

DINÂMICA DE NUTRIENTES EM CANA-DE-AÇÚCAR

II. DESLOCAMENTO VERTICAL E HORIZONTAL DE $\text{NO}_3\text{-N}$ e $\text{NH}_4\text{-N}$ NO SOLO¹

I.H. SALCEDO e E.V.S.B. SAMPAIO²

RESUMO - Foi monitorado o deslocamento vertical e lateral de uréia aplicada em experimento com cana-de-açúcar em solo Podzólico Vermelho-Amarelo textura arenosa. Os tratamentos foram sem N, com 60 kg/ha de N no plantio e 20 kg/ha no plantio mais 40 kg/ha 90 dias após. Retiraram-se amostras de solo no sulco e a 30 e 62 cm do mesmo, em cinco profundidades (de 20 em 20 cm) antes do plantio e 3, 6, 11 e 16 meses após. Nas amostras determinaram-se $\text{NO}_3\text{-N}$ e $\text{NH}_4\text{-N}$ extratável com KCl 2N. Em todas as amostras, $\text{NH}_4\text{-N}$ foi pouco variável, oscilando ao redor de 3 ppm. $\text{NO}_3\text{-N}$ variou significativamente com a profundidade, nas amostragens de zero, três e seis meses; aos três e seis meses houve também diferenças significativas em função da distância do furo no sulco, em amostras abaixo de 40 cm. A maior acumulação de $\text{NO}_3\text{-N}$ (17 ppm) ocorreu nos 40-60 cm abaixo do sulco, três meses após a aplicação de N em dose única. Após 11 e 16 meses do plantio, as concentrações de $\text{NO}_3\text{-N}$ foram menores que 1 ppm em todas as amostras. As curvas de eluição obtidas permitiram visualizar o rápido movimento vertical de $\text{NO}_3\text{-N}$.

Termos para indexação: N mineral, uréia, lixiviação.

NUTRIENT DYNAMICS IN SUGAR CANE.

II. $\text{NO}_3\text{-N}$ AND $\text{NH}_4\text{-N}$ LATERAL AND VERTICAL MOVEMENT IN THE SOIL

ABSTRACT - Sugar cane plots in a Red-Yellow Podzolic sandy soil were monitored for vertical and lateral urea movement. Treatments were: no N, 60 kg/ha of N at planting time, and 20 kg/ha of N at planting time plus 40 kg/ha of N 90 days after. Soil samples were taken from five depths (20 cm each) before planting and 3, 6, 11 and 16 months after it. Each plot was sampled in the furrow and at distances of 30 and 62 cm from it. Samples were extracted with 2N KCl and analyzed for $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ concentrations. $\text{NH}_4\text{-N}$ concentrations oscillated around 3 ppm, with small variations among sample positions and sampling times. $\text{NO}_3\text{-N}$ concentrations varied significantly among depths in the first three sampling periods (zero, three and six months); at the third and sixth month the sampling distance to the furrow had also a significant effect upon $\text{NO}_3\text{-N}$ concentrations in samples below 40 cm. The maximum $\text{NO}_3\text{-N}$ accumulation (17 ppm) occurred at a depth of 40-60 cm, in the furrow line, three months after the single 60 kg/ha of N application. Independently of depth and location, samples collected 11 and 16 months (harvest) after planting showed less than 1 ppm $\text{NO}_3\text{-N}$. The eluviation curves showed a fast vertical $\text{NO}_3\text{-N}$ movement down the profile.

Index terms: mineral N, urea, leaching.

INTRODUÇÃO

O estudo do deslocamento vertical do N mineral em solos tem merecido a atenção de diversos pesquisadores (Pratt et al. 1978), que utilizaram, para este fim, até técnicas isotópicas (Cervellini et al. 1980 e Cameron & Wild 1982). Este interesse advém do fato de ser o deslocamento de N uma fonte potencial de perda desse nutriente do sistema solo-planta (Nielsen et al. 1980) e ao mesmo tempo poder atuar como elemento poluente de lençóis freáticos (Krishnappa & Shinde 1980).

