

EFEITO DO REGIME DE IRRIGAÇÃO SALINA NO CRESCIMENTO DE DIFERENTES LINHAGENS DE *SALICORNIA NEEI*

Kennia Brum Doncato¹, César Serra Bonifácio Costa²

RESUMO: *Salicornia neei* é uma planta halófito consumida como vegetal fresco no setor gourmet ou industrializada (e.g. pickles, cervejas e biosal), bem como usada para ração animal. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes turnos de rega com água salina da produção de camarão no crescimento vegetativo e produção de biomassa das progênes f3 e f4 novas linhagens de *S. neei* (BTH1-f3; BTH1-f4; BTH2-f3 e BTH2-f4). Entre novembro de 2014 e abril de 2015, vinte plantas de cada linhagem foram submetidas à irrigação com 375 L com água salina a cada dois dias (T2) e quatro dias (T4). Os dados foram analisados com ANOVA fatorial. Houve diferenças entre as progênes de *S. neei*, a BTH2-f4 apresentou melhor desempenho vegetativo, alcançando após 22 semanas de cultivo uma biomassa média de caules $201,2 \pm 17,1$ g de peso fresco. O turno de rega a cada quatro dias (T4) beneficiou a altura dos caules das duas linhagens. Em conclusão, plantas BTH2-f4 apresentaram o maior desenvolvimento entre as progênes estudadas, que tiveram a altura dos caules aumentada sob um turno de rega salina de 4 dias.

PALAVRAS-CHAVE: aspargo marinho; aquaponia; efluente da carcinicultura

EFFECT OF IRRIGATION ON VEGETATIVE GROWTH PARAMETERS OF FOUR VARIETIES OF *SALICORNIA NEEI*

ABSTRACT: *Salicornia neei* is a halophyte use as fresh vegetable in gourmet kitchens or industrialized food (e.g., pickles, beers and green bio-salt), as well as for animal diet. This work aimed to evaluate the effect of different irrigation schedules of saline water from shrimp production on vegetative growth of f3 and f4 progenies of new *S. neei* lineages (BTH1-f3; BTH1-f4; BTH2-f3 and BTH2-f4). Between November 2014 and April 2015, twenty plants

¹ Mestre. Instituto de Oceanografia, FURG, Rio Grande, RS.

² Doutor. Instituto de Oceanografia, FURG, Av. Itália km 8, s/n, Rio Grande, RS, Fone (53)32336534. e-mail: docosta@furg.br

per lineage were submitted to irrigation with 375 L of saline water every each two days (T2) and four days (T4). Data was analyzed by factorial ANOVA. There were differences among the progenies of *S. neei*, and BTH2-f4 showed better vegetative performance, reaching after 22 weeks of cultivation an average shoot biomass of $(201.2 \pm 17.1$ g fresh weight. The irrigation every each four days benefited shoot height of both lineages. In conclusion, the BTH2-f4 plants showed better development among the progenies and shoot height were taller under the irrigation schedule of four days with saline water.

KEYWORDS: sea asparagus; aquaponics; shrimp farm effluent

INTRODUÇÃO

Salicornia neei Lag é uma halófito nativa do Brasil (sin. *Sarcocornia ambigua* (Michx.) M.A. Alonso & M.B. Crespo, *Salicornia gaudichaudiana* Moq.; Costa *et al.*, 2019), consumida como vegetal fresco no setor gourmet ou industrializada (*e.g.*, pickles, cervejas e biosal), bem como usada para ração animal. Os caules de *S. neei* apresentam elevado teor mineral (Doncato & Costa, 2018a; 2018b) e propriedades bioativas (Souza *et al.*, 2018). Dentre as inúmeras formas de processamento para comercialização deste vegetal, os caules frescos como vegetal marinho e salada ou mesmo em conserva são uma alternativa fortemente valorizada no mercado europeu (Böer, 2006).

