

MANEJO DO NITROGÊNIO NO MILHO EM SUCESSÃO A PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO, SOB PLANTIO DIRETO⁽¹⁾

C. J. BASSO⁽²⁾ & C. A. CERETTA⁽³⁾

RESUMO

Estabelecida a hipótese de que a antecipação da adubação nitrogenada promove acréscimo no rendimento de grãos de milho pela maior disponibilidade de N nos estádios iniciais de desenvolvimento, foi realizado um trabalho com o objetivo de avaliar diferentes manejos de N para o milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo. O experimento foi desenvolvido em área do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (RS), nos anos agrícolas de 1996/97, 1997/98 e 1998/99, em Argissolo Vermelho distrófico arênico (Hapludalf). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e três repetições. Nas parcelas principais (25 x 5 m), foram cultivadas três espécies para cobertura de solo no inverno: aveia preta (*Avena strigosa* Schieb), aveia preta + ervilhaca (*Vicia sativa* L.) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus*). Nas subparcelas (5 x 5 m), aplicou-se N para o milho da seguinte maneira: (a) 00-00-00, (b) 00-30-90, (c) 30-30-60, (d) 60-30-30 e (e) 90-30-00, cuja seqüência para cada tratamento corresponde à quantidade de N em kg ha⁻¹ aplicado em pré-semeadura-semeadura-cobertura do milho. A aplicação de N em pré-semeadura foi realizada após o manejo das plantas de cobertura de solo no inverno, enquanto em cobertura o N foi aplicado quando as plantas de milho estavam com quatro a seis folhas desenroladas. Utilizou-se uréia como fonte de N. Segundo os resultados, o milho cultivado em sucessão ao consórcio com aveia preta + ervilhaca mostrou melhor desempenho do que quando cultivado sobre resíduos de aveia preta e nabo forrageiro. A aplicação de N em pré-semeadura do milho é uma atitude de risco, sendo mais segura a aplicação de N na semeadura e em cobertura.

Termos de indexação: adubação nitrogenada, épocas de aplicação, sucessão de culturas.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Recebido para publicação em setembro de 1999 e aprovado em junho 2000.

⁽²⁾ Engenheiro-Agrônomo, MSc., Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. CEP 97105-900 Santa Maria (RS)

⁽³⁾ Engenheiro-Agrônomo, Dr., Professor Titular do Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. CEP: 97105-900. Bolsista do CNPq. e-mail: ceretta@ccr.ufsm.br

SUMMARY: *NITROGEN FERTILIZATION MANAGEMENT FOR CORN GROWN AFTER WINTER COVER CROPS UNDER NO-TILLAGE*

*Based on the hypothesis that anticipating of nitrogen application can increase corn grain yield due to more N availability in the initial stages of development, field studies were conducted for three agricultural years (1996/97, 1997/98, and 1998/99) to evaluate different types of management of N application for corn cultivated after winter soil cover crops. This work was developed on a Hapludalf soil, at the experimental area of the Soil Science Department at the Federal University of Santa Maria (RS, Brazil). A complete randomized block design with split-plots and three replications was used. In the main plots (25 x 5 m), three winter soil cover crops were tested: (a) black oats (*Avena strigosa* Schieb); (b) a mixture of oats + common vetch (*Vicia sativa* L.), and (c) oilseed radish (*Raphanus sativus*). In the sub plots (5 x 5 m), the amount of N (kg ha^{-1}) was applied as broadcast before corn sowing, at corn sowing, and as side-dressing, respectively: (a) 00-00-00, (b) 00-30-90, (c) 30-30-60, (d) 60-30-30, and (d) 90-30-00. N application before corn sowing was done after the dessication of the cover crops, while as topdressing, N was applied when the corn plants presented 4 to 6 uncoiled leaves. Urea was used as a source of N. The results showed that the corn cultivated after oats + common vetch had better performance than when cultivated after black oats and oilseed radish. Nitrogen application before corn sowing is a risky practice, while N application at sowing and as topdressing is a safe recommendation.*

Index terms: nitrogen fertilization, timing of application, crops systems.

INTRODUÇÃO

O sucesso do sistema plantio direto depende da adoção de sistemas de culturas que privilegiem a produção e manutenção de resíduos culturais na superfície do solo. Com isso, pode-se elevar o teor de matéria orgânica do solo, que depende fundamentalmente da quantidade de matéria seca produzida pelos sistemas de culturas (Gonçalves & Ceretta, 1999), e propiciar alterações nos sistemas tradicionais de manejo de fertilizantes nitrogenados.

No sistema plantio direto, tem havido maior preocupação em elevar a disponibilidade de N no início do crescimento do milho, por ser ele, na maioria dos sistemas de produção, cultivado em sucessão a gramíneas. Isto pode significar comprometimento da quantidade de N disponível para o milho, pois, segundo Salet et al. (1997), a imobilização de N mineral pela biomassa microbiana é a principal causa da menor disponibilidade de N. Por isso, Bayer (1993) ressalta que a adubação nitrogenada no sistema plantio direto é feita de forma idêntica àquela do sistema tradicional com revolvimento de solo, aplicando-se de 20 a 30% a mais de N na semeadura no sistema plantio direto.

A utilização de leguminosas antecedendo o milho normalmente resulta em menor imobilização de N. Por essa razão, Ritchie et al. (1993) enfatizam que, apesar de serem pequenas as exigências nutricionais do milho nos estádios iniciais de desenvolvimento,

altas concentrações de nutrientes na zona radicular são benéficas, pois promovem bom arranque inicial. Essa foi uma das justificativas dadas por Yamada (1996), quando obteve maior produção de milho com aplicação de $30\text{-}50 \text{ kg ha}^{-1}$ de N na semeadura, comparado com o manejo tradicional de N (semeadura + cobertura), utilizando de $10\text{-}15 \text{ kg ha}^{-1}$ de N na semeadura do milho.

