

O ESTRESSE POR ALUMÍNIO AFETA O CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NPK EM PLANTAS DE CRAMBE?

Danilo Pereira Costa¹, Davi Silva Costa Júnior¹, Vitor Mendonça da Hora², Claudia Brito de Abreu³, André Dias de Azevedo Neto⁴.

1 Mestre em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (danilocosta_1739@hotmail.com) Cruz das Almas-BA

2 Graduando em Engenharia Agrônômica da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

3 Mestranda em Solos e Qualidade de Ecossistemas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

4 Professor Doutor do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Recebido em: 30/09/2014 – Aprovado em: 15/11/2014 – Publicado em: 01/12/2014

RESUMO

O crambe é uma espécie oleaginosa originária da região do mediterrâneo que apresenta boa adaptação às adversidades climáticas do Brasil. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento e teores de NPK em plantas de crambe submetidas a níveis crescentes de alumínio ($AlCl_3$). Em solução nutritiva, plantas de crambe foram submetidas a cinco concentrações de alumínio (0,0; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2 mM), com quatro repetições, por 30 dias. O experimento foi conduzido em DIC, em casa de vegetação. As massas de matéria seca da parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) foram afetadas pelo incremento de alumínio ($AlCl_3$) na solução nutritiva. A razão parte aérea raiz (PA/R) apresentou uma redução transiente no nível 0,1 mM de Al, mas retornou ao valor do controle no tratamento de 0,2 mM de Al. Os teores de N em ambas as partes das plantas não foram influenciados pelo estresse. Os teores de P nas folhas reduziram 13 e 33% respectivamente, nos níveis 0,15 e 0,2 mM de Al e aumentaram 84 e 95% nas raízes, nos tratamentos de 0,05 e 0,2 mM de Al, respectivamente. As concentrações de K nas folhas diminuíram, respectivamente, 38 e 31% nos níveis 0,1 e 0,2 mM de Al e 41 e 47% nas raízes, nos níveis 0,15 e 0,2 mM de Al. O alumínio no ambiente radicular aumenta os teores de fósforo nas raízes e reduz os de potássio na parte aérea e raízes.

PALAVRAS-CHAVE: massa de matéria seca; nutrição mineral, toxidez

ALUMINUM STRESS AFFECTS THE GROWTH AND NPK ACCUMULATION IN CRAMBE PLANTS?

ABSTRACT

The crambe is a native oleaginous plant species of the Mediterranean that is well adapted to climatic adversities of Brazil. The aim of this study was to evaluate the growth and NPK levels in crambe plants exposed to increasing concentrations of aluminum ($AlCl_3$). In nutrient solution, crambe plants were submitted to five concentrations of aluminum (0.0; 0.05; 0.1; 0.15; 0.2 mM), with four replicates, for 30 days. The experiment was carried out in DIC in a greenhouse. The masses of shoot

dry matter (MSPA) and roots (MSR) were affected by the increase of aluminum (AlCl_3) in the nutrient solution. The shoot to root ratio (PA/R) showed a transient reduction in the 0.1 mM Al, but returned to the control value in the treatment of 0.2 mM Al. The N content in both parts of plants were not affected by stress. The phosphorus content in the leaves decreased 13 and 33%, respectively, at levels of 0.15 and 0.2 mM Al and increased 84 and 95% in the roots, in the treatments of 0.05 and 0.2 mM Al, respectively. The K concentration in the leaves decreased, respectively, 38 and 31% in the 0.1 and 0.2 mM of Al and in the roots, decreased 41 and 47% in the 0.2 and 0.15 mM Al. The aluminum in the root environment increases the levels of phosphorus in the roots and reduces potassium in shoots and roots .

KEYWORDS: toxicity; dry matter; mineral nutrition.

INTRODUÇÃO

O crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) é uma oleaginosa nativa da zona do Mediterrâneo e pertencente à família das brassicáceas. Destaca-se devido ao grande potencial na produção de óleo destinado à fabricação do biodiesel (PILAU et al., 2011), plásticos, adesivos e isolamento elétrica (SANTOS et al., 2012).

