

APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES COM INIBIDOR DE NITRIFICAÇÃO E MICRONUTRIENTES, NA CULTURA DO MILHO

REGINA MARIA QUINTÃO LANA¹, MARCOS VIEIRA DE FARIA², ÂNGELA MARIA QUINTÃO LANA³, IVAN BONOTTO⁴ e DANILO MASSOTE PEREIRA²

¹Professora Titular, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Campus Umuarama, Caixa Postal 593, CEP: 38.400-734, Uberlândia, MG. E-mail: rmqlana@iciag.ufu.br (autora para correspondência).

²Graduandos em Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Campus Umuarama, Caixa Postal 593, CEP: 38.400-734, Uberlândia, MG.

³Professora Adjunto Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, E-mail: lana@vet.ufmg.br

⁴Mestrando, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Campus Umuarama, Caixa Postal 593, CEP: 38.400-734, Uberlândia, MG.

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.7, n.2, p. 141-151, 2008

RESUMO – O nitrogênio é essencial para a obtenção de altas produtividades de milho. O manejo de N, bem como a tecnologia de fertilizante, têm influência na eficiência da fertilização nitrogenada. O objetivo deste trabalho foi comparar os efeitos da aplicação do fertilizante nitrogenado (sulfonitrato de amônio), com inibidor de nitrificação (DMPP), em relação à aplicação da uréia como adubo convencional e, também, efetuando a aplicação dos micronutrientes Zn e Mn, nas formulações suspensão concentrada (SC) e solução líquida (SL). O experimento foi conduzido na estação experimental da Universidade Federal de Uberlândia, localizada no município de Uberlândia, MG, com delineamento experimental de blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições. O híbrido de milho cultivado foi Pioneer[®] 30F53. A adubação de semeadura, com uréia, foi de 500 kg ha⁻¹ de 08-28-16 + 500 kg ha⁻¹ de gesso agrícola, sendo as aplicações em cobertura com uréia realizadas aos 25 e 35 dias após a emergência, na dose de 60 kg de N ha⁻¹ cada, totalizando 160 kg ha⁻¹ de N. Os tratamentos com o fertilizante com inibidor de nitrificação (DMPP) receberam a dose de 160 kg ha⁻¹ de N em uma única vez, na semeadura, juntamente com 80 kg ha⁻¹ de K₂O e 140 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com os fertilizantes cloreto de potássio e superfosfato triplo, respectivamente. O fertilizante com inibidor de nitrificação resultou em aumento significativo na produtividade de milho, em relação à adubação convencional com uréia, na ausência de micronutrientes. A aplicação de Zn e Mn resultou em aumento de produtividade, quando aplicados via semente, comparados à adubação convencional com uréia, na ausência de micronutrientes.

Palavras-chave: *Zea mays*, adubos nitrogenados, DMPP, zinco.

APPLICATION OF FERTILIZER CONTAINING NITRIFICATION INHIBITOR AND MICRONUTRIENTS IN MAIZE

ABSTRACT - The use of nitrogen (N) as fertilizer is important in order to obtain high yields of maize. The management of nitrogen application, as well as the fertilizer

manufacturing technology takes part in the efficiency of the nitrogen fertilizing. The objective of this experiment was to compare the effect of fertilizer containing nitrification inhibitor (sulfonitrato ammonium + DMPP) and urea (conventional fertilization); and, also to evaluate the effect of application of zinc (Zn) and manganese (Mn) in foliar and/or seed treatment. The experiment was carried out in the experimental area of the Capim Branco's farm, located in Uberlândia, MG. The experimental layout was randomized blocks design, with six treatments and four replications. Pioneer 30F53 hybrid was sowed with 500 kg ha⁻¹ NPK (08-28-16) as sowing fertilization. The urea was applied at sowing in a dose of 40 kg ha⁻¹ and two topdressings of 60 kg ha⁻¹, at 25 and 35 days after emergency, totaling 160 Kg N ha⁻¹. Treatments involving fertilizer containing nitrification inhibitor (sulfonitrato ammonium + DMPP) received 160 Kg N ha⁻¹, in a single application at sowing, mixed to 80 kg K₂O ha⁻¹ and 140 kg P₂O₅ ha⁻¹, using chloride potassium and super phosphate triple fertilizers, respectively. The fertilizer with nitrification inhibitor (sulfonitrato ammonium + DMPP) significantly increased maize yields comparing to conventional fertilization with urea, in the absence of the micronutrients Zn and Mn. The use of Zn and Mn contributed to increase yields when applied via seeds, compared to conventional fertilization with urea in the lack of micronutrients.

