

FONTES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NO MILHO SAFRINHA

RONEY MENDES GOTT¹, DIEGO SICHOCKI¹, LEONARDO ANGELO AQUINO¹, FELIPE OLIVEIRA XAVIER¹, LUIZ PAULO DORNELAS DOS SANTOS¹ e ROSIANE FILOMENA BATISTA ALMEIDA DE AQUINO¹

¹Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, MG, Brasil, roney.gott@ufv.br; diegosichocki@hotmail.com, luiz.dornelas@ufv.br; felipe.o.xavier@ufv.br; rosiane.aquino@ufv.br

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.13, n.1, p. 24-34, 2014

RESUMO - Objetivou-se, com o trabalho, avaliar no sistema de cultivo de safrinha o efeito de diferentes fontes e épocas de adubação nitrogenada no teor foliar de N, na produtividade e em componentes de produção da cultura do milho. O experimento foi conduzido em condições de campo, em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, no período de fevereiro a agosto de 2012. Os fatores em estudo consistiram de quatro épocas de aplicação do N (nos estádios fenológicos V2, V4, V6 e V8), associadas a duas fontes de nitrogênio em cobertura (nitrato de amônio e ureia), mais um tratamento adicional sem aplicação de N em cobertura. Determinaram-se a quantidade de fileiras de grãos por espiga, grãos por fileira, prolificidade, massa de mil grãos, produtividade e teor de N foliar. As fontes de N não afetaram os componentes de produção, exceto a massa de mil grãos e a produtividade, que foi maior com a aplicação do nitrato de amônio. Em relação à época de aplicação, os melhores resultados para produtividade foram obtidos quando foi realizada adubação em V2, V4 e V8, independentemente da fonte de N. O maior teor foliar de N foi observado com a aplicação de nitrato de amônio em V6. A utilização do nitrato de amônio, em detrimento à ureia, possibilitou um incremento médio de 6,9% na produtividade de milho safrinha em sistema de cultivo safrinha.

Palavras-chave: *Zea mays* L.; nitrato de amônio; estádios fenológicos; ureia.

SOURCES AND TIMES OF NITROGEN APPLICATION IN THE OFF SEASON MAIZE

ABSTRACT - This study aimed to evaluate, the effect of different sources and times of nitrogen fertilization on N leaf content, productivity, and production components in the off-season system production in maize. The experiment was performed under field conditions in a dystrophic Red Yellow Latosol, from February to August 2012. The factors evaluated were four times of N application (V2, V4, V6, and V8 phenological stages), associated with two nitrogen sources (ammonium nitrate and urea), plus an additional treatment without topdressing nitrogen application. Rows of grains per ear, grains per row, prolificacy, thousand-grain mass, productivity, and leaf N content were determined. The N sources did not affect yield components, except the thousand-grain mass and productivity that were higher with the application of ammonium nitrate. Regarding the application time, the best results for productivity were obtained when fertilization was accomplished in V2, V4, and V8, regardless of N source. The highest N foliar was observed with the use of ammonium nitrate in V6. The use of ammonium nitrate instead urea enabled an average increase of 8% in maize productivity in the off-season cropping system.

Key words: *Zea mays* L.; ammonium nitrate; phenological stages; urea.

No Brasil, o sistema de cultivo do milho de segunda safra, também conhecido por “safrinha”, tem sido relevante na contribuição com a produção anual do grão. Na safra agrícola 2011/2012, a segunda safra de cultivo foi responsável por uma produção de 38,55 milhões de toneladas de milho em uma área de 7,58 milhões de hectares, com rendimento médio de 5.085 kg de grãos ha⁻¹. Estes valores representam um incremento na produção de 71%, quando comparada à safrinha obtida no ano agrícola 2010/2011 (IBGE, 2012).

A região do Alto Paranaíba, em Minas Gerais, atualmente realiza o cultivo de milho em condições de segunda safra. O cultivo é favorável em função das características edafoclimáticas adequadas da região. Com mais essa janela de cultivo, o produtor pode obter incremento em sua renda, investindo em tecnologia e melhor qualidade de vida. Além do retorno financeiro, a safrinha proporciona à região os benefícios agrônômicos da rotação de cultura: quebra de ciclo de pragas e doenças da lavoura de 1ª safra. Em relação ao solo, o cultivo pode vir a equilibrar o status nutricional e manter sua fertilidade, reduzindo a aplicação de fertilizantes na safra posterior.

