

RESPUESTA DE *Pinus halepensis* Mill. Y *Pinus pinaster* Ait. A HERBICIDAS EN CONDICIONES DE VIVERO

M. ORTEGA ¹, M. VILLARROYA ¹, G. MONTERO ², J.M. GARCÍA-BAUDIN ¹

¹ Dpto. de Protección vegetal. INIA

² Dpto. de Selvicultura. CIFOR-INIA

Carretera de la Coruña, km 7,5. 28040 Madrid. España.
baudin@inia.es

RESUMEN

El empleo de herbicidas en la forestación de tierras de cultivo se hace necesario para controlar la invasión de malas hierbas que compiten por agua, luz y nutrientes con los árboles que se intentan implantar. Como la selectividad de nuestras especies arbóreas a los herbicidas y su modo de aplicación son poco conocidos, se ha estudiado el efecto de tres herbicidas, hexazinona, pendimetalina y simazina sobre la emergencia y crecimiento de *Pinus halepensis* y *P. pinaster* que fueron sembrados en noviembre y en febrero en bandejas Forest-Pot. Los tratamientos se hicieron en preemergencia de los pinos, una semana después de cada siembra.

El tiempo medio de emergencia de las dos especies fue menor en la siembra de febrero que en la de noviembre; sin embargo, no hubo diferencias en las integrales térmicas necesarias para alcanzar la emergencia. Los tratamientos herbicidas no afectaron a la germinación de los pinos, pero algunos causaron mortalidad cuando se alcanzó el estado de plántula. Dosis de 1,5 kg m.a./ha de hexazinona provocaron mortalidades del 84 % y 71 % en *P. halepensis* procedentes de las siembras de noviembre y febrero, respectivamente, y en *P. pinaster* del 93 % en ambas siembras. Este mismo herbicida a dosis de 0,75 kg m.a./ha determinó mortalidades del 31 % y 18 % en *P. halepensis* en las siembras de noviembre y febrero, respectivamente, y del 49 % y 61 %, en *P. pinaster*, respectivamente. Pendimetalina a 2 kg m.a./ha no causó mortalidad y simazina a 3 kg m.a./ha fue tolerada por las dos especies en las siembras de febrero, pero en las de noviembre provocó mortalidades del 29 % en *P. halepensis* y del 32 % en *P. pinaster*.

PALABRAS CLAVE: Escarda química
Hexazinona
Pendimetalina
Simazina
Pinus halepensis
P. pinaster

Recibido: 21-10-99

Aceptado para su publicación: 7-2-00

INTRODUCCIÓN

La reutilización de tierras agrícolas con fines de explotación forestal o restauración de bosques forma parte de la Política Agraria Comunitaria que en su Reglamento 2328/91 toma la decisión de cambiar el uso de estas tierras para reducir la producción de cereales y aumentar la de maderas, a la vez que se pretende mejorar el medio ambiente con la reducción de los riesgos de erosión y de contaminación de aguas por pesticidas o fertilizantes y la creación de bosques que palién el efecto invernadero y promuevan la diversidad de la flora y la fauna.

La plantación de árboles en este tipo de tierras presenta problemas por la presencia de malas hierbas adaptadas a los cultivos precedentes que van a competir por el agua, los nutrientes y la luz con cualquier especie forestal que se intente implantar (Frochot y Lévy, 1986; Frochot *et al.*, 1986; Frochot y Trichet, 1988; Nambiar y Sands 1993). En España, la sequía estival se añade al problema de la competencia entre malas hierbas y árboles, ya que éstos poseen sistemas radiculares menos desarrollados para soportar el estrés hídrico (Rojo y Montero, 1996).

