

## EFECTO DE LA CORRECCIÓN DE LA CLOROSIS FÉRRICA EN OLIVAR CON FOSFATO DE HIERRO EN LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL ACEITE DE OLIVA VIRGEN

CHOVA, María Manuela.<sup>1</sup>, PEÑA, Francisco.<sup>1,3</sup>, DEL CAMPILLO, M<sup>a</sup> del Carmen.<sup>2</sup>, DELGADO, Antonio<sup>4</sup>, DÍAZ, María Angeles<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>) Dpto. Química Agrícola y Edafología (ETSIAM), Universidad de Córdoba, Apdo. 3048, 14080 Córdoba.

<sup>2</sup>) Dpto. Ciencias y Recursos Agrícolas y Forestales (ETSIAM), Universidad de Córdoba, Apdo. 3048, 14080 Córdoba.

<sup>3</sup>) CIFA, Alameda del Obispo, Departamento de Suelos y Riegos, 14080 Córdoba.

<sup>4</sup>) Dpto. Ciencias Agroforestales, Universidad de Sevilla, Ctra. Utrera Km 1, 41013 Sevilla.

**Abstract:** Iron chlorosis in olive trees reduces not only yield but also virgin olive quality. Vivianite (ferrous phosphate) applied to soil at the rate of 1 kg/olive was found effective in correcting Fe chlorosis, at least, three years after application. The objective of this work was study the effectiveness of treating chlorotic olives with vivianite in the attributes of virgin olive oil. In March 1998 three experimental fields (two with cultivar 'Picual' and one with cultivar 'Manzanillo') were conducted in a randomized block design with two treatments (control with no Fe fertilizer and vivianite). In 1999 at the harvest season olives were collected to extract oil and analyze it. Oxidative stability, chlorophyll and carotenoid content of virgin olive oil were higher in treated trees with vivianite than in control trees.

**Key words:** iron chlorosis, ferrous phosphate, virgin oil quality, chlorophyll, carotenoid, vivianite

**Resumen:** La clorosis férrica en olivo afecta a la cantidad y calidad de la aceituna. El abonado en suelo con vivianita (fosfato ferroso) a la dosis de 1 kg/olivo ha mostrado ser eficaz para corregir la clorosis Fe y su efecto ha persistido, al menos, durante tres años. El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto que tiene el tratar con vivianita olivos cloróticos en los parámetros de calidad del aceite de oliva virgen. Para ello se seleccionaron tres campos de olivos (dos de cv. Picual y uno de cv. Manzanilla) en los que se había observado clorosis Fe desde 1995. En 1998 se diseñaron campos experimentales de bloques completos al azar en los que la mitad de los olivos se trataron con vivianita y la otra mitad no recibió ningún tratamiento con Fe (control). En 1999 se recogió muestra de aceituna para realizar los análisis de los aceites. Se observó que las aceitunas procedentes de los árboles

tratados con vivianita tenían mayor rendimiento graso que las del control. Los parámetros que definen la estabilidad y el contenido de clorofila y carotenoides fueron mayores en el aceite procedente de las aceitunas de los árboles tratados con vivianita que en las del control.

**Palabras clave:** clorosis férrica, fosfato de hierro, calidad del aceite de oliva virgen, clorofilas, carotenoides, vivianita.

## INTRODUCCIÓN

La clorosis férrica es una deficiencia de hierro que se observa con frecuencia en el olivo (*Olea europaea* L.) cultivado en suelos calizos. Actualmente el 98% de los olivos del mundo se encuentran en la cuenca mediterránea. España es, de hecho, la primera potencia olivícola del mundo, centrándose en Andalucía el 60% del olivar español, con un 80% de la producción total del país (Civantos, 1997). El olivo está adaptado a una amplia gama de suelos y condiciones, pero su rusticidad le permite desarrollarse en climas subáridos y suelos pobres (Cordeiro, 1997). Aproximadamente, el 70% del olivar en el sur de España se encuentra en suelos calizos, precisamente en los suelos con mayor potencial para inducir clorosis férrica. En los últimos años, debido a la actual política de subvenciones que tiene el aceite de oliva en los países de la Unión Europea, las plantaciones de olivar se están intensificando (mayor densidad, implantación de riego por goteo), se plantan olivos en suelos marginales que tradicionalmente no se dedicaban al olivar y se utilizan nuevas variedades de olivo de respuesta desconocida a la clorosis férrica, incrementándose el número de árboles afectados por ésta (del Campillo et al., 2000).

