

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997

v.6, n.1, p.23-28, jan.-mar., 2011

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

Protocolo 739 – 24/11/2009 *Aprovado em 07/11/2010

DOI:10.5039/agraria.v6i1a739

Susiane de M. Cardoso¹

Rogério P. Soratto^{1,4}

Ângela H. da Silva²

Cristiane G. de Mendonça³

Fontes e parcelamento do nitrogênio em cobertura, na cultura do milho sob plantio direto

RESUMO

Avaliou-se a influência do parcelamento de diferentes fontes de nitrogênio em cobertura, na cultura do milho sob plantio direto, em solo arenoso. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, num esquema fatorial 3x3+1, com quatro repetições. Os tratamentos foram três fontes de N (uréia, uréia extrusada com produtos amiláceos (Amiréia® 180S) e sulfonitrato de amônio com inibidor de nitrificação 3,4-dimethylpirazolfosfato (Entec® 26)), três formas de parcelamento da adubação nitrogenada (120, 60+60, 40+40+40 kg ha⁻¹, aplicadas em cobertura, respectivamente, quando as plantas apresentavam 4, 8 e 12 folhas expandidas) e uma testemunha (sem N em cobertura). A aplicação de N na forma de Entec®, em dose única, quando as plantas apresentavam 4 folhas expandidas, proporcionou maiores teores de N na folha do milho. A aplicação de N em cobertura aumentou a altura das plantas, altura das espigas, número de grãos por espiga e produtividade de grãos da cultura do milho em solo arenoso, sob sistema de plantio direto. O parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura não influenciou os componentes da produção e a produtividade de grãos da cultura do milho sob sistema de plantio direto, em solo arenoso, independentemente da fonte de N utilizada.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada, dimethylpirazolfosfato, sulfonitrato, uréia, *Zea mays*.

Sidedressing nitrogen sources and splitting on maize under no-tillage system

ABSTRACT

The effect of the split-application of different sidedressed nitrogen sources on maize crop under zero tillage, in a sandy soil, was evaluated. A randomized block design was used in a factorial scheme of 3x3+1, with four replications. Treatments consisted of three nitrogen sources (urea, urea extruded with starch (Amiréia® 180S) and ammonium sulfonitrate with nitrification inhibitor of 3.4-dimethylpyrazole phosphate (Entec® 26)), three nitrogen split-application (120, 60+60 e 40+40+40 kg ha⁻¹, applied as sidedressing, when the plants showed 4, 8, and 12 expanded leaves, respectively), and one control (without sidedressed N). Entec® applied in a unique dose when plants had 4 expanded leaves resulted in greater N concentration on the maize leaves. Sidedressing nitrogen application resulted in higher plant and ear heights, number of grains per ear and grain yield. Sidedressing nitrogen split-application did not influence the yield components and grain yield of the maize crop grown under zero tillage in sandy soil, regardless of the nitrogen source.

Key words: Nitrogen fertilization, dimethylpyrazole phosphate, sulfonitrate, urea, *Zea mays*.

¹ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrômicas de Botucatu, Rua José Barbosa de Barros, 1780, Fazenda Lageado, CEP 18610-307, Botucatu-SP, Brasil. Caixa Postal 237. Fone: (14) 3811-7161. Fax: (14) 3811-7102. E-mail: susianemoura@yahoo.com.br; soratto@fca.unesp.br

² Autônoma, Rua Redentor, 2376, Centro, CEP 79.750-000, Nova Andradina-MS, Brasil. Fone: (67) 9621-3959. E-mail: angelhonorio@yahoo.com.br

³ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana, Rodovia Aquidauana/Cera km12, Zona Rural, CEP 79200-000, Aquidauana-MS, Brasil. Fone: (67) 3904-2947. E-mail: cgmdonca@uems.br

⁴ Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

INTRODUÇÃO

O milho é uma das culturas mais exigentes em fertilizantes, especialmente os nitrogenados. O suprimento inadequado de nitrogênio é considerado um dos principais fatores limitantes ao rendimento de grãos do milho, pois o N exerce importante função nos processos bioquímicos da planta (Taiz & Zeiger, 2009). O N determina o desenvolvimento das plantas de milho com aumento significativo na área foliar e na produção de massa de matéria seca (Oliveira et al., 2009), 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 (Coelho & França, 1995).

