

MOVIMENTO DO ION NITRATO, EM SOLO DA SÉRIE ITAGUAÍ, NAS CONDIÇÕES NATURAIS DE CAMPO¹

PAULO AUGUSTO DA EIRA², DEJAIR LOPES DE ALMEIDA² e
ROBERTO ALVAHYDO³

Sinopse

A falta de dados sobre o comportamento do nitrato em nossos solos, motivou o estudo da variação natural do teor de nitratos durante o ano (em solo não adubado) e do movimento e das perdas de nitrato em solo adubado com NaNO_3 .

Para colimar estes objetivos foram feitos dois experimentos de campo, em solo da Série Itaguaí, que predomina nas elevações da área do município do mesmo nome.

Assim concluiu-se que em solo não adubado:

a) os teores de nitrato no experimento, até a profundidade de 28 cm, oscilaram entre 5 e 18 ppm; b) os valores mais elevados foram constatados no período que vai de agosto a outubro e os mais baixos, de dezembro a janeiro. Tanto os mais altos como os mais baixos foram verificados em períodos de chuvas, sendo os mais baixos após precipitação ininterrupta.

Para solo adubado observou-se:

a) no solo estudado, após 145 mm de chuva (30 dias), houve o desaparecimento, até 28 cm de profundidade, do nitrato colocado como adubo; b) houve percolação até a terceira profundidade (14 a 21 cm), após uma precipitação pluviométrica total de 29,1 mm (15 dias); c) após 145 mm de chuva (30 dias), todo o nitrato provavelmente foi carregado para profundidades superiores a 28 cm, pois não foi encontrado na quarta profundidade.

INTRODUÇÃO

O nitrato colocado no solo como adubo, se não é imediatamente aproveitado pelas plantas ou por microorganismos, pode ser perdido, quer por erosão, quer nas águas que percolam, quer ainda, sob a forma gasosa após ser reduzido (fenômeno da denitrificação).

O aproveitamento por microorganismos depende da relação C/N. Em experimentos de laboratório e em estufas, foi concluído por Allison (1926) que,

da adição de matérias com alta relação C/N, resulta um acentuado acréscimo na atividade microbológica e um decréscimo dos nitratos do solo, devido a sua assimilação pelos microorganismos. Dean (1937) verificou que a relação C/N dos solos aumenta com o aumento das chuvas, mas que não é muito expressiva a elevação.

Em solos com baixo teor de carbono, como ocorre com a maioria dos nossos, logicamente não deve haver elevada fixação de nitrogênio pelos microorganismos.

As perdas por erosão variam, principalmente, com a topografia do terreno e também com o clima, tipo de solo e vegetação de cobertura (Martin & Skyring 1962).

As perdas por percolação dependem da permeabilidade do solo e do regime de chuvas. Segundo Martin e Skyring (1962), são estas perdas aparentemente maiores em solos tropicais que em solos de regiões temperadas; os mesmos autores dizem, ainda, que a perda do nitrogênio por percolação se dá com o mesmo inteiramente sob a forma de nitrato. Verdade (1951) notou as perdas do nitrato asso-

¹ Recebido para publicação em 28 de dezembro de 1967. Boletim Técnico n.º 67 do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS).

Este trabalho, realizado durante o ano de 1965, teve a colaboração do Departamento de Física e Química da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e auxílio do Conselho Nacional de Pesquisas através de bolsas concedidas aos dois primeiros autores, então alunos da Escola Nacional de Agronomia.

² Engenheiro Agrônomo do Projeto CONTAP I.1, Av. General Justo 365, 4.º andar, Rio de Janeiro, GB.

³ Engenheiro Agrônomo da Seção de Solos do IPEACS e Prof. Catedrático de Química Analítica da UFRRJ, Km 47, Campo Grande, GB. ZC-26.

ciadas à quantidade de chuva, mas não chegou a investigá-las quantitativamente.

Assim sendo, em solos arenosos é de se prever perdas elevadas.

Quanto à denitrificação, foi constatada por Barjak (1954), em seus experimentos, uma microflora denitrificante que, segundo êle, fazia parte dos solos de boa fertilidade e atuava em conjunto com a microflora nitrificante.

A denitrificação se dá em presença de elevados teores de água; sua tendência é, pois, crescer em épocas chuvosas, desde que outros fatores não lhe sejam adversos.

