



Respostas morfológicas da espécie *Crambe abyssinica* cultivada em solo contaminado com arsênio.

Silmara Costa Silva⁽¹⁾; Fabiana Domingos Barros⁽²⁾; Lucas Rodrigues Caldeira⁽³⁾; Luiz Eduardo Dias⁽⁴⁾; Igor Rodrigues de Assis⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Estudante de Doutorado; Universidade Federal de Viçosa; Viçosa, MG; silmara.silva@ufv.br; ⁽²⁾ Estudante de Graduação em Agronomia; UFV; ⁽³⁾ Estudante de Graduação em Engenharia Florestal; UFV; ⁽⁴⁾ Professor do Departamento de Solos, UFV.

RESUMO: A *Crambe abyssinica* é uma planta da região do Mediterrâneo que representa importante suprimento para a indústria de cosméticos e lubrificantes. Tem sido considerada com potencial para fitorremediação de solos contaminados por arsênio (As), elemento extremamente tóxico e de ocorrência natural em muitos solos e rochas. Porém, todos os trabalhos realizados com *Crambe* e As até hoje foram em solução nutritiva. O objetivo deste trabalho foi avaliar as variáveis de crescimento desta espécie quando cultivada em solo contaminado com As e adubado com diferentes doses de fósforo (P). Amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo arenoso foram inicialmente incubadas com cinco doses de arsênio (0, 50, 100, 150 e 200 mg dm⁻³). Após 45 dias, foi aplicado P nas mesmas doses. Em seguida, o *Crambe* foi cultivado por 30 dias e então foram medidos o diâmetro do caule e altura da planta. Plantas cultivadas com 200 mg dm⁻³ de As e de P apresentaram altura e diâmetro de caule maiores do que aquelas que foram cultivadas com 200 mg dm⁻³ de As e 50 mg dm⁻³ de P. Por outro lado, as doses crescentes de As, mesmo com presença do P, contribuíram para reduzir significativamente as variáveis de crescimento. A adubação fosfatada mostrou-se eficaz, reduzindo o efeito da toxicidade de As sobre as variáveis de crescimento. Após os 30 dias de exposição nenhuma planta apresentou sintoma de toxidez em função da presença de As, o que demonstra, portanto, o potencial fitorremediador dessa espécie.

Termos de indexação: fitorremediação; Brassica; fósforo.

INTRODUÇÃO

O arsênio (As) é um elemento de ocorrência natural na superfície terrestre. Em função da atividade antrópica, a concentração desse elemento em determinadas áreas pode atingir valores altos, considerados prejudiciais tanto aos seres humanos quanto às plantas e animais. Em solos tropicais é um metaloide pouco móvel, porém, diferentes formas de manejo destes solos, tanto pela correção do pH quanto pela aplicação de fertilizantes, podem

favorecer sua mobilidade. Essas ações podem resultar em maior disponibilidade desse elemento para as plantas.

Em virtude dos riscos potenciais da contaminação por As, técnicas de recuperação das áreas nas quais este elemento está presente devem ser adotadas, com o objetivo de evitar a dispersão desse metaloide e a contaminação humana. Dentre as técnicas existentes, a fitorremediação é bastante utilizada devido a sua facilidade operacional e baixo custo. Para a obtenção de melhores resultados na fitorremediação, busca-se utilizar espécies vegetais com alta tolerância ou hiperacumuladoras de As, que ao mesmo tempo possuam altas taxas de crescimento e acúmulo de biomassa, além de ser de fácil reprodução.

Por outro lado, encontrar espécies com potencial para acumulação de As em seus tecidos é um grande desafio, uma vez que este elemento é extremamente tóxico e capaz de substituir o fósforo (P) na cadeia respiratória. Alguns estudos mostram que existem espécies hiperacumuladoras ou tolerantes à teores elevados de As, porém, poucas foram identificadas até hoje (Dias et al., 2010; Ma et al., 2001; Melo et al., 2009).

