



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | **Plasencia**
Cáceres, Extremadura

7CFE01-305

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Efectos combinados de la restricción hídrica, el tamaño de contenedor y la dosis de fertilizante en la supervivencia, intercambio gaseoso y atributos morfológicos en plantas de *Quillaja saponaria*

ESPINOZA MEZA, S.¹, SANTELICES MOYA, R.¹ y CABRERA ARIZA, A.¹

¹ Centro de Desarrollo para el Secano Interior, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile

Resumen

Quillaja saponaria Mol. es una especie endémica de amplia distribución en la zona Mediterránea de Chile que ha sido ampliamente degradada. En Chile, aunque se han desarrollado actividades de restauración para recuperar los bosques degradados de la especie, existe poco conocimiento acerca de la calidad de las plantas y su cultivo en vivero, ambos aspectos clave en la restauración de ambientes Mediterráneos caracterizados por la presencia de sequía. En el presente trabajo se evaluó el efecto del tamaño de contenedor y la dosis de fertilizante en la respuesta morfológica y fisiológica de plantas de *Q. saponaria* cultivadas bajo dos regímenes de riego en vivero. En el tratamiento de restricción hídrica las plantas cultivadas en contenedores grandes mostraron la mayor supervivencia, incremento en diámetro, incremento en altura y peso seco radical. Asimismo, las plantas de este tratamiento cultivadas indistintamente del tamaño de contenedor mostraron tasas similares de fotosíntesis, sin embargo, cuando se incrementó la dosis de fertilizante, ésta aumentó considerablemente. Se podría esperar que aquellas plantas cultivadas en contenedores de mayor volumen tuvieran un mejor desempeño en ambientes con restricción hídrica.

Palabras clave

Quillay, calidad de planta, cultivo en vivero, fotosíntesis, supervivencia, sequía.

1. Introducción

Quillaja saponaria Mol. es una especie ampliamente distribuida en Chile que ha sufrido una importante degradación debido a la tala de bosques y su conversión para usos agrícolas (INFOR 2000). No obstante que en Chile se han desarrollado actividades de restauración con esta especie, existe poca información sobre la calidad de la planta y su cultivo en vivero, aspectos clave en el éxito de la restauración en ecosistemas mediterráneos (CHIRINO et al. 2008), dado que modifican las características del material vegetal y su rendimiento en campo (SALVADOR et al., 2004). Bajo este contexto, hoy en día es necesario potenciar el establecimiento de plantas de *Q. saponaria* y una manera de lograrlo es a través de la repoblación artificial. De acuerdo a lo anterior, es necesario investigar el efecto que tienen en vivero los distintos factores que afectan el desarrollo de las plantas (e.g. contenedor y fertilización) para así conocer qué condiciones son las más favorables para la propagación de la especie. El tipo de contenedor determina las características morfológicas del sistema radical (CHIRINO et al., 2008), contenedores más grandes generalmente dan como resultado un mayor sistema radical, lo que permite enfrentar de mejor manera el estrés hídrico, debido a que las raíces alcanzan horizontes húmedos profundos del suelo (VILLAR-SALVADOR et al., 2012). La fertilización también determina los atributos funcionales de las plantas, aumentando el crecimiento y la supervivencia en campo (LANDIS 1985). Sin embargo, una fertilización alta en Nitrógeno reduce la tolerancia a la sequía (TAN y HOGAN 1995), biomasa radical, y aumenta el cociente tallo:raíz (BERGER y GLATZEL 2001). Aquellas plantas cultivadas con bajas dosis de fertilizantes se consideran más resistentes a la sequía (VILLAR-SALVADOR et al., 2004), ya que reducen el área foliar y aumentan la

biomasa radical (HERNÁNDEZ et al., 2009), ambas características de un genotipo tolerante a la sequía.

Las respuestas fisiológicas y morfológicas de plantas de *Q. saponaria* cultivadas en un régimen de restricción hídrica han recibido poca atención en Chile (e.g. DONOSO et al., 2011). Así, en un esfuerzo por contribuir a la comprensión del cultivo en vivero de esta especie, se inició un estudio con el objetivo de determinar la influencia del riego, el tamaño del contenedor y la dosis de fertilizante en el crecimiento, la supervivencia y las respuestas fisiológicas de esta especie. Se planteó la hipótesis de que aquellas plantas cultivadas en contenedores de mayor volumen y con dosis medias de fertilizante tendrán un rendimiento superior en condiciones de restricción hídrica.

