

CLEITON LACERDA GODOY

**MELHORAMENTO DE MILHO PARA ESTRESSE  
DE NITROGÊNIO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2003

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

G588m  
2003

Godoy, Cleiton Lacerda, 1976-

Melhoramento de milho para estresse de nitrogênio /  
Cleiton Lacerda Godoy. – Viçosa : UFV, 2003.  
52p. : il.

Orientador: Glauco Vieira Miranda  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Viçosa

1. Milho - Melhoramento genético. 2. Milho - Estresse mineral. 3. Milho - Estresse abiótico. 4. Milho - Seleção. 5. Milho - Adubação nitrogenada. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 633.153

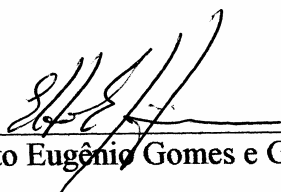
CDD 20.ed. 633.153

CLEITON LACERDA GODOY

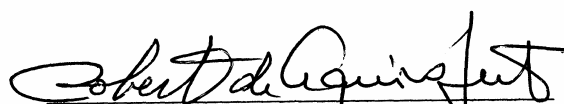
**MELHORAMENTO DE MILHO PARA ESTRESSE  
DE NITROGÊNIO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 6 de junho de 2003.



Dr. Elto Eugênio Gomes e Gama



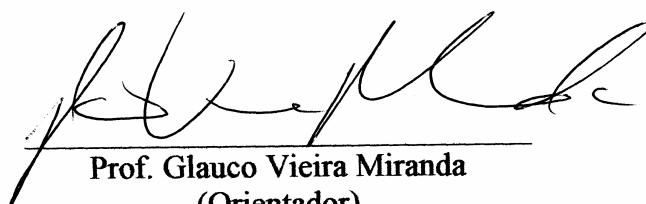
Prof. Roberto de Aquino Leite



Prof. José Eustáquio de S. Carneiro



Dra. Izabel Cristina dos Santos  
(Conselheira)



Prof. Glauco Vieira Miranda  
(Orientador)

À minha mãe, Conceição.  
Aos meus irmãos, Eliane e Gleison.  
Aos meus sobrinhos, I sabela, Yasmim e Daniel.  
À memória de meu pai, Augusto  
Dedico.

## **AGRADECIMENTO**

A Deus.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Glauco Vieira Miranda, pelo enorme incentivo, pela confiança e pela amizade.

Aos professores João Carlos Cardoso Galvão e Eduardo Araújo Fontes, pelo apoio.

À conselheira Dra. Izabel Cristina dos Santos, pelas preciosas sugestões.

Aos membros da banca, Dr. Elto Eugênio Gomes e Gama, prof. José Eustáquio Souza Carneiro e prof. Roberto de Aquino Leite, pelo trabalho dispensado e por suas valiosas sugestões.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, representados por Gino, José Roberto, Mara e Carlinhos, pela disposição demonstrada na execução das atividades.

Aos colegas do Programa Milho, Lauro, Leandro, Aurélio, Fidelis, Fernando, Birigui, Marcelo, Guta, Marcasso, Marony, Julien, Joyce, Heraldo, Ronaldinho, Lucimar, Marília, Ricardo, Fernanda, Elaine, Raimundo, Bárbara, Ciro, Nilson e Adilson, pelo companheirismo que tornaram o trabalho e a vida mais agradáveis.

## **BIOGRAFIA**

CLEITON LACERDA GODOY, filho de Augusto Lacerda Godoy e Conceição Aparecida Godoy, nasceu em 11 de setembro de 1976, em Passos, Estado de Minas Gerais.

Em outubro de 2000, graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa, ano em que iniciou o Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em nível de Mestrado, na mesma instituição, sob orientação do professor Glauco Vieira Miranda.

## CONTEÚDO

	<b>Página</b>
RESUMO .....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO .....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	4
CLASSIFICAÇÃO DE CULTIVARES DE MILHO QUANTO À EFICIÊNCIA NA UTILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO E RESPOSTA À ADUBAÇÃO NITROGENADA .....	6
Resumo .....	6
Abstract.....	7
Introdução.....	8
Material e Métodos .....	11
Resultados e Discussão.....	13
Conclusões .....	18
Referências Bibliográficas .....	18
DESEMPENHO DE FAMÍLIAS ENDOGÂMICAS S <sub>1</sub> DE MILHO E DE SEUS HÍBRIDOS <i>TOP CROSSES</i> , EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO .....	24
Resumo .....	24
Abstract.....	25
Introdução.....	26

	<b>Página</b>
Material e Métodos .....	28
Resultados e Discussão.....	29
Conclusões .....	32
Referências Bibliográficas .....	32
SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE MILHO EFICIENTES NA UTILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO POR MEIO DO MEDIDOR PORTÁTIL DE CLOROFILA .....	36
Resumo .....	36
Abstract.....	37
Introdução.....	38
Material e Métodos .....	39
Resultados e Discussão.....	42
Conclusões .....	46
Referências Bibliográficas .....	46

## RESUMO

GODOY, Cleiton Lacerda, M.S., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2003. **Melhoramento de milho para estresse de nitrogênio.** Orientador: Glauco Vieira Miranda. Conselheiros: Izabel Cristina dos Santos e João Carlos Cardoso Galvão.

O presente trabalho teve por objetivo geral identificar estratégias de melhoramento de milho para estresse de nitrogênio e os seguintes objetivos específicos: determinar as doses de nitrogênio que caracterizam ambientes de adequada e de baixa disponibilidade de nitrogênio para a seleção de genótipos de milho; avaliar famílias endogâmicas  $S_1$  *per se* e seus respectivos híbridos *top crosses* sob estresse de nitrogênio; e avaliar a viabilidade do medidor portátil de clorofila como ferramenta de seleção de genótipos eficientes na utilização de nitrogênio. Para isso foram conduzidos dois conjuntos de experimentos; no primeiro, os cultivares de milho P30F80, DKB 901, BR 201, BR 106, Sol da Manhã e CMS 39 foram classificados quanto à eficiência na utilização e resposta à aplicação de nitrogênio para servirem como testemunhas na avaliação de famílias  $S_1$  e de seus híbridos *top crosses*. O experimento foi instalado em blocos ao acaso, com os tratamentos dispostos no esquema de parcela subdividida com três repetições. As parcelas foram compostas pelas doses de nitrogênio 0, 30, 60, 120 e 200 kg ha<sup>-1</sup> e as subparcelas pelos cultivares. Para identificar os cultivares

eficientes e responsivos foram utilizadas duas metodologias: uma, com base no coeficiente de regressão da produtividade de grãos, em função das doses; e a outra, com base na definição de que a eficiência é avaliada pela produtividade média do grupo de cultivares em baixo N e a resposta é a diferença entre a produtividade de grãos de um cultivar em baixa e em adequada disponibilidade de N, dividida pela diferença entre as doses de N. No segundo conjunto de experimentos foram avaliadas famílias  $S_1$  obtidas de duas populações de milho de polinização aberta, sendo uma considerada eficiente no uso de nitrogênio e a outra considerada de alta resposta ao fertilizante nitrogenado. O comportamento das famílias  $S_1$  *per se* foi avaliado sob condições de adequada e de baixa disponibilidade de N, e o comportamento de seus respectivos híbridos *top crosses* sob baixa disponibilidade de N. Todos os experimentos foram conduzidos na Estação Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, localizado no município de Coimbra (MG), na safra 2001/2002. As principais conclusões foram: as doses de nitrogênio que discriminam ambientes de baixa e adequada disponibilidade nas condições edafoclimáticas da Estação Experimental de Coimbra (MG) foram 30 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N; os cultivares BR 201 e CMS 39 são adequados para o cultivo em ambos ambientes; o cultivar DKB 901 é mais adequado para ambientes de baixa disponibilidade de N; o cultivar P30F80 é adequado para alta disponibilidade de N; o desempenho das famílias endogâmicas  $S_1$  não prediz o desempenho dos híbridos *top crosses*; as famílias endogâmicas  $S_1$  manifestaram boa capacidade de combinação com o testador; os híbridos *top crosses* apresentaram bom desempenho em estresse de baixo nitrogênio, atingindo produtividades superiores às das testemunhas; a leitura do medidor portátil de clorofila pode ser utilizada como critério para eliminar os genótipos menos produtivos antes do florescimento, sendo mais associada à produtividade de grãos no ambiente com baixa disponibilidade de nitrogênio; híbridos obtidos do cruzamento de linhagens oriundas de populações de milho eficientes na utilização e responsivas à aplicação de N podem ser avaliados em condição de adequada disponibilidade desse nutriente.

## ABSTRACT

GODOY, Cleiton Lacerda, M.S., Universidade Federal de Viçosa, June 2003.  
**Maize improvement for nitrogen stress.** Adviser: Glauco Vieira Miranda.  
Committee members: Izabel Cristina dos Santos and João Carlos Cardoso Galvão.

Overall objective of his study was the identification of improvement strategies for maize in relation to nitrogen stress, with the following specific aims: determination of nitrogen doses that characterize adequate environments of low nitrogen availability for the selection of maize genotypes; evaluation of endogamic families  $S_1$  *per se* and their respective *top cross* hybrids under nitrogen stress; and evaluation of the suitability of the portable chlorophyll meter as instrument for the selection of genotypes efficient at nitrogen utilization. Two sets of experiments were conducted with these purposes; in the first, the maize cultivars P30F80, DKB 901, BR 201, BR 106, Sol da Manhã, and CMS 39 were classified according to their efficiency of N use and their answer to the application of nitrogen as control in the evaluation of  $S_1$  families and their *top cross* hybrids. The experiment was set up in a randomized block design, and the treatments arranged in subplots with three replications. The plots represented nitrogen doses of 0, 30, 60, 120, and 200 kg ha<sup>-1</sup>, and the subplots the cultivars. Two methodologies were used to define efficient and responsive cultivars: one

based on the regression coefficient of grain productivity in relation to the doses; the other based on the definition that efficiency is evaluated by the mean productivity of the cultivar group under low N, and the answer is the difference between the grain productivity of a cultivar under low and under adequate N availability divided by the difference between the N doses. In the second set of experiments, S<sub>1</sub> families obtained from two maize populations in open pollination were evaluated, where one was considered efficient at nitrogen utilization and the other considered highly responsive to nitrogen fertilizer. The behavior of the S<sub>1</sub> families *per se* was evaluated under adequate and low N availability conditions, and the behavior of its respective *top cross* hybrids under low N availability. All experiments were conducted at the Experimental Station of the Department of Plant Science at the Universidade Federal de Viçosa, in the county of Coimbra, State of Minas Gerais, Brazil, during the harvest of 2001/2002. The following conclusions were drawn: the nitrogen doses that discriminate environments of low and adequate availability under the edaphoclimatic conditions of the Experimental Station of Coimbra were 30 and 120 kg ha<sup>-1</sup> N; cultivars BR 201 and CMS 39 are adequate for cultivation in both environments; cultivar DKB 901 is more adequate for environments of low N availability; cultivar P30F80 is adequate for high N availability; the performance of the endogamic S<sub>1</sub> families is no prevision for the performance of the *top cross* hybrids; the endogamic S<sub>1</sub> families presented a good combination capacity with the testcross; the *top cross* hybrids presented an excellent performance under low nitrogen stress, outstripping the productivity of the control treatments; readings of the portable chlorophyll meter can be used as criteria to eliminate less productive genotypes more associated to grain productivity in environments of low nitrogen availability before flowering; hybrids obtained by crosses with lineages from maize populations efficient at utilization and the response to N application can be evaluated under adequate availability of the nutrient.

## 1. INTRODUÇÃO

Em países em desenvolvimento, considerável proporção dos produtores de milho trabalha em solos com baixa disponibilidade de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo. Embora o uso de fertilizantes nitrogenados esteja aumentando nessas regiões, o nitrogênio provavelmente continuará sendo um importante fator limitante da produção para a cultura do milho, pois a relação entre o preço dos fertilizantes nitrogenados e preço de venda dos grãos é alta, limitando o seu uso (Gerner e Harris, 1993). Mesmo se as dificuldades econômicas para a adoção de maiores quantidades de fertilizantes nitrogenados forem superadas, e a deficiência nutricional deixar de ser um fator limitante da produção, poderemos vir a ter que conviver com outros tipos de problemas decorrentes do uso de fertilizantes, principalmente nas áreas da saúde e do meio ambiente, devido ao grande potencial poluidor do mesmo.

Segundo Fornasieri Filho (1992), a maioria dos solos propícios para a cultura do milho conta com intensa atividade microbiana, com elevada capacidade nitrificadora, ou seja, oxidação de  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_2^-$  e  $\text{NO}_3^-$ . Em regiões de alta precipitação e solos bem drenados, o processo de nitrificação é intenso e, como a mobilidade do nitrato é alta, resulta grande perda por lixiviação (Coutinho et al., 1993), que tradicionalmente são consideradas como a principal perda de N da solução do solo.

Não é só a eficiência da adubação que é prejudicada pela lixiviação de nitrato, mas também a qualidade da água do lençol freático que pode ser contaminada por nitrogênio proveniente de fertilizantes (Lal, 1998), podendo causar doenças e a eutrofização de rios e lagos (Coutinho, 1993).

Os serviços de saúde pública têm estabelecido os níveis máximos de nitrogênio permitidos na água, principalmente por causa da metahemoglobinemia em crianças, doença resultante da ingestão de nitritos que reagem com a hemoglobina, reduzindo a capacidade de carregar oxigênio (Coutinho, 1993).

Entretanto, segundo Yamada (1995), as perdas por lixiviação são desprezíveis nas doses de N comumente empregadas atualmente na agricultura. Em solos bem conservados, sem problemas de erosão, as perdas são por imobilização biológica (Coelho, 1987) e volatilização de amônia (Gamboa et al., 1971).

Os problemas causados pela deficiência e pelo uso inadequado de fertilizantes nitrogenados se tornaram estímulos para a busca de alternativas que minimizem os impactos relacionados com o elemento (Furlani et al., 1985). Uma alternativa para aumentar a produtividade de milho sem grandes incrementos no custo de produção e sem riscos ambientais é a adoção de cultivares com maior capacidade em transformar o escasso nitrogênio disponível no solo em produto colhido.

Segundo Machado (1997), o melhoramento de plantas para eficiência no uso de nitrogênio pode ser trabalhado sob dois conceitos: o primeiro pode ser compreendido pela busca de cultivares superiores em termos produtivos em ambientes com limitado suprimento do nutriente (cultivares eficientes); e o segundo, pela identificação de cultivares que apresentam aumentos de produtividade superiores à média do grupo de cultivares avaliados, em resposta ao incremento na dose do nutriente (cultivares responsivos).

