

RÚCULA EM CULTIVO HIDROPÔNICO SUBMETIDA A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE ALUMÍNIO

ERUCA IN HYDROPONICS POSTED IN DIFFERENT CONCENTRATIONS OF ALUMINUM

Carlos Alan Couto dos SANTOS¹; Jorge de ALMEIDA¹;

Anacleto Ranulfo dos SANTOS²; Elvis Lima VIEIRA²; Clovis Pereira PEIXOTO²

1. Doutorando, Ciências Agrárias, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, Cruz das Almas, BA, Brasil. alancouto8@hotmail.com; 2. Professor, Doutor, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas – CCAAB – UFRB, Cruz das Almas, BA, Brasil.

RESUMO: Objetivou-se avaliar os efeitos do alumínio em solução nutritiva, no crescimento de plantas de rúcula (*Eruca sativa* Mill.) em condições controladas. Utilizou-se tricloreto de alumínio, $AlCl_3$, sendo os tratamentos: 0,0; 15,0; 30,0; 45,0 e 60,0 mg Al^{3+} L⁻¹ de solução. As sementes de rúcula foram distribuídas em espuma fenólica onde receberam água destilada durante 10 dias após a semeadura (DAS) e após esse período as plântulas foram transferidas para vasos plásticos de capacidade de 2 kg com areia lavada e peneirada. Na omissão de alumínio (0,0 mg Al^{3+} L⁻¹) o pH foi ajustado para 6,0. O experimento foi dividido em três etapas: 1) do 11º ao 14º DAS, as plantas foram irrigadas com solução completa diluída a 50% (pH 6,0); 2) do 15º ao 28º DAS, as plantas foram irrigadas com solução completa, modificada, com fósforo na concentração de 3,1 mg L⁻¹ (pH 6,0); 3) do 29º ao 45º DAS, as plantas foram submetidas aos tratamentos com alumínio na solução nutritiva completa, modificada com concentração de fósforo de 3,1 mg L⁻¹ e pH ajustado para 4,2. Aos 45 DAS foram avaliados: número de folhas, comprimento da parte aérea, das raízes e total, massa seca das raízes, das hastes e total além da área foliar. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco repetições e os dados submetidos à análise de variância e estudo de regressão polinomial. O crescimento das plantas de rúcula é significativamente reduzido na presença do alumínio ($AlCl_3$) em condições de solução nutritiva.

PALAVRAS-CHAVE: *Eruca sativa* Mill. Solução nutritiva. Toxidez por alumínio.

INTRODUÇÃO

A rúcula (*Eruca sativa* Mill – Brassicaceae) vem se destacando entre as hortaliças pela sua composição nutricional, com altos teores de potássio, enxofre, ferro e de vitaminas A e C, e pelo sabor picante e odor agradável (TRANI; PASSOS, 1998). Entretanto, a rúcula, assim como outras espécies olerícolas, têm sua fisiologia afetada pelos efeitos negativos do alumínio tóxico. O Al é um dos metais mais abundantes da crosta, presente, quase sempre, na forma de óxidos e/ou alumino-silicatos, formas geralmente não tóxicas às plantas. Estas formas, contudo, podem, sob certas circunstâncias, como excessiva acidez, por exemplo, serem solubilizadas e passarem à solução do solo na forma iônica (MA; FURUKAWA, 2003).

O Al é absorvido, predominantemente na forma do íon trivalente (Al^{3+}) (ou mais corretamente $Al(OH)_6^{3+}$). A maior parte do Al que penetra nas raízes fica retida nas paredes celulares (cerca de 99% do total) pelas cargas negativas de grupos carboxílicos livres de pectinas (TAYLOR et al., 2000) ou precipita na forma de fosfato de Al (ZHENG et al., 2005). No citoplasma, em função do pH prevalente (7,0-7,5) assume a forma de íon aluminato ($Al(OH)_4^-$) ou precipita com fosfato ou é

complexado por ligantes orgânicos como ATP, ácidos orgânicos, compostos fenólicos etc, ou, então, é "sequestrado" na forma de complexo com ácidos orgânicos dentro de vacúolos (MIYASAKA et al., 2007).

