

## Notas Científicas

### Influência da disponibilidade hídrica e da acidez do solo no teor de prolina livre de guandu

Adão Marin<sup>(1)</sup>, Durvalina Maria Mathias dos Santos<sup>(1)</sup>, David Ariovaldo Banzatto<sup>(2)</sup>  
e Lucas Mateus Codognotto<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Universidade Estadual Paulista (Unesp), Fac. de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Dep. de Biologia Aplicada à Agropecuária, Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane, Km 5, CEP 14884-900 Jaboticabal, SP. E-mail: admarin@fcav.unesp.br, dumaria@fcav.unesp.br, lucsmat@hotmail.com <sup>(2)</sup>Unesp, FCAV, Dep. de Ciências Exatas. E-mail: banzatto@asbyte.com.br

**Resumo** – O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da disponibilidade hídrica e da acidez do solo, no teor de prolina livre da parte aérea das cultivares de guandu, IAPAR 43-Aratã e IAC Fava Larga. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2x3x4 (cultivar x disponibilidade hídrica x acidez), com quatro repetições. Em condições de restrição hídrica severa, a cultivar IAC Fava Larga pode ser considerada tolerante, em virtude do maior acúmulo de prolina livre. A presença de alumínio no solo, associada à restrição hídrica severa, apresentou efeito sinérgico sobre os teores de prolina livre.

**Termos para indexação:** alumínio, estresse hídrico, interação, forrageira, leguminosa.

### Influence of water availability and soil acidity on the level of free proline in pigeon pea

**Abstract** – The objective of this work was to evaluate the influence of water availability and soil acidity on the levels of free proline, in shoots of the pigeon pea cultivars IAPAR 43-Aratã and IAC Fava Larga. A completely randomized design, in a factorial scheme 2x3x4 (two cultivars, two levels of water availability, four pH levels), with four replicates was used. Under severe water restriction, the cultivar IAC Fava Larga can be considered more tolerant, because of its higher accumulation of free proline. The presence of aluminium, associated to severe water restriction, showed a synergistic effect on the levels of free proline.

**Index terms:** aluminium, water stress, interaction, forage plant, legume.

A espécie *Cajanus cajan* (L.) Millsp., conhecida pelo nome de guandu, é considerada uma importante leguminosa dos trópicos semi-áridos. Graças à sua capacidade de crescer em períodos adversos, o guandu tem sido amplamente utilizado como alternativa para a provisão de alimento de alta qualidade, além de proporcionar redução de custos com a colheita e o armazenamento de forragem, no período da entressafra (Rao et al., 2002).

A produtividade das plantas, limitada pela água, depende da quantidade disponível deste recurso e da eficiência de seu uso pelo vegetal. Em condições de estresse hídrico, vários processos fisiológicos são alterados, tais como: fotossíntese, abertura estomática, produção de ácido abscísico, abscisão foliar e ajuste osmótico (Taiz & Zeiger, 2004).

O pH do solo influencia a solubilidade, a concentração e a forma iônica dos seus nutrientes, como também a absorção e a utilização pela planta, sendo portanto, uma das propriedades químicas do solo que mais afeta a produção agrícola (Fageria et al., 1997).

O acúmulo de prolina não está associado somente às plantas que se desenvolvem sob condições de estresse hídrico, mas também pode ser verificado em plantas sob condições de elevada acidez do solo; assim, os mecanismos fisiológicos envolvidos nessa resposta devem ser similares (Zaifnejad et al., 1997).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da disponibilidade hídrica e da acidez do solo, no teor de prolina da parte aérea, das cultivares de guandu IAPAR 43-Aratã e IAC Fava Larga.

O experimento foi realizado no Laboratório de Fisiologia Vegetal, do Dep. de Biologia Aplicada à Agropecuária, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Jaboticabal, SP (21°15'S, 48°18'W e altitude de 605 m), no período de setembro a outubro de 2002.

O solo utilizado, classificado como Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, foi coletado à profundidade de 20–40 cm, na área experimental, cuja análise química apresentou os seguintes resultados: pH CaCl<sub>2</sub>, 4,1; matéria orgânica, 11 g dm<sup>-3</sup>; P (resina), 3 mg dm<sup>-3</sup>; K, 1,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca, 3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg, 2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al, 42 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; soma de bases, 6,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC, 48,3 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V (%), 13. A análise granulométrica indicou que o solo possui textura argilosa.