Estudos realizados com espécies da família Brassicaceae demonstraram potencial para fitorremediação de solos contaminados com As, sobretudo a espécie *Crambe abyssinica* Hochst (Lalas et al., 2012). O *Crambe* é uma cultura oleaginosa, de ciclo reprodutivo curto, aproximadamente noventa dias (Zulfiqar et al., 2011), e tem sido usada como alternativa ao programa de bioenergia brasileiro desenvolvido pela Embrapa Agroenergia. Além disso, essa espécie é capaz de produzir ácido erúico, matéria prima utilizada em diversos segmentos da indústria, por exemplo, na produção de cosméticos (Colodetti et al., 2012).

Ensaio em meio hidropônico, realizados por Artus (2006), mostraram grande tolerância do *Crambe* à elevadas concentrações de As em solução, quando comparada a outras espécies da família Brassicaceae. Gomes (2014), por sua vez, avaliou o comportamento do *Crambe* em solução nutritiva contendo arsenato, fosfato e sulfato, e observou que a presença de fosfato afeta



significativamente o crescimento e a absorção de arsênio pelo Crambe.

Apesar de sua tolerância já conhecida, são necessários novos estudos para elucidar os processos que envolvem a interação desta espécie com solos contaminados com As e também a influência da interação arsênio-fosfato nas respostas dessa espécie.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento da espécie *Crambe abyssinica* quando cultivada em solo contaminado com arsênio e adubado com diferentes doses de fósforo.

MATERIAL E MÉTODOS

Tratamentos e amostragens

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial completo, 5x5 (cinco doses de As e cinco doses de P), com quatro repetições, totalizando 100 unidades experimentais (cada vaso com três plantas).

O solo selecionado para o experimento foi um Latossolo Vermelho-Amarelo, textura arenosa (19 % de argila) não contaminado. Previamente à montagem do experimento, as amostras deste solo foram incubadas com carbonato de Ca e de Mg (4:1) durante quinze dias para a correção do pH para aproximadamente 6,5.

Após este período, as amostras foram incubadas por 45 dias com As em cinco concentrações (0, 50, 100, 150 e 200 mg dm⁻³) na forma de trióxido de arsênio (As₂O₃), solubilizado em KOH e oxidado com peróxido de hidrogênio (H₂O₂) para elevar o potencial de oxirredução de modo a se obter apenas arsênio na forma oxidada em solução - arsenato (As⁺⁵).

Após o período de incubação as amostras foram acondicionadas em vasos de 5 dm³ e receberam as mudas de Crambe.

A adubação com macronutrientes foi realizada na forma de soluções contendo K (cloreto de potássio) e S (sulfato de amônio e sulfato de potássio). Foram aplicadas também cinco doses de P, correspondentes a 0, 50, 100, 150 e 200 mg dm⁻³ (fosfato de amônio). A aplicação de P foi realizada depois da incubação com As a fim de simular a adubação em condições de campo. A aplicação de N (nitrate de amônio) em cada vaso foi calculada para igualar as doses desse nutriente em todos os tratamentos.

Após trinta dias de cultivo, as plantas foram avaliadas, medindo-se a altura e o diâmetro de caule.

Análise estatística

Os resultados foram analisados estatisticamente por meio de análise de variância e foram obtidas superfícies de resposta tendo como variáveis independentes as doses de As e P.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo dos trinta dias de cultivo não foram observados sintomas de toxidez de As nas plantas de Crambe. Houve grande produção de material vegetal, o que demonstra tolerância dessa espécie a concentrações elevadas de As no solo. É importante ressaltar que o solo utilizado possui textura arenosa, tornando o As mais disponível para a planta (Assis, 2010).

Houve efeito significativo da interação das doses de As e P para as variáveis altura e diâmetro de caule (**Tabela 1**).

A presença de As diminuiu significativamente as variáveis de crescimento (altura e diâmetro do caule), porém, a presença de P minimizou estas alterações. Melo et al. (2007) também observaram este comportamento para as espécies *Inga edulis* (ingá) e *Anadenanthera peregrina* (angico-vermelho).

Tabela 1 – Análise de Variância para Altura da Planta e Diâmetro de Caule da espécie *Crambe abyssinica* sob influência de As e P.

