

EFICIÊNCIA NO USO DE NITROGÊNIO EM RELAÇÃO AO MANEJO DOS RESÍDUOS DA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR

M.V. BASANTA
 Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP
 Bolsista FAPESP

D. DOURADO NETO
 Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP
 Bolsista CNPq

K. REICHARDT
 Laboratório de Física de Solos/CENA/USP

O.O.S. BACCHI
 Laboratório de Física de Solos/CENA/USP

J.C.M. OLIVEIRA
 Laboratório de Física de Solos/CENA/USP

P.C.O. TRIVELIN
 Laboratório de Isótopos Estáveis/CENA/USP

L.C. TIMM
 Laboratório de Física de Solos/CENA/USP

T.T. TOMINAGA
 Laboratório de Física de Solos/CENA/USP

V. CORRECHEL
 Laboratório de Física de Solos/CENA/USP

F.A.M. CÁSSARO
 Laboratório de Física de Solos/CENA/USP

L.F. PIRES
 Laboratório de Física de Solos/CENA/USP

J.R. MACEDO
 Laboratório de Física de Solos/CENA/USP

RESUMO

Para quantificar a eficiência do uso do nitrogênio derivado do fertilizante (NddF) e dos resíduos da cultura (NddRes), foram avaliados dois sistemas de manejo da palhada da cana-de-açúcar: (i) colheita com queima dos resíduos (CQ), e (ii) colheita de cana crua, sem queima (SQ). Os tratamentos foram: T1: 63 kg.ha⁻¹ de sulfato de amônio marcado com ¹⁵N no plantio e colheita SQ; T2: 63 kg.ha⁻¹ de sulfato de amônio não marcado no plantio e colheita SQ; T3: 63 kg.ha⁻¹ de sulfato de amônio marcado com ¹⁵N no plantio e CQ. Na colheita da cana planta, a palhada marcada com ¹⁵N de T1 foi espalhada em T2, e vice-versa. Observou-se de 8% a 13% de redução no rendimento no tratamento SQ, sendo que 105 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de N foram reciclados no sistema, enquanto que no CQ a perda de N foi 84 kg.ha⁻¹.ano⁻¹. Após o primeiro ciclo, 75% do NddF foi recuperado no sistema solo-planta, sendo que a maior parte foi encontrada na planta. Constatou-se que até a colheita de 2000 a saída de NddF do sistema foi da ordem de 60% em CQ e de 42% em SQ. O NddRes foi principalmente imobilizado no solo.

PALAVRAS-CHAVE

Cana-de-açúcar, nitrogênio, resíduos da cultura, manejo da colheita.

SUMMARY

To quantify the efficiency of the use of the nitrogen derived from fertilizer (NddF) and from crop residues (NddRes), two trash management systems were evaluated: (i) harvest with previous burnt trash (CQ), and (ii) trash mulching (SQ). The treatments were: T1: 63 kg.ha⁻¹ of ¹⁵N-labeled ammonium sulfate at planting and harvest without burning; T2: 63 kg.ha⁻¹ of unlabeled ammonium sulfate at planting and harvest without burning; T3: 63 kg.ha⁻¹ of ¹⁵N-labeled ammonium sulfate at planting and harvest with burnt trash. At the plant cane harvest, the labeled trash from T1 was spread on T2, and vice-versa. A cane yield loss of 8 to 13% for the trash mulching treatment was observed. The trash retained as mulching allowed a nitrogen recycling of 105 kg.ha⁻¹.year⁻¹, while the practice of burning the residue lead to a nitrogen loss of 84 kg.ha⁻¹.year⁻¹. At plant crop harvest 75% of NddF was recovered in the soil-plant system, and most of it was in the plant. Up to the 2000 harvest, the total output of N-fertilizer was 60% for burnt trash, and 42% for trash mulching. The NddRes was mainly immobilized in the soil.

KEY WORDS

Sugarcane, nitrogen, trash, harvest management.

