

# SEÇÃO IV - FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

## SISTEMAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO E SEUS EFEITOS SOBRE O ACÚMULO DE N NA PLANTA DE MILHO<sup>(1)</sup>

C. G. BORTOLINI<sup>(2)</sup>, P. R. F. SILVA<sup>(3)</sup>,  
G. ARGENTA<sup>(4)</sup> & E. L. FORSTHOFER<sup>(5)</sup>

### RESUMO

O acúmulo de nitrogênio na planta de milho é influenciado pelo teor no solo e pela taxa de absorção deste nutriente pela planta em dado período de desenvolvimento. O objetivo deste experimento foi comparar a eficiência de sistemas de aplicação de N na cultura do milho, implantado em semeadura direta após aveia preta, em situações de adequada e excessiva disponibilidade hídrica, quanto ao acúmulo de N e à produção de massa seca por planta de milho. O experimento foi realizado na EEA-UFRGS, em Eldorado do Sul (RS), no ano agrícola de 1998/99. Os tratamentos constaram da aplicação de dois níveis de disponibilidade hídrica, um adequado às exigências da cultura do milho e outro com excesso hídrico, e de sete sistemas de aplicação de N. Os sistemas de aplicação de N constituíram-se da aplicação de: 150 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura; 150 kg ha<sup>-1</sup> em pré-semeadura; 75 kg ha<sup>-1</sup> em pré-semeadura + 75 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura; 60 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura; 60 kg ha<sup>-1</sup> em pré-semeadura; 30 kg ha<sup>-1</sup> em pré-semeadura + 30 kg ha<sup>-1</sup> em cobertura e uma testemunha sem aplicação de N em pré-semeadura e cobertura. Em todos os sistemas, foram aplicados 30 kg ha<sup>-1</sup> na semeadura. A fonte de N utilizada em todos os sistemas foi a uréia. A adubação nitrogenada em cobertura foi feita manualmente, em linha (5 cm da linha de milho), sem incorporação. Para acúmulo de N e produção de MS por planta de milho não houve interação significativa de níveis hídricos aplicados e sistemas de aplicação de N. No sistema com aplicação total de N no momento da dessecação da aveia (pré-semeadura), as plantas acumularam menos N em relação ao total de N aplicado em cobertura, tendo aumentado as diferenças à medida que a planta avançou em seu desenvolvimento, independentemente do nível de disponibilidade hídrica.

**Termos de indexação:** *Zea mays*, semeadura direta, *Avena strigosa*, método de adubação nitrogenada.

<sup>(1)</sup> Trabalho apresentado como parte da Tese de Mestrado do primeiro autor. Recebido para publicação em junho de 2000 e aprovado em setembro de 2001.

<sup>(2)</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Caixa Postal 776, CEP 91501-970 Porto Alegre (RS). Bolsista da CAPES. E-mail: plantas@vortex.ufrgs.br

<sup>(3)</sup> Professor Adjunto do Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia, UFRGS. Pesquisador do CNPq. E-mail: paulo.silva@vortex.ufrgs.br

<sup>(4)</sup> Pesquisador da FEPAGRO/SCT. Bolsista Recém-doutor da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul – FAPERGS. E-mail: argentag@cpovo.net

<sup>(5)</sup> Acadêmico do Curso de Graduação em Agronomia, UFRGS. Bolsista de iniciação científica do CNPq.

**SUMMARY:** *NITROGEN APPLICATION METHODS AND THEIR EFFECTS ON NITROGEN ACCUMULATION IN CORN PLANT*

*Nitrogen accumulation in corn plant is highly influenced by N content in soil and by rate of its absorption by plant in a given growing stage. In order to compare the effects of N application methods on N accumulation and dry matter production by corn plant, an experiment was carried out in the state of Rio Grande do Sul, Brazil, over the 1998/99 growing season. Treatments consisted of two levels of water availability, one adequate to corn crop needs and the other with excessive water availability, and seven systems of N application to soil. The N application methods consisted of the following rates: 150 kg ha<sup>-1</sup> topdress; 150 kg ha<sup>-1</sup> applied before corn sowing (immediately after oat desiccation); 75 kg ha<sup>-1</sup> applied before corn sowing + 75 kg ha<sup>-1</sup> topdress; 60 kg ha<sup>-1</sup> topdress; 60 kg ha<sup>-1</sup> applied before corn sowing; 30 kg ha<sup>-1</sup> applied before corn sowing + 30 kg ha<sup>-1</sup> topdress; 60 kg ha<sup>-1</sup> topdress; and check (without N before corn sowing or topdress). At sowing, 30 kg ha<sup>-1</sup> of N were applied to all treatments. Urea was used as N source. Topdress N was applied manually, in a row, 5 cm from the corn row. There was no interaction between water level applied and N application systems. In the system with total N application before corn sowing, plants accumulated less N in relation to the system in which N was topdressed. The differences between the two systems were higher in the later stages of plant development, regardless of the water availability level.*

