



PIGMENTOS E TEORES DE SOLUTOS ORGÂNICOS EM PLANTAS DE AGUAPÉ SOB ESTRESSE SALINO

Bárbara Lima do Sacramento¹, Thaiza Suzarte Cruz², Lisciara Lopes Silva², Kátia Núbia Azevedo Barros Mota³, André Dias de Azevedo Neto⁴

1. Graduanda em Bacharelado em Biologia da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (barbaralimads@gmail.com)
2. Graduandas em Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
3. Mestranda em Solos e Qualidade de Ecossistemas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
4. Professor Doutor da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia Cruz das Almas, Bahia - Brasil

Recebido em: 12/04/2014 – Aprovado em: 27/05/2014 – Publicado em: 01/07/2014

RESUMO

Em regiões áridas e semi-áridas, pode ocorrer alta salinidade nos corpos de água, pois a evapotranspiração excede a precipitação. O aumento do nível do mar pode gerar a intrusão de água salgada em cursos de água doce no litoral, e isto pode resultar em salinidades flutuantes que afetam a sobrevivência das plantas aquáticas nessas áreas. O presente trabalho foi conduzido em casa de vegetação, objetivando avaliar o efeito de doses crescentes de NaCl (0; 12,5; 25; 50 e 100 mM) nos teores de pigmentos e de solutos orgânicos em plantas de aguapé após 20 dias de estresse. A salinidade de 50 e 100 mM NaCl, reduziu os teores das clorofilas *a* e *b*, mas os de carotenóides permaneceram estáveis. Os teores foliares de carboidratos solúveis, aminoácidos livres e prolina aumentaram a partir do nível de 25 mM NaCl. Nas raízes, os carboidratos solúveis não foram alterados pelo estresse, enquanto os aminoácidos livres e prolina aumentaram em 100 mM NaCl. As proteínas solúveis aumentaram a partir de 50 mM NaCl, tanto nas folhas como nas raízes. Desta forma, conclui-se que entre os pigmentos, apenas as clorofilas são afetadas pelo estresse salino e que o aumento dos teores de solutos orgânicos é o resultado do ajustamento osmótico das plantas às condições de salinidade.

PALAVRAS-CHAVE: clorofila, Macrófitas, prolina, salinização

PIGMENTS AND LEVELS OF ORGANIC SOLUTES IN WATER HYACINTH PLANTS UNDER SALT STRESS

ABSTRACT

In arid and semi-arid regions, high salinity can occur in freshwater courses, because the evapotranspiration exceeds the precipitation. Sea level rise may cause intrusion of salt water into freshwater courses on the coastline, and this can result in fluctuating salinity affecting the survival of aquatic plants in these areas. This work was carried out in a greenhouse, aiming to evaluate the effect of increasing doses of NaCl (0; 12,5; 25; 50 and 100 mM) in the pigments and organic solute contents in

water hyacinth plants after 20 days of stress. The salinity of 50 and 100 mM NaCl, reduced the chlorophylls *a* and *b* levels, but the carotenoids remained stable. Foliar levels of soluble carbohydrates, free amino acids and proline increased from the level of 25 mM NaCl. In the roots, soluble carbohydrates were not changed by the stress, while the free amino acids and proline increased in 100 mM NaCl. Soluble proteins increased from 50 mM NaCl in both leaves and roots. Thus, it is concluded that among pigments, only the chlorophylls are affected by salt stress and the increase of organic solutes was the result of osmotic adjustment of plants to salt stress.

KEYWORDS: Macrophytes, salinization, proline, chlorophyll

INTRODUÇÃO

As macrófitas aquáticas são importantes componentes de lagos, rios e reservatórios, pois constituem significativa parcela do estoque de energia e matéria do primeiro nível trófico da rede alimentar, além de proporcionar abrigo para desova e proteção das fases jovens de organismos aquáticos, promovendo heterogeneidade espacial, que favorece a maior biodiversidade local. Nos ecossistemas aquáticos, as macrófitas representam uma das comunidades mais produtivas e, através de sua atividade metabólica, são capazes de produzir grandes interferências no ambiente (ESTEVES, 1998).