2. Objetivos

Analizar la influencia del riego, el tamaño del contenedor y la dosis de fertilizante en el crecimiento, la supervivencia, la asignación de biomasa y las respuestas fisiológicas de plantas de *Q. saponaria* de cinco meses de edad cultivadas en vivero.

3. Metodología

Experimento de vivero

El ensayo se desarrolló en condiciones de vivero de acuerdo al siguiente esquema. Se aplicaron dos tratamientos de riego (riego normal, RN, y restricción hídrica, RH), dos tamaños de contenedor (140 y 280 mL) y tres dosis de fertilizante (2, 4 y 6 g L⁻¹ de sustrato) a un total de 1.620 plantas (i.e., 2 regímenes de riego × 2 tamaños de contenedor × 3 dosis de fertilizante × 3 réplicas × 45 plantas por réplica = 1.620 plantas). El sustrato consistió en una mezcla de corteza de pino compostada y perlita (7: 3 v) combinada con el fertilizante de liberación lenta Basacote 9 M® en las dosis antes señaladas. Después de la germinación las plantas se dispusieron en un diseño de parcela dividida, con el tratamiento de riego como la parcela grande y el tamaño del contenedor combinado con la dosis de fertilizante como la subparcela. Después de 150 días de crecimiento normal con riego a capacidad de campo, las plantas fueron sometidas a los tratamientos RN y RH durante 27 días más (177 días en total). La intensidad de los regímenes de riego se basó en el potencial hídrico al alba (Ψ_{pd}). En el tratamiento RN las plantas se mantuvieron con un Ψ_{pd} de -0,5 MPa, según se midió con una cámara de presión (PMS Instruments Co., Corvallis, OR, EE.UU.). En el tratamiento RH, se aplicaron tres ciclos de 7 días de suspensión del riego, más dos días de rehidratación entre cada ciclo. En este caso el Ψ_{pd} fue de -2,0 MPa.

Mediciones morfológicas

En los días 150 y 177 se midieron la altura (H, cm) y el diámetro a la altura del cuello (D, mm). Con esta información se calcularon incrementos en D y H (INC_{DH} , mm) mediante diferencia simple entre el día 177 y el día 150 ($INC_{DH} = 177_{DH} - 150_{DH}$). Transcurridos los 177 días del experimento, las plantas se cosecharon y se secaron en estufa a 65° C durante 48 horas. Se pesaron tres secciones de cada planta (i.e., raíces, hojas y tallos, con precisión de ± 0,01 g). Con esto se obtuvo el peso seco de la raíz (PSR, mg), el peso seco de las hojas (PSH, mg) y el peso seco del tallo (PST, mg). Se calculó el cociente raíz:tallo mediante la relación $CRT = PSR / (PST + PSH)$. La supervivencia (SUP, %) se midió como una variable categórica (es decir, 1 = planta viva, 0 = planta muerta).

Mediciones fisiológicas

Una vez concluidos los ciclos de restricción hídrica (i.e., día 177) se midió la fotosíntesis neta (A_n , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), la transpiración (E , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) y la conductancia estomática (g_s , mmol

$\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) en cinco plantas por tratamiento y réplica (i.e., 180 plantas). La eficiencia del uso del agua (EUA, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) se calculó como la relación entre la fotosíntesis neta y la conductancia estomática. Las mediciones se realizaron entre las 11:00 y las 14:00 (hora local) con un sistema portátil de fotosíntesis (Li-6400XT, LI-COR Inc., Lincoln, NE, EE.UU.) bajo una intensidad de $1.300 \text{ mmol de fotones m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Después de eso, se cortaron las plantas cerca del cuello y se midió el potencial hídrico al alba (ψ_{pd}) en las mismas plantas. Las mediciones se hicieron entre las 04:00 y las 06:00 del día siguiente.

Análisis estadístico

Las variables fueron analizadas con el método del modelo lineal general para análisis de varianza, con la suma de cuadrados tipo III por defecto, utilizando la versión 18 del software SPSS. Las comparaciones entre grupos para las variables categóricas (i.e., SUP) se realizaron mediante la prueba de Chi^2 .

