



EFEITO DO ALUMÍNIO NA GERMINAÇÃO E NA MORFOLOGIA RADICULAR DE CULTIVARES DE PEPINO

Tafarel Victor Colodetti¹, Wagner Nunes Rodrigues², Fábio Luiz de Oliveira³, Lima Deleon Martins², Marcelo Antonio Tomaz³

¹Graduando em Agronomia e bolsista de iniciação científica, 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, (tafarelcolodetti@hotmail.com.)

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

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

Recebido em: 06/10/2012 – Aprovado em: 15/11/2012 – Publicado em: 30/11/2012

RESUMO

O pepino (*Cucumis sativus* L.) tem grande importância na comercialização de hortaliças, além de ser uma planta teste em experimentos de fitotoxidez. As espécies mais cultivadas vêm demonstrando sensibilidade ao alumínio tóxico. Há algum tempo, pesquisadores vêm realizando estudos sobre os efeitos do alumínio nas plantas, contudo os mecanismos envolvidos na fitotoxidez ainda não foram totalmente esclarecidos. O objetivo desse trabalho foi avaliar a taxa de germinação e a morfologia radicular de plântulas de três cultivares de pepino submetidas a presença de alumínio em diferentes concentrações. O experimento foi realizado em esquema fatorial 3 x 5, com três cultivares de pepino e cinco níveis crescentes de concentração de alumínio, seguindo um delineamento experimental inteiramente ao acaso, com quatro repetições. A cultivar Aodai não sofreu variação na taxa germinativa em função das concentrações de alumínio, enquanto as cultivares Caipira e Marketmore 76 apresentaram germinação reduzida na maior concentração, sendo essa redução maior na cultivar Marketmore 76. O comprimento da radícula, em todas as cultivares, reduziu linearmente em função do aumento das concentrações de alumínio.

PALAVRAS-CHAVE: *Cucumis sativus*, germinação, toxidez por alumínio.

EFFECT OF ALUMINUM OVER THE GERMINATION AND ROOT MORPHOLOGY OF CULTIVARS OF CUCUMBER

ABSTRACT

Cucumber (*Cucumis sativus* L.) has great importance in vegetable marketing, also being a standard test plant in phytotoxicity experiments. The most cultivated species have demonstrated sensitivity to aluminum toxicity. For some time, researchers have been conducting studies about the effects of aluminum in plants, however the

mechanisms involved in the toxicity symptoms have not yet been fully elucidated. The objective of this study was to evaluate the germination rate and root morphology of seedlings of three cultivars of cucumber subjected to aluminum in different concentrations. The experiment was conducted in factorial scheme 3 x 5, with three cucumber cultivars and five increasing levels of aluminum concentration, following a completely randomized experimental design, with four replications. The cultivar Aodai suffered no variation in germination rate as a function of the concentrations of aluminum, while the cultivars Caipira and Marketmore 76 presented reduced germination at higher concentrations, this reduction was greater in cultivar Marketmore 76. The radicle length in all cultivars decreased linearly as a function of the increasing concentrations of aluminum.

KEYWORDS: *Cucumis sativus*, germination, aluminum toxicity.

INTRODUÇÃO

O pepino (*Cucumis sativus* L.), pertencente à família Cucurbitaceae, apresenta porte arbustivo e estrutura monóica, com padrão de florescimento ao longo da haste principal. Essa espécie tem apresentado grande importância na comercialização de hortaliças no Brasil, com consumo crescente ao longo dos anos (AGRIANUAL, 2011).

Há algum tempo, pesquisadores vêm realizando estudos sobre os efeitos do alumínio nas plantas, contudo os mecanismos envolvidos na sua fitotoxicidade ainda não foram totalmente esclarecidos (EPSTEIN & BLOOM, 2006; MARSCHNER, 1986; YAMAMOTO et al., 2002).

