

DESTINO DE ADUBOS NITROGENADOS MARCADOS COM ^{15}N EM AMOSTRAS DE DOIS SOLOS DA AMAZÔNIA CENTRAL⁽¹⁾

S. S. ALFAIA⁽²⁾

RESUMO

Foi estudado, em condições de casa de vegetação, em Nancy (França), em 1992, o destino de duas formas de fertilizantes nitrogenados, marcados com ^{15}N , sulfato de amônio e uréia, em amostras do horizonte A de dois principais solos da Amazônia Central, classificados como latossolo amarelo e podzólico vermelho-amarelo. A planta teste foi o "rye-grass" da Itália (*Lolium multiflorum* L.). Em ambos os solos, a uréia foi mais bem utilizada do que o sulfato de amônio. Entre 60 e 70% do N aplicado como uréia foi absorvido pela planta, enquanto, com a aplicação de sulfato de amônio, esses valores variaram entre 44 e 49%. O balanço do ^{15}N no final do ciclo da cultura mostrou que a imobilização do N nos dois solos foi maior na presença de uréia que na de sulfato de amônio. As perdas, estimadas por diferença, foram mais elevadas no tratamento com sulfato de amônio. Considerando que perdas por lixiviação foram praticamente nulas com a técnica de cultivo utilizada, elas devem ter ocorrido essencialmente por via gasosa.

Termos de indexação: ^{15}N , fertilizantes nitrogenados, latossolo, podzólico, Amazônia Central.

SUMMARY: FATE OF NITROGEN FERTILIZERS LABELLED WITH ^{15}N IN TWO SOIL SAMPLES OF CENTRAL AMAZON, BRAZIL

*The efficiency of two nitrogen fertilizers, ammonium sulphate and urea, labelled with ^{15}N , in two major Central-Amazonian soils (Yellow Latosol - an Oxisol and Red-Yellow Podzolic - an Ultisol), was studied in greenhouse experiments in Nancy, France, 1992. Italian rye-grass (*Lolium multiflorum* L.) was used as the test plant. Rye-grass nitrogen uptake of ammonium sulphate ranged from 44 to 49%, and of urea from 60 to 70%. Immobilization and losses of nitrogen were dependent on the fertilizer type. Microbial nitrogen immobilization was higher in the presence of urea, while losses were higher with ammonium sulphate. Since losses of nitrogen fertilizers from leaching were practically nil under the experimental conditions, they might have occurred mainly through gaseous form.*

Index terms: ^{15}N , nitrogen fertilizer, Oxisol, Ultisol, Central Amazon.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Doutorado da autora junto à École National Supérieure d'Agriculture et des Industries Alimentaire, Nancy, França, 1993. Trabalho apresentado na XXI Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, em Petrolina (PE), de 28/8 a 2/9 de 1994. Recebido para publicação em julho de 1995 e aprovado em maio de 1997.

⁽²⁾ Pesquisadora do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA), Caixa Postal 478, CEP 69083-000, Manaus (AM).

INTRODUÇÃO

Aproximadamente 75% dos solos da Amazônia, regionalmente conhecidos como *terra firme*, são classificados como latossolo amarelo e podzólico vermelho-amarelo. São solos profundos, bem drenados, em geral com boas propriedades físicas, mas de baixa fertilidade natural (Sanchez et al., 1982). Os nutrientes neles presentes e, principalmente, na biomassa da floresta primária encontram-se em ciclo dinâmico, que é rompido pela conversão da floresta em sistemas agrícolas. As pesquisas desenvolvidas na Amazônia têm chamado a atenção para o ciclo do nitrogênio, um dos elementos com o nível mais reduzido no solo, em consequência da atividade agrícola na região (Sanchez et al., 1983; Smyth et al., 1987).

Existem poucas informações sobre a dinâmica de N nos solos da Amazônia, assim como estudos de balanço de nitrogênio, utilizando-se o isótopo de ^{15}N como traçador (Alfaia et al., 1992). Com a utilização do ^{15}N , é possível seguir o destino do nitrogênio proveniente dos fertilizantes, na planta e no solo, durante todo o ciclo da cultura. As quantidades de ^{15}N determinadas na colheita mostram que somente uma parte do N do fertilizante é recuperada pela planta, a qual é medida pela porcentagem de utilização (Remy & Viaux, 1982).

