

EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE FERTILIZANTES NITROGENADOS PARA A CULTURA DO TRIGO¹

GERALDINO PERUZZO², OTÁVIO JOÃO F. DE SIQUEIRA³ e SÍRIO WIETHÖLTER⁴

RESUMO - A uréia é o fertilizante nitrogenado de maior consumo no Brasil. a Companhia PETROFÉRTIL desenvolveu, em escala experimental, vários fertilizantes, em que foram agregados, à uréia e a outros produtos, o gesso, o sulfato de amônio e o fosfato de Patos. Com o objetivo de testar estas fontes, realizaram-se três experimentos, um dos quais em microparcelas, em 1984, e dois em parcelas convencionais, em 1987 e 1988, cultivando-se trigo. Os experimentos foram conduzidos em Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico, apresentando teores de matéria orgânica de 4,5% (microparcelas) e 2,8% (parcelas convencionais). No experimento conduzido em microparcelas, e com base na absorção de N pelo trigo, as seguintes fontes apresentaram valor igual ou superior a 100% de índice de eficiência agrônômica (IEA), utilizando o nitrato de amônio como referência: nitrossulfocálcio gesso DH (113%), nitrocálcio (109%), uréia perolada com gesso (106%), nitrato de uréia compactada com fosfato de Patos (105%), nitromagsulfocálcio gesso HH (105%) e uréia compactada com sulfato de amônio (100%). A partir destes dados, selecionaram-se sete produtos, que foram utilizados nos demais experimentos. Em 1987, as fontes de N equivaleram-se em rendimento de grãos e pouca diferença foi observada no IEA. Em 1988, constataram-se diferenças significativas no rendimento de grãos entre as fontes, tendo a uréia sido equivalente aos seguintes produtos: nitrato de uréia compactada com fosfato de Patos, uréia perolada com gesso, uréia perolada com sulfato de amônio, e nitrocálcio. O IEA para a uréia, neste experimento, foi de 126%. Concluiu-se que a agregação de vários compostos à uréia não aumentou, de forma consistente, a eficiência agrônômica desta para trigo.

Termos para indexação: uréia, baixa solubilidade.

AGRONOMIC EFFICIENCY OF NITROGEN FERTILIZERS FOR WHEAT

ABSTRACT - Urea is the most used nitrogen (N) fertilizer in Brazil. PETROFÉRTIL Company aggregated to urea and to other N fertilizers, gypsum, ammonium sulphate, and Patos rock phosphate. In order to test these fertilizers, three experiments were carried out with wheat, using microplots (1984) and conventionally sized field plots (1987 and 1988). The soil was a Dark-Red Latosol (Haplohumox), presenting 4.5% (microplots) and 2.8% (conventional plots) of organic matter. Based on N absorption by wheat in the microplots, the following fertilizers presented values equal or above 100% agronomic efficiency (AE), using ammonium nitrate as reference source: nitrosulfocalcium gypsum DH (113%), nitrocalcium (109%), urea covered with gypsum (106%), urea nitrate compacted with Patos rock phosphate (105%), nitromagsulfocalcium gypsum HH (105%), and urea compacted with ammonium sulphate (100%). Seven sources were selected from this experiment and used in the next two trials, carried out under conventional plots. In 1987 there were no significant differences in yield and only small differences in AE among N sources were observed. In 1988 significant grain yield differences were obtained among N fertilizers, being urea statistically equivalent to the following products: urea nitrate compacted with Patos rock phosphate, urea covered with gypsum, urea covered with ammonium sulphate, and nitrocalcium. The AE of urea in this trial was 126%. It was concluded that the aggregation of various compounds to urea did not increase steadily its AE for wheat.

Index terms: urea, low solubility.

INTRODUÇÃO

A uréia [CO(NH₂)₂] vem sendo utilizada como fertilizante desde 1935. Após vários aperfeiçoamentos no processo de síntese, passou a ser empregada amplamente na agricultura, na década de 1960. Atualmente, a uréia é o fertilizante nitrogenado de maior consumo no mercado mundial. Excetuando-se a amônia anidra (82% N), a uréia é o

¹ Aceito para publicação em 24 de janeiro de 1994.

Trabalho integrante do convênio EMBRAPA/PETROFÉRTIL.

² Eng.-Agr., M.Sc., EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, Caixa Postal 569, CEP 99001-970 - Passo Fundo, RS.

³ Eng.-Agr., Ph.D., EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado, Caixa Postal 403, CEP 96001-970 - Pelotas, RS.