Poucos são os estudos em solos brasileiros para verificação dos problemas em pauta, devendo-se notar que na Baixada Fluminense, ao que nos consta, nada foi feito a respeito.

Para estudar problemas relativos ao movimento e perdas do NO^-3 , em nossas condições de solo e clima, montamos inicialmente um experimento em solo não

do Centro-Sul (IPEACS), com solo da Série Itaguaí, muito encontradiço nas meias laranjas da região.

Nos Quadros 1 e 2 figuram os resultados das últimas análises do solo da área.

Esquema experimental

No primeiro experimento foram usadas apenas três parcelas (sem adubação) e no 2.º três parcelas adubadas e três sem adubação. No mais, as condições foram idênticas e são explanadas como se segue.

Uma vez escolhida uma área para os experimentos, foi a mesma arada, gradeada e limpa de todo o resto de vegetação com auxílio de ancinho.

Depois de limpo e destorroado o terreno, foram demarcadas as parcelas de 4 x 3 m, em número de 3 para o primeiro e 6 para o segundo experimento.

O intervalo entre as parcelas foi de 1,5 m no sentido do maior declive (comprimento) e 1 m no

QUADRO 1. Análise química

pH	P_2O_5 assimil. mg/100 g solo seco ao ar	g/100 g solo seco ao ar			C/N	mEq/100 g solo seco ao ar Permutáveis		
		C	N	M.O.		Ca	Mg	K
5,7	4	0,69	0,10	1,19	6,9	3,0	1,4	0,13

QUADRO 2. Análise mecânica

Amostra	Cascalho	Seixos	TFSA	Areia G	Areia F	Silte	Argila
	%	%	%	%	%	%	%
0-7 cm	0,8	3,0	96,2	62,9	18,7	6,0	12,4
7-14 cm	0,6	2,9	96,5	52,6	26,2	7,2	14,0
14-21 cm	1,0	3,2	95,8	50,5	28,4	5,8	15,2
21-28 cm	6,3	5,4	88,3	51,3	23,0	8,1	17,6

adubado para nele verificar a oscilação do teor natural de nitrato, durante um ano.

Posteriormente, resolvemos avaliar o período de atuação de uma adubação nitrogenada neste mesmo solo e para tanto instalamos o segundo experimento.

Como em ambos, o solo, método de análise, amostragens e outros dados são idênticos, só havendo como diferença a adubação recebida por um deles, o capítulo seguinte diz respeito aos dois.

MATERIAL E MÉTODOS

Solos

Foram instalados os experimentos em área do Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias

outro sentido; note-se que mesmo o maior declive é pequeno.

As parcelas adubadas e não adubadas no segundo experimento foram escolhidas mediante sorteio. Para delimitação da área, foram considerados o número de amostras a serem coletadas e a distância entre os pontos de amostragem, a fim de que a coleta da amostra num ponto não interferisse nos pontos próximos.

As parcelas foram demarcadas, cada uma, por um fio de arame fino, marcado de 60 em 60 cm com tinta vermelha, tanto no sentido do comprimento quanto no da largura.

As marcações dos lados do comprimento foram designadas por algarismos arábicos de 1 a 6 e as dos lados da largura, por letras maiúsculas: A, B, C, D. Foram obtidos, pelo cruzamento de dois fios nas duas direções (comprimento e largura) em cada parcela, vinte e quatro pontos de amostragem, representados, cada um, por um algarismo e uma letra. Todos os pontos foram previamente sorteados, de modo a se ter uma seqüência, ou melhor, para se saber, por exemplo, de que pontos deveriam ser tomadas a primeira amostra, a segunda e as demais.

O ponto de amostragem em cada coleta, foi determinado pelo cruzamento de dois fios de barbante, esticados entre os lados opostos das parcelas nas marcações correspondentes ao número e ao algarismo do ponto sorteado. Em torno desse ponto foram tiradas mais quatro amostras, num raio de aproximadamente 20 cm.

O solo, ao serem iniciados os experimentos, encontrava-se coberto por gramíneas e tiririca; foram as mesmas retiradas, não só nesta ocasião mas também daí em diante.

A coleta das amostras, tanto nas parcelas adubadas como nas testemunhas, foi feita nas mesmas datas, em pontos distintamente localizados em cada uma delas.