O presente trabalho teve como objetivo estudar o destino de diferentes formas de fertilizantes nitrogenados, marcados com ^{15}N , nos dois principais solos da região da Amazônia Central, classificados como latossolo amarelo e podzólico vermelho-amarelo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em 1992, em Nancy (França), utilizando-se amostras de solo coletadas na camada de 0-30 cm dos dois principais solos de terra firme da região de Manaus, classificados como latossolo amarelo (LA) textura muito argilosa e podzólico vermelho-amarelo (PV) textura arenosa-argilosa. Antes da aplicação dos tratamentos, as principais propriedades físicas e químicas desses solos eram: (a) LA: pH em água 4,6; N total $1,4 \text{ g kg}^{-1}$; C $17,8 \text{ g kg}^{-1}$; CTC $54 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e 110, 50 e 840 g kg^{-1} de areia, silte e argila, respectivamente; (b) PVA: pH em água 4,7; N total $0,51 \text{ g kg}^{-1}$; C $10,9 \text{ g kg}^{-1}$; CTC $24 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e 640, 60 e 300 g kg^{-1} de areia, silte e argila, respectivamente.

A experiência foi desenvolvida em vasos com 300 g de solo. Aplicaram-se, por vaso, 20 ml de uma solução contendo: 30 mg de P ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$), 24 mg de K (KCl), 15 mg de Ca (CaCO_3), 9 mg de Mg ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 1,5 mg de Zn ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 1,5 mg de Cu ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) e 1,5 mg de Mn ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Todas as fontes de nutrientes foram sais p.a. Os vasos foram submetidos a cinco tratamentos, correspondendo, quatro deles, a duas formas de fertilizantes (uréia e sulfato de amônio) com dois níveis de aplicação

(30 e 60 mg kg^{-1} de N), sendo o quinto sem aplicação de N ou testemunha. A uréia continha 34,5% de átomos de excesso de ^{15}N e o sulfato de amônio, 40%. A planta teste utilizada foi o "rye-grass" da Itália (*Lolium multiflorum* L.), semeada numa quantidade de 500 mg de sementes/vaso. Os vasos, colocados numa câmara fitotônica à temperatura de 28°C , umidade relativa do ar de 80% e iluminação equivalente a 12.000 lux durante 14 horas por dia, foram, diariamente, irrigados, de maneira a manter a umidade do solo a 80% da capacidade de campo. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com quatro repetições.

Foram efetuados três cortes nas plantas: o primeiro, a 1 cm acima do nível do solo, aos 21 dias após a emergência, período em que a maior parte dos perfilhos apresentava altura em torno de 20 cm; o segundo, 21 dias depois do primeiro corte, a 1 cm do solo, tendo os perfilhos altura média de, aproximadamente, 12 cm; o terceiro, decorridos 21 dias do segundo corte, rente ao solo, com os perfilhos apresentando cerca de 8 cm de altura. Após cada corte, a parte aérea foi posta em sacos de papel e seca em estufa a 65°C até peso constante para determinação da massa de matéria seca, sendo, em seguida, passada em moinho. Após o terceiro corte, as raízes foram separadas do solo, lavadas cuidadosamente em água corrente, usando-se peneiras de plástico para evitar a perda de material; em seguida, foram lavadas em água destilada e secas em estufa (65°C) para quantificação da massa seca.

O nitrogênio total do solo e da planta foi determinado pelo processo de digestão ácida a quente e destilação segundo o método Kjeldahl-Olsen (Guiraud & Fardeau, 1977). No solo, o N total foi determinado após a extração do nitrogênio mineral, sendo, em seguida, as amostras de solo secas ao ar e, posteriormente, digeridas e destiladas.

As análises isotópicas de ^{15}N foram feitas por espectrometria de emissão, após a transformação do nitrogênio amoniacal em N_2 pelo método de Dumas (Fiedler & Proksch, 1975; Martin et al., 1981).

Após o cultivo do "rye-grass", o pH do solo dos diversos tratamentos foi determinado em água (2:1).

A porcentagem do N na planta proveniente do fertilizante (% Nppf) e a porcentagem de utilização do N-fertilizante (% do N aplicado) foram calculadas pelas seguintes fórmulas:

$$\% \text{ Nppf} = (\text{Epl}/\text{Ef})100$$

$$\% \text{ Utili. fert.} = \text{QN} \times \% \text{ Nppf}/\text{F}$$

onde:

Epl e Ef = % de átomos de ^{15}N em excesso na planta e no fertilizante respectivamente; QN = quantidade total de N contida nas plantas; F = quantidade total de N aplicado como fertilizante.

