

DINÂMICA DE NUTRIENTES EM CANA-DE-AÇÚCAR. V. BALANÇO DE K EM QUATRO CICLOS DE CULTIVO¹

EVERARDO V.S.B. SAMPAIO e IGNACIO H. SALCEDO²

RESUMO - Foi acompanhado o balanço de K em 12 parcelas fertilizadas igualmente com K, 83 kg/ha por ciclo, determinando-se periodicamente K nas plantas e extraível no solo. Na cana-planta, foram medidos o aporte de K na água de chuva e a perda por drenagem profunda. Neste ciclo, a adubação e a diminuição do K não compensaram o K absorvido pelas plantas (174 kg/ha). Desse K, 88 kg/ha foram exportados com as canas, 77 kg/ha retornaram ao solo como cinzas, e 9 kg/ha permaneceram nas raízes e colmos subterrâneos. A perda por drenagem profunda, 7 kg/ha, foi sobrecompensada pelo aporte de 18 kg/ha de K pela água de chuva. A absorção de K pelas socas foi mais do que compensada pelo aporte na cinza e no fertilizante. Nos quatro ciclos, o balanço favorável de adubação (322 kg/ha) versus exportação (170 kg/ha) resultou no aumento de K das cinzas (117 kg/ha) e extraível do solo (66 kg/ha). O balanço de K no solo fechar-se-ia admitindo-se a liberação de 28 kg/ha da fração não-extraível do solo.

Termos para indexação: absorção pelas plantas, K extraível do solo, lixiviação, cinzas, raízes, *Saccharum officinarum*.

NUTRIENT CYCLING IN SUGARCANE. V. POTASSIUM BALANCE DURING FOUR CROPPING PERIODS

ABSTRACT - The balance of K in 12 field plots equally fertilized with K, 83 kg/ha per cycle, was followed by determining periodically plant and soil extractable K. For plant-cane, inputs of K in rain water and outputs through deep drainage were measured. During this cycle, fertilizer inputs and decreases in extractable K did not compensate K absorption by plants (174 kg/ha). Of this amount, 88 kg/ha were exported by the canes, 77 kg/ha returned to the soils as ashes and 9 kg/ha remained in the below-ground biomass. Deep drainage losses, 7 kg/ha, were overcompensated by rainwater input, 18 kg/ha. Potassium absorption by the ratoons was smaller than inputs from fertilizer and ashes. For the four cycles, a favorable balance of fertilizer inputs (322 kg/ha) versus cane outputs (170 kg/ha) resulted in increases in ashes (117 kg/ha) plus soil extractable K (66 kg/ha). The K balance in the soil would be closed considering the release of 28 kg/ha of K by the non-exchangeable fraction.

Index terms: plant uptake, soil extractable K, leaching, ash, roots, *Saccharum officinarum*.

INTRODUÇÃO

Uma grande quantidade de fertilizante potássico é utilizada na produção de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) nos tabuleiros costeiros do Nordeste; uma área plana,

úmida, com solos profundos, muito intemperizados, bem drenados, de baixa capacidade de troca e baixa fertilidade natural. A maioria das pesquisas com K nesta área, testou diferentes doses de fertilizantes, medindo seu efeito nos produtos finais da cultura: peso da cana e conteúdo de açúcar (Malavolta & Crócomo 1982, Albuquerque & Marinho 1983). Estes experimentos têm demonstrado resposta variável, em geral, não havendo resposta positiva na cana-planta e aumentando a proporção de respostas positivas nas socas.

¹ Aceito para publicação em 4 de janeiro de 1991.
Trabalho financiado pela FINEP e pelo Potash & Phosphate Institute of Canada.

² Eng.-Agr., Ph.D., Prof.-Adj., Dep. de Energia Nuclear (Radioagronomia) - UFPE. Cidade Universitária. CEP 50730 Recife, PE. Bolsista do CNPq.

Visando uma utilização racional dos fertilizantes, outros aspectos, além da relação direta dose-produtividade, são de interesse. Entre estes aspectos está a mudança na disponibilidade de K no solo a médio e longo prazo, que pode alterar a estimativa da eficiência de utilização do fertilizante. Considerando a produtividade média regional de 50 t/ha de cana industrial com 16,5 t/ha de matéria seca e 0,4% de K, tem-se uma safra líquida de K do solo de 66 kg/ha. O potássio das folhas e das raízes não é computado como exportado, já que fica no solo como resíduo vegetal ou como cinzas. Se a taxa de fertilização segue a recomendação de 80 a 100 kg/ha.ano de K, o solo estará sendo enriquecido anualmente com 14-34 kg/ha. Entretanto, inexistem informações publicadas nesse sentido. Poder-se-ia argumentar que, nos solos de tabuleiro, uma grande parte desse K seria perdido por lixiviação. Tampouco há dados a esse respeito, sabendo-se, porém, que as perdas encontradas para N foram muito mais baixas que o esperado (Salcedo et al. 1988). Com o intuito de quantificar estes aspectos da dinâmica de K em solos de tabuleiro cultivados com cana-de-açúcar, as principais variáveis de solo e planta foram monitoradas em experimento de campo durante quatro ciclos de cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo de K utilizou-se um experimento de campo na Estação Experimental de Itapirema - IPA -, em Goiana, PE, estabelecido para pesquisar N, e cujos três tratamentos não diferiram significativamente em produção de matéria seca e conteúdo de N (Sampaio et al. 1984, Sampaio & Salcedo 1987). As 12 parcelas receberam dose idêntica de K na cana-planta, e três socas foram consideradas repetições no estudo de K. A variedade de cana usada foi a Co 997. O solo é um Podzólico Vermelho-Amarelo com as seguintes características: pH em água (1:2,5) = 5,2; Al, Ca e Mg trocáveis (em KCl 1N) = 0,3, 0,5 e 0,1 me/100 g de solo, respectivamente; P (em HCl 0,05N e H₂SO₄ 0,025N) = 4,4 mg/ka solo; C e N totais = 0,7 e 0,06%, respectivamente.

Seis meses antes do plantio, toda a área recebeu o equivalente a 1 t/ha de calcário dolomítico, incorpora-

do com gradeamento a uma profundidade de 15 cm. No plantio todas as parcelas receberam 52 kg/ha de P como superfosfato simples (8% de P) e 83 kg/ha de K como KCl (51% de K), colocados no fundo do sulco de plantio (15-20 cm de profundidade).

As mesmas doses foram repetidas para as socas, aplicadas em cobertura num dos lados da fileira de canas (20-30 cm do que havia sido o centro do sulco). Cada parcela tinha nove sulcos, distanciados 1,25 m entre si, e com 10 m de comprimento.

Como área útil consideraram-se os três sulcos centrais, com 8 m de comprimento (30 m²). Em três das quatro repetições de cada tratamento foram plantados sulcos adicionais para a colheita de raízes e colmos subterrâneos (Sampaio et al. 1987).

