

Matéria seca e acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas de Crambe

Dry matter and macronutrients accumulation in crambe shoots

Munir Mauad^{I*} Rodrigo Arroyo Garcia^{II} Antonio Carlos Tadeu Vitorino^I
Rosilda Mara Mussury Franco Silva^{III} Marcos Vinícios Garbiate^I Laura Caroline Farell Coelho^I

RESUMO

O crambe (*Crambe abyssinica*) tem bom potencial para produção de biodiesel pelo seu teor de óleo, além de ser uma alternativa para a rotação de culturas. Contudo, são escassas as informações sobre a demanda de nutrientes pelo crambe. O trabalho objetivou determinar a produção de matéria seca e o acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas de crambe, em diferentes estágios de crescimento e desenvolvimento. O experimento foi realizado em delineamento experimental em blocos ao acaso, com cinco repetições. Foram coletadas amostras da parte aérea das plantas aos 14, 28, 42, 56, 70 e 84 dias após a emergência (DAE). Para cada coleta, as plantas foram divididas em folha (limbo e pecíolo), caule + ramos e frutos (cápsulas) e as amostras foram secas até peso constante para posterior determinação da matéria seca e teores de N, P, K, Ca, Mg e S. As folhas apresentam grande contribuição na produção de matéria seca nas fases iniciais de desenvolvimento das plantas. A partir do florescimento, a queda das folhas é acentuada e a contribuição dos caules+ramos é maior. Foi observada a seguinte demanda pelos nutrientes na parte aérea: N>Ca>P>S>K>Mg. Quanto às quantidades exportadas via colheita de grãos, seguiu-se a ordem: N>P>S>Mg>Ca>K. A produção de matéria seca da parte aérea das plantas e dos frutos é baixa. No entanto, em função do ciclo curto e da rápida transição entre as fases de florescimento e maturação dos frutos, a adubação de semeadura é fundamental para obtenção de rendimentos satisfatórios.

Palavras-chave: *Crambe abyssinica*, marcha de absorção, biodiesel.

ABSTRACT

Crambe (Crambe abyssinica) has shown potential for biodiesel production because of high oil content in grains.

Furthermore it is a viable option in crop rotation systems. Nevertheless, there are few studies about nutrient uptake by crambe plants. The aim of this work was to determine dry matter and nutrient accumulation in crambe shoots in different growth stages. The experiment was carried under a randomized complete block design with five replications. Shoot sampling was done at 14, 28, 42, 56, 70 and 84 days after seedling emergence. Each plant sample was separated in leaves (blade and petiole), stems+branches and fruit (capsules). The samples were dried, weighted and levels of N, P, K, Ca, Mg and S were determined. Plant leaves greatly contribute to dry matter production in initial stages of development. Leaf senescence is accentuated and the contribution from stems and branches is higher from flowering. The following nutrient demand by plant shoot was observed: N>Ca>P>S>K>Mg. Nutrients are exported by harvested grains as follows: N>P>S>Mg>Ca>K. Dry matter produced by shoots and fruit is low; however, sowing fertilization is essential to obtain satisfactory results due to a short plant cycle and fast transition period between flowering and fruit maturation.

Key words: *Crambe abyssinica*, nutrient uptake rate, biodiesel.

INTRODUÇÃO

Vários estudos apontam para o esgotamento das fontes de energia fóssil nos próximos 40 ou 50 anos (KOHLHERPP, 2010). O crambe (*Crambe abyssinica*), uma oleaginosa da família das *Brassicaceae*, tem grande potencial para produção de biodiesel em função do seu teor de óleo, que varia de 26 a 38% (PITOL et al., 2010), e da

^IFaculdade de Ciência Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), 79825-070, Dourados, MS, Brasil. E-mail: munirmaud@ufgd.edu.br. *Autor para correspondência

^{II}Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS, Brasil

^{III}Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, UFGD, Dourados, MS, Brasil.

presença de ácido erúico (55%), que é um ácido graxo de cadeia longa, muito utilizado nas indústrias de lubrificantes inibidores de corrosão, de fabricação de borracha sintética, de produção de películas de plástico, de fabricação de nylon, assim como no preparo de cosméticos. No entanto, é prejudicial à alimentação humana, o que o torna competitivo para o mercado de biodiesel (FALASTA et al., 2010).