O ambiente de seleção de plantas eficientes vem sendo discutido por geneticistas desde a primeira metade do século passado (Falconer e Latyszewski, 1952), uma vez que ambientes com estresses levam à redução na herdabilidade da característica produção, limitando o progresso genético alcançado via seleção

neste tipo de ambiente (Blum, 1988). Mesmo assim, segundo Banziger et al. (1997), a seleção de plantas mais eficientes no uso de determinado nutriente, deve ser realizada em ambiente com limitada disponibilidade do mesmo.

Características secundárias como a atividade da enzima redutase do nitrato (Machado, 1997) e as análises de tecidos em laboratório (Lafitte e Edmeades, 1994), têm sido apontadas como ferramentas para aumentar a eficiência da seleção de genótipos mais eficientes na utilização de nitrogênio. Entretanto, dificilmente são utilizadas, porque demandam grandes investimentos e são de difícil adaptação na rotina de um programa de melhoramento de milho.

Pesquisas indicam correlação positiva entre as concentrações de clorofila e nitrogênio foliar (Lafitte e Edmeades, 1994; Argenta et al., 2001), uma vez que a grande parte do nitrogênio foliar está contida em moléculas de clorofila (Below, 2002). Sendo assim, o medidor portátil de clorofila (clorofilômetro) apresenta grande potencial para ser utilizado em programas de melhoramento na seleção de plantas eficientes na utilização de N, pois a leitura pode ser obtida rápida e facilmente e não é afetada pelo consumo de luxo, ou seja, somente nitrogênio fixado em moléculas de clorofila será quantificado. Além disso, o método não é destrutivo, não sendo necessário enviar amostras de folhas para laboratórios de análises (Peterson, 1993).

Os objetivos deste trabalho foram identificar as doses de nitrogênio que discriminem ambientes de alta e baixa disponibilidade de nitrogênio para as condições de solo e clima da Estação Experimental de Coimbra-MG; classificar cultivares melhorados quanto à resposta e eficiência na utilização de nitrogênio, para que possam ser utilizados como testemunhas em trabalhos de seleção de plantas para ambientes de adequada e baixa disponibilidade de nitrogênio; avaliar famílias endogâmicas  $S_1$  *per se* e em *top cross*, obtidas de duas populações de polinização aberta de milho; e verificar se é possível discriminar genótipos de milho quanto à eficiência na utilização de nitrogênio por meio da leitura obtida com o medidor portátil de clorofila.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, G.C.; FORSTHOFER, E.L.; STRIEDER, M.L. Relação da leitura do clorofilômetro com teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n.2, p.158-167, 2001.

BÄNZIGER, M.; BETRÁN, F.J.; LAFITTE, H.R. Efficiency of high-nitrogen selection environments for improving maize for low-nitrogen target environments. **Crop Science**, v.37, p.1103-1109. 1997.

BELOW, F.E. Fisiologia, nutrição e adubação nitrogenada do milho. **Informações Agronômicas**, v.99, p.7-12, 2002.

BLUM, A. **Plant breeding for stress environments**. Boca Ration: CRC Press, 1988. 223p.

COELHO, A.M. **Balço do nitrogênio (<sup>15</sup>N) na cultura do milho (*Zea mays L.*) em um latossolo vermelho-escuro fase cerrado**. Lavras: UFLA, 1987. 142p. Tese de Mestrado.

COUTINHO, E.L.M.; NATALE, W.; SOUZA, E.C.A. **Adubos e corretivos: Aspectos particulares na olericultura. nutrição e adubação de plantas. POTAFOS – Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**. 1993. p.85-140.

FALCONER, D.S.; LATYSZEWSKI, M. The environment in relation to selection for size in mice. **Genetic Journal**, v.51, p.67, 1952.

FORNASIERE FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 273p.

FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C.; LIMA, M. Eficiência de linhagens de milho na absorção e utilização de fósforo em solução nutritiva. **Bragantia**, v.44, p.129-147, 1985.

GAMBOA, J.; PEREZ, G.; BLASCO, M. Um modelo para describir los procesos de tetención y lixiviation en los suelos. **Turrialba**, Coronado, v.21, n.3, p.312-316, 1971.

GERNER, H.; HARRIS, G. The use and supply of fertilizers in sub-Saharan Africa. p.107-125. In: van Reuter, H.; PRINS, W.H. (Ed.). **The role of plant nutrients for sustainable food crop production in sub-Saharan Africa**. Ponsen and Loojien, Wageningen, The Netherlands. 1993.

LAFITTE, H.R; EDMEADES, G.O. Improvement for tolerance to low soil nitrogen in tropical maize. I. Selection criteria. **Field Crops Research**, v.39, p.1-14, 1994.

LAL, R. Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality. **Critical Reviews in Plant Science**, Boca Ration, v.17, n.4, p.319-464, 1998.

MACHADO, A.T. **Perspectiva do melhoramento genético em milho (*Zea mays L.*) visando eficiência na utilização do nitrogênio**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1997. 217p. Tese de Doutorado.

PETERSON, T.A.; BLACKMER, T.M.; FRANCIS, D.D.; SCHEPERS, J.S. **Using a chlorophyll meter to improve N management**. Cooperative Extension. Institute of Agriculture and Natural Resources. University of Nebraska – Lincoln. 1993. 4p.

YAMADA, T. **Adubação nitrogenada do milho**: Como melhorar a eficiência. POTAFOS - Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, n.71. p.1-3. 1995.

## CLASSIFICAÇÃO DE CULTIVARES DE MILHO QUANTO À EFICIÊNCIA NA UTILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO E RESPOSTA À ADUBAÇÃO NITROGENADA

**Resumo:** Os objetivos deste trabalho foram identificar as doses críticas que caracterizam ambientes de adequada e de baixa disponibilidade de nitrogênio nas condições ambientais da Estação Experimental de Coimbra-MG; comparar metodologias de classificação quanto à eficiência na utilização de nitrogênio e quanto à resposta à aplicação de fertilizante nitrogenado; e classificar cultivares. Para isso, foi instalado um experimento em blocos ao acaso, com os tratamentos dispostos no esquema de parcela subdividida, com três repetições. As parcelas foram constituídas pelas doses de nitrogênio 0, 30, 60, 120 e 200 kg ha<sup>-1</sup> e as subparcelas pelos cultivares P30F80, DKB 901, BR 201, BR 106, Sol da Manhã e CMS 39. Para identificar os cultivares eficientes e responsivos utilizaram-se duas metodologias. A primeira, com base no coeficiente e na constante de regressão da produtividade de grãos em função das doses, identificou o cultivar BR 201 como eficiente e responsivo, o CMS 39 e o DKB 901 como eficientes e não-responsivos, o P30F80 e o BR 106 como ineficientes e responsivos e o Sol da Manhã como ineficiente e não-responsivo. A segunda metodologia utilizada baseia-se na definição de que a eficiência é avaliada pela produtividade média de grãos do grupo de cultivares em baixo N e a resposta é a diferença entre a produtividade de grãos de um cultivar em baixa e em adequada disponibilidade de N, dividida pela diferença entre as doses de N. Por esta metodologia os cultivares BR 201 e CMS 39 foram classificados como eficientes e responsivos, o DKB 901 como eficiente e não-responsivo, o P30F80 como não-eficiente e responsivo e Sol da Manhã e BR 106 como não-eficientes e não-responsivos. Portanto, concluiu-se que a metodologia com o uso de duas doses contrastantes de nitrogênio identificam cultivares eficientes e responsivos ao uso deste nutriente e é adequada à rotina do melhoramento de milho; as doses de nitrogênio que discriminaram ambientes de baixa e adequada disponibilidade de nitrogênio foram 30 kg ha<sup>-1</sup> e 120 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Para ambientes com alta ou baixa disponibilidade de N os cultivares BR 201 e CMS 39 são adequados. Para baixa disponibilidade de N, é adequado o DKB 901, e para alta disponibilidade de N, é adequado o P30F80. Os parâmetros como porcentagem do potencial produtivo e concentração de nitrogênio nas folhas podem ser empregados com facilidade na identificação de estresse de baixo nitrogênio.

Palavras-chave: *Zea mays* L., dosagem, estresse mineral, nitrogênio.

## CLASSIFICATION OF MAIZE CULTIVARS IN RELATION TO THEIR EFFICIENCY OF NITROGEN UTILIZATION AND RESPONSE TO NITROGEN FERTILIZATION

**Summary:** Aims of this study were: the identification of critical doses that characterize environments of adequate or low nitrogen availability under the environmental conditions of the Experimental Station Coimbra, State of Minas Gerais, Brazil; a comparison of classification methodologies regarding efficiency at nitrogen utilization and the response to application of nitrogen fertilization; and cultivars were classified. An experiment with these aims was installed in randomized blocks and the treatments arranged in subplots in three replications. The plots represented nitrogen doses of 0, 30, 60, 120, and 200 kg ha<sup>-1</sup> and subplots the cultivars P30F80, DKB 901, BR 201, BR 106, Sol da Manhã, and CMS 39. To identify efficient and responsive cultivars, two methodologies were applied. The first, based on the regression coefficient and constant of the grain productivity in relation to the doses, identified cultivar BR 201 as efficient and responsive, CMS 39 and DKB 901 as efficient and non-responsive, P30F80 and BR 106 as inefficient and responsive, and Sol da Manhã as inefficient and non-responsive. The second methodology was based on the definition that efficiency is evaluated by the mean grain productivity of the cultivar group of low N and the response is the difference between the grain productivity of a cultivar in low and adequate N availability, divided by the difference between the N doses. By this methodology it was possible to classify the cultivars BR 201 and CMS 39 as efficient and responsive, DKB 901 as efficient and non-responsive, P30F80 as non-efficient and responsive, and Sol da Manhã and BR 106 as non-efficient and non-responsive. The conclusion was therefore drawn that the methodology with the use of two contrasting nitrogen doses identifies efficient and responsive cultivars for the use of this nutrient and is adequate for routine in maize improvement; and nitrogen doses that discriminate environments of low and of adequate nitrogen availability were 30 kg ha<sup>-1</sup> and 120 kg ha<sup>-1</sup>, respectively. For environments with high or low N availability the cultivars BR 201 and CMS 39 are adequate. DKB 901 is adequate under low and P30F80 under high N availability. Parameters such as percentage of the productive potential and nitrogen concentration in the leaves can easily be used for the identification of low nitrogen stress.

Key- words: *Zea mays* L., dosage, mineral stress, nitrogen.

## Introdução

Sendo o nitrogênio importante constituinte das moléculas de clorofila, plantas com deficiência do nutriente ficam com a coloração mais amarelada e menos eficientes em interceptar e absorver energia solar. Em condições de deficiência de nitrogênio, o desenvolvimento da planta e a formação de grãos são prejudicados, pois estão relacionados com a síntese e a translocação de açúcares e de nitrogênio de órgãos vegetativos, principalmente das folhas para os grãos.

Para sustentar os níveis de produção desejados, a cultura do milho requer uma quantidade relativamente grande de nitrogênio, em torno de 1,5 a 3,5% do peso seco da planta, quantidade que a maioria dos solos agrícolas brasileiros não são capazes de fornecer (Below, 2002).

A dificuldade em solucionar o problema da baixa produtividade média brasileira de milho pela simples aplicação de maiores doses de fertilizantes, principalmente nitrogenados, é porque além de serem os mais caros dos insumos (Coelho, 1987), ainda existe a incerteza do retorno econômico, principalmente em regiões de clima tropical (Furlani et al., 1985). Algumas estimativas sugerem que o fertilizante nitrogenado responde por 80% do custo total de fertilizantes e por 30% de toda a energia associada com a produção agrícola (Stangel, 1984).

O nitrogênio pode entrar na solução do solo por meio da aplicação de fertilizantes nitrogenados, da mineralização da matéria orgânica, da fixação biológica e da água das chuvas. Por outro lado, ocorrem saídas em quantidade semelhante pela lixiviação de nitrato, extração pelas culturas, erosão do solo, imobilização biológica e desnitrificação (Yamada, 1995), uma vez que em um sistema de cultivo convencional, o aumento na concentração desse nutriente no solo não é observado com o passar do tempo. Foram constatadas respostas significativas em 70 a 80% dos ensaios conduzidos para verificar a resposta à aplicação de fertilizante nitrogenado na cultura do milho (Cantarella, 1992).

Solucionar o problema da baixa produtividade de milho no Brasil por meio de uma política agrícola capaz de estimular os produtores a adotarem

insumos em maiores quantidades, poderia também nos obrigar a conviver com outros tipos de problemas relacionados ao uso de fertilizantes nitrogenados como a contaminação ambiental.

A forma de aplicação, o tempo que o nutriente permanece disponível no solo e o cultivar são fatores que se interagem e influenciam a absorção e a utilização do N pela planta de milho e o seu efeito na produtividade de grãos (Gentry e Below, 1993).

A adoção de cultivares com maior capacidade de transformar nitrogênio disponível em produto colhido é uma interessante alternativa para a sustentabilidade, pois existem relatos na literatura que comprovam a existência de variabilidade genética em milho para a característica (Edmeades et al., 1996).

Segundo Machado (1997), o melhoramento de plantas para eficiência na utilização de nitrogênio pode ser trabalhado sob dois conceitos: o primeiro pode ser compreendido pela identificação de cultivares superiores em termos produtivos em ambientes com limitado suprimento do nutriente (cultivares eficientes) e o segundo pela identificação de cultivares que apresentam aumentos de produtividade superiores à média do grupo de cultivares avaliados, em resposta ao incremento na dose do nutriente (cultivares responsivos).

O pequeno número de cultivares eficientes na utilização de nutrientes disponíveis para plantio, se deve, provavelmente, à dificuldade de se realizar seleção em solos com limitada disponibilidade de nutrientes e ao desinteresse dos programas de melhoramento das empresas privadas por esse nicho de mercado, já que os consumidores de suas sementes são agricultores tecnificados, com capacidade de investir em insumos.

Blum (1988) e Banziger et al. (1997), afirmaram que a seleção de genótipos destinados ao cultivo em solos de baixa fertilidade não deve ser realizada em solos sem limitação nutricional, mesmo com a redução da herdabilidade do caráter produção e da precisão experimental, que normalmente ocorre quando se trabalha nessas condições.