⁴ Eng.-Agr., Ph.D., EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Trigo.

fertilizante mais concentrado (45% de N) e o de menor custo por unidade de nutriente (Gould et al., 1986).

No Brasil, de um total de aproximadamente 1 milhão de toneladas de nitrogênio (N) consumidas como fertilizante, por ano, 50% é constituído de uréia. Deste total, 84% é produzido no País. A produção nacional corresponde a 72% do total de N consumido. A segunda fonte de maior expressão no país é o sulfato de amônio, constituindo 20% do consumo. As demais fontes (nitrocálcio, nitrato de amônio, fosfato monoamônio, fosfato diamônio etc), não apresentam, individualmente, consumo superior a 6% (ANDA, 1987).

Um dos problemas de uso da uréia está relacionado às possíveis perdas de N pelos processos de lixiviação da uréia em si (Wagenet et al., 1977), nas formas de nitrato (NO_3^-) e de amônio (NH_4^+) e, principalmente, através da volatilização de amônia (NH_3) para a atmosfera (Lightner et al., 1990). De menor importância é a volatilização nas formas de óxido nitroso (N_2O) e de nitrogênio elementar (N_2) (Christianson et al., 1979), durante e após o processo de hidrólise da uréia. As perdas na forma de NH_3 são potencialmente maiores, quando a aplicação é feita na superfície de solo seco (Bouwmeester et al., 1985; Rodrigues & Kiehl, 1986) de pH alcalino (Stumpe et al., 1984), 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). Por outro lado, modificações na forma de apresentação da uréia, tais como o recobrimento com enxofre (sulfur coated urea, SCU), ou na forma de grandes grânulos, têm apresentado perdas menores de NH_3 (Vlek & Craswell, 1979).

Uma das principais formas de aplicação de uréia é na superfície do solo, após o início do desenvolvimento das plantas. Nesta condição, as perdas por volatilização podem ser importantes. Porém, quando a aplicação é feita na superfície do solo, e imediatamente antes de uma chuva ou de irrigação (Katyal et al., 1987), ou na superfície de solo úmido, as perdas de NH_3 são mínimas (Ernst & Massey, 1960; Bouwmeester et al., 1985), conquanto a taxa de evaporação de água não seja elevada (Al-Kanani et al., 1991). Perdas de NH_3 da

uréia praticamente inexistem se a incorporação for realizada a 5 cm de profundidade (Terman, 1979). Segundo Keller & Mengel (1986), uma chuva de 25 mm pode virtualmente interromper o processo de volatilização de NH_3 . Isto ocorre porque o amônio (NH_4^+) e a oxidrila (OH^-), resultantes da hidrólise enzimática da uréia (Clothier & Sauer, 1988), são transportados pela água para o interior das camadas superficiais do solo, onde serão oxidados microbiologicamente para nitrito (NO_2^-) e, posteriormente, para NO_3^- . Havendo adsorção contínua do íon OH^- pelo solo durante o processo de hidrólise, a formação de NH_3 é impedida. Este processo, portanto, é mais efetivo quando o pH do solo é baixo e a capacidade de suprimento de H^+ é alta, que são condições comuns nos solos brasileiros. Segundo Ferguson et al. (1984), a volatilização de NH_3 provavelmente não tem reflexos econômicos, desde que a superfície do solo não atinja pH superior a 7,5. Com base nas observações acima, a incorporação de uréia ao solo deveria reduzir a volatilização de NH_3 e aumentar a absorção de N pelas plantas. Porém, segundo Coelho et al. (1992), isto nem sempre se verifica.

O tempo necessário para a mineralização total da uréia depende das condições do solo. Vários autores (Christianson et al., 1979; Malhi & Nyborg, 1979; Mohamed et al., 1984; Peruzzo, 1982), trabalhando em condições de campo, ou simulando condições de campo, verificaram que este processo pode prosseguir durante cerca de uma semana.

Em função das possíveis perdas de N do solo pelos processos acima apresentados, a Companhia PETROFÉRTIL desenvolveu, em escala experimental, vários fertilizantes, em que foram agregados, à uréia e a outros produtos, o gesso, o sulfato de amônio e o fosfato de Patos.

Objetivou-se, neste trabalho, testar estes fertilizantes, em termos de absorção de N pelas plantas, e o rendimento de grãos de trigo, sob condições de campo.