Esta espécie, até pouco tempo, era utilizada apenas como forrageira. Entretanto, devido ao alto potencial para produzir óleo vegetal (26-38%) (JASPER et al., 2010; TEIXEIRA et al., 2011) e ácido erúico (55 a 60%) (CHHIKARA et al., 2012), vem ganhando destaque no mercado.

Trata-se de uma cultura em ascensão no Brasil devido a sua aptidão principalmente para a produção de biodiesel. Porém, alguns entraves dificultam a produção de crambe no Brasil, dentre eles destaca-se o alto teor de alumínio presente em grande parte dos solos brasileiro. Apesar de ser rústica, requer semeadura em solos férteis, profundos e corrigidos, com pH acima de 5,8 e baixa saturação por alumínio (FUNDAÇÃO MS, 2011). O alumínio é considerado limitante para o crescimento e desenvolvimento das plantas, uma vez que, afeta o sistema radicular, além de interferir na divisão celular.

Um dos primeiros e mais importantes efeitos da toxicidade do alumínio é a inibição do crescimento radicular que pode se manifestar após poucos minutos de exposição (KOCHIAN et al., 2004). Este elemento acumula preferencialmente no ápice radicular, apontado como sitio primário de sua ação inibitória (PANDA et al., 2009). Após exposições mais prolongadas do sistema radicular das plantas ao Al, a toxidez se manifesta por meio de um conjunto de sintomas, que expressam o efeito contínuo deste íon sobre o crescimento do sistema radicular, da parte aérea e na absorção e utilização de nutrientes (FAGERIA et al., 1989). Essa limitação afeta a absorção de nutrientes pelas raízes, prejudicando o desenvolvimento e o crescimento da planta (ZHENG, 2010).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho consistiu em avaliar o crescimento e teores de nitrogênio, fósforo e potássio em plantas de crambe submetidas a níveis crescentes de alumínio.

MATERIAL E MÉTODOS

A semeadura ocorreu em copos plásticos (200 mL) contendo pinus e vermiculita na proporção 2:1. Decorridos 15 dias após o início da emergência, as plântulas foram transferidas para bandejas plásticas, contendo 12 L de solução nutritiva de Clark (CLARK, 1975). Após três dias de aclimação, foram adicionadas

à solução, as doses de alumínio (0,0; 0,05; 0,1; 0,15; 0,2 mM) aplicadas na forma de AlCl_3 .

As soluções foram completadas diariamente com água destilada e renovadas semanalmente, até a coleta do material. As plantas permaneceram nestas condições por um período de 30 dias. O pH foi monitorado diariamente e ajustado em $4,5 \pm 0,2$ com HCl ou NaOH.

Ao final do experimento, as plantas foram coletadas e separadas em parte aérea e radicular. Em seguida, o material foi levado para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 72 h para determinação de massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e de raízes (MSR) em balança semi-analítica. A partir dos dados de massa de matéria seca de parte aérea e raiz obteve-se a relação entre elas. Em seguida, o material vegetal foi triturado para determinação dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K^+).

Os extratos foram preparados por digestão ácida em uma mistura de 3,5 mL de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) e 3 mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 30%, conforme descrito em JONES (2001). Em seguida, o digerido foi diluído para 100 mL com água deionizada para realização das análises de N, P e K. Os teores de K foram determinados por fotometria de chama (FAITHFULL, 2002), o de N pelo método espectrofotométrico do fenol-hipoclorito (WEATHERBURN, 1967) e o de P pelo método espectrofotométrico do molibdovanadato (FAITHFULL, 2002).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância pelo teste F ($p>0,05$) e, nos casos de significância, realizou-se análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra que a produção de massa de matéria seca foi afetada negativamente devido ao incremento de alumínio (AlCl_3) na solução nutritiva, sendo este efeito mais pronunciado na massa de matéria seca de parte aérea (MSPA) que na das raízes (MSR). Dessa forma, foram observadas reduções na MSPA de 77, 78 e 74% e na MSR de 46, 61 e 70% respectivamente nos níveis 0,1; 0,15; 0,2 mM de Al. A razão parte aérea raiz (PA/R) diminuiu até 0,15 mM de Al, mas retornou a um valor próximo do controle no tratamento de 0,2 mM de Al. Esses resultados evidenciam que a parte aérea do crambe é mais sensível aos efeitos deletérios do Al que as raízes.