A composição física e química do solo exerce influência direta sobre a germinação das sementes e o metabolismo das plantas. Dessa forma, a condição química do solo, como por exemplo o nível de acidez e a presença de alumínio tóxico, pode interferir e até mesmo limitar o desenvolvimento vegetativo das plantas (NOVAIS et al., 2007). Alterações na composição física e química do meio podem causar alterações acentuadas sobre a germinação de sementes (OLSSON & KELLNER, 2002), tanto entre espécies diferentes quanto dentro da mesma espécie (MACEDO et al., 2011).

Com a elevação da acidez do solo, ocorre a dissolução de alguns minerais, que se tornam disponíveis para absorção pelas raízes das plantas. Isso acontece com o alumínio, que, em pH baixo, se solubiliza a ponto de exercer efeito tóxico para as plantas (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

Estudos sobre a toxicidade por alumínio demonstram os efeitos nocivos desse cátion sobre o metabolismo das plantas (KOCHAN, 2004; NOVAIS et al., 2007). No entanto, a gama de processos metabólicos afetados e a falta de um radioisótopo adequado do alumínio têm dificultado o esclarecimento de um mecanismo fisiológico que conferisse tolerância diferencial a esse elemento (AMARAL et al., 2000).

O alumínio causa efeito sobre as raízes, prejudicando o alongamento e a divisão celular, devido a alterações nas membranas celulares, que, normalmente, passam a apresentar maior permeabilidade, o que resulta no efluxo de solutos (EPSTEIN & BLOOM, 2006; MENDONÇA et al., 2003; VITORELLO et al., 2005). Também tem sido registrada a ocorrência de degradação de proteínas das membranas, o que compromete as trocas iônicas e, conseqüentemente, provoca distúrbios no estado nutricional da planta (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

A exposição das plantas a níveis tóxicos de alumínio também pode causar a

absorção e participação do mesmo em reações bioquímicas celulares. O alumínio pode se ligar a vários ligantes doadores de oxigênio, como grupos carboxilatos, sulfatos e fosfatos, alterando os processos fisiológicos, podendo resultar em injúrias como enrolamento de folhas jovens, colapso do pecíolo, clorose, redução no crescimento e alterações proeminentes na morfologia da raiz (EPSTEIN & BLOOM, 2006).

KOCHIAN (2004) descreveu que há danos fisiológicos e morfológicos visíveis em plantas expostas a elevadas concentrações de alumínio, mas, segundo MA et al. (2001), mesmo em concentrações micromolares o alumínio pode inibir o crescimento radicular.

Dessa forma, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito de diferentes concentrações de alumínio na germinação e morfologia radicular de plântulas de três cultivares de *Cucumis sativus* L.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), localizado em Alegre-ES.

Foi utilizado um esquema fatorial 3 x 5, com três cultivares de pepino tratadas com cinco níveis crescentes de concentração de alumínio. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, com quatro repetições.

As sementes de pepino (*Cucumis sativus* L.) utilizadas neste estudo foram obtidas em estabelecimentos comerciais especializados, provenientes de lotes do ano de 2011. Foram utilizadas as cultivares: (1) Aodai melhorado "Cucumber Aodai", (2) Caipira esmeralda "Cucumber Caipira" e (3) Verde Comprido "Cucumber Marketmore 76".

O efeito do alumínio sobre a germinação das plântulas de pepino foi estudado com uso de soluções de sulfato de alumínio preparadas com concentrações de 10, 25, 50 e 100 mmol dm⁻³ e água destilada como controle (PEREIRA et al., 2008).

As sementes de pepino foram tratadas com solução de hipoclorito de sódio, lavadas com água destilada, e transferidas para placas de Petri de 11 cm de diâmetro. As placas foram preparadas e forradas com duas folhas de papel-filtro, com porosidade média de 3 µm e peso específico de 80 g m⁻¹, umedecidas com as soluções de sulfato de alumínio em diferentes concentrações.

Cada placa recebeu 20 sementes de pepino e foi transferida para câmara de germinação (tipo BOD) e incubadas a 25 °C por um período de três dias sob influência de lâmpadas fluorescentes de luz branca e fria (BRASIL, 2009).

