

CONTENIDOS FOLIARES EN MACRO Y MICRONUTRIENTES EN NUEVE ESPECIES DE *EUCALYPTUS* EN EL NOROESTE ESPAÑOL

E. ESPAÑOL, R. ZAS, G. VEGA

Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán. Xunta de Galicia.
Apdo. 127, 36080 Pontevedra. España
rzas@sfp.cifl.cesga.es

RESUMEN

Se estudian las fuentes de variación de los contenidos foliares en macro y micronutrientes en un ensayo de procedencias de nueve especies de eucaliptos (*E. badjensis*, *E. globulus* ssp. *bicostata*, *E. cypellocarpa*, *E. delegatensis*, *E. fastigata*, *E. nitens*, *E. obliqua*, *E. smithii*, y *E. viminalis*) en el noroeste de España. La parcela se asienta sobre un suelo ácido granítico, franco arenoso y pobre en P y Mg. Se tomaron cuatro series de muestras foliares a lo largo de un año (febrero, abril, agosto y noviembre de 1996) sobre seis repeticiones de cada procedencia y especie. En cada muestra se analizaron los contenidos en N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn. Existen diferencias altamente significativas en los contenidos foliares entre las especies estudiadas, y a su vez, diferencias importantes respecto a la bibliografía consultada (niveles inferiores en N, P y K, con alta descompensación N-P y niveles superiores en Ca y Mg para la mayoría de las especies). La influencia de la época de muestreo es muy patente para todos los nutrientes y especies, mientras el efecto procedencia sólo es significativo para algunos nutrientes en determinadas especies. Dentro de una misma especie, las distintas procedencias se comportan de manera similar en su evolución estacional.

PALABRAS CLAVE: *Eucalyptus* sp.
Análisis foliar
Nutrientes
Variación estacional
Procedencias

INTRODUCCIÓN

Eucalyptus globulus Labill. es una de las principales especies forestales productoras del norte español. Sin embargo, su sensibilidad al frío impide su expansión por encima

Recibido: 3-9-99
Aceptado para su publicación: 13-3-00

de los 400-500 m. En la actualidad, en España y otros países europeos, se buscan procedencias y especies de eucaliptos de alto rendimiento, buenas características para la producción de pasta de papel y capacidad para vivir allá donde *E. globulus* encuentra limitaciones por frío (Kuzminsky *et al.*, 1989; Sheppard y Cannell, 1987; Español *et al.*, 1993).

La influencia del estado nutritivo en la sensibilidad al frío ha sido estudiada en varias especies forestales, principalmente coníferas, pero frecuentemente los resultados son contradictorios (Hawkins *et al.*, 1996). Así, algunos autores encuentran que las plantas fertilizadas, con mayores concentraciones foliares en N, P y K, muestran más resistencia al frío que aquellas no fertilizadas o con concentraciones foliares críticas (Rikala y Repo, 1997; Klein *et al.*, 1989). Sin embargo otros estudios indican que ciertas condiciones nutritivas limitantes pueden afectar positivamente a la resistencia al frío (Jalkanen *et al.*, 1998; Hawkins *et al.*, 1996). Estas aparentes contradicciones pueden deberse a que otros factores como la especie, edad, estado de desarrollo, duración del período vegetativo y época de aplicación de fertilizantes influyen en la interacción nutrición —resistencia al frío (Klein *et al.*, 1989; Hawkins *et al.*, 1996).

La utilización de la analítica foliar es una de las técnicas cada vez más empleada para conocer el estado nutritivo de las plantaciones de eucaliptos y asesorar las fertilizaciones más adecuadas (Lambert, 1984). El modelo de niveles críticos y la aplicación del sistema DRIS (*Diagnosis and Recommendation Integrated System*) son las técnicas más utilizadas (Needham *et al.*, 1990).

Para una determinada especie, las distintas fuentes de variación de las concentraciones foliares condicionarán la aplicabilidad y eficacia de estos sistemas de diagnóstico (Bates, 1971). Por un lado, la variabilidad encontrada en los contenidos foliares entre distintas procedencias puede ser importante (Driessche, 1973), dificultando la definición de niveles de referencia para una determinada especie. Por otra parte, es preciso conocer la fluctuación estacional de las concentraciones foliares de los distintos nutrientes para poder realizar comparaciones y aplicar los distintos sistemas de diagnóstico (Bates, 1971).

