

## TRANSFORMAÇÃO E DESLOCAMENTO DO ÍON AMÔNIO EM SOLO DA SÉRIE ITAGUAI<sup>1</sup>

JAIR ROCHA LEAL<sup>2</sup> e ROBERTO ALVAHYDO<sup>3</sup>

### Sinopse

Foi feito um experimento de campo, em solo arenoso da Série Itaguaí, com o objetivo de estudar o movimento e transformação do íon  $\text{NH}_4^+$  em condições naturais.

Três parcelas foram adubadas com sulfato de amônio à base de 700 kg/ha e três parcelas mantidas como testemunhas, num esquema totalmente casualizado. O solo foi conservado aproximadamente limpo durante os 149 dias do experimento e anotadas as precipitações pluviométricas ocorridas no período.

Amostras de solo foram coletadas em 7 épocas diferentes, a quatro profundidades (0-7, 7-14, 14-21 e 21-28 cm) nas parcelas adubadas e testemunhas e analisadas quanto aos teores de  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  e umidade.

Concluímos que não houve perdas sensíveis de nitrogênio amoniacal por percolação, pois o  $\text{NH}_4^+$  atingiu no máximo a profundidade de 14 cm; ao fim de aproximadamente dois meses todo o nitrogênio amoniacal foi nitrificado; a maior parte do nitrogênio adicionado foi perdido sob forma de  $\text{NO}_3^-$ ; o efeito da adubação amoniacal, nas condições do experimento, foi de quatro meses e meio.

### INTRODUÇÃO

O estudo de nitrificação e deslocamento dos íons  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  no solo é objeto de extensa literatura internacional. No Brasil, entretanto, os dados experimentais a respeito são escassos, resumindo-se principalmente em trabalhos sobre os solos de São Paulo (Verdade 1951, Kupper *et al.* 1935).

No Estado do Rio, à parte o trabalho de Eira *et al.* (1968) sobre o movimento de nitrato no solo, não temos qualquer estudo de campo sobre a transformação ou deslocamento do íon amônio no solo, fato que nos levou à realização deste experimento, uma vez que o íon  $\text{NH}_4^+$  é uma das formas mais comumente empregadas para o fornecimento de nitrogênio ao solo.

Em nosso trabalho, após a aplicação de uma forte adubação de sulfato de amônio no solo, procuramos acompanhar a transformação do íon  $\text{NH}_4^+$  em  $\text{NO}_3^-$  e o deslocamento de ambos através da lixiviação.

Nosso principal objetivo prático foi verificar o tempo de atuação de uma adubação nitrogenada amoniacal nas condições naturais de campo.

Paralelamente acompanhamos o que acontecia com os íons  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  pré-existentes no solo, em condições naturais.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Solo

O experimento foi instalado em uma área uniforme, com ligeiro declive, de solo arenoso da Série Itaguaí (Mendes *et al.* 1954), classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo (Barros *et al.* 1958). Os solos desta série se distribuem largamente na área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS), constituindo as pequenas elevações da região, e são provenientes da decomposição de gnaisse. Apresentam de modo geral horizontes bem diferenciados, drenagem boa e um horizonte  $B_2$  vermelho, com estrutura em blocos subangulares bem desenvolvida.

Localizamos o experimento junto ao topo de uma destas elevações, numa área não utilizada nos cinco anos anteriores.

Os resultados das análises química e mecânica do solo da área do experimento são apresentados nos Quadros 1 e 2.

<sup>1</sup> Recebido 6 jul. 1970, aceito 19 ago. 1970.

Trabalho iniciado em 1965 com auxílio do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), através de bolsa concedida ao primeiro autor.

<sup>2</sup> Professor Auxiliar de Ensino do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Km 47, Campo Grande, GB, ZC-26, e bolsista do CNPq.

<sup>3</sup> Professor Catedrático de Química Analítica e Chefe do Departamento de Física e Química da UFRRJ e Eng.º Agrônomo da Seção de Solos do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS), Km 47, Campo Grande, GB, ZC-26.

