

Respuesta a la fertilización de otoño en plantaciones de eucalipto en Entre Ríos

Response to Autumn Fertilization by Eucalyptus plantations in Entre Rios

Garcia, M. de los Á.¹ y C. De La Peña²

Recibido en febrero de 2012; aceptado en febrero de 2013

RESUMEN

En la región de estudio, la fertilización de *Eucalyptus grandis* al inicio de la plantación es una práctica utilizada para lograr una ocupación temprana del sitio, incrementándose significativamente el crecimiento inicial y obteniéndose los mayores crecimientos cuando se fertiliza con N y P y en menor medida con K. Por otra parte, la resistencia a heladas puede ser afectada por el nivel de nutrientes, aunque los resultados sobre el efecto de la fertilización con N, P y K sobre la sensibilidad de algunas especies forestales a las heladas son contradictorios. En esta región, las reiteradas heladas ocurridas en los últimos años han llevado a los productores forestales a adoptar la fertilización potásica en otoño para inducir la resistencia al frío. Lamentablemente, esas pruebas no han sido documentadas ni evaluadas, no disponiéndose de registros acerca de los productos y dosis probados ni de sus consecuencias sobre las plantaciones de eucalipto en la región. Con el objetivo de evaluar los efectos de la fertilización de otoño sobre la resistencia a heladas y el crecimiento de *Eucalyptus grandis*, en 2010 y 2011 se instalaron 2 ensayos donde se aplicaron 9 tratamientos de fertilización con potasio y nitrógeno en distintas dosis. Se evaluó el grado de daño por heladas y el crecimiento. Los datos se analizaron con ANOVA, test LSD Fisher y Tablas de Contingencia. En 2010 no hubo daños visibles por heladas y la altura fue significativamente mayor en las parcelas con Nitrofull 60 g/planta que en las de KCl 34 g/planta y Nitrofull 120 g/planta. En 2011 el daño por heladas no mostró correlación significativa con los tratamientos de fertilización pero sí con los rangos de altura, presentando daños de mayor grado y más plantas afectadas en la clase de hasta 1 metro de altura. Las plantas fertilizadas con 134 g/planta de triple 15 y 60 g/planta de Nitrofoska azul alcanzaron las mayores alturas.

Palabras clave: Resistencia a las heladas; Plantaciones forestales; Mesopotamia argentina; Fertilización potásica; Daño por frío.

ABSTRACT

In the study area, fertilization of eucalypt plantations is adopted to promote early site occupation, significantly increasing initial growth and obtaining the highest growths when N, P and in less proportion K fertilizers are used. On the other hand, frost resistance can be affected by nutrient level, although N, P and K fertilization effects on some forest species cold hardiness are confuse. In this region the repeated frosts that occurred the past years encouraged foresters to implement potassium fertilization during autumn, to prevent young plantations from severe frost damage. Unfortunately, those tests have not been documented nor evaluated; consequently, there are no regional records about fertilizers, doses or effects on eucalypts behavior related to low temperatures. To evaluate autumn fertilization with potassium and nitrogen effects on frost hardiness and growth of *Eucalyptus grandis*, two trials were set with 9 fertilization treatments. Frost damage and growth were measured, and ANOVA, Fisher's LSD and contingency tables were applied. In 2010 no visible frost damage was registered but height was significantly higher in plots with Nitrofull 60 g/tree than plants from KCl 34 g/tree and Nitrofull 120 g/tree. In 2011 frost damage was not correlated with fertilization but was significantly correlated with height classes, showing higher proportion of plants with medium, severe and total damage grades when trees were 100 or less cm tall. Trees with 134 g Triple 15 and 60g Nitrofoska showed the highest heights.

Keywords: Cold resistance; Forest plantations; Potassium fertilization; Frost damage.

¹ Área Forestal INTA EEA Concordia. Ruta Prov. 22 y vías FFCC, Estación Yuquerí (3200), Concordia (Entre Ríos), cc34. E-mail: mariagarcia@correo.inta.gov.ar.

