

Teores de nutrientes de plântulas de guandu oriundas de sementes embebidas com solução de alumínio

Nilce Naomi KOBORI^{1,2}; Durvalina Maria Mathias dos SANTOS²; Adão MARIN²;
Leonardo Lucas MADALENO²; Lucas Mateus CODOGNOTTO²; David Ariovaldo BANZATTO³

¹ Parte do trabalho de graduação do primeiro autor apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal – UNESP, Jaboticabal-SP, 2003.

² Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal – UNESP, CEP:14884-900, Jaboticabal-SP, Brasil. E-mail: nnaomik@fcav.unesp.br, dumaria@fcav.unesp.br

³ Departamento de Ciências Exatas – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal – UNESP, CEP:14884-900, Jaboticabal-SP, Brasil.

Resumo

Os teores de nutrientes de plântulas de guandu, *Cajanus cajan* (L.) Millsp. foram avaliados para verificar a capacidade das cultivares (IAC Fava larga e IAPAR 43-Aratã) em acumular nutrientes, após a embebição das sementes com solução de alumínio. As sementes germinaram em caixas gerbox, com papel germitest umedecidos com solução de sulfato de alumínio (0,0; 0,5; 5,0 e 10,0 mmol L⁻¹ de Al) em 25 °C ± 1 °C e plena luminosidade. Após quatro dias, cinco sementes foram selecionadas e transplantadas para vasos com volume de 2.000 cm³ de solo, sendo cada vaso considerado uma parcela experimental. Para indisponibilizar o alumínio, o solo foi tratado com carbonato de cálcio. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2x4, com três repetições. Após 20 dias de crescimento em temperatura ambiente e fotoperíodo de 12 horas, as folhas e os caules foram secos e moídos, procedendo-se a análise de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu e Zn. O alumínio reduziu os teores de cálcio de ambas as cultivares, e diminuiu os teores de magnésio e de enxofre da cultivar IAC Fava Larga. A redução destes nutrientes indicou que IAC Fava Larga e IAPAR 43-Aratã não são tolerantes ao alumínio, embora IAC Fava Larga tenha apresentado maiores teores de nutrientes.

Palavras-chave adicionais: *Cajanus cajan*; nutrição mineral; toxicidade; sulfato de alumínio.

Abstract

KOBORI, N. N.; SANTOS, D. M. M. dos; MARIN, A.; MADALENO, L. L.; CODOGNOTTO, L. M.; BANZATTO, D. A. Nutrient content in pigeonpea seedlings from seeds soaked in an aluminum solution. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n.2, p. 136-143, 2006.

The goal of this study was to evaluate the effects of aluminum on nutrient contents in seedlings of two cultivars of pigeonpea *Cajanus cajan* (L.) Millsp. arising from seeds which were previously soaked in an aluminum solution. The seeds were made to germinate in paper substratum soaked in aluminum sulphate solutions with concentrations of 0.0; 0.5; 5.0, and 10.0 mmol L⁻¹. The germination was carried out in a germination chamber at 25 °C ± 1 °C, and full light. After four days, five germinated seeds were seeded in plastic boxes filled with 2.000 cm³ of soil, which was aluminum-free due to its being previously treated with limestone. The experiment was conducted under a complete randomized design in a factorial arrangement 2x4, with three replications. After 20 days in a growth chamber under a photoperiod of 12 hours and room temperature the N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, and Zn contents in the leaves and stems were determined. The aluminum doses reduced calcium content in both cultivars, and decreased magnesium and sulphur content of the cv. IAC Fava Larga. The decrease of these nutrients showed that cv. IAC Fava Larga and cv. IAPAR 43-Aratã were not tolerant to aluminum, although IAC Fava Larga presented higher nutrient contents.

Additional keywords: *Cajanus cajan*; mineral nutrition; toxicity; aluminum sulphate.

Introdução

O alumínio tem a sua importância associada ao efeito tóxico às plantas quando em concentração elevada na solução do solo, interferindo negativamente no crescimento de muitas espécies (importante salientar o efeito negativo do alumínio para o crescimento e

desenvolvimento das plantas) (MALATHI et al., 2002), embora algumas sejam beneficiadas com sua presença (ROUT et al., 2001), em baixas concentrações. Os efeitos biológicos do alumínio são mais evidentes nas raízes, por ser um elemento de pouca mobilidade dentro da planta (GIAVENO et al., 2001). A toxicidade acarreta uma ineficiência do sistema radicular em absorver e

transportar água e sais minerais, assim como diminuição na utilização dos nutrientes pela planta (THANGAVEL & SUBBURAM, 2002), devido à inibição de várias enzimas (SCHULZE et al., 2002), sendo que algumas podem estar envolvidas na absorção de íons (DELHAIZE et al., 2003).

