

EFFECTO DEL POTASIO SOBRE EL CRECIMIENTO Y EL ESTADO HÍDRICO DEL OLIVO (*Olea europea* L.) EN SUBSTRATO CALCÁREO

POTASSIUM EFFECT ON GROWTH AND WATER STATUS OF OLIVE TREE (*Olea europea* L.) IN CALCAREOUS SOIL

Amel Marouani^{1*}, Octavio Arquero Quilez², Miguel Angel Parra Rincón³

¹ Unité de Cultures Maraîchères et Florales (UCMF), Institut National Agronomique de Tunisie (INAT), 43 Avenue Charles Nicolle, 1082-Cité Mahrajène, Túnez.

² Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA), Córdoba, España.

E-mail: octavio.arquero@juntadeandalucia.es

³ Universidad de Córdoba, España.

* Autor para correspondencia E-mail: amel_marouani@yahoo.es

RESUMEN

Los suelos calcáreos pobres en potasio disponible son relativamente frecuentes en la extensa superficie plantada con olivo (*Olea europea* L.) en la región mediterránea. Con el objeto de estudiar el efecto de la nutrición potásica sobre el crecimiento vegetativo y el estado hídrico del olivo, se realizó un ensayo en macetas, en el Centro de Investigación y de Formación Agraria (CIFA) Alameda del Obispo, Córdoba, España, con plantas de la variedad "Picual", bajo condiciones controladas de invernadero y utilizando como sustrato suelo calcáreo de muy bajo contenido en potasio disponible. Se aplicaron tres dosis de potasio (0; 100; y 200 mg kg⁻¹). Se utilizó un diseño factorial completo en bloques al azar ($p < 0,01$), incluyendo como segundo factor el régimen de humedad en el medio de cultivo, con dos tratamientos: seco y húmedo. Los resultados indicaron que el aporte de potasio al suelo mejoró la longitud del brote y la superficie foliar del olivo bajo condiciones de adecuada disponibilidad de agua. En cuanto al estado hídrico, a pesar de no tener ningún efecto sobre el contenido hídrico en la hoja, el aporte de potasio al suelo redujo la transpiración, mejoró la eficiencia en el uso del agua y aumentó el contenido foliar de potasio.

Palabras clave: biomasa, eficiencia en el uso del agua, potasio disponible, sequía, superficie foliar.

ABSTRACT

Calcareous soils with low level of available potassium (K) are relatively common in olive (*Olea europea* L.) orchards in the Mediterranean regions. The aim of this study was to determine the effect of K nutrition on both water status and vegetative growth of olive crop. In order to study the effect of K nutrition on the growth and the water status of the olive tree, an experiment was conducted in pots under greenhouse conditions, in the Research Center and Agricultural Training (CIFA) Alameda del Obispo, Córdoba, Spain. In the experiment, 'Picual' was arranged in a completely randomized block design with three treatments (0, 100 and 200 mg K kg⁻¹), including a second factor as moisture regime in the culture medium, with two treatments: dry and moist. Results indicated that K application improved shoot length, and mean leaf area under soil conditions of enough available water. Even though no effects were observed on leaf water content, K application reduced transpiration and improved water use efficiency and increased leaf K content.

Key words: biomass, leaf area, water use efficiency, water status.

INTRODUCCIÓN

El olivo se cultiva principalmente en los países de la cuenca mediterránea, donde los suelos calcáreos son abundantes. Se estima que dos terceras partes de los suelos presentan cal en gran parte de su perfil. En España, por ejemplo, el 70% del olivar se encuentra en suelos calizos o calcáreos (Rosado et al., 2000; Parra et al., 2003).

En un estudio hecho en la Comarca de Sierra Mágina, en la provincia de Jaén, España, Nieto et al. (2000) observaron que los tipos de suelos encontrados en la zona presentan bajos o muy bajos contenidos de potasio intercambiable, atribuyendo tal situación a un alto contenido en carbonato cálcico y a la mineralogía de las arcillas.

El olivo, por las características anatómicas de la hoja (gruesa cutícula, estomas en el envés, protegidos por pelos peltados (Leonardt et al., 1997; Rapoport, 2001)) y por su eficiencia en la regulación de la apertura del ostiolo (Deidda et al., 1990; Gucci et al., 2002; Moriana et al., 2002) se trata de una especie que está bien adaptada a la sequía. La falta de disponibilidad de agua durante el verano es uno de los factores que más limitan el rendimiento en zonas de clima mediterráneo.

Una gran proporción del olivar se cultiva en suelos calcáreos (Rosado et al., 2000; Parra et al., 2003). Desde el punto de vista de la nutrición, es frecuente que este tipo de suelos presente contenidos bajos en potasio disponible, atribuyéndose esta situación a que en las reacciones de intercambio catiónico entre el potasio y el calcio, el suelo muestra una selectividad menor por el primero que por el segundo (Norrish y Pickering, 1983; Troncoso, 1996; Schneider, 1997; Soria et al., 2000) y a la abundancia de minerales ilíticos capaces de fijar K⁺ en formas no disponibles (Nieto et al., 2000; Pastor et al., 2003). En no pocas ocasiones, la falta de K en los suelos calcáreos puede verse agravada por una escasa profundidad efectiva del suelo, como ocurre en suelos erosionados o con un horizonte petrocálcico próximo a la superficie, o por un contenido tan alto de cal en el suelo que reduzca considerablemente, por efecto de dilución, la cantidad de minerales de arcilla capaces de retener el K en formas disponibles (Parra et al., 2003).