A altura e o comprimento das ramificações dos caules são características de interesse agroeconômico, tanto para comercialização do vegetal fresco como para industrialização. Estes aspectos podem ser maximizados a partir da seleção de progênies de melhor desempenho vegetativo (*i.e.*, altura de caules), e programas de melhoramento genético que vêm sendo realizados com a espécie comercial *Salicornia bigelovii* (Zerai *et al.*, 2010). Em 2010, um programa de selecionamento foi iniciado no Laboratório de Biotecnologia de Halófitas (BTH) vinculado a Universidade Federal de Rio Grande (FURG), através da identificação e cruzamento de dois biótipos de populações naturais de *S. neei*, descrito em Doncato & Costa (2018a). Com isto, duas linhagens foram obtidas, denominadas BTH1 (fenótipo vermelho na maturidade, crescimento prostrado e com alto investimento reprodutivo) e BTH2 (fenótipo verde na maturidade, crescimento ereto e alta produtividade vegetativa de caules). Estudos recentes mostraram que estas duas novas linhagens apresentam diferenças genéticas (Costa *et al.*, 2019), na composição mineral (Doncato & Costa, 2018a; 2018b) e de compostos fenólicos (Souza *et al.*, 2018). Estudos são necessários para avaliar

como o manejo das condições de cultivo em campo pode afetar o crescimento e características de interesse agrônomo dessas linhagens. Quanto às condições de cultivo, a irrigação salina deve ser efetuada com uma periodicidade capaz de manter o nível de sal no solo dentro de limites fisiológicos que possam garantir alta produtividade para as plantas. Por exemplo, em solos arenosos com baixa taxa de retenção de água e/ou em climas secos ou sazonalmente secos é frequentemente necessária a irrigação diária (Glenn *et al.*, 2013).

O presente estudo visou avaliar o efeito de diferentes turnos de rega com água salina da produção de camarão no crescimento em altura, ramificações e biomassa do caule das progênies f3 e f4 dessas novas linhagens de *S. neei* (BTH1-f3; BTH1-f4; BTH2- f3 e BTH2-f4).