MATERIAL E MÉTODOS

Experimento 1 - Microparcelas

O experimento foi conduzido no Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT), em Passo Fundo, RS, em

Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, em 1984, em microparcelas de 1 m². O solo apresentava as seguintes características químicas: pH em água, 5,5; índice SMP, 5,6; P, 27 ppm; K, 140 ppm; matéria orgânica, 4,5%; Al, 0,5 cmol/L e Ca+Mg, 6,1 cmol/L de solo. As 18 fontes de nitrogênio avaliadas foram: nitrossulfocálcio gesso DH, nitrocálcio, uréia perolada com gesso, nitrato de uréia compactada com fosfato de Patos, nitrato de amônio, nitromagsulfocálcio gesso HH, nitromagsulfocálcio gesso DH, uréia compactada com sulfato de amônio, uréia formaldeído, uréia perolada com sulfato de amônio, nitrossulfocálcio gesso HH, uréia revestida com fosfato de Patos (via HNO₃), uréia revestida com fosfato de Patos (via H₂SO₄), sulfato de amônio, uréia compactada com gesso DH, uréia, uréia revestida com fosfato de Patos (via H₃PO₄), e uréia récoberta com enxofre (sulphur coated urea, SCU). Estes produtos foram fornecidos pela PETROFÉRTIL. Testaram-se as seguintes doses de N: 25, 50 e 75 kg/ha, aplicadas 1/3 na semeadura e o restante em cobertura, no início do afilhamento do trigo. Em parcela adicional, estudou-se a dose de 50 kg de N/ha aplicada integralmente na semeadura. O delineamento experimental foi de blocos inteiramente casualizados, com três repetições. Utilizou-se a cultivar de trigo BR 15. Determinaram-se a produção de matéria seca e o teor de N total (Bremner & Mulvaney, 1982) na parte aérea da planta, aos 90 dias após a semeadura. A comparação entre as médias foi feita pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

O Índice de Eficiência Agronômica (IEA) dos produtos foi expresso como o quociente entre o N absorvido com a fonte teste e o N absorvido no tratamento de amônio, utilizando a seguinte equação:

$$IEA = \frac{N \text{ absorvido no tratamento com a fonte teste} - N \text{ absorvido pela testemunha}}{N \text{ absorvido no tratamento de amônio} - N \text{ absorvido pela testemunha}} \times 100 \quad [1]$$

em que N absorvido corresponde ao N na parte aérea da planta, aos 90 dias após a semeadura, em kg N/ha.

Experimento 2 - Parcelas convencionais

Com base nos dados de absorção de N (Tabela 1) e no IEA (Tabela 2), foram selecionadas as primeiras dez fontes de N utilizadas no Experimento 1. Destas fontes, excluíram-se o nitromagsulfocálcio gesso HH, o nitromagsulfocálcio gesso DH e a uréia compactada com sulfato de amônio, por indisponibilidade de material. Em substituição a estas, incluíram-se a uréia e o sulfato de amônio, por serem as fontes mais empregadas na cultura de trigo. Estes produtos foram aplicados nas seguintes doses de N: 0, 30, 60, 90 e 120 kg/ha. Aplicaram-se 15 kg/ha na semeadura e o restante em cobertura no início do afilhamento do trigo. O delineamento ex-

Tabela 1. Efeito de fontes e de doses de nitrogênio na quantidade de nitrogênio na parte aérea de plantas de trigo, 90 dias após a semeadura - Experimento 1, 1984. EMBRAPA-CNPT

Nº	Fonte de nitrogênio	Dose de nitrogênio, kg/ha			
		25	50	75	Média
kg N/ha					
1	Nitrossulfocálcio gesso DH	25,8	32,8	40,8	33,1a
2	Nitrocálcio	23,6	34,1	41,6	33,1a
3	Uréia perolada com gesso	24,2	32,5	39,5	32,1ab
4	Nitrato de uréia comp. c/FP	22,8	37,8	34,5	31,7abc
5	Nitrato de amônio	23,4	30,6	39,9	31,3abc
6	Nitromagsulfocálcio gesso HH	24,2	34,8	34,8	31,3abc
7	Nitromagsulfocálcio gesso DH	20,8	31,7	41,1	31,2abc
8	Uréia compactada com SA	25,8	29,3	35,6	30,3abcd
9	Uréia formaldeído	24,3	29,0	37,2	30,2abcd
10	Uréia perolada com SA	21,8	32,4	36,0	30,1abcd
11	Nitrossulfocálcio gesso HH	26,0	28,5	32,7	29,1bcd
12	Uréia revestida c/FP (via HNO ₃)	22,7	31,6	31,3	28,5bcde
13	Uréia revestida c/FP (via H ₂ SO ₄)	23,1	27,5	34,6	28,4bcde
14	Sulfato de amônio	19,3	32,3	32,9	28,2bcde
15	Uréia compactada com gesso DH	21,6	27,7	34,9	28,1bcde
16	Uréia	21,8	26,8	34,5	27,7cde
17	Uréia revestida c/FP (via H ₃ PO ₄)	23,4	26,7	30,8	26,9de
18	Sulphur coated urea (SCU)	19,6	26,0	29,3	25,0e
Testemunha (sem nitrogênio)*		-	-	-	13,5
Média		23,0C	30,7B	35,7A	29,8

CV=12,6%

Médias acompanhadas de letras minúsculas comparam valores na coluna, e letras maiúsculas comparam médias na linha.