Essa espécie vegetal tem despertado o interesse de produtores da região Centro-Oeste do Brasil para ser cultivada na safrinha, pela elevada tolerância ao déficit hídrico, às baixas temperaturas, precocidade, baixo custo de produção e cultivo mecanizado (PITOL et al., 2010). O crescimento de área plantada tem gerado expressiva demanda por informações, principalmente no que se refere às necessidades nutricionais da planta. Nesse aspecto, o conhecimento da marcha de absorção dos nutrientes é essencial para definir as estratégias de adubação para a obtenção de rendimentos elevados (ZOBIOLE et al., 2010), mas com baixa probabilidade de contaminação de recursos naturais.

A marcha de absorção dos nutrientes, expressa na forma de curva de resposta em função dos dias após a semeadura das plantas, informa os períodos em que as plantas absorvem os nutrientes em maiores quantidades, indicando, assim, as épocas em que a adição de nutrientes faz-se necessária (VIDIGAL et al., 2009). Contudo, ainda não há informações científicas disponíveis na literatura nacional sobre a demanda por nutrientes para a cultura do crambe, o que limita a inserção dessa espécie nos sistemas de produção. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi determinar a produção de matéria seca e o acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas de crambe, em diferentes estágios de crescimento e desenvolvimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), sob coordenadas geográficas de 54°56'W e 22°12'S e 452m de altitude. O clima conforme a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, mesotérmico úmido com verão chuvoso. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (EMBRAPA, 2006), com os atributos na camada de 0-0,20m.: M.O=26,0g dm⁻³; pH (CaCl₂)=5,4; P (resina)=25mg dm⁻³; K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺=8,7; 36,0 e 22,0mmolc dm⁻³, respectivamente; e S-SO₄⁻²=5,6mg dm⁻³. A textura na camada de 0-0,20m revelou os seguintes valores: 644, 203 e 152g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com seis épocas de coleta (14, 28, 42, 56, 70 e 84 dias após a emergência) e cinco repetições. A semeadura do crambe foi realizada em abril de 2010, utilizando-se uma semeadora-adubadora de 13 linhas. A adubação foi realizada com 300kg ha⁻¹ da fórmula 08-20-20 de NPK. Cada unidade experimental foi constituída de seis linhas de 5m, espaçadas entre si por 0,45m e densidade de semeadura de 17 plantas m⁻¹. A área útil foi constituída de duas linhas centrais, desprezando-se 2m nas extremidades. Foi utilizada a cultivar de crambe FMS Brillhante, de ciclo precoce, com cerca de 90 dias entre a emergência e maturação (PITOL et al., 2010).

Foram coletadas amostras da parte aérea das plantas aos 14, 28, 42, 56, 70 e 84 dias após a emergência (DAE). Em cada metro de linha, foram coletadas 17 plantas. A cada coleta, as plantas foram divididas em folha (limbo e pecíolo), caule e ramos, e frutos (cápsulas), os quais resultaram na formação dos grãos. As diversas partes das plantas foram lavadas e secas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, até atingirem massa constante. Foi quantificada a massa da matéria seca das diferentes partes da planta. Em seguida, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley. Os teores de N, P, K, Ca, Mg e S do tecido vegetal, em cada parte da planta, foram determinados de acordo com os procedimentos propostos por MALAVOLTA et al. (1997).