Após esse período foram realizadas análises de germinação e de crescimento radicular das sementes. A germinação foi determinada a partir de contagem direta do número de sementes germinadas em relação ao número total de sementes testadas, com resultado expresso em porcentagem. O crescimento da radícula foi determinado através da mensuração, em milímetros, do comprimento total da radícula de cada semente germinada, com uso de paquímetro digital.

Os dados foram submetidos a análise de variância, através do teste F (p<0,05), e quando da ocorrência de significância, as médias foram estudadas através de análise de regressão ou teste de comparação de médias, de acordo com a natureza do fator. As análises estatísticas foram realizadas com o programa computacional SISVAR (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância indicou a significância de ambos os fatores avaliados, ocorrendo interação entre os mesmos ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F. Os coeficientes de variação foram de 5,36% para a germinação e 8,36% para o comprimento da radícula.

Na Tabela 1 são apresentadas as médias de germinação e comprimento de radícula de plântulas de três cultivares de pepino submetidas a concentrações crescentes de alumínio. Nota-se que até a concentração de 50 mmol dm⁻³, o alumínio não causou variação na germinação das cultivares. Entretanto, na maior concentração avaliada, a cultivar Aodai apresentou média superior às demais, enquanto a cultivar Marketmore 76 apresentou a menor média de germinação. Esse fato indica que as cultivares podem apresentar distinção de comportamento em ambientes com maior quantidade de alumínio em solução, sendo a germinação da cultivar Marketmore 76 mais sensível a esse estresse que as demais.

Tabela 1. Comparação entre médias de germinação e comprimento de radículas de plântulas de pepino de diferentes cultivares submetidas a concentrações crescentes de alumínio.

Concentração (mmol dm ⁻³)	Cultivares		
	Aodai	Caipira Esmeralda	Marketmore 76
----- Germinação (%) -----			
0	96,67 A	100,00 A	100,00 A
10	95,00 A	96,67 A	98,33 A
25	95,00 A	93,33 A	98,33 A
50	93,33 A	88,33 A	95,00 A
100	91,25 A	80,00 B	63,33 C
----- Comprimento da radícula (mm) -----			
0	62,76 A	54,16 AB	47,35 B
10	55,96 A	58,57 A	34,38 B
25	39,07 A	36,37 A	30,93 A
50	22,23 A	23,03 A	24,56 A
100	15,30 A	16,02 A	10,10 A

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Apesar de o alumínio trocável dos solos, além de interferir demasiadamente no desenvolvimento da planta, poder reduzir a germinação das sementes, na literatura são citados exemplos de espécies vegetais que não sofreram prejuízos na germinação quando submetidas a concentrações de alumínio até determinado ponto, e só passou a decrescer a partir desse limite (SOUZA FILHO & DUTRA; 1998). Em alguns casos, ocorrendo até mesmo estímulo do crescimento das plântulas em baixas concentrações (SZYMANSKA & MOLAS, 1996).

Contrariamente ao ocorrido na germinação, o efeito prejudicial do alumínio sobre o comprimento da radícula, já pôde ser observado mesmo em concentrações menores desse elemento. Observa-se, na ausência de alumínio, que a cultivar Marketmore 76 apresenta radículas menores, enquanto a cultivar Aodai apresenta crescimento mais rápido. No entanto, a partir da concentração de 25 mmol dm⁻³, os prejuízos causados pelo alumínio já eram suficientes para retardar o desenvolvimento de todas as cultivares de maneira similar, não sendo mais possível

observar as diferenças morfológicas entre as cultivares devido a limitação do desenvolvimento das mesmas.

A análise de regressão para cada cultivar é apresentada na Figura 1. Através da seleção do modelo de regressão que mais se ajustou aos resultados, de acordo com a significância do modelo, do coeficiente de determinação (R^2) e da significância dos coeficientes da regressão, observou-se que o aumento da concentração de alumínio causou reduções lineares sobre ambas as variáveis, em todas as cultivares, com exceção da germinação das sementes da cultivar Aodai.

