

Exigencia y distribución de boro en plantas de eucalipto

Requirement and distribution of boron in eucalypt seedlings

C.D.O.: 181.34

SEBASTIÃO C. ANDRADE, NAIRAM FELIX DE BARROS, ROBERTO FERREIRA DE NOVAIS,
JOSE LUIZ TEIXEIRA Y PEDRO G.L. LEAL

Departamento de Solos/UFV, 36571-000, Viçosa (MG), Brasil

SUMMARY

Eucalypt tip die-back symptoms have frequently been observed in the "Cerrado" areas, in Brazil, during the dry season, as a result of boron (B) deficiency. The intensity of this problem varies with species, indicating a possible difference in B requirement among species. Therefore, this trial was carried out to compare seedling growth and the uptake and distribution of B in four *Eucalyptus* species.

Seedlings of two provenances of *E. camaldulensis* (provenances S, less susceptible, and PR, more susceptible to die-back), *E. dunnii*, *E. globulus*, and *E. urophylla* were grown in nutrient solution with various levels of B (0; 0.01; 0.03; 0.1, 0.5 and 2.5 mg/l) in three replicates. Dry matter production and B concentration were evaluated when seedlings were 114 days old.

The maximum dry matter yield of *E. camaldulensis-S* and *E. dunnii* was 18.9 and 18.1 g/pot, while it was 23.6 and 24.9 g/pot for *E. urophylla* and *E. camaldulensis-PR*. The dry matter of *E. globulus* increased linearly with B levels. The B levels in the nutrient solution associated with the maximum yield was between 0.044 and 0.049 mg/l for *E. camaldulensis-S* and PR and *E. urophylla*; it was 0.096 mg/l for *E. dunnii* and above 0.1 mg/l for *E. globulus*. The critical concentration of B in seedling shoots was 115 mg/g for *E. dunnii*, 137 mg/g for *E. globulus*, 108 mg/g for *E. urophylla*, and 95 and 88 mg/g for *E. camaldulensis-PR* and S, respectively. The difference between the two provenances of *E. camaldulensis* is due to the higher functional B-requirement of provenance PR as compared with provenance S. Seedling die-back intensity in the control treatment (0 mg/l) followed the same sequence as observed for the critical concentrations.

RESUMEN

La muerte apical de árboles de eucalipto, común en las épocas más secas del año, ha sido corregida, total o parcialmente, por la aplicación de boro. La diferencia en la intensidad de muerte apical entre especies de eucalipto puede reflejar una exigencia nutricional diferenciada por boro. Por eso, fueron comparados el crecimiento, la absorción y distribución de B en plantas de cuatro especies de *Eucalyptus*.

Plantas de *E. camaldulensis* (procedencias Sussuarana-S- y Port Redland-PR, que presentan la menor y mayor intensidades de muerte apical, respectivamente, durante el período de sequía), *E. dunnii*, *E. globulus* y *E. urophylla* fueron cultivadas en solución nutritiva completa con seis dosis de B (0, 0.01, 0.03, 0.1, 0.5 y 2.5 mg/l). A los 114 días del inicio del estudio fueron evaluados la producción de materia seca y el nivel de B en las plantas.

Las especies pueden ser reunidas en dos grupos en relación a la producción máxima estimada o la mayor producción de materia seca total. El primero, formado por *E. camaldulensis*, procedencia S, y *E. urophylla*, con producción de 20.2 y 18.5 g/maceta, y el segundo por la procedencia PR *E. camaldulensis* y *E. dunnii*, cuyas producciones fueron de aproximadamente 15.0 g/maceta. Para *E. globulus*, la producción creció linealmente con las dosis, siendo la mayor producción de 18.9 g/maceta.

La concentración de B en la solución para la producción máxima o mayor producción fue de 0.044 y 0.049 mg/l para las procedencias de *E. camaldulensis* y *E. urophylla*, así como de 0.096 mg/l para *E. dunnii* y 0.1 mg/l para *E. globulus*. Para esta especie, la mejor concentración de B en la solución está situada entre 0.1 y 0.5 mg/l, visto que en esta concentración la producción fue de 14.7 g/maceta.