INTRODUÇÃO

Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com uma área cultivada de cerca de 5 milhões de ha. A colheita de cana-de-açúcar é tradicionalmente realizada após a despalha a fogo para facilitar o corte manual. Essa prática de manejo está sendo substituída pelo sistema de colheita de cana crua, sem prévia queima da palhada, no qual este material permanece sobre a superfície do solo (TRIVELIN et al., 1995; OLIVEIRA et al., 2000). A palhada depositada sobre o solo após a colheita é da ordem de 10 a 15 t ha⁻¹ e contém cerca de 50 a 100 kg.ha⁻¹ de nitrogênio (CANTARELLA, 1998). Na colheita de cana-de-açúcar com despalha a fogo, uma quantidade importante desse N é perdida para a atmosfera na forma de óxidos de nitrogênio. A colheita de cana crua permite que os nutrientes contidos na palhada permaneçam no campo e sejam reciclados no sistema. Prevenindo a queima dos resíduos da cultura, o N neles contido pode ser reciclado no sistema, e com o tempo, um equilíbrio pode ser alcançado em que a taxa de incorporação do nitrogênio dos resíduos na matéria orgânica do solo é similar à taxa de mineralização do N orgânico, mantendo estável o conteúdo de N no sistema. Assim, a adubação nitrogenada seria necessária só para restituir o nitrogênio exportado para os colmos.

O objetivo deste trabalho foi estudar o destino do nitrogênio no sistema solo-planta usando o ¹⁵N como traçador, e determinar a eficiência do sistema na recuperação do nitrogênio do fertilizante e da palhada, comparando dois sistemas de manejo dos resíduos da cultura de cana.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em outubro de 1997, em Piracicaba, SP (22° 42' S; 47° 38' O), num solo classificado como NITOSSOLO VERMELHO Eutroférico (Rhodic Kandiodox), caracterizado em OLIVEIRA et al. (2000). A variedade de cana-de-açúcar SP 80-3280 foi plantada numa área de 2100 m² (15 linhas de 100 m de comprimento, com espaçamento de 1,40 m). A área experimental efetiva engloba as três linhas centrais, nas quais foram estabelecidos três tratamentos, separados entre si por bordaduras de 4 m. Cada tratamento teve 4 repetições, cada uma de 3 linhas de cana de 4 m de comprimento (16,80 m²).

Os tratamentos foram: T1: adubação no plantio com 63 kg.ha⁻¹ de N na forma de sulfato de amônio com 11,7% de ¹⁵N em excesso, e colheita de cana crua; T2: adubação no plantio com 63 kg.ha⁻¹ de N na forma de sulfato de amônio comercial, e colheita de cana crua; T3: adubação no plantio com 63 kg.ha⁻¹ de N na forma de sulfato de amônio com 11,7% de ¹⁵N em excesso, e colheita de cana com despalha a fogo. No primeiro corte, o tratamento T1 recebeu a palhada não marcada proveniente de T2, e o tratamento T2 a palhada marcada com ¹⁵N proveniente de T1.

Após a colheita, em todos os tratamentos, na cana soca foi realizada uma adubação de cobertura com 80 kg.ha⁻¹ de N. Neste trabalho são apresentados dados de 3 cortes: o corte da cana-planta em outubro de 1998 e mais 2 cortes de cana-soca em outubro de 1999 e 2000.

Em cada parcela os resíduos da cultura (ponteiros + palha) foram amostrados, e os colmos colhidos manualmente e pesados para estimativa da produtividade (kg.ha⁻¹). Depois da secagem das amostras em estufa a 65°C foi feito o cálculo da massa seca (MS, kg.ha⁻¹). Amostras do solo foram realizadas anualmente logo após a colheita da cana, nas profundidades de 0-0,15; 0,15-0,30 e 0,30-0,50 m. O teor de nitrogênio (%N) das amostras foi determinado pelo método de Kjeldahl (BREMER, 1965) e o teor de ¹⁵N (%¹⁵N) através da análise isotópica do N no espectrômetro de massa (ANCA-SL, Europe Scientific, Crewe, UK) de acordo com Rittenberg (HAUCK, 1982).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

RENDIMENTO E NITROGÊNIO TOTAL CONTIDO NA PARTE AÉREA DA PLANTA

O rendimento de colmos no tratamento colheita sem queima (SQ) foi de 120 e 98 t.ha⁻¹ em 1999 e 2000, respectivamente, e no tratamento colheita com queima (CQ) 138 t.ha⁻¹ em 1999 e 119 t.ha⁻¹ em 2000 (TABELA I). Os rendimentos na colheita CQ foram superiores aos verificados na colheita sem queima em 8% no ano de 1999 e em 13% em 2000, sendo essa diferença estatisticamente significativa ($P > 0,05$) nos dois anos. Esses resultados contrastam com os observados por WOOD (1986) na Austrália, e McINTYRE et al. (1996) nas Ilhas Maurício, os quais encontraram aumento no rendimento da cana quando os resíduos culturais foram deixados sobre o solo. WOOD (1991) observou que, em solos bem drenados, os resíduos da cultura deixados como cobertura promoveram acréscimo nos rendimentos de cana de até 10 t.ha⁻¹ ano⁻¹, quando comparado à prática de despalha a fogo.