Ao contrário do que acontece em solos de cli-

ma temperado, nos solos tropicais, tem-se comprovado a adsorção de nitratos nas superfícies de minerais com carga positiva (Kinjo & Pratt 1971). Esta adsorção teria o efeito de retardar o movimento do íon, em relação ao movimento da água (Rajj & Camargo 1974 e Kinjo et al. 1978). Ainda assim, Da Eira et al. (1968) demonstraram que 145 mm de chuva foram suficientes para lixiviar o fertilizante abaixo dos primeiros 28 cm de um solo sem cobertura vegetal. Em um solo Terra Roxa estruturada cultivado com feijão, Cervellini et al. (1980) mediram perdas de 16 kg/ha de N por drenagem profunda. Kiehl et al. (1981), em cana-de-açúcar, encontraram uma correlação inversa significativa entre os teores de N mineral até 30 cm de profundidade e a quantidade de chuva caída.

Considerando-se as grandes quantidades de fertilizantes nitrogenados que consome anualmente a cana-de-açúcar, o estudo do desloca-

¹ Aceito para publicação em 22 de março de 1984
Trabalho apresentado no XIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo - Curitiba, PR, 1983. Financiado pela FINEP e CNEN.

² Eng. - Agr., Ph.D. UFPE/Dep. de Energia Nuclear, CEP 50000 Recife, PE. Bolsista do CNPq.

mento vertical e lateral de N mineral, em função da aplicação única ou parcelada de uréia e da idade da cultura, é de interesse e constitui o objetivo do presente trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS

Instalou-se um experimento com cana-de-açúcar ('Co 997') em solo Podzólico Vermelho-Amarelo latossólico álico de textura arenosa, representativo dos tabuleiros costeiros de Pernambuco. As características químicas das amostras coletadas (0-20 cm) foram as seguintes: pH em água (1:2,5) 5,2; alumínio, cálcio, magnésio e potássio trocáveis: 0,3; 0,5; 0,1 e 0,5 meq/100 g solo, respectivamente; fósforo (extrator de Carolina do Norte) 4,2 ppm; C orgânico 0,7%; N total 0,06%. O experimento constou de três tratamentos: sem nitrogênio; com 60 kg/ha de N no sulco, no plantio; e 20 kg/ha de N no sulco, no plantio, mais 40 kg/ha de N, 90 dias após, em cobertura, como uréia (45% N). Todas as parcelas receberam 1 t de calcário dolomítico, seis meses antes do plantio, e fertilização com 120 kg/ha de P_2O_5 (superfosfato simples, 18% P_2O_5) e 100 kg/ha de K_2O (KCl, 60% K_2O), no momento do plantio. Utilizou-se delineamento experimental em blocos completos, casualizados, com quatro repetições. As parcelas eram constituídas de nove sulcos de 10 m de comprimento, distanciados 1,25 m entre si.

A primeira amostragem foi realizada após delimitadas as parcelas experimentais e antes da aplicação do fertilizante, retirando-se duas amostras por parcela. Obtiveram-se, assim, 24 amostras em cinco profundidades (20 cm em 20 cm, até 1 m de profundidade), as quais foram analisadas separadamente. Nas amostragens subsequentes (3, 6, 11 e 16 meses após o plantio) retiraram-se nove amostras por parcela e profundidade, sendo três no sulco, três a 30 cm e três a 62,5 cm de distância deste. Procedeu-se, então, à mistura das três subamostras de cada posição para obter-se uma amostra composta por parcela para cada combinação de posição horizontal e vertical. Logo após serem retiradas do solo, as amostras foram colocadas em sacos de plástico e estes dentro de um recipiente de isopor contendo abundante gelo seco (neve carbônica) para imediato congelamento. No laboratório, foram mantidas em congelador até o momento da análise. Após descongeladas, 2 g de solo úmido foram extraídos com 20 ml de KCl 2N durante 60 minutos (Bremner 1965). Separado o sobrenadante por centrifugação, nele determinaram-se as concentrações de NO_3-N e NH_4-N colorimetricamente (Industrial... 1973). Em outra subamostra determinou-se o conteúdo de água a 105°C, para expressar as concentrações de N mineral em peso seco de solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações de NO_3-N em função dos tratamentos, épocas e profundidades de amostra-

gem, aparecem na Fig. 1. Com exceção da amostragem inicial (zero mês), as curvas restantes representam concentrações de NO_3-N em amostras retiradas do sulco de plantio. Os meses de pousio entre a calagem e o plantio resultaram numa distribuição de NO_3-N , na época de plantio, que mostra um decréscimo significativo (Fig. 1A), ao passar de 0-20 cm para 20-40 cm, e acréscimos significativos abaixo de 60 cm.

