

AVALIAÇÃO DE POPULAÇÕES DE LEUCENA PARA TOLERÂNCIA AO ALUMÍNIO

III. CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DE TOLERÂNCIA¹

ANGELA MARIA MALUF², PAULO SODERO MARTINS³ e WILSON ROBERTO MALUF⁴

RESUMO - Pelo fato de ser a análise multivariada menos conveniente que a univariada para estudos genéticos de herança, procurou-se determinar quais dos parâmetros univariados, isoladamente (comprimento da parte aérea - Y_1 , comprimento da maior raiz - Y_2 , peso seco da parte aérea - Y_3 , peso seco das raízes Y_4 , comprimento da primeira folha - Y_5 , número de ramificações Y_6 , relação peso seco da parte aérea/peso seco das raízes - Y_7 e persistência dos cotilédones - Y_8), sob quais concentrações de Al (0, 3, 6, 9 e 12 ppm), levam à classificação mais concordante com a análise multivariada na discriminação da tolerância ao Al em populações de leucena. A concordância entre a classificação univariada e a multivariada foi verificada através do teste de X^2 em tabelas de contingência 2×2 . Verificou-se que a melhor concordância para os dois critérios foi obtida para as variáveis Y_1 , Y_2 , Y_3 , Y_4 e Y_8 , nas concentrações de 6, 9 e 12 ppm de Al. A variável Y_8 parece ser a que leva a resultados mais consistentes na discriminação da tolerância ao Al, além de ter a vantagem de ser facilmente avaliada (visualmente) e de a avaliação ser não destrutiva e exigir pouco manuseio da planta.

Termos para indexação: *Leucaena leucocephala*, toxidez de alumínio, solução nutritiva, leguminosa tropical, pastagem tropical.

EVALUATION OF LEUCAENA POPULATIONS FOR TOLERANCE TO ALUMINUM. III. CRITERIA FOR SCREENING

ABSTRACT - Due to the fact that multivariate analysis is less convenient than univariate analysis for the study of genetic parameters, a study was undertaken to establish which individual parameters (length of the aerial portion - Y_1 , length of the longest root - Y_2 , dry weight of the aerial portion - Y_3 , dry weight of roots - Y_4 , length of the first leaf - Y_5 , number of lateral branches - Y_6 , dry weight of the aerial portion/dry weight of roots ratio - Y_7 , and cotyledon persistence - Y_8), under which concentration of Al (0, 3, 6, 9 and 12 ppm), would lead to the classification of leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) populations for Al tolerance showing highest similarity to that of the cluster analysis. Similarity between univariate and multivariate classifications was tested by χ^2 test in 2×2 contingency tables. The highest similarities between these criteria were obtained for the parameters Y_1 , Y_2 , Y_3 , Y_4 and Y_8 , under the concentrations of 6, 9 and 12 ppm. The variable Y_8 appears to lead to the most consistent results in the discrimination of Al tolerance, besides being easily evaluated (visually) and permitting a non-destructive minimum handling evaluation.

Index terms: *Leucaena leucocephala*, aluminum toxicity, nutrient solution, tropical legume, tropical pasture.

INTRODUÇÃO

Diversos métodos têm sido utilizados para avaliar a tolerância diferencial ao Al em plantas.

A utilização de diversos níveis de calagem no solo para a verificação da tolerância diferencial de plantas ao Al foi usada por Foy et al. (1967), Sartain & Kamprath (1975), Gonzalez et al. (1976) e Muzilli et al. (1978). No entanto, estes métodos

têm um inconveniente: não oferecem grande controle do ambiente e somente são viáveis na discriminação de pequeno número de genótipos.

Métodos simples e rápidos que conseguem avaliar grande número de genótipos são, porém, os mais indicados para estudos desta natureza. O uso de solução nutritiva onde se controla o pH da solução e a concentração de todos os nutrientes, parece ser o preferido pela maioria dos pesquisadores, como Foy et al. (1969), Reid et al. (1971), Lee (1972), Andrew et al. (1973), Mugwira et al. (1978), Garcia Junior et al. (1979) e Hanson & Kamprath (1979).

Por meio de solução nutritiva contendo diversos níveis de Al, pode-se selecionar genótipos de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.), tolerantes ao Al, uma vez que esta espécie de gran-

¹ Aceito para publicação em 10 de maio de 1984

² Enga. - Agr., M.S., Instituto de Botânica, Caixa Postal 4005, CEP 01000 São Paulo, SP.