A disponibilidade do alumínio representa uma conseqüência da acidez dos solos (TOMAR, 2001), pois a acidez elevada resulta na dissolução de minerais de argila e óxidos de alumínio, conduzindo ao aparecimento da forma trocável, sendo este elemento o fator mais limitante na produtividade das plantas em solos ácidos (BONATO et al., 2000). O pH do solo determina a nutrição e distribuição geográfica das plantas, uma vez que muitos processos bioquímicos ocorrem somente em uma estreita faixa de valores de pH, principalmente na faixa entre 6,0 e 7,0 (THANGAVEL & SUBBURAM, 2002).

Cajanus cajan (L.) Millsp., conhecida como guandu, é uma leguminosa forrageira empregada tanto como cultura intercalar quanto como adubo verde (DAKORA, 2000), como também na alimentação animal e humana (PONS, 2002). Provavelmente, originário da Índia, o guandu adaptou-se muito bem às condições climáticas do Brasil, fornecendo grãos e massa verde nos pastos em períodos de chuvas escassas (BAYER et al., 2001).

Os efeitos do alumínio nos vegetais são muito diversificados, entre espécies, variedades ou cultivares

(MINELLA & SORRELLS, 2002). O exato mecanismo fisiológico de toxicidade do alumínio para muitas espécies está ainda em discussão, pois diferentes vias bioquímicas podem estar envolvidas nestes processos (KIDD & PROCTOR, 2001). O alumínio provocou redução significativa na germinação das sementes de guandu, cv. IAC Fava Larga, tanto no 4^o quanto no 10^o dia, inferindo o efeito tóxico deste elemento no processo germinativo (MARIN et al., 2004).

Assim, foram avaliados os teores de nutrientes de plântulas de guandu, cv. Fava Larga e cv. IAPAR 43-Aratã, oriundas de sementes embebidas com solução de alumínio, visando a verificar a capacidade destas cultivares em acumular nutrientes sob toxicidade do alumínio.

Material e métodos

O experimento foi desenvolvido em sala de crescimento, utilizando-se de terra oriunda de solo classificado como Latossolo Vermelho-Escuro distrófico (ANDRIOLI & CENTURION, 1999), coletada na profundidade de 20 - 40 cm. A terra foi seca em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65 °C, até ocorrer o equilíbrio da umidade da mesma com o ar. Em seguida, foi realizada a análise química e granulométrica da terra em laboratório (Tabela 1).

Tabela 1 - Resultado das análises química e granulométrica da terra utilizada. Jaboticabal-SP, 2003.
Table 1 - Results of the chemical and granulometric analyses of the soil used in the experiment.

Análise Química / Chemical Analysis											
pH CaCl ₂	M.O. / organic matter	P resina / resin	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	M
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³						%		
4,1	11	3	1,3	3	2	9	42	6	48	13	59
Análise Granulométrica / Granulometric Analysis											
Argila / Clay		Limo / Silt		Areia / Sand				Classe Textural / Textural class			
				Fina / Fine		Grossa / Coarse					
				g kg ⁻¹				Argilosa / Clayish			
360		80		340		220					

M.O.: Matéria Orgânica: *Organic matter*; SB: Soma de Bases: *Sum of bases*; T: Capacidade de troca de cátions: *Cation exchange capacity*; V: Saturação por Bases: *bases saturation*; m: Saturação por alumínio: *Aluminum saturation*

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Devido à acidez e elevado teor de alumínio no solo coletado, procedeu-se à correção da acidez da terra utilizada para evitar o efeito cumulativo do alumínio no crescimento das plântulas de guandu, visto que as sementes foram previamente tratadas com doses deste elemento. O critério adotado para calagem foi elevar

a saturação por bases a 75%. Em volumes de 2.000 cm³ de terra, foram adicionados 3,0g de carbonato de cálcio (CaCO₃) e 550 mL de água. A terra foi incubada por 15 dias em sacos de plástico para que ocorresse a reação de neutralização. Após este período, a terra foi, novamente, seca em estufa e peneirada, conforme

procedimento adotado anteriormente. Desse modo, ao elevar-se a saturação por bases, houve aumento do pH, indisponibilizando o alumínio existente no

solo. A análise química da terra após a correção está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultado da análise química da terra, após a calagem. Jaboticabal-SP, 2003.