No cultivo do milho safrinha, a recomendação de menores quantidades de fertilizantes é rotineira. Isto se justifica pelo menor potencial produtivo devido a maiores riscos climáticos, como baixa disponibilidade hídrica, térmica e menor radiação solar (Shioga et al., 2004).

O nitrogênio (N) é o nutriente mais absorvido e exportado pela cultura do milho. Tem sua eficiência de absorção drasticamente reduzida quando aplicado em condições de déficit hídrico (Soratto et al., 2010). Dentre os processos ligados à redução da eficiência de utilização, destaca-se a volatilização de NH₃, que é especialmente aumentada quando o N é fornecido

via ureia, ou outra fonte amídica, com distribuição na superfície do solo. Com a menor umidade do solo e a alta irradiância, a perda de amônia por volatilização pode atingir valores superiores a 50% do N aplicado (Tasca et al., 2011).

Outro processo ligado à redução da eficiência envolve a preferência de absorção e metabolismo de N, em relação às formas nítrica e amônio. Estudo nesta linha de pesquisa tem sido feito com objetivo de maximizar a eficiência de recuperação do uso dos fertilizantes. Do ponto de vista fisiológico, a forma preferencial de N absorvida pelo milho é a nítrica (Marschner, 1995). A fonte nitrato de amônio apresenta parte do N nesta forma prontamente absorvida pela planta. A ureia, por outro lado, depende do processo de amonificação e nitrificação, até que o N esteja na forma preferencialmente absorvida pelo milho, a nítrica (Marschner, 1995).

Cada tonelada de grãos produzida demanda, em média, 16,4 kg de N, do qual 64% é exportado para o grão (Setiyono et al., 2010). O N, quando adequadamente suprido, retarda a senescência foliar e aumenta o período de alta taxa fotossintética. Estas características são importantes para cultivos em segunda safra, pois podem aumentar o enchimento de grãos, a massa de mil grãos e, por conseguinte, a produtividade (Lee & Tollenaar, 2007).

Dada a grande importância deste nutriente para o milho, estratégias que minimizem perdas de N no sistema solo-planta são de grande valia. As estratégias utilizadas para aumentar a disponibilidade e diminuir as perdas de N envolvem, principalmente, as escolhas corretas das épocas de aplicação e das fontes nitrogenadas. Estas estratégias são importantes para o desenvolvimento da cultura em sistema de safrinha, uma vez que a probabilidade de perda aumenta, sobretudo devido à irregularidade das chuvas

nesse período. Tal condição climática não deve ser desconsiderada, uma vez que o déficit hídrico afeta consideravelmente a absorção e o metabolismo do N na planta (Ercoli et al., 2008).

Soratto et al. (2010), em experimento conduzido em Latossolo Vermelho distrófico no município de Chapadão do Céu, GO no período de fevereiro a junho de 2006, avaliaram os efeitos de fontes de N (ureia, sulfato de amônio, amiréia® 180S e entec® 26) e doses (0, 30, 60 e 120 kg ha⁻¹) na cultura do milho. A aplicação do N em cobertura foi realizada quando as plantas apresentavam cinco ou seis folhas totalmente expandidas. Concluíram que a produtividade do milho cultivado em sistema safrinha foi significativamente maior quando o N em cobertura foi fornecido via sulfato de amônio (4.952 kg ha⁻¹) em comparação com a amiréia (4.582 kg ha⁻¹). O suprimento deste nutriente em cobertura via fertilizante é essencial para a rentabilidade do sistema. Isso porque a maioria dos solos não possui disponibilidade suficiente de N para garantir os níveis de produção desejados. (Weber & Mielniczuk, 2009), em experimento de longa duração, destacam a importância do estoque residual de N disponível por sucessivos cultivos de leguminosas. Concluíram que a utilização de leguminosas, como culturas antecessoras, aumenta a produtividade de milho quando a aplicação de fertilizantes nitrogenados for ausente. O resíduo das leguminosas possui baixa relação C/N e alta taxa de mineralização, deixando menor quantidade de N imobilizada com os microorganismos e disponibilizando-as para a absorção das plantas.