Cultivares de milho podem ser classificados quanto à resposta e eficiência à adubação nitrogenada, simplesmente pela comparação dos coeficientes e das

constantes da equação de regressão para a característica produtividade, respectivamente. Quanto maiores os valores, mais eficiente e responsivo é o cultivar.

Outra metodologia para identificação de cultivares eficientes/responsivos foi proposta por Fageria e Kluthcouski (1980) para as culturas do arroz e do feijão, e que, segundo os autores, pode ser adaptada para outras culturas. Nessa metodologia, cultivares são avaliados em diferentes doses de nitrogênio, e a menor dose capaz de expressar diferenças entre os cultivares quanto à produtividade determina o nível crítico inferior e a dose em que os cultivares atingem pelo menos 80% de seu potencial produtivo determina o nível crítico superior. Após a determinação dos níveis críticos inferior e superior, um índice ( $\alpha$ ) que determina a resposta do cultivar ( $\text{kg ha}^{-1}$  de grãos/  $\text{kg ha}^{-1}$  do nutriente) é calculado dividindo-se a diferença da produtividade entre os ambientes pela diferença entre as doses que caracterizam os níveis críticos superior e inferior.

A produtividade de cada cultivar no nível crítico inferior e seu correspondente  $\alpha$  são representados nos eixos x e y do sistema de coordenadas cartesianas, respectivamente. Os eixos se cortam no ponto definido pela média de produtividade de grãos no nível crítico inferior e pelo  $\alpha$  médio de todos os cultivares avaliados. É então utilizado um diagrama que permite separar quatro quadrantes de acordo com a eficiência e resposta dos cultivares ao nutriente. Os cultivares pertencentes ao primeiro quadrante são classificados como eficientes e responsivos; ao segundo como não-eficientes e responsivos; ao terceiro como não-eficientes e não-responsivos e ao quarto como eficientes e não-responsivos.

Os objetivos deste trabalho foram identificar as doses de nitrogênio que discriminem ambientes de alta e baixa disponibilidade de nitrogênio; classificar os cultivares quanto a resposta às doses do fertilizante nitrogenado e quanto à eficiência na utilização do nitrogênio, para que possam ser utilizados posteriormente como testemunhas na seleção de genótipos em ambientes com adequada e baixa disponibilidade de nitrogênio; e validar metodologia para a seleção de cultivares em baixo nitrogênio.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Estação Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, localizada no município de Coimbra-MG, com latitude 20° 45' S, longitude 42° 51' W e altitude de 720 m.

O plantio foi realizado no dia 18/12/2001 e a colheita no dia 14/5/2002.

As principais características químicas do solo em que foi instalado o experimento foram: pH em água = 5,5; P = 5,7 mg (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>; K 71 mg (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 2,5 cmol<sub>c</sub> (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 1,02 cmol<sub>c</sub> (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>; Al<sup>3+</sup> = 0,00 cmol<sub>c</sub> (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>; H+Al = 3,96 cmol<sub>c</sub> (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>; SB = 3,70 cmol<sub>c</sub> (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>; t = 3,70 cmol<sub>c</sub> (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>; T = 7,66 %; V = 48,3 %; Zn 20,4 mg (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>; Fe = 98,5 mg (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>; Mn = 80,9 mg (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>; e Cu = 3,21 mg (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>.

O delineamento adotado foi o de blocos ao acaso com os tratamentos dispostos no esquema de parcela subdividida com três repetições, sendo os tratamentos constituídos por cinco doses de nitrogênio (0, 30, 60, 120 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N) nas parcelas e por seis cultivares nas subparcelas. Cada parcela foi composta por 12 linhas de 4 m, espaçadas de 0,9 m entre linhas e 0,2 m entre plantas, representando uma população aproximada de 55.555 plantas ha<sup>-1</sup>. A subparcela foi composta por duas linhas de 4 m.

Em todas as parcelas que receberam nitrogênio, a aplicação foi dividida em 30 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia do plantio e o restante em duas coberturas realizadas nos estádios fenológicos 1 e 2 (plantas com 4 e 8 folhas completamente expandidas), respectivamente. Todas as parcelas receberam 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aplicados nos sulcos no dia do plantio. As fontes utilizadas foram os fertilizantes sulfato de amônia, superfosfato simples e cloreto de potássio.

Foram realizados todos os controles de pragas, plantas daninhas, doenças e irrigação quando necessário.

Os cultivares avaliados neste trabalho foram os híbridos simples P30F80 e DKB 901, o híbrido duplo BR 201, as variedades de polinização aberta BR 106 e Sol da Manhã e a população não-comercial de polinização aberta pertencente à EMBRAPA, CMS 39.

As características avaliadas foram florescimento feminino (FF) (número de dias da emergência das plântulas até aparecimento do estilo-estigma em 50% das plantas na subparcela), altura de planta (AP) (altura, em centímetros do solo até a lígula da folha bandeira, medindo-se cinco plantas por subparcela), altura de espiga (AE) (altura em centímetros do solo até a inserção da primeira espiga, medindo-se cinco plantas por subparcela) e produtividade de grãos (PROD) (medida em kg de grãos por subparcela e corrigida para kg ha<sup>-1</sup> de grãos com umidade de 13%).

Foram realizadas análises de variância para todas as características; de regressão, para produtividade; e a correlação entre o desempenho dos cultivares em cada dose. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa SAEG.

Com base na produtividade dos cultivares em cada dose, foi feita a classificação dos cultivares segundo metodologia proposta por Fageria e Kluthcouski (1980), utilizando a fórmula:

$$\alpha = \frac{\text{PROD NCS} - \text{PROD NCI}}{\text{NCS} - \text{NCI}}$$

em que

PROD NCS = é a produtividade obtida no nível crítico superior (kg ha<sup>-1</sup> de grãos);

PROD NCI = é a produtividade obtida no nível crítico inferior (kg ha<sup>-1</sup> de grãos);

NCS = é a dose de nitrogênio que determina o nível crítico superior (kg ha<sup>-1</sup> de N); e

NCI = é a dose de nitrogênio que determina o nível crítico inferior (kg ha<sup>-1</sup> de N).

## Resultados e Discussão

Houve efeito significativo das doses de nitrogênio e dos cultivares sobre todas as características (Tabela 1). Entretanto, a interação doses x cultivares só foi significativa para florescimento feminino. O fato de a interação doses x cultivares não ter sido significativa para as características altura de plantas, altura de espigas e produtividade de grãos, indica que as superioridades relativas dos cultivares CMS 39 e BR 201 foram mantidas em todas as doses de N (Tabela 2). Esses resultados são comuns quando se trabalha com cultivares comerciais, conforme constatado por Cantarella (1992), uma vez que os seus programas de melhoramento de milho são direcionados para alta quantidade de insumos, dentre eles os fertilizantes nitrogenados.

A presença de interação é um aspecto importante, uma vez que esta não somente interfere na recomendação de cultivares como dificulta o trabalho do melhorista na identificação de famílias superiores (Ramalho et al., 1993). As correlações da produtividade dos cultivares nas diferentes doses foram baixas, principalmente para as doses com as maiores distâncias (Tabela 3). Portanto, mesmo não apresentando interação significativa, há interesse na interpretação das estimativas dos parâmetros das regressões lineares simples (Tabela 4). Todos os cultivares são responsivos ao aumento da dose de nitrogênio, porém em termos relativos é possível identificar aqueles com maiores respostas. Comparando os coeficientes de regressão de cada cultivar, pode-se perceber que as estimativas desse parâmetro para os cultivares P30F80, BR 201 e BR 106 foram as mais altas, indicando as maiores respostas em produtividade de grãos com o aumento nas doses de nitrogênio. Por outro lado, os cultivares Sol da Manhã, CMS 39 e DKB 901 foram os menos responsivos. Observou-se também que o aumento da produtividade de grãos do P30F80 foi 18% maior que a média geral dos cultivares e 39% maior do que a do cultivar DKB 901 quando se passou de 0 para 200 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Da mesma forma, os cultivares podem ser classificados como eficientes no uso de nitrogênio pela comparação da produtividade de grãos estimada na dose

zero com a média geral dos cultivares. Sendo assim, o fato de as constantes da equação de regressão dos cultivares DKB 901, BR 201 e CMS 39 terem sido superiores na ausência de adubação nitrogenada, indica maior eficiência em estresse de baixo nitrogênio (Tabela 4).

Por meio das equações de regressão, o cultivar BR 201 foi classificado como eficiente e responsivo, o CMS 39 e o DKB 901 como eficientes e pouco responsivos, o P30F80 e o BR 106 como ineficientes e responsivos e o Sol da Manhã como ineficiente e pouco responsivo.

A resposta positiva e linear ao incremento da dose de nitrogênio é fato comum quando se trabalha com cultivares comerciais, que geralmente são selecionados principalmente por sua resposta. Talvez esse tenha sido o motivo de nenhum cultivar ter se destacado pelo teste de média para os tratamentos que receberam até 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, mesmo a variedade Sol da Manhã, que foi obtida após sucessivos ciclos de seleção em solos deficientes em nitrogênio (Tabela 2).

A classificação dos cultivares quanto à eficiência e resposta ao nitrogênio por meio de suas equações de regressão foi eficiente e é considerada padrão em estudos deste tipo. Mesmo a interação dose x cultivar não sendo significativa (Tabela 1), existem expressivas diferenças entre os cultivares quanto à eficiência e resposta a nitrogênio. No entanto, a utilização desse método é inviável para a avaliação de centenas de híbridos que são sintetizados anualmente por um programa de melhoramento, pois exige trabalho intenso de alto custo.

De acordo com a metodologia proposta por Fageria & Kluthcouski (1980), a dose de nitrogênio que determina o nível crítico superior é aquela onde os cultivares atingem pelo menos 80% do potencial produtivo. Na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, com exceção do cultivar DKB 901, que atingiu apenas 66% de seu potencial produtivo, todos os cultivares se aproximaram da porcentagem do potencial produtivo necessária para caracterizar o nível crítico superior (Tabela 6). A baixa produtividade do DKB 901, em relação ao seu potencial produtivo, pode ter sido devido ao fato dele ter sido cultivado numa densidade de plantas bem abaixo da que suporta, que pode chegar a 70.000 plantas por hectare.

A determinação do nível crítico inferior, para trabalhos de seleção de plantas em estresse nutricional, é importante para se obter erros experimentais dentro de limites aceitáveis, pois, segundo Rumbaugh et al. (1984), a redução na herdabilidade das características é tanto maior quanto maior for o grau de estresse. Pela metodologia de Fageria & Kluthcouski (1980), o nível crítico inferior é caracterizado pela menor dose em que as diferenças entre as produtividades de grãos dos cultivares começam a serem significativas pelo teste de média. Portanto, a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N seria a indicada (Tabela 2).

Utilizando as doses de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N como níveis críticos inferior e superior para a classificação pelo método de Fageria & Kluthcouski (1980), os cultivares BR 201 e CMS 39 seriam classificados como eficientes e não-responsivos, o P30F80 como eficiente e responsivo, e os cultivares Sol da Manhã, BR 106 e DKB 901 como ineficientes e responsivos. Classificação muito diferente da obtida pela análise dos coeficientes de regressão dos cultivares em função das doses de nitrogênio.

A porcentagem do potencial produtivo de cada cultivar atingida nas doses estabelecidas como níveis críticos inferior e superior foram muito próximas (Tabela 5), indicando que a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N foi suficiente para que os cultivares manifestassem suas capacidades de resposta ao fertilizante, causando a diferença entre as análises. Por outro lado, a dose de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N proporcionou redução aproximada de 50% do potencial produtivo dos cultivares (Tabela 5). Essa redução corresponde à produtividade média de grãos de aproximadamente 3.500 kg ha<sup>-1</sup>, valor bastante próximo da obtida pelos produtores na região de Viçosa, MG.

A Tabela 6 mostra o resultado da análise foliar de nitrogênio dos seis cultivares nas cinco doses de N. A concentração de nitrogênio total nas folhas de milho em cada tratamento, a partir da dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, se aproximou do valor determinado por Malavolta et al. (1997), como crítica para a obtenção de produtividades satisfatórias. Nos tratamentos que não receberam fertilizante nitrogenado em cobertura (abaixo de 60 kg ha<sup>-1</sup>), nenhum dos cultivares atingiu a concentração crítica de N nas folhas, mostrando que estas doses estão aquém das

exigidas. A dose que caracteriza o nível crítico inferior deve provocar situação de estresse sendo, portanto, abaixo de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$ . No entanto, na dose identificada como nível crítico inferior pela metodologia de Fageria e Kluthcousk (1980), a maioria dos cultivares atingiram a concentração crítica de N na folha.

A resposta do cultivar ao nitrogênio se expressa em aumento da produtividade devido ao acréscimo do nutriente aplicado na adubação ( $\text{kg de grãos kg de N}^{-1}$ ). A resposta média dos cultivares de 0 para 30 e de 60 para  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N foi de 8 e  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  de grãos, respectivamente. Esta resposta foi muito pequena quando comparada com a resposta de  $69 \text{ kg ha}^{-1}$  de grãos com o aumento da dose de 30 para  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de N (Tabela 7), mostrando que a aplicação de 0 ou 30 e 60 ou  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N não resultou em grandes aumentos na produtividade média dos cultivares. A baixa resposta entre as doses definidas como nível crítico inferior e superior, pela metodologia proposta por Fageria & Kluthcouski (1980), pode comprometer trabalhos de seleção de plantas eficientes na utilização de N, pois, pode-se estar trabalhando em solo de adequada fertilidade, que beneficiará genótipos mais responsivos, já que o ambiente não está caracterizando o estresse e as respostas dos genótipos podem estar correlacionadas (Atlin e Frey, 1989).

Na Tabela 8, observa-se que os valores de soma térmica acumulados pelos cultivares até o florescimento feminino, ficou dentro dos limites adequados nos tratamentos que receberam nitrogênio. Na ausência de nitrogênio, somente o cultivar BR 106 ficou dentro desses limites. Comparando a dose de  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de N com a não-aplicação de fertilizante nitrogenado, a redução na soma térmica variou de 4 a 8%, o que foi suficiente para antecipar o florescimento feminino dos cultivares P30F80, BR 201 e Sol da Manhã em cinco dias, dos cultivares DKB 901 e CMS 39 em quatro dias e do cultivar BR 106 em três dias. Estes resultados sugerem a relação entre soma térmica e adubação nitrogenada, ou seja, quanto maior a dose de fertilizante nitrogenado menor é o tempo necessário para que as plantas atinjam o florescimento feminino.