O ajuste para a produção de matéria seca e o acúmulo dos nutrientes, em cada estrutura da planta, em função dos dias após a semeadura, foi realizado por modelos de regressão, utilizando-se o modelo Gaussian com três parâmetros, seguindo o procedimento descrito por ZOBIOLE et al. (2010), descrito a partir da seguinte equação 1:

$$\hat{y} = a e^{-0,5(x-x_0/b)^2} \quad (1)$$

em que: \hat{y} = acúmulo de nutrientes; a = corresponde ao valor de máximo acúmulo; x_0 = corresponde ao valor de x , em DAE, que proporciona o máximo em \hat{y} ; e b = corresponde à amplitude no valor de x , em DAE, entre o ponto de inflexão e o ponto de máximo. Assim, a partir do modelo ajustado, foi possível determinar, com exatidão, o valor do ponto de inflexão (PI) na curva de acordo com a equação 2:

$$PI = X_0 - b \quad (2)$$

RESULTADO E DISCUSSÕES

O acúmulo de matéria seca das plantas de crambe foi lento até o 28º dia após a emergência (Figura 1). Os limbos e pecíolos foram as estruturas

que mais contribuíram nos ganhos de matéria seca nos estágios iniciais de desenvolvimento, com valores próximos de 90%. Essa observação pode ser explicada pela forma de roseta adquirida pela planta, com grande número de folhas expandidas e entre-nós curtos.

A partir dos 28DAE e início do florescimento (42DAE), os caules + ramos passaram a contribuir de forma mais intensa para o acúmulo total de matéria seca, sendo o máximo valor dessas estruturas alcançado aos 65 dias após a emergência das plântulas, ou seja, com 5,80g planta⁻¹ (Tabela 1 e Figura 1). A produção de matéria seca, considerando a planta inteira, teve comportamento similar aos ganhos dos caules+ramos (Figura 1). Em relação à matéria seca dos frutos, o máximo acúmulo foi alcançado aos 74 dias após emergência, com 2,74g planta⁻¹ (Tabela 1 e Figura 1).

O estado nutricional das plantas, avaliado por meio dos teores dos macronutrientes foliares, é apresentado na tabela 2. De forma geral, as folhas foram as estruturas das plantas que apresentaram os maiores teores médios de N, K, Ca e Mg, enquanto que, para o P e S, esses valores foram obtidos nos frutos (Tabela 2). Convém ressaltar que a fertilidade inicial do solo e a quantidade de fertilizante aplicada na semeadura foram suficientes para um bom desenvolvimento das plantas.

Tomando-se como base os teores dos macronutrientes (Tabela 2) no final do experimento, na planta inteira e nos frutos, obteve-se a seguinte ordem, respectivamente: N>Ca>P>S>K>Mg e N>P>S>Mg>Ca>K. De acordo com os teores nos frutos de crambe e matéria seca de frutos produzidos, verifica-se uma exportação de nutrientes na ordem

de 19,7; 6,0; 1,0; 2,7, 3,5 e 1,3kg ha⁻¹ para N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. Assim como para o acúmulo de massa de matéria seca, o acúmulo de N na planta de crambe foi lento até os 28DAE, sendo a folha o órgão que mais contribuiu para esses ganhos (Figura 2). Com relação ao acúmulo na folha, o maior valor obtido (52,99mg planta⁻¹) ocorreu aos 42DAE (Figura 2; Tabela 3). Nota-se que, após esse período, o decréscimo de N nas folhas é considerável, o que provavelmente está relacionado à queda das folhas. Por outro lado, os teores de N a partir dos 70DAE apresentaram quedas bruscas, decrescendo de 20,6 para 10,2g kg⁻¹ nas folhas (Tabela 2). Para os ramos + caules, em função dos ganhos mais tardios de matéria seca, o máximo acúmulo de N nessas estruturas ocorreu aos 75DAE, apesar do decréscimo no teor de N a partir dos 42DAE (Tabela 2). Com relação aos decréscimos dos teores de N, esse fato pode estar relacionado à translocação do nutriente para a formação de grãos após o florescimento e início da senescência das plantas.