La utilización de herbicidas para el control de malas hierbas en reforestaciones es una de las técnicas más utilizadas, especialmente en pinos, desde hace unos años en países como Canadá y U.S.A, por su fácil aplicación, bajo costo y gran eficacia (Sajdak y Kotar, 1985; Campbell, 1990; Mc Donald y Fiddler, 1993). Herbicidas inhibidores de la fotosíntesis, como simazina, han sido muy empleados desde hace años porque su elevada persistencia asegura un control a más largo plazo (Ahrens, 1973). Asimismo, hexazinona se ha usado mucho por la gran tolerancia de muchas especies de pinos (Miller *et al.*, 1988). Esta parece aumentar con la edad de los pinos, e incluso se han detectado incrementos de altura y diámetro en varias especies tratadas (Balneaves *et al.*, 1988; Zutter *et al.*, 1990), ya que concentraciones subletales parece que pueden estimular la fotosíntesis y mejorar la nutrición en nitrógeno (Johnson y Stelzer 1991). Otros herbicidas como pendimetalina, que actúa inhibiendo el crecimiento, están empezando a introducirse en el cultivo forestal (Vanner y Popay, 1992).

En España, las especies que tradicionalmente se han usado más en repoblaciones de montes entre los años 1940-95 fueron *Pinus pinaster* y *P. halepensis*, las cuales han constituido el 28 % y el 19 % respectivamente de las 2.547.870 ha de superficie repobladas con pinos en nuestro país (Montero, 1997). El proceso de forestación de tierras agrícolas con estas especies mejoraría si se conocieran la selectividad y modo de aplicación de algunos herbicidas. Sin embargo, todavía el uso de herbicidas en cultivos forestales no está generalizado en nuestro país, ya que el control mecánico y manual han sido la práctica habitual de eliminación de malas hierbas (Montoya, 1989). Por ello, hoy día aún no conocemos la tolerancia de nuestras especies forestales a los herbicidas y se hace necesario estudiar sus respuestas a dosis comerciales capaces de eliminar las malas hierbas típicas de las tierras agrícolas que es donde se van a implantar. Esta tolerancia se debe estudiar desde los primeros estadios de crecimiento, de forma que se pueda identificar la época de aplicación más segura. Hasta la fecha sólo existen algunas aproximaciones a la aplicación de herbicidas a estas dos especies de pinos en vivero (Peñuelas *et al.*, 1995a; Fernández-Cavada *et al.*, 1995; Busto *et al.*, 1997; Carrasco *et al.*, 1997) y en campo (Peñuelas *et al.*, 1995b; Ortega *et al.*, 1999).

En este estudio se evalúa el efecto de tres herbicidas: simazina, hexazinona y pendimetalina a dos dosis diferentes sobre la emergencia de dos especies de pinos, *Pinus halepensis* y *P. pinaster*, aplicados en dos épocas diferentes del año, otoño y primavera, que

son los momentos en los que se suelen sembrar los cultivos de coníferas en nuestro país. Ambas especies fueron sembradas y tratadas en un invernadero no climatizado.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material vegetal utilizado son semillas de *P. halepensis* (ES069-1992) y *P. pinaster* (ES01-1990) que se sembraron en bandejas tipo Forest-Pot de 50 alvéolos, colocando una semilla por alvéolo, en un sustrato compuesto por un tercio de turba y dos tercios de un compuesto 1.1.1. de tierra, arena y mantillo, en volumen.

Las siembras se realizaron el 26 de noviembre de 1997 y el 12 de febrero de 1998, realizándose la aplicación herbicida a la semana siguiente en ambas ocasiones. Para cada especie y siembra se ensayaron tres herbicidas con dos dosis diferentes y un control, cada uno de ellos aplicado a cuatro bandejas con 50 semillas. Cada una de estas cuatro repeticiones fue colocada en una mesa dentro de un invernadero no climatizado, siguiendo un diseño de bloques al azar y se regaron periódicamente todo lo necesario. En el mes de junio fueron sacadas fuera del invernadero para evitar el exceso de temperatura.

Los tratamientos herbicidas se realizaron con un pulverizador automático de boquilla plana que emite un caudal de 0,023 ml/cm² a una presión de 2 kg/cm² y está montado en una cinta sin fin. Los herbicidas y las dosis empleadas fueron (expresadas como kilos de materia activa [m.a.] por hectárea): 0,75 y 1,5 kg m.a./ha de hexazinona (Velpar 90 %), 1 y 2 kg m.a./ha de pendimetalina (Stomp 33 %), 1,5 y 3 kg m.a./ha de simazina (Gesatop FW 50 %).