A *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (aguapé), é uma macrófita aquática flutuante, pertencente a família Pontederiaceae. Considerada uma das piores espécies invasoras devido ao seu rápido crescimento por meios vegetativos. São bioindicadoras de ambientes poluídos com grande quantidade de matéria orgânica, pois se desenvolvem melhor em ambientes eutrofizados, mas possuem baixa tolerância a metais pesados. É cultivada como planta ornamental por apresentar repetidas florações exuberantes e coloridas o ano inteiro (POMPÊO & MOSCHINI-CARLOS, 2003).

Em regiões áridas e semi-áridas há um intenso grau de salinização das águas costeiras e dos solos, que pode ser gerada de forma natural, quando o grau de evapotranspiração excede o grau de precipitação ou através de atividades antropogênicas, como o manejo inadequado do solo, principalmente em relação à prática de irrigação. Segundo HOLANDA et al. (2010), é de grande importância o desenvolvimento de pesquisas que venham a possibilitar um melhor manejo do solo e da água, face às projeções futuras de aumento da população e da demanda por alimentos nessas regiões.

O estresse salino induz distúrbios morfológicos, fisiológicos e bioquímicos nas plantas, como alterações nas propriedades físicas e químicas das membranas celulares (MUNNS & TESTER, 2008). O aumento da pressão osmótica causado pelo excesso de sais solúveis pode atingir um nível em que as plantas não terão força de sucção suficiente para superar essa pressão e, em consequência, a planta não irá absorver água, mesmo em um local aparentemente úmido (DIAS & BLANCO, 2010).

Para equilibrar os potenciais hídricos do sistema ambiente externo e interno, são acumulados solutos compatíveis ou osmólitos no citosol da planta, que não interferem nas reações bioquímicas normais e os íons tóxicos são acumulados no vacúolo (PRISCO & GOMES FILHO, 2010). Os solutos compatíveis são moléculas neutras, não tóxicas que estabilizam proteínas e membranas prevenindo a desnaturação mediante as elevadas concentrações salinas, e mesmo em baixas concentrações, os solutos compatíveis evitam a perda de água, o desequilíbrio iônico, reduzindo a concentração intracelular de sais (PARIDA & DAS, 2005).

Para evitar a perda de água em plantas submetidas ao estresse salino, ocorre redução da abertura estomática, podendo causar desbalanço no processo de fotossíntese, iniciado por um excesso de energia nos sistema de captação de luz, transporte de elétrons e fotossistemas dos cloroplastos. O excesso de poder redutor na forma de elétrons nos fotossistemas, se não dissipado de maneira eficaz poderá reduzir o O₂ convertendo-o em diferentes tipos de espécies reativas de oxigênio (EROs). Para lidar com esses distúrbios metabólicos as plantas dispõem de um complexo sistema de proteção oxidativa, representado por pigmentos, antioxidantes de baixa massa molecular e enzimas catalisadoras de reações de eliminação (desintoxicação) de EROs (SILVEIRA et al., 2010).

A exposição das espécies halófitas ao ambiente salino resulta em numerosas mudanças estruturais nas plantas, destacando-se, dentre elas, a suculência, caracterizando-se por: maior espessura das folhas, células maiores, especialmente as do parênquima esponjoso, menor espaço intercelular, maior elasticidade da parede celular, desenvolvimento de tecidos estocadores de água, menor relação entre superfície/volume, baixo conteúdo de clorofila e menor número e menores estômatos por unidade de área (FERNANDES et al., 2010).

Desta forma, o presente trabalho objetivou verificar os efeitos do estresse salino nos teores de pigmentos e solutos orgânicos em plantas de aguapé expostas a diferentes níveis de cloreto de sódio (NaCl), para assim identificar em quais níveis este elemento pode estar presente sem afetar a sua sobrevivência.

MATERIAL E MÉTODOS

Condições de crescimento e tratamentos

O experimento foi conduzido em estufa agrícola e os valores médios de temperatura e umidade relativa do ar foram 27 °C e 65%, respectivamente. As análises realizadas no Laboratório de Bioquímica do CCAAB/UFRB pelo período de janeiro a julho de 2013. Plantas jovens de *E. crassipes*, foram coletadas no lago da barragem Pedra do Cavalo. Após a coleta em campo, a macrófita foi lavada em água corrente até eliminação do remanescente de sedimento e outras partículas.