As características altura de planta e de espiga também foram influenciadas pelas doses de nitrogênio (Tabela 9), e podem ser úteis em programa de

melhoramento para constatar se o ambiente realmente impõe condição de estresse aos genótipos em avaliação. Fato que concorda com a afirmativa de Below (2002), de que devido à deficiência em nitrogênio, a divisão celular nos pontos de crescimento é retardada, o que resulta em redução na área foliar e no tamanho da planta.

Pelo exposto até aqui, notou-se que os cultivares realmente se desenvolveram em condições de estresse na ausência da aplicação e na dose de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N. Portanto, a porcentagem do potencial produtivo, a concentração de nitrogênio nas folhas, a resposta média dos cultivares entre as doses, as características secundárias como altura de plantas e espigas e a soma térmica necessária para atingir o estágio fenológico 5, não foram muito diferentes nas doses de 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de N para todos os cultivares. Por isso, a decisão de considerar a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N como nível crítico inferior é no mínimo arriscada.

Sendo assim, a classificação dos cultivares quanto à eficiência de utilização e resposta ao nitrogênio aplicado, adaptado da metodologia de Fageria e Kluthcousk (1980), utilizando 30 kg ha<sup>-1</sup> de N como nível crítico inferior, classificou os cultivares BR 201 e CMS 39 como eficientes e responsivos, o BR 106 e o Sol da Manhã como não-eficientes e não-responsivos, o DKB 901 como eficiente e não-responsivo e o P30F80 como não-eficiente e responsivo (Figura 1). Muito semelhante à obtida pelo método das equações e de mais fácil aplicação quando o número de genótipos em avaliação for muito grande.

O cultivar Sol da Manhã apesar de ter sido selecionado em solos com baixa disponibilidade de nitrogênio, obteve a pior classificação nos dois métodos, mostrando que para classificar um cultivar quanto à eficiência e resposta a um determinado nutriente, deve-se levar em consideração o potencial produtivo do grupo de cultivares em comparação.

Portanto, a metodologia de Fageria e Kluthcousk (1980) mostrou-se adequada para avaliar a eficiência e a resposta de cultivares, pois os experimentos de competição são rotina dos programas de melhoramento. No entanto, alguns fatores precisam ser definidos antecipadamente, como as doses

que discriminam os ambientes e os cultivares, e que estes sejam semelhantes quanto à estrutura genética e ao sistema produtivo.

### Conclusões

A metodologia de Fageria e Kluthcousk (1980) mostrou-se adequada para avaliar a eficiência e a resposta de cultivares de milho a nitrogênio.

As doses de nitrogênio que discriminaram ambientes de baixa e adequada disponibilidade de nitrogênio para as condições da Estação Experimental de Coimbra-MG foram as de 30 e 120 kg ha<sup>-1</sup>.

Para ambientes com alta ou baixa disponibilidade de N os cultivares BR 201 e CMS 39 são adequados, para baixa disponibilidade de N o DKB 901, e para alta disponibilidade o P30F80.

Parâmetros como porcentagem do potencial produtivo e concentração de nitrogênio nas folhas podem ser empregados com facilidade na identificação de estresse de baixo nitrogênio.

### Referências Bibliográficas

ANUÁRIO ABRASEM. Associação Brasileira dos Produtores de Sementes, v.136 p. 2002.

ATLIN, N.G.; FREY, K.J. Breeding crop varieties for low –I nput agriculture. **American Journal of Alternative Agriculture**, v. 4, n.2, p.53-28, 1989.

BANZIGER, M.; LAFITTE, H.R. Efficiency of secondary traits for improving maize for low-nitrogen target environments. **Crop Science**, Madison, v.37, n.4, p.1110-1117, 1997.

BELOW, F.E. Fisiologia, nutrição e adubação nitrogenada do milho. **Informações Agronômicas**, n.99. p.7-12. 2002.

BLUM, A. **Plant breeding for stress environments**. Boca Ration: CRC Press, 1988. 223p.

CANTARELLA, H. **Cultura do milho**: Fatores que afetam a produção. Piracicaba: POTAFÓS – Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1992. p.147-196.

COELHO, A.M. **Balanço do nitrogênio (<sup>15</sup>N) na cultura do milho (*Zea mays L.*) em um latossolo vermelho-escuro fase cerrado.** Lavras: UFLA, 1987. 142p. Tese de Mestrado.

EDMEADES, G.O.; BÄNZINGEIR, M.; CORTES, C.M.; ORTEGA, C.A. From stress-tolerant populations to hybrids: the role of source germplasm. In: SYMPOSIUM DEVELOPING DROUGHT AND LOW N-TOLERANT MAIZE, 1, 1996, El Batán, México, **Proceedings...** El Batán, México: CIMMYT, 1996. p. 254-262.

FAGERIA, N.K.; KLUTHCOUSKI, J. **Metodologia para avaliação das cultivares de arroz e feijão para condições adversas de solo.** EMBRAPA, Circular técnica, n.8, 1980. 21p.

FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C.; LIMA, M. Eficiência de linhagens de milho na absorção e utilização de fósforo em solução nutritiva. **Bragantia**, v.44, p.129-147, 1985.

GENTRY, L.E. e BELOW, F.E. Maize productivity as influenced by form and availability of nitrogen. **Crop Science**, Madison, v.33, n.3, p.491-497, 1993.

MACHADO, A.T. **Perspectiva do melhoramento genético em milho (*Zea mays L.*) visando eficiência na utilização do nitrogênio.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1997. 217p. Tese de Doutorado.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba, POTAFÓS, 1997. 319p.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro.** Universidade Federal de Goiás. Goiânia-GO. 1993. 271p.

RUMBAUGH, M.D.; ASSAY, K.H. and JOHNSON, D.A. Influence of drought stress on genetic variances of alfafa and wheatgrass seedlings. **Crop Science**, v.24, n.297, 1984.

STANGEL, P.J. World nitrogen situation, trends, outlook, and requirements. In: HAUCK, R.D. (Ed.). **Nitrogen in crop production.** Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1984. p.23-54.

YAMADA, T. **Adubação nitrogenada do milho:** Como melhorar a eficiência. POTAFOS - Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, n.71, p.1-3, 1995.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância para as características produtividade de grãos (PROD, kg ha<sup>-1</sup>), altura de planta (AP, m), altura de espiga (AE, m) e florescimento feminino (FF, dias)

FV	GL	Quadrado Médio			
		PROD	AP	AE	FF
Bloco	2	4350886**	87,08978 <sup>ns</sup>	47,30800 <sup>ns</sup>	2,23333 <sup>ns</sup>
Dose	4	44373675**	3706,042**	3118,594**	42,22222**
Resíduo (a)	8	616695,9	125,3448	104,1763	1,580556
Cultivares	5	2707311**	7407,493**	5203,936**	97,89333**
Cultivares x Dose	20	525722,9 <sup>ns</sup>	86,02764 <sup>ns</sup>	58,86707 <sup>ns</sup>	0,9155556*
Resíduo (b)	50	395274,7	82,53004	59,28907	0,4844444
CV (%)		11,957	4,8444	8,0437	1,0599

<sup>ns</sup> Não-significativo.

\*\*\* Significativos, a 5% e a 1% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 2 – Produtividade média (kg ha<sup>-1</sup>) de grãos de cada cultivar nas diferentes doses de nitrogênio

Cultivares	Doses (kg ha <sup>-1</sup> de N)					Média
	0	30	60	120	200	
P30F80	3.148 a	3.374 a	6.361 ab	6.515 a	7.405 ab	5.361
BR 201	3.964 a	3.817 a	6.146 ab	6.142 a	8.064 a	5.627
BR 106	2.759 a	3.590 a	5.283 ab	5.516 a	7.187 ab	4.867
Sol da Manhã	3.246 a	3.286 a	5.114 b	5.331 a	6.153 b	4.626
DKB 901	4.046 a	4.612 a	5.393 ab	5.658 a	7.151 ab	5.372
CMS 39	3.987 a	3.999 a	6.802 a	6.230 a	7.454 ab	5.694
Média	3.525	3.780	5.850	5.899	7.236	5.258

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 3 – Correlações da produtividade de grãos dos cultivares entre as cinco doses de nitrogênio

	Doses (kg ha <sup>-1</sup> de N)			
	30	60	120	200
0	0,743968*	0,418981	0,27991	0,40965
30		0,062024	-0,01396	0,318243
60			0,914776*	0,659463*
120				0,713601*

\* Significativo, pelo teste de t, a 1% de probabilidade.

Tabela 4 – Equações de regressão, coeficientes de determinação  $R^2$  (%), resposta ao aumento da dose de nitrogênio da ausência de fertilizante para 200 kg ha<sup>-1</sup> de N (RSP), porcentagem em relação à resposta média dos seis cultivares avaliados (% RSP), produtividade estimada na ausência de fertilizante nitrogenado (PROD) e porcentagem em relação à produtividade média dos seis cultivares avaliados na ausência de fertilizante nitrogenado (% PROD)

Cultivar	Equação	R <sup>2</sup>	RSP	% RSP	PROD	% PROD
P30F80	$\hat{Y} = 3584 + 21,66* X$	77	4.332	118	3.584	95
BR 106	$\hat{Y} = 3153 + 20,90* X$	92	4.180	114	3.153	84
BR 201	$\hat{Y} = 3920 + 20,81* X$	87	4.162	113	3.920	104
CMS 39	$\hat{Y} = 4294 + 17,07** X$	71	3.414	93	4.294	114
Sol da Manhã	$\hat{Y} = 3396 + 14,99** X$	84	2.998	82	3.396	90
DKB 901	$\hat{Y} = 4177 + 14,57** X$	96	2.914	79	4.177	111
Média	$\hat{Y} = 3754 + 18,33** X$		3.666	100	3.754	100

\* Coeficientes de regressão iguais a 20, pelo teste t, a 5% de probabilidade

\*\* Coeficientes de regressão iguais a 15, pelo teste t, a 5% de probabilidade.

Tabela 5 – Porcentagem do potencial produtivo (PP), atingida pelos cultivares nas diferentes doses de nitrogênio

Cultivares	Doses (kg ha <sup>-1</sup> de N)					PP*
	0	30	60	120	200	
P30F80	39	42	80	81	93	8.000
BR 201	50	48	77	77	101	8.000
BR 106	39	51	75	79	103	7.000
Sol da Manhã	46	50	73	76	88	7.000
DKB 901	47	54	63	66	83	8.600
CMS 39	48	49	83	76	91	8.200
Média	45	49	75	76	93	7.800

\* ABRASEM (2002).

Tabela 6 – Resultados da análise foliar de nitrogênio para os seis cultivares de milho nas cinco doses de N

Cultivares	Doses (kg ha <sup>-1</sup> de N)				
	0	30	60	120	200
P30F80	2,20	1,92	2,82*	2,65	3,11*
BR 201	2,32	2,21	2,62	2,68	3,29*
BR 106	2,10	1,92	2,79*	2,67	3,33*
Sol da Manhã	2,10	2,08	2,78*	2,82*	3,19*
DKB 901	1,95	1,90	2,42	2,53	2,99*
CMS 39	2,25	1,88	2,77*	2,93*	3,32*
Médias	2,15	1,99	2,70	2,72	3,21*

\* Valores considerados adequados em relação ao padrão (2,75 dag kg<sup>-1</sup>).

Tabela 7 – Resposta dos cultivares ao aumento nas doses de nitrogênio

Cultivares	Aumentos nas Doses (kg ha <sup>-1</sup> de N)			
	0 para 30	30 para 60	60 para 120	120 para 200
	Kg ha <sup>-1</sup> de grãos por kg ha <sup>-1</sup> de N			
P30F80	8	100	3	11
BR 201	-5	78	0	24
BR 106	28	56	4	21
Sol da Manhã	1	61	4	10
DKB 901	19	26	4	19
CMS 39	0	93	-10	15
Média	8	69	1	17

Tabela 8 – Soma térmica acumulada pelos seis cultivares de milho para atingirem o florescimento feminino

Cultivares	Doses (kg ha <sup>-1</sup> de N)					Adequado
	0	30	60	120	200	
P30F80	913	885*	856*	856*	842*	831-890
BR 201	926	870*	870*	856*	856*	831-890
BR 106	938*	926*	913*	913*	899*	890-1200
Sol da Manhã	899	842*	842*	842*	826	831-890
DKB 901	842	811*	826*	796*	796*	780-830
CMS 39	913	885*	856*	870*	870*	831-890

\* Valores considerados adequados para o ciclo do cultivar.

Tabela 9 – Porcentagem da altura de planta e altura de espiga-padrão atingida por cada cultivar e médias de todos os cultivares, nas diferentes doses de nitrogênio

Cultivares	Doses (kg ha <sup>-1</sup> de N)									
	% da AP padrão					% da AE padrão				
	0	30	60	120	200	0	30	60	120	200
P30F80	69	74	85	81	86	59	68	84	77	87
BR 201	72	76	82	83	92	57	63	72	77	86
BR 106	76	86	93	87	94	68	87	89	87	98
Sol da Manhã	72	79	85	83	85	54	72	75	75	81
DKB 901	69	82	84	82	85	52	74	73	70	80
CMS 39	82	87	92	87	97	70	80	93	85	97
Médias	73	81	87	84	90	60	74	81	79	88

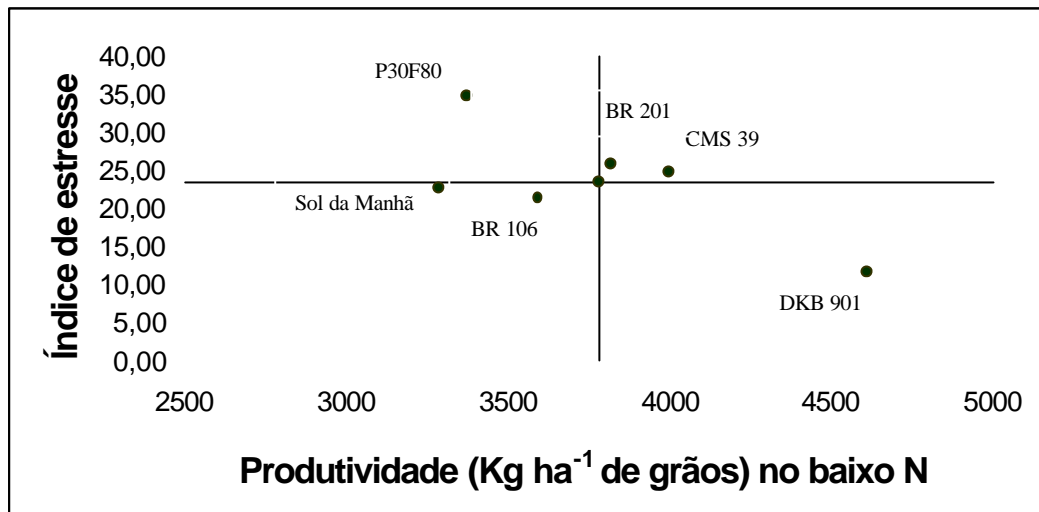


Figura 1 – Classificação dos cultivares pela metodologia proposta por Fageria & Kluthcouski (1980), adaptada para o milho.

