



36
PT
8

ênica

Dezembro, 1998

13436



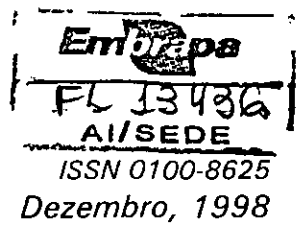
Uso de Uréia em Cereais de Inverno

Uso de uréia em cereais de
1998 FL-13436



43988-1

brapa



Circular Técnica Nº 13

Uso de Uréia em Cereais de Inverno

*Sirio Wiethölter
Geraldino Peruzzo*



Embrapa

The logo consists of the word "Embrapa" in a bold, sans-serif font, with a stylized leaf or drop shape integrated into the letter 'a'.

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Trigo
Ministério da Agricultura e do Abastecimento***

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Trigo
Rodovia BR 285, km 174
Telefone: (054)311-3444
Fax: (054)311-3617
Caixa Postal 451
99001-970 Passo Fundo, RS

Tiragem: 1000 exemplares

Comité de Publicações

Rainoldo Alberto Kochhann - Presidente
Amarilis Labes Barcellos
Dirceu Neri Gassen
Erivelton Scherer Roman
Geraldino Peruzzo
Irineu Lorini

Tratamento Editorial: Fátima Maria De Marchi

Capa: Liciane Duda Bonatto

Referências Bibliográficas: Maria Regina Martins

*WIETHÖLTER, S.; PERUZZO, G. Uso de uréia
em cereais de inverno. Passo Fundo:
EMBRAPA-CNPT, 1998. 24p. (EM-
BRAPA-CNPT. Circular Técnica, 13).*

Cereais; Uréia.

CDD: 633.1

Apresentação

A busca de conhecimentos que auxiliem pesquisadores, técnicos e agricultores a obter melhores resultados nos processos produtivos é uma das missões que a Embrapa Trigo mais preza.

Uma das linhas de conhecimento que os pesquisadores desta unidade da Embrapa têm estudado com profundidade é a área de fertilidade do solo e fertilizantes. Dentre os fertilizantes indispensáveis no processo produtivo dos cereais de inverno destaca-se a uréia. Entender as reações químicas que ocorrem com esse fertilizante nitrogenado no solo e avaliar os resultados de testes com o seu uso e as formas de aplicação de uréia ao solo são os objetivos deste trabalho que a Embrapa Trigo tem o prazer de colocar à disposição de seus clientes.

Esperamos que as informações disponibilizadas por esta publicação satisfaçam as expectativas das pessoas que necessitem usar esse fertilizante na produção das culturas de trigo, de cevada, de aveia, de triticale e de centeio e possa contribuir para que o processo produtivo seja mais econômico e mais sustentável.

*Benami Bacaltchuk
Chefe-Geral da Embrapa Trigo*

Sumário

<i>Introdução.....</i>	7
<i>Reações da uréia no solo.....</i>	8
<i>Resultados de pesquisa.....</i>	11
<i>Aplicação de uréia ao solo.....</i>	17
<i>Conclusões</i>	19
<i>Referências</i>	20

Uso de Uréia em Cereais de Inverno¹

Sirio Wiethölter²

Geraldino Peruzzo²

Introdução

A uréia é atualmente o fertilizante nitrogenado mais usado na agricultura. A produção comercial pela indústria química iniciou na Alemanha em 1922 e nos Estados Unidos em 1932 (Tisdale et al., 1993, p.165). Na sua fabricação utiliza-se o gás natural de campos de petróleo como fonte de hidrogênio (H) e o ar atmosférico como fonte de nitrogênio (N), obtendo-se o gás amônia (NH₃), que combinado com o gás carbônico (CO₂) formará uréia [CO(NH₂)₂]. Tem sido demonstrado que a uréia apresenta efeito fertilizante semelhante ao de outros compostos contendo N e, em decorrência de sua elevada concentração (46 % de N) e facilidade de manuseio, ela é em geral o produto nitrogenado mais econômico, podendo ser recomendado como fonte de N para o cultivo de todas as espécies vegetais.