El término clorosis indica la falta de clorofila y otros pigmentos, tanto en la hoja como en el fruto, de las plantas que sufren esta deficiencia de Fe. El olivo afectado por la clorosis presenta una reducción del vigor, cantidad y calidad de la aceituna producida (Pedrajas, 1999), y además adelanta la caída de ésta, alterándose su proceso normal de maduración. De hecho, la prevención de la clorosis férrica en olivar está adquiriendo gran relevancia ya que, como consecuencia de la intensificación del cultivo, la necesidad de nutrientes es mayor y los síntomas de la deficiencia de Fe se observan cada vez más en el olivar (Fernández-Escobar, 1993).

El objetivo de este trabajo es estudiar el efecto del fosfato de hierro (vivianita,  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ) en la corrección de la clorosis férrica en olivo y su implicación en la mejora de los parámetros de pureza y calidad reglamentarios del aceite de oliva virgen, y en otros adicionales como la estabilidad y contenido en pigmentos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Para estudiar el efecto que tiene el tratamiento con fosfato de hierro previniendo la clorosis, se han realizado ensayos en tres parcelas localizadas en dis-

tintas zonas de Andalucía. Se seleccionaron campos de experimentación con olivos de la variedad Picual en Jaén (fincas en Villacarrillo y Jódar) y de la variedad Manzanilla en Málaga (finca en Fuente Piedra), en los que la clorosis del olivo había sido observada cada año desde 1995. El diseño experimental fue de tres bloques al azar y dos tratamientos (árboles control a los que no se añadió Fe y árboles tratados a los que se añadió 1 kg de vivianita por pie) (del Campillo et al., 2000). El aceite de las muestras de aceituna se obtuvo mediante el método Abencor. Este método determina el rendimiento industrial de la aceituna, mediante reproducción a escala de laboratorio, del proceso industrial, y siguiendo las mismas fases: molienda, batido, centrifugación y decantación. La extracción del aceite se realizó en condiciones de trabajo de baja temperatura y con el mínimo tiempo de malaxado, para no alterar los atributos de calidad del aceite de oliva virgen obtenido (Morales y Aparicio, 1999).

A los aceites se le realizaron las siguientes determinaciones (de acuerdo al Reglamento CEE 2568/91):  $K_{232}$ ,  $K_{270}$ , isómeros transoleicos, isómeros translinoleicos y linolénicos, ceras, ácidos grasos, esteroides, ECN 42 real, ECN 42 teórico, eritrodioleol y uvaol, estabilidad (Rancimat),  $K_{225}$  y polifenoles totales. Además, se determinó el contenido en pigmentos (clorofilas y carotenos) basado en la lectura espectrofotométrica de la muestra de aceite disuelta en ciclohexano a 670 nm y 472 nm, respectivamente. La fracción carotenoide se cuantifica mediante la medida de la absorbancia a 470 nm, que corresponde

a la luteína (70% del total de los pigmentos carotenoides) y la fracción clorofílica por la absorbancia a 670 nm que corresponde a la feofitina, componente mayoritario de esta fracción (Minguez et al., 1991). La concentración de pigmentos clorofílicos y carotenoides, en el aceite, se realiza aplicando la siguiente fórmula (Tous, 1992):

$$C = \frac{E \leftrightarrow V_f}{E_{1\%} \leftrightarrow p} \leftrightarrow 10.000$$

donde:

$C$  = Concentración (mg de clorofilas o carotenos/kg de aceite).

$V_f$  = Volumen final del extracto de pigmentos (ml).

$p$  = Peso de la muestra de aceite (g).

$E_{1\%}$  = Absorbancia específica de una disolución al 1% medida en una cubeta de 1 cm ( $E_{1\%}$  luteína = 2000 y  $E_{1\%}$  feofitina = 613).

