



Respostas dos teores e conteúdos de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ e Cl^- em *Atriplex nummularia* sob estresses abióticos⁽¹⁾.

Hidelblandi Farias de Melo⁽²⁾; Arthur Evaristo Clemente dos Santos⁽³⁾; Edivan Rodrigues de Souza⁽⁴⁾; Brivaldo Gomes de Almeida⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com o apoio financeiro do CNPq; ⁽²⁾ Primeiro Autor é doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciências do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, s/n, Dois Irmãos, Recife-PE, CEP 52171-900. E-mail: hidelfarias@gmail.com. ⁽³⁾ Terceiro Autor é graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental pelo Departamento de Tecnologia Rural da Universidade Federal Rural de Pernambuco. E-mail: evaristo240@hotmail.com.

⁽⁴⁾ Terceiro Autor é Professor Adjunto do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Apoio financeiro: CNPq. E-mail: edivanrs@hotmail.com. ⁽⁵⁾ Terceiro Autor é Professor Adjunto do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Apoio financeiro: CNPq. E-mail: brivaldoalmeida@gmail.com

RESUMO: A *Atriplex nummularia* é uma halófito de grande importância na recuperação de solos salinos e é bastante utilizada como planta modelo em condições bioassalinas. Objetivou-se avaliar os teores das bases Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ e de Cl^- em folha, caule e raiz de *A. nummularia* cultivada sob estresses hídrico e salino, bem como o conteúdo extraído por planta 100 dias após o transplante. As plantas foram cultivadas em Neossolo Flúvico, adotando-se duas umidades: 37 e 70% da capacidade de campo e irrigadas com soluções salinas com duas fontes de sais (NaCl e uma mistura de NaCl , KCl , MgCl_2 e CaCl_2), produzidas em seis condutividades elétricas: 0; 5; 10; 20; 30 e 40 dS m^{-1} , em arranjo fatorial $6 \times 2 \times 2$ com 4 repetições, totalizando 96 parcelas. As plantas foram fracionadas em folhas e caule; moídas, submetidas a digestão nitroperclórica e determinados os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ e Cl^- . Os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+ foram maiores para todos os níveis de salinidade nas plantas sob maior umidade, como resposta ao maior incremento de sais via irrigação. Nas folhas, os teores de Na^+ , K^+ e Cl^- consideravelmente maiores que no caule. Enquanto que, no caule, os teores foram crescentes para Cl^- , Na^+ e K^+ , sendo maiores nas plantas sob maior umidade. O aumento da salinidade reduziu o conteúdo de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ e Cl^- em todos os tratamentos como resultado da redução da produção de biomassa em resposta às maiores condutividades elétricas.

Termos de indexação: extração de sais, estado nutricional, halófitas, semiárido brasileiro.

INTRODUÇÃO

As plantas pertencentes à família das Chenopodiaceae são bem adaptadas aos estresses salino e hídrico e podem servir como alternativa para a produção de biomassa palatável em regiões

áridas, onde as condições ambientais são desfavoráveis para a maioria das culturas (Silveira et al., 2009; Glenn et al., 2012; Nedjimi, 2014; De Souza et al., 2014). Dentro desta família, as plantas pertencentes ao gênero *Atriplex*, com destaque para a *Atriplex nummularia*, tornaram-se alvos de muitas pesquisas envolvendo tolerância à salinidade e à seca (Nedjimi, 2014; Walker et al., 2014).

Além de sua característica fitoacumuladora, outros fatores que levam a *Atriplex nummularia* a ser indicada na dieta de ruminantes têm sido seus altos teores de S, Mg, Ca e P, além de seu valor como fonte palatável de minerais, antioxidantes e proteínas (Ben Salem et al., 2010; De Souza et al. 2011).

Pesquisas envolvendo condições controladas de salinidade, como as realizadas por Khedr et al. (2011); Bouchenak et al. (2012); Glenn et al. (2012) e Nedjimi (2014), utilizam NaCl para a elaboração de seus tratamentos salinos, promovendo condições diferentes das encontradas pelas plantas em campo.

Portanto, há necessidade de pesquisas que abordem o estresse salino com soluções elaboradas a partir de outros tipos de sais e espécies iônicas, simulando as reais condições encontradas pelas plantas na água de irrigação ou na solução do solo (Matinzadeh et al., 2013; Belkheiri & Mulas, 2013; Walker et al., 2014).

