

Performance de linhagens endogâmicas de milho melhoradas e não melhoradas para eficiência no uso de nitrogênio influenciada pela adubação nitrogenada

Ivanildo E. Marriel¹, Lauro J. M. Guimares¹, Marcelo O. Soares², Paulo E. Guimaraes¹, Antônio C. Oliveira¹, Glauco V. Miranda³.

¹ Pesquisadores Embrapa Milho e Sorgo, email: imarriel@cnpms.embrapa.br, CEP:35701-970

²Mestrando–Universidade Federal de Viçosa- marcelosoares2001@gmail.com, ³Professor Universidade Federal de Viçosa, email: glaucovmiranda@ufv.br

Palavras-chave: *Zea mays* L, nitrogênio, eficiência, responsividade

A crescente demanda de grãos e de biocombustíveis tornam necessários aumentos de produtividade das culturas, o que significa necessariamente maior consumo de fertilizantes.

O nitrogênio (N), nutriente importante para a produção nos sistemas agrícolas (Ahn,1993), pode comprometer a segurança alimentar e a competitividade do agronegócio brasileiro, em face dos custos crescentes e da dependência de importação de fertilizantes nitrogenados. Ademais, o uso intensivo e distribuição destes insumos, não raramente, interferem negativamente na qualidade dos alimentos e do ambiente. Dentre as alternativas para se reduzir o uso de N, destacam-se as pesquisas para obtenção de genótipos de plantas superiores para eficiência no uso deste nutriente e,ou, fixação biológica de N₂.

Embora a seleção e melhoramento de genótipos de milho sob condições ótimas de fertilidade apresente maior herdabilidade e variância genotípica para produção de grãos (Rosielle & Hamblin, 1981; Gama et al, 2002), a existência de variabilidade genética para adaptação a ambientes com baixa disponibilidade de nitrogênio torna promissora obtenção de cultivares produtivas através da seleção direta nestes ambientes (Atlin & Frey, 1990; Banziger et al,1997). A adoção de cultivares dotados de tais características pelos agricultores podem permitir ganhos de produtividade em ambientes adversos, com redução de custos, maior estabilidade de produção, redução de impactos ambientais de atividades agrícolas, além de favorecer associações com bactérias diazotróficas (Barber, 1989, Tollenaar,1991; Dobereiner, 1997; Banziger et al,1997).

A disponibilidade de genótipos com características diferenciais para eficiência no uso de nitrogênio (Kg grãos /kg N aplicado, Moll et al, 1982) torna-se estratégico também para o avanço nos estudos da base fisiológica e genético-molecular dos processos de absorção e assimilação de N (Hirel et al, 2001; Gallais & Hirel, 2004), que podem tornar as estratégias de melhoramento mais eficazes para a obtenção de cultivares adaptados a estresse e responsivos a adubação nitrogenada. Entretanto, a compreensão dos mecanismos envolvidos neste processo e ainda incipiente.

Neste contexto, procurou-se caracterizar a performance de linhagens endogâmicas de milho melhoradas e não melhoradas para eficiência no uso de nitrogênio (EUN), quanto a responsividade à adubação nitrogenada.

O experimento foi conduzido na área experimental da EMBRAPA Milho e Sorgo, Sete Lagoas, Minas Gerais, ano agrícola 2006/2007, em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, fase cerrado, de textura muito argilosa. Foram avaliadas 25 linhagens (L) melhoradas e contrastantes para EUN (SUN), desenvolvidas em ambiente com baixa disponibilidade de N (13 eficientes – E) e 12 ineficientes -I) e 8 linhagens elites desenvolvidas em ambiente com suprimento adequado de N (NSUN), preselecionadas dentre 244 linhagens avaliadas em solo com baixo N, e dois níveis de adubação nitrogenada (12 e 120 kg/ha de N; baixo e alto N, respectivamente). Utilizou-se delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 33 x 2, com três repetições. As parcelas experimentais foram compostas de 2 linhas de 5 m de comprimento, espaçadas de 0,80 m entre linhas e 0,20 m entre plantas. As variáveis avaliadas foram: Número de Espigas(NE), Peso de Espigas(PE) e Peso de Grãos. Os dados obtidos foram submetidos as análises de variância e os valores médios foram agrupadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

As análises dos dados obtidos mostraram interação significativa ($P < 0,01$) entre linhagens e doses de nitrogênio para o Número de Espigas (NE), Peso de Espigas (PE) e peso final de grãos (PG). Esta interação linhagens x doses de nitrogênio para estas características, demonstra comportamento diferenciado dos genótipos em baixo e em alto nitrogênio no solo. Enquanto as significâncias dos quadrados médios de tratamentos para ambientes em relação a NE, PE e PG demonstram a existência de variabilidade genética entre as linhagens, indicando comportamento diferenciado destas linhagens tanto em baixo quanto em alto N. As médias das linhagens foram estatisticamente diferentes a 1% de probabilidade pelo teste F nos dois ambientes, possibilitando a discriminação eficaz entre os ambientes ao utilizarmos as doses de 12 e 120 kg/ha de nitrogênio para caracterização de ambientes contrastantes na disponibilidade de N a nível de campo.

