

EFEITO DO ALUMÍNIO NOS TEORES DE CLOROFILAS DE PLÂNTULAS DE FEIJÃO-MUNGO E LABE-LABE¹.

L. M. CODOGNOTTO²; D. M. M. SANTOS³; I. C. LEITE⁴; A. MARIN⁵; L. L. MADALENO⁶; N. N. KOBORI⁷ & D. A. BANZATTO⁸

1. Parte do trabalho de graduação em Agronomia do primeiro autor, defendido junto a FCAV/Unesp e apoiado financeiramente pelo Programa PIBIC/CNPq.
 2. Graduando do Curso de Agronomia da FCAV/Unesp, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, CEP 14884-900, Jaboticabal, SP. E-mail: lucsmat@hotmail.com.
 3. Bióloga, Profa. Assistente Doutora, Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária da FCAV/Unesp, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, CEP 14884-900, Jaboticabal, SP. E-mail: dumaria@fcav.unesp.br
 4. Eng. Agrôn., Profa. Assistente Doutora, Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária da FCAV/Unesp, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, CEP 14884-900, Jaboticabal, SP. E-mail: isabelcl@fcav.unesp.br
 5. Eng. Agrôn., Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária da FCAV/Unesp, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, CEP 14884-900, Jaboticabal, SP. E-mail: admarin@fcav.unesp.br
 6. Graduando do Curso de Agronomia da FCAV/Unesp, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, CEP 14884-900, Jaboticabal, SP. E-mail: leoagro@fcav.unesp.br.
 7. Graduando do Curso de Agronomia da FCAV/Unesp, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, CEP 14884-900, Jaboticabal, SP. E-mail: nnaomik@yahoo.com.br.
 8. Eng. Agrôn., Prof. Adjunto, Departamento de Ciências Exatas da FCAV/Unesp, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, CEP 14884-900, Jaboticabal, SP. E-mail: banzatto@asbyte.com.br
- Aceito para publicação em: 12/12/2003.

RESUMO

No presente trabalho verificou-se o efeito do alumínio nos teores de clorofilas de plântulas das leguminosas feijão-mungo (*Vigna radiata* (L.) Wilczek, cv. KY 2184) e do labe-labe (*Lablab purpureus* (L.) Sweet, cv. Rongai), cultivadas em solução nutritiva. Inicialmente, as sementes foram semeadas em vermiculita expandida, e após 10 dias as plântulas mais vigorosas foram transferidas para frascos de vidro de 190 mL, contendo solução nutritiva de Clark e concentrações de alumínio (0,0; 0,25; 0,5 e 1,0 mmol dm⁻³). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com arranjo fatorial 2x4 e três repetições. O experimento foi conduzido por 20 dias em sala de crescimento com fotoperíodo de 12/12 horas, com irradiância média de 42,86 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e temperatura ambiente (mínima média de 24°C \pm 1°C e máxima mínima de 27°C \pm 1°C). Determinaram-se os teores de clorofilas através de leituras espectrofotométricas nas absorvâncias A₆₄₅, A₆₅₂ e A₆₆₃ nm. A Análise dos resultados mostrou que, não houve efeito do alumínio nos teores de clorofilas, indicando que estas espécies nestas condições experimentais parecem ser tolerantes ao alumínio, podendo ser cultivadas em solos ácidos que apresentem disponibilidade deste elemento mineral.

Palavras-chave: Pigmentos, leguminosas, sulfato de alumínio, solução nutritiva.

ABSTRACT

EFFECTS OF ALUMINUM ON CONTENT OF CHLOROPHYLL OF MUNGBEAN AND LABLAB SEEDLINGS

This work focused on the effects of aluminum (Al) on content of chlorophyll of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek, cv. KY 2184) and lablab (*Lablab purpureus* (L.) Sweet, cv. Rongai) seedlings. The seed were germinated in trays filled

with vermiculite, for 10 days. Plants were grown in Clark's nutrient solution adjusted each three days to pH 3.8 and containing four Al concentrations (0.0, 0.25, 0.5 and 1.0 mmol dm⁻³). The experimental design was a complete randomized in factorial arrangement 2x4 and three replications. The experiment was conducted for 20 days at ambient room (12/12 hours photoperiod with 42,86 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ and 27°C \pm 1°C maximum and 24°C \pm 1°C minimum temperature). At the end of the experiment (20 days after transplanting) the chlorophyll content was determined by spectrophotometric absorbancy readings at A₆₄₅, A₆₅₂ e A₆₆₃ nm. The results showed that the aluminum concentrations used did not cause effects on content of chlorophyll of mungbean and lablab seedlings, indicated that plants can be cultivated in acid soils with aluminum availability. Under the the experimental conditions of this research, both species seems to be tolerant to aluminum stress.

