

## ACÚMULO DE NUTRIENTES EM PLANTAS DE COBERTURA E NO MILHO CULTIVADO EM SUCESSÃO SOB DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO EM PLANTIO DIRETO<sup>1</sup>

EDSON CABRAL DA SILVA<sup>2</sup>, TAKASHI MURAOKA<sup>3</sup>, GEOVANE LIMA GUIMARÃES<sup>4</sup> e SALATIÉR BUZETTI<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Extraído da Tese de Doutorado do primeiro autor, realizada no Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP, Piracicaba, SP.

<sup>2</sup>Eng.º. Agrônomo; Rua do Trabalho, 578, Apto. 1, Vila Independência, CEP. 13418-220 Piracicaba, SP. E-mail: ecsilva@cena.usp.br (autor para correspondência).

<sup>3</sup>Professor da Universidade de São Paulo, CENA/USP; Av. Centenário, 303, CEP. 13400-970, Piracicaba, SP. E-mail: muraoka@cena.usp.br, pcotrive@cena.usp.br

<sup>4</sup>Doutorando da Universidade Estadual Paulista - UNESP/FEIS (Curso de Agronomia); Av. Brasil, 56, CEP. 15385-000 Ilha Solteira, SP. E-mail: glg-2003i@bol.com.br

<sup>5</sup>Professor da Universidade Estadual Paulista - UNESP/FEIS (Curso de Agronomia); Av. Brasil, 56, CEP. 15385-000 Ilha Solteira, SP. E-mail: sbuzetti@agr.feis.unesp.br

---

*Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.5, n.2, p.202-217, 2006

**RESUMO** - O nitrogênio (N) é o nutriente mineral absorvido e exportado em maior quantidade pelo milho. O objetivo deste trabalho foi avaliar a quantidade de N acumulada na parte aérea e exportada pelos grãos de milho cultivado sob diferentes doses de N, em sucessão à crotalária (*Crotalaria juncea*), milheto (*Pennisetum americanum*) e vegetação espontânea (pousio) em plantio direto; verificar a influência de doses de N e plantas de cobertura no teor de N mineral do solo ( $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$ ), nas camadas 0 a 0,10; 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m, e nos teores foliares de macro e micronutrientes no milho, na época do florescimento; quantificar o acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea da crotalária, milheto e vegetação espontânea (pousio). A pesquisa foi desenvolvida na fazenda experimental da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira-Unesp, em Selvíria-MS, num Latossolo Vermelho distroférico, fase cerrado, nos anos agrícolas 2001/2002 e 2002/2003. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, dispostos em esquema fatorial 5 x 3, constituídos pela combinação de cinco doses de N (0, 30, 80, 130 e 180 kg ha<sup>-1</sup>), na forma de uréia, aplicadas no estádio de quatro folhas do milho, e três sistemas de cobertura do solo (crotalária, milheto e o solo em pousio, na entressafra). A crotalária acumulou maior quantidade da maioria dos macronutrientes e micronutrientes, promovendo, no milho cultivado subsequentemente, proporcionalmente, maior extração e exportação de N do que em sucessão ao milheto ou ao solo em pousio. A exportação de N nos grãos foi, em média, de 15,70 kg t<sup>-1</sup> de grãos e o restituído pela palha, de 8,30 kg t<sup>-1</sup> de resíduos.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, culturas de cobertura do solo, restos culturais, manejo conservacionista do solo, extração de nitrogênio

## ACCUMULATION OF NUTRIENTS IN COVER PLANTS AND BY CORN CROP IN SUCCESSION UNDER DIFFERENTS NITROGEN RATE IN NO-TILLAGE SYSTEM

**ABSTRACT** - Nitrogen (N) is the mineral nutrient that is absorbed and exported in larger amount by corn crop. The objective of this work was to evaluate the amount of accumulated N by biomass and exported by corn grains cultivated under different N rates in succession to sun hemp (*Crotalaria juncea*), millet (*Pennisetum americanum*) and spontaneous vegetation (fallow ground) in no-tillage system; to verify the influence of N rates and cover plants in the tenor of mineral N of soil ( $\text{N-NH}_4^+$  and  $\text{N-NO}_3^-$ ) in the layers 0 to 0.10, 0.10 to 0.20 and 0.20 to 0.40 m, and in the content in the leaves of macro and micronutrients of the corn by flowering and; to quantify the accumulation of macro and micronutrients in the above ground of the sun hemp, millet and spontaneous vegetation (fallow). The research was carried in the Experimental Farm of Faculty of Engineering, University of the state of S. Paulo (UNESP), Ilha Solteira, located in Selvíria-MS, Brazil, in a dystroferric Red Latosol, cerrado phase, during the 2001/02 and 2002/03 growing season. The experimental design was randomized complete blocks, with 15 treatments and four replications in a factorial 5 x 3, constituted by the combination of five N rates, in the form of urea, applied during four leaf stage of corn (0, 30, 80, 130 and 180 kg N ha<sup>-1</sup>); and three preceding cover crops (sun hemp, millet and fallow). The sun hemp accumulated most of the macronutrients and micronutrients, promoting more extraction and exportation of N in the corn cultivated after the sun hemp, proportionally, than in succession to the millet or soil in fallow ground. The N exported was, in average, of 15.70 kg for ton of grains and returned by straw, of 8.30 kg for ton of crop residues.

**Key words:** *Zea mays*, cover crops of soil, crop residues, soil conservation management, nitrogen uptaken

Para a obtenção de elevada produtividade, o milho necessita ter suas exigências nutricionais plenamente satisfeitas, de forma a atender a grande demanda de extração de nutrientes do solo, sobretudo de N, que, além de ser o nutriente extraído em maior quantidade, é o que tem a recomendação de adubação e o manejo mais complexos (Cantarella & Duarte, 2004; Silva *et al.*, 2005). O conhecimento da quantidade de N extraída e exportada pelo milho, muitas vezes, pode auxiliar na tomada de decisão sobre o manejo da adubação nitrogenada, uma vez que não existem métodos seguros de análise de rotina de solo e plantas que indiquem a dose ótima de N a ser

aplicada, devido à multiplicidade de reações a que este nutriente está sujeito, mediadas por microrganismos e afetadas por fatores climáticos de difícil previsão. Assim, os critérios da maioria das recomendações de adubação nitrogenada consideram a expectativa de produtividade e o teor de matéria orgânica do solo (MOS) (Raij *et al.*, 1996; Alves *et al.*, 1999; Amado *et al.*, 2002; Sousa & Lobato, 2004), além da cultura de cobertura antecessora ao milho (Amado *et al.*, 2002).