As diferenças entre tratamentos na amostragem dos três meses (Fig. 1 A, B e C) deveram-se à adição de quantidades variáveis de N (a amostragem foi feita antes da aplicação de N em cobertura no tratamento com aplicação parcelada), já que não

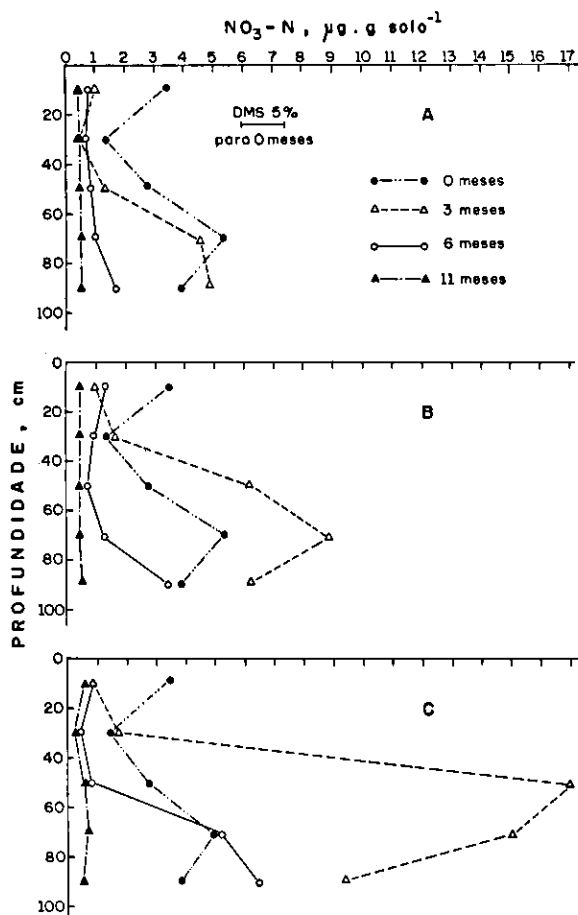


FIG. 1. Concentrações de NO_3-N em amostras retiradas de cinco profundidades no sulco de plantio, em quatro datas de amostragem (A: sem N; B: aplicação parcelada de N; C: aplicação única de N).

houve diferenças significativas entre tratamentos na absorção de N pela cultura neste trimestre (40 kg/ha), nem no restante do ciclo (Sampaio et al. Prelo). Nas parcelas sem fertilização nitrogenada (Fig. 1A), a curva de concentração deslocou-se para concentrações menores que as iniciais, principalmente na profundidade de 0-20 cm. Essa diminuição na camada superficial aconteceu também nos outros dois tratamentos (Fig. 1 B e C). A absorção de N estaria, aparentemente, sendo mais intensa nessa região, dado que aí se concentraram 60% do sistema radicular da cultura (Pernambuco. Universidade Federal 1983). Nas parcelas fertilizadas, nas profundidades maiores de 40 cm, constatou-se uma acumulação estatisticamente significativa de $\text{NO}_3\text{-N}$, bem mais intensa nas parcelas fertilizadas com 60 kg/ha de N (Fig. 1C) em relação às que receberam 20 kg/ha de N no plantio (Fig. 1B). Vale salientar que este deslocamento vertical de $\text{NO}_3\text{-N}$ aconteceu num período relativamente seco, com as chuvas de outubro-dezembro totalizando 283 mm.