Table 2 - Results of the chemical analysis of the soil after liming.

Análise Química / Chemical Analysis											
pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	m
CaCl ₂		resina / resin									
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³						%		
5,9	14	6	1,9	35	14	0	20	51	71	72	0

M.O.: Matéria orgânica: *Organic matter*; SB: Soma de bases: *Sum of bases*; T: Capacidade de troca de cátions: *Cation exchange capacity*; V: Saturação por bases: *Bases saturation*; m: Saturação por alumínio: *Aluminum saturation*

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth

As sementes foram previamente tratadas com uma mistura 1:1 dos fungicidas Benlate 500 PM® e Euparem M 500 PM® na dose de 1 g kg⁻¹ de sementes, para o controle do crescimento de fungos que interferem na germinação. As sementes foram colocadas para germinar em caixas gerbox revestidas com folha de papel germitest, umedecida com 20 mL de solução de sulfato de alumínio (Al₂SO₄.18H₂O), de acordo com o tratamento: 0,0; 0,5; 5,0 e 10,0 mmol L⁻¹ de Al. O experimento foi conduzido em germinador FANEN MOD. 347 CDG, na temperatura de 25 °C ± 1 °C e plena luminosidade. Para cada tratamento, foram feitas quatro repetições, com 25 sementes por caixa, de ambas as cultivares. Após quatro dias, foram selecionadas quanto à sanidade, cinco sementes germinadas do cv. IAC Fava Larga e da cv. IAPAR 43-Aratã, de cada tratamento, as quais foram transplantadas para vasos com volume de 2.000 cm³ de solo, sendo que cada vaso se constituiu em uma parcela experimental. Salienta-se que o período de germinação foi seguido conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), que indica o mínimo de quatro dias para se obterem plântulas de gandu.

Após 20 dias de crescimento, a parte aérea (folhas e caules) foi utilizada para análise dos teores de nutrientes, procedendo-se à limpeza através de rápida imersão em solução diluída de detergente neutro, lavagem por imersão em água destilada e, finalmente, imersão em água deionizada (SARRUGE & HAAG, 1974). O material foi acondicionado em sacos de papel devidamente etiquetados, para secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 60 – 70 °C, por 96 horas, sendo posteriormente moído em micromoinho MARCON, modelo MA 048, malha 20, e armazenado em frascos de vidro hermeticamente fechados.

A análise do nitrogênio (N) foi efetuada,

após digestão sulfúrica, pela metodologia do semi-microkjeldahl e a do fósforo (P), em extrato nítrico-perclórico, por colorimetria do metavanadato (SARRUGE & HAAG, 1974). As determinações de potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) foram feitas em extrato nítrico-perclórico, por espectrofotometria de absorção atômica (JORGENSEN, 1977). O enxofre (S), também em extrato nítrico-perclórico, foi determinado pelo método turbidimétrico (VITTI, 1989).

O delineamento experimental usado foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2x4 (duas cultivares e quatro concentrações de alumínio), com três repetições. A análise de variância foi efetuada pelo teste F, utilizando-se do teste de Tukey para a comparação entre médias. A análise da regressão polinomial foi utilizada para o desdobramento dos graus de liberdade dos níveis de alumínio (BANZATTO & KRONKA, 1995).

Resultados e discussão

A correção do solo com carbonato de cálcio disponibiliza outros elementos minerais na solução do solo para as plantas, como fósforo, cálcio, magnésio e potássio, enquanto o alumínio trocável é geralmente indisponibilizado (Tabelas 1 e 2). Isto mostra a influência do pH do solo sobre a disponibilidade dos nutrientes para o vegetal, induzindo uma adequada manutenção do desenvolvimento vegetal (EPSTEIN, 1974). O alumínio presente no solo foi indisponibilizado às plântulas, ficando somente as sementes contaminadas com as doses de alumínio.