² Área de Desarrollo. INTA EEA Concordia. Ruta Prov. 22 y vías FFCC, Estación Yuquerí (3200), Concordia (Entre Ríos), cc34. E-mail: cdelapena@correo.inta.gov.ar

1. INTRODUCCION

La especie *Eucalyptus grandis* ha demostrado ser muy sensible a las condiciones ambientales durante la etapa de implantación, respondiendo fuertemente a las prácticas de manejo relativas a la preparación del suelo, control de malezas y fertilización (Gaitán *et al.*, 2004). La fertilización de *E. grandis* al inicio de la plantación es una práctica utilizada en suelos de baja fertilidad para lograr una ocupación temprana del sitio y aumentar la productividad desde el inicio del ciclo (Aparicio *et al.*, 2004; Gaitán *et al.*, 2004). En la costa del río Uruguay la fertilización ha sido incorporada en el paquete tecnológico de los proyectos foresto-industriales a partir de la década del '90; en esta región, la fertilización de las plantaciones de eucalipto se realiza en los primeros meses del establecimiento a campo, en una sola dosis y generalmente con fertilizantes a base de nitrógeno y fósforo. Sin embargo, las reiteradas heladas ocurridas en los últimos años en toda la Mesopotamia Argentina, que por sus intensidades y por la extensión del período de ocurrencia, han afectado fuertemente a las nuevas plantaciones comerciales de *Eucalyptus*, indujeron a ajustar las prácticas silvícolas como la época de plantación, la preparación del terreno, la calidad de las plantas y la selección de los materiales genéticos que presenten un mejor comportamiento a las bajas temperaturas, para minimizar las pérdidas por frío (Bunse y Ramilo, 2010). El daño ocasionado por heladas a los cultivos forestales es un problema práctico de importancia en el manejo forestal (Josefek, 1989), cuya incidencia depende en gran medida del estado nutricional de las plantas, pues un desbalance podría alterar las propiedades y el gradiente osmótico de las membranas celulares (Josefek, 1989; Perkins y Adams, 1995). Sin embargo, la forma en que los diferentes nutrientes influyen en la resistencia a las heladas no es del todo comprendida aún (Josefek, 1989). En la literatura hay resultados contradictorios sobre el efecto de la fertilización con N, P y K sobre la sensibilidad de algunas especies forestales a las heladas, mencionándose efectos positivos y negativos (Levitt (1980) y Christersson (1973) citados por Josefek (1989); (Christersson (1973), Larsen *et al.* (1978), Aronsson (1980, 1985), Klein *et al.* (1989), Hansen (1992) y Hawkins *et al.* (1995), citados por Jönsson *et al.* (2004). El tipo de fertilizante, la especie forestal, la edad y su estado fenológico influyen sobre los resultados (Jönsson *et al.*, 2004).

Durante el invierno, las plantas presentan un metabolismo más lento, por lo que las posibilidades de restaurar tejidos dañados son escasas. Heladas severas o repentinas causan cambios en la estructura de las membranas celulares y alteran los mecanismos internos (Josefek, 1989). El K actúa en el control osmótico de las células. Las plantas afectadas por deficiencia de K muestran una mayor susceptibilidad a daños por heladas, ataque de hongos y condiciones salinas (Landis, 1989), reducción de fotosíntesis e incremento de respiración, menor síntesis y traslado de azúcares y presencia de sustancias catabólicas en las células (Rodríguez, 1999, citado en Ramírez-Cuevas y Rodríguez-Trejo, 2010), presentan menor turgencia, pequeña expansión celular, mayor potencial osmótico e irregular apertura y cierre de estomas. Las plantas con niveles adecuados de potasio son, en cambio, más resistentes a la sequía y a las heladas (Arruda y Malavolta, 2001), ya que al entrar al sistema metabólico celular este elemento forma sales con ácidos orgánicos e inorgánicos, las que sirven para regular el potencial osmótico, controlando a su vez el contenido de agua interna Fisher y Hsiao (1968), Humble y Hsiao (1969) y Rodríguez (1999), citados por Ramírez-Cuevas y Rodríguez-Trejo (2010).

Las plantas que muestran un adecuado contenido de K hacen un uso más eficiente del agua durante el estrés, teniendo una relación directa con la resistencia que presentan a las heladas y a las enfermedades (Barra (1986) y Jack (1984), citados por Ramírez-Cuevas y Rodríguez-Trejo, 2010). Se ha observado que el potasio aumenta el grado de endurecimiento de plantines de algunas especies agronómicas, ornamentales (Egilla *et al.*, 2001) y forestales (Christersson, 1976). Esto ha llevado a proponer formulaciones bajas en nitrógeno y altas en potasio durante la fase de endurecimiento en viveros forestales. Sin embargo, no hay resultados claros con respecto a la respuesta de especies forestales luego de la viverización y la plantación a campo (van den Driessche, 1992, Chirino *et al.* (2003), citados por Vilagrosa *et al.*, 2006). También hay experiencias sobre la respuesta de las plantas a las heladas cuando son cultivadas con

distintos niveles de nitrógeno. En algunos casos una alta fertilización nitrogenada incrementó el daño por heladas, en otros no se ha observado ningún efecto de la fertilización sobre la resistencia al frío (Villar Salvador *et al.*, 2005).

