

INFLUÊNCIA DO NITROGÊNIO NO DESEMPENHO PRODUTIVO DO MILHO CULTIVADO NA SEGUNDA SAFRA EM SUCESSÃO À SOJA¹

Claudinei Kappes², Marco Antônio Camillo de Carvalho³,
Oscar Mitsuo Yamashita³, João Alfredo Neto da Silva⁴

ABSTRACT

NITROGEN INFLUENCE ON
DOUBLE-CROPPED CORN YIELD AFTER SOYBEAN

To evaluate the influence of topdressed nitrogen application time (stages 1, 2, and 3) and sources (urea, ammonium sulfate, and Entec[®] + control), on double-cropped corn yield after soybean, the experiment was conducted at Ivani Farm, Santa Carmem, Mato Grosso State, Brazil (12°00'S, 55°14'W, altitude 365 m), in the 2008 growing season. The treatments were arranged in a randomized complete block design, as a 3x4 factorial scheme (time of application x source of nitrogen), with four replications. The source x time interaction was not significant for any of the characters measured, indicating that these factors were independent. The application at stage 3 (ten expanded leaves) provided the greatest spike diameter, length of grain, rows of grains per spike, and grain yield, while spike length, cob diameter, prolificacy, and weight of hundred grains were not affected by times of N application. Regarding N sources, they only affected spike length, cob diameter, and grain yield, as compared to control. No significant differences were observed among N sources. Nitrogen application influenced positively the corn performance double-cropped after soybean.

KEY-WORDS: *Zea mays* L.; urea; ammonium sulfate; ammonium sulfonitrate; nitrogen fertilizing; no-tillage.

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a influência de épocas de aplicação (estádios 1, 2 e 3) e fontes de nitrogênio (uréia, sulfato de amônio e Entec[®] + testemunha), em cobertura, no milho de segunda safra cultivado em sucessão à soja, sobre o desempenho produtivo da cultura, conduziu-se o experimento no Sítio Ivani, Santa Carmem, MT (12°00'S, 55°14'W e altitude de 365 m), no ano agrícola de 2008. Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x4 (época de aplicação x fonte de nitrogênio), com quatro repetições. A interação época x fonte não foi significativa para nenhum dos caracteres mensurados, demonstrando que estes fatores comportam-se de maneira independente. A aplicação no estágio 3 (dez folhas completamente expandidas) proporcionou maior diâmetro de espiga, comprimento de grão, fileiras de grãos por espiga e produtividade de grãos, enquanto o comprimento de espiga, diâmetro de sabugo, prolificidade e massa de cem grãos não foram influenciados pelas épocas de aplicação de nitrogênio. As fontes influenciaram apenas o comprimento de espiga, diâmetro de sabugo e produtividade de grãos, em comparação à testemunha, sendo que, entre as fontes, não se observou diferença significativa. A aplicação de nitrogênio influencia, positivamente, o desempenho produtivo do milho, na segunda safra em sucessão à soja.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L.; uréia; sulfato de amônio; sulfonitrato de amônio; adubação nitrogenada; semeadura direta.

INTRODUÇÃO

O nitrogênio possui papel fundamental no metabolismo vegetal, por participar, diretamente, na biossíntese de proteínas e clorofilas (Andrade et al. 2003), sendo importante no estágio inicial de desenvolvimento da planta, período em que a absorção é mais intensa (Basso & Ceretta 2000). O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas mais exigentes em

fertilizantes, especialmente os nitrogenados, e, em função disso, é altamente responsivo a esse nutriente, apresentando incrementos em várias características que influenciam a produção final (Ohland et al. 2005). Conforme comprovado por Melgar et al. (1991), o nitrogênio é um dos nutrientes que apresentam os maiores efeitos no aumento de produção do milho.

O suprimento inadequado de nitrogênio é considerado um dos principais fatores limitantes à

1. Trabalho recebido em mar./2009 e aceito para publicação em jul./2009 (n° registro: PAT 5756).
2. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, Ilha Solteira, SP, Brasil. E-mail: code.agro@hotmail.com.
3. Universidade do Estado do Mato Grosso (Unemat), Departamento de Agronomia, Alta Floresta, MT, Brasil. E-mails: marcocarvalho@unemat.br, yama@unemat.br.
4. Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Departamento de Agronomia, Dourados, MS, Brasil. E-mail: silvaneto20@yahoo.com.br.

produtividade de grãos. Segundo Hoeft (2003), a dose, a época e o método de aplicação de fertilizantes nitrogenados têm efeito marcante, tanto sobre a produtividade das culturas, quanto sobre o potencial de contaminação dos mananciais de água pelos nutrientes. O manejo da adubação nitrogenada deve suprir a demanda da planta, nos períodos críticos, e minimizar o impacto no ambiente, pela redução de perdas (Fernandes & Libardi 2007).

