

DOSES E FONTES ALTERNATIVAS DE NITROGÊNIO NO MILHO SOB PLANTIO DIRETO EM SOLO ARENOSO

Rates and alternative sources of nitrogen fertilization on maize under no-tillage in sandy soil

Rogério Peres Soratto¹, Ângela Honório da Silva²,
Susiane de Moura Cardoso³, Cristiane Gonçalves de Mendonça⁴

RESUMO

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito de fontes e doses de nitrogênio (N) na nutrição e produtividade da cultura do milho, sob sistema plantio direto em solo arenoso. O experimento foi conduzido em um Neossolo Quartzarênico, no município de Cassilândia, MS. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, num esquema fatorial 3x4, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por três fontes [uréia, uréia extrusada com produtos amiláceos (Amiréia[®] 180S) e sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação 3,4-dimethylpirazolfosfato (Entec[®] 26)] e quatro doses (0, 45, 90 e 180 kg ha⁻¹ de N) de N em cobertura, aplicado quando as plantas apresentavam quatro e seis folhas expandidas. A fonte de N utilizada afetou o teor de N, K e S na folha, mas não interferiu nos componentes da produção e na produtividade da cultura do milho. A aplicação de N na forma de Entec proporcionou maiores teores de N, K e S na folha do milho em relação à uréia, principalmente nas maiores doses estudadas. A aplicação de N em cobertura proporcionou aumento no número espigas por planta, no número de grãos por espiga e na produtividade de grãos, cultivada sob sistema plantio direto em solo arenoso, independentemente da fonte utilizada.

Termos para indexação: *Zea mays* L., adubação nitrogenada, uréia, sulfonitrato, dimethylpirazolfosfato, uréia extrusada.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of nitrogen sources and rates on maize nutrition and grain yield under no-tillage system in sandy soil. The experiment was conducted in a Typic Quartzipsamment, in the city of Cassilândia, State of Mato Grosso do Sul, Brazil. A completely randomized block design was used in a factorial array 3x4 with four replicates. Treatments consisted of three sources [urea, extruded urea with starch (Starea), and ammonium sulfonitrate with nitrification inhibitor of 3,4-dimethylpyrazole-phosphate (Entec[®] 26)] and four rates (0, 45, 90 and 180 kg ha⁻¹) of nitrogen, applied in side-dressing when the plants presented four and six expanded leaves. The nitrogen source affected N, K, and S concentration in the leaf, but did not interfere in the components of production and maize grain yield. Nitrogen application like ammonium sulfonitrate promoted higher concentrations of N, K and S in the maize leaf in relation to the urea, especially in the larger rates studied. Side-dressing nitrogen fertilization increased the number of ears per plant, number of grains per ear and grain yield, grown under no-tillage system in sandy soil, independent of the used source.

Index terms: *Zea mays* L., nitrogen fertilization, urea, sulfonitrate, dimethylpyrazole-phosphate, extruded urea.

(Recebido em 17 de junho de 2009 e aprovado em 17 de março de 2010)

INTRODUÇÃO

A necessidade de produção de alimentos para uma população crescente é um desafio que poderá ser vencido com o aumento da produtividade e com a exploração de novas áreas, normalmente com solos arenosos e naturalmente menos férteis, como é o caso de grande parte dos solos da região dos cerrados. Nas duas situações, é fundamental a utilização racional dos diversos insumos agrícolas como corretivos e fertilizantes (Silva et al., 2001).

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes que apresenta os efeitos mais significativos no aumento da produtividade de grãos da cultura do milho (Büll, 1993). O N exerce importante função nos processos bioquímicos e fisiológicos da planta. Segundo Uhart & Andrade (1995) e Escosteguy et al. (1997), o N determina o desenvolvimento das plantas de milho, com aumento significativo na área foliar e na produção de massa de matéria seca, resultando em maior produtividade de grãos. Estima-se que a necessidade de N para produção de uma tonelada de grãos varie de 20 a 28 kg ha⁻¹ (Büll, 1993; Coelho & França, 1995).

