



## PERDA DE BIOMASSA CAUSADA PELA DEFICIÊNCIA DE MACRONUTRIENTES EM *Crambe abyssinica*

Tafarel Victor Colodetti<sup>1</sup>, Wagner Nunes Rodrigues<sup>2</sup>, Leonardo Fardim Christo<sup>1</sup>, Lima Deleon Martins<sup>2</sup>, Marcelo Antonio Tomaz<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Agronomia pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), Departamento de Produção Vegetal, Alto Universitário, s/nº, Cx Postal 16, Bairro Guararema, CEP: 29500-000, Alegre, ES, Brasil, tafarecolodetti@hotmail.com.

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES).

<sup>3</sup>Professor do Departamento de Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES).

Recebido em: 30/09/2013 – Aprovado em: 08/11/2013 – Publicado em: 01/12/2013

### RESUMO

O cultivo de crambe (*Crambe abyssinica*) representa uma excelente alternativa para a produção de biodiesel. Contudo, ainda são escassas informações a respeito da cultura do crambe no Brasil, em especial sobre suas necessidades nutricionais. Desse modo, objetivou-se quantificar as perdas de produção de biomassa causadas pelas deficiências de cada macronutriente em plantas de crambe. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, seguindo delineamento experimental inteiramente casualizado, com sete tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram da aplicação de solução nutritiva modificada a partir da solução padrão de Hoagland, de modo a induzir a deficiência de cada macronutriente (N, P, K, Ca, Mg e S). Após 30 dias de cultivo, sendo verificados os sintomas de deficiência nutricional, as plantas foram coletadas para determinação da matéria seca total. As deficiências de todos os macronutrientes promovem grande limitação na produção de biomassa de plantas de crambe. A magnitude da perda de biomassa varia de acordo com o nutriente em detrimento, com perdas de, aproximadamente, 96,53%; 94,82%; 80,18%; 59,57%; 32,24% e 17,10% para fósforo, nitrogênio, cálcio, potássio, magnésio e enxofre, respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** crambe, nutrição mineral, matéria seca, deficiência nutricional.

### BIOMASS LOSS CAUSED BY DEFICIENCY OF MACRONUTRIENTS IN *Crambe abyssinica*

### ABSTRACT

The cultivation of crambe (*Crambe abyssinica*) is an excellent alternative for the biodiesel production. However, there are still few informations about the culture of crambe in Brazil, specially about its nutritional needs. Therefore, this study aimed to quantify the losses in the biomass production caused by deficiencies of each macronutrient in plants crambe. The experiment was conducted in a protected environment, following a completely randomized design, with seven treatments and

four replications. The treatments consisted of the application of nutrient solutions modified from the standard Hoagland solution, in order to induce deficiencies of each nutrient (N, P, K, Ca, Mg and S). After 30 days of cultivation, being checked for symptoms of nutritional deficiencies, the plants were collected for determination of total dry matter. Deficiencies of all macronutrients promote major limitations for the biomass production of crambe. The magnitude of the biomass loss varies with the nutrient in deficiency, showing losses of about 96.53%, 94.82%, 80.18%, 59.57%, 32.24% and 17.10% for phosphorus, nitrogen, calcium, potassium, magnesium and sulfur, respectively.

**KEYWORDS:** crambe, mineral nutrition, dry matter, nutritional deficiency.

## INTRODUÇÃO

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) é uma espécie vegetal da família das brássicas, que tem como centro de origem a região do Mediterrâneo. No entanto, essa espécie tem demonstrado boa adaptação ao cultivo em regiões com diferentes condições climáticas (SOUZA et al., 2009).

O crambe representa uma excelente alternativa para a produção de biodiesel, pois atua como uma boa fonte de óleo vegetal para este fim, sem concorrer com a produção de alimentos, uma vez que é cultivada em safrinha (período de entressafra compreendido entre as culturas principais). Em comparação com outras culturas oleaginosas, o crambe apresenta a grande vantagem de ter baixo custo de produção, com possibilidade de mecanização total do cultivo e de aproveitamento da maquinaria de outras culturas (ao exemplo da soja) (ROSCOE & DELMONTES, 2008).