Adubação

O adubo utilizado foi salitre do Chile, por ser o fertilizante nitrogenado mais usado entre nós. Cada parcela recebeu 600 g de adubo, isto é, 50 g por metro quadrado, que correspondem a 500 kg/ha. Esta quantidade de adubo foi cuidadosamente misturada com terra do local, peneirada, para poder ser melhor distribuída no solo.

Cada parcela foi dividida com barbante em quadrados de 1 x 1 m. Nos 12 pequenos quadrados assim obtidos, foi aplicada a adubação de modo cuidadoso. A cada quadrado correspondia um becher da mistura. Procurou-se fazer a distribuição mais homogênea possível, a fim de evitar o aparecimento de pontos discrepantes.

Coleta das amostras

A coleta das amostras foi feita com emprêgo de um tubo de ferro de 5 cm de diâmetro e 50 cm de comprimento aproximadamente, marcado de 7 em 7 cm.

Foram obtidas amostras compostas de quatro profundidades diferentes: 0-7 cm, 7-14 cm, 14-21 cm e 21-28 cm, mediante coleta do solo no ponto de amostragem e ao seu redor, conforme foi explicado no "Esquema Experimental".

As amostras eram colocadas em sacos plásticos, bem amarrados e levadas ao laboratório, onde se procedia à imediata extração do nitrato, para evitar mudanças do mesmo e do NH_4^+ devidas ao aumento de aeração e de temperatura.

Método de extração e análise do NO_3^-

Para extração e dosagem do nitrato, foram utilizadas a solução extratora e o método colorimétrico com ácido fenol dissulfônico de acordo com Jackson (1958). A solução de nitrato foi secada previamente, para determinação deste, pois a reação deve ser efetuada na virtual ausência de água.

O produto permanece incolor em solução ácida e muda para amarelo em solução alcalina.

Reagentes: NH_3 6N
 $\text{Ca}(\text{OH})_2$
 MgCO_3
 CuSO_4 (solução extratora)
 Ácido fenol 2-4 dissulfônico

Procedimento. As amostras de solo vindas do campo foram misturadas e passadas em tamís de 0,5 cm.

Extração do nitrato. Pesam-se 50 g de solo e colocam-se em Erlenmeyer de 500 ml, acrescentam-se 250 ml de solução extratora. Ao mesmo tempo, uma amostra é pesada e colocada em pesa filtro para determinação da umidade.

Agita-se a suspensão por 10 minutos, acrescenta-se 0,4 g de $\text{Ca}(\text{OH})_2$, agita-se novamente, junta-se 1 g de MgCO_3 e, depois de agitar por 5 minutos, deixa-se decantar. Estes dois reagentes precipitam o cobre e clarificam a suspensão; esta é filtrada em papel de filtro seco. Abandonam-se os primeiros 20 ml e tomam-se 25 ml do filtrado claro, que se colocam em cápsula de porcelana evaporando à secura em banho de vapor. Coloca-se a cápsula para esfriar e adicionam-se 3 ml de ácido fenol dissulfônico. Agita-se e deixa-se reagir por 10 minutos, juntam-se 10 ml de água fria e agitam-se com bastão de vidro, até que todo o resíduo passe para a solução.

Depois de fria a cápsula, junta-se NH_3 6N vagarosamente até a solução se tornar alcalina, o que é indicado pelo aparecimento da cor amarela, depois do que, mais 3 ml são acrescentados.

Dilui-se então, esta solução, a 100 ml com água destilada, e leva-se em tubos colorimétricos ao fotolorímetro, onde é lida a densidade ótica.

O fotolorímetro por nós usado foi o Klett-Summerson com filtro azul (420 milimicra). Para a determinação do teor de nitrato, usamos a equação da reta obtida com uma série de padrões de nitrato, submetidos a idênticos tratamentos.

Solução de nitrato:

Pesa-se exatamente 0,7221 g de KNO_3 puro e seco, dissolve-se em água e dilui-se a 1 litro. Têm-se assim 0,1 mg de nitrogênio por mililitro ou 100 ppm. Tomam-se 20 ml da solução e diluem-se a 200 ml em balão volumétrico. Esta solução contém 0,01 mg/ml ou 10 ppm. Aliquotas de 1, 2, 5, 10 e 15 ml são pipetadas e evaporadas. Depois de passarem pelos tratamentos do método de extração, são diluídas para 100 ml e levadas ao fotolorímetro. Têm-se, assim, soluções com 0,1; 0,2; 0,5; 1 e 1,5 ppm de nitrogênio (forma de nitrato).

