

# Espaçamento entre fileiras e adubação nitrogenada na cultura do milho

Manoel Mota dos Santos\*, João Carlos Cardoso Galvão, Glauco Vieira Miranda, Lino Roberto Ferreira, Aurélio Vaz de Melo e Anastácia Fontanetti

Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Av. P.H. Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.  
\*Autor para correspondência. E-mail: mottams@yahoo.com.br

**RESUMO.** O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito do espaçamento e do modo de aplicação da adubação nitrogenada na cultura do milho. A pesquisa foi desenvolvida no ano agrícola 2003/04, na Estação Experimental de Coimbra – UFV, em um experimento disposto no delineamento de blocos casualizados, com 4 repetições, no esquema fatorial 3 x 3 x 2 (3 cultivares – UFVM 100, AG 9010 e AG 1051, 3 modos de aplicação do nitrogênio – 0, 120 kg ha<sup>-1</sup> de N no plantio e 30 kg ha<sup>-1</sup> de N no plantio + 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, na quarta folha completamente expandida, e 2 espaçamentos entre fileiras – 1,0 e 0,5 m). A aplicação de nitrogênio, parcelado ou todo no plantio, elevou a altura de plantas das cultivares, independentemente do espaçamento; o espaçamento de 0,50 m, proporcionou aumento de 8% na produtividade de grãos; não houve diferença significativa na produtividade de grãos das cultivares estudadas com a aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N no plantio ou parcelado (30 kg ha<sup>-1</sup> de N no plantio + 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, na quarta folha completamente expandida).

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., cultivar, espaçamento, nitrogênio, produtividade de grãos.

**ABSTRACT. Space between lines and nitrogen fertilizer in corn culture.** The aim of this work was to evaluate the effect of nitrogen application mode and spacing on corn culture. The study was carried out in 2003/04 agricultural years, at the Experimental Station of Coimbra – UFV. The experiment was installed in a complete randomised block design. Treatments were arranged in a 3 x 3 x 2 factorial scheme with four replicates (three cultivars – UFVM 100, AG 9010 and AG 1051; three nitrogen application modes – 0, 120 kg ha<sup>-1</sup> of N in planting and 30 kg ha<sup>-1</sup> at sowing + 90 kg ha<sup>-1</sup> at four fully expanded leaves; and two plant spacing – 1.0 and 0.5 m). Either at sowing or parcel out, the nitrogen application increased the plant height in all plant spacing used; the spacing reduction, from 1.0 m to 0.50 m, provided an increase of 8% in grains productivity; the 120 kg ha<sup>-1</sup> nitrogen application, either at sowing or divided in two modes (30 kg ha<sup>-1</sup> at sowing and 90 kg ha<sup>-1</sup> at four fully expanded leaves), did not show any effect on the characteristics evaluated.

**Key words:** *Zea mays* L, cultivate, spacing, nitrogen, grain yield.

## Introdução

O interesse em cultivar o milho, utilizando espaçamentos entre linhas reduzidos de 45 a 60 cm, tem crescido nos últimos anos em diferentes regiões produtoras, principalmente entre os produtores que trabalham com densidades de semeadura superiores a 50.000 plantas ha<sup>-1</sup> e alcançam produtividade de grãos superiores a 6.000 kg ha<sup>-1</sup> (Sangoi *et al.*, 2002). Essa idéia tem sido discutida repetidamente nos últimos 30 anos, sem que tenha sido implementada em larga escala. O desenvolvimento de híbridos mais tolerantes a altas densidades de plantas, o maior número de herbicidas disponíveis para o controle seletivo de plantas daninhas e a maior agilidade da indústria de máquinas agrícolas no desenvolvimento de equipamentos adaptados ao cultivo do milho com

linhas mais próximas têm favorecido a adoção dessa prática cultural.

