



Fósforo em mudas de alface submetidas à toxidez de alumínio.

Aglaire Cardoso Alves⁽¹⁾; **Fábio Nascimento de Jesus**⁽²⁾; **Anacleto Ranulfo dos Santos**⁽³⁾.

⁽¹⁾ Pós-graduando em Agronomia (Solos e qualidade de ecossistemas) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas-BA; agro.aglaire@yahoo.com.br; ⁽²⁾ Pós-graduando em Agronomia (Ciências Agrárias) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas-BA; fabiorock222@yahoo.com.br; ⁽³⁾ Professor Doutor do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas-BA; anacleto@ufrb.com.br

RESUMO: A presença do alumínio no solo pode prejudicar o aproveitamento do fósforo por mudas de alface. Diante deste contexto realizou-se o experimento como objetivo avaliar o crescimento e rendimento de massa seca de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas ao fósforo na ausência e presença de alumínio. O experimento foi conduzido casa de vegetação no Campus da UFRB. As mudas foram cultivadas durante 30 dias em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, em esquema fatorial 2 x 2, duas concentrações de fósforo (0,0 e 31,0 mg L⁻¹) e duas concentrações de alumínio (0,0 e 13,5 mg L⁻¹), totalizando 4 tratamentos. Aos 30 dias foram coletados dados de crescimento e rendimento de massa seca nos diferentes componentes da planta. Os resultados obtidos mostraram houve diferenças significativas ($p \leq 0,05$) para todas as variáveis em relação a interação entre fósforo e alumínio. Sendo verificado que a presença do alumínio inibe o crescimento de mudas de alface.

Termos de indexação: *Lactuca sativa* L.; Dinâmica de nutrientes; solução nutritiva.

INTRODUÇÃO

O alface (*Lactuca sativa* L.), pertencente à família Asteraceae, é uma das hortaliças mais importantes do Brasil, segundo Pontes, (2006) a cultura gera cinco mil empregos diretos por hectare, abrigando em torno de 150 mil trabalhadores rurais na cadeia. Evidenciando desta forma, a importância social e econômica desta cultura.

O alface é uma hortaliça muito exigente no nutriente fósforo, principalmente na fase final de seu ciclo (Kano et al, 2012), de acordo com Taiz & Zeiger, (2006) o P é componente importante na fotossíntese, respiração e participa na formação de nucleotídeos e de fosfolípidios presentes nas membranas.

O alumínio em sua forma trocável (Al³⁺) é um dos fatores limitantes de maior influência à produção vegetal, sendo a parte compreendida entre a região meristemática e de alongação das raízes a que

parece ser a mais sensível à ação desse íon. O Al³⁺ altera as propriedades da parede e da plasmalema, pois afeta o sistema de carregadores de nutrientes, problemas que resultam na inibição da alongação celular do eixo principal, tornando as raízes mais grossas e pouco funcionais (Marcelino N. L. C, 2011).

O alumínio pode prejudicar a absorção de fósforo de duas formas: reduzindo o crescimento do sistema radicular (Foy, 1976) e ligando-se ao fósforo, tanto na superfície quanto no interior das células, formando compostos de baixa solubilidade (Clarkson, 1966).

Diante disso, o experimento foi realizado com o objetivo avaliar o crescimento da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) em função de diferentes doses de fósforo na ausência e presença de alumínio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia em casa de vegetação no período de maio à junho de 2012. A espécie utilizada foi *Lactuca sativa* L. As mudas foram produzidas a partir de sementes, em bandejas de polietileno, utilizando-se como substrato areia lavada + composto orgânico na proporção 2:1, onde as plântulas foram mantidas durante duas semanas.

Após esse período as mudas foram selecionadas de acordo com a uniformidade e transplantadas para vasos com capacidade para 3 dcm³, contendo areia como substrato. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições, em esquema fatorial 2 X 2, duas concentrações de fósforo (0,0 e 31,0 mg L⁻¹) e duas concentrações de alumínio (0,0 e 13,5 mg L⁻¹), totalizando 4 tratamentos (**Tabela 1**). Sendo cada parcela experimental constituída por uma planta.

