

DINÂMICA DE NUTRIENTES EM CANA-DE-AÇÚCAR.

I. EFICIÊNCIA NA UTILIZAÇÃO DE URÉIA (^{15}N) EM APLICAÇÃO ÚNICA OU PARCELADA¹

E.V.S.B. SAMPAIO, I.H. SALCEDO² e J. BETTANY³

RESUMO - Instalou-se em Goiana, PE, em solo Podzólico Vermelho-Amarelo, um experimento de campo com três tratamentos: 1) sem nitrogênio; 2) 60 kg/ha de ^{15}N no plantio; 3) 20 kg/ha de ^{15}N no plantio e 40 kg/ha de N, três meses após. Cada parcela tinha nove sulcos de 10 m e recebeu calagem, 120 kg/ha de P_2O_5 e 100 kg/ha de K_2O . Em cada parcela recebendo N, foram delimitadas duas subparcelas de 1,25 m x 1,25 m, às quais adicionou-se uréia com 10,2% átomos de excesso de ^{15}N . Determinaram-se as quantidades de N, totais e provenientes do fertilizante (Nppf) nas folhas verdes e secas, colmos e raízes, aos 3, 6, 11 e 16 meses após o plantio. Em nenhuma época, houve diferenças significativas entre tratamentos, quanto às produções ou quantidades de N retiradas nas diferentes partes das plantas. Na colheita, a produção de cana foi de 130 t/ha; dos 250 kg/ha de N absorvidos pelas plantas, menos de 10% provieram do fertilizante e já haviam sido absorvidos até os três meses. As percentagens Nppf foram proporcionais às doses de ^{15}N aplicadas, resultando em eficiências de utilização do fertilizante em torno de 40%. As percentagens de Nppf das várias partes diferiram entre si.

Termos para indexação: absorção de N, curva de crescimento, partes da planta.

NUTRIENT CYCLING IN SUGARCANE.

I PLANT RECOVERY OF N FROM SINGLE OR SPLIT UREA (^{15}N) APPLICATION

ABSTRACT - A field experiment was established, on a Podzolic Red-yellow soil in Goiana, PE, Brazil, with three treatments: 1) no nitrogen; 2) 60 kg/ha of ^{15}N at planting time and, 3) 20 kg/ha of ^{15}N at planting time plus 40 kg/ha of N three months later. Each plot had nine rows, 10 m long, and received liming plus 120 kg/ha of P_2O_5 and 100 kg/ha of K_2O . In each plot receiving N, urea with 10,2% of ^{15}N atom excess was added to two subplots, 1,25 by 1,25 m each. Nitrogen derived from fertilizer (Ndff) and total N in green and dry leaves, stalks and roots were determined 3, 6, 11 and 16 months after planting. Neither dry matter production nor N content in the different plant parts varied significantly among treatments, in any of the four sampling periods. At harvest time, cane production was 130 t/ha and N uptake was 250 kg/ha. Less than 10% of the N was derived from the fertilizer and absorbed during the first three months of the growing period. Ndff percentages in the plants were proportional to ^{15}N application rates, resulting in fertilizer efficiencies of about 40%. Different plant parts had different percentages of Ndff.

INTRODUÇÃO

Grandes quantidades de fertilizantes nitrogenados são usadas, anualmente, na cultura de cana-de-açúcar no Brasil. Determinações das doses econômicas nas várias regiões produtoras têm sido feitas através de inúmeros ensaios (Marinho et al. 1976, Cavalcanti et al. 1979a, b). Entretanto, da variabilidade dos resultados (Malavolta et al. 1973, Golden & Abdol 1977, Azeredo & Bolsanello

1980, Espironelo et al. 1980, Albuquerque & Marinho 1983), fica evidente a necessidade de pesquisar, com mais detalhes, a ciclagem deste nutriente. A utilização de ^{15}N permite determinar sem ambigüidade as quantidades de N dos fertilizantes absorvidas pela planta, residuais no solo e perdidas do sistema solo-planta. Em outras partes do mundo, tem sido freqüente o emprego de ^{15}N neste tipo de estudo (Takahashi 1964, 1967 e 1968, Wood 1974, Cheong et al. 1980). No Brasil, no entanto, só recentemente foi realizado o primeiro trabalho em cana-de-açúcar com esta técnica (Lima Junior 1982). Assim, considerou-se de interesse pesquisar a ciclagem de N, usando-se ^{15}N , em solos de tabuleiro costeiro de Pernambuco, arenosos e expostos a clima com altas temperaturas e precipitação, cultivados, em sua maior parte,

¹ Aceito para publicação em 22 de fevereiro de 1984. Trabalho apresentado no Seminário Sobre o Uso de Técnicas Nucleares em Estudos de Fertilizantes, Piracicaba, SP, 1983. Financiado pela FINEP e CNEN.

