

## RESULTADOS PRELIMINARES DE LA DISTRIBUCIÓN DE POTASIO EXTRAÍBLE EN EL BULBO HÚMEDO EN UN OLIVAR EN EL QUE SE HA APLICADO FERTIRRIGACIÓN POTÁSICA

J. C. Hidalgo<sup>1</sup>, M. Pastor<sup>2</sup>; P. González<sup>2</sup>; R. Ordóñez<sup>2</sup>; J. Hidalgo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Servicio de Asesoramiento al Regante. Caja Rural de Jaén.

<sup>2</sup> Dpto. Suelos y Riegos. CIFA Córdoba. DGIFA. CAP Junta de Andalucía.

**RESUMEN.** En el presente trabajo se estudia la distribución en el perfil del suelo del potasio aplicado en fertirrigación en un suelo de olivar, así como la respuesta de los árboles a dosis crecientes de este nutriente. El experimento se ha realizado durante 4 años en un olivar adulto en cultivo intensivo. Se han aplicado 3 dosis crecientes de abonado potásico, incluido un control sin abonar.

Los resultados obtenidos revelan un considerable movimiento en el perfil del suelo del K aplicado en fertirrigación, produciéndose un enriquecimiento significativo del contenido en K en la zona humedecida por el riego, especialmente en el tratamiento de mayor dosis (200 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup>). Las extracciones de potasio por la planta enmascaran la dinámica de este elemento en el suelo, pero el abonado realizado ha permitido mantener, al menos, la fertilidad de K del suelo. En el caso del tratamiento control se observa un agotamiento que sitúa los niveles de K como bajos o muy bajos. El abonado K no ha afectado significativamente a la producción, aunque a largo plazo parecen observarse respuestas interesantes al abonado.

**ABSTRACT.** In this paper, the distribution of potassium by fertirrigation through the profile of the soil in an olive orchard, so the response of the olives to increasing levels of potassium fertilizers, are discussed. The experiment has been developed in an intensive olive orchard during a period of four years. Three increasing levels of potassium fertilizers were applied, including a non-fertilized with this nutrient treatment.

The results show a considerable movement of the potassium through the profile of the soil, with higher levels of that nutrient especially in the biggest level of potassium treatment (200 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup>). Potassium extractions by the olives do not show the dynamics of this element in the soil clearly, but the fertilizers applied have let to hold, at least, the potassium fertility of the soil. In the non-fertilized with this nutrient treatment the potassium content of the soil was seriously depleted.

The fertilization with potassium has not affected the production, although the results show how interesting

responses to fertilization could be possible, if a higher period of time were considered.

### 1. Introducción

El cultivo del olivar tiene una gran importancia económica en España, y especialmente en Andalucía, región en la que se produce más del 70% del aceite de oliva español. Aunque ha sido considerado tradicionalmente como un cultivo de secano, en la actualidad el olivar es ya el primer cultivo de regadío de esta región, con una superficie regada de 230.193 hectáreas (CAP, 2000). Sin embargo, en la actualidad dicha superficie es notablemente superior, y solamente en Jaén se superan las 210.000 hectáreas (C.H.G., comunicación personal).

Con respecto a los sistemas de riego empleados, el más utilizado es el de goteo de alta frecuencia. En dicho sistema de riego, la aplicación de abonos junto con el agua de riego es especialmente importante, sobre todo en años secos, en los que el árbol debe extraer del bulbo húmedo todos los nutrientes que necesita, por lo que si no se aplicaran fertilizantes en el riego, probablemente se produciría un empobrecimiento progresivo de esta zona del suelo, y no se abastecerían las necesidades nutritivas de la planta.

Por otra parte, las producciones en regadío se incrementan considerablemente con respecto al secano, con el consiguiente aumento de las extracciones de nutrientes. Este hecho es particularmente importante en el caso del potasio, cuyas extracciones por la cosecha son cuantitativamente muy importantes (Pastor et al. 1996), siendo el elemento que actualmente plantea mayores problemas en la mayor parte del olivar de Andalucía (Aguilar et al. 2000; Pastor et al. 1997a; 1997b), especialmente en suelos calizos y arcillosos.

El objetivo del presente trabajo es estudiar la respuesta del olivo a diversas dosis de abonado potásico aplicado en fertirrigación, estudiándose asimismo la dinámica que el potasio sigue en el suelo y la recarga de este elemento en el perfil.