La concentración crítica de B en la parte aérea fue más elevada para *E. dunnii* y *E. globulus*, con 115 y 137 mg/g, respectivamente, seguidos por *E. urophylla* (108 mg/g) y *E. camaldulensis*, procedencias PR (95 mg/g) y S (88 mg/g).

Eucalyptus globulus fue más exigente en B, seguido del *E. dunnii*. Las diferencias entre las dos procedencias de *E. camaldulensis* se debe, aparentemente, a la mayor exigencia funcional de B de la procedencia más susceptible a la muerte apical: la PR. La intensidad de muerte apical de las plantas en la solución sin B siguió esta misma secuencia.

INTRODUCCION

La ocurrencia de la muerte apical de plantas de eucalipto cultivadas en condiciones de Cerrado ha sido observada, principalmente, durante períodos de sequía más prolongados (Barros, Novais y Neves, 1990). El problema ha sido corregido total o parcialmente por la aplicación de fertilizantes que contienen boro en su constitución.

La intensidad de la muerte apical varía con la intensidad y la duración del período seco, con la especie y con la etapa de crecimiento de la vegetación (Althoff *et al.*, 1991). La diferencia en la intensidad de la muerte apical entre plantas de diferentes especies de eucaliptos puede reflejar una exigencia nutricional diferenciada de boro.

La mayor exigencia de boro por las dicotiledóneas en relación a las monocotiledóneas depende, probablemente, de la mayor presencia de compuestos en la forma de ésteres cis-borato estables en sus paredes celulares (Marschner, 1986). Sin embargo, debe reconocerse que las especies pueden diferir entre sí en la capacidad de absorción de boro y, consiguientemente, en la exigencia diferencial del nutriente (Gupta, 1979).

A pesar de la importancia del boro en la nutrición de las plantas, su acción bioquímica específica no está bien esclarecida. Además de ser considerado, junto con el calcio, como un "cemento" en la formación de la pared celular, el boro ha sido relacionado al alargamiento y a la división celular, al metabolismo de ácidos nucleicos, de carbohidratos y de proteínas (Marschner, 1986). Hay, sin embargo, evidencias crecientes del efecto del boro sobre la membrana plasmática (Dugger, 1983). Roldan *et al.* (1992) sugieren que el boro ejerce un efecto directo o indirecto en las propiedades de esa membrana vía regulación del transporte de protones. Ferrol y Donaire (1992) agregan que en células de girasol tal regulación ocurriría por medio del efecto en la H^+ -ATPase sistema redoxes.

Otro aspecto de interés práctico, en relación a la nutrición de boro en plantas y a la posible diferencia en la exigencia de distintas especies, es la redistribución de boro de las hojas hacia otras partes de árboles frutales (Hanson, 1991). El boro ha sido tradicionalmente considerado un nutriente de baja

o nula movilidad en el floema (Mengel y Kirkby, 1982). En su estudio, Hanson (1991) roció solución conteniendo boro (500 mg/l) sobre hojas de cuatro especies frutales y constató movimiento del nutriente en primer lugar hacia yemas o brotes, seguido de corteza y madera. Ese autor cita trabajos en los que la movilidad del boro dependió de la concentración relativa del nutriente en la hoja, con movilidad mayor en plantas más bien suplidas. Esa constatación podrá tener gran importancia en la fertilización de eucaliptos en regiones sujetas a períodos secos más prolongados, donde el movimiento de boro en el suelo, en la época seca, se reduce. Así, la aplicación de boro un poco antes del término del período lluvioso podría elevar el estatus interno de la planta, dejándola en condiciones de soportar períodos de sequía más prolongados sin que la muerte apical aparezca o sea muy pronunciada.

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar la exigencia de boro de diferentes especies de eucalipto, relacionándola con el apareamiento y la intensidad del síntoma de deficiencia del nutriente.