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

³ Químico, Ph.D., University of Saskatchewan, Saskatoon, Canadá.

com cana-de-açúcar. Neste trabalho determinou-se a eficiência de utilização do nitrogênio da uréia em função de sua aplicação única ou parcelada.

MATERIAIS E MÉTODOS

Um experimento de campo foi lançado, em outubro de 1981, na Unidade Experimental de Itapirema, Goiana, PE, pertencente à Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), em solo Podzólico Vermelho-Amarelo latossólico álico textura arenosa com as seguintes características: pH em água (1:2,5) 5,2; alumínio, cálcio, magnésio e potássio trocáveis: 0,3; 0,5; 0,1 e 0,05 meq/100 g de solo, respectivamente; fósforo (extrator de Carolina do Norte) 4,2 $\mu\text{g/g}$ solo; C orgânico 0,7%; e N total 0,06%.

O delineamento experimental foi de blocos completos ao acaso, com quatro repetições e três tratamentos: a) sem nitrogênio; b) 60 kg/ha de N no plantio; e c) 20 kg/ha de N no plantio e 40 kg/ha de N, três meses após. O N foi aplicado como uréia. Seis meses antes do início do ensaio, aplicou-se, na área experimental, dose equivalente a 1 t/ha de calcário dolomítico, misturado com os primeiros 15 cm de solo. Todas as parcelas receberam 120 kg/ha de P_2O_5 (superfosfato simples, 18% P_2O_5) e 100 kg/ha de K_2O (cloreto de potássio, 67% K_2O) no sulco de plantio. Cada parcela tinha nove sulcos com 10 m de comprimento e 1,25 m entre sulcos. Em algumas parcelas (três repetições por tratamento), foram plantados sulcos adicionais para coleta de raízes. A área útil constituiu-se dos três sulcos centrais com 8 m de comprimento (1 m de bordadura em cada extremo). No sulco central de cada parcela que recebeu nitrogênio, foram delimitadas duas subparcelas de 1,25 m x 1,25 m, enterrando-se filmes de plástico de 0,2 mm de espessura até a profundidade de 80 cm, para impedir o movimento lateral do fertilizante. Nessas subparcelas, colocou-se a dose correspondente de N, utilizando-se uréia com 10,2% de átomos em excesso de ^{15}N . A variedade de cana utilizada no experimento foi a 'Co997'.

Aos três, seis e onze meses após o plantio, retiraram-se 20 plantas/parcela, sendo cinco plantas de cada um dos sulcos 2, 3, 7 e 8 de cada parcela. Esse material foi separado em folhas verdes e secas e colmos, secado em estufa a 60°C, pesado, moído e analisado quanto ao teor de N. Simultaneamente, contou-se o número de plantas na área útil de cada parcela. A massa de cada parte (M, t/ha) foi calculada através da fórmula:

$$M = \frac{A}{30} \times \frac{B}{20} \times 10$$

onde:

A = número de plantas na área útil da parcela (30 m^2)

B = massa de cada parte proveniente de 20 plantas (kg)

As quantidades de N em cada parte (QN) foram obtidas

multiplicando-se a massa (M) pelo teor de N. Nestas três primeiras amostragens, a abundância de ^{15}N foi determinada em material proveniente do terço médio da terceira ou quarta folha de plantas das subparcelas com ^{15}N , após secagem e moagem.

As quantidades de N nas raízes, em todas as épocas, foram determinadas cavando-se, nos sulcos adicionais, trincheiras de 1 m^2 por 1 m de profundidade, passando-se todo o solo por peneira com malha de 0,25 cm^2 e recolhendo-se as raízes. Em seguida, foram lavadas em água destilada, secadas, pesadas, moídas e analisadas quanto aos teores de N.