O objetivo do presente trabalho é avaliar variações na cumulação de íons por intermédio da quantificação dos teores e conteúdos encontrados na parte aérea das plantas de *Atriplex* cultivada em condições de estresse hídrico e salino.

MATERIAL E MÉTODOS

O solo utilizado no experimento foi coletado no Município de Pesqueira - PE, na profundidade de 0-30 cm e classificado como NEOSSOLO FLÚVICO (EMBRAPA, 2013), sem problemas de salinidade e



sodicidade. Posteriormente, o solo foi seco ao ar, destorroado, homogeneizado e passado em peneira de 4 mm, conservando-se assim seus microagregados.

O experimento foi realizado em casa de vegetação num período de 100 dias. Foram cultivadas plantas de *Atriplex nummularia* em vasos com capacidade para dez quilogramas de solo, sendo uma planta por vaso.

Após o transplântio, as plantas foram submetidas a duas umidades gravimétricas do solo: 0,17 g g⁻¹ (-0,06 MPa), referente a 70% da capacidade de campo do solo; e 0,09 g g⁻¹ (-0,52 MPa), referente a 37% da capacidade de campo. A escolha das umidades baseou-se na curva característica de retenção de água no solo.

As águas utilizadas para a irrigação das plantas foram confeccionadas em laboratório e provenientes de duas fontes distintas de sais. Uma foi composta apenas por NaCl e outra por uma mistura de sais em proporções semelhantes às encontradas em campo. Estas foram confeccionadas em seis valores de condutividade elétrica: 0;5;10;20;30 e 40 dS m⁻¹ (Belkheiri & Mulas, 2011; Silveira et al., 2009).

Inicialmente, as plantas foram irrigadas durante 20 dias apenas com água destilada, realizando-se elevação gradual da condutividade elétrica para evitar choque osmótico nas plantas transplantadas.

Durante todo o experimento, a umidade nos vasos foi mantida mediante pesagens realizadas todos os dias, sempre aos fins de tarde, para o equilíbrio da umidade desejada, sem a possibilidade de perdas por evaporação.

Aos 100 dias após o transplântio (DAT) as plantas foram cortadas na altura próxima à superfície do solo, e fracionadas em folhas e caules, sendo pesadas e determinadas suas massas fresca.

Para obtenção da massa seca, as folhas e caules foram acondicionadas em embalagem de papel e colocadas em estufa de circulação forçada (65 °C), até adquirem peso constante.

As folhas e caules foram moídas em moinho tipo Willey e realizada a digestão nitroperclórica (Silva, 2008). Foram determinados os teores de Na⁺ e K⁺ por fotometria de emissão de chama; sendo os teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ por absorção atômica de chamas. O cloreto foi determinado a partir da extração em água e titulação com nitrato de prata (Malavolta et al., 1989).

Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro blocos em arranjo fatorial triplo 2 x 2 x 6, sendo duas umidades do solo (37% e 70% da capacidade campo), duas fontes de sais e seis

níveis de condutividade elétrica (0; 5; 10; 20;30; 40 dS m⁻¹).

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e ajustes de modelos de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados para os teores e conteúdos dos íons avaliados não apresentaram ajustes de regressões com coeficientes de determinações satisfatórios, sendo melhor representados em tabelas. Os tratamentos que apresentaram diferença entre as umidades estão apresentados nas colunas de 70 e 37%, para os teores (**Tabela 1**), e entre as fontes de sal, nas colunas NaCl e mistura, para os conteúdos (**Tabela 2**).

Os teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ nas folhas de *Atriplex nummularia* não apresentaram variações significantes entre as fontes de sal, apenas entre as umidades (**Tabela 1**). Comportamento semelhante pode observado para a redução da umidade ou elevação nos níveis de salinidade.

Os maiores teores foram dos íons Cl⁻, Na⁺ e K⁺, respectivamente. Para estes, as plantas apresentaram respostas positivas à salinidade, tendo seus teores elevados com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação. Enquanto que, a maior umidade do solo promoveu os maiores teores, devido ao maior incremento de sais via irrigação.

Mesmo altos, maiores teores de Cl⁻ em resposta ao aumento da salinidade em plantas de *Atriplex nummularia* podem ser encontrados em trabalhos como De Souza et al. (2012) e Nedjimi et al. (2014).

De comportamento análogo, no caule, os íons Cl⁻, Na⁺ e K⁺ foram maiores com o aumento da salinidade e da umidade do solo (**Tabela 1**).