El presente estudio pretende mostrar las fuentes de variación en los contenidos foliares de macro y micronutrientes en nueve especies de eucaliptos en el noroeste español. Se estudia la variación entre especies y procedencias dentro de cada especie, y la influencia de la época de muestreo en los contenidos foliares en N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn.

MATERIAL Y MÉTODOS

La parcela de estudio se localiza en el Monte Devesa del Escribano, en el ayuntamiento de Antas de Ulla, provincia de Lugo (UTM: 29TNH592-4731) a una altitud de 670 m, pendiente del 15 % y orientación noroeste. La plantación se realizó en primavera de 1992 a marco de 3 m al tresbolillo con planta de una savia en contenedor. La parcela ocupa una extensión de 1,8 ha.

El clima es oceánico templado de inviernos relativamente fríos. Las precipitaciones son abundantes con una distribución principalmente invernal. En la Fig. 1 se muestran las curvas de precipitaciones y temperaturas del año de estudio para las estaciones meteorológicas más próximas a la parcela.

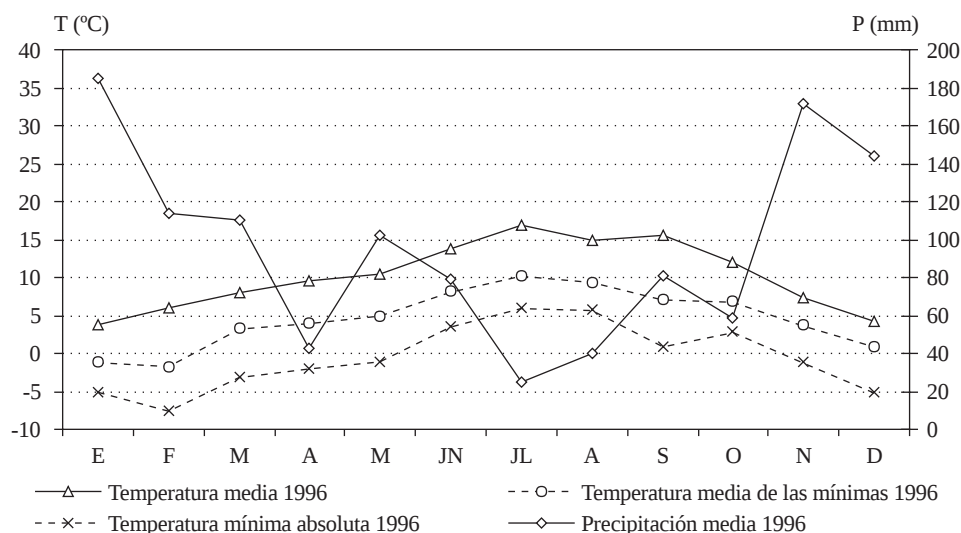


Fig. 1.—Régimen térmico y pluviométrico en el año 1996 para la parcela de estudio
Rainfall and temperature at test site in 1996

Precipitaciones: Estación 1446-O, Antas de Ulla (distancia = 6 km, altitud = 570 m). Temperaturas: Estación 1531-O, Vacaloura (distancia = 12 km, altitud = 800 m), corregida según el gradiente $-0.65^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ de desnivel.
Rainfall: Antas de Ulla Station (distance = 6 km, high = 570 m). Temperatures: Vacaloura Station (distance = 12 km, high = 800 m), amended according to gradient $-0.65^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ of altitude.

En la Tabla 1 se muestran los resultados del análisis del perfil edáfico. La roca madre es granito de dos micas (muscovita y biotita). Se trata de un suelo ácido, de textura franco arenosa y escasa capacidad de retención de agua. Relación C/N elevada y materia orgánica poco descompuesta. Contenidos bajos de P, carbonatos y Mg, con posibles problemas de asimilación del fósforo debido a la facilidad de lavado, pH ácido y posibles fijaciones de P al ser los carbonatos relativamente escasos (Macías *et al.*, 1982).