Efetuar-se análises da variância para a porcentagem de utilização do fertilizante aplicado, sendo os resultados de produção de matéria seca e absorção de N pelas plantas correlacionados com as doses de N aplicadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de matéria seca e absorção de N pela planta

Os rendimentos acumulados em matéria seca da parte aérea e da raiz do "rye-grass" encontram-se na figura 1. Nos dois solos, a produção de matéria seca aumentou significativamente com a aplicação dos fertilizantes nitrogenados. O ponto de máximo acúmulo ocorreu com a aplicação de 60 mg kg⁻¹ de N. No LA, a produção de matéria seca aumentou segundo um modelo quadrático em função da dose de N, enquanto, no PV, o aumento de produção foi linear. A produção de matéria seca sem adição de N foi maior no LA, provavelmente devido a seu maior teor de matéria orgânica e N total. Além disso, as plantas cultivadas no LA apresentaram uma resposta menor à adubação nitrogenada entre as doses 30 e 60 mg kg⁻¹ de N. Em relação à testemunha, o aumento em produção no LA variou entre 26 e 30%, enquanto, no PV, variou entre 10 e 33%. Ausência de resposta a doses elevadas de N foram observadas por Smyth et al. (1987) em condições de campo num latossolo amarelo da Amazônia Central, com as culturas de arroz e milho. Segundo van Wambeke (1992), apesar da baixa fertilidade dos latossolos, numerosos trabalhos têm mostrado que sua produtividade pode ser aumentada em níveis correspondentes aos de solos de alta fertilidade, com a aplicação de pequena quantidade de fertilizantes (Sanchez & Salinas, 1981; Smyth et al., 1987).

Para ambas as fontes testadas, o aumento da dose de N foi acompanhado pelo aumento do N total na parte aérea e raízes das plantas de "rye-grass" (Figura

1), sendo esse efeito, com exceção do tratamento com uréia no LA, positivo e linear nos demais tratamentos. Com a aplicação de sulfato de amônio, as quantidades de N absorvidas pelo "rye-grass" no LA foram, aproximadamente, 30 a 70% superiores às da testemunha, enquanto, com a aplicação de uréia, esses valores foram maiores e variaram entre 50 e 90%. No PV, as quantidades de N absorvidas foram também mais elevadas na presença de uréia. Em relação à testemunha, os aumentos em absorção foram 60 e 100%, respectivamente, para as doses de 30 e 60 mg kg⁻¹ de N como sulfato de amônio e 80 e 140% para as mesmas doses de N-uréia.

Porcentagem de utilização de N do fertilizante

Os resultados da porcentagem total de utilização do N do fertilizante pela planta, os quais indicam quanto do ¹⁵N aplicado foi utilizado, mostraram, em ambos os solos, que houve maior utilização do N aplicado como uréia (Quadro 1). Para o resultado dos três cortes sucessivos mais o do sistema radicular, a porcentagem de utilização foi significativamente mais elevada no tratamento com a aplicação de uréia do que com a de sulfato de amônio. No LA, a porcentagem de utilização apresentou teores em torno de 66% para as duas doses de N na forma de uréia, valores esses habitualmente encontrados em ensaios em condições controladas (Guiraud, 1984). Os valores de porcentagem de recuperação para o sulfato de amônio foram muito mais baixos, entre 45,1 e 48,7%, para as doses de 30 e 60 mg kg⁻¹ de N respectivamente. No PV, as porcentagens de utilização encontradas seguiram a mesma tendência das obtidas no LA: 60,8 e 69,8%, com aplicação de uréia, nas doses de 30 e 60 mg kg⁻¹ de N, respectivamente, e 43,6 e 46,4 com a