As plantas submetidas à 70% da capacidade de campo apresentaram maiores teores em comparação àquelas sob estresse hídrico. O estresse hídrico reduziu o teor de todos os elementos no caule, com exceção do cálcio, que foi mais elevado para os primeiros níveis de CE.

Com base nos valores de massa seca e dos teores dos elementos nas três frações da planta, foram estimados os conteúdos de Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ e Cl⁻, que reduziram com o aumento da salinidade (**Tabela 2**). Esta redução nos conteúdos foi encontrada como resposta à redução da produção de biomassa, característica para plantas cultivadas sob condutividade elétrica muito elevada. Esta redução principalmente para Na⁺ e Cl⁻, que apresentaram os maiores teores em toda planta em relação a todos os elementos avaliados (Belkheiri & Mulas, 2013).



CONCLUSÕES

Os teores de cálcio, magnésio, sódio e cloreto nas folhas de *Atriplex nummularia* e os teores de magnésio, potássio e cloreto das raízes são influenciados pelo tipo de sal presente no meio.

O aumento da salinidade reduziu o conteúdo dos elementos Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ e Cl^- em todos os tratamentos.

AGRADECIMENTOS

A CAPES, órgão financiador do projeto do qual este trabalho é parte, e a Universidade Federal Rural de Pernambuco pela infra-estrutura e apoios financeiros.

REFERÊNCIAS

- BELKHEIRI, O.; MULAS, M. Effect of water stress on growth, water use efficiency and gas exchange as related to osmotic adjustment of two halophytes *Atriplex* spp. *Functional Plant Biology*, 40:466-474, 2013.
- BELKHEIRI, O.; MULAS, M. The effects of salt stress on growth, water relations and ion accumulation in two halophyte *Atriplex* species. *Environmental and Experimental Botany*, 86:1-12, 2011.
- BEN SALEM, H.; NORMAN, H.C.; NEFZAOU, A.; MAYBERRY, D. E.; PEARCE, K. L.; REVELL, D.K. Potential use of oldman saltbush (*Atriplex nummularia* Lindl.) in sheep and goat feeding. *Small Ruminant Research*. 91:13-28, 2010.
- BOUCHENAK, F.; HENRI, P.; BENREBIHA, F. Z.; REY, P. Differential responses to salinity of two *Atriplex halimus* populations in relation to organic solutes and antioxidant systems involving thiolreductases. *Journal of Plant Physiology*, 169:1445- 1453, 2012.
- DE SOUZA, E. R.; FREIRE, M. B. G. DOS S.; NASCIMENTO, C. W. A.; MONTENEGRO, A. A. A.; FREIRE, F. J.; MELO, H. F. Fitoextração de sais pela *Atriplex nummularia* Lindl. sob estresse hídrico em solo salino sódico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15:477-483, 2011.
- DE SOUZA, E. R.; FREIRE, M. B. G. S.; CUNHA, K. P. V.; NASCIMENTO, C. W. A.; RUIZ, H. U.; LINS, C. M. T. Biomass, anatomical changes and osmotic potential in *Atriplex nummularia* Lindl. cultivated in sodic saline soil under water stress. *Environmental and Experimental Botany*. 82:20-27, 2012.
- DE SOUZA, E. R.; FREIRE, M. B. G. S.; MELO, D. V. M.; MONTENEGRO, A. A. A. Management of *Atriplex nummularia* Lindl. in a Salt Affected Soil in a Semi Arid Region of Brazil. *International Journal of Phytoremediation*, 16:73-85, 2014.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.
- GLENN, E. P.; NELSON, S. G.; AMBROSE, B.; MARTINEZ, R.; SOLIZ, D.; PABENDINSKAS, V.; HULTINE, K. Comparison of salinity tolerance ls. *Environmental and Experimental Botany*. 83:62-72, 2012.
- KHEDR, A. H. A.; SERAG, M. S.; NEMAT-ALLA, M. M.; EL-NAGA, A. Z. A.; NADA, R. M.; QUICK, W. P.; ABOGADALLAH, G. M. Growth stimulation and inhibition by salt in relation to Na^+ manipulating genes in xero-halophyte *Atriplex halimus* L. *Acta Physiologiae Plantarum*, 33:1769-1784, 2011.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 1.ed. Piracicaba, 1989. 219p.
- MATINZADEH, Z.; BRECKLE, S. W.; MIRMASSOUMI, M.; AKHANI, H. Ionic relationships in some halophytic Iranian Chenopodiaceae and their rhizospheres. *Plant Soil*, 372:523-539, 2013.
- NEDJIMI, B. Effects of salinity on growth, membrane permeability and root hydraulic conductivity in three saltbush species. *Biochemical Systematics and Ecology*. 52:4-13, 2014.
- SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, F. P.; MELOC, N. F.; AZEVEDO NETO, A. D. Physiological responses to salt stress in young umbu plants. *Environmental and Experimental Botany*, 63:147-157, 2008.
- SILVEIRA, J. A. G.; ARAÚJO, S. A. M.; LIMA, J. P. M. S.; VIÉGAS, R. A. Roots and leaves contrasting osmotic adjustment mechanisms in responses to NaCl-Salinity in *Atriplex nummularia*. *Environmental and Experimental Botany*. 66:1-8, 2009.
- WALKER, D. J.; LUTTS, S.; GARCÍA, M. S.; CORREAL, E. *Atriplex halimus* L.: Its biology and uses. *Journal of Arid Environments*. 100:111-121, 2014.