CARVALHO et al. (1996) observaram que a palhada de cana produzia inibição na rebrota da soqueira de cana, o que foi considerado um efeito auto-alelopático. No presente experimento, a palhada deixada na superfície do solo pode ter exercido um efeito inibitório da rebrota seja por um simples efeito físico ou por efeito alelopático, o qual pode explicar os menores rendimentos no tratamento SQ. Uma possível solução para esse problema frequentemente observado, seria espalhar os resíduos culturais nas entrelinhas, evitando que as soqueiras fiquem cobertas pelos mesmos.

TABELA I.

RESULTADOS DA COLHEITA DE TRÊS ANOS REFERENTES À PRODUTIVIDADE DE COLMOS (T.HA⁻¹), NITROGÊNIO TOTAL (NT, KG.HA⁻¹), NITROGÊNIO DERIVADO DO FERTILIZANTE (NDdF, KG.HA⁻¹) E NITROGÊNIO NÃO MARCADO (NNM, KG.HA⁻¹) NOS DIFERENTES COMPARTIMENTOS DA PLANTA.

Variável	1998	1999 (Colheita, 1º soca)		2000 (Colheita, 2º soca)	
	Cana-planta	SQ	CQ	SQ	CQ
Produtividade	112,0 (≡ 9,51) *	120,0 b (≡ 10,53)	138,0 a (≡ 3,45)	98,0 b (≡ 10,14)	119,0 a (≡ 9,71)
Nt	137,1 (≡ 14,26)	88,2 b (≡ 8,24)	127,5 a (≡ 14,28)	30,4 b (≡ 8,55)	47,0 a (≡ 5,43)
Colmos ¹					
Ponteiros ²	77,1 (≡ 2,13)	48,4 a (≡ 3,55)	50,0 a (≡ 5,00)	50,8 a (≡ 12,77)	60,5 a (≡ 3,32)
Palha ³	50,1 (≡ 2,66)	53,5 a (≡ 9,04)	59,0 a (≡ 3,55)	35,2 b (≡ 3,81)	47,5 a (≡ 4,96)
Total	264,3 (≡ 12,43)	190,0 b (≡ 20,38)	236,5 a (≡ 18,87)	116,6 b (≡ 22,07)	155,0 a (≡ 10,94)
NdF					
Colmos ¹	22,2 (≡ 5,03)	3,1 a (≡ 0,33)	3,2 a (≡ 0,60)	0,9 a (≡ 0,18)	0,9 a (≡ 0,16)
Ponteiros ²	8,6 (≡ 0,58)	1,6 a (≡ 0,16)	1,3 b (≡ 0,16)	1,0 a (≡ 0,31)	1,0 a (≡ 0,22)
Palha ³	9,0 (≡ 0,69)	2,3 a (≡ 0,42)	1,7 b (≡ 0,08)	0,6 a (≡ 0,12)	0,6 a (≡ 0,18)
Total	39,9 (≡ 5,76)	6,9 a (≡ 0,84)	6,1 a (≡ 0,54)	2,5 a (≡ 0,60)	2,5 a (≡ 0,38)
Nnm ^{**}					
Colmos ¹	114,9	85,1	124,3	29,5	46,1
Ponteiros ²	68,5	46,9	48,7	49,9	59,1
Palha ³	41,1	51,2	57,4	34,4	46,8
Total	224,5	183,1	230,4	113,8	152,0

Os tratamentos no mesmo ano com diferentes letras são estatisticamente diferentes ao nível de probabilidade de 5% pelo Teste t. Cada valor é a média de quatro repetições.

* Desvio Padrão aparece entre parênteses.

** Nnm=Nt - NdF. 1: Exportação nos dois tratamentos. 2: Permanece no sistema: 100% no tratamento SQ; 50% no tratamento CQ.