Además de las prácticas silvícolas antes mencionadas, en los últimos años los productores forestales de la región de estudio han empezado a experimentar con la fertilización potásica en otoño, para inducir la resistencia al frío. No obstante, las escasas experiencias se hayan dispersas en los campos de los productores que intentaron adoptar esta práctica; los productos, dosis, momento y forma de aplicación y los efectos sobre las plantas tratadas no han sido registrados, medidos, evaluados ni difundidos. Este trabajo presenta los resultados de dos ensayos de fertilización potásica y nitrogenada realizados durante otoño-invierno de 2010 y 2011 en dos sitios de la provincia de Entre Ríos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En 2010 se instaló un ensayo en la localidad de Capilla Santa Catalina, Chajarí (Dpto. Federación, Entre Ríos), en dos lotes de una forestación de *Eucalyptus grandis* en un suelo del Orden Vertisol. El lote 1 se había plantado en octubre de 2009; el lote 2 en diciembre del mismo año.

La fertilización se realizó en abril de 2010. Se aplicaron 9 tratamientos (Tabla 1) en un diseño de Bloques completos al azar (BCA), con parcelas lineales de 12 plantas y 4 repeticiones.

Tabla 1. Tratamientos aplicados en el ensayo de fertilización en 2010.

Tratamiento	Fertilizante	Dosis (g/planta)
1	Cloruro de Potasio	17
2	Cloruro de Potasio	34
3	Nitrofull (12-11-18)	60
4	Nitrofull	120
5	Triple 15	67
6	Triple 15	134
7	Fosfato diamónico (18-46-0)	83 equipara al N en el triple 15
8	Fosfato diamónico	33 equipara añ P en el triple 15
9	Testigo sin fertilizar	

En 2011 un ensayo similar se instaló en un campo en el Departamento Concordia, en una plantación de *Eucalyptus grandis* de octubre de 2010. La fertilización se realizó en abril de 2011. En ambos ensayos los fertilizantes se aplicaron enterrados, en zanjas hechas con pala en la taza de las plantas. Los tratamientos (Tabla 2) se aplicaron según diseño de BCA, con parcelas lineales de 20 plantas y 4 repeticiones.

Tabla 2. Tratamientos aplicados en el ensayo de fertilización en 2011

Tratamiento	Fertilizante	Dosis (g/ planta)
1	Cloruro de Potasio	17
2	Cloruro de Potasio	34
3	Nitrofoska azul (12-12-17)	60
4	Nitrofoska azul	120
5	Triple 15	67
6	Triple 15	134
7	Fosfato diamónico (18-46-0)	83 equipara al N en el triple 15
8	Fosfato diamónico	33 equipara al P en el triple 15
9	testigo sin fertilizar	

El daño por frío se evaluó según la escala presentada en la Tabla 3.

Tabla 3. Escala de evaluación de daños por frío

Grado de daño	Valoración
0	Sin daño visible
1	Hasta 25% de copa afectada (LEVE)
2	Hasta 50% de copa dañada (MEDIO)
3	Hasta 75% de copa afectada (SEVERO)
4	100% afectación de la copa (TOTAL)

En los dos ensayos se midieron la altura de las plantas al momento de aplicación de los tratamientos y la altura alcanzada al evaluar los daños por heladas y se calcularon los incrementos.

Las temperaturas de los períodos de evaluación de los ensayos se tomaron de los registros de la estación automática ADCON de Colonia La Argentina (Depto. Federación) para el ensayo en 2010 y de la Estación Meteorológica del INTA Concordia para el ensayo en 2011.

Los datos se analizaron con InfoStat versión 2010 (Di Rienzo *et al.*, 2010). La evaluación estadística se hizo mediante dos herramientas, de acuerdo con el tipo de variables a evaluar: ANOVA y Test de Fisher se aplicaron a la altura, variable continua. Para las evaluaciones de daño por frío se usaron Tablas de contingencia, adecuadas para variables categóricas como es el "grado de daño"; ese método se aplicó tanto para estudiar la relación con los tratamientos de fertilización como para estudiar la respuesta de las plantas al frío de acuerdo con su altura. Para ello las alturas se agruparon en clases de acuerdo con un criterio silvícola práctico, definiendo 3 clases: plantas de hasta 100 cm, entre 100 y 300 cm y mayor a 300 cm.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el ensayo instalado en 2010 el período considerado para evaluar la respuesta al frío de las plantas de los distintos tratamientos de fertilización presentó solo 5 días con temperaturas bajo cero en el mes de julio y 1 solo día en agosto, con mínimas absolutas de -1,9 y -1 °C, respectivamente (Tabla 4). En consecuencia, casi todas las plantas de los 2 lotes presentaron apenas quemaduras en borde de algunas hojas, sin diferencias entre bloques ni tratamientos en cuanto al grado de daño evidenciado. Según Puértolas (2003, citado por Vilagrosa *et al.*, 2006), la adición de nitrógeno durante el otoño puede disminuir la resistencia al frío, pero es la temperatura la variable que tiene mayor influencia. Si la planta tiene condiciones favorables

