

TRANSFORMAÇÕES DO NITROGÊNIO MINERAL EM SOLO PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO TRATADO COM VINHAÇA¹

NELSON MOURA B. AMARAL SOBRINHO², MARCUS VINICIUS V. LUISI³,
ROBERTO OSCAR P. ROSSIELLO⁴, ARY CARLOS X. VELLOSO⁵ e JAIR ROCHA LEAL⁶

RESUMO - Foram feitos dois experimentos para observar as transformações do $N-NO_3^-$ em solos Podzólicos Vermelho-Amarelos (PVA) da região de Campos, RJ, tratados com vinhaça. No primeiro experimento, vasos foram incubados com 50 ml de vinhaça/dm³ de solo (equivalente a 100 m³/ha) ou 100 µg de $N-NO_3^-$ /g de solo, isoladamente ou em combinação com vinhaça ou dose equivalente em K^+ na forma de K_2SO_4 . Em seguida foram cultivados com milho por um período de 60 dias. Os teores de $N-NO_3^-$ e $N-NH_4^+$ no solo, assim como o N nas plantas, foram determinados quinzenalmente. No segundo experimento, amostras indeformadas de solos foram incubadas com 0, 100, 200, 400 e 800 m³/ha de vinhaça com adição de 300 µg $N-NO_3^-$ /g de solo. Seguiram-se os teores de $N-NO_3^-$, $N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$ e $N-N_2O$ semanalmente, durante 63 dias. Em conjunto, os experimentos sugerem que a incorporação de $N-NO_3^-$ e vinhaça no solo produz uma rápida queda no teor de $N-NO_3^-$, atribuída antes a um processo redutor do que à absorção radicular. Durante os primeiros 30 dias aumentaram os teores de $N-NH_4^+$, em ambos os experimentos. Nos primeiros quinze dias evoluiu apreciável quantidade de $N-N_2O$. O lento acúmulo de N-orgânico durante as primeiras seis semanas determinou um aumento na disponibilidade de $N-NO_3^-$ mineral, após esse período. Esse aumento não se refletiu em um aumento na acumulação de N na parte aérea da planta.

Termos para indexação: mineralização, imobilização, desnitrificação.

TRANSFORMATIONS OF MINERAL N IN A RED-YELLOW PODZOLIC SOIL UNDER STILLAGE APPLICATION

ABSTRACT - The transformations of $N-NO_3^-$ in Red-Yellow Podzolic (RYP) soils from the region of Campos, Rio de Janeiro, Brazil, treated with stillage were followed along two experiments. For the first experiment, pots were incubated with 50 ml of stillage/dm³ of soil (corresponding to 100 m³/ha) or 100 µg of $N-NO_3^-$ /g of soil, separately or in combination with stillage, or K^+ as K_2SO_4 equivalent to the applied stillage. Corn was grown for a period of 60 days. The amount of $N-NO_3^-$ and $N-NH_4^+$ in the soil, as well as the amount of N in the plants, were determined every fifteen days. For the second experiment, undisturbed samples of soils were incubated with volumes of stillage corresponding to 0, 100, 200, 400 e 800 m³/ha of stillage and addition of 300 µg $N-NO_3^-$ /g of soil, followed weekly by the amounts of $N-NO_3^-$, $N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$ e $N-N_2O$ for 63 days. The two experiments, together combined, suggest that the incorporation of $N-NO_3^-$ and stillage to the soil causes a fast decrease in the amount of $N-NO_3^-$, which is mainly due to a reduction process rather than to root absorption. During the first 30 days the amounts of $N-NH_4^+$ increased in both experiments. Large amounts of $N-N_2O$ evolved along the first fifteen days, and N-organic slowly accumulated during the first six weeks produced an increase in the disponibility of $N-NO_3^-$ afterwards. This increase did not correspond to an increase in the N accumulation in the plants.

Index terms: mineralization, immobilization, denitrification.

INTRODUÇÃO

Anualmente, uma quantidade considerável de vinhaça é reciclada à cultura canavieira, como al-

ternativa ao seu despejo em cursos d'água ou lagoas temporárias, o que acarreta danos ambientais bem documentados de longa data (Almeida 1953), além de constituir um desperdício de nutrientes e matéria orgânica. Com efeito, repetidas análises publicadas mostram o valor desse rejeito como fonte de potássio e cálcio (Berton et al. 1983).