La evaluación del efecto de los tratamientos se realizó tres veces por semana durante la germinación y cada 15 días en los meses siguientes, realizándose el último registro en septiembre de 1998 para ambas siembras.

Análisis de los datos

Para cada bandeja se ha calculado: a) el porcentaje de germinación acumulado y el de mortandad en septiembre, b) el tiempo medio de germinación (T.M.G.), aplicando la fórmula:

$$T.M.G. = \frac{\sum (nt)}{g}$$

Siendo t el número de días transcurridos desde la siembra, n el número de semillas germinadas cada día y g número de semillas totales germinadas al final del ensayo, c) la integral térmica con base 5 °C, calculada como el sumatorio de las temperaturas medias diarias mayores de 5 °C en el exterior del invernadero desde la siembra hasta el T.M.G.

Los resultados de cada uno de estos parámetros se han sometido a análisis de la varianza de cuatro factores: época de siembra, especie, herbicida y dosis, utilizándose el test de Newman-Keuls para buscar grupos homogéneos. Se consideran diferencias significativas al nivel del 5 % ($p < 0,05$). Los datos de porcentaje de germinación y mortalidad fueron transformados previamente mediante el $\arcsen\sqrt{x}$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se exponen los resultados de los valores de T.M.G., integral térmica y porcentaje de mortalidad en septiembre para los distintos factores considerados.

TABLA 1
EFEECTO DE LOS HERBICIDAS ESTUDIADOS EN EL TIEMPO MEDIO DE GERMINACIÓN, INTEGRAL TÉRMICA Y MORTALIDAD ACUMULADA HASTA SEPTIEMBRE DE *Pinus halepensis* Y *P. Pinaster*

*Effect of herbicides on germination mean time, thermic integral and mortality accumulated until September of *Pinus halepensis* and *P. pinaster**

Especie	Época de siembra	Herbicida	Dosis	Tiempo medio de germinación (días)		Integral térmica con base 5 °C (°C)		Mortalidad en septiembre (%)	
<i>Pinus halepensis</i>	Noviembre	Hexazinona	0	86,7	f	478,6	abcdef	3,7	ab
			0,75	87,2	f	486,2	abcdef	31,4	efg
			1,5	87,1	f	481,3	abcdef	83,8	jk
		Pendimetalina	0	87,8	f	487,8	abcdef	9,2	abcde
			1	84,9	f	463,7	abcd	3,0	ab
			2	88,3	f	489,9	abcdef	6,0	abcd
		Simazina	0	86,3	f	480,0	abcdef	10,6	abcdef
			1,5	82,0	f	438,7	ab	11,6	bcdef
			3	85,3	f	471,0	abcde	29,5	efg
	Febrero	Hexazinona	0	49,7	ab	460,9	abc	0,6	a
			0,75	52,5	abc	490,0	abcdef	18,3	bcdef
			1,5	43,3	a	396,2	a	71,4	ij
		Pendimetalina	0	52,9	bc	490,3	abcdef	3,5	ab
			1	56,2	bcd	517,5	bcdefg	4,5	abc
			2	52,2	abc	481,7	abcdef	6,9	abcd
		Simazina	0	51,5	ab	480,4	abcdef	2,9	ab
			1,5	52,7	abc	490,5	abcdef	3,4	ab
			3	53,7	abc	493,9	abcdef	2,3	ab
<i>Pinus pinaster</i>	Noviembre	Hexazinona	0	105,7	gh	629,9	hi	20,6	cdef
			0,75	103,0	gh	606,3	ghi	49,3	gh
			1,5	100,3	g	582,6	efghi	92,1	k
		Pendimetalina	0	112,3	h	696,2	i	14,2	bcdef
			1	104,7	gh	625,1	ghi	11,3	bcdef
			2	107,7	gh	650,5	hi	14,3	bcdef
		Simazina	0	103,9	gh	612,4	ghi	17,6	bcdef
			1,5	108,2	gh	656,8	hi	20,4	cdef
			3	101,4	g	590,7	fghi	32,7	fg
	Febrero	Hexazinona	0	65,8	e	590,1	fghi	24,0	def
			0,75	67,9	e	608,2	ghi	60,7	hi
			1,5	67,4	e	604,4	ghi	93,3	k
		Pendimetalina	0	63,8	de	578,5	defgh	14,7	bcdef
			1	65,6	e	591,4	fghi	7,6	abcd
			2	73,0	e	665,1	hi	13,7	bcdef
		Simazina	0	72,4	e	657,5	hi	12,5	bcdef
			1,5	62,2	cde	557,8	cdefgh	23,5	def
			3	69,1	e	635,8	hi	14,5	bcdef

Las medias (4 repeticiones) seguidas por la misma letra, dentro de cada columna, no son significativamente diferentes al 5 %, según el test de Newman-Keuls.

