



Influência dos volumes de irrigação no manejo da adubação nitrogenada de cobertura no milho em plantio direto⁽¹⁾

Fernando Arnuti⁽²⁾; Egon José Meurer⁽³⁾; Ibanor Anghinoni⁽³⁾; Paulo Régis Ferreira da Silva⁽⁴⁾; Amanda Posselt Martins⁽⁵⁾; José Bernardo Moraes Borin⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq; ⁽²⁾ Estudante de doutorado; Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Porto Alegre, Rio Grande do Sul; fernando.arnuti@gmail.com; ⁽³⁾ Professor; Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; ⁽⁴⁾ Professor; Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

RESUMO: A aplicação de altas doses de nitrogênio (N) no cultivo do milho é prática rotineira em lavouras com altos índices de produtividade. Entretanto, são poucos conhecidos os efeitos de volumes de irrigação após a aplicação de altas doses de N em cobertura na dinâmica do N no perfil do solo. O objetivo foi avaliar como o manejo da adubação nitrogenada em cobertura e os volumes de irrigação afetam a dinâmica do N no perfil do solo. O estudo foi conduzido no ano agrícola 2012/13, com a cultura do milho. Os tratamentos constaram da combinação de três manejos de N em cobertura e dois volumes de irrigação. Os manejos de N em cobertura constaram de testemunha sem aplicação de N em cobertura, aplicação única (300 kg N ha⁻¹) e aplicações parceladas (150+150 kg N ha⁻¹) na forma de ureia. A aplicação da dose única de N em cobertura foi realizada no estádio V5-6. O parcelamento da aplicação de 300 kg N ha⁻¹ em cobertura foi realizado nos estádios V5-6 (150 kg N ha⁻¹) e V11-12 (150 kg N ha⁻¹). Os volumes de irrigação foram de 20 e 100 mm, aplicados aos nove dias após a primeira adubação nitrogenada de cobertura no estádio V7-8. O parcelamento da adubação nitrogenada é uma alternativa eficiente para diminuir os teores de nitrato nas camadas subsuperficiais do solo, para ambos os volumes de irrigação. Entretanto, não foi vantajoso no ganho de produtividade quando comparado a aplicação única de N em cobertura, independentemente do volume de irrigação.

Termos de indexação: lixiviação, parcelamento da adubação nitrogenada, rendimento de grãos.

INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo milho e, em razão disso, é altamente responsivo a esse nutriente, apresentando incrementos em várias características que influenciam a produção final (Ohland et al., 2005). Essa condição, tem possibilitado aos produtores que adotam alto nível tecnológico o uso de elevadas doses de N em cobertura, resultando na obtenção de altos rendimentos. Contudo, o aproveitamento pelo milho do N de fertilizantes

minerais decresce com o aumento da dose aplicada, em vista de o suprimento exceder as necessidades da cultura, na ocasião de sua aplicação.

Assim, o parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura tem sido uma estratégia eficiente nas lavouras brasileiras. Isso é respaldado pelo maior aproveitamento do N resultante da sincronização entre as aplicações e o período de alta demanda do nutriente (Amado et al., 2002; Silva et al., 2005). Entretanto, o parcelamento contribui para onera o custo de produção, devido ao gasto adicional com a aplicação. Diante disso, a alternativa de se aplicar o N em cobertura em dose única tem despertado o interesse dos produtores brasileiros. Pois proporciona algumas vantagens como economia de combustível, menor compactação do solo e menor amassamento das plantas. Contudo, o clima brasileiro é caracterizado pela ocorrência de altas intensidades de precipitações pluviométricas, favorecendo a movimentação do N no solo, principalmente na forma nítrica (NO₃⁻) (Ceretta et al., 2007).

A alta mobilidade do NO₃⁻ no solo justifica a preocupação em relação ao manejo da adubação nitrogenada em solos agrícolas (Vanotti & Bundy, 1994). A movimentação de nitrato para camadas profundas é indesejável, pois, além de não ser absorvido pelas plantas, pode contaminar as águas subterrâneas (Aulakh et al., 2000; Ottman & Pope, 2000).