Com relação ao nitrogênio, as análises das vinhaças oriundas da região canavieira do Estado do Rio de Janeiro mostram quantidades relativamente elevadas de N-total (Ferreira 1980, Bolsanello & Vieira 1980, Rossiello et al. 1981, Velloso et al. 1982, Luisi et al. 1983a e dados da Tabela 1),

- ¹ Aceito para publicação em 8 de julho de 1986. Contribuição do Dep. de Solos, Univ. Fed. Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), CEP 23851 Seropédica, RJ. Trabalho financiado pelo CNPq.
- ² Eng. - Agr., M.Sc., Prof.-Assistente, UFRRJ.
- ³ Eng. - Agr., M.Sc., Cia Souza Cruz, Av. Suburbana 2066, CEP 21050 Rio de Janeiro, RJ.
- ⁴ Eng. - Agr., M.Sc., Prof.-Adjunto, UFRRJ.
- ⁵ Eng. - Agr., Livre-Docente, Prof.-Adjunto, UFRRJ.
- ⁶ Eng. - Agr., Ph.D., Prof.-Adjunto, UFRRJ.

mas invariavelmente só uma pequena fração desse N-total está na forma prontamente disponível ($N-NO_3^-$ ou $N-NH_4^+$) para a absorção pela cultura. Acima de 90% desse N-total encontra-se ligado à fração orgânica (Amaral Sobrinho 1983), de forma que tem sido recomendada a aplicação de vinhaça conjuntamente com uma fonte de N-mineral prontamente assimilável. Silva et al. (1981) observaram reduções na produção de cana-de-açúcar quando N-úrea foi aplicado junto com vinhaça em comparação com doses similares aplicadas separadamente. Esse e outros resultados similares, indicaram a necessidade de melhor compreensão das interações entre o N-mineral (oriundo do solo ou aplicado como adubo) e um material como a vinhaça, cuja fração orgânica é constituída largamente de fontes de carbono rapidamente decomponíveis que, propiciando alterações drásticas de curto prazo no ambiente físico-químico do solo (Leal et al. 1983), afetarão a dinâmica do N no solo.

O objetivo deste trabalho é o estudo das inter-relações entre níveis de vinhaça e disponibilidade de N-mineral no solo, assim como uma caracterização da dinâmica dessas transformações. Para tal são discutidos os resultados de dois experimentos em presença ou ausência de sistema radicular, com ênfase nas variações de $N-NO_3^-$ e $N-NH_4^+$ no solo, os quais são usualmente tomados como indicadores da disponibilidade atual do N no solo para o crescimento vegetal.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho são considerados dois experimentos, cujos aspectos metodológicos foram publicados anteriormente. (Luisi et al. 1983 a, b, Leal et al. 1983, Amaral Sobrinho et al. 1983).

Experimento 1

As flutuações quinzenais dos teores de $N-NO_3^-$ e $N-NH_4^+$ no solo Podzólico Vermelho-Amarelo (PVA),

TABELA 1. Propriedades físicas e químicas características dos solos (PVA) e vinhaças usados nos experimentos mencionados no texto.

Propriedades	Exp. 1		Exp. 2	
	Solo	Vinhaça ¹	Solo	Vinhaça ²
pH (água, 1:2,5)	4,9	4,0	5,3	4,5
	----- % -----		----- % -----	
Carbono total	1,2	1,04	0,96	2,0
Nitrogênio total	—	0,05	0,086	0,049
C/N	—	20,8	11,2	40,8
Areia	59,8		73,0	
Silte	2,8		7,0	
Argila	37,8		20,0	
	meq/100 g	mg/l	meq/100 g	mg/l
K ⁺	0,18	1.280	0,23	3.510
Ca ²⁺	1,6	33,3	2,0	—
Mg ²⁺	0,9	26,1	1,5	—
Al ³⁺	0,3	—	0,10	—
	μg/g		μg/g	
N-NO ₃ ⁻	20,4	3,5	40,0	0,0
N-NH ₄ ⁺	6,8	28,0	27,0	28,0
P	12,0	19,0	19,0	—
	mmhos/cm		mmhos/cm	
Condutividade elétrica (25°C)	0,62	4,3	1,1	14,0

¹ Mosto misto - origem: Usina Outeiro, Campos, RJ.

