

Caracterização Fenotípica de Linhagens de Milho-Pipoca Quanto à Eficiência no Uso de Nitrogênio

Gabriel Borges Mundim¹, José Marcelo Soriano Viana², Ciro Maia de Brito³, Rodrigo Oliveira de Lima⁴ e Geísa Pinheiro Paes⁵.

^{1,2,3,4,5}Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, ¹gabriel_mundim@yahoo.com.br, ²jmsviana@ufv.br, ³ciromaiabrito@gmail.com, ⁴rodrigoodelima@gmail.com, ⁵geisapaes@gmail.com.

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização fenotípica de linhagens de milho-pipoca quanto à eficiência no uso de nitrogênio (EUN) e avaliar a diversidade genética entre estas linhagens. Foram avaliadas 25 linhagens S6 do Programa Milho-pipoca UFV[®] e dois níveis de nitrogênio em esquema fatorial no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. As seguintes variáveis relativas à parte aérea foram obtidas: crescimento diário; massa da parte aérea seca (MPAS); eficiência de absorção (EAbN); eficiência de utilização (EUtN) e eficiência no uso de nitrogênio (EUN). Foi realizada a análise de variância, seguida por um teste de agrupamento de médias e classificação das linhagens com base no intervalo de confiança para a média da variável EUN. Em seguida, realizou-se uma análise de trilha da variável dependente EUN em função das variáveis explicativas da parte aérea. Os resultados evidenciaram que existe interação significativa entre as linhagens avaliadas e os níveis de N para os caracteres MPAS, EUtN e EUN. Ao desdobrar a interação linhagens x níveis de N, verificou-se que há variabilidade genética para EUN entre as linhagens apenas em baixo nitrogênio. Concluiu-se que a seleção de linhagens eficientes no uso de nitrogênio em baixo N é promissora.

Palavras-chave - estresse abiótico; divergência genética; correlações.

Introdução

A oferta de milho-pipoca no mercado brasileiro ainda é muito inferior à demanda, principalmente, em função do reduzido número de cultivares registrados no país e dos programas de melhoramento serem ainda incipientes. Entretanto, nas últimas safras, a quantidade de grãos que são importados diminuiu significativamente, devido ao fato de sementes de híbridos norte-americanos terem sido importados e registrados por empresas brasileiras. A dependência de sementes importadas e a importação de grãos podem ser eliminadas pelo desenvolvimento de materiais genéticos melhor adaptados, mais produtivos e com níveis de qualidade comparáveis aos híbridos norte-americanos.

Sabe-se que o nitrogênio é um elemento essencial para a produção agrícola e que o rendimento das culturas não pode ser aumentado sem a aquisição deste elemento pelas plantas. Se o ambiente do solo não oferece estes elementos, então o rendimento das culturas será necessariamente restrito (SINCLAIR e VADEZ, 2002). Desse modo, uma opção para a manutenção do rendimento das culturas com menor impacto sobre os custos de

produção e o meio ambiente é a utilização de materiais genéticos melhorados que tenham uma maior eficiência no uso de N.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização fenotípica de linhagens de milho-pipoca quanto à eficiência no uso de nitrogênio (EUN) e avaliar a diversidade genética entre estas linhagens.

Material e métodos

Foram avaliadas 25 linhagens S₆ do Programa Milho-pipoca UFV[®] e dois níveis de N (alto - 224 mg.L⁻¹ e baixo - 22,4 mg.L⁻¹) em esquema fatorial (25 x 2) no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Universidade Federal de Viçosa - Viçosa/MG (20°45'14"S; 42°52'53"W), durante o mês de fevereiro de 2012.

As sementes foram germinadas em bandejas de isopor e transplantadas sete dias após a semeadura para vasos de 9 dm³ contendo uma mistura de 50% de areia lavada com água deionizada e 50 % de vermiculita. As soluções nutritivas foram aplicadas em intervalos de 2 dias a partir do 7º dia após o transplante, até que as plantas atingissem o estágio de seis folhas completamente desenvolvidas (V₆), quando foram colhidas.

A parte aérea foi levada para secagem em estufa a 70°C por 72 horas e as seguintes variáveis relativas à parte aérea foram obtidas: crescimento diário (CD, cm); massa da parte aérea seca (MPAS, g); eficiência de absorção de N (EAbN = N absorvido/N aplicado, mg/mg); eficiência de utilização de N (EUtN = MPAS/N absorvido, mg/mg) e eficiência no uso de N (EUN = MPAS/N aplicado, mg/mg). A eficiência no uso de N (EUN) e seus componentes (EAbN e EUtN) foram obtidos de acordo com o proposto por Moll et al. (1982).

As análises estatísticas consistiram de uma análise de variância para cada variável, seguida por um teste de agrupamento de médias (Scott-Knott modificado a 5% de probabilidade) e classificação das linhagens com base no intervalo de confiança a 95% de probabilidade pelo teste t, para a média da variável EUN. As linhagens que apresentaram valores de EUN acima do limite superior do intervalo de confiança foram classificadas como eficientes; aquelas que tiveram EUN abaixo do limite inferior do intervalo como ineficientes e as demais, de eficiência intermediária.