Diante deste cenário, o desconhecimento dos efeitos de precipitações pluviais intensas dias após a aplicação da adubação nitrogenada de cobertura, pode comprometer a busca de altos rendimentos de grãos na cultura do milho. Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar como o manejo da adubação nitrogenada em cobertura e os volumes de irrigação afetam a dinâmica do N no perfil do solo

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, durante o ano agrícola 2012/13, na Estação Experimental Agrônômica, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A área experimental vem sendo



cultivada em sistema de semeadura direta desde 1992. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico típico, com textura superficial franco argilo arenosa.

A semeadura do milho foi realizada com espaçamento entrelinhas de 0,50 m utilizando-se o híbrido Pionner 30R50H, obtendo-se uma população final ao redor de 80.000 plantas ha⁻¹. O cálculo da adubação de base foi realizado de acordo com a análise do solo e seguiu as indicações técnicas (CQFS – RS/SC, 2004), para a obtenção de altos rendimentos (19 Mg ha⁻¹), utilizando-se 600 kg ha⁻¹ da fórmula 05-20-20.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com três repetições. Na parcela principal (320 m²) foram alocados os volumes de irrigação e nas subparcelas (20 m²) foram alocados os manejos de N em cobertura. Os tratamentos testados foram: dois volumes de irrigação (20 e 100 mm) após nove dias da primeira adubação nitrogenada de cobertura (estádio V7-V8) combinados com três manejos de N em cobertura [testemunha (sem N em cobertura), aplicação única de 300 kg N ha⁻¹ (no estádio V5-V6) e aplicação parcelada de 300 kg N ha⁻¹ (150 kg N ha⁻¹ no estádio V5-V6 e 150 kg N ha⁻¹ no estádio V11-V12)]. A fonte de N utilizada foi a ureia (45% de N) com inibidor da urease (concentração de 0,05%). As adubações nitrogenadas foram realizadas manualmente, a lanço. Os volumes de irrigação, aos nove dias após a primeira adubação nitrogenada de cobertura foram aplicados pelo sistema de irrigação por aspersão.

O solo foi coletado em quatro camadas (0,00 - 0,10; 0,10 - 0,20; 0,20 - 0,30 e 0,30 - 0,40 m) com trado holandês em duas épocas. Foram coletadas seis subamostras em cada subparcela, sendo duas sobre a linha de adubação e quatro na entrelinha. Estas subamostras foram posteriormente misturadas para compor uma amostra composta. A primeira época de amostragem do solo ocorreu dez dias após a aplicação da primeira adubação nitrogenada de cobertura e um dia após a aplicação dos diferentes volumes de irrigação (estádio V7-8). A segunda época de amostragem do solo ocorreu dez dias após a segunda adubação nitrogenada de cobertura (estádio V14-15).

A determinação do N mineral (nas formas nítricas e amoniacal) nas amostras de solo foi realizada pelo método Kjeldahl, descrito por Tedesco et al. (1995). Considerou-se como N mineral total contido no solo a soma do N-NH₄⁺ com N-NO₃⁻. Após a determinação dos teores, procedeu-se a transformação dos dados para estoques (expresso

em kg ha⁻¹).

O rendimento de grãos foi obtido pela colheita manual das espigas das plantas da área útil de cada subparcela (10m²). As espigas foram secas em estufa a 55±5°C, sendo os resultados expressos com 13% de umidade.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando significativo ($p < 0,05$), ao teste *Tukey* para comparação das médias ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teor de N no solo posterior a adubação nitrogenada de cobertura e a irrigação

A distribuição do amônio e nitrato nas camadas avaliadas foram influenciadas pelas doses de N em cobertura para ambos os volumes de irrigação (Figura 1). Aos dez dias após a adubação nitrogenada, os teores de N amoniacal (N-NH₄⁺) aumentaram na camada superficial (0-10 e 10-20 cm), com a adição de 300 kg N ha⁻¹, para ambos os volumes de irrigação (Figura 1). Entretanto, na camada 0-10 cm, a dose 150 kg N ha⁻¹ apresentou maiores teores de N-NH₄⁺ em relação a de 300 kg N ha⁻¹ para o volume de irrigação de 100 mm (Figura 1b). Normalmente, o NH₄⁺ tende a permanecer em torno do local de aplicação do fertilizante devido à adsorção eletrostática às cargas negativas do solo (Cardoso Neto et al., 2006). Além disso, o maior teor de NH₄⁺ com a aplicação da dose de 150 kg N ha⁻¹ pode estar relacionado ao baixo pH do solo na camada 0-10 cm (pH = 4,4). De acordo com Bussink (1992), em condições de pH ácido, a espécie química predominante é NH₄⁺. Isto pode ser explicado pelo processo de nitrificação, que é mediado pelas bactérias dos gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*, sendo essas muito sensíveis a valores de pH menores que 6,0 e têm atividade nula em pH menor que 4,5 (Moreira & Siqueira, 2006).

