



Fontes e métodos de aplicação de nitrogênio na cultura do milho

Sources and methods of nitrogen application in corn crop

Evandro Luiz Schoninger¹, Amilton Ferreira da Silva², Gustavo Caione³, Anderson Lange⁴, Marco Antonio Camillo de Carvalho⁵

¹Universidade de São Paulo (USP), Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Laboratório de Isótopos Estáveis. Avenida Centenário, 303, São Dimas, Piracicaba, SP. CEP: 13.416-000. E-mail: schoningerel@cena.usp.br

²Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia, Viçosa, MG.

³Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Departamento de Produção Vegetal, Jaboticabal, SP.

⁴Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Departamento de Agronomia, Sinop, MT.

⁵Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Alta Floresta, Departamento de Agronomia, Alta Floresta, MT.

Recebido em: 05/06/2012

Aceito em: 04/11/2012

Resumo. Diversas estratégias têm sido testadas com o intuito de aumentar a eficiência dos fertilizantes nitrogenados na cultura do milho, pois a dinâmica do nitrogênio no solo é complexa e dependente de muitos fatores. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade da cultura do milho em função de fontes e métodos de aplicação de nitrogênio. O experimento foi desenvolvido a campo, no município de Alta Floresta - MT, na safra 2007/08. Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 4x2, em que o primeiro fator representava as fontes de N (ureia, sulfato de amônio, Nitrabor[®] e Entec 26[®]) e o segundo os métodos de aplicação (dose integral no sulco de semeadura e parcelamento da dose). Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados com quatro repetições, sendo avaliadas variáveis morfológicas e produtivas da cultura, além da população final de plantas. A aplicação de todo o N na semeadura diminuiu a população final de plantas, mas não afetou a produtividade de grãos. A produtividade de grãos foi alterada pelo uso de fontes de N, em que a aplicação do Entec 26[®] proporcionou maior produtividade de grãos, enquanto a aplicação do sulfato de amônio, a menor. Os métodos de aplicação de N não diferiram quanto à produtividade de grãos.

Palavras-chave. Nitrabor[®], parcelamento da adubação nitrogenada, *Zea mays* L. Entec 26[®]

Abstract. Several strategies have been tested in order to increase the efficiency of nitrogen fertilizers in corn, because the dynamics of nitrogen in the soil is complex and dependent on many factors. Thus, this study aimed to evaluate the maize yield due to sources and methods of nitrogen application. The field experiment was carried out in the municipality of Alta Floresta - MT in the years of 2007 and 2008. The treatments were arranged in a 4x2 factorial scheme, where the first factor represented the N sources (urea, ammonium sulfate, Entec 26[®] and Nitrabor[®]) and the second the methods of application (full dose in the groove of sowing and split application of nitrogen). We used a block randomized design with four replications and we evaluated morphological characteristics and the grain yield of the crop, and the plants population. The application of all N at sowing caused a reduction in the plants population, but did not affect grain yield. The grain yield was changed by the use of N sources, wherein the application of Entec 26[®] provided a higher yield, while the application of ammonium sulfate, the lowest. The methods of N application did not differ in grain yield.

Keywords. Nitrabor[®], split application of nitrogen, *Zea mays* L. Entec 26[®]



Introdução

A constante busca pelo aumento da produtividade da cultura do milho e o limitado fornecimento de nutrientes às plantas pelo solo têm sido as principais causas do aumento no consumo de fertilizantes nesta cultura, principalmente dos nitrogenados. Isto ocorre porque o N é o nutriente requerido em maior quantidade pelo milho e apresenta dinâmica bem complexa no solo, o que propicia grandes perdas deste nutriente do sistema solo-planta.