Contudo, ainda são escassas informações a respeito da cultura do crambe no Brasil, em especial sobre suas necessidades nutricionais. Além disso, para que o crambe possa se fixar na matriz energética nacional, é necessário que se trabalhe em torno de um dos pontos mais cruciais da cultura, que é o desenvolvimento de novas cultivares melhoradas no Brasil (COLODETTI et al., 2012c).

No contexto da nutrição mineral, é extremamente importante determinar quais nutrientes devem ser fornecidos à planta, em quantidade e na época adequada, de modo a permitir o estabelecimento de um manejo adequado da adubação. Para tal, é necessário estudar como os nutrientes limitam o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade da cultura, permitindo a otimização do uso de fertilizantes e a obtenção da maior produtividade, com o menor custo possível (CORRÊA et al., 2001).

Dentre os nutrientes essenciais para o desenvolvimento normal das plantas, os macronutrientes (carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) são os elementos básicos que apresentam maior abundância no tecido vegetal, sendo requeridos em maior quantidade. Em relação a adubação com macronutrientes, visa-se suprir as demandas do metabolismo vegetal quanto ao nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, caso os mesmos não estejam disponíveis em quantidades adequadas no ambiente de cultivo (TAIZ & ZEIGER, 2012).

O nitrogênio (N), considerado como o principal nutriente para obtenção de produtividades elevadas em culturas anuais, é constituinte de aminoácidos e nucleotídeos (CASTRO et al., 1999). O N apresenta influência na taxa de emergência, de expansão e duração da área foliar das plantas, atuando diretamente

na taxa fotossintética e na produção de biomassa (SINCLAIR & HORIE, 1989; UHART & ANDRADE, 1995). A deficiência desse nutriente provoca a degradação da molécula de clorofila, o que interfere negativamente na captação e utilização da luz solar na fotossíntese, comprometendo o crescimento e desenvolvimento da planta (SILVA et al., 2012).

O fósforo (P), quando disponibilizado em quantidades adequadas, é capaz de estimular o desenvolvimento radicular, garantir um crescimento inicial vigoroso, acelerar a maturidade fisiológica, estimular o florescimento, favorecer a formação das sementes, aumentar a resistência ao frio e aumentar a produtividade das plantas (MALAVOLTA, 1989). Diversos estudos demonstram que a disponibilização adequada de P as plantas oleaginosas, como o girassol e o crambe, promove respostas satisfatórias, tanto em desenvolvimento como em produção (BAJEHBAJ et al., 2009; ROGÉRIO et al., 2011; SILVA et al., 2011). Segundo TAIZ & ZEIGER (2012), a deficiência de P provoca a redução no crescimento das plantas, uma vez que esse nutriente é componente integral de compostos importantes das células vegetais, além de estar diretamente presente nos processos de transferência energética.

O potássio (K) é um nutriente que participa de um grande número de processos biológicos na planta e apresenta alta mobilidade em seus tecidos (MALAVOLTA, 1997). A limitação no suprimento de K pode causar redução gradativa da taxa de crescimento e limitar a produtividade das plantas (CASTRO & OLIVEIRA, 2005). SANTOS et al. (2011) relatam que o crambe responde significativamente à adubação com K, verificando aumento na produção em função da dose desse nutriente aplicada no solo. O primeiro sintoma da falta de K nas plantas é o surgimento de manchas cloróticas, em especial nos ápices foliares, margens e entre nervuras. Devido a sua remobilização para as folhas mais jovens, os sintomas aparecem inicialmente nas folhas mais velhas (MEURER, 2006).

O Cálcio (Ca) é fundamental para a formação da parede celular, também influenciando o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular. Os sintomas da deficiência desse nutriente aparecem mais rápido e severamente nas regiões meristemáticas e nas folhas novas, causando deformações ou morte dos tecidos (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

O magnésio (Mg) é o constituinte central das moléculas de clorofila *a* e *b*, também participando do transporte de P na planta e na ativação de enzimas. A deficiência desse nutriente provoca a translocação do Mg presente nas folhas mais velhas, em direção aos tecidos em crescimento, causando cloroses nas folhas mais velhas, com posterior necrose do limbo foliar (VITTI et al., 2006).

