

Germinação e crescimento inicial do milho com aplicação de doses de bioestimulante e irrigação de água salina

Paulo Ricardo Resende Dias¹, Diógenes Martins Bardivieso¹, Ruth Teles Barbosa², Ianca Beatriz Paes Aragão Ferreira², Jiovana Kamila Vilas Boas², Fábio Steiner^{1,2*}

¹ Curso de Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Cassilândia (MS).

² Programa de Pós-Graduação em Agronomia – PGAGRO, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Aquidauana (MS).

* E-mail: steiner@uems.br

Resumo: A salinidade é um dos principais estresses abióticos que limitam a germinação e o crescimento inicial das plantas no campo, especialmente em regiões áridas e semiáridas ou em áreas irrigadas com águas salinas. Há evidências que o tratamento das sementes com bioestimulante pode amenizar os efeitos negativos do estresse salino na germinação e no crescimento inicial das plântulas de milho. Um estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de doses de bioestimulante (Crop Evo[®]) no tratamento das sementes sobre a indução da tolerância das plântulas de milho [*Zea mays* L., híbrido simples LG 6304 PRO) ao estresse salino. Os tratamentos foram dispostos no delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 × 4: três níveis de salinidade da água de irrigação [0 MPa (controle); -0,1 MPa (estresse salino suave) e -0,4 MPa (estresse salino moderado) e quatro doses de bioestimulante (0, 5, 10 e 20 mL kg⁻¹ de semente), com quatro repetições de 50 sementes. Após 16 dias de exposição das plantas à salinidade, foram avaliadas a taxa de emergência e o crescimento inicial das plantas. Os resultados indicaram que a aplicação de bioestimulante (Crop Evo[®]) no tratamento das sementes pode ser utilizada para atenuar os efeitos negativos do estresse salino suave na velocidade de emergência e no crescimento inicial das plântulas de milho. No entanto, o uso de bioestimulante não tem capacidade de melhorar o crescimento inicial das plântulas de milho expostas às condições de estresse salino moderado.

Palavras-chave: Estresse salino, salinidade, promotor do crescimento de plantas, *Zea mays*.

Germination and initial growth of corn with application of biostimulant rates and saline water irrigation

Abstract: Salinity is one of the main abiotic stresses that limit the germination and initial growth of plants in the field, especially in arid and semi-arid regions or in areas irrigated with saline waters. There is evidence that treating seeds with a biostimulant can alleviate the negative effects of saline stress on the germination and initial growth of corn seedlings. A study was conducted with the objective of evaluating the effect of applying biostimulant rates (Crop Evo[®]) in seed treatment on the induction of tolerance of corn seedlings [*Zea mays* L., simple hybrid LG 6304 PRO) to saline stress. The treatments were arranged in a completely randomized design in a 3 × 4 factorial scheme: three levels of irrigation water salinity [0 MPa (control); -0.1 MPa (mild salt stress) and -0.4 MPa (moderate salt stress) and four doses of biostimulant (0, 5, 10 and 20 mL kg⁻¹ of seed), with four replications of 50 seeds. After 16 days of exposing the plants to salinity, the emergence rate and initial growth of the plants were evaluated. The results indicated that the application of a biostimulant (Crop Evo[®]) in seed treatment can be used to mitigate the negative effects of mild saline stress on the emergence speed and initial growth of corn seedlings. However, the use of biostimulants does not have the ability to improve the initial growth of corn seedlings exposed to moderate saline stress conditions.

Keywords: Salt stress, salinity, plant growth promoter, *Zea mays*.

Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie monocotiledônea pertencente à família Poaceae, originária do continente americano. Esta espécie tem-se destacado como uma das principais culturas de cereal cultivadas e consumidas no Brasil e no mundo (GALVÃO *et al.*, 2017). Atualmente, o Brasil é o maior produtor de milho do mundo, sendo que na safra 2022/2023 a cultura ocupou uma área de 22,3 milhões de hectares, com produção total de cerca de 131,9 milhões de toneladas, o que representou rendimento médio de grãos de 5.925 kg ha⁻¹ (CONAB, 2023). A cultura do milho possui relevante importância socioeconômica para o Brasil, especialmente devido ao seu múltiplo uso, desde a alimentação humana e animal até a indústria de alta tecnologia, como a produção de biocombustíveis.

O milho tem sido caracterizado como uma cultura de moderada resistência às condições ambientais adversas (BERGONCI *et al.*, 2000). No entanto, as constantes mudanças climáticas têm afetado o crescimento e a produtividade das culturas agrícolas em virtude dos padrões irregulares de chuvas durante as safras agrícolas. Esta irregularidade das chuvas associado ao aumento da população mundial e a maior demanda por alimentos tem resultado numa expansão do uso de terras marginais e do uso de irrigação com aplicação de águas de baixa qualidade. De acordo com Bezerra *et al.* (2010), dentre os aspectos que determinam a qualidade da água utilizada no sistema de irrigação, a concentração de sais solúveis ou salinidade, tem se destacado como um dos principais fatores limitantes para o adequado crescimento e desenvolvimento das culturas agrícolas, por potencializar o surgimento de solos degradados por salinidade e sodicidade em muitas regiões brasileiras.

