

Tratamento das sementes com biopotencializador para amenizar o estresse salino em plântulas de milho

Murilo Gustavo Andrade Xavier¹, Ruth Teles Barbosa², Ianca Beatriz Paes Aragão Ferreira², Jiovana Kamila Vilas Boas², Gilciany Ribeiro Soares², Damaris Mariano Pereira Rodrigues², Fábio Steiner^{1,2}

¹ Curso de Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Cassilândia (MS).
* steiner@uems.br

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

Resumo: A salinidade causada pelo excesso de sais na solução do solo ou na água de irrigação é um dos principais estresses abióticos que limitam a germinação e o crescimento das plantas. No entanto, há evidências de que o uso de biopotencializador pode mitigar os efeitos adversos da salinidade. Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito do tratamento das sementes com doses de biopotencializador (Seed+[®]) na indução da tolerância de plântulas de milho, [*Zea mays* L., híbrido LG 6304 PRO), submetidas à níveis de salinidade da água de irrigação. 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 suave) e -0,4 MPa (estresse moderado) e quatro doses do biopotencializador Seed+[®] (0, 5, 10 e 20 mL kg⁻¹ de semente), com quatro repetições. Após 16 dias de exposição ao estresse salino, foram avaliados a emergência, índice de velocidade de emergência, tempo médio de emergência, comprimento e matéria seca das plântulas. Os resultados evidenciaram que o tratamento das sementes com doses do biopotencializador Seed+[®] resultaram em efeitos benéficos no crescimento das raízes das plântulas expostas às condições controle e estresse salino moderado. No entanto, as doses de biopotencializador resultaram no atraso da emergência das plantas e na inibição do crescimento da parte aérea das plântulas expostas às condições controle e estresse salino suave. A aplicação de Seed+[®] não teve efeito sobre a emergência e crescimento das plântulas.

Palavras-chave: Bioestimulante; Estresse salino; *Zea mays* L.

Seed treatment with biopotentiator to alleviate saline stress in corn seedlings

Abstract: Salinity caused by excess salts in soil solution or irrigation water is one of the main abiotic stresses that limit plant germination and growth. However, there is evidence that the use of biopotentiator can mitigate the adverse effects of salinity. This study aimed to evaluate the effect of treating seeds with doses of biopotentiator (Seed+[®]) on inducing tolerance in corn seedlings [*Zea mays* L., hybrid LG 6304 PRO) subjected to salinity levels in irrigation water. 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 stress) and -0.4 MPa (moderate stress) and four doses of the biopotentiator Seed+[®] (0, 5, 10, and 20 mL kg⁻¹ of seed), with four repetitions. After 16 days of exposure to saline stress, emergence, emergence speed index, average emergence time, length and dry matter of seedlings were evaluated. The results showed that the treatment of corn seeds with doses of the biopotentiator Seed+[®] resulted in beneficial effects on the growth of the roots of seedlings exposed to control conditions and moderate saline stress. However, doses of biopotentiator resulted in delayed plant emergence and inhibition of the growth of the aerial part of seedlings exposed to control and mild saline stress conditions. The application of Seed+[®] had no effect on the emergence and growth of corn seedlings.

Keywords: Biostimulant; Saline stress; *Zea mays* L.

Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é na atualidade uma das maiores commodities do agronegócio brasileiro, sendo cultivado em diversas partes do mundo. O milho é considerado um dos cereais mais importantes do mundo e vem sendo amplamente utilizado na alimentação animal e humana ou como matéria-prima para a indústria. O Brasil é um dos maiores produtores de milho do mundo, com área plantada de 21,5 milhões de hectares e produção de 123 milhões de toneladas na safra 2022/2023 (CONAB, 2023). Atualmente, a produção agrícola na região do Cerrado representa cerca de 48% da produção nacional de milho (CONAB, 2023).