¹ Trabalho realizado com recursos do Convênio Embrapa/Petrobrás.

² Pesquisador, Embrapa Trigo, Rodovia BR 285, km 174, Caixa Postal 451, 99001-970 Passo Fundo, RS.

Os cereais de inverno cultivados no sul do Brasil geralmente apresentam resposta à aplicação de N. Isso decorre do suprimento insuficiente de N dos solos para atender a demanda dessas plantas.

Objetiva-se apresentar as reações químicas que ocorrem com a uréia no solo, os resultados obtidos com o uso de uréia em cereais de inverno e as formas de sua aplicação ao solo.

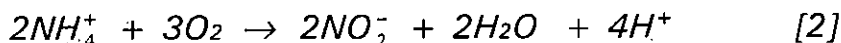
Reações da uréia no solo

*A uréia é um composto orgânico que apresenta 20 % de carbono. A molécula de uréia, ao ser aplicada no solo, é hidrolisada pela enzima urease, ocasionando a desintegração de sua estrutura e a liberação do íon amônio (NH_4^+) e a elevação do pH em torno do grânulo de uréia, conforme representado pela Equação [1]. Posteriormente o íon NH_4^+ é oxidado por bactérias do gênero **Nitrosomonas** para nitrito (NO_2^-) (Equação [2]) e, por fim, as bactérias do gênero **Nitrobacter** promovem uma oxidação mais elevada, para nitrato (NO_3^-) (Equação [3]) (Clothier & Sauer, 1988), sendo esta última a forma química preferencialmente absorvida pelas plantas.*

Hidrólise (urease):



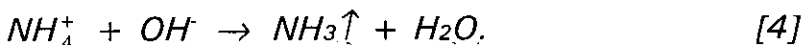
Oxidação (Nitrosomonas):



Oxidação (Nitrobacter):



As reações acima não permitem a volatilização de amônia (NH_3) conquanto o solo seja capaz de retirar as oxidrilas (OH^-) do meio em que ocorre a hidrólise enzimática (Equação [1]). Por essa razão, solos que apresentam pH inferior a 6 e que são geralmente capazes de adsorver quantidades elevadas de OH^- , impedem que ocorra formação do gás amônia; de acordo com a reação expressa na Equação [4]:



Perdas de NH_3 para a atmosfera podem ocorrer quando a uréia é aplicada em solo com pH alcalino (Stumpe et al., 1984; Sengik & Kiehl, 1995b), de baixa capacidade de troca de cátions (Anjos & Tedesco, 1974, 1976; Vlek & Craswell, 1979; Keller & Mengel, 1986) e de baixa capacidade tampão de H^+ (Ferguson et al., 1984; Rodrigues & Kiehl, 1986). Todavia, quando a aplicação de uréia é realizada na superfície do solo imediatamente antes de uma chuva de cerca de 25 mm (Keller & Mengel, 1986), antes de uma irrigação (Katyal

et al., 1987; Spolidorio et al., 1997), na superfície de um solo úmido (Ernst & Massey, 1960; Bouwmeester et al., 1985) ou quando é incorporada a 5 cm (Rodrigues & Kiehl, 1986; Tisdale et al., 1993, p.167) ou a 10 cm (Silva et al., 1995; Rao, 1996), as perdas por volatilização de NH₃ são mínimas. As perdas de NH₃ podem ser elevadas se a uréia for misturada com resíduos orgânicos que apresentam alta atividade da enzima urease (Sengik & Kiehl, 1995a) ou quando aplicada em áreas roçadas (Cantarella & Quaggio, 1996). Por outro lado, as perdas de NH₃ podem ser reduzidas se a uréia for misturada com sais cuja hidrólise é ácida (Fan & MacKenzie, 1994; Sengik & Kiehl, 1995a; Ribeiro, 1996), com sais solúveis de K (KCl) (Rappaport & Axley, 1984) ou de Ca (CaCl₂) (Fenn et al., 1982), ou quando misturada com inibidores de nitrificação (Rao, 1996; Al-Kanani et al., 1994). Deve ser considerado ainda que parte da amônia liberada para a atmosfera pode ser absorvida pelos órgãos aéreos de plantas (Marschner, 1995, p.117), diminuindo, assim, a perda de N do sistema solo-planta.