Na amostragem feita aos seis meses, as concentrações foram inferiores às de três meses, ficando somente acumulação significativa de $\text{NO}_3\text{-N}$ abaixo de 80 cm e de 60 cm, nos tratamentos com aplicação parcelada (Fig. 1B) e única (Fig. 1C) de nitrogênio, respectivamente. Mudanças na forma das curvas, semelhantes às encontradas entre os três e seis meses, foram relatadas por Kinjo et al. (1978). Eles as obtiveram trabalhando com colunas de solo, sem plantas, simplesmente pelo aumento do volume de água adicionada à coluna. Embora no período de três a seis meses (janeiro a março) a precipitação tenha aumentado para 422 mm, também, nesse período, as raízes passaram de 60 cm para 80 cm de profundidade, foram produzidas 70 t/ha de matéria verde e foram absorvidos, em média, 105 kg/ha de N (Pernambuco. Universidade Federal 1983, Sampaio et al. Prelo). Esses fatos não permitem concluir em que proporção as diminuições nas concentrações de $\text{NO}_3\text{-N}$ no período, particularmente nas profundidades de 80-100 cm (Fig. 1 A, B e C), deveram-se a perdas por drenagem profunda ou absorção pela cultura.

As curvas obtidas onze meses após o plantio

ficaram com valores sempre inferiores a 1 ppm de $\text{NO}_3\text{-N}$ (Fig. 1 A, B e C). Nesse período (abril a agosto), as chuvas aumentaram para 1.139 mm, enquanto a absorção de N pela cultura ficou ao redor de 45 kg/ha de N. Os resultados da amostragem feita por ocasião da colheita (16 meses) não foram incluídos na Fig. 1. As concentrações ficaram sempre menores que 1 ppm de $\text{NO}_3\text{-N}$, exceção feita às amostras de 0-20 cm, nas quais encontraram-se valores de 3-4 ppm. Esta pequena acumulação seria o resultado de decomposição e mineralização de N de parte das folhas acumuladas na superfície do solo. A precipitação entre setembro e dezembro foi de 334 mm.

Os resultados das amostragens feitas a 30 e 60 cm do sulco resumiram-se na Tabela 1. Estes dados complementam a discussão anterior, permitindo visualizar melhor a interação entre o nível de fertilização, o desenvolvimento do sistema radicular da cultura e as concentrações de $\text{NO}_3\text{-N}$ em distintas partes do volume do solo. A presença de raízes ativas, somada ou não ao deslocamento do nitrogênio nativo e/ou adicionado, delimitou regiões de empobrecimento e acumulação de $\text{NO}_3\text{-N}$. Para facilitar a interpretação do fenômeno, traçaram-se, na Tabela 1, linhas que separam estas duas regiões, de forma estatisticamente significativa.

Em todos os tratamentos, até os três meses de idade, a absorção mais intensa foi no sulco e entre o sulco até 40 cm de profundidade, onde se localizam 80% do sistema radicular (Inforzato & Alvarez 1957, Lima Junior 1982 e Pernambuco. Universidade Federal 1983). No tratamento não fertilizado, entretanto, devido provavelmente à insuficiência de $\text{NO}_3\text{-N}$ disponível nesse volume de solo, as plantas retiraram também N na profundidade de 40-60 cm. O desenvolvimento em profundidade do sistema radicular de três a seis meses, acoplado à maior demanda de N pela cultura nesse período, é visualizado na Tabela 1 pelo aumento em profundidade da região de empobrecimento em $\text{NO}_3\text{-N}$. Ao mesmo tempo, o aparecimento de diferenças significativas nas concentrações de $\text{NO}_3\text{-N}$, no sentido de amostragem lateral (Tabela 1), estaria refletindo maior atividade radicular na região central (sulco \pm 30 cm). Percebe-se que, embora de forma diferenciada, os três tratamentos

TABELA 1. Concentração de NO₃-N em amostras de solo retiradas após três e seis meses do plantio de cana-de-açúcar, a várias profundidades e distâncias do sulco.