Keywords: nitrogen fertilizer, nitrification inhibitor, zinc and manganese.

Durante o processo da hidrólise enzimática da uréia no solo, pode haver perda do nitrogênio na forma de amônia. Nesse processo, estão envolvidos fatores como o pH em torno do grânulo da uréia e da umidade do solo, textura, porosidade, umidade e da capacidade do solo em reter o amônio (Rodrigues & Kiehl, 1986; Sengik & Kiehl, 1995a; Lara Cabezas *et al.*, 1997a; Costa *et al.*, 2003). Dessa forma, a incorporação da uréia ao solo é uma alternativa para reter maior quantidade de amônio e, assim, minimizar as perdas por volatilização (Lara Cabezas *et al.*, 2000 e Sangoi *et al.*, 2003).

Uma das formas de aumentar a eficácia de utilização do N é controlar a solubilidade dos fertilizantes nitrogenados, desenvolvendo produtos de baixa solubilidade ou com decomposição de forma gradual. Outra forma é combinar os fertilizantes com produtos químicos

inibidores da nitrificação ou da hidrólise da uréia (Hauck, 1985).

Nesse sentido, pesquisas direcionadas para os inibidores de nitrificação começaram no final dos anos 50. No começo de 1962, a nitrapirina foi introduzida como inibidor de nitrificação, nos EUA (Goring, 1962). Porém, a dicyandiamida (DCD) teve importância predominante na Europa. (Solansky, 1982). Esses dois produtos, DCD e nitrapirina, são os mais importantes em escala global como inibidores de nitrificação.

Walters & Malzer (1990a), nos EUA, utilizando nitrapirina como inibidor da nitrificação, verificaram haver interação entre o clima, a quantidade de N aplicado e a forma de aplicação de uréia (na superfície ou incorporado). Os autores concluíram que, num período de elevado potencial para lixiviação, ocorreram aumentos de produção, em doses

mais baixas de N, nos tratamentos com a aplicação de nitrapirina.

Porém, nitrapirina e DCD têm algumas limitações. O DCD tem alto custo e há necessidade de altas doses para a obtenção do efeito de inibição da nitrificação (Solansky, 1982). Além disso, o DCD é altamente solúvel, podendo lixiviar no perfil do solo (Teske & Matzel, 1988). Como consequência, pode causar fitotoxicidade para as plantas (Reeves & Touchton, 1986).

No caso da nitrapirina, sua pressão de vapor é relativamente alta, o que não permite sua incorporação em fertilizantes sólidos. Portanto, a nitrapirina é quase exclusivamente usada como aditivo à amônia anidra, para aplicações em culturas de pré-inverno, nos EUA. Além do mais, essa substância pertence ao grupo dos organoclorados, é corrosiva e possui características explosivas, tornando a resistência ao seu uso cada vez maior (Trenkel, 1997).

Na Europa, foi desenvolvido um inibidor de nitrificação altamente específico à baixa concentração aplicada por área. Esse novo produto, 3,4-dimetil pirazolfosfato (DMPP), foi reconhecido pela legislação europeia como uma nova substância e, como tal, tem sido submetido a extensivos testes toxicológicos e ecológicos. Todos os testes conferidos ao produto DMPP revelaram que esse produto é seguro para manuseio e para o meio ambiente (Andreae, 1999; Roll, 1999). Dessa forma, pode ser incorporado a fertilizantes sólidos e líquidos, cujas características principais são: efeito específico sobre as bactérias nitrosomonas, ação bacteriostática temporária e não-bactericida, inofensivo para organismos aquáticos e terrestres e é degradado biologicamente no solo e sem efeito residual (Larraín, 2003).

De acordo com Zerulla et al. (2001), 136 testes de campo foram conduzidos sob várias condições de clima e solos, na Europa, com a finalidade de avaliar os efeitos dos fertilizantes nitrogenados com a presença de DMPP e seu impacto na produtividade e na qualidade de várias culturas agrícolas. Resultados demonstraram que o DMPP adicionado aos fertilizantes sulfonitrato de amônio, uréia e sulfato de amônio resultou em ganhos de produtividade em trigo, arroz irrigado e hortaliças. Outro aspecto positivo dos fertilizantes com DMPP foi sua regularidade nas produtividades, mesmo submetido a alto índice de precipitação e/ou irrigação.