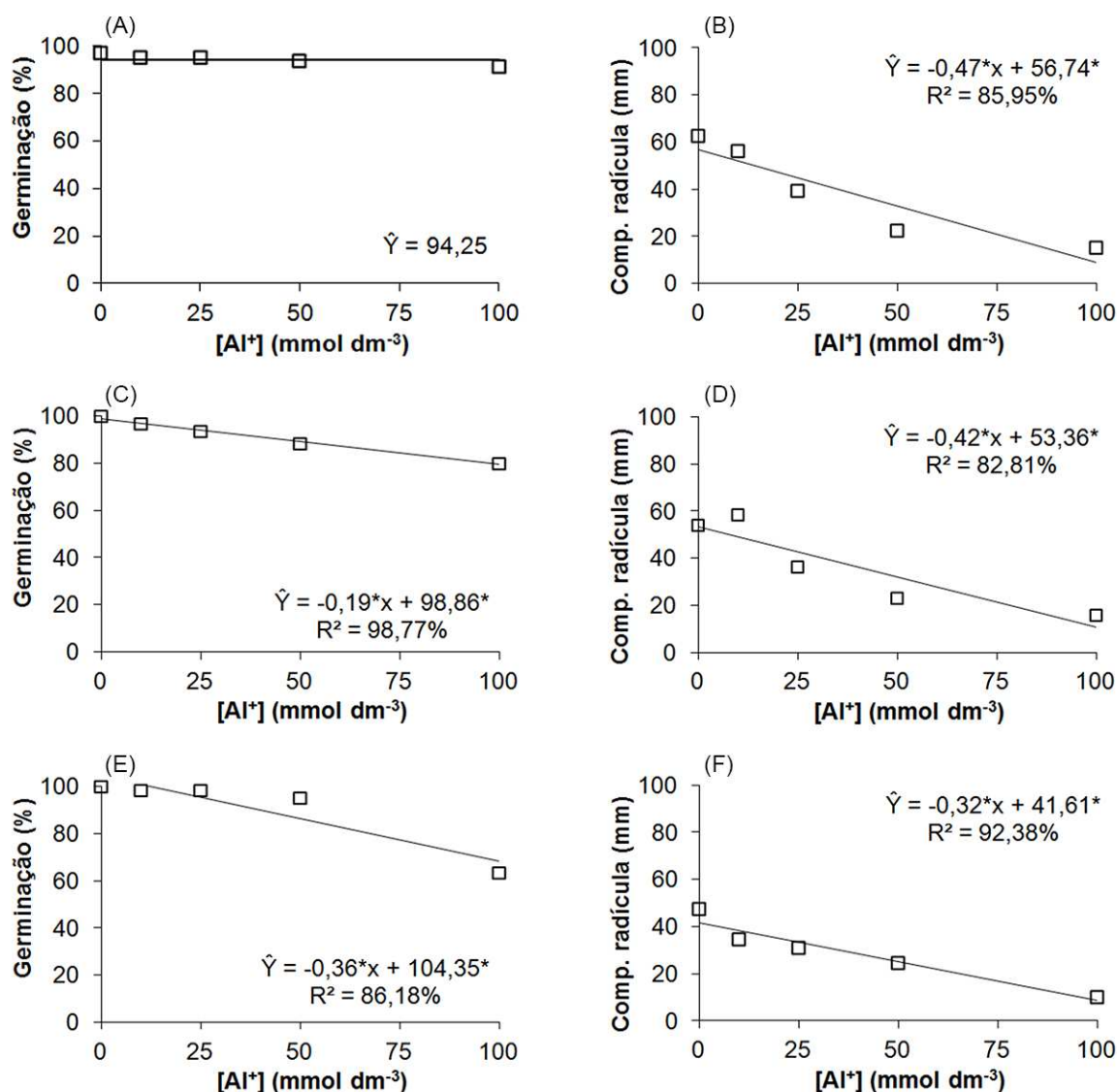


FIGURA 1. Regressão para germinação (%) e comprimento de radícula (mm) das cultivares Aodai (A e B, respectivamente), Caipira Esmeralda (C e D, respectivamente) e Marketmore 76 (E e F, respectivamente), em função do aumento da concentração de alumínio.