MATERIAL Y METODOS

En solución nutritiva, fueron cultivadas plantas de *Eucalyptus camaldulensis* (dos procedencias de semillas: Port Redland, más susceptible a la muerte apical; y Sussuarana-Brasil, menos susceptible a la muerte apical), *E. dunnii*, *E. globulus* y *E. urophylla*.

Plantas con 42 días, obtenidas en banco de arena lavada, fueron transferidas a bandejas con solución de Clark completa, media fuerza, siendo después de 35 días repicadas a macetas plásticas con capacidad de 3.0 l, conteniendo solución nutritiva de Clark (Clark, 1975), menos boro. Fueron utilizadas dos plantas por maceta. Los tratamientos consistieron en las siguientes dosis de boro, en mg/l: 0, 0.01, 0.03, 0.1, 0.5 y 2.5 aplicadas en la forma de bórax, en tres repeticiones.

La solución nutritiva fue renovada semanalmente, siendo las macetas, a diario completadas con agua destilada y su pH ajustado a 6.0. A los 114 días de edad, la altura de las plantas fue medida,

las plantas cortadas, determinándose el peso de la materia seca de la parte aérea y de las raíces, separadamente. Fue determinado el nivel de boro en esos componentes por el método colorimétrico de Azometina H (Bataglia *et al.*, 1983).

RESULTADOS Y DISCUSION

En el testigo de dosis 0 mg/l de B se observó en las hojas del medio y del ápice un intenso pliegue con el borde doblado para abajo y, al mismo tiempo, secamiento y clorosis en los bordes, inten-

sificándose, con el tiempo, hacia adentro de la hoja. Esos síntomas se asemejan a los descritos por Novelino *et al.* (1982). Aunque los síntomas de deficiencia eran los mismos, la intensidad varió entre las especies, sugiriendo diferencias en sus exigencias de boro.

Eucalyptus urophylla mostró ser bastante sensible a dosis elevadas de boro, presentando síntomas de fitotoxicidad bastante intensos a partir de 0.5 mg/l.

Eucalyptus camaldulensis fue la especie más sensible a la falta de boro, ya que en esa condición fue observada una menor producción de materia

CUADRO 1

Altura (H), peso de tejidos secos de la parte aérea (PA), raíz (R) y total (To) de plantas de *Eucalyptus*, a los 114 días de edad, en respuesta a la aplicación de dosis de boro (B) en solución nutritiva.
Heigh (H), weight of dry aboveground tissue (PA), weight of dry root tissue (R), and total dry weight (To) of 114 day-old *Eucalyptus* in response to boron application in nutrient solution (B).

Especie	B mg/l	H cm	Materia seca		
			PA	R g	To
<i>E. camaldulensis</i> (Port Redland)	0.00	25.08	3.710	0.967	4.677
	0.01	51.83	13.537	3.800	17.337
	0.03	53.50	13.483	3.000	16.483
	0.10	45.41	12.530	3.363	15.893
	0.50*	50.25	11.297	2.640	13.937
<i>E. camaldulensis</i> (Sussuarana)	0.00	17.83	3.527	0.737	4.263
	0.01	52.00	19.663	4.370	24.033
	0.03	49.50	16.327	4.013	20.340
	0.10	49.58	17.300	3.670	20.970
	0.50*	50.66	19.353	4.273	23.627
<i>E. globulus</i>	0.00	16.16	4.290	0.797	5.087
	0.01	30.91	10.027	2.273	12.300
	0.03	29.50	9.143	2.303	11.447
	0.10	36.00	15.357	3.163	18.520
	0.50*	32.91	11.967	2.747	14.713
<i>E. dunnii</i>	0.00	22.33	5.023	1.237	6.260
	0.01	36.50	8.427	1.887	10.313
	0.03	38.91	14.310	3.770	18.080
	0.10	41.08	14.557	2.973	17.530
	0.50*	41.50	15.610	3.910	19.520
<i>E. urophylla</i>	0.00	15.16	4.253	0.657	4.910
	0.01	38.41	15.903	3.920	19.823
	0.03	35.33	16.407	4.357	20.763
	0.10	38.83	16.263	4.793	21.057
	0.50*	37.33	17.720	3.940	21.660

* Dosis de boro no considerada en el análisis estadístico.