A translocação de N das folhas e ramos + caules para o enchimento dos frutos fica evidente com a elevação dos teores neste órgão, que oscilou de 14,4 para 19,1g kg⁻¹. A diminuição do teor de N nos ramos + caules também pode estar relacionada à relação fonte/dreno. Os frutos de crambe são produzidos ao longo do caule e ramos da planta, assim, caule e ramos são as fontes mais próximas para a translocação do N para o fruto, além da alta mobilidade desse elemento nas plantas (MARSCHNER, 1995), o que pode explicar em parte a queda acentuada do teor de N nesses órgãos.

Para o P, o máximo acúmulo considerando a planta inteira ocorreu aos 59DAE, com um total de 26,85mg planta⁻¹, enquanto que para o fruto isso ocorreu aos 73DAE, com 18,52mg planta⁻¹ (Tabela 3). Comportamento similar às plantas inteiras foi detectado para os acúmulos de P nas folhas e nos caules + ramos, com picos obtidos por ocasião do início do florescimento das plantas (Tabela 3, Figura 2). Esses resultados evidenciam grande demanda por P a partir do florescimento da planta, decorrente dos teores elevados de P durante a formação dos frutos. O aumento da demanda de P para a formação dos frutos é atendido a partir da realocação do P contido nas folhas e caule + ramos, que apresentaram decréscimos a partir de 40 e 49 dias após a emergência, respectivamente (Figura 2 e Tabela 3). Nesse sentido, fica clara a importância da disponibilidade de P nas fases iniciais das plantas, em função do rápido desenvolvimento das fases de florescimento e formação dos grãos. Constatações similares foram observadas no trabalho

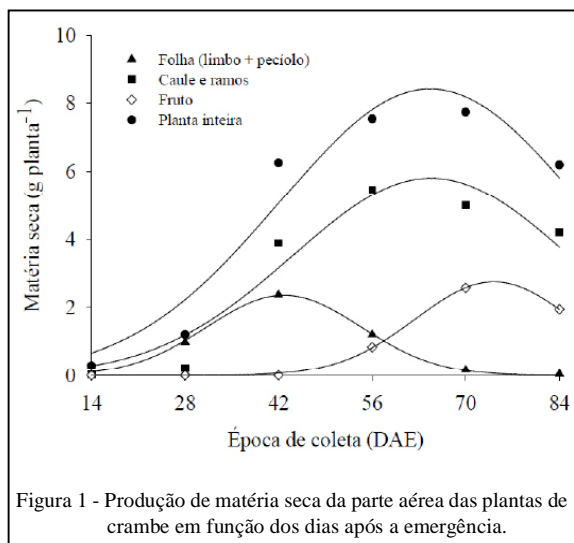


Figura 1 - Produção de matéria seca da parte aérea das plantas de crambe em função dos dias após a emergência.

Tabela 1 - Estimativa dos parâmetros dos modelos ajustados para o acúmulo de matéria seca nos diferentes órgãos da planta de crambe em função do tempo, e os respectivos valores do ponto de inflexão.

Parte da planta	-----Estimativa dos parâmetros do modelo-----			PI(X ₀ - b)	R ² Ajustado
	a	X ₀	b		
	g Planta ⁻¹	-----DAE-----			
		-----Massa de matéria seca-----			
Folha (limbo + pecíolo)	2,35	42,80	11,51	31,29	0,99**
Caul e ramos	5,80	64,79	20,65	44,14	0,87*
Fruto	2,74	74,22	11,69	62,53	0,99**
Planta inteira	8,41	64,68	22,47	42,21	0,90*

