

## ACÇÃO DE BIOESTIMULANTE NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DO MILHO DOCE SUBMETIDO AO ESTRESSE SALINO

**RAFAELA CRISTINA DA CUNHA<sup>1</sup>; FRANCISCO DE ASSIS DE OLIVEIRA<sup>1</sup>;  
MARIA WILLIANE DE LIMA SOUZA<sup>1</sup>; JOSÉ FRANCISMAR DE MEDEIROS<sup>1</sup>;  
LUAN ALVES LIMA<sup>1</sup>; MYCHELLE KARLA TEIXEIRA DE OLIVEIRA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Ufersa; Avenida Francisco Mota, 572, 59625-900, Bairro Costa e Silva, Mossoró, RN, Brasil, e-mail: [rafacris\\_dantas@hotmail.com](mailto:rafacris_dantas@hotmail.com); [thikaoamigao@ufersa.edu.br](mailto:thikaoamigao@ufersa.edu.br); [williane-lima@hotmail.com](mailto:williane-lima@hotmail.com); [jfmedeir@ufersa.edu.br](mailto:jfmedeir@ufersa.edu.br); [luanefa2@yahoo.com.br](mailto:luanefa2@yahoo.com.br); [mymykar@gmail.com](mailto:mymykar@gmail.com)

### 1 RESUMO

A utilização de água salina na agricultura é um grande desafio para pesquisadores e agricultores, pois sua utilização está condicionada a adoção de tecnologias que minimizem o efeito do estresse salino sobre as plantas. Neste contexto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o uso de bioestimulante como agente amenizador do estresse salino na cultura do milho doce. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 4, sendo dois níveis de salinidade da água de irrigação (0,5 e 4,5 dS m<sup>-1</sup>) e quatro doses de bioestimulante aplicado via tratamento de sementes (0, 5, 10 e 20 mL kg<sup>-1</sup> de sementes). A avaliação das plantas foi realizada aos 45 dias após a semeadura, analisado as seguintes variáveis: altura de plantas, diâmetro do colmo, número de folhas, área foliar, massa seca de colmo, massa seca de folhas, massa seca de raiz, massa seca de pendão e massa seca total. A utilização de água salina na irrigação provocou redução na maioria das variáveis de crescimento do milho doce, sendo o efeito mais expressivo sobre o desenvolvimento foliar. O tratamento de sementes com Stimulate<sup>®</sup> promove o desenvolvimento de plantas de milho doce apenas na ausência de estresse salino, não sendo eficiente como agente atenuador do efeito da salinidade, além disto, o uso de água salina na irrigação do milho inibiu o efeito benéfico do Stimulate<sup>®</sup> no desenvolvimento do milho doce.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, fitorregulador, qualidade de água

**CUNHA, R. C.; OLIVEIRA, F. A.; SOUZA, M. W. L.; MEDEIROS, J. F.; LIMA, L. A.; OLIVEIRA, M. K. T.**  
**ACTION BIOSTIMULANT NO INITIAL DEVELOPMENT OF SWEET CORN UNDER SALT STRESS**

### 2 ABSTRACT

The use of saline water in agriculture is a major challenge for researchers and farmers, because its use is subject to the adoption of technologies that minimize the effect of salt stress on plants. In this context, the present work was intended to evaluate the use of plant growth regulator as softening agent of salinity stress on the sweet corn crop. The experimental design was completely randomized, factorial 2 x 4, with two salinity levels of irrigation water (0.5 and 4.5 dS m<sup>-1</sup>) and four doses of plant growth regulator applied as seed treatment (0, 5, 10

and 20 ml kg<sup>-1</sup> seed). The evaluation of the plants was carried out 45 days after sowing, and the following variables were analyzed: plant height, stem diameter, number of leaves, leaf area, dry weight of stem, leaf dry weight, root dry weight, dry weight tassel and total dry mass. The use of saline irrigation water caused a reduction in most growth variables of sweet corn, the most significant effect being on leaf development. The seed treatment Stimulate<sup>®</sup> promotes the development of sweet corn plants only in the absence of salt stress, there being effective for diminishing the effect of salinity agent, moreover, the use of saline irrigation water in maize inhibit the beneficial effect of Stimulate<sup>®</sup> in the development of sweet corn.

**Keywords:** *Zea mays*, plant regulators, water quality

### 3 INTRODUÇÃO

O milho doce (*Zea mays* convar. *Saccharata* var. *rugosa*) é classificado como especial e destina-se exclusivamente ao consumo humano (KWIATKOWSKI; CLEMENTE, 2007). A principal diferença entre o milho convencional e o milho doce é a presença de alelos mutantes que bloqueiam a conversão de açúcares em amido no endosperma, conferindo caráter doce (BARBIERI et al., 2005).

De acordo com Pereira Filho (2003), a produção de milho doce é uma atividade viável devido ao elevado preço, o que o torna uma boa alternativa para a exploração econômica em áreas próximas aos grandes centros urbanos e em pequenas propriedades.

Atualmente, o emprego de fitorreguladores como técnica agrônômica para se otimizar as produções em diversas culturas, tem crescido nos últimos anos. Bioestimulantes vegetais são combinações de biorreguladores e outras substâncias que, aplicadas exogenamente, possuem ações similares aos grupos de hormônios vegetais conhecidos (CASTRO; VIEIRA, 2001).