para seguir creciendo luego de la fertilización de otoño, los tejidos tiernos están más susceptibles a sufrir daños por heladas (Vilagrosa *et al.*, 2006), presentando mayor capacidad para resistir condiciones adversas aquellas plantas con estado nutricional balanceado (Josefek, 1989). Sin embargo, las plantas con crecimiento activo pueden ser dañadas en un rango más estrecho de temperaturas y en ese estado el nivel nutricional tiene poca influencia en la resistencia a las heladas.

Tabla 4. Registros de temperatura mínima de la estación automática ADCON de Colonia La Argentina durante el período desde instalación hasta evaluación del ensayo de 2010

ABRIL 2010		MAYO 2010		JUNIO 2010		JULIO 2010		AGOSTO 2010	
DIA	MINIMA	DIA	MINIMA	DIA	MINIMA	DIA	MINIMA	DIA	MINIMA
1	16,7	1	6,7	1	2,3	1	14,2	1	0,3
2	16,6	2	8,6	2	5	2	16,2	2	2,1
3	16,6	3	12	3	8,4	3	17,2	3	0,3
4	11,2	4	10,9	4	8,3	4	17	4	0,4
5	10,6	5	9,9	5	5	5	17,6	5	-1
6	12,1	6	13	6	5	6	18,5	6	1,1
7	11,3	7	10,5	7	3,5	7	5,8	7	2,1
8	12,2	8	5,1	8	5,7	8	3,6	8	4,4
9	11,6	9	2,8	9	5,9	9	4,6	9	0,9
10	10,9	10	3,2	10	4,3	10	3,4	10	0,8
11	11,9	11	4,2	11	8,6	11	10,8	11	6,4
12	13,5	12	6,9	12	13,3	12	0,4	12	9,3
13	16,9	13	6,8	13	13,6	13	-1,6	13	3,9
14	11,1	14	12,6	14	14,3	14	-1,9	14	2,6
15	9,5	15	13,4	15	9,4	15	-1,3	15	2,2
16	7	16	9,9	16	12,9	16	-1,1	16	5,8
17	13	17	9,5	17	13,4	17	0	17	7,3
18	20,9	18	12,9	18	12,2	18	5,8	18	11
19	20,3	19	13	19	6,5	19	4,3	19	7,6
20	18,9	20	15,1	20	3,4	20	2,4	20	3,3
21	17	21	14,6	21	2,6	21	2,6	21	7,1
22	14,4	22	15,3	22	0,8	22	0,1	22	16,3
23	8,9	23	17	23	6,4	23	-1,2	23	15,9
24	7,7	24	13,3	24	11,8	24	3,8	24	11,5
25	12,1	25	8,7	25	10,2	25	2,8	25	10,1
26	10	26	7,8	26	10	26	0,9	26	11,3
27	5,7	27	10,5	27	10,4	27	3,2	27	9,1
28	5	28	15,1	28	3,7	28	7,3	28	16,7
29	4,8	29	14,6	29	1,1	29	3,9	29	11,1
30	4,7	30	6,4	30	12,4	30	13,7	30	9,7
		31	4,9			31	4,0	31	14,3
mínima media	12,1		10,2		7,7		5,7		6,6
mínima absoluta	4,7		2,8		0,8		-1,9		-1

En los análisis de la varianza del ensayo de 2010 la altura inicial de las plantas fue una covariable significativa, el Lote 1 presentó alturas significativamente mayores en T3 (nitrofull 60 g/pl) que en T2 (KCl 34 g/pl) y T4 (Nitrofull 120 g/pl), mientras que el incremento en T3 fue significativamente mayor (p -valor=0,0002) que el alcanzado en T2 (Figura 1.a). En el Lote 2 no se encontraron diferencias entre tratamientos en la altura ni en los incrementos medios alcanzados (Figura 1.b). La respuesta a la fertilización con potasio y con nitrógeno en un invierno benigno como el ocurrido ese año no permitió establecer el efecto de esas prácticas silvícolas sobre la resistencia a las heladas, pero sí se pudo evaluar su efecto sobre el crecimiento. Arruda y Malavolta (2001) explican que el eucalipto responde a la aplicación de K en suelos con contenidos de 0,2 hasta 1,0 mmol de Kg/ dm³, evidenciando mayor producción de biomasa, pero no existe respuesta en suelos con contenidos mayores.