Fonte de variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	
		Altura da planta	Diâmetro de Caule
Bloco	3	7,2600 ^{ns}	0,5321 ^{ns}
P	4	1140,9474 ^{**}	29,2983 ^{**}
As*P0	4	63,2151 [*]	0,7128 ^{ns}
As*P50	4	515,5234 ^{**}	14,2450 ^{**}
As*P100	4	725,4570 ^{**}	14,3957 ^{**}
As*P150	4	893,7808 ^{**}	13,3812 ^{**}
As*P200	4	567,6990 ^{**}	7,6357 ^{**}
Resíduo	72	23,9384	0,5553
Total	99		
CV(%)		16,96	13,14
Média		28,85	5,67

^{**}, ^{*} e ^{ns}: Significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste f.

Quando submetidas à dose máxima de As (200 mg dm⁻³), as plantas que receberam maior dose de P (200 mg dm⁻³) se desenvolveram mais do que aquelas que não o receberam.

Não houve interação significativa entre as doses de As e os tratamentos que não receberam P para a variável diâmetro de caule (**Tabela 1**), enquanto para altura essa interação foi significativa (p<0,05). As plantas dos tratamentos que não receberam



adubação fosfatada apresentaram pouco crescimento tanto em altura quanto em diâmetro, o que demonstra grande requerimento de P por essa cultura (ROGÉRIO et al., 2012).

A altura das plantas de Crambe apresentou comportamento linear para doses de arsênio, enquanto para fósforo comportamento foi quadrático, sendo mais acentuado em função do aumento das doses de arsênio (**Figura 1a**).

A partir da dose de 50 mg dm⁻³ de P, foi possível observar aumento significativo tanto da altura quanto do diâmetro das plantas, que variou em função da dose de As aplicada (**Tabela 1**). Porém esse aumento foi muito maior em tratamentos com doses baixas de As. Nos tratamentos com dose máxima de As, o aumento da dose de P resultou em um incremento de altura e diâmetro menos acentuado do que naqueles tratamentos com 0 mg dm⁻³ de As (**Figura 1**).

Assim, é perceptível a importância do P para o aumento da produtividade da cultura quando presente em ambiente contaminado por As, uma vez que tanto altura quanto diâmetro de caule foram maiores em tratamentos com maiores doses de P. Entretanto, a partir da dose de 150 mg dm⁻³ de P, houve uma diminuição da altura (**Figura 1a**), sobretudo para as maiores doses de As. Essa diminuição foi menor para o diâmetro do caule (**Figura 1b**). Porém, para esta variável pode-se notar que o aumento da concentração de As no solo causa significativa diminuição do crescimento.

Para ambas as variáveis analisadas, a interação entre As e P foi significativa, demonstrando a importância da presença desse nutriente em solos contaminados com As para aumento da produção da cultura em função da competição entre ambos, tanto no solo quanto na planta.

CONCLUSÕES

A espécie *Crambe abyssinica* apresenta potencial fitorremediador de arsênio do solo.

A presença de arsênio diminuiu significativamente a altura e o diâmetro do caule do Crambe, independente da dose de fósforo.

A presença de maiores concentrações de fósforo em solos contaminados com arsênio favorece o crescimento da espécie *Crambe abyssinica*.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais – FAPEMIG, pelo apoio financeiro para a publicação deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ARTUS, N. N. Arsenic and Cadmium Phytoextraction Potential of Crambe Compared with India Mustard. *Journal of Plant Nutrition*, v. 29, p. 667–679, 2006.

ASSIS, I. R. Adsorção e Disponibilidade de Arsênio em Solos com Diferentes Composições Mineralógicas. Tese de Doutorado (Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2010.

COLODETTI, T. V.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N. Crambe: Aspectos Gerais da Produção Agrícola. *Enciclopédia Biosfera*, p. 258–269, 2012.

DIAS, L. E. et al. Growth of Seedlings of Pigeon Pea (*Cajanus cajan* (L.) MILLSP), Wand Riverhemp (*Sesbania virgata* (CAV.) PERS.), and Lead Tree (*Leucaena leucocephala* (LAM.) DE WIT) in an arsenic-contaminated soil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n. 4, p. 975–983, 2010.

GOMES, R. J. Fitotoxicidade de arsênio em *Crambe abyssinica* Hochst sob diferentes concentrações de fosfato e sulfato. Dissertação de Mestrado (Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 2014.

LALAS, S. et al. Full Characterisation of *Crambe abyssinica* Hochst. Seed Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 89, n. 12, p. 2253–2258, 11 ago. 2012.