Segundo TABALDI et al., (2007), em virtude da redução do crescimento das raízes e da absorção, transporte e uso de alguns nutrientes, plantas quando expostas à toxidez de alumínio apresentam diminuição da produção de biomassa. GORDIN et al. (2013) também verificaram reduções da MSPA e MSR em plantas de pinhão manso expostas ao alumínio na água de irrigação. O crescimento e desenvolvimento do limoeiro cravo também foram severamente afetados quando os níveis de alumínio na solução nutritiva variaram entre 20 e 80 mg L^{-1} (MAGALHÃES, 1987).

A Figura 2 demonstra o efeito da adição das doses de AlCl_3 na concentração dos macronutrientes N, P e K. Independentemente da parte da planta avaliada não houve efeito do alumínio nos teores de N.

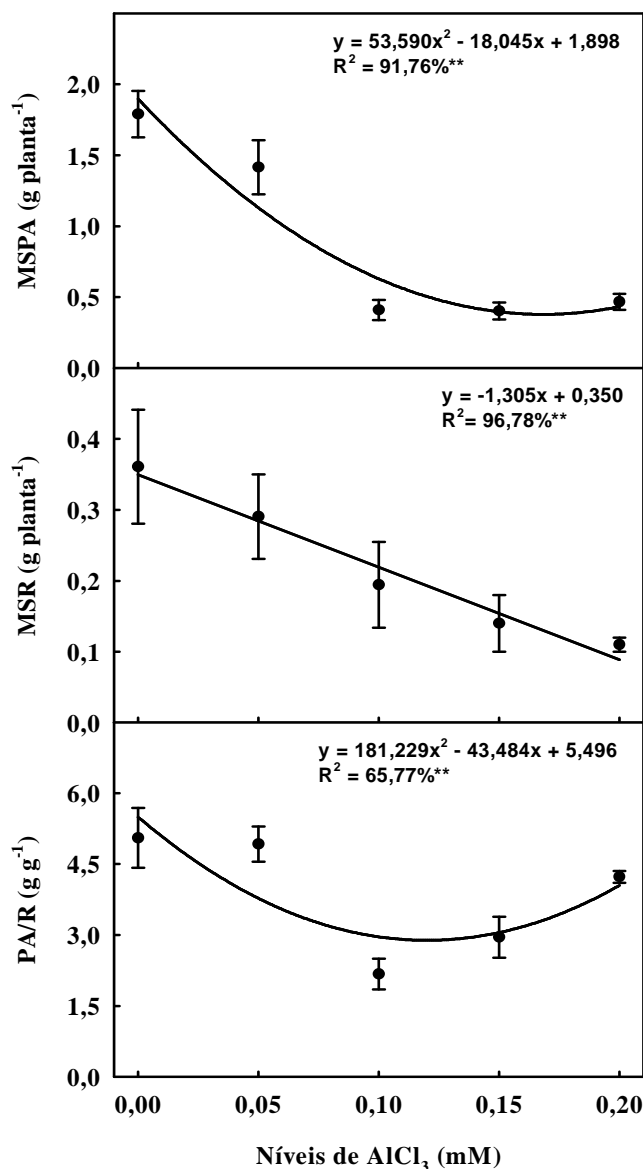


FIGURA - 1 Produção de massa de matéria seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSR) e razão parte aérea raiz (PA/R) de plantas de crambe cultivadas por 30 dias em casa de vegetação sob diferentes concentrações de alumínio em solução nutritiva.

As concentrações de P na parte aérea também não foram influenciadas pelo aumento do alumínio no meio de cultivo (Figura 2). Já nas raízes, à medida que foi aumentada a concentração de Al no meio, houve um aumento crescente nas concentrações de P. Este aumento chegou a 95% no tratamento de 0,2 mM de Al, quando comparado com o controle, sugerindo uma redução da translocação deste nutriente das raízes para a parte aérea em plantas de crambe cultivadas na presença de Al (MALAVOLTA et al., 1997).