¹Universidade Estadual Paulista/UNESP – Faculdade de Ciências Agrônomicas/FCA – Campus de Botucatu – Cx. P. 237 – 18610-307 – Botucatu, SP – soratto@fca.unesp.br

²Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul/UEMS – Unidade Universitária de Cassilândia – Cassilândia, MS

³Universidade Estadual Paulista/UNESP – Faculdade de Ciências Agrônomicas/FCA – Botucatu, SP

⁴Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul/UEMS – Unidade Universitária de Aquidauana – Aquidauana, MS

Embora bem aceito pelos produtores de milho que a disponibilidade adequada de N é necessária para obter altos rendimentos, o dilema está em saber que quantidade aplicar (Below, 2002). Esse problema resulta do complexo ciclo do N no ambiente e da elevada solubilidade das principais fontes de fertilizantes nitrogenados que pode resultar em perdas expressivas, aliado ao fato de ser, geralmente, o elemento mais caro no sistema de produção da cultura (Cantarella & Marcelino, 2008).

A maior parte das perdas ocorre por desnitrificação e/ou volatilização da amônia, especialmente quando a fonte utilizada é a uréia (Yamada & Abdalla, 2000). Sendo que a aplicação do adubo sobre a palhada ou a superfície do solo (Lara Cabezas & Yamada, 1999), como muitas vezes acontece no sistema plantio direto, podem agravar o problema. Souza & Lobato (2002) relatam perdas por volatilização de N de até 70%, utilizando a uréia como fonte sobre a superfície do solo. Perdas de N por nitrificação e lixiviação ocorrem, especialmente quando são utilizadas doses elevadas do nutriente e a cultura é conduzida em solos arenosos e sob condições de elevada precipitação, como na região do Bolsão Sulmatogrossense, também podem ser significativas (Below, 2002; Jaynes & Colvin, 2006; Cantarella & Marcelino, 2008). Assim, por ser o N, um elemento muito dinâmico no solo e sujeito a grandes perdas, torna-se essencial o seu manejo eficiente (Yamada & Abdalla, 2000).

Dessa forma, tem surgido interesse pela utilização de fontes alternativas que possibilitem a redução das perdas, aumentando a eficiência de utilização do N e, conseqüentemente, a produtividade de grãos.

O uso de uma fonte menos solúvel pode reduzir essas perdas (Bono et al., 2006). Uma alternativa seria a proteção da partícula da uréia com algum produto menos higroscópico

que permita aplicá-la na superfície do solo, favorecendo sua penetração de forma controlada e estimule o processo de hidrólise no interior do solo, reduzindo consideravelmente as perdas de N, na forma de gás amônia (Bono et al., 2006). Essa proteção da uréia pode ser obtida por extrusão, que consiste na união da uréia com a molécula de amido gelatinizado, mediante exposição à pressão, temperatura e umidade, por um determinado tempo (Pires et al., 2004).

Outra possibilidade é a utilização de fontes de liberação lenta, ou que contenha inibidor de nitrificação, como por exemplo o 3,4-dimetilpirazolfosfato (DMPP), que prolonga o tempo do N na forma não lixiviável (NH_4^+), permitindo um adequado suprimento de N durante todo o ciclo da cultura ou a redução das perdas por lixiviação (Zerulla et al., 2001), especialmente em solos arenosos (Barth et al., 2001). Na Europa, a adição de DMPP ao sulfonitrato de amônio proporcionou incremento de produção de grãos na cultura de milho (Pasda et al., 2001). Contudo, ainda existem dúvidas sobre a eficiência dessas fontes para o fornecimento de N para o milho, especialmente no sistema plantio direto em solo arenoso.

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito de fontes e doses de N na nutrição e produtividade da cultura do milho sob sistema plantio direto, em solo arenoso.

MATERIAL E MÉTODOS

Conduziu-se, o trabalho de pesquisa na área experimental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Cassilândia, município de Cassilândia, MS (19° 05' S, 51° 56' W, com altitude de 471 m). Os dados de precipitação obtidos durante a condução do experimento estão apresentados na Figura 1.