*Index terms: Zea mays, no-tillage, Avena strigosa, methods of nitrogen fertilization.*

**INTRODUÇÃO**

Para obter altos rendimentos de grãos, é necessária, dentre outros fatores, uma adequada disponibilidade de nutrientes às plantas. Na cultura do milho, o nitrogênio é o elemento exigido em maior quantidade, sendo o que mais freqüentemente limita o rendimento de grãos (Lemaire & Gastal, 1997). Neste sentido, Amado (1997) destaca o manejo de N como uma das práticas mais importantes para manter a sustentabilidade da produção de sistemas agrícolas.

No Sul do Brasil, o milho cultivado em sistema plantio direto é implantado, em sua maioria, sobre resíduos de culturas de cobertura, normalmente de aveia preta (*Avena strigosa*) (Aita, 1997). Considerando a alta relação C/N dos resíduos, os microrganismos imobilizam o N do solo durante sua decomposição, provocando, em muitos casos, deficiência de N nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta (Argenta, 1998). Com objetivo de eliminar ou diminuir esta deficiência, foi proposta a idéia de lançar o N ao solo em período antecedendo a semeadura do milho, aplicando-se o fertilizante alguns dias antes ou depois da dessecação da aveia (Sá, 1996).

Alguns resultados obtidos mostraram vantagens do uso do método de aplicação de N em pré-semeadura do milho (Sá, 1996; Basso, 1999). No entanto, Diekow et al. (1998) salientam que há uma série de variáveis que afetam a dinâmica de N no solo e que são modificadas de acordo com os fatores

climáticos e o tipo de solo. Dentre elas, a quantidade de precipitação pluvial no período pré-semeadura e durante o ciclo de desenvolvimento da cultura assume grande importância, uma vez que os excessos podem provocar lixiviação de N no solo e influir na disponibilidade de N às plantas (Basso et al., 1998).

Um dos fatores utilizados para avaliar a disponibilidade de N nos sistemas agrícolas é a quantidade absorvida deste nutriente pelas plantas (Aita, 1997), que depende da quantidade de N disponível para as raízes e da taxa de absorção. A taxa de absorção de N é pequena nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta e eleva-se com o aumento da taxa de crescimento até atingir o pico máximo entre início do florescimento e início do enchimento de grãos (Arnon, 1975). Por sua vez, a produção de massa seca (MS) da parte aérea por planta pode ser utilizada para indicar a intensidade de crescimento da planta. O conhecimento dos padrões normais de acúmulo de MS de uma cultura possibilita melhor entendimento dos fatores relacionados com a nutrição mineral e, conseqüentemente, com a adubação (Büll, 1993).

Considerando a variabilidade dos efeitos obtidos por vários autores quanto à eficiência da aplicação de N em pré-semeadura do milho, este trabalho objetivou comparar a eficiência de sistemas de aplicação de N na cultura do milho, implantado em semeadura direta após aveia preta, em situações de adequada e excessiva disponibilidade hídrica. O efeito dos tratamentos foi avaliado pelo acúmulo de N, produção de massa seca por planta e rendimento de grãos de milho.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, em Eldorado do Sul (RS), no ano agrícola 1998/99. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 1999). A análise do solo (camada de 20 cm), feita conforme método de Tedesco et al. (1995), indicou a seguinte composição: argila =  $280 \text{ g dm}^{-3}$ , pH (em água) 5,2 e teores de fósforo, potássio e matéria orgânica de  $16 \text{ mg dm}^{-3}$ ,  $134 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $26,0 \text{ g dm}^{-3}$ , respectivamente. A área onde foi locado o experimento vem sendo cultivada em sistema plantio direto há quatro anos. Nos cultivos de inverno, a espécie usada foi sempre a aveia preta e, nos de verão, as culturas foram milho, soja, milho e milho, respectivamente, nas safras de 1994/95, 1995/96, 1996/97 e 1997/98.