A produção de matéria seca e o conteúdo de K em planta foram determinados aos três, seis, onze e dezesseis meses após o plantio da cana-planta; três, seis, nove e doze meses após a colheita anterior, para a primeira e segunda socas e três, seis, nove e dez meses, no caso de terceira soca, por causa de um fogo acidental.

A produção por ocasião das colheitas foi determinada cortando-se, ao nível do solo, todas as plantas na área útil de cada parcela e separando-as em colmos, folhas verdes e folhas secas. Este material foi pesado, cortado e subamostrado para determinação de matéria seca e teor de K. As folhas secas no chão também foram recolhidas na área útil e adicionadas às folhas separadas das plantas.

As produções parciais, entre colheitas, foram determinadas cortando-se 20 plantas ao acaso em cada parcela (cinco em cada uma das fileiras 2, 3, 7 e 8), e separando-as como descrito acima. As folhas secas no chão não foram recolhidas nessas amostragens. Entretanto, eram quase inexistentes, exceto na amostragem de onze meses da cana-planta, que, portanto, teve a massa de folhas secas subestimada. Nessas amostragens, todas as plantas da área útil (30 m²) foram contadas, e as massas das partes das plantas (M, t/ha), calculadas pela fórmula:

$$M = (A/30) * (B/20) * 10,$$

onde A = número de plantas na área útil; B = massa (kg) da parte da planta nas 20 canas amostradas, e 10 = fator de conversão combinado de kg para tonelada e de m² para ha.

As massas de raízes e de colmos subterrâneos foram obtidas nos mesmos períodos que as de parte aérea, removendo-se todo o solo de uma área de 1 m² até 1 m de profundidade e peneirando-o numa

tela de malha de 0,25 cm². Uma vez separadas, as raízes e colmos subterrâneos foram lavados com água deionizada até ficarem livres de solo (Sampaio et al. 1987).

Todo o material vegetal foi secado, moído, digerido com ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio a 360°C e seu teor de K determinado por fotometria de chama.

Uma primeira amostragem de solo foi realizada antes do plantio (e da aplicação de fertilizantes), retirando-se duas amostras de solo ao acaso por parcela, em cinco profundidades de 20 em 20 cm. As amostragens de solo seguintes foram coincidentes com as de planta, retirando-se nove amostras por parcela, sendo três onde havia sido o centro do sulco de plantio, três a 30 cm e três a 62,5 cm do centro (Salcedo & Sampaio 1984). De cada furo foram retiradas cinco amostras, a cada 20 cm, até 1 m de profundidade. As três amostras da mesma profundidade e posição em relação ao sulco, para cada parcela, foram misturadas. As amostragens por ocasião das colheitas foram sempre feitas antes da aplicação do fertilizante para o ciclo seguinte.

Em termos da fertilização potássica, as doze parcelas são repetições, o que resulta em um número excessivo de amostras. Como não houve efeitos significativos devidos a N (Sampaio et al. 1984, Sampaio & Salcedo 1987), tampouco poderia haver interação N*K. Assim, foi possível sortear as parcelas para análise de K em função do tratamento de N (N₀ e N₆₀ em aplicação única ou parcelada). Com esse

critério, qualquer que fosse o tratamento sorteado, manter-se-ia inalterado o conceito de blocos, no campo. O tratamento sorteado foi o N₀. Como índice de K extraível utilizou-se o método de Mehlich (HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N). Entretanto, algumas amostras selecionadas foram também extraídas com HCl 0,05N, NH₄COOCH₃ 1N pH 4,8, e HNO₃ 1N a 113°C. O teor de K nos vários extratos foi determinado por fotometria de chama. Para converter os dados de concentração por massa de solo a concentração por volume utilizaram-se as densidades aparentes médias das cinco profundidades (Moreira & Silva 1987). A relação entre o local de amostragem e a área que cada amostra representa foi resumida na Fig. 1. No caso da cana-planta, o K extraível na amostra a 30 cm teve peso 2, para computar a área correspondente a uma amostra representada pelo círculo, que não foi retirada. O K extraível nas amostras do sulco e do meio do entressulco tiveram, cada uma, peso 1, completando, assim, 1,25 m de distância entre sulcos. Nas socas, o lado do sulco em que se aplicou o fertilizante em cobertura foi sempre coincidente com a amostra a 30 cm. Por esse motivo, para as socas, o K extraível nesta amostra, assim como na do sulco, tiveram peso um, colocando-se o peso dois na amostra do meio do entressulco.

Em cada parcela foram instalados dois tensiômetros, um a 1 m e outro a 1,2 m de profundidade, um tubo de acesso para sonda de nêutron e um amostrador de solução de solo a 1 m de profundidade (Salcedo et al. 1988). Próximo da colheita da cana-plan-

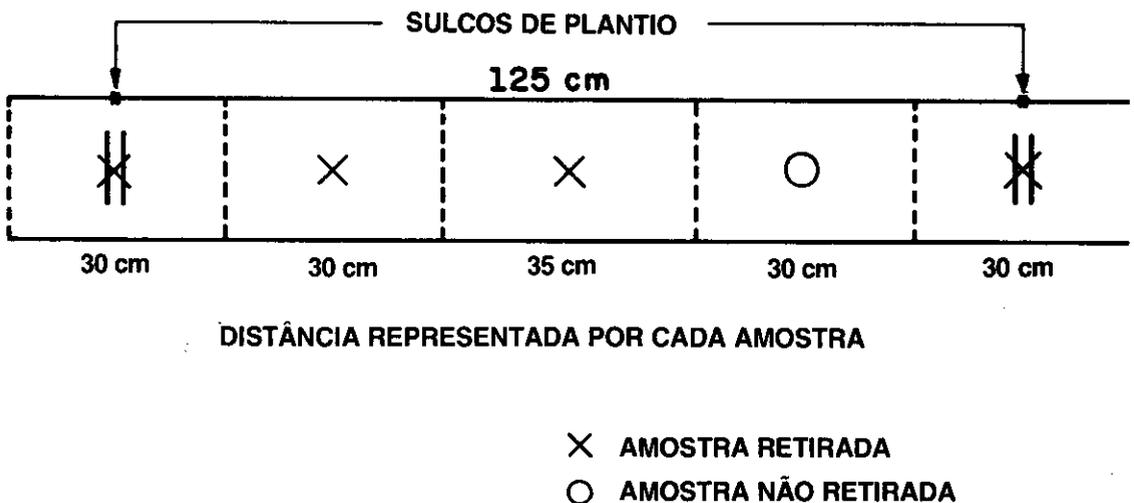


FIG. 1. Esquema de amostragem de solo em relação ao sulco de plantio, com indicação dos pesos para cálculo do K por área utilizados na cana-planta e nas socas.

ta, os tensiômetros e amostradores de solução foram danificados, e as medidas, descontinuadas. A Estação Experimental forneceu dados de pluviosidade, evaporação de tanque classe A, temperaturas de termômetros de bulbo seco e molhado, e velocidade de vento. Um modelo de balanço hídrico foi desenvolvido para o local (Silva & Jong 1986). Amostras de água de chuva e de solução de solo foram analisadas quanto aos teores de K, por fotometria de chama. Com dados do balanço calculou-se a drenagem de água abaixo de um metro de profundidade, e, multiplicando-se a drenagem pela concentração de K na solução, determinou-se o K lixiviado. O aporte de K pela água de chuva foi obtido multiplicando-se o volume de água de chuva pela sua concentração de K.