Cálculo dos resultados. Os resultados são expressos em partes de N (forma de NO_3^-) por milhão de partes de solo seco. A concentração da solução teste

Os teores de nitrato mais elevados, assim como os mais baixos, ocorreram, como se observa na Fig. 1, nas épocas de precipitações pluviométricas mais fortes, aparecendo os mais baixos após período de chuvas prolongadas. Isto se justifica facilmente, pois, se por um lado, nos citados períodos, umidade e temperatura são elevadas facilitando a nitrificação (do nitrogênio da matéria orgânica do solo), por outro lado as percolações do nitrato são acentuadas.

Segundo experimento

Os resultados referentes a este experimento (teores de nitrato) vão agrupados nos Quadros 4 e 5 e Fig. 2.

QUADRO 3. Teor de N sob forma de nitrato (em ppm) nas parcelas testemunhas do primeiro experimento, a diversas profundidades*

Profundidades	22/12/64	6/1/65	21/1/65	10/2/65	12/3/65	23/6/65	28/7/65	1/9/65	1/10/65	18/11/65	14/12/65
0-7 cm	7,9	7,3	5,9	6,6	5,3	12,3	5,9	13,5	11,2	8,9	10,6
7-14 cm	6,6	7,9	7,5	8,1	6,2	10,5	9,0	15,0	15,8	8,1	8,2
14-21 cm	6,4	8,1	7,8	9,5	5,4	9,3	8,7	12,5	17,9	8,8	8,4
21-28 cm	7,3	8,2	7,3	9,5	6,9	9,0	8,0	10,6	16,3	9,1	9,7

* Média de três repetições.

de nitrato em partes por milhão de N é obtida com a equação da reta padrão.

Dados meteorológicos

Acompanham este trabalho os dados meteorológicos referentes ao período de duração dos experimentos (dezembro de 1964 a dezembro de 1965).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiro experimento

Os resultados numéricos deste experimento (teores de NO_3^-) estão registrados no Quadro 3 e também na Fig. 1.

Neste experimento, procurou-se observar a oscilação natural do teor de nitrato, no solo da Série Itaguaí. Não havia plantação no terreno. Por meio de capinas superficiais, controlou-se a vegetação natural, tal como seria desejável no caso de uma cultura bem tratada. Note-se que a vegetação natural foi controlada mas não totalmente eliminada, durante o decorrer do experimento.

Pelos resultados, verificou-se que os teores de nitrato oscilaram entre os seguintes limites:

I	Profundidade	(0-7 cm): 5 e 13 ppm
II	"	(7-14 cm): 6 e 16 ppm
III	"	(14-21 cm): 5 e 18 ppm
IV	"	(21-28 cm): 7 e 16 ppm

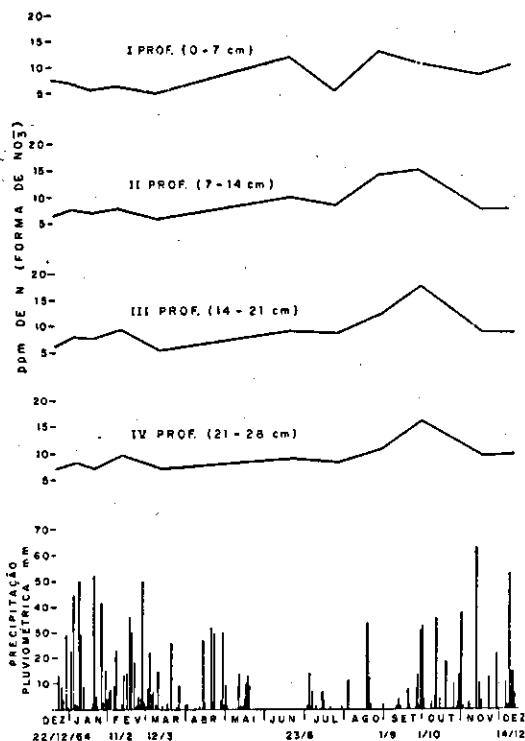


FIG. 1. Variação do teor de N (sob forma de NO_3^-) e precipitações pluviométricas ocorridas no período do experimento.

