

EFFECTOS DE LA REDUCCIÓN DEL RIEGO Y LA FERTILIZACIÓN EN LAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE *QUERCUS SUBER*

Effects of watering regime and fertilization on morphological characteristics of *Quercus suber* seedlings

E. Chirino Miranda, A. Vilagrosa Carmona y E. Rubio Aniorte

Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM). C/ Charles Darwin, 14. Parque Tecnológico. Paterna. 46980-VALENCIA (España). Correo electrónico: Esteban.Chirino@ua.es

Resumen

En este trabajo se analiza el efecto de la reducción en la frecuencia de riego y la fertilización sobre el desarrollo y características morfológicas de brinzales de alcornoque (*Quercus suber*). Se aplicaron dos regímenes de riego: un riego moderado (Rmod) y un riego mínimo (Rmin), combinados factorialmente con una fertilización adicional (N-P-K, 0-52-34) con fósforo y potasio (+PK) y sin fertilización adicional (-PK). Estos tratamientos se aplicaron durante 7 meses. El riego mínimo redujo significativamente el crecimiento de los brinzales a partir de los 4 meses de tratamiento respecto al riego moderado. Rmod produjo mayores biomásas en todas las fracciones, pero especialmente en biomasa aérea. Como consecuencia, la relación biomasa subterránea / biomasa aérea fue más desfavorable en este tratamiento. La fertilización produjo menores efectos sobre las diversas variables analizadas que el tratamiento de riego. Al contrario de lo esperado, ninguno de los tratamientos indujo modificaciones en las características foliares ni en las características morfológicas de las raíces finas. Los resultados señalan que periodos de endurecimiento más largos, que abarquen las fases de crecimiento y endurecimiento, permiten mayor manipulación de las características morfológicas del cultivo, obteniéndose brinzales de *Q. suber*, con una relación BS/BA más adecuada para ambientes con fuertes limitaciones hídricas.

Palabras claves: *Alcornoque, Fósforo, Potasio, Endurecimiento, Regulación del crecimiento*

Abstract

Cork oak (*Quercus suber*) tends to develop higher aboveground biomass than belowground biomass during nursery cultivation. In this work, we evaluated the effects of watering regime and fertilization on the morphological and development characteristics in seedlings of *Quercus suber* during the nursery growing period. Two watering conditions were applied: minimum watering (Rmin) and moderate watering (Rmod) which were combined in a factorial design with two types of fertilization: enriched in phosphorous and potassium (+PK) and no enriched (-PK). All treatments were applied during seven months in the nursery cultivation period. Results showed that minimum watering produced lower seedling development but higher root to shoot ratio in relation to moderate watering. Fertilization did not produce any effect on the morphological characteristics of seedlings, except increased root neck diameter.

Key words: *Cork oak, Phosphorus, Potassium, Drought preconditioning, Growth regulation*

INTRODUCCIÓN

El cultivo de alcornoque (*Quercus suber*) en óptimas condiciones en vivero, produce en ocasiones una desproporcionada biomasa aérea (BA) en relación con la biomasa subterránea (BS) (MARTÍNEZ-ROMERO et al., 2001; NAVARRO-CERRILLO et al., 2001). Los brinzales con baja relación BS/BA tienen mayores probabilidades de sufrir un estrés post-transplante más intenso, lo que puede afectar negativamente a la supervivencia y crecimiento posterior en campo (BURDETT et al., 1983). Diversos trabajos indican que una manera de manipular las características morfológicas de los brinzales es mediante la regulación del riego o la fertilización (KSONTINI et al., 1998; COSTA et al., 2004). El momento y la duración de los tratamientos pueden dar diferentes resultados. RUBIO et al. (2001) y VILAGROSA et al. (2003) han observado que periodos de endurecimiento relativamente cortos durante las últimas fases de cultivo en vivero puede tener pocos efectos sobre las características morfofuncionales, especialmente en especies del género *Quercus*. Sin embargo, VILLAR-SALVADOR et al. (2004a) observaron algunas diferencias en biomasa total de los brinzales respecto al grado y duración del endurecimiento.