CUADRO 2

Concentraciones y contenidos de boro en la parte aérea (PA), raíz (R) y total (To), en plantas de *Eucalyptus*, a los 114 días de edad, en respuesta a la aplicación de dosis de boro (B) en solución nutritiva.

Boron concentration and contents of aboveground portions (PA), roots (R), and total (To) of 114-day-old *Eucalyptus* in response to boron application in nutrient solutions (B).

Especie	B mg/l	Concentración			Contenido		
		PA	R	To	PA	R	To
		µg/g			mg/maceta		
<i>E. camaldulensis</i> (Port Redland)	0.00	67.7	228.9	99.9	0.251	0.218	0.469
	0.01	62.4	151.4	81.4	0.843	0.563	1.407
	0.03	91.6	163.5	104.9	1.227	0.485	1.712
	0.10	130.8	141.5	133.2	1.616	0.492	2.108
	0.50*	149.3	188.8	156.9	1.704	0.491	2.195
<i>E. camaldulensis</i> (Sussuarana)	0.00	62.7	218.6	91.3	0.214	0.166	0.380
	0.01	82.2	203.7	104.5	1.615	0.902	2.517
	0.03	84.7	118.3	91.2	1.381	0.471	1.852
	0.10	104.9	146.7	112.1	1.810	0.536	2.345
	0.50*	112.2	170.0	122.5	2.152	0.718	2.869
<i>E. globulus</i>	0.00	105.8	197.0	119.7	0.451	0.145	0.596
	0.01	119.4	179.0	128.6	1.193	0.369	1.562
	0.03	122.1	173.4	133.2	1.136	0.397	1.533
	0.10	135.8	145.6	137.2	2.057	0.455	2.512
	0.50*	183.4	206.6	187.7	2.209	0.573	2.782
<i>E. dunnii</i>	0.00	72.6	243.2	108.4	0.382	0.311	0.693
	0.01	117.9	238.1	140.0	0.981	0.451	1.432
	0.03	112.5	171.4	123.5	1.606	0.581	2.187
	0.10	115.1	161.6	123.2	1.690	0.481	2.172
	0.50*	148.1	202.9	156.3	2.220	0.634	2.853
<i>E. urophylla</i>	0.00	72.8	349.1	111.8	0.286	0.219	0.505
	0.01	72.8	160.3	90.6	1.128	0.608	1.736
	0.03	83.6	149.4	97.3	1.379	0.668	2.047
	0.10	153.4	186.1	160.1	2.424	0.797	3.221
	0.50*	139.3	211.6	153.0	2.296	0.834	3.130

* Dosis de boro no considerada en el análisis estadístico.

seca (cuadros 1 y 2). En el tratamiento sin boro, esta especie tuvo sus hojas, principalmente las del medio, ligeramente enrolladas hacia adentro, con sus bordes secándose en dirección al centro y la necrosis de algunos brotes terminales. Sin embargo, *E. camaldulensis* mostró ser más resistente a la fitotoxicidad por boro que las demás especies.

En relación a la intensidad de la muerte apical en la solución sin boro, la secuencia fue: *E. camaldulensis* (Sussuarana) < *E. camaldulensis* (Port Redland) < *E. urophylla* < *E. dunnii* < *E. globulus*.

El crecimiento de las plantas de todas las especies y la absorción de boro fueron significativamente afectadas por las dosis experimentadas (cuadro 3).

Para el análisis de regresión de los datos, los valores de crecimiento obtenidos con la aplicación de las dosis de 0.5 y 2.5 mg/l de B no fueron considerados, en vista del gran espacio existente entre este punto y los demás, lo que dificultó el ajuste de modelos matemáticos a los datos. Además hubo, en general, una tendencia de efecto fitotóxico de boro cuando esas dos dosis fueron utilizadas.

