

Adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho em solo arenoso

Leandro Rampim¹, Clair Aparecida Viecelli^{1,2}, Érica das Graças Carvalho Nasu¹,
Sandra Luisa Toillier¹ e Maria do Carmo Lana¹

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Curso de pós-graduação em Agronomia, Rua Pernambuco, 1777, CEP 85960-000, Campus Marechal Cândido Rondon, PR.

²Faculdade Assis Gurgacz – FAG, Curso de Agronomia. Avenida das Torres n. 500, CEP: 85.806-095, Bairro Santa Cruz, Cascavel, PR.

rampimleandro@yahoo.com.br, clair@fag.edu.br, ericanasu@gmail.com, sandra_biology@yahoo.com.br, mariac.lana@hotmail.com

Resumo: A cultura do milho vem passando por importantes mudanças tecnológicas, com o intuito de aumentar a produtividade. O trabalho teve como objetivo verificar a influência da adubação nitrogenada sobre diferentes formas de adubação de cobertura na cultura do milho em Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico. Para a realização do estudo foi utilizado as seguintes formas de adubação em cobertura em solo arenoso na capacidade de campo: Uréia (140 Kg ha⁻¹) + Óleo de soja; Uréia (140 Kg ha⁻¹) + Inibidor de Urease; Uréia (100 Kg ha⁻¹) + Sulfato de amônia (40 Kg ha⁻¹); Sulfato de amônia (140 Kg ha⁻¹); Uréia (140 Kg ha⁻¹). A aplicação de N com diferentes formas de adubação teve o mesmo efeito na absorção de N e acúmulo de matéria seca, resultando na mesma produção, desta forma pode-se utilizar a fonte de N mais viável economicamente.

Palavras-Chave: Nitrogênio, inibidor de urease, óleo de soja.

Nitrogen topdressing fertilization in the maize of the sandy soil

Abstract: The culture of the corn comes passing for important technological changes, with intention to increase the productivity. The work has the objective to verify the influence of the fertilization nitrogen on different forms of fertilization of covering in the maize on the Red-yellow Dystrophic Clay soil. For the conduct of the study was used the following forms of fertilization in coverage in sandy soil in ability to field: Urea (140Kg ha⁻¹) + Oil of soybean; Urea (140 Kg ha⁻¹) + Inhibiting of Urease; Urea (100 Kg ha⁻¹) + ammonia Sulphate (40 Kg ha⁻¹); Ammonia sulphate (140 Kg ha⁻¹); Urea (140 Kg ha⁻¹). The application with different forms of fertilization will the same have effect in the absorption of N and accumulation of organic matter, resulting probably in the same production, being able to be used, in such a way, the source of more viable N economically.

Key words: Nitrogen, inhibiting of urease, soybean oil.

Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos em todo o mundo, seja na alimentação humana ou animal. Constitui-se um dos principais insumos para o segmento produtivo (Embrapa, 1997). Nos últimos anos, a cultura do milho, no Brasil, vem passando por importantes mudanças tecnológicas, resultando em aumentos significativos da produtividade e produção com adubação equilibrada (Coelho *et al.*, 2002).

A produção depende do suprimento mineral, embora em pequena proporção do peso da matéria seca da planta (Boaro *et al.*, 1997). Não obstante a produtividade de grãos e de matéria seca da parte aérea da planta de milho aumenta com a elevação das doses de nitrogênio (Araújo, 2004), interferindo diretamente no crescimento, desenvolvimento das plantas e produção de grãos (Sanzonowicz, 2001).

Segundo Coelho *et al.* (2002), no manejo da cultura do milho é necessário conhecer o momento da absorção de cada nutriente identificando a época que é exigido em maior quantidade, além de associar ao potencial de perdas por lixiviação e nos diferentes tipos de solos e a sua eficiência. Tais fatores são importantes na aplicação principalmente de nitrogênio, visto que o remove grandes quantidades de nitrogênio para atingir produtividades elevadas.