Key words: Pigments, legumes, nutrient solution, aluminum sulphate

INTRODUÇÃO

Dentre os fatores mais limitantes para a produtividade agrícola, destaca-se a toxicidade causada pelo alumínio (BONATO et al., 2000). Os efeitos tóxicos causados por este elemento, estão associados aos solos ácidos, comuns em regiões de clima tropical, com pH abaixo de 5,0 pois, a medida em que se diminui o pH, dependendo da natureza mineral do solo, aumenta-se o teor de alumínio trocável (Al³⁺), forma em que é absorvido pelas plantas (MALAVOLTA, 1980). Através desta absorção, verificam-se anormalidades no crescimento de espécies importantes para a agricultura, em decorrência de danos metabólicos irreparáveis como os citológicos, enzimáticos e fisiológicos (PIMENTA et al., 1989).

Os teores de pigmentos foliares podem ser utilizados como parâmetros indicativos de estresses nas plantas (RANA & AERY, 1999), dentre os quais o cultivo nas condições adversas de acidez provocada pelo alumínio (MILIVOJEVIC et al., 2000), pois esta toxicidade prejudica acentuadamente a absorção e translocação de nutrientes (BENNET et al., 1985) como o magnésio e nitrogênio que são constituintes das moléculas de clorofila, a formação dos demais pigmentos fotossintéticos (MILIVOJEVIC & STOJANOVIC, 2003), e conseqüentemente o processo fotossintético (OHKI, 1986; MOUSTAKAS et al., 1995; PEIXOTO et al., 2002; MILIVOJEVIC & STOJANOVIC, 2003). Também, o alumínio compete com nutrientes como cálcio e magnésio por sítios na parede celular e, principalmente, na membrana plasmática (RENGEL, 1993; MILIVOJEVIC & STOJANOVIC, 2003).

Vigna radiata (L.) Wilczek, comumente conhecida pelo nome de feijão-mungo, trata-se de uma espécie promissora para a agropecuária, pois apresenta características relevantes, como tolerância à seca e um considerável teor de proteína nos grãos, além de vitaminas do complexo B e ferro (VIEIRA, 1992; FERREIRA, 1995). *Lablab purpureus* (L.) Sweet, comumente conhecida pelo nome labe-labe, possui qualidades que favorecem o seu emprego na agricultura, como o elevado teor de proteína e ampla produção de forragem (ALCÂNTARA & BUFARAH, 1988). Ainda, devido à ausência de tanino nas folhas, as plantas são mais palatáveis aos animais diferente de outras plantas leguminosas, permitindo que sejam utilizadas como fonte de alimento para suínos e aves (SEMENTES FORRAGEIRAS, 1998).

Na literatura pertinente não foram encontrados estudos sobre os efeitos do alumínio nos teores de clorofila de plantas de labe-labe. Porém, para o feijão-mungo alguns trabalhos foram realizados, enfatizando a interação alumínio e ácido cítrico (YANG & ZHANG, 1998a), alumínio e boro (YANG & ZHANG, 1998b), alumínio e silício (YANG et al., 1999) e alumínio e cálcio (YANG & CHEN, 2001), evidenciando, de um modo geral, que ocorreram reduções significativas nos teores de clorofila em plântulas de feijão-mungo cultivadas em solução nutritiva contendo alumínio.

Assim, tendo em vista a extrema importância dos pigmentos clorofilianos no processo fotossintético, o objetivo do presente trabalho foi verificar o efeito do alumínio, em solução nutritiva, nos teores de clorofilas em plântulas de feijão-mungo cv. KY 2184 e de labe-labe cv. Rongai, com o intuito de se obter respostas de tolerância a este elemento mineral.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas sementes selecionadas de feijão-mungo cv. KY 2184, provenientes do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA) e de labe-labe cv. Rongai, provenientes da empresa NATERRA (Ribeirão Preto, SP).