Os tratamentos constaram da aplicação de dois níveis de suplementação hídrica e de sete sistemas de aplicação de nitrogênio em milho. O delineamento experimental usado foi o de blocos casualizados, dispostos em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Cada subparcela foi composta por sete linhas, com seis metros de comprimento, com espaçamento entrelinhas de 0,7 m. Os níveis hídricos aplicados foram locados nas parcelas principais e os sistemas de manejo de N nas subparcelas.

O nível com adequada disponibilidade hídrica teve como objetivo manter o teor de umidade do solo próximo à capacidade de campo, enquanto o nível com disponibilidade hídrica excessiva objetivou simular uma situação com percolação de água no perfil do solo, promovendo, dessa forma, perda de N por lixiviação.

Os sistemas de aplicação de N constituíram-se da aplicação de:  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  em cobertura (S1);  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  em pré-semeadura (S2);  $75 \text{ kg ha}^{-1}$  em pré-semeadura +  $75 \text{ kg ha}^{-1}$  em cobertura (S3);  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  em cobertura (S4);  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  em pré-semeadura (S5);  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  em pré-semeadura +  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  em cobertura (S6) e uma testemunha sem aplicação de N em pré-semeadura e cobertura (S7). Aplicou-se o N em pré-semeadura do milho a lanço no mesmo dia da dessecação da aveia preta. A adubação nitrogenada em cobertura foi feita manualmente, em linha (5 cm ao lado da linha de plantas), sem incorporação, e dividida em duas doses iguais, nos estádios de quatro a cinco e de sete a oito folhas expandidas.

A aveia preta foi semeada em maio de 1998. Este cultivo recebeu somente adubação nitrogenada de cobertura, na dose de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, sendo dessecada em 16 de setembro de 1998, quando 50% das plantas estavam em plena floração, utilizando o herbicida glyphosate, na dose de  $540 \text{ g ha}^{-1}$  i.a.

O cultivar de milho, Braskalb XL 214, um híbrido simples e de ciclo precoce, foi semeado em 30 de setembro de 1998 (14 dias após a dessecação da aveia).

A densidade de plantas foi de  $62.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ , em linhas espaçadas de 0,7 m. A adubação de base consistiu da aplicação na semeadura, no sulco, de  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , tendo como fonte a fórmula 05-20-20. Com exceção do N da semeadura, todo o N aplicado teve como fonte a uréia. A aplicação de  $30 \text{ kg ha}^{-1}$  de N em todos os tratamentos objetivou evitar possíveis deficiências deste nutriente nos sistemas com aplicação de N somente em cobertura, em virtude da alta quantidade de palha de aveia preta e da alta relação C/N.

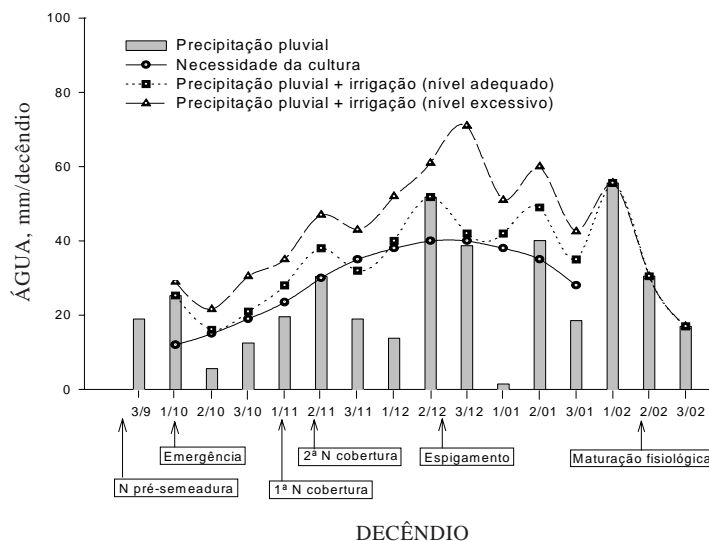
Os tratamentos de suplementação hídrica foram aplicados por aspersão. A quantidade de água necessária para cada estágio de desenvolvimento foi estimada com base em experimentos realizados anteriormente no local com esta cultura (Bergamaschi & Guadagnin, 1990). O volume de água aplicado em cada irrigação foi calculado pela necessidade média diária requerida em determinado estágio de desenvolvimento (Figura 1). No tratamento com excesso hídrico, foi aplicada uma quantidade de água 50% maior em relação ao nível com adequada disponibilidade hídrica, para provocar percolação de água no perfil do solo, simulando anos com excesso de precipitação pluvial. A irrigação foi iniciada quando os três conjuntos de tensiômetros marcavam  $-0,04 \text{ MPa}$ .