Dentre as fontes de N empregadas como fertilizantes no Brasil, a ureia é a mais utilizada, principalmente, pelo menor custo por unidade de N em relação às demais fontes sólidas disponíveis no mercado. Quando aplicada ao solo, a ureia sofre hidrólise por ação da enzima urease, convertendo o R-NH₂ para NH₄⁺. Nesta etapa, há consumo de H⁺ do meio, fato este que promove elevação no pH do solo próximo aos grânulos de fertilizantes, favorecendo então a transformação do NH₄⁺ para NH₃, sendo esta uma forma gasosa e passível de perdas por volatilização (Singh & Nye, 1984; Kiehl, 1989). Segundo Lara Cabezas et al. (2000), a aplicação de ureia em superfície sem incorporação ao solo poderá proporcionar perdas de 31 a 78 % do total de N aplicado. Entretanto, se a ureia for incorporada ao solo, as perdas por volatilização de NH₃ diminuem sensivelmente (Lara Cabezas et al., 2000; Sangoi et al., 2003; Trivelin et al., 2002), pois a amônia ao difundir do interior do solo em direção a atmosfera, encontra regiões com valores de pH mais baixo em relação aos valores próximos aos grânulos de ureia, sendo novamente convertida a NH₄⁺ (Ernani, 2008).

Além das perdas de N sob a forma de amônia, este nutriente também é passível de remoções significativas do sistema solo-planta através de lixiviação, principalmente na forma de NO₃⁻. Isto ocorre porque grande parte do NH₄⁺ no solo é transformada a NO₃⁻ por ação de microrganismos nitrificadores e, como a quase totalidade dos solos agricultáveis apresentam carga líquida negativa na camada arável, o NO₃⁻ praticamente não é adsorvido aos colóides do solo, permanecendo principalmente na solução. Assim, se ocorrer elevado fluxo vertical de água no solo (após chuvas intensas principalmente em solos mais arenosos), parte do NO₃⁻ poderá ser movido para camadas mais profundas do solo, onde o nutriente não será mais absorvido pelas raízes das plantas, podendo em certos casos contaminar águas subterrâneas e causar graves problemas ambientais.

Contudo, caso ocorram condições de anaerobiose no solo, o NO₃⁻ também poderá ser convertido a formas gasosas como N₂ e N₂O que poderão ficar retidos em agregados do solo ou difundir até a atmosfera contribuindo para o agravamento de um problema mundial bem conhecido, o efeito estufa.

Com a finalidade de reduzir perdas do N aplicado ao solo, bem como suprir adequadamente a cultura no momento de maior demanda pelo nutriente, tem-se realizado o parcelamento da adubação nitrogenada, sendo parte do N aplicada no momento da semeadura, e o restante em cobertura. Portanto, o maior aproveitamento do N é resultado da sincronização entre as aplicações e o período de alta demanda do nutriente (Villas Bôas et al., 1999; Amado et al., 2002; Silva et al., 2005). Entretanto, a fertilização nitrogenada em cobertura na cultura do milho é realizada principalmente em superfície, sem incorporação ao solo, devido ao maior rendimento operacional em relação aos outros métodos de aplicação. Assim, se a fonte de N utilizada para aplicação na superfície do solo for a ureia, poderão ocorrer grandes taxas de volatilização de amônia.

Uma das maneiras de minimizar as perdas de N por volatilização é utilizar fontes de N de reação ácida, como por exemplo, o sulfato de amônio. No entanto, o amônio oriundo deste fertilizante ainda estará susceptível a nitrificação possibilitando, desta forma, perdas de N do sistema solo-planta através da lixiviação do nitrato. Com o objetivo de diminuir as perdas de N por lixiviação, em alguns fertilizantes têm sido incorporadas moléculas que inibem a nitrificação do amônio, como é o caso do Entec 26[®], que contém moléculas de DMPP (3,4-dimethylpirazol fosfato). Deste modo, havendo inibição temporária da nitrificação, o N permanecerá por mais tempo sob a forma de NH₄⁺ e poderá ser adsorvido às cargas negativas dos colóides do solo. Como resultado desta maior permanência do N na forma amoniacal, diminuem-se as taxas de lixiviação deste nutriente, além de surgir a possibilidade de redução do número de parcelamentos da adubação nitrogenada, tendo em vista as menores chances de perda de N. Esta hipótese pôde ser confirmada no trabalho de Lana et al. (2008), que, ao avaliarem o desenvolvimento do milho em função de diversas fontes de N, observaram aumento na produtividade de grãos com a aplicação do Entec 26[®] apenas no momento da semeadura em comparação com a ureia parcelada em 4 vezes. Além do efeito sobre a produtividade da cultura, também tem sido observado maiores teores de N nas folhas de plantas fertilizadas com Entec