Os dados foram analisados estatisticamente através de análise de variância, comparando-se as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Potássio na planta

A produção de matéria seca total decresceu de ciclo para ciclo, atingindo valores muito baixos na terceira soca (Fig. 2A). Para este decréscimo contribuiu principalmente a queda na produção de colmos que, considerada como cana industrial, caiu de 130 t/ha na cana-plantada para 100, 80 e 50 t/ha na primeira, segunda e terceira socas, respectivamente. As massas de folhas também decresceram de ciclo para ciclo, mas as massas de folhas verdes variaram pouco. As massas de partes subterrâneas (colmos e rafzes) permaneceram com va-

lores semelhantes ao longo dos quatro ciclos, de forma que as relações massa aérea: massa subterrânea foram de 11, 7, 6 e 4 para os quatro ciclos, respectivamente. A produção de rafzes não foi medida, apenas as massas existentes por ocasião das amostragens; a produção teria de incluir a renovação da massa radicular entre amostragens.

O padrão de variação dos teores de K nas partes das plantas foi semelhante para todos os ciclos: decrescente nas folhas verdes ao longo de cada ciclo, mas sempre maior que nas outras partes, nas quais não houve uma tendência clara de decréscimo (Tabela 1). As diferenças entre folhas verdes e folhas secas sugerem perda de K das folhas através da água de chuva (Silva & Ritchey 1982) ou uma reciclagem interna do K das plantas, que seria exportado das folhas senescentes.

A maior parte do K das plantas estava na parte aérea, principalmente nas folhas verdes, onde atingiu mais de 100 kg/ha (Fig. 2B). O valor máximo nas partes subterrâneas foi de 13 kg/ha. Nos três primeiros ciclos houve decréscimos na quantidade de K das folhas entre a última amostragem e a colheita, e eles não foram compensados por acréscimos nas outras partes da planta. No último ciclo, por causa da colheita antecipada devido ao fogo, não foi possível ratificar essa tendência. Decréscimos no K total das plantas nos meses finais do ciclo também foram relatados por Orlando Filho (1982) e por Silva & Casagrande (1983). Considerando apenas as amostragens aos

TABELA 1. Conteúdo de K (%) em partes de cana-de-açúcar, cultivada por quatro ciclos. (Médias de 12 repetições).

Partes	Cana-plantada, meses				1ª soca, meses				2ª soca, meses				3ª soca, meses			
	3	6	11	16	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	10	
Colmos	-	0,21	0,16	0,21	-	0,22	0,21	0,11	-	0,20	0,16	0,11	-	0,14	0,09	
Folhas verdes	1,44	1,11	1,19	0,97	1,45	1,22	0,89	1,05	1,57	1,42	1,17	1,11	1,85	1,25	1,56	
Folhas secas	-	0,17	0,18	0,23	-	0,13	0,15	0,15	-	0,20	0,14	0,07	-	0,13	0,16	
Colmos subterrâneos	0,29	0,12	0,10	0,11	0,19	0,13	0,12	0,14	0,18	0,11	0,12	0,14	0,16	0,14	0,13	
Rafzes	0,35	0,14	0,15	0,21	0,16	0,15	0,13	0,17	0,17	0,14	0,14	0,15	0,13	0,15	0,17	

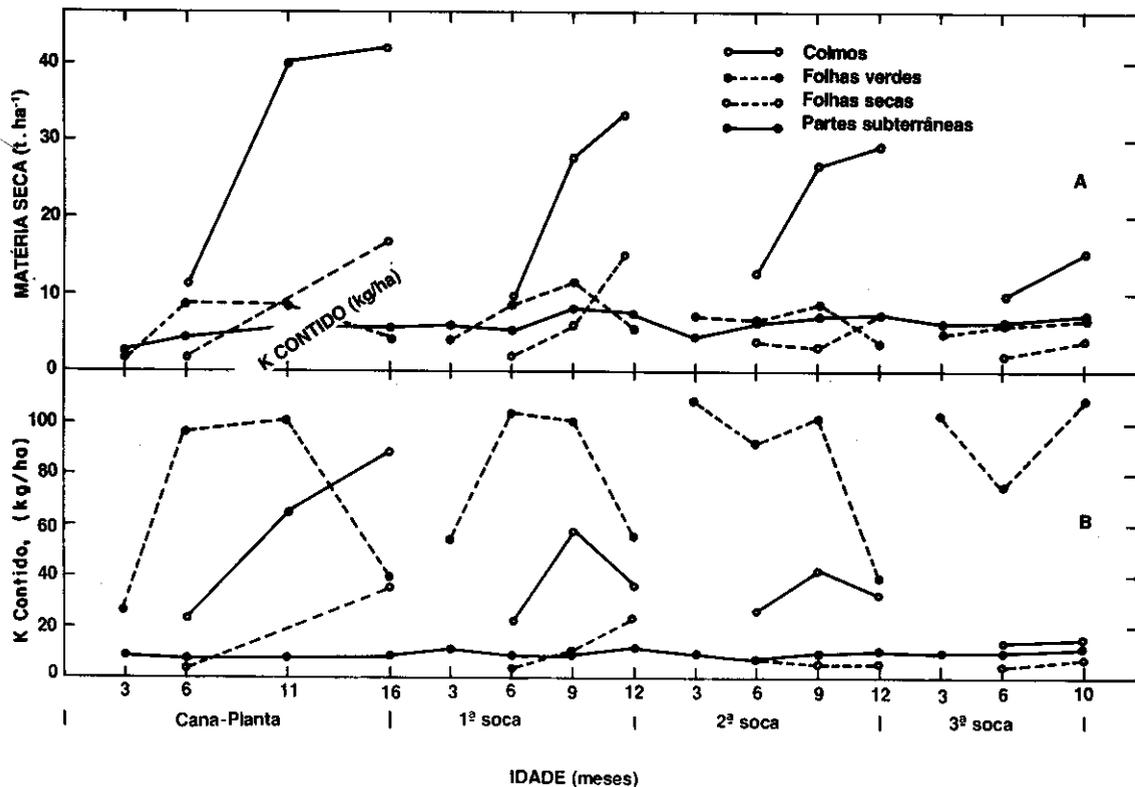


FIG. 2. Produção de matéria seca (A) e potássio contido (B) em partes de plantas de cana-de-açúcar cultivadas durante 4 ciclos em Goiana, PE.