Diversos trabalhos de pesquisa têm indicado uma tendência de maiores produções de grãos em espaçamentos mais estreitos, principalmente com o milho de porte baixo. Isso porque, além dos benefícios citados por Porter *et al.* (1997), do ponto de vista dos agricultores, reduzir o espaçamento proporciona uma maior eficiência no uso dos equipamentos, principalmente semeadoras, pois são utilizadas em outras culturas como a soja, o feijão e o algodão, evitando-se, dessa forma, constantes modificações nas linhas de plantio (Hentschke e Diniz, 2002). Além disso, devido ao rápido fechamento das plantas de milho, limita-se o desenvolvimento das plantas invasoras, atuando

como um método de controle cultural delas (Fundação Rio Verde, 2002) e podendo auxiliar na proteção do escoamento superficial de chuvas.

Outro fator importante e limitante na produção do milho é a disponibilidade de nitrogênio, sendo que essa exigência varia consideravelmente nos diferentes estádios de desenvolvimento da planta, sendo mínimas nos estádios iniciais, aumentando com a elevação da taxa de crescimento e alcançando o máximo durante o período compreendido entre o início do florescimento e o início da formação de grãos (Yamada, 1996).

Em solos acima de 70% de argila, a aplicação de nitrogênio, em dose única na semeadura e parcelada em diferentes estádios vegetativos, proporcionou produtividade semelhante de grãos (Rocha, 2003).

Souza *et al.* (2001), em experimento conduzido no município de Sacramento, Estado de Minas Gerais, no ano agrícola 99/2000, em solo de textura argilosa (46% de argila), verificaram que a cobertura nitrogenada feita logo após o plantio proporcionou acréscimo de 15% em relação à testemunha sem cobertura, enquanto para a cobertura na época normal (25 dias após emergência), o incremento foi de 7%. A grande vantagem da antecipação da adubação nitrogenada está relacionada com áreas extensas, em que o período correto da aplicação de nitrogênio pode ser limitado pelo tempo. Entretanto Fernandes *et al.* (2002) não encontraram diferença entre a aplicação de N realizada totalmente na semeadura ou em cobertura, ou ainda, entre as aplicações parceladas na semeadura e em cobertura, ressaltando ainda que o ano agrícola foi excelente em termos de quantidade e de distribuição de chuvas durante o período de cultivo do milho. Isso pode ter contribuído significativamente para os resultados encontrados.

O contínuo progresso no melhoramento genético da cultura do milho tem permitido o desenvolvimento e a comercialização de cultivares com maior potencial de produção, de ciclo curto, de arquitetura mais ereta e de porte baixo (Gomes e Gama *et al.*, 2000; Sangoi, 2001 e 2002).

Em virtude das modificações introduzidas nos genótipos de milho mais recentes, tais como menores estaturas de planta e de altura de inserção de espiga, com folhas de angulação mais fechada, e pelas altas respostas à adubação nitrogenada, o presente trabalho objetivou estudar o efeito do espaçamento e da época de aplicação da adubação nitrogenada na cultura do milho.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido no ano agrícola de

2003/04, na Estação Experimental de Coimbra, pertencente à Universidade Federal de Viçosa, situada no município de Coimbra na Zona da Mata, Estado de Minas Gerais, caracterizada pelas coordenadas geográficas 20° 50' 30" de latitude Sul e 42° 48' 30" de longitude Oeste, altitude de 715 m, em solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, fase terraço.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com 4 repetições, no esquema fatorial 3 x 3 x 2: sendo os tratamentos formados por 3 cultivares (AG 9010 – HS-super precoce; AG 1051 – HD – normal e UFVM 100 – Variedade - precoce); 3 modos de aplicação de nitrogênio: 0, 120 kg ha<sup>-1</sup> no plantio e 30 (plantio) + 90 kg ha<sup>-1</sup> na 4ª folha completamente desenvolvida; e 2 espaçamentos entre fileiras (1,0 e 0,5 m). Cada parcela experimental foi composta por 7 linhas de 7 m de comprimento para o espaçamento de 1 m e por 14 linhas de 7 m de comprimento para o espaçamento de 0,5 m. A área útil nos dois espaçamentos foi de 12 m<sup>2</sup>.