MATERIAL E MÉTODOS

Entre novembro de 2014 e abril de 2015 foi realizado o cultivo de *S. neei* na Estação Marinha de Aquacultura (EMA), vinculada a Universidade Federal do Rio Grande (FURG; Rio Grande, RS). As mudas foram produzidas por estaquia e o cultivo foi desenvolvido em dois canteiros de 6,3 x 3,5 m, sendo o desenho amostral descrito por Doncato & Costa (2018a), e o delineamento de blocos completamente casualizados (f3 e f4 das linhagens BTH1 e BTH2) sem repetição para o fator irrigação. O solo dos canteiros foi caracterizado como Neossolo Quartzarênico Órtico, sendo um solo novo, pouco desenvolvido com alto teor arenoso e bem drenado, o qual era isolado do lado adjacente do canteiro por meio do revestimento com geomembrana. Os canteiros foram submetidos a uma rega de 375 L com água salina da produção em sistema de bioflocos (BFT= Biofloc Technology system) do camarão *Litopenaeus vannamei*, respectivamente, a cada 2 dias (T2) e cada 4 dias (T4). A água salina apresentou os seguintes valores médios (\pm erro padrão; n=23): salinidade da água= $12,45 \pm 0,21$ g NaCl L⁻¹ ($\approx 18,50$ dS m⁻¹); pH= $8,65 \pm 0,04$; oxigênio dissolvido= $7,59 \pm 0,12$ mg L⁻¹; nitrato= $\leq 0,03$ mg L⁻¹; nitrogênio amoniacal= $0,15 \pm 0,13$ mg L⁻¹; e fosfato= $0,30 \pm 0,05$ mg L⁻¹. Duas vezes por semana, três amostras de solos (0-10 cm) foram coletadas dos canteiros para quantificação da umidade (gravimetria) e condutividade elétrica do solo (CE_{1:2}; condutivímetro Hanna HI9835; extrato de 15 g de solo seco com 30 ml de água destilada). Diariamente, foram obtidos dados meteorológicos da Estação Meteorológica Automática FURG do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A amostragem do crescimento das plantas foi realizada dentro de cada bloco e cada planta representava uma repetição do tratamento progênie (n= 20 plantas por progênie). A altura (maior comprimento vertical; medido com régua em mm), o número de ramificações primárias dos caules e o comprimento da maior ramificação (MR; mm) foram quantificados no início e no final dos experimentos. As diferenças entre alturas e número de ramificações iniciais e finais de cada planta foram utilizadas, respectivamente, para o cálculo das taxas absolutas de crescimento vertical (TAV; cm semana⁻¹) e de formação de ramificações (TAR; ramificações semana⁻¹). Ao final do cultivo todas as plantas foram cortadas ao nível do solo com tesoura, foram lavadas para remoção do solo, secas com papel toalha e os pesos quantificados em balança de precisão ($\pm 0,01$ g) para determinação da biomassa fresca. Os dados foram analisados por ANOVA bifatorial com 4 níveis do fator progênies (f3 e f4 das linhagens BTH1 e BTH2) e 2 níveis do fator turno de rega (T2 e T4).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de cultivo, as médias de temperaturas do ar mínimas e máximas foram, respectivamente, 22,8 e 24,0 °C. A precipitação média semanal oscilou de 0,0 a 7,5 mm e acumulou em 340 mm ao final das 22 semanas de cultivo (Figura 1A, B). A precipitação apresentou uma marcada variação sazonal, e choveu apenas 20,2 mm após o final do mês de janeiro 2015. Este padrão de precipitação teve reflexo tanto na umidade do solo como na CE_{1:2} dos canteiros experimentais (Figura 1C). O turno de rega afetou significativamente a umidade do solo, cujas médias corresponderam a $11,0 \pm 0,5\%$ em T2 e $9,4 \pm 0,5\%$ em T4. A CE_{1:2} apresentou valores médios significativamente maiores após janeiro 2015 (verão-outono; 15,1-15,6 dS m⁻¹) do que na primavera-verão (7,3-8,8 dS m⁻¹) (Figura 1D).

Houve diferenças significativas entre as progênies (Tabela 1), sendo BTH2-F4 a que apresentou as plantas com maior desempenho, sendo 20-40% mais altas, 13-15% mais ramificadas e com ramificações 30-60% mais longas do que as demais progênies (Figura 2A-C). Maiores alturas, número e comprimento de ramificações de plantas BTH2-F4 em relação a outras progênies de *S. neei* também foram observados em cultivo com irrigação de água da carcinicultura realizado por Doncato & Costa (2018a). A altura e o número de ramificações são característicos das diferenciações genéticas entre populações do gênero *Salicornia* (Milić *et al.*, 2011; Ventura *et al.*, 2011a,b ; Zerai *et al.*, 2011; Agawu, 2012). As taxas de

crescimento em altura das plantas puderam ser estimadas pelas diferenças entre as alturas dos caules no início e no final do experimento, e variaram de 0,9 a 1,2 cm semana⁻¹ e de 1,0 a 1,3 cm semana⁻¹, respectivamente, para os turnos de rega T2 e T4. O crescimento em altura dos caules BTH2-f4 foi similar ao descrito para “ecótipos” de *Sarcocornia fruticosa*, cultivados em soluções salinas com teores de 25-100% da água do mar (Ventura *et al.*, 2011a), e possibilitam que em 9 semanas de cultivo seja alcançada a altura comercial empregada para o aspargo marinho em Israel de 10 cm (Ventura *et al.*, 2011a, Ventura & Sagi, 2013). Plantas BTH2 possuíam maiores médias do número de ramificações nos caules na data de plantio (24,9 ramos caule⁻¹) do que plantas BTH1 (17,9 ramos caule⁻¹), alcançando médias de 50-60 ramos após 22 semanas de cultivo ou uma formação de 1,2-1,7 ramos semana⁻¹. Estas taxas da formação de ramificações dos caules de *S. neei* foram similares as observadas em *Sarcocornia perennis*, após 6 semanas de crescimento em solo saturado não salinizado (1,9 ramos semana⁻¹) e salinizado a 52 dS m⁻¹ (35 g NaCl L⁻¹; 1,1 ramos semana⁻¹) (Adams & Bate, 1994).