A disponibilidade de N na rizosfera, principalmente no sulco de semeadura e em cobertura, promove o rápido crescimento inicial da planta e o aumento na produtividade de grãos (Silva et al., 2005). Em contrapartida, Mar et al. (2003) realizaram

um experimento em Latossolo Vermelho Eutroférico argiloso, em Dourados, MS, no período de março a agosto de 1998. Avaliaram alguns componentes de produção da cultura do milho (cultivar AG 3010) em função de doses de N (30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹), na forma de ureia e épocas de aplicação (1/3 na semeadura e os restantes 2/3 quando a cultura apresentou quatro, oito e dez folhas completamente expandidas, respectivamente). Demonstraram que a melhor época de aplicação de N em cobertura foi no estágio com quatro a oito folhas completamente expandidas com doses de 90 a 120 kg ha⁻¹ de N para as seguintes variáveis de produção: fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira, prolificidade, massa de mil grãos e produtividade de grãos. A justificativa está na maior disponibilidade térmica e hídrica nos meses de março e abril coincidirem com estágio de grande importância na absorção de N.

Objetivou-se, com este estudo, avaliar, no sistema de cultivo safrinha, o efeito de diferentes fontes e épocas de adubação nitrogenada de cobertura no teor foliar de N nos componentes de produção e na produtividade da cultura do milho.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido de fevereiro a agosto de 2012 no campo experimental da Universidade Federal de Viçosa, campus Rio Paranaíba, em Rio Paranaíba, MG. O campo experimental situa-se em 19° 13' 09" S e 46° 13' 17" O, a uma altitude de 1.143 m. O clima, segundo Köppen-Geiger, é do tipo Aw, definido como tropical com estação seca. A precipitação e a temperatura média anual são 1.512 mm e 20,5 °C, respectivamente.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de

textura muito argilosa (Embrapa, 2006). Antes da instalação do experimento, a área experimental encontrava-se em pousio, com vegetação espontânea por três anos. A análise de solo apresentou as seguintes características químicas na camada de 0-0,20 m: pH (H₂O): 6,1; Al⁺³, Ca⁺² e Mg⁺²: 0, 2,9 e 0,8 cmol_c dm⁻³, respectivamente; P_(Mehlich-1) e K⁺_(Mehlich-1): 11,0 e 70,0 mg dm⁻³, respectivamente; matéria orgânica (Walkley Black): 2,7 dag kg⁻¹; P_(remanescente): 8,7 mg l⁻¹; CTC_(pH 7,0) (T): 8,2 cmol_c dm⁻³; V: 48,4%.

A cultura foi instalada em sistema de plantio direto na palha. Em pré-semeadura, foi realizada a dessecação com Flumioxazina (25 g i.a. ha⁻¹) + Glyphosate (1.920 g i.a. ha⁻¹). A semeadura (híbrido P3646H, Pioneer®) foi realizada com semeadora-adubadora em 10/02/2012, período recomendado para o cultivo safrinha na região. Utilizaram-se 240 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 08:30:10 aplicado no sulco de semeadura, em que a fonte de N do formulado era ureia, segundo Alves et al. (1999). Distribuíram-se 2,8 sementes por metro em espaçamento de 0,50 m, com população final estimada de 56.000 plantas ha⁻¹.

Para o controle de plantas invasoras, foi realizada a aplicação de herbicida pós-emergente. A dose e os ingredientes ativos foram: 2.200 g i.a. ha⁻¹ de Atrazine + 21 g i.a. ha⁻¹ de Tembotriona. Para o controle de doenças, empregou-se mistura comercial dos ingredientes ativos Piraclostrobina e Epoxiconazol nas doses de 98,8 e 60,8 g i.a. ha⁻¹, respectivamente. Adicionou-se 0,5 l ha⁻¹ de espalhante adesivo Assist® 0,3% v v⁻¹ à calda fungicida.

Os tratamentos consistiram de quatro épocas de aplicação do N em cobertura (nos estádios fenológicos V2, V4, V6 e V8), associadas a duas fontes de nitrogênio (nitrato de amônio e ureia), mais um tratamento adicional sem aplicação de N em cobertura. Os

estádios fenológicos V2, V4, V6 e V8 correspondem aos períodos em que a planta apresenta 2, 4, 6 e 8 folhas completamente expandidas, respectivamente (Magalhães & Durães, 2006). Os tratamentos foram dispostos, portanto, em esquema fatorial (4 x 2) + 1, o que totalizou nove tratamentos. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada unidade experimental foi composta por seis linhas de 8 m de comprimento, espaçadas de 0,50 m. As quatro fileiras centrais foram consideradas úteis, menos 2 m das extremidades. A dose de N em cobertura foi de 100 kg ha⁻¹ de N, conforme as recomendações de Alves et al. (1999). Os fertilizantes nitrogenados foram aplicados em filete lateral na superfície do solo (sem incorporação).