Por otro lado, los brinzales del género *Quercus* poseen gran cantidad de reservas en la bellota que son movilizadas para favorecer el crecimiento durante los primeros estadios del desarrollo (GARCÍA-CEBRIAN et al., 2003), por lo que una fertilización adicional rica en nitrógeno promueve una mayor producción de biomasa (MAROCO et al., 2002; VILLAR-SALVADOR et al., 2004b) que en ocasiones puede generar brinzales con relación BS/BA desfavorable para la supervivencia en plantaciones (NAVARRO-CERRILLO et al., 2001).

En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar los efectos de la reducción de la frecuencia de riego y de la aplicación de una fertilización rica en fósforo y potasio durante gran parte del período en vivero (fases de crecimiento y endurecimiento) sobre el desarrollo y características morfológicas del alcornoque.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se sembraron bellotas de alcornoque (origen Sierra de Espadán, Castellón) en un sustrato con base de turba rubia y fibra de coco (50:50 v/v) enriquecido en origen (57 mg NO₃, 69 mg NH₄, 60 mg de P y 344 mg de K por dm³ de sustrato). A los 4 meses tras la siembra se empezaron a aplicar los tratamientos. Se establecieron dos regímenes de riego: riego moderado (Rmod) y riego mínimo (Rmin), que se combinaron en un diseño factorial con un tratamiento de fertilización adicional con fósforo y potasio (sin fertilización: -PK y con fertilización: +PK). El riego moderado consistió en regar los brinzales 2 días a la semana a razón de 25 L.m⁻², manteniendo la humedad del sustrato entre el 88,9±1,7 % y el 59,3±2,0 % respecto a saturación, durante las estaciones de primavera y otoño. En verano se incrementó la frecuencia de riego a 3 días por semana y los umbrales de humedad en el sustrato oscilaron entre 96,6±1,6 % y 70,4±1,8 %. El riego mínimo consistió en aplicar el mismo volumen de agua, pero con una frecuencia menor. En primavera y otoño, sólo se aplicó riego 1 día a la semana, alcanzando una humedad máxima en el sustrato de 76,8±3,1 % y mínima de 50,3±4,4 %. En verano se incrementó la frecuencia a 2 días por semana siendo la humedad máxima 84,5±4,0 % y la mínima 62,2±2,2 %. El tratamiento de fertilización consistió en un suministro adicional una vez por semana de fósforo (P) y potasio (K) formulación N-P-K; 0-52-34 mediante fertirrigación. Las concentraciones fueron incrementándose a medida que los brinzales se desarrollaron, desde 25 a 100 mg.L⁻¹ de P y desde 31 a 126 mg.L⁻¹ de K al final del cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El riego mínimo produjo una reducción en la altura de los brinzales a partir de los 4 meses de iniciados los tratamientos (Tabla 1; Anovar, G-G < 0,01). La fertilización no causó ningún efecto sobre la altura. En relación con el diámetro basal de los brinzales, el riego mínimo provocó menores diámetros (Anovar, G-G < 0,01) y la fertili-

Tratamientos	Meses			
	4	5	8	11
Altura (cm)				
Rmod-PK	9,42 ± 0,55 a	11,58 ± 0,65 a	22,27 ± 1,67 a	27,91 ± 1,76 a
Rmod+PK	8,75 ± 0,55 a	10,87 ± 0,68 a	20,47 ± 1,30 a	30,84 ± 2,11 a
Rmin-PK	8,04 ± 0,55 a	10,42 ± 0,62 a	16,48 ± 0,78 b	17,90 ± 0,92 b
Rmin+PK	9,02 ± 0,49 a	10,96 ± 0,52 a	17,16 ± 0,87 b	19,13 ± 1,19 b
Diámetro (mm)				
Rmod-PK	2,24 ± 0,06 a	3,09 ± 0,11 a	3,69 ± 0,16 a	4,65 ± 0,19 a
Rmod+PK	2,32 ± 0,08 a	3,05 ± 0,12 a	3,37 ± 0,18 a	4,40 ± 0,16 a
Rmin-PK	2,24 ± 0,06 a	2,81 ± 0,08 a	3,47 ± 0,12 a	4,18 ± 0,14 a
Rmin+PK	2,38 ± 0,07 a	3,02 ± 0,08 a	3,56 ± 0,09 a	4,11 ± 0,12 a