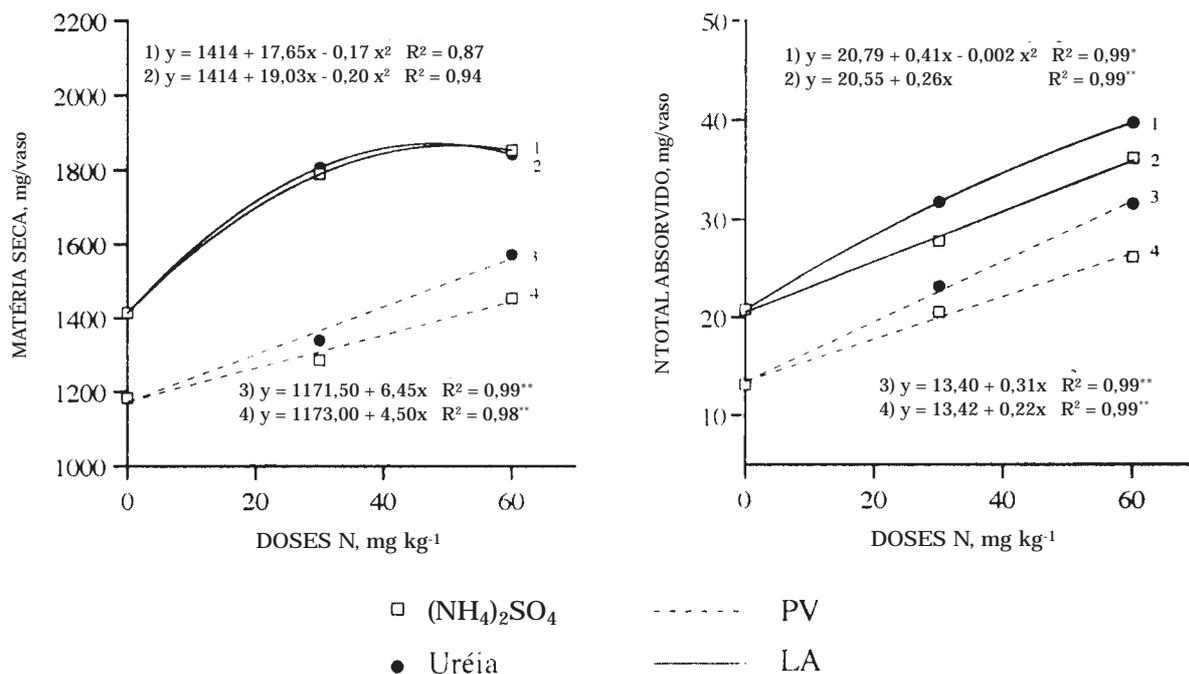


Figura 1. Distribuição de N proveniente do solo e do fertilizante na parte aérea do "rye-grass" em dois solos da Amazônia Central.

Quadro 1. Balanço do nitrogênio exportado pela cultura de "rye-grass", cultivado em vasos em dois solos da Amazônia Central

Fertilizantes Dose	Parte aérea												Sistema radicular				Total		
	Primeiro corte				Segundo corte				Terceiro corte				M.S	N absorv.	Utiliz. N	Nppf	Utiliz. N	Nppf	
	N	M.S.	N absorv.	Utiliz. N ⁽¹⁾	Nppf ⁽²⁾	M.S.	N absorv.	Utiliz. N	Nppf	M.S.	N absorv.	Utiliz. N							Nppf
mg kg ⁻¹	mg/vaso	mg/vaso	%	mg/vaso	mg/vaso	%	mg/vaso	mg/vaso	%	mg/vaso	mg/vaso	%	mg/vaso	%	mg/vaso	%			
Latossolo amarelo																			
Testemunha	0	438	11,26	-	-	233	2,96	-	-	160	1,73	-	-	583	4,84	-	-	-	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	30	553	15,87	30,8	17,5	300	4,11	5,7	12,5	190	1,90	1,9	9,1	745	5,89	6,7	10,3	45,1	14,6
	60	593	23,54	35,2	27,0	308	4,22	5,1	21,6	197	2,01	1,8	16,0	753	6,40	6,6	18,4	48,7	24,2
Uréia	30	533	19,72	47,7	21,9	320	4,06	7,6	16,8	193	1,99	3,0	13,6	760	5,93	8,2	12,3	66,5	19,0
	60	598	26,25	47,3	32,7	315	4,66	7,8	30,2	208	2,14	2,6	21,8	719	6,69	8,4	22,6	66,1	30,1
DMS ⁽³⁾	-	-	-	3,32	1,16	-	-	0,68	2,59	-	-	0,54	0,99	-	-	1,32	1,39	3,67	1,05
Podzólico vermelho-amarelo																			
Testemunha	0	323	5,65	-	-	115	1,46	-	-	105	0,80	-	-	641	5,19	-	-	-	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	30	483	12,03	28,1	21,0	155	2,06	4,3	18,7	135	1,19	1,9	14,0	513	5,28	9,3	15,9	43,6	19,1
	60	513	16,52	32,9	35,8	208	2,79	4,8	30,8	173	1,45	1,7	21,5	560	5,38	7,0	23,5	46,4	31,9
Uréia	30	490	14,41	41,1	25,7	160	2,13	5,5	23,3	155	1,24	2,6	19,2	535	5,40	11,6	19,3	60,8	23,6
	60	593	21,23	50,4	42,8	213	3,05	7,0	41,2	200	1,60	2,7	30,7	565	5,65	9,7	31,1	69,8	40,0
DMS ⁽³⁾	-	-	-	5,19	3,80	-	-	1,20	2,64	-	-	0,60	1,07	-	-	1,18	1,07	5,52	2,59

⁽¹⁾ Recuperação em relação à dose de N aplicada. ⁽²⁾ N na planta proveniente de fertilizante. ⁽³⁾ Tukey 5%.

aplicação de sulfato de amônio, respectivamente, nas mesmas doses.

Em ambos os solos, a porcentagem de utilização foi mais elevada no primeiro corte, com teores de 28,1 a 50,4%, caindo para 4,3 a 7,8% no segundo corte e 1,7 a 3,0% no terceiro. Tais resultados mostram a rápida disponibilidade desses fertilizantes em três semanas e estão de acordo com os de outros trabalhos que têm mostrado elevada recuperação no primeiro corte, caindo acentuadamente no segundo e terceiro (Tyler & Broadbent, 1958; Smith & Chalk, 1980; Guiraud, 1984).