O experimento foi instalado em sistema de plantio direto na palha em sucessão à aveia preta. Essa espécie de inverno foi semeada na segunda semana do mês de julho e não recebeu adubação de plantio nem de cobertura, apenas irrigação suplementar. No final de outubro, quando as plantas de aveia apresentavam 50% de florescimento, utilizou-se o herbicida glyphosate (5 L ha<sup>-1</sup> ou 1,8 L de i.a. ha<sup>-1</sup>) para a sua dessecação.

O plantio do milho foi realizado 15 dias após a dessecação da área em sistema de plantio direto, com abertura dos sulcos por uma plantadeira/adubadeira. Posteriormente, reabriram-se os sulcos, procedendo-se à adubação de plantio e à semeadura do milho, realizadas manualmente através de matracas.

A adubação de plantio foi realizada com 380 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 8-28-16 (N P K), para as parcelas que receberam nitrogênio. Para a dose zero de nitrogênio, a adubação foi realizada com 106 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na forma de Superfosfato Simples, e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O como Cloreto de Potássio. As adubações de cobertura e de plantio com nitrogênio foram realizadas com uréia, sem incorporação, realizando-se uma irrigação logo após a aplicação. Após o desbaste, manteve-se a população de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Para o controle de plantas daninhas, utilizou-se a mistura dos herbicidas atrazine + nicossulfuron (1,5 kg ha<sup>-1</sup> + 12 g ha<sup>-1</sup> do i.a, respectivamente). Os herbicidas foram aplicados em mistura de tanque, quando as plantas daninhas dicotiledôneas e monocotiledôneas se encontravam com 4 folhas e 3 folíolos, respectivamente.

Avaliaram-se os florescimentos masculino e feminino, a altura de plantas e de inserção das espigas, o peso de espiga sem palha, a produtividade e o peso de mil grãos, além do acamamento e do quebramento das plantas

Os florescimentos feminino e masculino foram avaliados mediante a contagem em dias após o plantio, quando 50% das plantas emitiram pendão e 50% apresentavam estigmas fora da espiga, respectivamente.

A estatura da planta correspondeu à distância entre o colo da planta e o ponto de inserção da folha bandeira, ao passo que a altura de inserção da espiga foi considerada a distância entre o colo da planta e o ponto de inserção da primeira espiga.

O peso de 1000 grãos foi determinado pela contagem manual de 1000 grãos, seguida da pesagem e da correção da umidade para 13%.

O rendimento de grãos foi estimado por meio da extrapolação da produção colhida na área útil das parcelas para um hectare, corrigindo-se a umidade para 13%.

Antes da colheita, foram avaliados o acamamento e o quebramento das plantas de milho, somando-se, na área útil da parcela, as plantas inclinadas formando um ângulo superior a 45° com o solo, mais o número de plantas quebradas abaixo da espiga. Esse somatório foi expresso em porcentagem do estande de plantas observado na área útil da parcela.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, por meio do sistema operacional SAEG 5.0 (Ribeiro Júnior, 2001). Quando necessário, foram feitos os desdobramentos e as médias dos tratamentos, comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

## Resultados e discussão

Para as características altura de plantas e inserção das espigas, a cultivar AG 9010 apresentou-se com menor porte em relação às outras duas cultivares, por possuir plantas de porte baixo e de folhas mais eretas. Não houve diferença entre a variedade UFVM 100 e o híbrido duplo AG 1051, confirmando a semelhança de porte entre as cultivares (Tabela 1). Esse resultado permite inferir que, com a população de 50.000 plantas ha<sup>-1</sup>, não ocorreu estiolamento das plantas, o que confirma os resultados encontrados por Resende (2003). Entretanto, esse resultado difere dos obtidos por Penariol *et al.* (2002), os quais trabalharam com 3 espaçamentos entre linhas (0,40; 0,60 e 0,80 m) e 3 densidades populacionais (40; 60 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>) e obtiveram maiores médias para a altura de plantas no maior espaçamento entre linhas e na maior densidade de plantas.

**Tabela 1.** Médias da altura de plantas (AP) e altura de espiga (AE) das cultivares e das adubações nitrogenadas. Coimbra, Estado de Minas Gérias, 2003/04.