4. Resultados

Respuesta morfológica de plantas de *Quillaja saponaria*

El incremento en diámetro, el crecimiento en altura y la supervivencia fueron diferentes para los dos tratamientos de riego (Figura 1), con claras reducciones en aquellas plantas cultivadas en el tratamiento de restricción hídrica, en comparación a aquellas cultivadas bajo un riego normal (Tabla 2). El tamaño del contenedor también tuvo una importante influencia en el crecimiento de las plantas, especialmente en el tratamiento de restricción hídrica, en el cual, aquellas plantas cultivadas en contenedores más grandes mostraron la mayor supervivencia, incremento en diámetro, incremento en altura y peso seco radical, mientras que en aquellas cultivadas en contenedores pequeños se observó una tendencia opuesta dado que desarrollaron una mayor altura y biomasa aérea (Figura 2). La interacción triple entre dosis de fertilizante con el tratamiento de riego y el tamaño de contenedor sólo mostró efectos significativos para el diámetro de cuello (Figura 3).

Tabla 1. Nivel de significancia para los factores y variables morfológicas analizadas. D = diámetro a la altura del cuello, H = altura total, INC_D = incremento en diámetro, INC_H = incremento en altura, PSR = peso seco de raíces, PSH = peso seco hojas, PST = peso seco tallo, CRT = cociente raíz:tallo, SUP = supervivencia. No se encontraron efectos significativos para la interacción triple ($R \times C \times F$) en la mayor parte de las variables, por lo tanto no se muestran estos resultados.

Variable	Valor <i>P</i> (en negrita valores significativos)					
	R	C	F	$R \times C$	$R \times F$	$C \times F$
D	0.309	0.119	0.064	0.056	0.166	0.061
H	0.001	0.002	0.081	0.001	0.000	0.146
INC_D	0.000	0.283	0.097	0.005	0.414	0.914
INC_H	0.394	0.000	0.005	0.000	0.073	0.022
PSR	0.632	0.162	0.832	0.000	0.056	0.259
PSH	0.298	0.005	0.466	0.001	0.059	0.596
PST	0.519	0.003	0.449	0.000	0.013	0.737
CRT	0.146	0.124	0.764	0.222	0.714	0.880
SUP	0.000	0.000	0.153	0.000	0.263	0.161

Tabla 2. Nivel de significancia para los factores y variables fisiológicas analizadas. A_n = Fotosíntesis neta, E = Transpiración, g_s = conductancia estomática, EUA = Eficiencia del uso del agua. No se encontraron efectos significativos para la interacción triple $R \times C \times F$, por lo tanto no se muestran estos resultados.

Variable	Valor P (en negrita valores significativos)					
		R	C	F	$R \times C$	$C \times F$
A_n		0.000	0.587	0.000	0.540	0.000
E		0.000	0.009	0.001	0.000	0.29
g_s		0.000	0.090	0.058	0.019	0.04
EUA		0.000	0.228	0.013	0.002	0.026

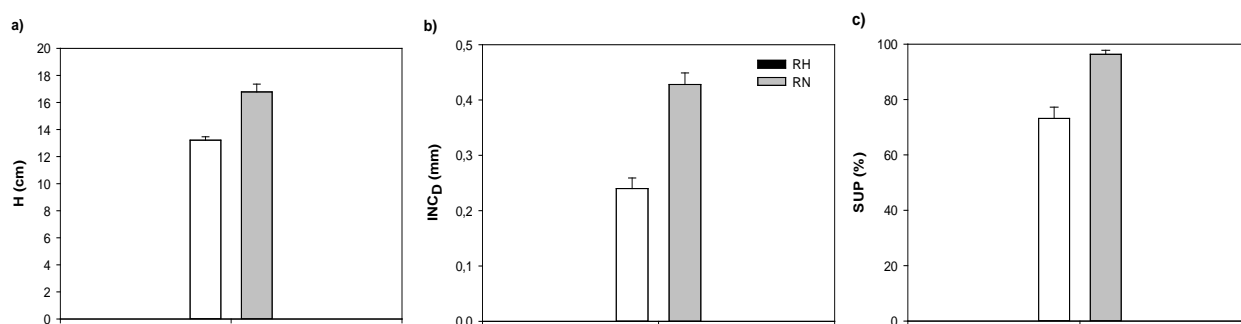


Figura 1. Efecto de los tratamientos de riego en el crecimiento y supervivencia de *Q. saponaria*. H = altura, INC_D = incremento en diámetro, SUP = supervivencia. Las barras representan el error estándar de la media ($n = 1620$).