Apesar desse cenário favorável para o cultivo de milho no Brasil, o desenvolvimento das plantas e a produção da cultura pode ser limitado pelo excesso de sais na solução do solo ou na água de irrigação. Atualmente, o estresse salino tem se intensificado devido ao uso inadequado e excessivo de fertilizantes minerais, manejo inadequado da irrigação e da drenagem ou da irrigação com águas salinas (GHEYI *et al.*, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2014). O aumento da concentração de sais solúveis na solução no solo altera a taxa de germinação e o crescimento das plantas em virtude do aumento do potencial osmótico da solução, que reduz a absorção de água pelas sementes e pelas plantas, da acumulação de quantidade elevadas e fitotóxicas de vários íons, especialmente de sódio (Na^+) e cloro (Cl^-), e de distúrbios no balanço de íons (NOBRE *et al.*, 2013; ACOSTA-MOTOS *et al.*, 2017). Esses efeitos causam alterações adversas no metabolismo fisiológico e bioquímico do processo de germinação das sementes (HARTER *et al.*, 2014). Altos níveis de salinidade podem inibir completamente a absorção de água pelas sementes, tornando a germinação impossível, enquanto níveis mais baixos de salinidade resulta no atraso do processo de germinação das sementes (STEINER *et al.*, 2019; ZUFFO *et al.*, 2020; CABRAL *et al.*, 2022).

A germinação das sementes é a primeira e a fase mais sensível e crítica para o ciclo de vida das plantas, e o estresse salino é um dos principais fatores abióticos que restringem o adequado estabelecimento das culturas no campo (PETROVÍC *et al.*, 2016; OLIVEIRA *et al.*, 2016). Oliveira *et al.* (2020) verificaram que sementes de milho submetidas à irrigação com água salina possuem menor taxa de germinação e menor crescimento inicial das plântulas. Silva *et al.* (2014) também verificaram menor taxa de crescimento das plantas milho quando as plantas foram irrigadas com água salina. De modo similar, Oliveira *et al.* (2016) constataram que o uso de água salina na irrigação provocou menor produção de matéria seca da parte aérea e das raízes das plantas de milho pipoca. O milho tem sido considerada uma cultura moderadamente tolerante à salinidade, com salinidade limiar do solo de $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ (MAAS;

HOFFMAN, 1977); no entanto, níveis mais altos de salinidade podem afetar drasticamente a germinação e o crescimento das plantas.

Dentre as tecnologias utilizadas para amenizar os efeitos negativos do estresse salino têm-se destacado o uso de biopotencializadores (OLIVEIRA *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2017). Estes produtos quando aplicados nos estádios iniciais de desenvolvimento das plântulas, ou no tratamento de sementes, atuam no incremento hormonal e nutricional das plantas, o que pode estimular o crescimento das plantas, especialmente do sistema radicular e melhorar a capacidade de recuperação das plântulas quando expostas ao estresse salino (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Cunha *et al.* (2016) ainda afirmaram que, em função da sua composição, concentração e proporção das substâncias, o biopotencializador pode incrementar o crescimento e o desenvolvimento das plantas devido ao estímulo da divisão celular e ao aumento na capacidade de absorção de água e nutrientes.

Estudos realizados por Melo *et al.* (2021) reportaram o efeito benéfico do uso de biopotencializador derivado de extratos de algas (Radifarm[®]) via tratamento de sementes no aumento do vigor e da velocidade de emergência de plântulas de soja sob condições estressantes. Por sua vez, Oliveira *et al.* (2016) verificaram que a aplicação de 10 a 15 mL kg⁻¹ de sementes do biopotencializador Stimulate[®] estimulou o crescimento das plantas de milho pipoca sob condições não estressantes; no entanto, o uso desse biopotencializador não foi capaz de amenizar os efeitos negativos do estresse salino sobre o crescimento inicial das plantas. De modo similar, Oliveira *et al.* (2017) também verificaram que o uso de biopotencializador (Stimulate[®]) não aliviou os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação no crescimento inicial das plântulas de feijão-caupi, e quando utilizado em doses elevadas potencializou o efeito da salinidade. Portanto, novos estudos devem ser realizados para avaliar o efeito do uso de outros produtos biopotencializadores na indução da tolerância das plântulas às condições de salinidade.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação de doses de biopotencializador (Seed+[®]) via tratamento de semente na indução da tolerância das plântulas de milho [*Zea mays* L., híbrido simples LG 6304 PRO) expostas à níveis de salinidade da água de irrigação durante as fases de emergência e crescimento inicial da cultura.