A cv. IAC Fava Larga apresentou concentrações maiores para todos os nutrientes, exceto para o Fe (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3 - Análise de variância e resultados do teste de Tukey para os teores de macronutrientes de plântulas de guandu, cv. IAC Fava Larga e cv. IAPAR 43-Aratã, oriundas de sementes embebidas com solução de alumínio, 24 dias após a semeadura. Jaboticabal-SP, 2003

Table 3 - Macronutrients contents in 24 day old pigeonpea seedlings arising from seeds soaked in aluminum sulphate solutions. Analysis of variance and means comparison by the Tukey test

Causa de variação / Source of variation	G.L. / Degrees of freedom	Quadrados médios / Mean squares					
		N total (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)
Cultivares / Cultivars (A)	1	0,3750**	0,0179**	1,0375**	0,1093**	0,0033**	0,0940**
Alumínio / Aluminium (B)	3	0,0919 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,0297 ^{ns}	0,0092*	0,0003**	0,0011*
Interação (Interaction) A x B	3	0,0222 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,0752 ^{ns}	0,0071 ^{ns}	0,0004**	0,0014**
Resíduo / Residual	16	0,0337	0,0004	0,0270	0,0027	0,0001	0,0002
C.V. (%)		3,6790	6,3798	4,5088	3,5239	4,5392	6,0191
Cultivares / Cultivars		Médias de Tukey ¹ (Mean macronutrient concentration)					
IAC Fava Larga		5,1133A	0,3533A	3,8508A	1,5283A	0,1858A	0,3058A
IAPAR 43-Aratã		4,8633B	0,2987B	3,4350B	1,3933B	0,1625B	0,1807B
DMS (LSD)		0,1589	0,0180	0,1422	0,0446	0,0068	0,0127

ns : não-significativo (P > 0,05); * : significativo (P < 0,05); ** : significativo (P < 0,01); ¹ Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo Teste de Tukey (P > 0,05); DMS: Diferença mínima significativa.

ns: not significant (P > 0,05); * significant (P < 0,05); ** significant (P < 0,01); ¹ Means in the same column, followed by the same capital letters, are not significantly different. (P > 0,05); LSD: least significant difference.

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Tabela 4 - Análise de variância e resultados do teste de Tukey para os teores de micronutrientes (em mg L⁻¹) de plântulas de guandu, cv. IAC Fava Larga e cv. IAPAR 43-Aratã, oriundas de sementes embebidas com solução de alumínio, 24 dias após a semeadura. Jaboticabal-SP, 2003.

Table 4 - Micronutrients contents (mg L⁻¹) in 24 day old pigeonpea seedlings arising from seeds soaked in aluminum sulphate solutions. Analysis of variance and mean comparisons by the Tukey test.

Causa da Variação / Source of variation	G.L. / Degrees of freedom	Quadrados médios / Mean Squares			
		Fe (mg L ⁻¹)	Mn (mg L ⁻¹)	Cu (mg L ⁻¹)	Zn (mg L ⁻¹)
Cultivares / Cultivars (A)	1	1053,3750 ^{ns}	1107,0417**	360,3750**	1120,6667**
Alumínio / Aluminium (B)	3	1542,3750 ^{ns}	8,9306 ^{ns}	3,7083 ^{ns}	36,4444 ^{ns}
Interação (Interaction) A x B	3	1705,1528 ^{ns}	20,2639 ^{ns}	5,4861 ^{ns}	25,5556 ^{ns}
Resíduo / Residual	16	1334,6250	6,7083	2,1250	28,3333
C.V. (%)		15,1876	15,0511	2,3308	8,4491
Cultivares / Cultivars		Médias de Tukey ¹ (Mean micronutrient concentration)			
IAC Fava Larga		233,9167A	24,0000A	66,4167A	69,8333A
IAPAR 43-Aratã		247,1667A	10,4167B	58,6667B	56,1667B
DMS (LSD)		31,6381	2,2430	1,2624	4,6098

ns : não-significativo (P > 0,05); ** : significativo (P < 0,01); ¹ Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si, pelo Teste de Tukey (P > 0,05); DMS: Diferença mínima significativa.

ns: not significant (P > 0,05); ** significant (P < 0,01); ¹ Means in the same column, followed by the same capital letters, are not significantly different. (P > 0,05); LSD: least significant difference.

The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Na análise de variância para o efeito do alumínio, foi observado efeito significativo das doses de alumínio na disponibilidade de Ca, Mg e S (Tabela 3). O desdobramento dos graus de liberdade em regressão polinomial do alumínio evidenciou efeito significativo para Ca, mostrando uma tendência linear negativa para ambas as cultivares (Figura 1).

