

Desenvolvimento e produtividade de alface americana (*Lactuca sativa* L.) influenciados por alumínio livre no solo.

Silas Maciel de Oliveira⁽¹⁾; Clovis Pierozan Junior⁽²⁾; Paulo Sérgio Pavinato⁽⁴⁾; Robson Kyoshi Ueno⁽³⁾; Marcelo Bridi⁽³⁾; Bruno Cocco Lago⁽²⁾.

⁽¹⁾ Aluno de pós-graduação da Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba- São Paulo. silasmaciel2000@hotmail.com; ⁽²⁾ Aluno de pós-graduação da Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; ⁽³⁾ Aluno de pós-graduação da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO; ⁽⁴⁾ Professor Dr. da Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

RESUMO: O presente estudo foi realizado em Guarapuava, Paraná, com objetivo de avaliar o desenvolvimento e a produtividade de plantas de alface (*Lactuca sativa* L.) cultivar Americana em solo com diferentes saturações de Al^{3+} , cultivada em ambiente protegido. Foram avaliados o comprimento da raiz principal, circunferência da cabeça, massa fresca de folhas e de raiz, massa seca de folhas e de raiz, durante o ciclo da cultura e na colheita. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições. As saturações de Al^{3+} utilizadas foram 0, 20, 40 e 60%. O sistema radicular da alface Americana é muito suscetível aos efeitos tóxicos do alumínio, tolerando no máximo 6,0% de saturação para que não apresente perda de comprimento e/ou acúmulo de massa. A produção da parte aérea da alface Americana mostrou resposta linear negativa ao aumento da saturação por Al^{3+} , não sendo tolerante à presença deste elemento na forma livre no solo.

Termos de indexação: Massa seca; massa fresca; saturação por Al^{3+} .

INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça folhosa mais consumida no mundo (Krause-Sakate et al., 2002) e no Brasil (Sutton et al., 2006). A mesma pode ser cultivada durante todo o ano, e em diferentes regiões do país.

Segundo Ricci et al. (1994), a cultura da alface é muito exigente sobre as características químicas do solo, sendo que a fertilização se constitui no manejo mais oneroso e que melhor responde em termos de produtividade e qualidade final do produto. No Brasil predominam os solos ácidos, que apresentam teores de alumínio (Al) em níveis tóxicos às plantas e baixos teores de cálcio e magnésio trocáveis, características desfavoráveis ao desenvolvimento da maioria das culturas (Nolla et al., 2007). Os solos ácidos encontram-se principalmente nas regiões do Cerrado e Sul, ocupando cerca de 204 milhões de hectares do território nacional (Embrapa, 1999).

A absorção e o acúmulo de Al pela planta afetam células e organelas em nível morfológico, citogenético e fisiológico, prejudicando consideravelmente o estabelecimento, desenvolvimento e a produtividade final da lavoura (Crestani et al., 2009). O sintoma inicial e mais acentuado da toxidez do alumínio é a inibição da expansão celular das raízes (Delhaize & Ryan, 1995). Essa inibição ocasiona a redução e engrossamento do sistema radicular (Nolla et al., 2007). Sendo assim, o efeito direto mais visível da presença do alumínio no solo é a redução do crescimento radicular das plantas, induzindo há um possível estresse hídrico e a deficiências nutricionais pelas plantas (Degenhardt et al., 1998).

Sob estes aspectos, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito de diferentes saturações de Al^{3+} no solo no desenvolvimento das raízes e da parte aérea da alface variedade Americana.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em estufa, na fazenda experimental da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, no campus CEDETEG, em Guarapuava-PR. Foram testadas três saturações de Al^{3+} no solo (m%= 20; 40; 60) além da testemunha em que o solo não apresentava teores de Al^{3+} (m%=0). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições.

O solo utilizado foi homogeneizado para garantir uma uniformidade, sendo posteriormente coletada uma amostra e enviada para análise química de macronutrientes (**Tabela 1**). O pH em $CaCl_2$ estava relativamente baixo, porém não foi realizada nenhuma correção do mesmo para manter a solubilidade existente do Al^{3+} com o pH neste nível. De acordo com a análise, o solo apresentava teores adequados de K^+ e Mg^{2+} , sendo assim não foram realizadas correções para esses nutrientes, apenas adubação de manutenção. O solo apresentava deficiência de Ca^{2+} e de P, o primeiro não foi corrigido devido ao efeito de alcalinização do solo

que a calagem provocaria, e do efeito neutralizador de Al^{3+} caso fosse feita a utilização de gesso agrícola.