No quadro 1, encontram-se os resultados da porcentagem do N na planta proveniente do fertilizante (Nppf) em relação à quantidade total de N absorvido. O complemento a 100% corresponde ao N proveniente do solo. Em ambos os solos, os teores de Nppf mostram que o N do fertilizante contribuiu pouco para a nutrição da planta e aumentou significativamente em função da dose e fonte do fertilizante aplicado. O Nppf foi maior em plantas que receberam 60 mg kg⁻¹ de N na forma de uréia e menor nas que receberam 30 mg kg⁻¹ de N na forma de sulfato de amônio. Segundo Machet et al. (1987), mesmo quando o fertilizante é bem utilizado, sua contribuição pode representar apenas pequena proporção da quantidade total do N absorvido pela planta.

Os teores de Nppf foram maiores no primeiro corte e diminuíram gradualmente no segundo e terceiro. De modo geral, na raiz, o teor de Nppf foi menor que na parte aérea (somatório das partes); no entanto, em relação somente ao terceiro corte, os valores obtidos foram semelhantes. A alta mobilidade e a dinâmica

dos compostos nitrogenados dentro da planta são as causas da pequena variação na composição isotópica do N nas diferentes partes da planta (Urquiaga, 1982, citado por Coelho et al., 1991).

Não existem trabalhos que comparem fontes de fertilizantes nitrogenados em solos de terra firme da Amazônia Central. De acordo com Sanchez et al. (1976), as pesquisas nos trópicos, de maneira geral, mostraram não haver diferenças entre uréia, sulfato de amônio e outras fontes de fertilizantes nitrogenados. Quando o sulfato de amônio foi superior à uréia, isso foi devido à deficiência de enxofre e perdas por volatilização da uréia. Quando esta se mostrou superior ao sulfato de amônio, as diferenças deveriam-se ao efeito acidificante do sulfato de amônio em solos já ácidos.

A análise do pH do solo efetuada após o cultivo do "rye-grass" mostrou que houve um aumento do pH do solo em todos os tratamentos, provavelmente devido à aplicação de CaCO₃ e demais nutrientes. A figura 2 mostra que, em relação à testemunha, os tratamentos com aplicação de uréia apresentaram um pequeno aumento no valor do pH, enquanto nos tratamentos com aplicação de sulfato de amônio ocorreu leve decréscimo no pH do solo. Esses resultados estão de acordo com os de outros estudos que descrevem variações no pH do solo sob efeito desses fertilizantes (Awad & Edwards, 1977; Pertti, 1985, e Okereke & Meints, 1985). As variações do pH do solo foram pequenas, porém mais acentuadas na presença do sulfato de amônio e com a maior dose de N aplicada. De acordo com Adams & Martin (1984), a acidez depende dos efeitos integrados das propriedades do solo, do sistema de cultivo, do modo de aplicação, da dose e forma do N aplicado.

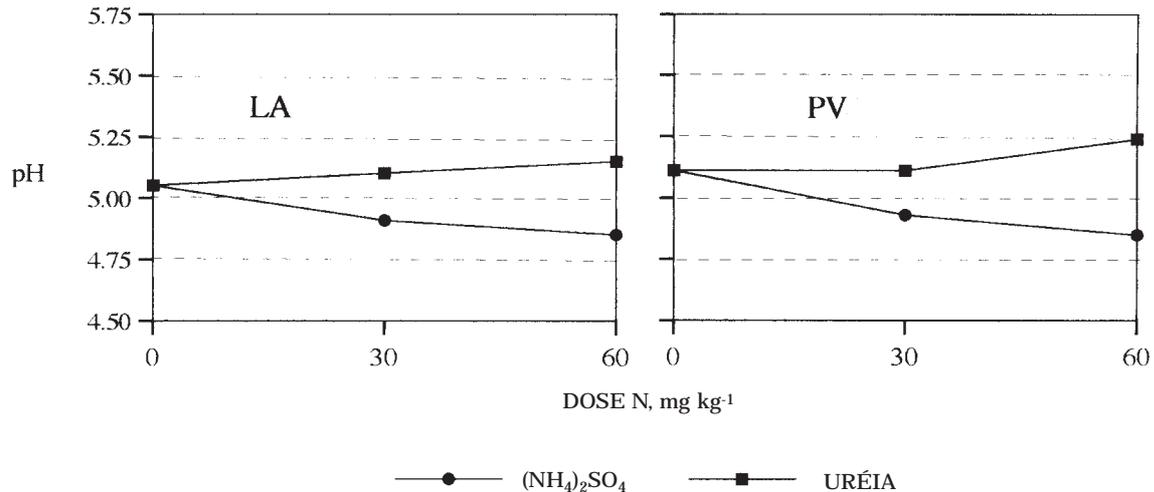


Figura 2. Variação do pH do solo sob efeito dos fertilizantes após o cultivo do "rye-grass" em dois solos da Amazônia Central