Na dessecação da aveia, avaliaram-se o rendimento de massa seca e a relação carbono/nitrogênio da parte aérea da planta de acordo com os métodos descritos em Tedesco et al. (1995). No milho, avaliaram-se o teor e a quantidade de N acumulado e a produção de massa seca da parte aérea/planta nos estádios de quatro a cinco, sete a oito e de 10 a 11 folhas expandidas e no espigamento. Para estas determinações foram coletadas cinco plantas por subparcela, as quais foram postas a secar em estufa a  $60^\circ\text{C}$  até atingirem peso constante. Obteve-se a produção de massa seca por planta, dividindo-se a quantidade total de massa seca da amostra por cinco. Os tecidos vegetais foram moídos e o teor de N determinado conforme Tedesco et al. (1995). A quantidade de N acumulado por planta foi obtida, multiplicando-se o teor de N da fitomassa da amostra pela produção de massa seca por planta. O rendimento de grãos de milho foi obtido, extrapolando-se a produção de grãos da área útil da subparcela para um hectare, considerando a umidade-padrão de 13%.

Os resultados foram submetidos à análise de variância. Quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Duncan, a 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando a produção de massa seca e a quantidade de N acumulado na parte aérea por planta de milho, não houve interação de nível hídrico



**Figura 1. Precipitação pluvial, necessidade da cultura e quantidade de água aplicada nos níveis de adequada e excessiva disponibilidade hídrica durante o ciclo de desenvolvimento do milho.**

aplicado e sistema de aplicação de N, nos quatro estádios avaliados (Quadros 1 e 2).

O primeiro estádio avaliado (quatro a cinco folhas) não apresentou diferenças entre sistemas de aplicação de N em termos de produção de massa seca e quantidade de N acumulado por planta (Quadro 1).

Tal resultado deveu-se à baixa taxa de absorção de N pela planta nos estádios iniciais de desenvolvimento (Arnon, 1975) e ao fato de em todos os tratamentos terem sido aplicados 30 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura, quantidade provavelmente suficiente para eliminar possível deficiência de N que, geralmente, ocorre no

**Quadro 1. Produção de massa seca e quantidade de nitrogênio (N) acumulado na parte aérea da planta de milho em quatro estádios de desenvolvimento, considerando os sistemas de aplicação de N na média de dois níveis hídricos aplicados**

Sistema de aplicação de N <sup>(1)</sup>		Estádio de desenvolvimento (nº de folha expandida)			Espigamento
PS	COB	4 a 5	7 a 8	10 a 11	
— kg ha <sup>-1</sup> de N —		Produção de massa seca, g planta <sup>-1</sup>			
0	150	5,2 <sup>ns</sup>	23,8 ab*	53,0 abc*	157,2 ab*
150	0	5,5	24,0 ab	50,0 bcd	142,9 ab
75	75	5,9	26,3 a	58,0 a	159,1 a
0	60	5,6	21,8 b	54,7 ab	148,0 ab
60	0	5,2	20,3 b	45,7 cd	140,0 b
30	30	5,3	23,4 b	51,7 abc	146,6 ab
0	0	5,1	20,5 b	43,7 d	118,5 c
C.V. (%)		19,9	17,4	13,2	11,0
		Quantidade de N acumulado, mg planta <sup>-1</sup>			
0	150	177,5 <sup>ns</sup>	637,1 ab*	1161,0 a*	1.954 a*
150	0	200,9	607,4 ab	1040,0 abc	1.598 b
75	75	197,2	699,6 a	1179,5 a	1.916 a
0	60	182,4	548,8 bcd	1099,5 ab	1.602 b
60	0	161,9	473,2 cd	861,0 bc	1.312 bc
30	30	183,1	571,1 abc	1055,5 ab	1.556 b
0	0	159,1	428,9 d	802,5 c	1.098 c
C.V. (%)		19,9	20,7	21,8	18,6

<sup>(1)</sup> Quantidade de N aplicada em: PS = pré-semeadura do milho (momento da dessecação da aveia preta), COB = cobertura (dividida em duas aplicações, em doses iguais, nos estádios de quatro a cinco e sete a oito folhas expandidas). Em todos os sistemas, foram aplicados 30 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura juntamente com a adubação de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O. \*Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan (P ≤ 0,05). <sup>ns</sup> Não-significativo (P ≤ 0,05).