Um importante papel do N em assegurar alta produtividade de milho está no estabelecimento da capacidade do dreno reprodutivo (Below, 1995). As plantas de milho apresentam maior demanda por N a partir do estágio de 4-5 folhas expandidas, pois esta é a fase em que tem início o processo de diferenciação floral, que origina os primórdios da panícula e da espiga, bem como define o potencial de produção. Assim, o suprimento insuficiente de N nesse período pode reduzir a diferenciação do número de óvulos nos primórdios da espiga, e com isso afetar negativamente a produtividade dos grãos (Ernani et al., 2005). Por conseguinte, muitos estudos mostram que os aumentos de produtividade induzidos pelo N são resultantes, principalmente, da maior quantidade de grãos por planta (Below, 1995; Souza & Soratto, 2006). Contudo, entre 25 e 45 dias após a emergência (DAE), a planta de milho chega a acumular 43% do N que necessita e, entre as fases de desenvolvimento pleno, ainda absorve 31% de suas necessidades totais (Muzilli et al., 1989). Assim, o parcelamento visando o aumento da eficiência da adubação nitrogenada, constitui uma prática recomendada (Cantarella et al., 1996).

O manejo da adubação nitrogenada exige grandes cuidados devido às inúmeras reações ao complexo ciclo desse nutriente no solo, e por ser, geralmente, o elemento mais caro no sistema de produção da cultura do milho (Cantarella & Marcelino, 2008). Podem ocorrer perdas de N por lixiviação, quando são utilizadas doses elevadas do nutriente e quando a cultura é conduzida em solos arenosos e sob condições de elevada precipitação (Jaynes & Colvin, 2006; Cantarella & Marcelino, 2008), como na região do Bolsão Sul-Mato-Grossense. Contudo, a maior parte das perdas ocorre por desnitrificação e/ou volatilização da amônia. A volatilização ocorre especialmente quando a fonte utilizada é a uréia e a aplicação é realizada sobre a superfície do solo ou sobre a palhada (Pereira et al., 2009), o que pode provocar grandes prejuízos, já que a uréia representa aproximadamente 50% de todo fertilizante nitrogenado utilizado no Brasil. Dessa forma, torna-se necessária a busca por técnicas que possibilitem a redução das perdas, aumentando a eficiência da utilização do nitrogênio e, conseqüentemente, a produtividade da cultura do milho em sistema plantio direto.

Para se obter elevadas produtividades, a disponibilidade de N deve estar sincronizada com o requerimento da cultura em quantidade, forma e tempo. Assim, num programa racional de adubação devem ser considerados: a cultura anterior, o

requerimento nutricional do milho de acordo com a finalidade de exploração (grãos ou forragem), os padrões de absorção e acumulação do nutriente, as fontes utilizadas, os métodos e épocas de aplicação (Santos et al., 2010).

Uma alternativa para a redução de perdas por volatilização seria a proteção da partícula da uréia por algum produto menos higroscópico que permitisse aplicá-la na superfície do solo, favorecendo sua penetração de forma controlada e estimulando o processo de hidrólise no interior do solo, assim reduzindo consideravelmente as perdas de N na forma de gás amônia (Bono et al., 2004). Essa proteção da uréia pode ser obtida por extrusão, que consiste na união da uréia com a molécula de amido gelatinizado, mediante a exposição à pressão, temperatura e umidade, por tempo determinado (Mendes et al., 2010). Outra possibilidade é a utilização de fontes de liberação lenta, ou que contenham inibidor de nitrificação, como, por exemplo, o 3,4-dimetilpirazolfosfato (DMPP), que prolonga o tempo do N na forma não lixiviável (NH₄⁺), permitindo um adequado suprimento de N durante todo o ciclo da cultura ou a redução das perdas por lixiviação (Zerulla 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).

Objetivou-se neste trabalho avaliar a influência do parcelamento de diferentes fontes de nitrogênio na produtividade da cultura do milho sob sistema plantio direto, em um solo arenoso.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho de pesquisa foi conduzido 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 são apresentados na Figura 1.

