

# MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA NA SUCESSÃO AVEIA PRETA/MILHO, NO SISTEMA PLANTIO DIRETO<sup>(1)</sup>

C. A. CERETTA<sup>(2)</sup>, C. J. BASSO<sup>(3)</sup>, A. M. T. FLECHA<sup>(4)</sup>,  
P. S. PAVINATO<sup>(5)</sup>, F. C. B. VIEIRA<sup>(5)</sup> & M. E. M. MAI<sup>(6)</sup>

## RESUMO

A sucessão aveia preta (*Avena strigosa* L.)/milho (*Zea mays*) é tradicionalmente utilizada no Sul do Brasil, sendo o manejo da adubação nitrogenada importante para o êxito desta sucessão, especialmente no sistema plantio direto. O objetivo do trabalho foi avaliar a possibilidade de transferir, parcial ou totalmente, o nitrogênio que seria aplicado em cobertura no milho para a época de perfilhamento da aveia preta ou na pré-semeadura do milho. O trabalho foi realizado na área experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (RS), no ano agrícola de 1999/2000, em um Argissolo Vermelho distrófico arênico (Hapludalf). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, e os manejos de nitrogênio foram os seguintes: (a) 00-00-00-00, (b) 15-00-30-45, (c) 30-00-30-30, (d) 45-00-30-15, (e) 60-00-30-00, (f) 00-15-30-45, (g) 00-30-30-30, (h) 00-45-30-15, (i) 00-60-30-00 e (j) 00-00-30-60, cuja seqüência corresponde à quantidade de N em kg ha<sup>-1</sup> aplicado no perfilhamento da aveia preta (114 dias antes da semeadura do milho), pré-semeadura do milho (17 dias antes da semeadura do milho), semeadura do milho e cobertura do milho (4 a 6 folhas desenroladas), totalizando uma aplicação final de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N. Os resultados mostraram que o aumento da quantidade de nitrogênio no perfilhamento da aveia preta, ocasionou em aumento da quantidade de matéria seca produzida e diminuição nos teores de nitrogênio mineral no solo, no período imediatamente anterior ao da semeadura do milho. A taxa de decomposição do resíduo da parte aérea da aveia preta foi influenciada mais pela quantidade produzida do que pelo teor de N mineral do solo. A produtividade de grãos de milho diminuiu à medida que se retirou nitrogênio que seria aplicado em cobertura no milho para aplicar no perfilhamento da aveia preta. A aplicação de N em pré-semeadura do milho aumentou a disponibilidade de nitrogênio no início do ciclo do milho, mas ficou demonstrado que deve ser mantida a aplicação de N em cobertura.

**Termos de indexação: sucessão de culturas, nitrogênio mineral, taxa de decomposição, liberação de nitrogênio.**

<sup>(1)</sup> Parte da Tese de Mestrado em Agronomia do terceiro autor; Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Parcialmente financiado pela FAPERGS. Recebido para publicação em fevereiro de 2001 e aprovado em setembro de 2001.

<sup>(2)</sup> Professor Titular do Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. CEP 97105-900 Santa Maria (RS). Bolsista do CNPq. E-mail: ceretta@ccr.ufsm.br

<sup>(3)</sup> Doutorando em Biodinâmica do Solo, UFSM. E-mail: cjbasso@bol.com.br

<sup>(4)</sup> Engenheiro-Agrônomo, Mestre em Biodinâmica do Solo, UFSM.

<sup>(5)</sup> Graduando em Agronomia, UFSM. Bolsista do BIC-CNPq. E-mails: pspavinato@bol.com.br; fredericobv@bol.com.br

<sup>(6)</sup> Mestrando em Agronomia, UFSM. E-mail: marlonmai@bol.com.br

**SUMMARY:** *NITROGEN FERTILIZATION MANAGEMENT FOR BLACK OAT/CORN SUCCESSION UNDER NO-TILLAGE*

*Black oat/corn succession has been commonly used in the south of Brazil and N fertilization management is important for its success, especially under no-tillage. This study was carried out at the experimental area of the Department of Soil Science, at Federal University of Santa Maria (RS), Brazil, during 1999/2000, using a Hapludalf (sandy loam/clay loam). The objective was to evaluate the possibility to transfer, partially or totally, the amount of N, normally sidedressed to two applications - black oat tillering and before corn. The experiment was arranged in a randomized block design with four blocks and ten treatments of N management. Each treatment was composed by a sequence of N application for black oat and corn: (1) 00-00-00-00, (2) 15-00-30-45, (3) 30-00-30-30, (4) 45-00-30-15, (5) 60-00-30-00, (6) 00-15-30-45, (7) 00-30-30-30, (8) 00-45-30-15, (9) 00-60-30-00 e (10) 00-00-30-60, where the numbers, respectively, mean N applied in kg ha<sup>-1</sup> at: (a) black oat tillering; (b) before corn seeding; (c) at corn seeding; and (d) corn sidedress at 4 to 6 leaf stage. All treatments received 90 kg ha<sup>-1</sup> of N. As the amount of N applied at black oat tillering increased, dry matter yield also increased and, consequently, the mineral N content decreased in the soil, after oat and prior to corn seeding. The decomposition rate of oat straw seems to be more associated to its produced dry matter than to soil N content. Corn yield decreased as N was removed from corn sidedress and applied to black oat sidedress at tillering. N application before corn seeding increased its availability at the beginning of plant growth, but it was found necessary to maintain sidedress N application.*