A cultivar Aodai não sofreu influência das concentrações de alumínio na taxa de germinação de suas sementes, mas, apesar de as sementes germinarem na presença desse elemento, o desenvolvimento das plântulas nas maiores concentrações não é normal (Figura 1A e Figura 2).

A cultivar Caipira Esmeralda apresentou uma redução na taxa germinativa em função do aumento das concentrações de alumínio na solução (Figura 1C). Sendo essa redução menor que a apresentada pela cultivar Marketmore 76, a qual sofreu uma redução mais acentuada na germinação (Figura 1E), o que pode ser notado pelo maior valor absoluto do seu coeficiente de regressão. É provável que exista variação na suscetibilidade ao alumínio, que pode ser de origem genética, ou mesmo determinada pela resposta diferencial do desenvolvimento da semente em função da interação do genótipo com a condição ambiental de estresse causada pela maior concentração de alumínio (DUTRA et al., 2010).

KOSZO et al. (2007), avaliando a germinação de sementes expostas à acidez provocada pelo tratamento com alumínio, reforça o fato de que a tolerância ou resistência ao alumínio varia de espécie para espécie, ou até mesmo dentro de uma mesma espécie.

O comprimento da radícula da cultivar Aodai sofreu uma drástica redução (Figura 1B), ocorrendo visível engrossamento e desenvolvimento anormal da radícula com o aumento da concentração do alumínio na solução (Figura 2), o que leva a pressupor que o mesmo poderá comprometer intensamente o desenvolvimento vegetativo desta planta, uma vez que, com o sistema radicular comprometido, a planta não tem condições de absorver os elementos essenciais para completar seu ciclo. O mesmo ocorreu para as cultivares Caipira Esmeralda (Figura 1D e Figura 2) e Marketmore 76 (Figura 1F e Figura 2).

Esses resultados são concordantes com os obtidos SZYMANSKA & MOLAS (1996), que ao estudar os efeitos do alumínio em *Cucumis sativus* L., não encontraram alterações no padrão germinativo das sementes, mas observaram que o crescimento das plântulas era comprometido pela presença desse elemento em concentrações entre 20 a 40 mg dm⁻³, que causaram anomalias morfológicas e inibição do crescimento das plântulas.

Também KOSZO et al. (2007), estudando sementes de pepino, não observou alteração na germinação devido a presença de alumínio, até determinado nível de acidez do meio. Porém, foram registradas anomalias morfológicas nas plântulas desenvolvidas dessas sementes.

Observando-se a Figura 2, pode-se comprovar visualmente o efeito negativo do alumínio tóxico em solução para o desenvolvimento inicial de plântulas de pepino de todas as cultivares avaliadas. Nota-se a redução nítida do comprimento da radícula, assim como o seu desenvolvimento anormal.

Possivelmente, o comprometimento do desenvolvimento radicular e as anomalias morfológicas desse sistema são causadas pela reação do alumínio com as cadeias de ácido poligalacturônico presente na parede de células jovens (regiões meristemáticas), resultando na formação de compostos pécticos devido a substituição ou deslocamento do cálcio. Esse fenômeno causa perda da elasticidade celular e pode comprometer ou paralisar a divisão celular, resultando no surgimento de um maior número de células com dois núcleos e o engrossamento visível dessas raízes (MALAVOLTA, 1980).