No estágio R1 (emissão do estilo na espiga), foi realizada a amostragem de folhas segundo recomendações de Malavolta et al., 1997. Retirou-se a folha índice, que consiste na primeira folha fisiologicamente madura, oposta e abaixo à espiga para cada planta. Foram coletadas dez folhas por unidade experimental, as quais foram limpas, devidamente identificadas, acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada, onde permaneceram sob temperatura de 70 °C até atingir massa constante. O teor de N foi determinado pelo método semi-micro-Kjeldahl, conforme método descrito por Malavolta et al., 1997.

A colheita foi realizada em 20/08/2012, um mês após o fechamento do ciclo, devido à presença de chuvas atípicas que ocorreram no final do mês de maio e no início do mês de junho, que retardaram a perda de umidade do grão no campo. Foram avaliadas as seguintes variáveis: fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira, prolificidade (número de espigas por planta), massa de mil grãos e produtividade de grãos. As espigas foram colhidas manualmente

nas fileiras úteis de cada parcela. Após correção da umidade para 13%, converteu-se a massa em produtividade (kg ha^{-1}). O número de grãos por fileira e fileiras de grãos por espigas foram determinados em uma subamostra de dez espigas por unidade experimental.

Os dados foram submetidos à análise de variância. Os graus de liberdade dos fatores em estudo foram desdobrados. As médias das épocas de aplicação do N foram comparadas pelo teste Tukey a 5% e as das fontes de N pelo teste F a 5%. A interação das épocas e das fontes foi comparada pelo teste Tukey a 5%. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software Sisvar 5.3.

Resultados e Discussão

Houve distribuição satisfatória de chuva ao longo do ciclo, principalmente nos estádios de definição do número de fileiras de grãos por espiga (estádio V6), floração e enchimento dos grãos. A precipitação acumulada da semeadura à colheita foi de 367 mm (Figura 1). Fancelli & Dourado Neto (2000) citam que a exigência mínima é de 350 a 500 mm de precipitação pluvial no verão para o alcance de produtividades satisfatórias.

As temperaturas mínima e máxima foram 11,0 e 29,7 °C, respectivamente. Os limites extremos tolerados pela planta de milho estão entre 10 e 40 °C (Fancelli & Dourado Neto, 2000). Portanto, a temperatura propiciou condições favoráveis para o desenvolvimento da cultura.

O número de fileiras de grãos por espiga não foi afetado pelos fatores fontes de N e/ou pela época de aplicação do fertilizante nitrogenado (Tabela 1).

Não foram verificados efeitos da interação entre épocas e fontes de N, bem como desta última sobre o número de grãos por fileira. Este componente

não diferiu com a aplicação de N nas diferentes épocas, mas foi incrementado em relação à não aplicação do nutriente (Tabela 1). Kappes et al. (2009), em trabalho com milho de segunda safra em sucessão à soja conduzido em Santa Carmem, MT em Latossolo Vermelho-Amarelo no período de fevereiro a junho de 2008, avaliaram o desempenho produtivo da cultura em função de diferentes épocas de aplicação de nitrogênio (N) (50% das plantas apresentavam três, sete e dez folhas completamente expandidas) e fontes de nitrogênio (ureia, sulfato de amônio e Entec® + testemunha) em cobertura utilizando o híbrido duplo DKB 979. Obtiveram resultados semelhantes aos citados anteriormente. Os autores concluíram que as fontes de N (ureia, sulfato de amônio e Entec®) aplicadas em milho safrinha não afetaram o número de fileiras de grãos por espiga e, tampouco, o número de grãos por fileira. A maior produtividade alcançada foi de 6.183 kg ha^{-1} , quando aplicou-se o N no estádio com dez folhas. Entre as fontes de N, não observou-se diferença significativa. Souza & Soratto (2006), em trabalho realizado em Latossolo Vermelho em Chapadão do Sul, MS no período de março a agosto de 2005, semearam o cultivar de milho AGN 2012 em sucessão à soja. Avaliaram o efeito de fontes de N (ureia e Entec 26®) e quatro doses (0, 30, 60 e 120 kg ha^{-1}) de N em cobertura quando as plantas apresentavam quatro folhas expandidas. Os autores não verificaram interação destes fatores e concluíram que as fontes de N não afetaram o número de fileiras de grãos por espiga e o número de grãos por fileira. A produtividade máxima alcançada foi 3.972 kg ha^{-1} , quando se aplicou a dose máxima de N. As fontes de N não diferiram entre si para produtividade.