QUADRO 1. Resultados da análise química do solo

pH	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimil. (mg/100g solo)	C (g/100g solo)	N (g/100g solo)	Complexo sorbivo (m.eq./100g solo)							
				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	T	V
5.7	4,2	0,69	0,10	1,80	0,80	0,14	0,24	2,98	1,07	4,05	73

\* Amostra superficial: 0—20 cm.

QUADRO 2. Resultados da análise mecânica do solo

Profundidade (cm)	Calhaus (%)	Cascalho (%)	TFSA (%)	Areia grossa (%)	Areia fina (%)	Silte (%)	Argila (%)
0-7	0,8	3,1	96,1	62,9	18,7	6,0	12,4
7-14	0,6	2,9	96,5	52,6	26,2	7,2	14,0
14-21	1,0	3,2	95,8	50,5	28,4	5,9	15,2
21-28	6,3	5,4	88,3	51,3	23,1	8,0	17,6

### Esquema experimental

O delineamento experimental empregado foi o "inteiramente casualizado", com um total de seis parcelas. Três parcelas receberam a adubação amoniacal, ficando as outras três como testemunhas.

As parcelas tiveram dimensões de 3 x 4 m, conferindo ao experimento uma área útil total de 72 m<sup>2</sup>. Na escolha das dimensões levamos em consideração o número máximo de amostras a ser coletado no experimento, bem como o espaçamento entre os vários pontos de amostragem, a fim de que a coleta de amostra em um ponto não interferisse nas condições naturais de pontos contíguos.

Uma vez escolhida a área, foi feita uma aração superficial para a eliminação da vegetação existente, seguida de uma passada de ancinho para nivelamento do solo e remoção de todos os restos da vegetação.

Cada parcela foi delimitada por um fio de arame liso, marcado com tinta esmalte de 60 em 60 cm, no sentido do comprimento e da largura. A atribuição de letras e números a estas marcas possibilitou a localização e escolha dos pontos de amostragem por meio de sorteio.

### Adubação

O sulfato de amônio foi aplicado na base de 700 kg por hectare, o que corresponde a 840 g por parcela adubada.

Para a aplicação do adubo ao solo fêz-se previamente uma mistura, a mais homogênea possível, do

adubo com uma certa porção de solo do local, de modo a possibilitar maior uniformidade na distribuição, a qual foi feita à mão, com todo o cuidado. Em seguida passou-se o ancinho em várias direções para assegurar a homogeneidade da distribuição.

### Coleta e preparação das amostras

Os pontos para coleta de amostras foram todos sorteados, para cada parcela, no início do experimento.

Em cada ponto, nos dias pré-estabelecidos, as amostras eram coletadas a quatro profundidades: 0-7 cm, 7-14cm, 14-21 cm e 21-28 cm. Para esse fim foi utilizado um cilindro metálico de 5 cm de diâmetro interno, com esta graduação de profundidade marcada ao longo de seu comprimento.

O cilindro era introduzido até a primeira profundidade no solo e a amostra obtida no seu interior transferida para um saco plástico devidamente etiquetado (parcela-ponto-profundidade). Depois nova introdução era feita no mesmo ponto, porém desta vez até a segunda profundidade, e o conteúdo transferido para outro saco plástico correspondente. Mesmo procedimento era repetido até a quarta profundidade. Para que a amostra fôsse mais representativa da parcela, além de retirá-la no ponto sorteado, mais quatro pontos ao seu redor eram amostrados, num raio de 20 cm. As amostras obtidas nestes cinco pontos eram reunidas em um único saco coletor, sendo utilizado um saco para cada profundidade.

As amostras eram em seguida transportadas para o laboratório, onde eram destorroadas e passadas através de tamis de 5 mm de malha.