Os níveis de acidez foram calculados conforme Raij et al. (1997), e cada tratamento foi individualmente acondicionado em saco plástico, para a homogeneização do CaCO<sub>3</sub> com o solo. Em seguida, foi adicionada água para umedecer o solo até a capacidade de campo, tendo permanecido em repouso durante 15 dias. Para verificar os níveis de acidez atingidos depois desse período, amostras de cada tratamento foram submetidas à análise química (Tabela 1).

Diante dos dados obtidos na análise química do solo, e com base em Raij et al. (1997), consideraram-se os seguintes tratamentos de acidez no solo: acidez baixa, pH CaCl<sub>2</sub>, 5,9 (A1); acidez média, pH CaCl<sub>2</sub>, 5,3 (A2); acidez alta, pH CaCl<sub>2</sub>, 4,8 (A3); e tratamento controle, sem adição de carbonato de cálcio, considerado de acidez muito alta, pH CaCl<sub>2</sub>, 4,1 (A4).

Para o estudo da disponibilidade hídrica, nos solos descritos, foram considerados três tratamentos: 60, 40 e 20% dos poros preenchidos com água. As amostras

**Tabela 1.** Análise química do solo, depois de 15 dias de incubação com carbonato de cálcio.

Parâmetro	Tratamento			
	A1	A2	A3	A4
pH CaCl <sub>2</sub>	5,9	5,3	4,8	4,1
MO (g dm <sup>-3</sup> )	14,0	14,0	14,0	11,0
P resina (mg dm <sup>-3</sup> )	6,0	4,0	4,0	3,0
K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,9	1,9	2,0	1,3
Ca (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	35,0	22,0	12,0	3,0
Mg (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	14,0	9,0	5,0	2,0
Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0	0,0	2,0	9,0
H+Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	20,0	25,0	28,0	42,0
SB (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	50,9	32,9	19,0	6,3
T (%)	70,9	57,9	47,0	48,3
V (%)	72,0	57,0	40,0	13,0
m (%)	0,0	0,0	9,0	58,0

de solo dos tratamentos A1, A2, A3 e A4 foram secadas em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C.

As sementes de IAPAR 43-Aratã (C1) e IAC Fava Larga (C2) foram semeadas em bandejas com areia, onde permaneceram por quatro dias, sem restrição hídrica e, posteriormente, foram transplantadas para os vasos. O controle da disponibilidade hídrica foi realizado por meio da pesagem dos vasos, e a diferença correspondente à quantidade de água evapotranspirada foi repostada diariamente. Os tratamentos foram mantidos por 20 dias, em sala de crescimento com irradiância média de 89,50 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, fotoperíodo de oito horas de luz e temperatura média de 29°C.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, no esquema fatorial com três fatores, ou seja, duas cultivares de guandu, IAPAR 43-Aratã e IAC Fava Larga, três disponibilidades hídricas e quatro tratamentos de acidez, com quatro repetições.

Os teores de prolina livre da parte aérea foram determinados conforme método descrito por Bates et al. (1973) e calculados com base na massa de matéria fresca, pela fórmula: [(μg prolina mL<sup>-1</sup> x mL tolueno)/115,5 μg μmol<sup>-1</sup>]/[(g amostra)/5] = μmol de prolina/massa de matéria fresca (g).

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A análise de regressão polinomial foi realizada de acordo com Banzatto & Kronka (1995).

O acúmulo de prolina da IAC Fava Larga foi maior que o da IAPAR 43-Aratã (Tabela 2). Para a interação

**Tabela 2.** Análise de variância dos teores de prolina livre (μmol g<sup>-1</sup> de matéria fresca) da parte aérea de guandu, sob influência da disponibilidade hídrica e da acidez do solo, 20 dias depois do transplantio<sup>(1)</sup>.

Causa da variação	GL	Teores de prolina livre
Cultivares (C)	1	2,4486**
Disponibilidade hídrica (H)	2	7,9892**
Alumínio (A)	3	1,6612**
Interação (CxH)	2	1,5675**
Interação (CxA)	3	0,1709 <sup>ns</sup>
Interação (HxA)	6	0,9220**
Interação (CxHxA)	6	0,3122 <sup>ns</sup>
Resíduo	72	0,1800
IAPAR 43-Aratã		1,5786B
IAC Fava Larga		1,8981A

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; o coeficiente de variação foi de 24,4%.