O nitrogênio é um nutriente que limita a produtividade agrícola, todavia a relação custo/benefício, que interessa ao agricultor, pode limitar seu uso. Por outro lado, também pode provocar prejuízos ao ambiente pelo elevado custo energético de produção das fontes nitrogenadas (Vitti *et al.*, 1999). Uma alternativa é a uréia, pois possui a mesma eficiência de outros adubos nitrogenados, porém apresenta desvantagens como ausência de outros nutrientes e possibilidade de ocorrência de perdas de até 96% do N aplicado, por volatilização de NH_3 , o que pode implicar problemas de ordem econômica e ambiental (Brady, 1989).

De acordo com Oliveira (2003), foi verificado que a uréia aplicada na superfície do solo proporciona uma baixa eficiência de aproveitamento de N pelo milho, em decorrência de perdas por volatilização de amônia. É possível que a sua substituição parcial ou total por sulfato de amônio aumente a eficiência da adubação nitrogenada em cobertura, contribuindo para que os ganhos em produtividade ocorram em doses menores de N aplicado.

Raij e Cantarella (1996) relatam que as recomendações atuais para a adubação nitrogenada em cobertura são realizadas com base em curvas de resposta, histórico da área e produtividade esperada. A dinâmica complexa do N aplicado ao solo é muito difícil saber se a dose recomendada será suficiente ou não para a planta expressar seu potencial produtivo. A volatilização da amônia é um dos que mais contribuem para a baixa recuperação de N pelo milho (Lara Cabezas *et al.*, 1997). A uréia, ao ser aplicada ao solo, sofre hidrólise enzimática (urease), produzindo carbonato de amônio $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$ que se desdobra em NH_3 , CO_2 e água (Rodrigues e Kiehl, 1992).

Outro fator que interfere nas perdas de N-NH_3 por volatilização da uréia aplicada na superfície é a umidade do solo. Em solo úmido, próximo à capacidade de campo, as perdas de

amônia acompanham o processo de evaporação da água (Bouwmeester *et al.*, 1985). Em solo seco, as perdas podem ser significativas somente se a umidade relativa do ar for alta (Black *et al.*, 1987). As perdas por volatilização de amônia podem ser controladas pela adição de ácidos (H_3PO_4 , H_2SO_4 e HNO_3), sais (de cálcio, magnésio e potássio) e inibidores da urease (Hargrove, 1988). A incorporação de uréia no solo a 5-7 cm de profundidade também mostrou ser uma prática efetiva na diminuição das perdas de $N-NH_3$ por volatilização (Lara Cabezas *et al.*, 1997).

O objetivo do trabalho foi verificar a influência da adubação nitrogenada em cobertura com o solo na capacidade de campo sob diferentes fórmulas e formas de adubação de cobertura na absorção de nitrogênio e produção de matéria seca.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada no Complexo de Controle Biológico e Cultivo Protegido Professor Dr. Mário César Lopes, da UNIOESTE, Campus de Marechal Cândido Rondon- PR, localizada a $24^{\circ}33'40''$ de latitude sul, $54^{\circ}04'00''$ de longitude oeste, e altitude média de 400 m.

O solo utilizado foi o Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, com as características químicas e físicas apresentadas na Tabela 01.

Tabela 01 - Caracterização química e granulométrica do Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico

MO ⁽¹⁾	P ⁽²⁾	pH ⁽³⁾	H+Al ⁽⁴⁾	K ⁽²⁾	Ca ⁽⁵⁾	Mg ⁽⁵⁾	SB	CTC	V	
g dm ⁻³	mg dm ⁻³	CaCl ₂	-----			cmol _c dm ⁻³	-----		%	
13,67	15,41	5,60	3,97	0,3	2,22	0,49	3,00	7,0	43,0	
Teor de água na capacidade de campo ⁽⁶⁾			Areia ⁽⁷⁾	Silte ⁽⁷⁾		Argila ⁽⁷⁾				
kg kg ⁻¹			-----		g kg ⁻¹		-----			
0,15			778		52		170			