26[®] em comparação com a adubação com ureia, conforme citado por Cardoso et al. (2011), Meira et al. (2009) e Soratto et al. (2011).

Neste sentido, este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a produtividade da cultura do milho em função da utilização de fontes de N aplicadas apenas na semeadura ou de forma parcelada.

Material e Métodos

No ano agrícola de 2007/08, desenvolveu-se um estudo no campo experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Campus de Alta Floresta com a cultura do milho. A localização geográfica foi Latitude de 09° 51' 42" S e Longitude de 56° 04' 07" W e altitude média de 284 m. O clima da região, segundo a classificação de Koeppen, é do tipo Awa tropical, com nítida estação seca no inverno, temperatura média anual em torno de 26 °C e precipitação pluviométrica anual elevada, entre 2500 e 2750 mm. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-amarelo Distrófico, de textura argilosa, e apresentava as seguintes características para a camada de 0-0,2 m, antes do início do estudo: pH (CaCl₂): 4,2; P (Mehlich 1): 6,9 mg dm⁻³; K: 0,26 cmol_c dm⁻³; Ca: 1,50 cmol_c dm⁻³; Mg: 0,69 cmol_c dm⁻³; Al: 0,19 cmol_c dm⁻³; H+Al: 3,63 cmol_c dm⁻³; Matéria orgânica: 14 g dm⁻³; CTC_(pH7,0): 6,10 cmol_c dm⁻³; saturação por bases (V): 40,3%; areia: 476 g kg⁻¹; silte: 116 g kg⁻¹; argila: 408 g kg⁻¹.

Visando elevar a saturação por bases ao valor requerido pela cultura (50 %) segundo Sousa e Lobato (2004), realizou-se a aplicação de 0,65 t ha⁻¹

de calcário calcítico (PRNT: 91 %), trinta dias antes da instalação do experimento. Para a incorporação do corretivo e preparo do solo, foram efetuadas duas arações e uma gradagem niveladora.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos arranjados em esquema fatorial 4x2, constaram da utilização de quatro fontes de N (Tabela 1) e dois métodos de aplicação dos fertilizantes nitrogenados (dose integral de N no sulco de semeadura e parcelamento da adubação nitrogenada). Quando realizado o parcelamento da aplicação de N, este foi efetuado aplicando-se 30 % da dose total no sulco de semeadura e os 70 % restantes em cobertura, a lanço e em área total, quando as plantas apresentavam quatro folhas totalmente expandidas. Cada parcela era constituída por seis linhas de milho (espaçadas entre si por 0,5 m) com 4 m de comprimento, e a área útil foi representada pelas 2 linhas centrais, desprezando-se 1 m em cada extremidade (área de 2 m²). No dia 17 de novembro de 2007, foi realizada a semeadura manual do milho, utilizando-se três sementes do híbrido Agroeste AS 1567 por metro linear. A adubação foi realizada com base na análise química do solo e recomendação de Sousa e Lobato (2004), aplicando-se no sulco de semeadura, 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando-se como fonte, o superfosfato simples e o cloreto de potássio, respectivamente. Seguindo a recomendação de Sousa e Lobato (2004), foram aplicados 100 kg ha⁻¹ de N, aplicados de acordo com os tratamentos anteriormente descritos (fontes e métodos de aplicação).

Tabela 1. Características das fontes nitrogenadas aplicadas na cultura do milho.