A salinidade provocada pelo excesso de sais dissolvidos na solução do solo, ou mesmo na água de irrigação limita a capacidade das sementes em absorver água devido a redução do potencial hídrico da solução do solo (HARTER *et al.*, 2014), o que, dependendo do nível de tolerância da espécie vegetal, pode comprometer o adequado estabelecimento do estande de plantas no campo, e, conseqüentemente, limitar a produção agrícola. Além disso, a menor taxa de germinação das sementes e o menor crescimento inicial das plantas causado pelo estresse salino está relacionada com os efeitos fitotóxicos do excesso de sais no desequilíbrio iônico e nutricional, balanço hídrico e na inativação fisiológica de íons essenciais (MUNNS, 2005), causando distúrbios funcionais e injúrias no metabolismo das plantas (DEBOUBA *et al.*, 2006; MUNNS; TESTER, 2008).

Gondim *et al.* (2011) verificaram que plantas de milho pipoca expostas ao estresse salino possuem menor produção de matéria seca da parte aérea e das raízes. Oliveira *et al.*

(2016) também constataram que o uso de água salina na irrigação resultou na menor produção de matéria seca da parte aérea e das raízes das plantas de milho pipoca. Portanto, verifica-se que os danos causados pela salinidade podem limitar o crescimento das plantas de milho.

Dentre as alternativas que podem ser utilizadas para atenuar os efeitos adversos da salinidade, o uso de bioestimulante tem se destacado nos últimos anos. Estes produtos bioestimulantes atuam na melhoria do metabolismo hormonal e nutricional das plantas (OLIVEIRA *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2017), e quando aplicados nos estádios iniciais de desenvolvimento das plântulas, ou no tratamento de sementes, eles podem estimular o crescimento do sistema radicular e atuar na recuperação mais rápida das plântulas em condições desfavoráveis, tais como o estresse salino (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

No entanto, Oliveira *et al.* (2015) verificaram que o uso de bioestimulante (Stimulate® 10X) não inibiu os efeitos negativos da salinidade da água de irrigação no crescimento inicial das plântulas de pinhão-manso. Similarmente, Oliveira *et al.* (2016) reportaram que o tratamento de sementes com bioestimulante (Stimulate®) em doses variando de 10 a 15 mL kg⁻¹ de sementes estimulou o crescimento das plantas de milho pipoca, mas não foi capaz de amenizar os efeitos adversos da salinidade no crescimento das plantas. Oliveira *et al.* (2017) também verificaram que o uso de Stimulate® não reduziu o efeito deletério da salinidade na cultura do feijão-caupi, e quando utilizado em doses elevadas potencializou o efeito da salinidade. Portanto, esses resultados contraditórios sobre o efeito benéfico do uso de bioestimulante em atenuar os efeitos da salinidade no crescimento inicial das plantas justificam a realização de novos estudos com a utilização dos novos produtos bioestimuladores que vêm sendo lançados no Brasil.

Diante do exposto, este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito do uso de doses de bioestimulante (Crop Evo®) no tratamento de sementes sobre a indução da tolerância das plântulas de milho [*Zea mays* L.] ao estresse salino.

Material e Métodos

O ensaio foi conduzido no Laboratório de Ecofisiologia Vegetal da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade Universitária de Cassilândia – MS (19°05'30.0"S 51°48'55.0"W e altitude média de 547 m), durante o mês de maio de 2022. Durante a condução do experimento, a temperatura média mínima e máxima do ar foi de 19,2 e 28,5 °C, respectivamente.

Sementes de milho (*Zea mays* L.) do híbrido simples modificado LG 6304 PRO foram adquiridas no comércio local do município de Cassilândia, MS. As sementes foram previamente tratadas com o fungicida Vitavax–Thiram® 200 SC (Carboxina + Tiram) na dosagem de 3 mL kg⁻¹ de semente com a finalidade de controlar a infecção dos fungos durante o processo de germinação das sementes.

Para avaliar o efeito do bioestimulante na indução da tolerância das plântulas à salinidade, as sementes de milho foram expostas as soluções com potencial osmótico de 0,0 (controle), -0,10 MPa (estresse salino suave) e -0,40 MPa (estresse salino moderado) preparadas com cloreto do sódio (NaCl). A quantidade de NaCl adicionada para obter as soluções salinas com os diferentes níveis de potencial osmótico (Ψ_s) foi calculada conforme a Equação 1 de van't Hoff proposta por Hillel (1971). Como controle foi utilizado água destilada com potencial osmótico $\Psi_s = 0,00$ MPa. As quantidades de NaCl adicionadas nas soluções salinas utilizadas neste estudo são mostradas na Tabela 1.

$$\Psi_s = -RTCi \quad [\text{Eq. 1}]$$

sendo que, R é a constante universal dos gases nobres (0,008314 MPa mol⁻¹ K⁻¹); T é a temperatura absoluta (273,15 + °C); C é a concentração molar do soluto (mol L⁻¹); e i é o fator de van't Hoff, ou seja, a razão entre a quantidade de partículas na solução e a quantidade de íons dissolvidos [isto é, para NaCl este valor é 2,0 (Na⁺ e Cl⁻)].