três meses de idade de cada ciclo, as quantidades de K nas folhas foram crescentes da cana-planta à terceira soca, uma consequência do crescimento inicial mais rápido das plantas em cada nova soca. Por outro lado, a cada novo ciclo, as quantidades de K nos colmos por ocasião das colheitas foram menores. Essas quantidades, que equivalem ao K exportado do campo com a safra dos colmos para moagem, foram de 88, 36, 32 e 14 kg/ha de K, da cana-planta à terceira soca, respectivamente. Estes valores correspondem a exportações médias de K de 0,3 a 0,7 kg de K/t de cana. Malavolta (1982) e Mengel (1982) relataram maiores exportações de K por cana industrial que as encontradas neste trabalho (1,1 e 1,5 kg/t, respectivamente), enquanto Orlando Filho (1982) relatou valores semelhantes (0,6 e 0,7 kg de K/t. Nas colheitas retornaram ao solo em forma de cinza, com a queima das folhas secas e verdes, 77, 79, 44

e 117 kg/ha de K nos quatro ciclos, respectivamente.

Potássio no solo

O potássio extraível pelo método de Mehlich variou muito ao longo dos quatro ciclos (Fig. 3). Em geral, os valores mais altos foram obtidos na camada superficial (0-20 cm), decrescendo com a profundidade, e foram maiores nas duas últimas socas que na cana-planta. Em relação à posição da amostragem de solo, na cana-planta, o teor de K no solo foi maior no sulco do que afastado dele, o que reflete a colocação do fertilizante. Nas socas, estas diferenças entre posições de amostragem desapareceram, possivelmente como consequência da colocação do fertilizante em cobertura ao lado das fileiras, da distribuição do K contido nas cinzas em todo o campo, e também da lixiviação do K das folhas pela água de chuva

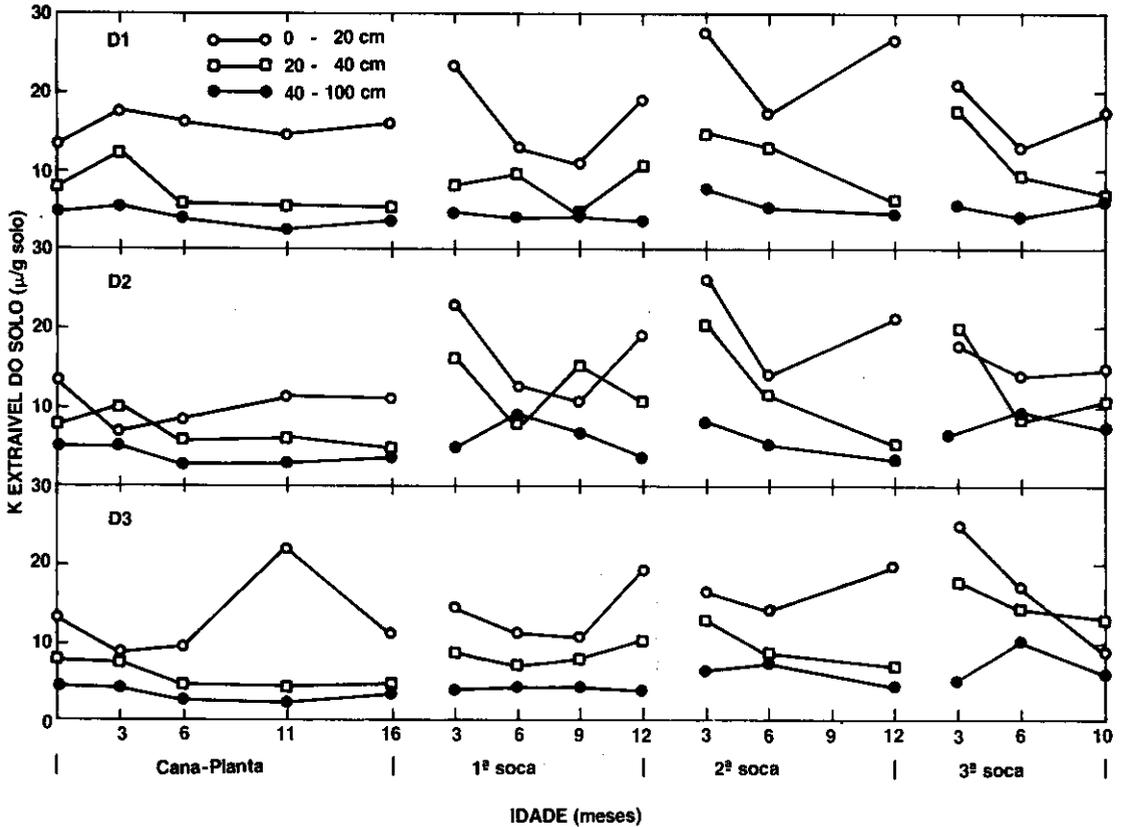


FIG. 3. Teores de K extraível do solo pelo método de Mehlich, de acordo com a profundidade de amostragem e distância em relação ao sulco de plantio (D1 = sulco; D2 = 30 cm do sulco; e D3 = entressulco, 62,5 cm do sulco), ao longo de 4 ciclos de cana-de-açúcar cultivada em solo Podzólico Vermelho-Amarelo de Goiana, PE.

(Silva & Ritchey 1982). Os maiores valores de K extraível foram obtidos nas amostragens aos três meses de idade, principalmente nas socas. Isto pode ser explicado pelo fato de estas amostragens terem sido as primeiras feitas após a adição do fertilizante e a queima das folhas, quando a superfície do solo havia sido bastante enriquecida com K. A ausência de teores altos nas amostragens de 40 a 100 cm (apresentados como uma única curva devido à semelhança em K extraível de 40-60, 60-80 e 80-100 cm) sugere que, ou o K não se estava deslocando em profundidade, ou se havia deslocado durante períodos mais curtos que os de amostragem.

O K extraído com HCl 0,05N, NaCH₃COO

e HNO₃ fervente foi semelhante ao extraído pelo método de Mehlich, em uma série de amostras escolhidas ao acaso, e não é mostrado neste trabalho.

