

ACÚMULO E EXPORTAÇÃO DE MACRONUTRIENTES PELA CANA DE AÇÚCAR IRRIGADA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Alessandra Monteiro Salviano^{1*}, Magna Soelma Beserra de Moura¹, Thieres George Freire da Silva², José Francisco Alves do Carmo³, Elieth Oliveira Brandão⁴

¹ Pesquisador, Embrapa Semiárido, BR 428, km 152, CP 23, zona rural, CEP: 56302-970. Petrolina, PE. e-mail: alessandra.salviano@embrapa.br, magna.moura@embrapa.br; ²Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia; UAST, Serra Talhada-PE. e-mail: thigeoprofissional@hotmail.com; ³Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco-UNIVASF, Juazeiro-BA. e-mail: j.francarmo@gmail.com, ⁴Mestranda em tecnologia ambiental, Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco, Av. Prof. Luís Freire, 700, Cidade Universitária, CEP: 50740-540. Recife, PE. e-mail: elieth.brandao@ifsertao-pe.edu.br.

RESUMO- A marcha de absorção de nutrientes, estabelecida por uma curva de acúmulo de nutrientes na planta ao longo de seu ciclo, indica a fase de desenvolvimento da cultura que apresenta maior exigência de um determinado nutriente. Objetivou-se determinar o acúmulo e exportação de macronutrientes pela cana-de-açúcar, variedade RB92579, cultivada em condições tropicais semiáridas na Usina Agrovale, em Juazeiro-BA, região do Submédio do Vale do São Francisco. O experimento foi conduzido em um Vertissolo Hidromórfico. Foram demarcadas 03 subáreas nas quais se coletou amostras de material vegetal separadas em folhas verdes, bainhas, folhas e bainhas mortas, pseudocolmo, colmo e a parte imatura, em dez épocas ao longo do ciclo (66, 87, 112, 133, 168, 220, 242, 280, 352 e 385 dias após o corte - DAC). As amostras foram levadas à estufa a 65 °C até peso constante para obtenção da biomassa seca, na qual foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg e S. A máxima absorção dos nutrientes pela cultura da cana-de-açúcar ocorreu no período compreendido entre 220 a 352 DAC. O acúmulo de nutrientes obedeceu a seguinte ordem decrescente: K > N > Ca > S > P > Mg. A colheita é responsável pela maior exportação de nutrientes acumulados pela cultura da cana-de-açúcar, cerca de 60 a 90 % do total de nutrientes acumulados são exportados pela colheita. Durante o ciclo de cana-soca, foram utilizados pela variedade 2,50; 0,33; 5,35; 0,86; 0,19; 0,55 kg de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, para cada tonelada de colmo produzida.

PALAVRAS-CHAVE: *Saccharum* spp.. Absorção. Nutrição mineral.

ABSTRACT- One of the tools used in the balance of fertilization is the mineral absorption of nutrients, expressed in the form of curves the amount of nutrients absorbed as a function of plant age. This work aimed to study the accumulation and export of macronutrients from sugarcane (variety RB-92579) cultivated in semi-arid conditions in Juazeiro-BA, region of the São Francisco. The experiment was conducted in the area of Finance AGROVALE in soil classified as Vertisol, Juazeiro, BA, Brazil. 03 sub-areas were demarcated in which samples are collected at ten times over the cycle. Plants were collected in ten times (66, 87, 112, 133, 168, 220, 242, 280, 352 and 385 days after the cut-DAC) and put into oven at 65 ° C to obtain dry biomass, which were the contents of N, P, K, Ca, Mg and S. The cultivation of sugarcane variety RB-92 579, second sheet showed the maximum absorption of nutrients in the period from 220 to 352 CAD. The accumulation of nutrients in the cultivation of sugarcane had the following descending order: K > N > Ca > S > P > Mg. In this sugar cane cycle, it was exported from 60 to 90% of the total nutrients absorbed by the plants. During the cane cycle, they were used 2.50 0.33; 5.35; 0.86; 0.19; 0.55 kg of N, P, K, Ca, Mg and S, respectively, for each ton of stalk produced.

KEYWORDS: *Saccharum* spp.. Uptake. Mineral nutrition.

1 INTRODUÇÃO

Na Bahia, a área plantada com cana-de-açúcar, na safra 2017/2018, está estimada em 39,3 mil ha plantados, o que deverá produzir 3,10 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (CONAB, 2017). No Submédio do Vale São Francisco, mais especificamente no município de Juazeiro-BA, o cultivo da cana-de-açúcar apresenta cerca de 16 mil hectares, sendo esta uma atividade de destaque devido às técnicas de irrigação utilizadas nos sistemas de produção da cultura (SILVA et al., 2012a), com a maior produtividade alcançada, média de 78,8 t ha⁻¹, entre os estados do Nordeste (NE). Em condições irrigadas e com adequado manejo do sistema de produção, a produtividade da cultura pode alcançar valores elevados, acima de 200 t ha⁻¹ (OLIVEIRA et al., 2010).