O sintoma primário e mais evidente da toxicidade do Al em vegetais é a inibição do alongamento radicular (CHANDRAN et al., 2008). Plantas intoxicadas pelo Al apresentam menores teores de quase todos macro e micronutrientes, em maior ou menor intensidade, dependendo do elemento e das espécies estudadas (MENDONÇA et al., 2003; SCHÖLL et al., 2004). O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do alumínio em solução nutritiva no crescimento de plantas de rúcula.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Fisiologia Vegetal e em casa de vegetação do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da UFRB, no Município de Cruz das Almas, Bahia. Foram utilizadas sementes de rúcula (*Eruca sativa* Mill), cultivar folha larga, com 93% de germinação, sem uso defensivo, com grau de pureza de 100%, acondicionadas em latas

hermeticamente fechadas. O ciclo desta cultivar é de 40 a 45 dias no verão, e o tamanho comercial das plantas em torno de 12 a 16 cm de altura. O alumínio foi aplicado na forma de tricloreto de alumínio ($AlCl_3$) sendo os tratamentos: 0,0; 15,0; 30,0; 45,0 e 60,0 $mg\ Al^{3+}\ L^{-1}$ de solução, com cinco repetições no delineamento experimental inteiramente casualizado. Em casa de vegetação, sob sombrite 50%, sementes de rúcula foram semeadas em espuma fenólica e irrigadas com água destilada até o 10º dia após a semeadura (DAS). Após o período de germinação as plantas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 2 kg, contendo areia lavada como substrato inerte. O experimento foi dividido em três etapas: 1) do 11º ao 14º DAS às plantas de rúcula foram irrigadas com solução completa diluída a 50% e pH ajustado para 6,0; 2) do 15º ao 28º DAS, as plantas foram irrigadas com solução completa, modificada, com fósforo na concentração de 3,1 $mg\ L^{-1}$ e pH ajustado para 6,0; 3) do 29º ao 45º DAS, as plantas foram submetidas aos tratamentos com alumínio na solução nutritiva completa, modificada com concentração de fósforo de 3,1 $mg\ L^{-1}$ e pH ajustado para 4,2. Os ajustes do pH nas soluções foram obtidos corrigindo-se com HCl 0,01N até a obtenção do pH desejado.

As plantas foram irrigadas diariamente e a solução nutritiva utilizada na condução do experimento, baseou-se em Hoagland e Arnon (1950), na seguinte composição: macronutrientes N=210,1; P=31; K=234,6; Ca=200,4; Mg=48,6; S=64,2 $mg\ L^{-1}$ e micronutrientes B=500; Cu=20; Cl=648; Fe=5022; Mn=502; Mo=11; Zn=50 $\mu g\ L^{-1}$ na forma dos seguintes sais: Ca (NO_3)₂.4H₂O, KNO₃, K₂SO₄, KCl, NH₄NO₃, MgSO₄.7H₂O, MnCl₂.4H₂O,

H₃B₃O₃, ZnSO₄.7H₂O, CuSO₄.5H₂O e H₂MoO₄.4H₂O. O ferro foi adicionado na forma de tricloreto de ferro ($FeCl_3$). Aos 45 DAS foram avaliadas as seguintes variáveis: comprimento da parte aérea, das raízes e total, massa seca das raízes, das hastes e total além da área foliar.

Para a determinação do comprimento das raízes e da parte aérea foi utilizada uma régua graduada (BRASIL, 1992). Para a pesagem da massa seca utilizou-se balança de precisão e a área foliar foi determinada mediante a relação da massa seca dos discos foliares (dez discos) e a massa seca total das folhas, cujos discos foliares foram obtidos com o auxílio de um perfurador de área conhecida conforme descrito por Camargo (1992) e Peixoto (1998). Após a colheita, as plantas foram separadas em componentes (raiz, haste e folhas). Depois da realização da contagem, das medições e coleta de discos, foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificadas e levadas para estufa a 65°C, até atingirem peso constante, o que ocorreu após 72 horas.

Os dados foram submetidos à análise de variância e para as médias dos tratamentos foram ajustadas equações de regressão polinomial (BANZATTO; KONKRA, 2006). Utilizou-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou diferenças significativas ($p \leq 0,01$) para todas as variáveis em relação às concentrações de alumínio utilizadas (Tabela 1). As equações de regressão e o alto valor do coeficiente de determinação revelam a alta qualidade de ajuste desses modelos matemáticos.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis: comprimento da raiz (CR), comprimento da haste (CH), comprimento total (CT), número de folhas (NF), massa seca da raiz (MSR), massa seca de folha (MSF) massa seca de haste (MSH), massa seca total (MST) e área foliar (AF) submetidas a cinco doses de alumínio.