A extração do  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  das amostras para a análise química era realizada no mesmo dia da coleta ou no máximo no dia seguinte; quando ocorria o último caso, tomava-se o cuidado de adicionar al-

guns mililitros de tolueno às amostras no interior dos sacos plásticos e de fechá-los hermêticamente, para prevenir contra a nitrificação (Jackson 1958).

A primeira coleta de amostra foi feita no dia de aplicação do adubo, ou seja, no dia 14 de junho de 1965. As datas das demais épocas de amostragem encontram-se no Quadro 3.

QUADRO 3. Teores de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ , em ppm, a diversas profundidades, nas parcelas testemunhas e adubadas (médias de três repetições)

Profundidades (cm)		1.ª amostragem (14/6/65)		2.ª amostragem (2/7/65)		3.ª amostragem (21/7/65)		4.ª amostragem* (17/8/65)		5.ª amostragem (15/10/65)		6.ª amostragem (28/10/65)		7.ª amostragem (11/11/65)	
		$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^-$
0-7	T <sup>b</sup>	<0,4	2,3	6,8	9,6	<0,4	4,8	0,4	—	<0,4	8,8	<0,4	9,6	<0,4	9,3
	A <sup>b</sup>	102,7	3,8	116,1	12,1	98,0	15,1	<0,4	—	1,2	10,3	<0,4	9,5	2,1	7,5
7-14	T	<0,4	2,5	15,4	6,3	<0,4	7,4	<0,4	—	<0,4	10,3	<0,4	9,0	<0,4	7,7
	A	23,0	2,0	33,4	4,6	22,3	24,3	<0,4	—	<0,4	13,0	<0,4	9,4	1,9	7,9
14-21	T	<0,4	<1,0	6,0	3,7	<0,4	8,7	<0,4	—	+0,4	9,9	<0,4	8,5	<0,4	9,0
	A	8,9	<1,0	13,3	2,3	0,4	13,5	<0,4	—	<0,4	13,0	<0,4	10,0	1,2	8,3
21-28	T	<0,4	<1,0	2,3	3,3	0,4	5,0	<0,4	—	<0,4	9,5	<0,4	9,5	1,0	9,6
	A	2,8	<1,0	5,9	1,6	0,4	7,8	<0,4	—	<0,4	12,1	<0,4	10,4	0,5	8,2

\* Os valores de  $\text{NO}_3^-$  foram abandonados por contaminação da amostra.

<sup>b</sup> T = parcelas testemunhas, A = parcelas adubadas.

QUADRO 4. Teores de água, em percentagem, a diversas profundidades, nas parcelas testemunhas e adubadas (médias de três repetições)

Profundidades (cm)		1.ª amostragem (%)	2.ª amostragem (%)	3.ª amostragem (%)	5.ª amostragem (%)	6.ª amostragem (%)	7.ª amostragem (%)
0-7	T	9,1	4,1	6,6	7,1	7,8	3,5
	A	7,8	3,5	7,0	6,7	10,2	3,7
7-14	T	3,8	6,8	9,3	9,3	7,8	4,7
	A	9,3	7,8	9,3	9,3	7,5	4,9
14-21	T	8,2	6,8	10,1	10,3	7,0	5,4
	A	7,9	7,0	9,7	10,1	6,7	5,1
21-28	T	7,1	9,9	12,4	10,4	7,8	5,8
	A	7,0	5,2	9,6	10,3	7,8	5,3

#### Métodos de análise

**Amônio.** Agitar em um frasco erlenmeyer 10 g de solo por 30 minutos com 200 ml de solução 10% de NaCl acidificada a pH 2,5. Filtrar e lavar com mais 250 ml de solução de NaCl. Completar o extrato a 500 ml e tomar alíquota de 25 ml (5 ml para amostras de primeira profundidade das parcelas adubadas) para análise pelo método de Nessler, segundo Jackson (1958).