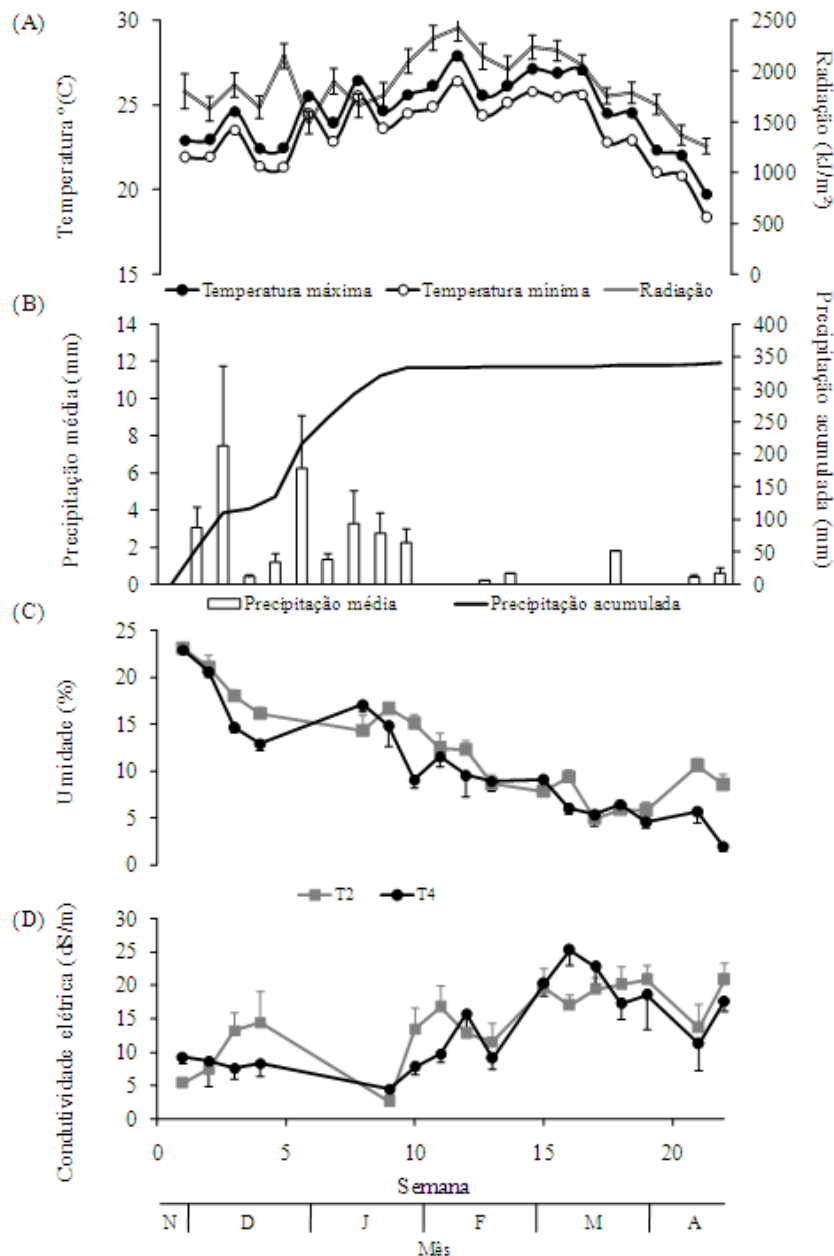


Figura 1. Valores médios semanais (\pm erro padrão) da temperatura do ar e radiação solar (A), da precipitação média e acumulada (B), do teor de umidade (C) e da condutividade elétrica (CE_{1:2}) do solo (D) dos turnos de rega de 2 dias (T2) e 4 dias (T4) durante o cultivo de *S. neei* entre novembro e abril de 2015 (Rio Grande, RS).