Na colheita, aos 16 meses, os pesos das folhas verdes e secas e dos colmos foram determinados colhendo-se todas as plantas da área útil de cada parcela, separando-se as partes, pesando-se e retirando-se, de cada uma, subamostras para determinação do teor de umidade e de N na matéria seca. As folhas secas no chão também foram colhidas na área útil de cada parcela, pesadas, subamostradas e analisadas. As plantas das subparcelas com ^{15}N foram colhidas em separado, e amostras de cada parte, incluindo raízes, foram retiradas para determinação da abundância de ^{15}N .

As determinações de N foram feitas com autoanalisador, após digestão sulfúrica, e as abundâncias de ^{15}N , por espectrometria de massa no CENA, USP (Rennie & Paul 1971). Para cálculo das quantidades de N provenientes dos fertilizantes em cada parte da planta (Q Nppf), utilizou-se a fórmula:

$$Q \text{ Nppf} = \frac{\% \text{Nppf}}{\% \text{Nf}} \times Q \text{N}$$

onde:

% Nppf = percentagem de átomos de ^{15}N em excesso na parte da planta

% Nf = percentagem de átomos de ^{15}N em excesso no fertilizante

QN = quantidade de N contida na parte da planta.

Os dados foram tratados estatisticamente através de análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em nenhuma época do ano, houve efeito significativo dos tratamentos nas produções de matéria seca das várias partes da planta (Fig. 1), confirmando a ausência de resposta de cana-planta à adubação nitrogenada, já referida por vários autores (Azeredo & Bolsanello 1980, Lima Junior 1982, Albuquerque & Marinho 1983). Até os três meses de idade, o crescimento foi pequeno, seguin-

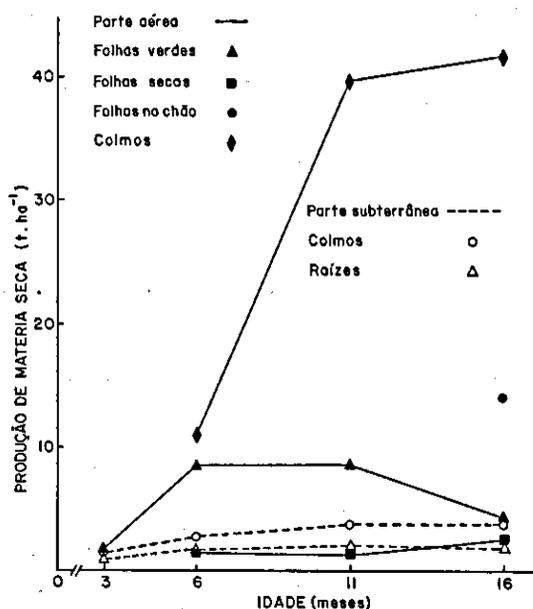


FIG. 1. Evolução da produção média de matéria seca de cana-de-açúcar, com e sem aplicação de uréia, em função da idade da cultura. (Cada ponto corresponde à média das médias por tratamento com coeficiente de variação menor que 10%).

do-se, então, uma fase de rápido desenvolvimento até os onze meses, quando a produção se estabilizou. A partir dos seis meses, já havia colmos bem definidos e a eles coube a maior contribuição para a produção total. Este padrão de crescimento foi semelhante ao encontrado por Catani et al. (1959) havendo, apenas, menor acumulação da massa até os seis meses de idade na cana cultivada por estes autores. Por ocasião da colheita, os colmos correspondiam a 130 t/ha de cana industrial, produção esta considerada boa para cana-planta em solo de tabuleiro. A estabilização da massa de folhas, após os seis meses, pode ser explicada pelo simultâneo desenvolvimento de novas folhas e queda das folhas mais velhas. Na época da colheita, havia no solo 13,5; 14,4; e 13,7 t/ha de matéria seca de folhas velhas no chão para os tratamentos sem N, com N parcelado e N total no plantio, respectivamente.

Também, em nenhuma época do ano, houve efeito significativo dos tratamentos nos teores de N das várias partes da planta, sendo, portanto, apenas as médias entre os tratamentos apresentados na Tabela 1. Os teores nas folhas verdes, que foram sempre os mais altos, caíram dos três aos onze meses, subindo ligeiramente por ocasião da colheita, quando o número (e a massa) de folhas verdes por cana reduziu-se, tendo permanecido verdes apenas as folhas mais novas. Os teores nas folhas secas nas plantas variaram pouco ao longo do ciclo da cultura e foram menores que o das folhas secas no chão, recolhidas nas colheitas.

