidad de realizar una prognosis del Bitter-pit mediante análisis floral, la clorosis férrica resulta ser una de las causas muy relacionadas con la aparición del mencionado Bitter-pit.

La posibilidad de pronosticar la aparición de la clorosis férrica en manzano y su

grado de incidencia tendrá una doble importancia y es el objetivo de este trabajo.

Material y métodos

Este estudio ha sido realizado, durante los años 1995 y 1996, 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 palmetas de brazos oblicuos en un marco de plantación de 3 x 5 m, adquiriendo una altura aproximada a los 3 m (SANZ *et al.*, 1992b).

El trabajar sobre árboles individualizados lo consideramos indispensable en este tipo de trabajos, puesto que el resultado analítico de la muestra que representa un árbol se corresponde perfectamente con sus características (producción, calidad, desarrollo, etc.). El muestreo simultáneo de varios árboles, de una forma representativa, no permite relacionar exactamente los resultados analíticos con la media de la característica a estudiar.

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

En la población estudiada no se discriminaron sistemas de riego ni manejo. Se eligieron árboles de la variedad Golden en plena producción, y que en el año precedente no se hubiesen tratado con correctores de la carencia de Fe.

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

La determinación de clorofila en hojas se realizó a los 60 y 120 días después de la plena floración (DAFB) usando un SPAD Minolta (PERYEA y KAMMERECK, 1997). Las mediciones fueron efectuadas en la cuarta hoja apical de los brotes del año. A este respecto hemos de constatar que con la apreciación visual del grado de incidencia de la clorosis férrica (SANZ y MONTAÑÉS, 1997c), por observadores con suficiente experiencia, se obtienen los mismos resultados, puesto que hemos medido índices de correlación de 0,972*** (n=60) entre la observación visual y la medición de clorofila con SPAD; las diferencias entre ambas mediciones son menores que los errores admisibles al SPAD.

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

Resultados y discusión

En el año 1995 los manzanos utilizados en el ensayo presentaron una clorosis férrica muy variable entre individuos, estando representados todos los grados de esta fisiopatía, desde individuos verdes sin síntomas carenciales a clorosis general, a excepción de clorosis graves que provocaran defoliaciones que por otra parte hubieran sido deseables. En 1996 se generalizó la clorosis férrica, presentando todos los árboles ensayados unas clorosis visuales de gra-

dos medios, no quedando árboles sin síntomas visuales. En 1997 remitió la afección.

Los resultados de los análisis de las flores se resumen en el cuadro 1. Las diferencias más significativas entre los realizados en las dos campañas de ensayo se presentan en el contenido de Fe, con una brusca caída de un año al siguiente no encontrada hasta la fecha en trabajos similares con peral y melocotonero. Esto podría estar relacionado con el distinto comportamiento de estas especies frente a la carencia de Fe que, como quedó dicho, mientras que peral y melocotonero una vez que llegan a estados carenciales los mantienen el resto de su vida, el manzano es capaz de presentar intermitentemente esta fisiopatía.

El resto de los elementos analizados no presentan grandes diferencias entre campañas, a excepción del cobre que en 1996 puede estar contaminando las flores de algunos árboles, por efecto de tratamientos fitosanitarios.

Es de destacar que la concentración de los elementos nutritivos analizados en la flor de manzano, es muy similar a la encontrada en la del melocotonero (SANZ y MONTAÑÉS, 1995a, SANZ y MONTAÑÉS, 1995b; SANZ *et al.*, 1997d) y a la del cerezo (comunicación personal del Dr. Montañés, L.) y naranjo (comunicación personal del Dr. Abadía, J.). Esto abre nuevas posibilidades de trabajo en el campo del diagnóstico nutricional, pues podría permitir encontrar un sistema de diagnóstico floral muy generalizado y precoz para frutales.

Las mediciones efectuadas con SPAD en hojas a los 60 y 120 DAFB están caracterizadas en el cuadro 1. La correlación entre estas medidas de clorofila y la concentra-

CUADRO 1
CARACTERÍSTICAS DE LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS EFECTUADOS EN FLOR DE MANZANO Y DE LAS MEDICIONES CON SPAD DE CLOROFILA EN HOJA A 60Y120 DAFB

TABLE 1
RESULTS OF THE FLORAL ANALYSIS IN APPLE TREES AND CHLOROPHYLL MEASURES IN LEAVES USING SPAD AT 60 AND 120 DAFB

	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,IS	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±0,86	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±0,30	30,50	68,20
SPAD 60	35±9	26	42	31±5	28	34
SPAD 120	31+9	11	47	25±7	19	28