A prolificidade não foi afetada pelas fontes de N ou pela interação entre fontes de N e épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado (Tabela 1).

Houve, no entanto, efeito simples da época de aplicação sobre a prolificidade. A aplicação de N no estágio V4 proporcionou maior prolificidade em relação à testemunha (sem aplicação do N em cobertura). Estes resultados diferem dos encontrados por Souza & Soratto (2006), que não encontram efeito de fontes (sulfonitrato de amônio e ureia) e doses de aplicação de N sobre a prolificidade. Esses autores afirmam que a prolificidade é pouco afetada por fatores extrínsecos ao genótipo.

A maior prolificidade com a aplicação do N no estágio V4 pode ser explicada pela adequada precipitação pluvial, nesta época de aplicação dos

fertilizantes nitrogenados, em comparação às demais épocas de aplicação (Figura 1). Veloso et al. (2006) verificaram aumento da prolificidade do milho com a aplicação de doses de N em ano com boa distribuição hídrica. Apesar de ser um componente de produção importante na cultura do milho, o aumento da prolificidade não necessariamente implica no incremento da produtividade. A segunda espiga da planta pode ter comprimento reduzido, menor número de grãos e apresentar-se deformada, sobretudo quando se trata de milho de segunda safra.

Houve interação entre fontes e épocas de aplicação de N para a massa de mil grãos (Tabela 2).