Fonte de N	N total	N amoniacal	N nítrico	S total	Outros Nutrientes
	----- % -----				
Ureia	45	-	-	-	-
Sulfato de Amônio	21	21	-	24	-
Entec 26 [®]	26	18,5	7,5	13	-
Nitrabor [®]	15,5	1,3	14,2	-	19% de Ca e 0,3% de B

Os tratos culturais realizados seguiram a necessidade da cultura e ao atingir a maturidade fisiológica, foram mensuradas as seguintes variáveis: diâmetro do colmo (DC), obtida pela medida do diâmetro do entrenó imediatamente abaixo da inserção da espiga; altura de plantas (AP); altura de inserção de espiga (AIE) e; população de plantas (PP), obtida pela contagem do número de

plantas em 6 metros lineares com posterior extrapolação para plantas ha⁻¹. Foi realizada a colheita manual das espigas presentes na área útil de cada parcela, para posterior determinação do número de fileiras de grãos por espiga (FE), número de grãos por fileira (GF), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos (PG), em que esta última foi mensurada através da pesagem do total de grãos



produzidos na área útil de cada parcela, corrigidos para 130 g kg⁻¹ de umidade dos grãos e posterior extrapolação para kg ha⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e para as causas de variação significativas, procedeu-se o teste Tukey a 5 % de significância. Também foi realizado o teste de correlação de Pearson entre as variáveis analisadas. Para tanto, utilizou-se o software SISVAR (Ferreira, 2010).

Resultados e Discussão

As variáveis número de grãos por fileira (GF) e massa de cem grãos (MCG) não foram influenciadas pelos tratamentos (Tabela 2). De modo semelhante, Meira et al. (2009), ao compararem fontes de N e épocas de aplicação também não observaram efeitos dos tratamentos sobre GF. Meira et al. (2009), Kappes et al. (2009), Soratto et al. (2011) e Souza & Soratto (2006), ao avaliarem fontes de N não verificaram efeitos dos tratamentos sobre a MCG. Deste modo, a não alteração na massa

de cem grãos pode estar relacionada ao fato desta variável ser altamente dependente do fator genético e pouco afetada pelo ambiente, conforme mencionado por Borrás & Otegui (2001), os quais citam que a MCG é o componente da produção menos afetado por variações nas práticas de manejo e adubação. No entanto, em alguns trabalhos tem sido observada variação na MCG da cultura do milho em função de fatores como, ano de cultivo (Silva et al., 2005) e doses de N (Silva et al., 2005; Soratto et al., 2010). Outro fator que pode ter contribuído para a ausência de efeito dos tratamentos na MCG no presente trabalho é a elevada precipitação pluviométrica ocorrida durante todo o ciclo da cultura, conforme já comentado por Kappes et al. (2009). Isto ocorre porque o peso do grão é mais afetado a partir do estágio de grão leitoso, principalmente pela disponibilidade de água, com reflexos na translocação de nutrientes da parte vegetativa para os grãos (Fancelli, 1986).

Tabela 2. Número de grãos por fileira (GF), número de fileiras de grãos por espiga (FE), diâmetro do colmo (DC), altura de plantas (AP), altura de inserção da espiga (AIE), massa de cem grãos (MCG), produtividade de grãos (PG) e população final de plantas (PP) em função de fontes e métodos de aplicação de nitrogênio na cultura do milho.