Primeiramente, foram utilizadas duas bandejas plásticas contendo vermiculita expandida, nas quais semeou-se em uma, o feijão-mungo e na outra, o labe-labe. Tais bandejas foram deixadas ao ar livre na parte externa do laboratório de campo de Fisiologia Vegetal do Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária, FCAV, Unesp, Campus de

Jaboticabal, SP, e foram realizadas regas diárias para evitar a deficiência hídrica.

Após 10 dias da semeadura foram selecionadas as plântulas mais sadias, as quais foram transferidas para frascos de vidro (SNAP CAP), transparentes e com capacidade de 190 mL, contendo solução nutritiva (Tabela 1) de CLARK (1975), modificada por RODRIGUES (1979). Foram adicionadas às soluções nutritivas as concentrações de 0,0, 0,25, 0,5 e 1,0 mmol dm⁻³ de Al³⁺, segundo metodologia de NARAYANAN & SYAMALA (1989). O pH da solução nutritiva foi ajustado para 3,8, possibilitando a disponibilidade de alumínio para ser absorvido pela plântula.

Tabela 1. Composição química da solução nutritiva de CLARK (1975) modificada por RODRIGUES (1979).

COMPOSTO	CONCENTRAÇÃO NA SOLUÇÃO NUTRITIVA (mM)
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	2,53
KNO ₃	1,30
MgSO ₄ .7H ₂ O	0,60
NH ₄ NO ₃	0,90
KCl	0,50
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ .H ₂ O	0,0345
MnCl ₂ .4H ₂ O	7,0 x 10 ⁻³
H ₃ BO ₄	19,0 x 10 ⁻³
ZnSO ₄ .7H ₂ O	2,0 x 10 ⁻³
H ₂ MoO ₄ .H ₂ O	0,6 x 10 ⁻³
CuSO ₄ .5H ₂ O	0,5 x 10 ⁻³
Fe.EDTA	38,0 x 10 ⁻³

pH da solução= 3,8.

Os frascos foram revestidos com papel alumínio visando impedir o crescimento de algas nas soluções. Na extremidade superior de cada frasco foi ajustado um disco de isopor branco com um furo central no qual ficava a plântula, com 10 dias de idade, inserida com a parte aérea exposta ao ambiente e o sistema radicular imerso na solução nutritiva com a devida concentração de alumínio. Tais soluções foram trocadas cada três dias, com o intuito de impedir qualquer tipo de interferência nos resultados, em virtude de possíveis alterações da composição química da solução e das concentrações de alumínio.

O experimento foi conduzido em sala de crescimento por 20 dias, sob luminária com irradiância média de 42,86 μmol m⁻² s⁻¹ e temperatura mínima média de 24°C ± 1°C e máxima mínima de 27°C ± 1°C.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2x4, (espécies e concentrações de alumínio), com três repetições.

Decorridos 20 dias do transplantio, os teores de clorofilas foram determinados pelo método de ARNON (1949), nas plântulas de ambas espécies sob efeito das concentrações de alumínio. Para tanto, foi macerado 0,5 g de massa fresca foliar, juntamente com 5 mL de acetona 80% (v/v). O material foi filtrado a vácuo e o volume final

completado até 50 mL com acetona. Com o extrato obtido, nos vários tratamentos estudados, foram realizadas as leituras espectrofotométricas nos comprimentos de onda de 663, 652 e 645 nm em espectrofotômetro Beckman DU 640. A leitura feita no comprimento de onda de 663 nm corresponde ao pico de maior absorção da clorofila **a** e no comprimento de onda de 645 nm corresponde ao pico de absorção da clorofila **b**. A leitura no comprimento de onda 652 nm foi realizada para conferir o conteúdo de clorofila total (**a+b**).

Utilizando-se os dados das leituras espectrofotométricas, foram calculados os teores de clorofila **a**, **b**, **total1**, **total2** e razão clorofila **a/b**, de acordo com as fórmulas descritas por ARNON (1949). Os teores de clorofila foram expressos em mg g⁻¹ de massa fresca.