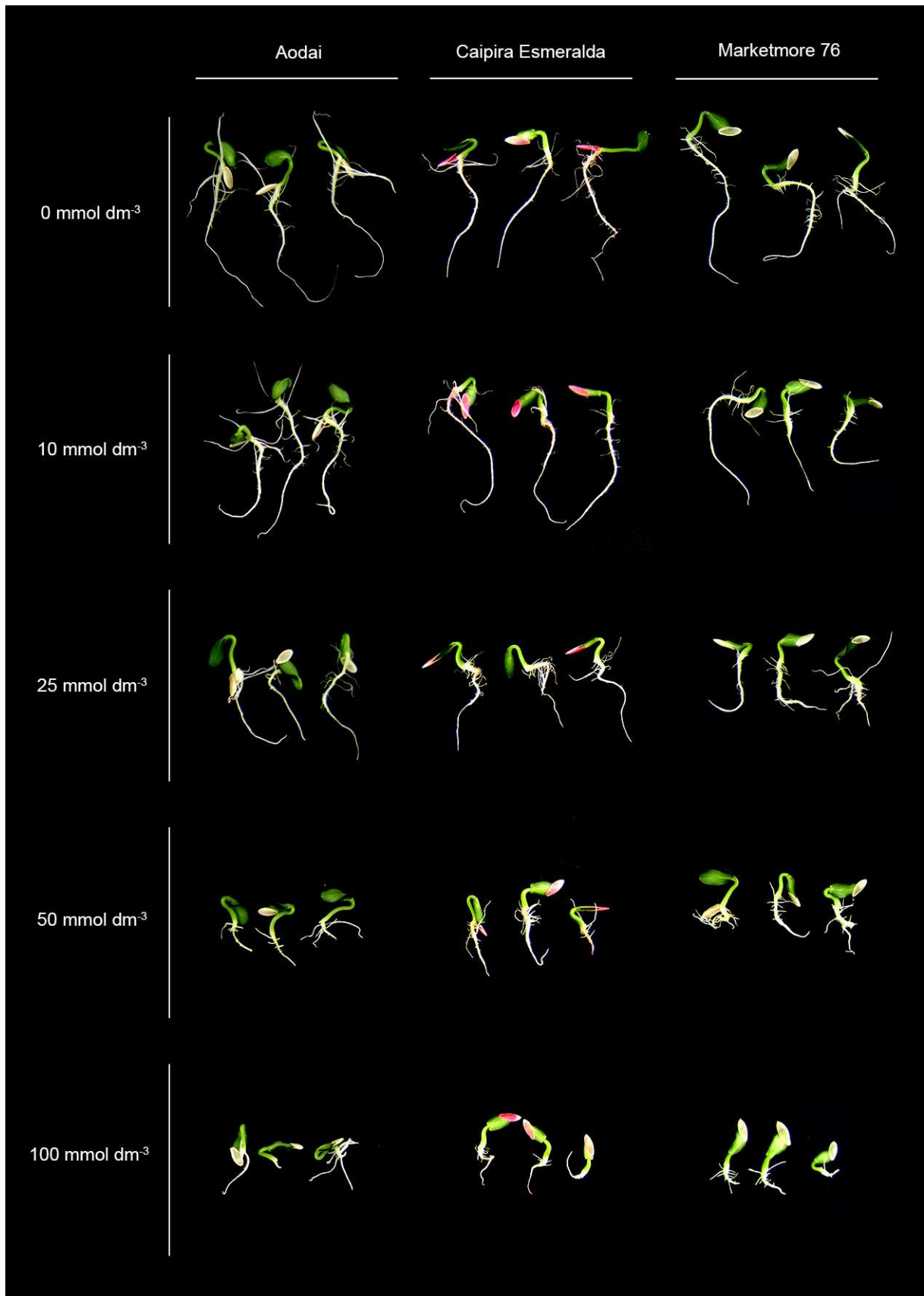


FIGURA 2. Imagens de plantas das cultivares de pepino Aodai, Caipira Esmeralda e Marketmore 76, quando submetidas às concentrações crescentes de alumínio em solução.

Nenhuma das cultivares estudadas apresentou benefícios morfológicos em função das maiores concentrações de alumínio. Fica claro o condicionamento causado às plantas quando se analisa a Figura 2, com aumento do comprometimento acompanhando o aumento dos níveis do elemento. Analisando as imagens referentes às plantas na maior concentração de alumínio, pode-se dizer que estas possivelmente não sobreviveriam em condição de campo, uma vez que a capacidade de absorver água e nutrientes está grandemente prejudicada.

Assim, estes dados reforçam a importância de um manejo adequado da qualidade química do solo, ressaltando a necessidade de um correto programa de correção do solo, visando a manutenção do alumínio tóxico em formas não disponíveis e a otimização da produção agrícola.