As características do sistema plantio direto fazem com que as principais alterações quanto à adubação nitrogenada para o milho sejam relacionadas com a época de aplicação (Ceretta & Fries, 1998). Ceretta (1998) apresenta as vantagens operacionais da aplicação de N em pré-semeadura do milho cultivado em sucessão à aveia preta. Isso, somado ao desconhecimento da fisiologia da planta de milho, faz com que, em muitas situações de lavoura, a aplicação de N em cobertura no milho seja feita após a definição da produção potencial, que ocorre quando a planta está com quatro folhas, ou seja, com aproximadamente duas semanas da emergência, conforme ilustram Fancelli & Dourado Neto (1996).

No solo, o nitrato pode ser lixiviado, porque, além de muito solúvel, mostra baixa energia de adsorção às partículas do solo, podendo tal fato comprometer o sincronismo entre o N mineral disponível no solo e a cinética de absorção pelas plantas.

Estabeleceu-se a hipótese de que aplicações antecipadas de N para o milho favorecem a produtividade de grãos. Portanto, este trabalho teve

por objetivo avaliar diferentes manejos de N para o milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo no sistema plantio direto.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em campo, nos anos agrícolas de 1996/97, 1997/98 e 1998/99 sob o sistema plantio direto, em área do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (RS). O solo é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (Hapludalf) (EMBRAPA, 1999), textura superficial franco-arenosa no horizonte A e franco-argilosa no B. Nos dois anos que antecederam a instalação do experimento, toda a área experimental foi cultivada com aveia preta no inverno e soja no verão, no sistema plantio direto.

O solo amostrado no início do experimento e na profundidade de 0-10 cm apresentou as seguintes características: teor de argila 110 g kg⁻¹; pH em H₂O (1:1) 5,5; índice SMP 6,1; P 13 mg dm⁻³; K 58 mg dm⁻³; M.O. 19 g kg⁻¹ de solo; Ca²⁺ + Mg²⁺ 4,7 cmol_c dm⁻³; e Al³⁺ 0,0. Maiores detalhes sobre a textura do solo foram determinados por Matias (1996) na camada de 0-40 cm, o qual encontrou teores de 550, 280 e 160 g kg⁻¹ para as frações areia total, silte e argila, respectivamente. Os resultados da análise de solo foram obtidos no laboratório de rotina do Departamento de Solos da UFSM, seguindo o método descrito em Tedesco et al. (1995), sendo utilizado o extrator de Mehlich para análise de P. O solo foi amostrado na camada de 0-10 cm, porque vários trabalhos têm demonstrado boa correlação entre a avaliação da fertilidade do solo nessa camada e a resposta das culturas, conforme apresenta Bartz (1998).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com parcelas subdivididas e três repetições. Nas parcelas principais de 25 x 5 m, foram plantadas as seguintes espécies para cobertura de solo no inverno: aveia preta (*Avena strigosa* Schieb), aveia preta+ervilhaca (*Vicia sativa* L.) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus*). Nas subparcelas de 5 x 5 m, foram testados os seguintes manejos de N à cultura do milho: (a) 00-00-00; (b) 00-30-90; (c) 30-30-60; (d) 60-30-30 e (e) 90-30-00, cuja seqüência para cada tratamento corresponde à quantidade de N em kg ha⁻¹ aplicado em pré-semeadura-semeadura-cobertura do milho. A aplicação de N em pré-semeadura foi realizada após o manejo das plantas de cobertura de solo no inverno, enquanto em cobertura o N foi aplicado quando as plantas de milho estavam com quatro a seis folhas desenroladas. Utilizou-se uréia como fonte de N.

Na semeadura das plantas de cobertura de solo no inverno, foram utilizados 100, 80 e 15 kg ha⁻¹ de semente de aveia preta, ervilhaca e nabo forrageiro,

respectivamente. Na consorciação aveia preta + ervilhaca, foi utilizada uma proporção de 30 e 70% da densidade de semeadura, ou seja, 30 e 56 kg ha⁻¹ de sementes de aveia preta e ervilhaca, respectivamente.

No primeiro ano, nas plantas de cobertura de solo no inverno, foram aplicados 200 kg ha⁻¹ de adubo mineral da fórmula 5-20-20 e, no segundo e terceiro ano, 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, utilizando superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente, e mais 10 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia. A semeadura das plantas de cobertura e a aplicação de fertilizantes foram feitas a lanço sobre os resíduos vegetais, passando-se, posteriormente, uma grade leve e sem trava para melhorar o contato das sementes com o solo.

O manejo das plantas de cobertura de solo no inverno consistiu da aplicação do herbicida Roundup na dose 3 L ha⁻¹ e, posteriormente, passou-se o rolo faca. Para melhor interpretar os resultados, no primeiro parágrafo de resultados e discussão, são apresentadas as produções de massa de matéria seca das espécies de cobertura de solo, determinadas por Basso (1999), que coletou duas subamostras de 0,25 m² por parcela, as quais, após atingirem peso constante em estufas, foram pesadas, não retornando para as parcelas no campo.

A semeadura do milho foi feita diretamente sobre os restos culturais das plantas de cobertura de solo aos 27, 23 e 17 dias da aplicação do N em pré-semeadura no primeiro, segundo e terceiro ano, respectivamente. Para isso, utilizou-se semeadora tratorizada com espaçamento de um metro entrelinhas e uma distribuição de sete sementes por metro linear, desbastando-se, posteriormente, para 5,5 plantas por metro linear, perfazendo uma população final ao redor de 55.000 plantas ha⁻¹. O milho utilizado foi o híbrido Braskalb XL-212, considerado de ciclo precoce. Deficiências hídricas durante o cultivo do milho foram contornadas por meio de irrigação por aspersão, tomando-se, como referencial, o aspecto das plantas e a umidade do solo.