<sup>ns</sup>Não-significativo. \*\*Significativo a 1% pelo teste F.

das cultivares em cada disponibilidade hídrica (CxH), verificou-se resposta significativa apenas no tratamento de 20% e, nesta condição de estresse severo, observou-se um maior acúmulo de prolina livre na cultivar IAC Fava Larga (Tabela 3). Segundo Mattioni et al. (1997), as plantas, quando submetidas à restrição hídrica, acumulam prolina e, nessas condições, esse aminoácido não interfere no metabolismo celular, não sendo prejudicial mesmo quando presente em altas concentrações. As respostas das cultivares de guandu, ICPL-151 e H-77-216, à deficiência hídrica em solos com estresses hídricos de -0,77 MPa (moderado) e de -1,34 MPa (severo), indicaram maior acúmulo de prolina na cultivar H-77-216, que se mostrou também mais tolerante à condição de falta de água (Nandwal et al., 1993).

De modo geral, as plantas expostas aos diversos tipos de estresse ambiental, notadamente o estresse hídrico, podem apresentar acúmulo de prolina, que tem sido associado à tolerância das plantas a essa condição adversa, podendo representar um mecanismo regulador da perda de água, mediante o aumento da osmolaridade celular (Fumis & Pedras, 2002).

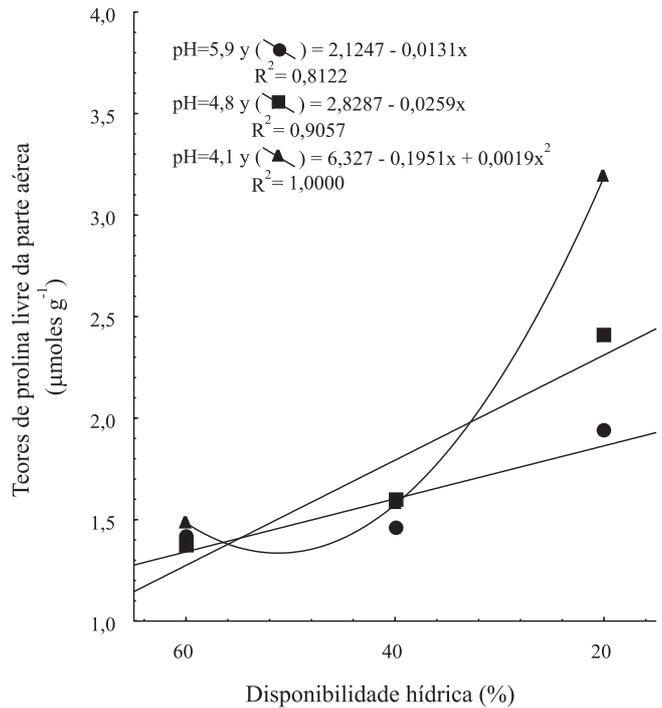
Os desdobramentos dos graus de liberdade, dos fatores quantitativos em regressão polinomial, da disponibilidade hídrica e acidez (Tabela 2), para os teores de prolina livre da parte aérea de ambas as cultivares, revelaram efeitos significativos no pH de 5,9 (1,0889\*), 4,8 (4,2932\*\*) e 4,1 (3,1008\*\*), mostrando que na disponibilidade hídrica, nesses tratamentos, houve aumento nos teores de prolina proporcional à diminuição da quantidade de água (Figura 1).

Os efeitos da acidez do solo foram significativos na disponibilidade hídrica de 20% (1,6275\*\*), o que mostra uma tendência quadrática positiva dos teores de prolina, em resposta ao aumento da acidez (Figura 2). De fato, o aumento no conteúdo de prolina livre, sob efeito do alumínio, em *Cicer arietinum* (L.), pode ser um indicador do estresse causado por este íon (Satakopan et al., 1990).