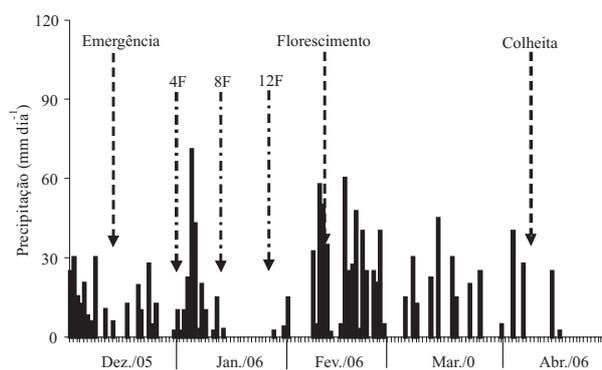


Figura 1. Precipitação pluvial registrada na área experimental, em Cassilândia (MS), durante o período de dezembro de 2005 a abril de 2006. Datas em que as plantas apresentavam: 4 folhas (4F), 8 folhas (8F) e 12 folhas (12F)

Figure 1. Rainfall data in the experimental area in Cassilândia, Mato Grosso do Sul, Brazil, during the period from December 2005 to April 2006. Dates on which the plants presented: 4 leaves (4F), 8 leaves (8F) and 12 leaves (12F)

O solo do local é um Neossolo Quartzarênico (Embrapa, 2006). Antes da instalação dos experimentos foram coletadas amostras dos primeiros 20 cm do solo na área experimental, para a determinação de algumas características físicas e químicas (Tabela 1).

O experimento foi instalado em área anteriormente usada com pastagem. Em setembro de 2005 foram aplicados 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 5/10/2005, utilizando 20 kg de sementes por hectare, sendo estas incorporadas com uma gradagem leve e fechada. A emergência ocorreu em 12/10/2005 e, aos 20 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 desse nutriente.

A dessecação da cultura do milho foi realizada em 2/12/2005, 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

carbofuran (1.050 g do i.a. por 100 kg de sementes). A adubação de sementeira 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, P e K, 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 3x3+1, com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por cinco linhas de 5 m de comprimento. Para as avaliações foram consideradas as 3 linhas centrais desprezando 0,5 m na extremidade de cada linha de plantas. 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]. As diversas fontes foram aplicadas em dose única (120 kg ha⁻¹ quando as plantas apresentavam 4 folhas expandidas), em duas doses (60+60 kg ha⁻¹ quando as plantas apresentavam 4 e 8 folhas expandidas, respectivamente) ou

Tabela 1. Granulometria e propriedades químicas do solo na profundidade de 0-20 cm, antes da instalação do experimento

Table 1. Particle size analysis and chemical properties at the depth of 0-20 cm, before the experiment

| Areia | Silte | Argila | pH (CaCl ₂) | M.O. | P | H + Al | K | Ca | Mg | CTC | V |
|---------------------------------|-------|--------|-------------------------|-----------------------|------------------------|--------|------|---|-----|-----|-----|
| ———— (g kg ⁻¹) ———— | | | | (g kg ⁻¹) | (mg dm ⁻³) | | | ———— (mmol _c dm ⁻³) ———— | | | (%) |
| 877 | 20 | 103 | 4,8 | 17,6 | 3,8 | 21,9 | 1,23 | 12,6 | 5,2 | 41 | 46 |

em três doses (40+40+40 kg ha⁻¹ quando as plantas apresentavam 4, 8 e 12 folhas expandidas, respectivamente), sendo incluída uma testemunha (sem aplicação de N em cobertura). As aplicações de N foram realizadas em 02/1/2006 (4 folhas), 12/1/2006 (8 folhas) e 20/01/2006 (12 folhas). O adubo nitrogenado foi distribuído sobre a superfície do solo, ao lado, e aproximadamente a 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*). O florescimento da cultura ocorreu em 09/02/2006 e a colheita foi realizada em 8/4/2006.

Foram analisadas as seguintes variáveis: teor de N nas folhas, população final de plantas, altura da planta, altura de inserção da primeira espiga, número de espigas por planta, diâmetro do colmo, 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, foi calculada a produtividade em kg ha⁻¹ (13% base úmida).