SA=sulfato de amônio; FP=fosfato de Patos; DH e HH são siglas de processos industriais.

* Parcela adicional.

Tabela 2. Índice de eficiência agronômica de fontes de nitrogênio na cultura do trigo - Experimento 1, 1984. EMBRAPA-CNPT

Nº	Fonte de nitrogênio	Dose de nitrogênio, kg/ha			
		25	50	75	Média
IEA, %					
1	Nitrossulfocálcio gesso DH	124	113	103	113
2	Nitrocálcio	102	120	106	109
3	Uréia perolada com gesso	108	111	98	106
4	Nitrato de uréia comp. c/FP	94	142	79	105
5	Nitrato de amônio*	100	100	100	100
6	Nitromagsulfocálcio gesso HH	108	125	81	105
7	Nitromagsulfocálcio gesso DH	74	107	104	95
8	Uréia compactada com SA	124	92	84	100
9	Uréia formaldeído	109	91	90	97
10	Uréia perolada com SA	84	110	85	93
11	Nitrossulfocálcio gesso HH	126	88	73	96
12	Uréia revestida c/FP (via HNO ₃)	93	106	67	89
13	Uréia revestida c/FP (via H ₂ SO ₄)	97	82	80	86
14	Sulfato de amônio	58	110	73	80
15	Uréia compactada com gesso DH	82	83	81	82
16	Uréia	84	78	79	80
17	Uréia revestida c/FP (via H ₃ PO ₄)	100	78	65	81
18	Sulphur coated urea (SCU)	62	73	84	65
Média		96	101	84	94

* Fonte referência

perimental foi de blocos ao acaso, com três repetições. As dimensões das parcelas foram 2,4 x 6 m. O experimento foi realizado no CNPT. Antes da instalação, o solo (Latosolo Vermelho-Escuro Distrófico) apresentava as seguintes características médias: pH em água, 5,6; índice SMP, 6,0; P, 10 ppm; K, 47 ppm, matéria orgânica, 2,8%, Al, 0,3 cmol_c/L; Ca, 4,3 cmol_c/L; e Mg, 1,2 cmol_c/L de solo. A cultivar de trigo foi BR 15.

Aplicaram-se 30 kg de enxofre/ha em todas as parcelas, na forma de sulfato de cálcio, a fim de evitar que o enxofre contido em algumas fontes interferisse no efeito dos tratamentos de N.

O efeito dos tratamentos foi avaliado pelo rendimento de grãos de trigo, sendo as médias comparadas pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade. Neste experimento, o IEA foi calculado utilizando-se a Eq. [1], porém, substituindo-se o N absorvido pelo rendimento de grãos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1 - Microparcelas

Absorção de nitrogênio

As quantidades de N contidas na parte aérea das plantas de trigo, aos 90 dias após a semeadura, são apresentadas na Tabela 1. Na média das 18 fontes de N avaliadas, verificaram-se aumentos significativos na quantidade de N absorvida pelas plantas com o aumento das doses deste nutriente. As quantidades médias absorvidas até 90 dias após a semeadura foram: 23,0, 30,7 e 35,7 kg N/ha, respectivamente, para as doses 25, 50 e 75 kg N/ha. Verificaram-se, também, diferenças significativas entre as diversas fontes, tendo havido tendência de maior absorção de N nos tratamentos em que foram aplicadas as seguintes fontes: nitrossulfocálcio gesso DH, nitrocálcio, uréia perolada com gesso, nitrato de uréia compactada com fosfato de Patos, nitrato de amônio, nitromagsulfocálcio gesso HH, nitromagsulfocálcio gesso DH, uréia compactada com sulfato de amônio, uréia formaldeído e uréia perolada com sulfato de amônio. As fontes acima, apesar de promoverem absorções equivalentes a várias outras, conforme indicado na Tabela 1, foram selecionadas para o Experimento 2.