*Index terms: cultural succession, mineral nitrogen, decomposition rate, nitrogen release.*

## INTRODUÇÃO

A produtividade média do milho no país é muito baixa. A disponibilidade de nitrogênio constitui uma das causas limitantes por ser o nutriente absorvido em maior quantidade e apresentar uma dinâmica muito complexa no solo (Ceretta & Fries, 1998).

O manejo da adubação nitrogenada nas culturas vem sendo feito com base no teor de matéria orgânica do solo, no histórico da lavoura e na sucessão das culturas. Entretanto, uma das principais limitações é a falta de características analíticas suficientemente confiáveis para estabelecer as quantidades de nitrogênio por aplicar e a premissa do comprometimento da eficiência da adubação nitrogenada, decorrente de perdas, principalmente por lixiviação de nitrato e volatilização de amônia.

A introdução e a difusão do sistema plantio direto proporcionam novas perspectivas de melhoria na qualidade do solo, motivadas pela redução da erosão, reciclagem de nutrientes, atividade biológica e manejo de resíduos culturais. Entretanto, esse sucesso depende da manutenção de sistemas capazes de gerar quantidades de matéria seca suficientes para manter o solo coberto durante todo o ano. Isto significa que áreas destinadas às culturas de primavera-verão não devem permanecer em pousio durante o inverno.

A escolha das espécies para introdução nos sistemas de culturas depende da adaptação dessas espécies às condições de clima de cada região e do interesse do produtor. Neste sentido, têm-se mostrado, em vários trabalhos, os aspectos benéficos e as vantagens do cultivo do milho sobre resíduos de aveia preta (Ceretta & Fries, 1998). Apesar de a aveia preta não apresentar capacidade de fixar N atmosférico, o interesse por esta espécie é atribuído à sua rusticidade, ao rápido crescimento inicial, que favorece a cobertura do solo, à facilidade de produção de sementes e de semeadura e ao menor custo de produção, em comparação às leguminosas. As gramíneas também são eficientes no controle de ervas daninhas e os aspectos fitossanitários são menos preocupantes do que nas leguminosas.

O sistema plantio direto tem-se mostrado benéfico para o aumento no teor de matéria orgânica e, conseqüentemente, de nitrogênio no solo, especialmente com a introdução de leguminosas (Gonçalves et al., 2000). Isso torna possível o estudo de novas alternativas de manejo da adubação nitrogenada, especialmente na sucessão de culturas envolvendo gramínea/gramínea.

Uma alternativa seria aplicar parte ou todo o N que seria aplicado em cobertura no milho na cultura da aveia preta, na expectativa de que possa haver transferência de parte do N acumulado na fitomassa da aveia preta às plantas de milho cultivadas em sucessão.

Outra alternativa seria privilegiar a aplicação de N na pré-semeadura ou na semeadura do milho, visando aumentar a disponibilidade de N no solo durante os estádios iniciais de crescimento. Especialmente na sucessão aveia preta/milho, essa alternativa teria como principal objetivo minimizar o efeito da imobilização do N pelos microrganismos do solo, muito comum em situações em que resíduos de gramíneas ocorrem na superfície do solo (Recous et al., 1999) e que, segundo Salet et al. (1997), é a principal causa da menor disponibilidade de N no sistema plantio direto.

Além disso, 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 um bom arranque inicial. Essa foi uma das justificativas dadas por Yamada (1996), que encontrou maior produtividade de milho com aplicação de 30-50 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura, comparado com o manejo tradicional de N (semeadura + cobertura), utilizando de 10-15 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura.

Com isto, as hipóteses que fundamentam este trabalho são: (a) a maior disponibilidade de N nos estádios iniciais de desenvolvimento promove acréscimo na produtividade de grãos de milho; (b) a aplicação no perfilhamento da aveia preta de parte do N que seria aplicado em cobertura no milho favorece a produção de matéria seca de aveia preta e não causa decréscimo na produtividade de grãos do milho em sucessão, assim como a aplicação em pré-semeadura do milho de parte ou todo o N que seria aplicado em cobertura no milho.