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. As médias dos tratamentos componentes do fatorial

foram comparadas entre si pelo teste Tukey ($P \leq 0,05$). Por meio do teste Dunnett ($P \leq 0,05$), os contrastes ortogonais dos tratamentos do fatorial foram comparados com a testemunha. Sendo que, quando houve interação significativa pelo teste F para o fatorial, foram realizados contrastes ortogonais entre cada tratamento e a testemunha. Para a variável na qual o teste F detectou efeito simples dos fatores, foram realizados contrastes ortogonais entre as médias de cada nível do fator e a testemunha. Quando o teste F não detectou efeito significativo para o fatorial, foi realizado apenas o contraste ortogonal entre a média do fatorial e a testemunha.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fonte de N utilizada influenciou significativamente apenas o teor de N foliar e o diâmetro do colmo (Tabela 2). A forma de parcelamento não teve efeito sobre nenhuma característica avaliada. Porém, a interação entre fonte e forma de parcelamento afetou a altura da planta e de inserção da primeira espiga. Além disso, a interação entre o fatorial e a testemunha demonstrou efeito significativo nas variáveis

altura da planta, altura de inserção da primeira espiga, diâmetro do colmo, número de grão por espiga e produtividade de grãos.

As fontes de N influenciaram o teor de N na folha do milho, sendo que a aplicação de Entec[®] proporcionou os maiores valores, diferindo significativamente da uréia (Tabela 3). Foi observada diferença significativa entre a testemunha e a aplicação de N, apenas quando esta foi realizada sem parcelamento e na forma de Entec[®]. Vale destacar que apenas com a aplicação de Entec[®] em dose única foi obtido teor de N nas folhas dentro da faixa considerada adequada para a cultura do milho, que é de 27-35 g kg⁻¹ (Cantarella et al., 1996).

A população final de plantas não foi afetada pelos tratamentos, sendo a população média de plantas em todo o experimento de 59.346 plantas ha⁻¹ (Tabela 3), valor próximo ao recomendado para a maioria dos híbridos simples de milho para cultivo na safra de verão (Fancelli & Dourado Neto, 2004).

As alturas da planta e da primeira espiga foram influenciadas pela interação entre fonte e parcelamento (Tabela 2), sendo que a aplicação parcelada da uréia, quando as plantas apresentavam 4 e 8 folhas expandidas, proporcionou plantas com menor altura e, conseqüentemente, menor altura de inserção da primeira espiga (Tabela 3). Tal resultado pode ser explicado pelo fato de que logo após a segunda aplicação (8 folhas), ocorreu um período de deficiência hídrica (Figura 1), o que pode ter provocado maiores perdas do N da uréia por volatilização. Já a aplicação do Entec[®], parcelada em duas ou três vezes proporcionou maior altura da planta e de inserção da primeira espiga. O parcelamento da Amiréia[®] afetou apenas a altura de inserção da primeira espiga, sendo que o maior número de aplicações proporcionou menor valor dessa variável. Com relação ao desdobramento das fontes dentro de cada forma de parcelamento, nota-se que apenas quando o N foi parcelado em duas vezes (60+60), a uréia proporcionou menor altura de planta e de inserção da primeira espiga, sendo que nas demais formas de parcelamento não houve influência da fonte utilizada.

Pela comparação dos tratamentos componentes do fatorial com a testemunha (sem aplicação de N em cobertura) verifica-se que apenas os tratamentos uréia 60+60 e Entec[®] 120, não diferiram da testemunha (Tabela 3). Oliveira et al. (2009)

também verificaram aumento na altura de plantas de milho em função à aplicação de N. Quanto à altura de inserção da primeira espiga, os tratamentos uréia 60+60, uréia 40+40+40, Entec[®] 120 e Amiréia[®] 40+40+40 não diferiram da testemunha. As perdas e a pureza dos grãos na colheita mecanizada, dentre outros fatores, são diretamente influenciadas pela altura das plantas e, principalmente, pela altura de inserção da primeira espiga. Assim, plantas mais altas, com inserção de espigas também mais altas, apresentam vantagens na colheita. No entanto, maiores alturas de inserção das espigas e da planta poderão predispor a planta ao acamamento ou quebraamento. Porém, no presente trabalho não foi observado acamamento de plantas.

O diâmetro do colmo foi afetado pelo fator fonte, sendo que a aplicação da Amiréia[®] proporcionou maior valor desta característica, diferindo, no entanto, apenas da aplicação de uréia (Tabela 3). A comparação da testemunha com as médias do fator fonte demonstrou que apenas a aplicação de Amiréia[®] proporcionou plantas de milho com diâmetro do colmo maior que a testemunha.

O número de espigas por planta não foi afetado por nenhum dos fatores estudados (Tabelas 2 e 3).