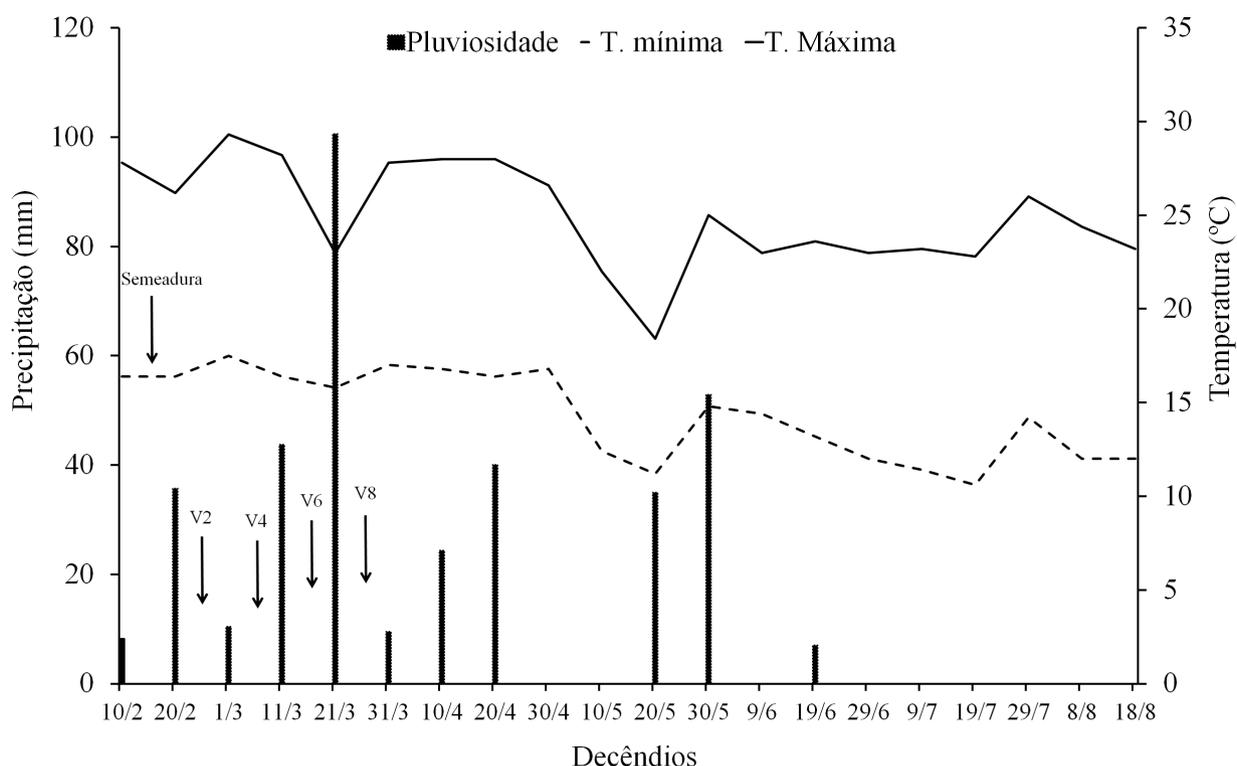


FIGURA 1. Precipitação pluviométrica, temperaturas máxima e mínima registradas, por decêndio, durante o ciclo do milho safrinha no município de Rio Paranaíba, MG. V2 (5 dias/6 dias), V4 (5 dias/6 dias), V6 (9 dias/3 dias) e V8 (4 dias/6 dias) correspondem aos estádios fisiológicos do milho com duas, quatro, seis e oito folhas completamente expandidas e, entre parênteses, os dias após a precipitação em que foi feita a aplicação em cada estágio vegetativo e os dias após a aplicação em que houve uma precipitação, respectivamente.

TABELA 1. Fileiras de grãos de milho por espiga, grãos por fileira e prolificidade na cultura do milho safrinha influenciados por fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura. Rio Paranaíba, MG, 2012.¹

Tratamentos		Fileiras de grãos por espiga	Número de Grãos por fileira	Prolificidade (espigas planta ⁻¹)
Fontes	Ureia	15,4	32,0	1,09
	Nitrato de amônio	15,5	32,8	1,14
F		0,2 ^{ns}	1,4 ^{ns}	2,19 ^{ns}
Épocas	Testemunha	15,6 A	25,0 B	1,01 B
	V2	15,2 A	34,9 A	1,12 AB
	V4	15,3 A	33,4 A	1,23 A
	V6	15,5 A	33,3 A	1,15 AB
	V8	15,7 A	35,2 A	1,10 AB
F		1,7 ^{ns}	32,6 ^{**}	3,8 [*]
F (Fontes de N x Épocas)		0,8 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,9 ^{ns}
Média		15,5	32,4	1,12
C. V. (%)		3,1	6,5	10,2

¹Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). ^{ns}, * e **: não significativo e significativo a 1% e 5%, pelo teste F, respectivamente.

A aplicação do nitrato de amônio proporcionou maior massa de mil grãos do que a ureia. Esse fato pode ser atribuído à maior disponibilidade de nitrogênio no período de enchimento de grãos e maior eficiência de recuperação do N aplicado via nitrato pela planta. As épocas de aplicação do N diferiram entre si quanto à massa de mil grãos. No entanto, todas as épocas apresentaram maior massa em relação à testemunha, sem N (Tabela 3).

A massa de mil grãos é característica influenciada pela disponibilidade de nutrientes. Souza et al. (2011) realizaram experimento em Selvíria, MS, em Latossolo Vermelho-Amarelo distroférico sob semeadura em plantio direto, do cultivar de milho AG 5020. A semeadura foi em julho e colheita em outubro de 2007. Avaliaram o efeito de diferentes fontes de N (sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação, sulfato de amônio e ureia) e doses de N (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹) aplicadas na semeadura ou em

cobertura, quando a planta tinha seis folhas completamente expandidas. Os autores não verificaram influência das épocas e das fontes de N aplicadas sobre a massa de mil grãos. Entretanto, Santos et al. (2011) realizaram trabalho em Argissolo Vermelho-Amarelo em Coimbra, MG e avaliaram a resposta do cultivo de diferentes híbridos de milho (AG 9010, P3041, DKB 333) em função de duas fontes de N (ureia e nitrato de cálcio) aplicadas em diferentes épocas (pré-semeadura, semeadura, quatro folhas completamente expandidas). Os autores constataram que a adubação realizada com nitrato de cálcio não diferiu estatisticamente em relação às diferentes épocas aplicadas para a massa de mil grãos, diferente da aplicação com a fonte ureia, que a aplicação em pré-semeadura e em quatro folhas foram os menores resultados para massa de mil grãos.