⁽¹⁾Método Walkey-Black; ⁽²⁾Extrator Mehlich¹; ⁽³⁾CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹; ⁽⁴⁾Acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹; ⁽⁵⁾Extrator KCl 1 mol L⁻¹; ⁽⁶⁾Método da Coluna; ⁽⁷⁾Método do Densímetro de Bouyoucos.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com 5 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos constituíram em: Ureia (140 kg ha⁻¹ N); Ureia + óleo de soja (140 kg ha⁻¹ N); Ureia + inibidor de urease (140 kg ha⁻¹ N); Ureia + sulfato de amônio (100 + 40 kg ha⁻¹ N) e Sulfato de amônio (140 kg ha⁻¹ N), aplicados em cobertura na

superfície. O plantio do milho foi em vasos com capacidade de 4 kg, com 17cm de diâmetro e área de superfície 0,023 m², distribuindo-se 4 sementes por vaso do híbrido simples de ciclo precoce, CD 304.

Desta forma, na semeadura, cada vaso foi adubado com superfosfato triplo e cloreto de potássio nas doses de 6,87 g e 0,46 g por vaso, respectivamente, para fornecer 300 mg dm⁻³ de P e 50 mg dm⁻³ de K. Em seguida foi realizado o desbaste das plantas aos 10 dias após a emergência, mantendo duas em cada vaso. Quando as plantas apresentavam 4 a 6 folhas, aos 20 dias após a emergência, a umidade do solo foi corrigida para a capacidade de campo por meio de pesagens dos vasos e em seguida, foram adicionados os adubos nitrogenados na superfície do solo.

A uréia foi embebida com óleo de soja na proporção uréia:óleo 5:1. A mistura ficou em repouso por um período de 30 dias. Já a mistura da uréia com o sulfato de amônio foi realizada no dia anterior a sua aplicação. Ambas foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição Mineral de Plantas da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon, utilizando balança semi-analítica.

Para a determinação de Matéria Seca (MS) foram coletadas as plantas de cada vaso, 18 dias após a aplicação dos tratamentos, as quais foram inseridas em saco de papel, colocados em estufa 65°C durante 72hs, e em seguida pesou-se as amostras.

Para a determinação do teor de nitrogênio (Tedesco, 1995) retirou-se uma alíquota de 0,2 g MS previamente triturado; adicionou-se 0,7 g de mistura digestora (100g de sulfato de cobre e 10 g de sulfato de potássio anidro), acrescentou-se 1 mL de H₂O₂ e 1 mL de ácido sulfúrico, em seguida aqueceu-se a mistura até obter coloração verde clara. As amostras foram diluídas em 50 mL de água destilada, e realizou-se a destilação (10 mL amostra e 5 mL do indicador ácido bórico). Não obstante efetuou-se a titulação (ácido sulfúrico 0,025 molL⁻¹, viragem para cor rosa). Para determinar o teor de nitrogênio utilizou-se a fórmula:

Teor %N = (mL titulação amostra – mL titulação branco) x 700 x 5 x 5 / 10000.

Após a determinação do teor de matéria seca e o teor de nitrogênio (N), efetuou-se o cálculo de índices de eficiência correlacionando com as formas de adubação.

Primeiramente determinou-se a eficiência de uso do nutriente nitrogênio (Produção biomassa/N absorvido). Em seguida determinou-se a eficiência de absorção (Quantidade de N parte aérea/ Quantidade de N absorvido) e eficiência do uso dos fertilizantes (Produção de biomassa/Quantidade de N aplicado). Os dados foram submetidos a análise estatística através do programa SANEST.