Na literatura são encontrados vários trabalhos sobre o uso deste Stimulate<sup>®</sup> e outros bioestimulantes na cultura do milho comum, e na maioria dos estudos têm sido encontrados resultados divergentes. Dourado Neto et al. (2014) verificaram que o uso de bioestimulante, em milho, proporciona aumento do diâmetro do colmo das plantas de milho, número de grãos por fileira e número de grãos por espiga, porém não interfere o rendimento da cultura. Entretanto, Dourado Neto (2004) trabalhando com Stimulate<sup>®</sup>, e Evangelista et al. (2010) observaram que o tratamento de sementes de milho com um produto enraizante aumentou a produtividade de grãos.

No entanto, alguns pesquisadores têm observado que o efeito do bioestimulante pode ser influenciado por fatores ambientais, como estresse salino (OLIVEIRA et al., 2013). Esses resultados demonstram que para se obter a maior eficiência do biostimulante na produção agrícola é fundamental o desenvolvimento de pesquisas sob diferentes condições ambientais de cultivo.

Na região semiárida do Nordeste brasileiro, grande parte dos produtores da região fazem utilização de águas coletadas em reservatórios superficiais como pequenos açudes e poços rasos perfurados no calcário Jandaíra, que apesar de conter grande manancial hídrico, apresentam, na maioria dos casos, fontes hídricas com alto teor de sais dissolvidos (MEDEIROS et al., 2003).

A inibição no crescimento e produtividade das plantas submetidas ao estresse salino ocorre por duas razões, a primeira se deve ao efeito osmótico provocado pela salinidade, que reduz a absorção de água, e a segunda se dá devido ao efeito específico dos íons ou ao

excesso, que entram no fluxo de transpiração e, eventualmente, causam injúrias nas folhas, reduzindo o crescimento ou influenciando negativamente na absorção de elementos essenciais (MUNNS, 2005).

O milho é classificado moderadamente sensível à salinidade, com salinidade limiar da água de  $1,1 \text{ dS m}^{-1}$  e do solo de  $1,7 \text{ dS m}^{-1}$  (AYERS; WESTCOT, 1999), entretanto, a tolerância à salinidade é variável entre espécies e, mesmo em uma espécie, o efeito do estresse salino é dependente de fatores como estádios de desenvolvimento, fatores ambientais, cultivar, tipo de saís, intensidade e duração do estresse salino, manejo cultural e da irrigação e condições edafoclimáticas (MUNNS, 2005; PARIDA; DAS).

Estudos já foram desenvolvidos a fim de avaliar o efeito da salinidade da água de irrigação sobre a cultura do milho, e a maioria dos pesquisadores relatam redução significativa no crescimento e na produtividade das plantas quando a irrigação foi realizada com água salina (CARVALHO et al., 2012; SILVA et al., 2014).

Assim, surge a necessidade da adoção de práticas culturais que minimizem o efeito deletério da salinidade sobre o crescimento das plantas. O uso de bioestimulante surge como alternativa, pois, acredita-se que, em função de sua composição, concentração e proporção das substâncias, o biorregulador pode incrementar o crescimento e o desenvolvimento vegetal estimulando a divisão celular podendo também aumentar a absorção de água e nutrientes pelas plantas (VIEIRA; CASTRO, 2004).

Diante do exposto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o uso de bioestimulante Stimulate® no tratamento de sementes de milho doce, cv. super doce Aruba, cultivado na ausência e presença de estresse salino.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, no período de maio a junho de 2014, na área experimental do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) em Mossoró, RN ( $5^{\circ} 11' 31'' \text{ S}$ ;  $37^{\circ} 20' 40'' \text{ W}$ ; altitude de 18 m).

O clima dominante da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo BSw $h'$ , ou seja, quente e seco caracterizando como clima tropical Semiárido, com estação chuvosa bastante irregular, atrasando-se do verão para o outono, se concentrando nos primeiros meses do ano. A temperatura média é de  $27,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , precipitação pluviométrica média anual de 673,9 mm e umidade relativa do ar de 68,9% (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1995).

A casa de vegetação utilizada apresenta cobertura de polietileno de baixa densidade transparente com 0,10 mm de espessura, tratada contra a ação de raios ultravioletas e em formato tipo arco, com 7,0 m de largura e 21 m de comprimento. As paredes laterais e frontais são confeccionadas com telas anti-afídeos e rodapé de 0,30 m em concreto armado.

O solo foi coletado na Horta didática da UFERSA, cujo solo é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2013) foi utilizado e coletado na camada de 0-20 cm de profundidade, em área não cultivada localizada no Campus da UFERSA. O material coletado foi secado ao ar e posteriormente peneirado em malha de 2,0 mm e analisado quimicamente (Tabela 1).

O experimento foi instalado em delineamento estatístico inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $2 \times 4$ , sendo dois níveis de salinidades da água de irrigação ( $0,5$  e  $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) e quatro doses de bioestimulante Stimulate®, aplicados via tratamento de sementes (0; 5; 10 e 20  $\text{mL kg}^{-1}$  de sementes); com cinco repetições, totalizando 40 unidades experimentais. A

unidade experimental foi representada por um vaso com capacidade para 12 kg de solo, contendo uma planta.

**Tabela 1.** Características físicas e químicas do solo utilizado no experimento

Características químicas								
pH	M.O. (%)	P (mg dm <sup>-3</sup> )	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup>
----- (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) -----								
6,2	1,05	2,20	0,14	0,13	0,40	0,60	0,25	3,05
Características físicas								
Fração granulométrica (g kg <sup>-1</sup> )			Classe	Umidade (g g <sup>-1</sup> )		Densidade (kg dm <sup>3</sup> )		
Areia	Silte	Argila	textural	CC	PMP	Ds	Dp	
707,2	172,2	120,6	FA	0,15	0,06	1,53	2,68	

FA – Franco Arenoso; CC – Capacidade de Campo para  $\psi_m = -10$  KPa; PMP – Ponto de Murcha Permanente para  $\psi_m = -1500$  KPa; Ds – Densidade do solo ou aparente; DP – Densidade de Partículas.