O sistema de cultivo e o esquema de rotação/sucessão de culturas influenciam no aproveitamento do N do fertilizante (Scivittaro *et al.*,

2000; Lara Cabezas *et al.*, 2004), em virtude da grande interação que ocorre entre o N do fertilizante e o N orgânico do solo (Amado *et al.*, 2002). A mineralização da MOS, da qual fazem parte as reações de amonificação e nitrificação, transformam, em média, cerca de 2% a 5% do N orgânico por ano, processo influenciado pelo sistema de uso e manejo do solo (Corazza *et al.*, 1999). Amado & Mielniczuk (2000), avaliando a mineralização do N no plantio convencional (PC), cultivo mínimo (CM) e sistema de plantio direto (SPD), observaram que a mineralização do N total do solo durante o ciclo do milho foi maior no PC e CM do que no SPD, sendo que a disponibilidade de N das culturas de cobertura foi influenciada pela quantidade total de N na matéria seca e por sua relação C/N.

O não revolvimento do solo, aliado à adição de carbono orgânico, através do cultivo de adubos verdes e à manutenção dos resíduos sobre o solo, condiciona uma decomposição/mineralização lenta e gradual desses resíduos, liberando compostos orgânicos que estimulam a formação e a estabilidade dos agregados no solo, melhorando a sua estrutura (Corazza *et al.*, 1999). Além disso, os resíduos vegetais em SPD influenciam na dinâmica dos nutrientes no sistema solo-planta, por condicionarem maior retenção de umidade e infiltração de água e menor oscilação de temperatura (Muzilli, 1983). Em adição, os resíduos vegetais contêm macro e micronutrientes em formas orgânicas lábeis, principalmente N, que podem tornar-se disponíveis às culturas subsequentes, mediante sua mineralização (Scivittaro *et al.*, 2000; Amado *et al.*, 2002; Perin *et al.*, 2004).

O manejo do N em sistemas agrícolas, além de almejar altas produtividades, deve considerar os riscos ambientais, uma vez que este nutriente está sujeito a perdas por erosão, lixivi-

ção, desnitrificação e volatilização (Amado *et al.*, 2002; Cantarella & Duarte, 2004, Lara Cabezas *et al.*, 2004). O cultivo de adubos verdes na entressafra, sobretudo de leguminosas, antecedendo a cultura do milho em SPD, tem demonstrado ser uma alternativa promissora na suplementação de N e na reciclagem desse nutriente (Gonçalves *et al.*, 2000; Carvalho *et al.*, 2004). A elevada capacidade de absorção de N das gramíneas, em função do seu sistema radicular “agressivo” e abundante, também constitui numa importante estratégia para a sua reciclagem, reduzindo os riscos de contaminação do lençol freático por nitrato (Gonçalves *et al.*, 2000; Amado *et al.*, 2002).

Nas condições edafoclimáticas dos Cerrados, as gramíneas têm sido mais utilizadas como plantas de cobertura, com destaque para o milheto, e também as braquiárias, em consórcio ou em sucessão à cultura do milho, especialmente na integração lavoura-pecuária, sistema cognominado de Santa Fé (Kluthcouski & Aidar, 2003), em razão da maior tolerância dessas espécies ao déficit hídrico, com maior produção de biomassa (Lara Cabezas *et al.*, 2004), e do menor custo das sementes e ainda, pelas elevadas temperaturas associadas à alta umidade no verão promoverem rápida decomposição dos resíduos vegetais de baixa relação C/N (Carvalho *et al.*, 2004; Sousa & Lobato, 2004). A cultura do milho, principalmente na região dos Cerrados, tem assegurado a reposição e a manutenção da palhada para a cobertura do solo no SPD, em virtude de produzir grande quantidade de resíduos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a quantidade de N acumulada na parte aérea e exportada pelos grãos de milho cultivado sob diferentes doses de N em sucessão à crotalária (*Crotalaria juncea*), milheto (*Pennisetum americanum*) e vegetação espontânea (pousio), em plan-

tio direto, num Latossolo Vermelho distroférico, fase cerrado, verificar a influência de doses de N e plantas de cobertura no teor de N mineral do solo ( $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$ ), nas camadas 0 a 0,10; 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m, e nos teores foliares de macro e micronutrientes do milho, na época do florescimento e quantificar o acúmulo de macro e micronutrientes na crotalária, milho e vegetação espontânea (pousio).

### Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida na fazenda experimental pertencente à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, localizada no município de Selvíria, MS. As coordenadas geográficas do local são  $51^{\circ}22'$  W e  $20^{\circ}22'$  S, com 335 m de altitude, apresentando médias anuais de  $23,5^{\circ}\text{C}$ , 1370 mm e 64,8%, respectivamente, de temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa. O solo do local foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico típico, A moderado, textura argilosa, fase cerrado tropical subcaducifólio, relevo suave ondulado (Sistema, 1999a).

O experimento foi conduzido nos anos agrícolas de 2001/2002 e 2002/2003, em áreas individuais e anexas, com o mesmo histórico de uso e manejo e que apresentavam 19 anos de plantio convencional com culturas anuais e os últimos cinco anos em SPD, tendo sido cultivadas com arroz no último ano agrícola (2000/01). Na caracterização química do solo, em amostras coletadas em julho de 2001 e julho de 2002, encontrou-se, nas camadas de 0 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m, respectivamente: pH ( $\text{CaCl}_2$ ) 5,1 e 4,7; N total 0,9 e 0,8  $\text{g kg}^{-1}$ ; M.O. 20,4 e 17,7  $\text{g dm}^{-3}$ ; P (resina) 13,6 e 5,5  $\text{mg dm}^{-3}$ ; Ca 18,5 e 10,0  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ; Mg 16,2 e 7,2  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ; K 2,9 e 1,3  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ; H+Al 23,3 e 27,2  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ; S 6,6 e 6,1  $\text{mg dm}^{-3}$ ; SB 37,6 e 18,5  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ; CTC

60,9 e 45,7  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$  e saturação por bases de 61,7 e 40,5%. Nas análises granulométricas, na camada de 0 a 0,20 m, encontrou-se um teor médio de 420, 530 e 50  $\text{g kg}^{-1}$  de areia, argila e silte, respectivamente.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com 15 tratamentos e quatro repetições, dispostos em esquema fatorial 5 x 3, constituídos de cinco doses de N-uréia: 0, 30, 80, 130 e 180  $\text{kg ha}^{-1}$ , aplicando-se, exceto para a testemunha, 30  $\text{kg ha}^{-1}$  de N na semeadura do milho e o restante no estádio de quatro folhas expandidas, e três sistemas de plantas de cobertura: crotalária, milho e o solo em pousio na entressafra. As parcelas experimentais constituíram-se de oito linhas espaçadas de 0,80 m, com 7,0 m de comprimento, considerando-se como área útil as quatro linhas centrais, desprezando-se 1,0 m nas extremidades.