Potássio na água

Perdas de K por drenagem profunda foram monitoradas apenas na cana-planta e foram baixas, atingindo apenas 7 kg/ha de K (Fig. 4A). Elas foram menores que o aporte de K na água de chuva, 18 kg/ha, que ocorreu continuamente ao longo do ciclo (Fig. 4B). O baixo valor de perda por drenagem foi consequência dos baixos teores de K na solução do solo, que variaram de 1 a 6 mg/l de solução

(Fig. 4C). Essas concentrações decresceram ao longo do ciclo, com exceção de dois picos, coincidentes com o aumento do teor de água no solo (Salcedo et al. 1988). Provavelmente,

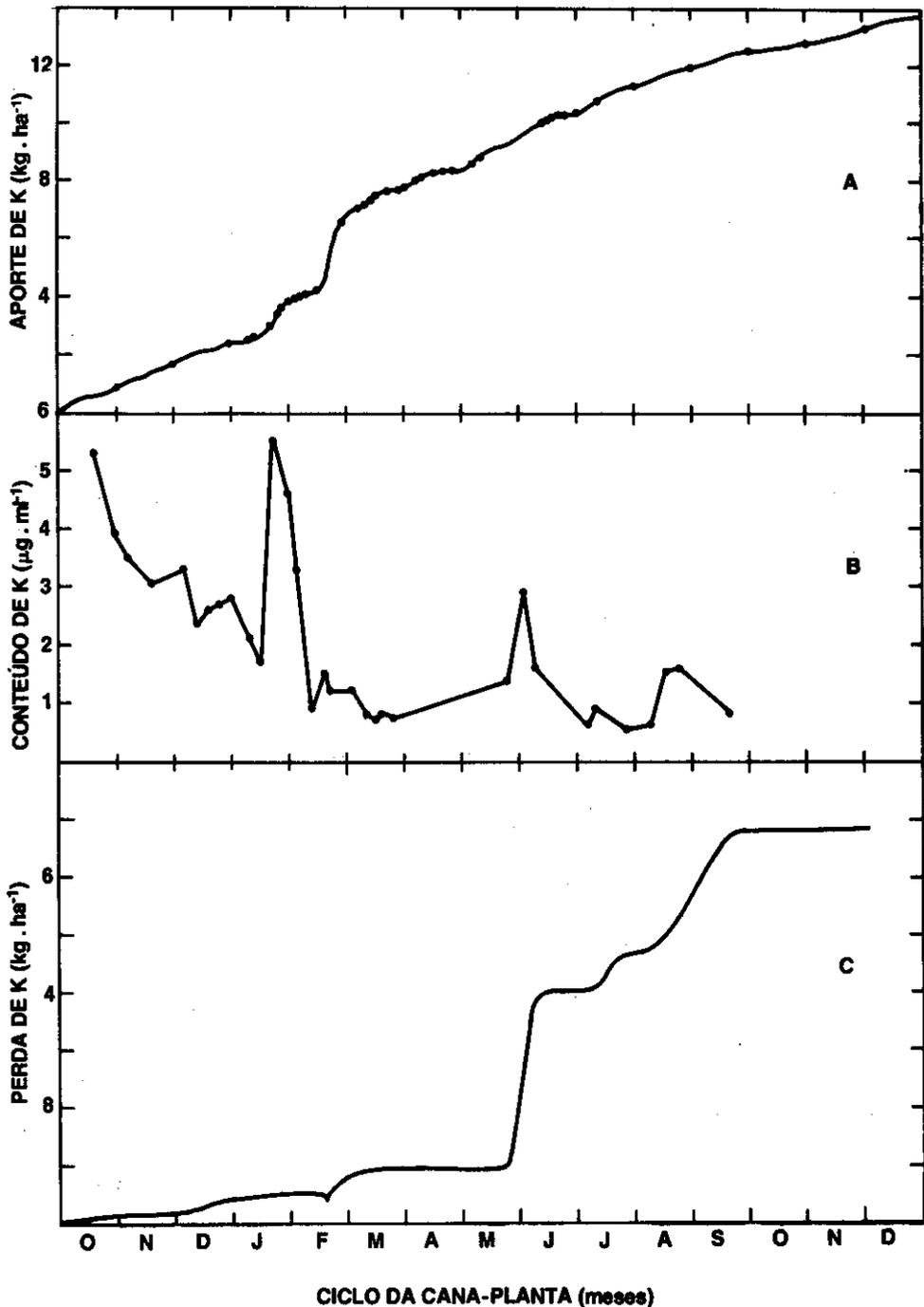


FIG. 4. Aporte de K com a água de chuva (A), concentrações de K na solução do solo a 1 m de profundidade (B) e estimativa da perda de K por drenagem profunda (abaixo de 1 m) durante o ciclo da cana-planta em Goiana, PE.

nestas ocasiões, K estava sendo lixiviado das camadas superficiais, que tinham os mais altos teores de K extrafível. Caso contrário, o aumento no teor de água causaria diluição na solução do solo. Valores de K na solução de solos brasileiros são muito escassos, não tendo sido encontrados na literatura até 1982 (Raij 1982). Em solos do exterior variaram, geralmente, na faixa encontrada neste trabalho, 1 a 10 mg/l (Barber 1982). Leite (1985) encontrou valores de 2 a 5 mg/l na água de percolação lateral a 80 cm de profundidade em cacaua na Bahia, e Espinoza & Reis (1982), valores de 1 a 10 mg/l na solução de solo de cerrado cultivado com milho e amostrado a várias profundidades.

A pequena magnitude das perdas de K por drenagem e o fato de elas terem sido compensadas pelo aporte na água de chuva sugere que o movimento de K na água de percolação não é importante no balanço desta cultura, nesta região. Esta conclusão contradiz afirmações de que ocorrem grandes perdas de K em solos arenosos (Mengel 1982).

A amostragem da água de solo não foi feita continuamente, e é possível que uma frente de água movendo-se rapidamente e com alto teor de K tenha passado para baixo do ponto de amostragem no intervalo de duas amostragens. Esta possibilidade não pode ser eliminada, mas resultados da monitoração de N por dois métodos independentes (Salcedo & Sampaio 1984, Salcedo et al. 1988) foram consistentes em também demonstrar baixas perdas de N por lixiviação. Embora sem monitorar perdas de K por drenagem profunda, outros trabalhos tendem a confirmar que estas perdas seriam baixas. Trabalho com colunas de solo da mesma região mostrou pequenas perdas de K por lixiviação (Pereira et al. 1989).

Souza et al. (1979) previu grandes perdas por drenagem em solo de cerrado, com baixa capacidade de troca de cátions, e de tamponamento de K, mas a aplicação de 300 kg/ha de K_2O causou um movimento descendente do K somente até uma profundidade de 60 cm. O mesmo grupo (Ritchey et al. 1987) encontrou 5,6% do fertilizante originalmente aplicado

havia seis anos ainda nos 15 cm superiores do solo, não incluindo no cálculo o K retirado pela parte aérea das plantas colhidas anualmente. Sanzonowicz & Mielniczuk (1985) encontraram modificação do teor de K do solo somente até a profundidade de 40 cm com aplicação de 300 kg/ha de K_2O .

Espinoza & Reis (1982) relataram baixas perdas de K por lixiviação em seu e em outros trabalhos, e Malavolta & Crócomo (1982) afirmaram que as perdas são pequenas, em geral menos de 5% do K aplicado.

As perdas de K por drenagem não foram monitoradas nas socas. Os teores de K no solo foram maiores que para cana-planta, particularmente após a queima e fertilização (Fig. 3). Poucas semanas depois dessas operações era o início da estação chuvosa e, portanto, maiores perdas de K podem ter ocorrido nas socas.