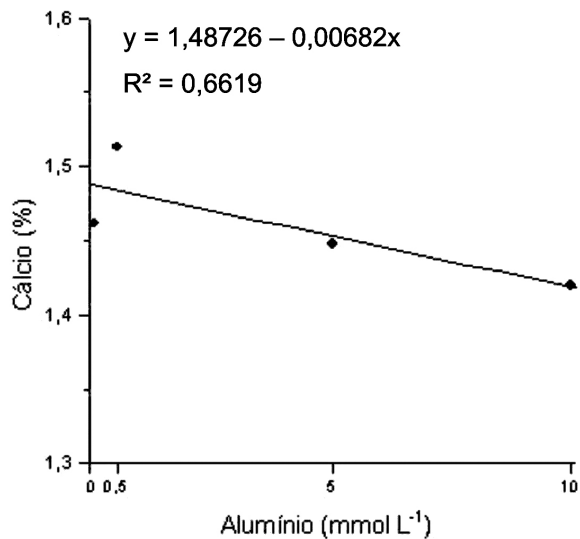


Figura 1 - Teores de cálcio de plântulas de guandu, cv. IAC Fava Larga e cv. IAPAR 43-Aratã, oriundas de sementes embebidas com diferentes doses de alumínio, 24 dias após a semeadura. Jaboticabal-SP, 2003.

Figure 1 - Calcium content of 24 day old pigeonpea (IAC Fava Larga and IAPAR cultivars) seedlings arising from seeds soaked in aluminum sulphate solutions. The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Esses resultados estão de acordo com os encontrados em plantas de batatinha (FAHL et al., 1980) e em soja (MILIVOJEVIC & STOJANOVIC, 2003), em que houve a redução do conteúdo de Ca com o aumento das doses de alumínio.

A tolerância ao alumínio pode ser associada à capacidade com que a espécie absorve e utiliza o Ca na presença de alumínio (LEE, 1971), visto que o decréscimo no teor de Ca, na presença do alumínio, parece ser ocasionado por uma competição entre o Ca e o alumínio pelos sítios de absorção nas raízes (FOY & FLEMING, 1978). Também as raízes respondem ao pH baixo, elevando a concentração citosólica de Ca livre na presença de alumínio, constituindo um mecanismo de defesa da planta em situações de elevada acidez no solo (PLIETH et al., 1999).

Para os teores de Mg e S, houve efeito significativo da interação cultivares x alumínio (Tabela 3). Assim, o desdobramento dos graus de liberdade em regressão polinomial mostrou efeito significativo do Mg, evidenciando um comportamento quadrático

para a cv. IAC Fava Larga (Figura 2A), com acentuado decréscimo da solubilidade do Mg com o aumento das doses de alumínio, até o ponto de mínimo em 5,0 mmol L⁻¹ de Al, após o que a solubilidade de Mg volta a crescer até 10,0 mmol L⁻¹ de Al. Verifica-se que, para a cv. IAPAR 43-Aratã, também houve efeito do alumínio, em tendência cúbica, que, por não ser a mais adequada para representar respostas biológicas, não foi representada. O alumínio provocou acentuada diminuição da absorção e translocação de Mg em plantas de batatinha (FAHL et al., 1980), trigo (FOY et al., 1978) e milho (BENNET et al., 1985), corroborando os resultados apresentados neste trabalho.

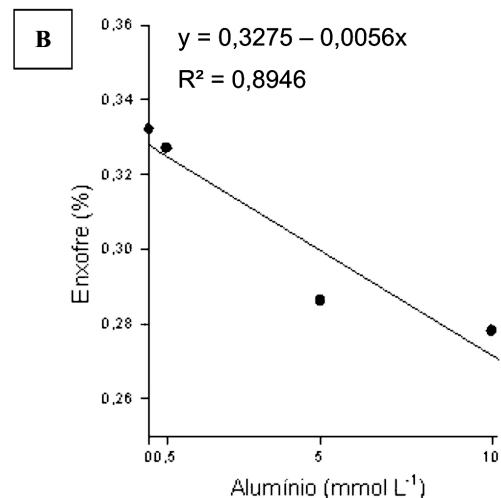
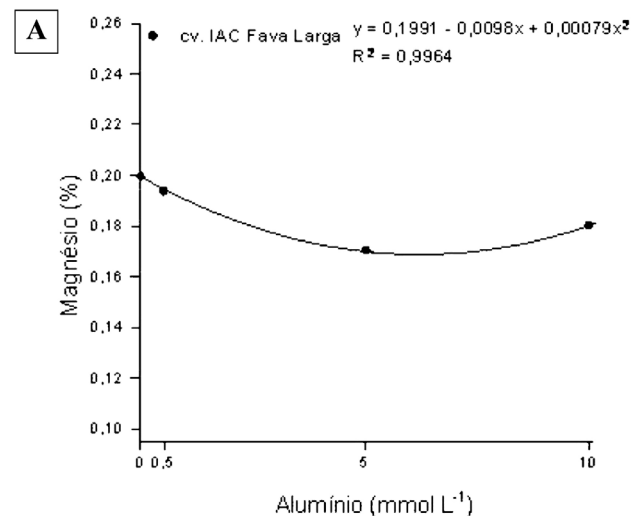