As semeaduras da crotalária e do milho foram realizadas mecanicamente, em 17/09/01, no primeiro ano agrícola, e em 24/09/02, no segundo. A crotalária foi semeada na densidade de 30 a 40 sementes por  $\text{m}^2$ , com espaçamento de 0,40 m entre linhas, segundo recomendações da Carvalho (1999b). Para o milho, foi utilizada a variedade BN-2, em linhas espaçadas de 0,17 m, na dose de 20  $\text{kg ha}^{-1}$  de sementes, conforme recomendação de Salton & Kichel (1998). O manejo das plantas de cobertura foi mecânico, com triturador de palha, realizado em 30/11/01 e 26/11/02, no primeiro e segundo anos agrícolas, respectivamente. Para essas plantas de cobertura, foi utilizada irrigação suplementar por aspersão.

As semeaduras do milho foram realizadas mecanicamente em 05/12/01 e 28/11/02, utilizando-se um híbrido simples (Pioneer 30F80), de ciclo semiprecoce, na densidade de 65.000 sementes por hectare, previamente tratadas com

o inseticida thiodicarb, na dose de 700 g de i.a. por 100 kg de sementes. A adubação de semeadura foi de 105 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 4 kg ha<sup>-1</sup> de Zn, aplicada a 0,05 m abaixo e ao lado das sementes. No mesmo dia da semeadura do milho, foram aplicados os herbicidas glyphosate e 2,4 D, nas doses de 1.080 e 670 g i.a. ha<sup>-1</sup>, respectivamente. As coberturas nitrogenadas foram realizadas manualmente, no estágio de quatro folhas, em um sulco superficial, a 0,20 m da linha da cultura do milho, e coberta com uma camada de solo. No mesmo dia da aplicação do N, foram aplicados também 50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, tendo como fonte o cloreto de potássio, conforme recomendação descrita em Raij *et al.* (1996).

As produtividades de matéria seca da parte aérea do milheto, da crotalária e da vegetação espontânea (pousio) foram determinadas em quatro amostras de 0,25 m<sup>2</sup>, coletadas na área útil das parcelas, um dia antes do manejo mecânico das plantas, e secadas em estufa de ventilação forçada de ar, a 60° C. Nesse material, foram retiradas amostras, em seguida passadas em moinho tipo Wiley e realizadas as determinações dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, segundo metodologia descrita em Malavolta *et al.* (1997). Para o milho, foi coletado, por ocasião do florescimento, o terço central de dez folhas da base da espiga principal (superior), dentro da área útil da parcela, segundo metodologia descrita em Raij *et al.* (1996). Os procedimentos e metodologias analíticas utilizados foram também conforme metodologia descrita em Malavolta *et al.* (1997).

O teor de nitrogênio mineral no solo (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) foi determinado em quatro amostras coletadas na área útil da parcela, nas camadas de 0 a 0,10; 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m, com o auxílio de enxadão, no centro da entrelinha, na época do florescimento do milho. Para a deter-

minação, foi realizada a extração no mesmo dia da coleta, à umidade atual do solo, utilizando-se KCl 2 Molar, sendo os extratos congelados até a determinação, realizada conforme metodologia descrita em Mulvaney (1996).

Para a determinação da produtividade de matéria seca de parte aérea do milho (palha), foram coletadas por ocasião da maturação fisiológica cinco plantas na área útil da parcela. A produtividade de grãos foi determinada nas quatro linhas centrais da área útil da parcela, sendo os dados transformados em kg ha<sup>-1</sup> de grãos, padronizado a 13% de umidade.

Os dados foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F, comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% e análise de regressão, utilizando-se o programa estatístico "SAS System for Windows-release 6.11" (SAS, 1996).

## Resultados e Discussão

Considerando as produtividades de matéria seca (t ha<sup>-1</sup>) da parte aérea das plantas de cobertura nos anos agrícolas 2001/02 e 2002/03, respectivamente, de 9,77 e 8,60 para a crotalária, 7,37 e 6,33 para o milheto e 2,49 e 2,86 para a vegetação espontânea (pousio), as quantidades de macro e micronutrientes acumuladas na época do manejo podem ser vistas na Tabela 1. A crotalária, além da maior produtividade de fitomassa seca, se associa ao rizóbio que fixa N<sub>2</sub> atmosférico; portanto, apresentou maior teor de N na matéria seca, proporcionando maior quantidade acumulada, correspondendo a aproximadamente 2,7 e 5,8 vezes superior ao milheto e ao pousio, respectivamente, resultado também verificado em outros estudos (Scivittaro *et al.*, 2000; Perin *et al.*, 2004). Além disso, o sistema de sucessão à crotalária deve ser recomendado em virtude não só do maior aporte de N, mas também por pro-

mover a rotação de culturas, quebrando ciclos de pragas e doenças, supressão de plantas daninhas, etc. (Calegari, 2004).

Além de N, as plantas de cobertura do solo reciclaram consideráveis quantidades de outros nutrientes (Tabela 1), sendo que a crotalária acumulou maior quantidade de macro e micronutrientes, exceto para Fe e Mn, os quais foram contrastantes nos diferentes sistemas de cobertura, com maior conteúdo, no ano agrícola 2002/03, na vegetação espontânea do pousio. Isto, provavelmente ocorreu em virtude das distintas condições climáticas naqueles anos agrícolas, influenciando na absorção e acúmulo desses nutrientes, e também nas distintas proporções de plantas da vegetação espontânea, onde predominava capim colônia, trapoeraba, picão preto e corda-de-viola. De maneira geral, os valores ficaram dentro das faixas consideradas normais para essas plantas de cobertura do solo (Perin *et al.*, 2004), demonstrando que o milheto e, especialmente, a crotalária, além do N, têm um grande potencial de reciclagem e fornecimento de

outros nutrientes às culturas cultivadas subsequentemente, com destaque para o K, que foi o macronutriente reciclado em maior quantidade. Esse nutriente, geralmente, é rapidamente liberado dos resíduos, em virtude de não fazer parte de nenhum composto celular (Malavolta *et al.*, 1997). Já o N e a maioria dos demais nutrientes normalmente seguem um padrão gradual, acompanhando a taxa de mineralização. Deve-se considerar, ainda, que as quantidades totais de macro e micronutrientes retornadas ao solo, neste estudo, estão subestimadas, em virtude de não terem sido contabilizados os nutrientes contidos no sistema radicular dessas plantas de cobertura.

Apesar do maior potencial de aporte de nutrientes da crotalária, sobretudo de N, na região dos Cerrados, as gramíneas têm sido mais utilizadas como plantas de cobertura, com destaque para o milheto (Salton & Kichel, 1998) e as braquiárias (Kluthcouski & Aidar, 2003). Em razão da sua maior resistência ao déficit hídrico com maior produção de biomassa e menor custo

**TABELA 1.** Quantidades de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn) acumulados na matéria seca (MS) da parte aérea da crotalária, do milheto e da vegetação espontânea (pousio), na época do manejo mecânico, Selvíria-MS, 2001/02 e 2002/03.