Índice de eficiência agrônômica

As fontes de N apresentaram variações no índice de eficiência agrônômica (IEA), em função das doses de N aplicadas (Tabela 2). Considerando-se o nitrato de amônio como fonte referência (100%), as seguintes fontes apresentaram, em média, IEA igual ou superior a 100%: nitrossulfocálcio gesso DH (113%), nitrocálcio (109%), uréia perolada com gesso (106%), nitrato de uréia compactada com fosfato de Patos (105%), nitromagsulfocálcio gesso HH (105%), e uréia compactada com sulfato de amônio (100%). O nitrossulfocálcio gesso DH e o nitrocálcio foram as únicas fontes que obtiveram eficiência agrônômica superior a 100%, em relação ao nitrato de amônio, nas três doses. O IEA da uréia, na média das três doses, foi de apenas 80%. Considerando-se os índices de eficiência agrônômica na dose intermediária de N (50 kg/ha, quantidade amplamente utilizada na cultura do trigo no sul do Brasil), destacaram-se as seguintes fontes: nitrossulfocálcio gesso DH, nitrocálcio, uréia perolada com gesso, nitrato de uréia compactada com fosfato de Patos, nitrato de amônio, nitromagsulfocálcio gesso HH, nitromagsulfocálcio gesso DH, uréia perolada com sulfato de amônio, uréia revestida com fosfato de Patos (via HNO₃) e sulfato de amônio.

Depreende-se, pois, que as diversas formas de elaboração dos produtos testados, objetivando torná-los menos solúveis através da adição de gesso ou de fosfato de Patos, mediante vários processos industriais, proporcionou, em alguns produtos, maior disponibilidade de N às plantas de trigo.

Efeito da época de aplicação dos fertilizantes

Na Tabela 3 são apresentados os dados de N absorvido pelas plantas, comparando os seguintes métodos de aplicação: 1) parcelado (base+cobertura) e 2) integralmente na semeadura. A dose de N empregada foi de 50 kg/ha. Na média das fontes, a aplicação parcelada proporcionou absorção significativamente maior de N, até 90 dias após a semeadura. Isoladamente, nenhum produto apresentou absorção significativamente maior, quando a aplicação foi realizada somente na semeadura, em relação à aplicação parcelada. Das 18 fontes de N, o nitrossulfocálcio gesso DH, o nitrocálcio, o

nitrato de uréia compactado com fosfato de Patos, o nitromagsulfocálcio gesso DH e o sulfato de amônio conferiram absorção significativamente superior, quando a aplicação foi parcelada, em comparação com a aplicação somente na base. Esta constatação também foi verificada por Ramos e Zimmermann (1976), evidenciando, portanto, a importância da aplicação parcelada de N em trigo.

Experimento 2 - Parcelas convencionais

Rendimento de graos e índice de eficiência agronômica

Na Tabela 4 constam os dados de rendimento de trigo, obtidos em função de doses de N, verificando-se, na média das nove fontes testadas, incremento significativo até a dose de 120 kg/ha, em 1987, e até 90 kg/ha, em 1988. Ressalta-se que em 1988 ocorreu déficit hídrico acentuado durante o estágio de afilhamento.

Com a aplicação de 60 kg/ha, o incremento médio no rendimento foi de 912 e de 677 kg de grãos/ha, respectivamente, para 1987 e para 1988. Estes valores indicam um índice de conversão de N em grãos de 15 kg de grãos produzidos/kg N aplicado, em 1977, e 11 kg de grãos/kg N, em 1988. Considerando a relação de preços (custo do kg de N/custo do kg de grãos) média dos último anos equivalente a 5, os índices de conversão obtidos podem ser considerados satisfatórios, pois denotam altos retornos econômicos resultantes da adubação nitrogenada em trigo.

Em 1987, as fontes de N não apresentaram rendimentos significativamente distintos (Tabela 5). Considerando-se os valores de IEA (Tabela 5), apenas a uréia, o nitrato de uréia compactada com fosfato de Patos, a uréia perolada com gesso e o sulfato de amônio apresentaram valores ligeiramente superiores ao da fonte-padrão (nitrato de amônio).