**Quadro 2. Produção de massa seca e quantidade de nitrogênio acumulado na parte aérea da planta de milho em quatro estádios de desenvolvimento, considerando os sistemas de aplicação de N na média de dois níveis hídricos aplicados**

Nível hídrico <sup>(1)</sup>	Estádio de desenvolvimento (nº de folha expandida)			Espigamento
	4 a 5	7 a 8	10 a 11	
----- Produção de massa seca, g planta <sup>-1</sup> -----				
Adequado	200,0*	598,8 <sup>ns</sup>	1.101,3*	1.636*
Excessivo	160,6	533,5	951,5	1.517
C.V. (%)	7,2	8,1	4,9	7,1
----- Quantidade de N acumulado, mg planta <sup>-1</sup> -----				
Adequado	6,03*	23,9*	53,7 <sup>ns</sup>	149,7*
Excessivo	4,75	21,9	48,5	139,5
C.V. (%)	5,5	3,9	7,2	1,9

<sup>(1)</sup> Os níveis hídricos (adequado e excessivo) referem-se, respectivamente, à quantidade de água necessária para manter o teor de umidade do solo próximo à capacidade de campo e à aplicação de um volume 50% superior a esta, para promover percolação de água no perfil do solo. \*Significativo F-teste ( $P \leq 0,05$ ). <sup>ns</sup> Não-significativo ( $P \leq 0,05$ ).

início do desenvolvimento da planta de milho, especialmente quando em sucessão à aveia preta. Com efeito, o rendimento de massa seca de aveia preta no momento da dessecação foi alto (5,7 t ha<sup>-1</sup>), assim como a relação carbono/nitrogênio de seus resíduos (35,4).

A partir do estágio de sete a oito folhas, após a aplicação de toda a adubação nitrogenada em cobertura, observou-se que a produção de massa seca e a quantidade de N acumulado por planta começaram a se diferenciar conforme o sistema de aplicação de N, na média dos dois níveis hídricos aplicados (Quadro 1). Tanto na maior dose (150 kg ha<sup>-1</sup>) quanto na menor (60 kg ha<sup>-1</sup>), verificou-se a tendência de o sistema com aplicação total de N no momento da dessecação da aveia (pré-semeadura) evidenciar menores valores para estas duas variáveis. Tais diferenças acentuaram-se à medida que a planta avançou em seu desenvolvimento. Nos tratamentos em que metade da dose foi aplicada no momento da dessecação da aveia e metade em cobertura, observou-se que a produção de massa seca e a quantidade de N acumulado por planta foram similares às verificadas nos tratamentos com aplicação total em cobertura, tanto com aplicação de 150 quanto de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N. A resposta destas duas variáveis aos sistemas de aplicação de N foi similar à verificada para rendimento de grãos (Quadro 3), característica que está discutida em outro artigo (Bortolini et al., 2001).

No estágio de espigamento, o maior acúmulo de N por planta verificado no tratamento em que o N foi aplicado em cobertura em relação ao aplicado em pré-semeadura pode ser atribuído, provavelmente, às maiores perdas de N por lixiviação no 1º decêndio

de outubro, embora tendo sido diferente somente na maior dose (Figura 1). O parcelamento da aplicação

**Quadro 3. Rendimento de grãos de milho, considerando os sistemas de aplicação de nitrogênio nos regimes hídricos (adequado e excessivo)**

Sistema de aplicação de N <sup>(1)</sup>	Nível hídrico aplicado <sup>(2)</sup>			
	PS COB	Adequado	Excessivo	Média
kg ha <sup>-1</sup> de N		Rendimento de grãos de milho, t ha <sup>-1</sup>		
0-150		9,47	9,41	9,44 a*
150-0		8,41	8,08	8,25 bc
75-75		9,39	8,86	9,12 ab
0-60		8,45	7,91	8,18 bc
60-0		8,47	6,73	7,60 c
30-30		7,96	7,88	7,92 c
0-0		6,92	5,90	6,41 d
Média		8,44 A	7,86 B	

C.V. = Níveis hídricos 3,4%, sistemas de aplicação de N 12,5%.