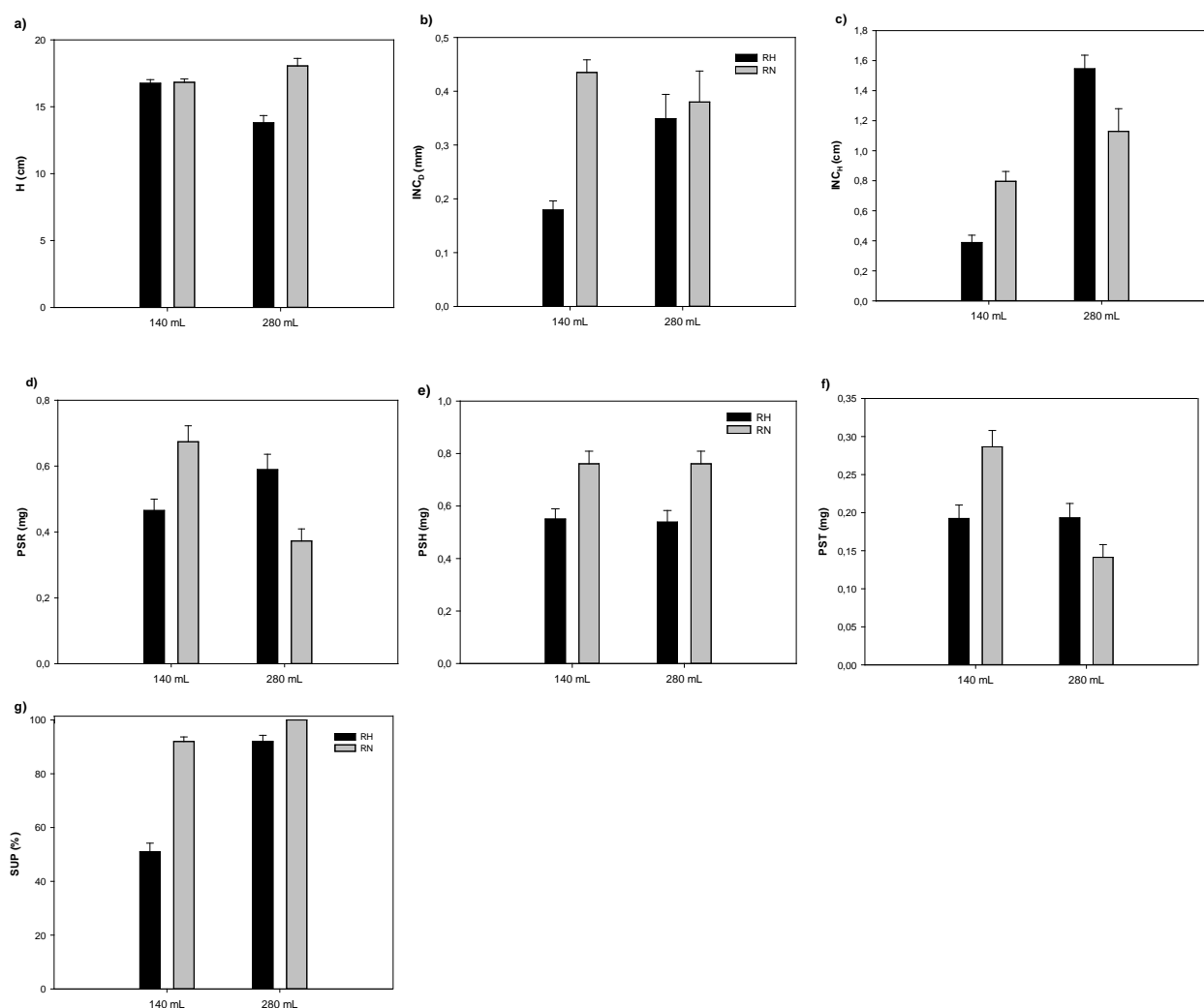


Figura 2. Efecto de los tratamientos de riego y contenedor en el crecimiento, biomasa y supervivencia de *Q. saponaria*. H = altura, INC_D = incremento en diámetro, INC_H = incremento en altura, PSR = peso seco radical, PSH = peso seco hojas, PST = peso seco tallo, SUP = supervivencia. Las barras representan el error estándar de la media ($n = 1620$).