**Nitrato.** Determinado colorimêtricamente pelo método do ácido fenol 2-4-dissulfônico, segundo Jackson (1958).

**Umidade.** Determinada pela secagem na estufa a 105°C por 24 horas.

#### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises das amostras quanto aos teores de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ , assim como as datas de co-

leta das amostras, encontram-se no Quadro 3. Estes resultados correspondem à média de três repetições.

Os teores de unidade existentes no solo no momento da coleta das amostras são apresentados no Quadro 4.

A Fig. 1 apresenta as variações dos teores de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  nas parcelas adubadas e testemunhas, às

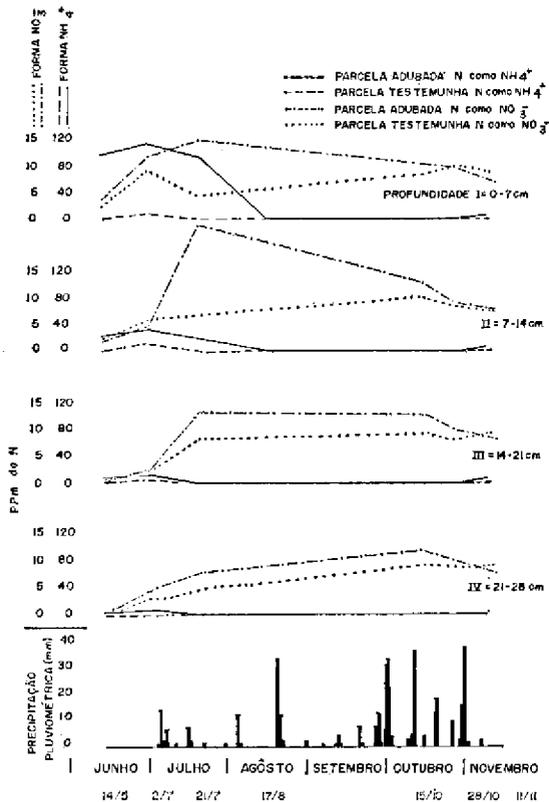


FIG. 1. Variação dos teores de N, sob formas de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ , nas parcelas adubadas e testemunhas, a quatro profundidades, e precipitações pluviométricas ocorridas no período do experimento.

quatro profundidades e em diversas épocas de tomada de amostras. Mostra ainda a precipitação pluviométrica ocorrida durante todo o período do experimento.

Comparamos estatisticamente os teores de  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  obtidos nas parcelas adubadas com os obtidos nas parcelas testemunhas, em cada época de amostragem e separadamente para cada profundidade. Um resumo das análises de variância obtidas em cada época de amostragem é apresentado no Quadro 5.

Os resultados apresentados nos quadros e figuras citados, após a comparação estatística, levaram-nos às observações que se seguem. Após 18 dias do início do experimento, data da segunda amostragem, não houve diferença significativa entre os teores de  $\text{NO}_3^-$  nas parcelas adubadas e testemunhas.

Ao se completarem 37 dias, entretanto, os teores de nitratos das parcelas adubadas eram estatisticamente superiores aos das testemunhas, até a profundidade de 21 cm, a terceira profundidade estudada. Concluímos daí que o processo de nitrificação se iniciou no período entre 18 e 37 dias após a adubação e que o  $\text{NO}_3^-$  formado foi lixiviado até a profundidade de 21 cm. Verificamos ainda neste período que o  $\text{NH}_4^+$  foi arrastado somente até 14 cm, a segunda profundidade estudada.

A rápida nitrificação observada concorda com os resultados obtidos por Alvahydo (1958) em trabalhos de laboratório com a mesma série de solo, quando verificou ocorrência de nitrificação já com 15 dias de incubação do solo com sulfato de amônio, calcário e unidade de 10%, teor este próximo do médio apresentado por nosso solo no período considerado.