$E$  = Absorbancia a la longitud de onda de medida.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de comparar las distintas propiedades (de pureza y calidad) medidas tanto en los aceites de aceitunas tratadas con vivianita como en los aceites de aceitunas control (sin Fe), no se observaron diferencias importantes sino las propias de tratar dos variedades diferentes de estos frutos. Donde si obtuvimos una diferencia apreciable es en el contenido en pigmentos (clorofila y caroteno) (Tab. 1). Por investigaciones anteriores (Minguez et al., 1986, 1987)

Tabla 1. Propiedades de los aceites de oliva vírgenes

Muestra*	K <sub>225</sub>	K <sub>232</sub>	K <sub>270</sub>	Estabilidad (horas)	Poli fenoles (ppm)	Clorofilas (mg/kg aceite)	Carotenos (mg/kg aceite)	Rendimiento %
control (m1)	0,04	1,21	0,05	25,10	46,00	204,73	37,00	5,40
control (m3)	0,26	1,27	0,07	71,60	337,00	196,57	42,75	16,70
control (m6)	0,53	1,53	0,12	60,10	300,00	222,68	46,50	9,80
vivianita (m2)	0,04	1,28	0,06	27,90	82,00	216,97	42,50	7,10
vivianita (m4)	0,12	1,25	0,06	41,90	169,00	230,02	48,50	17,40
vivianita (m5)	0,69	1,77	0,15	79,30	739,00	267,54	51,75	11,50

\*Finca de Villacarrillo(cv. Picual): m1 y m2. Finca de Jodar (cv. Picual): m3 y m4. Finca de Fuente Piedra(cv. Manzanilla): m6y m5.

realizadas en frutos de distintas variedades de olivo se conoce, que aunque cualitativamente todos poseen los mismos pigmentos, desde el punto de vista cuantitativo existen marcadas diferencias, entre el contenido clorofílico y carotenoide. Evidentemente sus correspondientes aceites muestran análogas características en estas propiedades (Garrido et al., 1990).

Puesto que los pigmentos clorofílicos y carotenoides presentes en la aceituna, al ser liposolubles se extraen con el aceite, hemos comprobado que los frutos afectados por clorosis férrica, y por consiguiente sus aceites, presentan una disminución considerable en la concentración de estos pigmentos, en comparación con el aceite de aceitunas tratadas con vivianita como se muestra en la Fig. 1 y Fig. 2.

También hemos observado que este contenido en pigmentos está directamente relacionado con el grado de oxidación del aceite. El aceite de oliva se oxida al entrar en contacto con el oxígeno y en presencia de la luz. Los productos que resultan de esta oxidación o rancidez oxidativa, tienen un olor y sabor desagradables y pueden afectar ne-

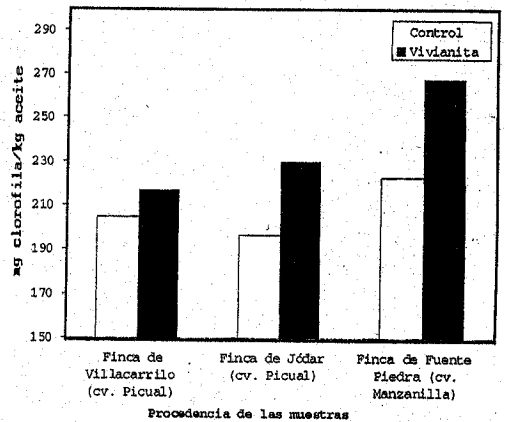


Figura 1. Contenido de clorofila en los aceites estudiados

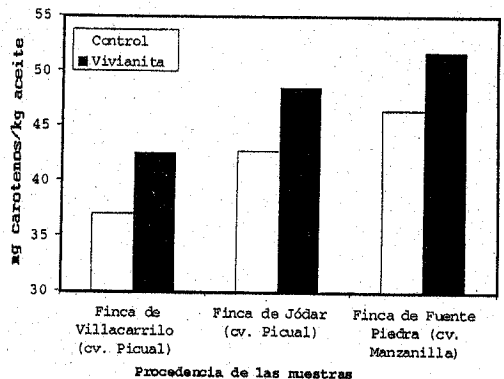


Figura 2. Contenido de carotenos en los aceites estudiados

gativamente al valor nutritivo del aceite (Kiritsakis, 1992). El aceite de oliva es resistente a la oxidación (autooxidación), debido al bajo contenido en ácidos grasos poliinsaturados y por su contenido en antioxidantes naturales (clorofilas y carotenos). Sin embargo, es muy sensible a la fotooxidación (Kiritsakis et al., 1985; Rahmani et al., 1989 y Gutierrez-Rosales et al., 1992). Los carotenos son atenuadores del oxígeno simple y hacen que disminuya el grado de oxidación por reacción física o química con el oxígeno, previniendo la fotooxidación rápida debida a la presencia de clorofilas (Boskou, 1998). Las clorofilas, sin embargo, son fotosintetizadores que absorben la luz en el espectro visible favoreciendo la oxidación. Se ha comprobado, tras exponer los aceites a la luz solar, que el grado de oxidación es proporcional al contenido en clorofila, por tanto, el aceite de oliva se oxida más rápidamente en la luz que en la oscuridad, como se observa en la Fig. 3 y Fig. 4.