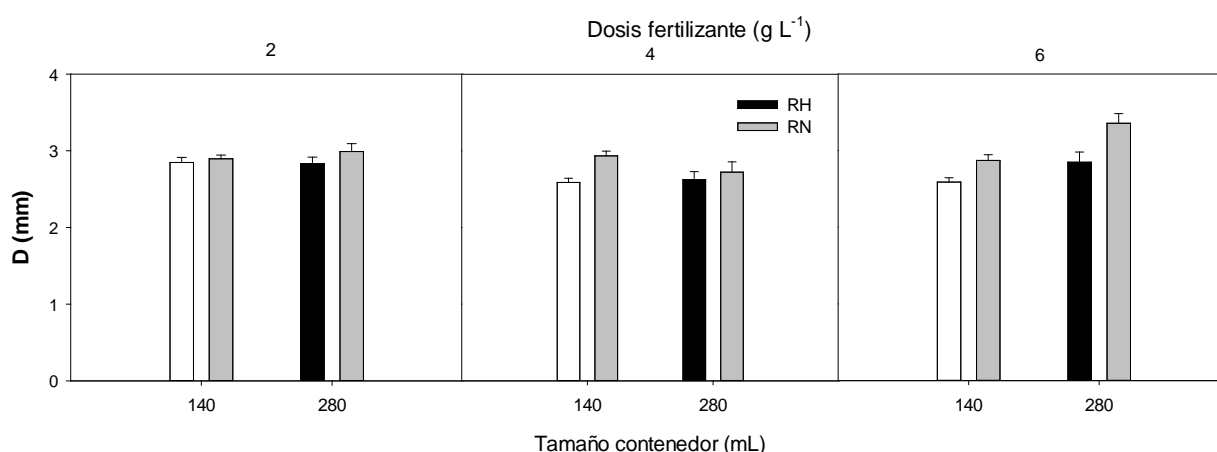


Figura 3. Respuestas en el diámetro de plantas de *Q. saponaria* en los tres distintos tratamientos analizados. Las barras representan el error estándar de la media ($n = 1620$).

Respuesta fisiológica de plantas de *Quillaja saponaria*

Las plantas cultivadas en el tratamiento de riego normal en conjunto con una alta dosis de fertilizante mostraron valores significativamente mayores de fotosíntesis y conductancia estomática. Lo contrario se observó en el tratamiento de restricción hídrica, en el cual, las plantas cultivadas indistintamente con dosis baja o media de fertilizante mostraron valores de transpiración y conductancia estomática similares, sin embargo, al aumentar la dosis de fertilizante, se observó un aumento de ambas variables (Tabla 2, Figura 4). También se observaron diferencias en la eficiencia del uso del agua. Aquellas plantas cultivadas con dosis baja o media de fertilizante, indistintamente del tamaño del contenedor, tuvieron el valor más alto en el tratamiento de restricción hídrica. El tamaño del contenedor, como efecto principal, sólo tuvo efectos significativos en la transpiración. En la interacción riego \times tamaño de contenedor ($P < 0.00$) se observó que aquellas plantas cultivadas en contenedores pequeños presentaron mayor transpiración en el tratamiento de riego normal.