Adicionalmente, o fósforo pode ser acumulado na forma de precipitados insolúveis com o Al (complexo Al-P) na superfície das raízes, nas paredes celulares ou nas células radiculares reduzindo, desta maneira, sua translocação para a parte

aérea (TAYLOR, 1991). Conforme ZHENG et al., (2005) a formação do complexo Al-P na parede celular, em especial na forma de compostos insolúveis como $Al_4(PO_4)_3$, pode ser importante para retardar a entrada do Al no apoplasto. A manutenção da concentração de P na parte aérea e aumento nas raízes também foram reportados por JESUS & AZEVEDO NETO (2013), avaliando 25 diferentes genótipos de girassol sob estresse por alumínio.

De acordo com FERREIRA (2006), em estudos sobre a tolerância diferencial à toxidez de alumínio em várias espécies de plantas, esta característica está associada à habilidade das plantas em absorver e utilizar fósforo na presença de altos níveis de alumínio no meio do crescimento sem, contudo, mostrar sinais de deficiência.

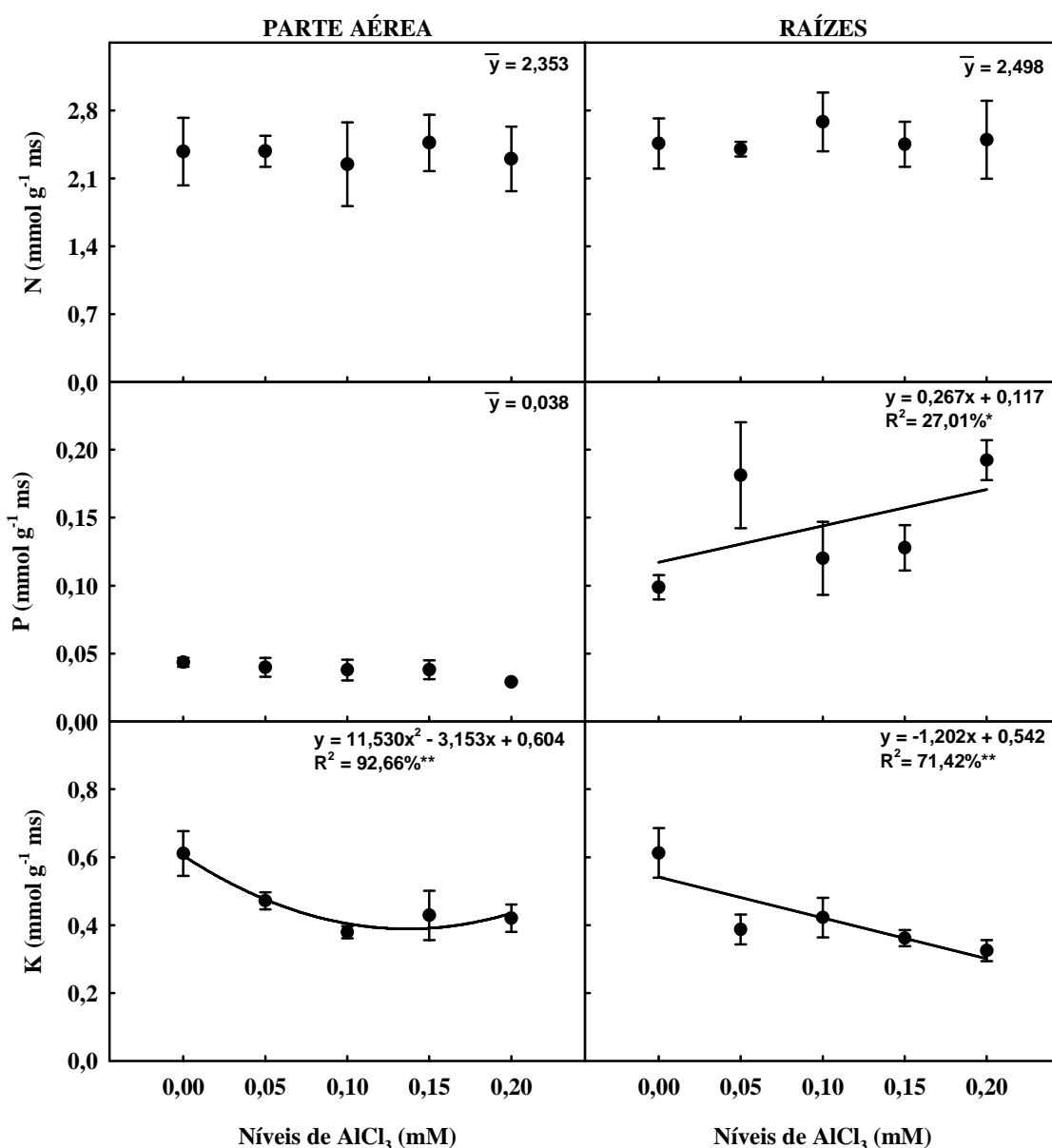


FIGURA - 2 Teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na parte aérea e raízes de plantas de crambe cultivadas por 30 dias em casa de vegetação sob diferentes concentrações de alumínio em solução nutritiva.

As concentrações de K^+ na parte aérea e raízes diminuíram com o incremento do alumínio na solução nutritiva (Figura 2). Dessa forma, nos níveis de 0,1 e 0,2 mM de Al foram observadas reduções de 38 e 31%, respectivamente, nos teores de K^+ na parte aérea. Nas raízes, essas reduções foram de 41 e 47% respectivamente nos níveis 0,15 e 0,2 mM de Al. Os efeitos do Al nos teores de K^+ podem variar dependendo da espécie, genótipo e intensidade do estresse. GIANNAKOULA et al. (2008) reportaram que o Al reduziu os teores de K^+ nas raízes de genótipos de milho. Por outro lado, LIN & CHEN (2011) não encontraram alterações nas concentrações de K^+ em quatro cultivares de abacaxi.

Segundo LIU & LUAN et al. (2001), o Al interage e causa o bloqueio de canais de K^+ . Em situação normal, as plantas mantêm altas concentrações de K^+ no citosol, pois este é um íon móvel que regula a abertura e fechamento dos estômatos (TAIZ & ZEIGER, 2013). O potássio também desempenha um importante papel na regulação do potencial osmótico das células vegetais. O mesmo, também estimula vários complexos enzimáticos envolvidos na respiração e na fotossíntese.