MA, L. Q. et al. A fern that hyperaccumulates arsenic. *Nature*, v. 409, n. 6820, p. 579, 1 fev. 2001.

MELO, R. F. et al. Potencial de quatro espécies herbáceas forrageiras para fitorremediação de solo contaminado por arsênio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n. 2, p. 455–465, abr. 2009.

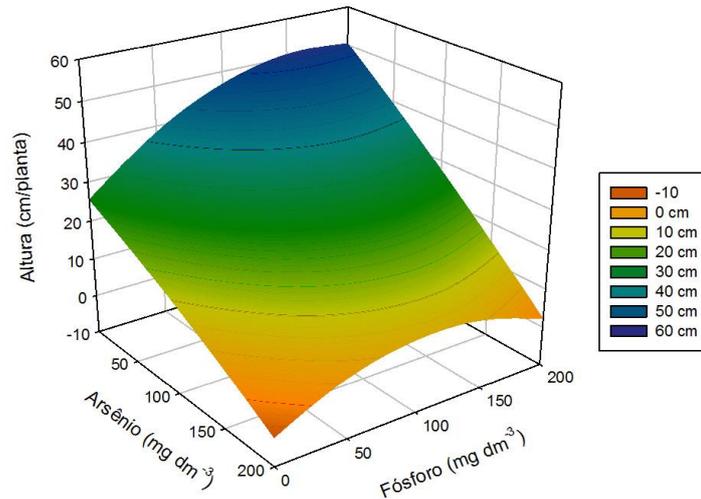
MELO, R. F. et al. Influência do arsênio e fósforo sobre o crescimento de duas essências florestais. In: XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo: Conquistas e Desafios da Ciência do Solo. Gramado – RS. 2007

ROGÉRIO, F. et al. Efeito de doses de fósforo no desenvolvimento da cultura do Crambe. *Bioscience Journal*, v. 28, n. 1, p. 251-255, mar. 2012.

ZULFIQAR, A. et al. Identifying genes and gene networks involved in chromium metabolism and detoxification in *Crambe abyssinica*. *Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)*, v. 159, n. 10, p. 3123–8, out. 2011.

a)

Altura

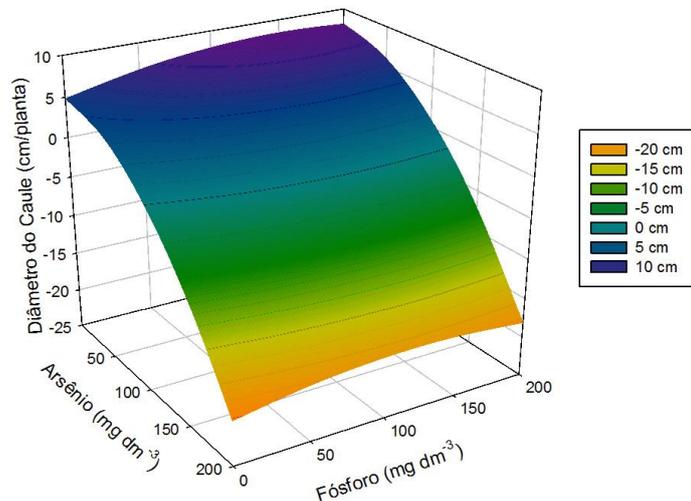


$$\text{Altura} = 25,51125 - 0,11542 \text{ As}^{**} - 0,00013 \text{ As}^{2 \text{ ns}} + 0,30286 \text{ P}^{**} - 0,00089 \text{ P}^{2 **} - 0,0005 \text{ P} \times \text{As}^{**}$$

$$R^2 = 0,82$$

b)

Diâmetro do Caule



$$\text{Diâmetro} = 4,810556 + 0,001029 \text{ As}^{\text{ns}} - 0,000060 \text{ As}^{2 **} + 0,046143 \text{ P}^{**} - 0,000149 \text{ P}^{2 **} - 0,000051 \text{ P} \times \text{As}^{**}$$

$$R^2 = 0,76$$

Figura 1 – Superfícies de resposta às doses de Arsênio e Fósforo para altura (a) e diâmetro de caule (b) da espécie *Crambe abyssinica*.