Os indivíduos foram colocados em bacias contendo 10 L de solução nutritiva de HOAGLAND & ARNON (1950) a 1/5 de força e sob aeração intermitente onde permaneceram por 30 dias, para aclimação e multiplicação. Após este período, foram selecionados 20 indivíduos com base na uniformidade do tamanho (contendo três folhas) e no estado fitossanitário e colocados em cinco bacias contendo quatro indivíduos cada. As plantas selecionadas permaneceram por mais cinco dias nas mesmas condições do período de aclimação e multiplicação.

Após este período foram iniciados os tratamentos: solução nutritiva a 1/5 de força contendo 0; 12,5; 25; 50 ou 100 mM NaCl. A adição de NaCl foi realizada gradativamente (12,5 mM a cada 24 h), até atingir a concentração referente ao respectivo tratamento. O nível das soluções foi completado diariamente e a renovação realizada semanalmente, até a coleta do material. As plantas permaneceram nestas condições por um período de 20 dias após o término das adições de sal. Ao final do experimento, amostras de folhas foram coletadas para análise do teor de clorofilas *a* e *b* e de carotenóides, conforme a metodologia descrita por LICHTENTHALER & BUSCHMANN (2001).

Preparo dos extratos

Amostras de folhas e raízes também foram coletadas, imediatamente

congeladas e, em seguida liofilizadas para as análises de solutos orgânicos. O extrato bruto foi obtido macerando-se, em almofariz cerca de 1,0 g de tecidos frescos de folhas e raízes, em 5 mL de tampão fosfato de potássio 100 mM, pH 7,0, contendo EDTA 0,1 mM. O homogeneizado foi filtrado em tecido de náilon de malha fina e centrifugado a 12000 × g por 15 min. O sobrenadante foi armazenado em ultra freezer (-80 °C) e utilizado para as determinações de cloreto, carboidratos solúveis, prolina livre, aminoácidos livres e proteínas solúveis.

Análises de solutos orgânicos

O teor de carboidratos solúveis foi identificado por espectrofotometria a 490 nm pelo método do fenol-ácido sulfúrico, utilizando-se a D-(+)-glucose como padrão (DUBOIS et al., 1956). A prolina livre foi determinada por espectrofotometria a 520 nm, utilizando-se a ninhidrina como reagente específico e a prolina pura como padrão (BATES et al., 1973). Os aminoácidos livres totais foram determinados por espectrofotometria a 570 nm pelo método da ninhidrina, utilizando-se a L-leucina pura como padrão (YEMM & COCKING, 1955). As proteínas solúveis foram determinadas por espectrofotometria a 595 nm pelo método de ligação ao corante, utilizando-se a albumina de soro bovino pura como padrão (BRADFORD, 1976).

Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco níveis de salinidade e quatro repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância e as médias comparadas através de seus respectivos desvios-padrões conforme SNEDCOR (1956).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros efeitos causados pelo excesso de sais são de natureza biofísica, destacando-se os efeitos osmóticos os quais restringem o transporte de água. Em seguida, rapidamente é desencadeada uma sequência de reações moduladas por hormônios, que levam à restrição da abertura estomática e assimilação fotossintética do CO₂ (SILVEIRA et al., 2010).

Em relação ao controle, o estresse de 50 e 100 mM NaCl reduziu os teores de clorofila *a* (27 e 30%), clorofila *b* (70 e 73%) e total de clorofilas (41 e 44%), respectivamente (figura 1). Não foram observadas alterações substanciais nos teores de carotenóides, independentemente do tratamento considerado. A relação clorofila *a*/clorofila *b* aumentou, em média, 143% nos níveis 50 e 100 mM NaCl, evidenciando que o efeito deletério da salinidade foi mais pronunciado sobre a clorofila *b*. Como a salinidade afetou apenas os teores de clorofilas, a relação entre clorofilas e carotenóides diminuiu cerca de 45% nos níveis 50 e 100 mM NaCl.

NEVES et al. (2013) também observaram que a salinidade reduziu os teores de clorofila *a*, *b* e total em híbridos de arroz após 30 dias de estresse. Porém, existem divergências entre autores quanto ao efeito da salinidade sobre os teores de clorofila; enquanto alguns registram redução, outros reportam incrementos dos mesmos. MENDES et al. (2011) observou um incremento nos teores de clorofila *a* em plantas de abacaxi ornamental expostas ao estresse salino e atribuiu esta resposta ao aumento do cloroplasto ou aumento do número de cloroplastos sugerindo a ativação de um mecanismo de proteção ao maquinário fotossintético.