Interação entre o N do fertilizante e o N do solo

Na figura 3 encontra-se a distribuição dos teores de N provenientes do solo e do fertilizante na parte aérea da planta (soma de três cortes): as plantas das parcelas que receberam fertilizantes nitrogenados apresentaram teores mais elevados de N proveniente do solo do que as da parcela testemunha. Houve interação positiva entre o N do fertilizante e o N do solo. Os trabalhos com utilização de ^{15}N têm mostrado, muitas vezes, que a aplicação de fertilizantes nitrogenados aumenta a absorção de N proveniente do solo pelas plantas. As explicações para esse fenômeno, denominado na literatura de "priming effect" ou "Added nitrogen interaction" (ANI) (Westerman & Tucker, 1974, Wickramasighe et al., 1985; Hart et al., 1986, e Azam et al., 1991), foram bem descritas por Jenkinson et al. (1985).

A figura 3 indica que a intensidade dessa interação foi mais acentuada nos tratamentos que receberam maiores doses de N. Aumentos da mineralização do N orgânico do solo, causados pela aplicação de fertilizantes nitrogenados, foram também observados por Alfaia et al. (1995) em um latossolo amarelo da Amazônia Central.

Balço do ^{15}N após o cultivo do "rye-grass"

O nitrogênio mineral restante no solo no final do ciclo da cultura do "rye-grass" foi determinado, sendo as quantidades obtidas inferiores a 4 mg kg^{-1} de N, não representando, portanto, valores importantes para serem tomados em conta. Quanto ao N orgânico, imobilizado biologicamente no solo, os valores diferiram de acordo com o tipo de solo, a dose e a forma de adubo (Quadro 2). A importância dessa imobilização é que ela representa uma forma de estoque de N no solo relativamente estável, podendo contribuir para a manutenção desse nutriente no solo a longo prazo (Jacquin & Vong, 1989). O balanço do ^{15}N após a cultura mostrou que a imobilização do N nos dois solos foi mais importante na presença de uréia que na de

sulfato de amônio. Segundo Okereke & Meints (1985), a aplicação de uréia induziu importante aumento do pH do solo, enquanto a de sulfato de amônio provocou leve diminuição do pH. O aumento do pH provocado pela uréia teria induzido maior imobilização do N na presença do fertilizante. De acordo com esses autores, isso, provavelmente, é devido aos diferentes tipos de microrganismos que podem desenvolver no solo com a mudança do pH.

O N restante do fertilizante que não foi removido pela planta nem imobilizado no solo, que se pode considerar como perdido, foi maior no tratamento com sulfato de amônio que naquele com uréia (Quadro 2). É provável que a liberação imediata do N do sulfato de amônio tenha facilitado perda mais rápida do sistema, enquanto a hidrólise mais lenta da uréia tenha favorecido a absorção de N. Também, a maior taxa de imobilização da uréia na fração orgânica do solo pode ter contribuído para a manutenção do N no sistema por um período mais longo, uma vez que o N imobilizado se torna menos suscetível a perdas (Broadbent & Nakashima, 1965). Esses resultados seguem a mesma tendência dos obtidos em outras

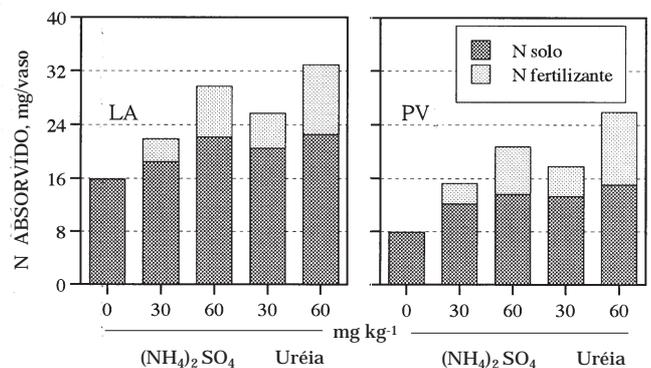


Figura 3. Distribuição de N proveniente do solo e do fertilizante na parte aérea do "rye-grass", em dois solos da Amazônia Central.