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, e os tratamentos foram arranajados no esquema fatorial 3 × 4, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por três níveis de salinidade da água de irrigação [0 MPa (controle); -0,1 MPa (estresse salino suave) e -0,4 MPa (estresse salino moderado) e pela aplicação de quatro doses de bioestimulante (0, 5, 10 e 20 mL kg⁻¹ de semente). Cada unidade experimental foi composta por 50 sementes, totalizando 200 sementes por tratamento.

Tabela 1 - Concentração de NaCl adicionada às soluções salinas referente aos níveis de estresse salino utilizados no estudo

Nível de NaCl		Condutividade Elétrica ¹	Potencial osmótico ²	Nível de estresse salino
g L ⁻¹	mmol L ⁻¹	(dS m ⁻¹)	(MPa)	
0	0	0	0	Controle (sem estresse)
1,178	20,16	2,43	-0,10	Estresse suave
4,715	80,68	7,46	-0,40	Estresse moderado

¹ Calculado pela seguinte equação: CE (dS m⁻¹) = 0,7604 + 0,0831 × [mmol L⁻¹ de NaCl], elaborada com base nos dados de condutividade elétrica (CE) de soluções puras à 20-25 °C (WEAST, 1975). ² Calculado de acordo com Hillel (1971).

O bioestimulante utilizado foi uma solução ionizada com densidade de $1,30 \text{ g mL}^{-1}$, contendo 6,0% de carbono orgânico total (C), 1,0% de nitrogênio (N), 3,1% de enxofre (S), 0,09% de boro (B), 0,06% de cobalto (Co), 1,3% de ferro (Fe), 1,0% de cobre (Cu), 1,1% de manganês (Mn), 0,04% de molibdênio (Mo), 2,3% de zinco (Zn) e extrato de algas e aminoácidos como agentes complexante [(Crop Evo[®]) Fertilizante organomineral da classe A - FMC Química do Brasil Ltda.]. As doses de bioestimulante utilizadas neste estudo foram definidas com base na dose do produto recomendada pela empresa fabricante para a adubação foliar, que pode variar de 0,25 a 0,5% do volume de calda.

Quatro subamostras de 50 sementes foram semeadas em bandeijas plásticas ($42 \times 28 \times 6 \text{ cm}$) contendo areia grossa lavada, na profundidade de 3,0 cm. Após a semeadura, o substrato de germinação (areia) foi umedecido com água destilada (controle) e com as soluções salinas com diferentes níveis de salinidade (estresse suave e moderado) até atingir 80% da capacidade de retenção de água. Em seguida, as bandejas foram mantidas em condições de laboratório por um período de 16 dias.

A emergência das plântulas foi avaliada diariamente, e a partir dos valores contabilizados foram calculados o índice de velocidade de emergência (IVE) e o tempo médio de emergência (TME).

O índice de velocidade de emergência foi calculado conforme a Equação 2 proposta por Maguire (1962):

$$\text{IVE} = (P_1/N_1) + (P_2/N_2) + (P_3/N_3) + \dots + (P_N/N_N) \quad [\text{Eq. 2}]$$

sendo que IVE = índice de velocidade de emergência (plântulas por dia); $P_1, P_2, P_3, \dots, P_N$ = número de plântulas computadas na primeira, segunda, terceira e última contagem; e, $N_1, N_2, N_3, \dots, N_N$ = número de dias da semeadura à primeira, segunda, terceira e última contagem.

O tempo médio de emergência foi calculado por meio da Equação 3 como proposto por Labouriau (1983):

$$\text{TME} = \Sigma (N_i T_i) / \Sigma N_i \quad [\text{Eq. 3}]$$

sendo que, TME = tempo médio de emergência (dias); N_i = número de plântulas computadas em cada contagem; e, T_i = tempo decorrido entre o início da emergência e a i -ésima contagem.

Aos 16 dias após a semeadura, 10 plântulas foram escolhidas aleatoriamente para a determinação do comprimento e da matéria seca da parte aérea e das raízes. O comprimento da parte aérea (CPA) e o comprimento das raízes (CR) foi mensurado com auxílio de uma régua graduada em milímetros. As plântulas foram, então, separadas em parte aérea e raízes, acondicionadas em sacos de papel tipo Kraft e levadas para estufa de circulação forçada à 65 °C por 72 horas até a obtenção da massa constante. A determinação da matéria seca parte aérea (MSPA) e das raízes (MSR) foi realizada em balança analítica com precisão de 0,0001 g.