Aos 30 dias o experimento foi coletado dados de crescimento, sendo constituídos das seguintes variáveis: altura da parte aérea, comprimento e volume de raiz, diâmetro da haste e número de folhas com a utilização de régua, proveta graduada, paquímetro e contagem direta. Foram coletados dados de teores de clorofila a e b (ICF – Índice de

Clorofila Folker) utilizando o medidor eletrônico de teor de clorofila Falker modelo-CFL1030 e coletados dados de área foliar com a utilização de medidor portátil de área foliar ADC modelo AM-300.

As mudas foram secas em estufa de circulação de ar forçada a 65° C até alcançarem massa constante, para quantificação do rendimento de massa seca nos diferentes componentes da planta, utilizando-se de uma balança analítica com precisão de três casas.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância com significância ($P < 0,05$) sendo realizado o teste de médias (Tukey 5%), empregando o programa estatístico SISVAR® 5.3 (Ferreira, 2008).

Tabela 1. Volume (ml) das soluções estoque para formar 1 L de solução nutritiva modificada de Hoagland & Arnon (1950). Utilizando diferentes dosagens de Potássio, conforme os respectivos tratamentos.

Solução Estoque (concentração)	Trat. (0 mg/L)	Trat. (117 mg/L)	Trat. (234 mg/L)	Trat. (351 mg/L)
KH ₂ PO ₄ (1M)	-	-	1	1
NH ₄ PO ₄ (1M)	1	1	-	-
NH ₄ NO ₃ (1M)	7	7	5	5
KCl (1M)	-	3	5	8
CaCl (1M)	5	5	5	5
MgSO ₄ (1M)	2	2	2	2
KNO ₃ (1M)	-	-	5	5
Ferro-EDTA*	1	1	1	1
Micronutrientes**	1	1	1	1

*Solução de Ferro-EDTA: Serão dissolvidos 26,1 g de EDTA dissódico em 286 ml de NaOH 1N + 24,9g de FeSO₄.7H₂O e aerado por uma noite.

**Solução de micronutrientes (g/l): H₃B₃O₃ = 2,86; MnCl₂ 4H₂O = 1,81; ZnCl₂ = 0,10; CuCl₂ = 0,04; H₂MoO₄ H₂O = 0,02.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A **tabela 2** mostra o resumo da análise de variância com os respectivos quadrados médios para avaliar o efeito do fósforo sob mudas de alface submetidas à toxidez de alumínio. A análise revelou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) para todas as variáveis em relação a interação entre fósforo e alumínio.

Houve um incremento na altura das mudas de alface que foram supridas com fósforo tanto na presença (11,18 cm) quanto na ausência de alumínio (18,48 cm), no entanto pode-se perceber que na ausência de alumínio as mudas responderam de forma mais significativa a aplicação do fósforo sendo verificado um incremento de

aproximadamente 40 % na altura dessas mudas quando comparadas as supridas com fósforo na presença de alumínio (**Tabela 3**).

Com relação ao diâmetro verificou-se o mesmo comportamento, a presença do alumínio na solução representou reduções nesta variável, tanto nas mudas onde o fósforo foi aplicado (0,30 mm) quanto nas que não foram supridas com esse nutriente (0,34 mm). A presença do alumínio ocasionou reduções de 28,6 e 30,6 % no diâmetro da haste das mudas de alface na presença e ausência do fósforo, respectivamente (**Tabela 3**).

Mattiello et al, (2008) observaram em trabalho com plantas de café sob influência do alumínio em solução, que as plantas cultivadas nas maiores doses de Al³⁺ apresentaram menor crescimento da parte aérea e da raiz. De acordo com o autor o Al acumula-se preferencialmente no sistema radicular das plantas, como consequência, ocorre um crescimento e desenvolvimento mais lento das plantas.

Houve uma elevação no número de folhas das mudas supridas com fósforo tanto na presença (5 folhas) quanto na ausência de alumínio (7 folhas), sendo possível verificar reduções de aproximadamente 18% no número de folhas das mudas não supridas com fósforo na ausência de alumínio (5,75 folhas) e de 25 % na presença de alumínio (3,75 folhas) (**Tabela 3**).

Este resultado se reflete diretamente na área foliar e na massa seca da parte aérea que apresentaram o mesmo comportamento sendo possível perceber que na ausência de alumínio as mudas responderam de forma mais significativa a aplicação do fósforo sendo verificados incrementos de aproximadamente 49 e 58 % na área foliar e massa seca de parte aérea respectivamente, das mudas supridas com fósforo na ausência de alumínio (área foliar – 132,95 cm²; Massa seca de PA – 0,76 g) quando comparadas as supridas com o nutriente na presença de alumínio (área foliar – 67,48 cm²; Massa seca de PA – 0,32 g) (**Tabela 3**).