² Mosto de melaço - origem: Mini-destilaria da UFRRJ.

coletado no município de Campos, RJ, foram seguidas em conexão com um experimento destinado a estudar o efeito de fontes de N na presença de vinhaça (100 m³/ha), sobre a nutrição mineral do milho (*Zea mays* L., var. centralmex) (Luisi 1979). As propriedades características do solo e vinhaça são dadas na Tabela 1. O experimento foi conduzido em vasos contendo 5 dm³ de solo (TFSA) os quais tinham sido previamente corrigidos com mistura calcárea e suprimentados com P e micronutrientes (Luisi et al. 1983a) o pH do solo 1:2,5 água após calagem foi de 5,4. Os tratamentos consistiram de: T (testemunha), V (vinhaça, aplicada à dose de 50 ml/dm³ de solo, equivalentes a 100 m³/ha, N (N-NO₃⁻, 100 µg/g de solo, como Ca(NO₃)₂; NV; e NK (K sob forma mineral, equivalentes a 128 kg/ha de K, como K₂SO₄, teor igual ao contido na vinhaça utilizada). Foram plantadas oito sementes de milho em cada vaso, e três dias após a emergência foi feito um desbaste, deixando-se duas plantas por pote. Foram feitas quatro colheitas, aos 15, 30, 45 e 60 dias pós-emergência, ocasião em que foram tiradas amostras de solo para análise de N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ (Bremner 1965). Todos os tratamentos foram repetidos três vezes e dispostos de forma inteiramente casualizada em casa de vegetação. Outros detalhes experimentais, incluindo condições ambientais e produção vegetal foram apresentados previamente (Luisi et al. 1983 a, b).

Experimento 2

Este experimento foi feito a partir de amostras coletadas numa área de 625 m², situada na Usina São João (Campos, RJ), onde ocorre um solo PVA (Typic Paleudult). Amostras com estrutura indeformada de aproximadamente 326 cm³, contidas em anéis de PVC foram retiradas a 10 cm de profundidade, com ajuda de um coletor tipo Uhland. Propriedades características do solo são mostradas na Tabela 1. A vinhaça utilizada, de mosto de melaço (Usina da UFRRJ) está caracterizada na mesma tabela. No laboratório, as amostras foram incubadas com doses de vinhaça equivalentes a 0, 100, 200, 400 e 800 m³/ha, aplicando-se juntamente, em todos os tratamentos, um volume de solução de NaNO₃ equivalente a 300 µg N-NO₃⁻/g de solo. Um conjunto de amostras não recebeu tal aplicação, constituindo o tratamento testemunha. Um conjunto de tratamentos, cada um com cinco repetições, foi colocado para incubar em recipientes de vidro, hermeticamente fechados com tampa de plástico. Detalhes adicionais sobre a técnica de incubação foram descritos por Amaral Sobrinho et al. (1983). Após um período de sete dias, o conjunto era retirado dos recipientes, as amostras secas ao ar, destorroadas, peneiradas (2 mm) e analisadas para N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻ e N-total. O período de incubação foi de 105 dias, mas neste trabalho apresentam-se os dados correspondentes aos primeiros 63 dias, porque após esse período não foram notadas mudanças significativas nos tratamentos (Amaral Sobrinho 1983). As técnicas de extração e determinação analítica das frações do N-mineral estudadas, foram descritas por Leal et al.

(1983) e Amaral Sobrinho et al. (1983). Considerou-se o N-mineral como a soma de N-NO₃⁻ + N-NO₂⁻ + N-NH₄⁺, e o N-orgânico como a diferença entre o N-total e o N-mineral. Todas as frações nitrogenadas foram expressas em unidades de µg/g.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento 1

Na Fig. 1 são mostrados os teores de N mineral (N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺) observados no solo por ocasião de cada colheita quinzenal. Os teores de N-NO₃⁻ mostraram maior variabilidade entre tratamentos aos quinze dias pós-emergência, observando-se uma queda drástica entre quinze e 30 dias e uma tendência à estabilização após essa data, com diferenças relativamente pequenas (Fig. 1A). Aos quinze dias observam-se 82,6 µg N-NO₃⁻.g⁻¹ solo no tratamento NK e apenas 48,5 no tratamento NV. O teor observado para o tratamento, que levou apenas NO₃⁻(N), foi intermediário (63 µg N-NO₃⁻.g⁻¹ solo) enquanto que o tratamento que levou vinhaça (V) isoladamente mostrou um teor ligeiramente superior à testemunha (T), e que nessa data representou 58,3% e 34,3% com relação aos teores dos tratamentos NV e NK, respectivamente. Considerando-se que no plantio foram colocados 100 µg N-NO₃⁻.g⁻¹ de solo, e que a vinhaça adicionou uma pequena quantidade de N-NO₃⁻ (Tabela 1) surge a questão do destino de N-NO₃⁻ adicionado à vinhaça. Aparentemente, a não recuperação do NO₃⁻ adicionado, ocorre somente na presença de vinhaça, mas não do K (Fig. 1A). A primeira interpretação seria atribuir o resultado a diferenças em absorção radicular. Entretanto, análises da parte aérea das plantas (Luisi et al. 1983b) mostraram quantidades muito próximas de N acumulado, (NV, 157 e NK, 143,5 mg N-vaso⁻¹, respectivamente, diferenças não significativas), não sendo esta, portanto, uma explicação plausível. Desde que houve ausência de lixiviação nos potes, cabe admitir ou a imobilização temporária do N-NO₃⁻ ou sua perda do sistema durante a fase de incubação. A possibilidade de perdas de N durante o período de incubação tinha sido sugerida anteriormente por Rossiello et al. (1981). Esses autores observaram que após 30 dias de crescimento de plantas de milho em potes tratados