A escolha desses níveis de salinidade deve-se às condutividades elétricas apresentadas pelas águas disponíveis para irrigação, na região onde foi feito o experimento (MEDEIROS et al., 2003; COSTA et al., 2006).

Com vista à salinidade S1-0,5 dS m<sup>-1</sup> foi utilizada água proveniente do sistema de abastecimento do campus da UFERSA cujas análises físicas e químicas determinaram as seguintes características: pH = 8,30; CE = 0,50 dS m<sup>-1</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 3,10; Mg<sup>2+</sup> = 1,10; K<sup>+</sup> = 0,30; Na<sup>+</sup> = 2,30; Cl<sup>-</sup> = 1,80; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> = 3,00 e CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> = 0,20 (mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>). Na preparação da maior salinidade (4,5 dS m<sup>-1</sup>) foi adicionada uma mistura de sais de NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O em água coletada em poço profundo localizado no Campus central da UFERSA, mantendo-se a proporção equivalente de 7:2:1 (MEDEIROS, 1992).

O bioestimulante foi aplicado diretamente sobre as sementes, com auxílio de uma pipeta graduada; para tanto, as sementes foram acondicionadas em sacos plásticos transparentes, que foram inflados e agitados vigorosamente durante um minuto visando uniformizar a distribuição do produto sobre a massa de sementes; em seguida, as sementes foram colocadas para secar à sombra sobre papel toalha, durante uma hora. Para os tratamentos que não receberam o bioestimulante via tratamento de sementes, as sementes passaram pelo mesmo procedimento das demais utilizando-se água destilada no lugar do bioestimulante.

O bioestimulante utilizado foi o Stimulate®, composto da mistura de substâncias 0,005% do ácido indolbutírico (auxina), 0,009% de cinetina (citocinina) e 0,005% do ácido giberélico (giberelina), sendo o único biorregulador registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Após o tratamento e secagem das sementes realizou-se a semeadura, colocando-se cinco sementes de milho doce, cv. super doce Aruba (Feltrim®) por vaso, realizando-se o desbaste cinco dias após a semeadura deixando-se em cada vaso a planta mais vigorosa.

Adotou-se o sistema de irrigação por gotejamento utilizando-se emissores tipo microtubo cujo fornecimento de água foi realizado através de reservatório (vasos plásticos com capacidade para 80 L) suspensos sobre cavaletes de forma a se obter uma carga hidráulica inicial de 1,0 m.

O sistema de distribuição de água foi composto de quatro linhas laterais de tubos flexíveis com diâmetro de 16 mm, uma para cada fileira de vasos, sendo instalados os microtubos nas linhas laterais, espaçados 0,5 m, correspondente a um emissor em cada vaso.

Foram utilizados emissores de 0,50 m de comprimento definido em testes para estabelecimento do comprimento obtendo-se vazão média de 1,6 L h<sup>-1</sup>.

Para minimizar o efeito da redução de carga hidráulica sobre a vazão dos emissores as irrigações eram iniciadas sempre com os reservatórios em sua capacidade máxima de água de forma que, para atender ao suprimento hídrico das plantas, não era necessário aplicar toda a água do reservatório.

O consumo de água pelas plantas não foi contabilizado; no entanto, para garantir a reposição da água evapotranspirada, as irrigações eram suspensas após ser observado início de drenagem nos vasos, não ocorrendo fração de lixiviação significativa em nenhum dos tratamentos.

As plantas foram coletadas e analisadas aos 45 dias após a semeadura, quando apresentavam-se no estágio pendocimento (VT), quando o último ramo do pendão estava completamente visível e os “cabelos” não tinham emergido. As plantas foram coletadas cortando-as rente ao solo e em seguida foram ensacadas e transportadas para o Laboratório de Irrigação e Salinidade para serem analisadas quanto às seguintes variáveis: altura de plantas (ALT), determinada utilizando uma trena, medindo-se a distância entre local do corte (superfície do solo) e o ápice da planta; diâmetro do colmo (DC), determinada utilizando um paquímetro digital, considerando a média entre duas medidas tomadas de forma perpendiculares realizadas na seção de corte das plantas; número de folhas (NF), contabilizadas apenas as folhas que apresentavam mais de 60% de coloração verde; área foliar (AF), determinada partir de medidas lineares de comprimento e largura máxima do limbo foliar ( $AF = 0,75(C \times L)$ ), utilizando o fator de correção 0,75 (ELINGS, 2000); massa seca de colmo (MSC), folhas (MSF), raiz (MSR), pendão (MSP) e massa seca total (MST). Para determinação da biomassa seca, o material fresco foi acondicionado em sacos de papel e posto para secar em estufa com circulação de ar forçada, à temperatura de 65°C até atingir massa constante, sendo determinado em balança de precisão (0,01 g).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, realizando-se o desdobramento nas variáveis que apresentaram resposta significativa à interação entre os fatores estudados. O efeito da salinidade foi avaliado aplicando-se o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), enquanto o efeito do bioestimulante foi analisado através de análise de regressão.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da análise de variância foi possível detectar efeito significativo da interação entre os fatores níveis de salinidade e doses de bioestimulante para as variáveis diâmetro do colmo (DC), massa seca de colmo (MSC) e massa seca de folhas (MSF) em nível de 5% de probabilidade; bem como para número de folhas (NF), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total (MST) em nível de 1%, enquanto as variáveis altura (ALT), área foliar (AF) e massa seca de pendão (MSP) não foram afetadas pela interação entre os fatores ( $p > 0,05$ ) (Tabela 2).