Balanço de potássio

O potássio na cana-planta começa com os 3 kg/ha dos rebolos do plantio inicial, no tempo 0, e atinge 174 kg/ha aos onze meses de idade (Fig. 5). Este valor aos onze meses está subestimado pela não-inclusão de uma quantidade indeterminada de folhas secas no chão. Ainda assim, a absorção foi semelhante à encontrada por outros autores (Orlando Filho 1982, Silva & Casagrande 1983). Dos onze aos dezesseis meses de idade não houve aumentos líquidos de K em planta. Nas socas, os maiores valores de K em planta foram 170, 160 e 150 kg/ha, da primeira a terceira soca, respectivamente, e aconteceram na amostragem anterior à colheita.

A diminuição de K na planta no final do ciclo da segunda e terceira socas é atribuída à lixiviação das folhas. Na segunda soca essa perda atingiu 70 kg/ha, valor superior aos 30-40 kg/ha relatados por Orlando Filho (1982). Na terceira soca a perda não foi detectada, devido ao fogo acidental que interrompeu o ciclo aos dez meses.

O período em que acontece uma absorção mais acentuada do nutriente varia de ciclo para ciclo. Em cana-planta ocorreu entre os três

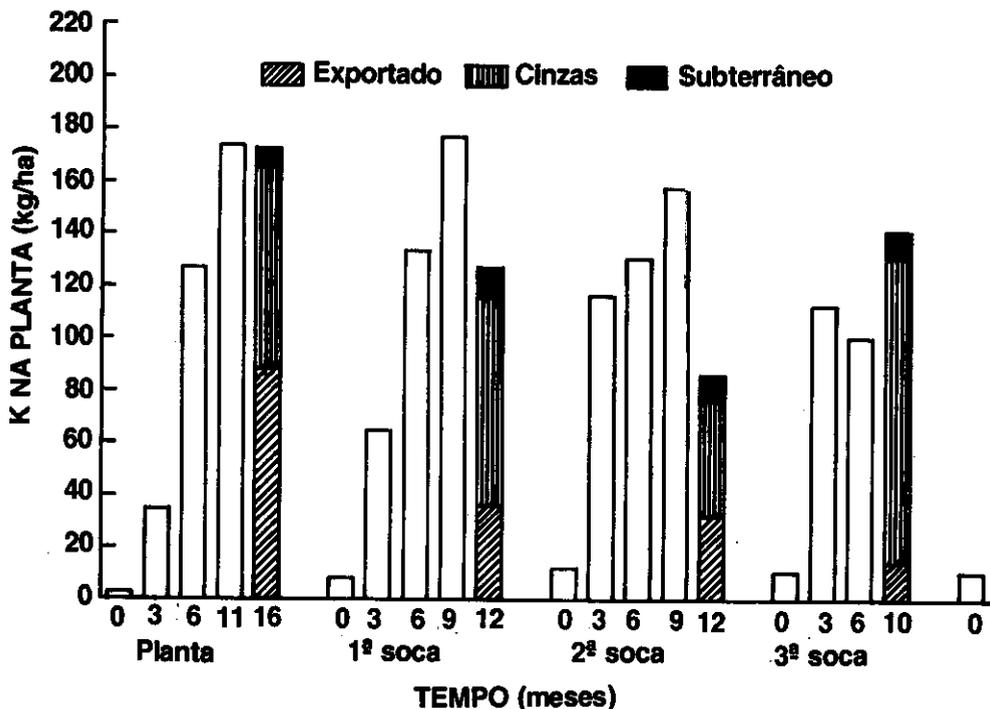


FIG. 5. Acumulação de potássio total na cana-de-açúcar (cana-planta e três socas) em função da idade da cultura, indicando-se, por ocasião da colheita, o K exportado, o que retorna ao solo com as cinzas da queima de folhas e o K que fica na parte subterrânea das plantas.

e seis meses. Na primeira soca a taxa foi relativamente uniforme de zero a seis meses mas nas duas últimas socas, 80% do K total em planta, tinham sido absorvidos até os três meses de idade.

Por ocasião da colheita, o K na planta foi dividido em três reservatórios: um, de K exportado pelos colmos; outro, de cinzas que retornam ao solo, e um terceiro, de K que fica nas raízes. A saída líquida de K do sistema totalizou 170 kg/ha nos quatro ciclos. O retorno de K em cada ciclo pelas cinzas variou de 40 a 120 kg/ha, enquanto o das raízes ficou relativamente constante (10 kg/ha).

No tempo zero de cada ciclo, às quantidades de K extraível do solo até um metro de profundidade foram adicionados os aportes através de fertilizante e cinzas (Fig. 6). Dentro de cada ciclo houve diminuições causadas pela absorção das plantas. Superposta a estas va-

riações cíclicas, há uma tendência bem definida de aumento nos teores de K extraível, que passaram de 110 kg/ha no início do experimento para 176 kg/ha ao final da última soca (parte inferior das colunas na Fig. 6). Se forem computados os aportes de fertilizante inicial (cana-planta) e o de cinzas final, após a colheita da última soca, o K no solo sobe de 193 para 293 kg/ha. Este aumento ocorre porque, excetuando-se o ciclo da cana planta, onde o aporte de fertilizante quase compensa a exportação líquida pela cana industrial (83 e 88 kg/ha, respectivamente), nos três ciclos seguintes o aporte pelo fertilizante sempre foi maior que a exportação líquida. É provável que um enriquecimento semelhante ou ainda maior de K no solo ocorra de forma generalizada em outras regiões canavieiras. Isto porque é frequente utilizar-se dose maior de K para as socas do que para cana-planta, embora seja normal as socas diminuírem gradualmente as suas