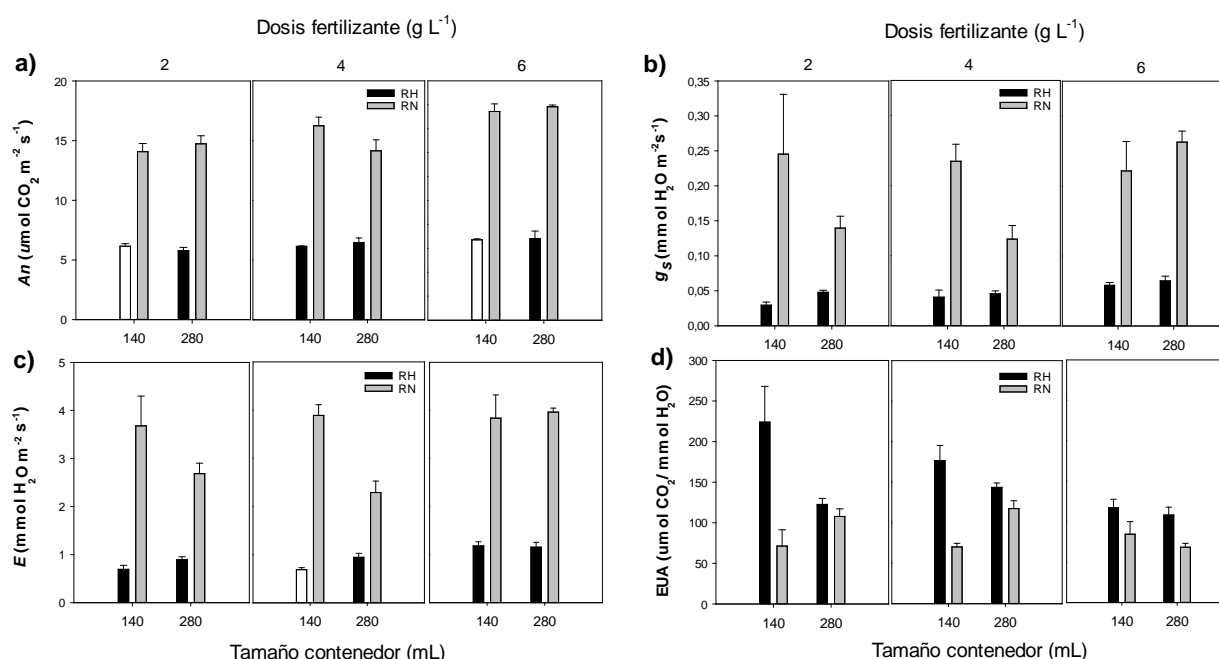


Figura 4. Respuestas fisiológicas de plantas de *Q. saponaria* en los distintos tratamientos analizados. Las barras representan el error estándar de la media ($n = 180$).

5. Discusión

Crecimiento, biomasa y supervivencia

La mayor supervivencia de las plantas cultivadas en el tratamiento de restricción hídrica y en contenedores grandes se explica porque éstas eran más pequeñas, con la consecuente mayor cantidad de agua por gramo de planta y menor demanda transpiratoria. DONOSO et al. (2011) encontraron que plantas de *Q. saponaria* cultivadas en un régimen restricción hídrica redujeron en un 55% la biomasa foliar, lo que a su vez disminuyó la tasa de transpiración. Por el contrario, las plantas cultivadas en contenedores pequeños eran más altas, lo que podría implicar una mayor demanda respiratoria o mayor transpiración. Estas plantas probablemente agotaron el agua del contenedor más rápidamente, ya que tenían más biomasa aérea. De acuerdo con POORTER et al. (2012), el agua se agota rápidamente cuando plantas grandes se cultivan en contenedores pequeños. Otra

explicación de la mayor supervivencia de las plantas cultivadas con riego restringido y en contenedores grandes, es su mayor biomasa radical (i.e., PSR), lo que podría implicar una mayor absorción de agua en condiciones de escasez de agua.

Respuesta fisiológica

Los valores de intercambio gaseoso más bajos registrados en las plantas cultivadas en el tratamiento de restricción hídrica, reflejan la medida en que el bajo potencial hídrico, tal como lo experimentan las plantas de ese tratamiento, puede reducir la conductancia estomática. Este efecto tiende a ser más pronunciado en las plantas que recibieron una baja dosis de fertilizante, lo que indica que la fertilización aumenta el intercambio gaseoso de *Q. saponaria* en condiciones de restricción hídrica, situación que podría afectar la supervivencia de la planta en ambientes con restricciones hídricas severas, dado que continuarían fotosintetizando a tasas más altas. TRUBAT et al. (2008) señalan que la disminución de los aportes de nitrógeno ha mostrado resultados prometedores en zonas semiáridas. Una baja disponibilidad de nutrientes reduce la transpiración (EVANS 1996) y aumenta la eficiencia en el uso del agua (HERNÁNDEZ et al., 2009). Nuestros resultados son similares a estos hallazgos debido a que se encontró una mayor eficiencia en el uso de agua en aquellas plantas del tratamiento de restricción hídrica cultivadas con dosis de fertilizante media y baja. VILLAR-SALVADOR et al. (2004) observaron efectos negativos de una alta fertilización sobre la tolerancia a la sequía de *Quercus ilex* L. Esto se debe a que el mayor desarrollo de estas plantas, producto del aporte de nitrógeno, podría ocasionar que agoten el agua más rápidamente debido a su mayor biomasa foliar y transpiración (LLORET et al., 1999).

