

# INFLUENCIA DE LA FORMA DE APLICACIÓN DE PACLOBUTRAZOL Y LA DOSIS SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLANTAS DE ALCORNOQUE CULTIVADAS EN ENVASE

## Shoot growth of container-grown cork oak seedlings as affected by paclobutrazol application and dosage

M. Pardos Míguez<sup>1</sup>, G. Montero González<sup>1</sup> y J. A. Pardos Carrión<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CIFOR-INIA. Ap. Correos 8.111. 28080-MADRID (España). Correo electrónico: pardos@inia.es

<sup>2</sup> U.D. Anatomía y Fisiología Vegetal. ETS Ingenieros de Montes. UPM. 28040-MADRID (España)

### Resumen

Las plantas de alcornoque cultivadas en envase muestran generalmente un comportamiento pobre en campo bajo ambientes xéricos, debido a un crecimiento excesivo en altura durante la fase de vivero. Para limitar este crecimiento, se ensayaron dos formas de aplicación (foliar vs sustrato) y cuatro dosis de paclobutrazol (PBZ), en plantas de 3 meses cultivadas en envases FP-300. La evolución en el tiempo del crecimiento en altura se vio afectada por la concentración y la forma de aplicación de PBZ; y se modelizó mediante modelos mixtos no lineales. La menor altura conseguida fue el resultado del acortamiento y de la reducción del número de entrenudos. Concentraciones de 25 ppm, para la aplicación en el sustrato, o de 25 a 252 para la aplicación foliar, permitieron controlar el crecimiento excesivo de la parte aérea. Las plantas respondieron mejor a la aplicación en el sustrato para la concentración menor, pero el peligro de enanismo a dosis mayores parece mayor.

Palabras clave: *Quercus suber L.*, *Cultar*, *Modelo mixto no lineal*, *Regulador del crecimiento*

### Abstract

Container-grown cork oak seedlings usually show poor performance in xeric sites due to excessive shoot growth. To limit such growth, four concentrations and two application methods (foliar spray - soil drench) of paclobutrazol (PBZ) were tested on 3-month old seedlings grown in FP-300 containers. Time course of shoot height was affected by PBZ concentration and application technique, and was modelled by nonlinear mixed model analysis. Reduced shoot height was the result of shortened and lesser internodes. Concentrations 25 ppm soil drench or 25 to 252 ppm foliar sprays controlled over vegetative growth. Seedlings were most responsive to soil drench at a lower PBZ concentration, but the danger of irreversibility overdosing seems greater.

Key words: *Quercus suber L.*, *Container production*, *Cultar*, *Nonlinear mixed model*, *Plant growth regulator*

## INTRODUCCIÓN

El paclobutrazol (PBZ) es un potente triazol que inhibe la biosíntesis de giberelinas (MARSHALL et al., 2000). Se ha usado ampliamente en horticultura, por su capacidad para retardar el crecimiento vegetativo e incrementar la fructificación. Sin embargo, en el campo forestal, su uso se ha limitado a la inducción de la floración en *Eucalyptus* (MONCUR & HASAN, 1994) y para la adaptación en ambientes xéricos de coníferas (MAHONEY et al., 1998), mientras que su uso en el alcornoque no ha sido descrito.

El alcornoque es una especie ampliamente utilizada en España en la reforestación de antiguos terrenos agrícolas. Un crecimiento excesivo de la parte aérea durante la fase de vivero, descompensado con respecto al del sistema radical, cuyo tamaño se ve limitado por el volumen de los envases empleados de forma generalizada en los viveros forestales, se ha traducido en un comportamiento posterior pobre en campo bajo ambientes xéricos. Ello se traduce en problemas de supervivencia por descompensación del balance hídrico.

El propósito del trabajo es investigar la efectividad de PBZ en el control del crecimiento en altura de plantas de alcornoque. Los objetivos específicos son determinar la forma de aplicación y la dosis más efectivas que reduzcan dicho crecimiento.

## MATERIAL Y MÉTODOS

En diciembre de 1996 se sembraron bellotas de alcornoque (procedencia Sierra Morena occidental- Llanuras pacenses) en envases FP-300, con una mezcla de turba y vermiculita (3:1, v:v) y se mantuvieron en el invernadero (30°C día/10°C noche) hasta mediados de abril, momento en que se sacaron a las eras, hasta mediados de octubre (26,9° a 10,8°C, 157,3 mm de lluvia). Las plantas se regaron según necesidades hídricas.