## 2. Material y Métodos

La parcela en la que se han realizado los experimentos de este trabajo está ubicada en la finca "Alameda del Obispo" de Córdoba, situada en una terraza baja del Guadalquivir sobre unos suelos poco evolucionados que se pueden clasificar como Typic Xerofluvent. La textura es franco-arcillo-arenosa, predominando en la fracción arcilla la illita, que representa el 77%. El contenido en K extraíble con acetato amónico es relativamente bajo.

El estudio comenzó en el año 1999 en un olivar de la variedad 'Picual' plantado en 1976 con un marco de 6x6 metros, y no abonado desde su plantación con fertilizantes potásicos.

Para la aplicación de los distintos tratamientos de fertirrigación se ha instalado un sistema de riego por goteo fijo, aplicando el agua a través de cuatro goteros autocompensantes de 8 l/h, colocados en línea, por olivo. Se ha utilizado un programa de riego deficitario, en el que se han aportado anualmente 2.500 m<sup>3</sup>/ha (9.000 litros/olivo y año). El agua se ha aportado en el periodo de mayo a octubre, aplicando semanalmente cantidades idénticas de riego a lo largo de toda la campaña, sistema que ha proporcionado muy buenos resultados en suelos profundos y/o con buena capacidad de retención (Pastor et al. 1999). La cantidad semanal de agua aportada fue de 96 m<sup>3</sup>/ha (9.6 mm). El agua empleada procede de un pozo y posee una calidad muy aceptable (CE<sub>25</sub> = 1.43 dS/m, pH = 7.17, SAR = 1.48).

El principal objetivo de este trabajo era comparar distintas dosis de abonado potásico. Para conseguirlo, se necesitaba que la nutrición de los restantes nutrientes estuviera garantizada, por lo que todos los tratamientos recibieron un abonado base de N y P, suficiente para cubrir las necesidades, teniendo en cuenta la capacidad productiva media de la plantación. De esta forma es posible estudiar la respuesta del olivo a las dosis crecientes de K. Se programó por tanto, un abonado N-P idéntico para todos los tratamientos con unas dosis de 100 kg N/ha (aplicado en forma de nitrato amónico) y de 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha (en forma de ácido fosfórico).

Los tratamientos de fertirrigación K han sido tres: a) testigo sin abono potásico; b) 100 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup>; c) 200 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup>.

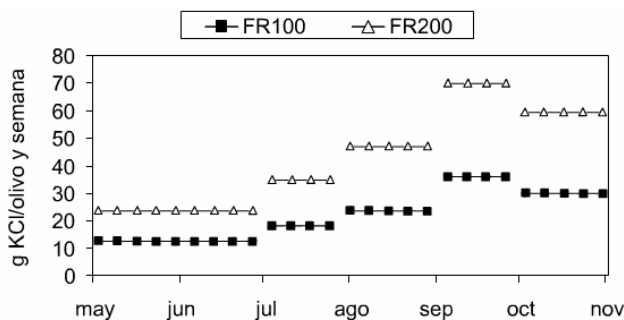


Fig. 1. Calendario de aplicación del abonado potásico en fertirrigación. Los datos están expresados en gramos semanales de KCl para cada olivo.

En ambos casos se utilizó cloruro potásico. Las aportaciones semanales de K<sub>2</sub>O no fueron constantes a lo largo del periodo de riegos, ya que tratamos de ajustarlas al ciclo vegetativo del olivo, siendo considerablemente mayores en el periodo fin de verano-otoño, época en la que la acumulación de K en el fruto es mayor (Pastor et al. 1996). Los porcentajes mensuales se han adaptado a las recomendaciones de Domínguez (1993). La Fig. 1 muestra las cantidades semanales de KCl aportadas. Tratando de valorar la evolución de los tratamientos empleados en un ensayo de larga duración, en otoño de 2000 se ha realizado una primera toma de muestras de suelo, tanto en la zona humedecida por el riego (bajo el emisor y a 20, 40 y 60 cm del emisor) como de la zona no regada (en el centro de la calle), así como a diferentes profundidades (0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm y 60-80 cm). Una vez secas al aire se ha determinado el contenido de K asimilable de las muestras realizando una extracción con acetato amónico 1N a pH 7 y analizando la solución resultante en un espectrofotómetro de absorción atómica. En las mencionadas muestras también se ha determinado el contenido de Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> y Ca<sup>2+</sup> extraíbles con acetato amónico 1N a pH 7. Además se realizó la extracción de los fosfatos del suelo mediante una solución de NaHCO<sub>3</sub> 0.5 M a pH 8.5 propuesta por Olsen et al. (1965).