Sistema de cobertura	MS t ha <sup>-1</sup>	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
Ano agrícola 2001/02											
Crotalária	9,77 a <sup>1</sup>	169,00 a	32,20 a	240,34 a	96,72 a	52,76 a	18,56 a	0,12 a	1,30 c	0,71 a	0,26 a
Milheto	7,37 b	68,50 b	23,58 b	193,83 b	31,70 b	21,37 b	11,10 b	0,05 b	4,82 a	0,69 a	0,23 b
Pousio	2,49 c	28,10 c	6,40 c	45,80 c	17,10 c	10,90 c	2,50 c	0,02 c	2,70 b	0,48 b	0,10 c
Ano agrícola 2002/03											
Crotalária	8,60 a	189,00 a	23,24 a	223,08 a	82,31 a	40,81 a	13,43 a	0,09 a	1,70 c	0,52 b	0,21 a
Milheto	6,36 b	64,00 b	14,00 b	170,91 b	23,95 b	18,00 b	5,13 b	0,04 b	2,01 b	0,36 c	0,16 b
Pousio	2,86 c	33,90 c	7,10 c	51,50 c	27,92 c	12,90 c	2,60 c	0,03 c	4,40 a	0,70 a	0,10 c

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas, na coluna, dentro do mesmo ano agrícola, diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

das sementes, além de as elevadas temperaturas associadas à alta umidade no verão promoverem rápida decomposição dos resíduos vegetais de baixa relação C/N (Lara Cabezas *et al.*, 2004). Contudo, a maior parte das áreas cultivadas em SPD, principalmente as da região dos Cerrados, permanece em pousio na entressafra, muitas vezes, em razão do desconhecimento dos benefícios das plantas de cobertura para a manutenção do potencial produtivo do solo (Calegari, 2004).

O teor de  $N-NH_4^+$  no ano agrícola 2001/02 (Tabela 2), na época do florescimento do milho, foi menor no solo que permaneceu em pousio na entressafra, em relação ao cultivado com crotalária ou milheto. Porém, não diferiu significativamente no ano agrícola 2002/03. Em ambos os anos agrícolas, o teor de  $N-NH_4^+$ , na época do florescimento do milho foi superior na camada de 0 a 0,10 m, e semelhante estatisticamente nas camadas de 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m. Já o teor de  $N-NO_3^-$  foi superior e não diferiu significati-

vamente entre as camadas de 0 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m, decrescendo significativamente para a camada de 0,20 a 0,40 m, embora as camadas de 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40 m também não tenham diferido entre si. A distribuição mais homogênea dessa forma de N nas camadas avaliadas deve-se à sua carga negativa não ser retida pelos colóides do solo, onde predominam cargas semelhantes.

De maneira geral, em ambos os anos agrícolas, os teores de  $N-NH_4^+$  no solo, independente dos tratamentos, não apresentaram grandes discrepâncias em relação ao de  $N-NO_3^-$ . Isso difere do que normalmente é observado no plantio convencional, onde normalmente prevalece a forma nítrica (Sá, 1996; Vitti *et al.*, 1999). Tal fato provavelmente deve ter ocorrido pela maior oferta de carbono orgânico no sistema, desfavorável à atividade dos microrganismos nitrificantes (Vitti *et al.*, 1999). Embora vários estudos demonstrem relativa pequena lixiviação do N aplicado como fertilizante, comparado ao N proveniente da

**TABELA 2.** Teores de  $N-NH_4^+$  e de  $N-NO_3^-$  no solo, na época do florescimento do milho, em função das doses de N, sistemas de cobertura e camadas do solo, em sistema de plantio direto, Selvíria-MS, 2001/02 e 2002/03.

Tratamentos	$N-NH_4^+$		$N-NO_3^-$	
	2001/02	2002/03	2001/02	2002/03
Sistema de cobertura				
	mg kg <sup>-1</sup>			
Crotalária	7,14 a <sup>1</sup>	6,56 a	7,73 <sup>2</sup>	7,11
Milheto	7,96 a	5,87 a	7,28	5,88
Pousio	5,60 b	6,10 a	6,87	6,82
Camada do solo				
0,0 a 0,10 m	8,07 a	7,43 a	7,81 a	6,95 a
0,10 a 0,20 m	6,62 b	5,98 b	7,50 ab	6,72 ab
0,20 a 0,40 m	6,00 b	5,11 b	6,66 b	6,15 b
C.V. (%)	24,4	25,8	19,8	16,5

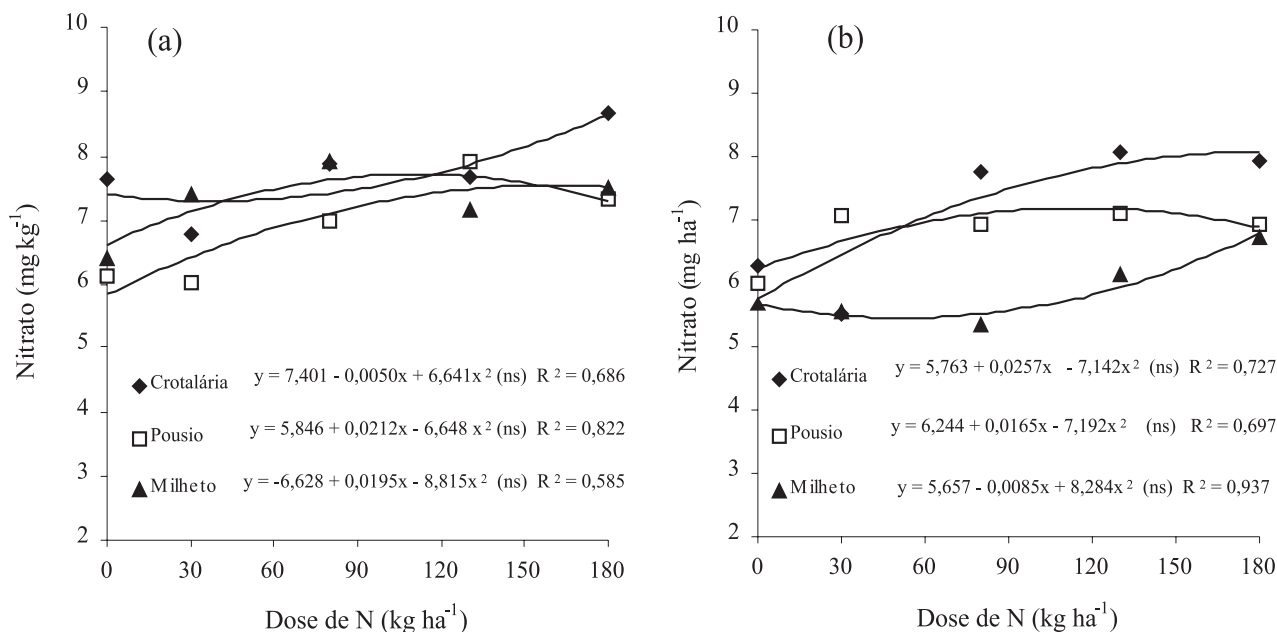
<sup>1</sup> Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5%. <sup>2</sup> Médias sem letras, na coluna, referem-se à interação significativa de doses de N versus sistemas de cobertura do solo (Figura 1a e 1b).

mineralização da MOS (Addiscott, 2000; Lopes *et al.*, 2004), Coelho *et al.* (1991) observaram que a perda de N do fertilizante por lixiviação, em um Latossolo Vermelho sob plantio convencional, foi de apenas 4% do total de N aplicado.