## DESEMPENHO DE FAMÍLIAS ENDOGÂMICAS $S_1$ DE MILHO E DE SEUS HÍBRIDOS *TOP CROSSES*, EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE NITROGÊNIO

**Resumo:** O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho de famílias endogâmicas  $S_1$  de milho e de seus híbridos *top crosses* em função da disponibilidade de nitrogênio. As famílias  $S_1$  foram obtidas de duas populações de milho de polinização aberta, e avaliadas em solos com adequada e com baixa disponibilidade de nitrogênio. Os híbridos *top crosses* obtidos das populações e as testemunhas P30F80, Sol da Manhã, CMS 39, BR 106 e DKB 901 foram avaliados em solo com baixa disponibilidade de nitrogênio. Os experimentos foram conduzidos na Estação Experimental da Universidade Federal de Viçosa, localizado no município de Coimbra-MG, na safra 2001/2002. Na presença de N em cobertura, a produtividade de grãos das famílias  $S_1$  variou de 9.690 a 2.092 kg ha<sup>-1</sup>. Na ausência de N em cobertura, a produtividade de grãos das famílias  $S_1$  variou de 7.388 a 1.938 kg ha<sup>-1</sup>. Essas amplitudes de variação caracterizam a variabilidade genética existente na população de origem destas famílias. O estresse de nitrogênio causou redução média de 27% na produtividade de grãos para as famílias endogâmicas  $S_1$ . As correlações entre as famílias em alto e baixo N para produtividade de grãos foram de magnitudes intermediárias e significativas (0,71) mostrando comportamento consistente destas entre os ambientes. A produtividade dos híbridos *top crosses* variou de 8.851 a 1.573 kg ha<sup>-1</sup> de grãos, com média de 5.421 kg ha<sup>-1</sup> de grãos, caracterizando o bom desempenho. Para a produtividade de grãos, as correlações entre os híbridos *top crosses* e as famílias  $S_1$  em adequada e baixa disponibilidade de nitrogênio foram de 0,335 e 0,340, respectivamente. Concluiu-se que o comportamento das famílias  $S_1$  em baixo ou alto nitrogênio não prediz o comportamento dos híbridos; as famílias  $S_1$  manifestaram boa capacidade de combinação com o testador; e a seleção das famílias ou híbridos para estresses intermediários deve ser realizada em ambiente com alto nitrogênio.

Palavras-chave: *Zea mays* L., estresse mineral, nitrogênio.

**PERFORMANCE OF ENDOGAMIC S<sub>1</sub> MAIZE FAMILIES  
AND THEIR *TOP CROSS* HYBRIDS IN RELATION  
TO NITROGEN AVAILABILITY**

**Summary:** The objective of this study was the evaluation of endogamic S<sub>1</sub> maize families and their *top cross* hybrids in relation to nitrogen availability. The S<sub>1</sub> families were obtained from two maize populations in open pollination and evaluated in soils of low and of adequate nitrogen availability. The *top cross* hybrids obtained from the populations and the control P30F80, Sol da Manhã, CMS 39, BR 106, and DKB 901 were evaluated in soils with low nitrogen availability. The experiments were conducted at the Experimental Station of the Universidade Federal de Viçosa, which lies in the County of Coimbra, State of Minas Gerais, Brazil, during the harvest of 2001/2002. Where N was present in the soil cover, the grain productivity of the S<sub>1</sub> families varied from .690 to 2,092 kg ha<sup>-1</sup>, while under N absence, the variation was between 7.388 and 1,938 kg ha<sup>-1</sup>. These variation amplitudes characterized the genetic variability in these families' population of origin. Nitrogen stress caused a reduction in mean grain productivity of 27% in the endogamic S<sub>1</sub> families. Correlations for the grain productivity between families under high or low N were the intermediate and significant magnitudes (0.71); this behavior is consistent with that among environments. The productivity of the *top crosses* varied between 8,851 and 1,573 kg ha<sup>-1</sup> of grain, with a mean of 5,421 kg ha<sup>-1</sup> of grain, characterizing a good performance. For the grain productivity, the correlation between the *top cross* hybrids and the S<sub>1</sub> families under adequate and low nitrogen availability was 0.335 and 0.340, respectively. It was concluded that the behavior of the S<sub>1</sub> families in low or in high nitrogen does not predict the behavior of the hybrids; the S<sub>1</sub> families presented a considerable combination capacity with the testcrosses; and the selection of families or hybrids for intermediate stresses must be carried out in environments of high nitrogen.

Key-words: *Zea mays* L., mineral stress, nitrogen.

## Introdução

Os fertilizantes representam entre 30 a 40% do custo da lavoura de milho e os nitrogenados são os de mais alto valor. Por isso, a obtenção de genótipos eficientes na utilização desse nutriente é estratégia de fundamental importância para aumentar a eficiência da atividade agrícola (Ceccarelli, 1996).

Muitas características têm sido usadas para avaliar plantas mais eficientes na absorção e utilização de um nutriente, como a concentração nos tecidos, a massa seca e a quantidade do nutriente na fitomassa (Gerloff, 1976). No entanto, a eficiência no uso de nitrogênio depende dos níveis disponíveis do elemento e das diferenças genótípicas, portanto, quando a seleção é realizada em ambientes com altos níveis de nitrogênio ocorre o favorecimento de genótipos eficientes na absorção, devido à abundância do mesmo. Pouca ou nenhuma pressão de seleção é exercida para melhorar a eficiência de utilização e esses genótipos, geralmente, apresentam baixo desempenho nos ambientes, em que o nutriente é fator limitante da produção (Blum, 1988). Outro fato é que a relação de eficiência deve estar relacionada à produção de fitomassa para não selecionar cultivares com alta eficiência de absorção e baixa produção de matéria seca.

Os melhores critérios e métodos usados para avaliar plantas mais eficientes na absorção e utilização de nutrientes têm sido aqueles que utilizam o crescimento de plantas de diferentes genótipos em condições de baixo nível do nutriente, verificando se tais diferenças são devidas ao mecanismo de absorção e de utilização do nutriente para a produção de matéria seca (Fleming, 1983, citado por Furlani et al., 1998). Assim, no melhoramento de plantas é importante que a eficiência na absorção e na utilização sejam consideradas. A produtividade de grãos dos genótipos, quando submetidos ao estresse do mineral, representa estes dois conceitos de eficiência.

A fonte de variabilidade genética para maior eficiência na utilização do nitrogênio é ampla na cultura do milho e pode ser aproveitada para a obtenção de cultivares (Edmeades et al., 1996). O ganho de seleção pode ser maximizado se o melhoramento for restrito ao ambiente ou região ao qual o germoplasma é

adaptado, capitalizando a interação genótipos x ambientes (Castleberry et al., 1984; Duvick, 1996).

Uma maneira utilizada para aumentar a frequência dos alelos favoráveis na população é a avaliação de famílias endogâmicas em cruzamentos *top crosses*. Esse procedimento é praticado rotineiramente em programas de melhoramento de milho e permite a seleção das famílias mais promissoras, com alta capacidade de combinação, em uma fase inicial do processo de obtenção de linhagens (Borém, 1998). Sawazaki et al. (2000) afirmaram que a avaliação de linhagens em *top cross* é uma das etapas mais importantes e dispendiosas do programa de melhoramento.

Algumas controvérsias ainda existem sobre qual geração de autofecundação em que a seleção com base no *top crosses* é mais eficiente. Existem pesquisas que contestam a avaliação de linhagens na primeira autofecundação ( $S_1$ ) em cruzamentos *top crosses* com base em que as mesmas são muito segregantes e que isso pode mascarar e induzir a eliminação de famílias apropriadas ao programa. Por outro lado, a avaliação dos *top crosses* nos primeiros ciclos de autofecundação identifica a produtividade, que é a característica de maior importância, de maneira que os esforços se concentrem nesses genótipos. No entanto, o que se observa na história do melhoramento de milho, é que boas famílias vêm sendo selecionadas tanto em avaliações com famílias endogâmicas em ciclos iniciais ou mais avançados, pelo método do *top crosses* (Souza, 2000).

O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho de famílias endogâmicas  $S_1$  de milho em adequada e em baixa disponibilidade de nitrogênio e seus híbridos *top crosses*, juntamente com as testemunhas P30F80, Sol da Manhã, CMS 39, BR 106 e DKB 901, em baixa disponibilidade de nitrogênio, visando estimar a relação do comportamento produtivo e de características agronômicas.

## Material e Métodos

No ano agrícola de 2000/01, centenas de plantas de dois cultivares de polinização aberta, identificados por UFVM 1 e UFVM 2 foram autofecundadas e as melhores espigas selecionadas para constituírem as famílias  $S_1$ .

No período da safrinha de 2001, de cada família obtida cultivaram-se 15 plantas em uma linha de 3 m de comprimento, com 0,9 m entre linhas e 0,2 m entre plantas, que foram utilizadas como genitores femininos. As plantas tiveram suas espigas protegidas antes da emissão do estilo-estigma, pois o campo não foi isolado. Os testadores foram semeados no mesmo dia, aos 7 e 14 dias após as famílias  $S_1$ .

No florescimento masculino todos os pendões aptos para cruzamento foram coletados e uma mistura de pólen de cinco pendões foi utilizada para a polinização de uma única espiga, escolhida aleatoriamente. Cada espiga obtida por este método constituiu um híbrido *top cross*. Para as famílias  $S_1$  da variedade UFV M1 utilizou-se como testador a variedade UFVM2 e vice-versa.

Famílias  $S_1$  foram avaliadas em ambientes com adequada e com baixa disponibilidade de nitrogênio; os híbridos *top crosses* e as testemunhas P30F80, Sol da Manhã, CMS 39, BR 106 e DKB 901 foram avaliados em ambiente com baixa disponibilidade de nitrogênio. Os tratamentos foram divididos em três experimentos:

**Experimento I** (TCN): os híbridos *top crosses* e as testemunhas com adubação de 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 8-28-16 (N-P-K) no plantio.

**Experimento II** ( $S_1N^-$ ): as famílias  $S_1$  com adubação de 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 8-28-16 (N-P-K) no plantio.

**Experimento III** ( $S_1N^+$ ): as famílias  $S_1$  com adubação de 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 8-28-16 (N-P-K), mais 90 kg ha<sup>-1</sup> de N divididos em duas coberturas.

Os experimentos foram conduzidos na Estação Experimental da Universidade Federal de Viçosa, localizado no município de Coimbra-MG, na safra 2001/2.

O delineamento adotado foi o de blocos ao acaso com duas repetições. Cada parcela foi composta por uma linha de 3 m com 15 plantas, representando a população estimada de 55.555 plantas por hectare.

As principais características químicas do solo em que foi conduzido o experimento foram: pH em água = 5,00; P = 11,51 mg dm<sup>3</sup>; K = 72 mg dm<sup>3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 1,88 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 0,87 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>; Mg<sup>2+</sup>; Al<sup>3+</sup> = 0,24 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>; H+Al = 6,53 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>; SB = 2,93 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>; t = 3,17 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>; T = 9,46 %; V = 31%; e m = 7,6 %.

As características avaliadas foram florescimento feminino (FF) (número de dias da emergência das plântulas até aparecimento do estilo-estigma em 50% das plantas na parcela), altura de planta (AP) (altura, em centímetros, do solo até a lígula da folha bandeira, medindo-se três plantas por parcela), altura de espiga (AE) (altura em centímetros do solo até a inserção da primeira espiga, medindo-se três plantas por parcela) e produtividade de grãos (PROD) (medida em kg de grãos por parcela e corrigida para kg de grãos ha<sup>-1</sup> com umidade de 13%).

## Resultados e Discussão

O sucesso do programa de melhoramento está ligado à precisão experimental. Considerando as classificações de Gomes (1985), os coeficientes de variação (CV) obtidos indicaram baixa precisão experimental nos três experimentos. O CV das famílias S<sub>1</sub> foi bem menor (19%) quando recebeu nitrogênio em cobertura do que quando não recebeu (33,4%), confirmando as afirmações de Blum (1988) e Silva Filho (1999), que experimentos em condições de estresses apresentaram maior variação ambiental. Para o experimento dos híbridos *top crosses*, o CV foi de 27,8%.

No caso de experimentos sob estresses abióticos, como deficiências nutricionais, pequenas variações de disponibilidade de nutrientes entre parcelas tenderão a ter efeito muito mais expressivo no erro experimental do que em avaliação feita sem esse tipo de estresse. Pode-se antever que, em áreas sob estresse mineral, ocorre intensificação da variabilidade natural existente dentro

da área experimental, se comparada com a área onde não ocorre tal estresse. Resende et al. (1997) sugerem que em ambiente sob estresse deve-se buscar formas de reduzir o erro experimental como, por exemplo, aumentando o tamanho da parcela e o número de repetições.

Além disso, como sugerido por Scapin et al. (1995), cada característica apresenta uma variação específica, não sendo recomendado comparar os coeficientes de variação das características produtividade de grãos com a de altura de planta, apesar do CV ser medida adimensional. Desta forma, deve-se considerar que experimentos em condição de estresses apresentam coeficientes de variação característicos, não podendo ser enquadrados na classificação de experimentos que são conduzidos em condições de baixo nível de estresse.

A Tabela 1 apresenta o resumo da análise de variância conjunta das famílias  $S_1$  e individual dos *top crosses* para a característica produtividade de grãos. Em todos os experimentos detectaram-se diferenças significativas entre os tratamentos, indicando a existência de genótipos com diferentes potenciais produtivos. Entretanto, a interação genótipos x ambientes foi não-significativa para as famílias  $S_1$ , mostrando que o desempenho médio foi consistente nos dois ambientes.

A produtividade média das famílias  $S_1$  foi de 4.434 kg ha<sup>-1</sup> e de 2.956 kg ha<sup>-1</sup> de grãos na presença e ausência de nitrogênio em cobertura, respectivamente. Na presença de N em cobertura, a produtividade de grãos das famílias variou de 9.690 até 2.092 kg ha<sup>-1</sup>; na ausência, a produtividade de grãos das famílias variou de 7.388 até 1.938 kg ha<sup>-1</sup>. Essas amplitudes de variação caracterizam a variabilidade genética existente na população de origem destas famílias.