com doses entre 0 e 400 m³/ha de vinhaça, nem a percentagem de N no solo ou na parte aérea das plantas mudaram significativamente, e sugeriram a ocorrência de desnitrificação.

Cabe destacar entretanto que esta interpretação foi prejudicada neste experimento pelo uso do método de Kjeldahl na determinação do NO₃⁻. O autor observou (Amaral Sobrinho 1983) que o uso da liga de Devarda interfere marcadamente na redução do N-NO₃⁻ e N-NO₂⁻ eventualmente ligados à fração orgânica da vinhaça. Mesmo com essa ressalva, observa-se no período quinze a 30 dias pós-plantio uma queda brusca do teor de N-NO₃⁻ no solo, a pendente variando em função do teor inicial (quinze dias) do N-NO₃⁻ nos vaos. Esse período coincide com as taxas máximas relativas de absorção de nutrientes e acumulação de matéria seca pelas plantas (Luisi et al. 1983 a, b). De fato, a variação em N-NO₃⁻ no solo nesse período (quinze a 30 dias) correlaciona positivamente com a variação do peso seco das plantas (r = 0,841, dados não apresentados). Isto indica que nesse período as plantas causaram uma intensa depleção do N-NO₃⁻ na solução, particularmente os tratamentos NK, N e NV (Fig. 1A). Após esse período (quinze a 30 dias), observaram-se teores relativamente baixos de N-NO₃⁻ no solo. Por volta de 45 dias pós-emergência as plantas atingiram um "plateau" de acumulação com respeito ao N, dentro das condições deste experimento (Luisi et al. 1983b). Mesmo assim, os teores de N-NO₃⁻ continuaram baixos e sem variação significativa no solo, no período 45 - 60 dias (Fig. 1A). Conjuntamente com a brusca depleção do N-NO₃⁻ no período quinze a 30 dias (Fig. 1A) observa-se um aumento significativo do teor de N-NH₄⁺ no solo nesse período (Fig. 1B). A origem desse acúmulo pronunciado de N-NH₄⁺ no solo é difícil de ser interpretada, principalmente porque a sua determinação mostrou muito maior variabilidade entre épocas e repetições, de tal forma que o limite de significância é consideravelmente maior que para o caso do N-NO₃⁻ (Fig. 1A e 1B). Com a única exceção do tratamento N, todos os outros mostraram aumentos de N-NH₄⁺ aos 30 dias, um declínio pronunciado entre 30 e 45 dias e uma tendência final de aumento (Fig. 1B). A magnitude dessas variações esteve controlada pelo teor ini-

cial de N-NH₄⁺ em cada período (Fig. 1B). É possível que a rápida depleção do N-NO₃⁻ disponível no período tenha propiciado uma aceleração na taxa de amonificação a partir do material orgânico presente no solo (Vlek et al. 1981). No período 30 - 45 dias, os teores de N-NH₄⁺ declinam, como esperado, em virtude de sua progressiva nitrificação e absorção radicular, ou competição microbológica (Alexander 1965, Vlek et al. 1981).