A adubação com fósforo e potássio para o milho foi feita a lanço, após o manejo das plantas de cobertura, na dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, utilizando-se, como fontes, o superfosfato triplo e o cloreto de potássio, respectivamente, sendo as quantidades aplicadas com base na recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC (1995). A aplicação de N (uréia) em pré-semeadura do milho foi feita a lanço, enquanto na semeadura aplicou-se em um pequeno sulco ao lado da linha de semeadura com aproximadamente 5 cm de profundidade. Em cobertura, a aplicação do N foi feita superficialmente cerca de 20 cm ao lado da linha do milho.

No estágio de pleno florescimento do milho, coletaram-se aleatoriamente, dentro de cada subparcela, cinco plantas de milho para avaliação

da massa da matéria seca, que foi determinada secando-se as plantas em estufa a 65°C até peso constante. O teor de N no tecido da parte aérea do milho foi obtido digerindo-se 0,2 g de matéria seca, com H₂SO₄ e mistura de digestão (Na₂SO₄, CuSO₄.5H₂O e selênio) seguida de destilação de arraste de vapor semimicro Kjeldahl, segundo Tedesco et al. (1995).

A produtividade de grãos de milho foi avaliada colhendo-se manualmente as quatro linhas centrais de cada subparcela, descartando-se 0,5 m de cada extremidade, perfazendo uma área total de 16 m², tendo-se corrigido o peso de grãos para 13% de umidade.

No primeiro ano agrícola (1996/97), foram feitas amostragens de solo para a determinação do teor de N mineral, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, nas seguintes épocas: (1) antes da aplicação do N em pré-semeadura do milho; (2) imediatamente antes da semeadura do milho; (3) imediatamente antes da aplicação do N em cobertura no milho e (4) no pleno florescimento do milho. Como a aplicação do N em pré-semeadura foi feita a lanço, a amostragem de solo imediatamente antes da semeadura do milho foi feita em toda a área de cada subparcela e com trado calador (cinco subamostragens), enquanto as demais amostragens foram feitas com duas subamostragens, abrindo-se um sulco transversal à linha de milho com 1 m de comprimento, aproximadamente 12 cm de largura e 20 cm de profundidade. Nestes sulcos, coletavam-se as amostras estratificadas até 20 cm em toda a seção, enquanto, para a amostra de 20-40 cm, utilizava-se trado holandês com tradagens ao longo de toda a seção.

No segundo ano agrícola (1997/98), em razão de fortes chuvas ocorridas no período da aplicação do N em pré-semeadura até à semeadura do milho, optou-se por fazer somente uma avaliação dos teores de N mineral no período imediatamente anterior à semeadura do milho, para obter um valor comparativo com os resultados encontrados nesse mesmo período no ano anterior, mas apenas no sistema aveia preta/milho, porque este é o sistema de sucessão mais utilizado pelos produtores.

No terceiro ano agrícola (1998/99), não foi avaliado o teor de N mineral no solo. As determinações de N mineral no solo foram realizadas por meio de arraste de vapor semimicro Kjeldahl, segundo Tedesco et al. (1995), sendo o N-mineral extraído por solução de KCl 1 mol L⁻¹. Uma alíquota de 20 mL da solução extraída com KCl foi usada para a determinação do N-mineral. Numa primeira destilação, foi adicionado MgO para determinação de NH₄⁺ e, posteriormente, numa segunda destilação da mesma amostra, foi adicionada liga Devarda à determinação de NO₃⁻.

A análise estatística dos dados constou da análise de variância, com aplicação do teste F, usando-se o

pacote estatístico SAS, tendo-se considerado a análise estatística e a variável teor de N mineral no solo em diferentes profundidades como subsub-parcelas. Utilizou-se o teste de Duncan a 5% para a comparação de médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

N mineral do solo

As produções de matéria seca de aveia preta, aveia preta + ervilhaca e nabo forrageiro foram, respectivamente, de 7,36, 6,11, 5,16 Mg ha⁻¹, em 1996, reduzindo, em 1997, para 4,05, 4,61, 3,40 Mg ha⁻¹ (Basso, 1999), enquanto, em 1998, foram de 4,45, 4,18 e 3,79 Mg ha⁻¹. É importante ressaltar que, no primeiro ano, as plantas de cobertura de solo no inverno foram semeadas sobre restos culturais de soja que havia sido cultivada no verão antes da instalação do experimento.

Os teores de N mineral no solo nos manejos com 00-00-00 e 00-30-90 são repetições em todos os sistemas de cultura, na avaliação realizada imediatamente antes da semeadura, porque, até então, em nenhum dos casos havia sido aplicado N, o que faz com que os valores sejam semelhantes.

No sistema aveia preta/milho, quando da avaliação feita imediatamente antes da semeadura do milho, observou-se que o aumento na quantidade de N aplicado em pré-semeadura resultou em incremento nos teores de N mineral do solo, principalmente nas camadas de 0-5 e 5-10 cm de profundidade (Quadro 1). Por outro lado, na avaliação realizada no período de florescimento do milho, os teores de N mineral do solo foram mais uniformes em quase todas as profundidades de solo. Esse comportamento diferenciado nas duas épocas de amostragem do solo pode estar relacionado com a imobilização de N, mas também evidencia a alta mobilidade do N mineral. Basta verificar que, neste intervalo de tempo, o manejo com 90 kg ha⁻¹ de N aplicado em pré-semeadura do milho sofreu o efeito de precipitações pluviais acumuladas de 502 mm, contra 130 mm no sistema onde os 90 kg ha⁻¹ de N foram aplicados em cobertura (Figura 1). Outra evidência da mobilidade do N mineral no solo é mostrada no sistema onde foi aplicado 90 kg ha⁻¹ em pré-semeadura do milho, porque da primeira para a última avaliação os teores de N mineral foram aumentando em profundidade.