Independentemente do volume de irrigação e da dose de N aplicada, o N nítrico predominou sobre o N amoniacal, no solo (Figura 1). Quanto ao N nítrico (N-NO₃⁻), houve aumento significativo em profundidade com a aplicação das doses de N, em ambos os volumes de irrigação. No maior e menor volume de irrigação (20 e 100 mm), o teor de N-NO₃⁻ em profundidade do solo foi significativamente maior com a aplicação única de N em cobertura (Figura 1). Esses altos valores de N-NO₃⁻, em ambos os volumes de irrigação, é consequência dos 86 e 166 mm de água (precipitação pluvial + irrigação) que ingressaram no sistema, no intervalo entre a adubação nitrogenada de cobertura e a



amostragem de solo. Fernandes et al. (2006) encontraram valor médio de 80 kg ha⁻¹ de NO₃⁻ no solo, a 0,80 m de profundidade, para uma precipitação pluvial de 615 mm, quando aplicaram 120 kg ha⁻¹ na cultura do milho.

Teor de N no solo após o parcelamento da adubação nitrogenada em cobertura

A reaplicação de N em cobertura aumentou os teores N-NO₃⁻ em profundidade, entretanto, os teores foram inferiores a aplicação única, para ambos os volumes de irrigação (Figura 2). Esse aumento do teor de N-NO₃⁻ nas camadas subsuperficiais (20-30 e 30-40 cm) deve-se à alta mobilidade do íon NO₃⁻, que é praticamente pouco retido no solo, o que, dependendo da carga elétrica do solo, facilita sua lixiviação e promove perdas desse nutriente no solo, oferecendo ainda risco de contaminação do lençol freático (Alcântara & Camargo, 2005). Além disso, a menor capacidade de troca de ânions dos horizontes superficiais pode ter sido devida ao efeito físico da matéria orgânica do solo, ao bloquear os sítios de carga positiva das superfícies dos óxidos de ferro e alumínio (Marcano-Martinez & McBride, 1989).

Rendimento de grãos na cultura do milho

Não foi constatada interação entre os volumes de irrigação e o manejo de N em cobertura quanto ao rendimento de grãos (Tabela 1). O parcelamento não foi vantajoso quando comparado com a aplicação única de N em cobertura. Essa ausência de resposta ao parcelamento está de acordo com os resultados encontrados por Fontoura & Bayer (2009).

CONCLUSÕES

O parcelamento da adubação nitrogenada para altos rendimentos no milho é uma alternativa eficiente para diminuir os teores de nitrato nas camadas subsuperficiais do solo.