FV	GL	Quadrados médios									
		CR	CH	CT	NF	MSR	MSF	MSH	MST	AF	
TRAT	4	41,21**	1,48**	56,8**	11,3**	0,16**	0,89**	0,00**	1,98**	27897,7**	4,88
ERRO	15	0,03	5,06	0,70	0,02	0,05	0,00	0,06	2096,05		
CV (%)											
MÉDIA											
GERAL		11,52	9,33	10,66	10,10	14,85	18,91	17,54	1,47	27,57	
		19,18	1,93	21,11	8,28	0,97	1,19	0,07	2,23	166,06	

** Significativo a 1% de probabilidade

Para a variável comprimento da raiz, a equação de regressão foi melhor ajustada para o

modelo linear $\hat{Y} = - 0,12x + 22,78$, $R^2 = 98,28\%$ (Figura 1A). A rúcula apresentou limitação no

comprimento das raízes à medida que se aumentavam as doses de alumínio tóxico na solução. Com base no modelo matemático aplicado, observa-se que a cada 15,0 mg Al^{3+} acrescentados na solução ocorreu uma inibição de 1,8 cm no comprimento das raízes. De acordo o gráfico, na concentração máxima testada de 60,0 mg $\text{Al}^{3+} \text{L}^{-1}$ de solução, o comprimento das raízes estimado foi de 15,58 cm, caracterizando uma redução de 46% em relação ao controle que apresentou um comprimento médio de raízes de 22,78 cm (Figura 1A). Segundo Kollmeier et al. (2000), o ápice da raiz, especificamente a região da zona de transição, é apontado como o local primário das injúrias causadas pelo alumínio.

Resultados diferentes foram encontrados por Macedo (2008), que trabalhando com plântulas de cafeeiro, observou um maior aumento do comprimento das raízes nas concentrações de 30 e 45 mg L^{-1} de Al^{3+} , embora a concentração de 30 mg L^{-1} de Al^{3+} não tenha se diferenciado da testemunha e da concentração de 15 mg L^{-1} de Al^{3+} , sugerindo que o Al^{3+} nessas concentrações não seja tóxico a essa cultivar. O alumínio em altas concentrações acumula-se preferencialmente no sistema radicular das plantas, sendo pequena a quantidade translocada para a parte aérea (BEUTLER et al., 2001).