Tabela 1: Análise química do solo antes da aplicação dos tratamentos com saturações por Al^{3+} . Guarapuava, 2010.

pH	M.O.	P	CTC	Sat. Bases
($CaCl_2$)	gdm^{-3}	$mgdm^{-3}$	pH 7,0	V%
5	44,3	2,6	9,73	47,7
K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}	$H^+ + Al^3$
----- $cmol_c dm^{-3}$ -----				
0,44	2,1	2,1	0	5,09

Nota: Extrator utilizado foi o mehlich 3.

O P foi corrigido com Super Fosfato Triplo (SFT) até que se atingisse um teor de $10 mg dm^{-3}$ de solo. A fonte de Al^{3+} utilizada foi o Cloreto de Alumínio hexahidratado com 11% de Al^{3+} , tal fonte foi a mesma utilizada por Portaluppi et al. (2010) em cultivo hidropônico. Em seu experimento foi verificado que há relação direta do cultivo hidropônico com Cloreto de Alumínio hexahidratado e com o cultivo a campo com elevado teor natural de Al^{3+} . Foram calculadas as doses para elevar a saturação por Al^{3+} (m%) para 20, 40 e 60% da CTC efetiva do solo.

As unidades experimentais foram constituídas de vasos plásticos pretos, com capacidade de $14 dm^3$. Inicialmente, as sementes da cultivar de alface Americana repolhuda foram semeadas em substrato para hortaliças, em bandejas de isopor de 128 células. Oito dias após a emergência das plantas, três mudas foram transplantadas para os vasos contendo $12 dm^3$ de solo com os tratamentos previamente aplicados, sendo que cada vaso correspondia a uma repetição. No momento do transplante as mudas de alface mediam em média 7 cm de altura. A adubação de manutenção foi realizada uma semana após o transplante das mudas, utilizando-se de $90 kg ha^{-1}$ de P_2O_5 , $70 kg ha^{-1}$ de K_2O e $100 kg ha^{-1}$ de N.

Foram avaliados comprimento da raiz principal aos 19 e 70 DAT, circunferência da cabeça aos 51 e 70 DAT, a massa fresca (MF) de folhas, e MS de folhas aos 19, 49 e 70 DAT, MF e MS de raiz aos 19 e 70 DAT. Em cada análise destrutiva (comprimento da raiz principal, MF, MS) foi utilizada uma das plantas do vaso, sobrando apenas uma para o momento da colheita.

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise estatística pelo programa Sisvar[®], e, quando verificada diferença significativa entre os tratamentos ($P < 0,05$) os resultados foram submetidos à análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todas as avaliações morfológicas os caracteres analisados apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos. O comprimento da raiz principal foi avaliado duas vezes, uma no início do ciclo (19 DAT), e uma na colheita (70 DAT), devido ao fato das plantas estarem semeadas em um só vaso, inviabilizando uma avaliação das raízes na metade do ciclo devido à possibilidade de danos às demais plantas. Para esta característica foi verificado um menor alongamento da raiz principal com o aumento da saturação por Al^{3+} (Figura 1).

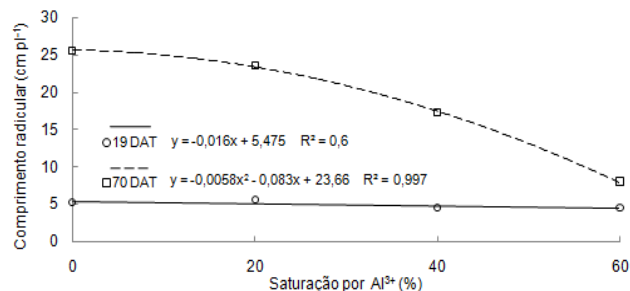


Figura 1: Comprimento da raiz principal da alface Americana aos 19 e aos 70 DAT, sob diferentes saturações por Al^{3+} no solo.

Na avaliação realizada 19 DAT os valores médios para o comprimento da raiz principal foram de 5,25; 5,5; 4,5 e 4,5 cm para os tratamentos 0%, 20%, 40% e 60% de saturação de Al^{3+} , mostrando dessa maneira que, mesmo pequeno, houve efeito expressivo da saturação por Al^{3+} no desenvolvimento inicial das raízes. Aos 70 DAT, o ajuste quadrático da curva sugere que a alface não suporta saturação por Al^{3+} , pois o crescimento do sistema radicular da cultura é afetado negativamente com o aumento do alumínio livre no solo.

Foram realizadas duas avaliações da circunferência da cabeça, sendo que, tanto aos 49 DAT quanto na colheita (70 DAT) houve correlação negativa entre circunferência e saturação por Al^{3+} no solo (Figura 2), significando que, já na saturação de 20% de Al^{3+} houve redução expressiva na circunferência da cabeça. Na colheita, mesmo utilizando-se o ajuste quadrático, o ponto de máxima eficiência encontra-se na saturação 0%, sendo que, houve redução média de cerca de 12% entre a

saturação 0% e 20%, mostrando que para esta característica a presença de Al^{3+} no solo é prejudicial as plantas, sendo agravado em saturações superiores a 20%.