La parcela tiene un diseño experimental de bloques completos al azar mono-específicos, con tres repeticiones de cada bloque. Cada bloque está formado por seis individuos de cada procedencia de la especie. Las tomas de muestras foliares se realizaron en febrero, abril, agosto y noviembre de 1996 sobre un único bloque para cada especie (seis muestras foliares por procedencia y fecha de muestreo). Se tomaron muestras de hojas situadas en la parte alta de la copa del árbol (1/3 superior) y orientadas hacia el NW. Tras retirar el nervio central y previo lavado con agua destilada, las muestras se congelaron a -30°C . Posteriormente se liofilizaron y molieron en molino de acero inoxidable. La digestión se realizó por vía seca. El Fe, Zn, Cu, Mn, Ca y Mg se determinó por espectrofotometría de absorción atómica (espectrofotómetro Perkin Elmer) y el K, por espectrofotometría de emisión. El nitrógeno se determinó según el método de Kjeldahl (Benton *et al.*, 1991). El fósforo se determinó por el método colorimétrico de Bray-II (Bray y Kurtz, 1945) en espectrofotómetro UV-VIS Beckman.

TABLA 1
ANALÍTICA DEL PERFIL EDÁFICO DE LA PARCELA DE ESTUDIO
Soil chemical and physical properties for trial area

	P (cm)	C mS/cm	pH	C/N	%			ppm				%		
					CaCO ₃	M.O.	N	P	K	Mg	Ca	Arena	Limo	Arcilla
1	0-20	0,10	5,57	11,4	1,81	9,8	0,50	8,0	78	67	2174	80	16	4
2	20-45	0,12	6,01	13,8	1,81	9,0	0,38	9,6	51	46	3417	80	16	4
3	45-85	0,16	6,41	11,3	1,21	4,5	0,23	8,0	23	67	2599	88	8	4

Los análisis estadísticos se desarrollaron en el paquete SAS System r. 6.12. Se utilizó un análisis de varianza de muestras repetidas (cuatro fechas de muestreo). En todos los análisis se evaluó la normalidad de los residuos (Test de Kolmogorov) y en caso de no cumplirse se procedió a la transformación de la variable dependiente (nutrientes, transformación logarítmica o raíz cuadrada). Para la comparación de medias se utilizó el test de LSD al nivel de significación del 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las concentraciones medias de macro y micronutrientes encontradas para las distintas especies a lo largo del período de estudio se muestran en la Tabla 2 y Tabla 3. Al contrario que lo indicado por Schönau (1981b) se observan diferencias evidentes entre las distintas especies estudiadas para todos los nutrientes.

Eucalyptus delegatensis muestra las concentraciones más bajas de N, P y K, contrastando con valores máximos para Ca y Mg. Por el contrario *Eucalyptus smithii* muestra los niveles más altos de N, P y K y los valores mínimos de Ca y Mg. En cuanto a los micronutrientes *E. viminalis* y *E. badjensis* tienen niveles altos en relación con las demás especies, mientras que *E. cypellocarpa* muestra los niveles más bajos.

Los niveles foliares encontrados son, por lo general, inferiores en N, P y K, y superiores en Ca y Mg a los valores críticos descritos en otros países para la mayoría de las especies (Tabla 4). A su vez, el balance N:P aparece claramente mayor que los óptimos descritos en la bibliografía. El escaso contenido de P en el suelo (Tabla 1) podría explicar esta descompensación. De esta manera, fertilizaciones correctoras NPK, con alta proporción en P, mejorarían el crecimiento de los árboles.

De la Tabla 5 se desprende que la influencia de la época del año en las concentraciones foliares de todos los elementos es altamente significativa para todas las especies, con pocas excepciones. Por su parte, el efecto procedencia sólo es significativo para algunos nutrientes en determinadas especies. Así, mientras para *E. fastigata* y *E. smithii* la influencia de la procedencia no es significativa para ningún elemento, en *E. delegatensis*, la especie con más procedencias estudiadas, el efecto procedencia influye en las concentraciones de N, Ca, Mg, Mn y Fe.