Means (4 replications) followed by the same letter, inside each column, are not significantly different at 5 % according to Newman-Keuls test.

Efecto de los tratamientos herbicidas sobre la emergencia de los pinos

No se han constatado diferencias significativas en la facultad germinativa de *Pinus halepensis* y *P. pinaster*, que fue de alrededor de un 80 %, en las dos fechas de siembras para los tratamientos herbicidas ensayados. Estos resultados indican que los tratamientos en preemergencia de estas especies pueden realizarse tanto en otoño como a principios de la primavera sin que la germinación resulte afectada. En otras especies de coníferas tampoco se han observado descensos en la germinación por efecto de tratamientos en preemergencia con hexazinona (Boyd, 1984) o pendimetalina (Lee *et al.*, 1990).

El tiempo medio de germinación de las dos especies de pinos fue cerca de 35 días menor en la siembra de febrero que en la de noviembre. La temperatura óptima para la germinación de estas especies es de unos 20 °C tanto para *P. halepensis* (Calamassi *et al.*, 1984; Skordilis y Thanos, 1995) como para *P. pinaster* (Hopkins 1971; Pita *et al.*, 1991) y esta temperatura se alcanzó antes en la siembra de febrero que en la de noviembre. En ambas ocasiones el tiempo medio de germinación fue menor en *P. halepensis* que en *P. pinaster*, lo que indica que esta última especie muestra una emergencia más retrasada con independencia de la época de siembra. Los herbicidas no produjeron efectos significativos en el tiempo medio de germinación de ninguna de las dos especies.

Efecto de los tratamientos herbicidas sobre la integral térmica

Las integrales térmicas con base 5 °C calculadas desde la siembra hasta el tiempo medio de emergencia fueron similares en noviembre y febrero, pero en *P. pinaster* alcanzaron siempre valores mayores que en *P. halepensis*, lo que se corresponde con el mayor tiempo medio de emergencia registrado en *P. pinaster*. Por tanto, parece que cada especie necesita acumular un número determinado de horas de calor para que se produzca la germinación con independencia de la época de siembra. En especies herbáceas, como algunas del género *Bromus*, se habían observado diferencias en las integrales térmicas entre especies y entre épocas de siembra que sugerían una interacción entre genotipo y ambiente (Iglesias *et al.*, 1993, 1996). Sin embargo, la regularidad de las integrales térmicas de estas dos especies de pinos y su independencia de la época de siembra sugieren que este factor sólo está controlado genéticamente. Los herbicidas ensayados tampoco han producido efectos significativos en las integrales térmicas de ninguna de las especies de pino estudiadas.

Efecto de los tratamientos herbicidas sobre las plántulas de pino

A dosis de 1,5 kg m.a./ha, la mortalidad acumulada hasta el mes de septiembre del herbicida hexazinona fue elevada para las plántulas de las dos especies. Estas mortalidades alcanzaron sus valores máximos en *P. halepensis* a los 100 días y a los 50 días después de la aplicación herbicida en las siembras de noviembre y febrero, respectivamente, siendo más retrasadas en *P. pinaster*, a los 120 en ambas siembras (Fig. 1). Por tanto, en la siembra de noviembre de *P. halepensis* tardaron más en notarse los efectos letales del herbicida que en la de febrero. Sin embargo, la magnitud de estos efectos letales fue similar en las dos siembras, lo que indica que este herbicida se ha debido mantener activo en el sustrato durante todo el invierno, pese al riego. Este resultado concuerda con la vida media de la hexazinona, que en campo es de 30 a 180 días (Rhodes, 1980).