No sistema aveia preta + ervilhaca/milho, os efeitos foram semelhantes aos supradescritos no sistema aveia preta/milho (Quadro 2). Entretanto, na comparação dos sistemas de cultura, no manejo do N com 00-30-90, que corresponde à forma tradicional de fracionamento na aplicação de N para o milho, observou-se que com a introdução da ervilhaca como leguminosa, consorciada com a aveia

preta, não houve diferença nos teores de N mineral em profundidade do solo na avaliação feita imediatamente antes da aplicação do N em cobertura. Isso sugere que a quantidade de N liberada pelos resíduos de ervilhaca contribuiu para a distribuição do N mineral em profundidade e que a avaliação até 40 cm de profundidade não foi suficiente para detectar diferenças na quantidade de N mineral. A contribuição da ervilhaca no incremento de N mineral no solo no sistema aveia preta + ervilhaca/milho pode ser também visualizada ao compará-la com o sistema com aveia preta/milho e sem aplicação de N mineral.

No sistema com nabo forrageiro/milho, é interessante verificar que os teores de N mineral no solo na avaliação feita na camada de 0-5 cm de profundidade e antes da semeadura do milho atingiram valores médios de 22,8 mg kg⁻¹ de N no solo, contra 29,6 e 37,7 mg kg⁻¹ nos sistemas com aveia preta/milho e aveia preta + ervilhaca/milho, respectivamente, nos manejos 00-00-00 e 00-30-90

(Quadro 3). Por outro lado, no sistema com nabo forrageiro, o teor de N mineral na camada de 5-10 cm foi de 18,6 mg kg⁻¹ de N de solo, contra 12,0 e 13,3 nos sistemas com aveia preta/milho e aveia preta + ervilhaca/milho, respectivamente. Por essa razão, ao contrário dos outros sistemas de culturas, quando havia nabo forrageiro, não houve diferença entre os teores de N mineral no solo nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm. Isso confirma observações em campo onde o nabo forrageiro decompõe-se rapidamente, facilitando a redistribuição do N mineral no solo.

É importante observar que, especialmente nos sistemas aveia preta/milho e aveia preta+ervilhaca/milho, os teores de N mineral no solo na avaliação feita no período de florescimento do milho foram maiores no sistema tradicional de manejo do N à cultura do milho, ou seja, 30 kg ha⁻¹ na semeadura e 90 kg ha⁻¹ em cobertura e isso pode ser desejável para a produtividade de grãos. Entretanto, no manejo tradicional de N, embora tenha acumulado

Quadro 2. Teor de nitrogênio mineral (NO₃⁻ + NH₄⁺), em diferentes períodos e profundidades de solo, antes e durante o desenvolvimento do milho, em sucessão à aveia preta + ervilhaca no ano agrícola 1996/97

Profundidade ⁽¹⁾	Manejo de N para o milho ⁽²⁾ (kg ha ⁻¹)				
	00-00-00	00-30-90	30-30-60	60-30-30	90-30-00
cm	mg kg ⁻¹ de N no solo				
	Imediatamente antes da semeadura do milho				
0-5	37,8 aC ⁽³⁾	37,5 aC	39,9 aC	80,5 aA	60,7 aB
5-10	13,3 bB	13,3 bB	15,9 bB	26,8 bA	24,4 bA
10-20	4,9 cB	5,7 cB	4,5 cB	6,4 cAB	8,2 cA
20-40	4,5 cA	4,6 cA	7,4 cA	6,9 cA	4,3 cA
Média ⁽⁴⁾	9,9	10,1	11,8	18,5	14,8
	Imediatamente antes da aplicação do N em cobertura				
0-5	9,8 aA	11,1 aA	9,0 aA	11,2 aA	6,8 bA
5-10	5,8 bB	3,5 bB	3,3 aB	10,2 aA	5,5 bB
10-20	5,5 bA	5,6 abA	6,7 aA	9,6 aA	7,4 bA
20-40	5,3 bB	8,6 abA	8,9 aAB	10,9 aA	11,8 aA
Média	6,0	7,5	7,7	10,5	9,3
	No período do florescimento do milho				
0-5	2,4 aAB	5,5 aA	3,9 aAB	1,9 bB	1,8 bB
5-10	3,1 aAB	5,0 aA	3,5 aAB	2,0 bAB	1,3 bB
10-20	3,0 aB	4,4 aA	3,9 aA	2,8 bA	1,0 bA
20-40	3,2 aB	8,0 aA	6,7 aA	8,3 aA	4,4 aB
Média	3,0	6,4	5,3	5,3	2,8

⁽¹⁾ Profundidade de amostragem de solo. ⁽²⁾ 00-00-00 = significa a aplicação de N no milho (kg ha⁻¹) em pré-semeadura, semeadura e cobertura, respectivamente. ⁽³⁾ Médias com mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem pelo teste de Duncan a 5%. Coeficiente de variação médio de 34,2 e 36,4%, para linhas e colunas, respectivamente.

⁽⁴⁾ Média ponderada = $\frac{(\text{teor } 0 - 5 \times 5) + (\text{teor } 5 - 10 \times 5) + (\text{teor } 10 - 20 \times 10) + (\text{teor } 20 - 40 \times 20)}{40}$

Teores de N mineral no manejo da aveia preta + ervilhaca: 7,2 3,9 3,1 e 4,0 mg kg⁻¹ de N no solo nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, respectivamente.