Numerosos estudios han señalado el papel que juega el K en procesos de las plantas, relacionados con el control de la apertura estomática (Smith y Stewart, 1990; Bednarz et al., 1998; Tomemori et al., 2002; Pérez et al., 2004), la regulación del estado hídrico y de la eficiencia en el uso del agua (Ashraf et al., 2001; Tomemori et al., 2002; Velu y Palanisami, 2002; Agustí, 2004; Connor, 2005; Pérez et al., 2004; Egilla et al., 2005) y el crecimiento vegetativo en condiciones de sequía (González

y Catalina, 1982; Cimato et al., 1991; Frega et al., 1995), pero en su mayoría han sido realizados en otras especies. Existen pocos trabajos que relacionen la nutrición del potasio con el desarrollo vegetativo y el estado hídrico de la planta. En un trabajo realizado con estaquillas de olivo cultivadas en perlita, Arquero (2004) informó que éstas crecían más y usaban el agua más eficientemente cuando el sustrato se regaba con una disolución de concentración alta en K, y que el efecto positivo del K era más marcado en medios no sometidos a un estrés hídrico. Sin embargo, falta por conocer el comportamiento hídrico del olivo en relación con el K en un medio como el suelo, capaz de adsorber activamente este elemento.

Se realizó este estudio con el objeto de determinar en olivo cultivado en un suelo calcáreo con un bajo contenido inicial en potasio disponible, el efecto del potasio aplicado al suelo sobre el crecimiento vegetativo (longitud del brote, superficie foliar y biomasa), contenido hídrico, transpiración, conductancia estomática y eficiencia en el uso del agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó usando estaquillas de olivo de la variedad 'Picual', cultivadas en contenedores en invernadero, bajo condiciones controladas de temperatura (entre 20-35°C) y fotoperiodo de 10 horas.

El sustrato de cultivo utilizado fue tomado de una plantación comercial de olivar con un suelo Typic Calcixerept, fuertemente calcáreo y de textura franco-arcillo-arenosa (Tabla 1). Se tomaron 2600 g (la cantidad de sustrato a poner ulteriormente en cada maceta) para completar todos los tratamientos y repeticiones, poniendo mucho cuidado en que durante la toma de muestras no se produjeran segregaciones de partículas por tamaños. Cada maceta se fertilizó con la dosis de potasio (K) que correspondiera, según tratamiento.

Para asegurar que el medio de cultivo tuviera un contenido suficiente de nutrientes distintos al potasio, se añadieron a cada porción de suelo correspondiente a cada maceta 986 mg de Ca(NO₃)₂·H₂O, 331 mg de (NH₄)₂HPO₄, 670 mg de MgSO₄·7H₂O y 88 g de Fe EDDHA.

Las macetas se sellaron para evitar pérdidas de agua por evaporación. Al inicio del ensayo se les dio un riego de saturación, y de forma individual para cada maceta se determinó el peso total de la maceta a la capacidad de campo (CC). Durante el desarrollo del ensayo la aplicación de agua de riego se hizo sobre la maceta colocada en una balanza, de forma que se aportara el volumen necesario hasta alcanzar el porcentaje de la CC establecido para cada tratamiento.

Tabla 1. Algunas propiedades del suelo usado en ensayo con olivos.
Table 1. Some properties of the soil used in the olive trial.

Propiedad	
Elementos gruesos (Diámetro > 2 mm), g kg ⁻¹	135
Partículas tamaño arcilla (Diámetro < 0,002 mm), g kg ⁻¹	270
Materia orgánica, g kg ⁻¹	1,2
Carbonato cálcico, %	28
Capacidad de intercambio catiónico, cmolc kg ⁻¹	16
Conductividad eléctrica (extracto 1 : 5), dS m ⁻¹	21
pH (extracto acuoso 1 : 2.5)	8,1
Fósforo (Olsen), mg kg ⁻¹	8
Potasio (NH ₄ OAc), mg kg ⁻¹	42

Fuente: Centro de Investigación y de Formación Agraria, 2005.

Al iniciar el ensayo se marcaron los ápices terminales de las plantas, para poder diferenciar posteriormente la parte de la planta que creció antes y después de aplicar los tratamientos diferenciales. El ensayo se dividió en dos fases. El criterio de diferenciación de fase fue el cambio de los contenidos de agua seguidos lo largo del ensayo y que serán presentados posteriormente. La primera fase del ensayo duró 158 días. Durante la misma y con una frecuencia de 15 días, las macetas fueron regadas en forma individual hasta alcanzar el peso asignado a su nivel de régimen de humedad: 80 y 50% de la capacidad de campo (CC), para los tratamientos húmedo y seco, respectivamente. Sin discontinuidad en el tiempo, se pasó a la segunda fase del ensayo que duró 63 días. Durante esta segunda fase, solamente se modificaron los contenidos de agua asignados a los tratamientos. El tratamiento húmedo pasó del 80% de la CC que tenía en la primera fase al 70%, mientras que el tratamiento seco pasó del 50 al 30 % de la CC.

Tratamientos y diseño experimental

Para llevar a cabo este ensayo se utilizó un diseño factorial en bloques completamente al azar con los factores dosis de potasio y régimen de humedad en el medio de cultivo. Se utilizaron tres dosis de potasio y dos regímenes de humedad. Cada tratamiento se repitió cuatro veces, empleando dos macetas por cada parcela experimental.

Dosis de potasio disponible

Basándose en los criterios interpretativos de la FAO (1984) para el análisis del suelo, se eligieron tres tratamientos de potasio, que consistieron en añadir a cada maceta 0; 580 y 1160 mg de K₂SO₄ kg⁻¹ de sustrato seco a 105°C por 48 horas a peso constante (equivalentes a dosis respectivas de 0; 100; y 200 mg de K kg⁻¹ de sustrato seco al

aire. Dichas cantidades, sumadas al potasio inicialmente disponible en el sustrato, supusieron niveles totales de potasio disponible de 42, 142 y 242 mg kg⁻¹, los cuales pueden considerarse típicos de suelos con contenidos bajo, medio y alto de potasio disponible, respectivamente.

Regímenes de humedad

Para el factor régimen de humedad se establecieron dos niveles: Nivel húmedo: las macetas se regaban hasta que alcanzaban el 80% de su contenido de agua correspondiente a su capacidad de campo (CC), y Nivel seco: se aplicaba agua periódicamente a cada maceta hasta que se alcanzaba el 30% de la CC.