A clorofila é o principal pigmento responsável pela captação da energia luminosa utilizada no processo de fotossíntese e, dessa forma, a concentração de

pigmentos tem sido frequentemente utilizada como um indicador do efeito dos estresses ambientais sobre as plantas (TAIZ & ZEIGER, 2004).

A diminuição significativa nos teores de clorofila *a* e *b* nos tratamentos de 50 e 100 mM indica que, em altas concentrações de NaCl, a planta não conseguiu manter a integridade do seu maquinário fotossintético. O estresse pode inibir a síntese do ácido 5-aminolevulínico, molécula precursora da clorofila, ou aumentar a atividade da enzima clorofilase que degrada a clorofila (TAIZ & ZEIGER, 2013).

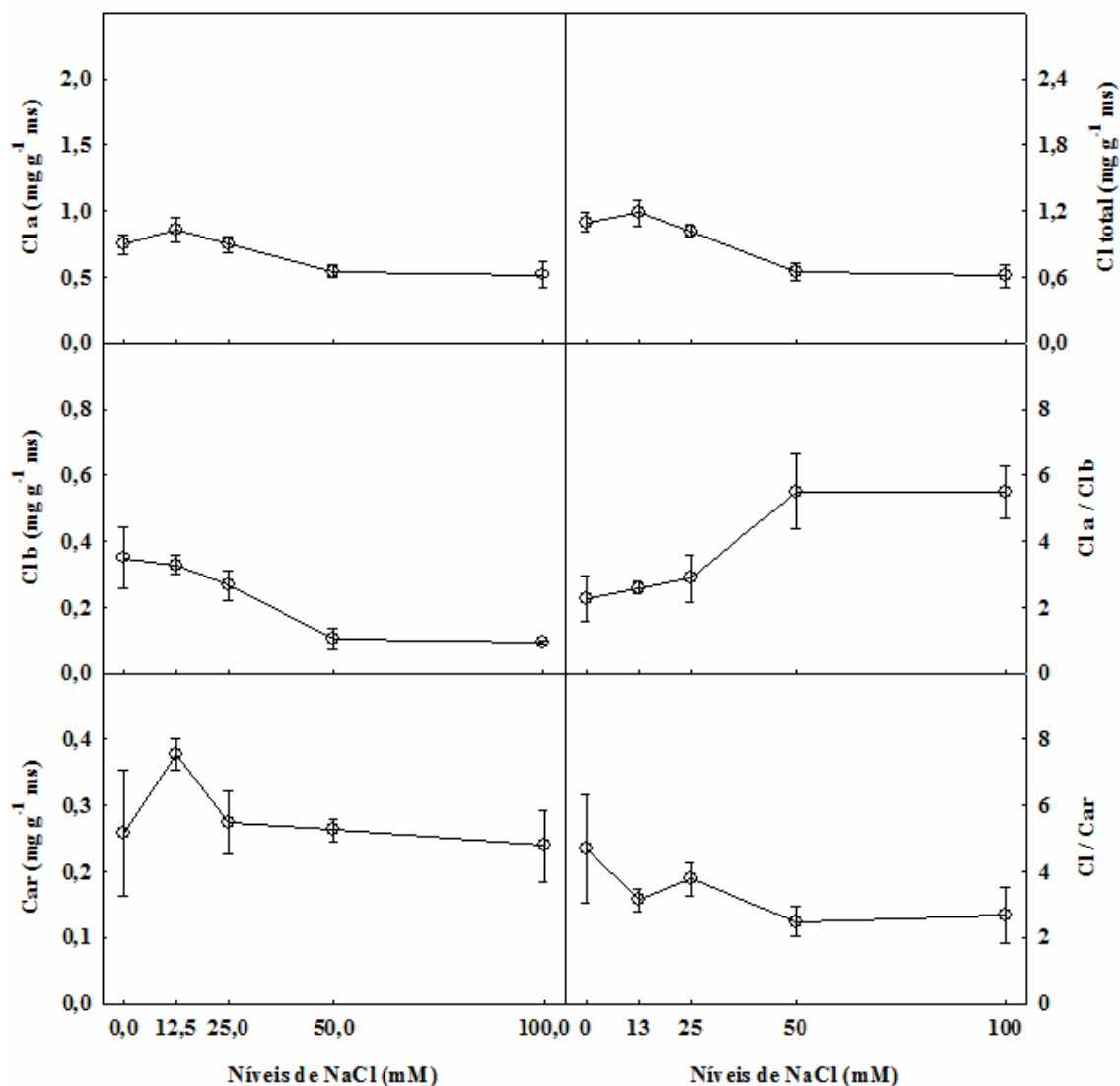


FIGURA 1. Teores de pigmentos, em folhas e raízes de plantas de aguapé cultivadas em casa de vegetação por 20 dias em solução nutritiva contendo diferentes níveis de NaCl. Médias de cinco repetições e respectivos desvios padrões.

Também tem sido sugerido que o teor de clorofila *b* é mais afetado pelo estresse salino que o teor de clorofila *a*, implicando em um aumento da relação clorofila *a*/clorofila *b*. Adicionalmente, o aumento desta relação pode ser justificado pelo fato de que o primeiro passo na degradação da clorofila *b* é a sua conversão em clorofila *a* (FANG et al., 1998).

A manutenção do teor de carotenóides nas plantas submetidas à salinidade

sugere a manutenção do mecanismo de dissipação do excesso de energia luminosa. Estas moléculas também podem atuar como agentes antioxidantes protegendo os lipídios de membrana do estresse oxidativo gerado nas plantas expostas à salinidade (AZEVEDO NETO et al., 2008; FALK & MUNNÉ-BOSCH, 2010).

Uma das respostas metabólicas ao estresse salino em algumas espécies é o aumento na síntese de osmólitos compatíveis. Eles auxiliam o ajustamento osmótico, protegem estruturas sub-celulares e reduzem os danos oxidativos em resposta à salinidade. Os mais importantes desses compostos osmoticamente ativos são os açúcares, os poliálcoois, os aminoácidos e os compostos quaternários de amônio (SILVEIRA et al., 2010).

