

SISTEMA RADICULAR DE PLÂNTULAS FORRAGEIRAS SOB EFEITO DO ALUMÍNIO E DO ESTRESSE HÍDRICO. Mariana Pereira Ruiz, Fabíola Vitti Môro, Durvalina Maria Mathias dos Santos, Adão Marin, Rodrigo Vezzani Franzé, Luis Fernando Moreira. – Agronomia – Agronomia – Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal.

As plantas forrageiras são importantes para a produção animal e à agricultura, seja pela função do pastejo, como na utilização do adubo verde (VIEIRA et al., 1988).

Os solos ácidos possuem baixa capacidade de troca de íons e alta toxicidade de alumínio e os solos que se apresentam alcalinos ou com pH próximo ao neutro são praticamente raros no Brasil (HUNGRIA & VARGAS, 2000). O cultivo de leguminosas em solos ácidos pode diminuir a eficiência da simbiose *Rhizobium*-leguminosa (HARTEL & BOUTON, 1989), além de reduzir drasticamente a produtividade, inviabilizando o cultivo em áreas de solos ácidos (SAWAZAKI & FURLANI, 1987).

A água é fundamental para processos metabólicos, como fotossíntese e transpiração (COSTA, 2003) e a condição de menores potenciais osmóticos é muito relevante, visto que, pode-se reduzir acentuadamente o crescimento vegetal (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Os estresses abióticos são considerados problemas eminentes para a agricultura, podendo reduzir significativamente os rendimentos das lavouras além de restringir as latitudes e os solos onde espécies comercialmente importantes podem ser cultivadas (WANG et al., 2003).

Os estudos fisiológicos podem auxiliar na elucidação dos mecanismos dos efeitos do alumínio nas raízes, associado a potenciais hídricos decrescentes, indicando maior tolerância das plantas às condições adversas do ambiente.

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo verificar os efeitos do alumínio e do estresse hídrico no crescimento do sistema radicular das leguminosas forrageiras labe-labe e feijão-mungo, evidenciando assim, qual espécie é mais tolerante aos efeitos associados destes estresses abióticos.

O experimento foi instalado no laboratório de Fisiologia Vegetal, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, FCAV, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Campus de Jaboticabal, SP. Para a obtenção de plântulas de labe-labe cv. Rongai e feijão-mungo cv. KY 2184, primeiramente, foi realizada a assepsia das sementes que já haviam sido selecionadas com fungicidas, visando o controle do crescimento de fungos que interferem na adequada germinabilidade das sementes. Também foi realizada uma triagem manual das sementes a fim de se obter maior uniformidade de tamanho, coloração e melhor estado de conservação.

A semeadura foi realizada em quatro bandejas de plástico contendo areia estéril, sendo duas bandejas para cada espécie, as quais foram mantidas em sala climatizada. Após 10 dias da semeadura (DAS), as plântulas foram transferidas para frascos de vidro, tipo SNAP CAP, transparentes e com capacidade de 190 mL. Os frascos foram revestidos de papel alumínio, com o intuito de impedir o crescimento de algas. No transplântio, cada plântula selecionada, para padronização do tamanho e sanidade, foi inserida no frasco com auxílio de um disco de isopor de modo que as raízes ficassem imersas na solução nutritiva de Clark (CLARK, 1975).

Primeiramente, foi realizada a aclimação das plântulas na solução de Clark, utilizando solução nutritiva concentração de 50% (meia força) por cinco dias e concentração de 100% (força total) por mais cinco dias. A seguir, as plântulas, com 20 dias de idade, foram submetidas ao estresse hídrico, sendo colocadas em solução com força total e concentrações de PEG 6000, adequado à solução nutritiva nos potenciais de (ψ_s) 0,0; -0,004; -0,006 e -0,008 MPa, segundo metodologia de ZAIFNEJAD et al. (1997) modificada. Também, foram

adicionadas nestas soluções nutritivas, as concentrações subletais de alumínio, a saber: 0,0; 0,25; 0,50 e 0,75 e mmol dm^{-3} , de acordo com COSSOLINI (2000).

O pH da solução foi corrigido para 3,8 com o auxílio do aparelho Corning pH-30 visando disponibilizar o alumínio às raízes e as 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.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado no esquema fatorial $2 \times 4 \times 4$, com os fatores espécies (E_1 e E_2), estresse hídrico (H_1 , H_2 , H_3 e H_4) e alumínio (A_1 , A_2 , A_3 e A_4), com quatro repetições por tratamento.