En esas condiciones, la relación entre crecimiento y dosis fue del tipo base raíz cuadrada, excepto para *E. globulus*, en el que la relación fue lineal (cuadro 3). En este caso, esas consideraciones se basan en los resultados obtenidos con la mayor producción, en la dosis de 0.1 mg/l de B.

CUADRO 3

Ecuaciones de regresión para altura, materia seca de la parte aérea y de la raíz, concentraciones de boro en la parte aérea¹ y contenido de boro en la parte aérea y en la raíz en plantas de *Eucalyptus*, a los 114 días de edad, en función de dosis de boro en solución nutritiva.

Regression equations and contents of aboveground portions (PA), roots (R), and total (To) of 114-day-old *Eucalyptus* as a function of boron in nutrient solution.

Especie ²	Ecuaciones	R ²
Altura (cm)		
<i>E. camaldulensis</i> (PR)	$Y = 25.89 + 310.569**X^{1/2} - 791.388**X$	97.1
<i>E. globulus</i>	$Y = 17.14 + 125.260**X^{1/2} - 213.001*X$	90.0
<i>E. dunnii</i>	$Y = 22.75 + 153.277**X^{1/2} - 303.780**X$	98.1
<i>E. camaldulensis</i> (SU)	$Y = 19.63 + 339.862**X^{1/2} - 785.338**X$	90.9
<i>E. urophylla</i>	$Y = 16.63 + 213.289**X^{1/2} - 460.643**X$	87.4
Materia seca parte aérea (g)		
<i>E. camaldulensis</i> (PR)	$Y = 4.13 + 104.341**X^{1/2} - 248.317**X$	94.2
<i>E. globulus</i>	$Y = 6.54 + 90.434**X$	80.9
<i>E. dunnii</i>	$Y = 4.53 + 66.542*X^{1/2} - 107.478X$	91.8
<i>E. camaldulensis</i> (SU)	$Y = 4.64 + 145.933**X^{1/2} - 341.074**X$	82.3
<i>E. urophylla</i>	$Y = 4.71 + 123.793**X^{1/2} - 278.560**X$	95.5
Materia seca raíz (g)		
<i>E. camaldulensis</i> (PR)	$Y = 1.19 + 23.872**X^{1/2} - 55.009**X$	76.3
<i>E. globulus</i>	$Y = 1.51 + 17.931**X$	67.7
<i>E. dunnii</i>	$Y = 1.04 + 19.409*X^{1/2} - 40.927X$	77.0
<i>E. camaldulensis</i> (SU)	$Y = 0.93 + 36.718**X^{1/2} - 89.779**X$	90.0
<i>E. urophylla</i>	$Y = 0.76 + 34.840**X^{1/2} - 70.500**X$	97.5
Concentración de boro en la parte aérea (mg/kg)		
<i>E. camaldulensis</i> (PR)	$Y = 64.55 + 674.213**X$	95.3
<i>E. globulus</i>	$Y = 112.06 + 250.147*X$	84.5
<i>E. dunnii</i>	$Y = 78.77 + 394.244**X^{1/2} - 896.720*X$	87.7
<i>E. camaldulensis</i> (SU)	$Y = 71.39 + 351.315*X$	84.4
<i>E. urophylla</i>	$Y = 65.92 + 850.262**X$	97.4
Contenido de boro en la parte aérea (mg/maceta)		
<i>E. camaldulensis</i> (PR)	$Y = 0.33 + 39.857**X - 270.751*X^2$	97.1
<i>E. globulus</i>	$Y = 0.74 + 13.508**X$	85.7
<i>E. dunnii</i>	$Y = 0.42 + 52.270**X - 396.400**X^2$	99.3
<i>E. camaldulensis</i> (SU)	$Y = 0.58 + 45.413*X - 333.039*X^2$	63.0
<i>E. urophylla</i>	$Y = 0.45 + 41.344**X - 217.316**X^2$	94.8
Contenido de boro en la raíz (mg/maceta)		
<i>E. camaldulensis</i> (PR)	Y = ns	–
<i>E. globulus</i>	Y = ns	–
<i>E. dunnii</i>	$Y = 0.30 + 2.457*X^{1/2} - 5.905X$	93.2
<i>E. camaldulensis</i> (SU)	$Y = 0.25 + 5.073**X^{1/2} - 13.626**X$	45.2
<i>E. urophylla</i>	$Y = 0.23 + 3.966*X^{1/2} - 6.979X$	97.6