Quanto ao número de grãos por espiga, não houve efeito da fonte ou da forma de parcelamento estudada (Tabelas 2 e 3). Porém, em todos os tratamentos com aplicação de N em cobertura, foram obtidas espigas com maior número de grãos do que na testemunha, sendo que a aplicação de N em cobertura proporcionou um aumento médio de 34,8% no número de grãos em relação à testemunha (Tabela 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. Por conseguinte, muitos estudos demonstraram que o principal componente da produção do milho é o número de grãos por espiga (Below, 1995).

A massa de mil grãos não foi influenciada pelos fatores estudados (Tabelas 2 e 3).

A produtividade de grãos não foi afetada pela fonte ou forma de parcelamento da aplicação de N em cobertura, sendo que a produtividade média dos tratamentos que receberam 120 kg ha⁻¹ de N foi de 4.402 kg ha⁻¹ (Tabelas 2 e 3). No

Tabela 2. Valores de F e nível de significância obtido na análise de variância para teor de N na folha e características agrônomicas da cultura do milho submetida a fontes e parcelamentos do N em cobertura

Table 2. F values and significance level obtained in the analysis of variance for N content in the leaf and agronomic characteristics of maize crop submitted to sources and split-application of sidedressing N

| Fonte de variação | Teor de N na folha | População final de plantas | Altura da planta | Altura de inserção da 1ª espiga | Diâmetro do colmo | Nº de espigas por planta | Nº de grãos por espiga | Massa de 1.000 grãos | Produtividade de grãos |
|-----------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| Fonte (F) | 4,48* | 0,77 ^{ns} | 1,58 ^{ns} | 2,54 ^{ns} | 5,11* | 0,51 ^{ns} | 0,53 ^{ns} | 0,56 ^{ns} | 0,31 ^{ns} |
| Parcelamento (P) | 0,75 ^{ns} | 0,01 ^{ns} | 0,05 ^{ns} | 1,66 ^{ns} | 0,31 ^{ns} | 0,51 ^{ns} | 0,40 ^{ns} | 0,27 ^{ns} | 1,20 ^{ns} |
| Interação F x P | 0,90 ^{ns} | 0,54 ^{ns} | 4,10* | 6,67** | 0,89 ^{ns} | 0,69 ^{ns} | 0,28 ^{ns} | 1,54 ^{ns} | 2,30 ^{ns} |
| Fatorial x Testemunha | 2,05 ^{ns} | 0,37 ^{ns} | 4,16** | 5,15** | 2,90* | 0,42 ^{ns} | 4,00** | 0,92 ^{ns} | 3,49** |
| CV (%) | 18,2 | 13,2 | 3,4 | 5,3 | 10,4 | 7,3 | 8,8 | 8,8 | 15,4 |

** , * e ns são respectivamente, significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F

Tabela 3. Médias de teor de N na folha, características agrônômicas e produtividade da cultura do milho em função de fontes e parcelamentos do N em cobertura, e os contrastes das combinações dos tratamentos com adição de N comparados à testemunha pelo teste de Dunnett

Table 3. Means of N content in the leaf, agronomic characteristics and maize crop productivity in function of sources and split-application of sidedressing N, and the contrasts of the combinations of treatments with N addition compared to control by Dunnett test

| Parcelamento | Fonte de N | | | Média |
|---|------------|----------|----------|-------------|
| | Uréia | Entec® | Amiréia® | |
| ————— Teor de N na folha (g kg ⁻¹) ————— | | | | |
| 120 ¹ | 22,4 | 32,5* | 26,4 | 27,1 |
| 60+60+0 | 24,0 | 26,9 | 29,2 | 26,7 |
| 40+40+40 | 22,2 | 26,3 | 26,1 | 24,8 |
| Média | 22,8B | 28,6A | 27,2AB | 26,2 |
| Média da testemunha = 22,0 | | | | d' = 9,5 |
| ————— População final (plantas ha ⁻¹) ————— | | | | |
| 120 | 60.416 | 58.333 | 59.375 | 59.375 |
| 60+60 | 63.542 | 59.896 | 54.688 | 59.375 |
| 40+40+40 | 60.938 | 56.667 | 60.938 | 59.295 |
| Média | 61.632 | 58.173 | 58.333 | 59.346 |
| Média da testemunha = 59.028 | | | | d' = 15.897 |
| ————— Altura da planta (m) ————— | | | | |
| 120 | 1,73aA* | 1,67bA | 1,74aA* | 1,71 |
| 60+60 | 1,63bB | 1,77aA* | 1,77aA* | 1,72 |
| 40+40+40 | 1,73aA* | 1,72abA* | 1,71aA* | 1,72 |
| Média | 1,70 | 1,72 | 1,74 | 1,72 |
| Média da testemunha = 1,58 | | | | d' = 0,12 |
| ————— Altura de inserção da 1ª espiga (m) ————— | | | | |
| 120 | 0,73aA* | 0,68bA | 0,74abA* | 0,72 |
| 60+60 | 0,68aB | 0,76aA* | 0,79aA* | 0,74 |
| 40+40+40 | 0,72aA | 0,74aA* | 0,69bA | 0,72 |
| Média | 0,71 | 0,73 | 0,74 | 0,73 |
| Média da testemunha = 0,65 | | | | d' = 0,08 |