Se realizó un estudio de los valores obtenidos en los análisis de suelo para los diferentes parámetros estudiados, mediante la técnica de interpolación de krigeado.

Anualmente se han pesado las producciones de aceituna de los olivos, determinándose en laboratorio su rendimiento graso mediante R.M.N. desecando previamente la muestra hasta peso constante. Multiplicando la producción de aceituna por el rendimiento graso se ha calculado la producción de aceite por olivo.

Se han efectuado análisis de la varianza (ANOVA) de parámetros relacionados con el suelo y cosecha. Posteriormente se realizó una comparación de los valores medios obtenidos por el método de la mínima diferencia significativa.

## 3. Resultados

Tratando de evaluar la adaptación y respuesta de los árboles al abonado potásico se determinaron los contenidos de K intercambiable en el bulbo húmedo. Se tomaron como referencia los contenidos en el centro de la calle (Tabla 1), zona en la que no se fertiliza ni se riega, en la que los contenidos medios de K extraíble oscilan entre 100-50 ppm, en función de la profundidad.

Tabla 1. Valores medios (ppm) de K, Mg extraídos con acetato amónico 1N a pH 7, obtenidos en el centro de la calle para las distintas profundidades.

Profundidad	0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm	60-80 cm
K	102	81	64	49
Mg	60	70	73	67

La Fig. 2 muestra los contenidos de K en el bulbo húmedo del tratamiento control, que no recibe K en fertirrigación. Se observa un descenso del contenido de K en suelo en profundidad. Este descenso se podría explicar fundamentalmente por una mayor extracción por parte de la planta, debido a que en esta zona es donde se concentra una mayor cantidad de raíces. Hay que decir también que esta disminución en el nivel de K en el tratamiento control se produce fundamentalmente en los primeros centímetros de profundidad, zona en la que se observa un descenso desde 100 ppm, existentes en el centro de la calle, hasta 62-72 ppm.

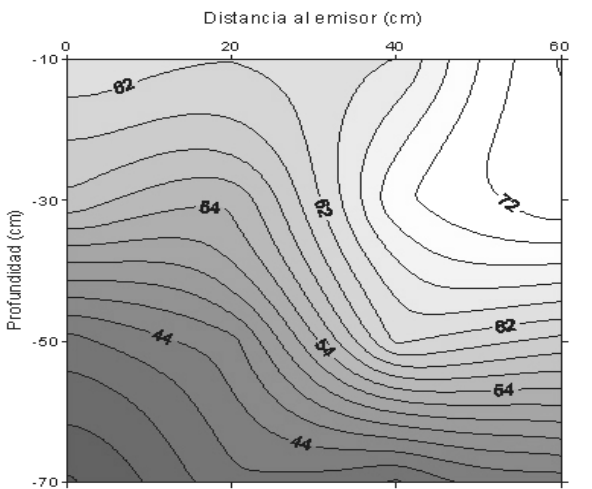


Fig. 2. Valores medios de K extraíble (ppm) para cada distancia al gotero y para cada profundidad, para el *Tratamiento Control*.

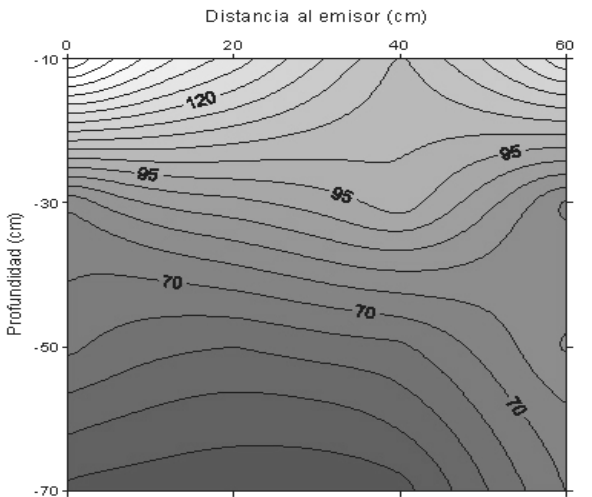


Fig. 3. Valores medios de K extraíble (ppm) para cada distancia al gotero y para cada profundidad, para el *Tratamiento Fertirriego 100 kg K<sub>2</sub>O · ha<sup>-1</sup>*.