Considerando estas hipóteses, este trabalho teve como objetivos: (1) verificar a influência das épocas de aplicação de N sobre a produtividade de grãos de milho; (2) observar o movimento do N mineral em diferentes períodos e profundidades do solo; (3) estudar a influência de diferentes manejos de N na decomposição dos restos culturais da aveia preta.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido na área experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (RS), em um Argissolo Vermelho distrófico arênico (Hapludalf) (EMBRAPA, 1999), pertencente à Unidade de Mapeamento São Pedro. A distribuição de chuvas durante a realização do experimento nos anos de 1999 e 2000 é mostrada no quadro 1.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada bloco, com 25 x 5 m, apresentava cinco parcelas de 5 x 5 m, que constituíram as diferentes épocas e quantidades de nitrogênio aplicadas, a saber: T<sub>1</sub>: 00-00-00

**Quadro 1. Precipitação pluvial mensal ocorrida durante o experimento nos anos de 1999 e 2000<sup>(1)</sup>**

Mês	1999	2000	Média de 30 anos
Janeiro	-	246,0	144
Fevereiro	-	90,5	140
Março	-	241,9	129
Abril	-	78,2	157
Mai	222,1	-	191
Junho	131,1	-	163
Julho	200,5	-	135
Agosto	51,7	-	145
Setembro	118,0	-	163
Outubro	208,6	-	152
Novembro	83,1	-	121
Dezembro	75,2	-	129

<sup>(1)</sup> Informações obtidas na Estação Meteorológica da Universidade Federal de Santa Maria.

(testemunha), T<sub>2</sub>: 15-30-45, T<sub>3</sub>: 30-30-30, T<sub>4</sub>: 45-30-15, T<sub>5</sub>: 60-30-00; estas três seqüências de números correspondem às quantidades de N em kg ha<sup>-1</sup> (em forma de uréia) que foram aplicadas no perfilhamento da aveia, na semeadura do milho e na cobertura do milho, respectivamente. Em outros blocos de igual dimensão e tamanho de parcelas, foi cultivada aveia sem aplicação de N e sobre os quais foram aplicados os seguintes tratamentos: T<sub>6</sub>: 15-30-45, T<sub>7</sub>: 30-30-30, T<sub>8</sub>: 45-30-15, T<sub>9</sub>: 60-30-00, T<sub>10</sub>: 00-30-60, cuja seqüência corresponde à quantidade de N em kg ha<sup>-1</sup> aplicada em pré-semeadura do milho (17 dias antes da semeadura), semeadura do milho e cobertura do milho (4 a 6 folhas desenroladas), totalizando uma aplicação de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Antes do início do experimento, com a instalação da cultura da aveia preta, a área havia sido cultivada com milho. A aveia preta foi semeada em 11-05-99, utilizando semeadora para sistema plantio direto em linha, com uma quantidade de 80 kg ha<sup>-1</sup> de semente. A aplicação de N na aveia preta foi feita a lanço 45 dias após a semeadura, que correspondeu ao momento do perfilhamento. O manejo da aveia preta foi feito no estádio de pleno florescimento, que correspondeu a 135 dias após a semeadura, aplicando-se o dessecante *glifosato* + 2,4D (3 L ha<sup>-1</sup> de Roundup + 0,5 L ha<sup>-1</sup> de Deferon 2,4,D).

A aplicação de N em pré-semeadura do milho foi feita a lanço sete dias após o manejo da aveia e 17 dias antes da semeadura do milho, a qual foi realizada em 19-10-99, ou seja, 24 dias após o manejo da aveia, utilizando o híbrido duplo BRASKALB XL 212. O espaçamento utilizado foi de 0,90 m entrelinhas e mantida uma população final de 55.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

A produção de matéria seca e o N acumulado na aveia preta foram avaliados na fase de florescimento, sendo retiradas três subamostras em 0,25 m<sup>2</sup> por parcela, que foram colocadas em estufa a 65°C, até matéria seca constante, e o nitrogênio foi determinado conforme descrito em Tedesco et al. (1995). O mesmo procedimento foi utilizado para avaliar o percentual de decomposição dos resíduos culturais da aveia preta no período entre o pleno florescimento e 115 dias do manejo. Da mesma forma, foram determinados a produção de matéria seca e o teor de nitrogênio total na parte aérea do milho na fase de pleno florescimento, quando se coletaram aleatoriamente cinco plantas na área útil de cada parcela. A produtividade de grãos de milho foi avaliada colhendo-se uma área útil de 16 m<sup>2</sup>, sendo a umidade de grãos corrigida para 13%.

O nitrogênio mineral no solo (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) foi avaliado nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm. A primeira amostragem foi feita imediatamente antes da semeadura do milho, utilizando trado calador e três subamostras por parcela.