O enxofre (S) desempenha diversas funções no metabolismo das plantas, entre elas, destaca-se sua participação na composição de aminoácidos, grupos prostéticos, proteínas, além de atuar como catalisador orgânico de algumas enzimas. A carência de S pode causar clorose nas folhas mais novas, reduzir o tamanho das folhas, promover o enrolamento das margens foliares, necrose, desfolhamento e a formação de internódios curtos. Além disso, é possível verificar limitação da fotossíntese e da atividade respiratória, afetando o crescimento e desenvolvimento das plantas (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho, quantificar as perdas de produção de biomassa causadas pelas deficiências de cada macronutriente em plantas de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst).

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, nas instalações do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), localizado em Alegre-ES, nos meses de julho e agosto de 2013.

Vasos plásticos pretos (com capacidade para 12 dm<sup>3</sup>) foram preenchidos com 8 kg de areia previamente lavada, peneirada e tratada; e receberam 10 sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), da cultivar FMS Brilhante, que foram fornecidas pela Fundação MS. Após a germinação, procedeu-se o desbaste, de modo a formar um grupo uniforme em tamanho e vigor vegetativo, com condução de três plantas por vaso.

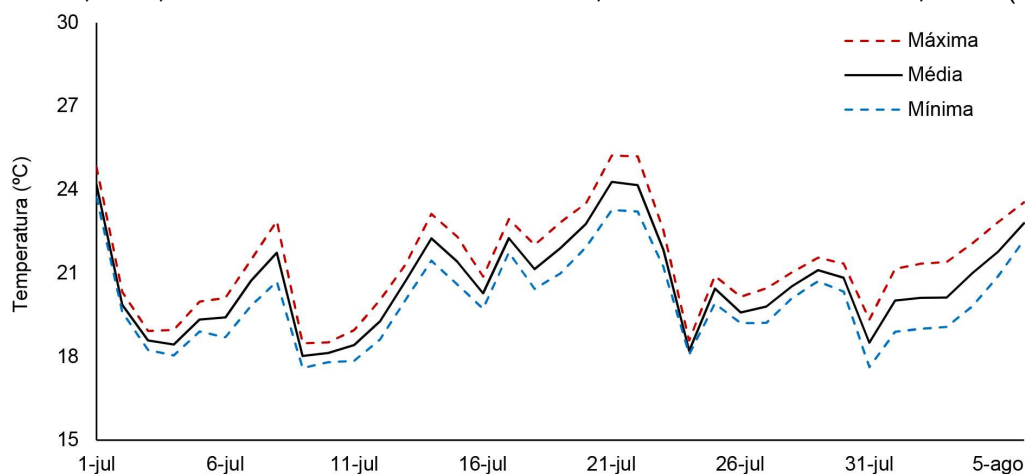
O experimento seguiu delineamento experimental inteiramente casualizado, com sete tratamentos e quatro repetições. A parcela experimental foi estudada tendo como base a média da avaliação das três plantas de cada vaso.

Os tratamentos consistiram da aplicação de solução nutritiva modificada a partir da solução padrão de Hoagland (HOAGLAND & ARNON, 1950), de modo a induzir a deficiência de cada macronutriente para compor os tratamentos: testemunha (solução completa com suprimento adequado de todos os nutrientes), -N (solução com limitação do suprimento de nitrogênio), -P (solução com limitação do suprimento de fósforo), -K (solução com limitação do suprimento de potássio), -Ca (solução com limitação do suprimento de cálcio), -Mg (solução com limitação do suprimento de magnésio) e -S (solução com limitação do suprimento de enxofre).

As soluções nutritivas foram preparadas com água deionizada, utilizando os seguintes sais P.A. como fontes de nutrientes: KNO<sub>3</sub>, MgSO<sub>4</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub>, Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, CuSO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, MoO<sub>3</sub>, MnCl<sub>2</sub>, ZnSO<sub>4</sub>, FeSO<sub>4</sub>/EDTA.

Durante o experimento, as soluções foram preparadas e aplicadas diariamente (três parcelas), de modo a promover a manutenção da umidade do substrato aproximadamente constante. As soluções foram aplicadas de modo homogêneo por toda superfície, percoladas pela areia e drenadas na parte inferior dos vasos.

No período de realização do experimento, registraram-se temperaturas médias de 20,64°C, com médias de mínima de 19,98°C e máxima de 21,37°C (Figura 1).