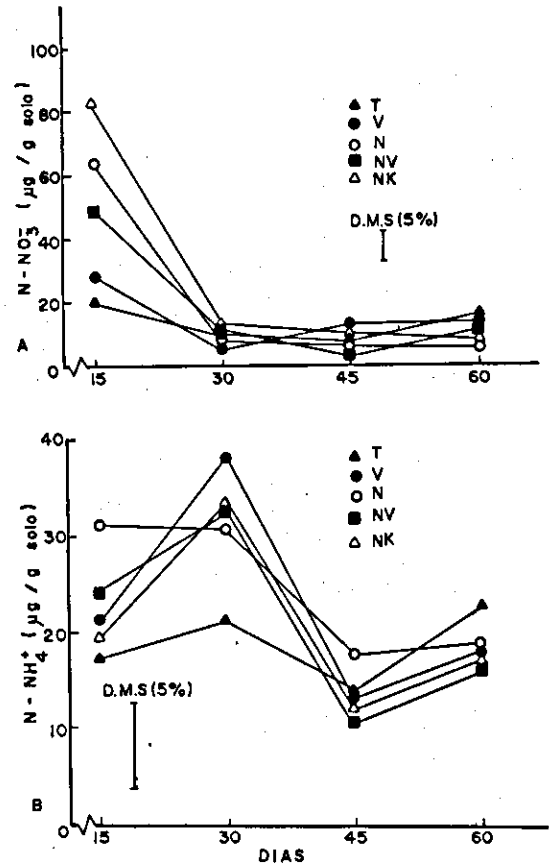


FIG. 1. Variação quinzenal dos teores de N-mineral em solo PVA, cultivado com milho e tratado com vinhaça (V) à dose de 100 m³/ha; ou N-NO₃⁻ (100 µg N/g.solo) isoladamente (N) ou em combinação com vinhaça (NV) ou dose equivalente de K (NK) A: N-NO₃⁻ no solo. B: N-NH₄⁺ no solo.

Experimento 2

Este experimento foi desenhado para esclarecer aspectos da inter-relação N-vinhaça (quando do

uso de $N-NO_3^-$ como fonte), que complicaram a interpretação de resultados como os observados no experimento 1 e outros trabalhos anteriores (Rossiello et al. 1981, Velloso et al. 1982). Para tal usou-se um sistema fechado, com medição semanal da variação do N mineral ($N-NO_3^- + N-NO_2^- + N-NH_4^+$), N-total e a evolução de $N-N_2O$ do sistema, sem a interferência do sistema radicular.

TABELA 2. Balanço do nitrogênio na segunda semana de incubação.

Treatamentos	NTP ¹	NTA ²	Déficit ³	N ₂ O ⁴
	$\mu g N/g$ solo			
0 m ³ /ha + NO ₃ ⁻	1.161	1.161	0	1,5
100 m ³ /ha + NO ₃ ⁻	1.173	1.147	26	25
200 m ³ /ha + NO ₃ ⁻	1.186	1.144	42	35
400 m ³ /ha + NO ₃ ⁻	1.212	1.170	42	43
800 m ³ /ha + NO ₃ ⁻	1.264	1.214	50	46
Testemunha absoluta	860	860	0	1,0

¹ NTP = Nitrogênio total potencial ($N-NO_3^-$ (adicionado) + N-vinhaça (adicionado) + N total original do solo).

² NTA = Nitrogênio total atual.

³ Déficit = NTP - NTA.

⁴ N₂O acumulado até a segunda semana.

Na Fig. 2A são mostrados os teores de $N-NO_3^-$, durante o período 0 - 63 dias pós-incubação. Considerando-se o teor inicial de $N-NO_3^-$ do solo (Tabela 1) e a adição de 300 $\mu g/g$, observa-se para os tratamentos T e 0 m³/ha uma recuperação quase que quantitativa de $N-NO_3^-$ nesses solos, o que avaliza a adequação do método colorimétrico empregado na sua determinação. Na presença de doses crescentes de vinhaça, observa-se um decréscimo drástico dos teores de $N-NO_3^-$ após a primeira semana de incubação, sendo que a magnitude do decréscimo depende em forma direta da dosagem adicionada (Fig. 2A). A partir dos quatorze e até aos 49 dias, o teor de $N-NO_3^-$ aumenta gradativamente e a partir dessa data mostra estabilização até o final do período. Na Fig. 2B mostra-se a variação dos teores de $N-NH_4^+$ em função das doses de aplicação. Os teores aumentam de forma contínua até aos 21 dias, sendo novamente a magnitude do aumento proporcional à dose de aplica-

ção. Entre os 21 e os 28 dias os teores declinam bruscamente, tornando a aumentar a partir dos 35 dias (Fig. 2B). A partir dos 49 dias, os teores tendem a um valor estável, dependente do nível inicial de vinhaça. De forma similar ao do $N-NO_3^-$, esse nível de estabilização é mantido praticamente sem variações até aos 105 dias pós-incubação (dados não apresentados). Observa-se que, independentemente da diversidade das condições experimentais entre os experimentos 1 e 2 o padrão de variação dos teores de $N-NH_4^+$ é qualitativamente igual para ambos, até os 60 dias.