Bañus et al. (2000) relataram eficiência de DMPP incorporado ao fertilizante NPK (14-08-20), contendo 75% de seu teor de N em amônio, na cultura do tomate, em solo de textura franco-argilosa, com aumento de produtividade de 4% em relação à testemunha, cuja fórmula NPK não possuía o DMPP incorporado.

No Brasil, algumas instituições têm avaliado a eficácia do DMPP adicionado aos grânulos do sulfonitrato de amônio. Centurion et al. (2006), cultivando milho em solo de textura argilosa, obtiveram resultados de ganho de produtividade de 11,6%, em dose única de 120 Kg ha⁻¹ de N do fertilizante sulfonitrato de amônio (SNA) + DMPP, em comparação com a mesma dose de uréia, aplicada com dose de N de 30 Kg ha⁻¹, no plantio, e 90 Kg ha⁻¹ em cobertura, aos 25 dias após a emergência. Os autores observaram que o fertilizante SNA + DMPP, na dose de 60 Kg ha⁻¹ de N, resultou em produtividade equivalente ao tratamento padrão com uréia, em duas aplicações, como descrito acima. Assim, Sorato & Souza (2006), cultivando milho em rotação, em Chapadão do Sul, MS, em solo de textura arenosa, concluíram

que a aplicação de 120 kg ha⁻¹, na forma de SNA + DMPP, proporcionou maior altura da planta e de inserção da primeira espiga do milho, em comparação à utilização da uréia.

Além do nitrogênio, os micronutrientes, também são importantes para a obtenção de altas produtividades, sendo as deficiências de B, Zn e Mo as mais freqüentes (Malavolta *et al.*, 1997).

Ferreira *et al.* (2001) demonstraram que a adubação molíbdica aumentou em 3% o teor de proteínas dos grãos de milho e, segundo Marschner (1995), essa influência positiva do molibdênio sobre o teor de proteína pode ser atribuída à sua atuação no metabolismo do nitrogênio, através do aumento da atividade da redutase do nitrato.

Quanto à interação entre os elementos nitrogênio, boro e zinco, alguns trabalhos foram realizados, permitindo constatar que o crescimento das plantas de milho, promovido pela aplicação de doses elevadas de N, resulta na diluição do Zn na planta, provocando a deficiência do referido elemento e a necessidade de seu uso na adubação da cultura, segundo Ferreira (1997).

Para o milho, a importância do Zn no incremento de produtividade tem sido demonstrada por vários autores, em campo e casa-de-vegetação (Galvão & Mesquita, 1981; Souza *et al.*, 1985; Galvão, 1995). Segundo Bull (1993), o zinco é o micronutriente mais limitante à produtividade de milho, no Brasil; ocorrendo maior freqüência de deficiência desse elemento em culturas plantadas em solos muito intemperizados e ácidos, de cerrado.

Em relação ao Mn, várias pesquisas avaliaram os efeitos da toxicidade desse elemento (Borkert, 1973; Borkert *et al.*, 1975), porque a maior parte da área cultivada nas regiões Sul e Leste do país está sobre solos

com altos teores de Mn. Nos solos derivados de arenito, no sul do Paraná, após a calagem, foram constatados sintomas associados à deficiência de manganês. Em levantamento feito por Lopes (1983), em solos sob vegetação de cerrado, foi encontrada cerca de 40% de deficiência em manganês.

Desta forma, Mascagni & Cox (1982), trabalhando com pulverizações foliares de sulfato de Mn em milho, demonstraram médias de produtividade de 8,23 e 8,49 t ha⁻¹, comparando com a testemunha, cujo rendimento de grãos foi de 2,21 t ha⁻¹.

Este trabalho teve como objetivos comparar os efeitos da aplicação de fertilizante inibidor com nitrificação em relação ao uso de uréia e avaliar o efeito de zinco e manganês em aplicação foliar e no tratamento de sementes, na cultura do milho.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Uberlândia (Fazenda Capim Branco), localizada no município de Uberlândia, MG, com declividade suave e aproximadamente 850 m de altitude. O clima é do tipo Aw (tropical estacional de savana), na classificação de Koppen. A precipitação e temperatura média, está, respectivamente, em torno de 1200 mm ano⁻¹ e 25°C, com chuvas concentradas nos meses de novembro a março. O Latossolo Vermelho apresentou os seguintes resultados, na camada de 0-20 cm: pH (2:1) = 6,5; fósforo = 2,6 mg dm⁻³, potássio = 96,3 mg dm⁻³, enxofre = 9,0 mg dm⁻³, cálcio = 2,5 cmol_c cm⁻³, magnésio = 1,4 cmol_c cm⁻³, matéria orgânica = 250 g kg⁻¹; CTC = 6,28 cmol_c cm⁻³ e saturação por bases (V) = 67,0%. Com relação aos micronutrientes, o solo apresentou teores