entanto, a aplicação de N em cobertura proporcionou aumento na produtividade de grãos da ordem de 50% em relação à testemunha, sem aplicação de N em cobertura. Souza & Soratto (2006) e Dotto et al. (2010) também verificaram aumento da produtividade do milho mediante à aplicação de N em cobertura. Tal resultado pode ser explicado pela condição em que o milho foi cultivado, ou seja, sobre palhada de milheto em plantio direto recém-implantado. A quantidade de N a ser empregada na adubação das culturas pode estar condicionada ao tipo de planta de cobertura (gramínea ou leguminosa) que se cultiva na área, em sistema de plantio direto. Em material com relação C/N maior que 20, característica da maioria das gramíneas, há maior imobilização de nitrogênio para sua decomposição (Weber & Mielniczuk, 2009), sendo necessária maior quantidade desse nutriente para obter-se produtividades satisfatórias.

| Parcelamento | Fonte de N | | | Média |
|---|------------|--------|----------|------------|
| | Uréia | Entec® | Amiréia® | |
| ————— Diâmetro do colmo (mm) ————— | | | | |
| 120 | 15,7 | 15,4 | 18,1 | 16,4 |
| 60+60 | 15,3 | 17,0 | 18,5 | 16,5 |
| 40+40+40 | 16,3 | 16,3 | 17,0 | 16,9 |
| Média | 15,8B | 16,3AB | 17,9A* | 16,6 |
| Média da testemunha = 13,5 | | | | d' = 3,4 |
| ————— Nº de espigas por planta ————— | | | | |
| 120 | 0,91 | 0,96 | 0,93 | 0,93 |
| 60+60 | 0,92 | 0,97 | 0,95 | 0,95 |
| 40+40+40 | 0,94 | 0,92 | 0,90 | 0,92 |
| Média | 0,92 | 0,95 | 0,93 | 0,93 |
| Média da testemunha = 0,93 | | | | d' = 0,14 |
| ————— Nº de grãos por espiga ————— | | | | |
| 120 | 419,3 | 394,3 | 421,3 | 411,6 |
| 60+60 | 397,6 | 407,0 | 411,8 | 405,5 |
| 40+40+40 | 405,3 | 392,9 | 401,1 | 399,3 |
| Média | 407,7 | 397,7 | 411,4 | 405,3* |
| Média da testemunha = 300,6 | | | | d' = 70,4 |
| ————— Massa de 1.000 grãos (g) ————— | | | | |
| 120 | 283,4 | 284,9 | 290,1 | 286,1 |
| 60+60 | 261,7 | 305,4 | 280,3 | 282,5 |
| 40+40+40 | 284,2 | 272,2 | 281,9 | 278,9 |
| Média | 276,5 | 286,3 | 284,1 | 282,4 |
| Média da testemunha = 274,0 | | | | d' = 50,0 |
| ————— Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) ————— | | | | |
| 120 | 4.365 | 4.616 | 4.969 | 4.650 |
| 60+60 | 4.127 | 5.029 | 3.781 | 4.312 |
| 40+40+40 | 4.390 | 4.009 | 4.430 | 4.256 |
| Média | 4.294 | 4.509 | 4.393 | 4.402* |
| Média da testemunha = 2.933 | | | | d' = 1.330 |

¹ Dose de N (kg ha⁻¹) aplicada em cobertura respectivamente, quando as plantas apresentaram 4 folhas, 8 folhas e 12 folhas expandidas. Médias seguidas de letras distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, dentro de cada fator, diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; d' é a diferença mínima significativa de Dunnett; * indica contraste entre o valor médio e a testemunha, significativo ($P \leq 0,05$) pelo teste de Dunnett

Araújo et al. (2004) verificaram aumento de produtividade do milho, semeado em novembro, em função da aplicação de até 240 kg ha⁻¹ de N, em sistema de plantio direto.