1 Las regresiones de las dosis ensayadas no fueron significativas para los modelos experimentados.

2 PR-Port Redland; SU-Sussuarana.

*, **: Significativo al nivel de 5 y 1% de probabilidad por el test de F, respectivamente.

CUADRO 4

Valores estimados de crecimiento y de boro en la planta, asociados con la producción máxima de materia seca estimada de las plantas de *Eucalyptus* sometidas a diferentes dosis de boro, en solución nutritiva.
Estimated values of growth and boron levels associated with the maximum production of dry material estimated in *Eucalyptus* plants subjected to different dosis of boron in nutrient solution.

Especie	Dosis B Prod. máx. mg/l	Producción máxima g/maceta	Concentración B parte aérea µg/g	Contenido B parte aérea mg/maceta	CUB ¹ mg/mg
Parte aérea de las plantas					
<i>E. camaldulensis</i> (PR)	0.044	15.1	95	1.56	9673
<i>E. globulus</i> ²	0.100	15.6	137	2.09	7454
<i>E. dunnii</i>	0.096	14.8	115	1.79	8285
<i>E. camaldulensis</i> (SU)	0.046	20.2	88	1.96	10332
<i>E. urophylla</i>	0.049	18.5	108	1.95	9467
Sistema radicular					
<i>E. camaldulensis</i> (PR)	0.047	3.8	-	(0.49) ³	(7802)
<i>E. globulus</i> ²	0.100	3.3	-	(0.45)	(7252)
<i>E. dunnii</i>	0.056	3.3	-	0.55	6073
<i>E. camaldulensis</i> (SU)	0.042	4.7	-	0.72	6500
<i>E. urophylla</i>	0.061	5.1	-	0.78	6487

1 En la condición de producción máxima estimada.

2 Valores para la mayor producción.

3 Valores observados y no estimados.

Los valores estimados de crecimiento y de boro en la planta, asociados con la producción máxima estimada (cuadro 4), muestran que el nivel crítico de boro en la solución fue mayor para *E. globulus* y menor para *E. camaldulensis* que, en este experimento, se constituyeron como las especies más y menos exigentes en boro, respectivamente. La exigencia de boro de *E. globulus* es el doble de la observada en *E. camaldulensis*. *Eucalyptus dunnii* es la segunda especie más exigente en boro, aproximándose a *E. globulus*; *E. urophylla* ocupa una posición intermedia. Esa secuencia es básicamente la misma cuando se considera la concentración de boro en la parte aérea (concentración crítica) en la condición de producción máxima estimada (cuadro 4). Los valores de *E. globulus* (137 mg/kg) y *E. dunnii* (115 mg/kg) son los más elevados, siendo la primera especie más exigente, visto que la regresión entre crecimiento y dosis de boro fue lineal (cuadro 3). Así, se estima que tanto la dosis crítica en la solución, como la concentración crítica en la planta son más elevadas que las aquí registradas (cuadro 4).

A pesar de que las dosis críticas de boro para las dos procedencias de *E. camaldulensis* son prácticamente las mismas (cuadro 4), la concentración crítica en los tejidos de la parte aérea es distinta, siendo más baja para la procedencia Sussuarana y más elevada para la Port Redland, lo que demuestra exigencia diferenciada entre ellas. La menor concentración crítica de boro en esa procedencia es coherente con lo que se ha observado en el campo, donde se ha mostrado menos susceptible a la muerte apical que la procedencia Port Redland.