Fator	GF	FE	DC	AP	AIE	MCG	PG	PP
			----- cm -----			g	kg ha ⁻¹	plantas ha ⁻¹
Fonte de N (1)								
Sulfato de Amônio	35,8	14,5	1,58b	236b	127b	33,0	8706b	55000b
Ureia	34,5	14,6	1,72a	239ab	128b	34,5	9621ab	56875b
Nitrabor®	34,3	14,4	1,69ab	247ab	138a	34,6	9472ab	56667ab
Entec 26®	36,0	14,7	1,64ab	251a	137a	34,6	11473a	58542a
Valor de F	2,48 ^{ns}	0,74 ^{ns}	4,05*	4,67*	8,05**	1,65 ^{ns}	5,06*	4,18*
Método de aplicação (2)								
Semeadura	35,4	14,7a	1,65	243	132	34,2	10050	55313b
Parcelado	34,8	14,3b	1,66	244	133	34,2	9585	58229a
Valor de F	1,06 ^{ns}	6,25*	0,04 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,79 ^{ns}	16,94**
Interação 1 x 2	1,55 ^{ns}	1,87 ^{ns}	0,77 ^{ns}	2,27 ^{ns}	5,20*	1,44 ^{ns}	1,11 ^{ns}	2,71 ^{ns}
CV (%)	3,9	2,7	4,6	3,2	3,7	4,2	13,0	3,1

Médias seguidas de letras distintas dentro de cada fator na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

^{ns}, * e ** = não significativo, significativo pelo teste F a 5 e 1 % de probabilidade de erro, respectivamente.

Quanto ao diâmetro do colmo (DC), houve efeito apenas das fontes de N, em que a aplicação de ureia proporcionou maior valor para esta característica (1,72 cm) em comparação com o

sulfato de amônio (1,58 cm), conforme apresentado na Tabela 2. O Entec 26® e o Nitrabor® proporcionaram valores intermediários às demais fontes, com diâmetro do colmo de 1,64 e 1,69 cm,

respectivamente. Maiores valores de DC são interessantes, pois dificultam o acamamento das plantas (Sangoi et al., 2001), podendo refletir diretamente na produtividade de grãos, desde que mantida boa população de plantas.

Foi observada diferença entre as fontes de N para a altura de plantas (AP) (Tabela 2). Maior valor desta característica foi encontrado com a aplicação do Entec 26[®] (251 cm), e o menor com a aplicação do sulfato de amônio (236 cm), enquanto a utilização da ureia e do Nitrabor[®] proporcionaram valores intermediários (239 e 247 cm, respectivamente). Embora plantas mais alta apresentem vantagem na colheita (Possamai, et al., 2001), estas estarão mais predispostas ao acamamento ou quebramento (Casagrande & Fornasieri Filho, 2002). Ao observarmos os

coeficientes de correlação entre as variáveis (Tabela 3), verificamos que houve correlação positiva entre a altura de plantas e a produtividade de grãos, indicando que esta variável influencia no rendimento de grãos da cultura. Souza & Soratto (2006), ao avaliarem doses e fontes de N em milho safrinha, também observaram correlação positiva entre a altura de plantas e a produtividade de grãos. Segundo Büll (1993) e Varvel et al. (1997), isto pode ocorrer porque, tanto o aumento na altura de plantas como na produtividade de grãos podem ser reflexo de uma planta bem nutrida em N, uma vez que o nutriente influencia diretamente na divisão e expansão celular e no processo fotossintético, contribuindo para o melhor desenvolvimento de área foliar e de sistema radicular.

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis número de grãos por fileira (GF), número de fileiras de grãos por espiga (FE), diâmetro do colmo (DC), altura de plantas (AP), altura de inserção da espiga (AIE), população final de plantas (PP), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos (PG).

Variável	FE	DC	AP	AIE	PP	MCG	PG
GF	0,46*	-0,16	-0,05	-0,10	-0,38	0,28	0,46*
FE	-	-0,01	0,26	0,15	-0,33	0,11	0,35
DC	-	-	0,31	0,25	0,19	0,31	0,21
AP	-	-	-	0,90**	0,35	-0,01	0,48*
AIE	-	-	-	-	0,27	-0,01	0,39
PP	-	-	-	-	-	0,02	0,26
MCG	-	-	-	-	-	-	0,36

* e ** = significativo à 5 e 1%, respectivamente.

