

EFICIÊNCIA NO USO DO NITROGÊNIO EM GENÓTIPOS DE MILHO

Amanda Oliveira Martins¹, Eliemar Campostrini¹, Paulo César Magalhães², Lauro José Moreira Guimarães², Amanda Aparecida de Oliveira Neves³, Ana Paula Mendes Figueiredo³ e Fernando Rodrigo de Oliveira Cantão³.

Resumo

Para avaliar o desempenho de 15 híbridos de milho quanto à eficiência no uso de nitrogênio, foi realizado um experimento em condição de campo na Embrapa Milho e Sorgo, em ambientes com baixa (12 kg ha⁻¹) e alta (120 kg ha⁻¹) adubação nitrogenada. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, com três repetições. No florescimento, foi realizada a determinação da área foliar, e na colheita foram feitas determinações de nitrogênio nos grãos, altura de planta e produtividade de grãos. Os híbridos foram classificados em eficientes e responsivos, ineficientes e responsivos, eficientes e não-responsivos, ineficientes e não-responsivos a adubação nitrogenada. O híbrido L₁xL₅ classificado como eficiente e responsivo pode ser considerado promissor para ser utilizado em programas de melhoramento visando à alta eficiência na utilização do nitrogênio.

Introdução

A cultura do milho apresenta grande dispersão geográfica, uma vez que é produzida praticamente em todo território nacional. Devido a sua versatilidade, o milho pode ser usado diretamente na alimentação humana, animal, e como matéria-prima para inúmeros subprodutos (FANCELI e DOURADO NETO, 2004). Dentre os fatores abióticos, a nutrição mineral é um dos que mais limita a produtividade de diversas culturas. Na cultura do milho, o nitrogênio é o nutriente absorvido em maior quantidade (SMIL, 2002), e quando se encontra deficiente na planta, este nutriente mineral pode limitar o crescimento/desenvolvimento e conseqüentemente a produtividade. A adubação química é uma técnica que vem sendo utilizada pelos produtores para corrigir tal problema, porém o manejo inadequado da fertilização nitrogenada no solo pode proporcionar risco de contaminação ambiental, podendo comprometer a qualidade da água de lençóis freáticos.

Nesse contexto, uma alternativa para prevenir danos ao ambiente, à saúde humana e animal e minimizar os gastos de produção na cultura do milho é o uso de cultivares melhoradas. Portanto, a obtenção de genótipos eficientes no uso de nutrientes minerais é de fundamental importância (GALLAIS e HIREL, 2004). Desse modo, objetivou-se estudar o desempenho de 15 híbridos derivados do cruzamento entre seis linhagens, em ambientes com baixa e alta disponibilidade de N, com relação à eficiência no uso de nitrogênio, por meio das variáveis, área foliar, nitrogênio nos grãos, altura de planta e produtividade de grãos.

Material e Métodos

Foram avaliados 15 híbridos obtidos de cruzamentos em esquema dialélico entre seis linhagens de milho, em S₆ (derivadas da população CMS 28), contrastantes quanto à eficiência de uso de nitrogênio. As linhagens L₁, L₂ e L₃ caracterizadas como eficientes no uso de N, e as linhagens L₄, L₅ e L₆ caracterizadas como ineficientes no uso de N. As avaliações foram realizadas em ambientes contrastantes quanto ao nível de disponibilidade de nitrogênio no solo, em que no ensaio com baixo nitrogênio foram aplicados apenas 12 kg ha⁻¹ de N, somente na semeadura, e no ensaio com alta disponibilidade, a aplicação foi de 120 kg ha⁻¹ de N, sendo 12 kg ha⁻¹ na semeadura e duas adubações de cobertura com 54 kg ha⁻¹ de N. As adubações de cobertura foram realizadas quando as plantas

¹ Doutoranda e Pesquisador da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, CEP 28.015-620. E-mail: aom@uenf.br; campost@uenf.br, respectivamente.