Os dados foram previamente testados para verificação das hipóteses estatísticas de homoscedasticidade das variâncias (Teste de Levene; $p > 0,05$) e de normalidade dos resíduos (teste de Shapiro-Wilk; $p > 0,05$) por meio do software estatístico Action Stat Pro[®] versão 3.6 para Windows (Estatcamp – Consultoria Estatística e Qualidade, Campinas, SP). Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância seguindo o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3×4 , aplicando-se o teste F de Fisher-Snedecor ao nível de 5% de probabilidade. Para as doses de bioestimulante aplicadas no tratamento de sementes foram utilizadas a análise de regressão polinomial e as equações significativas (teste F, $p \leq 0,05$) com os maiores coeficientes de determinação (R^2) foram ajustadas. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software estatístico Sisvar[®] versão 5.6 para Windows (FERREIRA, 2011). Os gráficos foram elaborados por meio do pacote estatístico do Microsoft Office Excel[®] 2022 (Microsoft Office 365TM).

Resultados e Discussão

A taxa de emergência das plântulas de milho não foi influenciada significativamente ($p > 0,05$) pela aplicação das doses de bioestimulante, independentemente da exposição ou não das plântulas às condições de salinidade (Tabela 2). Resultados semelhantes foram obtidos por Bontempo *et al.* (2016), os quais verificaram que a utilização de bioestimulante não influenciou na emergência das plântulas de milho, soja e feijão.

A porcentagem de emergência das plântulas de milho variou de 93 a 96% para as plântulas expostas às condições de estresse salino moderado e suave, respectivamente. Estes resultados evidenciam que as sementes de milho utilizadas neste estudo possuíam excelente qualidade fisiológica, e o híbrido de milho LG 6304 PRO tem alta capacidade de germinação e emergência quando irrigado com diferentes níveis de salinidade da água de irrigação.

Maas e Hoffman (1977) relatam que a cultura do milho é considerada moderadamente tolerante ao estresse salino, com salinidade limiar do solo de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$. Neste estudo, os

resultados obtidos para a porcentagem de emergência das plântulas evidenciam que o nível de salinidade da água de irrigação de até $7,5 \text{ dS m}^{-1}$ não tem potencial de comprometer o processo de germinação e emergência das plântulas.

O índice de velocidade de emergência foi afetado significativamente ($p < 0,05$) pelas doses de bioestimulante aplicadas no tratamento das sementes quando as plântulas foram mantidas sob condições controle e expostas ao estresse salino suave (Tabela 2). O aumento das doses de bioestimulante resultou no aumento linear do índice de velocidade de emergência das plântulas de milho mantidas sob condições controle e sob estresse salino suave.

Em condições controle, o índice de velocidade de emergência aumentou de 3,04 plântulas/dia para 3,74 plântulas/dia, indicando que houve acréscimo de 23% comparando-se o índice de velocidade de emergência das plântulas não tratadas com bioestimulante e com a aplicação de 20 mL kg^{-1} de bioestimulante, respectivamente.

Tabela 2 - Coeficientes das equações de regressão polinomial, coeficientes de determinação (R^2), dose ótima de bioestimulante e valor máximo estimado (Y_E) para a emergência das plântulas, índice de velocidade de emergência e tempo médio de emergência das plântulas de milho (*Zea mays* L., híbrido simples modificado LG 6304 PRO) em função das doses de bioestimulante (Crop Evo®) e dos níveis de salinidade da água de irrigação

Nível de estresse salino	Coeficientes de regressão			R ²	P	Dose ótima de bioestimulante (mL kg ⁻¹)	Valor máximo (Y _E)
	Intercepto (β ₀)	β ₁	β ₂				
Emergência das plântulas (%)							
Controle	95,5				0,178	—	—
Estresse suave	96,0				0,214	—	—
Estresse moderado	93,0				0,428	—	—
Índice de velocidade de emergência (plântulas/dia)							
Controle	3,04	0,035		0,94	0,032	>20	>3,74
Estresse suave	3,14	0,033		0,93	0,015	>20	>3,80
Estresse moderado	2,90					—	—
Tempo médio de emergência (dias)							
Controle	7,00				0,123	—	—
Estresse suave	7,32	−0,019		0,75	0,041	>20	<6,94
Estresse moderado	8,25				0,196	—	—

P: Probabilidade do teste F para significância do modelo de regressão.

Em condições de estresse salino suave, o índice de velocidade de emergência aumentou de 3,14 plântulas/dia para 3,80 plântulas/dia, indicando que houve acréscimo de 21%

comparando-se o índice de velocidade de emergência das plântulas não tratadas com bioestimulante e com a aplicação de 20 mL kg⁻¹ de bioestimulante, respectivamente (Tabela 2).