Em 1988, houve diferenças significativas entre as fontes, destacando-se: uréia, nitrato de uréia compactada com fosfato de Patos, uréia perolada com gesso, uréia perolada com sulfato de amônio e nitrocálcio. A maioria dos produtos conferiu um IEA superior ao nitrato de amônio, tendo a uréia atingido o valor máximo, 126%. Isto evidencia que as perdas de N por volatilização de amônia da

uréia, freqüentemente referidas como potencialmente altas em condições de campo, provavelmente não ocorreram nestes experimentos. Constatação semelhante foi obtida com a cultura do milho por Campos & Tedesco (1979), o que corrobora com os resultados obtidos com uréia por Hargrove & Kissel (1979). Estes autores constataram pequenas

Tabela 3. Nitrogênio contido na parte aérea de plantas de trigo, em função do método de aplicação de 50 kg de N/ha - Experimento 1, 1984. EMBRAPA-CNPT

Nº	Fonte de nitrogênio	Método de aplicação	
		Base+cobertura*	Base*
kg N/ha			
1	Nitrossulfocálcio gesso DH	32,8abcd	A 25,6abc
2	Nitrocálcio	34,1abc	A 24,2bc
3	Uréia perolada com gesso	32,5abcde	A 29,1abc
4	Nitrato de uréia comp. c/FP	37,9a	A 24,5abc
5	Nitrato de amônio*	30,6bcdef	A 25,2abc
6	Nitromagsulfocálcio gesso HH	34,8ab	A 29,5abc
7	Nitromagsulfocálcio gesso DH	31,7bcdef	A 24,7abc
8	Uréia compactada com SA	29,3bcdef	A 23,9c
9	Uréia formaldeído	29,0bcdef	A 28,4abc
10	Uréia perolada com SA	32,5abcde	A 28,4abc
11	Nitrossulfocálcio gesso HH	28,5cdef	A 25,7abc
12	Uréia revestida c/FP (via HNO ₃)	31,6bcdef	A 27,0abc
13	Uréia revestida c/FP (via H ₂ SO ₄)	27,5def	A 27,0abc
14	Sulfato de amônio	32,4abcde	A 23,8c
15	Uréia compactada com gesso DH	27,7def	A 30,1ab
16	Uréia	26,8def	A 26,5abc
17	Uréia revestida c/FP (via H ₃ PO ₄)	26,7ef	A 24,5abc
18	Sulphur coated urea (SCU)	26,0f	A 30,4a
	Média	30,7 A	26,6 B

CV = 13,1%
 Médias acompanhadas de letras minúsculas comparam valores na coluna, e letras maiúsculas comparam médias na linha.
 SA = sulfato de amônio; FP = fosfato de Patos; DH e HH são siglas de processos industriais.
 * 1/3 da dose (50 kg/ha) aplicado na semeadura e 2/3 aplicados no início do afilhamento.
 * 50 kg N/ha aplicados na semeadura.

Tabela 4. Efeito médio de doses de nitrogênio no rendimento de grãos de trigo, sob condições de campo, em 1987 e 1988 - Experimento 2. EMBRAPA-CNPT

Dose de N	Rendimento de grãos*	
	1987	1988
kg grãos/ha		
0 [#]	1.661	1.307
30	2.185d	1.772c
60	2.573c	1.984b
90	2.810b	2.151a
120	2.975a	2.182a
CV, %	6,21	6,81

* Valores médios obtidos com todas as fontes testadas.
 # Parcela adicional

Tabela 5. Efeito médio de fontes de nitrogênio no rendimento de grãos de trigo, sob condições de campo, em 1987 e 1988 - Experimento 2. EMBRAPA-CNPT

Fonte de N	Rendimento de grãos			IEA*		
	1987	1988	Média	1987	1988	Média
	Kg/ha			%		
Uréia	2.692	2.109a	2.400	104	126	115
Nitrato de uréia comp. c/FP	2.681	2.084ab	2.382	103	122	112
Uréia perolada com gesso	2.659	2.065ab	2.362	101	119	110
Uréia perolada com SA	2.629	2.050abc	2.340	98	117	108
Sulfato de amônio	2.688	1.978bc	2.333	104	105	104
Nitrocálcio	2.589	2.034abc	2.312	94	114	104
Nitrato de amônio	2.647	1.943c	2.295	100	100	100
Nitrossulfocálcio gesso DH	2.555	1.997bc	2.276	91	108	100
Uréia formaldeído	2.588	1.939c	2.264	94	99	96
Testemunha [#]	1.661	1.307	1.484	-	-	-
Média ^{##}	2.636	2.022	2.329	99	112	105

* Calculado tomando-se como referência o rendimento médio de grãos obtido com as doses: 30, 60, 90 e 120 kg/ha de N.

Parcela adicional

Exclui o tratamento testemunha

perdas de NH_3 , em condições de campo (0 a 9% do N aplicado), e perdas maiores (13 a 31% do N aplicado), sob condições de laboratório.