Quadro 3. Teor de nitrogênio mineral ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$), em diferentes períodos e profundidades de solo, antes e durante o desenvolvimento do milho, em sucessão ao nabo forrageiro no ano agrícola 1996/97

Profundidade ⁽¹⁾	Manejo de N para o milho ⁽²⁾ (kg ha ⁻¹)				
	00-00-00	00-30-90	30-30-60	60-30-30	90-30-00
cm	mg kg ⁻¹ de N no solo				
	Imediatamente antes da semeadura do milho				
0-5	22,9 aC ⁽³⁾	22,7 aC	42,3 aB	49,9 aB	65,9 aA
5-10	18,5 aA	18,7 aA	10,6 bA	16,1 bA	17,2 bA
10-20	6,1 bA	6,2 bA	5,3 cA	8,4 cA	4,6 cA
20-40	3,5 bB	3,4 bB	4,4 cB	5,8 cAB	7,7 cA
Média ⁽⁴⁾	8,5	8,4	10,1	13,2	15,4
	Imediatamente antes da aplicação do N em cobertura				
0-5	10,3 aA	11,8 aA	11,6 aA	16,9 aA	11,7 aA
5-10	5,3 cB	8,6 bAB	7,7 bB	12,0 aA	5,7 bB
10-20	7,2 bB	6,1 bB	7,6 bB	13,9 aA	9,4 aB
20-40	7,2 bBC	3,5 bC	9,2 aB	13,4 aA	13,5 aA
Média	7,4	5,8	8,9	13,8	11,3
	No período do florescimento do milho				
0-5	2,2 aA	3,4 aA	3,2 bA	3,2 abA	2,9 cA
5-10	2,8 aA	3,7 aA	3,3 bA	4,7 aA	4,0 bA
10-20	2,9 aBC	6,4 aA	4,2 bB	2,0 bBC	1,4 dC
20-40	3,0 aB	4,4 aB	6,7 aA	3,6 abB	6,8 aA
Média	2,9	4,7	5,2	3,3	4,6

⁽¹⁾ Profundidade de amostragem de solo. ⁽²⁾ 00-00-00 = significa a aplicação de N no milho (kg ha⁻¹) em pré-semeadura, semeadura e cobertura, respectivamente. ⁽³⁾ Médias com mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem pelo teste de Duncan a 5%. Coeficiente de variação médio de 37,7 e 33,7%, para linhas e colunas, respectivamente.

⁽⁴⁾ Média ponderada = $\frac{(\text{teor } 0-5 \times 5) + (\text{teor } 5-10 \times 5) + (\text{teor } 10-20 \times 10) + (\text{teor } 20-40 \times 20)}{40}$

Teores de N mineral no manejo do nabo forrageiro: 6,8 3,8 4,4 e 4,7 mg kg⁻¹ de N no solo nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, respectivamente.

mais N mineral no solo no período de florescimento do milho, isso não se refletiu na quantidade de N absorvido pelas plantas de milho e sua produtividade, conforme é discutido nos itens seguintes.

Na maioria dos sistemas de manejo de N, não houve influência das plantas de cobertura de solo sobre o teor de N mineral e isso em parte pode ser devido à contribuição de N do resíduo de soja que foi cultivada antes das plantas de cobertura (Quadro 4).

No segundo ano agrícola (97/98), ocorreu o fenômeno El Niño, que se caracteriza pelo excesso de precipitações pluviais, o que pode ser comprovado pelas figuras 1 e 2, onde são mostradas as chuvas ocorridas nos dois primeiros anos. No período entre a aplicação do N em pré-semeadura até à semeadura do milho, houve 58 mm de precipitação pluvial em 1996/97, contra 243 mm em 1997/98. Essas condições ambientais diferenciadas tiveram reflexos diretos sobre os teores de N mineral no solo, avaliados imediatamente antes da semeadura do milho, dada

a alta mobilidade do N (Figura 3), razão pela qual os teores de N mineral do solo foram inferiores e semelhantes em todas as profundidades analisadas em 1997/98, ao contrário do observado no ano agrícola anterior, quando houve acumulação de N mineral nas camadas de 0-5 e 5-10 cm.

Alguns pesquisadores têm encontrado, sob condições normais de clima, perdas pouco expressivas de N por lixiviação (Libardi & Reichardt, 1987; Coelho, 1987). Para Camargo et al. (1989), as perdas de N por lixiviação só foram observadas em solos com 790 g kg⁻¹ de areia e sob uma precipitação de 200 mm em duas semanas. Aliás, tais condições assemelham-se ao solo com 760 g kg⁻¹ de areia e os 243 mm de chuva da pré-semeadura até à semeadura do milho ocorrida no segundo ano deste trabalho.

Acúmulo de nitrogênio na parte aérea do milho

A ocorrência do fenômeno El Niño no ano agrícola 1997/98 e seus reflexos nos teores de N mineral do

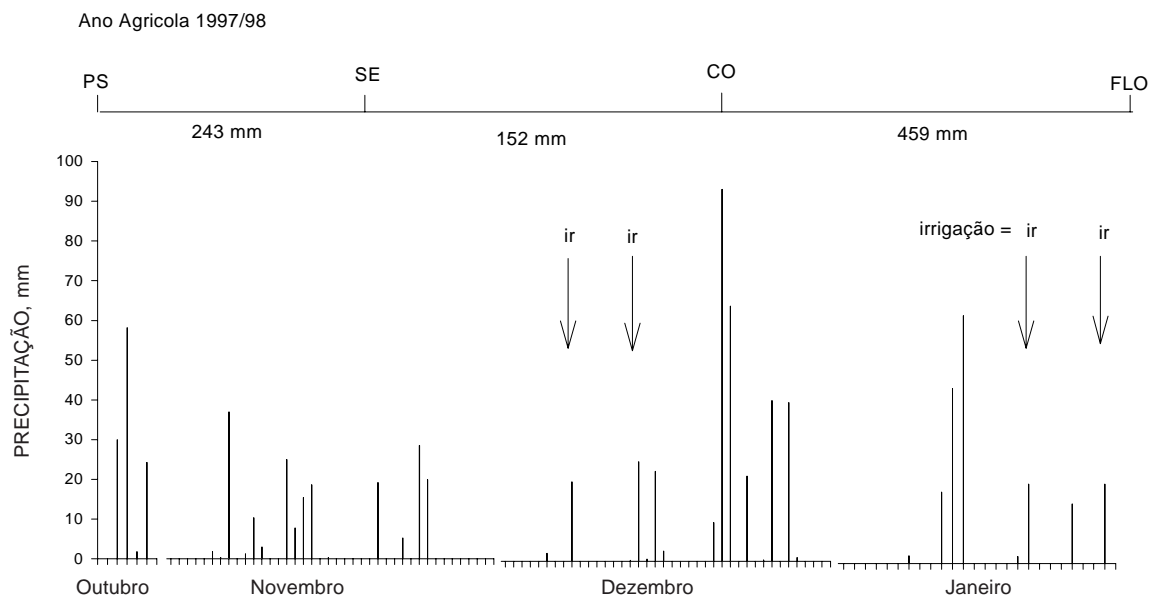


Figura 2. Distribuição das chuvas no período da aplicação do N em pré-semeadura (PS) até o florescimento (FLO) do milho no segundo ano agrícola.