Desarrollo vegetativo

Crecimiento del brote

La medición del crecimiento del brote se tomó desde el punto de inserción del brote hasta el ápice terminal, determinando así la longitud total del brote.

Pesos fresco y seco

Al término del ensayo se pesó mediante balanza de precisión la parte aérea de la planta, diferenciando hojas y tallo. A continuación, las muestras fueron colocadas en una estufa a 60°C. Tras alcanzar un peso constante, las muestras se volvieron a pesar para determinar el peso seco.

Superficie foliar

La superficie foliar se midió al término de los ensayos mediante un medidor de área foliar (LICOR, modelo LI-3100, Lincoln, Nebraska, USA).

Control estomático y estado hídrico

Contenido hídrico en la hoja

El contenido hídrico en la hoja se calculó a partir de los pesos fresco y seco de las mismas, mediante la siguiente ecuación:

Contenido hídrico = ((Peso fresco (g) – Peso seco (g)) / Peso seco (g)) * 100

Agua transpirada

Se realizaron dos estimaciones del agua transpirada: a) cantidad de agua transpirada acumulada por centímetro de brote a lo largo de los ensayos; y b) cantidad de agua transpirada diariamente por cm^2 de superficie foliar.

Conductancia estomática

La conductancia estomática se midió mediante un porómetro (LI-COR, modelo 1600, Lincoln, Nebraska, USA)

Eficiencia en el uso del agua

La eficiencia en el uso del agua se estimó como la cantidad de biomasa de la parte aérea (hojas y tallo) producida por unidad de agua consumida.

Análisis del potasio en hoja

El potasio fue determinado mediante un espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin Elmer modelo Analyst 300, Waltham, Massachusetts, USA)

RESULTADOS Y DISCUSION

Desarrollo vegetativo

Longitud del brote

Durante la primera fase del ensayo (primeros 150 días), no se observaron diferencias significativas en la longitud del brote, entre las plantas de los sustratos fertilizados con dosis de 0; 100; y 200 mg de K kg^{-1} de suelo, tanto para el régimen seco, como para el húmedo (Fig. 1). Por el contrario, se observó un efecto positivo de la dosis de K aplicado al sustrato sobre la longitud del brote a lo largo de toda la segunda fase (entre los 150 y 218 días del inicio del ensayo), excepto para la última medición realizada. Este efecto fue significativo estadísticamente en condiciones de régimen seco, no así cuando las plantas tenían un suministro adecuado de agua (régimen húmedo).

Como se puede observar en la Fig. 1, las plantas de los sustratos que no recibieron K presentaron una longitud menor que las que recibieron 100 y 200 mg kg^{-1} en casi todo el periodo de la segunda fase, tanto en régimen seco como en el húmedo. La dosis de 200 mg de K kg^{-1} produjo brotes significativamente más largos que la de 100 mg de K kg^{-1} solamente en dos fechas del régimen seco, mientras que en el régimen húmedo no hubo diferencias entre ambos tratamientos.

El régimen de humedad en el medio también afectó a la longitud del brote. Las plantas cultivadas bajo condiciones de buena disponibilidad de agua en el medio, tuvieron un crecimiento mayor

que las plantas cultivadas bajo condiciones de estrés hídrico (Fig. 1).

Biomasa de la parte aérea

Para el parámetro biomasa de la parte aérea no hubo interacción entre los factores analizados. Como puede observarse en la Tabla 2, la biomasa de la parte aérea de las plantas crecidas en los sustratos abonados con la dosis de 200 mg kg^{-1} fue mayor que la de las plantas de los sustratos que no recibieron K , mientras que la de las plantas del sustrato 100 mg kg^{-1} no presentó diferencias significativas ($p \geq 0,01$) respecto a las de los sustratos abonados con las otras dos dosis.

Por otro lado, la disponibilidad de agua en el medio tuvo un efecto positivo sobre la cantidad de biomasa formada, siéndolo significativamente mayor bajo el régimen húmedo que bajo el régimen seco (Tabla 2).

Superficie foliar

En relación a la superficie foliar total (Fig. 2), se presentó interacción entre los dos factores analizados: dosis de K y régimen de humedad en el medio. Bajo condiciones de escasa cantidad de agua (régimen seco), al aumentar la dosis de K aplicado al sustrato se incrementó significativamente ($p \leq 0,01$) la superficie foliar total, mientras que en condiciones de cantidad adecuada de agua en el medio (régimen húmedo) no se observó un incremento en ninguno de estos parámetros.

La interacción también puede interpretarse considerando las diferencias entre los efectos debidos al régimen de humedad. En suelos con bajos contenidos en K (dosis de 0 mg kg^{-1}), las plantas cultivadas con deficiencia de agua (régimen de humedad seco) presentaron una superficie foliar menor que las plantas cultivadas sin limitación de agua (régimen de humedad húmedo); estas diferencias debidas a los regímenes de humedad disminuyeron al incrementar las dosis de K en el medio (Fig. 2).

Los resultados obtenidos en este estudio indican que el K favorece el desarrollo vegetativo del olivo. Al aumentar la dosis de K aplicado al suelo, las plantas presentaron mayor longitud de brote y biomasa de parte aérea. Para la longitud del brote y la superficie media foliar, este efecto positivo del K se vio disminuido al mejorar la disponibilidad de agua en el medio. Esta interacción es contraria a la observada por Arquero (2004) que sugirió la ausencia del efecto positivo de K sobre el crecimiento vegetativo del olivo bajo condiciones de estrés hídrico muy severo. Estas diferencias pueden ser debidas al distinto grado de severidad de los estados de estrés hídrico analizados, ya que bajo condiciones de extrema sequía en el olivo hay disminución de la eficiencia de los fer-