de manganês = 2,1 mg dm⁻³, boro = 0,14 mg dm⁻³, zinco = 2,1 mg dm⁻³ e ferro = 17 mg dm⁻³. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos aplicados foram: 1) adubação convencional (500 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16 no plantio e uréia parcelada em duas coberturas de 60 kg ha⁻¹ cada) + tratamento de sementes com Zn Mn-1SC (100 mL ha⁻¹) + pulverização foliar Zn Mn⁻¹ SC (600 mL ha⁻¹); 2) fertilizante com inibidor de nitrificação (SNA + DMPP) + tratamento de sementes com Zn/Mn SC (100 mL ha⁻¹) + pulverização foliar Zn Mn⁻¹ SC (600 mL ha⁻¹); 3) adubação convencional + pulverização foliar Co/Mo SL (100 mL ha⁻¹) e N/S/Zn/B/Mn SL (3,0 L ha⁻¹); 4) fertilizante com inibidor de nitrificação (sulfonitrato de amônio - SNA + DMPP) + pulverização foliar Co/Mo SL (100 mL ha⁻¹) e N/S/Zn/B/Mn SL (3,0 L ha⁻¹); 5) fertilizante com inibidor de nitrificação (sulfonitrato de amônio - SNA + DMPP); 6) adubação convencional - (Testemunha). As pulverizações foliares foram realizadas quando a cultura apresentava de quatro a oito folhas. As parcelas apresentaram seis linhas de 6m, com espaçamento de 0,75 m entre linhas, totalizando uma área de experimento de 756 m². A área útil considerada foi de 15 m².

A condução do experimento no campo deu-se entre os meses de dezembro de 2004 e abril de 2005. Utilizou-se, o híbrido Pioneer 30F53, semeado em 8 de dezembro de 2004. A densidade de semeadura foi de 75.000 plantas estabelecidas por hectare. Nas parcelas que receberam adubação convencional, foram aplicados 500 kg ha⁻¹ de gesso agrícola, para equilibrar o teor de enxofre, pois o fertilizante sulfonitrato de amônio (SNA) possui 12% de S. A adubação de semeadura utilizada foi de 500

kg ha⁻¹ de 08-28-16, segundo recomendação da RIBEIRO (1999). Foi utilizada a dose total de N de 160 kg ha⁻¹, para todos os tratamentos, sendo o fertilizante com inibidor de nitrificação aplicado em dose total, de uma única vez na semeadura, juntamente com 80 kg ha⁻¹ de K₂O e 140 kg ha⁻¹ de P₂O₅, utilizando os fertilizantes cloreto de potássio e superfosfato triplo, respectivamente. A uréia foi parcelada em 40 kg ha⁻¹, na semeadura, e duas coberturas de 60 kg ha⁻¹, aos 25 e 35 dias após a emergência.

Os fertilizantes utilizados apresentam as seguintes composições: a) Zn/Mn 600 SC - (tratamento de sementes e foliar) - 375 g L⁻¹ Zn; 250 g L⁻¹ Mn; b) Co/Mo SL - (foliar) - (m/m%, d = 1,38 g cm⁻³) 12% Mo; 0,2% Co; c) N/S/Zn/B/Mn SL - (Foliar) - (m/m%, d = 1,35 g cm⁻³) 10% N; 2% S; 5% Zn; 0,5% B; 4% Mn; d) Fertilizante sulfonitrato de amônio + DMPP (SNA + DMPP): 26% N (7% de N - NO₃ e 19% de N - NH₄) + 12% de S.

Foram efetuados os tratos culturais recomendados para a cultura do milho. A aplicação foliar foi realizada com pulverizador de pressão constante (CO₂), com vazão de 150 L ha⁻¹.

As variáveis avaliadas foram a produtividade de grãos de milho e os teores de macro e micronutrientes foliares no pleno florescimento.