A variação dos teores de $N-NO_2^-$ correspondentes a este experimento foi mostrada num trabalho anterior (Amaral Sobrinho 1983). Destaque-se que $N-NO_2^-$ foi detectado apenas nos tratamentos que levaram vinhaça, apresentando um pico de acumulação aos sete dias, com exceção da dose de 800 m³/ha, que atingiu um máximo aos quatorze dias, o qual quadruplicou o valor observado para 400 m³/ha na primeira semana. Após 21 dias, não foram verificados níveis mensuráveis de $N-NO_2^-$ em nenhum dos tratamentos.

Os teores de N-orgânico, calculados como a diferença entre o N-total e o N-mineral, são mostrados na Fig. 3. Os tratamentos testemunha e $N-NO_3^-$ isoladamente, mantiveram níveis praticamente iguais e constantes, flutuando em torno de 800 $\mu g/g$ de solo. Os tratamentos que levaram vinhaça, aumentaram os teores logo nos primeiros sete dias, partindo de um nível basal proporcional à quantidade de C orgânico adicionado com a vinhaça. Os valores máximos de N-orgânico foram atingidos aos quatorze dias, com exceção da dose de 800 m³/ha, que mostrou um pico aos sete dias. A partir dos quatorze e até aos 49 dias, há uma queda gradativa, estabilizando-se posteriormente até o final do período (Fig. 3).

Um aspecto de interesse nas primeiras duas semanas é a ocorrência de perdas elevadas de N do sistema por evolução de N_2O . Os dados correspondentes foram apresentados anteriormente (Amaral Sobrinho et al. 1983). O padrão de variação foi qualitativamente similar ao do $N-NO_2^-$, com as maiores perdas (no período 0 - 21 dias) correspondendo à dose de 800 m³/ha, equivalentes à 18% do $N-NO_3^-$ total do sistema (Amaral Sobrinho et al. 1983).

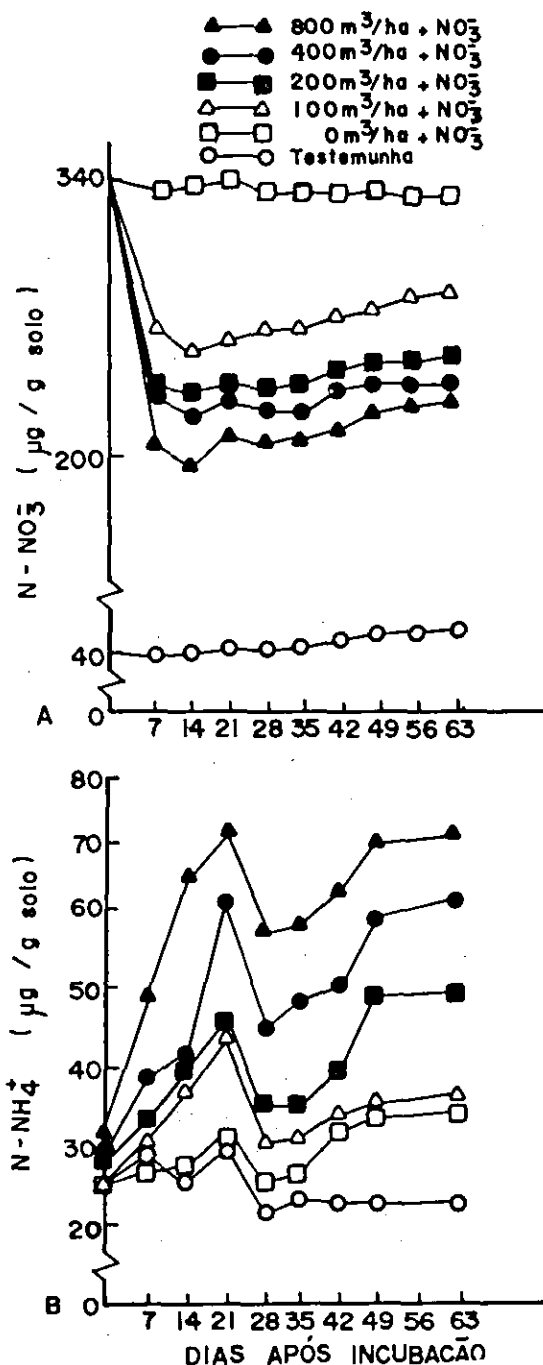


FIG. 2. Variações dos teores de N-NO₃⁻ (2A) e N-NH₄⁺ (2B) em solo PVA incubado com doses crescentes de vinhaça, na presença de 300 µg de N-NO₃⁻/g de solo, em função do tempo.