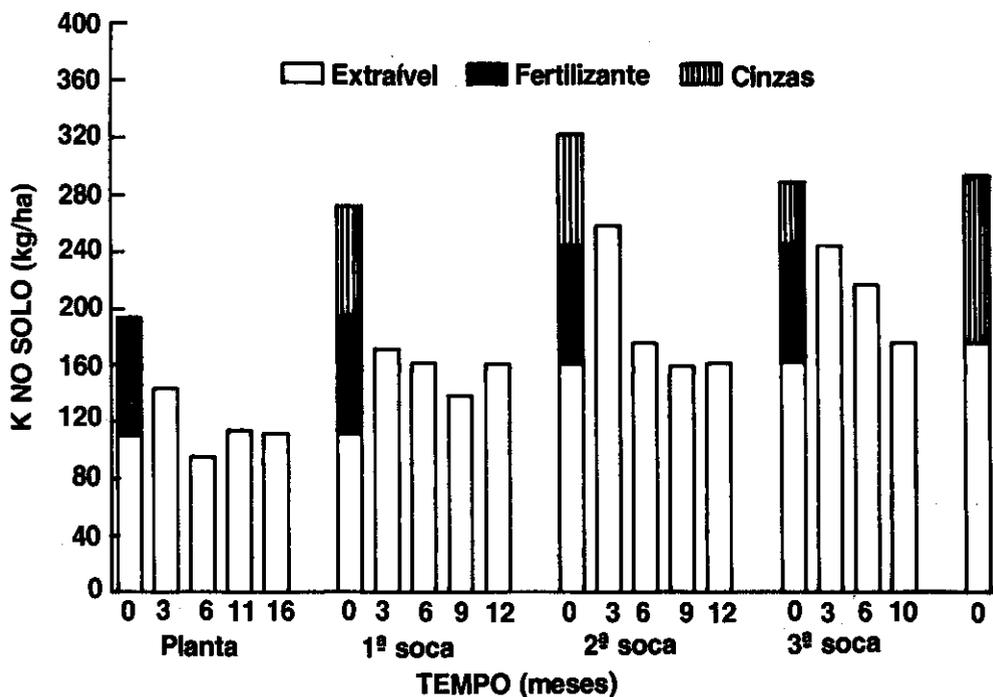


FIG. 6. Potássio extraível do solo em função da idade da cultura (cana-planta e três socas) pelo método de Mehlich, indicando-se o aporte de fertilizante inicial e mais os aportes de cinzas e fertilizante após cada colheita.

produtividades, e portanto as suas extrações de K.

Para fazer o balanço total, considerou-se que o aporte de K foi de 335 kg/ha nos quatro ciclos, sendo 332 kg/ha pela adubação e mais 3 kg/ha dos rebolos iniciais. O K recuperado no campo foi 180 kg/ha, nas seguintes formas: 66 kg/ha como diferença entre o K extraível final e inicial do solo (176 menos 110 kg/ha); 117 kg/ha de K na forma de cinzas da última soca e, finalmente, mais 10 kg/ha de K no sistema radicular dessa soca. A safra líquida de K através dos colmos foi 170 kg/ha. A soma da safra líquida mais o K recuperado alcançou 350 kg/ha de K, existindo, assim, um desvio de 28 kg/ha entre o K adicionado e recuperado + exportado.

O aporte de K pela água de chuva e perdas por drenagem profunda não foram considerados no balanço total, por faltarem os dados de lixiviação nas socas. Entretanto, no caso da

cana-planta, as perdas por lixiviação foram baixas e compensadas pelo aporte na água de chuva, quase zerando a entrada ou saída líquida de K através destes mecanismos. O fato de o desvio do balanço para os quatro ciclos ter sido somente de 28 kg/ha de K, sugere que, também nas socas, as diferenças entre aportes e perdas via água de chuva e drenagem, respectivamente, tenham sido mínimas.

Os resultados na Fig. 7 surgem como resultado do descompasso entre as taxas de acumulação de K em planta e depleção de K no solo, entre duas amostragens sucessivas.

Exemplificando, o K acumulado na cana-planta nos primeiros três meses foi 31 kg/ha, obtido como diferença entre o K aos três meses (34 kg/ha) e o K inicial nos rebolos (3 kg/ha) (Fig. 5). O solo no tempo zero tinha 193 kg/ha de K (110 kg/ha de K extraível mais 83 kg/ha do fertilizante), reduzindo-se aos três meses para 143 kg/ha (Fig. 6), o que

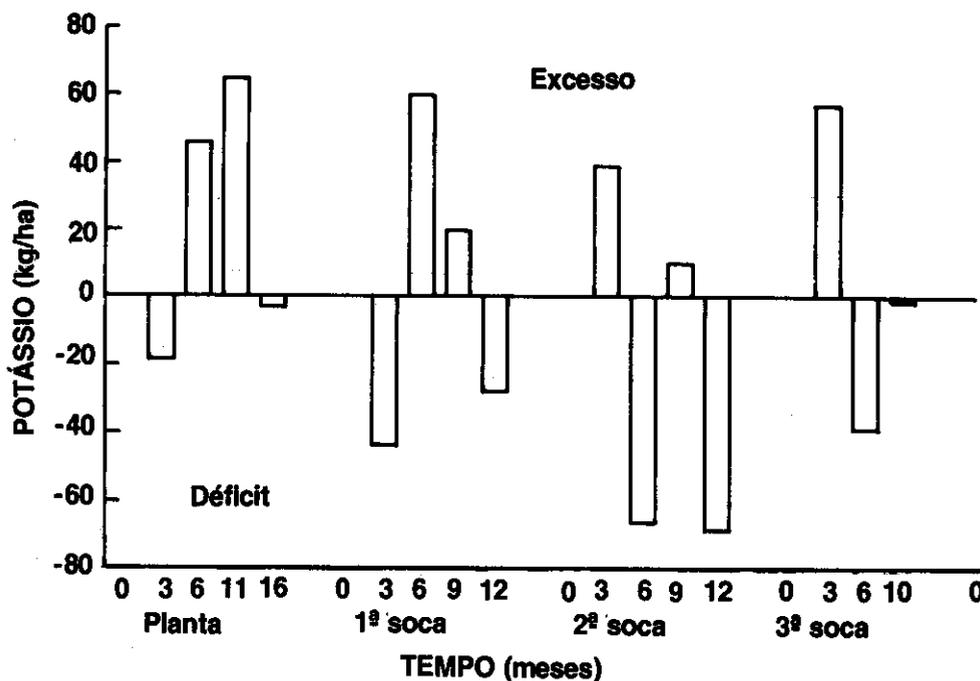


FIG. 7. Balanço entre as variações de K na planta e K no solo em duas amostragens sucessivas (K na planta em $t_n - t_{n-1}$ mais K no solo em $t_n - t_{n-1}$). Excesso significa aparecimento de K no sistema solo-planta, não justificado pelas mudanças no reservatório de plantas e K extraível; déficit significa o desaparecimento de K.

dá uma diferença de -50 kg/ha. Como desses 50 kg/ha somente 31 kg/ha foram absorvidos pela planta, considerou-se que os 19 kg/ha restantes seriam "déficit" de K. No período seguinte, de três a seis meses, enquanto a absorção líquida de K pelas plantas foi de 93 kg/ha, o K extraível do solo somente diminuiu -47 kg/ha (143 menos 96 kg/ha). A diferença foi considerada como "excesso" de 46 kg/ha de K. Assim, os excessos e déficits de K simplesmente fecham o balanço das transferências entre os reservatórios do K extraível do solo e da planta, via aportes (fertilizante, cinza e lixiviação de folhas) e variações em K extraível e K em planta. No fim dos quatro ciclos de cana, houve uma liberação líquida de 28 kg/ha de K do solo.