Dados obtidos em outros solos por autores diversos confirmam esta rápida nitrificação. McIntosh e Frederick (1958), trabalhando em solo limpo, sem cultura, como no nosso caso, observaram rápida nitrifi-

QUADRO 5. Resumo das análises de variância dos dados apresentados no Quadro 3 (quadrados médios)\*

Fontes de variação	2.ª amostragem	3.ª amostragem	5.ª amostragem	6.ª amostragem	7.ª amostragem
Adubação	28,7835**	61,3135**	0,9662**	0,0595	0,2580
Profundidade	23,0185**	16,1753**	0,0217	0,0188	0,0100
Profund. x adubação	9,4734**	18,0140**	0,0252	0,0048	0,2403**
Íons ( $\text{NH}_4^+$ e $\text{NO}_3^-$ )	39,0783**	9,6398**	78,4641**	70,4948**	43,5864**
Íons x adubação	25,9161**	12,3120**	0,2121*	0,0143	0,9977**
Íons x profundidade	6,3792**	13,5216**	0,1017	0,0088	0,0445
Íons x prof. x adub.	7,7480**	10,8832**	0,1048	0,0268	0,1701
Resíduo	0,5168	0,0092	0,0355	0,0383	0,0760

\* Dados transformados em  $\sqrt{x + 0,5}$

cação nas primeiras quatro semanas seguintes à aplicação de  $\text{NH}_4^+$  ao solo. Justice e Smith (1962), incubando solos calcários com sulfato de amônio, verificaram que a nitrificação de 150 ppm de N, a 22°C, foi quase 50% completa em 21 dias e que o grau de nitrificação foi bem elevado entre 14 e 21 dias.

Embora as nossas observações tenham sido efetuadas no inverno, nossos resultados não são de estranhar, uma vez que a nitrificação pode ocorrer em faixa de temperatura bem ampla e que durante o período do experimento raras vezes a temperatura média diária foi menor que 20°C. Segundo Frederick (1956), a temperatura ótima para a nitrificação está na faixa de 27 a 35°C, não havendo diminuição sensível até temperatura de 20°C. Justice e Smith (1962) observaram grau de nitrificação mais rápido a 25°C que a 35°C. Por outro lado, a nitrificação já foi observada em temperaturas bastante baixas, como a 7°C (Tyler *et al.* 1959), a 5°C (Stojanovic & Broadbent, 1957) e até mesmo a 2°C (Frederick 1956).

A lixiviação do  $\text{NO}_3^-$  até 21 cm e do  $\text{NH}_4^+$  até 14 cm, neste período, é explicada pela queda de 34,7 mm de chuva. A maior facilidade de arrastamento do  $\text{NO}_3^-$  é fato sobejamente conhecido dos pedologistas, uma vez que o  $\text{NH}_4^+$  é absorvido pelos colóides do solo enquanto o  $\text{NO}_3^-$  parece não o ser.

Nossa observação quanto ao arrastamento do  $\text{NO}_3^-$  está inteiramente de acordo com Eira *et al.* (1968) que, trabalhando na mesma série de solo, verificaram uma percolação do nitrato até 21 cm, após precipitação pluviométrica total de 29,1 mm, num período de 15 dias após a aplicação de  $\text{NaNO}_3$  ao solo.

Ao final de 63 dias, constatamos o total desaparecimento do  $\text{NH}_4^+$  do solo, até o limite de profundidade estudado (28 cm). Atribuímos êste desaparecimento do  $\text{NH}_4^+$  à nitrificação, em face das reduzidas possibilidades de perdas do  $\text{NH}_4^+$ , quer por lixiviação quer por volatilização, nas condições do experimento, pelas razões que passaremos a discutir.

A precipitação pluviométrica ocorrida entre 37 e 63 dias, épocas da terceira e quarta amostragens, foi somente de 14 mm, valor êste muito baixo para que conseguisse o arrastamento do  $\text{NH}_4^+$ . Esta afirmativa encontra suporte nos trabalhos de grande número de pesquisadores.