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 mínima e máxima do ar foi de 19,2 e 28,5 °C, respectivamente.

Sementes de milho do híbrido simples modificado LG 6304 PRO foram adquiridas no comércio local do município de Cassilândia, MS. Este híbrido de milho tem sido amplamente cultivado na região do Cerrado para a produção de grãos e/ou silagem devido à sua ampla adaptação e estabilidade de produção. As sementes foram previamente tratadas com o fungicida Vitavax–Thiram[®] 200 SC (Carboxina + Tiram) na dosagem de 3 mL p.c. kg⁻¹ de semente com a finalidade de controlar a infecção de fungos durante o processo de germinação das sementes.

Para avaliar o efeito do biopotencializador na indução da tolerância das plântulas à salinidade, as sementes de milho foram expostas as soluções salinas 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 distintos níveis de potencial osmótico (Ψ_s) foi calculada conforme a Equação 1 de van't Hoff proposta por Hillel (1971):

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

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⁻)]. 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.

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

Nível de NaCl		Condutividade		Potencial osmótico ² (MPa)	Nível de estresse salino
g L ⁻¹	mmol L ⁻¹	Elétrica ¹ (dS m ⁻¹)			
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 delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, e os tratamentos foram arranjos 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 por quatro doses de biopotencializador Seed+® (0, 5, 10 e 20 mL p.c. kg⁻¹ de semente) aplicadas no tratamento das sementes. Cada unidade experimental foi composta por 50 sementes, totalizando 200 sementes por tratamento.

O biopotencializador utilizado foi uma solução ionizada com densidade de 1,23 g mL⁻¹, contendo 1,0 % de magnésio (Mg), 2,9 % de enxofre (S), 1,8 % de ferro (Fe), 2,0 % de zinco (Zn) e extrato de algas como agente complexante (Seed+ - FMC Química do Brasil Ltda.). As doses de biopotencializador utilizadas foram definidas com base na recomendada do produto pela empresa fabricante, que pode variar de 3 a 6 mL p.c. kg⁻¹ de semente de milho.

Quatro subamostras de 50 sementes foram semeadas em bandejas plásticas (42 × 28 × 6 cm) contendo areia grossa lavada, na profundidade de 2,0 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, com os 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 das raízes (CR) foram mensurados com auxílio de uma régua graduada em milímetros. As plântulas foram, então, separadas em parte aérea e raízes, acondicionadas em sacos de papel e levadas para estufa de secagem à 85 °C por 48 h 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 4.1. 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 biopotencializador 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 Sisvar[®] versão 5.6 para Windows (FERREIRA, 2011).

Resultados e Discussão

A porcentagem de emergência das plântulas de milho não foi influenciada ($p > 0,05$) pelas doses de biopotencializador aplicadas no tratamento das sementes, independentemente da exposição das plântulas às condições de estresse salino suave ou moderado (Figura 1A). A porcentagem de emergência das plântulas de milho variou de 93,5 a 95,3 % para as plântulas expostas às condições de estresse salino moderado e sob condições controle, respectivamente. Estes resultados evidenciam que o híbrido de milho utilizado neste estudo possui excelente capacidade de germinação e emergência em condições de salinidade.

O milho tem sido considerado uma cultura moderadamente tolerante à salinidade (MAAS; HOFFMAN, 1977). Neste estudo, verifica-se que níveis de salinidade da água de irrigação de até $7,5 \text{ dS m}^{-1}$ (estresse salino moderado) não comprometeram o processo de emergência das plântulas. No entanto, resultados contrários foram verificados por Oliveira *et al.* (2020), os quais constataram que sementes de milho submetidas à irrigação com água salina possuem menor porcentagem de emergência das plântulas e menor taxa de crescimento inicial. Guimarães-Júnior *et al.* (2019) também verificaram que os níveis de salinidade da água de

irrigação resultaram na menor porcentagem de emergência e menor índice de velocidade de emergência das plântulas de milho.