³ Eng. - Agr., Ph.D., Prof.-Assist. Doutor, USP/ESALQ/ Departamento de Genética, Caixa Postal 83, CEP 13400 Piracicaba, SP.

⁴ Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPQ), Caixa Postal 11-1316, CEP 70000 Brasília, DF.

de potencial forrageiro pela sua rusticidade, palatabilidade e boa produtividade de massa verde e sementes, é considerada por Brewbaker (1976), National Academy of Sciences (1977) e Jones (1979) como intolerante à acidez do solo com teores elevados de Al tóxico.

Trabalhando com 29 populações de *Leucaena leucocephala*, Maluf et al. (1984 a) utilizaram análises univariadas de sete características avaliadas sob cinco diferentes concentrações de Al, e somente conseguiram identificar quatro populações como tolerantes ao Al e quatro como intolerantes. As demais representaram resultados conflitantes conforme a característica analisada; como não se pode afirmar "a priori" qual das características avalia melhor a tolerância ao Al, a classificação destas populações fica dificultada.

Num estudo posterior, Maluf et al. (1984 b) utilizaram a análise multivariada para a interpretação dos resultados obtidos nas sete características, medidas em cinco diferentes concentrações de Al. Conseguiram discriminar, com clareza, entre as 29 populações de leucena, o grupo das intolerantes e o das tolerantes ao Al. Os resultados aí obtidos foram concordantes com a literatura para populações com Cunningham e tipo gigante K 8 (Hutton 1982).

No entanto, a análise multivariada é menos conveniente que a univariada para estudos genéticos de herança. É, pois, conveniente saber qual a característica (univariada) leva à classificação mais concordante com a multivariada, e sob que concentração de Al isto acontece.

O objetivo deste trabalho é determinar quais os parâmetros (univariados), isoladamente e em quais concentrações de Al, levam à classificação mais concordante com a análise multivariada na discriminação da tolerância ao Al em populações de leucena.

MATERIAL E MÉTODOS

Após executada a análise de conglomeração das distâncias euclidianas (análise multivariada) e identificados os grupos das populações tolerantes e intolerantes ao Al (Maluf et al. 1984 b), procurou-se identificar quais parâmetros (comprimento da parte aérea - Y_1 , comprimento da maior raiz - Y_2 , peso seco da parte aérea - Y_3 , peso seco das raízes - Y_4 , comprimento da primeira folha - Y_5 ,

número de ramificações - Y_6 , relação peso seco da parte aérea/peso seco das raízes - Y_7 e persistência dos cotilédones - Y_8), isoladamente, levam à classificação mais concordante com a análise multivariada na discriminação de tolerância ao Al em populações de leucena.

Sob cada concentração de Al C_j ($j = 1, 2, 3, 4, 5$ correspondendo, respectivamente, a 0, 3, 6, 9 e 12 ppm de Al), adotou-se, para cada parâmetro N_i (dados padronizados) correspondente a Y_i ($i = 1, 2 \dots 8$), o critério de classificar uma população como tolerante ao Al se $N_i > 0$ e como intolerante se $N_i < 0$.

A concordância entre a classificação univariada e a multivariada foi verificada através do teste X^2 em tabelas de contingência 2×2 . Valores significativos para X^2 indicam boa concordância (não independência) entre os dois critérios (Steel & Torrie 1960).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os valores de X^2 referentes às tabelas de contingência 2×2 , conforme indicado no item anterior. A rejeição da hipótese de independência entre os dois critérios indica uma concordância entre eles na discriminação de populações de *L. leucocephala* como tolerantes ou intolerantes ao Al.

Com base nos resultados da Tabela 1, pode-se observar que os parâmetros isoladamente mais informativos quanto à tolerância ou não ao Al foram Y_3 e Y_8 , e os menos informativos, Y_6 e Y_7 (que não servem, portanto, como critérios para avaliação desta tolerância).

A concentração de 9 ppm de Al é aquela em que o maior número de variáveis (Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5 e Y_8) apresenta boa concordância com a discriminação feita pela análise de conglomeração. As concentrações de 6 e 12 ppm de Al também apresentaram boa concordância com a análise multivariada. A concentração de 6 ppm de Al apresentou boa concordância com a discriminação feita pela análise de conglomeração para as variáveis Y_2, Y_3, Y_4, Y_5 e Y_8 , enquanto que a concentração de 12 ppm a apresentou para as variáveis Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 e Y_8 .