Os teores de carboidratos solúveis tiveram um aumento nas folhas de 47%, 67% e 149% nos níveis 25, 50 e 100 mM NaCl, respectivamente, entretanto não foram alterados nas raízes. Houve um aumento de aminoácidos livres nas folhas de 135% e 347% nos níveis de 50 e 100 mM NaCl, respectivamente e nas raízes um aumento significativo (74%) ocorreu somente no nível de 100 mM NaCl.

As proteínas solúveis das folhas aumentaram em média 152% nos níveis 50 e 100 mM NaCl, respectivamente, enquanto nas raízes houve um aumento de 61% no nível 50 mM NaCl e de 627% no nível 100 mM NaCl (Figura 6). Quanto aos teores de prolina livre, aumentou nas folhas 37%, 72% e 166% nos níveis de 25, 50 e 100 mM NaCl, respectivamente. Nas raízes, estes permaneceram praticamente inalterados até o nível 100 onde ocorreu um aumento de 149%. Comparando-se os teores de solutos orgânicos nas partes da planta, pode-se observar um maior acúmulo de carboidratos solúveis e aminoácidos livres nas folhas e de proteínas solúveis e prolina nas raízes.

O ajustamento osmótico, acompanhado pelo acúmulo de íons inorgânicos no vacúolo e de solutos orgânicos compatíveis (osmoprotetores) no citoplasma, são os mecanismos utilizados pela planta, para baixar o potencial hídrico celular e sobreviver ao estresse salino (TAIZ & ZEIGHER, 2004). Neste cenário, os carboidratos e os aminoácidos compreendem a principal categoria de solutos compatíveis responsáveis pelo ajustamento osmótico e geralmente apresentam grande sensibilidade aos estresses ambientais (ROSA et al., 2009).

Neste trabalho foi observado um grande aumento nos teores de todos os solutos orgânicos, tanto nas folhas como nas raízes, sugerindo um maior custo energético para a osmorregulação através da síntese destes compostos (AZEVEDO NETO et al., 2009). Em adição, o acúmulo de carboidratos e aminoácidos nas folhas também pode ter sido o resultado de distúrbios induzidos pela salinidade na translocação destes compostos para as raízes. A observação que os teores de carboidratos e aminoácidos nas raízes das plantas estressadas não foi afetada pelo estresse, suporta esta hipótese. Aumentos nos teores de carboidratos em plantas sob estresse salino também foram recentemente reportados por CUNHA et al. (2013).