Devido às suas transformações no solo, o nitrogênio é um elemento muito dinâmico, o que tem gerado muitas controvérsias e discussões, com relação à sua época de aplicação, principalmente no milho (Souza et al. 2001). Escosteguy et al. (1997) citam que a época de aplicação pode variar, sendo comum a aplicação de parte do nitrogênio na semente e o restante em cobertura, quando as plantas apresentam de quatro a oito folhas completamente expandidas. As fontes nitrogenadas mais utilizadas são a uréia e o sulfato de amônio. Ambas estão sujeitas a perdas de nitrogênio no solo, por lixiviação, escoamento superficial, volatilização da amônia e pela imobilização na biomassa microbiana (Alva et al. 2005). Além disso, a uréia e o sulfato de amônio apresentam alta capacidade de acidificação do solo. As perdas de nitrogênio dependem do tipo de solo (especialmente textura), local (pluviosidade), época de aplicação, tipo de adubo (orgânico x químico, nítrico x amoniacal) e sistema de cultivo (convencional ou direto), mas, de modo geral, a aplicação antes da fase de maior demanda resulta em maiores perdas (Sainz Rozas et al. 2004).

Recentemente, a COMPO do Brasil S.A. lançou no mercado uma nova geração de fertilizante nitrogenado, o Entec[®] (sulfonitrato de amônio). Conforme a empresa, o produto apresenta características diferenciadas das demais fontes de nitrogênio disponíveis, por ser de liberação lenta e controlada. Em condições normais de cultivo, a forma amoniacal do adubo não passa rapidamente para a nítrica, em função da presença da molécula estabilizante DMPP (3,4 dimetilpirazolfosfato), que é um inibidor temporário do processo da nitrificação, causado pelas bactérias Nitrosomonas, responsáveis pela transformação do amônio em nitrito, prolongando o nitrogênio, na forma amoniacal menos lixiviável, por um período de seis a oito semanas. No Brasil, algumas instituições têm avaliado a eficácia do DMPP adicionado aos grânulos do sulfonitrato de amônio. Centurion et al. (2006), cultivando milho em solo de textura argilosa,

obtiveram resultados de ganho de produtividade de 11,6%, em dose única de 120 Kg ha⁻¹ de N do fertilizante sulfonitrato de amônio (SNA) + DMPP, em comparação com a mesma dose de uréia parcelada aplicada (30 Kg ha⁻¹ de N na semente e 90 Kg ha⁻¹ de N em cobertura, aos 25 dias após a emergência).

No cultivo de segunda safra, tem sido usual a recomendação de doses inferiores à adotada para a época normal, em consequência, principalmente, da baixa resposta da planta nessas condições de cultivo, bem como do fato de a sementeira ser realizada, na maioria das vezes, após a soja (Shioga et al. 2004). Contudo, embora existam relatos de resposta do milho de segunda safra à adubação nitrogenada de cobertura (Mar et al. 2003), perdas que ocorrem, principalmente, por volatilização podem reduzir a eficiência da adubação nitrogenada, especialmente quando a fonte utilizada é a uréia e a aplicação é realizada em época em que a ocorrência de chuvas é irregular, como é o caso do cultivo de segunda safra, na região Centro-Oeste. Além disso, a aplicação sobre a palhada ou superfície do solo (Sousa & Lobato 2004), como muitas vezes acontece no sistema de sementeira direta, pode reduzir a eficiência da adubação. Keller & Mengel (1986) relatam que, na literatura, são encontrados inúmeros trabalhos de pesquisa, por meio dos quais se demonstra que a uréia, em cobertura, pode ser tão eficiente quanto outras fontes nitrogenadas.

Nesse aspecto, é necessário buscar técnicas que possibilitem a redução das perdas, aumentando a eficiência da fertilização com nitrogênio e, consequentemente, a produtividade da cultura de segunda safra, em sistema de sementeira direta. A determinação da época de aplicação e da fonte nitrogenada constituem técnicas de extrema importância para o desenvolvimento da cultura.

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar a influência de épocas de aplicação e fontes de nitrogênio em cobertura, no milho de segunda safra cultivado em sucessão à cultura da soja, no sistema de sementeira direta sobre o desempenho produtivo da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido no ano agrícola de 2008, em área de campo comercial do Sítio Ivani, localizada no município de Santa Carmem, MT, apresentando as coordenadas geográficas 12°00' de latitude Sul e 55°14' de longitude Oeste, com altitude

de 365 m. O clima predominante na região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Aw, com precipitação e temperatura média anual de 2.500 mm e 24°C, respectivamente. A precipitação pluviométrica, por decêndio, ocorrida durante o ciclo da cultura, pode ser observada na Figura 1.