A enzima urease pode ser sintetizada por vários microorganismos do solo, sendo liberada principalmente durante a decomposição de resíduos orgânicos. Por essa razão, a aplicação de uréia sobre palha pode desencadear o processo de hidrólise e facilitar a volatilização de NH₃, pois a palha não tem elevada capacidade

de adsorver OH. Porém, o percentual perdido será sempre função da quantidade aplicada e do número de dias sem chuva ou sem irrigação após a aplicação.

Resultados de pesquisa

Uma das principais formas de aplicação de uréia é na superfície do solo, em culturas em desenvolvimento. No caso de trigo e de outros cereais de inverno (cevada, aveia, triticale, centeio) isso é realizado entre 20 e 45 dias após a emergência das plantas. Esse espaço de tempo é o período que antecede a fase de demanda máxima de N por essas culturas. Quantidades de N presentes na parte aérea de plantas de trigo, obtidas com algumas fontes de N (Peruzzo et al., 1994), constam na Tabela 1. Esses dados são provenientes de um experimento realizado em microparcelas de 1 m², usando-se solo com 4,5 % de matéria orgânica (MO) e envolvendo 18 fontes de N. As doses de N foram aplicadas em duas oportunidades: 1/3 na base, por ocasião da semeadura de trigo, e 2/3 em cobertura, no início do estágio de afilamento. As plantas foram colhidas aos 90 dias após a emergência. Verificou-se que todas as fontes testadas supriram N às plantas, mas as diferenças entre as fontes, nas quantidades de N absorvidas, não foram significativas.

Tabela 1. Quantidade de N contida na parte aérea de plantas de trigo 90 dias após a emergência em função de fontes de N. Embrapa Trigo, 1984

Fonte de N	Dose de N, kg/ha			Média
	25	50	75	
	----- kg N/ha -----			
Testemunha	-	-	-	14
Sulfato de amônio ¹	19	32	33	28
Nitrato de amônio ²	23	31	40	31
Uréia ³	22	27	34	28
Média	21	30	36	29

¹ 21 % de N.

² 34 % de N.

³ 46 % de N.

Fonte: Peruzzo et al. (1994).

Na Tabela 2 constam os rendimentos médios de grãos de trigo e o índice de eficiência agrônômica (IEA) de algumas fontes de N. Nesse experimento o número total de fontes de N foi 9, e o solo apresentava 2,8 % de matéria orgânica (Peruzzo et al., 1994). Verificou-se que apenas no ano de 1988 ocorreu diferença significativa entre as fontes, sendo o rendimento obtido com uréia ligeiramente superior ao obtido com sulfato de amônio e com nitrato de amônio. Em termos do IEA, a uréia apresentou 115 %, usando-se nitrato de amônio (100 %) como fonte referência.

Tabela 2. Rendimento de grãos de trigo em função de fontes de N. Embrapa Trigo, 1987 e 1988

Fonte de N	Ano			IEA ¹
	1987	1988	Média	
	----- kg grãos/ha -----			--- % ---
Testemunha	1.661	1.307	1.484	-
Sulfato de amônio	2.688	1.978 bc	2.333	104
Nitrato de amônio	2.647	1.943 c	2.295	100
Uréia	2.692	2.109 a	2.400	115
Média ²	2.676	2.010	2.343	-

¹ Índice de eficiência agrônômica médio = (fonte - testemunha) / (nitrato de amônio - testemunha) x 100.

² Exclui o tratamento testemunha.

Os rendimentos e o IEA obtidos são valores médios das seguintes doses de N: 30, 60, 90 e 120 kg/ha.