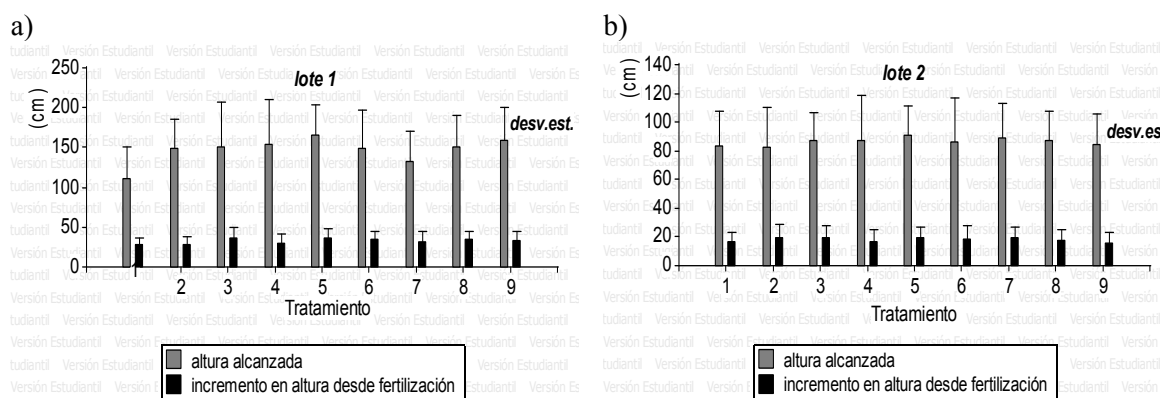


Figura 1. Altura al momento de evaluación de daños por heladas, e incrementos promedio por tratamiento en el ensayo en 2010. **a)** Lote 1; **b)** Lote 2.

En 2011 las heladas fueron más intensas y frecuentes en el período de evaluación del ensayo (Tabla 5). En cuanto a la fertilización para inducir resistencia al frío, las Tablas de contingencia indicaron que no hay correlación significativa (Chi cuadrado de Pearson p-valor=0,289) entre el grado de daño y los tratamientos de fertilización probados (Tabla 6). Este resultado coincide con lo referido por Villar-Salvador *et al.* (2005), quienes mencionan que en *Juniperus thurifera* y *Quercus coccifera* no se ha observado ningún efecto de la fertilización sobre la resistencia al frío. También Christersson (1973) y Aronsson (1980), citados por Jönsson (2004), demostraron que plantas fertilizadas con altas dosis de potasio sufrieron igualmente daños por efecto de las heladas. Por el contrario, Hawkins *et al.* (1995) encontraron para *Thuja plicata* y *Pseudotsuga menziensis* que diferentes tratamientos de fertilización de N y P provocaron diferencias en el grado de resistencia al frío durante el otoño. En *Pinus pinea*, una alta fertilización nitrogenada incrementó el daño causado por una helada de -8°C . Se ha observado que el potasio aumenta el grado de endurecimiento en algunas especies forestales (Christersson, 1976, citado por Vilagrosa *et al.*, 2006). En oposición, Josefek (1989) encontró que plantines de *Betula pendula* fertilizados con dosis bajas de potasio presentaron mayor tolerancia a las heladas, mientras que las dosis más altas redujeron su tolerancia al frío. Con respecto al nitrógeno, en algunos trabajos se ha demostrado que altos niveles de este nutriente pueden retrasar y reducir el grado de endurecimiento al frío (Aronsson, 1980; Levitt, 1980; Hellergren, 1981), mientras otros muestran que no tiene efecto o incluso mejora la resistencia al frío (Hawkins *et al.*, 1995; Rikala y Repo, 1997).

Además, en el ensayo instalado en 2011 se encontró que el grado de daño por frío presenta correlación negativa (Chi cuadrado de Pearson p-valor <0,0001) con la clase de altura: las plantas de hasta 1 m de altura presentaron en su mayoría grado de daño medio (80%), en las plantas de la clase de 100-300 cm de altura el daño fue principalmente medio (61% de las plantas) y en menor proporción de grado leve (34% de las plantas de ese rango de alturas), mientras que de las plantas de más de 3 metros de altura la mitad presentó daños en grado leve y la otra mitad en grado medio (Tabla 7).

Tabla 5. Registros de temperatura mínima de la estación meteorológica INTA Concordia durante el período desde instalación hasta evaluación del ensayo de 2011.