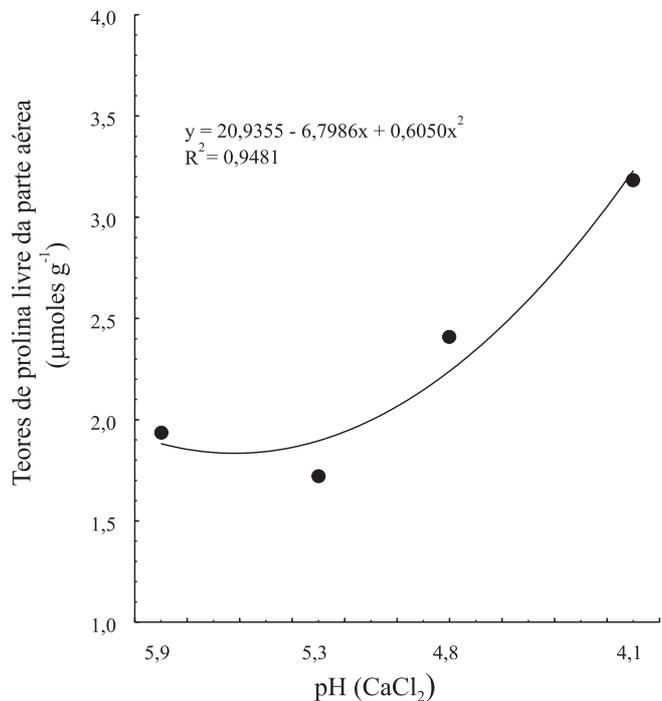
**Tabela 3.** Influência da disponibilidade hídrica nos teores de prolina livre da parte aérea ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  de matéria fresca) de guandu, 20 dias depois do transplântio<sup>(1)</sup>.

Cultivar	Disponibilidade hídrica (%)		
	60	40	20
IAPAR 43-Aratã	1,3563A	1,4826A	1,8970B
IAC Fava Larga	1,4400A	1,5271A	2,7270A

<sup>(1)</sup>Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 1.** Teores de prolina livre da parte aérea de guandu, em função da disponibilidade hídrica e da acidez do solo, 20 dias depois do transplântio.



**Figura 2.** Teores de prolina livre da parte aérea de guandu, em função do pH, na disponibilidade hídrica de 20%, aos 20 dias depois do transplântio.

A cultivar IAC Fava Larga, em condições de restrição hídrica severa, apresenta maiores teores de prolina livre na parte aérea, podendo ser considerada mais tolerante que a IAPAR 43-Aratã, e o efeito associado do alumínio no solo e da restrição hídrica severa apresenta efeito sinérgico sobre os teores de prolina livre da parte aérea, de ambas as cultivares de guandu.

### Referências

- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. 3.ed. Jaboticabal: Funep, 1995. 247p.
- BATES, L.S.; WALDREN, R.P.; TEARE, I.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v.39, p.205-207, 1973.
- FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2<sup>nd</sup> ed. rev. exp. New York: M. Dekker, 1997. 624p.
- FUMIS, T.F.; PEDRAS, J.F. Variação nos níveis de prolina, diamina e poliaminas em cultivares de trigo submetidas a déficits hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.449-453, 2002.
- MATTIONI, C.; LACERENZA, N.G.; TROCCOLI, A.; LEONARDIS, A.M. de; FONZO, N. di. Water and salt stress-induced alterations in proline metabolism of *Triticum durum* seedlings. **Physiologia Plantarum**, v.101, p.787-792, 1997.
- NANDWAL, A.S.; BHARTI, S.; KUHAD, M.S.; SINGH, J. Responses of pigeon pea cultivars to water stress. **Biologia Plantarum**, v.35, p.641-644, 1993.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. rev. Campinas: Instituto Agronômico, Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim técnico, 100).
- RAO, S.C.; COLEMAN, S.W.; MAYEUX, H.S. Forage production and nutritive value of selected pigeonpea ecotypes in the Southern Great Plains. **Crop Science**, v.42, p.1259-1263, 2002.
- SATAKOPAN, V.N.; BASKARAN, G.; SANKAR, M. Protective influence of phytotonic concentrations of Al<sup>3+</sup> on mannitol induced water stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.) seedlings. **Indian Journal of Plant Physiology**, v.33, p.374-375, 1990.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- ZAFNEJAD, M.; CLARK, R.B.; SULLIVAN, C.Y. Aluminum and water stress effects on growth and proline of sorghum. **Journal of Plant Physiology**, v.150, p.338-344, 1997.

---

Recebido em 1º de dezembro de 2004 e aprovado em 14 de junho de 2005