Dow *et al.* (1953), trabalhando em solos arenosos alcalinos, verificaram que a aplicação de irrigações fortísimas, correspondentes a um total de 500 mm de chuva, só conseguiu arrastar o  $\text{NH}_4^+$  até profundidade de 25-30 cm. Jenny *et al.* (1945) observaram penetração do  $\text{NH}_4^+$  até cerca de 5 cm em solo argiloso e até cerca de 13 cm em solo arenoso, após irrigação de 250 mm. Krantz *et al.* (1943) concluíram que o

$\text{NH}_4^+$  não era arrastado de maneira apreciável pelas chuvas. McIntire *et al.* (1943) verificaram que o  $\text{NH}_4^+$  era praticamente não removível do solo, quer por percolação da água quer por demorada extração aquosa de solos secos. Conclusões interessantes foram obtidas por Akhundov (1967) que, trabalhando com colunas de solo e quantidades iguais de N aplicado como  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ , após percolação da coluna com água durante um período de 70 dias, constatou que somente 3-7% do  $\text{NH}_4^+$  foi lixiviado durante todo aquele período enquanto 84% do  $\text{NO}_3^-$  se perdeu nos primeiros 7 dias.

Quanto às perdas do  $\text{NH}_4^+$  por volatilização, considerando os trabalhos de diversos autores, elas podem ser desprezadas nas condições de nosso experimento. Embora as perdas por volatilização possam ser elevadas em solos de pH elevado (Casser 1964, Musa 1968), mesmo em solos arenosos elas cessam em valores de pH de 5,4 (Wahhab *et al.* 1957), pH êste próximo aquêle apresentado pelo nosso solo (pH 5,7). Martin e Chapman (1951) verificaram que as perdas de amônio da superfície do solo por volatilização são reduzidas quando se aplicam sais neutros ou ácidos de amônio a solos neutros ou ácidos. Em nosso caso aplicamos um sal de reação ácida, sulfato de amônio, a um solo ácido.

Em face de contaminação na análise de  $\text{NO}_3^-$  da quarta amostra, tivemos que abandonar os resultados daquela análise. Não tivesse isto ocorrido, teríamos provavelmente, ao lado da argumentação já apresentada, um resultado experimental comprovando a hipótese da nitrificação como causa do desaparecimento do  $\text{NH}_4^+$  do solo.

Uma vez nitrificado todo o amônio, continuamos a observar o processo de lixiviação do  $\text{NO}_3^-$ , o qual, com 121 dias, se acumulava nas camadas inferiores (7-28 cm), indo igualar-se à testemunha no período de 122 a 135 dias. Esta lixiviação pode ser explicada pela precipitação pluviométrica ocorrida no período de 63 a 135 dias, que foi de 229,4 mm.

Observamos, pois, que após um período de 135 dias, com precipitação pluviométrica total de 278,4 mm, cessou todo o efeito da adubação amoniacal aplicada, na faixa de profundidade estudada.

Considerando-se que o N assimilável é essencialmente constituído pela soma  $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$  e levando em conta o que acima foi discutido, construímos um gráfico (Fig. 2) capaz de ilustrar prontamente a variação do N assimilável com o tempo, nas condições do nosso experimento.

Finalmente, sugeriríamos que, considerando a grande velocidade de nitrificação neste solo e a grande facilidade de lixiviação do  $\text{NO}_3^-$  formado, seria de

interêsse prático a aplicação de métodos que retardassem o fenômeno de nitrificação nestes solos, sugestão esta já proposta por AlvaHydo (1958). O uso de compostos químicos que retardem a nitrificação ou de materiais que revestindo os grânulos do adubo controlam sua liberação ao solo, tem sido estudado por diversos autores (Sabey 1968).