O estresse de nitrogênio causou redução de 27% na produtividade de grãos para as famílias endogâmicas. No entanto, sete famílias (125, 123, 111, 133, 129, 142 e 304) se posicionaram entre as 15 mais produtivas nos experimentos com e sem aplicação de nitrogênio em cobertura (Tabela 2). Esta redução está bem aquém dos 38% na produtividade de grãos para as famílias  $S_2$  avaliadas em alto e baixo nitrogênio por Lafitte e Edmeades (1995). As diferenças entre os dois

trabalhos devem-se, provavelmente, ao grau de endogamia das famílias que manifestam diferentes depressões endogâmicas, a intensidade do estresse ao qual as mesmas foram submetidas e a origem do germoplasma. Além disso, a maior redução na produtividade das famílias pode ser explicada pelo fato de que em condições de estresse de baixo nitrogênio, o nível de vigor é mais crítico para o desempenho do que no ambiente sem estresse, pois fatores como desenvolvimento de área foliar, eficiência fotossintética e crescimento radicular são afetados diretamente pelo estresse (Muchow e Davis, 1988; Eghball e Maranville, 1993).

No experimento I (*top crosses*), as testemunhas se posicionaram entre os tratamentos menos produtivos, ocupando as posições 64<sup>a</sup>, 67<sup>a</sup>, 68<sup>a</sup>, 69<sup>a</sup> e 73<sup>a</sup> (Tabela 2). A produtividade média das testemunhas foi de 3.350 kg ha<sup>-1</sup> de grãos, caracterizando a condição de estresse de baixo N. A produtividade dos híbridos *top crosses* variou de 8.851 a 1.573 kg ha<sup>-1</sup>, com média de 5.421 kg ha<sup>-1</sup> de grãos, caracterizando o bom desempenho.

As correlações entre as famílias em alto e baixo N para produtividade de grãos foram de magnitudes intermediárias e significativas (0,71), mostrando comportamento consistente nos dois ambientes. Para a produtividade de grãos, as correlações entre os híbridos *top crosses* e as famílias em alto e baixo N foram de 0,335 e 0,340, respectivamente. Portanto, a produtividade das famílias não prediz o comportamento dos híbridos e as correlações entre famílias poderão indicar progresso genético similar para ambientes de adequada e baixa disponibilidade de nitrogênio.

Atlin e Frey (1989) consideram que as características serão correlacionadas caso os níveis de estresses que estejam sendo empregados sejam próximos, como ocorreu neste trabalho.

Lafitte & Edmeades (1995) também encontraram características das famílias correlacionadas significativamente, medidas em baixo e adequado N. No entanto, para os híbridos as correlações, apesar de significativas, foram de magnitudes menores, como também verificado neste trabalho.

Portanto, neste experimento, as famílias obtidas de populações apresentaram desempenhos satisfatórios para as duas situações. Sendo assim, é conveniente que a seleção das famílias, por meio da produtividade de grãos, seja realizada em ambiente com adequado nível de N, pois se evita limitar o potencial produtivo e se obtém melhores estimativas dos parâmetros genéticos da população, como herdabilidade e correlações genéticas.

### **Conclusões**

O desempenho das famílias S<sub>1</sub> em baixo ou alto nitrogênio não prediz o comportamento dos híbridos.

As famílias S<sub>1</sub> manifestaram boa capacidade de combinação com o testador.

Os híbridos experimentais apresentaram bom desempenho em estresse de baixo nitrogênio.

A seleção das famílias ou híbridos deve ser realizada em ambiente com alto nitrogênio para estresses intermediários.

### **Referências Bibliográficas**

ATLIN, N.G. e FREY, K.J. Breeding crop varieties for low-input agriculture. **American Journal of Alternative Agriculture**, v.4, n.2, p.28-53. 1989.

BLUM, A. **Plant breeding for stress environments**. Boca Ration: CRC Press, 1988. 223p.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1998. 453p.

CASTLEBERRY, R.M.; CRUM, C.W.; KRULL, C.F. Genetic yield improvement of U.S. maize cultivars under varying fertility and climatic environments. **Crop Science**, Madison, v.24, n.1, 1984.

CECCARELLI, S. Adaptation to low/high input cultivation. **Euphytica**, v.92, n.112, p.203-214, 1996.

DUVICK, D.N. What is yield? p.332-5. In: EDMEADS, G.O.; BANZINGER, MICKELSON, M.; PENA-VALDIVIA, C.B. (Ed.) **Developing drought and low N-tolerant maize**. Proceedings of a Symposium, 1996, CIMMYT, El Batán, México, 1996. 566p.

EDMEADES, G.O.; BÄNZINGER, M.; CORTES, C.M.; ORTEGA, C.A. From stress-tolerant populations to hybrids: the role of source germplasm. In: SYMPOSIUM DEVELOPING DROUGHT AND LOW N-TOLERANT MAIZE, 1, 1996, El Batán, México, **Proceedings...** Batán, México: CIMMYT, 1996. p. 254-262.

EGHBALL, B.; MARANVILLE, J.W. Root development and nitrogen influx of corn genotypes grow under combined drought and nitrogen stresses. **Agronomy Journal**, v.85, p.147-152, 1993.

FURLANI, A.M.C.; LIMA, M.; NASS, L.L. Combining ability effects for P-efficiency characters in maize crown in low P nutrient solution. **Maydica**, v.43, n.3, p.169-174, 1998.

GERLOFF, G.C. Plant efficiencies in the use of nitrogen, phosphorus and potassium. In: Workshop on plant adaptation to mineral stress In problem soils, Beltsville, Maryland, 1976, edited by Madison J. Wright. **Proceedings...** Ithaca, Cornell University, 1976. p.161-173.

LAFITTE, H.R.; EDMEADES, G.O. Improvement for tolerance to low soil nitrogen in tropical maize. I Selection criteria. **Field Crops Research**, v.39, p.1-14, 1995.

MUCHOW, R.C.; DAVIS, R. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of mayze and sorghum in a semi-arid tropical environment. II. Radiation interception and biomass accumulation. **Field Crops Research**, v.18, p.17-30, 1998.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 5. ed. Piracicaba: Nobel, 1985. 466p.

RESENDE, M.D.V.; SOUZA, JÚNIOR, C.L.; GAMA, E.E.G.; MAGNAVACA, R. Análise quantitativa da seleção envolvendo progênies de milho (*Zea mays* L.) em solos sob cerrado e fértil. I. Progressos genéticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 5, p. 495, 507, 1997.

SAWAZAKI, E.; PATERNIANI, M.E.A.G.A.Z.; CASTRO, J.L.; GALLO, P.B.; GALVÃO, J.C.C.; SAES, L.A. Potencial de linhagens de populações locais de milho pipoca para síntese de híbridos. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, p.143-151. 2000.

SCAPIM, C.A.; CARVALHO, C.G.P; CRUZ, C.D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, p.683-86, 1995.

SILVA FILHO, J.L. **Comportamento de famílias endógamas de milho em dois níveis de nitrogênio**. Lavras: UFLA, 1999. 68p. Tese de Mestrado.

SOUZA, E.D. **Divergência genética e avaliação de famílias  $S_1$  e *top crosses* de milho, utilizando-se caracteres agronômicos e marcadores RAPD**. Universidade Federal de Lavras. 2000. 88p. Tese de Doutorado.

Tabela 1 – Resumo da análise de variância (anova) conjunta das famílias S<sub>1</sub> e anova individual dos *top crosses* para a característica produtividade de grãos

FV	Famílias S <sub>1</sub>		Top Crosses	
	GL	QM	GL	QM
Ambiente	1	174795583**	–	–
Repetição (ambiente)	2	7274984**	1	506476
Genótipo	79	505526,3**	74	5333369**
Ambiente x Genótipo	79	994803,1 <sup>ns</sup>	–	–
CV	24,86		27,87	

<sup>ns</sup> não-significativo.

\*\* \* significativos, a 1% e a 5%, de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 2 – Produtividade de grãos das 15 famílias S<sub>1</sub> mais produtivas na média dos dois ambientes e em cada ambiente, de seus respectivos híbridos *top crosses* (colocação entre parênteses) e das testemunhas no ambiente de baixa disponibilidade de nitrogênio, em função da disponibilidade de nitrogênio

Família	Média dos dois ambientes	Adequada disponibilidade de N	Baixo N	Top cross e testemunhas (Baixo N)
125	8.539	9.690 (1)	7.388 (1)	8.851(1)
111	6.538	7.394 (3)	5.682 (3)	5.854 (35)
123	6.502	7.954 (2)	5.934 (5)	5.294 (44)
129	6.069	6.205 (7)	4.360 (2)	6.241 (27)
133	5.686	7.056 (5)	5.051 (9)	8.428 (3)
144	5.236	7.155 (4)	5.092 (24)	6.955 (13)
304	5.051	5.617 (13)	4.053 (6)	7.493 (6)
311	4.981	4.869 (21)	5.092 (4)	6.363 (18)
142	4.964	5.642 (12)	4.166 (10)	8.068 (4)
106	4.872	6.194 (8)	3.550 (16)	4.116 (60)
331	4.558	4.950 (19)	4.166 (12)	4.236 (57)
153	4.553	4.750 (27)	4.356 (8)	5.281 (46)
119	4.498	4.825 (24)	4.172 (11)	6.139 (30)
203	4.287	5.563 (11)	2.910 (39)	7.131 (11)
170	4.262	5.591 (14)	2.933 (37)	3.618 (65)
P 30F80				3.548 (67)
DKB 901				3.461 (69)
CMS 39				3.740 (64)
Sol da Manhã				2.474 (73)
BR 106				3.529 (68)

## SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE MILHO EFICIENTES NA UTILIZAÇÃO DE NITROGÊNIO POR MEIO DO MEDIDOR PORTÁTIL DE CLOROFILA

**Resumo:** O objetivo deste trabalho foi verificar se é possível discriminar genótipos de milho quanto à eficiência na utilização de nitrogênio, por meio da leitura obtida com o medidor portátil de clorofila (clorofilômetro). O trabalho foi realizado em duas etapas: a primeira teve como objetivo obter leituras de clorofilômetro de um grupo de seis cultivares de milho que foram classificadas quanto à eficiência e resposta a fertilizante nitrogenado utilizando doses crescentes de nitrogênio. O delineamento adotado, no primeiro experimento, foi o de blocos ao acaso com os tratamentos dispostos no esquema parcela subdividida com três repetições, em que os tratamentos foram constituídos por cinco doses de nitrogênio (0, 30, 60, 120 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N) nas parcelas e por seis cultivares (P30F80, BR 201, BR 106, Sol da Manhã, DKB 901 e CMS 39) nas subparcelas. Na segunda etapa, 76 híbridos *top crosses* e as testemunhas P30F80, BR 106, Sol da Manhã, DKB 901 e CMS 39 foram avaliados em solo com baixa disponibilidade de nitrogênio e 81 famílias S<sub>i</sub> que, de preferência, entraram no cruzamento dos *top crosses*, foram avaliadas em adequada e em baixa disponibilidade de nitrogênio no solo. O delineamento adotado nesse segundo experimento foi o de blocos ao acaso com duas repetições. As leituras de clorofilômetro, nos dois experimentos, foram obtidas nos estádios fenológicos 1, 2 e 5, utilizando o medidor de clorofila modelo SPAD 502. O medidor portátil de clorofila foi eficiente para detecção da deficiência de nitrogênio, entretanto, não foi possível discriminar os cultivares testemunhas considerados eficientes dos não-eficientes por meio da leitura de clorofilômetro nos estádios avaliados. Todavia, o clorofilômetro foi eficiente em eliminar os genótipos menos produtivos do experimento dois, ainda antes do florescimento.

Palavras-chave: *Zea mays* L., estresse mineral, nitrogênio, clorofilômetro.

## SELECTION OF MAIZE GEOTYPES EFFICIENT AT NITROGEN UTILIZATION WITH HELP OF THE PORTABLE CHLOROPHYLL METER

**Summary:** The aim of this study was to verify whether it is possible to discriminate maize genotypes in relation to their efficiency at using nitrogen by readings of the portable chlorophyll meter. The experiment was conducted in two stages: the first had the objective of obtaining chlorophyll meter readings of a group of six maize cultivars that were classified according to their efficiency and response to nitrogen fertilizer under increasing nitrogen doses. The first experiment was arranged in a randomized block design and the treatments in a subplot layout with three replications. The treatments were represented by five nitrogen doses (0, 30, 60, 120 and 200 kg ha<sup>-1</sup> of N) in the plots and by six cultivars (P30F80, BR 201, BR 106, Sol da Manhã, DKB 901, and CMS 39) in the subplots. In the second stage, 76 *top cross* hybrids and the controls P30F80, BR 106, Sol da Manhã, DKB 901, and CMS 39 were evaluated in soil with low nitrogen availability, and 81 S<sub>1</sub> families which, preferentially, had been used in the *top cross* crosses, were assessed in adequate and low nitrogen availability in the soil. The experimental layout of this second stage was of randomized blocks in two replications. The chlorophyll meter readings in both experiments were obtained during the stages of development 1, 2, and 5, using the chlorophyll meter model SPAD 502. The portable chlorophyll meter proved to be efficient for the detection of nitrogen deficiency. However, it was not possible to discriminate the control cultivars considered efficient from the inefficient/non-efficient by the chlorophyll meter reading of the evaluated stages. Still, in stage two the chlorophyll meter was efficient enough to eliminate the less productive genotypes, even before flowering.

Key-words: *Zea mays* L., mineral stress, nitrogen, chlorophyllometer.

## Introdução

O teor de clorofila na folha pode ser utilizado para prever o teor de nitrogênio em plantas, uma vez que a quantidade desse pigmento se correlaciona positivamente com teor de nitrogênio (Peterson, 1993). Chapman e Barreto (1997) atribuem essa correlação positiva ao fato de 50 a 70% do nitrogênio total das folhas ser integrante de enzimas associadas aos cloroplastos.