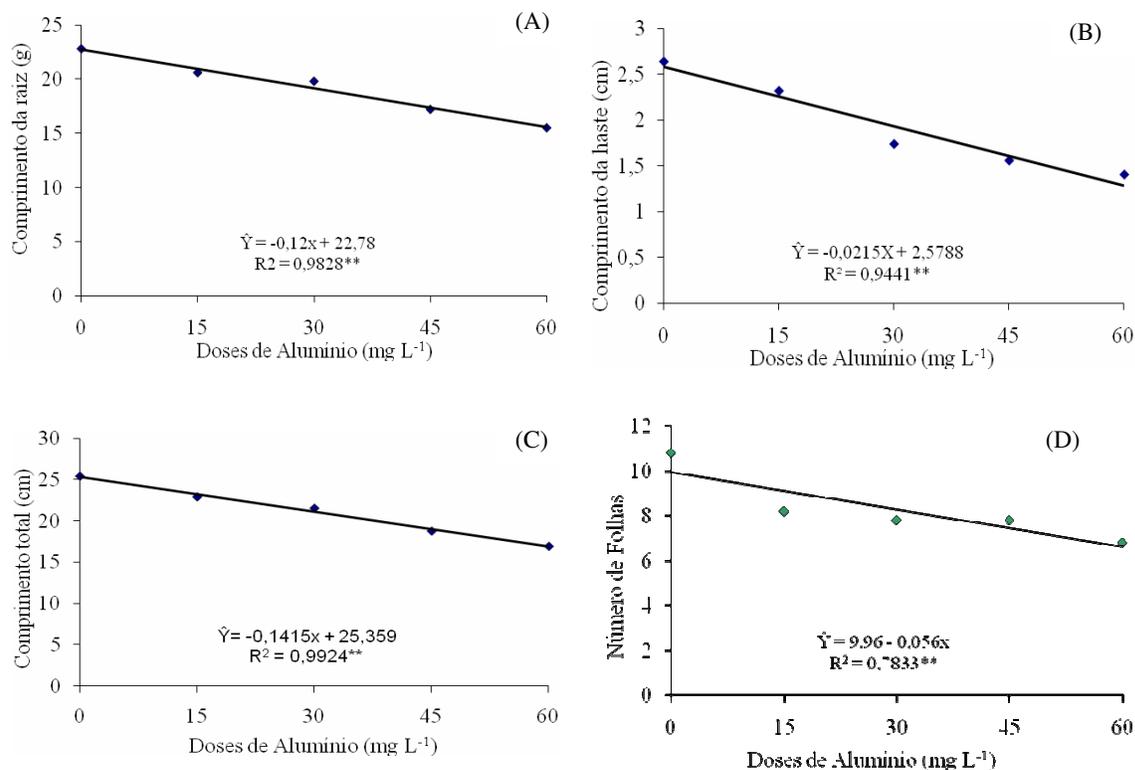


Figura 1. Comprimento da haste (A), comprimento da raiz (B), comprimento total (C) e número de folhas (D) de plantas de rúcula, aos 45 após a sementeira, em função das doses de alumínio (mg $\text{Al}^{3+} \text{L}^{-1}$). **significativo a 1%.

Para o comprimento da haste, a análise de variância apresentou significância ($p \leq 0,01$), como é observado na Tabela 1. A equação de regressão $\hat{Y} = -0,0215x + 2,5788$, $R^2 = 94,41\%$ (Figura 1B), demonstrou que na concentração máxima testada que foi de 60,0 mg $\text{Al}^{3+} \text{L}^{-1}$ de solução, o comprimento das hastes estimado foi de 1,28 cm, uma redução de 101% em relação ao controle que apresentou comprimento médio de 2,58 cm.

Sintomas de redução do crescimento da planta foram identificados em trigo e outros cereais de estação fria, quando submetidas ao alumínio tóxico (BENIN et al., 2004; BERTAN et al., 2006). Concentrações de 15 e 20 ppm de Al^{3+} propiciam a diferenciação de cultivares sensíveis e tolerantes, quando submetidos em cultivo hidropônico (OLIVEIRA, 2002; SÁNCHEZ-CHACON et al., 2001).

Para o comprimento total de plantas a equação de regressão foi ajustada para o modelo linear $\hat{Y} = -0,1415x + 25,359$, $R^2 = 99,24\%$ (Figura 1C). A rúcula apresentou redução no comprimento total à medida que se aumentavam as doses de alumínio tóxico na solução. Com base no modelo matemático, observa-se que a cada 15 mg Al^{3+} acrescentados na solução ocorreu uma redução de 2,13 cm no comprimento total das plantas. Na concentração de 60,0 mg $Al^{3+} L^{-1}$ de solução o comprimento total estimado foi de 16,9 cm, uma redução de 50% em relação ao controle, que apresentou um tamanho médio total de 25,36 cm (Figura 1C). Salvador et al. (2000), constataram que doses crescentes de alumínio reduziram a absorção e o transporte de P, Ca, Mg, S, Fe e Mn para a parte aérea sugerindo que a redução de Ca e Mg deve-se a uma inibição interiônica desses cátions pelo alumínio.

A rúcula apresentou limitação no número de folhas à medida que se aumentavam as doses de

alumínio tóxico na solução. Com base no modelo matemático $\hat{Y} = 9,96 - 0,056x$, $R^2 = 78,33\%$ (Figura 1D), na máxima concentração que foi de 60,0 mg $Al^{3+} L^{-1}$ de solução, o número de folha estimado foi de 7, uma redução de 43% em relação ao tratamento controle, que apresentou um número médio de 10 folhas por planta (Figura 1D).