Nas plantas superiores, o metabolismo dos carboidratos e dos aminoácidos é co-regulado (FERRARIO-MÉRY et al., 1998). Dessa forma, para que ocorra assimilação do nitrogênio em aminoácidos, são necessários esqueletos de carbono provenientes do metabolismo dos carboidratos (HELDT, 2005). Isto pode explicar o fato dos teores de aminoácidos nas folhas terem aumentado simultaneamente com os dos carboidratos.

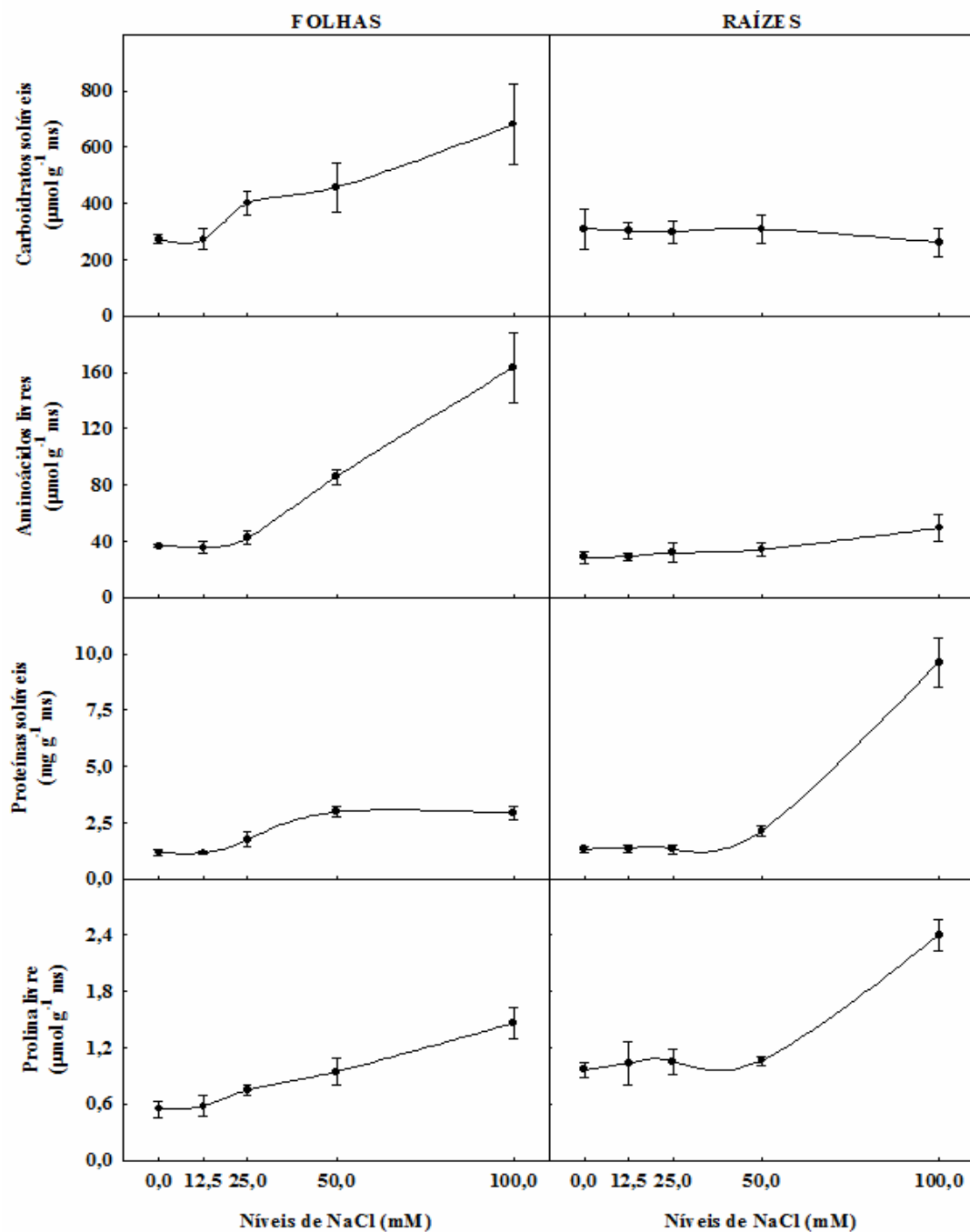


FIGURA 2. Teores de solutos orgânicos e proteína solúvel, em folhas e raízes de plantas de aguapé cultivadas em casa de vegetação por 20 dias em solução nutritiva contendo diferentes níveis de NaCl. Médias de cinco repetições e respectivos desvios padrões.