3: Permanece no sistema: 100% no tratamento SQ; 0% no tratamento CQ.

Do nitrogênio total contido nos distintos compartimentos da parte aérea das plantas, o tratamento SQ recicla no sistema, em média, $105 \text{ kg.ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ através da palhada que permanece na superfície do solo, enquanto que no tratamento CQ são perdidos em torno de $84 \text{ kg.ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ (TABELA 1), ou seja, aproximadamente 73% do nitrogênio contido na palhada. BIEDERBECK et al. (1980) observaram que a queima de resíduos de pastagem e de trigo resultou em perdas de 50% a 70% do N contido no resíduo, enquanto que LEFROY et al. (1994) registraram perdas entre 65 a 70% quando os restos culturais do arroz foram queimados.

RECUPERAÇÃO DO NITROGÊNIO DERIVADO DO FERTILIZANTE

A maior parte do nitrogênio do fertilizante foi absorvida pela cultura no primeiro ano, decrescendo a absorção nos anos seguintes de uma forma exponencial (Figura 1).

No final do primeiro ano (1998) não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos SQ e CQ, o que era esperado já que ainda não haviam sido impostos os tratamentos nas respectivas parcelas. Em média, 11% do NddF foi incorporado ao solo e 63% foi recuperado pela parte aérea da cultura, sendo que aproximadamente 35% foi alocado nos colmos (exportação), e 28% em ponteiros e palha (TABELAS 1 e 2, Figura 1).

No final do segundo ano (colheita da 1^o soca em 1999), o tratamento SQ apresentou maior eficiência na recuperação do NddF que o tratamento CQ (28,2 e 21,9 kg.ha^{-1} , respectivamente), sendo essa diferença estatisticamente significativa. Expresso como porcentagem do nitrogênio do fertilizante inicial aplicado ao sistema (63 kg.ha^{-1}), o NddF recuperado em SQ foi 10% superior ao recuperado em CQ (TABELA 2, Figura 1). No tratamento com despalha a fogo, a palhada é completamente queimada, mas os ponteiros (folhas verdes e gema apical) não são totalmente queimados. Uma avaliação dos resíduos após a queima permitiu constatar que 50% da massa seca dos ponteiros permaneceu no campo sem ser queimada, portanto, considera-se que 50% do nitrogênio contido nos ponteiros é reciclado no sistema. No tratamento SQ, o N do fertilizante contido na palhada que foi liberado e incorporado ao solo, representa praticamente 50% do N do fertilizante total que permanece no solo, ao final do segundo ciclo da cultura. Porém, do total de nitrogênio absorvido pela planta, menos do 10% provém do NddF liberado pela palhada.

No final do terceiro ano (colheita da 2^o soca em 2000) também se observou maior eficiência na recuperação do NddF em SQ em comparação com CQ (19,1 e 16,9 kg.ha^{-1} , respectivamente), mas a diferença entre os dois tratamentos (3,4%) não foi significativa (Tabela 2, Figura 1).

Para a cana planta, a recuperação do NddF varia entre 21 e 40% (TAKAHASHI, 1969; CHANG & WENG, 1983; SAMPAIO et al., 1984; VALLIS & KEATING, 1994). WOOD (1991) usando ^{15}N -uréia observou que a cultura da cana recuperou 50% do nitrogênio do fertilizante quando a palhada foi mantida na lavoura, e menos de 40% quando ocorreu despalha a fogo.

Na maioria dos casos, a baixa eficiência de recuperação é causada pelas elevadas quantidades de nitrogênio do fertilizante que são perdidas, principalmente via volatilização (DENMEAD et al., 1990). A uréia é o fertilizante nitrogenado mais usado, tanto no Brasil (CANTARELLA, 1998), quanto na Austrália (WOOD, 1991). Quando a uréia é aplicada sobre os resíduos vegetais, as perdas por volatilização de amônia aumentam consideravelmente, devido à atividade da urease da palhada (TRIVELIN et al., 1998), podendo atingir 20 a 40% do N da uréia (CANTARELLA, 1998), sendo comuns perdas ainda superiores (WOOD, 1991).