O solo do local é um Neossolo Quartzarênico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 2006), cujas

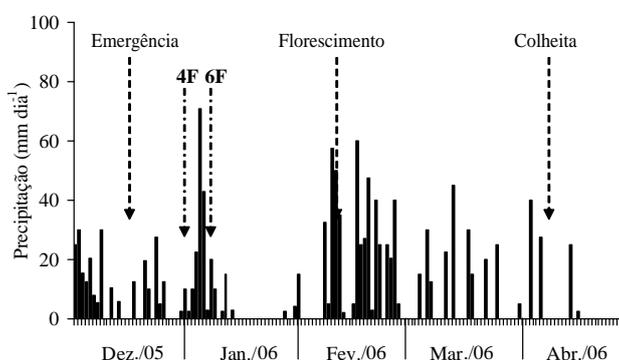


Figura 1 – Precipitação pluvial registrada na área do experimento, durante o período de dezembro de 2005 a abril de 2006, em Cassilândia (MS). Datas em que as plantas apresentavam 4 folhas (4F) e 6 folhas (6F) totalmente expandidas, florescimento masculino e ponto de colheita.

características granulométricas são: 877, 20 e 103 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente. Antes da instalação dos experimentos foram realizadas amostragens do solo na área experimental para determinação das características químicas do solo, cujos resultados foram os seguintes: pH (CaCl₂), 4,8, matéria orgânica, 17,6 g kg⁻¹, P, 3,8 mg dm⁻³, H+Al, K, Ca, Mg e CTC, 21,9, 1,23, 12,6, 5,2 e 41 mmol_c dm⁻³, respectivamente, e saturação por bases de 46%.

O experimento foi instalado em área anteriormente cultivado com pastagem. Em setembro de 2005 foi aplicado, em toda a área experimental, 1.500 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT de 72%), visando elevar a saturação por bases a 70%. O calcário foi incorporado com uma gradagem pesada e duas gradagens leves.

O milho foi semeado a lanço no dia 05/10/2005, utilizando 20 kg ha⁻¹ de sementes, sendo essas incorporadas com uma gradagem leve e fechada. A emergência ocorreu em 12/10/2005 e, aos 20 dias após a emergência (DAE), foram aplicados em cobertura e a lanço 25 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia, com o objetivo de aumentar a produção de fitomassa pelo milho, já que as plantas apresentavam deficiência do nutriente.

A dessecação da cultura do milho foi realizada em 02/12/2005, ou seja, 50 DAE, utilizando-se o herbicida glifosato na dose de 1.400 g ha⁻¹ do i.a.

O milho híbrido cultivar HS1530 (Zenit) foi semeado em plantio direto sobre a palhada do milho, em 12/12/2005, utilizando-se espaçamento de 0,80 m entre linhas e 6 sementes por metro linear. As sementes foram tratadas com inseticida carbofuran (1.050 g do i.a. por 100 kg de sementes). A adubação de semeadura foi realizada de acordo com a análise química do solo e as recomendações de Cantarella et al. (1996), aplicando-se 20, 90 e 50 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, na forma de uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio. Foram aplicados também 30 kg ha⁻¹ de F.T.E. BR-12 (9,0% de Zn, 1,8% de B, 0,8% de Cu, 3,0% de Fe, 2,0% de Mn e 0,1% de Mo). A emergência da cultura do milho ocorreu em 19/12/2005.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, num esquema fatorial 3x4, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por três fontes de N (uréia - 45% de N, uréia extrusada com produtos amiláceos (Amiréia® 180S, Pajoara Indústria e Comércio, Campo Grande, MS) - 28% de N e 3% de S e sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação DMPP (Entec® 26, Compo do Brasil S.A., Florianópolis, SC) - 26% de N, 18,5% na forma amoniacal e 7,5% na forma nítrica, e 13% de S) e quatro doses (0, 45, 90 e 180 kg ha⁻¹ de N), em cobertura. Cada unidade experimental foi constituída por cinco linhas de 5 m de

comprimento. Para as avaliações foram consideradas as três linhas centrais desprezando 0,5 m na extremidade de cada linha de plantas.

O N em cobertura foi aplicado parceladamente, ou seja, metade no dia 02/01/2006 (4 folhas) e metade no dia 12/01/2006 (6 folhas). O adubo nitrogenado foi distribuído sobre a superfície do solo ao lado e aproximadamente 10 cm das fileiras de plantas.

No dia 13/01/2006 foi aplicado, em toda área experimental, o inseticida clorfluazuron (15 g do i.a. ha⁻¹), em jato dirigido ao cartucho das plantas, visando o controle de lagartas do cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

No florescimento masculino da cultura, ou seja, em 09/02/2006, coletou-se, ao acaso, 15 folhas (terço central da folha da base da espiga), em cada parcela (Cantarella et al., 1996). O material foi seco em estufa a 65° C, até peso constante. Em seguida, as folhas foram moídas e submetidas à análise química para determinação dos teores dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), segundo os métodos descritos por Malavolta et al. (1997).