<sup>(1)</sup> Quantidade de N aplicada em: PS = pré-semeadura do milho (momento da dessecação da aveia preta), COB = cobertura (dividida em duas aplicações, em doses iguais, nos estádios de quatro a cinco e de sete a oito folhas expandidas). Em todos os sistemas, foram aplicados 30 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura juntamente com a adubação de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O. <sup>(2)</sup> Os níveis hídricos (adequado e excessivo) referem-se, respectivamente, à quantidade de água necessária para manter o teor de umidade do solo próximo à capacidade de campo e à aplicação de um volume 50% superior a esta, para promover percolação de água no perfil do solo. \* Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Duncan ( $P \leq 0,05$ ).

de N (metade da dose na dessecação da aveia e metade da dose em cobertura) minimizou possivelmente as perdas deste nutriente do sistema, o que pode ser visualizado pela quantidade similar de N acumulado em relação ao sistema com aplicação total em cobertura (Quadro 1).

A presença de plantas de milho no momento da aplicação da adubação nitrogenada de cobertura reduziu, provavelmente, o teor deste nutriente na solução do solo e, conseqüentemente, a quantidade lixiviada (White, 1987) e aumentou seu aproveitamento pela planta. Perdas de N devidas à lixiviação para camadas mais profundas do perfil do solo foram relatadas por Basso (1999). Ao avaliar os teores de N no solo em diferentes profundidades na camada de 0-40 cm, este autor verificou que logo antes da aplicação da adubação de cobertura não havia diferença na quantidade de N lixiviado entre os tratamentos que receberam ou não adubação nitrogenada em pré-semeadura. Próximo ao florescimento do milho, o N aplicado em pré-semeadura foi encontrado em maior quantidade na profundidade de 20-40 cm em relação ao sistema com aplicação total em cobertura.

Analisando o efeito da disponibilidade hídrica sobre a produção de massa seca e o acúmulo de N por planta, verificou-se que, em três dos quatro estádios avaliados, estas duas variáveis apresentaram valores inferiores no regime com excesso hídrico, em relação ao com adequada disponibilidade hídrica, na média dos sistemas de aplicação de N (Quadro 2). Provavelmente, a maior perda de N no nível com excesso hídrico é devida à maior percolação de água e, conseqüentemente, à maior lixiviação deste nutriente da solução do solo (White, 1987).

## CONCLUSÃO

1. No sistema com aplicação total de N no momento da dessecação da aveia (pré-semeadura), as plantas acumularam menos N do que com aplicação total deste nutriente em cobertura.

2. Verificou-se que as diferenças entre sistemas de aplicação de N foram mais acentuadas à medida que a planta avançou em seu desenvolvimento, independentemente do nível hídrico aplicado.

## 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., eds. Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto. Santa Maria, Pallotti, 1997. p.76-111.

AMADO, T.J.C. Disponibilidade de nitrogênio em sistemas de cultura e preparo do solo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. 201p. (Tese de Doutorado)

ARGENTA, G. Manejo do nitrogênio em milho implantado em semeadura direta, em dois ambientes. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 108p. (Tese de Mestrado)

ARNON, I. Mineral nutrition of maize. Bern, International Potash Institute, 1975. 452p.

BASSO, C.J. Épocas de aplicação de nitrogênio para milho cultivado em sucessão a 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. & DURINGO, R. Alternativa de manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho em sucessão a aveia preta, no sistema plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., Recife, 1998. Recife, Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 1998 (CD ROM, Seção Temática 3)

BERGAMASCHI, H. & GUADAGNIN, M.R. Agroclima da Estação Experimental Agronômica da UFRGS. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1990. não paginado.

BORTOLINI, C.G.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. & FORSTHOFER, E.L. Rendimento de grãos de milho cultivado após aveia preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico. *Pesq. Agropec. Bras.*, 36:1101-1106, 2001.

BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T. Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, POTAFOS, 1993. p.63-146.

DIEKOW, J.; CERETTA, C.A. & PAVINATTO, P. É possível antecipar toda a adubação nitrogenada do milho no sistema plantio direto? In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2., Santa Maria, 1998. 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.

LEMAIRE, G. & GASTAL, F.N. N uptake and distribution in plant canopies. In: LEMAIER, G., ed. Diagnosis of the nitrogen status in crops. Berlin, Springer, 1997. p.1-56.

SÁ, J.C.M. Manejo do nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto. Passo Fundo, Aldeia Norte, 1996. 24p.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C. & BISSANI, C.A. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2 ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5)

WHITE, R.E. Leaching. In: WILSON, J.R., ed. Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems. Wallingford, C.A.B. International, 1987. p.193-211.