Os dados deste trabalho sugerem que as plantas de crambe perderam o mecanismo de homeostase iônica em altas concentrações de sal no meio de crescimento, resultando em uma deficiência de K^+ . Dessa forma, a redução do crescimento induzida pelo Al pode, ao menos em parte, ser explicada pela redução dos teores de K^+ nas folhas e raízes das plantas de crambe.

CONCLUSÕES

A presença de alumínio no ambiente radicular propicia um aumento dos teores de fósforo nas raízes e reduz os de potássio na parte aérea e raízes.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Bioquímica da UFRB pelo apoio nas análises químicas.

REFERÊNCIAS

CLARK, J. Characterization of phosphatase of intact maize roots. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.23, p.458-460, 1975.

CHHIKARA, S.; DUTTA, I.; PAULOSEA, B.; JAIWALB, P. K.; DHANKHERA, O. P. Development of an Agrobacterium-mediated stable transformation method for industrial oil seed crop *Crambe abyssinica* 'Bel Ann'. **Industrial Crops Production**, n. 37, p. 457-465, 2012.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; WRIGHT, R.J. The effects of aluminum on growth and uptake of Al and P by rice. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, p.677-682, 1989.

FAITHFULL, N.T. **Methods in agricultural chemical analysis: a practical handbook**. CABI Publishing, Wallingford, New York, USA, 2002, 262p.

FERREIRA, R. de P.; MOREIRA, A.; RASSINI, J.B. **Toxidez de alumínio em culturas anuais**. Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, São Paulo, BR, 2006, 35p.

FUNDAÇÃO MS PARA PESQUISA E DIFUSÃO DE TECNOLOGIAS

AGROPECUÁRIAS. Crambe FMS Brilhante. **Crambe: uma opção rentável para sua safrinha.** Maracaju – MS, 2011.

GIANNAKOULA, A.; MOUSTAKAS, M.; MYLONA, P.; PAPADAKIS, I.; YUPSANIS, T. Aluminum tolerance in maize is correlated with increased levels of mineral nutrients, carbohydrates, and proline, and decreased levels of lipid peroxidation and Al accumulation. **Journal of Plant Physiology.** v.165, p.385-396, 2008.