As médias totais das 33 linhagens apresentaram valores menores para NE, PE e PG em baixo N, em relação aos observados em alto N, com reduções de 39, 55 e 56%, respectivamente (Tabela 1). Os valores médios para produtividade de grãos das 33 linhagens foram de 1014,8 kg/ha e 2256,9 kg/ha em baixo e alto N, respectivamente. Estes resultados mostraram que a simulação dos ambientes por meio do uso de doses contrastantes de nitrogênio foi refletida nas médias das linhagens, sendo que as linhagens SUN 6, SUN 9 apresentaram, alta eficiência, caracterizada pela alta produção em baixo N, além de alta resposta a aplicação nitrogenada em relação a produção de grãos. Esse resultado pode ser devido ao alto número de espiga dessas linhagens, pois encontramos uma alta correlação entre número de espiga e peso de grãos em baixo e alto N (0,852 e 0,780 respectivamente) (dados não mostrados)

Os coeficientes de variação para peso de grãos, peso da espiga e número de espigas foram elevados, porém considerados adequados para a condição de estresse avaliada segundo Gama et al. (2002), que encontraram valores de coeficiente de variação de 27,5% para peso de espiga, sob estresse de N (12 kg ha⁻¹ de N).

Tabela 1: Médias das linhagens em baixo e alto nitrogênio no solo

| N° | Linhagens | Número de espigas | Peso de Espigas | Peso de Grãos |
|----|-----------|-------------------|-----------------|---------------|
|----|-----------|-------------------|-----------------|---------------|

| | | N- | N+ | N- | N+ | N- | N+ |
|--------------------|------------------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| SUN 1 | 12.3(E) | 26,3 | c 34,3 | d 1177,1 | c 2171,9 | d 838,5 | c 1493,5 |
| SUN 2 | 59.2 (E) | 20,3 | c 30,0 | d 932,3 | c 2020,8 | d 781,4 | c 1646,5 |
| SUN 3 | 37.1(E) | 34,0 | b 62,0 | b 1546,9 | b 3380,2 | b 1128,3 | c 2430,2 |
| SUN 4 | 120.2(I) | 22,3 | c 30,3 | d 614,6 | c 1166,7 | e 482,0 | c 882,7 |
| SUN 5 | 14.1(I) | 14,0 | c 34,3 | d 713,5 | c 1921,9 | d 578,1 | c 1523,1 |
| SUN 6 | 72.2(I) | 52,0 | a 72,7 | a 2239,6 | a 4343,8 | a 1866,5 | a 3644,1 |
| SUN 7 | 7.1 (E) | 32,0 | b 50,7 | c 1593,8 | b 4531,3 | a 1270,0 | b 3726,5 |
| SUN 8 | 8.1 (E) | 33,0 | b 41,7 | d 2026,0 | a 4291,7 | a 1621,1 | b 3408,4 |
| SUN 9 | 9.2 (E) | 43,3 | a 54,3 | c 2677,1 | a 3994,8 | a 2148,8 | a 3268,8 |
| SUN 10 | 10.2 (I) | 20,3 | c 39,3 | d 916,7 | c 2083,3 | d 745,7 | c 1663,1 |
| SUN 11 | 17.2(I) | 18,0 | c 34,7 | d 1010,4 | c 2015,6 | d 865,2 | c 1663,4 |
| SUN 12 | 19.1(I) | 20,7 | c 24,0 | d 953,1 | c 1307,3 | e 764,2 | c 1064,9 |
| SUN 13 | 30 (E) | 31,0 | b 52,7 | c 1104,2 | c 2562,5 | c 859,2 | c 1995,8 |
| SUN 14 | 22(E) | 27,0 | c 54,3 | c 1463,5 | b 3864,6 | b 1220,3 | b 3034,4 |
| SUN 15 | 49 (E) | 29,3 | b 44,0 | c 1000,0 | c 1859,4 | d 797,9 | c 1442,2 |
| SUN 16 | 2.(I) | 35,7 | b 50,7 | c 1156,3 | c 2687,5 | c 890,8 | c 2060,8 |
| SUN 17 | 11 (I) | 25,3 | c 61,3 | b 885,4 | c 2703,1 | c 748,4 | c 2197,0 |
| SUN 18 | 19.1(I) | 26,3 | c 54,3 | c 760,4 | c 2239,6 | d 552,7 | c 1673,7 |
| SUN 19 | 5(E) | 41,7 | a 72,0 | a 1906,3 | b 4359,4 | a 1545,0 | b 3486,3 |
| SUN 20 | 100(E) | 30,3 | b 48,0 | c 1312,5 | c 2750,0 | c 1057,9 | c 2207,0 |
| SUN 21 | 110(E) | 39,0 | a 58,3 | c 1921,9 | b 3666,7 | b 1469,1 | b 2803,4 |
| SUN 22 | 101(I) | 32,3 | b 50,7 | c 1218,8 | c 3208,3 | b 964,1 | c 2578,1 |
| SUN 23 | 55(I) | 26,7 | c 47,3 | c 1541,7 | b 3572,9 | b 1097,0 | c 2704,0 |
| SUN 24 | 18(I) | 21,0 | c 45,7 | c 895,8 | c 2911,5 | c 766,7 | c 2427,9 |
| SUN 25 | 9-1(E) | 33,7 | b 71,0 | a 1505,2 | b 4599,0 | a 1141,6 | c 3614,5 |
| Médias | | 29,4 | 48,7 | 1322,9 | 2968,5 | 1048,0 | 2345,6 |
| NSUN 26 | 52.53.05.02.TCS 3 9(E) | 36,7 | b 49,3 | c 1750,0 | b 3718,8 | b 1358,5 | b 2839,0 |
| NSUN 27 | 52.61.06.02. TCS 3(E) | 24,0 | c 34,0 | d 1244,8 | c 2572,9 | c 1003,7 | c 2116,1 |
| NSUN 27 | S6-262841-1-4-1(E) | 31,3 | b 41,0 | d 1744,8 | b 2994,8 | c 1517,3 | b 2629,9 |
| NSUN 29 | S2(L3x1057-68)1-1(E) | 31,0 | b 49,7 | c 1541,7 | b 4078,1 | a 1284,4 | b 3362,0 |
| NSUN 30 | 1189-(I) | 17,3 | c 35,3 | d 906,3 | c 1932,3 | d 718,9 | c 1435,3 |
| NSUN 31 | MX 454-5-1-1-1(I) | 11,3 | c 8,7 | e 322,9 | c 390,6 | f 155,7 | c 291,7 |
| NSUN 32 | 262841-4-3-1-1(I) | 14,3 | c 31,0 | d 526,0 | c 1442,7 | e 382,8 | c 1132,0 |
| NSUN 33 | S5 L 5019 (I) | 19,3 | c 30,3 | d 1072,9 | c 2468,8 | c 865,5 | c 2031,4 |
| Media | | 23,2 | 34,9 | 1138,7 | 2449,9 | 910,8 | 1979,7 |
| Media geral | | 27,9 | 45,4 | 1278,3 | 2842,8 | 1014,8 | 2256,9 |
| CV | | 24,62 | 14,47 | 23,02 | 17,7 | 23,95 | 17,97 |