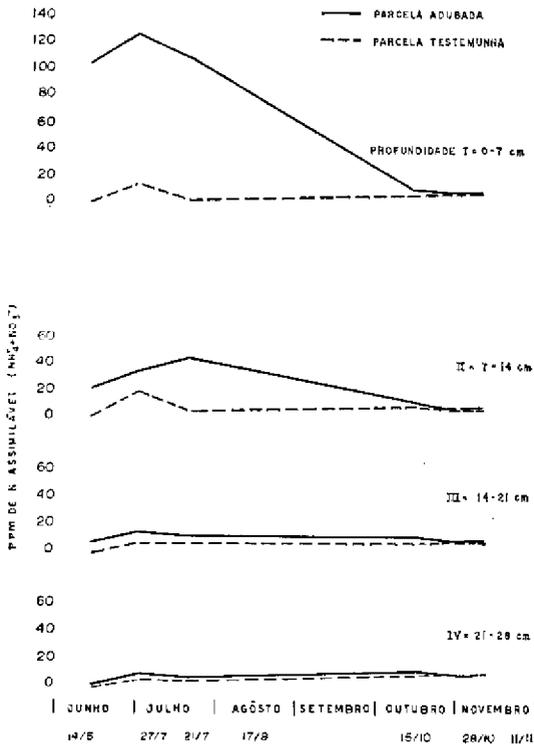


FIG. 2. Variação dos teores de N assimilável ( $\text{NH}_4^+$  +  $\text{NO}_3^-$ ) nas parcelas adubadas e testemunhas, a quatro profundidades, ocorrida no período do experimento.

### CONCLUSÕES

Ao fim de aproximadamente dois meses, todo o nitrogênio amoniacal foi nitrificado.

Não houve perdas sensíveis de nitrogênio amoniacal por percolação, pois o  $\text{NH}_4^+$  atingiu no máximo a profundidade de 14 cm.

A maior parte do nitrogênio adicionado foi perdida sob forma de  $\text{NO}_3^-$ .

O efeito da adubação nitrogenada amoniacal adicionada, equivalente a 700 kg/ha de sulfato de amônio, teve duração de quatro meses e meio, na faixa de profundidade estudada, de 0 a 28 cm.

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Eng.º Agrônomo Domicílio do Nascimento Jr. a colaboração prestada na coleta das amostras de solo e na análise de nitratos destas amostras.

Agradecemos ainda à Dr.ª Norma Bergallo de Arruda, da Seção de Fitotecnia e Genética do IPEACS, pelo auxílio na instalação do experimento, e à Dr.ª Dirce P.P. de Souza Brito, da Seção de Documentação e Estatística do IPEACS, pela orientação na análise estatística dos dados experimentais.