O experimento foi conduzido em sala de crescimento climatizada por 30 dias, sob luminária com irradiância média de $152,86 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, fotoperíodo controlado por 12 horas e temperatura mínima média de $24^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ e máxima média de $29^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ controlada com ar condicionado. Ao final do experimento (30 DAS), as raízes foram cuidadosamente separadas, acondicionadas em frascos contendo solução de álcool a 20% (v/v) e mantidas sob refrigeração.

Para a determinação da densidade e diâmetro médio das raízes, foi utilizado o sistema de análise de imagens Delta-T Devices LTD, através da coloração com azul de metileno por aproximadamente dois minutos; em seguida, as raízes foram dispostas sobre uma bandeja com água onde foi realizada a leitura da imagem através de um scanner Hewlett Packard modelo 5C. A imagem de cada sistema radicular foi analisada pelo software Delta-T Scan e o comprimento foi mensurado pelo método de HARRIS & CAMPBELL (1989). A densidade das raízes foi calculada dividindo-se o comprimento encontrado pelo volume de solução nutritiva ($\text{mm de raiz cm}^{-3}$ de solução nutritiva). Esse software também permite que através da mesma imagem seja determinado o diâmetro médio das raízes (mm).

Após a mensuração do comprimento e do diâmetro médio, as raízes foram colocadas em saco de papel e levadas a secar em estufa de circulação forçada de ar à 80°C . A massa seca das raízes foi determinada através de uma balança analítica, Denver Instrument Company AA-200, com precisão de 0,0001 g.

O índice de tolerância radicular (ITR) é normalmente utilizado para representar o desempenho relativo de plantas individuais sob efeito do alumínio (NYACHIRO & BRIGGS, 1994). O ITR foi calculado dividindo-se a massa seca das raízes tratadas com alumínio pela massa seca das raízes da testemunha (TAYLOR & FOY, 1985a,b; NYACHIRO & BRIGGS, 1994), a saber: $\text{ITR} = \text{MPAI}^{3+} / \text{MPT}$, onde: ITR = índice de tolerância radicular; MPAI^{3+} = massa seca de plântulas cultivadas em diferentes concentrações de alumínio; MPT = massa seca de plântulas cultivadas em solução nutritiva sem alumínio (testemunha).

A análise de variância foi realizada pelo teste F utilizando-se do teste de Tukey (BANZATTO & KRONKA, 1995) para a comparação entre médias dos fatores qualitativos (duas espécies). A análise da regressão polinomial (BANZATTO & KRONKA, 1995), foi usada para o desdobramento dos graus de liberdade dos fatores quantitativos (concentrações de alumínio e de PEG).

Os resultados da análise de variância (Tabela 1) evidenciam que, a interação ExH (espécies x estresse hídrico) foi significativa para densidade, diâmetro e massa seca de raízes e as interações ExA (espécies x alumínio) e HxA (estresse hídrico x alumínio) foram significativas apenas para o diâmetro de raízes. Verifica-se que houve diferença estatística para a variável espécies (E) para a densidade, diâmetro e massa seca das raízes.

Assim, para esta variável (E), os resultados do teste de Tukey revelaram que para todos os parâmetros fisiológicos estudados, o labe-labe apresentou o crescimento do sistema radicular significativamente superior ao feijão-mungo (Tabela 1). Provavelmente isto se deva às características genéticas e agronômicas das espécies estudadas no presente projeto.

TABELA 1. Análise de variância e resultados do teste de Tukey das avaliações fisiológicas do sistema radicular (densidade em mm de raiz cm⁻³ de solução nutritiva; diâmetro médio em mm e massa seca em g) de plântulas de labe-labe e feijão mungo, sob condições simultâneas de estresse hídrico e de toxicidade de alumínio em solução nutritiva, por 10 dias (30 DAS).