A recuperação relativamente alta pela cana, do NddF no presente experimento, pode ser atribuída aos seguintes fatores: (i) aplicação localizada do fertilizante na linha de plantio; (ii) ocorrência de uma precipitação de 13,4 mm logo após a aplicação do fertilizante, fato que permitiu a incorporação ao solo e a distribuição do adubo dentro da zona radicular, (iii) o sulfato de amônio é uma fonte nitrogenada que sofre pouca volatilização quando comparada com a uréia, e (iv) a dose de N aplicada pode ser considerada de média a baixa quando comparada às utilizadas nos trabalhos que reportam valores baixos de recuperação do NddF.

Embora durante o primeiro ciclo da cultura, a maior proporção do NddF fosse absorvida pelas plantas, o nitrogênio do fertilizante representa só 15% do nitrogênio total da planta (TABELA 1). Geralmente, cerca de 80% do nitrogênio absorvido pela cana-de-açúcar deriva do solo e 20% do fertilizante (CHAN & WENG, 1983; WENG & LI, 1992).

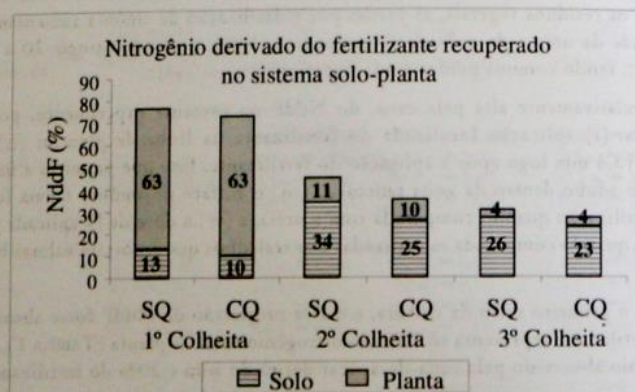
TABELA 2.
QUANTIDADE E PORCENTAGEM DE NITROGÊNIO DERIVADO DO FERTILIZANTE (NDDDF, KG.HA^{-1})
RECUPERADO NO SISTEMA SOLO-PLANTA NOS DOIS SISTEMAS DE MANEJO
DOS RESÍDUOS DA CULTURA.

1998 - 1 ^o colheita				
Compartmento	SQ		CQ	
	NddF (kg.ha^{-1})	%NddF ¹	NddF (kg.ha^{-1})	%NddF
Solo (0-0,50 m)	8,1	12,8	6,3	10,0
Planta	39,9	63,3	39,5	62,7
Solo + Planta	48,0 a	76,1	45,8 a	72,7
1999 - 2 ^o colheita				
Compartmento	SQ		CQ	
	NddF (kg.ha^{-1})	%NddF	NddF (kg.ha^{-1})	%NddF
Solo (0-0,50 m)	21,2	33,5	16,0	25,4
Planta	6,9	10,9	6,1	9,7
Solo + Planta	28,0 a	44,4	22,1 b	35,1
2000 - 3 ^o colheita				
Compartmento	SQ		CQ	
	NddF (kg.ha^{-1})	%NddF	NddF (kg.ha^{-1})	%NddF
Solo (0-0,50 m)	16,6	26,3	14,4	22,9
Planta	2,5	4,0	2,5	4,1
Solo + Planta	19,1 a	30,3	16,9 a	27,0

1: %NddF: Porcentagem sobre os 63 kg de N.ha^{-1} do fertilizante.

FIGURA 1.

NITROGÊNIO DERIVADO DO FERTILIZANTE RECUPERADO NO SISTEMA SOLO-PLANTA
NOS TRÊS ANOS DO EXPERIMENTO NOS TRATAMENTOS
COM E SEM QUEIMA DOS RESÍDUOS DE COLHEITA.



Do NddF não recuperado pelo sistema (25%) uma fração corresponde a possíveis perdas e outra se encontra em compartimentos não mensurados (raízes, rizomas e soqueiras) os quais representam um importante reservatório de N, que com o tempo, através da decomposição dessas partes da planta, é liberado e incorporado à matéria orgânica do solo.

OS RESÍDUOS DA CANA COMO FONTE DE NITROGÊNIO

A análise do tratamento T2 permite estudar como o nitrogênio contido na palhada é liberado e posteriormente retido no solo, absorvido pela cultura ou perdido. Em 1998, nas parcelas do tratamento T2, foram adicionados 7.532,7 kg.ha⁻¹ de matéria seca (MS) de pontas e 11.015 kg.ha⁻¹ de matéria seca de palhada provenientes de T1, com 127 kg N.ha⁻¹ e 1,78% de átomos de ¹⁵N em excesso.