TABLA 2
NIVELES FOLIARES DE MACRONUTRIENTES EN LAS NUEVE ESPECIES DE *EUCALYPTUS*

Macronutrient foliar levels of nine species of Eucalyptus

	Concentraciones foliares (%) Foliar levels (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
<i>E. badjensis</i>	1,7 ± 0,04 ^a	0,08 ± 0,006 ^{bc}	0,40 ± 0,02 ^c	0,95 ± 0,08 ^b	0,13 ± 0,024 ^d
<i>E. globulus bicostata</i>	1,5 ± 0,02 ^c	0,08 ± 0,002 ^b	0,49 ± 0,02 ^a	1,10 ± 0,04 ^a	0,18 ± 0,007 ^c
<i>E. cypellocarpa</i>	1,2 ± 0,02 ^f	0,07 ± 0,002 ^{ef}	0,43 ± 0,01 ^b	0,68 ± 0,02 ^{de}	0,12 ± 0,004 ^d
<i>E. delegatensis</i>	1,2 ± 0,01 ^f	0,06 ± 0,001 ^f	0,34 ± 0,00 ^d	1,09 ± 0,02 ^a	0,32 ± 0,005 ^a
<i>E. fastigata</i>	1,3 ± 0,03 ^{ef}	0,07 ± 0,003 ^{cd}	0,40 ± 0,01 ^c	0,88 ± 0,05 ^{bc}	0,30 ± 0,009 ^a
<i>E. nitens</i>	1,4 ± 0,02 ^{cd}	0,08 ± 0,001 ^{bc}	0,39 ± 0,01 ^c	0,80 ± 0,02 ^{cd}	0,20 ± 0,007 ^{bc}
<i>E. obliqua</i>	1,4 ± 0,02 ^{de}	0,07 ± 0,001 ^{de}	0,33 ± 0,01 ^d	0,57 ± 0,02 ^e	0,22 ± 0,005 ^b
<i>E. smithii</i>	1,8 ± 0,05 ^a	0,10 ± 0,003 ^a	0,47 ± 0,01 ^a	0,60 ± 0,03 ^e	0,13 ± 0,004 ^d
<i>E. viminalis</i>	1,6 ± 0,02 ^b	0,08 ± 0,002 ^{bc}	0,49 ± 0,01 ^a	0,99 ± 0,03 ^{ba}	0,19 ± 0,006 ^c

Media ± error estándar. Especies seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes según el test LSD ($p < 0,05$).

Mean ± standard error. Species followed by the same letter are not different at $p < 0.05$ (LSD test).

TABLA 3
NIVELES FOLIARES DE MICRONUTRIENTES (Fe, Cu, Zn y Mn) EN LAS NUEVE ESPECIES DE *EUCALYPTUS*

Micronutrient foliar levels (Fe, Cu, Zn and Mn) in nine species of Eucalyptus

	Concentraciones foliares (ppm)			
	Fe	Cu	Zn	Mn
<i>E. badjensis</i>	37,0 ± 2,4 ^b	7,3 ± 0,5 ^a	8,2 ± 0,6 ^{bcd}	1745 ± 175 ^a
<i>E. globulus bicostata</i>	33,2 ± 0,9 ^{cd}	6,2 ± 0,4 ^{bc}	7,1 ± 0,3 ^d	577 ± 27 ^d
<i>E. cypellocarpa</i>	29,7 ± 0,9 ^e	4,4 ± 0,3 ^e	7,2 ± 0,6 ^{cd}	863 ± 40 ^c
<i>E. delegatensis</i>	36,0 ± 0,4 ^{bc}	5,5 ± 0,1 ^{cd}	0,0 ± 0,2 ^b	1054 ± 21 ^b
<i>E. fastigata</i>	31,0 ± 1,1 ^{de}	6,7 ± 0,4 ^{ab}	7,7 ± 0,3 ^{bcd}	514 ± 29 ^d
<i>E. nitens</i>	35,8 ± 0,7 ^{bc}	6,0 ± 0,3 ^{bc}	8,6 ± 0,3 ^{bcd}	1073 ± 35 ^b
<i>E. obliqua</i>	38,9 ± 0,8 ^b	5,2 ± 0,2 ^{cde}	13 ± 0,5 ^a	500 ± 17 ^d
<i>E. smithii</i>	46,3 ± 1,3 ^a	4,7 ± 0,3 ^{de}	8,8 ± 0,4 ^{bc}	447 ± 19 ^d
<i>E. viminalis</i>	46,6 ± 1,0 ^a	5,7 ± 0,3 ^{bcd}	11,8 ± 0,5 ^a	1002 ± 36 ^{bc}

Media ± error estándar. Especies seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes según el test LSD ($p < 0,05$).