Resultados e Discussão

Através do teor de matéria seca (MS) obtido foi possível aplicar a análise de variância com teste F, e foi verificado que a aplicação das fórmulas e formas de N proporcionaram resultados semelhantes estatisticamente para o incremento de MS (Tabela 02). Da mesma forma, com o teor de N observado na MS, foi possível verificar que não houve diferença significativa quanto às formas de adubação, ou seja, uréia, sulfato de amônio, uréia com sulfato amônio, uréia com óleo de soja e uréia com inibidor de urease forneceram o mesmo teor de nitrogênio às plantas (Tabela 02).

Tabela 02 - Nitrogênio aplicado, Teor de Matéria seca e % N nos tratamentos

Tratamentos	N (g)	MS (g)	% N planta
Uréia + Óleo de soja (140kg N ha ⁻¹)	0.324	5.367	2.603
Uréia + Inibidor de uréia (140kg N ha ⁻¹)	0.324	5.550	3.128
Uréia (100kg N ha ⁻¹) + Sulfato de amônia (40kg N ha ⁻¹)	0.324	5.701	3.019
Sulfato de amônia (140kg N ha ⁻¹)	0.324	5.411	3.675
Uréia (140kg N ha ⁻¹)	0.324	5.750	3.959
Teste F (5%) ^(a)		ns	ns

^(a)Tanto o teor de matéria seca (MS) quanto o teor de %N na planta não foram significativos para o Teste F realizado na análise de variância.

Na Tabela 03 verifica-se que através do nitrogênio aplicado nos tratamentos, juntamente com o teor de matéria seca e o teor de nitrogênio na MS das plantas foi possível calcular os Índices de Eficiência da adubação de cobertura para todas as formas de adubação nitrogenada. Tanto para a eficiência de uso do nutriente nitrogênio, a eficiência de absorção quanto à eficiência do uso dos fertilizantes não foi observado efeito significativo com a aplicação das diferentes fórmulas e formas de N em cobertura. Desta maneira, percebe-se que realmente não houve interferência entre as diversas formas de adubação realizada no experimento. Visto que mesmo nas relações dos índices, os quais dão maior confiabilidade aos resultados, mostra que todos os tratamentos foram iguais estatisticamente (Tabelas 02 e 03).

Tabela 03 - Índices de Eficiência da adubação

Tratamentos	Índices de Eficiência		
	Uso de nitrogênio:	Absorção:	Uso de fertilizante:
	MS/N absorvido	N absorvido/N aplicado	MS/N aplicado
1	2.38	16.56	8.03
2	1.78	17.13	9.65
3	1.89	17.74	9.4
4	1.48	16.80	11.41
5	1.52	17.75	12.22
Teste F (5%) ^(a)	ns	ns	ns

^(a)Tanto o uso do nitrogênio, absorção do N e uso do fertilizante não foram significativos para o Teste F realizado na análise de variância.

Os sintomas característicos de uma ou outra desordem só se manifestam em casos graves, no entanto a identificação do nível nutricional da planta é possível pela análise química da mesma (Araújo, 2004), não obstante coletou-se a parte aérea das plantas para determinar o teor de matéria seca e o teor de nitrogênio. No início do cultivo das plantas de milho, foi observado amarelecimento nas folhas, provavelmente devido a deficiências de nitrogênio relacionando com o solo arenoso. As diferentes formas de aplicação de nitrogênio combinadas não mostraram efeitos significativos nas eficiências do uso do nutriente, absorção e do uso de fertilizante em solo arenoso, comprovado pelo desenvolvimento normal das plântulas de milho, além de não ter observado sintomas de excesso ou deficiência após a adubação, evidenciando a ausência de desordens nutricionais conforme Araújo (2004).