Resultados semelhantes foram observados por Albuquerque *et al.* (2010), os quais verificaram que o uso de bioestimulante (Stimulate®) aumentou a velocidade de emergência das plântulas de tomate. No entanto, em plântulas de soja, Frezato *et al.* (2021) não verificaram diferença significativa da aplicação de bioestimulante no tratamento das sementes para o índice de velocidade de emergência. Estes resultados divergentes podem ser explicado pelo fato de que a velocidade de emergência das plântulas pode variar em decorrência da variabilidade genética, da qualidade fisiológica das sementes e das condições adversas do meio de cultivo.

O tempo médio de emergência das plântulas de milho expostas às condições de estresse salino suave foi afetado significativamente ($p < 0,05$) pelas doses de bioestimulante aplicadas no tratamento das sementes (Tabela 2).

O aumento das doses de bioestimulante resultou no decréscimo linear do tempo médio de emergência das plântulas de milho expostas às condições de estresse salino suave. No entanto, o tempo médio de emergência das plântulas mantidas em condições controle ou expostas ao estresse salino moderado não foi afetado significativamente ($p > 0,05$) pelas doses de bioestimulante aplicadas no tratamento de sementes (Tabela 2). Em condições de estresse salino suave, o tempo médio de emergência das plântulas de milho reduziu 7,32 dias para 6,94 dias, indicando que houve decréscimo de 5% comparando-se o tempo médio de emergência das plântulas não tratadas com bioestimulante e com a aplicação de 20 mL kg⁻¹ de bioestimulante, respectivamente (Tabela 2).

O maior tempo médio de emergência das plântulas de milho observado em condições de estresse salino moderado pode ser devido ao fato de a cultura não tolerar elevados níveis de sais solúveis na solução do solo, o que pode inibir a absorção de água pelas sementes devido à redução de potencial osmótico da solução. Sales *et al.* (2014) afirmaram que é de suma importância avaliar o tempo médio de emergência das plântulas, para se avaliar o nível de vigor das sementes. No entanto, estes autores observaram resultados divergentes aos obtidos neste estudo, os quais verificaram que o tempo médio de emergência das plântulas não foi influenciado negativamente pelos níveis de salinidade da água de irrigação.

O comprimento da parte aérea das plântulas de milho foi afetado significativamente ($p < 0,05$) pelas doses de bioestimulante aplicadas no tratamento das sementes das plântulas mantidas sob condições controle e expostas ao estresse salino suave (Tabela 3). O aumento das

doses de bioestimulante resultou no aumento linear do comprimento da parte aérea das plântulas de milho mantidas sob condições controle e sob estresse salino suave.

Em condições controle, o comprimento da parte aérea aumentou de 17,1 cm para 22,6 cm, indicando que houve acréscimo de 32% comparando-se o comprimento da parte aérea das plântulas não tratadas com bioestimulante e com a aplicação de 20 mL kg⁻¹ de bioestimulante, respectivamente. Em condições de estresse salino suave, o comprimento da parte aérea aumentou de 18,3 cm para 22,0 cm, indicando que houve acréscimo de 20% comparando-se o comprimento da parte aérea das plântulas não tratadas com bioestimulante e com a aplicação de 20 mL kg⁻¹ de bioestimulante, respectivamente (Tabela 3).

Em trabalho utilizando sementes de arroz, Rodrigues *et al.* (2015) verificaram que a aplicação de bioestimulante (Stimulate[®]) resultou no maior comprimento da parte aérea das plântulas. Estes autores ainda concluíram que a dose de 10 mL kg⁻¹ de sementes deve ser recomendada para a cultura do arroz, por melhorar o comprimento da parte aérea das plântulas e não inibir o processo de germinação das sementes. Trabalhando com bioestimulantes à base de extrato de algas, Santos *et al.* (2013) também observaram efeitos positivos da aplicação deste produto no comprimento da parte aérea das plântulas de milho.

Tabela 3 - Coeficientes das equações de regressão polinomial, coeficientes de determinação (R²), dose ótima de bioestimulante e valor máximo estimado (Y_E) para o comprimento das plântulas de milho (*Zea mays* L., híbrido simples modificado LG 6304 PRO) em função das doses de bioestimulante (Crop Evo[®]) e dos níveis de salinidade da água de irrigação

Nível de estresse salino	Coeficientes de regressão			R ²	P	Dose ótima de bioestimulante (mL kg ⁻¹)	Valor máximo (Y _E)
	Intercepto (β ₀)	β ₁	β ₂				
Comprimento da parte aérea (cm)							
Controle	17,1	0,277		0,95	0,002	>20	>22,6
Estresse suave	18,3	0,185		0,97	0,004	>20	>22,0
Estresse moderado	11,1				0,531	—	—
Comprimento das raízes (cm)							
Controle	19,8	0,168		0,91	0,024	>20	>23,2
Estresse suave	18,8	0,134		0,80	0,031	>20	>21,5
Estresse moderado	12,2	0,098		0,91	0,004	>20	>14,2
Comprimento total das plântulas (cm)							
Controle	36,9	0,445		0,005	0,015	>20	>45,8
Estresse suave	37,1	0,325		0,003	0,024	>20	>43,6
Estresse moderado	24,2				0,431	—	—

P: Probabilidade do teste F para significância do modelo de regressão.