ABRIL 2011		MAYO 2011		JUNIO 2011		JULIO 2011		AGOSTO 2011		SEPTIEMBRE 2011	
DIAS	MINIMA	DIAS	MINIMA	DIAS	MINIMA	DIAS	MINIMA	DIAS	MINIMA	DIAS	MINIMA
1	17,5	1	10,5	1	4,8	1	-1,4	1	6,0	1	3,5
2	16,5	2	6,7	2	7,3	2	-0,1	2	4,5	2	5,0
3	15,6	3	5,3	3	6,5	3	-1,4	3	6,0	3	13,0
4	15,0	4	5,5	4	2,2	4	-3,8	4	1,0	4	13,0
5	8,5	5	9	5	-0,3	5	-1,8	5	2,9	5	6,1
6	10,5	6	8,5	6	7,0	6	-2,4	6	4,2	6	2,9
7	13,0	7	6,2	7	6,3	7	-2,5	7	10,0	7	5,0
8	15,6	8	10,6	8	4,5	8	-0,4	8	13,0	8	6,5
9	12,0	9	8,0	9	3,0	9	3,5	9	14,5	9	5,0
10	12,0	10	11,6	10	4,0	10	9,6	10	14,5	10	11,2
11	13,5	11	17,5	11	7,0	11	9,2	11	10,3	11	5,0
12	15,0	12	13,8	12	8,8	12	10,0	12	17,3	12	6,0
13	13,6	13	11,2	13	5,7	13	11,4	13	9,0	13	11,2
14	18,2	14	12,9	14	3,8	14	14,2	14	5,2	14	6,9
15	14,8	15	10,0	15	13,0	15	16,5	15	12,5	15	8,5
16	12,2	16	7,4	16	15,6	16	8,2	16	10,2	16	17,5
17	12,8	17	8,5	17	15,0	17	6,6	17	8,4	17	13,0
18	6,5	18	8,0	18	15,0	18	11,0	18	10,8	18	10,5
19	9	19	7,7	19	16,5	19	6,8	19	4,9	19	8
20	15,4	20	11,4	20	14,5	20	6,1	20	1,8	20	8,2
21	16,2	21	10,4	21	12,2	21	3,0	21	-0,5	21	6,0
22	15,6	22	13,5	22	11,5	22	0,1	22	-0,8	22	8,5
23	9,5	23	11	23	6	23	4	23	2,2	23	9,8
24	4,5	24	10,2	24	2,1	24	6,5	24	4,6	24	6,3
25	6,1	25	11,5	25	5,6	25	13,2	25	7,1	25	10,5
26	9,4	26	9,8	26	0,2	26	6	26	5,2	26	12,1
27	10,5	27	6,0	27	-1,7	27	4,5	27	11,5	27	13,5
28	12,3	28	6,5	28	-1,1	28	12,6	28	8	28	13,4
29	14,5	29	5,0	29	0,8	29	9,0	29	6,8	29	16,3
30	12	30	9,1	30	3,2	30	5,5	30	6	30	13,4
		31	8,5			31	1,6		2,4		
minima media	12,6		9,4		6,6		5,3		7,1		9,2
minima absoluta	4,5		5,0		-1,7		-3,8		-0,8		2,9

Tabla 6. Tabla de contingencia del grado de daño y los tratamientos de fertilización

Tratamiento	0	1	2	3	4
T2	0	20	78	2	0
T9	0	24	70	6	0
T5	0	24	76	0	0
T8	0	25	73	2	0
T3	2	26	62	6	4
T4	0	26	66	5	3
T6	2	34	58	7	0
T1	0	36	52	10	2
T7	3	36	53	3	3

Frecuencias relativas por filas (expresadas como porcentajes)

En columnas: grado de daño

Tabla 7. Correlación entre el grado de daño por frío y la clase de altura al momento de la evaluación del daño.

Altura (cm)	0	1	2	3	4
0-100	0	8	80	7	5
100-300	1	34	61	4	1
>300	0	50	50	0	0

Frecuencias relativas por filas (expresadas como porcentajes)

En columnas: grado de daño

Con respecto al efecto de los tratamientos sobre el crecimiento, en 2011 las plantas del tratamiento T6 alcanzaron una altura promedio significativamente mayor que la mayoría de los tratamientos, a excepción de T3, del que no se diferenció estadísticamente. El mayor incremento en altura lo presentaron las plantas de T6 y T3 en comparación con las de T1, T4 y T5, pero no se diferenciaron estadísticamente del testigo (Figura 2).