Figura 2 - Teores de magnésio (A) e enxofre (B) de plântulas de guandu, cv. IAC Fava Larga, oriundas de sementes embebidas com diferentes doses de alumínio, 24 dias após a semeadura. Jaboticabal-SP, 2003.

Figure 2 - Magnesium (A) and sulphur (B) contents of 24 day old pigeonpea (IAC Fava Larga) seedlings arising from seeds soaked in aluminum sulphate solutions. The numbers after the comma are decimals. Example: 1,1 = one and one tenth.

Esses resultados são similares aos encontrados para Ca, Mg e S em guandu, quando expostos ao alumínio na solução nutritiva (COSSOLINI, 2000), mas que não provocou qualquer efeito nos teores dos demais nutrientes de ambas as cultivares. A cv. IAC Fava Larga apresentou maiores teores de P por ser considerada mais tolerante que a cv. IAPAR 43-Aratã, pois a maior capacidade para absorver P indica que a planta tem maior tolerância à toxidez do alumínio (MUGWIRA & HAQUE, 1993). Mas a tolerância ao alumínio e a eficiência na absorção de P são características genéticas intrinsecamente relacionadas na planta (MINELLA & SORRELLS, 2002), pois as tolerantes ao alumínio conseguem desenvolver seu sistema radicular em maior profundidade e com mais ramificações, aumentando, assim, a área de absorção de água e nutrientes (TAYLOR, 1988), uma vez que de modo geral, após a absorção, o P é incorporado rapidamente em compostos orgânicos, conduzindo a um eficiente desenvolvimento radicular. Os resultados dos teores de P neste trabalho evidenciam que existe ampla e significativa diferença entre as cultivares de leguminosas para a tolerância ao alumínio (RAIJ, 1991).

Os efeitos do alumínio em solução nutritiva (0; 0,25; 0,50 e 1,00 mmol_c dm⁻³) causaram redução de Ca da cv. IAC Fava Larga, inferindo que esta cultivar não é tolerante a este elemento (MADALENO et al., 2005), pois a tolerância pode estar associada à capacidade com que a planta absorve e utiliza o cálcio na presença de alumínio (Richardson et al., 1988, citados por MADALENO et al., 2005), uma vez que o decréscimo no teor de cálcio, na presença do alumínio, parece ser ocasionado por competição do cálcio e do alumínio, pelos sítios de absorção nas raízes (COSSOLINI, 2000; Brady et al., 1993, citados por MADALENO et al., 2005). Ainda, IAC Fava Larga e IAPAR 43-Aratã foram consideradas tolerantes às doses subletais de alumínio em solução nutritiva (MEDA & FURLANI, 2005).

Salienta-se que, tanto o Ca quanto o Mg, competem com o alumínio por locais na parede celular e, principalmente, na membrana plasmática (RENGEL, 1993). Assim, a quantidade desses nutrientes no solo é um importante fator a ser considerado na avaliação da tolerância das plantas ao alumínio (CAMARGO, 1985a,b).

Com relação ao S, o desdobramento dos graus de liberdade em regressão polinomial da interação cultivares x alumínio mostrou efeito significativo, apenas para a cv. IAC Fava Larga, evidenciando que houve uma tendência linear descendente com acentuada diminuição deste elemento à medida que houve aumento das doses de alumínio (Figura 2B). De modo geral, em pastagens, a análise química dos nutrientes na planta sugere que o S é o nutriente mais limitante para o crescimento, na presença de baixos teores de N

e P no solo (MORA et al., 2002).