O aumento das doses de bioestimulante resultou no aumento linear do comprimento das raízes das plântulas mantidas sob condições controle e expostas ao estresse salino suave e moderado (Tabela 3). Em condições controle, o comprimento das raízes aumentou de 19,8 cm para 23,2 cm, indicando que houve acréscimo de 17% comparando-se o comprimento das raízes das plântulas não tratadas com bioestimulante e com a aplicação de 20 mL kg⁻¹ de bioestimulante, respectivamente. Em condições de estresse salino suave, o comprimento das raízes aumentou de 18,8 cm para 21,5 cm, indicando que houve acréscimo de 14% comparando-se o comprimento das raízes das plântulas não tratadas com bioestimulante e com a aplicação de 20 mL kg⁻¹ de bioestimulante, respectivamente (Tabela 3).

Em condições de estresse salino moderado, o comprimento das raízes aumentou de 12,2 cm para 14,2 cm, indicando que houve acréscimo de 16% comparando-se o comprimento das raízes das plântulas não tratadas com bioestimulante e com a aplicação de 20 mL kg⁻¹ de bioestimulante, respectivamente (Tabela 3).

Melo-Filho *et al.* (2017) também verificaram que os níveis de salinidade da água de irrigação reduziram o comprimento das raízes das mudas de pitombeira. Resultados semelhantes foram reportados por Silva *et al.* (2014), os quais verificaram que o aumento da salinidade da água de irrigação inibiu o crescimento das raízes das mudas de cebola.

O comprimento total das plântulas de milho foi afetado significativamente ($p < 0,05$) pelas doses de bioestimulante aplicadas no tratamento das sementes das plântulas mantidas sob condições controle e expostas ao estresse salino suave (Tabela 3). O aumento das doses de bioestimulante resultou no aumento linear do comprimento total das plântulas de milho mantidas sob condições controle e sob estresse salino suave.

Em condições controle, o comprimento total das plântulas aumentou de 36,9 cm para 45,8 cm, indicando que houve acréscimo de 24% comparando-se o comprimento total das plântulas não tratadas com bioestimulante e com a aplicação de 20 mL kg⁻¹ de bioestimulante, respectivamente. Em condições de estresse salino suave, o comprimento total das plântulas aumentou de 37,1 cm para 43,6 cm, indicando que houve acréscimo de 17% comparando-se o comprimento total das plântulas não tratadas com bioestimulante e com a aplicação de 20 mL kg⁻¹ de bioestimulante, respectivamente (Tabela 3).

Em condições de estresse salino moderado, o comprimento total das plântulas não foi influenciado significativamente ($p > 0,05$) pelas doses de bioestimulante. No entanto, o comprimento total das plantas expostas às condições de estresse salino moderado foi menor quando comparado as plantas mantidas sob condições controle e expostas ao estresse salino

suave. Moterle *et al.* (2006) também verificaram que a salinidade da água de irrigação resultou no menor comprimento total das plântulas de cultivares de milho-pipoca.

A matéria seca da parte aérea das plântulas de milho foi afetado significativamente ($p < 0,05$) pelas doses de bioestimulante aplicadas no tratamento das sementes das plântulas mantidas sob condições controle e expostas ao estresse salino suave (Tabela 4). O aumento das doses de bioestimulante resultou no aumento linear da matéria seca da parte aérea das plântulas de milho mantidas sob condições controle e sob estresse salino suave.

Em condições controle, a matéria seca da parte aérea das plântulas aumentou de 57,4 mg/planta para 62,6 mg/planta, indicando que houve acréscimo de 9% comparando-se a matéria seca da parte aérea das plântulas não tratadas com bioestimulante e com a aplicação de 20 mL kg^{-1} de bioestimulante, respectivamente. Em condições de estresse salino suave, a matéria seca da parte aérea das plântulas aumentou de 58,8 mg/planta para 66,5 mg/planta, indicando que houve acréscimo de 13% comparando-se a matéria seca da parte aérea das plântulas não tratadas e tratadas com 20 mL kg^{-1} de bioestimulante, respectivamente (Tabela 4).

Oliveira *et al.* (2013) também verificaram que o uso de bioestimulante em condições de baixos níveis de salinidade da água de irrigação resultou no incremento da matéria seca da parte aérea das plantas de feijão. Resultados semelhantes foram observados por Santos *et al.* (2013), os quais verificaram que as plantas de milho tratadas com bioestimulante possuem maior capacidade de produção de matéria seca da parte aérea.