A análise de variância foi efetuada pelo teste F, utilizando-se do teste de Tukey para a comparação entre médias (BANZATTO & KRONKA, 1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta a análise de variância dos teores de clorofila **a**, **b**, **total 1**, **total 2** e razão clorofila **a/b**, de plântulas de feijão-mungo cv. KY 2184 e labe-labe cv. Rongai, cultivadas em quatro concentrações de alumínio, 20 dias após o transplantio. Verifica-se que, houve diferença significativa apenas para o fator espécies (E). Na Tabela 3, o desdobramento dos graus de liberdade pelo teste de Tukey evidencia que, os teores de clorofila das plântulas de labe-labe foram significativamente maiores que os do feijão-mungo.

Tabela 2. Análise de variância dos teores de clorofilas (mg g⁻¹ de massa fresca) de plântulas de feijão-mungo cv. KY 2184 e labe-labe cv. Rongai, cultivadas em solução nutritiva contendo quatro concentrações de alumínio, 20 dias após o transplantio.

CAUSA DA VARIACÃO	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS				
		Teores de Clorofilas (mg g ⁻¹ de massa fresca)				
		Chl ¹ a	Chl b	Chl Total1	Chl Total2	Razão Chl a/b
Espécies (E)	1	0,3504**	0,3161**	1,0821**	1,1715**	0,0105**
Alumínio (A)	3	0,1226 ^{ns}	0,1740 ^{ns}	0,0760 ^{ns}	0,0624 ^{ns}	0,0025 ^{ns}
Interação E x A	3	0,0288 ^{ns}	0,0126 ^{ns}	0,1212 ^{ns}	0,0457 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Resíduo	16	0,0152	0,0135	0,0917	0,0471	0,0008
C.V. (%)		18,4609	19,7285	23,0043	19,4324	2,4194

¹Chl: clorofila.

^{ns}: Não significativo (P > 0,05).

** : Significativo (P < 0,01).

Tabela 3. Desdobramento através do teste de Tukey dos teores de clorofilas (mg g⁻¹ de massa fresca) de plântulas de feijão-mungo cv. KY 2184 e labe-labe cv. Rongai (fator espécies-E), cultivadas em solução nutritiva contendo quatro concentrações de alumínio, 20 dias após o transplantio.

ESPÉCIES	MÉDIAS DO TESTE DE TUKEY ¹				
Feijão-mungo	0,5481B	0,4751B	1,1042B	0,8956B	1,1613B
Labe-labe	0,7898A	0,7046A	1,5289A	1,3375A	1,2031A
DMS ² (Tukey)	0,1069	0,1008	0,2623	0,1879	0,0248

¹Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P > 0,05);

² DMS: Diferença mínima significativa.

Quanto ao alumínio, a análise de variância, apresentada na Tabela 2, mostra que este elemento mineral não causou qualquer efeito nos teores de clorofilas das plântulas, apresentando ambas espécies dados não significativos. Estes resultados corroboram com os encontrados por SIMON et al. (1994), que verificaram ausência de efeitos tóxicos deste mineral em cultivares de tomate crescidas em solução nutritiva com alumínio. Por outro lado, o significativo decréscimo nos teores de clorofilas provocado pelo alumínio em cultivares de arroz (PALIWAL & SIVAGURU, 1994) e em feijão-mungo (YANG &

ZHANG, 1998a,b; YANG et al., 1999; Yang & Chen, 2001) indicam que, a toxicidade do alumínio sobre os teores de clorofilas pode ser dependente da espécie, cultivar, tempo de exposição e concentração do alumínio na solução nutritiva.

Pelas condições metodológicas realizadas no presente trabalho, pode-se concluir que:

As plântulas de labe-labe cv. Rongai possuem maiores teores de clorofilas, que as plântulas de feijão-mungo cv. KY 2184.

O alumínio não provocou qualquer tipo de efeito nos teores de clorofilas, indicando que estas espécies parecem ser tolerantes, podendo ser cultivadas em solos ácidos que apresentem disponibilidade deste elemento mineral.

LITERATURA CITADA

ALCÂNTARA, P.B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras: gramíneas & leguminosas**. 4 ed. São Paulo, Nobel. 1988. 162 p.

ARNON, D.I. Cooper enzymes in isolated chloroplast polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v.24, n.1, p.1-15, 1949.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. 3.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247p.