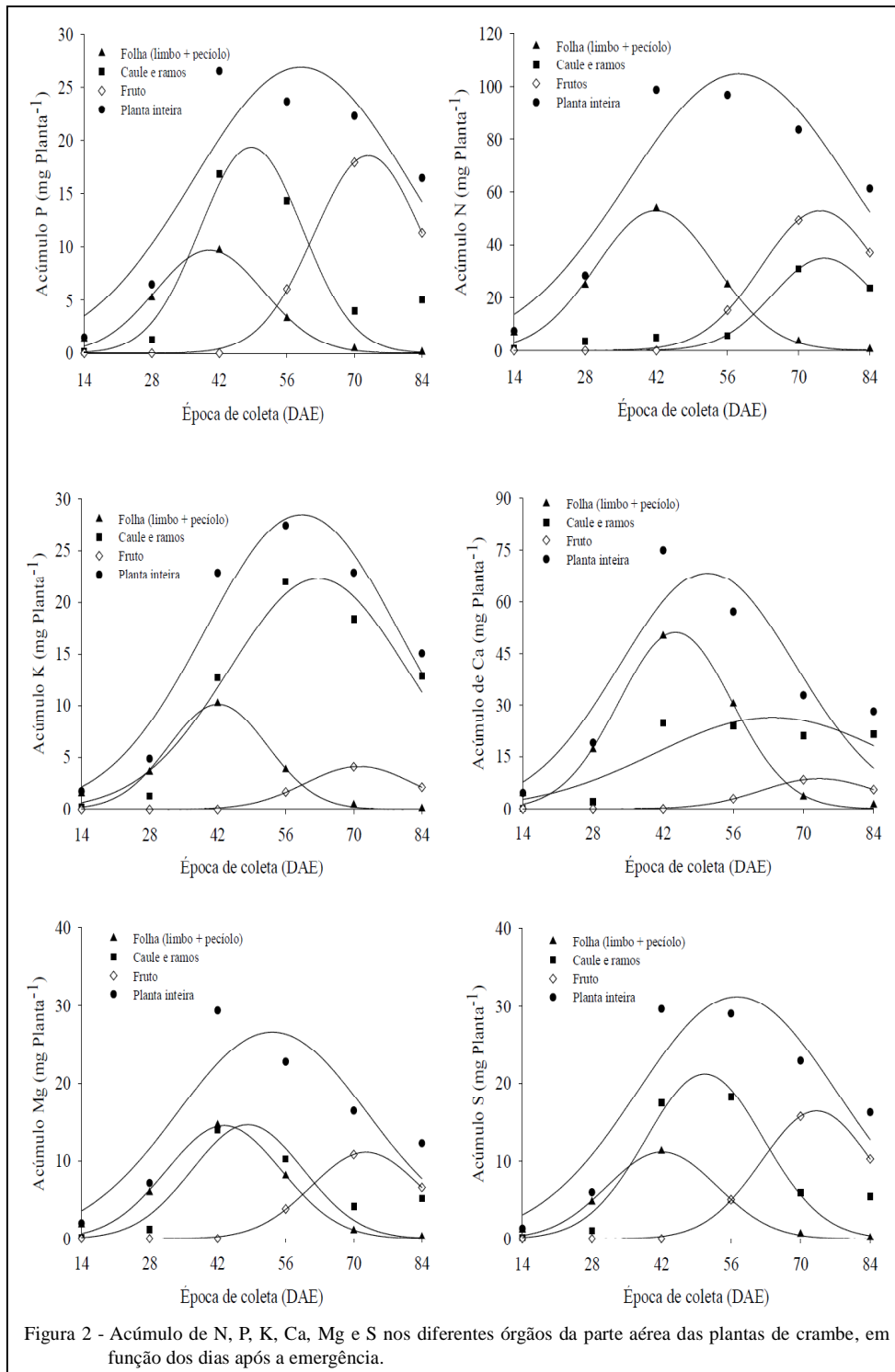
** Significativo em nível de 1% pelo teste F. * Significativo em nível de 5% pelo teste F.

de ZOBIOLE et al. (2010) com a cultura do girassol, em que o máximo acúmulo de P foi obtido na fase de enchimento de frutos, uma vez que o P contido nas folhas e colmos teve considerável contribuição na formação dos frutos da oleaginosa. Levando em consideração a produção dos frutos, o P passa a ser o segundo elemento mais requerido pelas plantas.