O aumento de produção de biomassa pela cultura da cana-de-açúcar está diretamente relacionado a maior extração e acúmulo de nutrientes do solo. Desta forma, o conhecimento dessas variáveis torna-se de fundamental importância para a aplicação eficiente dos adubos, pois determina a quantidade de nutrientes que deve ser fornecida (COLETI et al., 2006) para atendimento da demanda nutricional da cultura. Em todo o território Nacional, a cultura da cana de açúcar apresenta consumo estimado de 3,44 milhões de toneladas de fertilizantes, sendo responsável pelo consumo de cerca de 16% de todo o adubo comercializado no Brasil (ANDA, 2016).

No entanto, poucos trabalhos com foco na exigência nutricional e exportação de nutrientes na cana-de-açúcar foram realizados, principalmente para as variedades provenientes de programas de melhoramento vegetal (OLIVEIRA et al., 2011, OLIVEIRA et al., 2010, COLETI et al., 2006, MENDES, 2006; PRADO et al., 2002), sendo que nenhum deles foi realizado sob condições semiáridas.

Estudo realizado por Mendes (2006) avaliando oito cultivares de cana-de-açúcar na região da Zona da Mata Mineira mostrou que o acúmulo de nutrientes na parte aérea variou de 114,8 a 160,5; 38,3 a 42,7; 206,5 a 288,4; 109,8 a 161,8 e 19,5 a 39,5 kg ha⁻¹, para N, P, K, Ca e Mg, respectivamente. Nesse estudo, em média, a extração de nutrientes em ordem decrescente foi: K > N > Ca > P > Mg. Estudos realizados por Oliveira et al. (2011), na região da Zona da Mata de PE, mostraram que a extração média de nutrientes e alocação na parte aérea da cana-planta foi de 179, 25, 325, 226 e 87 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente, apresentando a seguinte ordem de extração de: K > Ca > N > Mg > P. Assim, faz-se necessário quantificar, por meio de ensaios no campo, os nutrientes extraídos e exportados pelos colmos da cana-de-açúcar para cada tonelada de matéria vegetal produzida nas condições edafoclimáticas do semiárido.

O objetivo do presente trabalho foi determinar o acúmulo e exportação de N, P, K, Ca, Mg e S pela cana soca, variedade RB92579, cultivada sob irrigação, em condições edafoclimáticas do Semiárido.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um talhão comercial de cana-de-açúcar irrigada (9°28'07"S; 40°22'43"O; 386,5 m), localizado na Usina Agrovale S.A., no município de Juazeiro, Bahia, no Submédio do Vale do São Francisco. A cana-de-açúcar (*Saccharum* ssp.), variedade RB92579, foi conduzida no ciclo de cana-soca (segundo ciclo da cultura). O cultivo foi realizado em um solo classificado, de acordo com a Embrapa (2013), como VERTISSOLO HÁPLICO Carbonático. O espaçamento do cultivo foi de 1,5 m entre fileiras, as quais foram dispostas na direção leste-oeste. Antes da implantação da cultura, que ocorreu em fevereiro de 2006, foi realizada uma adubação inicial com base nas análises de solo, sendo aplicados 112 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 2,8 kg de Cu e de Zn e 1,2 kg de B, do formulado 29-08-00,

enquanto, ao longo do ciclo de cana planta, adicionaram-se mais 125 kg ha⁻¹ de N, na forma de ureia, e 135 kg ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio. No início do ciclo de cana-soca, quando foram aplicados 157,5 kg ha⁻¹ na forma de uréia (N, 45%) e 0,5 L ha⁻¹ de um fertilizante organomineral foliar (N, 3%; P₂O₅, 17%; Matéria Orgânica, 15%). Para o controle de plantas daninhas foram aplicados 1 L ha⁻¹ de herbicidas com princípios ativos 2,4D Amina e glifosato-isopropilamônio. A irrigação foi do tipo superficial por sulcos, utilizando um sistema de condução em tubos janelados. A frequência de aplicação foi realizada com base no conteúdo de água no solo, monitorado três vezes por semana utilizando uma sonda FDR (Frequency Domain Reflectometer), modelo PR2/6 (Delta-T Devices Ltd., Burwell, Cambridge, UK), e por meio dos valores da evapotranspiração de referência, estimados usando o método de Penman Monteith, parametrizado no boletim 56 da Food and Agriculture Organization (ALLEN et al., 1998). As irrigações foram realizadas em intervalos variáveis de sete a dez dias (sempre que o conteúdo de água no solo atingia 50% da capacidade de campo), e o solo mantido em capacidade de campo, sendo que o fornecimento de água à cultura foi suspenso aos quarenta e quatro dias antes da colheita (cerca de 346 dias após o 1º. corte) a fim de se garantir o maior acúmulo de sacarose nos colmos. As condições climáticas observadas durante o desenvolvimento da pesquisa são apresentadas na Figura 1.

Figura 1. Balanço hídrico e temperatura média do ar durante a condução do experimento.