Sob concentrações de 0 ou 3 ppm de Al, os resultados foram erráticos. Mesmo assim, para as variáveis Y_1, Y_3, Y_4 e Y_5 , a concentração de 0 ppm de Al foi capaz de discriminar satisfatoriamente entre populações tolerantes e intolerantes. Isto pode parecer surpreendente, uma vez que a to-

TABELA 1. Valores do X^2 referentes às tabelas de contingência 2 x 2 da comparação entre as classificações obtidas na análise multivariada e as obtidas na análise univariada para cada variável (Y_1 a Y_8), em cada concentração de Al utilizada.

Característica	Concentração (ppm Al)				
	0	3	6	9	12
Y_1	11,627***	3,500 ^{ns}	0,444 ^{ns}	4,765*	16,000***
Y_2	0,336 ^{ns}	2,762 ^{ns}	15,238***	7,961**	7,603**
Y_3	13,684***	4,026*	18,627***	21,533***	21,533***
Y_4	14,981***	1,761 ^{ns}	12,735***	12,735***	18,366***
Y_5	5,804*	0,028 ^{ns}	5,618*	4,026*	2,030 ^{ns}
Y_6	1,213 ^{ns}	0,028 ^{ns}	2,585 ^{ns}	3,054 ^{ns}	0,044 ^{ns}
Y_7	0,336 ^{ns}	3,054 ^{ns}	0,060 ^{ns}	1,751 ^{ns}	0,639 ^{ns}
Y_8	0,028 ^{ns}	5,926*	5,598*	9,959**	7,603**

lerância ao Al poderia, então, ser avaliada mesmo na ausência de Al; isto leva a crer que o mecanismo de tolerância ao Al seja através de um crescimento mais rápido ou mais ativo da população tolerante em relação à intolerante, e esta maior atividade no crescimento pode ser observada, às vezes, mesmo na ausência de Al; em concentrações de Al de 6 ppm ou maiores, estas diferenças seriam ampliadas, e a discriminação entre tolerantes e intolerantes seria facilitada.

A variável Y_8 parece ser a que leva a resultados mais consistentes na discriminação, pois não permite discriminar tolerância vs. intolerância na ausência de Al e permite boa discriminação em quaisquer das outras concentrações (3, 6, 9 e 12 ppm).

O fenômeno da não-persistência dos cotilédones nas populações intolerantes ao Al parece ser análogo ao relatado por Armiger et al. (1968) e Foy et al. (1969), quando associaram a clorose da folha e o colapso do pecíolo da soja com a deficiência de Ca induzida pela presença do Al.

Esta variável Y_8 , referente à persistência dos cotilédones, tem a vantagem de ser facilmente avaliada (visualmente) e de a avaliação ser não destrutiva e exigir pouco manuseio das plantas. A desvantagem de Y_8 é que a tolerância é um caráter quantitativo, mas a persistência ou não dos cotilédones é um caráter qualitativo (binário); assim, Y_8 não é capaz de discriminar o nível de tolerância de uma planta individual, embora o possa fazer ao nível de progênies ou populações.

CONCLUSÕES

1. Os parâmetros comprimento da parte aérea (Y_1), comprimento da maior raiz (Y_2), peso seco da parte aérea (Y_3), peso seco das raízes (Y_4) e persistência dos cotilédones (Y_8) levaram isoladamente a resultados concordantes com a análise multivariada na discriminação de populações de *L. leucocephala* como tolerantes ou intolerantes ao Al. Já os parâmetros número de ramificações (Y_6) e relação entre peso seco da parte aérea/peso seco das raízes (Y_7) revelaram-se insatisfatórios na avaliação da tolerância ao Al, pois suas classificações não concordaram com as da análise multivariada.

2. O mecanismo da tolerância ao Al parece ser através de um crescimento mais rápido ou mais ativo da população tolerante em relação à intolerante, uma vez que, mesmo na ausência de Al, foi possível discriminar a tolerância e intolerância ao Al para algumas características (Y_1 , Y_3 , Y_4 e Y_5).

3. A variável persistência dos cotilédones (Y_8) parece ser a que leva a resultados mais consistentes, uma vez que não permite a discriminação na ausência do Al e permite boa discriminação da tolerância em quaisquer das outras concentrações (3, 6, 9 e 12 ppm Al). Além do mais, tem a vantagem de ser visualmente detectada, não destrutiva e exigir um mínimo de manuseio da planta.