As quantidades de N contidas nas várias partes das plantas (Fig. 2) seguiram um padrão semelhante ao da matéria seca, com exceção, apenas, das folhas verdes que tiveram maior contribuição relativa, devido ao fato de os teores de N terem sido maiores que nas outras partes das plantas (Tabela 1). Como os tratamentos não diferiram significativamente nem quanto à produção da matéria seca nem quanto aos teores de N, também não houve efeitos dos tratamentos nas quantidades de N retiradas pela cultura, que totalizaram, na colheita, cerca de 180 kg/ha. Deve-se acrescentar a este total, cerca de 75 kg/ha contidos nas folhas secas no chão. O valor de 180 kg/ha de N retirados pela cultura é aproximado dos 192 kg/ha de N retirados por colmos e folhas de cana-planta com 16 meses, cultivada em três solos de São Paulo (Orlando Filho et al. 1980).

A contribuição relativa do fertilizante para o N da cana (Tabela 2) decresceu, ao longo do ciclo da cultura, de 44%, aos três meses de idade, para menos de 10% na colheita (tratamento com 60 kg/ha de ¹⁵N). O período de maior redução na percentagem de Nppf, de três e seis meses, correspondeu ao de maior absorção de N pela cultura. De maneira geral, as percentagens de Nppf foram três vezes maiores no tratamento que recebeu 60 kg/ha de ¹⁵N, comparadas com as do que recebeu 20 kg/ha de ¹⁵N. Isto indica que os 40 kg/ha de N colocados em cobertura, no último tratamento, não afetaram a utilização do fertilizante colocado no plantio. Na colheita, as quantidades de N do fertilizante, recuperadas no material vegetal, foram de 23,5 kg/ha e 8,9 kg/ha (Tabela 2) para os tratamentos que receberam 60 e 20 kg/ha de ¹⁵N, res-

TABELA 1. Teores médios de N nas várias partes das plantas de cana-de-açúcar sem e com aplicação de uréia, em função da idade da cultura*.

Parte da planta	Idade das plantas (meses)			
	3	6	11	16
	%			
Folhas Verdes	1,58 ± 0,08**	1,05 ± 0,16	0,71 ± 0,02	0,85 ± 0,00
Folhas Secas	-	0,35 ± 0,01	0,40 ± 0,03	0,39 ± 0,00
No chão	-	-	---	0,54 ± 0,00
Colmos	-	0,33 ± 0,01	0,29 ± 0,01	0,27 ± 0,00
Raízes (0-20)	0,74 ± 0,14	0,48 ± 0,01	0,48 ± 0,01	0,54 ± 0,00

* Não houve diferença significativa entre tratamentos nos teores de N.

** Desvio padrão entre os teores médios de cada tratamento.

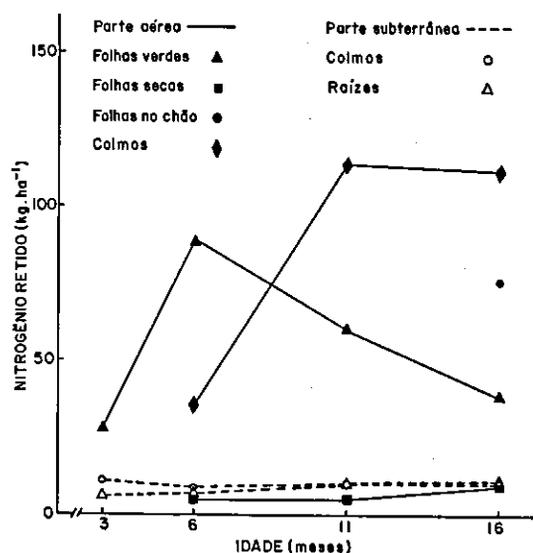


FIG. 2. Evolução da quantidade média de N nas várias partes da plantas de cana-de-açúcar, com e sem aplicação de uréia, em função da idade da cultura. (Cada ponto corresponde à média das médias por tratamento com coeficiente de variação menor que 10%).

pectivamente, o que corresponde à eficiência de utilização de 39% e 45%. Descontadas as folhas secas no chão, essas eficiências caem para 25%, em ambos os tratamentos. Estes valores são semelhan-

tes aos encontrados em cana-de-açúcar cultivada em outras partes do mundo (Takahashi 1964, 1967 e 1968, Wood 1974, Cheong et al. 1980).