Quadro 2. Balanço do ¹⁵N-fertilizante, aplicado no "rye-grass", cultivado em vasos em dois solos da Amazônia Central

Fertilizantes	Dose aplicada	N orgânico no solo	N do fertilizante			Perdido
			No solo (a)	Nas plantas (b)	(a + b)	
		mg kg ⁻¹	%			
Latossolo amarelo						
Testemunha	0	1.406	-	-	-	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	30	1.347	18,0	45,1	63,1	36,9
	60	1.540	13,1	48,7	61,8	38,2
Uréia	30	1.422	24,7	66,5	91,2	8,8
	60	1.544	17,2	66,1	83,3	16,7
Podzólico vermelho-amarelo						
Testemunha	0	567	-	-	-	-
(NH ₄) ₂ SO ₄	30	659	14,3	43,6	57,9	42,1
	60	680	10,1	46,4	56,5	43,5
Uréia	30	558	20,8	60,8	81,6	18,9
	60	628	15,4	69,8	85,2	14,8

experiências em condições de campo (Alfaia et al., 1992) e em condições controladas (Alfaia et al., 1995), cujas perdas foram sempre mais elevadas na presença de sulfato de amônio que na de uréia. Nas condições de campo, elas foram muito mais elevadas, sendo que a lixiviação parece ter sido a principal causa. Nas condições dessa experiência, as perdas provenientes do sulfato de amônio são importantes e talvez expliquem a baixa utilização do N pelas plantas na presença desse fertilizante. Considerando que as perdas por lixiviação foram nulas devido à técnica de cultura utilizada, elas podem ter ocorrido por via gasosa. Como as perdas por volatilização são possivelmente baixas nas condições deste trabalho, devido ao baixo pH dos solos estudados (Adams & Martin, 1984), talvez elas tenham ocorrido por desnitrificação. Alguns trabalhos têm demonstrado perdas substanciais por desnitrificação em solos com pH situado entre 4,1 e 4,7 (Wickramasinghe et al., 1978; Wickramasinghe & Talibudeen, 1981). Perdas por desnitrificação também podem ter sido favorecidas pelas raízes do "rye-grass", já que tais perdas são favorecidas pela presença de plantas que fornecem uma fonte de carbono indispensável aos microrganismos desnitrificadores (Martinez, 1989).

Neste estudo, foi observado que, dependendo do fertilizante, perdas elevadas de N podem ocorrer. Esses resultados mostram que há premência de estudos que permitam não somente quantificar essas perdas como verificar por que um fertilizante amoniacal como o sulfato de amônio é mais suscetível a perdas do que a uréia nas condições de solo e clima da Amazônia.

CONCLUSÕES

1. Houve diferenças marcantes na utilização de N pela planta em função da forma de fertilizante aplicado. Em ambos os solos, houve maior utilização

do N aplicado como uréia do que como sulfato de amônio. Entre 60 e 70% do N aplicado como uréia foi absorvido pela planta, enquanto, com a aplicação de sulfato de amônio, esses valores variaram entre 44 e 49%.

2. A imobilização do N nos dois solos foi maior na presença de uréia e as perdas por via gasosa, estimadas por diferença, foram mais elevadas no tratamento com sulfato de amônio.

LITERATURA CITADA

- ADAMS, F. & MARTIN, J.B. Liming effects on nitrogen. Use and efficiency. In: HAUCK, R.D., ed. Nitrogen in crop production. Madison, American Society of Agronomy, 1984. p.417-426.
- ALFAIA, S.S.; JACQUIN, F. & GUIRAUD, G. Transformation of nitrogen fertilizers in Brazilian Amazonia soils. ASRR, New York, 9:335-340, 1995.
- ALFAIA, S.S.; JACQUIN, F.; GUIRAUD, G.; MURAOKA, T. & RIBEIRO, G.A. Devenir des fertilisants azotes dans un Ultisol de l'Amazonie Brésilienne. In: Troisièmes Journées Nationales de l'Étude des Sols. Lausanne, 1992. Resumos. Lausanne, Association Française pour l'Étude du Sol. 1992. p.1.
- AWAD, A.S. & EDWARDS, D.G. Reversal of effects of heavy ammonium sulfate on growth and nutrient status of a kikuyu pasture. *Plant Soil*, The Hague, 48:169-183, 1977.
- AZAM, F.; LODHI, A. & ASHRAF, M. Interaction of ¹⁵N-labelled ammonium nitrogen with native soil nitrogen during incubation and growth maize (*Zea mays* L.). *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, 17:625-630, 1991.
- BROADBENT, F.E. & NAKASHIMA, T. Plant recovery of immobilized nitrogen in greenhouse experiments. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 29:692-696, 1965.
- COELHO, A.M.; FRANÇA, F.E.; BAHIA, A.F.C. & GUEDES, G.A.A. Balanço de nitrogênio (¹⁵N) em um latossolo vermelho-escuro, sob vegetação de cerrado, cultivado com milho. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 15:187-193, 1991.