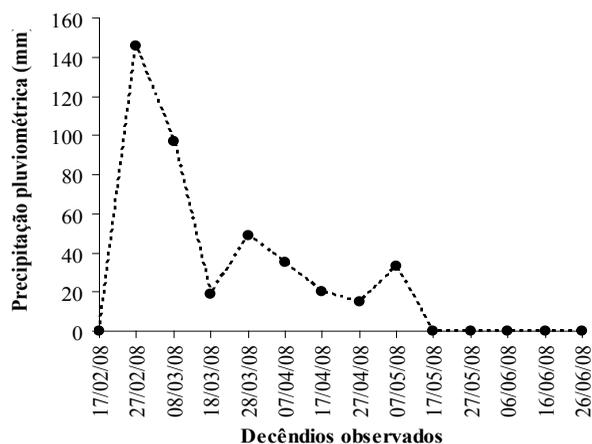


Figura 1. Precipitação pluviométrica registrada, por decêndio, durante o ciclo da cultura. Sítio Ivani, Santa Carmem, MT, Brasil (2008).

O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho-Amarelo – LVA argiloso, originalmente sob vegetação de floresta amazônica. Antes da instalação do experimento, foi realizada a amostragem do solo, na camada de 0,0 m a 0,2 m de profundidade, para a determinação das características físicas e químicas (Tabela 1). Anteriormente, a área foi cultivada

com a rotação milho – soja – milho e a sucessão milho – soja, nos anos agrícolas de 2005/2006 e 2006/2007, respectivamente, em sistema de semeadura direta.

Foi utilizado o híbrido comercial DKB 979 (Dekalb®), que apresenta as seguintes características: híbrido duplo, ciclo precoce (845 graus dias), grão duro alaranjado, alta produtividade, alta tolerância a doenças tropicais, amplitude de semeadura e excelente performance em regiões de alta temperatura, sendo recomendado para o cultivo de segunda safra. A semeadura mecânica sob resteva da cultura da soja foi realizada no dia 17 de fevereiro de 2008, época considerada como cultivo de segunda safra para a região, distribuindo-se três sementes por metro de sulco, a uma profundidade de 4 cm, no espaçamento de 50 cm entre linhas. Pelo fato de a semeadura ter sido realizada logo após a colheita da soja, não houve a necessidade de aplicação de herbicida pré-emergente na área. A emergência das plântulas ocorreu aos cinco dias após a semeadura e a população final estabelecida foi de 58.000 plantas ha⁻¹, em coerência com a recomendação proposta pela empresa produtora das sementes. Em razão da análise de solo ter sido concluída após a implantação da cultura, a adubação química de semeadura foi realizada pelo método usual do produtor rural, aplicando-se 185 kg ha⁻¹ da formulação N-P₂O₅-K₂O 06-16-16 (+ 6% de Ca, 5% de S e 0,3% de Zn).

Durante o período de desenvolvimento das plantas, foram realizadas as práticas fitotécnicas, de acordo com a necessidade (Barbosa 2007). Quando a cultura encontrava-se com 50% das plantas com

Tabela 1. Análise física e química do solo da área experimental, na camada de 0,0-0,2 m de profundidade. Sítio Ivani, Santa Carmem, MT, Brasil (2008).

Granulometria								Classe textural				
Areia		Silte		Argila								
		g kg ⁻¹						Argilosa				
380		100		520								
Macronutrientes e resultados complementares												
pH	P	K	S	Ca	Mg	Al	H	S	T	V	M.O.	
H ₂ O	mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³								%
6,2	7,5	12,0	22,8	2,4	0,76	0,0	2,7	3,2	5,9	54,0	1,4	
Micronutrientes												
B		Cu		Fe		Mn		Zn				
				mg dm ⁻³								
0,2		0,5		177,0		9,8		2,2				

Extratores: P e K: Mehlich; Ca, Mg e Al: KCl 1N; H + Al: SMP; Zn, Cu, Fe e Mn: Mehlich; S: Fosfato de Cálcio; B: Água quente.

quatro folhas completamente expandidas, as plantas invasoras foram controladas em pós-emergência, com os herbicidas Atrazina e Nicossulfuron, nas doses de 2.000 e 8 g i.a. ha⁻¹, respectivamente. É oportuno destacar que, no momento da aplicação, as plantas invasoras estavam nos estádios iniciais de desenvolvimento. O controle dos insetos-praga foi realizado em duas aplicações. Na primeira aplicação, em conjunto com os herbicidas (mistura de tanque), utilizou-se o inseticida Methamidophos, na dose de 480 g i.a. ha⁻¹, para o controle de besouros desfolhadores - “vaquinhas” (*Diabrotica speciosa* e *Maecolaspis calcarifera*). A segunda aplicação, quando 50% das plantas apresentavam oito folhas completamente expandidas, foi realizada com Lufenuron, na dose de 15 g i.a. ha⁻¹, no controle da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*). Todas as aplicações foram realizadas com pulverizador de barras tratorizado, regulado para aplicação de 150 L ha⁻¹ de calda.

Após a emergência das plântulas, as parcelas foram demarcadas, com os tratamentos (Tabela 2) dispostos no delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x4 (época de aplicação x fonte de nitrogênio), com quatro repetições. Cada parcela experimental foi composta por seis linhas de 6 m de comprimento, com espaçamento de 50 cm entre si, perfazendo área total de 18 m² e área útil de 4 m², uma vez que, por ocasião da colheita, colheram-se apenas as duas linhas centrais, excetuando-se 1 m nas extremidades. As quatro linhas extremas foram consideradas bordaduras.