Considerándose la planta como un todo, *E. camaldulensis* fue la especie con mayor eficiencia de utilización de boro (cuadro 4), aunque haya diferencia entre las dos procedencias. La mayor eficiencia de la procedencia Sussuarana en relación a la Port Redland es otra característica compatible con lo que se ha observado en el campo, respecto a la intensidad y frecuencia de la muerte apical. Para las otras tres especies, los CUB's indican que *E. globulus* es la menos eficiente en la utilización de boro para la producción de materia seca de la parte aérea, lo que es coherente con su

mayor exigencia y concentración crítica, siendo *E. dunnii* la segunda especie menos eficiente.

La eficiencia de absorción de boro, estimada dividiéndose el contenido total de boro por el peso del sistema radicular (cuadro 4), muestra que *E. camaldulensis* y *E. urophylla* se asemejan, con cerca de 0.57 mg B/g de raíces, mientras que *E. globulus* y *E. dunnii* forman un segundo grupo, con absorción de cerca de 0.78 mg B/g de raíces, siendo, por lo tanto, más eficientes en la absorción del nutriente.

Los resultados de este trabajo indican que todas las especies estudiadas presentan respuestas a la aplicación de boro. Sin embargo, se debe prestar máxima atención en la aplicación de este nutriente, puesto que la concentración de la máxima producción y de la fitotoxicidad, o reducción en la producción, están en un rango relativamente estrecho, principalmente para *E. urophylla* que pareció ser la especie más sensible a concentraciones elevadas.

BIBLIOGRAFIA

- ALTHOFF, P., A.C. OLIVEIRA, E.J. MORAIS, S. FONSECA. 1991. "Eucalypt dieback in "Cerrado" areas in north-west of Minas Gerais". En: SCHÖNAU, A.P.G. *Intensive Forestry: The role of eucalypts*. Pretoria. Southern Afr. Inst. For., pp. 598-609.
- BARROS, N.F., R.F. NOVAIS, J.C.L. NEVES. 1990. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. En: BARROS N.F., R.F. NOVAIS (eds.). *Relação Solo-Eucalipto*. Viçosa, Ed. Folha de Viçosa, pp. 127-186.
- BATAGLIA, O.C., A.M.C. FURLANI, J.P.F. TEIXEIRA, P.R. FURLANI, J.R. GALLO. 1983. *Métodos de análise química de plantas*. Campinas, Instituto Agronômico.
- CLARK, R.B. 1975. "Characterization of phosphatase in intact maize roots", *J. Agric. Food. Chem.* 23: 458-460.
- DUGGER, W.M. 1983. "Boron in plant metabolism". En: CAÜCHLI, A., R.L. BIELESKI (eds.). *Inorganic Plant Nutrition*. Part B. Berlin, Springer-Verlag, pp. 626-650.
- FERROL, N., J.P. DONAIRE. 1992. "Effect of boron on plasma membrane proton extrusion and redox activity in sunflower cells", *Plant Science* 86: 41-47.
- GUPTA, U.C. 1979. "Boron nutrition of crops". *Adv. Agron.* 31: 273-307.
- HANSON, E.J. 1991. "Movement of boron out of tree fruit leaves". *Hortscience* 26: 271-273.
- MARSCHNER, H. 1986. *Mineral nutrition of higher plants*. New York, Academic Press, 674 pp.
- MENGEL, K., E.A. KIRKBY. 1982. *Principles of plant nutrition*. Bern, International Potash Institute, 655 pp.
- NOVELINO, J.O., J.C.L. NEVES, N.F. BARROS, R.F. NOVAIS, A.S. MINIZ. 1982. Efeito de níveis de boro em solução nutritiva no crescimento de *Eucalyptus* spp. *Rev. Arvore* 6: 45-51.
- ROLDAN, M., A. BELVER, P. RODRIGUEZ-RASALES, N. FERROL, J.P. DONAIRE. 1992. "In vivo and in vitro effects of boron on the plasma membrane proton pump of sunflower roots", *Physiologia Plantarum* 84: 49-54.