Os decréscimos nos teores de nutrientes podem variar de acordo com a capacidade que a espécie possui em absorver nutrientes na presença de alumínio (BENNET et al., 1985). A tolerância ao alumínio nos vegetais é muito diversificada, entre espécies, variedades ou cultivares (MINELLA & SORRELLS, 2002), pois, na maioria das plantas, o alumínio interfere no movimento, transporte e utilização de elementos essenciais, como Ca, Mg, K, P e Fe (ROUT et al., 2001).

Conclusões

O alumínio causou redução nos teores de Mg e de S em plântulas da cv. IAC Fava Larga.

O alumínio causou diminuição no teor de Ca em plântulas da cv. IAC Fava Larga e cv. IAPAR 43-Aratã.

Por serem o Ca e o Mg elementos indicativos de tolerância à toxicidade do alumínio nas plantas, ambas as cultivares de guandu podem ser consideradas não-tolerantes pela significativa redução destes nutrientes sob efeito do alumínio.

Agradecimentos

Ao CNPq, pela bolsa de Iniciação Científica (Programa PIBIC/CNPq), e à técnica de laboratório, Sra. Sônia Maria Raymundo Carregari, pela cooperação em realizar as avaliações experimentais deste trabalho.

Referências

- ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27, 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p.32. T025-3 CD-ROM.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 3. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247p.
- BAYER, C.; MARTIN NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PILLON, C. N.; SANGOI, L. Changes in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping systems. **Journal of Soil Science Society of America**, Madison, v.658, n.5, p.1.473-1.478, 2001.
- BENNET, R. J.; BREEN, C. M.; FEY, M. V. Aluminum toxicity and induced nutrient disorders involving the uptake and transport of P, K, Ca and Mg in *Zea mays* L. **Suid Afrikaanse Tydskrif vir Plant en Grond**, Pretoria, v. 3, p.7-11, 1985.