Causa da Variação	G.L.	Quadrados Médios		
		Densidade (mm de raiz cm ⁻³ de solução nutritiva)	Diâmetro (mm)	Massa Seca (g)
Espécies (E)	1	20028,0323**	0,2959**	0,0880**
Estresse Hídrico (H)	3	125,3361 ^{ns}	0,0130**	0,0012**
Alumínio (A)	3	913,0789**	0,0020 ^{ns}	0,0005 ^{ns}
Interação E x H	3	219,0296*	0,0193**	0,0011**
Interação E x A	3	155,2585 ^{ns}	0,0083**	0,0004 ^{ns}
Interação H x A	9	110,8309 ^{ns}	0,0052**	0,0002 ^{ns}
Interação E x H x A	9	78,7726 ^{ns}	0,0029*	0,0001 ^{ns}
Resíduo	96	63,6017	0,0014	0,0003
C.V. ² (%)		29,70	8,89	38,87
Espécies		Médias e teste de Tukey¹		
Labe-labe		39,3599 A	0,4743 A	0,0670 A
Feijão-mungo		14,3423 B	0,3781 B	0,0146 B
DMS ³		2,7988	0,0133	0,0056

^{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). ² C.V.: coeficiente de variação. ³ DMS: Diferença Mínima Significativa.

A análise de variância para o índice de tolerância radicular (ITR), de plântulas de ambas espécies, sob efeito de três concentrações de alumínio em solução nutritiva por 10 dias (Tabela 2), mostrou que não houve diferença significativa para nenhuma das variáveis.

TABELA 2. Análise de variância do Índice de Tolerância Radicular (ITR) de plântulas de labe-labe e feijão-mungo, sob condições de toxicidade de alumínio (A), em solução nutritiva, por 10 dias (30 DAS).

Causa da Variação	G.L.	Quadrados Médios
		Índice de Tolerância Radicular
Espécies (E)	1	0,3729 ^{ns}
Alumínio (A)	2	0,0620 ^{ns}
Interação E x A	2	0,1233 ^{ns}
Resíduo	18	0,1600
C.V. ¹ (%)		43,48

^{ns}: não significativo (P > 0,05); ¹ C.V.: coeficiente de variação.

As raízes de labe-labe foram mais tolerantes ao estresse hídrico e ao alumínio. Contudo, não houve efeito do alumínio no ITR de ambas forrageiras.

Referências Bibliográficas

- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 3.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247p.
- CLARK, R. B. Effect of aluminum on growth and mineral elements of Al-tolerant and Al-intolerant corn. **Plant and Soil**, v. 47, p. 653-62, 1975.
- 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.
- COSTA, A. R. As relações hídricas das plantas vasculares (12º parte). Relações Hídricas: Universidade de Évora, 2003. Disponível em: <<http://www.ensino.uevora.pt/fv/RH/Rhw12.pdf>>. Acesso em: 20 janeiro de 2003.
- HARRIS, G. A.; CAMPBELL, G. S. Automated quantification of roots using a simple image analyser. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, p. 935-938, 1989.
- HARTEL, P. G.; BOUTON, J. H.; Rhizobium meliloti inoculation of alfafa selected for tolerance to acid, aluminium-rich soils. **Plant and Soil**, The Hague, Holanda, v. 116, p. 283-285, 1989.
- 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.
- NYACHIRO, J.M.; BRIGGS, K.G. Seedling root response of Kenyan bread wheat cultivars grown in acid nutrient culture solution containing aluminum. **Plant and Soil**, The Hague, v. 158, n. 1, p. 141-144, 1994.
- SAWAZAKI, E.; FURLANI, P.R. Genética da tolerância ao alumínio em linhagens de milho cateto. **Bragantia**, Campinas, v. 46, n. 2, p. 269-278, 1987.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª ed. Trad. Eliane Romanato Santarém et al. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- TAYLOR G.J.; FOY C.D. Effects of aluminium on the growth and element composition of 20 winter cultivar of *Triticum aestivum* L. (wheat) grown in solution culture. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 8, n. 9, p. 811-24, 1985b.
- TAYLOR, G.J.; FOY C.D. Mechanisms of aluminum tolerance in *Triticum aestivum* L. (wheat) III. Long-term pH changes induced in nutrient solutions by winter cultivars differing in tolerance to aluminum. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.8, n.9, p.613-28, 1985a.
- VIEIRA, R. D.; VIEIRA, R. V.; CARVALHO, N. M.; NUNES, O. L. G. S. Maturação de sementes de guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), labe-labe (*Dolichos lablab* L.) e mucuna preta (*Stylobium atterrimum* Piper & Tracy). **Científica**, Jaboticabal, v. 16, n. 1, p. 125-131, 1988.
- ZAIFNEJAD, M.; CLARK, R. B.; SULLIVAN, C. Y. Aluminum and water stress effects on growth and proline of sorghum. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 150, n. 3, p. 338-344, 1997.

Bolsa: CNPq/PIBIC