CONCLUSÕES

No geral, o aumento da concentração de alumínio no meio tem efeito negativo sobre a germinação e a morfologia de raízes de pepino, sendo este efeito diferenciado entre cultivares.

A cultivar Aodai não sofreu variação na taxa germinativa em função do aumento da concentração de alumínio, enquanto as cultivares Caipira e Marketmore 76 apresentaram germinação reduzida em maiores concentrações.

O comprimento da radícula, em todas as cultivares, reduziu linearmente em função do aumento das concentrações de alumínio, e, observa-se que em maiores concentrações, as radículas apresentam desenvolvimento anormal.

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: Fnp Consultoria e Comércio, 2011. 482 p.

AMARAL, J. A. T.; CORDEIRO, A. T.; RENA, A. B. Efeitos do alumínio, nitrato e amônio sobre a composição de metabólitos nitrogenados e de carboidratos em *Stylosanthes guianensis* e *S. macrocephala*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399p.

DUTRA, L. H.; SCHNEIDER, A. B.; DELATORRE, C. A. Avaliação do efeito da temperatura sobre a tolerância ao Alumínio em aveia branca. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 22., Porto Alegre, 2010. **Livro de resumos...** Porto Alegre: UFRGS, 2010. p. 18-22.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**: princípios e perspectivas. 2.ed. Londrina: Planta, 2006. 403p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, p. 36-41, 2008.

KOCHIAN, L. V.; HOEKENGA, O. A.; PIÑEROS, M. A. How do crop plants tolerate acid soils? Mechanisms of aluminum tolerance and phosphorous efficiency. **Annual**

Review of Plant Physiology and Molecular Biology, v.55, p. 459-493, 2004.

KOSZO, C. R. R.; RINALDI, M. C. S.; BARBEDO, C. J. Germinação de sementes de *Erythrina speciosa* Andr., *Eugenia brasiliensis* Lam. e *Cucumis sativus* L. em meio ácido. **Hoehnea**, v. 34, p. 271-282, 2007.

MA, J. F.; RYAN, P. R.; DELHAIZE, E. Aluminium tolerance in plants and complexing role of organic acids. **Trends in Plant Science**, v. 6, p. 273-278, 2001.

MACEDO, F. L. ; PEDRA, W. N. ; SILVA, S. A. ; BARRETTO, M. C. V. ; SILVA-MANN, R. . Efeito do alumínio em plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), cultivadas em solução nutritiva. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, p. 157-164, 2011.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 1980. p. 251.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London : Academic, p. 674, 1986.

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**, v. 8, p. 843-848, 2003.

NOVAIS, R. F., ALVAREZ V., V. H., BARROS,. N. F., FONTES, R. L. F., CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. 1017p.

OLSSON, B. A.; KELLNER, O. Effects of soil acidification and liming on ground flora establishment after clearfelling of Norway spruce in Sweden. **Forest Ecology and Management**, v. 158, p. 127-139, 2002.

PEREIRA, J. M.; CAMBRAIA, J.; FONSECA JÚNIOR, É. M.; RIBEIRO, C. Efeito do alumínio sobre a absorção, o acúmulo. e o fracionamento do fósforo em sorgo. **Bragantia**, v. 67, n. 4, p. 961-967, 2008.

SOUZA FILHO, A. da S.; DUTRA, S. Germination of seeds of *Calopogonium mucunoides*. **Pasturas Tropicais**, v.20, p.26-30, 1998.

SZYMANSKA, M.; MOLAS, J. The effect of aluminium on early development stages of *Cucumis sativus* L. **Folia Horticulturae**, v.8, p.73- 83, 1996.

VITORELLO, V. A.; CAPALDI, F. R.; STEFANUTO, V. A. Recent advances in aluminium toxicity and resistance in higher plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 17, p. 129-143, 2005.

YAMAMOTO, Y.; KOBAYASHI, Y.; DEVI, S. R.; RIKIISHI, S.; MATSUMOTO, H. Aluminium toxicity is associated with mitochondrial dysfunction and the production of reactive oxygen species in plant cells. **Plant Physiology**, v. 128, p. 63-72, 2002.