Tabela 4 - Coeficientes das equações de regressão polinomial, coeficientes de determinação (R^2), dose ótima de bioestimulante e valor máximo estimado (Y_E) para a matéria seca das plântulas de milho (*Zea mays* L., híbrido simples modificado LG 6304 PRO) em função das doses de bioestimulante (Crop Evo®) e dos níveis de salinidade da água de irrigação

Nível de estresse salino	Coeficientes de regressão			R ²	P	Dose ótima de bioestimulante (mL kg ⁻¹)	Valor máximo (Y _E)
	Intercepto (β ₀)	β ₁	β ₂				
Matéria seca da parte aérea (cm)							
Controle	57,4	0,259		0,96	0,001	>20	>62,6
Estresse suave	58,8	0,386		0,86	0,009	>20	>66,5
Estresse moderado	50,4				0,471	–	–
Matéria seca das raízes (cm)							
Controle	70,7	1,703		0,78	0,038	>20	>104,8
Estresse suave	68,7	1,099		0,73	0,044	>20	>90,7
Estresse moderado	50,6				0,843	–	–
Matéria seca total das plântulas (cm)							
Controle	128,0	1,962		0,82	0,004	>20	>45,8
Estresse suave	127,6	1,486		0,86	0,002	>20	>43,6
Estresse moderado	101,0				0,462	–	–

P : Probabilidade do teste F para significância do modelo de regressão.

O aumento das doses de bioestimulante resultou no aumento linear da matéria seca das raízes das plântulas de milho mantidas sob condições controle e expostas ao estresse salino suave (Tabela 4). Em condições controle, a matéria seca das raízes das plântulas aumentou de 70,7 mg/planta para 104,8 mg/planta, indicando que houve acréscimo de 48% comparando-se a matéria seca das raízes das plântulas não tratadas e tratadas com 20 mL kg⁻¹ de bioestimulante, respectivamente. Em condições de estresse salino suave, o acúmulo de matéria seca das raízes das plântulas aumentou de 68,7 mg/planta para 90,7 mg/planta, indicando que houve acréscimo de 32% comparando-se a matéria seca das raízes das plântulas não tratadas e tratadas com 20 mL kg⁻¹ de bioestimulante, respectivamente (Tabela 4).

Resultados semelhantes foram observados por Santos *et al.* (2013), os quais verificaram que o uso de bioestimulante resultou em efeitos benéficos para a maioria das características morfológicas das plantas de milho, especialmente na matéria seca das raízes.

A matéria seca total das plântulas de milho foi afetado significativamente ($p < 0,05$) pelas doses de bioestimulante aplicadas no tratamento das sementes das plântulas mantidas sob condições controle e expostas ao estresse salino suave (Tabela 4). O aumento das doses de

bioestimulante resultou no aumento linear da matéria seca total das plântulas de milho mantidas sob condições controle e sob estresse salino suave.

Em condições controle, a matéria seca total das plântulas aumentou de 128,0 mg/planta para 167,2 mg/planta, indicando que houve acréscimo de 31% comparando-se a matéria seca total das plântulas não tratadas e tratadas com 20 mL kg⁻¹ de bioestimulante, respectivamente. Em condições de estresse salino suave, a matéria seca total das plântulas aumentou de 127,6 mg/planta para 157,3 mg/planta, indicando que houve acréscimo de 23% comparando-se a matéria seca total das plântulas não tratadas e tratadas com 20 mL kg⁻¹ de bioestimulante, respectivamente (Tabela 4).

Em condições de estresse salino moderado, a matéria seca total das plântulas não foi influenciado significativamente ($p > 0,05$) pelas doses de bioestimulante aplicadas no tratamento das sementes (Tabela 4). No entanto, a matéria seca total das plântulas expostas às condições de estresse salino moderado foi menor quando comparado as plântulas mantidas sob condições controle e expostas ao estresse salino suave. Gondim *et al.* (2011) também observaram menor acúmulo de matéria seca total em plantas de milho expostas aos níveis mais elevados de salinidade. De modo similar, Souza *et al.* (2012) também verificaram menor produção de matéria seca total das plantas de milho expostas à níveis de salinidade da água de irrigação.

Conclusões

A aplicação do bioestimulante Crop Evo[®] no tratamento das sementes pode ser utilizada para atenuar os efeitos negativos do estresse salino suave na velocidade de emergência e no crescimento inicial das plântulas de milho. No entanto, a aplicação de bioestimulante não tem capacidade de melhorar o crescimento inicial das plântulas de milho expostas às condições de estresse salino moderado.

A irrigação com água de nível moderado de salinidade causou o atraso no processo de emergência e inibiu a taxa de crescimento inicial das plântulas de milho.

Referências

ALBUQUERQUE, K. A. D.; OLIVEIRA, J. A.; SILVA, P. A.; VEIGA, A. D.; CARVALHO, B. P.; ALVIM, P. O. Armazenamento e qualidade de sementes de tomate enriquecidas com micronutrientes e reguladores de crescimento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 1, p. 20-28, 2010.

BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; SANTOS, A. O. Condutância foliar como um indicador de déficit hídrico em milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 1, p. 27-34, 2000.

BEZERRA, A. K. P.; LACERDA, C. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; GHEYI, H. R. Rotação cultural feijão caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. **Revista Ciência Rural**, v. 40, n. 5, p. 1075-1082, 2010.