Médias seguidas pelas mesmas letras minúscula na coluna não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott

Tabela 2: Performance das 8 linhagens SUN superiores e 8 linhagens NSUN, em dois níveis de suprimento de nitrogênio no solo, 12 kg ha⁻¹ (-N) e 120 kg ha⁻¹ (+N). Valores médios de três repetições.

| Ident. | Pedigree | Numero de espigas | | Peso de espigas(kg/há) | | Peso de grãos(kg/ha) | |
|---------|------------------------|-------------------|-------------|------------------------|---------------|----------------------|---------------|
| | | N- | N+ | N- | N+ | N- | N+ |
| SUN 9 | 9.2(E) | 43,3 | a 54,3 | c 2677,1 | a 3994,8 | A 2148,8 | A 3268,8 |
| SUN 6 | 72.I.2(E) | 52,0 | a 72,7 | a 2239,6 | a 4343,8 | A 1866,5 | A 3644,1 |
| SUN 8 | 8.1(E) | 33,0 | b 41,7 | d 2026,0 | a 4291,7 | A 1621,1 | B 3408,4 |
| SUN 19 | 5.(E) | 41,7 | a 72,0 | a 1906,3 | b 4359,4 | A 1545,0 | B 3486,3 |
| NSUN 28 | S6-262841-1-4-1-(E) | 31,3 | b 41,0 | d 1744,8 | b 2994,8 | C 1517,3 | B 2629,9 |
| SUN 21 | 110.(E) | 39,0 | a 58,3 | c 1921,9 | b 3666,7 | B 1469,1 | b 2803,4 |
| NSUN 26 | 52.53.05.02.TCS 3 (E) | 36,7 | b 49,3 | c 1750,0 | b 3718,8 | B 1358,5 | b 2839,0 |
| NSUN 29 | S2 (L3x1057-68) 1-1(E) | 31,0 | b 49,7 | c 1541,7 | b 4078,1 | A 1284,4 | b 3362,0 |
| SUN 7 | 7.1(E) | 32,0 | b 50,7 | c 1593,8 | b 4531,3 | A 1270,0 | b 3726,5 |
| | *Média geral | 30,4 | 47,1 | 1527,7 | 3328,1 | 1223,1 | 2676,5 |
| SUN 14 | 22 (E) | 27,0 | c 54,3 | c 1463,5 | b 3864,6 | B 1220,3 | b 3034,4 |
| SUN 25 | 9.1(E) | 33,7 | b 71,0 | a 1505,2 | b 4599,0 | A 1141,6 | c 3614,5 |
| NSUN 27 | 52.61.06.02. TCS 3 (E) | 24,0 | c 34,0 | d 1244,8 | c 2572,9 | C 1003,7 | c 2116,1 |
| NSUN 33 | S5 L 5019 (I) | 19,3 | c 30,3 | d 1072,9 | c 2468,8 | C 865,5 | c 2031,4 |
| NSUN 30 | 1189-1 (I) | 17,3 | c 35,3 | d 906,3 | c 1932,3 | D 718,9 | c 1435,3 |
| NSUN 32 | 262841-4-3-1-1 (I) | 14,3 | c 31,0 | d 526,0 | c 1442,7 | E 382,8 | c 1132,0 |
| NSUN 31 | MX 454-5-1-1-1 (I) | 11,3 | c 8,7 | e 322,9 | c 390,6 | F 155,7 | c 291,7 |