No pleno florescimento do milho, efetuou-se a segunda amostragem de solo em dois pontos em cada parcela, fazendo-se abertura de um sulco transversal à linha do milho com aproximação de 0,12 m de largura, 0,90 m de comprimento (0,45 m de cada lado da linha) e 0,20 m de profundidade, amostrando-se com uma pá toda a seção de uma das laterais. De 20 a 40 cm, o solo foi amostrado com trado holandês. Imediatamente após a coleta, as amostras de solo foram pesadas e colocadas em solução extratora de KCl 1 mol L<sup>-1</sup> para determinação do N mineral por meio de destilador de arraste de vapor semimicro Kjeldahl, descrito em Tedesco et al. (1995).

A análise estatística dos dados referentes à produção de matéria seca, ao acúmulo de N no tecido da aveia preta e do milho e à produtividade de grãos de milho foi feita por meio da análise de variância, tendo sido as médias comparadas pelo teste de Duncan a 5%. Os teores de N no solo foram analisados de acordo com o delineamento bi-fatorial (profundidade de amostragem e combinação de épocas de aplicação do N) e como as interações foram significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Duncan a 5%.

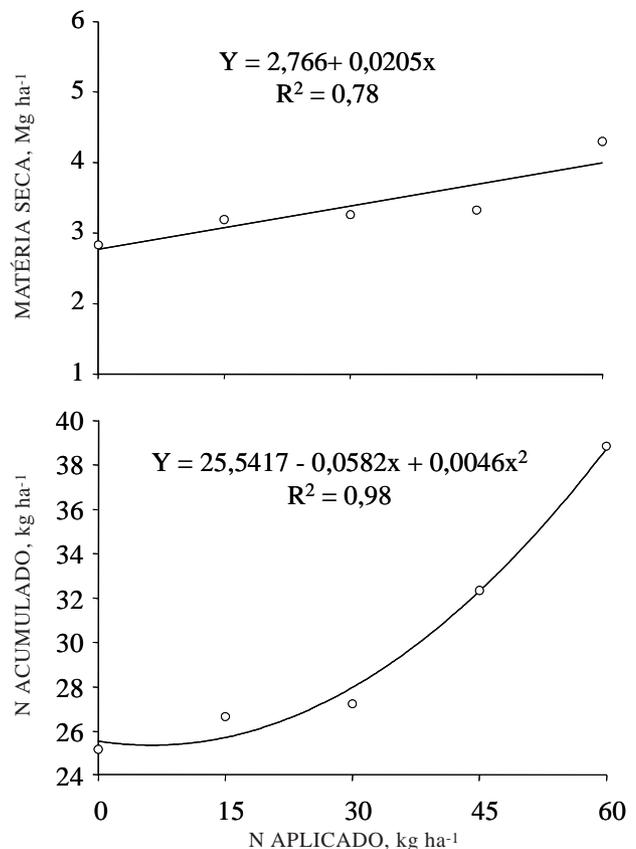
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de matéria seca e a quantidade de N acumulado pela aveia preta até o florescimento foram favorecidas pela aplicação de N (Figura 1). Entretanto, verificou-se que a aplicação de doses menores de N, como 15 e 30 kg ha<sup>-1</sup>, mostrou maior eficiência na produção de matéria seca da aveia, porque, enquanto o aumento da quantidade de N acumulado na parte aérea foi de 6 e 8%, o acréscimo na quantidade de matéria seca foi de 13 e 15%,

respectivamente. Isso significa que, com a aplicação de 15 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, cada quilograma de N acumulado no tecido da parte aérea da aveia correspondeu a 120 kg de matéria seca para ambas as doses, contra 103 e 111 kg, quando foram aplicados 45 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente. A relação C/N foi de 45, 48, 48, 41 e 44 com a aplicação no perfilhamento de 0, 15, 30, 45 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Associando os resultados deste trabalho com os obtidos por Basso & Ceretta (2000), pode-se inferir que o manejo da adubação nitrogenada deve ser muito criterioso quando a sucessão aveia preta/milho é repetida por alguns anos na mesma área, apesar de todas as vantagens desta sucessão de culturas no sistema plantio direto (Ceretta & Fries, 1998).

Os reflexos negativos na produção de matéria seca da aveia preta, cultivada após milho por vários anos, também foram demonstrados por Pavinato (1993). Isso acaba se refletindo na menor quantidade de resíduos vegetais mantidos na superfície do solo, quando a sucessão aveia preta/milho é cultivada por um período de seis anos, como realizado por Gonçalves et al. (2000), em relação a outros sistemas, onde o solo é mantido em pousio ou são cultivadas leguminosas no inverno.