Tabla 1. Crecimiento en altura y diámetro basal de los brinzales durante el periodo de cultivo en vivero (media ± ES; N=30; Diferencias significativas en negrita Test a posteriori DHS Tukey?)

zación (+PK) aumentó significativamente el diámetro basal (Anovar, $G-G = 0,02$). Como consecuencia, el índice de esbeltez (datos no mostrados) se redujo significativamente en el tratamiento de riego mínimo (Anovar, $G-G < 0,01$) y dentro de cada tratamiento se observó una fuerte tendencia a disminuir con la fertilización (Anovar, $G-G = 0,054$), produciéndose plantas más robustas. En este sentido, NAVARRO-CERRILLO et al. (2001) observaron que las plantas más pequeñas de *Q. suber* presentaron una mejor respuesta después de la plantación.

El riego moderado produjo mayores biomasa en todas las fracciones analizadas (Tabla 2). Además, los brinzales con riego moderado desarrollaron mayor cantidad de área foliar total, aunque las características foliares (área foliar media y peso foliar medio) no mostraron diferencias entre ambos tratamientos (Tabla 2). Estos resultados coinciden con los resultados obtenidos en otros trabajos. Por ejemplo, KSONTINI et al. (1998) indicaron que bajo estrés hídrico los brinzales de *Q. suber* a los 6 meses de edad presentaron menor desarrollo que los controles, bien regados. Este mismo autor obtuvo un resultado inverso en brinzales de 18 meses de edad. VILLAR-SALVADOR et al. (2004a) obtuvieron resultados similares con *Q. ilex* y tres niveles de endurecimiento. FONSECA (1999) observó reducciones de la diferentes fracciones de biomasa en *Q. coccifera* sometidos a endurecimiento aunque no observó cambios en el tamaño ni en las relación BS:BA. El riego mínimo produjo brinzales de mayor relación BS/BA,

lo que difiere de los resultados obtenidos por RUBIO et al. (2001) y VILAGROSA et al. (2003), en *Q. coccifera* y *Q. ilex* donde no observaron diferencias importantes entre brinzales endurecidos y control con periodos de endurecimiento entre 1 y 2,5 meses. También difieren de KSONTINI et al. (1998) en *Q. suber* y VILLAR-SALVADOR et al. (2004a) en *Q. ilex*, quienes obtuvieron brinzales en condiciones de estrés hídrico o endurecimiento con menor relación BS/BA que los controles; observando éste último aún menores valores al prolongar los tratamientos de 2,5 a 3,5 meses. Posiblemente, la efectividad de los tratamientos de endurecimiento en especies mediterráneas con gran tolerancia a condiciones de déficit hídrico, radicaría en gran parte, en su duración. Los resultados obtenidos en este trabajo señalan que periodos de endurecimiento más largos, ocupando la mayor parte del periodo de cultivo (desde la fase de crecimiento hasta final del cultivo), permiten mayor manipulación de las características morfológicas de los brinzales de *Q. suber*, obteniéndose reducciones de la biomasa aérea de aproximadamente un 50% y una relación BS/BA más adecuada para condiciones mediterráneas secas.