As épocas de aplicação ocorreram quando 50% das plantas, na parcela experimental, apresentavam três, sete e dez folhas completamente expandidas, correspondendo, respectivamente, aos estádios de desenvolvimento 1, 2 e 3 da escala fenológica proposta por Fancelli & Dourado Neto (1997). As fontes nitrogenadas utilizadas foram uréia (45% de N), sulfato de amônio (20% de N e 24% de S) e

Entec[®] (26% de N, sendo 18,5% na forma amoniacal e 7,5% na forma nítrica, e 13% de S), todos na dose de 70 kg ha⁻¹ de N + testemunha (sem aplicação de nitrogênio em cobertura). Os fertilizantes nitrogenados foram aplicados em forma de cobertura superficial (sem incorporação) e sob boas condições de umidade no solo. A aplicação foi manual, distribuindo-se o produto a, aproximadamente, 5 cm das fileiras de plantas, a fim de se evitar o contato do fertilizante com as folhas, o que poderia provocar a desidratação e morte das células da epiderme.

O florescimento masculino (emissão da inflorescência masculina - “pendão”) ocorreu aos 55 dias após a semeadura e a colheita foi realizada aos 130 dias após a semeadura. No ponto de colheita, o desempenho produtivo da cultura foi avaliado perante os seguintes caracteres: comprimento de espiga, diâmetro de espiga (considerado a região central da espiga - ponto médio), diâmetro de sabugo, comprimento de grão (diferença entre o diâmetro de espiga e o diâmetro de sabugo), fileiras de grãos por espiga, prolificidade, massa de cem grãos (pesagem de oito subamostras de cem grãos por tratamento, com a massa corrigida para 130 g kg⁻¹ de teor de água - base úmida - “b.u.”) e produtividade de grãos, obtida através da pesagem dos grãos oriundos das áreas úteis das parcelas experimentais (g parcela⁻¹), a qual foi convertida para kg ha⁻¹ e padronizada para 130 g kg⁻¹ (b.u.). O teor de água dos grãos foi determinado através do método elétrico não destrutivo indireto, utilizando-se o aparelho modelo GAC 2100, marca Dickey-John[®]. Cabe salientar que, para tais características, exceto para prolificidade, massa de cem grãos e produtividade de grãos, foram avaliadas sempre as mesmas espigas, considerando-se, aleatoriamente, 20 espigas por tratamento.

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste F da análise de variância. Os efeitos das épocas de aplicação e das fontes nitrogenadas foram comparadas pelo teste Tukey (p < 0,05). O aplicativo computacional utilizado foi o Sistema de Análise Estatística - Sanest.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As precipitações pluviométricas ocorridas no local do experimento (Figura 1) foram consideradas boas para o desenvolvimento da cultura, apesar da distribuição desuniforme, permitindo afirmar que o desempenho produtivo não foi influenciado por

Tabela 2. Descrição sucinta dos tratamentos adotados no experimento. Sítio Ivani, Santa Carmem, MT, Brasil (2008).

Nº	Época ¹	Fonte de nitrogênio	Nº	Época ¹	Fonte de nitrogênio
01	1	Uréia	07	2	Entec [®]
02	1	Sulfato de amônio	08	2	Testemunha B
03	1	Entec [®]	09	3	Uréia
04	1	Testemunha A	10	3	Sulfato de amônio
05	2	Uréia	11	3	Entec [®]
06	2	Sulfato de amônio	12	3	Testemunha C

¹ Determinada de acordo com a escala fenológica proposta por Fancelli & Dourado Neto (1997).

déficit hídrico no solo. A partir de meados de maio, não foi registrada precipitação pluviométrica, porém, nesse período, os caracteres produtivos já estavam desenvolvidos. Penariol et al. (2003) destacam que a produção por área pode ficar comprometida, se a deficiência hídrica coincidir com o período do florescimento, fase que determina a quantidade de óvulos a serem fecundados e, por consequência, a produção de grãos. Para Cruz et al. (2006), o déficit hídrico pode ocasionar danos em todos os estádios de desenvolvimento. Além disso, a disponibilidade do nitrogênio para as plantas pode ser afetada, em condições de veranico. Mar et al. (2003) relatam que, mediante restrição hídrica, a mineralização da matéria orgânica do solo é reduzida e, consequentemente, a liberação de nitrogênio para as plantas é diminuída. A decomposição da palhada deixada pela colheita da soja, anterior à semeadura do milho, normalmente, é muito rápida, devido à baixa relação C/N da leguminosa e às temperaturas elevadas. Portanto, baixos teores de umidade no solo podem retardar esse processo.