A carência do P reduz o número de folhas, promove a senescência precoce das folhas mais velhas (SANCHEZ, 2007). O baixo suprimento de fósforo resulta na diminuição da área foliar, podendo interferir diretamente nas taxas fotossintéticas. Malavolta et al. (1997).

Os teores de clorofila *a* e *b*, das mudas de alface também responderam de forma significativa ao suprimento de fósforo tanto na presença (*a* - 16,15 ICF e *b* – 4,64 ICF) quanto na ausência de alumínio (*a* – 17,75 ICF e *b* – 5,47 ICF), no entanto foi possível constatar incrementos nos teores de clorofila *a* e *b* de 9 e 15 % respectivamente, com o suprimento de fósforo na ausência de alumínio



quando se comparou as mudas submetidas a esse tratamento com as supridas com o nutriente na presença do alumínio. Evidenciando que o alumínio restringiu o aproveitamento do fósforo pelas mudas de alface (**Tabela 3**).

Paliwal & Sivaguru (1994) verificaram um decréscimo significativo nos teores de clorofila em cultivares de arroz na presença de alumínio. Por outro lado, Codognotto et al, 2002, em experimento sobre influência do alumínio nos teores de clorofila em plântulas de feijão-mungo e labe-labe, não verificaram efeito significativo da presença do alumínio nos teores de clorofila.

Nas raízes pode-se verificar que o suprimento de fósforo favoreceu o rendimento de massa seca das raízes tanto na presença (0,07 g) quanto na ausência de alumínio (0,17 g) porém verificou-se que o fósforo na ausência foi melhor aproveitado promovendo um incremento de aproximadamente 59 % na massa seca das raízes quando comparado ao suprimento do nutriente na presença de alumínio (**Tabela 3**). Quanto ao volume e comprimento de raízes pode-se perceber que a presença do fósforo promoveu incrementos de em torno de 19 e 45 % respectivamente, nestes parâmetros na ausência de alumínio (comprimento de raiz – 11,62 cm e volume de raiz – 16,25 cm³), não sendo constatadas diferenças significativas entre as mudas supridas com fósforo e as onde o nutriente não foi aplicado na presença de alumínio em ambos os parâmetros (**Tabela 3**).

Segundo Mattiello et al, (2008), plantas com o maior teor de matéria seca podem ser menos afetadas pela presença do Al³⁺, já que as mesmas apresentam maior disponibilidade de carboidratos e possibilidade de produção de ácidos orgânicos que complexam Al³⁺, minimizando os efeitos deste elemento.

CONCLUSÕES

A presença do alumínio inibe o crescimento de mudas de alface.

As mudas supridas com fósforo apresentam melhor desenvolvimento na ausência de alumínio.

A presença do alumínio reduz o aproveitamento do fósforo pelas mudas de alface.

REFERÊNCIAS

CLARKSON, D.T. Effect of aluminum on the uptake and metabolism of phosphorus by barley seedlings. **Plant Physiology, Rockville**, v.41, p.65-72, 1966.

CODOGNOTTO, L. M.; SANTOS, D. M. M.; LEITE, I. C.; MARIN, A.; MADALENO, L. L.; KOBORI, N. N.;

BANZATTO, D. A. Efeito do alumínio nos teores de clorofilas de feijão-mungo e labe-labe. **Revista Ecosistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 27, n. 1/2, p. 2730, 2002.

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

FOY, C.D. Differential aluminum and manganese tolerances of plant species and varieties in acid soils. **Ciência e Cultura**, v.28, p.150-155, 1976.

KANO, C.; CARDOSO, A. I. I.; BOAS, R. L. V. Acúmulo de nutrientes e resposta da alface à adubação fosfatada. **Revista Biotemas**, 25 (3), 39-47, setembro de 2012.

HOAGLAND, D. R. & J. P. ARNON. 1950. The water culture method for growing plants without soils. **California Agricultural Experimental Station**, Berkeley. 347 p.

MALAVOLTA, E; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2. ed. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997, 319p

MARCELINO N. L. C. **Influência de diferentes dosagens de calcário no teor de Ca, Mg E Al em solo argiloso e arenoso**; 2011. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/>>. Acessado em: 13/07/2011.