O medidor portátil de clorofila estima o teor de clorofila na folha por meio de medições instantâneas (Argenta et al., 2001), o que lhe confere vantagens em relação aos métodos tradicionais de diagnóstico do teor de nitrogênio. As leituras podem ser obtidas rapidamente (Malavolta et al., 1997) sem destruir a folha (Peterson, 1993), eliminando a etapa de envio das amostras de folhas para laboratórios de análises (Argenta et al., 2001), tendo o aparelho baixo custo de manutenção (Piekielek e Fox, 1992). Assim, pode-se prever deficiência nutricional precocemente e corrigi-la antes de causar perda na produtividade. Além disso, as leituras obtidas, por meio do medidor portátil de clorofila, não são afetadas pelo consumo de luxo de N, uma vez que o potencial produtivo da planta é função do conteúdo de clorofila e não do conteúdo de N na mesma (Blackmer e Schepers, 1995).

A baixa sensibilidade do medidor de clorofila ao consumo de luxo é atribuída à forma com que esse nutriente se encontra na folha. Quando absorvido em excesso, acumula-se como nitrato. Nessa forma, o nitrogênio não se associa à molécula de clorofila e, portanto, não pode ser detectado pelo medidor (Dwyer et al., 1995).

Entretanto, outros fatores também afetam as leituras, como cultivar, estágio de desenvolvimento da planta, temperatura, estresse por umidade e luz solar. Além disso, tecidos de plantas, deficiências minerais e vários outros tipos de estresses podem afetar a habilidade da planta em produzir clorofila, alterando a tonalidade da folha (Peterson et al., 1993).

Sendo o clorofilômetro afetado por tantos fatores, não é possível afirmar que uma determinada leitura indica suficiência em nitrogênio. O aparelho deve

ser calibrado para cada lavoura, solo, cultivar e ambiente para que se faça uso das leituras. Para Peterson et al. (1993), o melhor método para calibrar o medidor é manter pequenas glebas-controle mais adubadas que a lavoura. A quantidade de nitrogênio aplicada nestas glebas precisa ser adequada para assegurar que as plantas de referência não exibam deficiência. Por comparação da média das leituras do clorofilômetro das glebas de controle com as médias da lavoura pode-se detectar a deficiência potencial e a quantidade de fertilizante necessária.

Segundo Balasubramanian et al. (2000), o medidor de clorofila pode também ser empregado na seleção de famílias superiores adaptadas a situações de estresse nutricional provocadas por falta de nitrogênio.

O número de famílias avaliadas em um programa de melhoramento de milho geralmente é muito grande. Caso seja possível comparar as famílias em avaliação com testemunhas previamente “calibradas” por meio da leitura do clorofilômetro, pode-se identificar precocemente as mais eficientes, aumentando o ganho de seleção por ciclo ou evitando a autofecundação de famílias ineficientes.

O objetivo deste trabalho foi verificar se é possível discriminar genótipos de milho quanto à eficiência na utilização de nitrogênio, por meio da leitura obtida com o medidor portátil de clorofila.

## **Material e Métodos**

Para realização deste trabalho dois experimentos foram conduzidos no ano agrícola 2001/2002. O primeiro teve como objetivo obter leituras de clorofilômetro de seis cultivares de milho, que foram classificados quanto à eficiência e resposta à fertilização nitrogenada, utilizando a metodologia proposta Fageria e Kluthcouski (1980) e também pelo uso de doses crescentes de nitrogênio. Cinco deles foram utilizados como testemunhas no segundo experimento, em que famílias  $S_1$  foram avaliadas em níveis adequado e baixo N e seus *top crosses* avaliados em baixo N.

Os experimentos foram conduzidos na Estação Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, localizada no município de Coimbra-MG, com latitude 20° 45' S, longitude 42° 51' W e altitude de 720 m.

As principais características químicas do solo em que foi instalado o experimento 1 foram: pH em água = 5,5; P = 5,7 mg (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>; K 71 mg (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 2,5 cmol<sub>c</sub> (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 1,02 cmol<sub>c</sub> (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>; Al<sup>3+</sup> = 0,00 cmol<sub>c</sub> (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>; H+Al = 3,96 cmol<sub>c</sub> (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>; SB = 3,70 cmol<sub>c</sub> (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>; t = 3,70 cmol<sub>c</sub> (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>; T = 7,66 %; V = 48,3 %; Zn 20,4 mg (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>; Fe = 98,5 mg (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>; Mn = 80,9 mg (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>; e Cu = 3,21 mg (dm<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>.

As principais características químicas do solo em que foi conduzido o experimento 2 foram: pH em água = 5,00; P = 11,51 mg dm<sup>3</sup>; K = 72 mg dm<sup>3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 1,88 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 0,87 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>; Mg<sup>2+</sup>; Al<sup>3+</sup> = 0,24 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>; H+Al = 6,53 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>; SB = 2,93 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>; t = 3,17 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>; T = 9,46%; V = 31%; e m = 7,6%.

No primeiro experimento, o delineamento adotado foi o de blocos ao acaso, com os tratamentos dispostos no esquema parcela subdividida com três repetições, em que os tratamentos foram constituídos por cinco doses de nitrogênio (0, 30, 60, 120 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N) nas parcelas e por seis cultivares (P30F80, BR 201, BR 106, Sol da Manhã, DKB 901 e CMS 39) nas subparcelas. Cada parcela foi composta por 12 linhas de 4 m, espaçadas de 0,9 m entre linhas e 0,2 m entre plantas, representando uma população aproximada de 55.555 plantas ha<sup>-1</sup> e, cada subparcela duas linhas de 4 m.

Nas parcelas que receberam nitrogênio, a aplicação foi dividida em 30 kg ha<sup>-1</sup> de N no dia da semeadura e o restante em duas coberturas realizadas quando as plantas apresentavam 4 e 8 folhas completamente expandidas (Tabela 1). Todas as parcelas receberam 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aplicados nos sulcos no dia do plantio. As fontes utilizadas foram os fertilizantes sulfato de amônia, superfosfato simples e cloreto de potássio.

Na data do florescimento feminino foi retirada de cada subparcela uma amostra de cinco folhas para realização de análise foliar com o objetivo de

comparar com o padrão de concentração crítica de nitrogênio na folha. Para isso, extraiu-se a folha abaixo e oposta à primeira espiga, conforme Malavolta et al. (1997).

No segundo experimento, 76 híbridos *top crosses*, 81 famílias  $S_1$  (que de preferência entraram no cruzamento dos *top crosses*) e as testemunhas P30F80, DKB 901, CMS 39, Sol da Manhã e BR 106 foram avaliados sob alta e baixa disponibilidade de N. Para isso, foram realizados três experimentos, divididos da seguinte maneira:

**Experimento I** - as famílias  $S_1$  com 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 8-28-16 mais 90 kg ha<sup>-1</sup> de N divididos em duas coberturas (famílias  $S_1$ , alto N).

**Experimento II** - as famílias  $S_1$  com 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 8-28-16 (Famílias  $S_1$ , baixo N).

**Experimento III** - híbridos *top crosses* e as testemunhas com adubação de 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 8-28-16 no plantio (híbridos, baixo N).

O delineamento adotado foi o de blocos ao acaso com duas repetições. A parcela foi composta por uma linha de 3 m com cinco plantas por metro, representando a população aproximada de 55.555 plantas ha<sup>-1</sup>.

As leituras do clorofilômetro nos dois experimentos foram obtidas nos estádios fenológicos 1, 2 e 5 (quatro e oito folhas completamente expandidas e florescimento feminino, respectivamente), sempre antes das adubações de cobertura, amostrando a quarta e oitava folhas completamente expandidas e a folha abaixo e oposta à primeira espiga em cada estágio avaliado, sempre no terço médio das folhas, entre a nervura central e a borda, utilizando o medidor de clorofila modelo SPAD 502.

No primeiro experimento foram feitas cinco leituras por subparcela e, no segundo, três leituras por parcela.

A produtividade de grãos foi medida em kg por parcela e transformada para kg ha<sup>-1</sup> com umidade corrigida para 13%.

## Resultados e Discussão

### Experimento 1

Pela metodologia de classificação proposta por Fageria e Kluthcouski (1980), os cultivares-testemunha CMS 39, BR 201 e DKB 901 foram classificados como eficientes e os cultivares P30F80, Sol da Manhã e BR 106 foram classificados como não-eficientes na utilização de nitrogênio.

As leituras médias do clorofilômetro nos tratamentos que receberam nitrogênio no plantio não foram muito diferentes no estágio quatro folhas, ficando em torno de 37, média 16,15 % superior à obtida nos tratamentos que não receberam nitrogênio no plantio (31,09), demonstrando que a adubação de plantio favoreceu o desenvolvimento inicial das plântulas de milho (Tabela 2).

No estágio fenológico de oito folhas os valores das leituras do clorofilômetro foram maiores nos tratamentos haviam recebido a primeira adubação de cobertura (Tabela 2). A leitura média dos tratamentos que receberam a primeira adubação de cobertura (45, 75 e 115 kg ha<sup>-1</sup> de N) foi de 52,5 e a média dos que não receberam adubação de cobertura foi de 40,93, diferença de 22%. Nesse estágio, a leitura média do clorofilômetro, nos tratamentos em que os cultivares receberam nitrogênio, apenas no plantio foi muito próxima à leitura de clorofilômetro quando não receberam nitrogênio por meio de adubação química (Tabela 2).

No florescimento feminino, a média das médias dos tratamentos que receberam nitrogênio em cobertura foi de 55,34 e dos tratamentos que não receberam nitrogênio em cobertura foi de 43,38, diferença de 21% (Tabela 2), semelhante à obtida quando as plantas apresentavam oito folhas. Estes resultados mostram que o nível adequado de N na planta somente foi atingido com a aplicação do fertilizante em cobertura, uma vez que este valor está próximo de 55, que foi relatado por Argenta et al. (2003) como valor de leitura adequado neste estágio.

Além disso, nota-se que o valor crítico 55 definido por Argenta et al. (2003) foi atingido, na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup>, para o P30F80 e Sol da Manhã; na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> para os dois cultivares anteriores e para o DKB 901 e CMS 39; e na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> para todos os cultivares (Tabela 2).

O resultado da análise foliar mostrou que os cultivares se aproximaram da concentração crítica de nitrogênio para obtenção de produtividade satisfatória de grãos, a partir da dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N (Tabela 3). Como o valor médio da leitura de clorofilômetro nessa dose, nos estádios fenológicos 2 e 5 foram bem próximos (51,05 e 52,08, respectivamente) e também na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N que caracteriza o nível crítico superior (50,94 e 54,43, respectivamente), podemos inferir que leituras próximas desses valores nesses estádios indicam adequada concentração de N nas plantas.

Argenta (2001), trabalhando com dois híbridos simples, concluiu que as leituras no clorofilômetro correspondentes ao nível adequado de N foram de 45,4, 52,1 e 58, para os estádios de três a quatro folhas, seis a sete folhas e florescimento feminino, respectivamente. Os valores de leituras, determinados como adequados por Argenta (2001), foram superiores, principalmente nos estádios 1 e 5, provavelmente devido a diferenças climáticas, genotípicas e fitotécnicas, uma vez que os híbridos foram cultivados em sistema de semeadura direta em sucessão ao consórcio de aveia-preta e ervilhaça no Estado do Rio Grande do Sul.

O valor médio das leituras de clorofilômetro dos cultivares classificados como eficientes pela metodologia de proposta por Fageria e Kluthcouski (1980), nem sempre foram maiores do que os valores dos não-eficientes, mesmo nos tratamentos em que o nitrogênio foi o fator limitante (abaixo de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N). O teste de média não detectou diferenças significativas entre os cultivares nos ambientes estressantes, em nenhum dos estádios avaliados (Tabela 2), indicando que, para esse grupo de cultivares, a eficiência na translocação do nitrogênio das folhas e colmo para os grãos, pode ser mais importante do que a eficiência de fixação de nitrogênio em moléculas de clorofila, como relatado por Machado (1997).

Como se observa, é possível diagnosticar deficiência nutricional provocada por nitrogênio em diferentes estádios fenológicos na cultura do milho, por meio dos valores obtidos com o medidor portátil de clorofila, auxiliando de forma eficiente no monitoramento do uso do nitrogênio aplicado e se há necessidade de aplicação emergencial. Entretanto, não foi possível discriminar os cultivares-testemunha pré-definidos como eficientes no uso de nitrogênio dos não-eficientes por meio da leitura de clorofilômetro.

## **Experimento 2**

Os valores médios das leituras de clorofilômetro para as famílias  $S_1$ , quando cultivadas em baixo N, foram de 31,04; 41,91 e 42,95 para os estádios de quatro folhas, oito folhas e florescimento feminino, respectivamente. A produtividade média de grãos foi de 2.956 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 4). Em alto N, esses valores foram de 31,33, 49,06 e 53,25 para os mesmos estádios de desenvolvimento, com produtividade média de 4.434 kg ha<sup>-1</sup> de grãos (Tabela 5). Nota-se que o valor médio da leitura de clorofilômetro das famílias  $S_1$  no estágio fenológico 1 (31,18), foi cerca de 16% inferior ao obtido pelos cultivares do primeiro experimento, neste estágio, que ficou em torno de 37, indicando que as famílias tiveram o desenvolvimento inicial menos vigoroso, provavelmente devido à perda de vigor em decorrência da autofecundação.

A Tabela 4 mostra, nas diferentes pressões de seleção e de descarte consideradas, o número de famílias (NF) avaliadas em cada pressão, a leitura média de clorofilômetro (LC) dessas famílias, o número de famílias que se posicionaram entre as dez mais produtivas (NF 10+), o número de famílias classificadas como eficientes (NF Ef) e a produtividade de grãos (PROD) nos três estádios fenológicos, em baixo nitrogênio. Observou-se tendência de aumento dos valores da leitura de clorofilômetro e da produtividade de grãos com o aumento da pressão de seleção (de 50 para 5%) nos estádios fenológicos 2 (oito folhas) e 5 (florescimento feminino) e a tendência de diminuição dos valores de leitura e da produtividade com o aumento da pressão de descarte (de 5

para 50%). Na pressão de descarte, no estágio de quatro folhas, observou-se que valores menores que 30% não descartaram qualquer família  $S_1$  que estivesse entre as dez mais produtivas e para os estádios de oito folhas e florescimento feminino este valor chegou até 50% da pressão de descarte. Ao considerar o número de famílias eficientes que seriam descartadas, notou-se que, de maneira geral, este número decresceu do estágio de quatro folhas para o florescimento feminino.