Com baixo coeficiente de variação para todos os caracteres mensurados, a interação época de aplicação x fonte nitrogenada não foi significativa, indicando que estes fatores comportam-se de maneira

independente (Tabela 3). Resultados semelhantes foram obtidos por Souza & Soratto (2006), que avaliaram o efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho de segunda safra, em sistema de semeadura direta, e não constataram interação significativa destes fatores para prolificidade, número de grãos por espiga, massa de cem grãos e produtividade de grãos, no milho de segunda safra. Silva & Silva (2002), avaliando os efeitos do nitrogênio em milho, também não constataram interação significativa.

O comprimento médio de espiga é um dos caracteres que pode interferir, diretamente, no número de grãos por fileira e, consequentemente, na produtividade do milho. Contudo, no presente estudo, esta característica agrônômica não foi influenciada pelas épocas de aplicações (Tabela 3). Porém, analisando-se o efeito isolado das fontes de nitrogênio, verifica-se que as maiores espigas foram obtidas com a aplicação de sulfato de amônio e Entec[®], diferindo, significativamente, apenas da testemunha. Ao avaliar a influência de nitrogênio (parte na ocasião da semeadura e o complemento em cobertura), zinco e boro e de suas respectivas interações no desempenho do milho, Soares (2003) verificou que a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia (45% de N), proporcionou aumento médio de 22% no comprimento das espigas,

Tabela 3. Comprimento de espiga (C.E.), diâmetro de espiga (D.E.), diâmetro de sabugo (D.S.), comprimento de grão (C.G.), fileiras de grãos por espiga (F.G.E.), prolificidade (P.), massa de cem grãos (M.C.G.) e produtividade de grãos (P.G.) de milho, em função da aplicação de nitrogênio, em diferentes épocas e fontes. Sítio Ivani, Santa Carmem, MT, Brasil (2008).

Época (E.) (estádio fenológico) ¹	C.E.	D.E.	D.S.	C.G.	F.G.E.	P.	M.C.G.	P.G.
	mm			n°		espiga planta ⁻¹	g	kg ha ⁻¹
1	134,5	46,1 b	28,0	9,0 b	14,8 ab	1,0	29,6	5.866,3 ab
2	134,2	45,8 b	27,9	8,9 b	14,3 b	1,1	29,8	5.751,4 b
3	138,5	47,1 a	28,1	9,5 a	14,9 a	1,0	30,5	6.183,9 a
Valor de F	0,99 ns	7,06 **	0,18 ns	8,3 **	3,87 *	0,26 ns	1,69 ns	3,43 *
D.M.S. (5%)	8,39	0,92	0,78	0,37	0,62	0,04	1,37	420,25
Fonte (F.)								
Uréia	135,8 ab	46,6	28,2 ab	9,2	15,0	1,1	29,6	5.936,3 a
Sulfato de amônio	140,3 a	46,6	28,0 ab	9,2	14,7	1,1	30,1	6.377,7 a
Entec [®]	140,8 a	46,5	28,5 a	9,0	14,4	1,1	30,9	6.163,0 a
Testemunha	126,2 b	45,7	27,4 b	9,2	14,7	1,0	29,3	5.258,7 b
Valor de F	5,93 **	1,80 ns	3,55 *	0,66 ns	1,29 ns	2,83 ns	2,17 ns	12,06 **
D.M.S. (5%)	10,69	1,17	0,99	0,47	0,79	0,05	1,74	535,11
Interação (E. x F.)								
Valor de F	0,73 ns	1,06 ns	0,67 ns	0,83 ns	0,99 ns	0,26 ns	0,25 ns	0,94 ns
C.V. (%)	7,12	2,29	3,20	4,65	4,85	4,72	5,25	8,15

Médias seguidas por letras distintas minúsculas, nas colunas, diferem entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

D.M.S. - Diferença mínima significativa; C.V. - Coeficiente de variação.

¹ Determinada de acordo com a escala fenológica proposta por Fancelli & Dourado Neto (1997).

ns: Valores não diferem, segundo o teste F, a 1% de probabilidade; ** Médias significativas, segundo o teste F, a 1% de probabilidade; * Médias significativas, segundo o teste F, a 5% de probabilidade.

em relação aos tratamentos em que a aplicação de nitrogênio foi ausente (0 kg ha^{-1} de N). No entanto, ao elevar as doses de 120 kg ha^{-1} para 240 kg ha^{-1} de N, o aumento foi pouco expressivo (3%).

O diâmetro de espiga e comprimento de grão comportaram-se de forma semelhante, ao sofrerem efeito significativo apenas das épocas de aplicação, constatando-se superioridade para o estágio 3, o qual diferiu das demais épocas (Tabela 3). Estes resultados discordam, em parte, dos obtidos por Ohland et al. (2005), que, ao avaliar o efeito de cultivos de cobertura do solo e níveis crescentes de adubação nitrogenada em superfície, em duas épocas, sendo a metade da dose aplicada no estágio de quatro folhas e a outra metade no estágio de oito folhas completamente expandidas, verificaram que não houve diferença significativa para o diâmetro de espiga do milho cultivado em sistema de semeadura direta, mas apenas entre as culturas antecessoras. Os autores ainda relataram que o diâmetro de espiga está estreitamente relacionado com o enchimento de grãos e número de fileiras de grãos por espiga, que, também, são influenciados pelo genótipo. Soares (2003), ao avaliar o comprimento de grão, também pela diferença entre o diâmetro de espiga e sabugo, constatou que não houve efeito da aplicação do nitrogênio, zinco e boro sobre este caractere.