Por ocasião da colheita, que ocorreu em 08/04/2006, foram determinadas as seguintes variáveis: população final de plantas, altura da planta (distância do solo até a inserção do pendão), número de espigas por planta, número de grãos por espiga, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos. Para a avaliação da produtividade de grãos, foram colhidas, manualmente, as plantas contidas na área útil de cada parcela. Após a debulha, os grãos foram pesados e, posteriormente, calculada a produtividade em kg ha⁻¹ (13% base úmida).

Os resultados foram submetidos à análise de variância. As médias referentes às fontes foram comparadas pelo teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade, enquanto os efeitos das doses de N foram avaliados pela análise de regressão, adotando-se como critério para escolha do modelo a magnitude dos coeficientes de regressão, significativos ao nível de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de N na folha sofreu influência dos fatores estudados e da interação entre eles (Tabela 1). Mediante o desdobramento verifica-se que a aplicação de N incrementou o teor de nutriente na folha do milho, independentemente da fonte utilizada, porém, com efeito linear quando foram utilizados o Entec e a Amiréia e, quadrático quando se utilizou a uréia (Figura 2). Verificou-se também que a aplicação da maior dose (180 kg ha⁻¹) de N na forma de Entec proporcionou maior teor de N na folha em comparação com a uréia. O fato do Entec ter em sua constituição o DMPP que inibe a nitrificação pode ter

contribuído para evitar perdas por lixiviação e aumentado o aproveitamento do N pela cultura. Os maiores efeitos do DMPP foram observados sob condições que favoreciam as perdas de nitrato por lixiviação, tais como elevada precipitação ou irrigação e solos arenosos (Barth et al., 2001). Apenas com a aplicação 180 kg ha⁻¹ de N na forma de Entec e Amiréia foram obtidos teores de N na folha, dentro da faixa considerada adequada (27-35 g kg⁻¹) para a cultura do milho (Cantarella et al., 1996). Os baixos teores de N verificados, mesmo com aplicação de altas doses do elemento em cobertura, estão relacionados, provavelmente, com o histórico da área e o sistema de cultivo, ou seja, em plantio direto sobre palhada de milho, que é uma gramínea que possui alta relação C/N, implantado em área anteriormente ocupado com pastagem de braquiária, e em solo arenoso e pobre em matéria orgânica.

Os teores de P, Ca e Mg na folha da cultura do milho não foram influenciados pelos fatores estudados (Tabela 1). Nota-se que, para os três nutrientes os teores encontravam-se nas faixas consideradas adequadas para a cultura do milho, que são: 2,0-4,0 g kg⁻¹, 2,5-8,0 g kg⁻¹ e 1,5-5,0 g kg⁻¹, respectivamente, para P, Ca e Mg (Cantarella et al., 1996).

O teor de K nas folhas foi influenciado pelos fatores estudados e pela interação entre eles (Tabela 1). O desdobramento da interação demonstra que, independente da fonte utilizada, a aplicação de N em cobertura proporcionou incremento no teor de K na folha do milho,

com efeito linear quando se utilizou o Entec e a Amiréia e, quadrático quando a fonte foi a uréia (Figura 2). Arnon (1975) também relatou incremento no teor de K nas folhas do milho com o aumento das doses de N aplicadas. De maneira geral, a aplicação de N na forma de Entec proporcionou maiores teores de K nas folhas, provavelmente devido ao fato dessa fonte apresentar parte do N na forma nítrica, o que pode ter favorecido a absorção de cátion K⁺.

Como o fornecimento de P na adubação de sementeira foi realizada com superfosfato simples, foram aplicados 50 kg ha⁻¹ de S em todos os tratamentos. Mesmo assim, o teor de S foi influenciado pela fonte, dose e pela interação fonte x dose de N, sendo que, apenas a aplicação de Entec e a Amiréia promoveram incrementos nos teores desse elemento na folha do milho (Figura 2). A aplicação de Entec proporcionou maiores incrementos nos teores de S, provavelmente por esse produto conter em sua fórmula cerca de 13% de S, assim com o aumento das doses N aumentaram-se também as doses de S aplicadas. Verificase que, com a aplicação das maiores doses, os teores de S na folha do milho nos tratamentos que receberam N, na forma de Entec, foram maiores que nos tratamentos nos quais foi utilizada uréia. Entretanto, Casagrande & Fornasieri Filho (2002) verificaram aumento nos teores de S na folha do milho com o aumento das doses de N, na forma de uréia.