Quanto ao efeito isolado dos fatores, verificou-se que a salinidade afetou a maioria das variáveis analisadas ( $p < 0,01$ ), com exceção para NF e MSR ( $p > 0,05$ ). Para o efeito isolado do bioestimulante, não foi observada resposta significativa para ALT, no entanto ocorreu efeito significativo em nível de 5% de probabilidade para DC. Para as demais variáveis ocorreu resposta significativa do bioestimulante em nível de 1% de probabilidade (Tabela 2).

Conforme relatado anteriormente, a maioria das variáveis foi afetada pela salinidade da água de irrigação, com maiores valores nas plantas irrigadas com água de menor salinidade

(0,5 dS m<sup>-1</sup>). Comparando-se os valores médios obtidas nas duas salinidades, verificaram-se reduções de aproximadamente 23,8; 10,7; 20,6; 39,6; 26,9; 22,5 e 26,9%, para as variáveis ALT, DC, AF, MSC, MSF, MSP e MST, respectivamente (Tabela 2).

A partir destes resultados, percebe-se que a folha foi o órgão vegetal mais afetado pelo estresse salino (AF), apesar de não ter ocorrido efeito da salinidade sobre a emissão foliar (NF), demonstrando assim que o efeito deletério da salinidade é mais evidente no alongamento foliar.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para altura de plantas (ALT), diâmetro do colmo (DC), número de folhas (NF), área foliar (AF), massa seca de colmo (MSC), folhas (MSF), raiz (MSR), pendão (MSP) e massa seca total (MST) em plantas de milho doce submetidas ao tratamento de sementes com bioestimulante e águas salinas

Fontes de variação	GL	Quadrados médios								
		ALT	DC	NF	AF	MSC	MSF	MSR	MSP	MST
Salinidade (S)	1	1,517**	17,622**	0,006 <sup>ns</sup>	0,049**	305,035**	146,344**	0,729 <sup>ns</sup>	1,989**	894,254**
Bioestimulante (B)	3	0,035 <sup>ns</sup>	2,612*	5,122**	0,0159**	21,605**	21,725**	14,758**	1,039**	64,249**
Interação S x B	3	0,016 <sup>ns</sup>	3,966*	3,939**	0,003 <sup>ns</sup>	5,989*	7,689*	48,691**	0,133 <sup>ns</sup>	43,896**
Resíduo	32	0,018	0,901	0,856	0,002	1,542	2,123	0,863	0,069	6,162
CV (%)		11,40	11,74	9,80	15,03	11,10	13,72	13,77	14,43	9,18
		Teste de médias								
Níveis de Salinidade		ALT (m)	DC (mm)	NF (unid)	AF (m <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> )	MSC	MSF	MSR (g planta <sup>-1</sup> )	MSP	MST
S1 = 0,5 dS m <sup>-1</sup>		1,30 a#	12,41 a	9,42 a	0,34 a	13,95 a	14,24 a	5,17 a	2,00 a	35,08 a
S2 = 4,5 dS m <sup>-1</sup>		0,99 b	11,08 b	9,45 a	0,27 b	8,42 b	10,41 b	4,90 a	1,55 b	25,63 b

\*\* : Significativo a 0,01 de probabilidade; \* : Significativo a 0,05 de probabilidade; ns: Não significativo.

# Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade

De acordo com Kurum et al. (2013) a redução da área foliar da planta e até mesmo a morte das folhas, atingindo, principalmente, as folhas mais velhas ocorre devido ao acúmulo de íons tóxicos nos vacúolos celulares. Assim, a redução no crescimento foliar representa um mecanismo de defesa das plantas sob condições de estresse hídrico e salino, reduzindo as perdas de água por transpiração (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Quanto ao efeito do bioestimulante, não houve resposta significativa para a altura das plantas (Tabela 2), obtendo-se valor médio entre as doses de bioestimulante em 1,19 m. Tal comportamento assemelha-se, em parte, aos resultados obtidos por Ferreira et al. (2007), que verificaram aumento na altura das plantas quando realizou-se o tratamento das sementes com Stimulate<sup>®</sup>; no entanto, esses autores não encontraram efeito significativo para altura da espiga.

O uso de bioestimulante afetou o diâmetro do colmo apenas nas plantas irrigadas com água de menor salinidade, ocorrendo aumento linear de 0,108 mm por aumento unitário nas doses de bioestimulante, de forma que o maior DC (13,53 mm) foi obtido na maior dose (20 mL kg<sup>-1</sup> sementes). Nas plantas submetidas ao estresse salino não houve resposta ao bioestimulante e obteve-se DC médio de 11,08 mm (Figura 1A).

