

INTERAÇÃO DOS ESTRESSES HÍDRICO E ÁCIDO NO CRESCIMENTO INICIAL DE LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS.

Rodrigo Vezzani Franzé, Durvalina Maria Mathias dos Santos, Adão Marin, Mariana Pereira Ruiz, Moacir Vinícius Pereira Destro, David Ariovaldo Banzatto – Agronomia - Agronomia – Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal.

Os estresses abióticos são considerados problemas eminentes para a agricultura podendo reduzir significativamente os rendimentos das lavouras. Dos vários tipos de estresses abióticos, destaca-se o estresse hídrico causado pela deficiência hídrica e o estresse ácido causado pela toxicidade do alumínio.

As plantas sob estresse hídrico apresentam alterações nos processos fisiológicos que estão mais diretamente associados com a produtividade, tais como movimento estomático, fotossíntese, respiração, translocação e partição de fotoassimilados, pois a estratégia de sobrevivência das plantas em habitats caracterizados como estressantes não é a maximização da produtividade, mas certamente uma composição equilibrada entre o rendimento e a sobrevivência. Contudo, a intensidade dos efeitos prejudiciais na planta dependerá da duração e da severidade do estresse, do estágio de desenvolvimento e da espécie utilizada. Considerando os 3,3 bilhões de hectares solos aptos para a agricultura do nosso planeta, cerca de 28% estão sujeitos a estresse hídrico. Conforme a restrição hídrica no solo aumenta, o seu potencial matricial (ψ_m) torna-se cada vez menor, e as plantas por sua vez só conseguem absorver água quando o potencial hídrico celular é menor que o potencial hídrico do solo.

O estresse ácido é causado pelo elevado teor de alumínio presente no substrato, o qual induz as mudanças na bioquímica e fisiologia celular, causando efeitos biológicos numerosos e complexos, além de promover um aumento no potencial osmótico que induz a um menor potencial hídrico. Muitos são os solos brasileiros que se apresentam ácidos e a acidez característica destes solos proporciona baixa capacidade de troca de íons e, conseqüentemente, elevada toxicidade de alumínio. Por exemplo, os solos do cerrado, com baixa capacidade de troca de íons e alta toxicidade de alumínio representam 205 milhões de hectares. O elemento químico alumínio constitui, inicialmente, uma conseqüência da acidez dos solos, e esta condição quando elevada resulta na dissolução de minerais de argila e óxido de alumínio conduzindo ao aparecimento de forma trocável.

A toxicidade do alumínio interfere negativamente no crescimento de muitas plantas, sendo considerado o fator mais limitante da produtividade das plantas em solos ácidos. Por ser um elemento de pouca mobilidade dentro da planta, os efeitos biológicos do alumínio são mais evidentes nas raízes, induzindo uma ineficiência do sistema radicular para a absorção e transporte de água e sais minerais, bem como na utilização dos nutrientes pela planta, devido à inibição de várias enzimas, sendo que algumas podem estar envolvidas na absorção de íons. O exato mecanismo fisiológico de toxicidade ou da tolerância ao alumínio, para muitas espécies, está ainda em discussão, pois diferentes vias bioquímicas podem estar envolvidas nestes processos.

As plantas forrageiras são importantes para a produção animal e à agricultura, e têm sido utilizadas, proeminentemente, na agricultura brasileira, sendo cultivadas em solos ácidos que possuem baixa capacidade de troca de íons e alta toxicidade de alumínio. As leguminosas forrageiras, labe-labe (*Lablab purpureus* (L.) Sweet) e feijão-mungo (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) são utilizadas, principalmente, para alimentação animal, além do uso como culturas intercalares, adubo verde e para o consumo humano.

O labe-labe é uma planta anual ou perene de vida curta, é originária da África e adapta-se facilmente aos diferentes tipos de clima e solo. Devido ao fato das folhas não conterem tanino, é palatável aos animais, ao contrário de outras plantas leguminosas, o que permite sua utilização como fonte de alimento para suínos e aves. Caracteristicamente resistente à seca, permanece vigorosa durante a estiagem, produzindo elevada quantidade de massa verde, cerca de 25 a 40 t/ha. Atualmente são conhecidos mais de 200 genótipos, entretanto poucos são registrados. Particularmente, a cultivar Rongai engloba plantas de crescimento de verão, tendo desenvolvimento excelente em condições de clima quente e úmido.

O feijão-mungo tem como centro de origem a Índia, país no qual, também se concentra sua produção e consumo. As sementes desta espécie, por serem muito nutritivas possuem vasta utilização alimentar em muitos países. No Brasil, as plântulas são mais utilizadas no preparo de “moyashi” (broto de feijão-mungo), que possui considerável quantidade de fenólicos totais, compostos responsáveis por sua ação antioxidante, cujo consumo pode proporcionar efeitos benéficos à saúde. Estima-se que cerca de 2,2 milhões de toneladas de feijão-mungo são produzidas anualmente no mundo. A cultivar KY 2184 é a mais indicada às condições ambientais da nossa região de Jaboticabal.