Profundidade cm	Concentrações de NO ₃ -N ¹					
	3 meses			6 meses		
	0 cm ²	30 cm ²	62,5 cm ²	0 cm ²	30 cm ²	62,5 cm ²
	----- μg.g solo ⁻¹ -----					
	Não fertilizado					
0 - 20	1,0a ³	0,5a	0,9 a	0,8a	0,7a	1,3 a
20 - 40	0,5a	0,5a	1,7a	0,6a	0,6a	0,7a
40 - 60	1,3a	2,2b	3,4c	0,6a	0,6a	1,3a
60 - 80	4,5a	6,4a	7,6a	0,9a	0,9a	2,1b
80 - 100	4,9a	5,9a	6,9a	1,7a	2,1a	5,7b
DMS (5%) ⁴	1,7	3,1	1,5	n.s.	1,0	2,2
	Aplicação parcelada de N					
0 - 20	1,0a	1,1a	1,5a	1,3a	1,2a	1,6a
20 - 40	1,6a	1,6a	2,6a	0,9a	0,3a	1,0a
40 - 60	6,1a	10,8a	7,1a	0,6a	0,9a	2,7b
60 - 80	8,8a	8,7a	7,7a	1,3a	3,4a	8,4c
80 - 100	6,1a	7,0a	6,0a	3,2a	5,4ab	8,4b
DMS (5%) ⁴	4,2	4,6	1,9	1,6	1,9	2,4
	Aplicação única de N					
0 - 20	0,9a	0,7a	1,2a	0,9a	1,4a	2,1a
20 - 40	1,8a	1,1a	2,1a	0,3a	0,9a	1,8a
40 - 60	17,1a	13,1a	6,9b	0,6a	0,4a	0,4a
60 - 80	15,0a	13,0ab	8,4b	5,4a	5,0a	4,3a
80 - 100	9,4a	8,3a	7,6a	6,4a	6,7a	9,3a
DMS (5%) ⁴	4,6	1,8	3,1	1,9	2,8	2,8

¹ Valores médios de quatro repetições.

² Distâncias do sulco de plantio.

³ Para cada época de amostragem, médias na mesma linha, seguidas da mesma letra, não diferem significativamente ao nível de 5%.

⁴ DMS a 5% para comparação de valores médios entre profundidades.

mostraram a mesma tendência. Assim as diferenças significativas aparecem logo aos três meses no tratamento não fertilizado, enquanto, naquele com fertilização parcelada, aparecem somente após seis meses de crescimento. Já no tratamento fertilizado com aplicação única de nitrogênio, a absorção mais intensa na região central (sulco ± 30 cm) confirma-se pelo desaparecimento, aos seis meses, das diferenças significativas presentes aos três meses entre os furos. Neste tratamento, existiu difu-

são lateral de NO₃-N até 30 cm do sulco, sendo as concentrações aos 60 cm de distância comparáveis às dos outros dois tratamentos. O maior empobrecimento relativo de NO₃-N na região central explicar-se-ia em face da limitação de 70% do sistema radicular à faixa de 30 cm de cada lado do sulco (Pernambuco. Universidade Federal 1983), nas quatro épocas de amostragem, nos três tratamentos. Essa variação no sentido lateral, nas várias profundidades, deve ser levada em conta para

instalação e posterior interpretação de resultados de concentração de $\text{NO}_3\text{-N}$ obtidos com amostradores de solução.

Nas amostragens feitas aos 11 e 16 meses, o empobrecimento de $\text{NO}_3\text{-N}$ (> 1 ppm) atingia também os furos laterais com uma única exceção, já comentada, motivo pelo qual esses resultados não foram incluídos na Tabela 1.