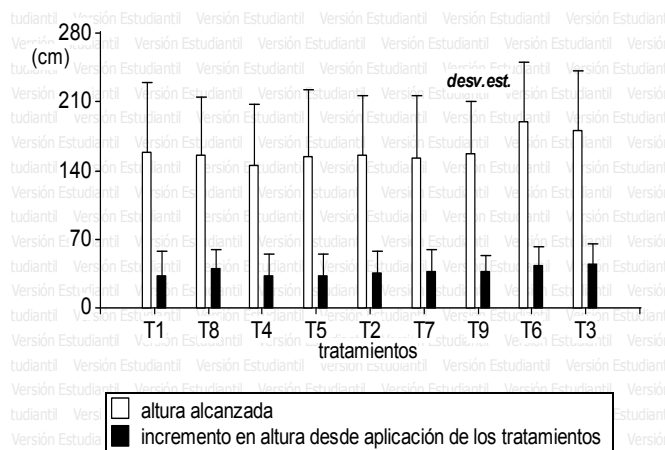


Figura 2. Altura al momento de evaluación de daños por heladas e incrementos promedio por tratamiento en el ensayo de 2011.

4. CONCLUSIONES

La fertilización de otoño en plantaciones de eucalipto de la primavera anterior, con diferentes dosis de potasio y nitrógeno, no muestra ningún efecto sobre la resistencia de las plantas a las heladas. Sin embargo, el grado de daño por heladas se correlaciona significativamente con la altura alcanzada por estas, siendo mayor el daño cuanto menor es el tamaño de las plantas. Por ello la aplicación de fertilizantes que incrementen la altura de las plantas antes del período con heladas podría disminuir la incidencia de las mismas sobre montes jóvenes de eucalipto.

AGRADECIMIENTOS:

A N. Calgaro y Exserciyán-Borgo S.A. por permitirnos la realización de los ensayos en sus respectivas propiedades, al Proyecto Regional Forestal CRER por la financiación del estudio, a Leonel Harrant por su opinión técnica y al personal de apoyo del Área Forestal de la EEA Concordia (INTA) por la colaboración en las tareas a campo.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio, J. L.; C. Monticelli y A. Ghio. 2004. "Fertilización de *Eucalyptus grandis* con NPK y micronutrientes: respuesta en suelos arenosos del Sudoeste de Corrientes". XIX Jornadas Forestales de Entre Ríos. CD ISSN 1667-9253.
- Aronsson, A. 1980. "Frost hardiness in Scots Pine (*Pinus silvestris* L.)". Stud. For. Suec. 155, 1–27.
- Aronsson, A. 1985. "Indications of stress at unbalanced nutrient contents of spruce and pine". K. Skogs- o. Lantbr. akad. tidskr. Suppl. 17, 40–51.