**Figura 1. Produção de matéria seca e N acumulado na parte aérea de aveia preta sob doses de N aplicado no perfilhamento.**

**Quadro 2. Quantidade de matéria seca presente no resíduo da aveia preta coletado 115 dias após o seu manejo e percentagem de decomposição da aveia preta, sob diferentes épocas de aplicação de N**

Manejo de N				Matéria seca residual	Decomposição da aveia preta
PA	PS	SE	CO <sup>(1)</sup>		
kg ha <sup>-1</sup>					% <sup>(3)</sup>
00	00	00	00	371 d <sup>(2)</sup>	87
15	00	30	45	634 c	80
30	00	30	30	678 bc	79
45	00	30	15	739 b	77
60	00	30	00	848 a	81
00	15	30	45 <sup>(4)</sup>	467 d	83
00	30	30	30	398 d	86
00	45	30	15	444 d	84
00	60	30	00	331 e	88
00	00	30	60	396 d	86

<sup>(1)</sup> A seqüência indica a aplicação de N nas seguintes épocas: perfilhamento da aveia (PA), pré-semeadura do milho (PS), semeadura do milho (SE) e cobertura do milho (CO), respectivamente. <sup>(2)</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%. O coeficiente de variação foi de 34% para a matéria seca residual da aveia preta. <sup>(3)</sup> Considerando como 100% a matéria seca acumulada até o momento do manejo da aveia preta. <sup>(4)</sup> Os últimos cinco sistemas correspondem a repetições em que não foi aplicado N na aveia preta e foram mantidos para comparações em quadros seguintes.

Por outro lado, no sistema plantio direto, a quantidade de carbono acumulado no solo depende fundamentalmente da quantidade de carbono adicionado pelo sistema de cultura adotado, devendo-se optar por aqueles que produzam maiores quantidades de matéria seca (Gonçalves & Ceretta, 1999).

Os percentuais de decomposição de matéria seca da aveia preta após 115 dias do manejo variaram de 77 a 81%, quando foi aplicado N no perfilhamento, enquanto os percentuais ficaram entre 83 e 87%, quando não foi aplicado N na aveia preta (Quadro 2). A decomposição foi fortemente influenciada pelas condições climáticas, fato confirmado no ano agrícola 1997/98, quando ocorreu o fenômeno "El Niño", que se caracterizou pela ocorrência de chuvas acima das quantidades normais. Verificou-se que, na mesma área experimental, com produção de matéria seca em níveis semelhantes, Basso (1999) obteve valores médios de decomposição de 66% de matéria seca de aveia preta, após 120 dias da sua dessecação.

Algumas informações evidenciam aumento na taxa de decomposição dos resíduos com a aplicação de N mineral (Mengel, 1996), pois a menor disponibilidade de N no solo poderá ser o principal motivo da acumulação de resíduos de culturas como milho e aveia, já que seus teores de N são

normalmente baixos (Aita, 1997). Embora a flora microbiana que ataca os resíduos vegetais na superfície dificilmente tenha acesso ao N inorgânico do solo, Wiethölter (1996), adicionando N na superfície do solo no momento da semeadura do trigo, verificou um pequeno incremento na decomposição de resíduos de milho, enquanto Mary et al. (1996) verificaram que a imobilização do N foi menor no campo que no laboratório, o que seria justificado pela menor disponibilidade de N no campo, tendo havido incremento na decomposição com a adição de N mineral.

Contudo, isso não ficou demonstrado neste trabalho, pois houve aumento no teor de N mineral no solo com a adição de fertilizante nitrogenado (Quadros 3 e 4), mas a taxa de decomposição não foi afetada, o mesmo observado por Diekow (2000) também sobre resíduos de aveia preta.

A determinação de N mineral no solo, imediatamente antes da semeadura do milho, mostrou que os maiores teores ocorreram na camada de 0-5 cm e que houve tendência de diminuição no teor de N mineral no solo à medida que foi aumentada a quantidade de N aplicada no perfilhamento da aveia, embora as diferenças não tenham sido significativas (Quadro 3). Estabelecendo um paralelo com a figura 1, observa-se que, à medida que aumentou a produção de matéria seca de aveia preta, diminuiu o teor de N mineral no solo, demonstrando que essa queda foi relacionada com a produção de matéria seca e quantidade de N absorvido pelas plantas de aveia preta. Tanto que, em termos relativos, quando ocorreu alta produção de matéria seca com aplicação de 45 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N no perfilhamento, a quantidade de N acumulada na parte aérea da aveia preta foi 28 e 54% maior, respectivamente, do que onde não foi aplicado N.

Considerando a quantidade de N contido na matéria seca da aveia preta, quando foram aplicadas as maiores doses de N, e o teor de N no solo imediatamente antes da semeadura do milho, pode-se considerar que a transferência do N acumulado da matéria seca da aveia preta para o solo não foi observada, provavelmente, em decorrência da decomposição e conseqüente imobilização do N que, segundo Salet (1997), é o principal fenômeno que justifica a menor disponibilidade de N no solo no sistema plantio direto.