Considerando que aos onze meses praticamente não existia mais $\text{NO}_3\text{-N}$ no volume do solo estudado e dada a relação entre a precipitação (1.139 mm) e a baixa demanda de N pela cultura (45 kg/ha de N) entre os seis e onze meses, acredita-se que possa ter ocorrido perda por lixiviação de $\text{NO}_3\text{-N}$ nesse período. Adotando-se um critério muito conservador nos cálculos, poder-se-ia assumir a perda daquele $\text{NO}_3\text{-N}$ presente na região de acumulação (Tabela 1) e localizado a um mínimo de 20 cm da linha que separa ambas as zonas (acumulação e empobrecimento). Isto aplicar-se-ia ao $\text{NO}_3\text{-N}$ presente na profundidade de 80-100 cm nos furos a 30 cm e 60 cm do sulco no tratamento de aplicação parcelada, e na mesma profundidade, nos três furos do tratamento com aplicação única no plantio. Para transformar esses dados em kg/ha, admitiu-se uma região de influência de 15,6 cm a cada lado do furo, 8.000 m de sulco/ha e uma densidade aparente de 1,5 g/cm³, na profundidade de 80-100 cm (Moreira 1982). Já que para cada tratamento as concentrações de $\text{NO}_3\text{-N}$ nos furos mencionados não diferiram estatisticamente, obtiveram-se valores médios (6,9 ppm e 7,5 ppm para aplicação parcelada e única, respectivamente) que foram descontados da concentração encontrada aos onze meses (0,5 ppm). Assim, estimaram-se perdas de 14 kg/ha de N no caso da aplicação parcelada e de 21 kg/ha de N na aplicação única do fertilizante. Estes valores podem ser discutíveis em termos absolutos, porém, em termos relativos, representam bem o observado nas curvas de concentração nesses dois tratamentos. Kiehl et al. (1981) citam vários trabalhos que demonstram que o parcelamento de N não foi vantajoso na produção de cana, quando comparado com aplicação única. Idêntica conclusão foi obtida por Sampaio et al. (Prelo). Entretanto, os resultados do presente trabalho sugerem que as perdas de N por lixiviação foram menores com a aplicação parcelada.

Em relação à informação colhida para $\text{NH}_4\text{-N}$, os dados foram demasiado uniformes para justificar sua inclusão na forma de tabelas. Na amostragem inicial, as concentrações oscilaram de 3 até 4,8 ppm em todas as profundidades. Nas amostragens subseqüentes, as concentrações na superfície (0-20 cm) oscilaram entre 2-3 ppm, nas demais profundidades, entre 1-2 ppm de $\text{NH}_4\text{-N}$. A única exceção aconteceu na amostragem feita aos três meses do plantio no sulco das parcelas com aplicação única de N onde as concentrações de $\text{NH}_4\text{-N}$ de 20 em 20 cm, foram de 2,8; 1,9; 4,0; 4,2 e 2,7 respectivamente. Os baixos valores de $\text{NH}_4\text{-N}$ encontrados demonstram alta taxa de nitrificação, contrastando com parte dos resultados obtidos por Kiehl et al. (1981)

Vários trabalhos ressaltaram a falta de resposta da cana-planta (primeira folha) à fertilização nitrogenada (Marinho et al. 1976, Cavalcanti et al. 1979a, Azeredo et al. 1980) enquanto é comum obter resposta na cana-soca (segunda folha) e restantes das folhas (Cavalcanti et al. 1979b, Lima Junior 1982). É possível que parte da explicação para esse fenômeno resida na quantidade de $\text{NO}_3\text{-N}$ presente no solo em profundidade, no início do desenvolvimento da cana-planta (~50 kg/ha de N no presente trabalho), que se poderia acumular durante o período de pousio entre a colheita da última folha e o novo plantio. Como foi mostrado, a rebrota da cana-soca encontraria o solo totalmente empobrecido até 100 cm de profundidade, fato que aumentaria, então, a possibilidade de resposta à aplicação do fertilizante nitrogenado.

REFERÊNCIAS

- AZEREDO, D.F.; MOTA, J.S.; MANHÃES, M.S. & ROBAINA, A.A. Adução nitrogenada em cana-soca. s.n.t. Trabalho apresentado no Encontro de Técnicos Ligados à Cultura de Cana-de-Açúcar da Zona da Mata, 3, Viçosa, 1980. 10p.
- BREMNER, J.M. Inorganic forms of nitrogen. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARK, F.E. *Methods of Soil Analyses*. s.l., American Society of Agronomy, 1965. Part 2, p. 1179-237.
- CAMERON, K.C. & WIL, A. Comparative rates of leaching of chloride, nitrate and tritiated water under field conditions. *J. Soil Sci.*, 33:649-57, 1982.