A população final de plantas não foi influenciada pelos tratamentos, apresentando média de 54.600 plantas por ha (Tabela 2).

Tabela 1 – Teores de macronutrientes na folha do milho, em função da aplicação de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. Cassilândia (MS), 2005/06⁽¹⁾.

Fonte de N	N	P	K	Ca	Mg	S
	(g kg ⁻¹)					
Entec	25,8a ⁽¹⁾	3,8a	18,6a	2,7a	1,7a	1,7a
Amiréia	24,1b	3,9a	16,8b	2,6a	1,6a	1,5b
Uréia	24,7ab	4,1a	17,6ab	2,5a	1,5a	1,3c
Teste F	(Valores de F)					
Fonte (F)	5,086*	1,176	4,708*	0,031ns	1,331ns	19,133**
Dose (D)						
Reg. Linear	88,79**	0,055ns	10,468**	0,013ns	0,089ns	69,763**
Reg. Quadrática	4,219*	0,185ns	0,216ns	0,234ns	0,292ns	5,127*
Interação (F x D)	2,793*	0,870ns	2,721*	0,100ns	0,471ns	4,220**
CV (%)	6,1	12,0	9,4	28,3	28,4	12,3

⁽¹⁾Médias seguidas de letras distintas na coluna (fontes) diferem entre si pelo teste de Tukey (P=0,05); **, * e ns são respectivamente, significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F.

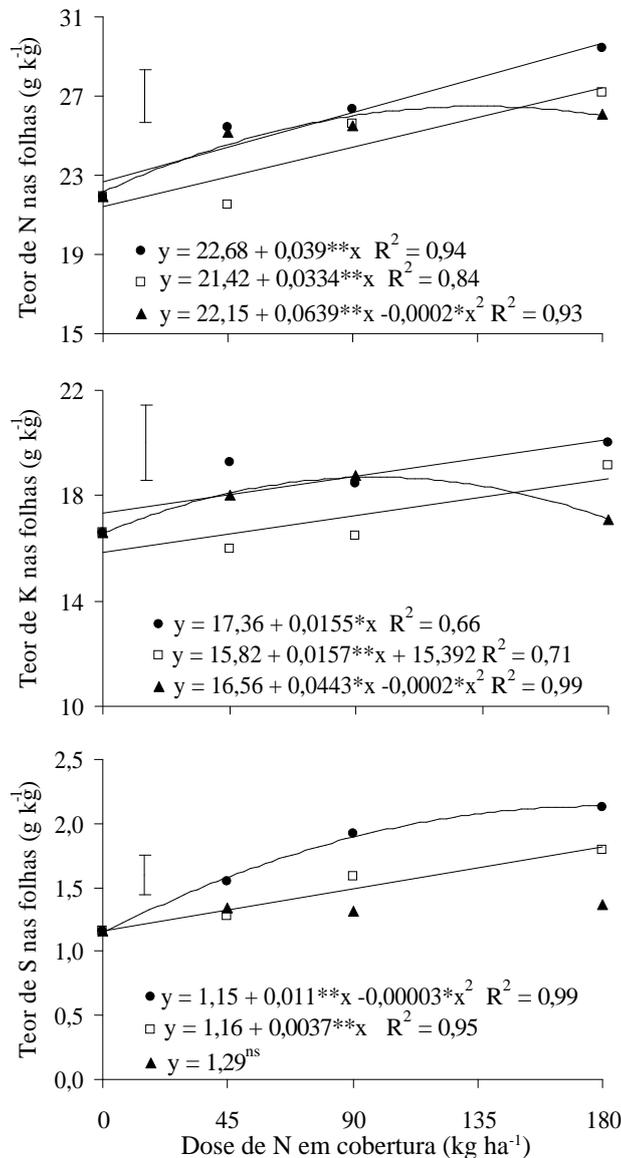


Figura 2 – Teor de N, K e S na folha do milho em função da aplicação de doses de N em cobertura, tendo como fonte (●) Entec, (□) Amiréria e (▲) uréia. *, ** e ns são significativos a 5%, 1% e não-significativo, respectivamente, pelo teste t. Barras verticais indicam o valor de DMS do teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A altura da planta não foi influenciada pelos tratamentos (Tabela 2). Casagrande & Fornasieri Filho (2002) também não verificaram efeito do N, na altura da planta de milho.