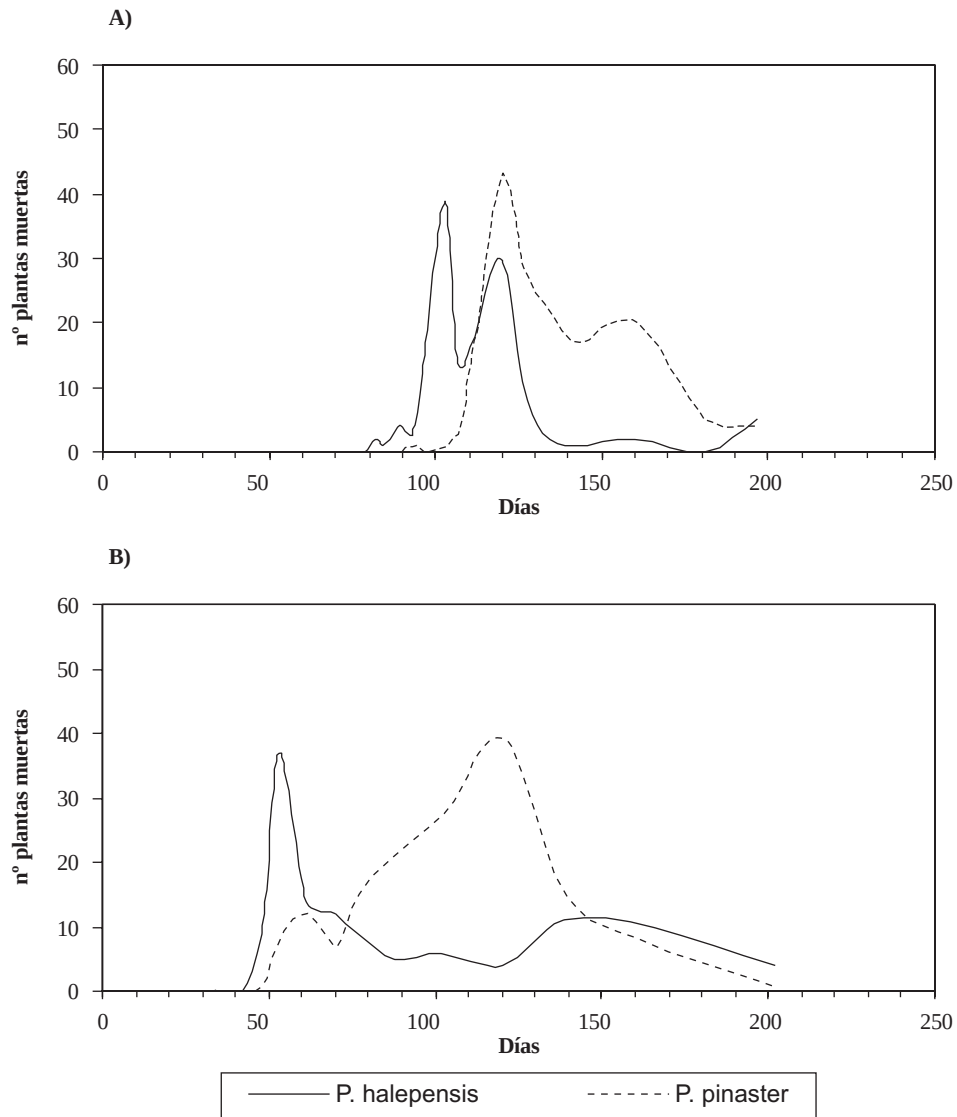


Fig. 1.—Evolución de la mortalidad de *P. halepensis* y *P. pinaster* debida a la aplicación de una dosis de 1,5 kg m.a./ha de hexazinona tras siembras realizadas:
A) el 30 de noviembre de 1997 y B) el 16 de febrero de 1998.