Em seguida, realizou-se uma análise de trilha da variável dependente EUN em função das variáveis explicativas relativas à parte aérea, com base na matriz de correlações fenotípicas entre as variáveis, conforme metodologia desenvolvida por Wright (1921, 1923) e pormenorizada por Li (1975).

Por fim, foram realizados estudos de diversidade genética com base nos caracteres fenotípicos. A matriz de distâncias foi estimada através da Distância Generalizada de Mahalanobis (D^2), que leva em consideração as correlações residuais entre os caracteres disponíveis. A estatística D^2 é dada por:

$$D_{ii'}^2 = \delta' \varphi^{-1} \delta$$

em que $\delta' = [d_1 \ d_2 \ \dots \ d_n]$ são os desvios entre os genótipos i e i' , em relação a j -ésima característica e ω a matriz de variâncias e covariâncias residuais entre os caracteres (CRUZ et al., 2004). As linhagens foram agrupadas segundo o método de otimização de Tocher modificado. Todas as análises foram realizadas utilizando o Programa GENES (CRUZ, 2006).

Resultados e discussão

Os resultados da análise de variância (Tabela 1) evidenciaram que existe interação significativa entre as linhagens avaliadas e os níveis de N ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, para os caracteres MPAS, EUtN e EUN. Ao desdobrar a interação linhagens x níveis de N, verificou-se que há variabilidade genética para EUN entre as linhagens apenas em baixo N. Este fato pode ser devido à seleção das linhagens ter sido realizada sempre em ambiente em que o nível de N era considerado normal.

A partir destes resultados, as demais análises estatísticas foram concentradas apenas no nível de baixo N. O teste de agrupamento de médias de Scott-Knott modificado resultou na formação de cinco grupos distintos de linhagens. Com base no intervalo de confiança a 95% de probabilidade para a média da EUN em baixo N pelo teste t, foi possível classificar as linhagens em eficientes, intermediárias e ineficientes (Tabela 2). Este resultado possibilita a escolha de linhagens contrastantes para posterior cruzamento e formação de uma população segregante que permita a análise de QTLs e estudos de herança da característica.

Pela análise do diagrama de trilha (Tabela 3), pode ser observado que a variável dependente EUN em baixo N é função das demais variáveis explicativas da parte aérea, o que pode ser observado pelo alto valor do coeficiente de determinação do diagrama ($R^2 = 0,9926$). A variável MPAS, apesar de apresentar alta correlação (0,9016) com EUN, não apresentou estimativa de efeito direto significativo (0,1160^{ns}), não devendo ser utilizada isoladamente para a seleção indireta. Apesar disso, como o efeito indireto da MPAS via EAbN foi considerado significativo (0,4084**), essas duas variáveis podem ser utilizadas em conjunto num índice de seleção para proporcionar ganhos na EUN. A variável EAbN mostrou ser a mais importante para a seleção indireta de material genético eficiente no uso de N em baixo

N, pois apresentou alta correlação (0,8882**) e alto efeito direto (0,5578**) com a variável principal. Com isso, pode-se inferir que a EUN em baixo N deve ser explicada também por caracteres do sistema radicular responsáveis pela EAbN, que devem ser avaliados.

O agrupamento das linhagens pelo método de Tocher modificado, considerando todas as cinco variáveis relativas à parte aérea, proporcionou a formação de cinco grupos de diversidade. Entretanto, a partir de uma análise de variáveis canônicas, observou-se que apenas três variáveis explicavam mais de 90% da diversidade genética entre as linhagens em baixo N. Assim, foi realizado um novo agrupamento, descartando as variáveis EUN e EAbN. O novo agrupamento resultou na formação de sete grupos, sendo as linhagens L5 e L11 as mais divergentes (Tabela 4). Vale destacar que estas linhagens foram classificadas anteriormente como eficientes, podendo ser cruzadas para a obtenção de uma população de melhoramento eficiente no uso de N em condições de baixo N.

Conclusões

Concluiu-se que a seleção de linhagens eficientes no uso de nitrogênio em condições de deficiência deste nutriente é promissora, podendo contribuir para o desenvolvimento da cultura em todo o país, principalmente pelo aumento da área cultivada com material genético superior.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro.

Literatura Citada

CRUZ, C. D. Programa Genes: Biometria. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p. 2006.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Volume 1 - 3.ed. - Viçosa : UFV. 2004.

LI, C. C. Path analysis - a primer. Boxwood: Pacific Grove, 1975. 346p.

MOLL, R. H.; KAMPRATH, E. J.; JACKSON, W. A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agronomy Journal*, v.74, p.562-564. 1982.

SINCLAIR, T. R.; VADEZ, V. Physiological traits for crop yield improvement in low N and P environments. *Plant and Soil*, 245: 1-15. 2002.