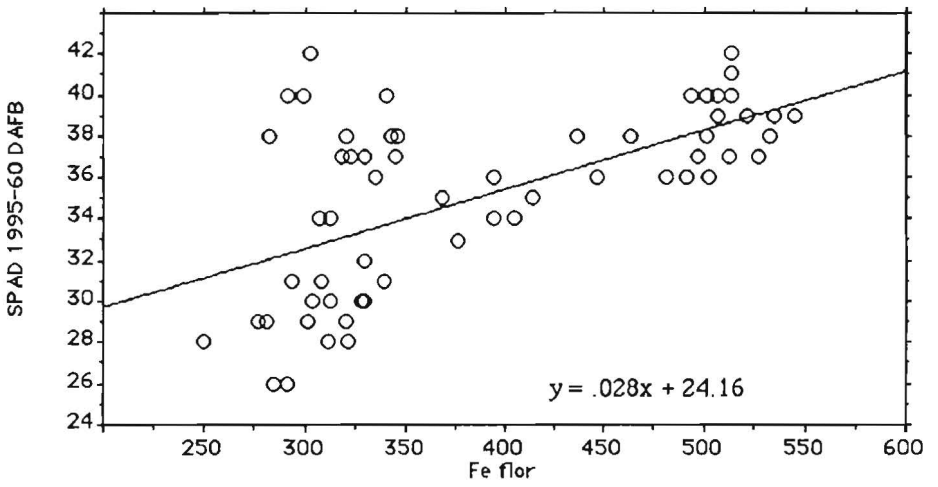


Figura 1. Regresión lineal entre concentración de Fe en flor de manzano (ppm sobre materia seca) y medidas de clorofila con SPAD a 60 DAFB en hojas (n= 60)

Figure 1. Linear regression between the floral iron concentration (ppm in dry matter) and SPAD chlorophyll measures at 60 DAFB in apple leaves (n= 60)

ción de Fe en flor en 1995, año en que la diversidad de la incidencia de la carencia de Fe fue la deseada para un ensayo de esta fisiopatía, fue de 0,603*** a los 60 DAFB y de 0,872*** a los 120 DAFB (figuras 1 y 2). En 1996, con todo el material clorótico en grados similares, las correlaciones entre los contenidos de Fe en flor y las mediciones de clorofila a los 60 y 120 DAFB fueron de 0,251* y 0,342**, de mucha menor significación dado que todos los manzanos ensayados presentaban grados de clorosis similares.

En la figura 1 se puede apreciar como a los 60 DAFB algunos de los árboles con bajo contenido en Fe en flor presentan contenidos en clorofila altos, por no haber desarrollado todavía síntomas de clorosis férrica. Estos árboles a los 120 DAFB ya los presentan y se mejora la correlación entre ambos parámetros. Deducimos que, en las condiciones de trabajo de estos ensayos, la clorosis férrica potencial no se desarrolla totalmente hasta mediado el verano. Lo dicho también diferencia el comportamiento del manzano con el melocotonero, pues éste mantiene de forma más constante la ordenación inicial de los grados de clorosis desde los 30 DAFB.

Igualmente existen correlaciones significativas entre otros elementos en flor y contenidos en clorofila de las hojas a los 60 DAFB (con Ca 0,553*** y con Mn 0,426**) y a los 120 DAFB (con Ca 0,720*** y con Mn 0,825***), que se corresponden con lo descrito para hojas por numerosos autores (HERAS *et al.*, 1976; MENGEL *et al.*, 1984b; JI *et al.*, 1985; ABADÍA, 1985; DONG, 1987). No obstante con aportaciones de Fe han desaparecido los síntomas de la carencia,