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. **South Africa Journal Plant Soil**, v.3, n.1, p.11-17, 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**, v.12, n.1, p.17-24, 2000.

CLARK, R.B. Effect of aluminum on growth and mineral elements of Al-tolerant and Al-intolerant corn. **Plant Soil**, v.47, p.653-62, 1975.

FERREIRA, G.M. Estudos de ecofisiologia do feijão-mungo (*Vigna radiata* (L.) Wilczek): análise dos componentes da produção em diversas cultivares. **Trabalho de graduação em Agronomia**, FCAV, Jaboticabal, SP, 1995, 84 p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1980. 254p.

MILIVOJEVIC, D.B.; STOJANOVIC, D.D. Role of calcium in aluminum toxicity on content of pigments and pigment-protein complexes of soybean. **Journal of Plant Nutrition**, v.26, n.2, p.341-350, 2003.

MILIVOJEVIC, D.B.; STOJANOVIC, D.D.; DRINIC, S.D. Effects of aluminium on pigments and pigment-protein complexes of soybean. **Biologia Plantarum**, v.43, n.4, p.595-597, 2000.

MOUSTAKAS, M.; OUZOUNIDOU, G.; LANNOYE, R.

Aluminum effects on photosynthesis and elemental uptake in an aluminum-tolerant and non-tolerant wheat cultivar.

Journal of Plant Nutrition, v.18, n.4, p.669-683, 1995.

OHKI, K. Photosynthesis, chlorophyll, and transpiration responses in aluminum stressed wheat and sorghum. **Crop Science**, v.26, n.3, p.572-575, 1986.

PALIWAL, K.; SIVAGURU, M. Indifferent effects of aluminum on the reflectance properties of rice cultivars differing in aluminum tolerance. **Journal of Plant Nutrition**, v.17, n.6, p.883-897, 1994.

PEIXOTO, P.H.P.; DA MATTA, F.M.; CAMBRAIA, J. Responses of the photosynthetic apparatus to aluminum stress in two sorghum cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, n.4, p.821-832, 2002.

PIMENTA, J.A.; CAMBRAIA, J.; SANT'ANNA, R.; ESTEVÃO, M.M. Efeito do alumínio sobre algumas enzimas ligadas à assimilação de nitrogênio em sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.1, n.2., p.203-208, 1989.

RANA, D.K.; AERY, N.C.; Effect of aluminium stress on the biochemical constituents during early seedling growth of mustard. **Bionature**, v.19, n.2, p.47-50, 1999.

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

RODRIGUES, T.J.D. Crescimento de plantas e respiração de raízes de *Stylosanthes* na presença de alumínio em solução nutritiva. **Dissertação de Mestrado em Fisiologia Vegetal**, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, MG, 1979. 44p.

SEMENTES FORRAGEIRAS, 1998.

(Internet: <http://www.agridata.mg.gov.br/forragei.htm>).

SIMON, L.; KIEGER, M.; SUNG, S.S.; SMALLEY, T.J. Aluminium toxicity in tomato.2. Leaf gas exchange, chlorophyll content, and invertase activity. **Journal of Plant Nutrition**, v.17, n.2/3, p.307-317, 1994.

VIEIRA, R.F. Cultura do feijão-mungo. **Informe Agropecuária**, v.16, n.174, p.37-46, 1992.

YANG, Y.H.; ZHANG, H.Y. Effect of citric acid on aluminum toxicity in the growth of mungbean seedlings. **Journal of Plant Nutrition**, v.21, n.5, p.1037-1044, 1998a.

YANG, Y.H.; ZHANG, H.Y. Boron amelioration of aluminum toxicity in mungbean seedlings. **Journal of Plant Nutrition**, v.21, n.5, p.1045-1054, 1998b.

YANG, Y.H.; CHEN, S.M.; CHEN, Z.; ZHANG, H.Y.; SHEN, H.G.; HUA, Z.C.; LI, N. Silicon effects on aluminum toxicity to mungbean seedling growth. **Journal of Plant Nutrition**, v.22, n.4/5, p.693-700, 1999.

YANG, Y.H.; CHEN, S.M. Physiological effects of aluminum/calcium ratios on aluminum toxicity of mungbean seedling growth. **Journal of Plant Nutrition**, v.24, n.3, p.585-597, 2001.