En el tratamiento de 100 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup> se consiguen unos valores intermedios entre ambos tratamientos (Fig. 3). Considerando los datos presentados podemos afirmar que la movilidad del K en los bulbos debido al fertirriego es mayor que la que suele observarse en fertilización potásica

tradicional.

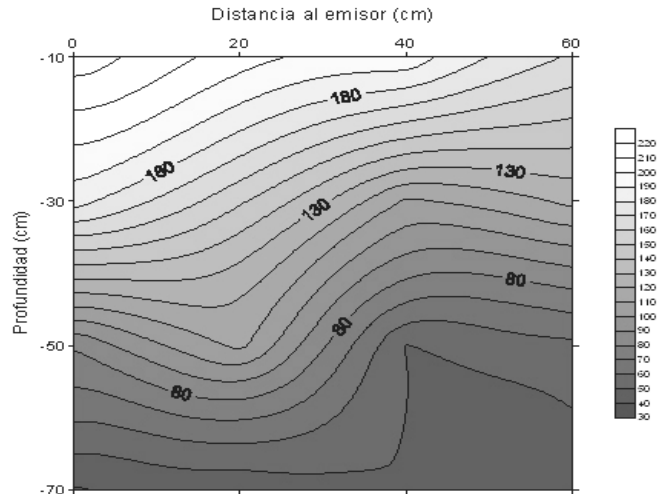


Fig. 4. Valores medios de K extraíble (ppm) para cada distancia al gotero y para cada profundidad, para el *Tratamiento Fertirriego 200 kg K<sub>2</sub>O · ha<sup>-1</sup>*.

En el caso de los tratamientos con fertirrigación potásica, se aprecia un incremento gradual en el contenido de K extraíble en los primeros centímetros de suelo y en la proximidad del emisor, a medida que la dosis aumenta. Así, para el tratamiento de 200 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup> (Fig. 4), dichos niveles de K se han incrementado del orden de 2 a 3 veces comparados con el tratamiento control.

En la Fig. 5 se representa la distribución con la profundidad de las proporciones del contenido total de potasio intercambiable con respecto a la situación en el centro de la calle de la plantación. Los valores relativos mostrados para cada profundidad son la media de los valores obtenidos para las distancias al emisor de 0, 20, 40 y 60 centímetros, para los tres tratamientos estudiados.

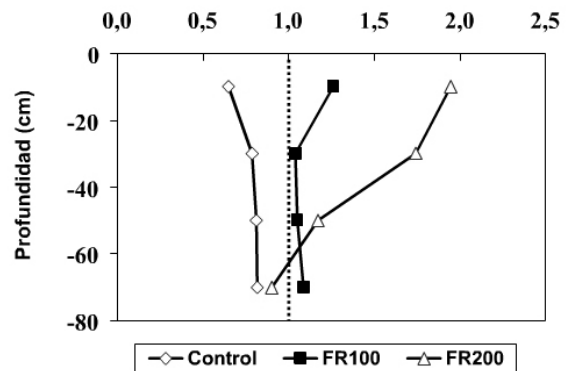


Fig. 5. K extraíble con acetato amónico 1N a pH 7. Distribución de las proporciones del contenido total de K extraíble (media de los valores obtenidos para las distancias al emisor de 0, 20, 40 y 60 cm con respecto a los valores del centro de la calle) con la profundidad para los distintos tratamientos estudiados.

Se puede observar cómo se ha producido una recarga de K extraíble en el tratamiento de fertirriego con 200 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup> en los primeros 40 centímetros del perfil, mientras que en el suelo abonado con 100 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup> se ha conseguido mantener los niveles observados en el centro de la calle. Hay que destacar que en el tratamiento

control se ha producido un empobrecimiento del bulbo en todas las profundidades, hecho que ha sido evitado con la fertirrigación potásica.

En cuanto a los niveles de magnesio encontrados en los bulbos se puede observar (Fig. 6) cómo se produjo un aumento significativo con respecto a los contenidos en el centro de la calle (Tabla 1) para las profundidades de 0 a 60 centímetros y para las diferentes distancias al emisor (0 a 60 cm), datos no mostrados, en todos los tratamientos.