A análise de variância dos dados foi efetuada com o auxílio do programa Sistema de Análise Estatística - SANEST, sendo as médias comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade, para produtividade, e teste de Tukey a 5% de probabilidade, para amostras foliares.

Resultados e Discussão

De acordo com a Tabela 1, observou-se que a dose de 160 kg ha⁻¹ de N na formulação do fertilizante nitrogenado com inibidor de

nitrificação (SNA +DMPP) e ausência de micronutrientes (tratamento 5) resultou em rendimento de 9.397 kg ha⁻¹ de grãos, em comparação com a adubação convencional recomendada para região, a qual recebeu 500 kg ha⁻¹ (8-28-16), incluindo duas adubações de cobertura, com 60 kg ha⁻¹ de N, totalizando os 160 kg ha⁻¹ de N (tratamento 6), apresentando produtividade de 7.872 kg ha⁻¹. Assim, observou-se que o fertilizante sulfonitrato de amônio (SNA), com inibidor de nitrificação (DMPP), resultou em produtividade de 19,3 % acima da adubação convencional, a qual teve como fertilizante nitrogenado a uréia.

Esse resultado está de acordo com pesquisas realizadas no exterior e no Brasil (Zerulla, et al. 2001; Centurion et al. 2006; Sorato & Souza, 2006). Os autores estudaram, na cultura do milho, o aumento de produtividade, em comparação com os fertilizantes nitrogenados convencionais (sem o inibidor de nitrificação). De acordo com os resultados, houve a possibilidade de aplicar a adubação nitrogenada em uma única operação, o que, nesse caso, foi

na semeadura em dose única de 160 kg ha⁻¹, com o fertilizante SNA+DMPP. Nas condições deste experimento, a disponibilidade do nitrogênio, proporcionada pelo SNA+DMPP, para a cultura do milho, foi suficiente para suprir a cultura durante o período crítico de estabelecimento de produtividade e, além disto, ocorreu ganho de produtividade de 25,4 sacas ha⁻¹, em relação à adubação convencional.

A aplicação de Zn e Mn via foliar e/ou em tratamento de semente também demonstrou ganhos em produtividade, principalmente quando comparada com adubação convencional. Ao comparar os desempenhos dos fertilizantes com inibidor de nitrificação (SNA + DMPP) e a adubação convencional com os tratamentos com Zn e Mn, em formulação suspensão concentrada (SC), observa-se que não ocorre diferença significativa entre os tratamentos 1 e 2, indicando que os micronutrientes tiveram participação nos ganhos de produtividade, pois, no tratamento 1, com adubação padrão com Zn e Mn, em tratamento de semente e via foliar, e o tratamento 2, com SNA + DMPP, também

TABELA 1. Produtividade média de milho (kg ha⁻¹), Uberlândia – MG, 2005.

Tratamentos	Média (kg ha ⁻¹)
1 Adubação convencional* + Zn/Mn SC (TS) + Zn/Mn (SC) (Foliar)	9426,3 a
2 SNA** + Zn/Mn (SC) (TS) + Zn/Mn (SC) (Foliar)	9512,5 a
3 Adubação convencional* + N/S/Zn/B/Mn/Co/Mo (SL) (Foliar)	8598,5 bc
4 SNA** + N/S/Zn/B/Mn/Co/Mo (SL) (Foliar)	9019,0 ab
5 SNA**	9396,8 a
6 Adubação convencional* (Testemunha)	7871,5 c
CV%	5,45

Médias seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5%.

* Adubação convencional: 500 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16 no plantio e uréia parcelada em duas coberturas de 60 kg ha⁻¹ cada.

** SNA + DMPP : Dose total de N de 160 kg ha⁻¹, sendo aplicado dose total de uma única vez na semeadura, juntamente com 80 kg ha⁻¹ de K₂O e 140 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

com Zn e Mn, em tratamento de semente e via foliar, apresentaram produtividades de 16,5% e 17,25%, respectivamente, acima do tratamento com adubação convencional, o qual não recebeu nenhum fornecimento de micronutrientes. Nesse caso, a vantagem da aplicação da tecnologia da inibição de nitrificação incorporada ao fertilizante nitrogenado deve-se ao fato de não haver necessidade da aplicação das operações de cobertura, as quais foram realizadas em número de duas, na adubação convencional.