Houve efeito isolado dos fatores fontes e épocas de aplicação de N sobre a produtividade de grãos

TABELA 2. Massa de mil grãos e produtividade de grãos da cultura do milho safrinha influenciadas por fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura. Rio Paranaíba, MG, 2012.¹

Tratamentos		Massa de mil grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Fontes	Ureia	261,5 B	6.071 B
	Nitrato de amônio	272,8 A	6.491 A
F		10,0*	4,3*
Épocas	Testemunha	231,5 B	3.490 C
	V2	274,1 A	7.402 A
	V4	278,7 A	6.976 AB
	V6	273,8 A	6.294 B
	V8	277,4 A	7.242 A
F		10,0*	51,1*
F (Fontes de N x Épocas)		0,3*	1,8 ^{ns}
Média		267,1	6.281
C. V. (%)		4,2	10,2

¹Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$). ^{ns}, * não significativo e significativo 5%, pelo teste F, respectivamente.

(Tabela 2). O nitrato de amônio proporcionou produtividade 6,9%, maior que aquela conferida pela aplicação da ureia em cobertura. Independente da fonte de N, aplicações do fertilizante nitrogenado proporcionaram produtividades de grãos semelhantes, exceto no estágio V6. Este resultado pode estar relacionado com a precipitação pluvial (Figura 1). Outro fator importante pode estar relacionado à disponibilidade de material vegetal

na área. Isso se deve ao fato de o solo encontrar-se em pousio, com vegetação espontânea por três anos. O efeito residual pode ter aumentado o teor disponível de N no solo. Para validar a afirmação, nota-se que a produtividade média da testemunha (sem aplicação de N) foi de 3.490 kg ha⁻¹ de grãos. Souza & Soratto (2006) realizaram aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N e obtiveram produtividade de 3.972 kg ha⁻¹.

TABELA 3. Massa de mil grãos da cultura do milho safrinha influenciado por fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura. Rio Paranaíba, MG, 2012.¹

Épocas	Massa de mil grãos (g kg ⁻¹)	
	Fontes	
	Nitrato	Ureia
Testemunha	231,5 Ba	231,5 Ba
V2	285,4 Aa	262,6 Ab
V4	281,0 Aa	276,3 Ab
V6	288,3 Aa	259,3 Ab
V8	279,3 Aa	275,6 Ab

¹Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Houve interação entre fontes e épocas de aplicação do fertilizante nitrogenado em cobertura no milho para o teor de N na folha índice (Tabela 4). O nitrato de amônio proporcionou maior teor de N na folha índice que a ureia, exceto com a aplicação no estádio V4. Assim, o maior teor foliar de N nos tratamentos com nitrato deve estar relacionado à maior afinidade de absorção e ao metabolismo do elemento no interior da planta. O suprimento de parte do N na forma nítrica e parte amoniacal favorece maior equilíbrio de íons na rizosfera e, por conseguinte, maior absorção de N (Bredemeier & Mundstock, 2000). Também os menores resultados de absorção do N por parte da fonte ureia podem ter contribuição em função de perdas de N no solo por volatilização, embora se acredite que os principais fatores estejam ligados a absorção e metabolismo. De forma semelhante aos resultados apresentados neste trabalho em relação ao teor foliar, Souza et al. (2011) observaram maior teor foliar de N quando foi aplicado sulfonitrato de amônio em relação a ureia. Estes resultados reforçam a preferência, por parte da cultura do milho, pela presença de íons nitrato e amônio em sua rizosfera.

Quando a fonte de N foi o nitrato de amônio, a época de aplicação deste não interferiu no teor de N

na folha índice. Por outro lado, quando a fonte de N foi a ureia, a aplicação desta no estádio V8 apresentou menor teor de N na folha índice comparada à aplicação no estádio V4 e testemunha. Independente da fonte de N utilizada, o teor de N na folha índice nos tratamentos que receberam adubação de cobertura foi maior do que na testemunha (sem N) (Tabela 4). A fonte nitrato de amônio, por ser menos propensa ao processo de perda por volatilização, depende menos de condições adequadas de umidade no solo. Por outro lado, a ureia é mais dependente da disponibilidade de água para evitar perdas (Tasca et al., 2011). Assim, essa fonte pode ter apresentado maior volatilização do N quando a mesma foi aplicada sobre a superfície do solo e em condições de umidade não satisfatórias.

Conclusões

A fonte nitrato de amônio proporcionou maior teor foliar de N comparada à ureia, exceto com a aplicação no estádio de quatro folhas expandidas.

A produtividade de grãos de milho não foi afetada quando o nitrogênio, proveniente de qualquer fonte, foi aplicado em cobertura nos estádios de duas, quatro ou oito folhas expandidas.