Os coeficientes de variação foram médios para o teor de  $N-NO_3^-$  e altos para o  $N-NH_4^+$  (Pimentel-Gomes & Garcia, 2002). Silva *et al.* (2005) também encontraram altos coeficientes de variação para o teor de  $N-NH_4^+$  e de  $N-NO_3^-$ , em solo cultivado com milho, em SPD, verificando teor de  $N-NH_4^+$ , na época do florescimento do milho, superior ao de  $N-NO_3^-$  em um ano agrícola e semelhante em outro. No entanto, ressalta-se que, para essas variáveis, deve-se considerar a sua grande dinâmica no solo, ou seja, a facilidade de movimentação no perfil do solo, principalmente do  $N-NO_3^-$ , e também os processos de mineralização/imobilização do N. Esses processos são dependentes das características dos resíduos

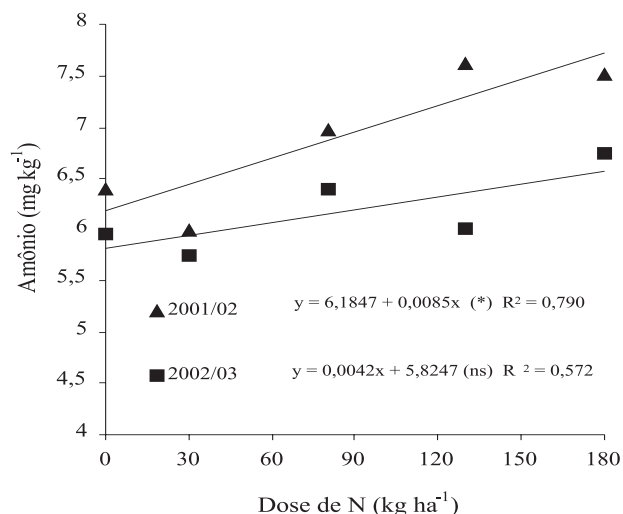
vegetais, sobretudo da sua relação C/N (Gonçalves *et al.*, 2000; Lara Cabezas *et al.*, 2004) e das condições edafoclimáticas, como características químicas, físicas e mineralógicas do solo e da temperatura, umidade e aeração (Sá, 1996; Amado *et al.*, 2002).

Os teores de  $N-NO_3^-$  no solo (Figura 1a e 1b) apresentaram uma grande variabilidade, em função das doses de N e dos sistemas de cobertura do solo, sendo que, em ambos os anos agrícolas, os dados não se ajustaram significativamente a nenhum modelo testado, apresentando um coeficiente de determinação relativamente baixo. O teor de  $N-NH_4^+$  no solo (Figura 2) aumentou linearmente, na época do florescimento do milho, em relação ao incremento na dose de N aplicada no primeiro ano agrícola (2001/02). No segundo ano agrícola, embora tenha ocorrido uma tendência de aumento com o incremento da dose de N, os dados não se ajustaram a nenhum modelo testado.



**FIGURA 1.** Doses de N versus sistema de cobertura do solo para o teor de  $N-NO_3^-$  no solo, na época do florescimento do milho, em sistema de plantio direto, Selvíria, MS, 2001/02 (a) e 2002/03 (b).





**FIGURA 2.** Teor de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no solo, na época do florescimento do milho, em função de doses de N, em sistema de plantio direto, Selvíria, MS, 2001/02 e 2002/03.

Verifica-se, na Tabela 3, que em ambos os anos agrícolas, houve interação significativa de doses de N com os sistemas de cobertura do solo, para o teor de N na folha, na época do florescimento do milho. O cultivo sobre o solo que permaneceu em pousio na entressafra proporcionou menor teor de Ca, Mg e S, no primeiro ano agrícola, e de P, Fe e Zn, no segundo. No entanto, exceto para o teor de S, no primeiro ano agrícola, os demais nutrientes ficaram numa faixa considerada adequada, segundo Raji *et al.* (1996), menos para o teor de Mg, nos dois anos agrícolas e, o de S, no primeiro ano agrícola, conforme Malavolta *et al.* (1997), embora a coleta de folha para análise tenha sido feita conforme metodologia descrita em Raji *et al.* (1996). Porém, isso provavelmente esteve mais relacionado ao genó-

**TABELA 3.** Teores de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn) na folha do milho, na época do florescimento, em função de doses de N e sistemas de cobertura do solo, em sistema plantio direto, Selvíria-MS, 2001/02 e 2002/03.

Tratamentos	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>			
	N	Ca	Mg	P	K	S	Cu	Fe	Mn	Zn
<b>Ano agrícola 2001/02</b>										
Sistema de cobertura										
Crotalária	25,40 <sup>1</sup>	3,67 a <sup>2</sup>	1,79 a	2,92 a	24,23 a	1,30 a	9,00 a	89,30 a	58,80 a	20,80 a
Milheto	22,30	3,71 a	1,72 a	2,89 a	24,21 a	1,29 a	8,70 a	88,80 a	50,60 a	19,10 a
Pousio	23,30	3,35 b	1,61 b	2,87 a	24,19 a	1,21 b	8,40 a	86,50 a	50,90 a	19,20 a
C.V. (%)	4,5	5,47	5,60	3,16	3,30	5,89	6,04	12,65	7,49	13,99
<b>Ano agrícola 2002/03</b>										
Sistema de cobertura										
Crotalária	26,70	3,79 a	1,69 a	2,97 a	25,26 a	1,65 a	9,90 a	91,30 a	69,50 a	25,00 a
Milheto	24,50	3,56 b	1,69 a	2,95 a	24,98 a	1,61 a	9,60 a	88,20 a	66,80 a	24,50 a
Pousio	24,80	3,78 a	1,64 a	2,84 b	24,84 a	1,58 a	9,10 a	84,10 b	65,70 a	23,10 b
C.V. (%)	5,13	5,13	8,60	3,01	2,91	8,25	10,80	3,63	5,35	6,48
Adequado <sup>3</sup>	27-35	2,5-8,0	1,5-5,0	2,0-4,0	17-35	1,5-3,0	6-20	30-250	20-200	15-100

<sup>1</sup> Médias sem letras, na coluna, referem-se à interação significativa de doses versus sistemas de cobertura. <sup>2</sup> Médias seguidas por letras distintas, na coluna, dentro do mesmo ano agrícola, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. <sup>3</sup> Faixas de teores considerados adequados, conforme Raji *et al.* (1996).

tipo utilizado, pois a média dos teores no solo, na camada de 0 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m, antes da instalação dos ensaios, para Mg ( $11,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e S ( $6,3 \text{ mg dm}^{-3}$ ), encontrava-se alta e média, respectivamente (Raij *et al.*, 1996).