Ocorreram diferenças entre progênies quanto a biomassa fresca de caules (Tabela 1) e plantas BTH2-f4 ($201,2 \pm 17,1$ g) foram em média 41,1-93,4% mais pesadas do que as da linhagem BTH1 (f3= $104,0 \pm 8,9$ g e f4= $142,6 \pm 12,1$ g) (Figura 2D). Estas biomassas médias alcançadas após 22 semanas de irrigação com água da carcinicultura podem ser classificadas como intermediária em relação aos cultivos anteriores desta espécie sob irrigação salina (Costa & Herrera, 2016).

Tabela 1. Análises de Variância (ANOVA) bifatorial dos parâmetros biométricos entre as progênes de *S. neei* crescendo em diferentes turnos de rega com água salina do cultivo de camarão (Rio Grande, RS).

Variável	F(progênie)	p	F(turno)	p	F(p x t)	p
Altura final (cm)	18,66	***	4,88	*	3,18	*
Número de ramificações	2,67	*	1,66	ns	6,24	***
Maior ramificação (cm)	15,74	***	1,30	ns	0,84	ns
Biomassa fresca caulinar (g)	10,47	***	2,93	ns	0,76	ns

* p < 0,05 ** p < 0,01 *** p < 0,001 ns: não significativo (p > 0,05).

O prolongamento do turno de rega teve um pequeno efeito sobre o crescimento de *S. neei*, sendo plantas em T4 apresentaram caules 6,6% significativamente mais altos (média global = $48,1 \pm 1,2$ cm) do que as do T2 ($45,1 \pm 1,3$ cm). Entretanto, as interações PxT significativas sugerem que as progênes BTH1-f4 e BTH2-f3 tiveram suas alturas dos caules mais estimuladas pelo maior espaçamento entre regas (T4) do que as outras progênes. Contrariamente, BTH1-f3 teve o número de ramificações dos caules reduzido em T4, o que parece explicar a interação PxT significativa dessa variável (Tabela 1). Após o período de cultivo, a média global da biomassa fresca caulinar das plantas de *S. neei* foi de $164,7 \pm 8,3$ g em T2 e de $154,3 \pm 12,9$ g em T4, entretanto não ocorreram efeitos significativos do tratamento de turno de rega ou interação PxT na biomassa fresca caulinar (Tabela 1).

Analisando os dados de cultivos anteriores de *S. neei* sob irrigação salina, revisados por Costa & Herrera (2016), os melhores desenvolvimentos das plantas ocorreram em umidades do solo médias próximas a 6-8%, tanto em neossolo como em argissolo. A manutenção por longo período de umidade no solo próximo da saturação parece inibir o desenvolvimento da planta, possivelmente em função do estabelecimento de condições hipóxicas e/ou acúmulo de compostos tóxicos resultantes do metabolismo de micro-organismos anaeróbicos. Esta condição de saturação se estabeleceu devido à impermeabilização do fundo dos canteiros com geomembrana. *S. neei* é uma espécie que cresce em zonas entremarés média e alta das marismas (Doncato & Costa, 2018a; Costa *et al.*, 2019), onde as plantas estão sujeitas a várias horas de exposição diária a inundação em seu habitat natural. O prolongamento do turno da rega (T4) e manutenção de umidades no solo abaixo do ponto de saturação, resultou em uma maior diferenciação entre as progênes, com as BTH2 (particularmente BTH2-f4) apresentando maiores crescimentos em altura (+16,4%) do que as BTH1. Similarmente, no estudo de Woo & Takekawa (2012), *Sarcocornia pacifica* cultivada com inundações diárias de 25% (6h), 50% (12h), 75% (18h) e 100% (24h) em diferentes salinidades (0, 10, 20 e 30 g NaCl L⁻¹) apresentou maior altura no menor tempo de inundação diária.