El PBZ se usó en su formulación comercial Cultar (25%, p/v SC), aplicándose con un agente mojante, Tween 20 (1ml/L), bien por pulverización foliar o en el sustrato. Las concentraciones fueron 0 (control), 25, 25<sup>2</sup> y 25<sup>3</sup> ppm PBZ/planta, con un volumen de 5ml/planta para la pulverización foliar y de 50 ml para la aplicación en el sustrato. La pulverización foliar fue secuencial: 13 febrero (d0), 4 julio (d141) y 10 septiembre (d204); mientras que la aplicación en el sustrato fue única (d0). Se seleccionaron quince plantas en cada una de las ocho combinaciones forma de aplicación x dosis para la medición de la altura en los días d0, d16, d34, d83, d119, d162, d204 y d254. El d254 (cosecha final) se midieron además de los componentes del crecimiento en altura (n° y longitud de los entrenudos).

El crecimiento en altura se analizó mediante análisis de varianza de medidas repetidas, RM

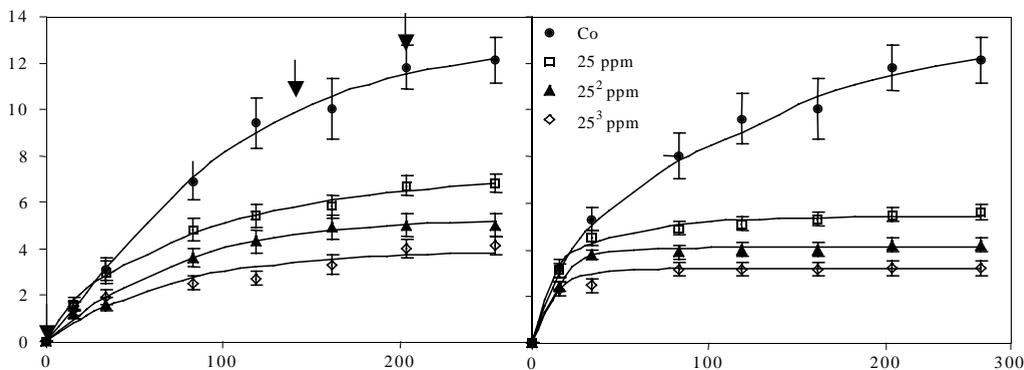


Figura 1. Evolución en el tiempo del crecimiento en altura de plantas de alcornoque tratadas con PBZ (i) en el sustrato o (ii) mediante pulverizaciones foliares secuenciales. Cada media comprende 13-15 observaciones. Los símbolos indican la media, las barras indican error estándar. se representan También las curvas ajustadas mediante modelos de ecuaciones obtenidos a partir de parámetros estimados a través del análisis de modelos mixtos no lineales (Crecimiento (cm) =  $a * [1 - e^{-b \cdot \text{días}}]$ ); ver Tabla 2 para estimas de los parámetros).

↓ Pulverizaciones foliares secuenciales de PBZ foliar (d0, d141, d204)

ANOVA, que analiza el efecto del tiempo, la forma de aplicación, la concentración y sus interacciones, sobre la altura. Después de evaluar el nivel de significación de las combinaciones forma de aplicación x concentración, los datos de los pares significativos se ajustaron a la Ec. 1, usando modelos mixtos no lineales (macro NLINMIX del SAS).

$Crecimiento (cm) = (a+u) * (1 - e^{-bt})^c$  Ec. [1]  
donde  $t$  son los días transcurridos desde  $d_0$ ;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  son coeficientes fijos de la regresión;  $u$  es un parámetro aleatorio, de media 0 y distribución bivalente normal. La comparación entre los modelos de crecimiento se realiza analizando sólo los parámetros fijos.