Na colheita, as percentagens de Nppf foram diferentes nas várias partes da planta, sendo que os tecidos formados, há mais tempo, tiveram maior percentagem de Nppf. Assim, folhas secas no chão, que são uma mistura das folhas produzidas desde o início do ciclo (percentagem de Nppf elevada, Tabela 2), tiveram o maior valor. O segundo maior valor pertenceu aos colmos, que também integram tecidos formados ao longo deste ciclo, enquanto o menor valor foi o das folhas verdes, de formação posterior. Isto indicaria que o N não teve reciclagem interna completa, confirmando os dados de Lima Junior (1982), mas contrariando os de Takahashi (1967 e 1968).

Devido às variações nas percentagens de Nppf, o cálculo do fertilizante absorvido ao longo do ciclo da cultura, baseado somente nas percentagens de Nppf das folhas verdes obtidas aos três, seis e onze meses, pode resultar em desvios com relação ao valor real. Foram feitos, então, dois tipos de estimativas (Tabela 2): 1) assumindo a percentagem de Nppf das folhas verdes como válida para as outras partes da planta. Esta estimativa parece ser a mais razoável para o N absorvido até os três meses de idade quando, dada a pequena idade e a pouca massa desenvolvida, não deveriam existir diferenças importantes nas percentagens de Nppf. Entretanto, poderia resultar num valor subestimado do N absorvido aos seis, e principalmente aos onze

TABELA 2. Nitrogênio derivado do fertilizante (uréia ^{15}N) nas várias partes de plantas de cana-de-açúcar, em função da idade e da dose de N aplicada.

Parte das plantas	Idade das plantas (meses)										
	3			6			11			16	
	Nppf ¹	Est ₁ ²	Est ₂ ³	Nppf	Est ₁	Est ₂	Nppf	Est ₁	Est ₂	Nppf	Peal
	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	
60 kg/ha de ^{15}N											
Folhas											
Verdes	44,3	12,9	12,9	13,0	12,6	12,6	8,1	4,9	4,9	5,3	2,1
Secas	-	-	-	....	0,7	0,9	...	0,4	0,5	6,2	0,6
No chão	-	-	-	-	-	-	...	...	...	10,9	7,9
Colmos											
Áereos	-	-	-	....	4,3	7,7	...	9,2	16,5	9,5	11,1
Subterrâneos	...	5,2	9,3	....	1,1	2,9	...	0,9	1,5	9,5	0,9
Raízes	...	3,3	4,3	....	1,2	1,5	...	0,8	1,1	6,9	0,9
Total		21,4	26,5		19,9	24,7		16,2	24,5		23,5
60 kg/ha de ^{15}N											
Folhas											
Verdes	17,8	4,8	4,8	5,8	4,3	4,3	2,3	1,4	1,4	1,9	0,7
Secas	-	-	-	....	0,3	0,4	...	0,1	0,2	2,4	0,3
No chão	-	-	-	-	-	-	...	...	...	4,6	3,8
Colmos											
Áereos	-	-	-	....	1,7	2,9	...	2,8	4,7	3,2	3,6
Subterrâneos	...	2,0	3,4	....	0,5	0,8	...	0,2	0,4	3,2	0,3
Raízes	...	0,9	0,9	....	0,3	0,3	...	0,3	0,3	2,0	0,2
Total		7,7	9,1		7,1	8,7		4,8	7,0		8,9

¹ N derivado do fertilizante

² Estimativa 1: assume que o % Nppf das folhas verdes é igual em todas as partes da planta.