- CAVALCANTI, F.J.A.; FERNANDES, C.S.; GOMES, R.V. & MOURA, R.J.M. Lucro da adubação NPK na cana-de-açúcar em Pernambuco. *R. bras. Ci. Solo*, 3:115-20, 1979a.
- CAVALCANTI, F.J.A.; FERNANDES, C.S.; GOMES, R.V.P. & MOURA, R.J.M. Lucro da adubação NPK na cana-de-açúcar em Pernambuco - primeira soca. *Pesq. agropec. pernamb.*, 3:39-50, 1979b.
- CERVellini, A.; RUSCHEL, A.P.; MATSUI, E.; SALATI, E. ZAGATTO, E.A.G.; FERREYRA, H. F.F.; KRUG, F.G.; BERGAMIN, H.; REICHARDT, K.; MEIRELLES, N.M.F.; LIBARDI, P.L.; VICTORIA, R.; SAITO, S.M.T. & NASCIMENTO, V.F. Fate of ^{15}N applied as ammonium sulphate to a bean crop. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Viena, Austria. Soil nitrogen as fertilizer or pollutant. Viena, 1980. p.23-6.
- DA EIRA, P.A.; ALMEIDA, D.L. DE & ALVAHYDO, R. Movimento do íon nitrato, em solo da Série Itaguaí, nas condições naturais de campo. *Pesq. agropec. bras., Sér. Agron.*, 3(1):267-73, 1968.
- INDUSTRIAL method no. 100 - 70 W and 325 - 75 W. Tarrytown, N.Y., Technicon, Industrial Corp., 1973.
- INFORZATO, R.O. & ALVAREZ, R. Distribuição do sistema radicular da cana-de-açúcar var. Co 290, em solo tipo Terra Roxa legítima. *Bragantia*, 16:1-13, 1957.
- KIEHL, J.C.; ESPIRONELO, A. & OLIVEIRA, H. Comportamento do nitrogênio no solo, aplicado à cana-de-açúcar em duas épocas. *R. bras. Ci. Solo*, 5:32-37, 1981.
- KINJO, T.; KIEHL, E.J. & PRATT, P.F. Movimento do nitrato em colunas de terra de um Latossolo. *R. bras. Ci. Solo*, 2:106-9, 1978.
- KINJO, T. & PRATT, P.J. Nitrate adsorption: I. In some acid soils of Mexico and South America. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 35:722-25, 1971.
- KRISHNAPPA, A.M. & SHINDE, J.E. Fate of ^{15}N labelled urea fertilizer under conditions of tropical flooded-rice culture. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Viena, Austria. Soil nitrogen as fertilizer or pollutant. Viena, 1980. p.127-44.
- LIMA JUNIOR, M.A. Nitrogen nutrition of sugar cane in N.E. Brazil. Saskatoon, Canada, University of Saskatchewan, 1982. 172p. Tese Ph.D.
- MARINHO, M.L.; CAVALCANTI, G.A. & AMORIM, A.L.C. Influência do nitrogênio, fósforo e potássio no rendimento industrial dos canaviais de Alagoas. *R. bras. Ci. Solo*, 1:193-201, 1976.
- MOREIRA, J.A.Q. Retenção e movimento de água em um perfil ultisol. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1982. 102p. Tese Mestrado.
- NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W.; MAC INTYRE, J. & TANJI, K.K. Field investigations of water and nitrate - nitrogen movement in Yolo Soil. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Viena, Austria. Soil nitrogen as fertilizer or pollutant. Viena, 1980. p.145-68.
- PERNAMBUCO. Universidade Federal. Dinâmica da água e nutrientes em solos da zona da Mata de Pernambuco. In: _____ . Terceiro Relatório Técnico do Convênio. UFPE (DEN)/FINEP, Recife, 1983.
- PRATT, R.F.; LUND, L.J. & IBLE, J.M. An approach to measuring leaching of nitrate from freely drained irrigated fields. In: NIELSEN, D.R. & MAC DONALD, J.G. Nitrogen in the environment. s.l., Academic Press, 1978. v. 1, p.233-56.
- RAIJ, B. van & CAMARGO, O.A. Nitrate elution from soil columns of three Oxisols and one Alfisol. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 10, Moscow, 1974. Transactions . . . Moscow, International Society of Soil Science. 1974. v. 2, p.384-91.
- SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H. & BETTANY, J. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar: I. Eficiência na utilização de uréia (^{15}N) em aplicação única ou parcelada. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 19, 1984. Prelo.