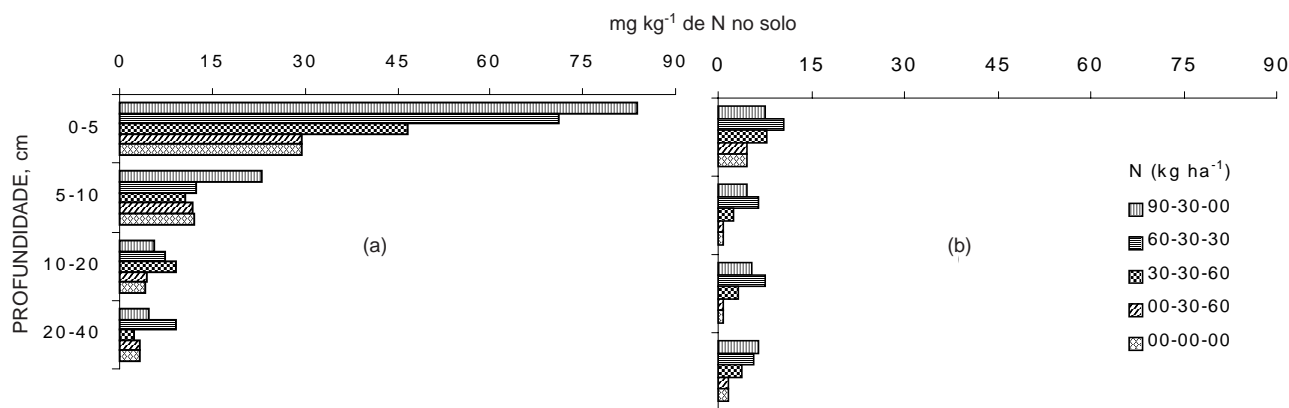


Figura 3. Teores de N mineral do solo avaliados imediatamente antes da semeadura do milho em sucessão à aveia preta, nos dois anos agrícolas, 1996/97 (a) e 1997/98 (b).

solo são mostrados na figura 3 e isso justifica as menores quantidades de N absorvido pelas plantas de milho em 1997/98, independentemente das plantas de cobertura que antecederam ao milho (Quadro 5).

Na ausência da adubação nitrogenada, a quantidade de N absorvido pelo milho foi favorecida quando cultivado em sucessão à aveia preta + ervilhaca, em relação ao sistema com aveia preta antes do milho. Em termos gerais, observou-se que, nos três anos, houve tendência de maior absorção de N pelo milho, quando cultivado após aveia preta + ervilhaca. A contribuição da ervilhaca e do nabo forrageiro para absorção de N pelo milho pode ser notada no primeiro ano, quando a quantidade

de N absorvido pelas plantas de milho não foi influenciada pela aplicação de N mineral, diferentemente dos anos subsequentes. Isso deve-se provavelmente ao efeito cumulativo da contribuição dos resíduos de ervilhaca e nabo forrageiro, além dos resíduos da soja cultivada antes da instalação das plantas de cobertura de solo no primeiro ano do experimento. Já no segundo e no terceiro ano agrícola, o efeito sobre a absorção de N pelo milho foi mais influenciado pelos resíduos de ervilhaca e nabo forrageiro, cultivados anteriormente ao milho, porque estas plantas de cobertura foram cultivadas sobre resíduos de milho.

No sistema aveia preta/milho, nos anos agrícolas de 1996/97 e 1998/99, quando não ocorreu excesso

Quadro 4. Média ponderada (0-40 cm) do teor de nitrogênio mineral (NO₃⁻ + NH₄⁺) em solo com diferentes plantas de cobertura e manejos de nitrogênio, antes e durante o desenvolvimento do milho no ano agrícola 1996/97

Aplicação de N ⁽¹⁾	Planta de cobertura de solo no inverno		
	Aveia preta	Aveia + ervilhaca	Nabo forrageiro
kg ha ⁻¹	mg kg ⁻¹ de N no solo		
PS SE CO	Imediatamente antes da semeadura do milho		
00-00-00	7,85 cA ⁽²⁾	9,89 cA	8,41 bA
00-30-90	7,88 cA	10,01 cA	8,42 bA
30-30-60	10,54 bA	11,81 bcA	10,14 bA
60-30-30	16,82 aAB	18,29 aA	13,22 aB
90-30-00	17,05 aA	14,82 abA	15,39 aA
	Imediatamente antes da aplicação do N em cobertura		
00-00-00	7,10 cA	5,96 bA	7,35 cA
00-30-90	7,76 bcA	7,51 abA	7,53 cA
30-30-60	7,51 cA	7,68 abA	8,89 cA
60-30-30	11,08 aAB	10,55 aB	13,80 aA
90-30-00	9,6 abA	9,31 abA	11,25 bA
	No período de florescimento do milho		
00-00-00	1,15 cA	3,02 bA	2,84 cA
00-30-90	6,73 aA	6,43 aA	4,67 abA
30-30-60	2,97 bcB	5,26 abA	5,23 aA
60-30-30	4,22 bA	5,35 abA	3,28 bcA
90-30-00	3,15 bcB	2,84 bB	4,62 abA

⁽¹⁾ PS, SE e CO correspondem às épocas de aplicações de nitrogênio para o milho, aplicado em pré-semeadura (27 dias antes da semeadura), semeadura e cobertura (4 a 6 folhas desenroladas), respectivamente. ⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem pelo teste de Duncan a 5%.