No tocante ao diâmetro de sabugo, apenas as fontes de nitrogênio apresentaram influência significativa (Tabela 3), sendo constatados os maiores valores com a utilização do Entec[®], diferindo apenas da testemunha. Entretanto, Heinrichs et al. (2003), estudando a influência de doses de nitrogênio na forma de uréia, em cobertura superficial, aplicada quando as plantas apresentavam seis folhas completamente expandidas, constataram que o nitrogênio não afetou, significativamente, o diâmetro de espiga.

Quanto às fontes, estas não se diferenciaram, significativamente, dos tratamentos em que o nutriente não foi aplicado, concordando com os dados de Casagrande & Fornasieri Filho (2002), ao não constatarem diferenças significativas para esta característica agrônômica, entre os tratamentos que receberam aplicação de uréia e testemunha, em milho de segunda safra. Cavallet et al. (2000), avaliando os efeitos da uréia e do sulfato de amônio no milho de primeira safra, com e sem aplicação, verificaram que o número de fileiras de grãos por espiga não foi influenciado, apresentando valor médio de 14 fileiras, semelhante ao obtido no presente estudo.

A prolificidade (número de espigas por planta) não foi afetada, significativamente, pelos fatores estudados (Tabela 3), reforçando os relatos de Souza et al. (2001), que alegam ser essa uma característica pouco afetada por fatores extrínsecos à planta. Porém, Sangoi & Almeida (1994) verificaram aumento no número de espigas por planta, com a aplicação de até 50 kg ha^{-1} de N, em ano com boa distribuição hídrica. A não constatação de efeito significativo sobre prolificidade pode ser justificada pela adequada densidade populacional de plantas obtida neste estudo, uma vez que Fornasieri Filho (1992) cita que o adensamento excessivo incrementa a competição intraespecífica, o que estimula a dominância apical, aumentando a esterilidade feminina e limitando a produção de grãos por área, além de causar aumento do número de plantas sem espiga. Por outro lado, a presença de mais de uma espiga por planta, pode ser consequência da baixa densidade populacional na área.

A massa de cem grãos, importante componente da produtividade de grãos no milho, comportou-se de maneira similar à prolificidade, não sendo influenciada pelas épocas e fontes nitrogenadas (Tabela 3), concordando, em parte, com os dados de Souza & Soratto (2006), que não verificaram diferença significativa entre uréia e Entec[®], para o número de espigas por planta e massa de cem grãos. Silva & Silva (2002), avaliando épocas de aplicação, e Silva et al. (2003) e Escosteguy et al. (1997), estudando doses de nitrogênio no milho, também não verificaram alteração nessa característica, obtendo valor médio de 27,5 g, um pouco abaixo do observado no presente estudo. No entanto, Sangoi & Almeida (1994) e Amaral Filho et al. (2005) obtiveram aumento no peso dos grãos, com a aplicação de nitrogênio em cobertura no milho. Para Borrás & Otegui (2001), esse é o componente da produção menos afetado por variações nas práticas de manejo e adubação. No presente estudo, esse resultado pode ser justificado pela boa precipitação ocorrida no período de enchimento dos grãos, pois, conforme Fancelli (1986), a massa média do grão é, marcadamente, afetada a partir dos grãos leitosos (estádio 6), principalmente pela disponibilidade de água.

Analisando-se o efeito de épocas de aplicação, verifica-se que a produtividade de grãos apresentou comportamento semelhante, com relação ao comprimento de espiga, diâmetro de espiga e de sabugo, comprimento de grãos e número de fileiras de grãos por espiga (Tabela 3). Contudo, entre as

fontes, as aplicações de uréia, sulfato de amônio e Entec® proporcionaram as maiores produtividades, diferindo, significativamente, da testemunha. Tais resultados mostram que a produtividade do milho, mesmo quando semeado em sucessão à soja, pode ser aumentada com a adubação nitrogenada em cobertura. Os resultados mostram-se coerentes com os obtidos por Pauletti & Costa (2000), que avaliaram o efeito da época de aplicação de nitrogênio, em milho cultivado em sucessão à aveia preta, em sistema de semeadura direta, em Ponta Grossa e Castro, PR, e verificaram que a produtividade de grãos foi, significativamente, superior nos tratamentos que receberam o nutriente, em relação à testemunha. Não obstante, Soares (2003) também constatou que a aplicação de nitrogênio resultou em plantas com maior altura de inserção de espiga, apresentando superioridade de 30%, em relação à testemunha. Entre as fontes, não houve diferença significativa. Souza & Soratto (2006) também não obtiveram diferença entre uréia e Entec®, para a produtividade de grãos.