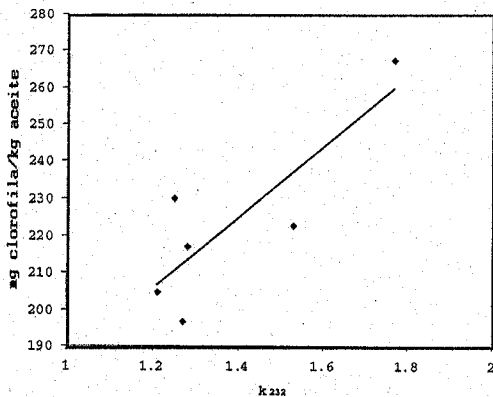


Figura 3. Relación entre el contenido de clorofila y  $k_{232}$

Fundamentalmente, la corrección de los olivos cloróticos con fosfato de hierro supone un beneficioso aumento en el rendimiento de sus frutos, como se demuestra en la Fig. 5.

Por otra parte, debido a que existe mayor contenido en pigmentos en el aceite procedente de las aceitunas tratadas con vivianita que en el aceite procedente de las aceitunas control, se observa la existencia de una relación directa,

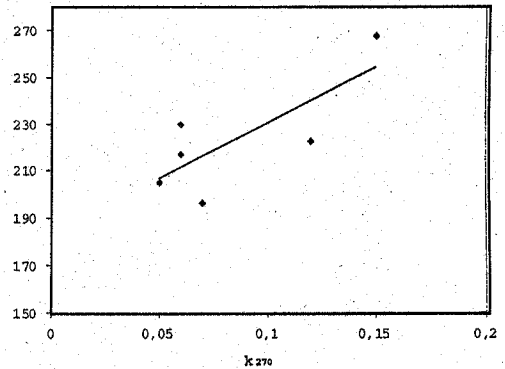


Figura 4. Relación entre el contenido de clorofilas y  $k_{270}$

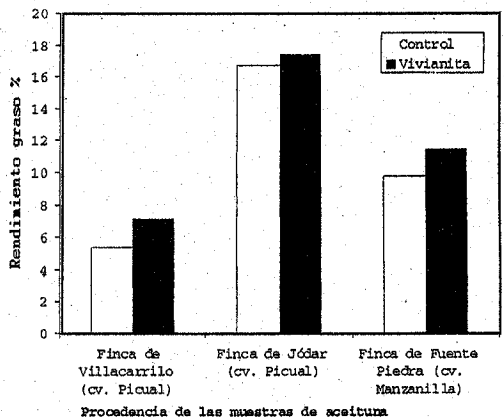


Figura 5. Rendimiento obtenido mediante Abencor en los aceites estudiados.

entre el contenido en pigmentos y la estabilidad de los aceites, puesto que cuanto mayor es la concentración en clorofilas y carotenos, mayor es la estabilidad del aceite frente a la oxidación al poseer más antioxidantes naturales, teniendo en cuenta que en el aceite de oliva virgen no se permite la adición de antioxidantes sintéticos (Fig. 6), (Fig. 7).

## CONCLUSIONES

La fertilización con vivianita de olivos cloróticos (cv. Picual y cv. Manzanilla) aumentó el rendimiento graso de las aceitunas y el contenido de pigmentos (clorofilas y carotenos) del aceite, respecto al control (no fertilizados con Fe). Esto hace que el aceite procedente de los olivos tratados tenga mayor estabilidad y calidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Boskou, D., 1998. *Química y Tecnología del aceite de oliva*. A. Madrid Vicente, Ediciones. Madrid.
- Civantos, L. 1997. La olivicultura en el mundo y en España. En: *El cultivo del olivo*. pp. 19-33. Eds. D. Barranco, R. Fernández-Escobar y L. Rallo. Editorial Mundi-Prensa y Junta de Andalucía.
- Cordeiro, A.M., Alcántara, E. y Barranco, D. 1995. Differences in tolerance to iron deficiency among olive (*Olea europea* L.) cultivar. En: *Iron Nutrition in Soils and Plants*. pp: 197-200. Ed: J. Abadía. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- del Campillo, M. C. 1992. *Clorosis férrica: su relación con las propiedades del suelo y métodos de corrección*. pp. 133. Tesis Doctoral. ETSIAM-Universidad de Córdoba.
- del Campillo, M. C., Barrón, V., Torrén, J., Pastor, M., Castro, J., Hidalgo, J. y Camacho, L. 2000. Clorosis férrica del olivo y técnicas de corrección más adecuadas. *Vida Rural*. 54-60.
- Fernández-Escobar, R., Barranco, D. y