A prolina é uma molécula extensivamente estudada no contexto das respostas de plantas aos diversos estresses ambientais e seu acúmulo em resposta

ao estresse salino tem sido observado em várias espécies terrestres (AZEVEDO NETO et al., 2009; PATEL et al., 2010; JABEEN & AHMAD, 2013) e aquáticas (JAPEETONG & BRIX, 2009; GOMES, 2011). Juntamente com outros aminoácidos, a prolina pode desempenhar um papel importante no balanço osmótico de células sob estresse salino e hídrico, além de estabilizar estruturas subcelulares (membranas e proteínas) sob condições de estresse (SILVEIRA et al., 2010).

Plantas sob estresse podem acumular proteínas de baixa massa molar. Essas moléculas poderiam ser usadas como fonte de armazenamento de nitrogênio que seriam mobilizadas após diminuição ou remoção do estresse (MENDES et al., 2011). Considerando que o estresse salino aumentou o conteúdo de proteínas solúveis, aminoácidos livres e prolina, estes resultados sugerem que o aumento do conteúdo de proteínas solúveis foi consequência do elevado teor de aminoácidos (AZEVEDO NETO et al., 2009; 2010).

CONCLUSÃO

Os efeitos deletérios da salinidade sobre *Eichhornia crassipes* está relacionado a uma redução dos teores de clorofilas e a um maior custo energético para o acúmulo de solutos orgânicos necessários à osmorregulação. Os carboidratos solúveis e aminoácidos livres foram os solutos orgânicos com maior participação no ajustamento osmótico das folhas, enquanto as proteínas solúveis e prolina livre foram os mais importantes nas raízes.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETO, A.D.; GOMES-FILHO, E.; PRISCO, J.T. Salinity and oxidative stress. In: Khan, N.A. and Singh, S. (ed.) Abiotic stress and plant responses. **I K International**, New Delhi, India, p.57-82, 2008.

AZEVEDO NETO, A.D.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; MELO FILHO, P.A.; SANTOS, R.C. Physiological and biochemical responses of peanut genotypes to water deficit. **International Journal of Plant**, v.5, p.1-10, 2010.

AZEVEDO NETO, A.D.; PRISCO, J.T.; GOMES FILHO, E. Changes in soluble carbohydrates, soluble amino-nitrogen, soluble proteins and free amino acids in leaves and roots of salt-stressed maize genotypes. **International Journal of Plant**, v.4, p.137-144, 2009.

BATES, L.S.; WALDREN, R.P.; TEARE, I.D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v.39, p.205-207, 1973.

BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p.246-254, 1976.

CUNHA, P.C.; MENDES, B.S.S.; OLIVEIRA FILHO, R.A.; CAMARA, T.R.; WILLADINO, L.G. Crescimento, síntese de solutos orgânicos e equilíbrio iônico de

plântulas de pinhão-manso sob estresse salino. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.26, n.3, p.46–52, 2013.

DIAS, N.S.; BLANCO, F.F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GREYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. In: **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p.129-141, 2010.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v.28, p.350-356, 1956.

ESTEVEES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 2a Ed. Rio de Janeiro, Interciência/FINEP, 1998, 602p.

FALK, J.; MUNNÉ-BOSCH, S. Tocochromanol functions in plants: antioxidation and beyond. **Journal of Experimental Botany**, v.61, p.1549-1566, 2010.

FANG, Z.; BOUWKAMP, J.C.; SOLOMOS, T. Chlorophyllase activities and chlorophyll degradation during leaf senescence in non-yellowing mutant and wild type of *Phaseolus vulgaris* L. **Journal of Experimental Botany**, v.49, p.503-510, 1998.

FERNANDES, P.D.; GHEYI, H.R.; ANDRADE, A.P.; MEDEIROS, S.S. Biossalinidade e produção agrícola. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p.181-203, 2010.