**FIGURA 1.** Acompanhamento diário das temperaturas máxima, média e mínima registradas ao longo do período de realização do experimento (Fonte: Estação Meteorológica de Alegre, Instituto Nacional de Meteorologia).

Aos 30 dias após a semeadura, as plantas foram coletadas e o material vegetal foi seco em estufa de circulação forçada de ar a 60°C, até atingir massa constante, e pesado em balança eletrônica de precisão. Com isso, foi determinada a matéria seca total das plantas de crambe em cada tratamento.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, na presença de efeito significativo dos tratamentos, os mesmos foram comparados com a testemunha seguindo o critério de Dunnett (a 5% de probabilidade). A análise dos dados foi realizada utilizando o programa de análise estatística GENES (CRUZ, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efeitos causados pela deficiência de cada macronutriente foram significativos pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade, onde as médias obtidas em cada tratamento diferiram do valor de referência, ou seja, da testemunha (Tabela 1). Adicionalmente, observou-se baixo coeficiente de variação (9,86%), indicando boa precisão dos resultados.

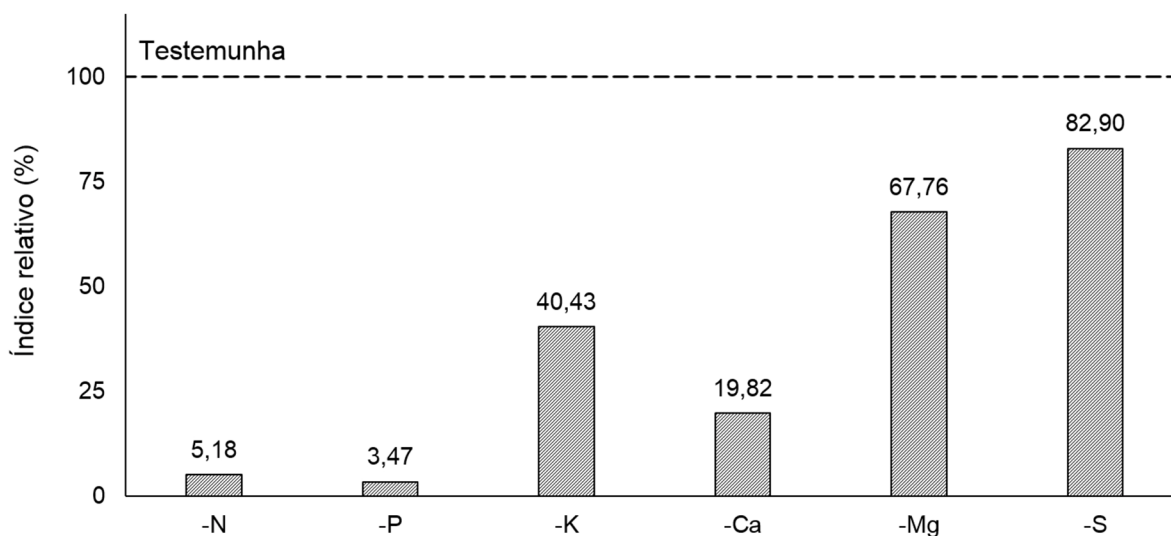
**TABELA 1.** Médias de biomassa acumulada de plantas de crambe cultivadas sob condições de limitação de cada macronutriente por 30 dias, em comparação com a testemunha cultivada com suprimento adequado de todos os nutrientes.

Tratamentos	Biomassa acumulada (g)
Testemunha	4,2450
-N	0,2200*
-P	0,1417*
-K	1,7165*
-Ca	0,8415*
-Mg	2,8765*
-S	3,5190*

\*Média difere da testemunha pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade.

A produção de biomassa, que é estritamente um resultado do processo de fotossíntese, foi grandemente afetada pelas deficiências dos nutrientes. Houve registro de perdas significativas para a falta de todos os macronutrientes, com variação da magnitude do estresse de acordo com o nutriente em detrimento (Tabela 1).

De acordo com a Figura 2, observa-se que as plantas submetidas à falta de N na solução, foram capazes de produzir apenas 5,18% de biomassa em relação à testemunha. Os grandes ganhos observados com a adição de N corroboram com os relatos de SOUZA et al. (2010), que descrevem que plantas de crambe absorvem quantidades expressivas desse nutriente. Concordantemente, COLODETTI et al. (2012b) registraram decréscimo linear da produção de matéria seca de plantas de crambe com a redução das doses de N aplicadas no solo.