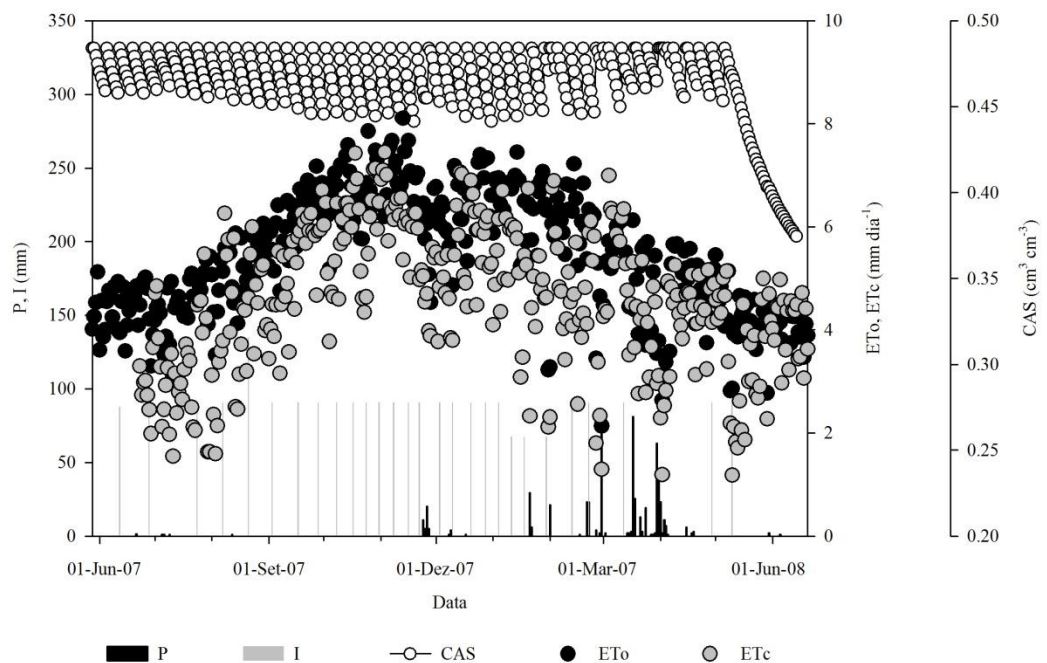


Tabela 1. Características físico-hídricas e químicas do VERTISSOLO HÁPLICO carbonático da área experimental da cana-de-açúcar irrigada (variedade RB92579), no ciclo de cana-soca.

Profundidade	Características Físico-hídricas								
	Argila	Silte	Areia fina	Areia grossa	Areia total	d_s	d_p	CC	PMP
Cm	-----g kg ⁻¹ -----					---kg dm ⁻³ ---		----m ³ m ⁻³ ----	
0-5	468,4	213,1	109,1	209,3	318,4	1,33	2,4	0,51	0,35
5-10	491,4	176,4	104,6	227,6	332,2	1,36	3,26	0,52	0,36
10-20	505,2	152,6	110,9	231,3	342,2	1,37	2,43	0,46	0,33
20-30	482,1	175,3	110,9	231,7	342,5	1,39	2,45	0,48	0,34
30-50	449,4	223,8	112,3	214,5	326,8	1,38	2,44	0,45	0,32
50-90	531,8	174,4	108,1	185,8	293,9	1,37	2,44	0,48	0,33
Características químicas									
	M.O.	pH	C.E.	P	K	Ca	Mg	Na	CTC
	g kg ⁻¹	-	dS m ⁻¹	mg dm ⁻³		-----cmol _c dm ⁻³ -----			
0-5	28,62	8,53	2,31	2,00	2,22	29,53	4,3	1,34	37,39
5-10	17,31	8,77	0,96	1,33	2,57	31,03	3,1	0,88	37,58
10-20	8,14	8,83	1,02	1,00	0,55	33,2	3,3	0,83	37,88
20-30	5,89	8,90	0,97	1,00	0,42	34,13	3,47	0,83	38,85
30-50	4,93	9,00	0,74	1,00	0,28	35,83	2,47	0,84	39,42
50-90	4,31	8,97	0,88	1,67	0,17	37,43	2,43	0,93	40,97

d_s – densidade do solo, d_p – densidade de partículas, CC – capacidade de campo, PMP – ponto de murcha permanente, MO – matéria orgânica, CE – condutividade elétrica, CTC – capacidade de troca de cátions.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições, sendo os tratamentos as épocas de coletas (66, 87, 112, 133, 168, 220, 242, 280, 352 e 385 dias após o corte - DAC). Dentro de cada bloco, para cada época de coleta, foi demarcada uma subárea com 24 m² cada, composta por cinco fileiras de plantas com quatro m lineares. Foram coletados perfilhos, ao nível do solo, apenas na linha central.

Após cada coleta, as plantas foram lavadas e colocadas em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65 °C por um período de 36 h, quando se atingiu massa constante. Em seguida, foram processadas em moinho tipo Willey e amostras do material vegetal foram submetidas a digestão nítrico-perclórica para determinação dos teores de P, K, Ca, Mg e S. O P foi por colorimetria, o Ca e o Mg por espectrofotometria de absorção atômica, o K por fotometria de emissão de chama e o S por turbidimetria. O N foi determinado pelo método Kjeldahl após digestão sulfúrica (Miyazawa et al., 2009).