- Arruda, S. R., y E. Malavolta. 2001. "Nutricao e adubacao potassica em Eucalyptus". Informacoes Agronômicas, POTAFOS. Encarte Técnico 91:1-10.
- Barra, T. S. 1986. "Fertilización forestal". Departamento Forestal de Zonas Húmedas. Cancillería de Agricultura. Junta de Galicia, España. 143 p.
- Bunse, G. C. y D. Ramilo. 2010. "Comportamiento en heladas de nuevos clones de eucaliptos en Colón, Provincia de Entre Ríos". XXIV Jornadas Forestales de Entre Ríos. CD ISSN 1667-9253.
- Chirino Miranda, E.; A. Vilagrosa y E. Rubio Aniorte. 2003. "Efectos de la reducción del riego y la fertilización en las características morfológicas de *Quercus suber*". Reunión del Grupo de Repoblaciones Forestales de la S.E.C.F. Murcia [editado en CD].
- Christersson, L. 1973. "The effect of inorganic nutrients on water economy and hardiness of conifers. Part 1. The effect of varying potassium, calcium and magnesium levels on water content, transpiration rate and the initial phase of development of frost hardiness of *Pinus sylvestris* seedlings". Stud. For. Suec. 103, 1-26.
- 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". Studia Forestalia Suecica 136: 1-22.
- Di Rienzo, J. A.; F. Casanoves; M. G. Balzarini; L. Gonzalez; M. Tablada y C. W. Robledo. "InfoStat versión 2010". Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Driessche, R. van den. 1992. "Changes in drought resistance and root growth capacity of container seedlings in response to nursery drought, nitrogen, and potassium treatments". Canadian Journal of Forest Research 22: 740-749.
- Egilla, J. N.; F. T. Davies Jr. y M. C. Drew. 2001. "Effect of potassium on drought resistance of *Hibiscus rosa-sinensis* cv. *Leprechaun*: Plant growth, leaf macro and micronutrient content and root longevity". Plant and Soil 229: 213-224.
- Fischer, R. A. y T. C. Hsiao. 1968. "Stomatal opening in isolated epidermal strip of *Vicia faba*. II. Responses to KCl concentration and the role of potassium adsorption". Plant Physiology 43: 1953-1958.
- Gaitán, J. J.; F. Larocca y F. Dalla Tea. 2004. "Fertilización de *Eucalyptus grandis*: dinámica de la respuesta durante la rotación comercial". XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo y II Simposio Nacional sobre Suelos Vertisólicos, Paraná, junio de 2004.
- Hansen, J. M. 1992. "Effects of nutritional factors on frost hardening in *Larix leptolepis* (Sieb & Zucc.) Gord. Scand". J. For. Res. 7, 183-192.
- Hawkins, B. J.; M. Davradou; D. Pier y R. Shortt. 1995. "Frost hardiness and winter photosynthesis of *Thuja plicata* and *Pseudotsuga menziesii* seedlings grown at three rates of nitrogen and phosphorus supply". Can. J. For. Res. 25, 18-28.
- Hellergren, J. 1981. "Frost hardiness development in *Pinus sylvestris* seedlings in response to fertilization". Physiologia Plantarum 52: 297-301.
- Humble, G. D. y T. C. Hsiao. 1969. "Specific requirement of potassium for light-activated opening of stomata in epidermal strips". Plant Physiology 44: 230-234.
- Jack, T. M. 1984. "Nutrients and fertilization". In: Southern Pine Nursery Handbook. United States Department of Agriculture, Forest Service Southern Region. Atlanta, Georgia. pp. 12.1-12.38.
- Jönsson, A. M.; M. Ingerslev y K. Raulund-Rasmussen. 2004. "Frost sensitivity and nutrient status in a fertilized Norway spruce stand in Denmark". Forest Ecology and Management 201:199-209
- Josefek, H. J. 1989. "The effect of varying levels of potassium on the frost resistance of birch seedlings". Silva Fennica 23 (1): 21-31.

- Klein, R. M.; T. D. Perkins y H. L. Myers. 1989. "Nutrient status and winter hardiness of red spruce foliage". *Can. J. For. Res.* 19, 754–758.
- Landis, T. D.; R. W. Tinus y J. P. Barnett. 1989. "The container Tree Nursery Manual". Volume 6, Seedling propagation. *Agricultural Handbook*. 674. USDA Forest Service, Washington, DC.
- Larsen, J. B.; O. Muhle y H. Lohbeck. 1978. "Untersuchungen zur Bestandesbegründung der Douglasie. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen versuchsanstalt". Band 52. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main (In German, with English summary).
- Levitt, J. 1980. "Responses of plants to environmental stresses. I. Chilling, freezing, and high temperature stresses". Academic Press, New York. 497 pp.
- Pellett, H. M. y J. V. Carter. 1981. "Effect of nutritional factors on cold hardiness of plants". *Hortic. Rev.* 3, 144–171.
- Perkins, T. D. y G. T. Adams. 1995. "Rapid freezing induces winter injury symptomatology in red spruce foliage". *Tree Physiol.* 15:259–266.
- Puértolas, J. 2003. "Efecto del riego y la fertilización nitrogenada sobre la calidad de planta de *Pinus halepensis* Mill. y su comportamiento en campo". Tesis doctoral inédita. Universidad Politécnica de Madrid.
- Ramírez-Cuevas, Y. y D. A. Rodríguez-Trejo. 2010. "Resistencia a bajas temperaturas en *Pinus hartwegii* sometido a diferentes tratamientos con potasio". *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 16 (1):79-85
- Rikala, R. y T. Repo. 1997. "The effect of late summer fertilization on the frost hardening of second-year Scots pine seedlings". *New Forests* 14: 33-44.
- Rodríguez, S. F. 1999. "Fertilizantes. Nutrición vegetal". AGT Editor. México, D. F. 15 pp.
- Vilagrosa, A.; P. Villar-Salvado y J. Puértolas. 2006. "El endurecimiento en vivero de especies forestales mediterráneas". En: Cortina J.; R. Savé; J. Puértolas y A. Vilagrosa (eds.). *Calidad de planta forestal para la restauración de ambientes mediterráneos. Estado actual de conocimientos*. DGB. Ministerio de Medio Ambiente. Serie Forestal. Madrid-España. pp. 119-140.
- Villar-Salvado, P.; J. Puértolas; J. L. Peñuelas y R. Planelles. 2005. "Effect of nitrogen fertilization in the nursery on the drought and frost resistance of Mediterranean forest species". *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 14: 408-418.