Cultivares	Modo de aplicação de N (kg ha <sup>-1</sup> )		A P (cm)		A E (cm)	
	0	120	30 + 90	UFVM 100	AG 9010	AG 1051
UFVM 100	224 A	129 A	0	173 B	88 B	
AG 9010	175 B	88 B	120	230 A	133 A	
AG 1051	233 A	138 A	30 + 90	229 A	135 A	

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

Apesar de o nitrogênio, quando aplicado todo no plantio, proporcionar um melhor arranque inicial nas plantas de milho (Fancelli e Dourado Neto (2000), não houve diferença significativa para a aplicação parcelada, para aquelas características (Tabela 1). Os resultados obtidos para alturas de plantas situam-se na faixa de valores considerados característicos das cultivares avaliadas, quando cultivadas em condições ideais, corroborando com os resultados encontrados por Rocha (2003). A redução na altura da planta no tratamento testemunha resultou da deficiência de nitrogênio, que, segundo Arnon (1975), resulta em divisão retardada das células nos pontos de crescimento, acarretando redução no tamanho da planta, com reflexos na produtividade de grãos.

**Tabela 2.** Florescimentos masculino (FM) e feminino (FF), em dias, em função do modo de aplicação nitrogenada e das cultivares. Coimbra, Estado de Minas Gérias, 2003/04.

Modo de aplicação (kg ha <sup>-1</sup> )	UFVM 100			AG 9010			AG 1051		
	FM			FF			FM		
0	69 Ab	62 Ac	73 Aa	73 Ab	62 Ac	77 Aa	63 Ba	56 Bb	62 Ca
120 <sup>1</sup>	63 Ba	56 Bb	62 Ca	63 Ca	56 Bb	63 Ca	63 Ba	57 Bb	65 Ba
30 + 90 <sup>2</sup>	63 Ba	57 Bb	65 Ba	66 Ba	57 Bb	65 Ba			

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; <sup>1</sup>Todo no plantio, <sup>2</sup>Plantio e cobertura, respectivamente.

Todas as cultivares reduziram o número de dias para o pendoamento (FM) quando foi utilizada a adubação nitrogenada. Dessa forma, provavelmente, as cultivares que apresentam maiores períodos vegetativos podem reduzir o ciclo quando se aplica o nitrogênio, em dose total, na semeadura (Tabela 2). Para o florescimento feminino (FF), a presença de N também reduziu a data de liberação de estigmas na espiga em todas as cultivares. As cultivares UFVM 100 e AG 1051 anteciparam a liberação dos estigmas (FF) quando foi aplicada a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura.

Na ausência do nitrogênio, o FF aumentou o ciclo vegetativo em todas as cultivares, sendo menor para a cultivar AG 9010 (62 dias), por ser de ciclo superprecoce, seguida pela cultivar UFVM 100 (73 dias) - precoce e a cultivar AG 1051 (77 dias) ciclo normal. O estresse nutricional de nitrogênio, provavelmente, aumentou o ciclo vegetativo das

cultivares, além de interferir no sincronismo do florescimento do milho, refletindo em maiores intervalos entre a liberação do pendão e a presença dos estilo-estigma na espiga. Vale ressaltar que o período compreendido entre o florescimento masculino (FM) e o feminino (FF) foi maior para as cultivares AG 1051 e UFVM 100 (4 dias de diferença) na ausência de N, diferindo do híbrido simples AG 9010. Rocha (2003), trabalhando com parcelamento de N, observou aumento no número de dias entre o florescimento masculino (FM) e o feminino (FF) com cultivares de diferentes ciclos, quando não realizou a adubação, confirmando os resultados encontrados neste trabalho.

O peso da espiga obtido quando da interação modo de aplicação de nitrogênio x espaçamento x cultivares foi menor, para todas as cultivares, quando não foi utilizada a aplicação de nitrogênio (Tabela 3).

**Tabela 3.** Médias do peso de espigas ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de cultivares de milho em função da interação espaçamento entre fileiras, adubação nitrogenada e cultivares. Coimbra, Estado de Minas Gerais, 2003/04.