Para a área foliar, a equação de regressão foi ajustada para o modelo linear $Y^{**} = 255,06 - 2x$, $R^2 = 88,72\%$ (Figura 2), onde se verificou que a rúcula apresentou uma acentuada redução na área foliar à medida que se aumentavam as doses de alumínio tóxico. Conforme o modelo matemático, a cada 1 mg acrescentado na solução ocorreu uma inibição de aproximadamente 3 cm^2 na área foliar. Na máxima concentração testada de 60,0 mg $Al^{3+} L^{-1}$ de solução, a área foliar estimada foi de 77 cm^2 , uma redução de 231% em relação ao tratamento controle, que apresentou uma área foliar média de 255,06 cm^2 (Figura 2).

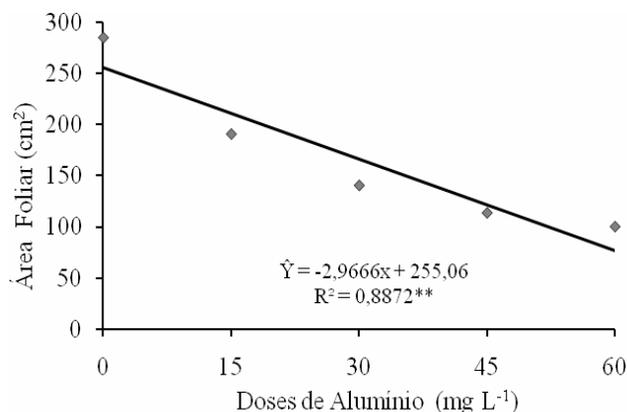


Figura 2. Área foliar de plantas de rúcula, em resposta aos tratamentos com alumínio.

**significativo a 1%.

O mesmo efeito negativo na área foliar foi observado em plantas de sorgo por Cruz (2008). Segundo o autor, ocorreu redução quando as plantas foram submetidas às doses entre 100 e 150 μM de $Al^{3+} L^{-1}$ de solução.

No estudo da fitomassa de plantas de rúcula, a análise de variância revelou efeito significativo ($p \leq 0,01$) para as concentrações de Al^{3+} testadas (Tabela 1), indicando que as mesmas foram influenciadas pela presença do elemento na solução nutritiva.

As informações das quantidades de massa seca e da área foliar de uma planta, em função do tempo, são utilizadas na estimativa de vários índices relacionados ao desempenho da mesma espécie e

das comunidades vegetais cultivadas em diferentes ambientes (BRANDELEIRO et al., 2002).

A massa seca de raízes foi ajustada para o modelo linear $\hat{Y} = -0,007x + 1,178$, $R^2 = 84,55\%$ (Figura 3A), onde se constatou que na máxima concentração testada de 60,0 mg $Al^{3+} L^{-1}$ de solução, a massa seca de raízes estimada foi de 0,76 g, uma redução de 55% em relação ao controle, que apresentou um peso médio total de 1,178 g de matéria seca.

Para a massa seca de hastes, a equação de regressão foi ajustada para o modelo quadrático $\hat{Y} = -0,0011x + 0,1075$, $R^2 = 82,41\%$ (Figura 3B). Na concentração de 60,0 mg $Al^{3+} L^{-1}$ de solução a massa seca de hastes estimada foi de 0,0415 g, uma

redução de 159% em relação ao tratamento controle, que apresentou um peso médio total de 0,1075 g de matéria seca.

Limitações, também, foram observadas na massa seca de folhas para as doses de Al^{3+} testadas (Tabela 1). A equação de regressão foi ajustada para o modelo linear $\hat{Y} = -0,0169x + 1,6978$, $R^2 = 90,64\%$ (Figura 3C). Com base neste modelo, a máxima concentração testada de $60,0 \text{ mg Al}^{3+} \text{ L}^{-1}$ de solução a massa seca da folha estimada foi de 0,68 g, uma redução de 149,7% em relação ao tratamento controle, que apresentou um 1,69 g. A massa seca total de plantas teve efeito significativo ($p \leq 0,01$) para os tratamentos (Tabela 1). A equação de

regressão foi ajustada para o modelo linear $\hat{Y} = -0,025x + 2,9833$ com $R^2 = 88,77\%$ (Figura 3D). Na máxima concentração testada de $60,0 \text{ mg Al}^{3+} \text{ L}^{-1}$ de solução a massa seca total de plantas estimada foi de 1,48 g. Nas plantas do grupo controle foi verificado uma massa seca total média de plantas de 2,98 g. A concentração máxima causou uma redução de 101,2%, quando comparada ao controle. A rúcula apresentou redução na fitomassa total à medida que se aumentavam as doses de alumínio tóxico. Com base no modelo matemático observa-se que a cada 15 mg Al^{3+} acrescentados na solução nutritiva ocorreu uma redução de aproximadamente de 0,38 g na massa seca total de plantas (Figura 3D).