Embora não tenha apresentado diferença no diâmetro de espiga, comprimento de grão, fileiras de grãos por espiga, prolificidade e massa de cem grãos (Tabela 3), a menor produtividade de grãos verificada na testemunha, em relação às fontes, pode ser justificada pelo menor comprimento de espiga, estando em conformidade com Soares (2003), ao concluir que, após a adubação nitrogenada, a variável que apresentou maior correlação com a produtividade de grãos foi o comprimento de espigas. Fancelli (1986) relata que o número médio de grãos por fileira é afetado pelo tamanho das espigas, o qual é definido, principalmente, no período em que as plantas apresentam doze folhas completamente expandidas (estádio 3). Assim, pode-se inferir que o comprimento de espiga apresenta relação com a produtividade de grãos. Contudo, Fancelli & Dourado Neto (1997) citam que a produtividade também depende do número de fileiras de grãos por espiga, massa de grãos, prolificidade e população de plantas. Destacam, ainda, que a população e a prolificidade devem ser otimizadas, levando-se em consideração o genótipo, condições edafoclimáticas e tecnologia empregada, pois, conforme Otegui (1997), o desenvolvimento e crescimento dos órgãos reprodutivos são afetados pela densidade de plantas.

De maneira geral, a produtividade de grãos obtida foi boa, visto que a média nacional, no cultivo de primeira e segunda safra, durante o ano agrícola

de 2007/2008, foi de apenas 4.144 kg ha⁻¹ e 3.643 kg ha⁻¹, respectivamente (Conab 2009), podendo ser explicada pela boa eficiência dos produtos utilizados e precipitação pluviométrica (Figura 1) ocorrida durante o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da cultura. Estresse hídrico, durante a fase reprodutiva do milho, limita o desenvolvimento da espiga e altera a sincronia entre o florescimento masculino e feminino, além de limitar a translocação de carboidratos para os grãos, podendo, também, afetar a resposta da planta ao nitrogênio (Sangoi & Almeida 1994).

Vale ressaltar que, mesmo no tratamento sem adição de nitrogênio em cobertura, obteve-se boa produtividade, ficando acima dos 3.500 kg ha⁻¹ obtidos por Souza & Soratto (2006), na região de Chapadão do Sul, MS, que, teoricamente, apresenta melhores condições para o adequado desenvolvimento da cultura, principalmente em razão dos 812 m de altitude. O alto nível de produtividade da testemunha pode ser atribuído ao nitrogênio oriundo do fertilizante utilizado na semeadura e da decomposição do resíduo do cultivo da soja. Embora a uréia e o sulfato de amônio sejam fontes que apresentam baixa eficiência de utilização pelas culturas (Barbosa Filho & Silva 2001), esses mostraram-se eficientes na obtenção de altos tetos produtivos, podendo ser justificados, principalmente, pelo baixo teor de matéria orgânica no solo e pela precipitação pluviométrica ocorrida nas fases de desenvolvimento da cultura. Isso demonstra que, para produtividade de grãos, a uréia e o sulfato de amônio, em cobertura, podem ser tão eficientes quanto outras fontes nitrogenadas, desde que ocorra uma precipitação, ou se proceda à irrigação após a sua aplicação. Contudo, é importante destacar que adubações sucessivas, com fertilizantes amoniacais em cobertura, têm aumentado a acidez da camada superficial do solo, principalmente em áreas de muitos anos de adoção do sistema de semeadura direta.

CONCLUSÕES

1. A aplicação de nitrogênio em cobertura no milho, em sucessão à soja, influencia, positivamente, o desempenho produtivo da cultura, no sistema de semeadura direta.
2. A aplicação de nitrogênio, no estágio 3 (dez folhas completamente expandidas), proporciona maior diâmetro de espiga, comprimento de grão, fileiras de grãos por espiga e produtividade de grãos, enquanto comprimento de espiga, diâmetro de

sabugo, prolificidade e massa de cem grãos não são influenciados pelas épocas de aplicação.

3. As fontes de nitrogênio influenciam apenas o comprimento de espiga, diâmetro de sabugo e produtividade de grãos, em comparação aos tratamentos em que o nutriente não foi fornecido, sendo que, entre as fontes, não apresentam diferença significativa.

AGRADECIMENTOS

Aos senhores Armando Pedro Kappes e Nelson Roque Kappes, proprietários do Sítio Ivani, em Santa Carmem, MT, pela concessão da área experimental e suporte para realização deste estudo, e ao senhor Alisson Fernando Pereira, pelo fundamental auxílio nas avaliações de campo.