- BONATO, C. M.; CAMBRAIA, J.; SANT'ANNA, V.; VENEGAS, H. A. Efeito do alumínio sobre a absorção, a partição e a utilização de enxofre em sorgo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.12, n.1, p.17-24, 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília-DF: Departamento Nacional de Produção Vegetal, 1992. 365p.
- CAMARGO, C. E. O. A concentração de fósforo na tolerância de cultivares de trigo à toxicidade de alumínio em soluções nutritivas. **Bragantia**, Campinas, v.44, p.49-64, 1985a.
- CAMARGO, C. E. O. Efeitos de níveis de cálcio combinados com diferentes concentrações de sais na tolerância de trigo à toxicidade de alumínio, em solução nutritiva. **Bragantia**, Campinas, v.44, p.659-68, 1985b.
- COSSOLINI, P. C. **Influência do alumínio no crescimento de duas cultivares de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp., Fabaceae)**. 2000. 98f. Monografia (Trabalho de graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.
- DAKORA, F. D. Commonality of root nodulation signals and nitrogen assimilation in tropical grain legumes belonging to the tribe Phaseoleae. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 27, n.10, p.885-892, 2000.
- DELHAIZE, E.; RYAN, P. R.; HOCKING, P. J.; RICHARDSON, A. E. Effects of altered citrate synthase and isocitrate dehydrogenase expression on internal citrate concentrations and citrate efflux from tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) roots. **Plant and Soil**, The Hague, v.248, n.1-2, p.137-144, 2003.
- EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas**. São Paulo: EDUSP, 1974. 335 p.
- FAHL, J. I.; HIROCE, R.; CARELLI, M. L. C.; CASTRO J. L. de. Efeitos do alumínio na nutrição, desenvolvimento e produção de cultivares de batatinha (*Solanum tuberosum* L.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.4, p.22-26, 1980.
- FOY, C. D.; CHANEY, R. L.; WHITE, M. C. The physiology of metal toxicity in plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.29, p.511-66, 1978.
- FOY, C. D.; FLEMING, A. L. The physiology of plant tolerance to excess available aluminum and manganese in acid soils. In: GERALD, A. J. (Ed.). **Crop tolerance to suboptimal land conditions**. Madison: American Society Agronomy, 1978. p.301-328.
- GIAVENO, G. D.; MIRANDA-FILHO, J. B.; FURLANI, P. R. Inheritance of aluminum tolerance in maize (*Zea mays* L.). **Journal of Genetics & Breeding**, Rome, v.55, n.1, p.51-55, 2001.
- JORGENSEN, S. S. **Metodologia utilizada para análises químicas de rotina: guia analítico**. Piracicaba: CENA, 1977.24 p.
- KIDD, P. S.; PROCTOR, J. Why plants grow poorly on very acid soils: are ecologists missing the obvious? **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.52, n.357, p.791-799, 2001.
- LEE, C. R. Influence of aluminum on plant growth and mineral nutrition of potatoes. **Agronomy Journal**, Madison, v.63, p.604-608, 1971.
- MADALENO, L. L.; SANTOS, D. M. M.; MARIN, A.; CODOGNOTTO, L. M.; KOBORI, N. N.; BANZATTO, D. A. Teores de nutrientes em plântulas de guandu e labelabe sob efeito do alumínio na solução nutritiva. **Cientifica**, Jaboticabal, SP, v.33, n.1, p.9-14, 2005.
- MALATHI, N.; SARETHY, I. P.; KAILASH-PALIWAL, K. Effect of aluminium on the growth and physiology of *Acacia nilotica* seedlings. **Journal of Plant Biology**, Amsterdam, v.29, n.1, p. 29-32, 2002.
- MARIN, A.; SANTOS, D.M.M.; BANZATTO, D.A.; FERRAUDO, A.S. Germinação de sementes de guandu sob efeito da disponibilidade hídrica e de doses subletais de alumínio. **Bragantia**, Campinas, SP, v.63, n.1, p.13-24, 2004.
- MEDA, A. R.; FURLANI, P. R. Tolerance to aluminum toxicity by tropical leguminous plants used as cover crops. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.48, n.2, p.309-317, 2005.
- MILIVOJEVIC, D.; STOJANOVIC, D. Role of calcium in aluminum toxicity on content of pigments and pigment protein complexes of soybean. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.26, n.2, p.341-350, 2003.
- MINELLA, E.; SORRELLS, M. E. Genetic analysis of aluminum tolerance in *Brazilian barleys*. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, Embrapa, v.37, n.8, p.1.099-1.103, 2002.
- MORA, M. L.; CARTES, P.; DEMANET, R.; CORNFORTH, I. S. Effects of lime and gypsum on pasture growth and composition on an acid Andisol in Chile, South America. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.33, p.2.069-2.081, 2002.
- MUGWIRA, L. M.; HAQUE, I. Screening forage and browse legumes germplasm to nutrient stress: Tolerance of *Medicago sativa* L. to aluminum and low phosphorus in soils and nutrient solutions. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.16, n.1, p.17-35, 1993.
- PLIETH, C.; SATTEMACHER, B.; HANSEN, U. P.; KNIGHT, M. R. Low pH-mediated elevations in cytosolic calcium are inhibited by aluminium: a potential mechanism for aluminium toxicity. **Plant Journal: For Cell And Molecular Biology**, Oxford, v.18, p.643-650, 1999.
- PONS, L. **Pigeonpea may fill seasonal forage gap**. ARS News Service, Agricultural Research Service, 2002. Disponível em <http://www.ars.usda.gov/ars/pr/2002/020806.htm>. Acesso em: 08-06-2003.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Potafós, 1991. 343p.

RENGEL, Z. Role of calcium in aluminium toxicity. **New Phytologist**, Cambridge, v.121, p.499-513, 1993.

ROUT, G. R.; SAMANTARAY, S.; DAS, P. Aluminium toxicity in plants: a review. **Agronomie**, Paris, v.21, n.1, p.3-21, 2001.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1974. 56 p.

SCHULZE, J.; TESFAYE, M.; LITJENS, R. H. M. G.; BUCCIARELLI, B.; TREPP, G.; MILLER, S.; SAMAC, D.; ALLAN, D.; VANCE, C. P. Malate plays a central role in plant nutrition. **Plant and Soil**, The Hague, v.27, p.42-43, 2002.

TAYLOR, G. J. The physiology of aluminum tolerance. **Metal ions in biological systems**, New York, v.24, p.165-198, 1988.

THANGAVEL, P.; SUBBURAM, V. **Influence of aluminium on soil quality**. In: SYMPOSIUM WCSS, 17, 2002, 14 a 21 agosto 2002, Thailand. Disponível em http://www.sfst.org/Proceedings/17WCSS_CD/papers/1985.pdf. Acesso em: 23 out. 2003.

TOMAR, J. B. Rainfed upland rice-problems and prospects. **Journal of Maharashtra Agricultural Universities**, Bombay, v.26, n.1, p.81-87, 2001.

VITTI, C. G. **Avaliação e interpretação do enxofre no solo e na planta**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 37p.

Recebido em 4-6-2004

Aceito para publicação em 13-6-2006