Quanto à marcha de absorção do K (Figura 2), destaca-se o rápido acúmulo nas folhas e caules + ramos. O mesmo comportamento do nutriente acumulado na parte aérea total das plantas é observado para os caules+ramos ao longo do crescimento e desenvolvimento das plantas. Para as folhas, a partir do florescimento, há considerável queda no K

Tabela 2 - Teores médios de N, P, K, Ca, Mg e S nas diferentes estruturas da parte aérea das plantas de crambe, em função dos dias após a emergência.

Dias após a emergência	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- g kg ⁻¹ -----					
	-----Folhas (limbo+pecíolo)-----					
14	26,1	5,2	5,7	16,2	6,8	4,4
28	25,4	5,3	3,6	16,7	5,9	4,8
42	22,8	4,1	4,4	20,3	6,1	4,7
56	20,8	2,7	3,6	24,4	6,6	4,1
70	20,6	2,6	2,4	18,1	6,4	3,9
84	10,2	2,2	1,4	26,5	5,4	2,1
	-----Caul e ramos-----					
14	18,2	4,1	6,9	4,7	4,1	4,0
28	16,6	5,8	5,9	9,2	5,4	4,8
42	11,6	4,4	3,5	6,2	3,3	4,4
56	10,2	2,6	3,9	4,0	1,9	3,3
70	6,02	0,7	3,5	3,7	0,8	1,1
84	5,6	1,1	3,0	5,0	1,2	1,2
	-----Frutos-----					
56	14,4	7,4	2,0	3,5	4,7	6,0
70	19,1	6,9	1,6	3,2	4,2	6,1
84	19,1	5,8	1,0	2,7	3,3	5,2
	-----Planta inteira-----					
14	25,3	5,1	5,8	1,5	6,5	4,3
28	23,8	5,4	4,0	1,5	5,9	4,8
42	16,2	4,3	3,8	11,7	4,4	4,5
56	12,8	3,1	3,6	7,2	2,9	3,7
70	10,6	2,8	2,9	3,7	2,1	2,8
84	9,9	2,6	2,4	4,5	1,9	2,5



acumulado. Isso é decorrente, em grande parte, pela queda das folhas das plantas por ocasião do início do florescimento, pois, a partir do estágio em que os acúmulos de K nos grãos começam a ser consideráveis, a contribuição das folhas já é inexpressiva (Tabela 2).

Para a exportação de nutrientes via colheita dos grãos, o K foi o macronutriente com menor importância para a cultura do crambe. O K tem alta mobilidade nas plantas em qualquer nível de concentração, seja dentro da célula, no tecido vegetal, no xilema ou no floema.

Tabela 3 - Estimativa dos parâmetros dos modelos ajustados para o acúmulo de macronutrientes nas diversas estruturas da parte aérea das plantas de crambe, em função do tempo, e os respectivos valores do ponto de inflexão.