TABELA 3.

VARIÁVEIS MEDIDAS PARA O CÁLCULO DO NITROGÊNIO DERIVADO DOS RESÍDUOS (NDDRES) RECUPERADO NOS DISTINTOS COMPARTIMENTOS DO SISTEMA SOLO-PLANTA.

Colheita 1999			
Variável	Planta		
	Colmos	Ponteiros	Palhada
NddRes (%)	1,9	2,08	1,9
NddRes (kg.ha ⁻¹)	1,77	0,95	1,131
	Solo		
	0-0,15 m	0,15-0,30 m	0,30-0,50 m
NddRes (kg.ha ⁻¹)	46,4	11,4	8,2
TOTAL SOLO + PLANTA = 66,0 + 3,8 = 69,8 kg.ha ⁻¹ de NddRes			
Colheita 2000			
Variável	Planta		
	Colmos	Ponteiros	Palhada
NddRes (%)	2,8	2,0	1,4
NddRes (kg.ha ⁻¹)	1,8	1,1	0,6
	Solo		
	0-0,15 m	0,15-0,30 m	0,30-0,50 m
NddRes (kg.ha ⁻¹)	27,0	9,7	9,7
TOTAL SOLO + PLANTA = 46,4 + 3,5 = 49,9 kg.ha ⁻¹ de NddRes			

Na colheita de 1999, 12 meses após a disposição dos resíduos marcados nas parcelas do tratamento T2, observou-se uma recuperação do NddRes de 55% (69,8 / 127 kg ha⁻¹) no sistema solo-planta. Já, na colheita de 2000, a recuperação do NddRes caiu para 39 % (49,9 / 127 kg.ha⁻¹) (TABELA 3). Essa taxa de liberação de nitrogênio da palhada é elevada, quando comparada a 20% de mineralização de nitrogênio da palhada num período de 11 meses (OLIVEIRA et al., 1999), e a 27% após 18 meses de permanência da palhada na lavoura, reportados por NG KEE KWONG et al. (1987). Do total do NddRes que foi incorporado ao sistema solo-planta, a maior parte ficou imobilizada no solo (95%). Embora os resíduos de cana não representem uma fonte de N importante para a cultura a curto prazo, a longo prazo eles aumentam os níveis de carbono orgânico e melhoram a estrutura do solo (VALLIS et al., 1994; BLAIR et al., 2000).

CONCLUSÕES

O tratamento com retenção dos resíduos no sistema promoveu uma redução de 8% a 13% no rendimento de colmos. No tratamento sem queima dos resíduos, 105 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de N foram reciclados no sistema, enquanto que no tratamento com queima a perda de N foi 84 kg.ha⁻¹.ano⁻¹. Após o primeiro ciclo, 75% do N do fertilizante foi recuperado no sistema solo-planta, sendo que a maior parte (63%) foi encontrada na planta. Constatou-se que até a colheita de 2000, a saída de NddF do sistema (exportação para os colmos + perda pela queima) foi da ordem de 60% no tratamento CQ, e no tratamento SQ 42%. Do total do nitrogênio liberado dos resíduos da cana, 95% ficou imobilizado no solo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo e Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) pelo apoio à pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLAIR, N. Impact of cultivation and sugar-cane green trash management on carbon fractions and aggregate stability for a Chromic Luvisol in Queensland, Australia. *Soil and Tillage Research*, v.55, p.183-191, 2000.
- BIEDERBECK, V.O.; CAMPBELL, C.A.; BOWREN, K.E.; SCHNITZER, M.; MCIVER, R.N. Effect of burning cereal straw on soil properties and grain yields in Saskatchewan. *Soil Science Society of America Journal*, v.44, p.103-111, 1980.
- BREMER, J.M. Isotope-ratio analysis of nitrogen in nitrogen-15 tracer investigations. In: BLACK, C.A. (Ed.). *Methods of Soil Analysis*. Madison: ASA, 1965. p.1256-1286.
- CANTARELLA, H. Adubação nitrogenada em sistema de cana crua. *STAB-Açúcar, Álcool e Subprodutos*, v.16, n.4, p.21-22, 1998.
- CARVALHO, G.J.; ANDRADE, L.A.B.; ANJOS, I.A.; FIGUEIREDO, P.A.M. Efeito dos restos culturais da colheita, com e sem queima prévia, na rebrota e rendimento de soqueiras de cana de açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇÚCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL - STAB, 6., Maceió, 1996. Anais. Maceió: STAB, 1996.
- CHANG, Y.; WENG, T. Use of ¹⁵N to study the efficacy of nitrogen for sugarcane; nitrogen recovery on spring planting cane. *Taiwan Sugar*, v.50, n.5, p.161-164, 1983.
- DENMEAD, O.T.; FRENEY, J.R.; JACKSON, A.V.; SMITH, J.W.B.; SAFFIGNA, P.G.; WOOD, A.W.; CHAPMAN, L.S. Volatilization of ammonium from urea and ammonium sulfate applied to sugarcane trash in north Queensland. In: CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, Brisbane, 1990. Proceedings. Brisbane: Watson Ferguson, 1986. p.38-43.
- HAUCK, R.D. Nitrogen - Isotope ratio analysis. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. (Ed.). *Methods of Soil Analysis*, 2 ed. Madison: American Society of Agronomy, 1982. cap.4, p.735-802.
- LEFROY, R.D.B.; CHAITEP, W.; BLAIR, G.J. Release of sulfur from rice residues under flooded and non-flooded soil conditions. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.45, p. 657-667, 1994.
- McINTYRE, G.; SEERUTTUN, S.; BARBE, C. 1996. Trash management in Mauritian sugarcane plantations. In: Cock, J.H., Brekelbaum, T. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 22., Cartagena, 1995. Proceedings. Cali: Técnica, 1996. p.213-216.
- NG KEE KWONG, K.F.; DEVILLE, J.; CAVALOT, P.C.; RIVIERE, V. Value of cane trash in nitrogen nutrition of sugarcane. *Plant and Soil*, v.102, p.79-83, 1987.