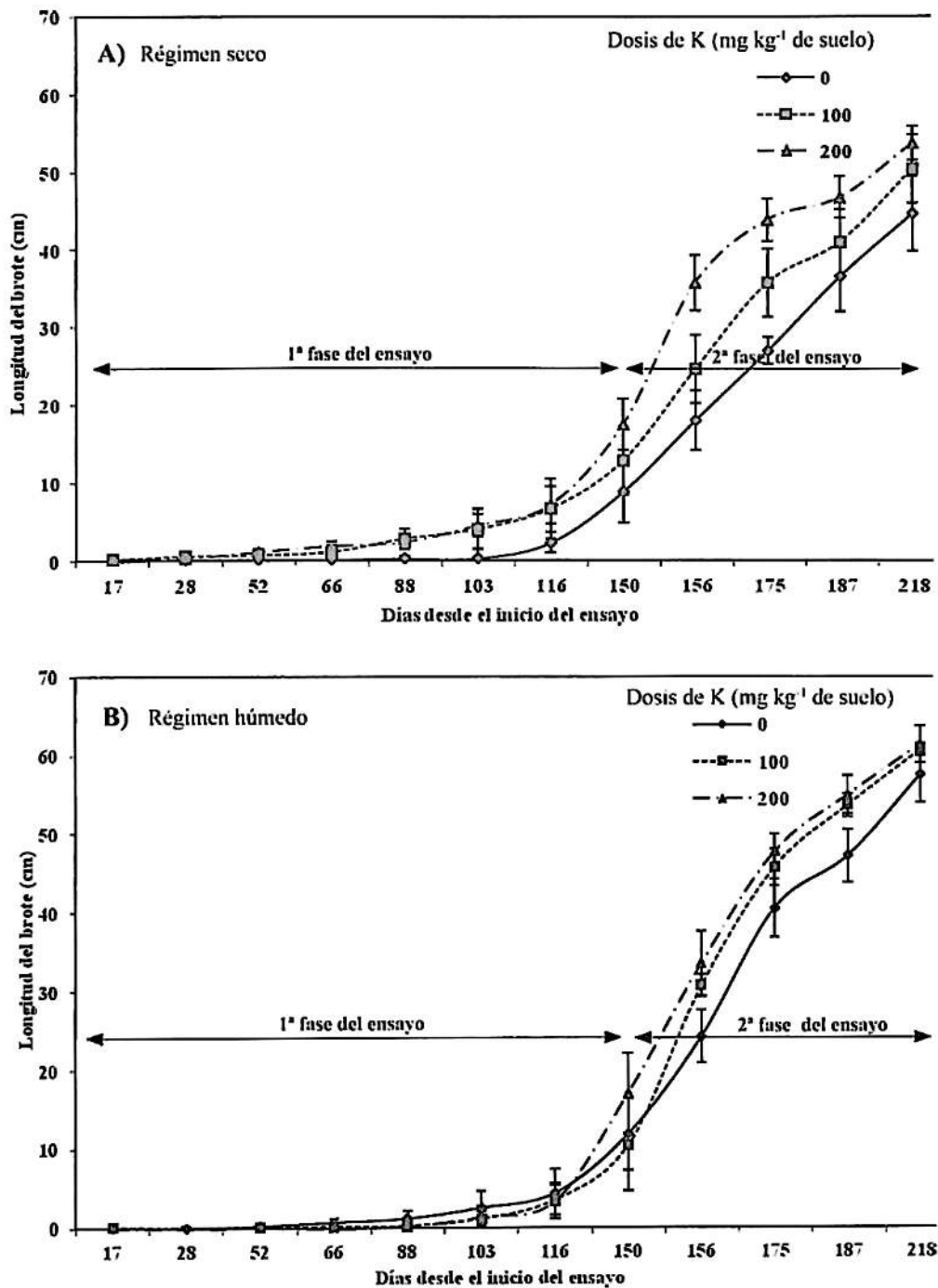


Fig. 1. Efecto de la dosis de K sobre la longitud del brote. A) Aplicado en condiciones de régimen seco; y B) Aplicado en condiciones de régimen húmedo.

Fig. 1. Potassium rate effects on shoot length. A) Applied under dry water status; and (B) Humid water conditions.

tilizantes así como una detención del crecimiento (Arzani y Arji, 2002)

Control estomático y estado hídrico Agua transpirada

Según los resultados obtenidos para el agua transpirada, se ha dado interacción entre los dos factores evaluados: "régimen de humedad en el medio" y "dosis de K aplicado al suelo". Como puede observarse en la Fig. 3, las plantas culti-

vadas en un medio pobre en K presentaban una mayor cantidad de agua transpirada día⁻¹ cm⁻² de hoja en condiciones de sequía, mientras que en las plantas con buen suministro de agua no se apreció un efecto del K sobre la cantidad de agua transpirada.

Conductancia estomática

La conductancia estomática se midió al término del ensayo. Con el objetivo de determinar po-

Tabla 2. Efecto de la dosis de K aplicada y del régimen de humedad sobre la biomasa (gramos de peso fresco) de la parte aérea del brote.

Table 2. Effect of K applications rates and soil moisture regimes on shoot biomass response (g fresh weight).

Regimen de humedad	Dosis de potasio en el suelo			Media
	0	100	200	
	----- mg kg ⁻¹ -----			
Seco	3,16 ± 0,26	4,03 ± 0,41	4,93 ± 0,31	4,04 b
Húmedo	4,86 ± 0,44	5,26 ± 0,08	5,36 ± 0,17	5,16 a
Media	4,01 b	4,64 ab	5,15 a	

Letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre tratamientos (Tukey, $p \leq 0,01$).