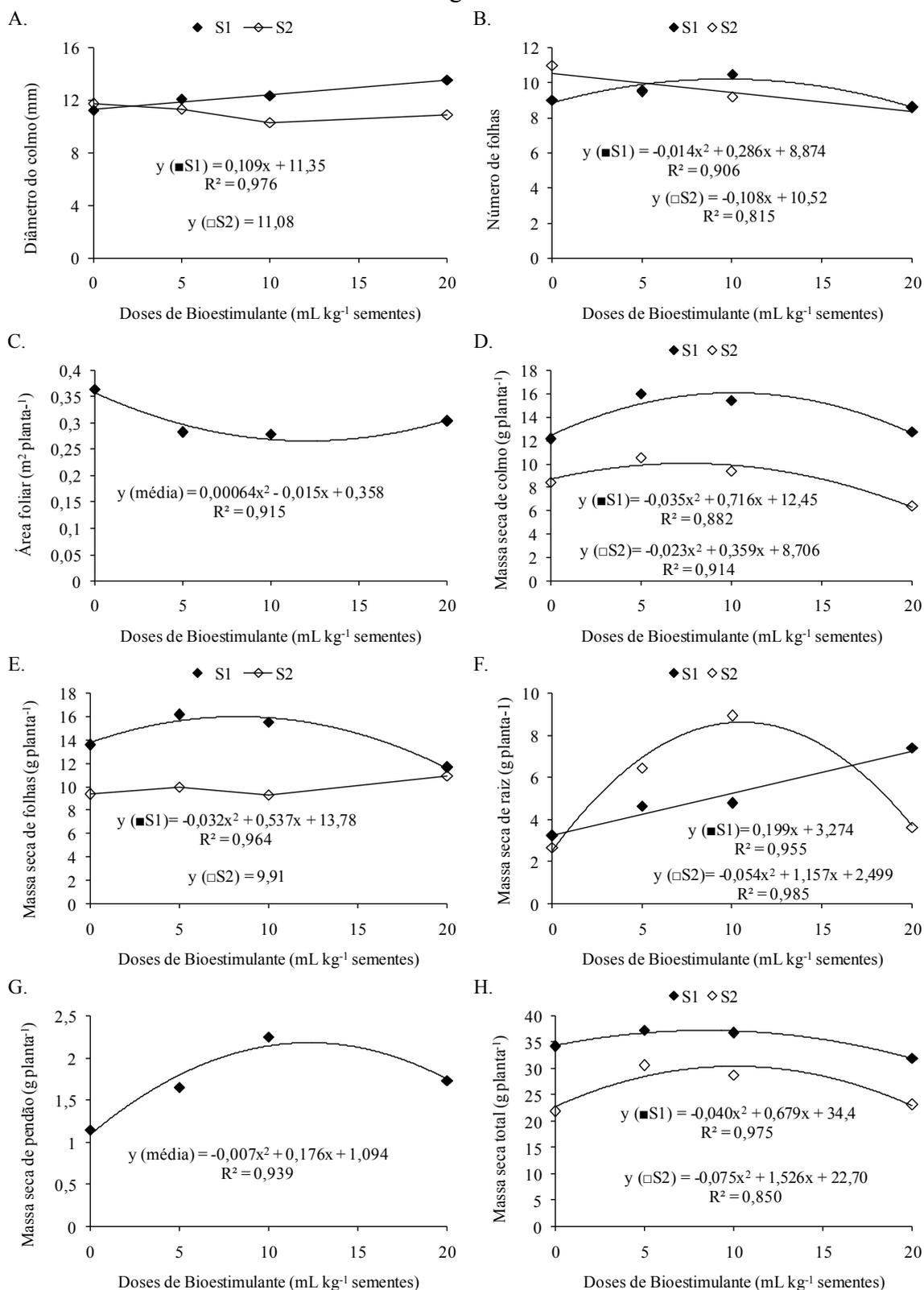
O crescimento vegetal é favorecido pelas citocininas, porém, quando as plantas estão sob estresse, ocorreu aumento na concentração de enquanto o ácido abscísico acético, sendo a concentração de um inversamente proporcional à citocinina, inibindo o efeito este hormônio sobre o desenvolvimento das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Para o número de folhas, houve resposta significativa ao aumento nas doses de bioestimulante, independente da salinidade da água, no entanto a resposta das plantas foi diferente de acordo com o tipo de água utilizada na irrigação. Nas plantas irrigadas com água de menor salinidade foi observada resposta quadrática, com maior valor obtido na dose de

10,2 mL kg<sup>-1</sup> de sementes (10,3 folhas por planta), equivalente ao ganho de 15,7% em relação à ausência do biorregulador (8,9 folhas por planta) (Figura 1B).

Este resultado assemelham-se aos obtidos por Oliveira et al. (2013) trabalhando com a cultura do feijoeiro caupi, em que o uso de bioestimulante em plantas submetidas ao estresse salino acentuou o efeito deletério da salinidade sobre a emissão de novas folhas.

**Figura 1.** Diâmetro do colmo (A), número de folhas (B), área foliar (C), massa seca de colmo (D), massa seca de folhas (E), massa seca de raiz (F), massa seca de pendão (G) massa seca total (H) em plantas de milho super doce submetidas ao tratamento de sementes com bioestimulante e águas salinas



Provavelmente o estresse salino inibiu a ação dos hormônios presentes no Stimulate<sup>®</sup> devido ao aumento na concentração de etileno, fato comum em quando as plantas são submetidas às condições de estresses (FLOSS, 2008). Esse hormônio, quando em elevada taxa, pode inibir o crescimento resultante do alongamento e divisão celular, além de acelerar abscisão e senescência precoce de folhas (FLOSS, 2008).