**FIGURA 2.** Índices relativos à testemunha para a produção de biomassa de plantas de crambe cultivadas sob condições de deficiência de cada macronutriente.

A falta de P causou perda acentuada da capacidade de produção de biomassa, com decréscimo de 96,53% da produção média de matéria seca das plantas de crambe, demonstrando o drástico efeito da deficiência desse nutriente no desenvolvimento das plantas de crambe (Figura 2). De acordo com COLODETTI et al. (2012b), o crambe responde de forma satisfatória ao incremento da quantidade de  $P_2O_5$  disponível no solo, com aumento da produção de matéria seca das plantas até o nível de adubação recomendado por NOVAIS et al. (1991).

As plantas conduzidas sob condições de deficiência de K foram capazes de produzir o equivalente a 40,43% de biomassa do quantitativo acumulado pelas plantas com suprimento adequado desse nutriente (Figura 2). A limitação na produção de biomassa em função da redução do suprimento de K também foi observada por COLODETTI et al. (2012b).

A deficiência de Ca foi responsável por reduzir em 80,18% a capacidade de produção de biomassa em plantas de crambe (Figura 2). Comparativamente, pode-se inferir que a deficiência de Ca promoveu efeitos mais prejudiciais ao desenvolvimento e crescimento do crambe do que o K, que é considerado um macronutriente primário (N, P e K). Esse comportamento também já foi relatado em outras espécies oleaginosas; SILVA et al. (2009), em estudo de diagnose visual em plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), concluíram que o Ca e o Mg foram os macronutrientes que mais restringiram a produção de biomassa.

As plantas de crambe submetidas à condição de restrição quanto ao Mg foram capazes de produzir o equivalente a 67,76% do total médio de biomassa produzido pela testemunha (Figura 2). De acordo com MARSCHNER (1995), a deficiência de Mg pode afetar o tamanho, a estrutura e a função dos cloroplastos; e, já que esse nutriente é o átomo central da molécula de clorofila, sua carência pode resultar em limitação da capacidade fotossintética das plantas.

Com relação à deficiência de S, observou-se o maior índice relativo de produção de biomassa em relação à testemunha. Mesmo quando sujeitas a limitação da disponibilidade desse nutriente, as plantas de crambe ainda

conseguiram acumular matéria seca na ordem de 82,90%, sofrendo perdas de produção de biomassa menos drásticas do que as observadas para os demais macronutrientes (Figura 2). Ressalta-se que, apesar de ter causado, comparativamente, um menor efeito para a variável analisada neste estudo, a falta de S é capaz de influenciar negativamente o desenvolvimento das plantas, em função de efeitos deletérios no metabolismo vegetal, em especial sobre os processos de síntese de clorofila (SHAAHAN et al., 1999; MENGEL & KIRKBY, 2001; LAVRES JÚNIOR et al., 2005).

Diante do exposto, reforça-se que a produção de biomassa de plantas de crambe é limitada pelas deficiências nutricionais de cada um dos macronutrientes, sendo a intensidade dessas limitações variável. Observou-se que as perdas de biomassa causadas pelas deficiências podem ser relacionadas na seguinte ordem decrescente:  $P > N > Ca > K > Mg > S$ ; sendo P e N os nutrientes que mais limitaram o desenvolvimento das plantas de crambe nas condições avaliadas.