4. As concentrações mais satisfatórias para a discriminação da tolerância e intolerância ao Al são 6, 9 e 12 ppm, sendo que a de 9 ppm foi eficiente para o maior número de caracteres estudados.

REFERÊNCIAS

- ANDREW, C.S.; JOHNSON, A.D. & SANDLAND, R.L. Effect of aluminum on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. *Aust. J. Agric. Res.*, Melbourne, 24:325-39, 1973.
- ARMIGER, W.H.; FOY, C.D.; FLEMING, A.L. & CALDWELL, B.E. Differential tolerance of soybean varieties to an acid soil high in exchangeable aluminum. *Agron. J.*, Madison, 60:67-70, 1968.
- BREWBAKER, J.L. The woody legume, *Leucaena*: promising source of feed, fertilizer, and fuel in the tropics. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE GANADERÍA TROPICAL, Acapulco, México, 1976. p.13-27.
- FOY, C.D.; ARMIGER, W.H.; FLEMING, A.L. & ZAU-MEYER, W.J. Differential tolerance of dry bean, snap-bean, and lima bean varieties to an acid soil high in exchangeable aluminum. *Agron. J.*, Madison, 59:561-3, 1967.
- FOY, C.D.; FLEMING, A.L. & ARMIGER, W.H. Aluminum tolerance of soybean varieties in relation to calcium nutrition. *Agron. J.*, Madison, 61:505-11, 1969.
- GARCIA JUNIOR, O.; SILVA, W.J. & MASSEI, M.A.S. An efficient method for screening maize inbreds for aluminum tolerance. *Maydica*, Bergamo, 24: 75-82, 1979.
- GONZALEZ, E.; WOLF, J.M.; NADERMAN, E.; SOARES, W.V. & GALRÃO, E.Z. Relações entre toxicidade de alumínio, desenvolvimento de raízes, absorção de água e produção de milho num oxisol (Latosol Vermelho-Escuro) do Distrito Federal. *Ci. e Cult.*, São Paulo, 28(2):181-2, 1976.
- HANSON, W.D. & KAMPRATH, E.J. Selection for aluminum tolerance in soybeans based on seedling-root growth. *Agron. J.*, Madison, 71:581-6, 1979.
- HUTTON, E.M. Interrelation of Ca and Al in adaptation of *Leucaena* to very acid soils. *Leucaena Res. Rep.*, Taiwan, 3:9-11, 1982.
- JONES, R.J. The value of *Leucaena leucocephala* as a feed for ruminants in the tropics. *World Anim. Rev.*, Rome, 31:13-23, 1979.
- LEE, C.R. Interrelationships of aluminum and manganese on the potato plant. *Agron. J.*, Madison, 64:546-9, 1972.
- MALUF, A.M.; MARTINS, P.S. & MALUF, W.R. Avaliação de populações de leucena para tolerância ao alumínio. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 19(7):859-66, 1984.
- MALUF, A.M.; MARTINS, P.S.; FERREIRA-ROSSI, P. E. & MALUF, W.R. Avaliação de populações de leucena para tolerância ao alumínio. II. Análise de conglomeração. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 19(8): 999-1002, 1984.
- MUGWIRA, L.M.; ELGAWHARY, S.M. & PATEL, S.U. Aluminum tolerance in triticale, wheat and rye as measured by root growth characteristics and aluminum concentration. *Plant Soil*, Netherlands, 50: 681-90, 1978.
- MUZILLI, O.; SANTOS, D.; PALHANO, J.B.; MANETTI FILHO, J.; LANTMANN, A.F.; GARCIA, A. & CATTANEO, A. Tolerância de cultivares de soja e de trigo à acidez do solo. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 2: 34-40, 1978.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, Washington, EUA. *Leucaena*; promising forage on tree crop for the tropics. Washington, D.C., 1977. 115p.
- REID, D.A.; FLEMING, A.L. & FOY, C.D. A method for determining aluminum response of barley in nutrient solution in comparison to response in Al-toxic soil. *Agron. J.*, Madison, 63:601-3, 1971.
- SARTAIN, J.B. & KAMPRATH, E.J. Effect of liming a highly Al-saturated soil on the top and root growth and soybean nodulation. *Agron. J.*, Madison, 67: 507-10, 1975.
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. New York, Mc-Graw-Hill, 1960. 481p.