³ Estimativa 2: assume que a relação $\frac{\% \text{ Nppf (folhas verdes)}}{\% \text{ Nppf (outras partes)}}$ obtida na colheita é válida para as amostras.

meses, considerando-se que assim como ocorreu na colheita, provavelmente, também aos seis e onze meses, a percentagem de Nppf teria sido menor nas folhas verdes que em outras partes da planta; 2) assumindo que a relação percentagem de Nppf (folha verde)/percentagem de Nppf (outras partes), encontrada na colheita, seria válida para as amostras anteriores. Assim, estimaram-se as percentagens de Nppf das outras partes da planta, multiplicando-se a percentagem de Nppf das folhas verdes de cada amostragem pela relação encontrada na colheita. Esta segunda estimativa resultaria numa superestimção do N absorvido do fertilizante, principalmente até os três meses de idade, já

que, provavelmente, as diferenças entre as percentagens de Nppf das várias partes da planta aumentaram com a idade da cultura. Analisando-se os valores das duas estimativas, em todas as datas de amostragem (Tabela 2), chega-se a uma conclusão segura: quase todo o N derivado do fertilizante foi absorvido nos primeiros três meses de crescimento da cultura. Nesta data, pela primeira estimativa, a mais conservadora, já haviam sido absorvidos, pelo menos, 86% de N do fertilizante recuperado nas plantas na colheita. Isto aconteceu independentemente da adição de 20 ou 60 kg/ha de ^{15}N no plantio.

Levando-se em conta que a absorção total

média foi de 250 kg/ha de N nos três tratamentos e que a contribuição do fertilizante foi menos que 10% desse total, percentagem esta menor que o erro experimental, explicar-se-ia a falta de resposta à fertilização nitrogenada em cana-planta. Entretanto, essa mesma falta de resposta aconteceu, também, aos três meses de idade da cultura e, neste caso, a contribuição percentual do fertilizante era bem maior. Até essa data, a absorção de N nos três tratamentos foi de 50 kg/ha de N (Figura 2). A testemunha retirou-os do solo; o tratamento fertilizado com 20 kg/ha de N retirou 43 kg/ha de N do solo e 7 kg/ha de N do fertilizante, enquanto que o que recebeu 60 kg/ha de N retirou 30 e 20 kg/ha de N dessas mesmas fontes, respectivamente. Neste caso, é difícil explicar por que os tratamentos fertilizados não retiraram todo N nativo do solo que estava disponível para a testemunha, somando-o ao proveniente do fertilizante. Também chama a atenção o fato de as plantas terem absorvido, em ambas as doses, a mesma proporção do fertilizante aplicado, isto é, ao redor de 36%, se calculado aos três meses de idade da cultura pela estimativa 1 (Tabela 2). Isto poderia ser explicado se se considerasse que a distribuição no solo do N aplicado no sulco fosse independente da dose utilizada, o que resultaria, dentro de certos limites, em concentrações proporcionais às aplicadas, em posições equivalentes do perfil (Salcedo & Sampaio, Prelo) e admitindo-se, também, semelhanças nos sistemas radiculares e volumes de solo explorados.

Os resultados indicam que o solo contribuiu com uma grande quantidade de N para as plantas. Uma provável fonte desse N pode ter sido a mineralização da matéria orgânica do solo, que, por sua vez, é o destino final de grande parte do fertilizante aplicado (Takahashi 1967 e 1968, Lima Junior 1982). Uma outra possível fonte de N pode ter sido a fixação por microrganismos associados à rizosfera da cana-de-açúcar (Döbereiner et al. 1973). Assim, resulta evidente a necessidade de pesquisas mais detalhadas nestas duas áreas da dinâmica de N do solo.

CONCLUSÕES

1. Não houve resposta da cana-planta à adubação nitrogenada com ou sem parcelamento, tanto

em relação à produção (130 t/ha de cana) quanto em relação ao N total absorvido (250 kg/ha).

2. Dos 60 kg/ha de N aplicados como uréia, 23 kg/ha foram absorvidos pelas plantas, correspondendo a 39% de utilização do N do fertilizante, mas representando menos de 10% do N total retirado pela cultura. Praticamente, todo o N proveniente do fertilizante foi absorvido pelas plantas até três meses após sua aplicação.

3. A absorção de N do fertilizante colocado no plantio foi proporcional à quantidade aplicada (60 ou 20 kg/ha), não tendo sido afetada pela adubação em cobertura.