² Pesquisador do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, CEP 35.701-970.

³ Bolsista do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, CEP 35.701-970.

Apoio financeiro: PROAP e UENF.

apresentavam quatro e oito folhas expandidas, utilizando-se uréia. Ambos os ambientes receberam na semeadura uma adubação de 300 kg.ha⁻¹ da fórmula 04-30-16, como fontes de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente.

O experimento foi realizado em esquema fatorial (15 híbridos x 2 níveis de N) em condição de campo na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG. As coordenadas geográficas são 19°28'00" de latitude S, 44°15'08" de longitude W, e a altitude do local é de 732 m. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo AW (savana com inverno seco). A semeadura foi realizada em 26 de março de 2007, sendo utilizada irrigação sempre que se fez necessário. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições. Cada parcela foi constituída por duas linhas de cinco metros de comprimento, deixando-se cinco plantas por metro após o desbaste, e com espaçamento de 0,80 m entre linhas. As análises de solo foram feitas com amostras retiradas em duas profundidades (0 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m). As análises indicaram para o ambiente de baixo e alto N, respectivamente: 5,40 e 5,30 de pH em água; 22,27 e 36,81 de mg dm⁻³ de P; 97 e 166 mg dm⁻³ de K; 0,25 e 0 cmol_c dm⁻³ de Al³⁺; 3,09 e 4,15 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺; 0,63 e 0,81 cmol_c dm⁻³ de Mg²⁺; 2,98 e 3,02 dag kg⁻¹ de matéria orgânica.

A área foliar (AF) foi determinada no florescimento, por meio de um medidor de esteira modelo LI-3100, utilizando três plantas por parcela. Na colheita, foram feitas as determinações do teor de nitrogênio nos grãos (NG), pelo método Kjeldahl (SILVA, 1999), altura da planta (AP) quantificada em cm, do nível do solo à inserção da folha bandeira, usando a média de cinco plantas por parcela. A produtividade de grãos (PG) foi determinada por meio da pesagem dos grãos de três plantas por parcela, com correção para 13% de umidade, expressa em g.planta⁻¹.

Os resultados obtidos para cada variável estudada foram submetidos à análise de variância para a comparação de médias entre os tratamentos. Inicialmente, foram realizadas as análises individuais de variância para cada ambiente, e posteriormente a análise conjunta dos ambientes, baixo e alto N. As médias foram comparadas entre si, pelo teste de Scott Knott (1974) a 1 e 5% de probabilidade, utilizando o programa SISVAR (versão 4.2).

Resultados e Discussão

As doses de N aplicadas no solo foram adequadas para distinguir os ambientes contrastantes quanto à disponibilidade de N, pois, para todas as variáveis estudadas, os quadrados médios para efeito de doses de N na análise de variância mostraram-se significativos a 1% de probabilidade, pelo teste F. Para todas variáveis avaliadas, foram observados efeito significativos de genótipos a 1 ou 5% de probabilidade, indicando a presença de variabilidade genética entre os genótipos. O efeito da interação genótipo e ambiente mostrou ausência de significância para todas as variáveis avaliadas, exceto para PG, indicando, dessa forma, uma resposta similar dos genótipos estudados, quando estes foram cultivados em ambientes de baixa e alta disponibilidade de N. Tal fato possibilita a recomendação de cultivo simultâneo de genótipos superiores em ambos os ambientes. Entretanto, para PG, foi observada interação significativa, a 5% de probabilidade entre níveis de N e G, sugerindo um diferente desempenho relativo dos híbridos experimentais quando avaliados nos dois níveis de N (Tab. 1). Cruz et al. (2004) relatam que o melhor híbrido em um ambiente, não necessariamente apresentará a mesma resposta no outro ambiente.