A aplicação única e parcelada de nitrogênio em cobertura e os volumes de irrigação não afetam o rendimento de grãos de milho.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, M. A. K. D.; CAMARGO, O. A. D. Adsorção de nitrato em solos com cargas variáveis. *Pesq. Agropec. Bras.*, 40:369-376, 2005.
- 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. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:241-248, 2002
- AULAKH, M.S.; KHERA, T.S.; DORAN, J.W.; SINGH, K. & SINGH, B. Yields and nitrogen dynamics in a rice-wheat system using green manure and inorganic. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64:1867-1876, 2000.
- BUSSINK, D. W. Ammonia volatilization from grassland receiving nitrogen fertilizer and rotationally grazed by dairy cattle. *Fertilizer Research*, 33:257-265, 1992.
- CARDOSO NETO, F.; GUERRA, H. O. C.; CHAVES, L. H. G. Natureza e parcelamento de nitrogênio na qualidade dos frutos do meloeiro. *R. Caatinga*, 19:153-160, 2006.
- CERETTA, C.A.; SILVA, L.S.; PAVINATO, A. Manejo da adubação. In: NOVAIS, R.F.; V. ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L (Ed.). *Fertilidade do Solo*. Viçosa: SBCS, 2007. p. 851-872.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CCQFSRS/SC. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2004. 400 p.
- FERNANDES, F.C.S.; LIBARDI, P.L. & CARVALHO, L.A. Internal drainage and nitrate leaching in corn-black oat-corn succession with two split nitrogen applications. *Sci. Agric.*, 63:483-492, 2006.
- FONTOURA, S.M.V. & BAYER, C. Adubação nitrogenada para alto rendimento de milho em plantio direto na região centro-sul do Paraná. *R. Bras. Ci. Solo* 33:1721-1732, 2009.
- MARCANO-MARTINEZ, E. & McBRIDE, M.B. Calcium and Sulfate Retention by Two Oxisols of the Brazilian Cerrado. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 53:63-69, 1989.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: Universidade Federal e Lavras, 2002. 625 p.
- OHLAND, R.A.A.; SOUZA, L.C.F.; HERNANI, L.C.; MARCHETTI, M.E.; GONÇALVES, M.C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. *Ciência Agrotecnologia*, 29:538-544, 2005.
- OTTOMAN, M.J. & POPE, N.V. Nitrogen fertilizer movement in the soils as influenced by nitrogen rate and timing in irrigated wheat. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64:1883-1892, 2000.
- SILVA, E.C.; FERREIRA, S.M.; SILVA, G.P.; ASSIS, R.L.; GUIMARÃES, G.L. Épocas e formas de aplicação de nitrogênio no milho sob plantio direto em solo de cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:725-733, 2005.
- TEDESCO, M. J. et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: Departamento de Solos/UFRGS, 1995. 174 p.
- VANOTTI, M.B.; BUNDY, L.G. Na alternative rationale for corn nitrogen fertilizer recommendations. *J. Prod. Agr.*, 7:243-249, 1994.

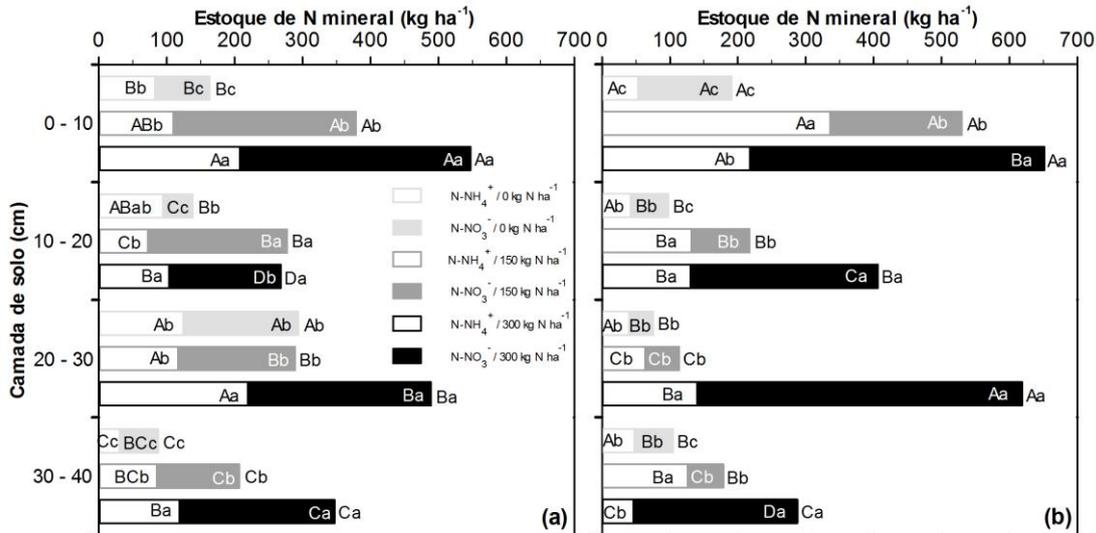


Figura 1 - Distribuição dos teores de $N-NH_4^+$, de $N-NO_3^-$ e de N mineral ($N-NH_4^+ + N-NO_3^-$) no solo em função das doses de nitrogênio em cobertura e de camadas de solo para o volume de irrigação simulado de 20 mm (a) e 100 mm (b) na primeira época de amostragem, realizada aos dez dias após a primeira adubação nitrogenada de cobertura do milho irrigado. Médias seguidas pela mesma letra minúscula dentro de cada profundidade e maiúsculas entre as profundidades nas barras, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