- FIEDLER, R. & PROKSCH, G. The determination of nitrogen 15 by emission and mass spectrometry in biochemical analysis: a review. *Anal. Chim. Acta*, Amsterdam, 78:1-62, 1975.
- GUIRAUD, G. Contribution du marquage isotopique a l'évaluation des transferts d'azote entre les compartiments organique et minéraux dans les systèmes sol-plante. Paris, Université Pierre et Marie Curie, 1984. 335p. (Tese de Doutorado)
- GUIRAUD, G. & FARDEAU J.C. Dosage par la méthode Kjeldahl des nitrates contenus dans les sols et les vegetaux. *Ann. Agron.*, Paris, 28:329-333, 1977.
- HART, P.B.S.; RAYNER, J.H. & JENKINSON, D.S. Influence of pool substitution on the interpretation of fertilizer experiments with ¹⁵N. *J. Soil Sci.*, Oxford, 37:389-403, 1986.
- JACQUIN, F. & VONG, P.C. Incorporation of a nitrogen fertilizer in the humified compounds of a typic hapludalf. *Sc. Total Environ.*, Amsterdam, 81/82:465-469, 1989.
- JENKINSON, D.S.; FOX, R.H. & RAYNER, J.H. Interaction between fertilizer nitrogen and soil nitrogen. The so-called "priming" effect. *J. Soil Sci.*, Oxford, 36:425-444, 1985.
- MACHET, J.M.; PIERRE, D.; RECOUS, S. & REMY, J.C. Signification du coefficient réel d'utilisation et conséquences pour la fertilisation azotée des cultures. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, Paris, 73:39-55, 1987.
- MARTIN, F.; MAUDINAS, B.; CHEMARDIN, M. & GADAL, P. Preparation of submicrogram nitrogen samples for isotope analysis by GS1 emission spectrometer. *IARI, Londres*, 32:215-217, 1981.
- MARTINEZ, J. Intervention d'une culture dérobée de ray-grass sur les transferts d'azote dans le système sol/plante/eau lors d'une succession culturale blé/maïs. Étude par traçage isotopique ¹⁵N au cours d'essais au champ et en lysimètres. Perpignan, Université de Perpignan, 1989. 183p. (Tese de Doutorado)
- OKEREKE, G.U. & MEINTS V.W. Immediate immobilisation of labeled ammonium sulfate and urea nitrogen in soils. *Soil Sci.*, Baltimore, 140:105-109, 1985.
- PERTTI, J.M. Nitrification in forest soils of different pH as affected by urea, ammonium sulphate and potassium sulphate. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, 17:363-367, 1985.
- REMY, J.C. & VIAUX, P. The use of nitrogen fertilizers in intensive wheat growing in France. *Proc. Fertil. Soc. London*, 211:67-92, 1982.
- SANCHEZ, P.A.; BANDY, D.E.; VILLACHICA, J.H. & NICHOLAIDES, I. Amazon Basin soils: management for continuous crop production. *Science*, Washington, 216:821-827, 1982.
- SANCHEZ, P.A. & SALINAS, J.G. Low-input technology for managing LA and PVA in tropical America. *Adv. Agron.*, New York, 34:279-406, 1981.
- SANCHEZ, P.A.; VILLACHICA, J.H. & BAND, D.E. Soil fertility dynamics after clearing a tropical rainforest in Peru. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 47:1171-1178, 1983.
- SMITH, C.J. & CHALK, P.M. Comparison of the efficiency of urea, aqueous ammonia and ammonium sulphate as nitrogen fertilizers. *Plant Soil*, The Hague, 55:333-337, 1980.
- SMYTH, T.J.; CRAVO, M.S. & BASTOS, J.B. Soil nutrient dynamics and fertility management for sustained crop production on LAs in the Brazilian Amazon. In: CAUDLE, N. & McCANTS, C.B., eds. Raleigh, North Carolina State University, 1987. p.88-94. (TropSoils technical report 1985-1986)
- TYLER, K.B. & BROADBENT, F.E. Nitrogen uptake by ryegrass from three tagged ammonium fertilizers. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 22:231-234, 1958.
- van WAMBEKE, A. *Soils of the tropics: properties and appraisal*. 1 ed. New York, McGraw-Hill, 1992. 333p.
- WESTERMAN, R.L. & TUCKER T.C. Effect of salts and salts plus nitrogen-15-labelled ammonium chloride on mineralization of soil nitrogen, nitrification and immobilization. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, 38:602-605, 1974.
- WICKRAMASINGHE, K.N. & TALIBUDEEN, O. Denitrification in a very acid tropical soil. *J. Soil Sci.*, Oxford, 32:119-131, 1981.
- WICKRAMASINGHE, K.N.; RODGERS, G.A. & JENKINSON, D.S. Transformations of nitrogen fertilizers in soil. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, 17:625-630, 1985.