Mean ± standard error. Species followed by the same letter are not different at $p < 0.05$ (LSD test).

TABLA 4
COMPARACIÓN RELATIVA DE LOS NIVELES FOLIARES DE LA
PARCELA DE ESTUDIO CON LOS NIVELES ENCONTRADOS EN LA
BIBLIOGRAFÍA

*Foliar levels comparison between plot site and reference values
founded in bibliography*

ESPECIE	OBSERVACIONES	REFERENCIAS
<i>E. globulus ssp. bicostata</i>	Niveles críticos de N y P y niveles marginales de K Niveles marginales de N, críticos de P y K, y exceso de Ca Niveles bajos de P y Zn y exceso de Ca Niveles críticos de N Balance N:P elevado	González <i>et al.</i> (1985) Judd <i>et al.</i> (1996) Prado y Toro (1996) Shedley <i>et al.</i> (1995) Cromer <i>et al.</i> (1981); González <i>et al.</i> (1985)
<i>E. delegatensis</i>	Niveles críticos de N, P, K, Fe y Zn y exceso relativo de Ca, Mg y Mn	Knigh y Nicholas (1996); Prado y Toro (1996)
<i>E. fastigata</i>	Niveles críticos de N, P y K Balance N:P descompensado	Knigh y Nicholas (1996); Will (1985) Knigh (1987)
<i>E. nitens</i>	Niveles críticos de N, P, K y exceso relativo de Ca y Mg Balance N:P descompensado Niveles bajos de Fe y Zn	Knigh y Nicholas (1996); Judd <i>et al.</i> (1996); Will (1986) Judd <i>et al.</i> (1996) Knigh & Nicholas (1996); Will (1986)
<i>E. obliqua</i>	Niveles bajos de K y Mg y exceso de Ca	Attiwill <i>et al.</i> (1996)

Por su parte, la interacción entre la procedencia y la época de muestreo es poco significativa para la mayoría de nutrientes y especies: las distintas procedencias se comportan de forma más o menos similar a lo largo del tiempo. *E. delegatensis* es la principal excepción con interacciones estación x procedencia en la mayoría de los nutrientes.

La variabilidad encontrada entre especies y épocas de muestreo, y las diferencias existentes respecto a otros trabajos equivalentes, implica la necesidad de una normalización del sistema de muestreo para las condiciones locales del noroeste español. A su vez, se hacen necesarios trabajos que relacionen los contenidos foliares con desarrollo y producción, que permitan definir niveles o rangos críticos locales para las distintas especies y nutrientes y, por tanto, poder utilizar la analítica foliar como herramienta para asesorar los programas de fertilización.

TABLA 5

**RESUMEN DE LOS ANÁLISIS DE VARIANZA DE MUESTRAS REPETIDAS
(CUATRO FECHAS DE MUESTREO) PARA LOS NUEVE ELEMENTOS
SEGÚN PROCEDENCIAS, ANALIZADOS PARA CADA ESPECIE POR
SEPARADO**

*Repeated measures analysis of variance for the nine nutrients by procedences, analysed
each species separatly*