A biomassa seca das plantas foi obtida para seis componentes estruturais dos perfilhos, bem como para a parte aérea total, utilizando uma metodologia proposta por Muchow et al. (1993). Os componentes estruturais dos perfilhos compreenderam as folhas verdes (FV), as bainhas (B), as folhas e bainhas mortas (FBM), o pseudocolmo (PC), o colmo (C) e a parte imatura (PI). Em função da quantidade de massa seca das amostras, determinou-se o acúmulo da parte aérea em cada época de coleta. As quantidades de nutrientes exportadas pela cultura equivalem às quantidades acumuladas no colmo, sendo considerada “palhada” a soma dos demais componentes estruturais da planta.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cana apresentou a ordem decrescente K>N>Ca>S>P>Mg (Tabela 2) de extração dos macronutrientes. No entanto, Oliveira et al. (2011), em estudos com a mesma cultivar (RB92572), observaram a seguinte ordem de extração K>Ca>N>Mg>P, tendo a cultivar apresentado maior extração de Ca em relação ao N. Esses pesquisadores concluíram que o fato do Ca se acumular mais que o N nas plantas de cana-de-açúcar, indica que sua absorção é mais favorecida pela umidade do solo. Todavia, as quantidades acumuladas de N no presente trabalho são mais elevadas que as de Ca, mesmo sob condição de irrigação. A dose de N aplicada no solo nesse trabalho foi superior à aplicada por Oliveira et al. (2011). Além disso, as condições de solo, como textura mais argilosa e elevados teores de MO favoreceram a absorção do N, enquanto o pH alcalino e a concentração de Ca permitem as reações químicas de formação de carbonatos que limitam a disponibilidade de alguns metais, entre eles o Ca e o Mg.

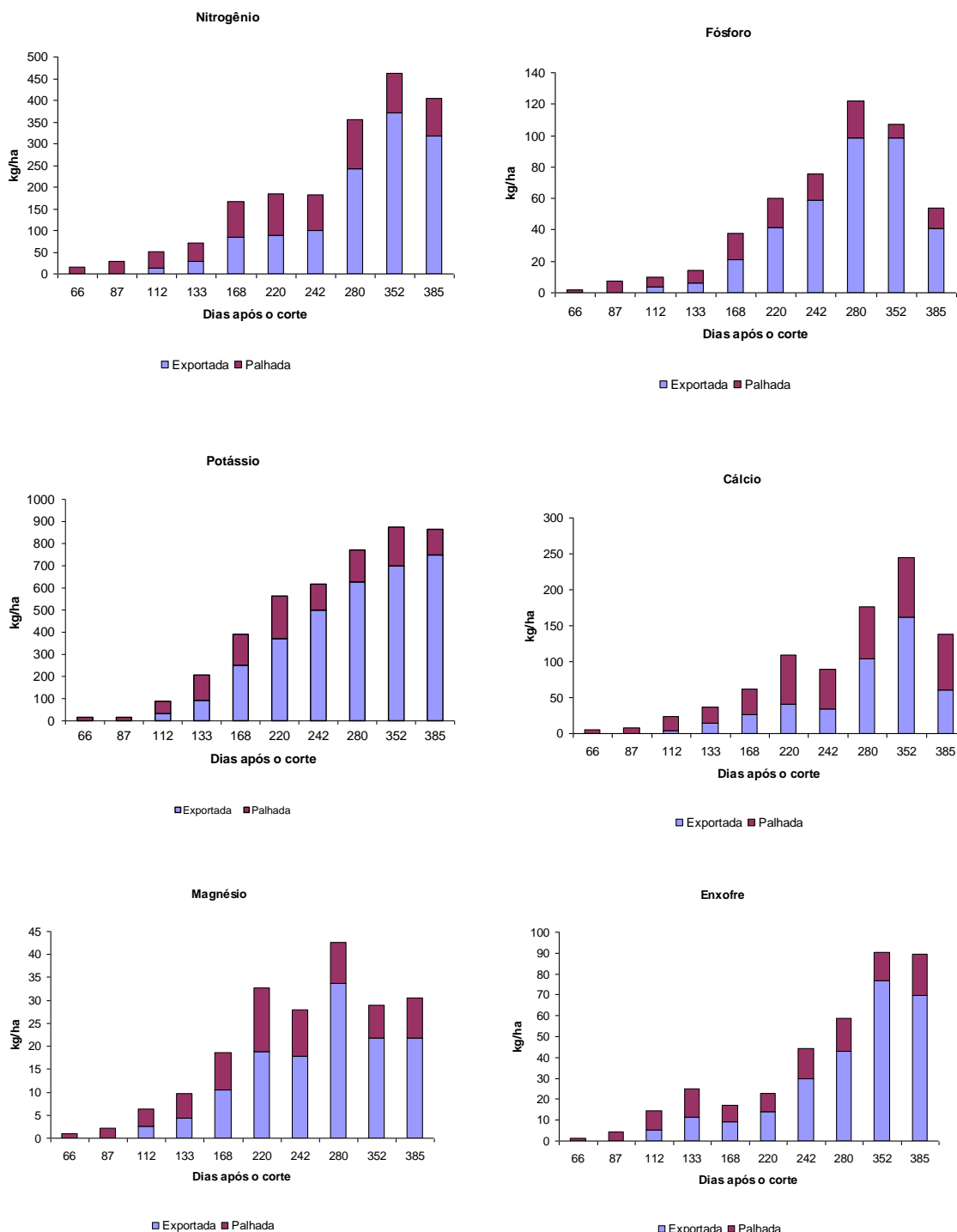
Tabela 2. Acúmulo e exportação de nutrientes, aos 385 DAC, da parte aérea na primeira soqueira da cana de açúcar cultivar RB92579, cultivada no município de Juazeiro-BA, região do Submédio do Vale do São Francisco, necessários para a produção de uma tonelada de colmo.