Nos resultados obtidos com a aplicação dos nutrientes, juntamente com zinco, manganês, molibdênio e cobalto, via foliar, observa-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos que receberam a adubação convencional e com o inibidor de nitrificação, nos tratamentos 3 e 4. Embora, o tratamento com inibidor de nitrificação tenha demonstrado um ganho de 4,6%, ambos os tratamentos tiveram ganhos de produtividade de 8,5% e 12,7% respectivamente, acima da adubação convencional (tratamento 6). Esses resultados vão ao encontro das pesquisas já realizadas, as quais demonstram respostas positivas às aplicações de micronutrientes, principalmente à base de Zn e Mn, para a cultura do milho. Santos et al. (1989) verificaram que a aplicação de 30 a 90 g ha⁻¹ de Zn, em tratamento de sementes, proporcionou produtividades semelhantes àquelas obtidas com a aplicação de 2,0 kg ha⁻¹ de Zn no sulco de semeadura.

Nas condições do experimento, os melhores desempenhos foram dos tratamentos com SNA + DMPP, e a adubação convencional, os quais receberam o fornecimento de Zn e Mn via foliar e, também, no tratamento de semente, conforme descrito nos tratamentos 1 e 2, com produtividades de 9.512,6 kg ha⁻¹ e 9.426,3 kg ha⁻¹, respectivamente. Contudo, não diferiram

estatisticamente do tratamento 5, o qual recebeu somente o fertilizante com inibidor de nitrificação (SNA + DMPP).

Com relação às formulações aplicadas via foliar e semente, observou-se melhor desempenho da formulação SC em relação à formulação SL. O tratamento 4, o qual recebeu SNA + DMPP e fertilizante foliar SL, também não diferiu estatisticamente dos tratamentos 1 e 2, os quais tiveram melhor desempenho em produtividade. Nota-se que os demais nutrientes incluídos na formulação SL, como Mo, Co, não tiveram participação no incremento de produtividade. Possivelmente, o aumento de produtividade, referente aos tratamentos 3 e 4, em relação à testemunha (adubação convencional), deveu-se ao fornecimento de Zn e Mn.

Dessa forma, o tratamento 4, que recebeu o SNA + DMPP, e, também, fertilizante foliar em formulação SL, apresentou produtividade 4,3 % abaixo do mesmo fertilizante SNA + DMPP.

De acordo com a Tabela 2, os teores foliares de macronutrientes não apresentaram diferenças estatísticas. Para o nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e enxofre, os teores foliares se encontram em níveis adequados. Para o cálcio, somente no tratamento em que se utilizou o fertilizante inibidor de nitrificação é que os teores foliares se encontram em níveis adequados (Comissão de Fertilidade de Solos de Minas Gerais – CFSEMG, 1999).

Os teores de micronutrientes não apresentaram diferença estatística (Tabela 2). Os micronutrientes (B, Cu, Fe e Mn) apresentam teores foliares em níveis adequados. Porém, para o zinco, somente os tratamentos 1,3 e 6 se encontram em níveis adequados (Comissão de Fertilidade de Solos de Minas Gerais – CFSEMG, 1999).

TABELA 2. Teores foliares de macronutrientes (g kg⁻¹) e micronutrientes no milho (mg kg⁻¹) obtidas no pleno florescimento, Uberlândia 2005.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
1*	32,85 a	3,45 a	26,25 a	2,12 a	2,57 a	2,22 a	14,75 a	16,75 a	75,00 a	51,25 a	21,50 a
2*	33,02 a	3,45 a	23,87 a	2,47 a	2,57 a	1,95 a	17,00 a	16,00 a	78,00 a	49,00 a	17,50 a
3*	31,90 a	3,50 a	26,25 a	2,25 a	2,65 a	1,97 a	16,00 a	15,75 a	79,25 a	49,75 a	22,25 a
4*	32,40 a	3,32 a	25,37 a	2,30 a	2,67 a	2,30 a	15,00 a	16,00 a	74,75 a	50,50 a	19,25 a
5*	32,95 a	3,35 a	24,00 a	2,57 a	2,52 a	2,00 a	18,00 a	15,75 a	84,75 a	50,75 a	17,25 a
6*	33,02 a	3,50 a	24,75 a	2,40 a	2,75 a	2,10 a	16,50 a	16,00 a	78,00 a	51,75 a	21,25 a
DMS 5%	1,46	0,45	3,19	0,82	0,78	0,61	6,88	2,75	15,69	10,09	6,13
CV%	1,92	5,66	5,48	15,07	13,07	12,74	18,27	7,30	8,48	8,50	13,27