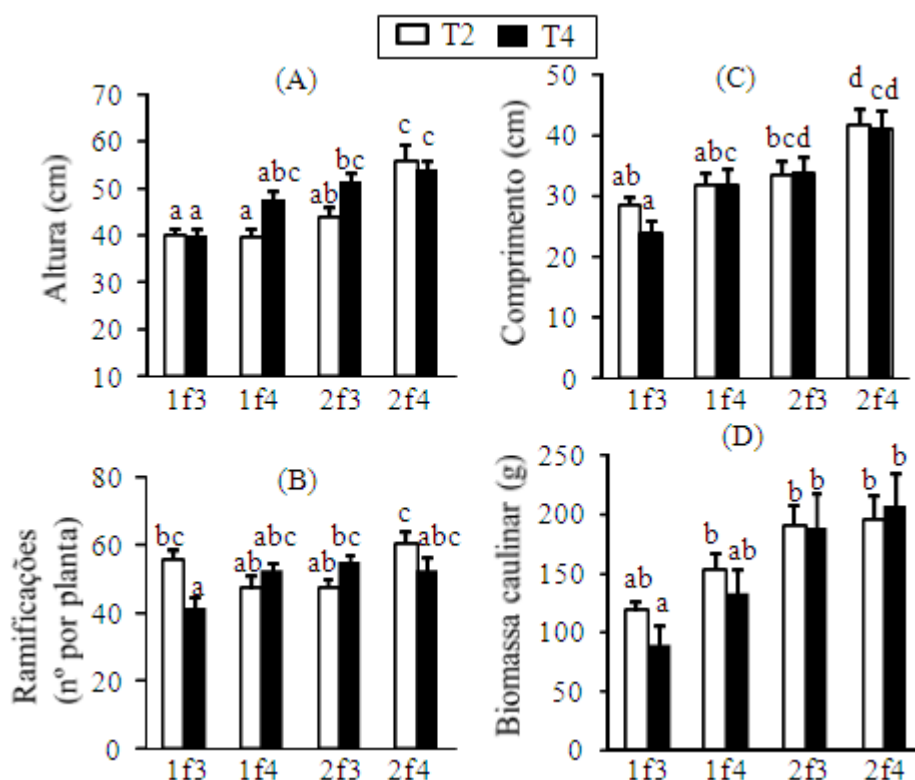


Figura 2. Valores médios da altura final (A), do número de ramificações final (B), do comprimento da maior ramificação (C) e da biomassa caulinar das progênies de *S. neei* cultivadas em diferentes turnos de rega, em Rio Grande (RS). Códigos: linhagens 1 (BTH1) e 2 (BTH2); progênies f3 e f4. Diferentes letras minúsculas entre progênies indicam médias significativamente ($p < 0,05$) diferentes conforme o teste de Tukey.

CONCLUSÕES

Dentre as linhagens estudadas, a BTH2-f4 apresentou maior desenvolvimento vegetativo do que as demais, sendo a sua altura incrementada com um turno de rega a cada quatro dias.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho teve o apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (projetos 573884/2008-0-INCTSAL e 408921/2013). K.B. Doncato foi apoiada com uma bolsa de mestrado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adams, J.B., Bate, G.C., 1994. The effect of salinity and inundation on the estuarine macrophyte *Sarcocornia perennis* (Mill.) A.J. Scott. *Aquat. Bot.* 47, 341-348.