### REFERÊNCIAS

- Akhundov, F.G. 1967. The relation between leaching of nutrient elements from soil and the use of fertilizers. *Izv. Akad. Nauk. azerb. SSR Ser. biol. Nauk*:77-81. (Chem. Abstr. 68, n.º 2282)
- AlvaHydo, R. 1958. A nitrificação em nossos solos. (Dados não publicados)
- Barros, H.C., Drummond, J.L., Camargo, M.N. et al. 1958. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio de Janeiro e Distrito Federal. *Bolm 11, Serv. Nac. Pesq. Agronômicas, Rio de Janeiro.*
- Dow, A.I., Moodie, C.D. & Stanberry, C.O. 1953. Movement of ammonia nitrogen and phosphorus in an alkaline irrigated soil. *Agron. J.* 45:353-356.
- Eira, P.A. da, Almeida, D.L. de & AlvaHydo, R. 1968. Movimento do íon nitrato, em solo da série Itaguaí, nas condições naturais de campo. *Pesq. agropec. bras.* 3:267-273.
- Frederick, L.R. 1956. The formation of nitrate from ammonium nitrogen in soils. I. Effect of temperature. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 20:496-500.
- Gasser, J.K.R. 1964. Some factors affecting losses of ammonia, urea and ammonium sulphate applied to soils. *J. Soil Sci.* 15:258-272.
- Jackson, M.L. 1958. Soil chemical analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 498 p.
- Jenny, H., Ayres, A.D. & Hosking, J.S. 1945. Comparative behavior of ammonia and ammonium salts in soils. *Hilgardia* 16:429-457. (Citado por Dow et al. 1953)
- Justice, J.K. & Smith, R.L. 1962. Nitrification of ammonium sulfate in a calcareous soil as influenced by combination of moisture, temperature, and levels of added nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 26:246-250.
- Krantz, B.A., Chlogge, A.J. & Scarseth, G.D. 1943. The recovery of plowed-under ammonium sulfate by corn. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 8:196-200.
- Kupper, A., Grohmann, F. & Gargantini, H. 1953. Movimento de íons  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{PO}_4^{3-}$  em solos massapé, roxa misturada e arenito de Bauru. *Bolm n.º 34, Inst. Agrônomo Campinas, S. Paulo.*
- Martin, J.P. & Chapman, H.D. 1951. Volatilization of ammonia from surface fertilized soils. *Soil Sci.* 71:25-34.
- McIntire, W.H., Winterberg, S.H., Dunham, H.W. & Clements, L.B. 1943. Response of Sudan grass to ammonium hydroxide in pot cultures. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 8:205-210.
- McIntosh, T.H. & Frederick, L.R. 1958. Distribution and nitrification of anhydrous ammonia in a Nicollet sandy clay loam. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 22:402-405.
- Mendes, W., Lemos, P.O.C., Lemos, R.C., Carvalho, L.C.O. & Rosenburg, R.J. 1954. Contribuição ao mapeamento em série dos solos do Município de Itaguaí. *Bolm 12, Inst. Ecol. Exp. Agrícola, Min. Agricultura, Rio de Janeiro.*
- Musa, M.M. 1968. Nitrogenous fertilizer transformations in the Sudan Gezira soil. I. Ammonia volatilization losses following surface applications of urea and ammonium sulphate. *Pl. Soil* 28:413-421.
- Sabey, B.R. 1968. The influence of nitrification suppressants on the rate of ammonium oxidation on midwestern USA field soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32:875-879.
- Stojanovic, B.J. & Broadbent, F.E. 1957. Influence of low temperatures on nitrogen transformations in Honeoye silt loam. *Soil Sci.* 84:243-248.
- Tyler, K.B., Broadbent, F.E. & Hill, G.N. 1959. Low temperature effects on nitrification in four California soils. *Soil Sci.* 87:123-129.
- Verdade, F.C. 1951. Estudo da variabilidade dos nitratos num solo tipo terra roxa-misturada. *Bragantia* 11:269-276.
- Wahhab, A., Randhawa, M.S. & Alam, S.Q. 1957. Loss of ammonia from ammonium sulphate under different conditions when applied to soils. *Soil Sci.* 84:249-253.

TRANSFORMATION AND MOVEMENT OF AMMONIUM ION IN SOILS OF  
THE ITAGUAÍ SERIES*Abstract*

A field experiment was conducted on the sandy soils of the Itaguaí series to study the movement and transformation of  $\text{NH}_4^+$  ions under natural conditions.

In a randomized block design three plots were fertilized with ammonium sulfate at a basic rate of 700 kg/ha, and three plots maintained as controls. The plot area was kept free of vegetation during the 149 days of the experiment and the precipitation was recorded.

Soil samples were collected at four depths (0-7 cm, 7-14 cm, 14-21 cm and 21-28 cm) during 7 different periods on each of the plots. The soils were analyzed for  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  and soil moisture.

It is concluded that no appreciable amounts of the ammoniacal form of nitrogen was lost through percolation, since the  $\text{NH}_4^+$  ion reached the maximum depth of 14 cm at the end of approximately, two months, and all of the ammoniacal nitrogen was nitrified. The major portion of the added nitrogen was lost in the form of  $\text{NO}_3^-$  nitrogen. The effect of the ammoniacal fertilizer under the conditions of the experiment was present till four and half months.