O número de espigas por planta sofreu efeito apenas das doses de N (Tabela 2), sendo que a aplicação de N proporcionou incremento linear nessa característica, independentemente da fonte utilizada (Figura 3). 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. Segundo Fancelli & Dourado Neto (2004), no estágio de 4 folhas inicia-se o processo de diferenciação floral e define-se o potencial de produção da planta de milho. Portanto, o suprimento adequado de N, a partir dessa fase, pode aumentar o número de espigas por planta.

Quanto ao número de grãos por espiga, não houve efeito da fonte estudada (Tabela 2). As doses de N proporcionaram aumento linear desse componente da

produção (Figura 3). Segundo Ernani et al. (2005), o suprimento insuficiente de N, durante o estágio de diferenciação floral, pode reduzir a diferenciação do número de óvulos nos primórdios da espiga, e com isso afetar negativamente a produtividade de grãos. Souza & Soratto (2006) também verificaram incremento linear no número de grão por espiga em função da aplicação de N em cobertura, independentemente da fonte utilizada (Entec e uréia). Amaral Filho et al. (2005) e Silva et al. (2005) também verificaram aumento no número de grãos por espiga do milho, mediante a aplicação de N em cobertura. Um importante papel do N em assegurar alta produtividade de milho está no estabelecimento da capacidade do dreno reprodutivo (Below, 1995). Apesar da capacidade do dreno reprodutivo ser função do número e do tamanho dos grãos, o número de grãos por espiga se correlaciona mais intensamente com a produtividade de grãos de milho que qualquer outro componente da produção (Souza & Soratto, 2006).

A massa de 1000 grãos não foi afetada pelos tratamentos estudados (Tabela 2). Souza & Soratto (2006), estudando fontes e doses de N em cobertura para o milho safrinha, também não verificaram alteração nessa variável. No entanto, Amaral Filho et al. (2005) e Silva et al. (2005) obtiveram aumento no peso dos grãos com a aplicação de N em cobertura na cultura do milho. Para Borrás & Otegui (2001), esse é o componente da produção menos afetado por variações nas práticas de manejo e adubação.

A produtividade de grãos foi influenciada apenas pelas doses de N (Tabela 2), sendo que a aplicação de doses crescentes de N em cobertura proporcionou aumento quadrático nos valores dessa variável até a dose estimada de 124 kg ha⁻¹, com um aumento da ordem de 56,8% em relação à testemunha, sem aplicação de N em cobertura (Figura 2). Benett et al. (2008) também não verificaram efeito da fonte (Entec, sulfato de amônio e uréia) na produtividade de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú, apesar de ter havido efeito da dose utilizada. Tal resultado pode ser explicado pela condição em que o milho foi cultivado, ou seja, em plantio direto sobre palhada de milheto, que é uma gramínea que possui alta relação C/N, e em solo arenoso e pobre em matéria orgânica. Em material com relação C/N maior que 20, característica da maioria das gramíneas, há maior imobilização de N para sua decomposição (Alvarenga et al., 2001), sendo necessária maior quantidade desse nutriente para obter produtividades satisfatórias. Silva et al. (2005) verificaram aumento de produtividade do milho, semeado em sucessão ao milheto em sistema plantio direto, até a dose de 166 kg ha⁻¹ de N.

Os baixos teores de N na folha e a baixa produtividade de grãos, provavelmente estão relacionados com a distribuição irregular de chuvas durante o desenvolvimento da cultura, principalmente do estágio de 7-8 folhas até às vésperas do florescimento (Figura 1), fato que pode ter sido agravado pelas características granulométricas do solo, o qual é arenoso e possui baixa

Tabela 2 – População final de plantas, altura da planta, número de espigas por planta e de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos do milho, em função da aplicação de fontes e doses de nitrogênio em cobertura. Cassilândia (MS), 2005/06⁽¹⁾.