Debemos resaltar que estos aumentos en el contenido de Mg son debidos a los relativamente altos contenidos de este elemento en el agua de riego, lo que nos sugiere la conveniencia de considerar esta circunstancia a la hora de planificar el programa de abonado. En la mencionada figura podemos observar como en superficie (0-40 cm), el contenido en Mg de los bulbos fertirrigados con 200 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup> es menor que en el tratamiento control y que en el abonado con 100 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup>. Esta diferencia podría deberse a una posible acumulación de potasio aportado en fertirriego en las posiciones de intercambio del suelo en competencia con el magnesio incorporado en el agua.

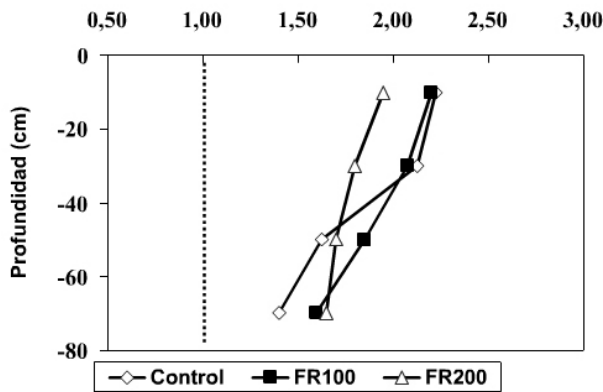


Fig. 6. Mg extraíble con acetato amónico 1N a pH 7. Distribución de las proporciones del contenido total de Mg extraíble (media de los valores obtenidos para las distancias al emisor de 0, 20, 40 y 60 cm) con la profundidad para los distintos tratamientos estudiados.

La Tabla 4 muestra las producciones de aceite obtenidas en los cuatro años de duración del experimento (1999-2002). No existen diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre los valores anuales observados para cada uno de los distintos tratamientos, aunque las producciones de aceite muestran una tendencia a aumentar la producción en el tratamiento de 200 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup>, en especial para los años 2000 y 2002, respuesta que puede ser atribuida a los aumentos en el contenido de K extraíble en los bulbos Figs. 3 y 4.

La Tabla 5 muestra los contenidos de K en hoja, en muestreos realizados en el mes de julio, en los diferentes tratamientos de abonado, para los años 1999 a 2002.

Aunque las diferencias no son significativas, se aprecian mayores contenidos de K en hoja en los tratamientos abonados con este elemento. Debemos destacar que en todos los años el nivel de K en los árboles control es relativamente alto, por encima de 0.8%, nivel considerado teóricamente como adecuado (Freeman y Carlson. 1994),

lo que puede justificar el hecho de no observarse diferencias significativas de producción entre dosis de abonado, probablemente porque los olivos están obteniendo K de la reserva del suelo, que, como se ha visto en la Fig. 2, ha ido descendiendo.

Tabla 4. Producción de aceite (kg/olivo). Los valores de cada año seguidos por letras distintas difieren significativamente al nivel  $p \leq 0.05$  según el Test de Duncan.

Tratamiento	Producción de aceite (kg / olivo)					Δ Prod. (%)
	1999	2000	2001	2002	Media	
Control sin abono K	2.64 a	7.74 a	11.22 a	10.51 a	8.03 a	--
FR 100 kg K <sub>2</sub> O/ha	3.41 a	8.13 a	10.88 a	12.26 a	8.67 a	8
FR 200 kg K <sub>2</sub> O/ha	3.12 a	10.01 a	10.52 a	15.14 a	9.70 a	20

Tabla 5. Valores del análisis foliar realizado en el mes de julio. Los valores de cada año seguidos por letras distintas difieren significativamente al nivel  $p \leq 0.05$  según el Test de Duncan.