Nutrientes	N	P	K	Ca	Mg	S
-----kg t ⁻¹ -----						
Quantidade acumulada	2,50	0,33	5,35	0,86	0,19	0,55
Quantidade exportada	1,97	0,25	4,63	0,38	0,14	0,43
% exportada	79	76	87	44	72	78

Quanto a exportação de nutrientes, a ordem observada para os nutrientes foi K>N>S>Ca>P>Mg. O K foi o nutriente mais exportado, 87 % do total absorvido, enquanto o Ca apresentou a menor taxa de exportação (44%). O K é o principal nutriente responsável pela redução dos açúcares. O Ca, por ser um elemento que apresenta pouca translocação no xilema e tem como principal via de absorção o fluxo transpiratório, acumula-se principalmente nas partes da planta com maior demanda transpiratória.

A quantidade de nutrientes encontrada na palhada representa, no final do ciclo, a quantidade absorvida pela planta, que poderá retornar ao solo e tornar-se disponível em ciclos subsequentes, por meio da ciclagem. No entanto, vale salientar que a quantidade de nutrientes a ser disponibilizada dependerá da velocidade de decomposição da palhada, que é função da sua composição e das condições edafoclimáticas locais. Por isso, a prática da queima antes do corte da cana-de-açúcar, ainda adotado no manejo da colheita dos canaviais, principalmente no Nordeste, leva a perdas de grande parte dos nutrientes contido na palhada, seja por volatilização, como o N por exemplo, ou pelo arraste das cinzas pelo vento. A produção de matéria seca da palhada na área de estudo, cerca de 16,16 t ha⁻¹, acumulou ao final do ciclo 85,52; 13,06; 116,22; 77,63; 8,63 e 19,87 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. Assim, grande parte deixa de ser ciclado nas áreas de canaviais, aumentando a necessidade de complementação da adubação para os ciclos seguintes. Além disso, Fortes (2010) cita outras contribuições oriundas da manutenção da palha de cana-de-açúcar no solo, entre elas estão a redução de plantas daninhas, de erosão, aumento no sequestro de carbono e de produtividade.

Figura 2. Quantidade média de nutrientes acumulados no colmo (exportada) e palhada na primeira soqueira da cana de açúcar cultivar RB92579, cultivada no município de Juazeiro-BA, região do Submédio do Vale do São Francisco.



Observou-se que a quantidade de N acumulada foi superior aos 125 kg ha⁻¹ incorporados ao solo via fertilizantes, alcançando valores de 461 e 404 kg ha⁻¹, aos 352 e 385 dias respectivamente, com média de 432 kg ha⁻¹ (Figura 2). Oliveira et al. (2010) também observaram valores acumulados de N (260 kg ha⁻¹) para esta mesma variedade cultivada na Zona da Mata do estado de PE, Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (2010) que estudando a mesma variedade, verificou aproveitamento de 15% do N aplicado via

fertilizante sob condições de irrigação, mostrando a elevada eficiência deste genótipo. Segundo Trivelin (2000), o restante do ganho adquirido pela cana pode ser atribuído a outras fontes como: matéria orgânica, fixação de N atmosférico por microrganismos, absorção de amônia da atmosfera e absorção do nitrato pelas raízes mais profundas.

Até os 133 DAC, o acúmulo dos macronutrientes foi maior na palhada (Figura 2). Possivelmente, isso se deve à quantidade de massa de matéria seca produzida nas folhas até os 133 DAC ser superior à do colmo (SILVA et al., 2014). Além disso, a disponibilidade hídrica promovida pela irrigação e as elevadas temperaturas constatadas durante este período, proporcionaram aumento na atividade metabólica das folhas, concentrando os nutrientes nesta parte da planta. Silva et al. (2012b), avaliando o crescimento da mesma cultivar nas condições do Submédio do Vale do São Francisco, observaram maior produção de biomassa seca total quando comparado a outras regiões produtoras do país e atribuíram essa maior eficiência produtiva a interação entre o genótipo, o clima e o uso de irrigação.

Oliveira et al. (2010) avaliando no ciclo de cana planta a capacidade de onze variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena, em acumular os nutrientes N, P, K, Ca e Mg nos componentes da parte aérea observaram maior acúmulo de N, P e K até os 120 dias e também atribuíram este resultado às condições climáticas e à elevada disponibilidade hídrica proporcionada pela irrigação.