1) Adubação convencional (500 kg ha⁻¹ do formulado 08-28-16 no plantio e uréia parcelada em duas coberturas de 60 kg ha⁻¹ cada) + tratamento de sementes com Zn/Mn SC (100 mL ha⁻¹) + pulverização foliar Zn/Mn SC (600 mL ha⁻¹); 2) Fertilizante com inibidor de nitrificação (SNA + DMPP) + tratamento de sementes com Zn/Mn SC (100 mL ha⁻¹) + pulverização foliar Zn/Mn SC (600 mL ha⁻¹); 3) Adubação convencional + pulverização foliar Co/Mo SL (100 mL ha⁻¹) e N/S/Zn/B/Mn SL (3,0 L ha⁻¹); 4) Fertilizante com inibidor de nitrificação (sulfonitrato de amônio - SNA + DMPP) + pulverização foliar Co/Mo SL (100 mL ha⁻¹) e N/S/Zn/B/Mn SL (3,0 L ha⁻¹); 5) Fertilizante com inibidor de nitrificação (sulfonitrato de amônio - SNA + DMPP) e 6) Adubação convencional

Conclusões

O fertilizante com inibidor de nitrificação resultou em aumento significativo na produtividade de milho, em relação à adubação convencional com uréia, na ausência de micronutrientes.

A aplicação de Zn e Mn resultou em aumento de produtividade, quando aplicados via semente, comparados à adubação convencional com uréia, na ausência de micronutrientes.

Literatura Citada

ANDREAE, M. ENTEC (DMPP) – ein neuer Ammonium-stabilisator: ökotoxikologische Bewertung. In: DÜNGUEN MIT EINER NEUN TECHNOLOGIE INNOVATION IN DER DÜNGUNG ENTEC = SCIENTIFIC COLLOQUIUM, 1999, Limburgerhoff.

Proceedings... Limburgerhof: BASF Agricultural Center, 1999. p. 45-49.

BAÑULS J.; SERNA, M. D.; QUIÑONES, A.; MARTIN, B.; PRIMO MILLO, E.; LEGAZ, F. Optimización de la fertilización nitrogenada con el inhibidor de la nitrificación (DMPP) con riego por goteo en cítricos. **Levante Agrícola**, Valência, v. 351, p. 117-121, 2000.

BORKERT, C. M.; FREIRE, J. R. J.; VIDOR, C.; GRIMM, S. S. Efeito do calcário e do cloreto de potássio sobre as concentrações de manganês e alumínio nos oxissolos Santo Ângelo e Passo Fundo e absorção de manganês por duas cultivares de *Glycine max* (L.) Merril. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v. 11, p. 45-51, 1975.

BORKERT, C. M. **Efeito do cloreto de potássio sobre concentrações de manganês e alumínio nos oxissolos Santo Ângelo e Passo Fundo e suas relações com a nodulação e rendimento de duas cultivares de soja.** 1973. 97 f. Tese (Mestrado) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

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

CENTURION, C. A.; BONOTTO, I.; PARAÍSO, R. P.; MOREIRA, F. T. C.; CRUZ, R. W.; DARINI, J. C. M.; PINHONI, A. R. B.; NASCIMENTO, L. O. V.; MEIRELLES, G. O.; PAARMANN, C. H.; PERIN, M. R.; PEREIRA, A. O. Eficiência do nitrogênio de disponibilidade controlada associado com micronutrientes na cultura do milho. In REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 11.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 9.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 6., 2006, Bonito, MS. **A busca das raízes:** anais. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. CD-ROM. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 82).

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V.; V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais:** 5. aproximação. Vicosá: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

COSTA, M. C. G.; VITTI, C. G.; CANTARELLA, H. Volatilização de N-NH₃ de fontes nitrogenadas em cana-de-açúcar colhida sem despalha a fogo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, p. 631-637, 2003.

FERREIRA, A. C. B.; ARAÚJO, G. A. A.; PEREIRA, P. R. G.; CARDOSO, A. A. C. Características agronômicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n.1, p. 131-138, jan./mar. 2001.

FERREIRA, A. C. B. **Efeito da adubação com N, Mo e Zn sobre a produção, qualidade de grãos e concentração de nutrientes no milho.** 1997. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GALRÃO, E. Z. Níveis críticos de zinco para o milho cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo, fase cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 255-260, mai/ago. 1995.