TABELA 4. Teores de N na folha índice do milho safrinha influenciado por fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura. Rio Paranaíba, MG, 2012.¹

Épocas	Teores de N foliar (g kg ⁻¹)	
	Fontes	
	Nitrato	Ureia
Testemunha	21,6 Ba	21,6 Ca
V2	34,0 Aa	31,2 ABb
V4	33,1 Aa	34,0 Aa
V6	35,0 Aa	31,0 ABb
V8	34,1 Aa	30,1 Bb

¹Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey (p < 0,05).

As fontes de N não tiveram efeito sobre os componentes de produção: número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por fileira na espiga e prolificidade.

O nitrato de amônio proporcionou maior massa de mil grãos do que a aplicação da ureia como fonte de N em cobertura para a cultura do milho.

As maiores produtividades de grãos foram obtidas com o fornecimento de N via nitrato de amônio.

Independente da fonte de N aplicada em cobertura, as maiores produtividades foram obtidas com a aplicação nos estádios fenológicos V2, V4 e V8.

Agradecimentos

À Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa de Mestrado ao primeiro autor; à Cooxupé, pela concessão de recursos financeiros à pesquisa; ao CNPq e à Fapemig, pelo auxílio financeiro.

References

- ALVES, V. M. C.; VASCONCELLOS, C. A.; FREIRE, F. M.; PITTA, G. V. E.; FRANÇA, G. E.; RODRIGUES FILHO, A.; ARAÚJO, J. M.; VIEIRA, J. R.; LOUREIRO, J. E. Milho. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 314-316.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulation of nitrogen absorption and assimilation in plants. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 30, p. 365-372, 2000.
- ERCOLI, L.; LULLI, L.; MARIOTTI, M.; MASONI, A.; ARDUINI, I. Post-anthesis dry matter and nitrogen dynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability. **European Journal of Agronomy**, Montpellier, v. 28, p. 138-147, 2008.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.
- IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 ago. 2012.
- KAPPES, C.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M.; NETO DA SILVA, J. A. Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, p. 251-259, 2009.
- LEE, E. A.; TOLLENAAR, M. Physiological basis of successful breeding strategies for maize grain yield. **Crop Science**, Madison, v. 47, p. 202-215, 2007.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 76).
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MAR, G. D.; MARCHETTI, M. E.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; NOVELINO, J. O. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 62, p. 267-274, 2003.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 1995. 889 p.

- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SANTOS, M. M.; GALVÃO, J. C. C.; MELO, A. V.; ADRIANO, R. C.; FIDELIS, R. R.; CORRÊA, M. L. P. Efeito de fontes de nitrogênio e da época de aplicação na cultura do milho, em plantio direto, com espaçamento reduzido. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 10, p. 29-37, 2011.
- SETIYONO, T. D.; WALTERS, D. T.; CASSMAN, K. G.; WITT, C.; DOBERMANN, A. Estimating maize nutrient uptake requirements. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 118, p. 158-168, 2010.
- SHIOGA, P. S.; OLIVEIRA, E. L.; GERAGE, A. C. Densidade de plantas e adubação nitrogenada em milho cultivado na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, p. 381-390, 2004.
- SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 29, p. 353-362, 2005.
- SORATTO, R. P.; PEREIRA, M.; COSTA, T. A. M.; LAMPERT, V. N. Fontes alternativas e doses de nitrogênio no milho safrinha em sucessão à soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, p. 511-518, 2010.
- SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, p. 395-405, 2006.
- SOUZA, J. A.; BUZETTI, S.; TEIXERA FILHO, M. C. M.; ANDEOTTI, M.; SÁ, M. E.; ARF, O. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 70, p. 447-454, 2011.
- TASCA, F. A.; ERNANI, P. R.; ROGERI, D. A.; GATIBONI, L. C.; CASSOL, P. C. Volatilização de amônia do solo após a aplicação de ureia convencional ou com inibidor de urease. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 35, p. 493-502, 2011.
- VELOSO, M. E. C.; DUARTE, S. N.; DOURADO NETO, D.; MIRANDA, J. H.; SILVA, E. C.; SOUZA, V. F. Doses de nitrogênio na cultura do milho, em solos de várzea, sob sistema de drenagem subterrânea. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, p. 382-394, 2006.
- WEBER, M. A.; MIELNICZUK, J. Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 33, p. 429-437, 2009.