Tendo em vista, que um balanço adequado de nutrientes no solo, contribui para um maior crescimento das raízes, e conseqüentemente maior absorção de nutrientes e crescimento da parte aérea, com a alta presença Al^{3+} livre ocorre a interferência na disponibilidade dos demais nutrientes catiônicos, como o K, Ca e Mg, exercendo efeito negativo sobre as plantas cultivadas neste solo.

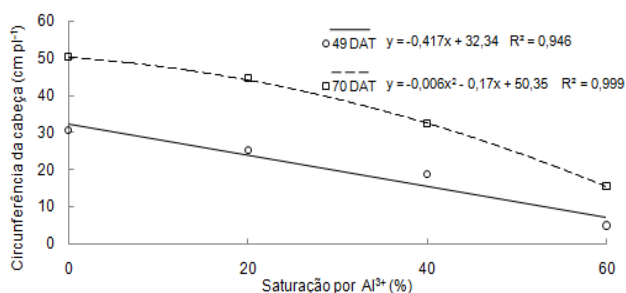


Figura 2: Circunferência de cabeça de alface Americana aos 49 e 70 DAT, cultivadas sob diferentes saturações por Al^{3+} no solo.

A MF e MS de raiz (**Figuras 3a e 3b**), nas duas análises realizadas, decresceram com o aumento da concentração de Al^{3+} no solo, tendo o modelo quadrático como ajuste da curva de tendência. As duas características apresentam curva semelhante, sendo que aos 70 DAT a MF das raízes da alface apresentou tolerância até 6,0% de saturação Al^{3+} no solo, a partir daí começou a perder produção de MF. Já para a MS das raízes a tolerância à saturação Al^{3+} foi até 29%, reduzindo a produção com maior saturação. Esse comportamento da MF da raiz assemelha-se ao do comprimento da raiz principal (**Figura 1**).

Isso significa que nas saturações próximas a 0%, as raízes apresentam maior proporção de tecidos mais tenros, em relação a saturações maiores, o que permite a maior elongação das raízes, maior quantidade de tecidos jovens, favorecendo a absorção de água e nutrientes. Nota-se também que para o comprimento radicular a tolerância ao Al^{3+} foi menor que para o acúmulo de MS, sugerindo que houve engrossamento radicular com o aumento da saturação.

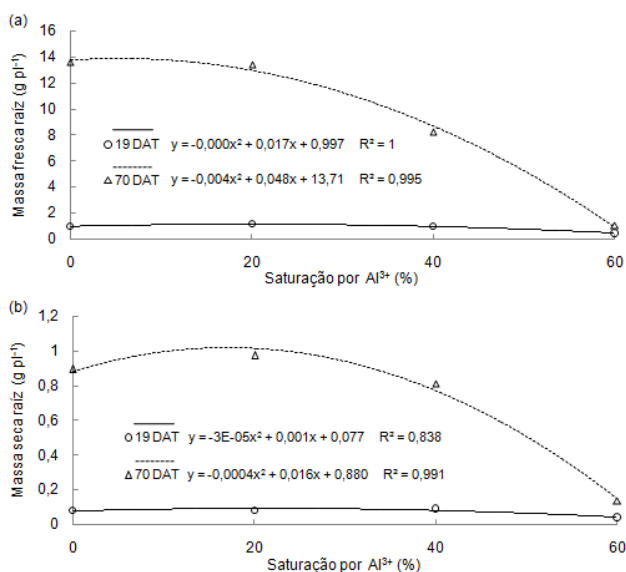


Figura 3: Massa fresca (a) e massa seca (b) de raiz de alface Americana aos 19 e 70 DAT, cultivadas sob diferentes saturações por Al^{3+} no solo.

Na **Figura 4 (a e b)** estão representadas respectivamente a MF e MS das da parte aérea da alface Americana. É evidente que os dois fatores são desfavorecidos pelo aumento da saturação por Al^{3+} no solo, pois o ajuste linear da curva de tendência aponta para uma maior produção nas saturações 0%, especialmente tratando-se da MF das folhas, fato esse que provavelmente é provocado pela maior MF das raízes nas saturações mais baixas, favorecendo a absorção radicular de água.