Três interpretações podem ser dadas a estas variações. A primeira é que, por tratar-se de diferenças, esses saldos necessariamente in-

cluem também a variabilidade relacionada às amostragens de solo e planta. A segunda interpretação deriva-se de que as variações de K no solo da Fig. 6 se estendem até um metro de profundidade para todas as datas de amostragem, enquanto a exploração das raízes pode atingir profundidades menores no início do ciclo e maiores ao final do ciclo. A terceira interpretação baseia-se em processos de fixação e liberação de K no solo em frações não extraíveis pelo método de Mehlich. Tentou-se medir estas frações extraíndo-se com acetato de amônio, pH 4,8, considerado o K trocável, e com HNO_3 fervente, considerado uma medida do K não-trocável. Como todas as formas de extração resultaram em valores semelhantes entre si, para diversas amostras escolhidas ao acaso, não foi possível caracterizar as frações não extraíveis que poderiam estar fornecendo K extra às plantas, além da fração extraível

pelo método de Mehlich. Absorções de K pelas plantas além do K extraível do solo têm sido confirmadas por vários autores, inclusive no Brasil (Raij 1982). Se se considera que este solo, até um metro de profundidade, apresenta cerca de 7.500 kg/ha de K total (Almeida 1981), a liberação de 28 kg/ha de K em quase cinco anos de cultivo, de uma fração não extraível pelo extrator de Mehlich, seria um valor aceitável.

CONCLUSÕES

1. No primeiro ciclo de cultivo, as plantas extraíram 174 kg/ha de K do solo, mais que o aporte do fertilizante (83 kg/ha) e sem que tenha havido mudança significativa no K extraível do solo (4 kg/ha). Não foi identificada a fração que forneceu este K às plantas. Ao fim do ciclo foram retiradas 88 kg/ha de K, com a colheita dos colmos, e retornaram ao solo 77 kg/ha, com a queima das palhas. Foram perdidos por lixiviação 7 kg/ha, mas houve um aporte de 18 kg/ha com a água da chuva. Assim, na cana-planta as retiradas e perdas foram compensadas pelos aportes.

2. Nas três socas, as retiradas com as colheitas foram menores que os aportes do fertilizante, totalizando 170 e 332 kg/ha de K, respectivamente. Esse balanço positivo refletiu-se em um aumento no K extraível do solo. Assim, a adubação nas socas parece ter sido acima das necessidades da cultura.

AGRADECIMENTOS

A Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, pelo apoio à realização desta pesquisa na sua Unidade Experimental de Itapirema, e ao pessoal técnico do Grupo de Radioagronomia, pelo processamento e análise das amostras de solo e planta.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, G.A.C.; MARINHO, M.L. Adubação na região Norte-Nordeste. In: ORLANDO FILHO, J. *Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil*. Piracicaba: PLANALSUCAR, 1983. p.267-286.
- ALMEIDA, M.G. *Potassium reserves and associated mineral colloids of selected Northeastern Brazilian soils*. Saskatoon: University of Saskatchewan, 1981. 79p. Tese de Mestrado.
- BARBER, S.A. Mecanismos de absorção de potássio pelas plantas. In: SIMPÓSIO SOBRE O POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1982, Londrina. *Anais*. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1982. p.213-226.
- ESPINOZA, W.; REIS, A.E.G. Lixiviação de Ca, K e Mg em um Latossolo Vermelho-Escuro (LE) de cerrados. I. Magnitude e variabilidade do fenômeno na época chuvosa. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.17, n.2, p.299-317, 1982.
- LEITE, J.O. Relação entre o fósforo, o potássio e o cálcio contidos em quatro componentes do ecossistema de cacau na Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.9, n.2, p.95-101, 1985.
- MALAVOLTA, E. *Potássio, magnésio e enxofre nos solos e culturas brasileiras*. 3.ed. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato/Instituto Internacional da Potassa, 1982. 92p. (Boletim Técnico, 4).
- MALAVOLTA, E.; CROCOMO, O.J. Funções do potássio nas plantas. In: SIMPÓSIO SOBRE O POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1982, Londrina. *Anais*. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1982. p.95-162.
- MENDEL, K. Fatores que afetam a demanda de potássio pelas culturas. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1982, Londrina. *Anais*. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1982. p.195-212.
- MOREIRA, J.A.A.; SILVA, C.J.C.G. Características de retenção de água em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo de Goiana, Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.22, n.4, p.411-418, 1987.
- ORLANDO FILHO, J. Nutrição e adubação potássica da cana-de-açúcar no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1982, Londrina.

- Anais**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1982. p.393-419.
- PEREIRA, Z.M.R.; SALCEDO, I.H.; TIESSEN, H. Effects of calcium carbonate and of ammonium phosphate additions on electrochemical properties and potassium retention of two Brazilian soils. *Soil Science*, v.147, n.1, p.64-70, 1989.
- RAIJ, B. van. Disponibilidade de potássio em solos do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1982, Londrina. **Anais**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1982. p.67-76.
- RITCHEY, K.D.; CERKAUSKAS, R.F.; SILVA, J.E.; VILELA, L. Residual effects of potassium and magnesium on soybean yields and on disease incidence in a Cerrado dark-red Latosol. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.22, n.8, p.825-832, 1987.
- 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. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.19, n.9, p.1103-1108, 1984.
- SALCEDO, I.H.; SAMPAIO, E.V.S.B.; CARNEIRO, C.J.G. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar. IV. Perda de N por lixiviação em cana-de-açúcar fertilizada com uréia- ^{15}N . *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.23, n.7, p.725-732, 1988.
- SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H. Eficiência de utilização de uréia- ^{15}N por cana-planta e três socas em tabuleiro costeiro de Pernambuco. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL - STAB, 4., 1987, Olinda. **Anais**. [S.l.]: STAB, 1987. p.46-49.
- 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. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.19, n.8, p.943-949, 1984.
- SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H.; CAVALCANTI, F.J.A. Dinâmica de nutrientes em cana-de-açúcar. III. Conteúdo de nutrientes e distribuição radicular no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.22, n.4, p.425-431, 1987.
- SANZONOWICZ, C.; MIELNICZUK, J. Distribuição do potássio no perfil de um solo, influenciado pela planta, fontes e métodos de aplicação de adubos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.9, n.1, p.45-50, 1985.
- SILVA, C.C. da; JONG, E. de. Comparison of two computer models for predicting soil water in a tropical monsoon climate. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.36, p.249-262, 1986.
- SILVA, J.E.; RITCHEY, K.D. Acumulação diferencial de potássio em oxissolos devido à lavagem do nutriente das plantas de milho para o solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.6, n.3, p.183-188, 1982.
- SILVA, L.C.F.; CASAGRANDE, J.C. Nutrição mineral da cana-de-açúcar (macronutrientes). In: ORLANDO FILHO, J. *Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil*. Piracicaba: PLANALSUCAR, 1983. p.7-99.
- SOUZA, D.M.G.; RITCHEY, K.D.; LOBATO, E.; GOEDERT, W.J. Potássio em solo do cerrado. II. Balanço no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.3, n.1, p.33-36, 1979.