De acordo com Pimentel-Gomes (1985), os coeficientes de variação (CV) são classificados como baixo (<10%), médio (10-20%), alto (20-30%) e muito alto (>30%). Desse modo, os valores de CV das variáveis avaliadas estão dentro dos padrões normais de experimentação de milho, o que pôde indicar boa precisão experimental dos dados.

Para as variáveis avaliadas, foram feitos diagramas em quadrantes (FOX, 1978), em que são mostradas as respostas dos 15 híbridos derivados de cruzamentos entre seis linhagens de milho contrastantes ao uso de nitrogênio. Os quadrantes superiores do diagrama incluem os genótipos responsivos, ou seja, genótipos que, em resposta ao aumento da disponibilidade de N, apresentaram aumento da variável avaliada. Os quadrantes inferiores incluem os genótipos com menor potencial de resposta, mesmo na presença de níveis de N elevados, denominados não-responsivos. Para cada variável avaliada, a média geral de cada nível de N (baixo e alto N) foi utilizada para dividir o diagrama em quadrantes. Portanto, os híbridos cujas médias são inferiores à média geral sob baixo e alto teor de N foram classificados como ineficientes e não-responsivos (INR), respectivamente. Por outro lado, os híbridos com médias superiores em ambos os níveis de N, foram classificados como

eficientes e responsivos (ER), respectivamente. Contudo, podem ser classificados como eficientes e não-responsivos (ENR) e ineficientes e responsivos (IR) os híbridos que tiverem médias superiores, sob apenas um nível de disponibilidade de N. Ressalta-se que diferentes respostas de genótipos de milho têm sido encontradas em função da adubação nitrogenada (LAFITE e EDMEADES, 1995).

Para AF, destacaram-se os híbridos derivados dos cruzamentos entre as linhagens eficientes $L_1 \times L_2$, $L_1 \times L_3$, os quais estão representados no quadrante superior direito. Sendo assim, esses híbridos foram classificados como eficientes e responsivos, ou seja, em resposta à baixa e alta disponibilidade de N, apresentaram incremento de AF. Entretanto, o híbrido $L_2 \times L_3$ foi classificado como apenas responsivo, por ter valor médio idêntico à média geral dos híbridos cultivados em ambiente de baixo N. No entanto, observou-se no quadrante inferior esquerdo destaque dos híbridos $L_4 \times L_5$, $L_4 \times L_6$ e $L_5 \times L_6$ derivados dos cruzamentos entre as linhagens ineficientes, os quais são classificados como ineficientes e não-responsivos. Ou seja, em ambos os níveis de disponibilidade de N, apresentaram decréscimo de AF (Fig. 1A).

Para NG, destacaram-se os cruzamentos $L_1 \times L_5$, $L_2 \times L_4$ e $L_3 \times L_6$, representados no quadrante superior direito. Ou seja, em ambos os níveis de disponibilidade de N, baixo e alto, essas combinações híbridas apresentaram incremento no teor de NG nos grãos. Em contrapartida, os híbridos $L_1 \times L_2$, $L_3 \times L_5$ e $L_4 \times L_5$ apresentaram resposta contrária, quando representados no quadrante inferior esquerdo. Pode-se observar, ainda, que o híbrido $L_2 \times L_3$ foi considerado ineficiente, por ter valor médio idêntico à média geral dos híbridos cultivados em ambiente de alto N (Fig. 1B). Com relação a variável AP, (Fig. 1C) observa-se que os híbridos $L_1 \times L_2$, $L_1 \times L_5$ e $L_2 \times L_5$ estão representados no quadrante superior direito. Sendo assim, podem ser considerados eficientes e responsivos à adubação nitrogenada. Contudo, em programas de melhoramento que visam à redução de porte de plantas de milho, esses híbridos não são indicados. Os híbridos $L_3 \times L_6$, $L_4 \times L_6$ e $L_5 \times L_6$, representados no quadrante inferior esquerdo, podem ser considerados ineficientes e não-responsivos à adubação nitrogenada. O cruzamento $L_1 \times L_3$ está representado no quadrante inferior esquerdo, o que sugere que a linhagem L_1 possa não estar favorecendo a combinação híbrida.