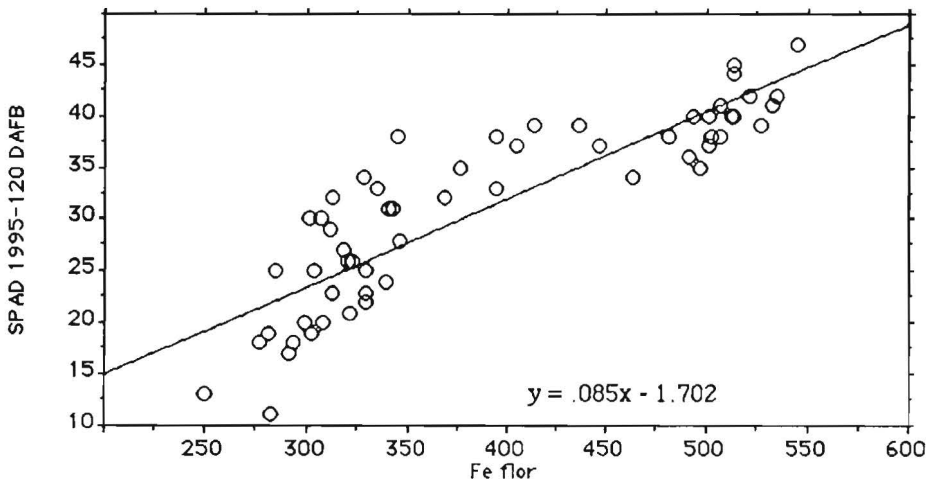


Figura 2. Regresión lineal entre concentración de Fe en flor de manzano (ppm sobre materia seca) y medidas de clorofila con SPAD a 120 DAFB en hojas (n= 60)
Figure 2. Linear regression between the floral iron concentration (ppm in dry matter) and SPAD chlorophyll measures at 120 DAFB in apple leaves (n= 60)

por lo que hemos diagnosticado que la fisiopatía estudiada era una clorosis férrica.

Las correlaciones encontradas en el año 1995 se corresponden con las encontradas en trabajos similares con melocotonero (SANZ *et al.*, 1997a; SANZ *et al.*, 1997b; SANZ *et al.*, 1997d) y nos indican la posibilidad de predecir la clorosis férrica en manzano mediante el análisis de Fe en flor.

Los primeros síntomas visuales de clorosis férrica aparecen con contenidos de Fe en flor menores de 310 ppm en materia seca. No obstante hemos constatado que en árboles de menor porte, y por consecuencia de mucho menor volumen foliar, con concentraciones menores que la citada de Fe en flor no han presentado síntomas de la carencia.

Conclusiones

1. Es posible predecir la aparición e intensidad de la clorosis férrica en manzano, mediante el análisis de Fe de sus flores, una vez conocidos sus valores de referencia.

2. En nuestras condiciones de trabajo la aparición de síntomas visuales de la clorosis férrica se produce con concentraciones de Fe en flor inferiores a 310 ppm sobre materia seca.

Bibliografía

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

ABADÍA J., NISHIO J.N., MONGE E., MONTAÑÉS L., HERAS L., 1985. Mineral composition of peach leaves affected by iron chlorosis. J. Plant Nutr., 8(8): 697-707.

DONG M., 1987. The relasionship between HCl-extractable iron and chlorosis in leaves. Plant Physiology Communications 4:27-30

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.

JI Z.H., KORCAK R.F., FAUST M., 1985. Effect of Fe level and solution cultura pH on Severite of chlorosis and elemental content of apple seedlings. J. Plant Nutri. 8(4) :345-355.

MENGEL K., BUBL W., SHERER H.W., 1984a. Iron distribution in vine leaves with HCO3-induced chlorosis. J. Plant Nutr. 7(1-4): 715-724.

MENGEL K., BREININGER M.TH., BUBL W., 1984b. Bicarbonate, the most important actor inducing iron chlorosis in vine grapes on calcareous soil. Plant and Soil. 81: 333-334.

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.

PERYEA, F.J., KAMMERECK R., 1997. Use of Minolta SPAD-502 chlorophyll meter to quantify the effectiveness of mid-summer trunk injection of iron on chlorotic pear trees. J. Plant Nutr. 20(11):1457-1463.

PROCOPIOU J., WALLACE A., 19982. Mineral composition of two populations of leaves (green and iron chlorotic) of the same age all from the same trae. J. Plant Nutr. 5(4-7): 811-820

SANZ M., HERAS L., MONTAÑÉS L., 1992a. Relationships between yield and leaf nutrient contents in peach trees: Early nutritional status diagnosis. J. Plant. Nutr. 15(9): 1457-1466.

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

SANZ M., MONTAÑÉS L., 1995a. Floral analysis: A novel approach for the prognosis of iron deficiency in pear (*Pyrus communis*, L.) and peach (*Prunus persica*, L. Batsch). J. Abadía (ed.). In Iron nutrition in soil and plants: 371-374. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.

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

SANZ M., PASCUAL J., MACHIN 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., MARAGONI 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., MONTAÑÉS L., 1997c. Diagnóstico visual de la clorosis férrica. ITEA 93(1):722.

SANZ M., PASCUAL J., MANCHÍN J., 1997d. Predicción mediante análisis floral de la clorosis férrica en melocotonero. Corrección e influencia en la calidad del fruto. ITEA 93(3):177-182.

(Aceptado para publicación el 10 de julio de 1998)