Rendimentos de trigo obtidos com sulfato de amônio, nitrato de sódio (15 % de N) e com uréia, em solo com 3,2 % de matéria orgânica (Tomm, 1997), constam na Tabela 3. As doses de N foram aplicadas em cobertura, no estágio de afilhamento. Verificou-se que não houve diferença significativa entre as fontes de N, mas a uréia proporcionou rendimentos levemente superiores aos das demais fontes, exceto na dose de 75 kg N/ha.

Tabela 3. Rendimento de grãos de trigo em função de fontes de N. Embrapa Trigo, Santa Rosa, RS, 1995

Fonte de N	Dose de N, kg/ha					Média
	0	25	50	75	100	
	----- kg grãos/ha -----					
Sulfato de amônio	2.220	2.465	2.362	2.630	2.480	2.431
Nitrato de sódio	2.220	2.449	2.434	2.988	2.668	2.552
Uréia	2.220	2.421	2.710	2.863	2.823	2.607
Média	2.220	2.445	2.502	2.827	2.657	2.530

Fonte: Tomm (1997).

Na Tabela 4 constam rendimentos de trigo obtidos com uréia e com nitrato de amônio revestido com calcário dolomítico filler (Nitromag) (Pöttker, 1997). As doses de N foram aplicadas em cobertura, no estágio de afilhamento. Verificou-se não haver diferença significativa entre as fontes de N testadas.

Tabela 4. Rendimento de grãos de trigo obtido com uréia e com nitrato de amônio. Embrapa Trigo, 1996

Fonte de N	Dose de N, kg/ha			Média
	0	40	60	
	----- kg grãos/ha -----			
Nitrato de amônio ¹	1.568 c	1.598 bc	1.816 a	1.661
Uréia	1.568 c	1.672 abc	1.784 ab	1.675
Média	1.568	1.635	1.800	1.668

¹ Revestido com calcário filler, apresentando 26 % de N, 5,7 % de CaO e 3,0 % de MgO.

Fonte: Pöttker (1997).

O efeito de sulfato de amônio e de uréia no rendimento de grãos de cevada, cultivada após as culturas de soja e de milho (Peruzzo & Minella, 1985), constam na Tabela 5. Independente da fonte de N, verificou-se incremento no rendimento com aplicação de N, mas não houve diferença entre as fontes de N no experimento realizado em Carazinho, RS. Em Guarapuava, PR, observou-se leve tendência de obtenção de rendimentos maiores com o sulfato de amônio, em todas as doses de N. A diferença entre os rendimentos de cevada obtidos em Carazinho, após as culturas de soja e de milho, foi igual a 198 kg/ha. Diferenças no rendimento de trigo cultivado após as culturas de soja e de milho têm sido igualmente obtidas (Wiethölter, 1997), conforme indicado na Tabela 6.

A aplicação de uréia em triticales confere, em geral, incrementos significativos no rendimento (Wiethölter, 1993). Em outras regiões, diferenças na eficiência fertilizante entre fontes de N são incomuns, tanto em trigo (Halvorson et al., 1987) como em aveia (Peyrelongue, 1991).

Tabela 5. Rendimento médio de grãos de cevada em função de fontes e de doses de N aplicadas em áreas de resteva de soja e de milho. Embrapa Trigo

Fonte de N	Dose de N, kg/ha					Média
	0	20	40	60	80	
----- kg grãos/ha -----						
Após soja em Carazinho, RS, 4,1 % de MO¹:						
Sulfato de amônio	2.520	2.799	2.875	2.900	2.719	2.763
Uréia	2.520	2.871	2.957	2.668	2.716	2.746
Média	2.520	2.835	2.916	2.784	2.718	2.754

Após milho em Carazinho, RS, 4,1 % de MO¹:

Sulfato de amônio	2.228	2.485	2.728	2.767	2.592	2.560
Uréia	2.228	2.462	2.635	2.750	2.681	2.551
Média	2.228	2.474	2.682	2.758	2.636	2.556

Após soja em Guarapuava, PR, 6,5 % de MO²:

Sulfato de amônio	1.703	2.070	2.093	2.184	2.234	2.057
Uréia	1.703	1.898	2.085	2.156	2.183	2.005
Média	1.703	1.984	2.089	2.170	2.208	2.031

¹ Rendimentos médios obtidos em 1984, 1985 e 1986.