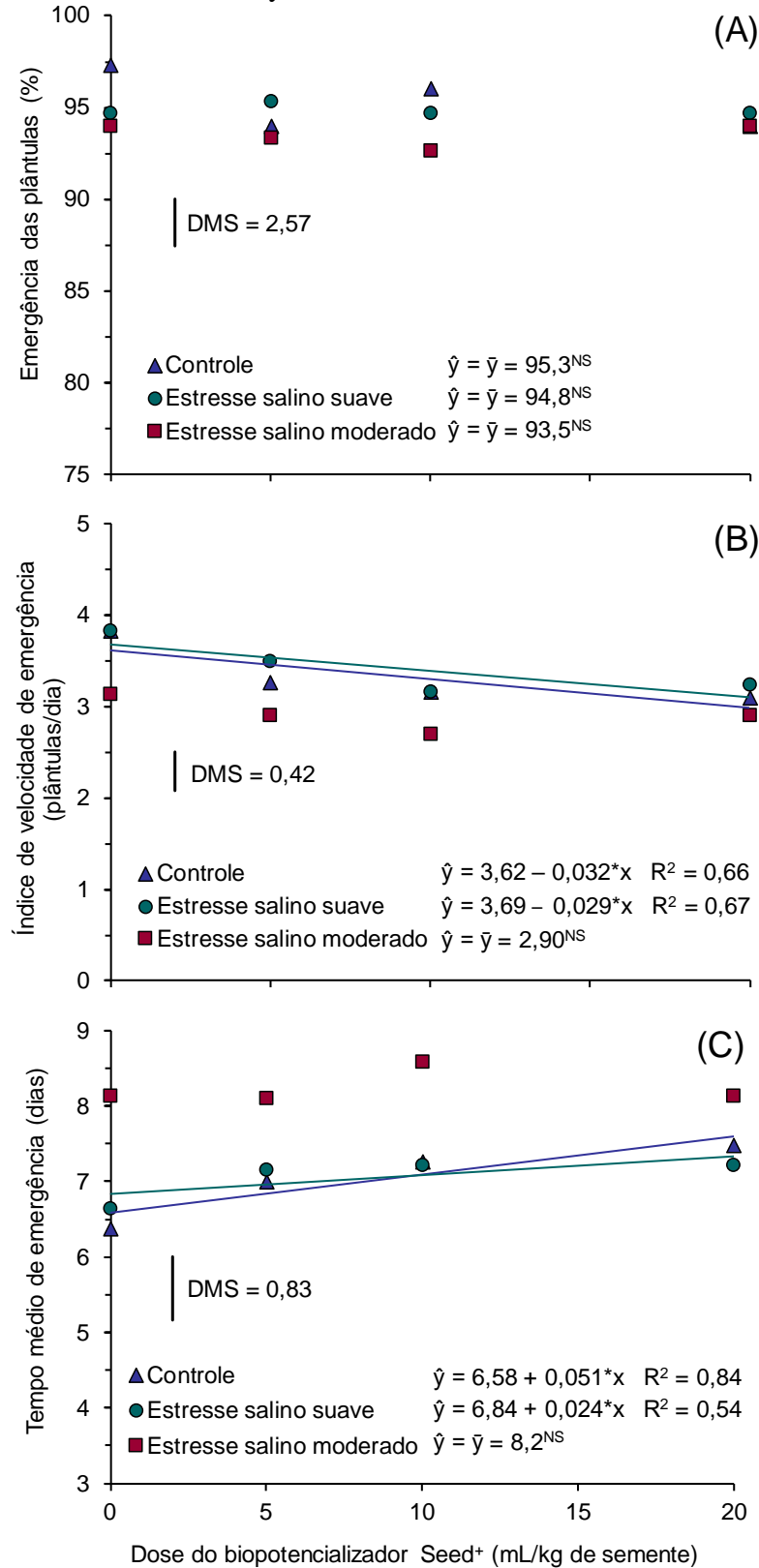
O índice de velocidade de emergência das plântulas de milho no tratamento controle e sob estresse salino suave foi afetado significativamente ($p < 0,05$) pela aplicação das doses de biopotencializador, ao passo que sob condições de estresse salino moderado o índice de velocidade de emergência das plântulas não foi afetado significativamente ($p > 0,05$) pelas doses de biopotencializador aplicadas no tratamento de sementes (Figura 1B). O aumento das doses de biopotencializador reduziu linearmente o índice de velocidade de emergência das plântulas de milho expostas às condições controle e sob estresse salino suave. Em condições controle, o índice de velocidade de emergência reduziu de 3,62 plântulas/dia para 2,98 plântulas/dia, indicando que houve decréscimo de 17,7 % comparando-se o índice de velocidade de emergência das plântulas não tratadas com biopotencializador e com a aplicação de 20 mL kg⁻¹ de biopotencializador, respectivamente.