No Brasil não tem sido, suficientemente, estudado o desempenho das leguminosas forrageiras em solos com problemas de acidez. As pesquisas realizadas se concentram em plantas não forrageiras.

Com o presente trabalho objetivou-se estudar o efeito da interação dos estresses hídrico e ácido no crescimento inicial da parte aérea de plântulas de labe-labe e feijão-mungo em solução nutritiva, visando conhecer as respostas destas espécies a estes estresses nas primeiras etapas do desenvolvimento. Para tanto foram utilizadas sementes selecionadas de labe-labe cv. Rongai provenientes da empresa PIRAÏ SEMENTES do município de Piracicaba, SP. e de feijão-mungo cv. KY 2184, adquiridas junto ao Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA), em quantidade suficiente para a implantação do projeto.

Em oito bandejas de plástico contendo areia grossa peneirada, foram semeadas em quatro sementes de labe-labe e nas outras quatro as sementes de feijão-mungo. Nestas bandejas, deixadas ao ar livre na parte externa do Laboratório de Campo de Fisiologia Vegetal do Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária (DBAA), da Faculdade de Ciências Agrárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de Jaboticabal, SP., foram realizadas regas diárias para evitar a deficiência hídrica durante a germinação. Após 10 dias da semeadura, as plântulas foram transferidas para frascos de vidro, tipo SNAP CAP, transparentes, revestidos com papel alumínio para evitar a formação de algas, e com capacidade de 190 mL, contendo solução nutritiva de Clark, com pH recomendado para esta solução de 3,8 para disponibilizar o alumínio. Foi realizada a aclimação das plântulas à solução de Clark, utilizando-se solução nutritiva meia força por cinco dias e força total por mais cinco dias.

Após a aclimação, as plântulas de labe-labe e feijão-mungo foram colocadas em solução de Clark força total, para verificar a influência do estresse hídrico (H) e toxicidade do alumínio (A), sendo o estresse hídrico, induzido com diferentes concentrações de polietilenoglicol (PEG 6000), P.A., Marca “LABSYNTH”, adequado à solução nutritiva nos potenciais de (ψ_s) 0,0; -0,004; -0,006 e -0,008 MPa. Também, foram adicionadas nestas soluções nutritivas, as concentrações subletais de alumínio, a saber: 0,0; 0,25; 0,50 e 0,75 mmol dm⁻³. Tais soluções foram trocadas de três em 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. Este procedimento foi mantido até as avaliações fisiológicas que foram realizadas aos 10 dias após o início dos tratamentos, quando as plântulas estavam com 30 dias de idade. O experimento foi conduzido em sala de crescimento climatizada por 10 dias, sob luminária com irradiância média de 152,86 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, com fotoperíodo controlado por 12 horas e temperatura mínima média de 24°C \pm 1°C e máxima média de 29°C \pm 1°C controlada com ar condicionado.

Após 10 dias sob efeito do estresse hídrico e do alumínio, as plântulas foram cortadas na altura do colo para avaliação da altura (cm), do número de lâminas foliares (das folhas simples e compostas) e da área foliar (dm²), a qual foi determinada pelo software Delta-T Image Analysis System. As partes vegetativas foram colocadas em sacos de papel e levadas a secar em estufa de circulação forçada de ar à 80°C. A massa seca de cada parte vegetal foi determinada através de uma balança analítica, Denver Instrument Company AA-200, com precisão de 0,0001 g.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado no esquema fatorial 2x4x4, com os fatores espécies (E), labe-labe (E1) e feijão-mungo (E2), níveis de estresse hídrico e níveis de alumínio com quatro repetições por tratamento, totalizando 32 tratamentos. Os dados foram submetidos à análise de variância a partir da transformação adequada e à comparação de médias pelo teste de Tukey.

A Tabela 1 apresenta resultados da análise de variância para altura, número de lâminas foliares, área foliar, massa seca de lâminas foliares e massa secas de caules + pecíolos de plântulas de labe-labe e feijão-mungo, sob efeito associado do estresse hídrico e toxicidade de alumínio, por 10 dias em solução nutritiva. Para estas avaliações fisiológicas verifica-se que, houve resposta significativa dos

fatores isolados, espécies (E) e estresse hídrico (H) como também da interação ExH. As concentrações de alumínio utilizadas no presente estudo não causaram quaisquer efeitos no crescimento de plântulas de ambas forrageiras. Para o feijão-mungo não houve efeito da restrição hídrica no crescimento das plântulas, embora tenha apresentado menor vigor que as plântulas de labe-labe, como evidenciam os resultados do teste de Tukey apresentados na Tabela 1.

As plântulas de labe-labe cv. Rongai são mais tolerantes ao estresse hídrico que as plântulas de feijão-mungo cv. KY 2184. Todavia, ambas forrageiras foram mais sensíveis à restrição hídrica que aos efeitos da toxicidade do alumínio presente na solução nutritiva.

A interação dos estresses hídrico e ácido evidenciou que, a restrição hídrica provoca efeitos deletérios mais acentuados no crescimento das plântulas que a toxicidade do alumínio, corroborando com a literatura pertinente que salienta a importância da água para a obtenção de elevada produtividade vegetal, devido ao fato do potencial hídrico do substrato (Ψ_s) ser limitante para o crescimento e outros processos fisiológicos.