Na Fig. 1D, os híbridos $L_1 \times L_3$, $L_1 \times L_5$ e $L_2 \times L_3$ estão dispersos no quadrante superior direito, sendo, classificados como eficientes no uso de N e responsivos à adubação nitrogenada. Essa mesma resposta foi observada na Fig. 1A, genótipos com maior PG apresentaram maior AF. Provavelmente, a maior AF pode ter proporcionado maior interceptação da energia solar e, por conseguinte, maior assimilação de carbono no processo fotossintético, o que evidencia um maior equilíbrio entre a produção de assimilados e as demandas para o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos. Este fato contribuiu para o incremento da PG. Os híbridos $L_4 \times L_6$ e $L_5 \times L_6$ estão dispersos no quadrante inferior esquerdo, sendo, classificados como ineficientes no uso de N e não-responsivos à adubação nitrogenada. Apenas o híbrido $L_4 \times L_5$ foi considerado eficiente, mas ainda não-responsivo. Esses resultados concordam com os encontrados por GUIMARÃES (2006). Este autor, trabalhando com as mesmas seis linhagens contrastantes ao uso de N da população CMS 28, observou a mesma resposta, mostrando que, para a PG, houve superioridade dos genótipos selecionados como eficientes em relação aos ineficientes, tanto em ambientes com baixo e alto teor de N.

Conclusões

Em programas de melhoramento visando à alta eficiência na utilização do nitrogênio, o híbrido $L_1 \times L_5$ pode ser considerado promissor.

Referências

- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 3.ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004. 480p.
- FANCELLI, A.L., DOURADO NETO, D. *Produção de milho*. 2.ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360p.
- FOX, R.H. Selection for phosphorus efficiency in corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, n.9, p.13-37, 1978.
- GALLAIS, A.; HIREL, B. An approach to the genetics of nitrogen use efficiency in maize. *Journal of Experimental Botany*, vol.55, n.396, 2004, p.295-306.
- GUIMARÃES, L.J.M. *Caracterização de genótipos de milho desenvolvidos sob estresse de nitrogênio e herança da eficiência de uso deste nutriente*. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006. 122p.

LAFITE, H.R.; EDMEADES, G.O. Association between traits in tropical maize inbred lines and their hybrids under high and low soil nitrogen. *Maydica*, vol.40, 1995, p.259-267.
 PIMENTEL-GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. São Paulo: Esalq, 1985. 467p.
 SILVA, F.C. da *Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes*. 1.ed. Brasília: Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária, 1999. 370p
 SMIL, V. Nitrogen and food production: proteins for human diets. *Ambio*, vol.31, n.2, 2002, p.126-131.

Tabela 1. Análise de variância para as variáveis, área foliar (AF), nitrogênio nos grãos (NG), altura de planta (AP) e produtividade de grãos (PG).

Variável	Quadrados Médios				CV%
	Nitrogênio (N)	Genótipos (G)	NxG	Resíduo	
AF	0,1315**	0,0078**	0,0020 ^{ns}	0,0030	19,17
NG	0,8429**	0,0476*	0,0152 ^{ns}	0,0200	8,69
AP	621,4694**	956,8057**	53,1747 ^{ns}	60,9855	6,11
PG	5228,8444**	542,3857**	335,1540*	181,3389	17,53
GL	1	14	14	56	