A Tabela 5 mostra as estimativas dos mesmos parâmetros apresentados na Tabela 4, porém em alto nitrogênio. Observou-se a tendência de aumento dos valores de leitura de clorofilômetro com o aumento da pressão de seleção (de 50 para 5%) e a tendência de diminuição dos valores de leitura com o aumento da pressão de descarte (de 5% para 50%). Porém, não ocorreu essa relação direta entre produtividade de grãos e valores de leitura de clorofilômetro. Ao considerar o número de famílias posicionadas entre as dez mais produtivas e classificadas como eficientes que seriam descartadas, notou-se que, de maneira geral, este número decresceu do estágio de quatro folhas para o florescimento feminino.

As médias das leituras de clorofilômetro dos híbridos *top crosses* foram de 38,27, 49,59 e 50,65 para os estádios de quatro folhas, oito folhas e florescimento feminino, respectivamente. Neste experimento, os valores médios da leitura de clorofilômetro obtidos nos cultivares testemunhas foram bem próximos aos obtidos no primeiro experimento na dose de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N (Tabela 2).

Na Tabela 5, observa-se tendência de aumento dos valores de leitura de clorofilômetro com o aumento da pressão de seleção (de 50 para 5%) e tendência de diminuição dos valores de leitura com o aumento da pressão de descarte (de 5 para 50%), para os três estádios de avaliação. No entanto, a relação crescente entre a leitura de clorofilômetro com a produtividade de grãos somente ficou evidente para estádios de oito folhas e florescimento feminino. Considerando a seleção dos dez híbridos *top crosses* mais produtivos pelo maior valor de leitura do clorofilômetro, notou-se que estes se dispersaram por diferentes pressões de seleção e de descarte, não sendo eficiente (Tabela 6). Por outro lado, na pressão de descarte nos estádios de quatro folhas e florescimento feminino, observou-se

que valores menores que 20% não descartaram quaisquer híbridos *top crosses* que estivessem entre os mais produtivos. Ao considerar o número de híbridos eficientes que seriam descartados, notou-se que o número máximo foi de 12 do para a pressão de 50% no estágio de oito folhas. Portanto, para os híbridos *top crosses*, os estádios ideais de descarte, considerando o valor da leitura de clorofilômetro, foi de oito folhas e florescimento feminino. Sendo assim, como os genótipos menos produtivos apresentaram menores leituras de clorofilômetro, em ciclos de seleção intrapopulacionais, o ganho de seleção para eficiência no uso de N pode ser aumentado com a eliminação de plantas com baixos valores de leitura de clorofilômetro no estágio de oito folhas.

### Conclusões

O medidor portátil de clorofila foi eficiente para detecção da deficiência de nitrogênio.

A leitura do medidor portátil de clorofila pode ser utilizada como teste rápido para eliminar os genótipos menos produtivos antes do florescimento.

A leitura do medidor portátil de clorofila ficou mais associada à produtividade de grãos em baixa disponibilidade de nitrogênio.

A leitura do medidor portátil de clorofila não foi adequada para classificar poucos genótipos quanto ao uso de nitrogênio sob baixa disponibilidade do mesmo.

### Referências Bibliográficas

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI, G.C.; FORSTHOFER, E.L.; STRIEDER, M.L. Relação da leitura do clorofilômetro com teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n.2, p.158-167, 2001.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; FOSTHOFER, E.L.; STRIEDER, M.L.; SUHRE, E.; TEICHMANN, L.L. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.109-119, 2003.

BALASUBRAMANIAN, V.; MORALES, A.C.; CRUZ, R.T.; THIYAGARAJAN, T.M.; NAGARAJAN, R.; BABU, M.; ABDULRACHMAN, S.; HAI, L.H. Adaptation of the chlorophyll meter (SPAD) technology for real-time N management in rice: a review. **International Rice Research Institute**, v.5, p.25-26, 2000.

BLACKMER, T.M.; SCHEPERS, J.S. Use of chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. **Journal of Production Agriculture**, v.8, p.56-60, 1995.

CHAPMAN, S.C.; BARRETO, H.J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, v.89, p.557-562, 1997.

DWYER, L.M.; ANDERSON, A.M.; MA, B.L.; STEWART, D.W.; TOLLENAAR, M.; GREGORICH, E. Quantifying the nonlinearity in chlorophyll meter response to corn leaf nitrogen concentration. **Canadian Journal of Plant Science**, v.75, p.179-182, 1995.

FAGERIA, N.K.; KLUTHCOUSKI, J. Metodologia para avaliação das cultivares de arroz e feijão, para condições adversas de solo. EMBRAP A. **Circular técnica**, n.8, 1980. 21p.

MACHADO, A.T. **Perspectiva do melhoramento genético em milho (*Zea mays* L.) visando eficiência na utilização do nitrogênio**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1997. 217p. Tese de Doutorado.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, **POTAFÓS**, 1997. 319p.

PETERSON, T.A.; BLACKMER, T.M.; FRANCIS, D.D.; SCHEPERS, J.S. **Using a Chlorophyll Meter to Improve N Management**. Cooperative Extension. Institute of Agriculture and Natural Resources. University of Nebraska – Lincoln. 1993. 4p.

PIEKIELEK, W.P.; FOX, R.H. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. **Agronomy Journal**, v.84, p.59-65, 1992.

Tabela 1 – Doses de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup> de N) aplicadas no plantio, no estágio fenológico 1 e 2, em função das doses totais de cada tratamento

Dose Total	Época de Aplicação		
	Plantio	4 Folhas	8 Folhas
0	0	0	0
30	30	0	0
60	30	15	15
120	30	45	45
200	30	85	85

Tabela 2 – Leitura de clorofilômetro dos seis cultivares testemunhas nos três estádios fenológicos avaliados e quantidade de N aplicadas até o dia da leitura

Cultivares	Doses (kg há <sup>-1</sup> de N)				
	0	30	30	30	30
<b>Quatro Folhas</b>					
BR 201	30,16 a	37,32 a	40,97 a	35,50 ab	37,74 a
DKB 901	31,57 a	36,86 a	35,44 a	38,68 ab	37,60 a
CMS 39	34,25 a	39,10 a	37,71 a	38,15 ab	38,88 a
P30F80	30,67 a	34,84 a	34,67 a	32,71 b	37,86 a
BR 106	27,83 a	35,78 a	36,63 a	34,64 b	36,10 a
Sol da Manhã	32,05 a	38,60 a	38,50 a	43,00 a	41,92 a
Média Geral	31,09	37,08	37,32	37,11	38,35
<b>Oito Folhas</b>					
	0	30	45	75	115
BR 201	39,30 a	41,00 a	47,06 b	49,40 a	53,91 a
DKB 901	43,38 a	42,12 a	51,63 ab	51,42 a	59,82 a
CMS 39	41,18 a	42,03 a	55,55 a	54,56 a	56,37 a
P30F80	41,71 a	42,30 a	48,78 b	51,66 a	54,28 a
BR 106	37,02 a	39,66 a	51,08 ab	49,11 a	54,36 a
Sol da Manhã	38,61 a	42,95 a	52,17 ab	49,48 a	55,34 a
Média Geral	40,20	41,67	51,05	50,94	55,68
<b>Florescimento Feminino</b>					
	0	30	60	120	200
BR 201	43,17 a	44,78 a	48,27 b	50,41 a	58,22 a
DKB 901	42,40 a	40,75 a	48,42 b	54,83 a	62,35 a
CMS 39	43,94 a	41,34 a	49,94 ab	58,36 a	57,30 a
P30F80	46,21 a	45,06 a	57,54 a	55,45 a	61,41 a
BR 106	41,36 a	42,41 a	50,98 ab	51,13 a	56,47 a
Sol da Manhã	45,54 a	43,62 a	57,33 a	56,41 a	61,35 a
Média Geral	43,77	42,99	52,08	54,43	59,52

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 3 – Resultados obtidos na análise foliar de cultivares de milho em cinco doses de nitrogênio

Cultivares	Doses (kg ha <sup>-1</sup> de N)				
	0	30	60	120	200
	<b>Dag kg<sup>-1</sup></b>				
P30F80	2,20	1,92	2,82*	2,65	3,11*
BR 201	2,32	2,21	2,62	2,68	3,29*
BR 106	2,10	1,92	2,79*	2,67	3,33*
Sol da Manhã	2,10	2,08	2,78*	2,82*	3,19*
DKB 901	1,95	1,90	2,42	2,53	2,99*
CMS 39	2,25	1,88	2,77*	2,93*	3,32*

\* Valores considerados adequados em relação à concentração crítica de nitrogênio em folhas de milho (2,75 dag kg<sup>-1</sup>).

Tabela 4 – Diferentes pressões de seleção (PS) e de descarte (PD) das famílias S<sub>1</sub> em baixo nitrogênio, número de famílias consideradas (NF) de acordo com essa pressão, leitura média de clorofilômetro (LC) dessas famílias, número de famílias entre as dez mais produtivas (NF 10+), número de famílias classificadas como eficientes (NF Ef) e produtividade de grãos em cada pressão de seleção ou descarte (PROD), em três estádios fenológicos

Famílias S <sub>1</sub> em Baixo N													
		Quatro Folhas				Oito Folhas				Florescimento Feminino			
PS (%)	NF	LC	NF 10+	NF Ef	PROD	LC	NF 10+	NF Ef	PROD	LC	NF 10+	NF Ef	PROD
5	4	38,62	1	2	3.091	50,10	2	4	3.806	54,40	2	3	3.644
10	8	36,49	1	5	3.119	49,10	2	5	3.160	52,80	4	6	3.927
20	16	34,93	1	9	3.037	47,70	4	10	3.174	51,10	5	11	3.610
30	24	34,02	4	15	3.379	46,70	8	15	3.522	49,90	6	15	3.383
40	32	33,32	5	18	3.325	45,90	9	19	3.505	49,00	7	20	3.286
50	40	32,69	5	20	3.165	45,20	10	23	3.419	48,20	9	24	3.309
PD (%)	NF	LC	NF 10+	NF Ef	PROD	LC	NF 10+	NF Ef	PROD	LC	NF 10+	NF Ef	PROD
50	40	26,49	5	16	2.746	37,40	-	13	2.493	38,80	1	12	2.603
40	32	25,89	4	12	2.667	36,60	-	11	2.527	37,80	-	9	2.521
30	24	25,37	2	7	2.514	35,60	-	9	2.564	36,70	-	6	2.549
20	16	24,76	-	3	2.224	34,50	-	4	2.460	35,20	-	3	2.414
10	8	23,87	-	-	1.718	33,00	-	1	2.155	32,80	-	2	2.473
5	4	23,18	-	-	1.641	32,00	-	-	1.832	31,10	-	-	2.309

Tabela 5 – Diferentes pressões de seleção (PS) e de descarte (PD) das famílias S<sub>1</sub> em alto nitrogênio, número de famílias consideradas (NF) de acordo com essa pressão, a leitura média de clorofilômetro (LC) dessas famílias, número de famílias entre as dez mais produtivas (NF 10+), número de famílias classificadas como eficientes (NF Ef) e produtividade de grãos em cada pressão de seleção ou descarte (PROD), em três estádios fenológicos

Famílias S <sub>1</sub> em Alto N													
		Quatro Folhas				Oito Folhas				Florescimento Feminino			
PS (%)	NF	LC	NF 10+	NF Ef	PROD	LC	NF 10+	NF Ef	PROD	LC	NF 10+	NF Ef	PROD
5	4	38,40	-	3	4.754	54,99	1	2	5.333	61,35	-	4	4.874
10	8	37,60	-	6	4.760	54,52	1	5	5.057	60,54	3	7	5.478
20	16	36,17	-	9	4.515	53,76	3	11	5.117	59,36	6	11	5.611
30	24	35,10	2	11	4.604	52,98	4	14	5.008	58,41	6	13	5.031
40	32	34,40	5	16	4.883	52,37	7	20	5.162	57,69	8	18	4.961
50	40	33,90	7	19	4.844	51,84	8	23	4.947	57,01	9	23	4.941
PD (%)	NF	LC	NF 10+	NF Ef	PROD	LC	NF 10+	NF Ef	PROD	LC	NF 10+	NF Ef	PROD
50	40	28,76	3	13	4.024	46,29	2	9	3.921	49,49	1	9	3.927
40	32	28,18	3	11	4.083	45,71	1	6	3.833	48,66	1	7	3.843
30	24	27,47	3	9	4.213	44,98	1	5	4.013	47,99	1	4	3.733
20	16	26,54	2	7	4.630	44,10	1	3	3.968	47,23	1	2	3.665
10	8	25,37	1	3	4.074	42,54	1	3	4.173	45,94	1	1	3.511
5	4	24,87	1	2	4.168	41,20	1	1	4.175	44,64	-	-	2.751

Tabela 6 – Diferentes pressões de seleção (PS) e de descarte (PD) dos híbridos top crosses em baixo nitrogênio, número de híbridos considerados (NH) de acordo com essa pressão, leitura média de clorofilômetro (LC) desses híbridos, número de híbridos entre os dez mais produtivos (NH 10+), número de híbridos classificados como eficientes (NH Ef) e produtividade de grãos em cada pressão de seleção ou descarte (PROD), em três estádios fenológicos

<i>Top Crosses em Baixo N</i>													
		Quatro Folhas				Oito Folhas				Florescimento Feminino			
PS (%)	NH	LC	NH 10+	NH Ef	PROD	LC	NF 10+	NF Ef	PROD	LC	NF 10+	NF Ef	PROD
5	4	44,36	-	4	6.256	55,37	-	4	6.305	61,97	1	4	7.117
10	8	43,38	2	7	6.672	54,88	-	7	5.908	60,11	2	8	6.843
20	15	42,49	3	11	6.211	54,30	2	13	6.227	58,48	3	14	6.595
30	23	41,61	4	17	6.195	53,51	3	20	6.374	57,18	4	19	6.261
40	30	41,11	6	20	6.086	52,83	4	24	6.288	56,32	5	23	6.137
50	38	40,59	6	25	5.962	52,10	4	30	6.146	55,40	5	29	6.103
PD (%)	NF	LC	NF 10+	NF Ef	PROD	LC	NF 10+	NF Ef	PROD	LC	NF 10+	NF Ef	PROD
50	38	35,45	4	17	4.881	45,71	6	12	4.696	44,51	5	13	4.740
40	30	34,83	2	13	4.764	44,87	4	6	4.417	43,10	2	6	4.373
30	23	34,20	1	8	4.499	43,83	2	3	4.045	41,30	1	4	4.022
20	15	33,27	-	6	4.555	42,30	1	1	3.562	38,02	-	-	3.350
10	8	31,87	-	5	4.940	40,19	-	-	2.970	35,37	-	-	3.310
5	4	29,29	-	2	4.371	38,44	-	-	3.306	32,48	-	-	3.450