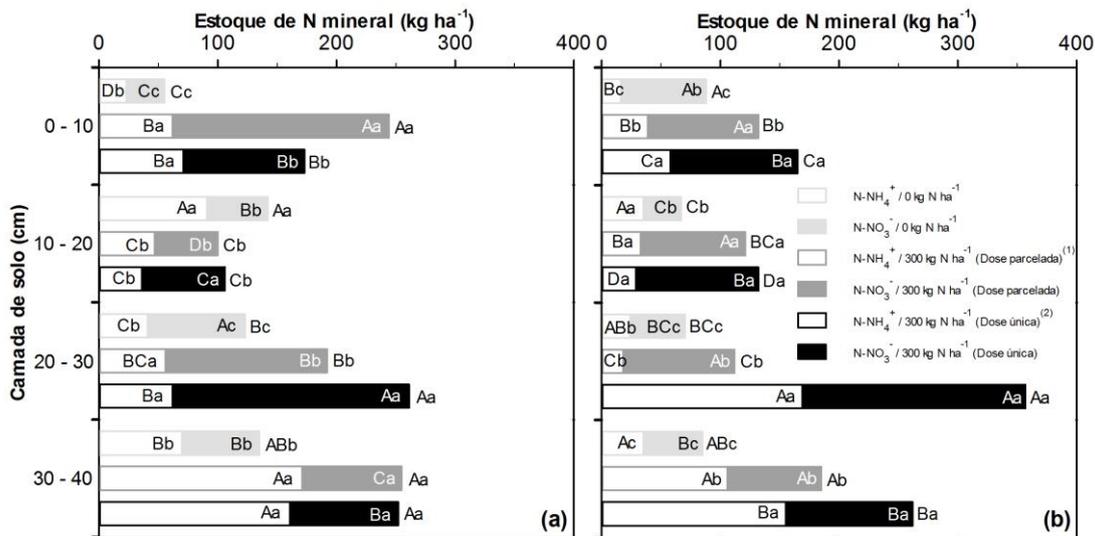


Figura 2 - Distribuição dos teores de $N-NH_4^+$, de $N-NO_3^-$ e de N mineral ($N-NH_4^+ + N-NO_3^-$) no solo em função do manejo de nitrogênio em cobertura e de camadas de solo para o volume de irrigação simulado de 20 mm (a) e 100 mm (b), realizada aos dez dias após a segunda adubação nitrogenada de cobertura no milho irrigado. (1) O parcelamento da aplicação de 300 kg N ha⁻¹ em cobertura foi realizado nos estádios V5-6 e V11-12. (2) A aplicação da dose única de N em cobertura foi realizada no estádio V5-6. Médias seguidas pela mesma letra minúscula dentro de cada profundidade e maiúsculas entre as profundidades nas barras, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 1 - Rendimento de grãos de milho em função de manejos de nitrogênio em cobertura e volumes de irrigação

Volume de irrigação ⁽¹⁾	Testemunha ⁽²⁾	Adubação de 300 kg N ha ⁻¹		Média
		Única ⁽³⁾	Parcelada ⁽⁴⁾	
----- mm -----		----- Rendimento de grãos (Mg ha ⁻¹) -----		
20	8,61	15,14	15,42	13,05 a
100	10,02	15,16	15,17	13,45 a
Média	9,32 B	15,15 A	15,29 A	

⁽¹⁾ Os volumes de irrigação foram diferenciados no estádio V7-8. ⁽²⁾ Sem nitrogênio em cobertura. ⁽³⁾ Aplicação única de 300 kg N ha⁻¹ no estádio V5-6. ⁽⁴⁾ Aplicação parcelada de 150 kg N ha⁻¹ nos estádios V5-6 e V11-12. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, e pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.