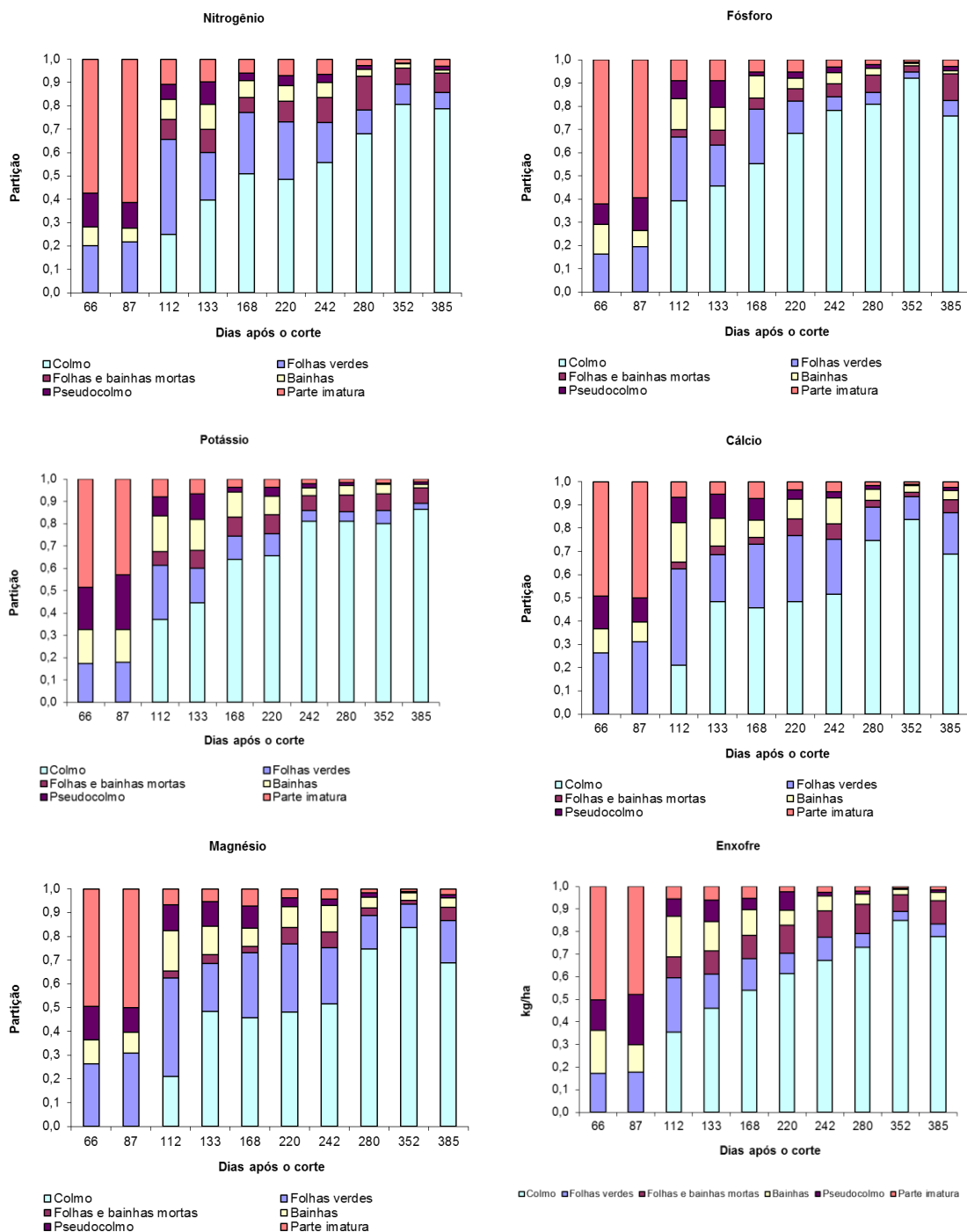
Após os 133 DAC, constatou-se uma inversão no acúmulo dos nutrientes para o colmo, exceto para o Ca (Figura 1). O cálcio é absorvido pelas raízes como Ca^{2+} , sendo transportado no solo principalmente por fluxo de massa (FERNANDES; SOUZA, 2006). Por apresentar baixa mobilidade no floema, é transportado pelo fluxo transpiratório via xilema, sendo acumulado em áreas de maior transpiração não apresentando redistribuição após ser depositado (NAIFF, 2007). Em órgãos que possuem baixa taxa transpiratória, sua distribuição depende do desenvolvimento da pressão radicular (BENINNI et al., 2003).

Alguns trabalhos (COLETI et al., 2006; SILVA et al., 2008) mostraram que em cana planta conduzida sem irrigação, a inversão no acúmulo de N, P e K das folhas para o colmo somente ocorreu após 180 DAP, evidenciando que a irrigação, associada a altas temperaturas, colabora para a antecipação deste evento nas condições estudadas (Figura 2). Resultados semelhantes foram observados por Oliveira et al. (2010) avaliando o acúmulo de nutrientes por 11 genótipos de cana sob irrigação.

Tabela 3. Extração média de macronutrientes por componentes da parte aérea pela cana-de-açúcar cultivada em ambiente semiárido sob irrigação.