GALRÃO, E. Z.; MESQUITA FILHO, M. V. Efeito de fontes de zinco na produção de matéria seca do milho em um solo sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 5, p. 167-170, 1981.

GORING, C. A. I. Controlo of nitrification by 2-chloro-6-(trichloromethyl)-pyridine. **Soil Science**, Baltimore, v. 93, p. 211-218, 1962.

HAUCK, R. D. Slow-release and bioinhibitor-amended nitrogen fertilizers. In: ENGELSTAD, O. P. (Ed.). **Fertilizer Technology and Use**, 3.

ed. Madison: Soil Science Society of America, 1985. p. 293 - 322.

HAUCK, R. D. Nitrification inhibitors – potentials and limitations. **VDLUFA-Schriften**, reihe, v.11, p. 9-21, 1984.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELLIN, P. C. O.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluída de cobertura na cultura de milho, em sistema de plantio direto no triângulo mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, p. 363-376, 2000.

LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNDÖRFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: I. Efeito da irrigação e substituição parcial da uréia por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 481-487, 1997a.

LARRAÍN, P. **Nueva generación de fertilizantes nitrogenados con inhibidor de la nitrificación**. Santiago do Chile: COMPOAGRO, 2003.

LOPES, A. S. **Solos sob “cerrado”**: característica, propriedades e manejo. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 1983. 162 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2.ed. New York: Academic Press, 1995. 889 p.

MASCAGNI Jr. H. J.; COX, F. R. Evaluation of inorganic and organic manganese fertilizer sources. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 49, p. 458-461, 1982.

REEVES, D. W.; TOUCHTON, J. T. Relative phytotoxicity of dicyan-diamide and availability of its nitrogen to cotton, corn, and grain shorgum. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 50, p. 1353-1357, 1986.

RODRIGUES, M. B.; KIEHL, J. C. Volatilização de amônia após emprego de uréia em diferentes doses e modo de aplicação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, p. 37-43, 1986.

ROLL, R. Zur Toxikologie von DMPP. . In: DÜNGUEN MIT EINER NEUN TECHNOLOGIE INNOVATION IN DER DÜNGUNG ENTEC = SCIENTIFIC COLLOQUIUM, 1999, Limburgerhoff. **Proceedings...** Limburgerhof: BASF Agricultural Center, 1999. p. 39-44.

SANGOI, L. et al. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de uréia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, p. 87-692, 2003.

SANTOS, E. A.; PARDUCCI, S.; SANTOS, G.; SANTOS, O. S. **Produção de grãos de milho em função de níveis de adubação de zinco e boro aplicados nas sementes e no solo em condições da tecnologia usual do produtor da região sudoeste de Goiás**. Rio Verde: EMGOPA, 1989

SENGIK, E.; KIEHL, J. C. Efeito de resíduos orgânicos e do fosfato monocálcico na

- volatilização de amônia em terra tratada com uréia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, p. 321-326, 1995a.
- SOLANSKY S. N-Stabilisator SKW-DIDIN verbessert die Stickstoffwirkung der Gulle. **Blickfeld** v. 6, p.1-4, 1982.
- SORATTO, R. P.; SOUZA, E. F. C. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 395-405, 2006.
- SOUZA, E. C. A.; SANTIAGO, G.; OLIVEIRA, L. C. L.; COUTINHO, E. L. M.; LIMA, L. A. Resposta do milho (*Zea mays* L.) à adubação com fósforo e zinco. **Cientifica**, São Paulo, v.13, p. 39-49, 1985.
- TESKE, W.; MATZEL, W. Die Beeinflussung der nitrifications – hemmenden Wirkung von Dicyandiamid durch Abbau und Verlagerung im Boden. **Arcker Pflanzenbau Bodenkd** v. 32, p. 241- 246, 1988.
- TRENKEL, M. **Improving fertilizer use efficiency controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture**. Paris: International Fertilizer Industry Association, 1997.151p
- WALTERS, D. T.; Malzer, G. L. Management and nitrification inhibitor effects on nitrogen-15 urea: I. Yield and fertilizer use efficiency. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 54, p. 115-122, 1990a.
- ZERULLA, W.; BARTH, T.; DRESSEL, J.; ERHARDT, K.; HORCHLER, K.; PASDA, G.; RADLE, M.; WISSEMEIER, A. DMPP a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. **Biology and Fertility of Soils, Heidelberg**, v. 34, n. 2, p. 79-84, 2001.