A pesar de que el efecto de la fertilización con fósforo y potasio en vivero sobre la morfología de los brinzales ha sido menos estudiada que la nitrogenada, diversos trabajos han observado que la aplicación de fósforo y potasio incrementa la tolerancia de los brinzales a condiciones de déficit hídrico (CHRISTERSSON, 1976; VAN DEN DRIESSCHE, 1992; HARVEY &

		Tratamientos				Principales efectos e interacciones. Valores de P		
		Rmod-PK	Rmod+PK	Rmin-PK	Rmin+PK	Riego	Fertilización	Riego x Fertilización
Nº de hojas	-	49,6 ± 7,8	45,3 ± 2,5	30,4 ± 3,4	30,1 ± 2,2	0,000	0,619	0,671
Área foliar total	cm ²	111,3 ± 9,8	95,6 ± 6,9	59,39 ± 4,8	67,6 ± 5,7	0,000	0,604	0,096
Área foliar media	cm ² /hoja	2,5 ± 0,2	2,2 ± 0,3	2,0 ± 0,1	2,3 ± 0,2	0,470	0,954	0,067
Peso foliar medio	mg/hoja	36,3 ± 2,7	31,3 ± 2,4	27,8 ± 1,7	31,3 ± 0,3	0,098	0,778	0,098
Ps hojas	g	1,65 ± 0,16	1,39 ± 0,10	0,82 ± 0,07	0,91 ± 0,09	0,000	0,446	0,114
Ps tallo	g	1,82 ± 0,19	1,41 ± 0,09	0,73 ± 0,08	0,66 ± 0,07	0,000	0,039	0,140
Ps raíz > 2 mm	g	8,78 ± 0,66	8,23 ± 1,13	5,93 ± 0,58	6,32 ± 0,61	0,000	0,879	0,359
Ps raíz < 2 mm	g	1,48 ± 0,29	1,13 ± 0,10	0,54 ± 0,07	0,61 ± 0,10	0,000	0,381	0,211
BS:BA	-	3,1 ± 0,2	3,4 ± 0,2	4,2 ± 0,2	4,6 ± 0,2	0,000	0,077	0,870
SLM	Kg/m ²	0,153 ± 0,004	0,147 ± 0,003	0,139 ± 0,004	0,139 ± 0,003	0,007	0,397	0,429

Tabla 2. Características morfológicas de los brinzales (media ± ES, N=12) y resultados de los ANOVAs. Abreviaciones: PS=peso seco, BS:BA= relación biomasa subterránea / biomasa aérea, SLM = Biomasa específica foliar. Diferencias significativas en negrita

VAN DEN DRIESSCHE, 1997). En nuestro caso, los resultados señalan que la fertilización produjo muy pocos efectos sobre las diversas variables analizadas, sólo el peso seco del tallo fue significativamente superior en los brinzales fertilizados (Tabla 2). Según estos resultados, la fertilización enriquecida en fósforo y potasio no generó endurecimiento de estructuras ni menor desarrollo de BA y BS. Resultados similares han sido observados por TRUBAT et al., (2003) los cuales no encontraron diferencias en las características morfológicas de plantones subóptimamente fertilizados y la aplicación de una fertilización de endurecimiento al final del cultivo en un amplio rango de especies.

El análisis de la fracción de raíces finas (diámetro <2mm) mostró un incremento de la longitud total y superficie absorbente con el riego moderado, no detectándose diferencias como consecuencia de la fertilización (Tabla 3). Este incremento de la longitud total y de la superficie absorbente fue debido a una mayor cantidad de

biomasa en esta fracción, no observándose diferencias en la relación SA:AF. Tampoco se observaron diferencias en la longitud y el área absorbente relativa en función de las clases diamétricas (datos no mostrados) indicando que tanto el tratamiento de riego como la fertilización no modificaron las características morfológicas de las raíces finas en los brinzales. Estos resultados coinciden con los obtenidos por RUBIO et al (2001) quienes tampoco encontraron diferencias en las características de las raíces finas en *Q. ilex* después de diversos ciclos de endurecimiento. No obstante en otras especies, se ha observado una mayor longitud total de raíces y mayor relación SA:AF en los brinzales cultivados bajo riego óptimo (BANON et al., 2004 y COSTA et al., 2004).