Tratamiento	% K s/ss en hoja			
	1999	2000	2001	2002
Control sin abono K	0.99 a	0.97 a	0.99 a	0.93 a
FR 100 kg K <sub>2</sub> O/ha	1.03 a	1.09 a	1.07 a	1.10 a
FR 200 kg K <sub>2</sub> O/ha	1.06 a	1.07 a	1.05 a	1.07 a

Probablemente, el incremento de cosecha es el factor que más importancia tiene a la hora de evaluar la respuesta al abonado en este tipo de experimento. Hay que recordar que estos datos corresponden a los cuatro primeros años de este experimento y quizá sea demasiado pronto para apreciar diferencias agronómicas significativas entre tratamientos. Ferreira et al. (1986) en los ensayos en olivar de secano en los que obtuvieron respuesta al abonado K al suelo, dichas respuestas se obtuvieron después de 4-6 años de aportación continuada, mientras que Tarazona et al. (1995) observaron en cítricos que después de varios años seguidos de aplicación de K al suelo éste no afectaba prácticamente a la producción del cultivo, mostrando los experimentos cómo el K suministrado por la reserva del suelo fue capaz de mantener los contenidos en hoja en niveles adecuados, pero que en el control no abonado se produjo un lento y progresivo empobrecimiento del suelo, lo que no ocurría en las parcelas abonadas, que lentamente se fueron enriqueciendo en K.

#### 4. Conclusiones

Los contenidos de K extraíble con acetato amónico han revelado un considerable movimiento del potasio en el suelo cuando se aplica en fertirrigación, produciéndose un enriquecimiento significativo de K en la zona humedecida por el riego, especialmente en el tratamiento con 200 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup>.

Las extracciones de K por la planta enmascaran la dinámica de este elemento en el suelo, pero el abonado K realizado ha permitido mantener, al menos, la fertilidad del

suelo. En el caso del tratamiento control, sin abonado potásico, se observa un agotamiento que sitúa los niveles de K extraíble en bajos o muy bajos.

Por último, en los primeros años de este experimento, el abonado K no ha afectado significativamente a la producción ni tampoco al contenido de K en hoja.

## Referencias

- Aguilar, J., Guardiola, J. L., Fernández, J., Martínez, A., Sierra, C. y Soria, L., 2000. *Vº Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Monográfico dedicado al olivar*. SECS. Jaén y Baeza. 114 pp.
- CAP, 2000. *Inventario y Caracterización de los Regadíos de Andalucía*. Junta de Andalucía.
- Domínguez Vivancos, A., 1993. *Fertirrigación*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 217 pp.
- Ferreira, J., García Ortiz, A. y Frías, L., Fernández, A., 1986. Los nutrientes N-P-K en la fertilización del olivar. *OLEA 17*: 141-152.
- Freeman, M y Carlson, R. M., 1994. Mineral Nutrient Availability. Cap. 12. pp. 69-75. En *Olive. Production Manual. Division of Agriculture and Natural Resources. Pub. 3353*. Univ. of California.
- Pastor, M., Navarro, C., Vega, V. y Castro, J., 1996. Fertilización del olivar. En: *Manejo del olivar con riego por goteo*. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Informaciones Técnicas 41/96: 65-105.
- Pastor, M., Morales, J., Martínez, A., Castro, J., Aguilar, J., Fernández, E., Nieto, J. y Jiménez, S., 1997a. *Criterios para la fertilización del olivar. El caso práctico de la zona este de la comarca de Sierra Morena (Jaén)*. Caja Rural de Jaén. 55 pp.
- Pastor, M., Aguilar, J., Fernández, E., Nieto, J., Jiménez, S., Hidalgo, J., Fernández, T. y Soto, A., 1997b. *Criterios para la fertilización del olivar. El caso práctico de la comarca de La Loma*. Caja Rural de Jaén. 43 pp.
- Pastor, M., Castro, J., Mariscal, M. J., Vega, V., Orgaz, F., Fereres, E. y Hidalgo, J., 1999. Respuestas del olivar tradicional a diferentes estrategias y dosis de agua de riego. En: *Investigación Agraria. Prod. Prot. Veg. Vol. 14 (3)*.
- Pastor, M. y Vega, V., 2001. Fertilización del olivar regado por goteo. En: *Programación de riegos en olivar*. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Olivicultura y Elaiotecnia. pp: 87-108.
- Olsen, S. R. y Watanabe, F. S., 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorous in water and NaCO<sub>3</sub>H extracts from soils. *Soil Science Soc. Am. Proc.* 29: 677-678.
- Tarazona, F., Estela, M., Faus, R. y Pomares García, F., 1995. Respuesta de cuatro variedades de cítricos a la fertilización potásica. *Fruticultura Profesional*, 75: 45-55.