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott

^a Média geral das 16 linhagens

Quando se compara as oito linhagens mais produtivas em baixo N entre as 25 linhagens selecionadas para o uso de nitrogênio (SUN) com as oito linhagens não selecionadas para o uso de nitrogênio (NSUN26 a NSUN33) em relação a média de produção de grãos em baixo nitrogênio, nota-se que entre as linhagens com produção de grãos acima da média em baixo nitrogênio destas 16 linhagens, estão linhagens selecionadas no uso de nitrogênio e linhagens não selecionada no uso de nitrogênio (Tabela 2).

Portanto, concluiu-se que: (i) as linhagens avaliadas apresentam variabilidade genética para peso de espigas e de grãos, independente dos níveis de suprimento de nitrogênio no

solo, (ii) linhagens melhoradas para EUN apresentaram performance superior em relação a produção de grãos em baixo N, quando comparadas com linhagens não melhoradas e (iii) a partir do melhoramento direto em baixa disponibilidade de N, pode-se obter linhagens endogâmicas de milho com respostas a adubação nitrogenada similares a observada em linhagens desenvolvidas em ambientes sem limitação de nitrogênio

Referências bibliográficas

AHN, P.M. **Tropical soils and fertilizer use**. Harlow Longman Group, 1993. 264 p. Intermediate Tropical Agriculture Series

BANZIGER, M.; BETRAN, F.J.; LAFITTE, H.R. Efficiency of high-nitrogen selection environment for improving maize for low-nitrogen target environment. **Crop Sci.** 37:1103-1109, 1997.

BRUN, E.L. & DUDLEY, J.W. Nitrogen response in the USA and Argentine of corn populations with different proportion of flint and dent germoplasma. **Crop Sci.**, 29:565-569, 1989.

DOBEREINER, J. Recent advance in BNF with non-legume plants. **Soil Biol. Biochem.** 29:911-922, 1997.

GALLAIS A., HIREL B. An approach to the genetics of nitrogen use efficiency in maize. **Journal of Experiment Botany**, v.55, No. 396, p.295-306, 2004

GAMA, E.E.G., MARRIEL I.E., GUIMARÃES P.E.O., PARENTONI S.N., SANTOS M.X., PACHECO C.A.P., MEIRELES W.F., RIBEIRO P.H.E. & OLIVEIRA A.C.. 2002. Combining ability for nitrogen use in a selected set of inbred lines from atropical maize population. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 1: 68-77, 2002.

HIREAL, B.; BERTIN, P.; QUILLERE, I.; BOURDONCLE, W.; ATTAGNANT, C.; DELLAY, C.; GOUY, A. CADIOU, S.; RETAILLIAU, C.; FALQUE, M.; GALLAIS, A. Towards a better understanding of the genetic and physiological basis for nitrogen use efficiency in maize. **Plan Physiology**, 25: 1258-1270, 2001.

MASCLAUX C, QUILLERE I, GALLAIS A, HIREAL B. The challenge of remobilization in plant nitrogen economy: a survey of physio-agronomic and molecular approaches. **Ann Appl Biol**, v.138, p.69-81, 2001

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

ROSIELLE, A A & HAMBLIN, J. Theoretical aspects of selection for cereals n stress and non-stress environmental. **Crop Sci.** 21: 943-946, 1981.

SIMONDS, N.W. Selection for local adaptation in a plant breeding programme. *Theor. Appl. Genet.*, 82: 363-367, 1991.