6. Conclusiones

Las plantas cultivadas en contenedores más grandes tuvieron un crecimiento y una supervivencia superiores en la condición de restricción hídrica, en tanto que las dosis altas de fertilizante incrementaron la fotosíntesis y conductancia estomática en este mismo tratamiento. Estos resultados permiten especular que las plantas cultivadas en contenedores de mayor volumen y con dosis baja de fertilizante podrían tener más probabilidades de sobrevivir en sitios con restricciones hídricas. Sin embargo, esta hipótesis necesita más investigación de campo.

7. Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por CONICYT, Proyecto N° 79150013. Agradecemos el proyecto N° 067-2012 de CONAF.

8. Bibliografía

- BERGER, T.W.; GLATZEL, G.; 2001. Response of *Quercus petraea* seedlings to nitrogen fertilization. *Forest Ecol Manag* 149 1–14.
- CHIRINO, E.; VILAGROSA, A.; HERNÁNDEZ, E.I.; MATOS, A.; VALLEJO, VR.; 2008. Effects of a deep container on morpho-functional characteristics and root colonization in *Quercus suber* L. seedlings for reforestation in Mediterranean climate. *Forest Ecol Manag* 256 779–785.
- DONOSO, S.; PEÑA, K.; PACHECO, C.; LUNA, G.; AGUIRRE, A.; 2011. Respuesta fisiológica y de crecimiento en plantas de *Quillaja saponaria* y *Cryptocarya alba* sometidas a restricción hídrica. *Bosque* 32(2): 187-195.

EVANS, J.R.; 1996. Developmental constraints on photosynthesis: effects of light and nutrition. En: BAKER, N.R. (ed). Photosynthesis and the environment. p. 281–304. Kluwer, Dordrecht.

HERNÁNDEZ, E.I.; VILAGROSA, A.; LUIS, V.C.; LLORCA, M.; CHIRINO, E.; VALLEJO, R.V.; 2009. Root hydraulic conductance, gas exchange and water potential in seedlings of *Pistacia lentiscus* L. and *Quercus suber* L. under different conditions of fertilization and light radiation. *Environ Exp Bot* 67 267–276.

INFOR (Instituto Forestal, CL). 2000. Quillay: Una alternativa multipropósito para la zona central. Santiago, Chile. INFOR. 12 p.

LANDIS, T.D.; 1985. Mineral nutrition as an index of seedling quality. En: DURYEY, M.L. (ed). Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests. Corvallis, USA. p. 29–48. Forest Research Laboratory, Oregon State University.

LLORET, F.; CASANOVAS, C.; PEÑUELAS, J.; 1999. Seedling survival of Mediterranean shrubland species in relation to root:shoot ratio, seed size and water and nitrogen use. *Funct Ecol* 13 210–216.

POORTER, H.; BÜHLER, J.; VAN DUSSCHOTEN, J.; CLIMENT, J.; POSTMA, J.A.; 2012. Pot size matters: a meta-analysis of the effects of rooting volume on plant growth. *Funct Plant Biol* 39 839–850.

TAN, W.; HOGAN, G.D.; 1995. Effects of nitrogen limitation on water relations of jack pine (*Pinus banksiana* Lamb.) seedlings. *Plant Cell Environ* 18 757–764.

TRUBAT, R.; CORTINA, J.; VILAGROSA, A.; 2008. Short-term nitrogen deprivation increases field performance in nursery seedlings of Mediterranean woody species. *J Arid Environ* 72 879–890.

TRUBAT, R.; CORTINA, J.; VILAGROSA, A.; 2011. Nutrient deprivation improves field performance of woody seedlings in a degraded semi-arid shrubland. *Ecol Eng* 37 1164–1173.

VILLAR-SALVADOR, P.; PLANELLES, R.; ENRÍQUEZ, E.; PEÑUELAS-RUBIRA, J.; 2004. Nursery cultivation regimes, plant functional attributes, and field performance relationships in the Mediterranean oak *Quercus ilex* L. *Forest Ecol Manag* 196: 257–266.

VILLAR-SALVADOR, P.; PUÉRTOLAS, J.; CUESTA, B.; PEÑUELAS, J.; USCOLA, M.; HEREDIA-GUERRERO, N.; BENAYAS, J.N.; 2012. Increase in size and nitrogen concentration enhances seedling survival in Mediterranean plantations. Insights from an ecophysiological conceptual model of plant survival. *New For* 43(5-6) 755-770.