Nutrientes	Partes da planta						Total
	Folhas verdes	Folhas e bainhas mortas	Bainhas	Colmo	Pseudocolmo	Parte imatura	
	kg ha ⁻¹						
N	26,84	17,35	7,57	124,75	4,83	10,56	191,89
P	4,10	2,88	1,87	36,96	1,10	2,10	49,01
K	29,44	32,64	24,31	332,13	10,53	12,13	441,17
Ca	12,82	22,70	4,32	44,72	2,20	2,68	89,44
Mg	1,67	2,65	1,31	13,15	0,58	0,70	20,05
S	2,95	3,71	2,09	25,85	1,04	1,10	36,75

Figura 3. Partição de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) pela parte aérea da cana de açúcar, (variedade RB92579), cultivada em condições tropicais semiáridas, em Juazeiro-BA.



Na extração total de P, observou-se que a RB92579 alcançou valores de 107 e 54 kg ha⁻¹, aos 352 e 385 dias respectivamente, com média de 49 kg ha⁻¹. Oliveira et al. (2011) observaram acúmulo de 29 kg ha⁻¹, para esta mesma variedade cultivada na Zona da Mata do estado de PE. Mendes (2006) encontrou quantidades médias extraídas entre 43 e 39 kg ha⁻¹.

Na extração total de K, observaram-se valores de 865 e 875 kg ha⁻¹, aos 352 e 385 dias respectivamente, com média de 441 kg ha⁻¹. Oliveira et al. (2011) observou acúmulo médio de 387 kg ha⁻¹ para esta mesma variedade cultivada na zona da mata do estado de PE. Oliveira

et al. (2010) e (2011) encontraram valores inferiores aos observados nesta pesquisa para o acúmulo total de P e K pela variedade RB92756, sendo em média de 25,2 e 212,5 kg ha⁻¹. Vale salientar que a adubação realizada, foi superior as usualmente aplicadas nos canaviais do Nordeste.

Apesar da elevada quantidade de Ca e Mg presente no solo, as percentagens de saturação dos cátions estão dentro das faixas que pouco afetariam o crescimento e produtividade das culturas. Todavia, elevadas quantidades de K foram fornecidas pela adubação potássica, bem como pela aplicação de vinhaça via irrigação. Além disso, diversos autores já observaram que formas não-trocáveis de potássio também podem contribuir, expressivamente, para o suprimento desse elemento às plantas (KAMINSKI et al., 2010; ÖBORN et al., 2010; VIEIRA et al., 2016; VIEIRA et al., 2017), principalmente quando verifica-se a dominância de argilominerais 2:1, como mica e interstratificados mica-vermiculita com hidróxi-Al entrecamadas (VHE) ou mica-esmectita e esmectita com hidróxi-entrecamadas muito comuns em Vertissolos. Esses argilominerais podem constituir fontes importantes de K no solo (ERNANI et al., 2007; FRAGA et al., 2009),

Na extração total de Ca, observaram-se valores de 245 e 139 kg ha⁻¹, aos 352 e 385 dias respectivamente, com média de 89 kg ha⁻¹. Oliveira et al. (2010) observaram elevada extração de Ca pela mesma variedade utilizada neste ensaio, alcançando valor médio de 305,5 kg ha⁻¹. Os autores atribuíram os resultados à prática da calagem na área, às condições climáticas e à elevada disponibilidade hídrica proporcionada pela irrigação. Apesar das condições climáticas e de disponibilidade hídrica do presente trabalho serem favoráveis à absorção elevada deste nutriente, isso não ocorreu, devido, provavelmente à elevada disponibilidade de K no solo associado às condições químicas propícias à precipitação de cálcio e Mg, conforme comentado anteriormente.

Na extração total de Mg, observou-se que a RB92579 alcançou valores em torno de 30 kg ha⁻¹, no final do ciclo, com média de 20 kg ha⁻¹. Todavia, a extração observada para a mesma variedade por Oliveira et al. (2010) foi bem superior, alcançando 121,8 kg ha⁻¹, sendo esta a variedade que acumulou mais Mg dentre as 11 avaliadas pelos pesquisadores.

Essa menor absorção de Mg observada também pode estar relacionada as altas concentrações de Ca²⁺ e K⁺ que podem inibir a absorção de Mg²⁺, diminuir sua translocação da raiz à parte aérea, e, assim, causar sua deficiência. Isto acontece porque K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ competem pelos mesmos sítios de absorção na raiz, de maneira que o cátion em maior concentração na solução do solo tem absorção preferencial em detrimento dos outros.

Na extração total de S, observou-se que a RB92579 alcançou valores de cerca de 90 kg ha⁻¹, ao final do ciclo, com média de 36 kg ha⁻¹.

Comparando-se a quantidade de nutrientes extraídas pela cultivar RB92579 para produção de 1 t de colmo no presente trabalho (Tabela 2) com os observados por Oliveira et al. (2010) para a mesma cultivar plantada em condições irrigadas, na Zona da Mata de Pernambuco, observou-se um aumento na quantidade de extraída por tonelada de colmo produzida para N, P e K, na ordem de 2,45; 3,00 e 6,44 vezes, respectivamente. Este resultado é justificado pelo maior quantidade desses nutrientes acumulados na parte aérea verificado nas plantas, sem refletir em aumentos proporcionais na produção de matéria seca. Este fato caracteriza um consumo de luxo pelas plantas em condição de alta disponibilidade deste elemento, ocasionados, provavelmente pelo excesso de adubação. Para o Ca e o Mg, observou-se uma redução de 1,38 e 2,5 vezes, respectivamente, indicando aumento de eficiência de utilização desses nutrientes.