QUADRO 4. Teor de N sob forma de nitrato (em ppm) nas parcelas testemunhas, a diversas profundidades no segundo experimento*

Profundidades	16/9/65	1/10/65	18/10/65	18/11/65	14/12/65
0-7 cm	13,3	15,6	8,0	9,3	9,0
7-14 cm	10,5	20,4	7,6	10,4	8,7
14-21 cm	8,8	17,8	8,8	9,5	10,1
21-28 cm	7,2	11,4	10,2	10,0	10,1

* Média de três repetições.

QUADRO 5. Teor de N sob forma de nitrato (em ppm) nas parcelas adubadas, a diversas profundidades no segundo experimento*

Profundidades	16/9/65	1/10/65	18/10/65	18/11/65	14/12/65
0-7 cm	93,6	23,7	7,8	10,9	9,4
7-14 cm	15,3	54,7	7,4	9,2	10,2
14-21 cm	10,0	31,4	8,9	10,9	9,6
21-28 cm	10,5	9,8	12,9	11,5	9,4

* Média de três repetições.

Foram utilizados, na adubação, 500 kg de um salitre comercial por hectare. Imediatamente após a distribuição, fez-se a coleta e a análise da primeira amostra, com o fim de evitar os fenômenos de transformação ou transporte de nitrato. Na camada superficial obteve-se um teor inicial médio de 93 ppm de nitrogênio sob a forma de nitrato.

Ainda de acordo com os resultados obtidos, registrados na Fig. 2, puderam ser feitas as observações que se seguem.

Na camada superficial, por ocasião da segunda amostragem, que se deu 15 dias após a distribuição do adubo, durante os quais se registrou uma precipitação total de 29,1 mm, foi observada uma redução drástica no teor de nitrato. Este decréscimo continuou até que, na terceira amostragem, quinze dias após a segunda e com precipitação pluviométrica total de 115,9 mm entre as duas coletas, os teores de nitrato nas parcelas adubadas se tornaram praticamente iguais aos das testemunhas. Daí por diante, mantiveram-se mais ou menos equivalentes os teores de nitrato das testemunhas e das parcelas adubadas.

Na segunda e terceira profundidades, com teores próximos aos da testemunha na primeira amostragem, houve um acréscimo aproximadamente equivalente ao decréscimo verificado na camada superficial, por ocasião da segunda amostragem. Já na terceira amostragem ou seja, 30 dias após a adubação (precipitação total de 145 mm), o teor de nitrato destas camadas, como havia ocorrido na superficial, igualou-se ao da testemunha, tendo assim se mantido até o fim do experimento.

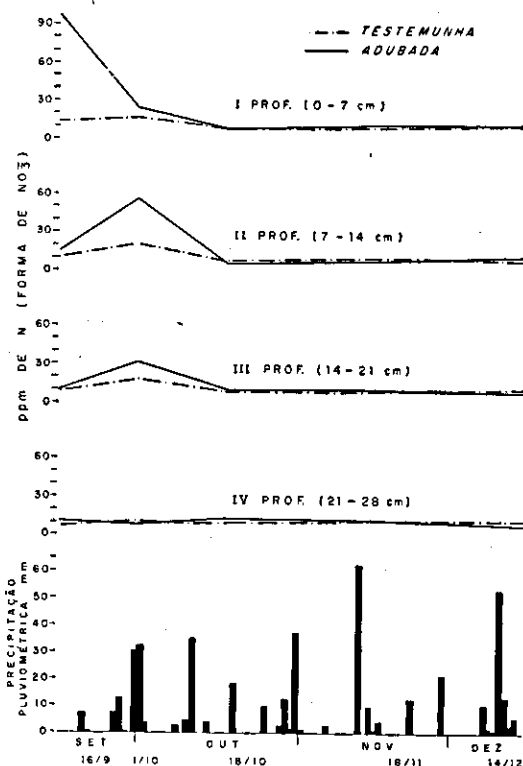


FIG. 2. Movimento do Ion NO_3^- em solo da série Itaguaí e precipitações pluviométricas ocorridas no período do experimento.

A quarta profundidade não apresentou diferença significativa entre os teores de nitrato das testemunhas e das parcelas adubadas, mesmo nos trinta

dias iniciais do experimento. Isto porque, na segunda amostragem, a percolação de nitrato não havia atingido a profundidade em estudo, porém na terceira amostragem, devido a precipitações pluviométricas elevadas, foi o íon em questão correado totalmente para profundidades maiores que aquelas estipuladas para o experimento. Se as amostragens tivessem sido feitas a intervalos menores, provavelmente teria sido êle encontrado.