Com a observação da rápida hidrólise da uréia para carbonato de amônio e subsequente potencial de perdas de nitrogênio por volatilização de amônia (NH₃), tem-se recomendado, no manejo desse fertilizante, a incorporação ao solo a uma profundidade de aproximadamente 5 a 10cm (Coelho *et al.*, 1991). Por outro lado, as perdas de nitrogênio por volatilização de NH₃ podem ser reduzidas pela ocorrência de chuvas após a aplicação da uréia na superfície do solo, ainda segundo o autor. Assim, para o solo arenoso utilizado no experimento, foi proporcionado condições para que o N fosse disponibilizado para as plantas, de forma que a adubação de cobertura foi realizada com o solo na capacidade de campo, reduzindo as perdas de N, seguindo as recomendações de Bouwmeester *et al.* (1985), além da contribuição das irrigações diárias realizadas na casa de vegetação. Assim, as perdas por volatilização foram reduzidas.

Devido a alta exigência de nitrogênio, o milho é uma cultura que responde a adubação nitrogenada com incremento observado em várias características que influenciam a produção final (Da Ros *et al.*, 2003). Entretanto, no trabalho foi verificado que as formas de adubação nitrogenada não interferiram no aumento da absorção de nitrogênio e no aumento da matéria seca da parte aérea.

Os resultados dão suporte para a utilização de qualquer fonte de N estudada, podendo optar pela fonte disponível ou mais barata, pois a nutrição de N nas plantas de milho será a mesma (Tabelas 02 e 03). Assim, todas as fórmulas e formas de adubação de cobertura interferem semelhantemente na produção de matéria seca, desde que o solo esteja na capacidade de campo.

A utilização da uréia, em presença de umidade no solo reduz a volatilização da amônia após a ação enzimática no solo (Rodrigues e Kiehl, 1992; Black *et al.*, 1987). Assim, a aplicação de uréia com inibidor de urease não proporcionou efeito significativo\ pois havia umidade ideal no solo (Bouwmeester *et al.*, 1985; Black *et al.*, 1987), facilitando as reações no solo. Por outro lado se estivesse em condições de estresse hídrico a uréia teria perdas mais significativas de nitrogênio (Lara Cabezas *et al.*, 1997), reduzindo também o teor de matéria seca e conseqüentemente a produtividade.

A utilização de diferentes fórmulas e formas de N em cobertura com o solo na capacidade de campo e com irrigações freqüentes proporcionam resultados semelhantes na cultura do milho quanto ao aproveitamento de N. Desta forma, é necessário aprimorar as metodologias para a aplicação de N com inibidor de urease, pois tal forma de adubação poderia trazer grandes benefícios para aumentar o aproveitamento do N aplicado em solo seco (Rodrigues e Kiehl, 1992).

No entanto, destaca-se também a importância da utilização de uréia com óleo de soja, pois facilita aplicações de N em cobertura na forma de uréia sem a perda de N, mesmo em dias em que o solo não estivesse na capacidade de campo (Raij e Cantarella, 1996). Assim a utilização de uréia (40%N) beneficiaria o rendimento de trabalho da aplicação e reduziria custos de transporte das indústrias até as propriedades rurais.

Com a aplicação dos adubos no solo na capacidade de campo não foi possível perceber se a uréia aplicada com óleo de soja não iria se solubilizar, ao fato que uma aplicação em solo seco, provavelmente os tratamentos sem óleo poderiam reduzir o teor de N na folha, por haver maior volatilização (Rodrigues e Kiehl, 1992; Black *et al.*, 1987; Lara Cabezas *et al.*, 1997; Raij e Cantarella, 1996).

Todavia, o sulfato de amônio e uréia pura foram iguais estatisticamente no incremento de N para as plantas de milho no trabalho, ao fato que o sulfato de amônio poderia oferecer mais N ao solo para que as plantas de milho o absorvessem em solo seco (Rodrigues e Kiehl, 1992;Oliveira, 2003).

Conclusão

A aplicação de N em um solo arenoso na capacidade de campo, com diferentes formas de adubação teve o mesmo efeito na absorção de N e acúmulo de matéria seca, possibilitando a utilização da fonte de N mais viável economicamente.

Referências

ARAUJO, L. A. N.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Nitrogen fertilization to corn. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.771-777, 2004.