Verifica-se, pelas equações de regressão (Tabela 4), que, no primeiro ano agrícola, exceto para os teores de Cu e de Zn, que não se ajustaram a nenhum modelo testado, e o de Mn, que se ajustou a um modelo linear, os demais nutrientes apresentaram um comportamento quadrático, em função das doses de N aplicadas. No segundo ano agrícola, os teores de Mg, P, S, Cu, Fe e Mn se ajustaram a um modelo linear em relação às doses de N, e os demais nutrientes não se ajustaram a nenhum modelo testado.

O teor de N na folha, nos dois anos agrícolas (Figura 3a e 3b), aumentou de forma quadrática com o incremento das doses de N, nos três sistemas de cobertura do solo. O milho em sucessão à crotalaria apresentou o maior teor em todas as doses de N, em ambos os anos agrícolas, provavelmente por ter fornecido maior quan-

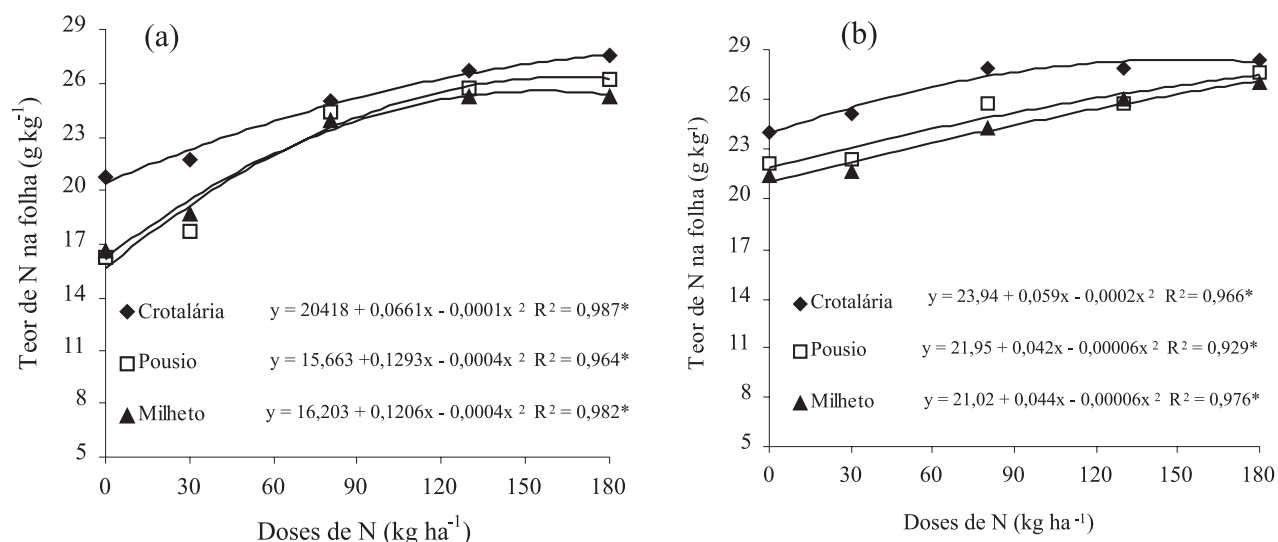
tidade de N à planta durante a fase vegetativa, pois, como demonstrado na Tabela 1, essa leguminosa acumulou em torno de 2,8 vezes mais N na matéria seca do que o milho. Além disso, sua menor relação C/N provavelmente não propiciou imobilização microbiológica do N, assim como verificado em outros estudos (Scivittaro *et al.*, 2000). O maior teor de N foliar provavelmente conduziu a maior translocação de açúcar e de N para os grãos, visto que a formação de grãos tem alta dependência desses processos (Karlen *et al.*, 1988). Além disso, folhas bem nutridas de N têm maior capacidade de assimilar  $\text{CO}_2$  e de sintetizar carboidratos durante a fotossíntese, resultando maior acúmulo de biomassa (Büll, 1993).

Entretanto, para a maioria das doses e sistemas de cobertura, os teores foram inferiores aos descritos como adequados  $27,5$  a  $32,5 \text{ g de N kg}^{-1}$  de matéria seca (Malavolta *et al.*, 1997), e  $27$  a  $35 \text{ g de N kg}^{-1}$  (Raij, *et al.*, 1996). Muzilli (1983), estudando o efeito de preparos do solo e rotação de culturas, também constatou menores teores de N foliar em SPD, atribuindo tal fato às perdas de

**TABELA 4.** Equações de regressão para o teor de macronutrientes ( $\text{g kg}^{-1}$ ) e micronutrientes ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) na folha, na época do florescimento do milho, em função das doses de N e sistemas de cobertura do solo, em sistema de plantio direto, Selvíria-MS, 2001/02 e 2002/03.

Variável dependente	Equação	$R^2$	Equação	$R^2$
	Ano agrícola 2001/02		Ano agrícola 2002/03	
Ca	$y = 3,236 + 0,010x - 0,000044x^2$	0,913**	$y = 3,612 + 0,0035x - 0,00002 x^2$	0,269 ns
Mg	$y = 1,641 + 0,0024x - 0,00001x^2$	0,741*	$y = 1,6049 + 0,00081x$	0,890*
P	$y = 2,778 + 0,0027x - 0,000009x^2$	0,782*	$y = 2,944 + 0,0015x$	0,741*
K	$y = 23,580 + 0,018x - 0,00008x^2$	0,972*	$y = 25,02 - 0,0047x + 0,00004x^2$	0,827 ns
S	$y = 1,009 + 0,0047x - 0,000012x^2$	0,946**	$y = 1,493 + 0,00143x$	0,968**
Cu	$y = 6,914 + 0,0284x - 0,00005x^2$	0,922 ns	$y = 8,675 + 0,0102x$	0,934**
Fe	$y = 65,321 + 0,576x - 0,0023x^2$	0,742*	$y = 83,555 + 0,0513x$	0,835**
Mn	$y = 42,392 + 0,0918x$	0,968**	$y = 64,864 + 0,0293x$	0,664*
Zn	$y = 18,12 + 0,0341x - 0,00001x^2$	0,713 ns	$y = 24,21 - 0,015x + 0,00001x^2$	0,190 ns

Ns, \* e \*\*: Não significativo e significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.