Tabela 1 - Teores (mg g^{-1}) de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ e Cl^- em plantas de *Atriplex nummularia* em resposta a condutividade elétrica (dS m^{-1}) da água de irrigação aos 100 após o transplântio

Parte Aérea	CE	70% da CC					37% da CC				
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	Cl^-
Folha	0	15,06	27,06	38,61	52,93	42,625	10,00	23,71	36,78	60,93	118,35
	5	6,87	19,90	40,44	81,85	90,75	7,54	20,58	33,74	86,77	124,71
	10	7,28	19,64	37,39	96,61	108,25	10,00	20,58	42,87	106,46	128,35
	20	6,61	20,20	38,00	124,30	138,87	9,02	20,65	42,27	119,37	131,48
	30	6,93	19,64	39,22	131,68	142,00	15,19	20,58	40,44	117,53	134,60
	40	13,47	21,67	38,61	123,06	148,87	8,38	19,37	36,78	99,07	137,63
Caulo	0	5,17	22,65	9,76	2,70	7,625	15,73	22,73	15,73	2,33	7,63
	5	5,89	23,18	13,37	4,38	16,06	16,85	21,26	16,85	7,69	18,56
	10	5,67	21,86	15,48	8,06	17,62	19,46	23,06	19,46	10,39	21,69
	20	8,08	18,73	18,83	17,39	35,12	18,96	20,20	18,96	17,02	29,19
	30	10,10	20,35	21,57	25,73	41,37	24,30	22,76	24,30	24,13	35,44
	40	9,93	21,03	26,04	30,39	49,5	23,31	20,20	23,31	23,40	38,25

CC: Capacidade de campo; CE: Condutividade elétrica

Tabela 2 - Conteúdos (g planta^{-1}) de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ e Cl^- em plantas de *Atriplex nummularia* em resposta a condutividade elétrica (dS m^{-1}) da água de irrigação aos 100 após o transplântio

	CE	NaCl					Mistura				
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	Cl^-
70 % da CC	0	0,34	0,89	0,69	0,74	0,77	0,34	0,89	0,69	0,74	0,77
	5	0,28	0,95	1,27	1,03	1,80	0,34	0,93	1,27	1,08	1,84
	10	0,26	0,78	1,47	0,96	1,82	0,28	0,74	1,49	1,03	2,02
	20	0,14	0,35	1,18	0,64	1,45	0,19	0,36	1,14	0,63	1,33
	30	0,09	0,19	0,67	0,39	0,78	0,11	0,18	0,52	0,32	0,69
	40	0,07	0,13	0,40	0,26	0,43	0,07	0,13	0,34	0,27	0,51
37% da CC	0	0,23	0,56	0,56	0,60	0,69	0,23	0,56	0,56	0,60	0,69
	5	0,21	0,53	1,01	0,69	1,29	0,22	0,46	0,87	0,68	1,20
	10	0,19	0,43	1,03	0,65	1,27	0,18	0,33	0,84	0,55	1,07
	20	0,06	0,15	0,47	0,29	0,53	0,09	0,16	0,46	0,30	0,57
	30	0,05	0,08	0,21	0,15	0,27	0,05	0,07	0,20	0,16	0,27
	40	0,04	0,08	0,25	0,19	0,38	0,06	0,09	0,24	0,18	0,25

CC: Capacidade de campo; CE: Condutividade elétrica