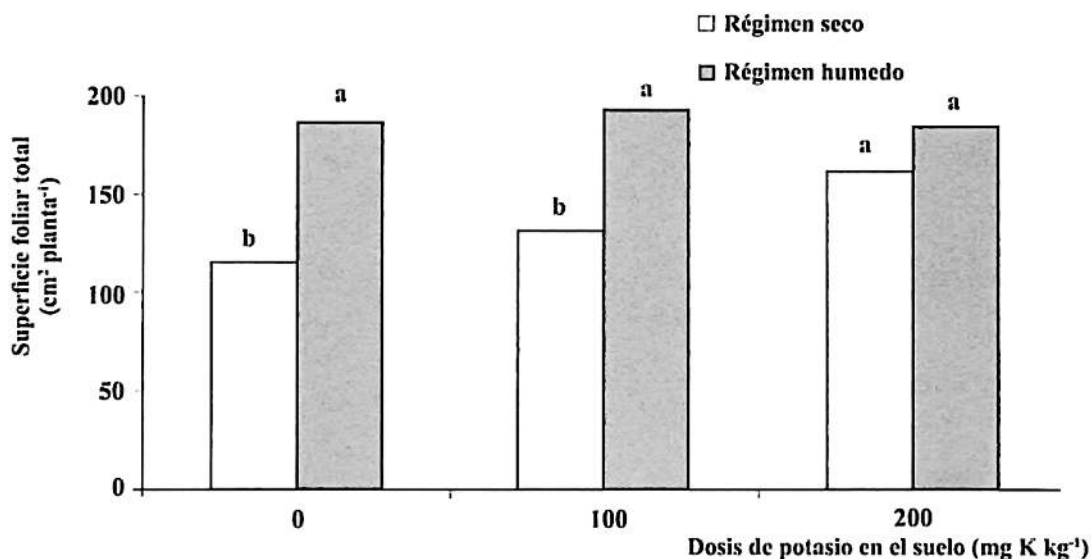


Fig. 2. Efecto de la dosis de K y del régimen de humedad sobre la superficie foliar total de las hojas del brote nuevo.

Fig. 2. Effect of K application rates and soil moisture regimes on leaf total area of new elongated shoot.

sibles variaciones horarias se realizaron seis mediciones: 11:30, 12:30, 13:30, 18:30, 19:30 y 20:30 horas. Bajo condiciones de sequía, las plantas cultivadas en un medio pobre en K presentaron una mayor apertura estomática en las horas centrales del día, mientras que en condiciones de riego no se observó ningún efecto. Como se puede observar en la Fig. 4 A, para el régimen de humedad seco, las plantas del tratamiento 0 mg K kg⁻¹ de suelo presentaron una conductancia estomática mayor que las de los tratamientos 100 y 200 mg K kg⁻¹ de suelo en la medición realizada a las 12:30 horas, no habiéndose registrado diferencias significativas ($p > 0,01$) en las mediciones hechas posteriormente a dicha hora. Por el contrario, en el régimen húmedo, no se apreciaron diferencias significativas entre los valores de la conductancia estomática entre las plantas correspondientes a la dosis de K en ninguna de las seis mediciones dia-

rias realizadas (Fig. 4 B).

En este estudio no se observó un efecto de la dosis de K aplicado al suelo sobre el contenido hídrico de las hojas, aunque se observó en las mediciones de agua transpirada. Al aumentar la dosis de K en el suelo, disminuyó la cantidad de agua transpirada. Este efecto positivo del K sobre la transpiración ha estado influido por el régimen de humedad en el suelo, disminuyendo al aumentar la disponibilidad de agua.

Estos resultados para la transpiración están en consonancia con los obtenidos para la conductancia estomática. Bajo condiciones de sequía, en las horas centrales del día, las plantas con la dosis más baja en K presentaron mayor conductancia estomática, mientras que en condiciones de riego no se registraron diferencias significativas debidas a la dosis de K aplicado al suelo.

Estos resultados coinciden con los de Tome-

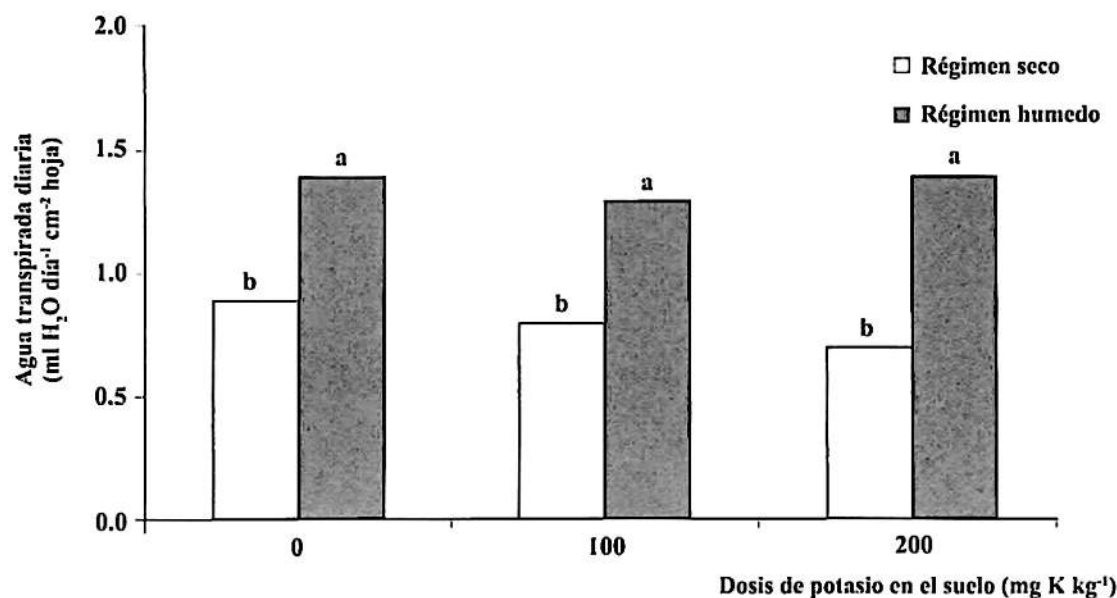


Fig. 3. Efecto de la dosis de K y del régimen de humedad sobre el agua transpirada.

Fig. 3. Transpiration rate response to K rates and water status.

mori et al. (2002), Grzebisz et al. (2002), Velu y Palanisami (2002) y Arquero (2004), quienes trabajando con espinaca, remolacha, girasol y olivo, respectivamente, sugirieron que el efecto positivo de K sobre el estado hídrico y la regulación estomática del olivo se ve afectado por el grado de disponibilidad de agua en el medio.