Parte da planta	-----Estimativa dos Parâmetros do modelo-----				
	a mg Planta ⁻¹	X ₀ -----Dias Após Emergência-----	b	PI (X ₀ - b)	R ² Ajustado
-----Nitrogênio-----					
Folha (limbo + pecíolo)	52,99	41,89	11,72	30,17	0,96**
Caulo e ramos	34,95	75,06	10,22	64,84	0,92**
Fruto	52,97	74,23	11,53	62,70	0,99*
Planta inteira	104,66	58,23	21,94	36,30	0,83*
-----Fósforo-----					
Folha (limbo + pecíolo)	9,68	39,93	11,20	28,74	0,98**
Caulo e ramos	19,35	48,61	10,60	38,02	0,78*
Fruto	18,52	72,86	11,21	61,65	0,99**
Planta inteira	26,85	58,90	22,29	36,61	0,75***
-----Potássio-----					
Folha (limbo + pecíolo)	10,11	42,10	10,07	32,03	0,95**
Caulo e ramos	22,23	62,69	18,33	44,35	0,93**
Fruto	4,11	71,15	11,12	60,03	0,99**
Planta inteira	28,46	59,31	19,92	39,39	0,90*
-----Cálcio-----					
Folha (limbo + pecíolo)	51,14	44,46	11,26	33,20	0,99**
Caulo e ramos	26,34	63,79	23,39	40,41	0,64***
Fruto	8,63	73,10	11,49	61,61	0,99**
Planta inteira	68,36	50,86	17,63	33,23	0,64***
-----Magnésio-----					
Folha (limbo + pecíolo)	14,53	43,29	11,77	31,52	0,98**
Caulo e ramos	14,65	48,20	11,42	36,78	0,60***
Fruto	11,11	72,49	11,19	61,30	0,98**
Planta inteira	26,62	53,23	19,55	33,67	0,65***
-----Enxofre-----					
Folha (limbo + pecíolo)	11,17	42,12	11,02	31,10	0,98**
Caulo e ramos	21,22	50,70	11,83	38,87	0,82*
Fruto	16,44	11,12	73,21	62,10	0,99**
Planta inteira	31,25	57,19	20,04	37,15	0,79*

** Significativo em nível de 1% pelo teste F. * Significativo em nível de 5% pelo teste F

*** Significativo em nível de 10% pelo teste F.

O K não é metabolizado na planta e forma ligações com moléculas orgânicas de fácil reversibilidade. Além disso, é o íon mais abundante nas células vegetais (MARSCHNER, 1995). No entanto, para o crambe, essa dinâmica do K não foi expressiva, pois o K acumulado nas folhas teve pouca influência na redistribuição na planta e formação dos grãos (Figura 2). Por outro lado, o K que ficou contido nos restos vegetais é relevante para a reciclagem de nutrientes e disponibilidade para a espécie cultivada em sucessão, pois a liberação de K da palhada é rápida (ROSOLEM et al., 2006).

Assim como para os demais nutrientes, o acúmulo de Ca nas folhas teve considerável decréscimo depois do florescimento das plantas. Por outro lado, os teores do nutriente nessas estruturas (Tabela 2) não foram alterados com o passar do crescimento e desenvolvimento das plantas, ou seja, dos dias após a emergência. Portanto, o decréscimo no acúmulo de Ca nas folhas foi devido à queda prematura das folhas de crambe após o início do florescimento das plantas. Essa evidência pode ser constatada em função dos valores de fitomassa seca das folhas e teores de Ca nessas estruturas (Tabela 2

e Figura 2). Esses resultados eram esperados, devido à baixa mobilidade do Ca nas plantas. Assim como para o K, as quantidades de Ca acumuladas nos frutos são pequenas, representando baixa exportação do nutriente via colheita. Por outro lado, o acúmulo nas demais estruturas das plantas foi elevado, sendo o segundo macronutriente mais absorvido. As folhas contribuíram com grande parte do Ca absorvido pelas plantas, com o máximo valor obtido com 44DAE, atingindo valores da ordem de 51,14mg planta⁻¹ (Tabela 3).

O acúmulo de Mg nas folhas das plantas de crambe foi intenso nas fases iniciais de desenvolvimento das plantas (Figura 2). Esse padrão de variação foi observado até o início do florescimento das plantas. Quanto aos teores de Mg nas folhas, os máximos valores obtidos foram aos 43 dias após a emergência (Tabela 2). No entanto, para as demais estruturas das plantas (caule + ramos e frutos) os máximos teores foram diagnosticados em estágios mais avançados de desenvolvimento.