Fonte de N	População final (plantas ha ⁻¹)	Altura da planta (m)	Nº de espigas por planta	Nº de grãos por espiga	Massa de 1.000 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
Entec	54.297a	1,53a	0,87a	336,4a	250,0a	3.448a
Amiréia	53.255a	1,55a	0,89a	341,6a	244,7a	3.254a
Uréia	56.120a	1,52a	0,84a	348,6a	251,5a	3.430a
Teste F	(Valores de F)					
Fonte (F)	1,102ns	0,510ns	1,378ns	0,442ns	0,490ns	0,315ns
Dose (D)						
Reg. Linear	0,560ns	0,478ns	5,239*	41,130**	0,279ns	12,297**
Reg. Quadrática	1,598ns	0,021ns	1,482ns	3,289ns	0,219ns	9,262**
Interação (F x D)	0,401ns	0,480ns	0,678ns	1,176ns	0,512ns	1,107ns
CV(%)	10,0	6,4	9,3	10,8	8,2	22,6

⁽¹⁾Médias seguidas de letras distintas na coluna (fontes) diferem entre si pelo teste de Tukey ($P=0,05$). **, * e ns são respectivamente, significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F.

capacidade de retenção de água. Segundo Fancelli & Dourado Neto (2004) a deficiência hídrica entre os estádios de 4 e 12 folhas pode reduzir sensivelmente o tamanho da espiga e, conseqüentemente, a produtividade de grãos. Já se a deficiência hídrica ocorrer próximo ao florescimento pode reduzir a produtividade de grãos devido à diminuição

na produção e fertilidade do pólen, alteração do sincronismo de florescimento das inflorescências masculina e feminina, além de limitar a translocação de carboidratos para os grãos, podendo também afetar a resposta da planta ao N (Sangoi & Almeida, 1994; Fancelli & Dourado Neto, 2004).

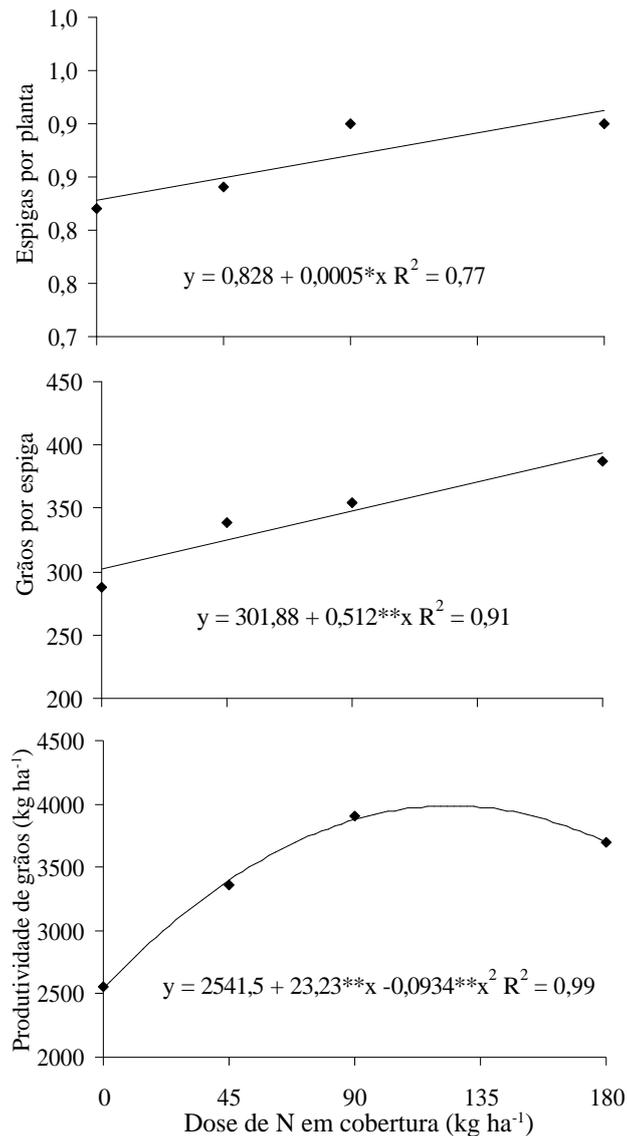


Figura 3 – Número espigas por planta e de grãos por espiga e produtividade de grãos do milho em função da aplicação de doses de N em cobertura. Média de três fontes. * e ** são significativos a 5% e 1%, respectivamente, pelo teste t.

CONCLUSÕES

A fonte utilizada afeta o teor de N, K e S na folha, mas não interfere nos componentes da produção e na produtividade da cultura do milho.