Eficiencia en el uso del agua

Como se puede apreciar en la Fig. 5, para la eficiencia en el uso del agua se observó interacción positiva entre los factores analizados. Bajo condiciones de estrés hídrico, al aumentar la dosis de K se incrementó la eficiencia en el uso del agua. Sin embargo, este efecto positivo del K sobre la eficiencia en el uso del agua no se observó cuando las plantas fueron cultivadas en un medio con alta disponibilidad de agua. También se puede interpretar la interacción en el sentido de que la mayor eficiencia en el uso del agua se observó en las plantas cultivadas bajo escasa disponibilidad de agua frente a aquellas sometidas a una humedad adecuada, la cual se observó disminuida al bajar las dosis de K aplicadas al suelo.

Los resultados de este trabajo confirman que el K mejora la eficiencia en el uso del agua por el olivo, confirmando los resultados de Vitagliano y Sebatiani (2002) que pusieron de manifiesto la dependencia entre la eficiencia en el uso del agua y el régimen de humedad en el suelo.

Concentración de potasio en la hoja

No se registró interacción entre los dos factores estudiados para la concentración de K en la hoja. Como se puede observar en la Tabla 3, las plantas de los sustratos que no recibieron K presentaron

una concentración de K en hoja significativamente menor que las que recibieron dosis de 100 y 200 mg de K kg⁻¹, sin diferencias significativas entre estos dos tratamientos. Según los niveles críticos establecidos para la concentración de K en hoja de olivo por Beutel et al. (1983), las plantas del tratamiento 0 mg de K kg⁻¹ presentaron un estado nutritivo en K deficiente, mientras que fue adecuado el estado de las de los tratamientos 100 y 200 mg de K kg⁻¹.

Un gran número de autores han indicado, para distintas especies, que la deficiencia de K en el medio de cultivo afecta al nivel foliar y que la aplicación de K al suelo en dosis adecuadas favorece la acumulación de K en la hoja (Ashraf y Ashfaq, 2002; Restrepo et al., 2003; Neilsen et al., 2004). Estos resultados coinciden con los obtenidos en este trabajo acerca de la eficacia de las aplicaciones de K al suelo para corregir los niveles de deficiencia en hoja.

Por otra parte, es bien conocido que en medios con bajo contenido de agua se reduce el movimiento por difusión de los nutrientes en la solución del suelo, lo que lleva a una disminución en la disponibilidad y en la absorción de aquellos (Schneider, 2003). En el olivo el estado hídrico del suelo tiene un gran impacto sobre la concentración de K en la hoja, observándose bajos niveles foliares de K en condiciones de extrema sequía (Arquero, 2004).

CONCLUSIONES

Este trabajo permite concluir que el potasio aplicado al suelo tiene un efecto positivo en el crecimiento vegetativo y el estado hídrico del oli-

Tabla 3. Efecto de la dosis de K aplicada y del régimen de humedad sobre la concentración de K en la hoja central de la zona nueva del brote.

Table 3. Effect of K application rates and soil moisture regimes on K concentration in the central leaf of the new shoot

Régimen de humedad	Dosis de potasio en el suelo			Media
	0	100	200	
	----- mg kg ⁻¹ -----			
Seco	0,32 ± 0,03	0,89 ± 0,07	1,12 ± 0,16	0,78
Húmedo	0,38 ± 0,02	1,10 ± 0,05	1,05 ± 0,11	0,85
Media	0,35 b	1,00 a	1,08 a	

Letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre tratamientos (Tukey, p < 0,01).