Para a produtividade de grãos (PG), houve comportamento diferenciado entre as fontes de N (Tabela 2). A aplicação do Entec 26[®] proporcionou maior produtividade (11473 kg ha⁻¹) em comparação com sulfato de amônio (8706 kg ha⁻¹), enquanto a ureia e o Nitrabor[®] não diferiram dos demais tratamentos, com produtividade de 9621 e 9472 kg ha⁻¹, respectivamente. Ao comparar a produtividade de grãos de milho obtida com a aplicação de Entec 26[®] e de ureia, Lana et al. (2008) observaram superioridade de produção com a utilização do Entec 26[®], mesmo este tendo sido aplicado na dose de 160 kg ha⁻¹ apenas no momento da semeadura. Esta maior eficiência do Entec 26[®] pode estar relacionada tanto com a presença do DMPP, que inibe a nitrificação, como com a presença mais equilibrada de N na forma amoniacal e nítrica, pois, segundo Fancelli & Tsumanuma (2007), o equilíbrio entre estas formas constitui-se em requisito básico para o crescimento e funcionamento do sistema radicular,

tendo em vista o aumento da pressão osmótica dentro da célula com a absorção de NO₃⁻, com conseqüente alongamento celular. Maçãs (2008), ao avaliar a produção de matéria seca de milho em função de diferentes proporções de NH₄⁺ e NO₃⁻ na solução, também observou que o maior rendimento de matéria seca ocorreu quando as plantas foram cultivadas com 50 % do N na forma amoniacal e 50 % na forma nítrica. Isto pode estar relacionado ao fato de que a planta, ao absorver exclusivamente NO₃⁻, apresenta maior gasto energético para incorporação do N a compostos orgânicos quando comparada com a absorção de NH₄⁺. Por outro lado, algumas espécies de plantas cultivadas exclusivamente com amônio podem apresentar menor atividade fotossintética, em virtude da ação negativa do NH₄⁺ sobre a condutância estomática na planta, refletindo-se em menor crescimento das plantas (Cruz et al., 2007). Assim, o equilíbrio na absorção de amônio e nitrato parece ser mais



interessante do que a absorção exclusiva de uma dessas formas de N.

Houve efeito de fontes e de métodos de aplicação de N em relação à população final de plantas (PP) (Tabela 2). A utilização do Entec 26[®] proporcionou maior valor em comparação com a ureia e o sulfato de amônio, enquanto o Nitrabor[®] não diferiu dos demais tratamentos. Na comparação entre os métodos de aplicação de N, observa-se maior PP quando realizado o parcelamento da adubação nitrogenada. Esta diminuição na população final de plantas pode estar relacionado aos efeitos negativos de salinidade das fontes de N (Broch & Fernandes, 2000), ou até mesmo da volatilização de amônia sobre a germinação das sementes (Ouyang et al., 1998; Sangoi et al., 2009) quando todo o N foi aplicado no sulco da semeadura.

A aplicação de todo o N no sulco de semeadura proporcionou maior número de fileiras de grãos por espiga (FE) em comparação com a aplicação parcelada (Tabela 2). Com a obtenção de produtividades semelhantes entre os métodos de aplicação, mesmo havendo redução na população de plantas com a aplicação de todo o N na semeadura, é

possível que esta redução na população tenha sido compensada pela aumento de FE.

Foi observada interação entre as fontes e os métodos de aplicação de N para altura de inserção de espiga (AIE) (Tabela 2), optando-se então pelo desdobramento da interação e análise do efeito simples dos fatores (Tabela 4). Comparando-se as fontes de N dentro de cada método de aplicação, observou-se maior valor com a aplicação do Nitrabor[®] em comparação com ureia e o sulfato de amônio, quando aplicado todo o N no sulco de semeadura, enquanto o Entec 26[®] não diferiu dos demais tratamentos. Na forma parcelada não houve diferença entre as fontes de N. Comparando-se os métodos de aplicação dentro de cada fonte para altura de inserção de espiga, observou-se diferença apenas quando utilizado o Nitrabor[®], na qual a aplicação de todo o N no sulco de semeadura proporcionou maior valor em comparação com a aplicação parcelada. Para esta variável, observa-se comportamento distinto por parte do Nitrabor[®], demonstrando que a aplicação desta fonte de N apenas na semeadura eleva a altura de inserção de espiga, enquanto as demais fontes independem do método de aplicação para proporcionar AIE semelhantes.