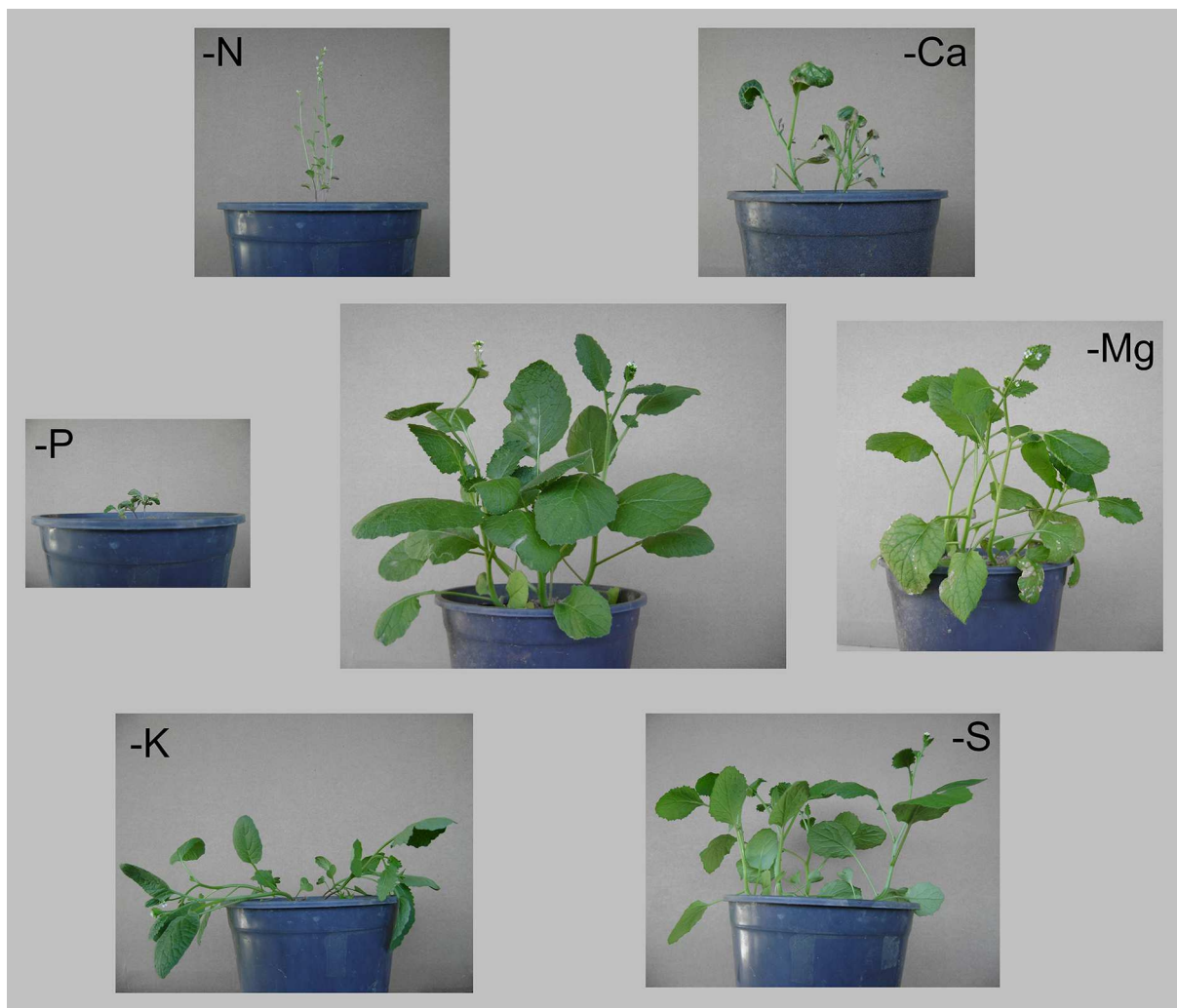
Diversos relatos na literatura demonstram que alterações no suprimento de macronutrientes afetam não só a produção de biomassa, mais também o crescimento inicial, o desenvolvimento, o vigor vegetativo e a produção de grãos de espécies oleaginosas.

LAVRES JÚNIOR et al. (2009) relataram que a produção de matéria seca de plantas de mamoneira conduzidas em solução nutritiva, foi afetada pela deficiência dos macronutrientes, de acordo com a ordem decrescente:  $N > Ca > S > Mg > K > P$ , sendo o N o elemento mais limitante. RODRIGUES et al. (2011) também relataram a grande importância do suprimento com macronutrientes primários em plantas de mamona, observando grandes ganhos no desenvolvimento vegetativo em função da adubação com N, P e K em solos de diferentes texturas.

PITOL et al. (2010), em experimento à campo, conduzido afim de avaliar o efeito isolado de N, P e K sobre a produtividade de plantas de crambe, observaram ganhos com a adubação com N e K, com comportamento quadrático com ponto de máximo em resposta às doses crescentes de adubação; já as respostas às doses crescentes de P não foram significativas.