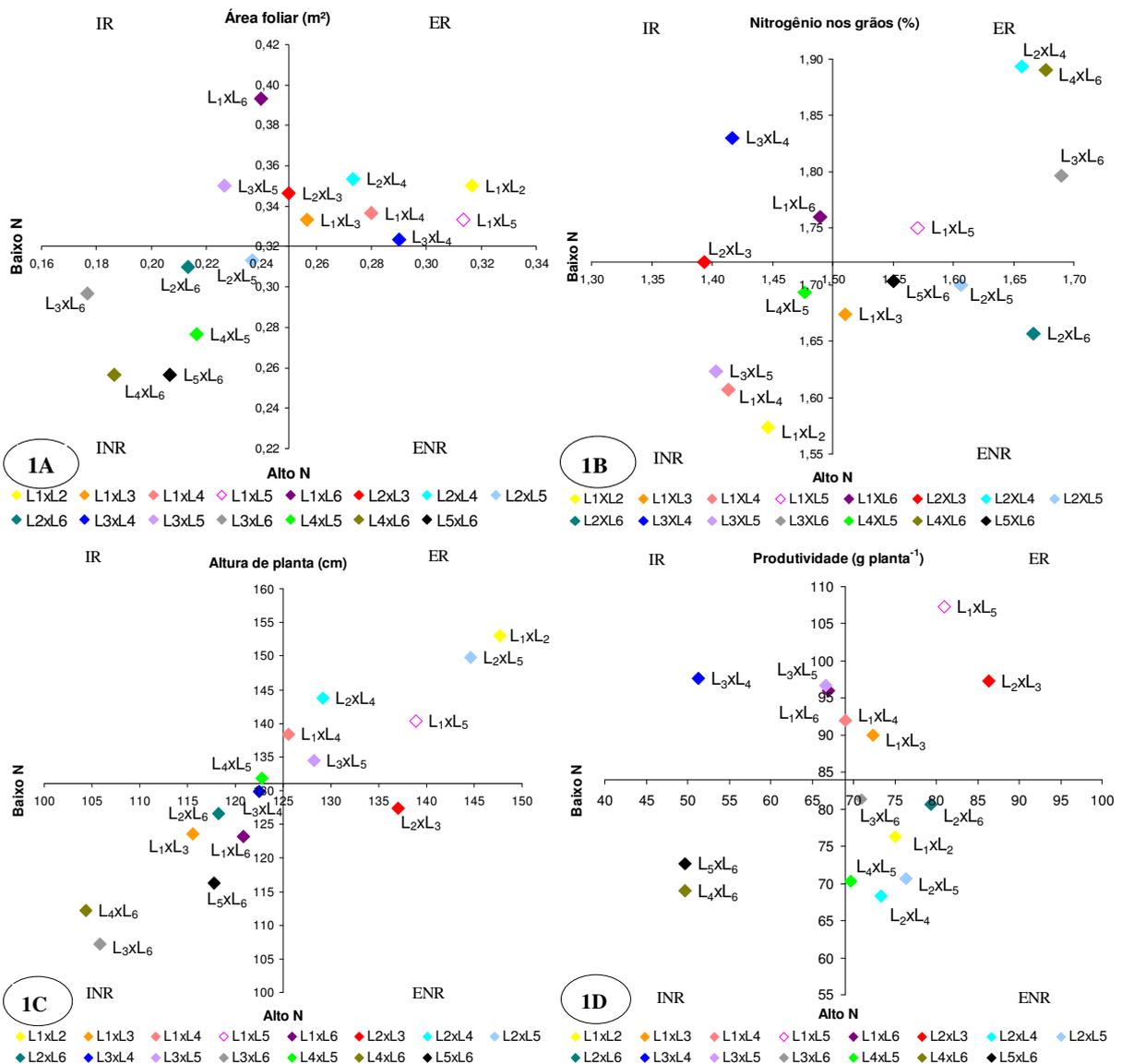


Figura 1. Respostas de 15 híbridos F₁s, derivados dos cruzamentos entre seis linhagens contrastantes da população de milho CMS 28, para área foliar (1A), nitrogênio nos grãos (1B), altura de planta (1C) e produtividade de grãos (1D), em função da adubação nitrogenada.