Tabela 4. Análise do desdobramento da interação fonte de N x método de aplicação para a variável altura de inserção da espiga (cm).

Método de aplicação	Fonte de N			
	Sulfato de Amônio	Ureia	Nitrabor [®]	Entec 26 [®]
Semeadura	127Ab	123Ab	143Aa	135Aab
Parcelado	128Aa	132Aa	132Ba	139Aa

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Não houve diferença entre os métodos de aplicação de N para número de grãos por fileira, diâmetro do colmo, altura de plantas, altura de inserção de espiga, massa de cem grãos e produtividade de grãos. A ausência de efeito dos métodos de aplicação do fertilizante nitrogenado nestas características demonstra que a aplicação de todo o N no momento da semeadura, nas doses, fontes e condições edafoclimáticas deste experimento (solo argiloso e alta precipitação pluviométrica), é eficiente em fornecer N para a cultura do milho, sem comprometer o objetivo principal da cultura, a produtividade de grãos. Cantarella (1999), cultivando milho safrinha em solos argilosos, também não obteve diferenças

quando o N (ureia) foi aplicado apenas na semeadura ou quando aplicado na semeadura e em cobertura. De modo semelhante Casagrande & Fornasieri Filho (2002) verificaram que a aplicação de todo o N (ureia) na semeadura, até a dose de 90 kg ha⁻¹, não diferiu da aplicação desta dose no estádio de cinco a seis folhas nos componentes de produção. Contudo, é interessante ressaltar que os valores apresentados na Tabela 2 para os métodos de aplicação de N são médias das quatro fontes avaliadas, podendo haver contribuição das fontes nitrogenadas mais estáveis, como o Entec 26[®], no bom desempenho da aplicação de todo o N na semeadura. Deste modo, a avaliação separada dos métodos de aplicação em cada fonte de N poderia



revelar diferenças entre os métodos quando utilizadas fontes de N que apresentam maior facilidade de nitrificação com possível aumento na perda de N.

Conclusões

A aplicação de todo o N no momento da sementeira, nas doses, fontes e condições edafoclimáticas deste experimento (solo argiloso e alta precipitação pluviométrica), é eficiente em fornecer N para a cultura do milho, sem comprometer o objetivo principal da cultura, a produtividade de grãos.

O uso de Entec 26® como fonte de N eleva a produtividade de grãos da cultura do milho em comparação com as fontes de N comumente empregadas.

A produtividade de grãos de milho independe do método de aplicação do fertilizante nitrogenado (dose integral na sementeira ou parcelado).

Referências

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 1, p. 241-248, 2002.

BORRÁS, L.; OTEGUI, M.E. Maize kernel weight response to postflowering source-sink ratio. **Crop Science**, v. 41, n. 6, p. 1816-1822, 2001.

BROCH, D.L.; FERNANDES, C.H. Efeito da adubação de plantio e de cobertura na produtividade do milho safrinha. **Informações Agronômicas**, n. 89, p. 1-3, 2000.

BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 63-145.

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

CARDOSO, S.M.; SORATTO, R.P.; SILVA, A.H.; MENDONÇA, C.G. Fontes e parcelamento do

nitrogênio em cobertura, na cultura do milho sob plantio direto. **Agrária**, v. 6, n. 1, p. 23-28, 2011.

CASAGRANDE, J.R.R.; FERNANDES FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.1, p.33-40, 2002.

CRUZ, J.L.; PELACANI, C.R.; ARAÚJO, W.L. **Influência do íon amônio e nitrato sobre a atividade fotossintética da mandioca**. Cruz das Almas: EMBRAPA, 2007.

ERNANI, P.R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages: O Autor, 2008. 230 p.