Espaçamento (m)	Adubações ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	Cultivares			
		UFVM 100	AG 9010	AG 1051	Média
1,0	0	3.511B a	3.277B a	3.098B a	3.295
	120 <sup>1</sup>	6.642 A b	8.360A a	8.981A ab	7.994
	30 + 90 <sup>2</sup>	7.800 A b	7.892A ab	9.735A a	8.475
Média		5.984 b	6.509 a	7.271 a	6.588 b
0,5	0	3.906B a	4.184C a	2.408 B a	3.499
	120 <sup>1</sup>	7.464 A b	7.978B ab	9.662 A a	8.368
	30 + 90 <sup>2</sup>	8.471 A a	10.041 A a	9.074 A a	9.195
Média		6.613 b	7.401 a	7.048 a	7.020 a

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; <sup>1</sup>Todo no plantio; <sup>2</sup>Plantio e cobertura, respectivamente.

Independentemente do modo de aplicação do nitrogênio, todo no plantio ou parcelado (30 + 90  $\text{kg ha}^{-1}$  de nitrogênio), o peso de espigas aumentou para todas as cultivares nos dois espaçamentos estudados. O parcelamento do nitrogênio favoreceu a cultivar UFVM 100, que obteve peso de espigas ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) semelhante aos híbridos apenas no espaçamento de 0,5 m. As cultivares UFVM 100 e AG 1051 obtiveram médias de peso de espigas semelhantes, nos dois espaçamentos utilizados. A cultivar AG 9010, por sua vez, apresentou a maior média do peso de espiga (7.401  $\text{kg ha}^{-1}$ ) no espaçamento de 0,5 m, provavelmente por possuir folhas mais eretas e por ser de porte menor, tendo, portanto, melhor aproveitamento de luz proporcionado pela distribuição espacial das plantas na linha. Na ausência de nitrogênio, todas as cultivares tiveram produções reduzidas, porém estatisticamente iguais, independentemente do espaçamento utilizado. Quando foi aplicado o nitrogênio todo no plantio, observou-se que a cultivar UFVM 100 não diferiu

estatisticamente da cultivar AG 1051, no espaçamento de 1 m, a qual é semelhante à cultivar AG 9010. Quando se reduziu o espaçamento entre fileiras para 0,5 m, a cultivar UFVM 100 obteve produtividade semelhante à AG 9010, porém foi inferior à produtividade da cultivar AG 1051, que não difere estatisticamente da cultivar AG 9010.

Ao fazer a adubação nitrogenada parcelada no espaçamento entre fileiras de 1 m, a cultivar AG 1051 obteve melhor resposta, porém não diferiu estatisticamente da cultivar AG 9010, a qual é semelhante estatisticamente à cultivar UFVM 100, nessas condições. Para o espaçamento entre fileiras de 0,50 m, as cultivares tiveram produções semelhantes.

Verifica-se que, para todas as cultivares, a aplicação de nitrogênio, nos dois modos de aplicação, elevou o peso de 1000 grãos (Tabela 4). Esses resultados concordam com os encontrados por Rocha (2003) e por França *et al.* (1985), os quais, ao analisarem dados obtidos em experimentos de milho conduzidos em Minas Gerais, relataram aumento de produção em resposta à adubação nitrogenada em 99% dos ensaios. A maior eficiência da adubação nitrogenada em cobertura não foi verificada para essa característica em todos os cultivares adubados.

Quando o nitrogênio foi aplicado, verificou-se que o peso de 1000 grãos da cultivar UFVM 100 (Tabela 4) foi menor no parcelamento, diferindo significativamente das cultivares AG 9010 e AG 1051. Quando foi aplicado todo o nitrogênio no plantio, sua resposta foi semelhante à AG 9010, diferindo somente a AG 1051, que teve o peso de 1000 grãos um pouco superior, porém não diferindo da cultivar AG 9010.

**Tabela 4.** Peso de 1000 grãos (g) em função do parcelamento do nitrogênio e das cultivares. Coimbra, Estado de Minas Gerais, 2003/04.