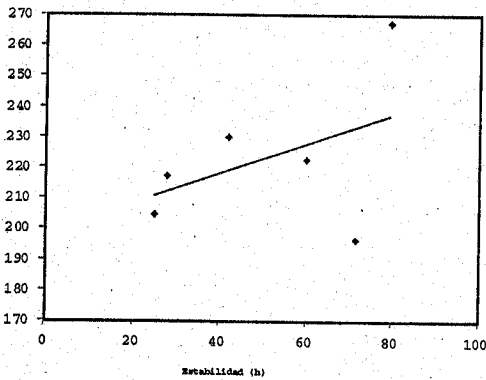


Figura 6. Relación entre el contenido de clorofilas y la estabilidad (Rancimat)

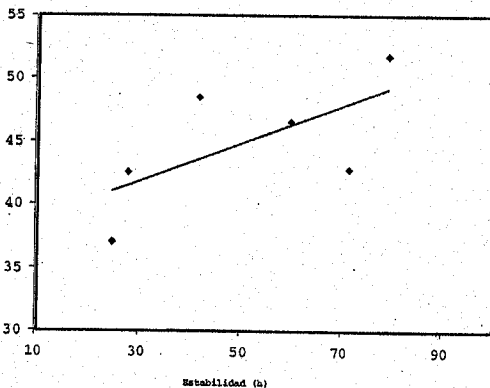


Figura 7. Relación entre el contenido de carotenos y la estabilidad (Rancimat)

- Benlloch, M. 1993. Overcoming iron chlorosis in olive and peach trees using a low-pressure trunk-injection method. *Hortic. Sci.* 28:192-194.
- Garrido, J., Gandul, B., Gallardo, L. y Mínguez, M. 1990. Pigmentos clorofílicos y carotenoides responsables del color en el aceite de oliva virgen. *Grasas y aceites.* 41: 404-409.
- Gutierrez-Rosales, Garrido-Fernández, F.J., Gallardo-Guerrero, L. y Gandul-Rojas, B. 1992. Action of Chlorophylls on the Stability of Virgin Olive Oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 69:866.
- Kiritsakis, A.K. y Dugan, L. R. 1985. Studies in Photooxidación of Olive Oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 62:892.
- Kiritsakis, A.K., 1992. *El aceite de oliva.* A. Madrid Vicente, Ediciones. Madrid.
- Mínguez, M., Garrido, J. 1986. Composición y evolución de clorofilas y carotenoides durante el desarrollo y maduración de los frutos del olivo. *Grasas y Aceites.* 37: 272-276.
- Minguez, M., Garrido, J. 1987. Diferenciación de las variedades de olivo Hojiblanca y Manzanilla según su contenido pigmentario. *Grasas y Aceites.* 38: 4-8.
- Morales, M. y Aparicio, R. 1999. Effect of extraction conditions on sensory quality of virgin olive oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 76: 295-300.
- Pedrajas, V. 1999. *Propiedades del suelo que influyen en la clorosis férrica en olivo (Olea europea L.) var. Picual.* pp 95. Trabajo Profesional Fin de Carrera. ETSIAM-Universidad de Córdoba.
- Rahmani, M. y Saad L. 1989. Photoxidation of Olive Oil, Effect of Chemical Composition. *Rev. Franc. Corps Gras.* 36:355.
- Reglamento (CEE 2568/91) de la Comisión, de 11 de julio de 1991, relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos de análisis.
- Rosado, R., del Campillo, M. C., Barrón, V. y Torrent, J. 2000. Inyección de vivianita al suelo para corregir la clorosis férrica en olivo. *Edafología* (en prensa).
- Tous, J. y Romero, A. 1992. Caracterización del color de los aceites de oliva vírgenes de cultivares catalanes. *Grasas y Aceites.* 43: 347-351.