Conviria assinalar que as perdas devidas à erosão podem ser relegadas ao plano secundário, por ser baixa a declividade da área escolhida para o experimento.

Também a transformação do nitrato em nitrogênio orgânico deve ter sido muito reduzida, em virtude da eliminação sistemática (capinas periódicas) da vegetação que recobria a área.

Nosso experimento mostra que todo o nitrato adicionado foi correado após uma precipitação total de 145 mm, correspondente a um período de 30 dias.

Há quem considere que as perdas do nitrato num solo sejam reduzidas, ou ainda, que o tempo de atuação do adubo seja ampliado, quando em presença de uma cobertura vegetal. Assim, tanto Coury (1963) como Passos (1963) consideram que em tais circunstâncias a atuação do nitrato se estende por períodos mais longos.

Somente uma experimentação futura poderá esclarecer a influência de uma cobertura vegetal sobre a perda de nitrato, no solo por nós utilizado.

Conviria lembrar que o nitrato é empregado tanto em adubações iniciais, ou melhor, antes da sementeira, como em adubações parceladas de cobertura em determinadas fases do desenvolvimento vegetal. Mas

mesmo maiores do que aquelas por nós constatadas, dependendo das condições pluviométricas. Mesmo nos primeiros estágios do desenvolvimento da planta, não estaríamos em condições muito distantes daquelas do nosso trabalho, pois nele houve sempre uma vegetação natural que reaparecia uma semana após cada capina.

Embora possa haver certa redução das perdas de nitrato por percolação, quando em presença de cobertura vegetal, achamos importante salientar que o anion em questão, por características próprias, difere bastante dos outros íons de interesse na alimentação da planta, pois sua retenção sob forma permutável pelos solos é inferior à de qualquer outro íon, chegando mesmo alguns pesquisadores a considerar como negativa a adsorção do nitrato.

Talvez fôsse interessante ponderar que, no nosso trabalho, o adubo foi uniformemente espalhado e misturado ao solo superficial e que é comum a adubação localizada (em linhas, por exemplo), caso em que, provavelmente, decorreria mais tempo até que todo o nitrato fôsse percolado.

De qualquer modo, foi muito forte a perda por percolação no nosso experimento e conseqüentemente, muito reduzido o tempo de atuação do adubo utilizado, o que de certa maneira, não nos causou surpresa, dada a textura leve do solo trabalhado.

Análise Estatística do segundo Experimento. A translocação do nitrato pela análise estatística efetuada, é influenciada por interação dos fatores adubação, profundidade e época de coleta da amostra. (Quadros 6 e 7)

Aplicando-se a d.m.s. nos totais encontrados no Quadro 6, verifica-se: a) na primeira época da coleta de amostra (data de aplicação do adubo), a

QUADRO 6. *Variação*

F. de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
Parcelas	5	1994,8293		—
Profundidades	3	1594,1852	531,3950	—
Épocas	4	4585,2137	1146,3034	2,12
Trat. x prof.	3	1288,2713	429,4237	—
Trat. x época	4	2426,7831	606,6975	1,12
Prof. x época	12	9141,7103	762,0591	1,41
Trat. x prof. x época	12	6468,2085	539,0173	23,52 ***
Erro b	76	1756,2374	23,1083	—

no primeiro caso, isto é, adubação antes da sementeira, estaríamos em condições próximas daquelas do nosso experimento ou seja, solo sem a cobertura vegetal. Então, as perdas poderiam ser idênticas ou

quantidade de nitrato existente na profundidade I das parcelas adubadas foi estatisticamente superior à quantidade deste íon nas parcelas não adubadas, não sendo significativas as demais diferenças; b) na se-

gunda época verifica-se que as diferenças entre o ion nitrato existente nas parcelas adubadas e não adubadas são significativas na I, II e III profundi-

Houve percolação até a terceira profundidade (14 a 21 cm), após uma precipitação pluviométrica total de 29,1 mm (15 dias).