BLACK, A.S. et al. Effect of timing of simulated rainfall on ammonia volatilization from urea, applied to soil of varying moisture content. **Journal of Soil Science**, v.38, p.679-687, 1987.

BOARO, C. S. F.; RODRIGUES, J. D.; PEDRAS, J. F.; RODRIGUES, S. D.; DELACHIAVE, M. E. A.; ONO, E. O. Produção de matéria seca de feijoeiros submetidos a diferentes níveis de magnésio em solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, 1997.

BOUWMEESTER, R.J.B. Effect of environmental factors on ammonia volatilization from a urea-fertilized soil. **Soil Science Society of America Journal**, v.49, p.367-381, 1985.

BRADY, N.C. Natureza e propriedades dos solos: aspectos econômicos do enxofre e do nitrogênio dos solos. Rio de Janeiro, 1989. 323-372p.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E.; PITTA, G.V.E., ALVES, V.M.C.; HERNANI, L.C. Cultivo do milho. Nutrição e Adubação. (Embrapa Milho e Sorgo, Comunicado Técnico, 44). Sete Lagoas, 2002. 12p.

DA ROS, C.O.; SALET, R. L.; PORN, R. L.; MACHADO, J. N. C. Disponibilidade de nitrogênio e produtividade de milho e trigo com diferentes métodos de adubação no sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, v.33, p.799-804, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste. Milho: Informações Técnicas. (EMBRAPA-CPAO, Circular Técnico, 5). Dourados, 1997. 75-77p.

GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; GRASSI FILHO, H. Adubação nitrogenada na cultura do milho baseada na medida do clorofilômetro e no índice de suficiência em nitrogênio (ISN). **Acta Scientiarum Agronomy**, v.25, p.373-380, 2003.

HARGROVE, W. L. Soil, environmental and management factors influencing ammonia volatilization under field conditions. In: BOCK, B.R.; KISSEL, D.E., (Ed.). Ammonia volatilization from urea fertilizers. Alabama: National Fertilizer Development Center, 1988, 17-36p.

LARA CABEZAS, W.A.R. Volatilização de N-NH₃ na cultura do milho: I. Efeito da irrigação e substituição parcial da uréia por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.21, p.481-487, 1997.

MUNOZ HERNANDEZ, R. J.; SILVEIRA, R.I. Efeitos da saturação por bases, relações Ca:Mg no solo e níveis de fósforo sobre a produção de material seco e nutrição mineral do milho (*Zea mays* L.). **Scientia Agricola**, v.55, p.79-85, 1998.

OLIVEIRA, J. M. S.; CAÍRES, E. F. Adubação nitrogenada em cobertura para o milho cultivado após aveia preta no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.25, p.351-357, 2003.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H. Milho para grãos e silagem. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. (Boletim Técnico, 100). Campinas: Instituto Agronômico, 1996. 56-59p.

RODRIGUES, M.B., KIEHL, J.C. Distribuição e nitrificação da amônia proveniente da uréia aplicada ao solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.16, p.403-408, 1992.

SANZONOWICZ, C., AMABILE, R.F. Adubação nitrogenada do girassol, no período chuvoso e na safrinha na região do cerrado. (Embrapa Cerrados, Recomendação Técnica, 30). Planaltina, 2001. 2p.

SILVA, E. C.; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; TRIVELIN, P. C. O. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.477-486, 2006.

TEDESCO, M.J. Análises de solo, plantas e outros materiais – Boletim Técnico de Solos. Porto Alegre: Departamento de Solo, UFRGS, 1995. 174p.

VITTI, G.C.; FAVARIN, J.L.; RESENDE, L.O.; TREVISAN, W. Manejo do nitrogênio em diversos sistemas de produção agrícola. **Serrana**. Piracicaba, 1999. 338 p.

Recebido em: 15/11/2010

Aceito para publicação em: 30/11/2010