Apesar de a aplicação de N ter proporcionado grande aumento na produtividade de grãos, mesmo com aplicação de N em cobertura, foi observada baixa produtividade, o que está relacionada com a distribuição irregular de chuvas durante o desenvolvimento da cultura, principalmente do estágio de 8 folhas até às vésperas do florescimento da cultura (Figura 1), fato que pode ter sido agravado pelas características granulométricas do solo, o qual é arenoso e possui baixa 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.

CONCLUSÕES

A aplicação de N na forma de Entec®, em dose única quando as plantas apresentavam 4 folhas expandidas proporcionou maiores teores de N na folha do milho.

A aplicação de N em cobertura aumentou a altura da planta, altura da espiga, número de grãos por espiga e produtividade de grãos da cultura do milho cultivada em solo arenoso, sob sistema de plantio direto.

O parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura não influenciou os componentes da produção e a produtividade de grãos da cultura do milho cultivada sob sistema plantio direto, em solo arenoso, independentemente da fonte de N utilizada.

LITERATURA CITADA

- Araújo, L.A.N.; Ferreira, M.E.; Cruz, M.C.P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.8, p.771-777, 2004. [Crossref](#)
- Below, F.E. Nitrogen metabolism and crop productivity. In: Pressarakli, M. (Ed.) *Handbook of plant and crop physiology*. New York: Marcel Dekkar, 1995. p.275-301.
- 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*, v.10, n.1, p.39-45, 2006.
- Cantarella, H.; Marcelino, R. Fontes alternativas de nitrogênio para a cultura do milho. *Informações Agrônomicas*, 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 Agrônomo, p.75-71. 1996. (Boletim Técnico, 100).
- Coelho, A.M.; França, G.E. de. *Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação*. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1995. 9p.
- Dotto, A.P.; Lana, M. do C.; Steiner, F. Frandoloso, J.F. Produtividade do milho em resposta à inoculação com *Herbaspirillum seropedicae* sob diferentes níveis de nitrogênio. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 5, n. 3, p. 376-382, 2010. [Crossref](#)
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*, 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306p.
- 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*, v.35, n.2, p.360-365, 2005. [Crossref](#)
- Fancelli, A.L.; Dourado Neto, D. *Produção de milho*. 2.ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360 p.
- Jaynes, D.B.; Colvin, T.S. Corn yield and nitrate loss in subsurface drainage from midseason nitrogen fertilizer application. *Agronomy Journal*, v.98, n.6, p.1479-1487, 2006. [Crossref](#)
- Mendes, C.Q.; Fernandes, R.H.R.; Susin, I.; Pires, A.V.; Gentil, R.S. Substituição parcial do farelo de soja por uréia ou amireia na alimentação de cabras em lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v. 39, n. 8, p. 1818-1824, 2010. [Crossref](#)
- Muzilli, O.; Oliveira, E.L.; Calegari, A. *Adubação do milho*. Campinas: Cargill, v.4, 1989. 28p.
- Oliveira, F.A. de; Cavalcante, L.F.; Silva, I. de F. da; Pereira, W. .; Oliveira, J.C. de; Filho, J.F. da C. Crescimento do milho adubado com nitrogênio e fósforo em um Latossolo Amarelo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.4, n.3, p.238-244, 2009. [Crossref](#)
- 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*, v.34, n.2, p.85-97, 2001. [Crossref](#)
- Pereira, H.S.; Leão, A.F.; Verginassi, A.; Carneiro, M.A.C. Ammonia volatilization of urea in the out-of-season corn. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, n.6, p.1685-1694, 2009. [Crossref](#)
- Santos, M.M.; Galvão, J.C.C.; Silva, I.R.; Miranda, G.V.; Finger, F.L. Épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em plantio direto, e alocação do nitrogênio (¹⁵N) na planta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34, n.4, p.1185-1194, 2010. [Crossref](#)
- 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*, v.5, n.3, p.387-397, 2006.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 719p.
- Weber, M.A.; Mielniczuk, J. Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, n.2, p.429-437, 2009. [Crossref](#)
- Zerulla, W.; Barth, T.; Dressel, J.; Erhardt, K.; Locquenghien 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*, v.34, n.1, p.79-84, 2001. [Crossref](#)