**FIGURA 3.** Doses de N versus sistemas de cobertura do solo, para o teor de N na folha, em sistema de plantio direto, Selvíria, MS, ano agrícola 2001/02 (a) e 2002/03 (b).

N por lixiviação. No presente caso, provavelmente esteve relacionado ao híbrido utilizado, visto que, em alguns tratamentos, mesmo nas doses mais elevadas de N (180 kg ha<sup>-1</sup> de N) e/ou no cultivo sobre resíduos de crotalária e com relativa alta resposta em produtividade, os valores não alcançaram os descritos como adequados na literatura.

Considerando as produtividades médias de grãos e de palha do milho nos três sistemas de cobertura do solo (Tabela 5), os índices de colheita (IC), ou seja, fração de grãos produzidos em relação à matéria seca total da parte aérea da planta de milho (grãos + palha) foram de 0,47; 0,48; 0,49; 0,51 e 0,51, respectivamente, para as doses 0, 30, 80, 130 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N. Para o ano agrícola 2002/03, foram de 0,44; 0,48; 0,48; 0,51 e 0,51, respectivamente. Segundo Fancelli & Dourado Neto (2000), o IC tem alta dependência do potencial produtivo do genótipo utilizado, podendo variar de 0,60, para híbridos de alta produtividade, até 0,10, para genótipos de baixa produtividade. Resultados concordantes com o des-

te trabalho foram obtidos por Coelho *et al.* (1991), 0,46 e Timmons & Backer (1992), 0,53. O índice de colheita, além da dependência do genótipo, tem também alta dependência das condições climáticas vigentes, principalmente a precipitação pluviométrica (Fancelli & Dourado Neto, 2000).

Verifica-se que o incremento na dose de N proporcionou aumento na quantidade de N acumulada nos grãos (Tabela 5), indicando ser esse componente o principal dreno de N e compostos nitrogenados na planta. No milho, o N influencia, além da quantidade de fitomassa produzida, também a sua qualidade, principalmente o teor protéico do grão (Büll, 1993). Em média, a quantidade de N exportada pelos grãos, exceto nos tratamentos referentes às doses 0 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, foi, em função de teores nos grãos, próximas às descritas como adequadas (17 g kg<sup>-1</sup>), por Raij *et al.* (1996). No entanto, inferior à observada por Andrade *et al.* (1975), os quais verificaram exportação de N pelos grãos em torno de 19,5 g por tonelada. Já Hiroce *et al.* (1989) en-

contraram valores parecidos (16,4 kg t<sup>-1</sup> de grãos) aos observados no presente estudo. Por outro lado, essas quantidades foram superiores às observadas por Silva *et al.* (2005), em média, 13,3 kg t<sup>-1</sup> de grãos. Essas diferenças, provavelmente, foram em virtude dos diferentes genótipos utilizados naqueles estudos e das distintas condições

edafoclimáticas, as quais influenciam a quantidade N absorvida (Hiroce *et al.*, 1989) e o padrão de acúmulo e de translocação desse nutriente de órgãos vegetativos para os grãos (Karlen *et al.*, 1988). A exportação de N nos grãos (Tabela 6) ajustou-se a um modelo quadrático em relação às doses de N no segundo ano agrícola,

**TABELA 5.** Produtividade de grãos e de palha de milho, quantidade de N exportada nos grãos e acumulada na palha, por ocasião da maturação fisiológica, em função de doses de N, em sistema de plantio direto, Selvíria-MS, 2001/02 e 2002/03.

Tratamentos		Produtividade de grãos t ha <sup>-1</sup>	Produtividade de palha t ha <sup>-1</sup>	N exportado nos grãos kg t <sup>-1</sup>	N acumulado na palha kg t <sup>-1</sup>	Total de N absorvido kg ha <sup>-1</sup>
Dose de N kg ha <sup>-1</sup>						
Semeadura Cobertura		Ano agrícola 2001/02				
0	0	4,93 <sup>1</sup>	5,65	14,10	7,45	111,61
30	0	5,91	6,52	14,50	8,33	140,01
30	50	7,28	7,46	16,65	8,25	182,76
30	100	7,89	7,55	16,52	8,82	196,93
30	150	7,75	7,33	16,68	8,94	194,80
Sistema de cobertura						
Crotalaria-milho		7,79 a <sup>2</sup>	7,58 a	17,28 a	8,80 a	201,31 a
Pousio-milho		6,38 b	6,68 b	15,35 b	8,15 b	152,37 b
Milheto-milho		6,10 c	6,42 b	14,42 b	8,10 b	140,00 c
		Ano agrícola 2002/03				
0	0	4,67	5,80	13,50	6,85	103,12
30	0	5,71	6,12	14,63	7,95	132,99
30	50	7,34	7,81	16,44	8,86	189,87
30	100	8,10	7,50	16,70	8,95	205,53
30	150	8,30	7,91	16,64	8,74	207,25
Sistema de cobertura						
Crotalaria-milho		7,69 a	7,46 a	16,60 a	9,10 a	195,60 a
Pousio-milho		6,40 b	6,90 b	15,25 b	7,75 b	151,10 b
Milheto-milho		6,34 b	6,70 b	14,90 b	7,95 b	147,80 b

<sup>1</sup> Equações de regressão para doses de N na Tabela 6. <sup>2</sup> Médias seguidas por letras distintas, na coluna, dentro do mesmo ano agrícola, diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5%.

**TABELA 6.** Equações de regressão para a produtividade de grãos (t ha<sup>-1</sup>), produtividade de palha (t ha<sup>-1</sup>), exportação de N nos grãos (kg t<sup>-1</sup>), quantidade de N na palha (kg t<sup>-1</sup>) e quantidade total de N absorvida (kg ha<sup>-1</sup>), em função de doses de N, em sistema plantio direto, Selvíria-MS, 2001/02 e 2002/03.

Variável dependente	Equação		R <sup>2</sup>	Equação		R <sup>2</sup>
	Ano agrícola 2001/02			Ano agrícola 2002/03		
Prod. grãos	y= 4,89 + 0,0407x - 0,0001x <sup>2</sup>		0,998**	y= 4,82 + 0,0434x - 0,0001x <sup>2</sup>		0,998**
Prod. palha	y= 5,67 + 0,0313x - 0,0001x <sup>2</sup>		0,993**	y= 8,098 + 0,0123x		0,794*
Expot. N-grãos	y= 13,90+ 0,039x - 0,0001x <sup>2</sup>		0,921 ns	y= 14,10 + 0,0003x - 7 . 10 <sup>-9</sup> x <sup>2</sup>		0,860*
Quant. N-palha	y= 7,82 + 9 . 10 <sup>-5</sup> x - 2 . 10 <sup>-9</sup> x <sup>2</sup>		0,921 ns	y= 7,41 + 0,0002x - 5 . 10 <sup>-9</sup> x <sup>2</sup>		0,761*
Total N-absorvido	y= 110,3 + 1,204x - 0,0041x <sup>2</sup>		0,997**	y= 100,34 + 1,428x - 0,0046x <sup>2</sup>		0,992**

Ns, \* e \*\*: Não significativo e significativo a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente.

sendo a mesma tendência observada para a quantidade de N na palha. No primeiro ano agrícola, os dados de exportação de N nos grãos e na palha não se ajustaram a nenhum modelo testado.