Modo de adubação ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	UFVM 100	AG 9010	AG 1051
0	253 Ba	249 Ba	247 Ba
120 <sup>1</sup>	295 Ab	310 Aab	318 Aa
30 + 90 <sup>2</sup>	296 Ab	323 Aa	316 Aa

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; <sup>1</sup>Todo no plantio; <sup>2</sup>Plantio e cobertura, respectivamente.

A variedade UFVM 100 teve comportamento diferente à aplicação do nitrogênio, em relação ao peso de 1000 grãos, em relação aos híbridos, confirmando o menor potencial produtivo. A cultivar UFVM 100 obteve aumento da produtividade de 195% com a utilização da adubação nitrogenada, independentemente se o adubo foi parcelado ou aplicado todo no plantio em relação à testemunha, ou seja, dose zero de nitrogênio (Tabela

5). A mesma cultivar obteve produtividade superior à testemunha de 2.366 e 3.281 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para os modos de adubação 120 e 30 + 90 kg ha<sup>-1</sup>.

A cultivar AG 9010, houve incremento na produção com a aplicação de nitrogênio, com ou sem parcelamento, de 240% em relação à dose zero de nitrogênio (2.867 kg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 5). As adubações nitrogenadas foram responsáveis por 3.998 e 4.025 kg ha<sup>-1</sup> a mais em relação à testemunha, nos modos de aplicação nitrogenada aplicada toda no plantio e parcelada.

A cultivar AG 1051 produziu, em média, 324% a mais com a aplicação de nitrogênio, independentemente do modo de aplicação em relação à dose zero de nitrogênio (2.234 kg ha<sup>-1</sup>). Observou-se ganho de 4.809 kg ha<sup>-1</sup>, quando foi aplicado o nitrogênio todo no plantio, e de 5.161 kg ha<sup>-1</sup>, quando ocorreu o parcelamento do nitrogênio.

Na ausência de nitrogênio, as cultivares atingiram menores produtividades, não diferindo entre si. Quando foi aplicado o nitrogênio, a cultivar UFVM 100, variedade de polinização aberta, atingiu produtividade de 5334 kg ha<sup>-1</sup>, diferindo-se significativamente dos híbridos AG 9010 e AG 1051. Nessa situação, o híbrido AG 1051 obteve melhor resposta. Quando o nitrogênio foi parcelado, a cultivar UFVM 100 obteve produtividade semelhante àquela obtida pela AG 9010. A cultivar AG 1051, por seu turno, produziu 7.395 kg ha<sup>-1</sup>, sendo superior à UFVM 100 (6.249 kg ha<sup>-1</sup>) e à AG 9010 (6.892 kg ha<sup>-1</sup>), respectivamente, porém, diferindo, estatisticamente, somente da cultivar UFVM 100.

**Tabela 5.** Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) em função da adubação nitrogenada e das cultivares de milho. Coimbra, Estado de Minas Geras, 2003/04.

Adubações nitrogenadas (kg ha <sup>-1</sup> )	UFVM 100	AG 9010	AG 1051
0	2.968 Ba	2.867 Ba	2.234 Ba
120 <sup>1</sup>	5.334 Ab	6.865 Aa	7.043 Aa
30 + 90 <sup>2</sup>	6.249 Ab	6.892 Aab	7.395 Aa

Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; <sup>1</sup>Todo no plantio; <sup>2</sup>Plantio e cobertura, respectivamente.

Os resultados obtidos para produtividade evidenciam que a redução do espaçamento entre linhas de 1 m para 0,5 m proporcionou incremento de 8% no rendimento de grãos, para as cultivares utilizadas, sendo que a maior parte dessa contribuição deveu-se à cultivar AG 9010, que apresentou maior produção no espaçamento 0,50 m. Com o menor espaçamento, a produtividade média alcançada foi de 5.532 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto no maior espaçamento (1,0 m) obteve-se produtividade de

5.101 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 6).

Considerando que os possíveis aumentos no rendimento de grãos com o uso de menores espaçamentos e com a presença de nitrogênio são resultantes da melhor disposição das plantas no espaço, evidenciando a concorrência excessiva por luz dentro da fileira (Mundstock, 1977), ficou evidenciado, pela análise dos resultados, que a competição intra-específica, ocasionada pela redução do espaçamento entre fileiras, foi mais intensa no espaçamento de 1 m do que no espaçamento de 0,50 m, proporcionando ganho de produtividade no espaçamento reduzido.