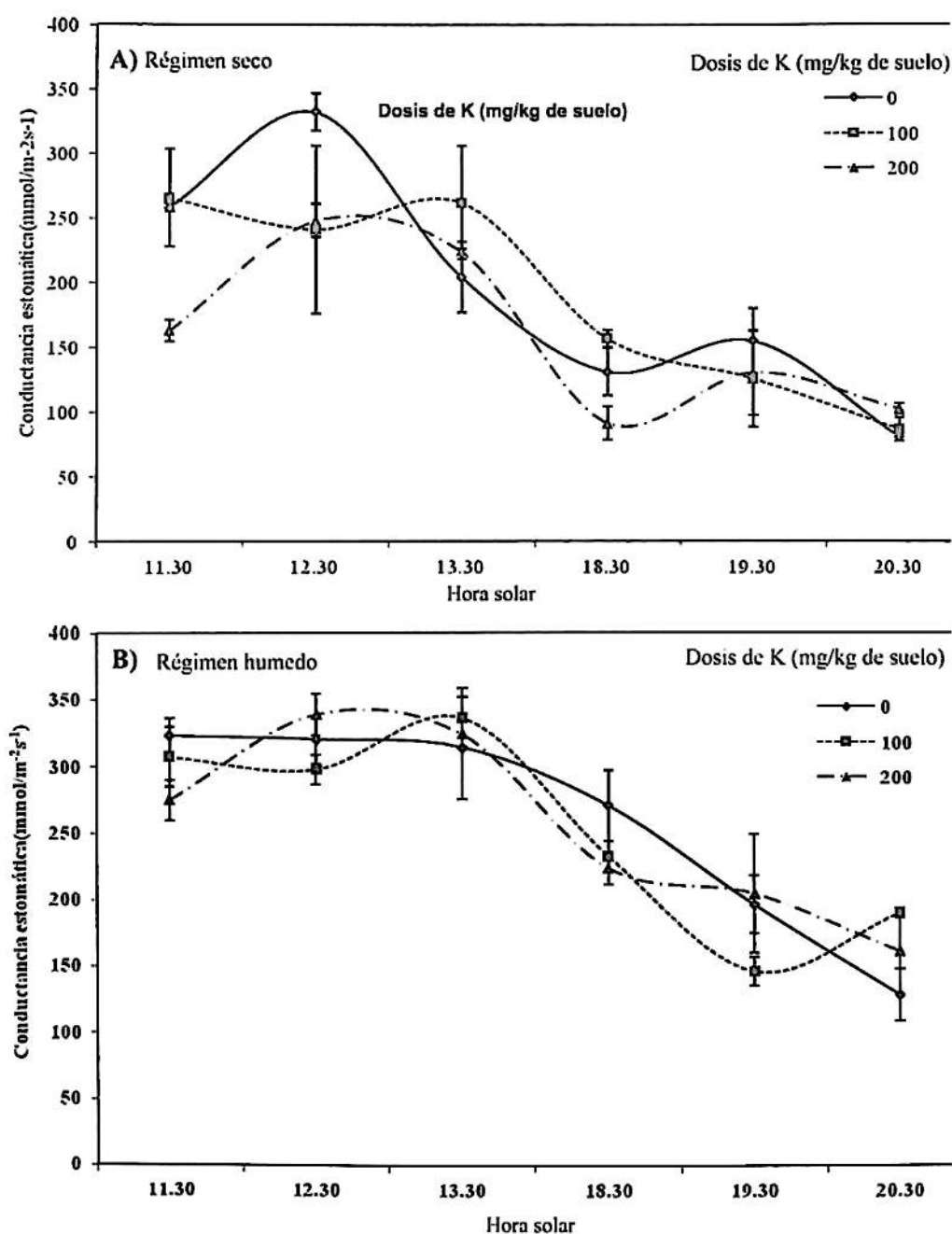


Fig. 4. Efecto de la dosis de K sobre la conductancia estomática. A) Aplicada en condiciones de régimen seco; y B) Aplicado en condiciones de régimen húmedo.

Fig. 4. Effects of K application rates on stomatal conductance. (A) Applied on dry water status; and (B) Applied on humid status.

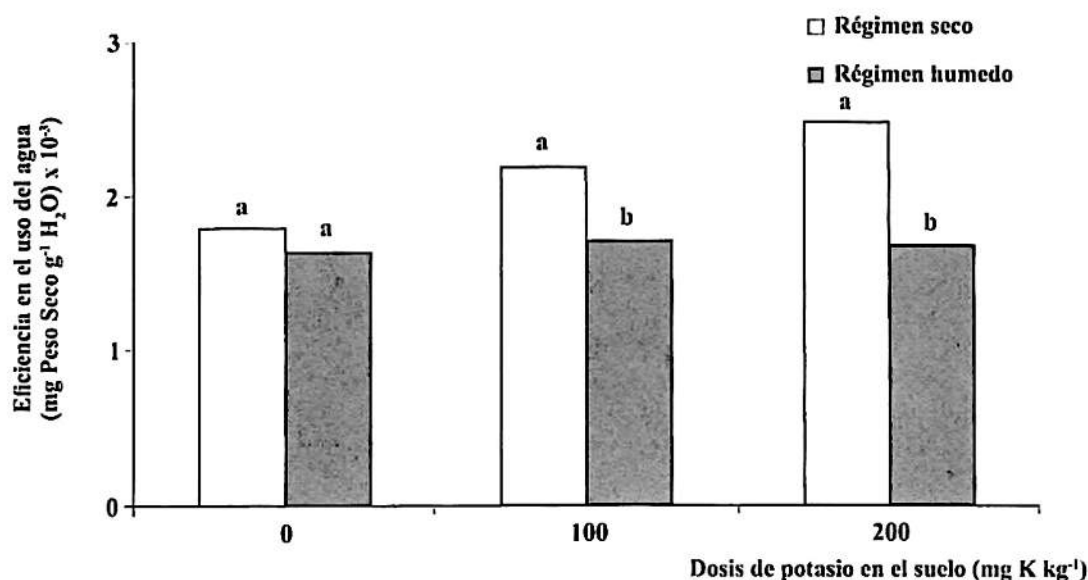


Fig. 5. Efecto de la dosis de K aplicada y del régimen de humedad sobre la eficiencia en el uso del agua.

Fig. 5. Effect of K application rates and soil moisture regimes on water use efficiency.

vo, en suelos bajos en potasio disponible, particularmente en condiciones de sequía.

El aporte de potasio en dosis de 100 y 200 mg kg⁻¹ a un suelo inicialmente pobre en potasio disponible, en régimen de humedad deficiente, favoreció el crecimiento vegetativo del olivo, incrementando la longitud del brote y la biomasa de la parte aérea. Estos efectos se vieron disminuidos e incluso no se observaron bajo condiciones de alta disponibilidad de agua en el suelo.

La aplicación de potasio al suelo no afectó el contenido hídrico de la hoja, pero en condiciones de humedad deficiente redujo las pérdidas de agua por transpiración.

La aplicación de potasio al suelo mejoró la regulación estomática y la eficiencia en el uso de agua del olivo. Este efecto positivo depende fuertemente del régimen de humedad en el suelo.

LITERATURA CITADA

- Agustí, M. 2004. Fruticultura. p. 87-106. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Arquero, O. 2004. Efecto del potasio sobre el crecimiento y estado hídrico del olivo. Tesis doctoral. p. 10-30. Universidad de Córdoba, Depto. Agronomía, Ciencias y Recursos Agrícolas y Forestales, Córdoba, España.
- Arzani, K., and I. Arji. 2002. The response of young potted olive plants cv. 'Zard' to water stress and deficit irrigation. *Acta Hort.* 586:419-422.
- Ashraf, M., A. Ashraf, and T. McNeilly. 2001. Growth and photosynthetic characteristics in pearl millet under water stress and dif-

ferent potassium supply. *Photosynthetica* 39:389-394.