QUADRO 7. *Interação profundidade x época x tratamento, 2.º experimento**

Profundidades	1.ª época			2.ª época			3.ª época			4.ª época			5.ª época		
	T	NO ₃	Total	T	NO ₃	Total	T	NO ₃	Total	T	NO ₃	Total	T	NO ₃	Total
I	40,03	280,68**	320,71	46,84	71,17**	118,01	23,99	23,41	47,40	27,99	32,82	60,81	27,12	28,34	55,46
II	31,38	45,89	72,27	61,08	164,03**	225,11	22,84	22,13	44,97	31,15	27,73	58,88	26,23	30,72	56,95
III	26,52	29,98	56,50	53,55	94,12**	147,67	26,47	26,87	53,34	28,50	32,83	61,33	30,39	28,78	59,17
IV	21,51	31,59	53,10	34,23	29,34	63,57	30,56	38,74	69,30	30,15	34,59	64,74	30,42	28,15	58,57
	119,44	388,14	507,58	195,70	358,66	554,36	103,86	111,15	215,01	117,79	127,97	245,76	114,16	115,99	230,15

* Teores do N sob forma de NO₃.

dades, não sendo significativa a diferença na IV profundidade; c) na terceira, quarta e quinta épocas, não foram encontradas diferenças significativas.

CONCLUSÕES

Primeiro experimento: Solo não adubado

Os teores de nitrato, no nosso experimento, até a profundidade de 28 cm, oscilaram entre 5 e 18 ppm.

Os valores mais elevados foram constatados no período que vai de agosto a outubro e os mais baixos, no de dezembro a janeiro. Tanto os mais altos como os mais baixos foram verificados em períodos de chuvas, sendo os mais baixos após precipitações prolongadas.

Segundo experimento: Solo adubado

No solo estudado, após 145 mm de chuva (30 dias), houve o desaparecimento, até 28 cm de profundidade, do nitrato colocado como adubo.

Após 145 mm de chuva (30 dias), todo o nitrato provavelmente foi carregado para profundidades superiores a 28 cm, pois não foi encontrado na quarta profundidade.

REFERÊNCIAS

- Allison, F. E. 1926. Nitrate assimilation by soil microorganisms in relations to available energy supply. *Soil Sci.* 24: 79-91.
- Barjak, H. 1954. La microflore dénitrifiante: sa présence normale dans le sol. *Ann. Inst. Pasteur* 87: 440-444.
- Coury, T. 1963. A pseudo lavagem dos nitratos nos solos. *Rev. "São Paulo Agrícola"*.
- Jackson, M. L. 1958. *Soil chemical analysis*. Prentice-Hall, Englewood Cliff, New Jersey.
- Dean, L. A. 1937. The effect of rainfall on the carbon and nitrogen contents and carbon-nitrogen ratios of Hawaiian soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* Vol. 2: p. 455.
- Martin, A. E., Skyring, C. W. 1962. Losses of nitrogen from the soil plant system. A review of nitrogen in the tropics with particular reference to pastures. A symposium. *Commonw. Bureau of Pastures and Field Crops, Hurley, Berkshire, Engl. Bull.* 46, Comm. Div. Tropical Pastures, C.S.I.R.O., Australia, p. 19.
- Passos, H. de G. 1963. Movimento dos íons de nitrato no solo.
- Verdade, F. da C. 1951. Estudo da variabilidade dos nitratos num solo tipo terra roxa misturada. *Bragantia* 11 (10-12): 269-276.

MOVEMENT OF NITRATE IN SOIL OF THE SERIES "ITAGUAÍ", UNDER FIELD CONDITIONS

Abstract

Migration of nitrates in a red-yellow podzolic soil, Itaguaí series, was measured throughout the year. Measurements were carried out both on unfertilized soil and on soil fertilized with sodium nitrate. The studies were made at two field locations, without vegetation.

The measurements made on unfertilized soil showed the following results: a) nitrate contents to a depth of 28 cm varied between 5 to 18 ppm during the year; b) the higher nitrate concentration occurred during the period August to October and the lower concentration occurred during the period of December to January. Both the highest and lowest nitrate contents occurred during the rainy season, the lower occurring after a period of uninterrupted rain.

Measurements of the fertilized soil showed the following results: a) after 145 mm of rain within a 30-day period, all of the applied nitrate disappeared to a depth of 28 cm; b) nitrate was leached to a depth of 14 to 21 cm after a total rainfall of 29.1 mm within 15 days; c) after 145 mm of rain within 30 days, all of the nitrate was leached at a depth greater than 28 cm.