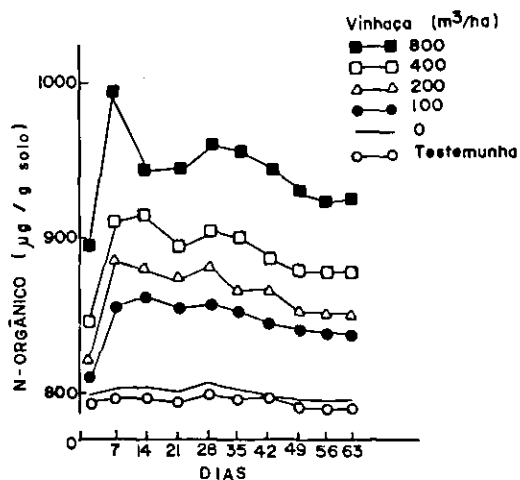


FIG. 3. Variações dos teores de N-orgânico em solo PVA tratado com doses crescentes de vinhaça, na presença de 300 µg de N-NO₃⁻/g de solo, em função do tempo.

O período de maior atividade microbiológica estende-se até aos 30 dias (Fig. 2 e 3). Nesse período, rápidas flutuações nos teores de N mineral refletem o efeito estimulante da adição de uma fonte rica em C orgânico (Tabela 1) na presença de alto suprimento de N-NO₃⁻. Quanto maior a adição de matéria orgânica, maior é a intensidade de variação nas transformações do N-mineral. Assim, o rápido desaparecimento de N-NO₃⁻ quando na presença de vinhaça (Velloso et al. 1982, Almeida et al. 1982 - Fig. 1A) pode ser interpretado como decorrente de uma interação de fatores. Nas primeiras duas semanas, processam-se no solo alterações físico-químicas marcantes, incluindo uma ativa evolução de CO₂, uma elevação acentuada do pH e um abaixamento do potencial redox do solo a valores inferiores a 300 mV, tal como mostrado em detalhe por Leal et al. (1983). Nesse ambiente, o N-NO₃⁻ disponível deve sofrer uma rápida redução, dando origem ao N-N₂O que evolui mensuravelmente no sistema. Uma outra parcela ainda, deve ser rapidamente imobilizada a favor da alta relação C/N da vinhaça usada neste experimento (Vlek et al. 1981), contribuindo sensivelmente para os aumentos nos teores iniciais de N-orgânico (Fig. 3). Finalmente, uma outra parcela pode sofrer redução dissimilatória a N-NH₄⁺, (Caskey & Tiedje

1980), num ambiente dominado, temporariamente, por baixas pressões parciais de oxigênio e conseqüentes baixos valores de Eh (Leal et al. 1983). O brusco aumento de $N-NH_4^+$, no sistema, por outro lado, por volta dos quinze aos 30 dias (Fig. 1B e 2B), após incubação, deve ser favorecido pelo mencionado processo de redução a partir de $N-NO_3^-$, mas principalmente por um fluxo de mineralização, evidenciado pelas quedas de N-ogânico após quatorze dias (Fig. 3). A partir desse tempo (quatorze dias) evidencia-se uma reoxidação do sistema, acompanhada de uma queda na evolução de CO_2 e dos valores de pH (Leal et al. 1983).

O presente estudo, além de detalhar as transformações do $N-NO_3^-$ na interação com a vinhaça, procurou estabelecer uma metodologia capaz de fornecer balanços confiáveis do status do N mineral no solo. Como exemplo, mostra-se na Tabela 2, que as quantidades de N_2O liberado até aos quatorze dias coincidem estreitamente com o déficit do N no sistema, calculado como a diferença entre o N total potencial (a soma do $N-NO_3^-$ adicionado, o N adicionado pela vinhaça e o N nativo do solo) e o N total atual, presente no solo após quatorze dias de incubação.

Cálculos similares realizados para sete e 105 dias após incubação, também fecham o balanço e sugerem que a principal fonte do N-gasoso evoluído foi N_2O , evidenciando que a metodologia foi apropriada no bloqueio da passagem redutiva de N_2O para N_2 .

CONCLUSÕES

A aplicação conjunta de vinhaça e adubo nitrogenado ($N-NO_3^-$) à camada superficial de um solo PVA teve as seguintes conseqüências:

1. Rápida redução do teor de NO_3^- no solo durante as primeiras duas semanas pós-aplicação.

2. No mesmo período, houve evolução variável de $N-N_2O$ no solo, indicando que parte do NO_3^- foi perdido por desnitrificação.