² Rendimentos obtidos em 1984.

Fonte: Peruzzo & Minella (1985).

Tabela 6. Efeito da cultura anterior no rendimento médio de trigo. Embrapa Trigo

Ano	Cultura anterior		Diferença
	Soja	Milho	
	----- kg grãos/ha ¹ -----		
1993	3.039	2.744	295
1994	2.632	2.320	312
1995	3.418	2.995	423
1996	4.591	4.172	419
Média	3.420	3.058	362

¹ Valores médios obtidos com várias doses aplicadas na base e em cobertura.

Fonte: Wiethölter (1997).

Aplicação de uréia ao solo

Nas culturas de trigo, de cevada, de aveia, de triticale e de centeio, o N é geralmente aplicado na base por ocasião da semeadura e em cobertura, sendo a última aplicação em quantidade maior que a primeira (Sociedade..., 1995, Reunião..., 1998). Em muitas circunstâncias, especialmente após o cultivo de uma leguminosa (soja, por exemplo), todo o N pode ser aplicado em cobertura. Devido à pouca distância entre as linhas de trigo (15 a 20 cm), a incorporação de fertilizante ao solo é inviável quando a aplicação é realizada após a semeadura da cultura. Dessa forma, o fertilizante é colocado na superfície do solo, devendo-se, nesse caso, observar alguns aspectos de manejo, visando aumentar

o aproveitamento de N pelas plantas.

Conforme já indicado, a utilização máxima de N ocorre quando a aplicação de uréia é seguida imediatamente de precipitação pluvial ou de irrigação de uma lâmina de água de 25 mm. Dependendo da umidade e da textura do solo, esse volume de água será suficiente para incorporar todo o N na camada de solo mais densamente ocupado pelas raízes das plantas. Se o solo estiver úmido na superfície, a dissolução da uréia ocorrerá em curto espaço de tempo; e se a temperatura for baixa, a hidrólise enzimática será lenta. Nesse caso, ocorrendo chuvas nos primeiros 3 a 6 dias, o aproveitamento de N da uréia será elevado. Se o solo não for capaz de reter rapidamente todas as oxidrilas (OH^-) formadas na Equação [1] e se o movimento de água no solo ou a difusão do vapor de água contendo NH_3 for ascendente durante o processo de secagem do solo, poderá ocorrer perda de NH_3 dispersa no espaço aéreo da camada superficial do solo (Tisdale et al. 1993, p.166-167). A incorporação de uréia ao solo inibe a perda de amônia, pois haverá maior volume de solo para retê-la. A dispersão no solo da uréia aplicada na linha de semeadura pode atingir 2,5 cm em dois dias. Decorridos 3 a 4 dias da diluição de uréia pela água e sua dispersão no solo, têm início a hidrólise e a formação de NH_4^+ e, posteriormente, de NO_3^- , de acordo com as Equações [1], [2] e [3].

A colocação de uréia junto com a semente não é recomendada para quantidades maiores que 20 kg N/ha (Halvorson et al., 1987, p.352), devido ao efeito tóxico da amônia sobre as sementes em germinação, especialmente em solos de pH elevado. A dose tolerada por sementes depende muito da umidade do solo no momento da semeadura e das próximas chuvas. Em qualquer circunstância, a colocação de uréia 2,5 cm ao lado ou abaixo da semente reduz os danos à semente. Em solos argilosos e com umidade próxima a capacidade de campo, a aplicação de 40 kg N/ha 2,5 cm abaixo da linha de semeadura de trigo não tem causado redução no rendimento de grãos, em Latossolo Vermelho Escuro distrófico, pertencente à Unidade de Mapeamento Passo Fundo.