WRIGHT, S. Correlation and causation. Journal of Agricultural Research, Washington, v.20, p.557-585. 1921.

WRIGHT, S. The theory of path coefficients - a replay to Niles' criticism. Genetics, Austin, v.8, p.239-255. 1923.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para as características crescimento diário (CD, cm), massa de parte aérea seca (MPAS, g), eficiência de absorção (EAbN, mg/mg), utilização (EUtN, mg/mg) e eficiência no uso de N (EUN, mg/mg), em relação a 25 linhagens de milho-pipoca em dois níveis contrastantes de N.

FV	GL	Quadrados médios				
		CD	MPAS	EAbN	EUtN	EUN
Blocos	3	0,0004	0,1837	0,0063	19,94	19,52
Nitrogênio	1	0,4250**	0,9221**	4,1537**	12731,79**	10417,68**
Linhagens	24	0,0364**	0,5273**	0,0145**	101,96**	48,44**
Linhagens x N	24	0,0046 ^{ns}	0,1634**	0,0059 ^{ns}	103,17**	34,01**
Linhagens/Alto N	(24)	0,0274**	0,4316**	0,0030 ^{ns}	37,20 ^{ns}	2,32 ^{ns}
Linhagens/Baixo N	(24)	0,0136**	0,2591**	0,0173**	167,93**	80,13**
Resíduo	147	0,0042	0,0739	0,0051	52,81	11,75
Média		0,48	0,86	0,22	37,15	9,46
CV (%)		13,36	31,47	32,07	19,56	36,25

^{ns} não significativo, * significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2 - Comparação entre as médias das 25 linhagens de milho-pipoca em baixo N, para a variável eficiência no uso de N (EUN, mg/mg) e classificação dos genótipos, conforme o intervalo de confiança a 95% de probabilidade pelo teste t.

Linhagem	EUN	Grupo	Classificação
L 17	25,79	a ¹	Eficiente
L 20	23,58	a	Eficiente
L 5	23,36	a	Eficiente
L 11	23,09	a	Eficiente
L 2	20,74	b	Intermediária
L 16	20,25	b	Intermediária
L 10	20,15	b	Intermediária
L 8	19,36	b	Intermediária
L 14	18,32	b	Intermediária
L 24	17,11	c	Intermediária
L 7	16,31	c	Intermediária
L 19	16,28	c	Intermediária
L 9	15,68	c	Intermediária
L 6	15,64	c	Intermediária
L 12	15,18	c	Intermediária
L 21	15,14	c	Intermediária
L 15	14,83	c	Intermediária
L 25	14,44	c	Intermediária
L 13	14,20	c	Intermediária
L 22	14,00	c	Intermediária
L 4	12,09	d	Intermediária
L 18	11,44	d	Intermediária
L 1	10,30	d	Ineficiente
L 23	10,28	d	Ineficiente
L 3	9,31	d	Ineficiente

¹Médias seguidas da mesma letra minúscula, nas colunas, pertencem ao mesmo grupo estatístico, pelo teste de Scott-Knott modificado, a 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Estimativas dos efeitos diretos e indiretos que envolvem a variável principal dependente eficiência no uso de nitrogênio (EUN, mg/mg) e as variáveis independentes explicativas: eficiência de absorção (EAbN, mg/mg), utilização (EUtN, mg/mg), massa de parte aérea seca (MPAS, g) e crescimento diário (CD, cm), das 25 linhagens de milho-pipoca cultivadas em baixo N.

Caráter	Efeito de associação	Estimativa
EAbN	Direto sobre EUN	0,5578
	Indireto via EUtN	0,2218
	Indireto via MSPA	0,0849
	Indireto via CD	0,0237
	Total	0,8882
EUtN	Direto sobre EUN	0,4325
	Indireto via EAbN	0,2860
	Indireto via MSPA	0,0975
	Indireto via CD	0,0251
	Total	0,8412
MSPA	Direto sobre EUN	0,1160
	Indireto via EAbN	0,4084
	Indireto via EUtN	0,3638
	Indireto via CD	0,0134
	Total	0,9016
CD	Direto sobre EUN	0,0561
	Indireto via EAbN	0,2357
	Indireto via EUtN	0,1937
	Indireto via MSPA	0,0278
	Total	0,5132
Coeficiente de determinação (R ²)		0,9926
Efeito da variável residual		0,0860

Tabela 4 - Grupos formados pelo método de otimização de Tocher modificado, considerando as variáveis massa de parte aérea seca (MPAS, g), eficiência de utilização de N (EUtN, mg/mg) e crescimento diário (CD, cm) de 25 linhagens de milho-pipoca cultivadas em baixo N.

Grupo	Linhagens
1	L 6 - L 21 - L 13 - L 9 - L 25 - L 18 - L 24
2	L 11 - L 17
3	L 2 - L 8 - L 10
4	L 14 - L 16 - L 19 - L 12
5	L 15 - L 22 - L 23 - L 3 - L 4
6	L 5 - L 7 - L 1
7	L 20