Especie	n	Fuentes de variación	Nivel de significación Significance level								
			N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
<i>E. globulus ssp. bicostata</i>	6	fecha de muestreo procedencia est x proc	***	***	***	***	n.s.	n.s.	**	***	***
			**	**	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
			n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**
<i>E. cypellocarpa</i>	4	fecha de muestreo procedencia est x proc	***	***	***	***	n.s.	n.s.	***	*	***
			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***	n.s.	*	n.s.	n.s.
			**	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.
<i>E. delegatensis</i>	43	fecha de muestreo procedencia est x proc	***	***	***	***	***	*	***	***	***
			***	n.s.	n.s.	***	***	*	n.s.	n.s.	***
			***	*	**	*	***	n.s.	n.s.	*	**
<i>E. fastigata</i>	6	fecha de muestreo procedencia est x proc	***	***	***	***	***	***	***	***	***
			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
			n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>E. nitens</i>	11	fecha de muestreo procedencia est x proc	n.s.	***	***	*	***	***	**	***	**
			*	*	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.
			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>E. obliqua</i>	16	fecha de muestreo procedencia est x proc	***	***	***	*	***	***	***	***	***
			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***	n.s.
			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>E. smithii</i>	6	fecha de muestreo procedencia est x proc	**	***	***	***	***	**	***	**	*
			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<i>E. viminalis</i>	14	fecha de muestreo procedencia est x proc	***	***	***	***	n.s.	***	***	***	***
			n.s.	n.s.	n.s.	*	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.

Niveles de significación: n.s.= no significativo; * = $P<0,05$; ** = $P<0,01$; *** = $P<0,001$. n = número de procedencias / especie

Significance levels: n.s. = no significant; * = $p<0.05$; ** = $P<0.01$; ***= $P<0.001$. n = number of provenances / species

AGRADECIMIENTOS

A Diana Bazarra y Montserrat Rodríguez, técnicas del laboratorio del Departamento de Producción del C.I.F. Lourizán.

SUMMARY

Macro and micronutrient foliar concentrations in nine eucalyptus species in northwest Spain

Sources of variation in foliar nutrient concentration are studied in a provenances test of nine eucalyptus species (*E. badjensis*, *E. globulus* ssp. *bicostata*, *E. cypellocarpa*, *E. delegatensis*, *E. fastigata*, *E. nitens*, *E. obliqua*, *E. smithii* and *E. viminalis*) in north-western Spain. Sample plot is on an acid and sandy soil, poor in P and Mg. Parent material is granite. Four foliar samples series were collected in February, April, August and November 1996 from six plants of each provenance and species. Samples were analysed for N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn and Mn. There are significant differences between species and also, important differences between our results and those reported in other studies (in our test plot there are lower levels of N, P and K and higher levels of Ca and Mg for most of the species studied). Seasonal effects are very important in all nutrients and species. Differences between provenances are not clear and provenances-season interaction is not significant in most of cases.

KEY WORDS: *Eucalyptus* sp.
Foliar analysis
Nutrients
Season fluctuation
Provenances

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATTIWILL P.M., POLGLASE P.J., WESTON C.J., ADAMS M.A., 1996. Nutrient cycling in forest of south-eastern australia. In: Nutrition of Eucalypts. Eds. P.M. Attiwill and M.A. Adams. CSIRO, Melbourne, Australia: 191-228.
- BATES T.E., 1971. Factors affecting critical nutrient concentrations in plants and their evaluation: A review. Soil Science 112: 116-130.
- BENTON J.J., WOLF J.B., MILLS H.A., 1991. Plant analysis handbook, a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. Micro-Macro-Publishing, Inc., USA, 1991.
- BRAY B.M., KURTZ L.T., 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. Soil Science, 59: 39-45.
- CROMER R.N., CAMERON D., CAMERON J.N., FLINN D.W., NEILSEN W.A., RAUPACH M., SNOWDON P., WARING H.D., 1981. Response of eucalypt species to fertilizer applied soon after planting at several sites. Australian Forestry 44: 3-13.
- DRIESSCHE R. van den, 1973. Foliar nutrient concentration difference between provenances of Douglas fir and their significance to foliar analysis interpretation. Canadian Journal of Forest Research 3, 323-328.
- ESPAÑOL E., VEGA G., BARA S., 1993. Resistencia al frío de distintas especies de eucaliptos. Variación estacional y según procedencias. In: I Congreso Forestal Español 1993. Pontevedra, Tomo 1: 259-264.
- GONZÁLEZ ESPARCIA E., PENALVA RODRÍGUEZ F., GÓMEZ ALTAMIRANO C., 1985. Exigencias nutritivas del *Eucalyptus globulus* en el suroeste español comparadas con las de otras especies. Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias 9, 63-74.
- HAWKINS B.J., HENRY G., WHITTINGTON J., 1996. Frost hardiness of *Thuja plicata* and *Pseudotsuga menziesii* seedlings when nutrient supply varies with season. Canadian Journal of Forest Research 26(8): 1509-1513.
- JALKANEN R.E., REDFERN D.B., SHEPPARD L.J., 1998. Nutrient deficits increase frost hardiness in Sitka spruce (*Picea sitchensis*) needles. Forest Ecology and Management 107 (1-3): 191-201.