A aplicação de N na forma de Entec proporciona maiores teores de N, K e S na folha do milho em relação à uréia, principalmente, nas maiores doses estudadas.

A aplicação de N, em cobertura, aumenta o número espigas por planta, o número de grãos por espiga e a produtividade de grãos da cultura do milho cultivada sob sistema plantio direto em solo arenoso, independentemente da fonte utilizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, R.C.; CABEZAS, W.A.L.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema de plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.25-36, 2001.
- AMARAL FILHO, J.P.R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J.C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.3, p.467-473, 2005.
- ARNON, I. **Mineral nutrition of maize**. Bern: International Potash Institute, 1975. 452p.
- BARTH, G.; TUCHER, S. von; SCHMIDHALTER, U. Influence of soil parameters on the effect of 3,4-dimethylpyrazole-phosphate as a nitrification inhibitor. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.34, n.1, p.98-102, 2001.
- BELOW, F.E. Fisiologia, nutrição e adubação nitrogenada do milho. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.99, p.7-12, 2002.
- BENETT, C.G.S.; BUZZETTI, S.; SILVA, K.S.; BERGAMASCHINE, A.F.; FABRICIO J.A. Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.5, p.1629-1636, 2008.
- BONO, J.A.M.; SETTI, J.C.A.; SPEKKEN, S.S.P. O nitrogênio protegido como alternativa de fertilizante para o uso no plantio da cultura do algodão. **Ensaio e Ciência**, Campo Grande, v.10, n.1, p.39-45, 2006.
- 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.
- BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L.T.; CANTARELLA, H. (Eds.). **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Potafos, 1993. p.63-145.
- CANTARELLA, H.; MARCELINO, R. Fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.122, p.12-14, 2008.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. p.45-71. (Boletim técnico, 100).
- CASAGRANDE, J.R.R.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.1, p.33-40, 2002.
- COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. de. **Seja o doutor do seu milho**: nutrição e adubação. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1995. 9p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Brasília: Embrapa STI, 2006. 412p.
- ERNANI, P.R.; SANGOI, L.; LECH, V.A.; RAMPAZZO, C. A forma de aplicação da uréia e dos resíduos vegetais afeta a disponibilidade de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.2, p.360-365, 2005.
- 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.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2.ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360p.
- JAYNES, D.B.; COLVIN, T.S. Corn yield and nitrate loss in subsurface drainage from midseason nitrogen fertilizer application. **Agronomy Journal**, Madison, v.98, n.6, p.1479-1487, 2006.

- LARA CABEZAS, W.A.R.; YAMADA, T. Uréia aplicada na superfície do solo: um péssimo negócio! **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.86, p.9-10, 1999.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 308p.
- PASDA, G.; HÄHNDEL, R.; ZERULLA, W. Effect of fertilizers with the new nitrification inhibitor DMPP (3,4-dimethylpyrazole phosphate) on yield and quality of agricultural and horticultural crops. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.34, n.2, p.85-97, 2001.
- PIRES, A.V.; OLIVEIRA JUNIOR, R.C.; FERNANDES, J.J.R.; SUSIN, I.; SANTOS, F.A.P. dos; ARAÚJO, R.C.; GOULART, R.C.D. Substituição do farelo de soja por uréia ou amiréia na dieta de bovinos de corte confinados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.9, p.937-942, 2004.
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L. de. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.1, p.13-24, 1994.
- SILVA, E.C. da; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G.L.; LAZARINI, E.; SÁ, M.E. de. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.3, p.353-362, 2005.
- SILVA, E. de B.; RESENDE, J.C.F. de; CINTRA, W.B.R. Resposta do feijoeiro a doses de fósforo em solo arenoso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.6, p.973-977, 2001.
- SOUZA, D.M.G. de; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: _____. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002.
- SOUZA, E. de F.C. de; 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.387-397, 2006.
- UHART, S.A.; ANDRADE, F.H. Nitrogen deficiency in maize: II., carbonnitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. **Crop Science**, Madison, v.35, n.5, p.1384-1389, 1995.
- YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho? **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.91, p.1-5, 2000.
- ZERULLA, W.; BARTH, T.; DRESSEL, J.; ERHARDT, K.; LOCQUENGIEN, K.H. von; PASDA, G.; RÄDLE, M.; WISSEMEIER, A.H. 3,4 Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture: an introduction. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.34, n.1, p.79-84, 2001.