4 CONCLUSÃO

1. A máxima absorção dos nutrientes pela cultura da cana-de-açúcar ocorreu no período compreendido entre 220 a 352 DAC.
2. O acúmulo de nutrientes obedeceu a seguinte ordem decrescente: $K > N > Ca > S > P > Mg$.
3. A colheita é responsável pela maior exportação de nutrientes acumulados pela cultura da cana-de-açúcar, cerca de 60 a 90 % do total de nutrientes acumulados são exportados pela colheita.
4. Durante o ciclo de cana-soca foram utilizados pela variedade 2,50; 0,33; 5,35; 0,86; 0,19; 0,55 kg de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente, para cada tonelada de colmo produzida.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ANDA. Associação nacional para difusão de adubos e corretivos agrícolas (Brasil) Anuário estatístico do setor de fertilizantes: 2016. São Paulo, 2016.
- BENINNI, E. R. Y; TAKAHASHI, H. W; NEVES, C. S. V. J. Manejo do cálcio em alface de cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n.4, p. 605-610, 2003.
- COLETI, J. T. et al. Remoção de macronutrientes pela cana planta e cana soca, em argissolos, variedades RB83486 e SP813250. **Revista STAB**, v. 24, n. 05, p. 32-36, 2006.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 4, Safra 2017/18**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_04_20_14_04_31_boletim_cana_portugues_-_1o_lev_-_17-18.pdf>. Acesso em: 17 de ago. 2017.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.
- ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L., (Eds.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.551-594.
- FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. Absorção de nutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) **Nutrição mineral de plantas**. 1 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p.115-152.
- FORTES, C. **Produtividade de cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e da decomposição da palhada em ciclos consecutivos**. 2010. 150 f. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente), Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba-SP, 2010.

FRAGA, T. et al. Suprimento de potássio e mineralogia de solos de várzea sob cultivos sucessivos de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.3, p. 497-506, 2009.

KAMINSKI, J. et al. Potassium availability in a hapludalf soil under long term fertilization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.3, p. 783-791, 2010.

MENDES, L. C. **Eficiência nutricional de cultivares de cana-de-açúcar**. 2006. 46 f. Dissertação – (Mestrado em Fitotecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

MIYAZAWA, M. et al. Análise química de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2^a ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p.191-234.

MUCHOW, R. C. et al. Field techniques to quantify the yield determining processes in sugarcane. I. Methodology. IN: CONFERENCE OF AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 15, 1993, Cairns. **Proceedings...** Brisbane: CSIRO, 1993. p.336-343.

NAIFF, A. P. M. **Crescimento, composição mineral e sintomas visuais de deficiências de macronutrientes em plantas de *Alpinia Purpurata* Cv. Jungle King**. 2007. 77 f. Dissertação – (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, PA, 2007.

ÖBORN, I., EDWARDS, A. C., HILLIER, S. Quantifying uptake rate of potassium from soil in a long-term grass rotation experiment. **Plant and Soil**, v. 335, n. 1, p. 3-19, 2010.

OLIVEIRA, E. C. A. et al. Extração e exportação de nutrientes por variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p.1343-1352, 2010.

OLIVEIRA, E. C. A. et al. Acúmulo e alocação de nutrientes em cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 42, n. 3, p. 579-588, 2011.

PRADO, R. de M., FERNADES, F. M., NATALE, W. Calcário e Escória siderúrgica, avaliados por análise foliar, acúmulo e exportação de macronutrientes em cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, v. 59, n.1, p. 129-135, 2002.

SILVA, L. C. et al. Acúmulo e eficiência de potássio em sete cultivares de cana-de-açúcar na Região de Cururipe-AL. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇÚCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 9., 2008. Maceió, **Anais...** Maceió: STAB, 2008. p. 244-248.

SILVA, T. G. F. et al. Biomassa seca acumulada, partições e rendimento industrial da cana-de-açúcar irrigada no Semiárido brasileiro. **Revista Ceres**, v. 61, n. 5, p. 686-696, set/out. 2014.

SILVA, T. G. F. et al. Biometria da parte aérea da cana soca irrigada no Submédio do Vale do São Francisco. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 500-509, 2012a.

SILVA, T. G. F. et al. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 64-71, 2012b.

TRIVELIN, C. P. **Três casos estudados com uso de traçador 15N**. 2000. 143p. Tese (Livre-docência) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

VIEIRA, M. da S. et al. Capacidade de suprimento de potássio em doze classes de solos em função de cultivos sucessivos de milho. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, [S.l.], v. 59, n. 3, p. 219-227, 2017

VIEIRA, M. da S. et al. Contribution of non-exchangeable potassium forms and its accumulation in corn plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 9–15, 2016.

Recebido para publicação: 21 de maio de 2017

Aprovado: 17 de julho de 2017.