## RESULTADOS

El crecimiento en altura respondió a PBZ a partir del d34 (Figura 1). La reducción en el crecimiento se aceleró al aumentar la dosis, y de forma más marcada en la aplicación en el sustrato. El crecimiento quedó prácticamente inhibido en la aplicación en el sustrato para las dosis 25<sup>2</sup> y 25<sup>3</sup> ppm después del d34, mientras que la dosis de 25 ppm redujo el crecimiento final en un 54% respecto al control. Las reducciones en el crecimiento para dosis crecientes de PBZ en la aplicación foliar oscilaron entre 43,8 y 66,1%

Los resultados del ANOVA de las medidas repetidas indican que los tests F para el efecto entre grupos Concentración de PBZ es significativo (Tabla 1). Por tanto, se ajusta un modelo lineal para cada concentración, dentro de cada forma de aplicación (Tabla 2). El análisis multi-

variante para los efectos dentro de cada grupo Tiempo, Tiempo x Forma de aplicación y Tiempo x Concentración de PBZ son muy significativos (Tabla 1).

La reducción en el crecimiento en altura causado por PBZ es debida tanto a la reducción en el número (NE) como en la longitud de los entrenudos (LE) ( $P < 0.0001$ ). El d254, PBZ reduce NE y LE en 25% y 49% para las plantas tratadas en el sustrato, y en 32% y 39% para las plantas pulverizadas, en comparación con las control (datos no mostrados).

## DISCUSIÓN

El crecimiento en altura de *Quercus suber* en función de la dosis y la forma de aplicación de PBZ se ha predicho con el modelo propuesto (Ec. [1]). Una respuesta común en distintas especies a la aplicación de PBZ es el control del crecimiento en altura, el cual se suele ver afectado por la dosis (RUTER & MARTIN, 1994) y la forma de aplicación (DENEKE & KEEVER, 1992). Aunque las dos formas de aplicación de PBZ influyeron de forma diferente en el patrón de crecimiento en el tiempo, los datos indican una mayor influencia de la dosis que de la forma de aplicación. Dicha influencia se ejerce tanto sobre la reducción en el número como en la longitud de los entrenudos, como ocurre con otras especies (WEBSTER & QUINLAN, 1986).

El aumento en la dosis de PBZ (25 a 25<sup>3</sup> ppm) disminuyó el crecimiento final en altura de forma lineal (aplicación foliar:  $y = -1.4x + 9.4$ ,  $r^2=0.96$ ; aplicación sustrato:  $y = -1.2x + 7.9$ ,  $r^2=0.99$ ). Sin

		F value	Pr > F
Efectos entre grupos:			
Forma de aplicación		1,99	0,1614
	Concentración de PBZ	68,98	<0,0001
Forma de aplicación x	Concentración de PBZ	ns	ns
Efectos dentro de cada grupo:			
Tiempo		99,5	<0,0001
	Tiempo x Forma de aplicación	5,06	<0,0001
Tiempo x Concentración de PBZ		9,76	<0,0001
	Tiempo x Forma de aplicación x Concentración de PBZ	ns	ns

**Tabla 1.** Resultados del ANOVA de medidas repetidas. Se utiliza el estadístico Wilk's Lambda en los tests multivariantes para analizar los efectos dentro de cada grupo

Forma de aplicación	Concentración de PBZ (ppm)	a	b	c
Foliar	0	13,08 ± 1,45 [10,19 ; 15,97]	0,011 ± 0,003 [0,005 ; 0,018]	1,26 ± 0,26 [0,74 ; 1,78]
	25	7,39 ± 0,86 [5,69 ; 9,09]	0,009 ± 0,004 [0,001 ; 0,017]	0,71 ± 0,16 [0,40 ; 1,02]
	25 <sup>2</sup>	5,29 ± 0,58 [4,13 ; 6,44]	0,015 ± 0,004 [0,008 ; 0,022]	1,12 ± 0,22 [0,68 ; 1,56]
	25 <sup>3</sup>	3,90 ± 0,36 [3,18 ; 4,63]	0,015 ± 0,003 [0,009 ; 0,020]	-
	0	13,08 ± 1,45 [10,19 ; 15,97]	0,011 ± 0,003 [0,005 ; 0,018]	1,26 ± 0,26 [0,74 ; 1,78]
Sustrato	25	5,41 ± 0,34 [4,74 ; 6,07]	0,024 ± 0,006 [0,011 ; 0,036]	0,43 ± 0,09 [0,25 ; 0,60]
	25 <sup>2</sup>	4,07 ± 0,26 [3,56 ; 4,59]	0,098 ± 0,018 [0,062 ; 0,134]	2,19 ± 0,75 [0,69 ; 3,68]
	25 <sup>3</sup>	3,17 ± 0,34 [2,50 ; 3,84]	0,078 ± 0,017 [0,044 ; 0,112]	0,94 ± 0,32 [0,30 ; 1,57]