4. As percentagens de N proveniente do fertilizante foram diferentes nas várias partes da planta, sendo menores nas folhas verdes e maiores nas folhas secas no chão, indicando que o N não teve uma reciclagem completa.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, G.A.C. & MARINHO, M.L. Adubação na região Norte-Nordeste. In: ORLANDO FILHO, S. coord. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil. Piracicaba, IAA/PLANALSUCAR, 1983. 369p.
- AZEREDO, D.F. & BOLSANELLO, J. Efeitos da adubação nitrogenada em cana-planta na zona da Mata de Minas Gerais. In: ENCONTRO DE TÉCNICOS LIGADOS À CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR DA ZONA DA MATA, 3, Viçosa, IIA/PLANALSUCAR, 1980. 10p.
- CATANI, R.A.; ARRUDA, H.C.; PELEGRINO, D. & BERGAMIN FILHO, H. A absorção de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre pela cana-de-açúcar Co419 e o seu crescimento em função da idade. An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, 16:167-90, 1959.
- 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. 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. Pes. agropec. pernamb., 3:39-50, 1979b.
- CHEONG, Y.W.Y.; NG KEE KWONG, K.F. & VACALOT, P.C. Comparative study of ammonium and nitrate fertilizer in two soils of Mauritius with sugarcane. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Viena, Áustria. Soil Nitrogen as Fertilizer or Pollutant. Viena, 1980, p.551-67.
- DOBEREINER, J.; DAY, J.M. & DART, P.J. Fixação de nitrogênio na rizosfera de *Paspalum notatum* e da cana-de-açúcar. Pes. agropec. bras., 8:153-7, 1973.

- ESPIRONELO, A.; OLIVEIRA, H. & NAGAI, V. Efeitos da adubação nitrogenada em cana-de-açúcar (cana-planta) em anos consecutivos de plantio II - Resultados de 1976/78 e conclusões finais (1974/78). *Bragantia*, 39:27-38, 1980.
- GOLDEN, L.E. & ABDOL, I.B. Effects of nitrogen and potassium fertilizers and soil type on yield component and nutrient uptake of four sugar cane varieties. *Bull. Agric. Exp. Sta. Louisiana*, (700):5-60, 1977.
- LIMA JUNIOR, M.A. Nitrogen nutrition of sugarcane in N.E. of Brazil. Saskatoon, Canadá, University of Saskatchewan, 1982. 172p. Tese Doutorado.
- MALAVOLTA, E.; GOMES, F.P.; COURY, T.; ABREU, C.P.; VALSECCHI, O.; HAAG, H.P.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; MELLO, F.A.T.; ARZOLLA, J.P. P.; ARZOLLA, S.; RANZANI, G.; KIEHL, E.J.; CROCOMO, O.J.; MENARD, L.N.; NOVAIS, R.F.; FREIRE, O. & OLIVEIRA, E.R. A diagnose foliar na cana-de-açúcar. IV. Resultados de 40 ensaios fatoriais NPK 3 x 3 x 3, primeiro corte no Estado de São Paulo. Piracicaba, SP, ESALQ, 1973. 47p.
- MARINHO, M.L.; CAVALCANTI, G.A.P. & AMORIM, A.L.C. Influência do nitrogênio, fósforo e potássio no rendimento industrial dos canaviais de Alagoas. *Rev. bras. Ci. Solo*, 1:193-201, 1976.
- ORLANDO FILHO, J.; HAAG, H.P. & ZAMBELLO JUNIOR, E. Crescimento e absorção de macronutrientes pela cana-de-açúcar, variedade CB41-76, em função da idade, em solos do Estado de São Paulo. *B. téc. PLANALSUCAR*, 2:1-128, 1980.
- RENNIE, D.A. & PAUL, E.A. Isotope methodology and techniques in soil plant nutrition and plant physiology. Saskatoon, University of Saskatchewan Press, 1971. 142p.
- SALCEDO, I.H. & SAMPAIO, E.V.S.B. 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 solo. *Pes. agropec. bras.*, Brasília, Prelo.
- TAKAHASHI, D.T. ^{15}N nitrogen field studies with sugarcane. *Hawaii. Plant. Rec.*, 57:198-221, 1964.
- TAKAHASHI, D.T. Effect of amount and timing on the fate of fertilizer nitrogen in lysimeter studies with ^{15}N . *Hawaii. Plant. Rec.*, 57:292-308, 1967.
- TAKAHASHI, D.T. Fate of ammonium and nitrate fertilizers in lysimeter studies with ^{15}N . *Hawaii. Plant. Rec.*, 58:1-12, 1968.
- WOOD, R.A. The effect of time and application on the utilization of fertilizer nitrogen by plant cane. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.*, 2:1-12, 1974.