*Development of mortality of *P. halepensis* and *P. pinaster* caused by a dosis application of 1.5 kg a.i./ha of hexazinone after sowings made:*
A) 30th November 1997 and B) 16th February 1998

A dosis de 0,75 kg m.a./ha el herbicida hexazinona también causa una mortalidad significativa en las dos especies, siendo *P. pinaster* la más afectada en la siembra de febrero. Fernandez-Cavada (1995) también observa efectos letales del 100 % en *P. pinaster* y del 85 % en *P. halepensis* a dosis de 1,35 kg m.a./ha de hexazinona aplicada a plántulas de tres meses de edad cultivadas en vivero utilizando sustratos con un 45 a un 70 % de turba. Otras aplicaciones en vivero de 2,25 kg m.a./ha en postemergencia también causan un 92 % de mortalidad en *P. halepensis* y un 99 % en *P. pinaster* (Peñuelas *et al.*, 1995a). A la vista de estos resultados parece que *P. pinaster* es más sensible a este herbicida que *P. halepensis*.

A la edad de un año estas especies de pino son más tolerantes cuando se implantan en el campo, *P. halepensis* soporta 1,8 kg m.a./ha de hexazinona y *P. pinaster* 2,7 kg m.a./ha, aunque con mortalidades del 25 % y 35 %, respectivamente (Peñuelas *et al.*, 1995b). La tolerancia en campo se sitúa en 1,3 kg m.a./ha para *P. halepensis* de un año y 1,4 kg m.a./ha para *P. pinaster* de dos años (Ortega *et al.*, 1999). Estos resultados indican que estas especies de pinos muestran una baja tolerancia a la hexazinona en aplicaciones en preemergencia y postemergencia, ya que produce efectos letales en sus primeros estadios de crecimiento, que podría deberse a una baja capacidad de destoxificación y/o a una elevada absorción. Sin embargo, a partir de un año de edad, la tolerancia aumenta, pudiendo deberse al aumento de lignificación que impide la absorción del herbicida.

La dosis más alta de simazina, 3 kg m.a./ha, ha incrementado la mortalidad sólo en la siembra de noviembre en ambas especies, un 33 % en *P. pinaster* y un 29 % en *P. halepensis*. Este resultado apunta a que si bien esta dosis aplicada en preemergencia es tolerada por las dos especies, el margen de confianza es pequeño. Peñuelas *et al.* (1995a) también observa una disminución de la supervivencia a dosis de 2,25 kg m.a./ha en plántulas de *P. halepensis* y *P. pinaster*, siendo este último el más afectado, mientras que en implantaciones de campo, a la edad de un año, sí soportan esta dosis (Peñuelas *et al.*, 1995b, Ortega *et al.*, 1999).

Los tratamientos con pendimetalina no causaron mortalidad significativa en las plántulas de estas especies de pinos, incluso a 2 kg m.a./ha, en ninguna de las dos siembras. Este resultado contrasta con el de Carrasco *et al.* (1997), que detecta efectos negativos en la supervivencia de *P. halepensis* debido a la aplicación en preemergencia de 1 kg m.a./ha de pendimetalina en vivero con un sustrato compuesto por 90 % de turba y 10 % de arena. En implantaciones de campo las dos especies toleran hasta 4 kg m.a./ha de pendimetalina, *P. halepensis* a la edad de un año y *P. pinaster* a la edad de dos años (Ortega *et al.*, 1999). Aunque existen datos de que este herbicida produce también disminuciones de crecimiento en plantaciones de pinos de dos años de otras especies (Yeiser *et al.*, 1997).

La selectividad a herbicidas de las plántulas del género *Pinus* encontradas en este estudio pueden estar influidas por una parte por el tipo de sustrato utilizado, puesto que la disponibilidad de los herbicidas para ser absorbidos por las plantas depende de su grado de adsorción en el suelo, que será mayor cuanto más elevada sea la cantidad de materia orgánica que contengan. Por otra parte, se debe tener en cuenta que, en las aplicaciones en preemergencia de pinos, las dosis letales suelen ser menores que las aplicadas debido a la degradación y lavado que sufren los herbicidas mientras tiene lugar el proceso de germinación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido llevado a cabo con la financiación del proyecto INIA FO96-116.

SUMMARY

Response of *Pinus halepensis* Mill. y *Pinus pinaster* Ait. to herbicides in nursery

The use of herbicides in croplands forestation is needed in order to control weed competition for water, light and nutrients with tree seedlings. As selectivity of our forest species to herbicides and mode of application are scarcely known, we have studied the effect of three herbicides, hexazinone, pendimethalin and simazine on emergency and growth of *Pinus halepensis* and *P. pinaster* sowed in Forest-Pot during November and February inside a non-climatized greenhouse. Treatments were made in pine preemergency, one week after each sowing.