A área foliar foi afetada pela aplicação de bioestimulante de forma semelhante para as duas salinidades, de forma que a resposta da cultura foi ajusta a uma única equação de regressão, para a qual o melhor ajuste foi obtido para o modelo quadrático ( $R^2 = 0,915$ ). A maior área foliar foi obtida na ausência do biorregulador ( $0,358 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ ), e o aumento nas doses resultou em redução de área foliar, obtendo-se valores de  $0,299$  e  $0,272 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$  nas doses de 5 e 10  $\text{mL kg}^{-1}$  de sementes; e apresentou aumento na maior dose ( $0,314 \text{ m}^2 \text{ planta}^{-1}$ ) (Figura 1C).

A área foliar de uma planta é resultado do número de folhas e do tamanho do limbo foliar, assim, a divergência ocorrida na resposta para número de folhas e área foliar demonstra que o efeito do biorregulador sobre a emissão de uma nova folha independe do seu efeito sobre o tamanho dessa folha. Este comportamento foi confirmado por Oliveira et al. (2016) em milho pipoca, em que os autores não observaram efeito do tratamento de sementes sobre o número e folhas, mas observaram efeito significativo sobre a expansão foliar.

Para a massa seca de colmo ocorreram respostas quadráticas ( $R^2 = 0,882$  e  $R^2 = 0,914$ ) para as duas salinidades, no entanto houve efeito mais expressivo na menor salinidade. Os maiores valores ocorreram nas doses de 10,2 e 7,8  $\text{mL kg}^{-1}$  de sementes, com 16,1 e 10,1  $\text{g planta}^{-1}$  nas salinidades 0,5 e 4,5  $\text{dS m}^{-1}$ , respectivamente. Comparando-se os ganhos de massa seca em relação à ausência de bioestimulante, obtiveram-se aumentos de 29,4% nas plantas irrigadas com água de menor salinidade; e de 16,1% nas plantas submetidas ao estresse salino (Figura 1D).

Tal comportamento ocorreu porque o estresse salino reduz a translocação e concentração da citocinina para a parte aérea, hormônio relacionado com o crescimento da parte aérea (GHANEM et al., 2011).

A ação do bioestimulante sobre o desenvolvimento do colmo melhora a relação entre raiz e parte aérea e aumenta eficiência do processo de translocação de fotoassimilados para os grãos, resultando no aumento de rendimento de grãos.

Em trabalho desenvolvido com a cultura do feijão caupi, Oliveira et al. (2013) verificaram que o uso de bioestimulante afetou a massa seca de caule apenas nas plantas cultivadas sem estresse salino, e o uso de água salina inibiu o efeito do Stimulate sobre esta variável.

Não houve resposta significativa do tratamento de sementes com Stimulate<sup>®</sup> sobre a massa seca de folhas nas plantas submetidas ao estresse salino ( $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), obtendo valor média de  $9,91 \text{ g planta}^{-1}$  (Figura 1F), concordando assim com os resultados obtidos por Oliveira et al. (2013) com a cultura do feijão caupi.

No entanto, nas plantas irrigadas com água de menor salinidade ( $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) o incremento nas doses do bioestimulante provocou aumento na massa de folhas até a dose de 8,4  $\text{mL kg}^{-1}$  de sementes, na qual obteve valor máximo de  $16 \text{ g planta}^{-1}$ , equivalente ao aumento de 16,3% em comparação com as plantas que oriundas de sementes não tratadas (Figura 1F).

De acordo com Scalon et al. (2009), os bioestimulantes, além de atuar nos processos de divisão e de alongamento celular, podem aumentar a absorção e a utilização dos nutrientes, atuando em diversos passos do metabolismo das plantas.

Na Figura 1G é apresentada resposta da cultura à salinidade no tocante ao acúmulo de massa seca de raízes (MSR). O aumento nas doses de bioestimulante provocou aumento linear ( $R^2 = 0,955$ ) na MSR das plantas irrigadas com água de menor salinidade ( $0,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), apresentando aumento de  $0,199 \text{ g planta}^{-1}$  por aumento unitário nas doses de bioestimulante, com maior valor ocorrendo nas doses de  $20 \text{ mL kg}^{-1}$  de sementes ( $7,25 \text{ g planta}^{-1}$ ), correspondendo ao aumento de  $121,6\%$  em relação à ausência deste biorregulador, na qual obteve-se MSR de  $3,27 \text{ g planta}^{-1}$  (Figura 1G).

O aumento na MSR em resposta ao tratamento das sementes com bioestimulante ocorreu devido ação de citocinina e auxina, que desempenham papéis fundamentais no crescimento radicular. Ambos têm papéis em diversos processos, como o desenvolvimento vascular da raiz, a iniciação de raízes laterais e gravitropismo da raiz (VANNESTE; FRIML, 2009).

Para as plantas submetidas ao estresse salino o aumento nas doses de bioestimulante resultou inicialmente positivo até determinada dose, seguida de redução nas maiores doses, de forma que os dados apresentaram melhor ajuste ao modelo quadrático ( $R^2 = 0,985$ ). A maior MSR foi obtida para a dose de  $10,7 \text{ mL kg}^{-1}$  de semente ( $8,79 \text{ g planta}^{-1}$ ), equivalente ao ganho de  $247,9\%$  em relação ausência de bioestimulante ( $2,49 \text{ g planta}^{-1}$ ). No entanto, na maior dose ( $20 \text{ mL kg}^{-1}$ ) houve grande redução na MSR, na qual se obteve  $4,09 \text{ g planta}^{-1}$  (Figura 1G).