Agawu, E.T., 2012. Comparison between *Salicornia* and *Sarcocornia* ecotypes to optimize yield for vegetable production applying highly saline irrigation. Ben-Gurion University of the Negev, Israel, pp. 125, M.Sc. thesis.

Böer, B., 2006. Halophyte research and development: what needs to be done next? In: Khan M.A., Weber D.J., (Eds.) *Ecophysiology of high salinity tolerant plants*. Berlin: Springer Verlag, 397-399.

Costa, C.S.B., Herrera, O.B., 2016. Halophytic life in Brazilian salt flats: biodiversity, uses and threats. In: Khan, M.A., Boër, B., Ozturk, M., Clüsener-Godt, M., Gul, B., Breckle, S.W. (Eds.) *Sabkha Ecosystems Volume V: The Americas*. Switzerland: Springer, 11-27.

Costa, C.S.B., Kadereit, G., Freitas, G.P.M., 2019. Molecular markers indicate the phylogenetic identity of southern Brazilian sea asparagus: First record of *Salicornia neei* Lag. *Brazil. Rodriguésia* 70, e03122017.2019, 10p.

Doncato, K.B., Costa, C.S.B., 2018a. Growth and mineral composition of two lineages of *Salicornia ambigua* irrigated with shrimp farm saline effluent. *Exp. Agric.* 54 (3), 399-416.

Doncato, K.B., Costa, C.S.B., 2018b. Potencial nutricional de uma nova variedade de aspargo marinho *Salicornia neei* Lag. para dietas humana e animal. *Biotemas*, 31(4), 57-63.

Glenn, E.P., Anday, T., Chaturvedi, R., Martinez-Garcia, R., Pearlstein, S., Soliz, D., Nelson, S.G., Felger, R.S., 2013. Three halophytes for saline-water agriculture: an oilseed, a forage and a grain crop. *Environ. Exp. Bot.* 92, 110-121.

Milić, D., Luković, J., Đan, M., Zorić, L., Obreht, D., Veselić, S., Anačkov, G., Petanidou, T., 2011. Identification of *Salicornia* population: Anatomical characterization and RAPD fingerprinting. *Arch. Biol. Sci.* 63, 1087-1098.

Souza, M., Mendes, C., Doncato, K., Badiale-Furlong, E., Costa, C., 2018. Growth, phenolics, photosynthetic pigments, and antioxidant response of two new genotypes of sea asparagus

(*Salicornia neei* Lag.) to salinity under greenhouse and field conditions. *Agriculture* 8(7), 115.

Ventura, Y., Wuddineh, W.A., Myrzabayeva, M., Alikulov, Z., Khozin-Goldberg, I., Shpigel, M., Samocha, M., Sagi, M., 2011a. Effect of seawater concentration on the productivity and nutritional value of annual *Salicornia* and perennial *Sarcocornia* halophytes as leafy vegetable crops. *Sci. Hortic.* 128, 189-196.

Ventura, Y., Wuddineh, W.A., Shpigel, M., Samocha, T.M., Klim, B.C., Cohen, S., Shemer, Z., Santos, R., Sagi, M., 2011b. Effects of day length on flowering and yield production of *Salicornia* and *Sarcocornia* species. *Sci. Hortic.* 130, 510-516.

Ventura, Y., Sagi, M., 2013. Halophyte crop cultivation: The case of *Salicornia* and *Sarcocornia*. *Environ. Exp. Bot.* 92, 144-153.

Woo, I., Takekawa, J.Y., 2012. Will inundation and salinity levels associated with projected sea level rise reduce the survival, growth, and reproductive capacity of *Sarcocornia pacifica* (pickleweed)? *Aquat. Bot.* 102, 8-14.

Zerai, D.B., Glenn, E.P., Chattervedi, R., Lu, Z., Mamood, A.N., Nelson, S.G., Ray, D.T., 2010. Potential for the improvement of *Salicornia bigelovii* through selective breeding. *Ecol. Eng.* 36, 730-739.