Mean time emergency of two species of pine was minor in February than November sowing, however, thermic integrals (sumatory of temperatures $> 5^{\circ}\text{C}$ since sowing time until mean time emergency) are not different. Herbicide treatments did not influence emergency of pines, but later some of them caused mortality in seedlings. Hexazinone at doses of 1.5 kg a.i./ha caused mortalities of 84 % and 71 % in *P. halepensis* seedlings belonging to November and February sowings, respectively, and in *P. pinaster*, 93 % in seedlings of both sowings. Hexazinone at doses of 0.75 kg a.i./ha caused mortalities of 31 % and 18 % in *P. halepensis* seedlings belonging to November and February sowings, respectively, and 49 % and 61 %, in *P. pinaster*, respectively. Pendimethalin at 2 kg m.a./ha did not cause mortality in pine seedlings and simazine at 3 kg m.a./ha was tolerated for two pine species in February sowings, but in November sowings caused mortalities of 29 % in *P. halepensis* and 32 % in *P. pinaster*.

KEY WORDS: Chemical weed control
Hexazinone
Pendimethalin
Simazine
Pinus halepensis
P. pinaster

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHRENS J.F., 1973. Control of sod in Christmas tree plantings with simazine, atrazine and glyphosate. Proc. North. Weed Sci. Soc., 27, 310-314.
- BOYD R.J., 1984. Some effects of hexazinone on the germination and survival of northern Rocky Mountain conifer seedlings. Proc. Western Soc. Weed Sci., 152.
- BUSTO A., BIMBO B., GARCÍA-ESPAÑA V., GÓMEZ DE BARREDA D., 1997. Selectividad y eficacia de algunos herbicidas en vivero de planta forestal. Actas SEMH, Valencia, 355-359.
- BALNEAVES J., CHRISTIE M., BALNEAVES J.M., 1988. Long-term growth response of radiata pine to herbaceous weed control at establishment. New Zealand For., 33(3), 24-25.
- CAMPBELL R.A., 1990. Herbicide use for forest management in Canada: where we are and where we are going. For. Chron., 66, 355-360.
- CARRASCO I., OCAÑA L., PEÑUELAS J.L., DOMÍNGUEZ S., 1997. Ensayo de tratamientos herbicidas en cultivo de tres especies forestales (*P. halepensis*, *P. nigra* y *Q. Ilex*) en vivero. Actas SEMH, Valencia, 111-116.
- CALAMASSI R., FALUSI M., TOCCI A., 1984. The effects of germination temperature and stratification on the germination of *Pinus halepensis* seed. Silvae-Genetica, 33, 4-5, 133-139.
- FERNÁNDEZ-CAVADA S., COSCULLUELA J., SOPEÑA J.M., ZARAGOZA C., 1995. Primeros resultados de un ensayo de herbicidas en vivero de *Pinus halepensis* y *P. pinaster*. Actas SEMH, Huesca, 297-301.
- FROCHOT H., LÉVY G., 1986a. Facteurs du milieu et optimisation de la croissance initiale en plantations de feuillus. Revue Forestiere Française, 3, 301-306.
- FROCHOT H., PICARD J.F., DREYFUS Ph., 1986b. La végétation herbacée obstacle aux plantations. Revue Forestiere Française, 3, 271-279.
- FROCHOT H., TRICHET P., 1988. Influence de la compétition herbacée sur la croissance de jeunes pins sylvestres. VIII.^{ème} Colloque International sur la biologie, l'écologie et la systématique des mauvaises herbes, Dijon, 509-516.
- HOPKINS E.R., 1971. Germination in *Pinus pinaster* Ait. Foret Department Revth, Western Australia. Bull, 81, 40 pp.