REFERÊNCIAS

- ALVA, A. K. et al. Nitrogen and irrigation management practices to improve nitrogen uptake efficiency and minimize leaching losses. *Journal of Crop Improvement*, Binghamton, v. 15, n. 2, p. 369-420, 2005.
- AMARAL FILHO, J. P. R. et al. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 29, n. 3, p. 467-473, 2005.
- ANDRADE, A. C. et al. Adubação nitrogenada e potássica em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier). *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, Edição especial, p. 1643-1651, 2003.
- BARBOSA, C. A. *Manual da cultura do milho (Zea mays)*. Viçosa, MG: AgroJuris, 2007.
- BARBOSA FILHO, M. P.; SILVA, O. F. Adubação de cobertura do feijoeiro irrigado com uréia fertilizante em plantio direto: um ótimo negócio. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n. 93, p. 1-5, 2001.
- BASSO, C. J.; CERETTA, C. A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 24, n. 4, p. 905-915, 2000.
- BORRÁS, L.; OTEGUI, M. E. Maize kernel weight response to postflowering source-sink ratio. *Crop Science*, Madison, v. 41, n. 6, p. 1816-1822, 2001.
- CASAGRANDE, J. R. R.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 37, n. 1, p. 33-40, 2002.
- CAVALLET, L. E. et al. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 129-132, 2000.
- CENTURION, C. A. et al. Eficiência do nitrogênio de disponibilidade controlada associado com micronutrientes na cultura do milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 11.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 9.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 6., 2006, Bonito. *Anais...* Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 1 CD-ROM. (Documentos, 82).
- Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). *Acompanhamento da safra brasileira: grãos – quinto levantamento*, fevereiro 2009. Brasília, DF: Conab, 2009.
- CRUZ, J. C. et al. *Manejo da cultura do Milho*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. (Circular técnica, 87).
- ESCOSTEGUY, P. A. V.; RIZZARDI, M. A.; ARGENTA, G. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em duas épocas de semeadura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 21, n. 1, p. 71-77, 1997.
- FANCELLI, A. L. *Plantas alimentícias: guia para aula, estudos e discussão*. Piracicaba: CALQ, 1986.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Fenologia do milho. In: _____. *Tecnologia da produção de milho*. Piracicaba: Publique, 1997. p. 131-134.
- FERNANDES, F. C. S.; LIBARDI, P. L. Percentagem de recuperação de nitrogênio pelo milho, para diferentes doses e parcelamentos do fertilizante nitrogenado. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 6, n. 3, p. 285-296, 2007.
- FORNASIERI FILHO, D. *A cultura do milho*. Jaboticabal: Funep, 1992.
- HEINRICH, R. et al. Doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, Garça, n. 4, p. 1-5, 2003.
- HOEFT, R. G. Desafios para a obtenção de altas produtividades de milho e de soja nos EUA. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n. 104, p. 1-4, 2003.
- KELLER, G. D.; MENGEL, D. B. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizers surface applied to no-till corn. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 50, n. 4, p. 1060-1063, 1986.

- MAR, G. D. et al. Produção do milho safrinha em função de doses e épocas de aplicação de nitrogênio. *Bragantia*, Campinas, v. 62, n. 2, p. 267-274, 2003.
- MELGAR, R. J. et al. Rates and dates of nitrogen fertilizer application for maize on a latossol in the central Amazonia region. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 15, n. 3, p. 289-296, 1991.
- OHLAND, R. A. A. et al. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.
- OTEGUI, M. E. Kernel set and flower synchrony within the ear of maize: II. Plant population effects. *Crop Science*, Madison, v. 37, n. 2, p. 448-455, 1997.
- PAULETTI, V.; COSTA, L. C. Época de aplicação de nitrogênio no milho cultivado em sucessão à aveia preta no sistema plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 599-603, 2000.
- PENARIOL, F. G. et al. Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 2, n. 2, p. 52-60, 2003.
- SAINZROZAS, H. R.; ECHEVERRÍA, H. E.; BARBIERI, P. A. Nitrogen balance as affected by application time and nitrogen fertilizer rate in irrigated no-tillage maize. *Agronomy Journal*, Madison, v. 96, n. 6, p. 1622-1631, 2004.
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 29, n. 1, p. 13-24, 1994.
- 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, n. 3, p. 381-390, 2004.
- SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, F. H. T.; SILVA, P. I. B. Efeitos da aplicação de doses de nitrogênio e densidades de plantio sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 21, n. 3, p. 452-455, 2003.
- SILVA, P. S. L.; SILVA, P. I. B. Efeitos de épocas de aplicação de nitrogênio no rendimento de grãos do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 37, n. 8, p. 1057-1064, 2002.
- SOARES, M. A. *Influência de nitrogênio, zinco e boro e de suas respectivas interações no desempenho da cultura de milho (Zea mays L.)*. 2003. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)– Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Piracicaba, 2003.
- SOUZA, A. C. et al. Parcelamento e época de aplicação de nitrogênio e seus efeitos em características agronômicas do milho. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 25, n. 2, p. 321-329, 2001.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: _____. (Eds.). *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 129-145.
- 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, n. 3, p. 395-405, 2006.