**Tabela 6.** Médias do peso de grãos de cultivares de milho (kg ha<sup>-1</sup>) em função da interação espaçamento entre fileiras, adubação nitrogenada e cultivares. Coimbra, Estado de Minas Geras, 2003/04.

Espaçamento (m)	Adubações (kg ha <sup>-1</sup> )	Cultivares			Média
		UFVM 100	AG 9010	AG 1051	
1,0	0	2.963	2.473	2.359	2.598
	120 <sup>1</sup>	5.091	6.816	6.487	6.131
	30 + 90 <sup>2</sup>	6.007	6.031	7.680	6.573
Média		4.687a	5.106b	5.509a	5.101b
0,5	0	2.973	3.262	2.110	2.782
	120 <sup>1</sup>	5.577	6.914	7.600	6.697
	30 + 90 <sup>2</sup>	6.491	7.752	7.110	7.118
Média		5.014a	5.976a	5.606a	5.532a

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; <sup>1</sup>Todo no plantio; <sup>2</sup>Plantio e cobertura, respectivamente.

Os resultados obtidos neste trabalho confirmam a responsividade do milho à adubação nitrogenada, estando em concordância com os resultados encontrados por Coelho *et al.* (1992), que obtiveram aumentos na produção de grãos superior a 80%, com a aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, comparados à dose zero de nitrogênio. Por outro lado, o incremento no rendimento de grãos obtido nesse estudo foi 53% e 22,84% superior aos reportados por Souza *et al.* (2001) e por Oliveira (1998), respectivamente, utilizando doses de 150 e 130 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente, superiores àquela estudada neste experimento. Apesar de inferiores, esses incrementos também confirmam a capacidade responsiva do milho à adubação nitrogenada, independentemente do ciclo e do tipo de cultivar (Híbrido Simples, Híbrido Duplo ou Variedade).

Os tratamentos com aplicação de nitrogênio apresentaram produtividade de grãos estatisticamente superior à obtida pela testemunha, não havendo, portanto, diferença significativa entre eles, quando foram aplicados os 120 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura ou 30 kg ha<sup>-1</sup> de N no plantio e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N em cobertura. Esses resultados corroboram com os obtidos por Souza *et al.* (2001), por Coelho *et al.* (1996) e por Rocha (2003).

Entretanto, não permitem inferir que o parcelamento da dose de nitrogênio a ser aplicada trará benefícios quanto ao aumento de rendimento de grãos, quando comparado à aplicação da dose total na semeadura em plantio direto. Esse comportamento foi verificado para todas as cultivares testadas, mostrando que não há relação entre a maior disponibilidade de nitrogênio no início do ciclo da cultura e a duração do ciclo dela, como sugere Yamada (1996). Silva e Silva (2002), trabalhando com parcelamento de N na região de Mossoró - RN, durante dois anos seguidos, encontraram diferenças significativas no parcelamento de N de um ano para outro, indicando que a aplicação de N, de uma só vez ou parceladamente, tem efeitos diferentes, dependendo da época em que o nutriente é aplicado.

No presente trabalho, a resposta do milho ao parcelamento do nitrogênio foi influenciada pelo tipo de solo, uma vez que o solo no qual o ensaio foi instalado possui textura em torno de 70% de argila. Essa textura contribui para redução das perdas do nitrogênio nos tratamentos em que o nutriente foi fornecido em aplicação única na semeadura, coerente com os resultados obtidos por Cantarella (1999) e Rocha (2003).

### Conclusão

A aplicação de nitrogênio, parcelado ou todo no plantio, eleva a altura de plantas das cultivares, independentemente do espaçamento; a redução do espaçamento, de 1 m para 0,50 m, proporcionou aumento de 8% na produtividade de grãos, sendo influenciado pela cultivar AG 9010; não há diferença significativa na produtividade de grãos das cultivares estudadas com a aplicação de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N no plantio ou parcelado (30 kg ha<sup>-1</sup> de N no plantio + 90 kg ha<sup>-1</sup> de N na 4ª folha completamente expandida).