- IGLESIAS A., CHUECA M.C., GARCÍA-BAUDIN J.M., 1993. Effect of temperature and hours of sunlight on the emergence of *Bromus* spp. and implications for weed control. Brighton Crop Protection Conference Weeds, 101-106.
- IGLESIAS A., CHUECA M.C., GARCÍA-BAUDIN J.M., 1996. Effect des conditions meteorologiques sur la phenologie de trois especes de bromes (*Bromus diandrus*, *B. rigidus* et *B. sterilis*). X Colloque International sur la Biologie des Mauvaises Herbes, Dijon, 65-73.
- JOHNSON J.D., STELZER H.E., 1991. Loblolly pine photosynthesis is enhanced by sublethal hexazinone concentrations. Tree Physiology, 8 (4), 371-379.
- LEE D.S., HONG H.P., YOON J.K., HWANG K.Y., JANG S.K., 1990. Studies on the labour saving by the application of herbicide in forest nursery. Research Reports of the Forestry Research Institute Seoul, 41, 18-26.
- MCDONALD P.M., FIDDLER G.O., 1993. Feasibility of alternatives to herbicides in young conifer plantations in California. Can. J. For. Res., 23, 2015-2022.
- MILLER R.O., BLOESE P.D., HANOVER J.W., 1988. Screening of three pre-emergence herbicides for intensive plantation management in Michigan. Tree Planters Notes US Dep. Agric. For. Serv., 39 (2), 13-18.
- MONTERO G., 1997. Breve descripción del proceso repoblador en España (1940-1995). Legno Celulosa Carta, 4, 35-42.
- MONTOYA J.M., 1989. El pino piñonero. Mundi-Prensa, 100 pp.
- NAMBIAR E.K.S., SANDS R., 1993. Competition for water and nutrients in forest. Can. J. For. Res., 23 (10), 1955-1968.
- ORTEGA M., PEÑUELAS J.L., MONTERO G., GARCÍA-BAUDIN J.M. 1999. Respuesta de *Pinus halepensis* Miller, *P. nigra* Arnold, *P. pinaster* Aiton y *P. pinea* L. a diversos herbicidas en un ensayo de campo: Resultados preliminares. Montes, 55, 83-87.
- PEÑUELAS J.L., CARRASCO I., HERRERO N., NICOLÁS J.L., OCAÑA L., DOMÍNGUEZ S., 1995a. Control de la competencia herbácea en vivero forestal por métodos químicos. Actas SEMH, Huesca, 273-276.
- PEÑUELAS J.L., OCAÑA L., DOMÍNGUEZ S., RENILLA I., 1995b. Primeros ensayos sobre el control de la competencia herbácea en repoblaciones de terrenos agrícolas abandonados. Actas SEMH Huesca, 229-233.
- PITA R., ALIA R. PARDOS J.A., 1991. Influencia de la temperatura sobre la germinación de diversas procedencias de *Pinus pinaster* Ait. Actas IX Reunión de la Sociedad de Fisiología Vegetal, Madrid, pp. 48.
- RHODES R.C., 1980. Soils studies with ¹⁴C-labelled hexazinone. J. Agric. Food Chem., 28, 311-315.
- ROJO A., MONTERO G., 1996. El pino silvestre en la Sierra de Guadarrama. MAPA, 296 pp.
- SAJDAK R.L., KOTAR J., 1985. Vegetation management problems and solutions: lake states. Proc. South. Weed Sci. Soc., 38, 326-327.
- SKORDILIS A., THANOS C.A., 1995. Seed stratification and germination strategy in the Mediterranean pines *Pinus brutia* and *P. halepensis*. Seed Science Research, 5 (3), 151-160.
- VANNER A.L., POPAY A.J., 1992. Pendimethalin: a herbicide with potential for use in forest nurseries. Proc. 45th. New Zealand Plant Protect. Conf. Wellington, 256-258.
- YEISER J.L., HOWELL R.K., DUSKY J.A., 1997. Pendulun, Arsenal, Oust, Escort, Velpar L and combinations for herbaceous weed control in loblolly pine plantations. Proc. South. Weed Sci. Soc., 94-98.
- ZUTTER B.R., GLOVER G.R., MINOGUE P.J., GJERSTAD D.H., 1990. Growth response of loblolly pine following release (cleaning) applications of two formulations of hexazinone. Proc. 43th South. Weed Sci. Soc., 260-266.