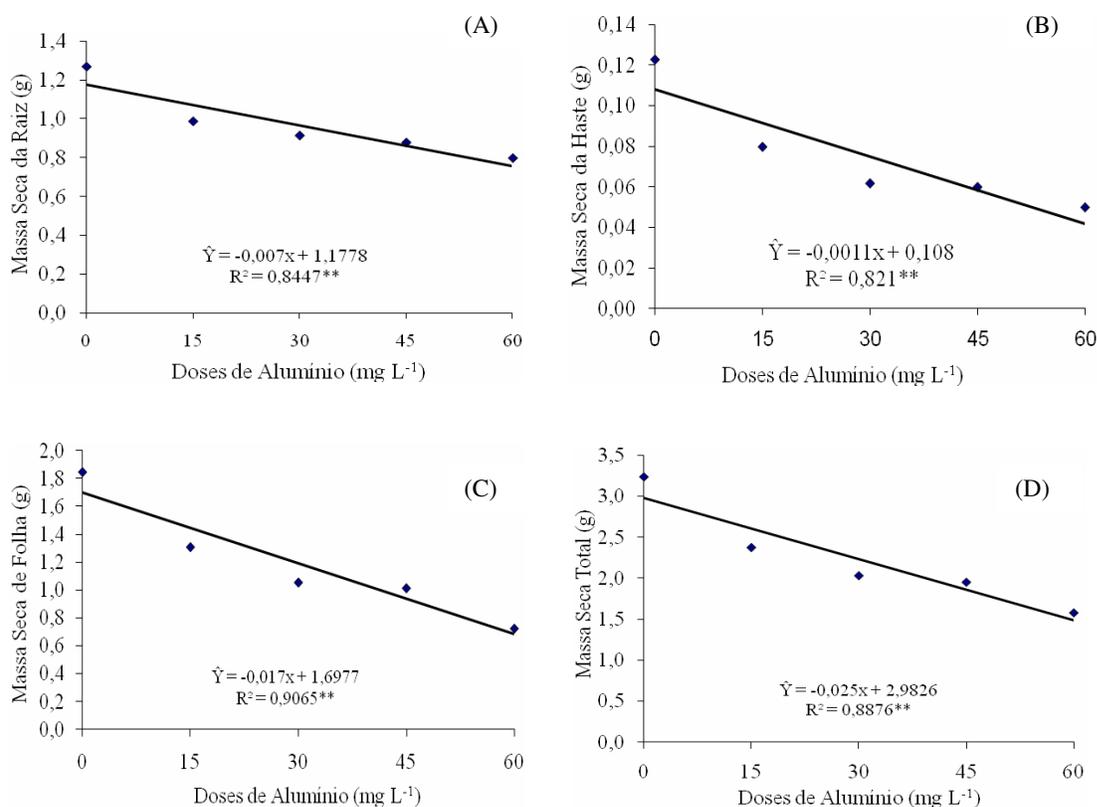


Figura 3. Massa seca de raiz (A), massa seca da haste (B), massa seca de folha (C) e massa seca total (D) de plantas de rúcula, aos 45 dias após a semeadura, em função das doses de alumínio ($\text{mg Al}^{3+} \text{ L}^{-1}$). ******significativo a 1%.

Esses resultados concordam com Mendonça et al (2003), que trabalhando com duas cultivares de arroz, observou que a massa seca de raízes, parte aérea e total apresentaram redução na presença do alumínio tóxico. Resultados semelhantes também foram observados por Cruz (2008) que após aplicar doses crescentes de alumínio em plantas de sorgo, verificaram redução na massa seca total de plantas.