- Ashraf, M., and M.Y. Ashfaq. 2002. Effects of increased supply of potassium on growth and nutrient content in pearl millet under water stress. *Biol. Plant.* 45(1):141-144.
- Bednarz, C.W., D.M. Oosterhuis, and R.D. Evans. 1998. Leaf photosynthesis and carbon isotope discrimination of cotton in response to potassium deficiency. *Environ. Expt. Bot.* 39:131-139.
- Beutel, J., K. Uriu, and O. Lilleland. 1983. Leaf analysis for California deciduous fruits. In Reisenauer, H.M. (ed.) *Soil and plant tissue testing in California*. p. 15-17. Bull. 1879. University of California, California, USA.
- Cimato, A., M. Marranci, M. Tattini, and G. Sani. 1991. La concimazione fogliare come mezzo per incrementare la produzione nell'olive. *L'informatore Agrario* 14:71-73.
- Connor, D.J. 2005. Adaptation of olive (*Olea europaea* L.) to water environments. *Aust. J. Agric. Res.* 56:1181-1189.
- Deidda, P., S. Dettori, M.R. Filigheddu, and A. Canu. 1990. Water stress and physiological parameters in young table-olive trees. *Acta Hort.* 286:255-258.
- Egilla, J.N., F.T. Davies, and T.W. Boutton. 2005. Drought stress influences leaf water content, photosynthesis and water-use efficiency of *Hibiscus rosa-sinensis* at three potassium concentrations. *Photosynthetica* 43(1):135-140.
- FAO. 1984. Los análisis de suelos y de plantas como base para formular recomendaciones sobre fertilizantes. *Boletín de Suelos* 38/2.

- FAO, Roma, Italia.
- Frega, N., R. Garzi, S. Mancuso, and E. Rinadelli. 1995. The effect of foliar nutrition on olive fruit-set and on the quality and yield of oil: Further testing. *Hort. Sci.* 9:148-152.
- González, F., and F. Catalina. 1982. Importancia de los factores nutricionales en la floración y fructificación del olivar. *Anales de Edafología y Agrobiología* 41(5-6): 959-972.
- Grzebisz, W., R. Musolf, P. Barlog, and J. Potarzycki. 2002. Potassium fertilization, water shortages during vegetation and crop yielding variability: the case of sugar beets. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Klimatyzacji Roslin* 222:19-30.
- Gucci, R., A. Grimelli, G. Costagli, R. Tognetti, A. Minnocci, and C. Vitagliano. 2002. Stomatal characteristics of two olive cultivars 'Frantoio' and 'Leccino'. *Acta Hort.* 586:541-544.
- Leonardt, N., E. Marin, A. Vavasseur, and C. Forestier. 1997. Evidence for the existence of a sulfonylurea-receptor-like protein in plants: modulation of stomatal movements and guard cell potassium channels by sulfonylureas and potassium channel openers. *Proc. Natl Acad. Sci. USA.* 94(25):14156-14161.
- Moriana, A., F.J. Villalobos, and E. Fereres. 2002. Stomatal and photosynthetic responses of olive (*Olea europaea* L.) leaves to water deficits. *Plant Cell Environ.* 25:395-405.
- Neilsen, G.H., D. Neilsen, L.C. Herbert, and E.J. Hogue. 2004. Response of apple to fertigation of N and K under conditions susceptible to the development of K deficiency. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 129(1):26-31.
- Norrish, K., and J.G. Pickering. 1983. Clay Minerals. p. 281-308. En *Division of soils. Soils: an Australian viewpoint.* CSIRO Melbourne/Ac. Press London.
- Parra, M. A., R. Fernández E., C. Navarro, y O. Arquero. 2003. Los suelos y la fertilización del olivar cultivado en zonas calcáreas. p. 34-45. Junta de Andalucía. Ediciones Mundi-Prensa, Córdoba, España.
- Pastor, M., V. Vega, y J. Hidalgo. 2003. El abonado potásico en olivar mediante aplicación foliar. *Vida Rural* 168:40-43.
- Pérvez, H., M. Ashraf, and M.I. Makhdum. 2004. Influence of potassium nutrition on gas exchange characteristics and water relations in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Photosynthetica* 42(2):251-255.
- Rapoport, H. 2001. Botánica y morfología, p. 35-60. In D. Barranco, R. Fernandez-Escobar, and L. Rallo (eds.). *El cultivo del olivo.* 4th ed. Mundi-Prensa y Junta de Andalucía, Madrid, España.
- Restrepo, H., M. Benlloch, y R. Fernández E. 2003. Influencia del estrés hídrico y del estado nutricional del olivo en la absorción foliar de potasio. *Actas de Horticultura* 39:332-333.
- Rosado, R., M.C. Del Campillo, V.Y. Barrón, y J. Torrent. 2000. Inyección de vivianita al suelo para corregir la clorosis férrica en olivo. *Edafología* 7(2):57-66.
- Schneider, A. 1997. Short-term release and fixation of K in calcareous clay soils. Consequence for K buffer power prediction. *European Journal of Soil Science* 48:499-512.
- Schneider, A. 2003. Characterisation of soil potassium supply as derived from sorption-desorption experiments. *Plant Soil* 251(2):331-341.
- Smith, S. and G.R. Stewart. 1990. Effect of potassium levels on the stomatal behavior of the hemiparasite *Striga hermonthica*. *Plant Physiol.* 94:1472-1476.
- Soria, L., E. Fernández, J.C. Menjívar, M. Pastor, y J. Aguilar. 2000. Análisis estadístico de los niveles de potasio asimilable en suelos carbonatados de olivar de la comarca de la Loma (Jaén). *Edafología* 7(2):187-196.
- Troncoso, A. 1996. Nutrición mineral del olivo. p. 185-196. *International Course on Olive Growing.* 6-11 mayo 1996. International Olive Council, Scandice, Italia.
- Tomemori, H., K. Hamamura, and K. Tanabe. 2002. Interactive effects of sodium and potassium on the growth and photosynthesis of spinach and komatsuna. *Plant Production Science* 5(4):281-285.
- Velu, G., and K. Palanisami. 2002. Impact of moisture stress and ameliorants on growth and yield of sunflower. *Madras Agricultural Journal* 88:660-665.
- Vitagliano, C., and L. Sebatiani. 2002. Physiological and biochemical remarks on environmental stress in olive (*Olea europaea* L.). *Acta Hort.* 586:435-440.