A aplicação de N em pré-semeadura do milho proporcionou acréscimos de N mineral no solo, imediatamente antes da semeadura do milho. Entretanto, os acréscimos foram limitados pela ocorrência de 308 mm de precipitação no período de 17 dias, correspondente à aplicação do N em pré-semeadura até à semeadura do milho.

Basso (2000), em área próxima a deste trabalho, obteve até 70 mg kg<sup>-1</sup> de N de solo quando também aplicou 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, mas a precipitação foi de

**Quadro 3. Teores de N mineral no solo, em diferentes profundidades, imediatamente antes da semeadura do milho, com diferentes doses de nitrogênio aplicadas no perfilhamento da aveia preta e na pré-semeadura do milho**

Dose de N	Profundidade de solo (cm)				Média
	0-5	5-10	10-20	20-40	
kg ha <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup> de solo				
	N aplicado no perfilhamento da aveia				
00	5,90 Ab <sup>(1)</sup>	4,15 Ba	2,74 Ca	1,39 Cab	3,54
15	7,81 Aa	2,93 Bab	2,06 Bca	0,83 Cb	3,40
30	6,41 Aab	3,27 Bab	2,17 Ba	0,62 Cb	3,12
45	5,86 Ab	2,49 Bb	2,07 Ba	1,40 Ba	2,95
60	4,99 Ab	3,13 Bab	1,74 Ca	0,73 Cb	2,64
Média	6,19	3,11	2,02	1,22	
	N aplicado na pré-semeadura do milho				
00	5,90 Ad	4,15 Abc	2,86 Abb	1,66 Bb	3,64
15	17,40 Ac	8,82 Bab	2,88 Cb	3,62 Cab	8,18
30	19,70 Abc	6,19 Bbc	5,20 Bab	5,43 Ba	9,13
45	22,40 Aab	10,10 Ba	7,16 Ba	6,87 Ba	11,62
60	24,60 Aa	11,10 Ba	7,73 Ca	4,65 Ca	12,26
Média	17,9	8,1	5,2	4,6	

<sup>(1)</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%. Os coeficientes de variação foram de 23,26 e 19,65% para o N aplicado no perfilhamento da aveia e o N aplicado na pré-semeadura do milho, respectivamente. O período entre a aplicação do N no perfilhamento da aveia preta e do N aplicado na pré-semeadura do milho até à data de coleta de solo para avaliação do N mineral do solo imediatamente antes da semeadura corresponde a 114 e 17 dias, respectivamente.

**Quadro 4. Teores de N mineral no solo, em diferentes profundidades, no florescimento do milho, com diferentes manejos de nitrogênio**

Manejo de N				Profundidade de solo (cm)				Média
PA	PS	SE	CO <sup>(1)</sup>	0-5	5-10	10-20	20-40	
kg ha <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup> de solo				
00	00	00	00	10,2 Ad <sup>(2)</sup>	8,1 Acd	7,7 Ac	7,6 Cb	8,4
15	00	30	45	15,9 Abc	12,5 Aabc	8,5 Bbc	7,1 Cb	11,0
30	00	30	30	12,4 Acd	11,6 Ababcd	8,7 Bbc	8,4 Cb	10,3
45	00	30	15	15,5 Acd	13,4 Bab	12,8 Abab	9,7 Bab	12,8
60	00	30	00	21,6 Aa	14,1 Ba	12,0 Babc	10,4 Cab	14,5
00	15	30	45	20,2 Aab	14,9 Ba	14,9 Ba	14,1 Ba	16,1
00	30	30	30	16,1 Abc	12,1 Babcd	10,4 Babc	9,7 Bab	12,1
00	45	30	15	20,6 Aab	15,1 Ba	11,4 BCbc	9,9 Cab	14,3
00	60	30	00	18,8 Aab	9,5 Bbc	9,6 Bbcd	9,2 Bb	11,8
00	00	30	60	16,2 Abc	7,5 Cd	9,9 BCbc	11,8 Bab	11,4
Média				16,5	12,1	10,5	9,9	

<sup>(1)</sup> A seqüência indica a aplicação de N nas seguintes épocas: perfilhamento da aveia (PA), pré-semeadura do milho (PS), semeadura do milho (SE) e cobertura do milho (CO), respectivamente. <sup>(2)</sup> Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%. O coeficiente de variação foi de 17,5%.

apenas 58 mm. Entretanto, isso não favoreceu a taxa de decomposição da matéria seca da aveia preta porque as taxas foram semelhantes àquelas obtidas para a situação em que não foi aplicado N (Quadro 2),

reforçando, mais uma vez, que a taxa de decomposição foi influenciada mais pela quantidade de matéria seca produzida pela aveia preta do que pela quantidade de N mineral do solo.