Além de dificultar a absorção de nutrientes, a presença de alumínio em níveis tóxicos também prejudica o crescimento da planta por dificultar o crescimento das raízes, as quais conseqüentemente exploram menor volume de solo, tendo menor acesso à água e nutrientes (BEUTLER et al., 2001). Sendo assim, a utilização de doses crescentes de alumínio (0,0; 15,0; 30,0; 45,0 e 60,0 $\text{mg Al}^{3+} \text{ L}^{-1}$) em solução nutritiva, não só prejudicou o

crescimento do sistema radicular como também promoveu reduções significativas no crescimento da parte aérea e total, número de folhas, massa seca de raízes, parte aérea, folhas e total. Sendo que o efeito negativo mais intenso é observado na área foliar de plantas.

CONCLUSÃO

O crescimento e o desenvolvimento das plantas de rúcula são reduzidos na presença de alumínio tóxico (AlCl_3) quando cultivada com solução nutritiva.

ABSTRACT: Aimed to evaluate the effects of aluminum in nutrient solution on growth of *Eruca sativa* Mill.) under controlled conditions. We used aluminum trichloride, AlCl_3 , and the treatments: 0.0, 15.0, 30.0, 45.0 and 60.0 mg $\text{Al}^{3+} \text{L}^{-1}$ solution. *Eruca* seeds were distributed phenolic foam which received distilled water for 10 days after sowing (DAS) and after this period the seedlings were transferred to plastic pots capacity of 2 kg washed sand and sieved. The omission of aluminum ($\text{Al}^{3+} 0.0 \text{ mg L}^{-1}$) the pH was adjusted to 6.0. The experiment was divided into three stages: 1) from 11 to the 14 DAS, the plants were irrigated with a solution diluted 50% (pH 6.0), 2) from 15 to 28 DAS, plants were irrigated with complete solution modified with phosphorus at a concentration of 3.1 mg L^{-1} (pH 6.0), 3) from 29 to the 45 DAS, the plants were treated with aluminum in the complete nutrient solution, modified with phosphorus concentration of 3.1 mg L^{-1} and pH adjusted to 4.2. At 45 DAS were evaluated: number of leaves, shoot length, root and total, dry mass of roots, stems and total leaf area as well. A completely randomized design with five replicates and the data submitted to analysis of variance and polynomial regression study. Plant growth rocket is significantly reduced in the presence of aluminum (AlCl_3) under conditions of nutrient solution.

KEYWORDS: *Eruca sativa* Mill. Nutrient solution. Aluminum toxicity.

REFERÊNCIAS

- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. do N.; **Experimentação Agrícola**. Jaboticabal: Fundação de Estudos e Pesquisa em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia. 2006. 237 p.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. do N.; **Experimentação Agrícola**. Jaboticabal: Fundação de Estudos e Pesquisa em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia. 1995. 245 p.
- BRANDELERO, E. M.; PEIXOTO, C. P.; SANTOS, J. M. B.; MORAES, J. C. C.; PEIXOTO, M. F. S. P.; SILVA, V. Índices fisiológicos e rendimento de cultivares de soja no Recôncavo Baiano. **Magistra**. Cruz das Almas, v. 14, n. 2, p. 77-88, jul/dez. 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. 2 ed. Brasília: Departamento Nacional de Produção Vegetal, 1992. 365 p.
- BEUTLER, A. N.; FERNANDES, L. A.; FAQUIN, V. Efeito do alumínio sobre o crescimento de duas espécies florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 923-928, 2001.
- BENIN, G.; CARVALHO, F. I. F. de; OLIVEIRA, A. C.; SILVA, I. A. G.; LORENCETTI, C.; MAIA, M. B.; MARCHIORO, V. S.; FREITAS, F.; HARTWIG, I. Uma proposta de seleção para caracteres quantitativos e qualitativos em aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 4, p. 701-706, 2004.
- BERTAN, I.; CARVALHO, F. I. F. de; OLIVEIRA, A. C.; SILVS, J. A. G.; BENIN, G.; VIEIRA, E. A.; SILVA, G. O.; HARTWING, I.; VALÉRIO, I. P.; TACIANE, F. Dissimilaridade genética entre genótipos de trigo avaliados em cultivo hidropônico sob estresse por alumínio. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 1, p. 55-63, 2006.
- CAMARGO, A. C. **Efeitos do ácido giberélico no crescimento invernal de dois cultivares de alfafa (*Medicago sativa* L.), sob condições de casa de vegetação**. Tese apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista (Júlio Mesquita Filho), Rio Claro, para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia. 1992, 180p.