Quadro 5. Quantidade de nitrogênio absorvido pelo milho em sucessão a plantas de cobertura de solo no inverno com diferentes manejos da adubação nitrogenada

Aplicação de N ⁽¹⁾	Planta de cobertura de solo no inverno		
	Aveia preta	Aveia preta + ervilhaca	Nabo forrageiro
kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹		
PS SE CO	Ano agrícola 1996/97		
00-00-00	56,23 c B ⁽²⁾	73,76 aA	64,22 aAB
00-30-90	82,76 bcA	87,53 aA	89,73 aA
30-30-60	107,14 abA	91,86 aAB	78,21 aB
60-30-30	116,14 aA	93,37 aA	92,68 aA
90-30-00	77,89 cA	87,68 aA	94,88 aA
	Ano agrícola 1997/98⁽³⁾		
00-00-00	20,40 cA	31,00 cA	18,12 bA
00-30-90	63,53 aA	67,58 aA	56,19 aA
30-30-60	57,72 aA	66,81 aA	59,65 aA
60-30-30	35,78 bB	49,45 bA	51,32 aA
90-30-00	26,76 bcA	26,89 cA	24,60 bA
	Ano agrícola 1998/99		
00-00-00	37,09 cA	44,81 bA	36,87 bA
00-30-90	73,62 bA	82,17 abA	69,58 aA
30-30-60	86,40 abA	107,05 aA	90,16 aA
60-30-30	80,07 abA	109,82 aA	73,36 aA
90-30-00	97,92 aAB	104,59 aA	70,84 aB

⁽¹⁾ PS, SE e CO correspondem às aplicações de nitrogênio feitas em pré-semeadura (27, 23 e 17 dias antes da semeadura para o primeiro, segundo e terceiro ano, respectivamente), semeadura e cobertura (4 a 6 folhas desenroladas do milho) do milho, respectivamente. ⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem pelo teste de Duncan a 5%. Os coeficiente de variação para aveia preta, aveia preta + ervilhaca e nabo forrageiro foram de 15,6, 15,7, 21,7, 16,7, 11,7 e 20,1 e 15,4, 14,4 e 19,6%, para o primeiro, segundo e terceiro ano agrícola, respectivamente. ⁽³⁾ Precipitação elevada nos meses de outubro e novembro de 1997.

de precipitação pluvial, a aplicação de N em pré-semeadura do milho favoreceu a absorção de N e isso pode estar associado à diminuição do efeito da imobilização microbiana de N, especialmente no início do desenvolvimento do milho.

Produtividade

O consórcio da aveia preta+ervilhaca destacou-se como plantas de cobertura de solo, antecedendo ao cultivo do milho, pois, na ausência da adubação nitrogenada, a produtividade de grãos de milho foi superior nos anos agrícolas de 1997/98 e 1998/99 (Quadro 6).

Na maioria dos sistemas de culturas, a aplicação de N favoreceu a produtividade de grãos de milho. Entretanto, o excesso de precipitação pluvial, decorrente do fenômeno El Niño em 1997/98, limitou a produtividade de grãos de milho, como consequência da redução na quantidade de N mineral no solo e menor quantidade de N absorvido pelas plantas, conforme discutido anteriormente. Em função disso, neste ano, a aplicação de N na forma tradicional, ou seja, na semeadura e o restante em cobertura resultaram em maior produtividade que os manejos com aplicação de N em pré-semeadura do milho. Neste mesmo ano agrícola, Diekow et al. (1998) realizaram um trabalho em Latossolo Roxo

distrófico com teor de argila de 700 g kg⁻¹, em Santo Ângelo (RS), há dez anos com plantio direto, quando ficou demonstrado que também em solo argiloso o excesso de chuva tornou inviável a aplicação de N em pré-semeadura do milho cultivado em sucessão à aveia preta e que a aplicação de N na semeadura e em cobertura proporcionou maior produtividade de grãos. Entretanto, quando Sá (1996) trabalhou em solo argiloso, a aplicação de N em pré-semeadura do milho foi vantajosa, mesmo com a ocorrência de 330 mm de precipitação pluvial da aplicação do N em pré-semeadura até à semeadura do milho.

Nos anos agrícolas 1996/97 e 1998/99, não houve diferença entre os manejos do N para o milho. A aplicação em pré-semeadura do N para o milho cultivado em sucessão à aveia preta em 1996/97 promoveu acréscimo na produtividade de grãos. Analisando os resultados variáveis, conforme as condições de cada ano e especialmente a ocorrência de precipitações pluviais, Ceretta (1998) ressalta que no sistema aveia preta/milho a aplicação de N em pré-semeadura do milho é viável, cujas vantagens poderão ser comprometidas em anos com intensas precipitações pluviais no período de cultivo do milho. Por isso, a aplicação de N em pré-semeadura do milho, embora possa proporcionar acréscimos na produtividade, deve ser encarada com cautela.