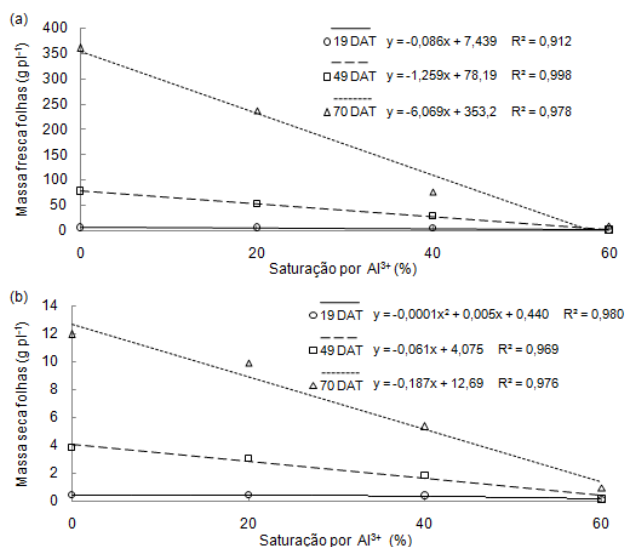


Figura 4: Massa fresca (a) e massa seca (b) da parte aérea de alface Americana aos 19, 49 e aos 70 DAT, cultivadas sob diferentes saturações por Al^{3+} no solo.



Em trabalho realizado por Pereira et al. (2003), mostra que, em condições de estresse como o provocado no experimento, as plantas tenderem a translocar grandes quantidades de fotoassimilados para as raízes, em detrimento a parte aérea. Marschner et al. (1996), em experimento realizado com particionamento de fotoassimilados raiz/parte aérea, relatam que a deficiência de nutrientes pode acarretar uma maior translocação de fotoassimilados das folhas fontes para órgãos deficientes.

CONCLUSÕES

O sistema radicular da alface Americana é muito suscetível aos efeitos tóxicos do alumínio, tolerando no máximo 6,0% de saturação para que não presente perda de comprimento e/ou acúmulo de massa.

A produção da parte aérea da alface Americana mostrou resposta linear negativa ao aumento da saturação por Al^{+3} , não sendo tolerante à presença deste elemento na forma livre no solo.

REFERÊNCIAS

- CRESTANI, M.; CARVALHO, F. I.; OLIVEIRA, A. C.; ET AL. Aluminum stress in black oat cultivars under hydroponic conditions. *Bragantia*, v. 68, n. 3, p. 639–649, 2009.
- DEGENHARDT, J.; LARSEN, P.B.; HOWELL, S.H. Aluminum resistance in the *Arabidopsis* mutant *alr-104* is caused by an aluminum-induced increase in rhizosphere pH. *Plant Physiology*, v. 117, n. 1, p. 19-27, 1998
- DELHAIZE, E.; RYAN, P. R. Aluminum toxicity and tolerance in plants. *Plant Physiology*, v. 107, n. 2, p. 315–322, 1995.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Alface. Embrapa Hortaliças. Disponível em: <http://www.cnpq.embrapa.br/paginas/dicas_ao_consumidor/alface.htm> Acesso em: 10 junho de 2010.
- KRAUSE-SAKATE, R.; LE GALL, O.; FAKHFAKH, H.; PEYPELUT, M.; MARRAKCHI, M.; VARVERI, C.; PAVAN, M. A.; SOUCHE, S.; LOT, H.; ZERBINI, F. M.; CANDRESSE, T. Molecular characterization of Lettuce mosaic virus field isolates reveals a distinct and widespread type of resistancebreaking isolate: LMV-Most. *Phytopathology*, St. Paul, v. 92, n. 5, p. 563-572, 2002.
- MARSCHNER, H.; KIRBBY, E. A.; ÇAKMAK, I. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photoassimilates and cycling of mineral nutrients. *Journal of Experimental Botany*, v. 47, Special Issue, p. 1255-1263, 1996.
- NOLLA, A.; SCHLINDWEIN, J. A.; ANGHINONI, I. Crescimento, morfologia radicular e liberação de compostos orgânicos por plântulas de soja em função da atividade de alumínio na solução do solo de campo natural. *Ciência Rural*, v. 37, n. 1, 2007.
- PEREIRA, W. E.; de SIQUEIRA, D. L.; PUIATTI, M.; MARTÍNEZ, C. A.; SALOMÃO, L. C. C.; CECON, P. R. Growth of citrus rootstocks under aluminium stress in hydroponics. *Scientia Agricola*, v. 60, n. 1, p. 31-41, 2003.
- RICCI, M. S. F.; CASALI, D. W. V.; CARDOSO, A. A.; RUIZ, H. A. Produção de alfaces adubadas com composto orgânico. *Revista de Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 12, n. 1, p. 56-58, 1994.
- SUTTON J. C.; LIU, W.; MA, J.; BROWN, W. G.; STEWART, J. F.; WALKER, G. D. Evaluation of the fungal endophyte *Clonostachys rosea* as an inoculant to enhance growth, fitness and productivity of crop plants. *Acta Horticulturae*, v. 782, p. 279-286, 2008.