Quanto ao acúmulo de S nos frutos (Figura 2), observou-se padrão de variação similar ao N, ou seja, intenso acúmulo a partir da formação das estruturas reprodutivas. A importância do S para oleaginosas está ligada à formação de aminoácidos, que por sua vez são necessários para a formação das proteínas (SATTAR et al., 2011). O enxofre está diretamente relacionado ao metabolismo do N, convertendo-o de nitrogênio não proteico em proteína, sendo, inclusive, a relação N/S do tecido vegetal utilizada na avaliação do estado nutricional das plantas (SATTAR et al., 2011). O crambe é uma espécie com teores elevados de proteínas nos frutos, com valores médios de 22%. Quanto aos teores de proteína na torta, após a extração do óleo, esse valor ultrapassa 45% (SOUZA et al., 2009). Portanto, a disponibilidade de S, assim como N, por ocasião do início da formação dos frutos, é de fundamental importância para a produção e teores de óleo e proteínas elevados. Além do mais, a quantidade desses nutrientes exportada via colheita é intensa, enfatizando a necessidade de reposição desses nutrientes via adubação.

CONCLUSÃO

As folhas de crambe apresentam grande contribuição na produção de matéria seca nas fases iniciais de desenvolvimento das plantas. Por outro lado, a partir do florescimento, a queda dessas folhas é acentuada e a contribuição dos caules+ramos é maior.

De acordo com os teores dos macronutrientes na parte aérea das plantas de crambe, foi observada a seguinte ordem: N>Ca>P>S>K>Mg.

Em contrapartida, quanto aos teores dos nutrientes nos grãos por ocasião da colheita do experimento, a quantidade dos elementos exportados seguiu a ordem: N>P>S>Mg>Ca>K.

A produção de matéria seca da parte aérea das plantas e dos frutos é baixa. No entanto, em função do ciclo curto e da rápida transição entre as fases de florescimento e maturação dos frutos, a adubação de semeadura é fundamental para obtenção de rendimentos satisfatórios.

REFERÊNCIAS

- EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306p.
- FALASCA, S.L. et al. *Crambe abyssinica*: an almost unknown crop with a promissory future to produce biodiesel in Argentina. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.35 p.5808-5812, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2010.02.095>>. Acesso em: 01 mar. 2012. doi: 10.1016/j.ijhydene.2010.02.095.
- KOHLHERPP, G. Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. **Revista Estudos Avançados**, n.68, p.223-253, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0103-40142010000100017&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 01 jun. 2012. doi: 10.1590/S0103-40142010000100017.
- MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 1997. 308p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed London: Academic, 1995. 889p.
- PITOL, C. et al. **Tecnologia e produção: Crambe 2010**. Maracaju: Fundação MS, 2010. 60p.
- ROSOLEM, C.A. et al. Lixiviação de potássio no solo de acordo com suas doses aplicadas sobre palha de milheto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.813-819, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S0100-06832006000500007&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 03 mar. 2012. doi: 10.1590/S0100-06832006000500007.
- SOUZA, A.D.V. et al. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão manso, nabo forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1328-1335, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S0100-204X2009001000017&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 03 mar. 2012. doi: 10.1590/S0100-204X2009001000017.
- SATTAR, A. et al. Interactive effect of sulphur and nitrogen on growth, yield and quality of canola. **Crop & Environment**, v.2, p.32-37, 2011. Disponível em: <http://www.psa.net.pk/images1/13755_..pdf>. Acesso em: 02 jun. 2012.
- VIDIGAL, S.M. et al. Crescimento e acúmulo de macro e micronutrientes pela melancia em solo arenoso. **Revista Ceres**,

v.56, p.112-118, 2009. Disponível em: <<http://www.ceres.ufv.br/ceres/revistas/V56N001P05008.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2012.

ZOBIOLE, L.H.S. et al. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34,

p.425-433, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0100-06832010000200016&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 03 mar. 2012. doi. 10.1590/S0100-06832006000500007.