Comparações entre diversas fontes de fertilizantes nitrogenados foram feitas por vários autores (Cantarella & Raij, 1986; Cantarella et al., 1988; Faria & Pereira, 1992). Em geral, havendo condições satisfatórias de umidade do solo, não têm sido encontradas diferenças na eficiência destas fontes sob condições de campo; por exemplo, no rendimento de trigo (Bartz et al., 1976), de milho (Campos & Tedesco, 1979; Coelho et al., 1992), de feijão (Parra et al., 1980), de cebola (Faria & Pereira, 1992), ou em trigo cultivado em casa de vegetação (Gargantini & Oliveira Filho, 1972).

De forma semelhante, estudos sobre fontes de N de liberação lenta (uréia recoberta), em comparação com formas mais solúveis (uréia e sulfato de amônio), não evidenciaram diferenças no rendimento de arroz e nos teores de NH_4^+ e NO_3^- , no solo (Machado & Magalhães, 1973). Entretanto, fontes menos solúveis apresentaram resultados superiores às fontes mais solúveis, com a dose de 120 kg de N/ha (Magalhães & Machado, 1973). Resultados equivalentes foram também obtidos por Magalhães (1976) e, segundo Grove et al. (1980), a uréia recoberta com enxofre e o nitrato de amônio revestido com calcário não promoveram rendimentos superiores aos obtidos com a uréia e com

o sulfato de amônio. Semelhantemente, diferenças significativas não foram obtidas entre a uréia e o sulfato de amônio na absorção de N e no rendimento de milho cultivado sob irrigação (Coelho et al., 1992) ou em trigo cultivado em casa de vegetação (Gargantini & Oliveira Filho, 1972).

Em síntese, considerando-se o efeito positivo da agregação de gesso, de sulfato de amônio ou de fosfato de Patos à uréia, verificado no Experimento 1, e a ausência deste efeito, nos outros experimentos, pode-se inferir, inclusive com base nos dados apresentados por Terman (1979), que a eficiência dos diversos produtos testados tenha sido parcialmente dependente das condições do solo (umidade na superfície, presença de resíduos culturais, teor de matéria orgânica etc.) e das condições climáticas ocorrentes após a aplicação dos fertilizantes e durante o desenvolvimento das plantas.

CONCLUSÕES

1. Em experimento conduzido em microparcelas, a agregação de gesso, de fosfato de Patos ou de sulfato de amônio à uréia resultou, em alguns casos, em maior absorção de N e em maior eficiência agrônômica destes produtos, para trigo cultivado até 90 dias após a semeadura, em comparação com a uréia convencional.

2. Em dois outros experimentos, conduzidos em parcelas convencionais, a agregação à uréia dos compostos acima não aumentou o rendimento de grãos de trigo e nem a eficiência agrônômica destes fertilizantes, em relação à uréia.

3. A aplicação de N na semeadura e em cobertura aumentou sua absorção pela planta de trigo, em relação à sua aplicação somente na semeadura.

REFERÊNCIAS

- AL-KANANI, T.; MACKENZIE, A. F.; BARTHAKUR, N. N. Soil water and ammonia volatilization relationships with surface-applied nitrogen fertilizer solutions. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.55, n.6, p.1761-1766, 1991.
- ANDA. **Plano nacional de fertilizantes**. São Paulo, 1987. 235p.
- 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.
- BARTZ, H. R.; SIQUEIRA, O. J. F. de, SCHOLLES, D. Comparação de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na competição de fontes de nitrogênio com diferentes solubilidades. In: REUNIÃO ANUAL CONJUNTA DE PESQUISA DE TRIGO, 8., 1976, Ponta Grossa, PR. *Solos e técnicas culturais*. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1976. v.2, p.1-8.
- 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.
- BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. Total nitrogen. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. (Ed.) *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy/Soil Science Society of America, 1982. v.2, p.595-624.
- CAMPOS, A. X.; TEDESCO, M. J. Eficiência da uréia e do sulfato de amônio na cultura do milho (*Zea mays* L.). *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, v.15, n.1, p.119-125, 1979.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van. Adubação nitrogenada no Estado de São Paulo. In: SANTANA, M. B. M. *Adubação nitrogenada no Brasil*. Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1986. P.47-79.
- CANTARELLA, H.; SILVA, M. M.; ESPIRONELLO, A.; FURLANI, P. R.; WUTKE, A. C. P.; TOLEDO, S.V.; GALLO, P. B.; VILLELA, O. V. QUAGGIO, J. A.; BERTON, R. S. Avaliação agrônômica de fertilizantes nitrogenados. In: GOEDERT, W. J.; DIAS, F. A. *Relatório bienal 1986-1987*. Brasília: EMBRAPA/PETROBRÁS, 1988. p. 33-48.
- CHRISTIANSON, C. B.; HEDLIN, R. A.; CHO, C. M. Loss of nitrogen from soil during nitrification of urea. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, v.59, n.2, p.147-154, 1979.
- CLOTHIER, B. E.; SAUER, T. J. Nitrogen transport during drip irrigation with urea. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.52, n.2, p.345-349, 1988.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; BAHIA FILHO, A. F. C.; GUEDES, G. A. A. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, n.1, p.61-67, 1992.
- 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 Proceedings*, Madison, v.24, n.2, p.87-90, 1960.
- FARIA, C. M. B. de; PEREIRA, J. R. Fontes e níveis de nitrogênio na produtividade de cebola no sub-médio São Francisco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.27, n.3, p.403-407, 1992.
- 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.
- GARGANTINI, H.; OLIVEIRA FILHO, F. S. Efeito de diferentes fertilizantes nitrogenados na produção do trigo em vasos. *Bragantia*, Campinas, v.31, n.11, p.129-135, 1972.
- GOULD, W. D.; HAGEDORN, C.; MCCREADY, R. G. L. Urea transformations and fertilizer efficiency in