A distribuição do N acumulado na parte aérea do milho, entre grãos e palha, proporcionalmente, foi praticamente semelhante entre os tratamentos, demonstrando que essa característica tem mais dependência do genótipo do que do manejo utilizado. Em média, dois terços do N alocaram-se nos grãos e um terço na palha, evidenciando que o maior dreno de N na planta são os grãos, e que grande quantidade de N das partes vegetativas foi translocada para os mesmos, passando a fazer parte de aminoácidos e proteínas (Karlen *et al.*, 1988). Distribuição semelhante a essas entre o grão e o restante da parte aérea da planta também foram observadas em outros estudos, tanto em plantio direto como convencional (Timmons & Baker, 1992; Fernandes *et al.*, 1998).

### Conclusões

A crotalária acumulou maior quantidade da maioria dos macronutrientes e micronutrien-

tes, promovendo, no milho cultivado subsequentemente, proporcionalmente, maior extração e exportação de N do que em sucessão ao milho ou ao solo em pousio.

A exportação de N nos grãos foi, em média, de 15,70 kg t<sup>-1</sup> de grãos e o restituído pela palha, de 8,30 kg t<sup>-1</sup> de resíduos.

O incremento na dose de N proporcionou aumento no teor de N total na folha, de forma quadrática, nos três sistemas de cobertura do solo.

A crotalária e o milho não influenciaram no teor de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> no solo, na época do florescimento do milho, o qual foi maior na camada 0 a 0,10 m, e o de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, semelhante até 0,20 m de profundidade.

### Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, a concessão de bolsa de estudo, à International Atomic Energy Agency - IAEA, o apoio financeiro e à Unesp/FEIS a concessão do espaço físico, máquinas e implementos.

### Literatura Citada

- ADDISCOTT, T. M. Tillage, mineralization and leaching. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 53, p. 163-165, 2000.
- ALVES, V. M. C.; VASCONCELLOS, C. A.; FREIRE, F. M.; PITTA, G. V. E.; FRANÇA, G. E.; RODRIGUES FILHO, A.; ARAÚJO, J. M.; VIEIRA, J. R.; LOURENÇO, J. E. Milho. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Eds). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 314-316.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. Estimativa da adubação nitrogenada para o milho em sistema de manejo e cultura de coberturas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 553-560, 2000.
- AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 241-248, 2002.
- ANDRADE, A. G.; HAAG, H. P.; OLIVEIRA, G. D.; SARRUGE, J. R. Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho (*Zea mays* L.) I. Acumulação de macronutrientes. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 32, p. 11-149, 1975.
- BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H. (Eds.) **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 63-146.
- CALEGARI, A. Alternativa de rotação de culturas para plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 80, p. 62-70, 2004.
- CANTARELLA, H.; DUARTE, A. P. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Eds.) **Tecnologia de produção de milho**. Viçosa: UFV, 2004. p. 139-182.
- CARVALHO, A. M. de. **Alternativas para plantio direto e adubação verde na região do cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 2 p. (Embrapa Cerrados. Guia Técnico do Produtor Rural, 23).
- CARVALHO, M. A. C.; SORATTO, R. P.; ATAYDE, M. L. F.; ARF, O.; SÁ, M. E. Produtividade de milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, DF, v. 39, p. 47-53, 2004.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. C.; BAHIA, A. F. C.; GUEDES, G. A. Balanço de nitrogênio <sup>15</sup>N em Latossolo Vermelho-Escuro, sob vegetação de cerrado, cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 95, p. 187-193, 1991.
- CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 425-432, 1999.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.
- FERNANDES, L. A.; FURTINI NETO, A. E.; VASCONCELLOS, C. A.; GUEDES, G. A. A. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produtividade do milho em latossolo sob vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 247-254, 1998.

- GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 153-159, 2000.
- HIROCE, L.; FURLANI, A. M. C.; LIMA, M. **Extração de nutrientes na colheita por população e híbridos de milho**. Campinas: Instituto Agronômico, 1989. 24 p. (Boletim Científico, 17).
- KARLEN, D. L.; FLANNERY, R. L.; SADLER, E. J. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, p. 232-242, 1988.
- KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Implantação, condução e resultados obtidos com o Sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Eds.). **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. cap. 15, p. 407-441.
- LARA CABEZAS, W. R. L.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. C.; SANTANA, D. G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, p. 1005-1013, 2004.
- LOPES, S. A.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA, 2004. 110 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.
- MULVANEY, R. L. Nitrogen - Inorganic forms. In: KLUTE, A.; WEAVER, R. W.; MICKELSON, S. H.; SPARKS, D. L.; BARTELS, J. M. (Eds.) **Methods of soil analysis**. Part 3 - Chemical methods. Madison: SSSA, 1996. p. 1123 -1184. (Book Series, 5).
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 7, p. 95-102, 1983.
- PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S. C.; GUERRA, J. G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, p. 35-40, 2004.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônomicos e florestais: exposição com exemplos e orientação para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.
- RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).
- SÁ, J. C. M. **Manejo do nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 24 p.
- SALTON, J. C.; KICHEL, A. N. Milheto: uma alternativa para cobertura do solo e alimentação animal. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 45, p. 41-43, 1998.
- SAS INSTITUTE (Cary, NC). **The SAS-System for Windows: release 6.11 (software)**. Cary, 1996.
- SCIVITTARO, W. B.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A. E.; TRIVELIN, P. C. O. Utili-

zação de nitrogênio de adubos verdes e mineral pelo milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 917-926, 2000.

SILVA, E. C.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G. L.; LAZARINI, E.; SÁ, M. E. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre latossolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 353-362, 2005.

SISTEMA brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Eds.) **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. cap. 5, p. 129-144.

TIMMONS, D. R.; BAKER, J. K. Fertilizer management effect on recovery of labeled nitrogen by continuous no-till. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, p. 490-496, 1992.

VITTI, G. C.; FAVARIN, J. L.; REZENDE, L. O.; TREVISAN, N. **Manejo do nitrogênio em diversos sistemas de produção**. Piracicaba: SERRANA, 1999. 36 p.