3. Durante as primeiras três a quatro semanas houve um acúmulo apreciável de $N-NH_4^+$ no solo. Tal acúmulo pode corresponder a um fluxo de mineralização em virtude da rápida absorção radicular do NO_3^- adicionado inicialmente e/ou a um ambiente edáfico temporariamente redutor.

4. O teor de N-orgânico do solo elevou-se em todos os tratamentos que levaram vinhaça, após 63 dias de incubação.

5. A intensidade das transformações das várias frações do N mineral do solo foram determinadas pela dose de C-orgânico adicionado pela vinhaça. A relação C/N da mesma, controla inicialmente a tendência à imobilização do N mineral adicionado.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, M. Introduction to soil microbiology. New York, J. Wiley, 1965. 467p.
- ALMEIDA, J.R. de. Interferência dos fungos na adubação do solo pela vinhaça. Piracicaba, ESALQ, 1953. 9p. (Boletim, 5)
- ALMEIDA, M.T.; VICTORIA, R.J.; CERRI, C.C. Destino do nitrogênio aplicado ($^{15}NH_4$) $_2SO_4$ como complementação à vinhaça em um solo ácido de Piracicaba, São Paulo. In: COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO. Anais. Piracicaba, s. ed., 1982. p.193-207.
- AMARAL SOBRINHO, N.M.B. Efeito da vinhaça em mistura com nitrato na dinâmica do nitrogênio em solo ácido. Itaguaí, UFRRJ, 1983. 95p. Tese Mestrado.
- AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; VELLOSO, A.C.X.; LEAL, J.R.; ROSSIELLO, R.O.P. Desnitrificação e imobilização de nitrogênio em solo tratado com vinhaça. R. bras. Ci. Solo, 7:442-83, 1983.
- BERTON, R.S.; O'GRADI, R.J.; RAIJ, B. van. Resíduos da indústria alcooleira como fontes de potássio em experimento de casa de vegetação. R. bras. Ci. Solo, 7:61-4, 1983.
- BOLSANELLO, J. & VIEIRA, J.R. Caracterização da composição química dos diferentes tipos de vinhaça da região de Campos, RJ. Brasil açuc., 96:45-59, 1980.
- BREMNER, J.M. Inorganic forms of nitrogen. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. parte 2, p.1179-237. (Agronomy, 9)
- CASKEY, W.H. & TIEDJE, J.M. The reduction of nitrate to ammonium by *A. Clostridium* sp. isolated from soil. J. Gen. Microbiol., 119:217-23, 1980.
- FERREIRA, W.A. Efeito da vinhaça em solos de diferentes texturas. Itaguaí, UFRRJ, 1980. 67p. Tese Mestrado.
- LEAL, J.R.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; VELLOSO, A.C.X.; ROSSIELLO, R.O.P. Potencial redox e pH; variações em um solo tratado com vinhaça. R. bras. Ci. Solo, 7:257-61, 1983.
- LUISI, M.V.V. Efeitos da vinhaça sobre a fertilidade do solo e a nutrição do milho (*Zea mays* L.). Rio de Janeiro, UFRRJ, 1979. 83p. Tese Mestrado.

- LUISI, M.V.V.; ROSSIELLO, R.O.P.; FERNANDES, M. S. Acidificação do rizocilindro de milho em resposta à absorção de nutriente e sua relação com o crescimento radicular. *R. bras. Ci. Solo*, 7:69-74, 1983a.
- LUISI, M.V.V.; ROSSIELLO, R.O.P.; FERNANDES, M. S. Formas de nitrogênio e níveis de potássio sobre a absorção de fósforo por milho. *Pesq. agropec. bras.*, 18(4):343-50, 1983b.
- ROSSIELLO, R.O.P.; FERREIRA, W.A.; FERNANDES, M.S. Respostas de milho (*Zea mays* L.) à salinidade do solo induzida por aplicação de vinhaça. II. Produção de carboidratos solúveis e absorção de nitrogênio. *R. bras. Ci. Solo*, 5:176-81, 1981.
- SILVA, L.C.F. da; ALONSO, V.; ORLANDO, J.; ZAMBELLO, E. Complementação nitrogenada da vinhaça. *Brasil açuc.*, 5:59-65, 1981.
- VELLOSO, A.C.S.; NUNES, M.R.; LEAL, J.R. Efeito da vinhaça na lixiviação de nutrientes do solo. I. Nitrato e amônio. *Pesq. agropec. bras.*, 17(1):51-5, 1982.
- VLEK, P.L.V.; FILLERY, I.R.P.; BURFORD, R. Accession, transformation, and loss of nitrogen in soils of the arid region. *Plant Soil*, 58:133-75, 1981.