**Tabla 2.** Resumen de las estimaciones de los parámetros para el modelo mixto no lineal empleado en la predicción de la respuesta de PBZ en el crecimiento de plantas de alcornoque, después de su aplicación foliar o en el sustrato. Se presentan las medias, error estándar ( $\pm$ ) e intervalo de confianza [ $\cdot$ ]. (Crecimiento (cm) =  $a * [1 - e^{-b \cdot \text{dias}}]^c$ )

embargo, la dosis de 25<sup>3</sup> en la aplicación en el sustrato produjo síntomas de fitotoxicidad, con manifiesta clorosis foliar. El crecimiento con esta dosis en el sustrato quedó prácticamente inhibido a partir del d34, con una reducción final en altura del 74%, respecto al control. PROTACIO (1997) también mostró cómo dosis elevadas de PBZ pueden retardar el crecimiento de una forma demasiado severa en melocotoneros.

La dosis que causó una inhibición final del crecimiento del 50% fue de 25 ppm en la aplicación en el sustrato, y entre 25 y 25<sup>2</sup> ppm para la aplicación foliar. Dado que la última pulverización no afectó a la reducción del crecimiento, bastaron dos pulverizaciones foliares para conseguir efectos similares a los obtenidos con una única aplicación en el sustrato. La mayor efectividad de la aplicación en el sustrato cabe atribuirse a una mejor absorción radicular que foliar (GENT, 1997).

Los resultados del efecto del PBZ sobre el crecimiento del alcornoque son consistentes con los obtenidos en una gran variedad de especies leñosas. El PBZ resulta efectivo para controlar el crecimiento en altura durante la fase de vivero. Los datos muestran respuestas finales similares para ambas formas de aplicación, aunque se necesitan dosis algo menores en la aplicación en el sustrato para lograr efectos parecidos. Las

dosis muy elevadas (25<sup>3</sup> ppm) deben evitarse, por el peligro de enanismo por sobredosis. Desde el punto de vista de la práctica viverística, la menor manipulación de las plantas y los menores costes de aplicación de PBZ favorece la elección de la aplicación en el sustrato, frente a la foliar.

## BIBLIOGRAFÍA

- DENEKE C.F. & KEEVER, G.J.; 1992. Comparison of application methods of paclobutrazol for height control of potted tulips. *HortScience* 27: 1329.
- GENT M.P.N.; 1997. Persistence of triazole growth retardants on stem elongation of Rhododendron and Kalmia. *J. Plant Growth Regul.* 16: 197-203.
- MAHONEY S.R.; GHOSH, S.; PEIRSON, D. & DUMBROFF, E.B.; 1998. Paclobutrazol affects the resistance of black spruce to high light and thermal stress. *Tree Physiol.* 18: 121-127
- MARSHALL J.G.; RUTLEDGE, R.G.; BLUMWALD, E. & DUMBROFF, E.B.; 2000. Reduction in turgid water volume in jack pine, white spruce and black spruce in response to drought

- and paclobutrazol. *Tree Physiol.* 20: 701-707
- MONCUR M.W. & HASAN, O.; 1994. Floral induction in *Eucalyptus nitens*. *Tree Physiol.* 14: 1303-1312.
- PROTACIO C.M.; OBMERGA, L.R. & SIAR., S.V.; 1997. Production of dwarf, compact plants of *Mussaenda* by paclobutrazol treatment. *Philip. J. Crop Sci.* 22: 63.
- RUTER J.M. & MARTIN, C.A.; 1994. Effects of contrasting climate and paclobutrazol on the growth and water use of two container-grown landscape plants. *J. Environ. Hort.* 12: 27-32.
- WEBSTER A.D. & QUINLAN, J.D.; 1986. The influence of annual paclobutrazol treatments on the shoot growth, yield and fruit quality of Early Rivers sweet cherries. *Acta Hort.* 179: 577-578.