Com relação ao vigor vegetativo, COLODETTI et al. (2012a) demonstraram a necessidade de adubação com N, P e K com níveis acima do recomendado para que as plantas de crambe se desenvolvam com elevado vigor vegetativo.

Na Figura 3 são apresentadas imagens dos efeitos das deficiências dos macronutrientes nas plantas de crambe, em comparação à testemunha sem nenhuma deficiência mineral.



**FIGURA 3.** Imagens de plantas de crambe cultivadas sob condições de limitação de cada macronutriente.

Analisando as plantas cultivadas sob condições de deficiência de N, nota-se a drástica redução no seu tamanho, na reduzida área foliar (folhas pequenas) e o encurtamento do seu ciclo fenológico, atingindo o estágio de florescimento em um curto período de tempo (Figura 3).

Com relação à condição de deficiência de P, percebe-se que as plantas apresentaram tendência de paralização do crescimento (Figura 3), com taxa de crescimento extremamente reduzida após a germinação. Plantas nessa condição, não apresentam capacidade de sobrevivência em condições de campo, o que reforça a importância da fertilização do solo antes da implantação da cultura, em especial, devido às interações que esse nutriente apresenta com as partículas dos solos naturalmente encontrados no Brasil (NOVAIS et al., 2007).

A deficiência de K promoveu redução do crescimento e da resistência do caule, resultando em plantas mais susceptíveis ao acamamento, o que pode ser observado na Figura 3. Esse comportamento é usualmente observado em diversas espécies vegetais, nas quais a deficiência de K promove o desenvolvimento de caules mais delgados e fracos e de regiões internodais anormais (TAIZ & ZEIGER, 2012).

As plantas de crambe deficientes em Ca apresentaram folhas deformadas, sofrendo encarquilhamento. Além disso, observou-se a morte dos meristemas

apicais, prejudicando a emissão de inflorescências e limitando a produção de grãos (Figura 3).

A falta do Mg levou a formação de manchas necróticas no limbo foliar, o que reduz a área útil para o processo fotossintético e, conseqüentemente, restringe o desenvolvimento das plantas.

Com relação à deficiência de S, não foram observados sintomas visíveis, além da redução do crescimento da planta como um todo (Figura 3).

## CONCLUSÕES

As deficiências de todos os macronutrientes promovem grande limitação na produção de biomassa de plantas de crambe.

A magnitude da perda de biomassa varia de acordo com o nutriente em detrimento, com perdas de, aproximadamente, 96,53%; 94,82%; 80,18%; 59,57%; 32,24% e 17,10% para fósforo, nitrogênio, cálcio, potássio, magnésio e enxofre, respectivamente.

## REFERÊNCIAS

BAJEHBAJ, A. A.; QASIMOV, N.; YARNIA, M. Effects of drought stress and potassium on some of the physiological and morphological traits of sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars. **Journal of Food Agriculture & Environment**, v. 7, p. 448-451, 2009.

CASTRO, C.; BALLA, A.; CASTIGLIONI, V. B. R.; SFREDO, G. J. Levels and methods of nitrogen supply for sunflower. **Scientia Agrícola**, v. 56, n. 4, p. 827-833, 1999.

CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A. Nutrição e adubação do girassol. In: LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. p. 317-373.

COLODETTI, T. V.; CHRISTO, L. F.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N. Vigor vegetativo de crambe em função de níveis de N, P e K. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 5., CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 8., 2012a, Salvador. **Anais...** Lavras: UFLA, 2012. (CD-ROM)

COLODETTI, T. V.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N.; AMARAL, J. F. T.; TOMAZ, M. A. Eficiência nutricional de plantas de Crambe. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16., ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 12, ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA JUNIOR, 6., 2012b, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: UNIVAP, 2012. p. 1-6.

COLODETTI, T. V.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N.; BRINATE, S. V. B.; TOMAZ, M. A. Crambe: Aspectos Gerais da Produção Agrícola. **Enciclopédia biosfera**, v. 8, p. 258-269, 2012c.

CORRÊA, J. B.; REIS JÚNIOR, R. A.; CARVALHO, J. G.; GUIMARÃES, P. T. G. Avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional de cafeeiros do sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 6, p.1279-1286, 2001.