A avaliação de N mineral no solo no momento do florescimento do milho continuou mostrando a maior ocorrência de N na camada de 0-5 cm. O teor de N mineral, quando foram aplicados 60 kg ha<sup>-1</sup> de N no perfilhamento da aveia preta, pode ser consequência do processo de mineralização, porque ocorreu onde tinha havido maior produção de matéria seca e acumulado mais N no tecido.

Além disso, chama a atenção a tendência de manter maiores teores de N mineral no solo com o uso de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N no perfilhamento da aveia preta, mais do que com a aplicação de igual quantidade em pré-semeadura do milho. Neste caso, deve-se considerar que, da aplicação de N em pré-semeadura do milho até o florescimento, foi registrada uma precipitação de 400 mm. Em contraposição, com o uso de 15, 30 e 45 kg ha<sup>-1</sup> de N em pré-semeadura do milho, os teores de N mineral foram maiores que as mesmas doses correspondentes aplicadas no perfilhamento da aveia preta.

Deve-se considerar, nesse aspecto, o trabalho de Heinzmann (1985) em que a aveia apresentou maior pico de liberação de nitrato aos 120 e 160 dias do manejo, coincidindo com o florescimento do milho. Assim também, Malpassi et al. (2000), trabalhando com aveia mantida na superfície, observaram um incremento de 43% na mineralização do N, até 112 dias após o manejo. Em condições semelhantes, Basso (1999) obteve 41% de N liberado do resíduo de aveia preta, após 30 dias da dessecação, elevando-se para 85%, aos 120 dias, enquanto Da Ros (1993) determinou que 34 e 53% do N presente em resíduos de aveia preta foi liberado para o solo 30 e 120 dias após a dessecação.

Uma das propostas do trabalho era avaliar a possibilidade de aplicar no perfilhamento da aveia

preta parte ou todo o N que seria aplicado em cobertura no milho sem provocar redução na produtividade de grãos de milho. Entretanto, se, por um lado, o N aplicado na aveia preta resultou em incremento na produção de matéria seca de aveia preta, por outro lado, provocou redução na produtividade de grãos de milho, embora não significativa, quando apenas 15 dos 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, que seriam aplicados em cobertura no milho, foram antecipados para aplicar no perfilhamento da aveia preta (Quadro 5). Foi tomada, como referencial, a adubação nitrogenada tradicional, que corresponde à aplicação de 30 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura e cobertura no milho, respectivamente.

A aplicação de N em cobertura no milho foi determinante para a produtividade de grãos, uma vez que, tanto na área sem N como naquela onde foram aplicados apenas 30 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura, a produtividade de grãos foi inferior. Esse fato pode ser justificado mais pela menor quantidade de N acumulado na matéria seca da parte aérea do milho do que pela quantidade de matéria seca produzida, evidenciando sensível redução no teor de N no tecido do milho na ausência de N em cobertura.

A segunda estratégia de manejo de N avaliada foi a aplicação em pré-semeadura do milho de parte ou todo o N que seria aplicado em cobertura no milho, na expectativa de que não houvesse diminuição na produtividade de grãos. Os resultados mostraram que a aplicação em pré-semeadura do milho de até 75% do N que seria aplicado em cobertura não influenciou significativamente na produtividade de grãos.

Entretanto, observou-se diminuição na produtividade de grãos do milho à medida que parte do N que seria aplicado em cobertura no milho foi destinada

**Quadro 5. Produtividade de grãos, matéria seca e quantidade de N acumulado na matéria seca do milho, cultivado após aveia preta e com diferentes manejos de nitrogênio**

Manejo de N <sup>(1)</sup>				Produtividade de grão	Matéria seca	N acumulado
PA	PS	SE	CO			
				kg ha <sup>-1</sup>		
00	00	00	00	3.112 e <sup>(2)</sup>	4.158 c	21,25 d
15	00	30	45	5.653 bcd	7.179 ab	50,60 bc
30	00	30	30	4.880 d	8.157 ab	52,19 bc
45	00	30	15	5.080 d	8.041 ab	59,59 b
60	00	30	00	3.552 e	6.605 b	36,57 cd
00	15	30	45	6.952 a	8.600 a	79,11 ab
00	30	30	30	6.417 ab	7.961 ab	60,85 b
00	45	30	15	5.816 abcd	7.889 ab	54,76 b
00	60	30	00	5.100 cd	7.836 ab	49,44 bc
00	00	30	60	6.268 abc	8.468 a	79,64 a

<sup>(1)</sup> A seqüência indica a aplicação de N nas seguintes épocas: perfilhamento da aveia (PA), pré-semeadura do milho (PS), semeadura do milho (SE) e cobertura do milho (CO), respectivamente. <sup>(2)</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%. Os coeficientes de variação foram de 15,2; 20 e 35% para a produção de grãos, matéria seca e quantidade de N no tecido do milho, respectivamente.