FERRARIO-MÉRY S.; VALADIER M.H.; FOYER C. H. Overexpression of nitrate reductase in tobacco delays drought-induced decreases in nitrate reductase activity and mRNA. **Plant Physiology**, v.117, p.293–302, 1998.

GOMES, M.A.C. **Efeito da salinidade sobre a biomassa, morfologia e fisiologia de *Salvinia auriculata* Aubl.** (Dissertação) Mestrado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes/RJ, 2011.

HELDT, H.W. **Plant Biochemistry**. 3th ed. San Diego: Elsevier Academic Press, 2005. 522 p.

HOAGLAND, D.R. e ARNON, D.I. The water-cultured method for growing plants without soil. **California Agricultural Experiment Station**, p.32, 1950.

HOLANDA, J.S.; AMORIM, J.R.A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A.C. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p.43-61, 2010.

JABEEN, N.; AHMAD, R. The activity of antioxidant enzymes in response to salt stress in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) seedlings raised from seed treated with chitosan. **Journal of the Science of Food**

and Agriculture, v. 93, p.1699–1705, 2013.

JAMPEETONG, A. & BRIX, H. Effects of NaCl salinity on growth, morphology, photosynthesis and proline accumulation of *Salvinia natans*. **Aquatic Botany**, v.91, p.181-186, 2009.

LICHTENTHALER H.K. e BUSCHMANN C. Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, 2001.

LIMA JUNIOR, J.A.; SILVA, A.L.P. Estudo do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, n.11, p.21, 2010.

MENDES, B.S.S.; WILLADINO, L.; CUNHA, P.C.; OLIVEIRA FILHO, R.A.; CAMARA, T.R. Mecanismo fisiológicos e bioquímicos do abacaxi ornamental sob estresse salino. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.24, n.3, p.71-77, 2011.

MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment**, v.25, p.239-250, 2002.

MUNNS R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v.12, p.662-679, 2008.

NEVES, L.A.S.; SPAT, C. Concentração de clorofila e de prolina em genótipos de arroz submetidos à salinidade. **Revista Unimontes Científica**, v.15, n.1, 2013.

NOBRE, R.G.; GHEYI, H.R.; CORREIA, K.G.; SOARES, F.A.L.; ANDRADE, L.O. Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v.41, n.3, p.358-365, 2010.

OLIVEIRA, A.B.; GOMES-FILHO, E.; ENÉAS-FILHO, J. O problema da salinidade na agricultura e as adaptações das plantas ao estresse salino. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, n.11, 2010.

PARIDA, A., DAS, A.B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.60, p.324-349, 2005.

PATEL, A.D.; PANCHAL, N.S.; PANDEY, I.B; PANDEY, A.N. Growth, water status and nutrient accumulation of seedlings of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) in response to soil salinity. **Anales de Biología**, v.1, n.32, p.59-71, 2010.

POMPÊO, M.L.M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Macrófitas aquáticas e perifíton: aspectos metodológicos e ecológicos**. São Carlos: RiMa - FAPESP, 2003, 127p.

PRISCO, J.T.; GOMES-FILHO, E. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GREYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. In: **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p.143-159, 2010.

ROSA, M.; PRADO, C.; PODAZZO, G.; INTERDONATO, R.; GONZALEZ, J.A.; HILAL, M.; PRADO, F.E. Soluble sugars: metabolism, sensing, and abiotic stress. **Plant Signaling & Behavior**, n.4, p.388–393, 2009.

SILVEIRA, J.A.G.; SILVA, S.L.F.; SILVA, E.N.; VIÉGAS, R.A. Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. In: GREYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. In: **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, p.161-180, 2010.

SMITH, M.J., OUGH, K.M., SCROGGIE, M.P., SCHREIBER, E.S.G., KOHOUT, M. Assessing changes in macrophyte assemblages with salinity in non-riverline wetlands: a Bayesian approach. **Aquatic Botany**, v.90, p.137–142, 2009.

SNEDECOR, G.W. **Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology**. 5.ed. Ames: The Iowa State College Press, 1956, 534p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 613p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013, 954p.

YEMM, E.W.; COCKING, E.C. The determination of amino-acids with ninhydrin. **Analytical Chemistry**, v.80, p.209-213, 1955.