CONCLUSIONES

La reducción de la frecuencia de riego a largo plazo durante la fase de cultivo en vivero

		Tratamientos				Principales efectos e interacciones. Valores de P		
		Rmod-PK	Rmod+PK	Rmin-PK	Rmin+PK	Riego	Fertilización	Riego x Fertilización
Longitud total	m	34,3 ± 7,3	34,7 ± 5,9	21,5 ± 2,6	19,9 ± 2,0	0,013	0,910	0,845
SA	cm ²	392,8 ± 88,8	356,0 ± 60,1	203,7 ± 21,3	204,8 ± 21,2	0,008	0,747	0,732
Dmed	mm	0,43 ± 0,13	0,33 ± 0,03	0,28 ± 0,02	0,29 ± 0,01	0,199	0,410	0,551
SA:AF	cm ² /cm ²	4,5 ± 1,2	4,3 ± 0,6	4,0 ± 0,4	3,1 ± 0,4	0,275	0,467	0,702

Tabla 3. Características de la fracción de raíces finas (diámetro <2mm) de los brinzales (media ± ES; N= 12) y resultados de los ANOVAs. Abreviaciones: SA=superficie absorbente total, Dmed=diámetro medio, SA:SF=relación superficie absorbente / área foliar total. Diferencias significativas en negrita

del alcornoque, permitió manipular las características morfológicas de la parte aérea y la distribución de biomasa a las diferentes fracciones. De esta forma se pudieron obtener brinzales de menor tamaño y con relaciones BS/BA más favorables para ambientes con fuertes limitaciones hídricas. La fertilización con fósforo y potasio en las concentraciones y dosis suministradas no afectó notablemente a las variables morfológicas analizadas, aunque ésta se aplicó durante la mayor parte del cultivo en vivero. De acuerdo con los resultados de este trabajo, sería conveniente revisar si la fertilización de endurecimiento aplicada durante la última fase de cultivo en vivero, tiene un efecto significativo sobre las características morfológicas de los brinzales, o bien los efectos se deben únicamente a la reducción en el aporte de nitrógeno.

Agradecimientos

Agradecemos la financiación obtenida de la Generalitat Valenciana (Convenio de investigación con la Fundación CEAM) y de la Comisión Europea a través del proyecto CREOAK (DG Res. QLRT-2001-01594). También agradecemos la colaboración de Felipe Gil y al personal del vivero de Santa Faz (Servicios Territoriales de Medio Ambiente, Alicante) por facilitarnos el uso de sus instalaciones y a Silvia Mollà por su participación en algunas partes de este trabajo. La Fundación CEAM está financiada por la Generalitat Valenciana y BANCAJA.