à pré-semeadura do milho. Por outro lado, deve-se ressaltar que os resultados evidenciaram que tanto a produtividade de grãos quanto a produção de matéria seca e quantidade de N acumulado na parte aérea podem ser beneficiadas com a aplicação de N em pré-semeadura, pois isto significa maior aporte de N para os estádios iniciais de desenvolvimento do milho, além da possibilidade de aumento no teor de N mineral no solo na fase de florescimento do milho, que, neste trabalho, chegou a 41% com a aplicação de 15 kg ha<sup>-1</sup> de N em pré-semeadura, em relação ao manejo tradicional do N para o milho (Quadro 4).

É preferível interpretar estes resultados como indicativos de que quando o milho é cultivado em sucessão à aveia preta, é possível que a recomendação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura (CFSRS/SC, 1994) seja insuficiente para atender às necessidades das plantas nos primeiros estádios de desenvolvimento e que a aplicação de quantidades de N um pouco acima de 30 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura podem resultar em incremento na produtividade de grãos de milho. Por essa razão, baseados em resultados experimentais, Basso & Ceretta (2000) ressaltaram ser a aplicação de N em pré-semeadura uma atitude de risco, sendo mais segura a aplicação na semeadura e em cobertura.

## CONCLUSÕES

1. A aplicação de nitrogênio no perfilhamento da aveia preta favoreceu a produção de matéria seca, mas causou diminuição nos teores de nitrogênio mineral no solo imediatamente antes da semeadura do milho em sucessão.

2. A produtividade de grãos de milho diminuiu à medida que se retirou nitrogênio que seria aplicado em cobertura no milho para aplicar no perfilhamento da aveia preta.

3. A taxa de decomposição do resíduo da parte aérea da aveia preta foi influenciada mais pela quantidade produzida do que pelo teor de N mineral do solo.

4. A aplicação de nitrogênio em pré-semeadura do milho aumentou a disponibilidade de nitrogênio no início do ciclo do milho, mas ficou demonstrado que se deve manter a aplicação de N em cobertura.

## LITERATURA CITADA

AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: Efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: FRIES, M.R. & DALMOLIN, R.S.D., coords. Atualização de adubação e calagem: ênfase em plantio direto. Santa Maria, Pallotti, 1997. p.76-111.

BASSO, C.J. Épocas de aplicação de nitrogênio para milho cultivado em sucessão às plantas de cobertura de solo, no sistema plantio direto. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1999. 76p. (Tese de Mestrado)

BASSO, C.J. & CERETTA, C.A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura de solo, sob plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 24:905-915, 2000.

CERETTA, C.A. & FRIES, M.R. Adubação nitrogenada no sistema plantio direto. In: NEUMBERG, N.J., ed. Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto. Lages, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p.111-120.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - CFSRS/SC. Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3.ed. Passo Fundo, SBCS-Núcleo Regional Sul. Empresa Brasileira de Ciência do Solo/CNPT, 1994. 223p.

DA ROS, C.O. Plantas de inverno para cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1993. 85p. (Tese de Mestrado)

DIEKOW, J. Antecipação da adubação nitrogenada em milho cultivado no sistema plantio direto, em sucessão à aveia preta. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. 74p. (Tese de Mestrado)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, 1999. 412p.

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.

GONÇALVES, C.N.; CERETTA, C.A. & BASSO, C.J. Sucessão de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio no solo. R. Bras. Ci. Solo, 24:153-159, 2000.

HEINZMANN, F.X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de inverno. Pesq. Agropec. Bras., 20:1021-1030, 1985.

MALPASSI, R.N.; KASPAR, T.C.; PARKIN, T.B.; CAMBARDELLA, C.A. & NUBEL, N.A. Oat and rye root decomposition effects on nitrogen mineralization. Soil Sci. Am. J., 64:208-215, 2000.

MARY, B.; RECOUS, S.; DARWIS, D. & ROBIN, D. Interaction between decomposition of plant residues and nitrogen cycling in soil. Plant Soil, 181:71-82, 1996.

MENDEL, D. Manejo de nutrientes na cultura do milho de alta produtividade. Piracicaba, POTAFOS, 1996. p.4-6. (Informações Agronômicas, 73)

PAVINATO, A. Teores de carbono e nitrogênio do solo e produtividade de milho afetados por sistemas de culturas. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1993. 122p. (Tese de Mestrado)

RECOUS, S.; AITA, C. & MARY, B. In situ changes in gross N transformations in bare soil after addition of straw. Soil Biol. Biochem., 31:119-133, 1999.

- 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.; DENARDIN, J.E. & 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.297.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.
- YAMADA, T. Adubação nitrogenada no milho: quanto, como e quando aplicar. Piracicaba. POTAFÓS, 1996. p.15. (Informações Agronômicas, 74)
- WIETHÖLTER, S. Adubação nitrogenada no sistema plantio direto. Passo Fundo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/CNPT, 1996. 44p.