FANCELLI, A.L. **Plantas alimentícias: guia para aula, estudos e discussão**. Piracicaba: CALQ, 1986.

FANCELLI, A.L.; TSUMANUMA, G.M. Nitrogênio e enxofre nas culturas de milho e feijão. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S.; VITTI, G.C. **Simpósio sobre nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira**. Piracicaba: IPNI, 2007. p. 445-486.

FERREIRA, D.F. **SISVAR - Sistema de análise de variância**. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA, 2010.

KAPPES, C.; CARVALHO, M.A.C.; YAMASHITA, O.M.; SILVA, J.A.N. Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 3, p. 251-259, 2009.

KIEHL, J.C. Distribuição e retenção da amônia no solo após aplicação de ureia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, n. 1, p. 75-80, 1989.

LANA, R.M.Q.; FARIA, M.V.; LANA, A.M.Q.; BONOTTO, I.; PEREIRA, D.M. Aplicação de fertilizantes com inibidor de nitrificação e micronutrientes, na cultura do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 7, n. 2, p. 141-151, 2008.

LARA-CABEZAS, W.A.R.; TRIVELIN, P.C.O.; KONDÖRFER, G.H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho, em sistema plantio direto no



- triângulo mineiro (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, p. 363-376, 2000.
- MAÇÃS, J.E.S. **Nitrogênio nítrico e amoniacal no desenvolvimento da parte aérea de milho cultivado em argissolo**. 2008 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- MEIRA, F.A.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M.E.; ANDRADE, J.A.C. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Semina Ciências Agrárias**, v. 30, n. 2, p. 275-284, 2009.
- OUYANG, D.; MACKENZIE, A.F.; FAN, M. Phytotoxicity of banded urea amended with triple superphosphate and potassium chloride. **Agronomy Journal**, v. 90, n. 6, p. 734-739, 1998.
- POSSAMAI, J.M.; SOUZA, C.M.; GALVÃO, J.C.C. Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha. **Bragantia**, v. 60, n. 2, p. 79-82, 2001.
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L.; LECH, V.A.; GRACIETTI, L.C.; RAMPAZZO, C. Desempenho de híbridos de milho com ciclos contrastantes em função da desfolha e da população de plantas. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 2, p. 271-276, 2001.
- SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; BIANCHET, P. Desenvolvimento inicial do milho em função de doses e fontes de nitrogênio aplicadas na semeadura. **Biotemas**, v. 22, n. 4, p. 53-58, 2009.
- SANGOI, L.; ERNANI, P.R.; LECH, V.A.; RAMPAZZO, C. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, v. 33, n. 4, p. 687-692, 2003.
- 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**, v. 29, n. 3, p. 353-362, 2005.
- SINGH, R.; NYE, P.H. The effect of soil pH and high urea concentrations on urease activity in soil. **Journal of Soil Science**, v. 35, n. 4, p. 519-527, 1984.
- 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**, v. 41, n. 4, p. 511-518, 2010.
- SORATTO, R.P.; SILVA, A.H.; CARDOSO, S.M.; MENDONÇA, C.G. Doses e fontes alternativas de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo arenoso. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 1, p. 62-70, 2011.
- SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 283-315.
- 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**, v. 5, n. 3, p. 395-405, 2006.
- TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, M.W.; VITTI, A.C.; GAVA, G.J.C.; BENDASSOLLI, J.A. Perdas do nitrogênio da ureia no sistema solo-planta em dois ciclos de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 2, p. 193-201, 2002.
- VARVEL, G.E.; SCHPERS, J.S.; FRANCIS, D.D. Ability for in-season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters. **Soil Science Society of America Journal**, v. 61, n. 4, p. 1233-1239, 1997.
- VILLAS BÔAS, R.L.; BOARETTO, A.E.; BÜLL, L.T.; GUERRINI, I.A. Parcelamento e largura da faixa de aplicação da ureia na recuperação do nitrogênio pela planta de milho. **Scientia Agrícola**, v. 56, n. 4, p. 1177-1184, 1999.