BONTEMPO, A. F.; ALVES, F. M.; CARNEIRO, G. O. P.; MACHADO, L. G.; SILVA, L. O. D.; AQUINO, L. A. Influência de bioestimulantes e nutrientes na emergência e no crescimento inicial de feijão, soja e milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 15, n. 2, p. 86-93, 2016.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasília, DF, v.11 – Safra 2023/24, n. 3 - Terceiro levantamento, p. 1-137, 2023.

DEBOUBA, M.; GOUIA, H.; VALADIER, M. H.; GHORBEL, M. H.; SUZUKI, A. Salinity-induced tissue-specific diurnal changes in nitrogen assimilatory enzymes in tomato seedlings grown under high or low nitrate medium. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 44, p. 409-419, 2006.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FREZATO, P.; BRAGA, A. A. O.; FONSECA, M. A.; COSTA, C. A.; PIRES, C. E. M.; MACHADO, V. J.; OSIPI, E. A. F. Ação de bioestimulantes e nutrientes via tratamento de sementes na germinação e desenvolvimento de plântulas de *Glycine max* L. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 18674-18679, 2021.

GALVÃO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. **Milho: do plantio à colheita**. 2ª ed., Viçosa: UFV, 2017, 382p.

GONDIM, F. A.; GOMES-FILHO, E.; MARQUES, E.C.; PRISCO, J.T. Efeitos do H₂O₂ no crescimento e acúmulo de solutos em plantas de milho sob estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 373-381, 2011.

HARTER, L. S. H.; HARTER, F. S.; DEUNER, C.; MENEGHELLO, G. E.; VILLELA, F. A. Salinidade e desempenho fisiológico de sementes e plântulas de mogango. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 80-85, 2014.

HILLEL, D. (1971). Soil and water: physical principles and process. New York: Academic Press, 288p.

LABOURIAU, L. G. **A germinação de sementes**. Washington: Organização dos Estados Americanos, 1983. 174p.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. J. Crop salt tolerance – Current assessment. **Journal of Irrigation and Drainage of ASCE**, v.103, p.115-134. 1977.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2, 176-177, 1962.

MELO-FILHO, J. S.; VÉRAS, M. L. M.; ALVES, L. S.; SILVA, T. I.; GONÇALVES, A. C. M.; DIAS, T. J. Salinidade hídrica, biofertilizante bovino e cobertura vegetal morta na produção de mudas de pitombeira (*Talisia esculenta*). **Revista Scientia Agraria**, v. 18 n. 3, p. 131-145, 2017.

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, v. 167, n. 3, p. 645-663, 2005.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, v. 59, p. 651-681, 2008.

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**, v. 47, n. 2, p. 307-315, 2016

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, M. K. T.; 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**, v. 17, n. 5, p. 465-471, 2013.

OLIVEIRA, F.A.; OLIVEIRA, M.K.T.; ALVES, L.A.; ALVES, R.C.; RÉGIS, L.R.D.; SANTOS, S.T. Estresse salino e biorregulador vegetal em feijão caupi. **Irriga**, v. 22, n. 2, p. 314-329, 2017.

OLIVEIRA, F.A.; GUEDES, R.A.A.; GOMES, L.P.; BEZERRA, F.M.S.; LIMA, L.A. OLIVEIRA, M.K.T. Interação entre salinidade e bioestimulante no crescimento inicial de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p.204-210, 2015.

RODRIGUES, L.A.; BATISTA, M.S.; ALVAREZ, R.C.F.; LIMA, S.F.; ALVES, C.Z. Avaliação fisiológica de sementes de arroz submetidas a doses de bioestimulante. **Nucleus**, v. 12. n. 1, p. 207-214, 2015.

SALES, M. A. L.; MOREIRA, F.J.C.; ELOI, W.M.; RIBEIRO, A.A.; NOGUEIRA, S.L. Germinação da vinagreira em função de cinco níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 1, p. 68-74, 2014.

SANTOS, V. M.; MELO, A. V.; CARDOSO, D. P.; GONCALVES, A. H. M. A.; VARANDA, M. A. F.; TAUBINGER, M. Uso de bioestimulantes no crescimento de plantas de *Zea mays* L. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.12, n.3, p.307-318, 2013.

SILVA, P. F.; CAVALCANTE, V. F.; SANTOS, J. C. C.; COSTA, E. S.; BARBOSA, J. T. V. Análise quantitativa da cebolinha irrigada com água salina. **Comunicata Scientiae**, v. 5 n. 3, p. 241-251, 2014.

SOUZA, G. G.; MARINHO, A. B.; ALBUQUERQUE, A. H. P.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M. Crescimento inicial do milho sob diferentes concentrações de biofertilizante bovino irrigado com águas salinas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 237-245, 2012.

WEAST, R.C. **Handbook of Chemistry and Physics: A ReadyReference Book of Chemical and Physical Data.** 55th Ed. Crc Press Inc: Boca Raton, Flórida (EUA), 1975, 2368p.