- JUDD T.S., ATTIWILL P.M., ADAMS M.A., 1996. Nutrient concentrations in *Eucalyptus*: a synthesis in relation to differences between taxa, sites and components. In: Nutrition of the Eucalyptus. Eds. P.M. Attiwill and M.A. Adams. CSIRO, Melbourne, Australia, pp. 123-154.
- KLEIN R.M., PERKINS T.D., MYERS H.L., 1989. Nutrient status and winter hardiness of red spruce foliage. Canadian Journal of Forest Research 19(6): 754-758.
- KNIGHT P.J., NICHOLAS I.D., 1996. Eucalypt nutrition: New Zealand experience. In: Nutrition of Eucalypts. Eds. P.M. Attiwill and M.A. Adams. CSIRO, Melbourne, Australia, pp. 275-302.
- KNIGHT P.J., 1987. Seasonal fluctuations in foliar nutrient concentrations in a young nitrogen-deficient stand of *Eucalyptus fastigata* with and without applied nitrogen. New Zealand Journal of Forestry Science 18(1): 15-32.
- KUZMINSKY E., MUGNOZZA G.S.; VALENTINI R., SCARASCIA M.G., 1989. Valutazione della resistenza al freddo di alberi forestali con particolare riferimento al gen. *Eucalyptus*. Cellulosa e Carta, 40:4: 10-16.
- LAMBERT M.J., 1984. The use of foliar analysis in fertiliser research. In: Proceedings of IUFRO Symposium on Site and Productivity of Fast Growing Plantations, Vol. 1 Pretoria and Pietermaritzburg.
- MACÍAS, F, CALVO R.M., GARCÍA C., GARCÍA-RODEJA E., SILVA B., 1982. El material original: su formación e influencia en las propiedades de los suelos de Galicia. Anales de Edafología y Agrobiología, n.º 41: 1747-1768.
- MEAD D.J., WILL G.M., 1976. Seasonal and between-tree variation in the nutrient levels in *Pinus radiata* foliage. New Zealand Journal of Forestry Science 6: 3-13.
- NEEDHAM T.D., BURGER J.A., ODERWALD G., 1990. Relationship between diagnosis and recommendation Integrated System (DRIS) optima and foliar Nutrient Critical Levels. Soil Science Society of America Journal 54: 883-886.
- PRADO J.A.D., TORO J.A.V., 1996. Silviculture of eucalypt plantations in Chile. In: Nutrition of Eucalypts. Eds. P.M. Attiwill and M.A. Adams. CSIRO, Melbourne, Australia.
- RIKALA R., REPO T., 1997. The effect of late summer fertilisation on the frost hardening of second-year Scots pine seedlings. New Forest 14(1): 33-44.
- SCHÖNAU A.P.G., 1981a. Seasonal changes in foliar nutrient content of *Eucalyptus grandis*. South African Forestry Journal 119: 1-4.
- SCHÖNAU A.P.G., 1981b. The effects of fertilising on the foliar nutrient concentrations in *Eucalyptus grandis*. Fertilizer Research 2: 73-87.
- SHEDLEY E., DELL B., GROVE T., 1995. Diagnosis of nitrogen deficiency and toxicity of *Eucalyptus globulus* seedlings by foliar analysis. Plant and Soil 177: 183-189.
- SHEPPARD L.J., CANNELL M.G.R., 1987. Frost hardiness of subalpine eucalypts in Britain. Forestry 60(2): 239-248.
- WILL G.M., 1985. Nutrient deficiencies and fertiliser use in New Zealand exotic forests. FRI-Bulletin, Forest Research Institute, New Zealand. 1985, No. 97, 53pp.
- WILL G.M., 1986. Results from inter-laboratory comparisons of chemical analysis of standard foliage samples. In IUFRO 18th Congress, Division I. Volume I.