TABELA 1. Análise de variância e resultados do teste de Tukey da altura (cm), lâminas foliares (número), área foliar (dm^2), massa seca de lâminas foliares e massa seca de caules + pecíolos (g) de plântulas de labe-labe cv. Rongai e feijão-mungo cv. KY 2184, sob efeito associado do estresse do hídrico e da toxicidade de alumínio, por 10 dias em solução nutritiva. Jaboticabal, SP. 2005-2006.

Causa		Quadrados Médios				
da		Altura	Lâminas Foliares ^{1,2}	Área Foliar	Massa Seca (g)	
Variação	G.L.	(cm)	(número)	(dm^2)	Lâminas Foliares	Caules e Pecíolos
Espécies (E)	1	68177,3970**	4,8277**	103,4068**	1,5465**	0,4948**
Estresse Hídrico (H)	3	3573,1622**	0,1125**	9,1707**	0,0633**	0,0416**
Alumínio (A)	3	750,5151 ^{ns}	0,0212 ^{ns}	0,8948 ^{ns}	0,0112 ^{ns}	0,0109 ^{ns}
ExH	3	3592,4990**	0,0934**	5,1347**	0,0497**	0,0403**
ExA	3	438,0107 ^{ns}	0,0446 ^{ns}	0,2437 ^{ns}	0,0031 ^{ns}	0,0055 ^{ns}
HxA	9	123,0966 ^{ns}	0,0269 ^{ns}	0,5116 ^{ns}	0,0054 ^{ns}	0,0038 ^{ns}
ExHxA	9	104,9356 ^{ns}	0,0326 ^{ns}	0,1816 ^{ns}	0,0027 ^{ns}	0,0025 ^{ns}
Resíduo	96	180,0680	0,0222	0,3544	0,0072	0,0035
C.V. (%)		30,0363	6,0014	32,8865	36,0169	35,4328
Espécies		Teste de Tukey³				
Labe-labe cv. Rongai		67,7547 A	2,6796 A	2,7090 A	0,3450 A	0,2280 A
Feijão-mungo cv. KY 2184		21,5969 B	2,2912 B	0,9113 B	0,1252 B	0,1037 B
DMS (Tukey)		4,7092	0,0523	0,2089	0,0297	0,0206

^{ns}: não significativo ($P > 0,05$);

** : significativo ($P < 0,01$);

¹ Número de folhas simples e compostas;

² Dados transformados em $\sqrt{x+1}$;

³ Médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P > 0,05$).

Referências Bibliográficas

- ALCÂNTARA, P.B., BUFARAH, G. **Plantas forrageiras: gramíneas & leguminosas**. 4 ed. São Paulo, Nobel. 1988. 162 p.
- 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.
- CODOGNOTO, L. M. ; SANTOS, D. M. M. ; MADALENO, L. L. ; KOBORI, N. N.; MARIN, A.; MOTTA, R. R.; CARREGARI, S. M. R. Crescimento inicial de *Vigna radiata* (L.) Wilczek e *Lablab purpureus* (L.) Sweet., sob influência do alumínio em solução nutritiva. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 15, n. Suplemento, p. 396-396, 2003.
- COSSOLINI, P. C. **Influência do alumínio na germinação e no crescimento de duas cultivares de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp., Fabaceae)**. 2000. 98 f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.
- FUENTE-MARTINÉZ, J. M. de la; HERRERA-ESTRELLA, L. Advances in the understanding of aluminum toxicity and the development of aluminum-tolerant transgenic plants. **Advances in Agronomy**, v. 66, p. 103-120, 1999.
- HIRT, H.; SHINOZAKI, K. (eds.). **Plant Responses to Abiotic Stress**. Series: *Topics in Current Genetics*. Publisher: Springer-Verlag berlin Heidelberg, v. 4, 2004, XIV, 300 p. Disponível em <<http://www.springerlink.com>> Acesso em 18.06.2004.
- HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Environmental factors affecting N₂ fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 65, n. 2-3, p. 152-164, 2000.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980, p.213-215.
- MARIN, A.; SANTOS, D. M. M. DOS; BANZATTO, D. A.; CODOGNOTTO, L. M. Influência da disponibilidade hídrica e da acidez do solo no teor de prolina livre de guandu. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 355-358, 2006.
- MITTLER, R. Abiotic stress, the field environment and stress combination. **Trends in Plant Science**, v.11, n. 1, 2006.
- NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B.; OYA, T. Tolerância a seca em plantas: mecanismos fisiológicos e moleculares. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, n.23, p.12-18, 2001.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª ed. Trad. Eliane Romanato Santarém et al. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- ZAIFNEJAD, M.; CLARK, R. B.; SULLIVAN, C. Y. Aluminum and water stress effects on growth and proline of sorghum. **Journal of Plant Physiology**, v.150, n.3, p.338-344, 1997.

Bolsa: CNPq/ PIBIC

Fomento: CNPq

FUNDUNESP