Conclusões

Considerando que os cereais de inverno em geral não demonstram diferença de rendimento em função de diferentes fontes de N, bem como por ser a uréia a fonte de N mais econômica, o uso desta nas principais culturas de inverno é provavelmente a melhor forma de suprir a demanda de N. As perdas de N por volatilização de amônia da uréia, quando se verificam, são insignificantes, pois não afetam o rendimento de cereais de in-

verno. A aplicação de uréia em cobertura no estádio de afilhamento das plantas proporciona, em geral, incrementos significativos no rendimento de cereais de inverno, sendo uma prática recomendável para a maioria dos solos.

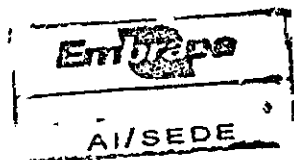
Referências

- AL-KANANI, T. MACKENZIE, A.F.; FYLES, J.W.; GHAZALA, S.; O'HALLORAN, I.P.O. Ammonia volatilization from urea amended with lignosulfonate and phosphoroamide. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.58, n.1, p.244-248, 1994.
- ANJOS, J.T.; TEDESCO, M.J. Perdas de nitrogênio, por volatilização de amônia, proveniente da uréia aplicada em solos cultivados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14., 1973, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBCS, 1974. p.232-241.
- ANJOS, J.T.; TEDESCO, M.J. Volatilização de amônia proveniente de dois fertilizantes nitrogenados aplicados em solos cultivados. **Científica**, Jaboticabal, v.4, n.1, p.49-55, 1976.
- BOUWMEESTER, R.J.B.; VLEK, P.L.G.; STUMPE, J.M. Effect of environmental factors on ammonia volatilization from urea-fertilized soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.49, n.2, p.376-381, 1985.
- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Adubação com macro e micronutrientes em citros. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS, 4., 1996, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1996. p.161-178.

- CLOTHIER, B.E.; SAUER, T.J. Nitrogen transport during drip irrigation of urea. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.52, n.2, p.345-349, 1988.
- ERNST, J.W.; MASSEY, H.F. The effects of several factors on volatilization of ammonia formed from urea in the soil. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.24, n.2, p.87-90, 1960.
- FAN, M.X.; MACKENZIE, A.F. Corn yield and phosphorus uptake with banded urea and phosphorus mixtures. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.58, n.1, p.249-255, 1994.
- FENN, L.B.; MATOCHA, J.E.; WU, E. Substitution of ammonium and potassium for added calcium in reduction of ammonia loss from surface-applied urea. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.46, n.4, p.771-776, 1982.
- FERGUSON, R.B.; KISSEL, D.E.; KOELLIKER, J.K.; BASEL, W. Ammonia volatilization from surface-applied urea: effect of hydrogen ion buffering capacity. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.48, n.3, p.578-582, 1984.
- HALVORSON, A.D.; ALLEY, M.M.; MURPHY, L.S. Nutrient requirements and fertilizer use. In: HEYNE, E.G. *Wheat and wheat improvement*. 2^{ed}. Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1987. p.345-383.
- KATYAL, J.C.; SINGH, B.; VLEK, P.L.G.; BURESH, R.J. Efficient nitrogen use as affected by urea application and irrigation sequence. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.51, n.2, p.366-370, 1987.
- KELLER, G.D.; MENGEL, D.B. Ammonia volatilization from nitrogen-fertilizers surface applied to no-till corn. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.50, n.4, p.1060-1063, 1986.

- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press, 1995. 889p.
- PERUZZO, G.; MINELLA, E. Avaliação do rendimento de cevada cervejeira em função de diferentes doses e fontes de nitrogênio. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). *Cevada: resultados de pesquisa 1984*, Passo Fundo, 1985. p.84-90. Trabalho apresentado na V Reunião Anual de Pesquisa de Cevada, Porto Alegre, 1985.
- PERUZZO, G.; SIQUEIRA, O.J.F.; WIETHÖLTER, S. Eficiência agrônômica de fertilizantes nitrogenados para a cultura do trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, n.7, p.1027-1034, 1994.
- PEYRELONGUE, A. *Fertilizacion de avena para produccion de grano en andisoles de la IX region de Chile*. Temuco: Instituto de Investigaciones Agropecuárias-Estacion Experimental Carillanca, 1991. 24p.
- PÖTTKER, D. *Avaliação do fertilizante Nitromag em trigo*. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. p.15, 34. (EMBRAPA. Programa grãos. Subprojeto.04.O.94.344.09). Projeto em andamento.
- RAO, S.C. Evaluation of nitrification inhibitors and urea placement in no-tillage winter wheat. *Agronomy Journal*, Madison, v.88, n.6, p.904-908, 1996.
- RAPPAPORT, B.D.; AXLEY, J.H. Potassium chloride for improved urea fertilizer efficiency. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.48, n.2, p.399-401, 1984.
- REUNIÃO DA COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO, 30., 1998, Chapecó. *Recomendações...* Chapecó: Comissão Sul-brasileira de Pesquisa de Trigo, 1998. 82p.
- RIBEIRO, A.C. Como evitar a perda de nitrogênio de adubos por volatilização. *Boletim Informativo*, Campinas, v.21, n.2, p.43-46, 1996.

- RODRIGUES, M.B.; KIEHL, J.C. Volatilização de amônia após o emprego de uréia em diferentes doses e modos de aplicação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.10, n.1, p.37-43, 1986.
- SENGIK, E.; KIEHL, J.C. Controle da volatilização de amônia em terra tratada com uréia e turfa pelo emprego de sais inorgânicos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.19, n.3, p.455-461, 1995a.
- SENGIK, E.; KIEHL, J.C. Efeito de resíduos orgânicos e do fosfato monocalcico na volatilização de amônia em terra tratada com uréia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.19, n.2, p.321-326, 1995b.
- SILVA, A.J.; LIMA JUNIOR, M.A.; FERREIRA, N.C.M.; FRAGA, V.S. Perdas de amônia por volatilização proveniente da uréia aplicada a solos dos trópicos úmidos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.19, n.1, p.141-144, 1995.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Núcleo Regional Sul. Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC. *Recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 3.ed. Passo Fundo, 1995. 223p.
- SPOLIDORIO, E. S.; BOARETTO, A.E.; BOARETTO, R.M.; TRIVELIN, P.C.O. Perdas de N-NH₃ por volatilização da uréia aplicada no solo na cultura do trigo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. *Resumos...* Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS/SBCS, 1997, p.291.
- STUMPE, J.M.; VLEK, P.L.G.; LINDSAY, W.L. Ammonia volatilization from urea and urea phosphates in calcareous soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.48, n.4, p.921-927, 1984.



- TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D.; HAVLIN, J.L. *Soil fertility and fertilizers*. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1993. 634p.
- TOMM, G.O. *Efeito de nitrogênio no rendimento e desenvolvimento de trigo em Latossolo Roxo distrófico. Região Triticola IV, Santa Rosa, RS. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. p.16-18, 58-59. (EMBRAPA. Programa grãos. Subprojeto 04.O.94.344.03). Projeto em andamento.*
- VLEK, P.L.G.; CRASWELL, E.T. *Effect of nitrogen source and management on ammonia volatilization losses from flooded rice-soil systems. Soil Science Society of America Journal, Madison, v.43, n.2, p.352-358, 1979.*
- WIETHÖLTER, S. *Adubação nitrogenada em triticale com base no teor de matéria orgânica do solo. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1993. 25p.*
- WIETHÖLTER, S. *Avaliação da disponibilidade de nitrogênio no solo e sua relação com o desenvolvimento de cereais de inverno e de culturas associadas. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. 66p. (EMBRAPA. Programa grãos. Subprojeto 04.O.94.344.03). Projeto em andamento.*