### Agradecimentos

À Capes, pela concessão de bolsa de mestrado, e ao Departamento de Fitotecnia da UFV, pelo apoio técnico durante a realização do trabalho.

### Referências

ARNON, I. *Mineral nutrition of maize*. Bern: International Potash Institute, 1975.

CANTARELLA, H. Adubação do milho "safrinha". In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 5., 1999, Barretos. *Anais...* Campinas: Instituto Agrônomico, 1999. p. 15-24.

COELHO, A.M. et al. Manejo de nitrogênio no comportamento vegetativo e reprodutivo de genótipos de milho sob condições irrigadas. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21., 1996, Londrina. *Resumos...* Londrina: Iapar, 1996. p. 169.

COELHO, A.M. et al. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 16, n. 1, p. 61-67, 1992.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. *Produção de Milho*. Guaíba: Agropecuária, 2000.

FERNANDES, R.N. et al. Manejo do Solo e Época de Aplicação de Nitrogênio no Desenvolvimento e Rendimento do Milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis, 2002. CD-Rom.

FRANÇA, G.E. et al. Adubação nitrogenada no Estado de Minas Gerais. In: SANTANA, M.B.M. (Ed.). *Adubação nitrogenada no Brasil*. Ilhéus: Ceplac/SBCS, 1985. p. 107-124.

FUNDAÇÃO RIO VERDE. *Resultados de Pesquisa Arroz, Milho, Soja – safra 2001/2*. Rio Verde: Fundação Rio Verde, 2002. (Boletim Técnico, 5).

GOMES E GAMA, E.E. et al. Estabilidade da produção de germoplasma de milho avaliado em diferentes regiões do Brasil. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1143-1149, 2000.

HENTSCHKE, C.; DINIZ, J. Adequação de população de plantas e redução de espaçamento entrelinhas na safrinha. *Informativo Pioneer*, ano IX, n. 19. Disponível em: <<http://www.3.pioneer.com/brasil/indez.asp>>. Acesso em: 28 jun. 2002.

MUNDSTOCK, C.M. *Densidade de semeadura no milho para o Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Ufrgs/Ascar, 1977.

OLIVEIRA, R.H. *Produção e teores de nitrogênio no milho "safrinha" irrigado em respostas a doses de nitrogênio, de composto orgânico e de molibdênio*. 1998. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

PENARIOL, F.G. et al. Comportamento de genótipos de milho em função do espaçamento e da densidade populacional nos períodos de safrinha e safra. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24., 2002, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis, 2002. CD-Rom.

PORTER, P.M. et al. corn response to row width and plant population in the Northern Corn Belt. *J. Prod. Agric.*, Madson, v. 10, n. 2, 1997.

RESENDE, S.G. et al. Influencia do espaçamento entre linhas e da densidade de plantio no desempenho de cultivares de milho. *Rev. Bras. Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 34-42, 2003.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. *Análises estatísticas no SAEG*. Viçosa: UFV, 2001.

ROCHA, R.N.C. *Respostas de híbridos de milho de ciclo super-precoce, precoce e normal à aplicação de nitrogênio no sistema plantio direto*. 2003. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to

maximize grain yield. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 159-168, 2001.

SANGOI, L. *et al.* Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos a altas densidades de plantas *Bragantia*, Campinas, v. 61, n. 2, p. 101-110, 2002.

SILVA, P.S.L.; SILVA, P.I.P. efeitos de época de aplicação de nitrogênio no rendimento de grãos do milho. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1057-1064, 2002.

SOUZA, A.C. *et al.* Parcelamento e época de aplicação de nitrogênio e seus efeitos em características agronômicas do

milho. *Cienc. Agrotecnol.*, Lavras, v. 25, n. 2, p. 321-329, 2001.

YAMADA, T. *Adubação nitrogenada do milho: quanto, como e quando aplicar?* Piracicaba: Potafós, 1996. (Informações Agronômicas, 74).

*Received on February 17, 2006.*

*Accepted on February 16, 2007.*