CRUZ, C. D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, p. 271-276, 2013.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006. 402p.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. L. **The water culture methods for growing plants without soil**. Berkeley: California Agriculture Experiment Station, 1950. 32p.

LAVRES JÚNIOR, J.; BOARETTO, R. M.; SILVA, M. L. S.; CORREIA, D.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. Deficiências de macronutrientes no estado nutricional da mamoneira cultivar Iris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 2, p. 145-151, 2005.

LAVRES JÚNIOR, J.; NOGUEIRA, T. A. R.; CABRAL, C. P.; MALAVOLTA, E. Deficiências de macronutrientes no crescimento e na produção da mamoneira cultivar Iris. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 4, p. 405-413, 2009.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989. 292p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. **Principles of plant nutrition**. 5. ed. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 281-298.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: EMBRAPA-SAE, 1991. p. 189-254.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; ANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 471-550 p.

PITOL, C.; BROCHI, D. L.; ROSCOE, R. **Tecnologia e produção: crame 2010**. Maracajú: FUNDAÇÃO MS, 2010. 60p.

ROGÉRIO, F.; REIS, A. C. S.; GOUVEIA, B. T.; SANTOS, J. I.; MIGLIAVACCA, R. A.; NOLLA, A.; SILVA, T. R. B. Phosphorus fertilization with the crambe yield. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., Uberlândia. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. (CD-ROM)

ROSCOE, R.; DELMONTES, A. M. A. Crambe é nova opção para biodiesel. In: **Agriannual 2009**. São Paulo: Instituto FNP, 2008. p. 40-41.

RODRIGUES, W. N.; SILVA, L. V. M.; SARTORE, E. A. S. F.; PASSOS, R. R.; ANDRADE, F. V. Avaliação do desenvolvimento inicial da mamoneira quando submetida a diferentes níveis de adubação com NPK. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, p. 118-124, 2011.

SANTOS, J. I.; ROGÉRIO, F.; GOUVEIA, B. T.; REIS, A. C. S.; MIGLIAVACCA, R. A.; NOLLA, A.; SILVA, T. R. B. Potassium management in the crambe development on sandstone region. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., Uberlândia. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. (CD-ROM)

SHAAHAN, M. M.; EL-SAYED, A. A.; ABOU EL-NOUR, E. A. A. Predicting nitrogen, magnesium and iron nutritional status in some perennial crops using a portable chlorophyll meter. **Scientia Horticulturae**, v. 82, n. 3, p. 339-348, 1999.

SILVA, E. B.; TANURE, L. P. P.; SANTOS, S. R.; RESENDE JR., P. S. Sintomas visuais de deficiências nutricionais em pinhão-mansão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 4, p. 392-397, 2009.

SILVA, T. R. B. da; REIS, A. C. de S.; MACIEL, C. D. de G. Relationship between chlorophyll meter readings and total N in crambe leaves as affected by nitrogen topdressing. **Industrial Crops and Products**, v. 39, p. 135-138, 2012.

SILVA, T. R. B.; LAVAGNOLLI, R. R.; NOLLA, A. Zinc and phosphorus fertilization of crambe (*Crambe abssynica* Hochst). **Journal of Food Agriculture & Environment**, v. 9, p. 132-135, 2011.

SINCLAIR, T. R.; HORIE, T. Leaf nitrogen, photosynthesis and crop radiation use efficiency: a review. **Crop Science**, v. 29, p. 90-98, 1989.

SOUZA, A. D. V.; FÁVARO, S. P., ÍTAVO, L. C.; ROSCOE, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-mansão, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 10, p. 1328-1335, 2009.

SOUZA, L. C. F.; MAKINO, P. A.; FREITAS, M. E.; PEDROTTI, M. C.; BERNAL, L. P. T.; FORTUNATO, F. M.; OLIVEIRA, I. P. Teores de nitrogênio, proteína e óleo nos grãos da cultura do crambe em função da adubação fosfatada e potássica em semeadura e nitrogenada em cobertura. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 4., CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 7., 2010, Belo Horizonte. **Anais...** Lavras: UFLA, 2010. (CD-ROM)

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. 954p.

UHART, A. S; ANDRADE, F. H. Nitrogen deficiency in maize: I - Effects on crop, growth, development, dry matter partitioning and kernel sets. **Crop Science**, v. 35, p. 1376-1383, 1995.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 299-325.