Quadro 6. Produtividade de grãos de milho em sucessão a plantas para cobertura de solo no inverno com diferentes manejos da adubação nitrogenada

Aplicação de N ⁽¹⁾	Planta de cobertura de solo no inverno		
	Aveia preta	Aveia preta + ervilhaca	Nabo forrageiro
kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹		
PS SE CO	Ano agrícola 1996/97		
00-00-00	5.616 cA ⁽²⁾	6.639 aA	6.017 bA
00-30-90	6.804 bA	7.122 aA	6.984 abA
30-30-60	6.867 bA	6.786 aA	6.767 abA
60-30-30	7.756 aA	7.450 aA	7.229 aA
90-30-00	7.230 abA	7.567 aA	6.853 abA
	Ano agrícola 1997/98⁽³⁾		
00-00-00	2.812 eB	4.430 bcA	2.678 cB
00-30-90	5.786 aA	5.345 abA	5.542 aA
30-30-60	5.174 bA	5.546 aA	5.313 abA
60-30-30	4.322 cA	4.971 bA	4.825 abA
90-30-00	3.647 dA	3.658 cB	4.496 bA
	Ano agrícola 1998/99		
00-00-00	2.522 bB	4.963 aA	3.025 bB
00-30-90	5.536 aA	5.075 aA	4.956 aA
30-30-60	5.631 aA	6.393 aA	4.996 aA
60-30-30	5.527 aA	5.364 aA	3.981 abB
90-30-00	5.529 aA	5.933 aA	5.651 aA

⁽¹⁾ PS, SE e CO correspondem às épocas de aplicações de nitrogênio para o milho feitas em pré-semeadura (27, 23 e 17 dias antes da semeadura para o primeiro segundo e terceiro ano, respectivamente), semeadura e cobertura (4 a 6 folhas desenroladas), respectivamente. ⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem pelo teste de Duncan a 5%. Os coeficientes de variação para aveia preta, aveia preta + ervilhaca e nabo forrageiro foram de 4,3, 6,8, 8,4; 7,1, 11,6 10,4 e 12,5, 11,7 e 13,3%, para o primeiro, segundo e terceiro ano, respectivamente. ⁽³⁾ Precipitação elevada nos meses de outubro e novembro de 1997.

CONCLUSÕES

1. O milho cultivado em sucessão ao consórcio de aveia preta+ervilhaca mostrou melhor desempenho do que quando cultivado sobre resíduos de aveia preta e nabo forrageiro.

2. Este trabalho, realizado em solo com textura superficial franco-arenosa, mostrou que a aplicação de N em pré-semeadura do milho é uma atitude de risco, sendo mais segura a aplicação de N na semeadura e em cobertura no milho.

LITERATURA CITADA

- BARTZ, H.R. Dinâmica dos nutrientes e adubação em sistemas de produção sob plantio direto. In: FRIES, M.R., ed. Plantio direto em solos arenosos: alternativas de manejo para a sustentabilidade agropecuária. Santa Maria, Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria, 1998. p.52-81.
- BASSO, C.J. Épocas de aplicação de nitrogênio para milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo, no sistema plantio direto. Universidade Federal de Santa Maria, 1999. 91p. (Tese de Mestrado)
- BAYER, C. Manejo da fertilidade do solo na cultura do milho. In: BRESOLIN, M., ed. Contribuição para a cultura do milho para o estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Fundação de Ciência e Tecnologia-CIENTEC, 1993. p.71-93.
- CAMARGO, P.B.; TRIVELIN, P.C.O.; LIBARDI, P.L. & MORAES, S.O.O. Destino do N de fertilizantes - ¹⁵N (uréia aquamônia) aplicada na cultura da cana-de-açúcar. I Deslocamento no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 22., Recife, Resumos. Recife, Sociedade Brasileira Ciência Solo, 1989. p.70-71.
- CERETTA, C.A. Adubação nitrogenada no sistema plantio direto: sucessão aveia/milho. In: Conferência anual de plantio direto, 3., Ijuí, 1998. Resumos de palestras. Passo Fundo, Aldeia Norte, 1998. p.49-62.
- CERETTA, C.A. & FRIES, M.R. Adubação nitrogenada no sistema plantio direto. In: NUERNBERG, N.J., ed. Conceito e fundamentos do sistema plantio direto. Lages, Sociedade de Ciência do Solo-Núcleo Regional Sul, 1998. p.111-120.
- COELHO, A.M. Balanço de nitrogênio (¹⁵N) na cultura do milho (*Zea mays* L.) em um Latossolo Vermelho-Escuro fase cerrado. Lavras, Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1987. 142p. (Tese de Mestrado)
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - CFSRS/SC. Recomendação de adubação e calagem para o estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3.ed. Passo Fundo, SBCS-Núcleo regional Sul. EMBRAPA/CNPQ, 1995. 223p.
- DIEKOW, J.; CERETTA, C.A. & PAVINATO, P. É possível antecipar a adubação nitrogenada no milho no sistema plantio direto? In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2., Santa Maria, 1998. Resumos expandidos. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Ciência do solo, 1998. p.163-166.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, 1999. 412p.
- FANCELLI, A.L. & DOURADO NETO, D. Cultura do milho: aspectos fisiológicos e manejo da água. Inf. Agron., 73:1-4, 1996.
- GONÇALVES, C.N. & CERETTA, C.A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 23:307-313, 1999.
- LIBARDI, D.L. & REICHARDT, K. Destino da uréia aplicada a um solo tropical. R. Bras. Ci. Solo, 2:40-44, 1987.
- MATIAS, J.L. Levantamento detalhado de solos da área experimental do Departamento de Solos da UFSM e delimitação da superfície da mudança textural abrupta. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1996. 91p. (Tese de Mestrado)
- RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J. & BENSON, G.O. How a corn Plant Develops. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1993. 21p. (Special Report, 48)
- SALET, R.L.; VARGAS, L.K.; ANGHINONI, I.; KOCHHANN, R.A. & CONTE, E. Por que a disponibilidade de nitrogênio é menor no sistema plantio direto? In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 2., Passo Fundo, 1997. Anais. Passo Fundo: 1997. p.217-219.
- SÁ, J.C. MORAES. Manejo de nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto. Passo Fundo, Aldeia Norte, 1996. p.23
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5)
- YAMADA, T. Adubação nitrogenada no milho: quanto, como e quando aplicar? Piracicaba, POTAFÓS, 1996. p.15. (Informativo Agrônomo, 74)