GORDIN, C.R.B.; MARQUES, R.F.; ROSA, R.J.M.; SANTOS, A.M.; SCALON, S.P.Q. Emergência de plântulas e crescimento inicial do pinhão manso exposto a alumínio. **Semina: Ciências Agrárias,** v.34, n.1, p.147-156, 2013.

JASPER, S.P.; BIAGGIONI, M. A. M.; SILVA, P. R. A.; SEKI, A. S.; BUENO, O, C. Análise energética da cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst.) produzida em plantio direto. **Revista Engenharia Agrícola,** Jaboticabal, v.30, n.3, p.395-403, 2010.

JESUS, D.S.; AZEVEDO NETO, A.D. Aluminum tolerance in sunflower plants Is associated with phosphorus content in the roots. **Communications in Soil Science and Plant Analysis.** v.44, p.3423-3430, 2013.

JONES Jr, J.B. **Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis.** CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 2001, 363p.

KOCHIAN L.V.; HOEKENGA O.A.; PIÑEROS M.A. How do crop plant tolerate acid soils. Mechanisms of aluminum tolerance and phosphorous efficiency. **Annual Review of Plant Biology,** v. 55, p. 459, 2004.

LIN, Y.; CHEN, J. Effects of aluminum on nutrient uptake in different parts of four pineapple cultivars. **African Journal of Agricultural Research** 6:1438–1446, 2011.

LIU, K.; LUAN, S. Internal aluminium block of plant inward K⁺ channels. **Plant and Cell,** v.13, p.1453-1465, 2001.

MAGALHÃES, A.F.J. Tolerância de porta-enxertos de citrus ao alumínio. **Revista Brasileira de Fruticultura,** v.9, p.51-55, 1987.

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

PANDA, S.K.; BALUSKA, F.; MATSUMOTO, H. Aluminum stress signaling in plants. **Plant Signaling & Behavior,** v.4 p.592-597, 2009.

PILAU, F.G.; BATTISTI, R.; SOMAVILLA, L.; SCHWERZ, L. Temperatura basal, duração do ciclo e constante térmica para a cultura do crambe. **Bragantia,** v.70, n.4, p. 958-964, 2011.

SANTOS, J.I.; ROGÉRIO, F.; MIGLIAVACCA, R.A.; GOUVEIA, B.; SILVA, T. B.;

BARBOSA, M. C. Efeito da Adubação Potássica na Cultura do Crambe. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, p. 346-350, 2012.

TABALDI, L.A.; NICOLOSO, F.T.; CASTRO, G.Y.; CARNEGLUTTI, D.; GONÇALVES, J. F.; RAUBER, R.; SKREBSKY, E.C.; SCHETINGER, M.R.C.; MORSCH, V.M.; BISOGNIN, D.A. Physiological and oxidative stress responses of four potato clones to aluminum in nutrient solution. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, p.211-222, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5.ed. Artmed, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, BR, 2013, 954p.

TAYLOR, G.J. Current views of the aluminum stress response: The physiological basis of tolerance. **Current Topics in Plant Biochemistry and Physiology** v.10, p.57-93, 1991.

TEIXEIRA, R.N.; TOLEDO, M.Z.; FERREIRA, G.; CAVARIANI, C.; JASPER, S. P. Germinação e vigor de sementes de crambe sob estresse hídrico. **Irriga**, v.16, n.1, p. 42-51, 2011.

WEATHERBURN, M.W. Phenol-hypochlorite reaction for determination of ammonia. **Analytical Chemistry**, v.39, p.971-974, 1967.

ZHENG, S.J. Crop production on acidic soils: overcoming aluminium toxicity and phosphorus deficiency. **Annals of Botany**, v.106, p.183–184, 2010.

ZHENG, S.J.; YANG, J.L.; He, Y.F.; Yu, X.H.; ZHANG, L.; YOU, J.F.; SHEN, R. F.; MATSUMOTO, H. Immobilization of aluminum with phosphorus in roots is associated with high aluminum resistance in buckwheat. **Plant Physiology**, v.138, p.297–303, 2005.