- OLIVEIRA, M.W.; TRIVELIN, P.C.O.; PENATTI, C.P.; PICCOLO, M.C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.34, n.12, p.2359-2362, 1999.
- OLIVEIRA, J.C.M.; TIMM, L.C.; TOMINAGA, T.T.; CÁSSARO, F.A.M.; REICHARDT, K.; BACCHI, O.O.S.; DOURADO-NETO, D.; CÂMARA, G.M. de S. Soil temperature in a sugarcane crop as function of the management system. Plant and Soil, v.230, p.61-66, 2000.
- SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H.; BATTANY, J. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar. I. Eficiência na utilização de uréia (^{15}N) em aplicação única ou parcelada. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.19, p.943-949, 1984.
- TAKAHASHI, D.T. Fate of applied fertilizer nitrogen as determined by use of ^{15}N . II. Summer plant and ratoon crops at Hilo, Hawaii. Hawaiian Planters' Record, v.58, n.2, p. 13-20, 1969.
- TRIVELIN, P.C.O.; VICTORIA, R.L.; RODRIGUES, J.C.S. Aproveitamento por soqueira de cana-de-açúcar de final de safra do nitrogênio da aquamônia- ^{15}N e uréia- ^{15}N aplicado ao solo em complemento à vinhaça. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.30, n.12, p.1375-1385, 1995.
- TRIVELIN, P.C.O.; BENDASSOLLI, J.A.; OLIVEIRA, M.W. Potencialidade da mistura de aquamônia com vinhaça na fertilização de canaviais colhidos sem despalha a fogo. Parte II: Perdas por volatilização de amônia e recuperação do ^{15}N aplicado ao solo. STAB-Açúcar, Alcool e Subprodutos, v.16, n.3, p.23-29, 1998.
- VALLIS, I.; KEATING, B.A. Uptake and loss of fertilizer and soil nitrogen in sugarcane crops. In: CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 16., Jounsville, 1994. Proceedings. Jounsville: Watson Ferguson, 1994. p.105-113.
- WENG, T.H.; LI, S.W. Nitrogen mineralization potential and rate in soil. Taiwan Sugar, v.39, n.3, p.8-11, 1992.
- WOOD, A.W. Green cane trash management in the Herbert valley. Preliminary results and research priorities. In: CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 8., Brisbane, 1986. Proceedings. Brisbane: Watson Ferguson, 1986. p.85-94.
- WOOD, A.W. Management of crop residues following green harvesting of sugarcane in north Queensland. Soil and Tillage Research, v.20, p.69-85, 1991.