Mattiello, E.M.; Pereira, M.G.; Zonta, E.; Mauri, J.; Mattiello, J. D.; Meireles, P. G. e Silva, I.R. (2008) - Produção de matéria seca, crescimento radicular e absorção de cálcio, fósforo e alumínio por *Coffea canephora* e *Coffea arabica* sob influência da atividade do alumínio em solução. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32, 1/6: 425-434.

PALIWAL, K.; SIVAGURU, M. Indiferent effects of aluminum on the reflectance properties of rice cultivars differing in aluminum tolerance. **Journal of Plant Nutrition**, v. 17, n.6, p.883-897, 1994.

PONTES, A. Mercado de sementes de hortaliças no Brasil. In: CURSO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SEMENTES DE HORTALIÇAS, 6., 2006, Brasília. **Palestras...** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2006. CD-ROM.

SANCHEZ, C. A. Phosphorus. In: BARKER, A.V.; PILBEAM, D.J. (eds). **Handbook of plant nutrition**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2007, p.51-90.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 4. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2006, 719p.

Tabela 2: Resumo da análise de variância (*) com respectivos quadrados médios para as variáveis de altura (ALT), diâmetro da haste (DIAM), número de folhas (NF), teores de Clorofila a (CL a) e b (CL b), massa seca da haste (MSH), massa seca da folha (MSF), massa seca da raiz (MSR), área foliar (AF), volume de raiz (VLR) e comprimento de raiz (CMR) em mudas de girassol em função de doses de potássio, Cruz das Almas, 2013.

FV	ALT	DIA	NF	CL a	CL b	MPA	MSR	AF	VLR	CMR
Quadrados Médios										
P	132,25**	0,01**	6,25**	49,70**	5,11**	0,35**	0,01**	7464,96**	72,25**	7,70**
AL	91,20**	0,07**	16,00**	14,63**	3,28**	0,36**	0,03**	12904,96**	90,25**	42,57**
P*AL	25,50**	0,00**	0,00**	0,39*	0,02*	0,07**	0,00**	301,02**	36,00**	2,97**
Erro	0,26	0,00	0,21	0,72	0,03	0,00	0,00	48,85	2,04	0,70
CV (%)	4,26	6,79	8,49	5,57	4,45	7,20	13,24	8,89	13,94	9,40

** e * Significativo a 1% e a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns Não significativo.

Tabela 3: Médias da altura, diâmetro, número de folhas, clorofila a e b, área foliar, massa seca de parte aérea, de raiz, além do volume e comprimento de raízes de mudas de alface submetidas ao fósforo na presença e ausência do alumínio. Cruz das Almas, Bahia. 2013.

Doses de P (mg L ⁻¹)	Altura (cm)		Diâmetro (cm)		N° de folhas		Clorofila a (ICF)		Clorofila b (ICF)	
	0	13,5	0	13,5	0	13,5	0	13,5	0	13,5
0	10,20 Ba	7,95 Bb	0,42 Ba	0,30 Bb	5,75 Ba	3,75 Bb	14,54 Ba	12,31 Bb	4,41 Ba	3,44 Bb
31	18,48 Aa	11,18 Ab	0,49 Aa	0,34 Ab	7,00 Aa	5,00 Ab	17,75 Aa	16,15 Ab	5,47 Aa	4,64 Ab

Doses de P (mg L ⁻¹)	Área Foliar (cm ²)		Massa seca PA (g)		Massa seca Raiz (g)		Comp Raiz (cm)		Volume Raiz (cm ³)	
	0	13,5	0	13,5	0	13,5	0	13,5	0	13,5
0	81,08 Ba	32,95 Bb	0,33 Ba	0,16 Bb	0,09 Ba	0,03 Bb	9,37 Ba	6,97 Ab	9,00 Ba	7,25 Ab
31	132,95 Aa	67,48 Ab	0,76 Aa	0,32 Ab	0,17 Aa	0,07 Ab	11,62 Aa	7,50 Ab	16,25 Aa	8,50 Ab

*Letras maiúsculas comparam o efeito das doses de fósforo dentro de cada dose de alumínio. Letras minúsculas comparam o efeito do alumínio dentro de cada dose de fósforo. Letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Turkey a 5% de probabilidade.