BIBLIOGRAFÍA

- BAÑON, S.; FERNÁNDEZ, J.A.; FRANCO, J.A.; TORRECILLAS, A.; ALARCÓN, J.J. & SÁNCHEZ-BLANCO, M.J.; 2004. Effects of water stress and night temperature preconditioning on water relations and morphological and anatomical changes of *Lotus creticus* plants. *Sci. Hort.* 101: 333-342.
- BURDETT, A.N.; 1983. Root development and plantation establishment success. *Plant Soil* 71: 103-114.
- COSTA, F.; SHVALEVA, A.; NAROCO, J.P.; ALMEIDA, M.H.; CHAVES, M.M. & PEREIRA, J.S.; 2004. Responses to water stress in two *Eucalyptus globulus* clones differing in drought tolerance. *Tree Physiol.* 24: 1165-1172.
- CHRISTERSSON, L.; 1976. The effect of inorganic nutrients on water economy and hardiness of conifers. II. The effect of varying potassium and calcium contents on water status and drought hardiness of pot-grown *Pinus sylvestris* L. and *Picea abies* (L.). Karst. Seedlings. *Stud. For. Suec.* 136: 1-23.
- FONSECA, D.; 1999. *Manipulación de las características morfo-estructurales de plantones de especies forestales mediterráneas producidas en vivero*. Tesis Master. CIHEAM-IAMZ. Zaragoza. España.
- GARCÍA-CEBRIÁN, J.; ESTESO, E. & GIL-PELEGRÍN, E.; 2003. Influence of cotyledon removal on early seedling growth in *Quercus robur* L. *Ann. For. Sci.* 60: 60-73.
- HARVEY, H.P. & VAN DEN DRIESSCHE, R.; 1997. Nutrition, xylem cavitation and drought resistance in hybrid poplar. *Tree Physiol.*, 17: 647-654.
- KSONTINI, M.; LOUGUET, P.; LAFFRAY, D. & REJEB, M.N.; 1998. Comparaison des effets de la contrainte hydrique sur la croissance, la conductance stomatique et la photosynthèse de jeunes plants de chênes méditerranéens (*Quercus suber*, *Q. faginea*, *Q. coccifera*) en Tunisie. *Ann. Sci. For.* 55: 477-495.
- MAROCO, J.P.; BRETA, E.; FARIA, T.; PEREIRA, J.S. & CHAVEZ, M.M.; 2002. Effects of long-term exposure to elevated CO₂ and N fertilization on the development of photosynthetic capacity and biomass accumulation in *Quercus suber* L. *Plant Cell Environ.* 25:105-113.
- MARTÍNEZ-ROMERO, G.; PLANELLES, R.; ZAZO, J.; BELA, D.; VIVAR, A. Y LÓPEZ-ARIAS, M.; 2001. Estudio de la influencia de la fertilización nitrogenada y la iluminación sobre atributos morfológicos y fisiológicos de brinzales de *Quercus suber* cultivado en vivero. Resultados del primer año en campo. *En: Junta de Andalucía-S.E.C.F. (eds), III Congreso Forestal Español - Sierra Nevada 2001*, II: 784-790. Coria Graficas S.A. Sevilla.
- NAVARRO-CERRILLO, R.; DEL CAMPO, A.D. Y CEACERO, C.J.; 2001. Caracterización del cultivo y determinación de la calidad de la

- planta de *Quercus ilex* ssp *ballota* y *Quercus suber* en varios viveros forestales. *En: Junta de Andalucía-S.E.C.F. (eds), III Congreso Forestal Español - Sierra Nevada 2001, II: 824-831. Coria Graficas S.A. Sevilla.*
- RUBIO, E. VILAGROSA, A., CORTINA, J. Y BELLOT, J.; 2001. Modificaciones morfofisiológicas en plantones de *Pistacia lentiscus* y *Quercus rotundifolia* como consecuencia del endurecimiento hídrico en vivero. Efectos sobre la supervivencia y crecimiento en campo. *En: Junta de Andalucía-S.E.C.F. (eds), III Congreso Forestal Español - Sierra Nevada 2001, II: 527-538. Coria Graficas S.A. Sevilla.*
- TRUBAT, R.; CORTINA, J. Y VILAGROSA, A.; 2003. Estado nutricional y establecimiento de especies leñosas en ambiente semiárido. *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.* 17: 245-251.
- VILAGROSA, A.; CORTINA, J.; GIL-PELEGRÍN, E. & BELLOT, J.; 2003. Suitability of drought preconditioning techniques in Mediterranean climate. *Restor. Ecol.* 11: 208-216.
- VILLAR-SALVADOR, P.; PLANELLES, R.; OLIET, J.; PEÑUELAS, J.L.; JACOBS, D. & GONZÁLEZ, M.; 2004a. Drought tolerance and transplanting performance of holm oak (*Quercus ilex*) seedlings after drought hardening in the nursery. *Tree Physiol.* 24: 1147-1155.
- VILLAR-SALVADOR, P.; PLANELLES, R.; ENRÍQUEZ, E. & PEÑUELAS, J.L.; 2004b. Nursery cultivation regimen, plant functional attributes, and field performance relationship in the Mediterranean oak *Quercus ilex* L. *For. Ecol. Manage.* 196: 257-266.
- VAN DEN DRIESSCHE, R.; 1992. Changes drought resistance and root growth capacity of container seedling in response to nursery drought, nitrogen, and potassium treatments. *Can. J. For. Res.* 22: 740-749.