Segundo Marschner (1995), os fitormônios (auxina e citocinina) promotores do crescimento, na regulação da alongação da raiz principal e na formação de raízes laterais. As plantas que apresentam sistemas radiculares extensos, de elevada área superficial e comprimento, com raízes de menor diâmetro, promovem uma exploração mais efetiva do solo, facilitando a adaptação em ambientes de baixa fertilidade, com restrição de água (MACHADO et al., 2004).

Para a massa seca de pendão (MSP) houve resposta similar para as plantas submetida ou não ao estresse salino, e para ambos os casos os resultados apresentaram melhor ajuste ao modelo quadrático ( $R^2 = 0,939$ ). O maior valor de MSP ocorreu na dose de  $12,57 \text{ mL kg}^{-1}$  de sementes ( $2,20 \text{ g planta}^{-1}$ ), representando um aumento de  $101,1\%$  em relação à ausência de bioestimulante ( $1,09 \text{ g planta}^{-1}$ ) (Figura 1G).

O efeito do tratamento de sementes com bioestimulante sobre a massa seca de pendão é de grande importância, pois conforme Sangoi et al. (2010), maior massa se órgãos reprodutivos influenciarão diretamente no potencial produtivo da cultura. Assim, apesar de não ter sido avaliado a produtividade da cultura neste trabalho, espera-se que o resultado parcialmente positivo sobre este órgão (pendão) possa resultar em aumento positivo na produtividade.

Em trabalho desenvolvido com a cultura do girassol, Santos et al. (2012) observaram que além do efeito direto sobre o crescimento das plantas, a presença dos reguladores pode ter promovido a translocação de grande quantidade de assimilados e metabólitos envolvidos no florescimento, o que pode levar à precocidade no ciclo da cultura.

Com relação à produção total de fotoassimilados, analisada através da massa seca total (MST), houveram respostas quadráticas ao aumento nas doses de bioestimulantes tanto na presença quanto na ausência de estresse salino nas plantas. A partir das equações de regressão adotadas, verificou-se que os maiores valores de MST ocorreram em doses de  $8,5 \text{ mL kg}^{-1}$  ( $37,28 \text{ g planta}^{-1}$ ) nas plantas irrigadas com água de menor salinidade; e  $10,2 \text{ mL kg}^{-1}$  ( $30,46 \text{ g planta}^{-1}$ ) nas plantas cultivadas sob estresse salino. Apesar de apresentarem resultados ajustados ao mesmo tipo equação de regressão, a maior resposta ao tratamento das sementes com bioestimulante ocorreu nas plantas irrigadas com água de maior salinidade ( $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ ),

onde se obteve aumento na ordem de 34,2%, enquanto na ausência de estresse salino houve aumento de apenas 8,4% (Figura H).

Esse efeito benéfico na produção de MST até determinada dose de bioestimulante, mais evidente nas plantas submetida ao estresse salino, pode ser atribuído a composição, concentração e proporção das substâncias presentes no Stimulate (0,005% do ácido indolbutírico (auxina), 0,009% de cinetina (citocinina) e 0,005% do ácido giberélico (giberelina)), hormônios vegetais que atuam como mediadores de processos fisiológicos, estimulando a divisão celular, podendo também aumentar a absorção de água e nutrientes pelas plantas (VIEIRA; CASTRO, 2004)

A partir dos resultados obtidos neste trabalho pôde-se constatar que, de forma geral, o efeito do tratamento de sementes com o bioestimulante Stimulate<sup>®</sup> pode trazer efeitos benéficos sobre o desenvolvimento das plantas, no entanto, a eficiência deste produto pode ser afetada por condições edafoclimáticas, como a salinidade (OLIVEIRA et al., 2013; BARBIERI et al., 2014).

O estresse pode alterar a taxa de transporte de fito-hormônios e carboidratos dentro da planta, tornando as espigas iniciadas tardiamente menos capazes de se tornarem funcionais e produzirem grãos, devido à sua menor capacidade competitiva por fotoassimilados com as demais estruturas da planta (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Neste contexto, Oliveira et al. (2013) reforça que o sucesso do uso deste produto está diretamente dependente das condições ambientes de produção, bem como do material genético utilizado; desta forma, é de fundamental importância o desenvolvimento de novas pesquisas com outras espécies e variedades, condições ambientais e de manejo, bem como a dosagem, uma vez que a eficiência do bioestimulante pode ser influenciada por tais fatores.

## 6 CONCLUSÕES

O uso de água salina na irrigação provocou redução no desempenho da maioria das variáveis de crescimento do milho doce, sendo o efeito mais expressivo sobre o desenvolvimento foliar.

O tratamento de sementes com Stimulate<sup>®</sup> promove maior desenvolvimento de plantas de milho doce na ausência de estresse salino.

O uso de bioestimulante Stimulate<sup>®</sup> não foi eficiente como agente atenuador do efeito da salinidade na cultura do milho doce.

O uso de água salina na irrigação do milho inibiu o efeito benéfico do Stimulate<sup>®</sup> no desenvolvimento das plantas de milho doce.

## 7 REFERÊNCIAS

### 8

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p.

BARBIERI, A. P. P.; HUTH, C.; ZEN, H. D.; BECHE, M.; MERTZ, L. M.; LOPES, S. J. Tratamento de sementes de milho sobre o desempenho de plântulas em condições de estresse salino. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 57, n. 3, p. 305-311, 2014.

BARBIERI, V. H. B.; LUZ, J. M. Q.; BRITO, C. H.; DUARTE, J. M.; GOMES, L. S.; SANTANA, D. G. Produtividade e rendimento industrial de híbridos de milho doce em função de espaçamento e populações de plantas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 826-830, 2005.

CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O. F. **Mossoró**: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, 1995. 62p. (Coleção mossoroense, série B).

CARVALHO, J. F.; TSIMPHO, C. J.; SILVA, E. F. F.; MEDEIROS, P. R. F.; SANTOS, M. H. V.; SANTOS, A. N. Produção e biometria do milho verde irrigado com água salina sob frações de lixiviação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 4, p. 368-374, 2012.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. 132p.

COSTA, A. M. B.; MELO, J. G. E.; SILVA, F. M. Aspectos da salinização das águas do aquífero cristalino no estado do Rio Grande do Norte, nordeste do Brasil. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, v.20, n.1, p.67-82, 2006.

DOURADO NETO, D.; DARIO, G. J. A.; BARBIERI, A. P. P.; MARTIN, T. N. Ação de bioestimulante no desempenho agrônômico de milho e feijão. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, p. 371-379, 2014.

DOURADO NETO, D.; DARIO, G. J. A.; VIEIRA JÚNIOR, P. A.; MANFRON, P. A.; MARTIN, T. N.; BONNECARRÉRE, R. A. G.; CRESPO, P. E. N. Aplicação e influência do fitorregulador no crescimento das plantas de milho. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 11, n. 1, p. 1-9. 2004.

ELINGS, A. Estimation of leaf area in tropical maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, n. 3, p. 436-444, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

EVANGELISTA, J. R. E.; OLIVEIRA, J. A.; BOTELHO, F. J. E.; VILELA, F. L.; CARVALHO, B. O.; OLIVEIRA, G. E. Tratamento de sementes com enraizante e adubação foliar e seus efeitos sobre o desempenho da cultura do milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 109-113, 2010.

FERREIRA, L. A.; OLIVEIRA, J. A.; PINHO, E. V. R. V.; QUEIROZ, D. L. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 2, p.80-89, 2007.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: O estudo do que está por trás do que se vê. 4. ed. Passo Fundo: UPF, 2008. 733 p.

GHANEM, M. E.; ALBACETE, A.; FRÉBORT, I.; POSPÍSILOVÁ, H.; MARTÍNEZ-ANDÚJAR, C.; ACOSTA, M.; SÁNCHEZ-BRAVO, J.; LUTTS, S.; DODD, I. C.; PÉREZ-ALFOCEA, F. Root-synthesized cytokinins improve shoot growth and fruit yield in salinized tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 62, n. 1, p. 125-140, 2011.

KURUM, R., ULUKAPIM, K., AKIR, C., ONUS, A. N. The influence of salinity on seedling growth of some pumpkin varieties used as rootstock. **Notulae botanicae Horti Agrobotanici**, Cluj-Napoca, v. 41, n. 1, p. 219-225, 2013.

KWIATKOWSKI, A.; CLEMENTE, E. Características do milho doce (*Zea mays* L.) para industrialização. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 1, n. 2, p. 93-103, 2007.

MACHADO, C. T. T.; MACHADO, A. T.; FURLANI, A. M. C. Variação intrapopulacional em milho para características relacionadas com a eficiência de absorção e utilização de fósforo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 1, p. 77-91, 2004.  
MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação utilizada nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados do RN, PB, CE e avaliação da salinidade dos solos**. Campina Grande: UFPB, 1992. 173p. Dissertação Mestrado.

MEDEIROS, J. F.; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M. SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, p. 46-472, 2003.

MEDEIROS, J. F.; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M.; SILVA JÚNIOR, M. J.; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 469-472, 2003.

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, Cambridge, v. 167, n. 03, p. 645-663, 2005.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; CUNHA, R. C.; SOUZA, M. W. L.; LIMA, L. A. Uso de bioestimulante como agente amenizador do estresse salino na cultura do milho pipoca. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 2, p. 307-315, 2016.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. TO; SOUZA, A. A. T.; FERREIRA, J. A.; SOUZA, M. S. Interação entre salinidade e bioestimulante na cultura do feijão caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 5, p. 465-471, 2013.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v.60, n.3, p.324-349, 2005.

- PEREIRA FILHO, I. A. **O cultivo do milho-verde**. Brasília, DF: Embrapa, 2003. 204 p.
- SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; RAMBO, L. **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos**. Lages: Graphel, 2010. 87 p.
- SANTOS, C. A. C.; PEIXOTO, C. P.; VIEIRA, E. L.; CARVALHO, E. V.; PEIXOTO, V. A. B. Ação da interação cinetina, ácido indolbutírico e ácido giberélico no crescimento inicial e florescimento do girassol. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 3, n. 4, p. 310-315, 2012.
- SCALON, S. P. Q.; LIMA, A. A.; SCALON FILHO, H.; VIEIRA, M. C. Germinação de sementes e crescimento inicial de mudas de *Campomanesia adamantium* Camb.: Efeito da lavagem, temperatura e de bioestimulantes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina v. 31, n. 2, p. 96-103, 2009.
- SILVA, J. L. A.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, S. S. V.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA JÚNIOR, M. J.; NASCIMENTO, I. B. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, p. s66-s72, 2014.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.
- VANNESTE, S.; FRIML, J. Auxin: a trigger for change in plant development. **Cell**, Ghent, v. 136, n. 6, p. 1005-1016, 2009.
- VIEIRA, E. L.; CASTRO, P. R. C. **Ação de bioestimulante na cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill)**. São Paulo: Stoller do Brasil, 2004. 47 p.