- soil. *Advances in Agronomy*, Orlando, v.40, p.209-238, 1986.
- GROVE, T. L.; RITCHEY, K. D.; NADERMAN JUNIOR, G. C. Nitrogen fertilization of maize on an oxisol of the cerrado of Brazil. *Agronomy Journal*, Madison, v.72, n.2, p.261-265, 1980.
- HARGROVE, W. L.; KISSEL, D. E. Ammonia volatilization from surface applications of urea in the field and laboratory. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.43, n.2, p.359-363, 1979.
- 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.
- LIGHTNER, J. W.; MENGEL, D. B.; RHYKERD, C. L. Ammonia volatilization from nitrogen fertilizer surface applied to orchardgrass sod. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.54, n.5, p.1478-1482, 1990.
- MACHADO, C. P.; MAGALHÃES, A. F. Eficiência de uréia recoberta com enxofre no rendimento do arroz irrigado. *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, v.9, n.2, p.195-203, 1973.
- MAGALHÃES, A. F. Eficiência da uréia recoberta com enxofre na cultura do trigo. *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, v.12, n.2, p.130-140, 1976.
- MAGALHÃES, A. F.; MACHADO, C. P. Eficiência agrônômica de diferentes fertilizantes nitrogenados em solos de arroz irrigado. *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, v.9, n.1, p.105-112, 1973.
- MALHI, S. S.; NYBORG, M. Rate of hydrolysis of urea as influenced by thiourea and pellet size. *Plant and Soil*, The Hague, v.51, n.2, p.177-186, 1979.
- MOHAMED, I. H.; SCOTTER, D. R.; GREGG, P. E. H. The short-term fate of urea applied to barley in a humid climate. I. Experiments. *Australian Journal of Soil Research*, Melbourne, v.22, n.2, p.173-180, 1984.
- PARRA, M. S.; HOEPEFNER, M. A.; VOSS, M. Adubação do feijoeiro no Estado do Paraná. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. *Cultura do feijão no Estado do Paraná*. Londrina: IAPAR, 1980. p.33-45 (IAPAR. Circular, 18).
- PERUZZO, G. Avaliação da decomposição e liberação de nitrogênio de resteva e adubo verde. Porto Alegre: UFRGS-Departamento de Solos, 1982. 71p. Tese de Mestrado.
- RAMOS, M.; ZIMMERMANN, F. J. Resposta do trigo (*Triticum aestivum*, L.) a modos e épocas de aplicação de nitrogênio, na região dos Campos Gerais, Estado do Paraná. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1976. 11p. (Boletim Técnico, 1).
- 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.
- 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.
- TERMAN, G. L. Volatilization losses of nitrogen as ammonia from surface-applied fertilizers, organic amendments, and crop residues. *Advances in Agronomy*, Orlando, v.31, p.189-223, 1979.
- VLEK, P. L. G.; CRASWELL, E. T. Effect of nitrogen source and management on ammonia volatilization losses from flooded rice-soil system. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.43, n.2, p.352-358, 1979.
- WAGENET, R. J.; BIGGAR, J. W.; NIELSEN, D. R. Tracing the transformations of urea fertilizer during leaching. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.41, n.5, p.896-902, 1977.