CRUZ, F. J. R.; COSTA, R. C.; BARRETO, A. G. T.; NETO, C. F. O.; CAMARGO, P. M. P. Mecanismos Bioquímicos e fisiológicos da toxidez de alumínio (Al^{3+}) em plantas sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). In: VI SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA E XII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. **Anais...** Belém: 2008.

CHANDRAN, D.; SHAROPOVA, N.; VANDENBOSCH, K. A.; GARVIN, D. F.; SAMAC, D. A. Physiological and molecular characterization of aluminum resistance in *Medicago truncatula*. **BMC Plant Biology**, v. 8, n. 89, 2008. Disponível em www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18713465, acesso em 04 ago. 2010.

HOAGLAND, D.; ARNON, D. I. **The water culture method for growing plants without soil**: California Agriculture Experimental Station, Berkeley 32 p. (Circular 347).1950.

KOLLMEIER, M.; FELLE, H. H.; HORST, W. J. Genotypical differences in aluminium resistance of maize are expressed in the distal part of the transition zone. Is reduced basipetal auxin flow involved in inhibition of root elongation by aluminium. **Plant Physiology**, Stanford, v. 122, p. 945 - 956, march 2000.

MA, J. F.; FURUKAWA, J. Recent progress in the research of external Al detoxification in higher plants: a minireview. **Journal of Inorganic Biochemistry**, New York, v. 97, n. 1, p. 46-51, 2003.

MIYASAKA, S. C.; HUE, N. V.; DUNN, M. A. **Aluminum**. In: BARKER, A. V.; PILBEAM, D. J. Handbook of Plant Nutrition, Boca Raton, CRC Press - Taylor & Francis, p. 439-497. 2007.

MACEDO, C. M. P. LOPES, J. C.; AMARAL, J. A. T.; FONSECA, A. F. A. Germinação e vigor de sementes de café submetidas ao estresse com alumínio. 2008. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 238, 2008.

MENDONÇA, R. J.; CAMBRAIA, J.; OLIVEIRA, J. A.; OLIVA, M. A. Efeito do alumínio na absorção e na utilização de macronutrientes em duas cultivares de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 7, p. 843-846, 2003.

OLIVEIRA, P. H. de. **Herança genética e mapeamento molecular da tolerância à toxicidade do alumínio em Aveia (*Avena sativa* L.)**. Tese apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia. 2002. 102 p.

PEIXOTO, C. P. **Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja (*Glycine max* (L) Merrill) em três épocas de semeadura e três densidades de plantas**. Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Universidade de São Paulo, Piracicaba, para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia.1998, 151 p.

SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; CAPRAL, C. P. Influência do alumínio no crescimento e na acumulação de nutrientes em mudas de goiabeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 787-796, 2000.

SÁNCHEZ-CHACON, C.D.; FEDERIZZI, L. C.; MILACH, S.C.K.; PACHECO, M.T. Variabilidade genética e herança da tolerância à toxicidade do alumínio em aveia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 9, p. 797-1808, 2000.

SCHÖLL, L.; KELTJENS, W. G.; BREEMEN, N. Aluminium concentration versus the base cation to aluminium ratios predictors for aluminium toxicity in *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, v. 195, p. 301-309, 2004.

TAYLOR, G. J.; MCDONALD-STEPHENS, J. L.; HUNTER, D. B.; BERTSCH, P. M.; ELMORE, D.; RENGEL, Z.; REID, R. J.: Direct measurement of aluminum uptake and distribution in single cells of *Chara corallina*. **Plant Physiology**, Stanford, v. 123, p. 987-996, 2000.

TRANI, P.E.; PASSOS, F.A. **Rúcula (Pinchão)**. In: FAHL, J.I.; CAMARGO, M.B.P.; PIZINATTO, M.A.; BETTI, J.A.; MELO, A.M.T.; DEMARIA, I.C.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. Campinas: IAC, 1998. p. 241-242. (Boletim, 200).

ZHENG, S.; YANG, J. Target sites of aluminum phytotoxicity. **Biologia Plantarum**, v. 49, n. 3, p. 321-331, 2005. Disponível em: www.ingentaconnect.com/content/klu/biop/2005. Acesso em 04 mai. 2010.