Em condições de estresse salino suave, o índice de velocidade de emergência reduziu de 3,69 plântulas/dia para 3,11 plântulas/dia, indicando que houve decréscimo de 15,7 % comparando-se o índice de velocidade de emergência das plântulas não tratadas com biopotencializador e com a aplicação de 20 mL kg⁻¹ de biopotencializador, respectivamente (Figura 1B).

Souza-Neto *et al.* (2018) também observaram que o aumento das doses de biopotencializador reduziu linearmente o índice de velocidade de emergência das plântulas de maxixe expostas às condições de estresse salino, indicando que o tratamento das sementes com biopotencializador tornou o processo de emergência das plântulas mais lento. De modo similar, Monteiro *et al.* (2021) reportaram que o aumento da dose de biopotencializador resultou na redução do índice de velocidade de emergência das plântulas de feijão de porco. Segundo estes autores a redução do índice de velocidade de emergência das plantas pode estar relacionada ao efeito do biopotencializador sobre a permeabilidade e a seletividade das membranas celulares, com reflexo na redução da emergência e no índice de velocidade de emergência das plântulas.

O tempo médio de emergência das plântulas de milho sob condições controle e sob estresse salino suave foi afetado significativamente ($p < 0,05$) pelas doses de biopotencializador, ao passo que o tempo médio de emergência das plântulas expostas ao estresse salino moderado não foi afetado significativamente ($p > 0,05$) pelas doses de biopotencializador aplicadas no tratamento de sementes (Figura 1C).

Figura 1 - Efeito do tratamento das sementes com doses de biopotencializador (Seed+®) sobre a emergência de plântula (A), índice de velocidade de emergência (B) e tempo médio de emergência (C) das de milho (*Zea mays* L., híbrido simples LG 6304 PRO) expostas à níveis de salinidade da água de irrigação. DMS: Diferença Mínima Significativa do Teste de Tukey.



O aumento das doses de biopotencializador aumentou linearmente o tempo médio de emergência das plântulas de milho expostas às condições controle e sob estresse salino suave (Figura 1C). Em condições controle, o tempo médio de emergência aumentou de 6,58 dias para 7,60 dias, indicando que houve acréscimo de 15,5% comparando-se o tempo médio de emergência das plântulas não tratadas com biopotencializador e com a aplicação de 20 mL kg⁻¹ de biopotencializador, respectivamente. Em condições de estresse salino suave, o tempo médio de emergência aumentou de 6,84 dias para 7,32 dias, indicando que houve acréscimo de 7,0% comparando-se o tempo médio de emergência das plântulas não tratadas com biopotencializador e com a aplicação de 20 mL kg⁻¹ de biopotencializador, respectivamente (Figura 1C).

O maior tempo médio de emergência das plântulas de milho em condições de estresse salino moderado quando comparado ao estresse salino suave e condições controle é devido ao alto nível de salinidade da água de irrigação ter reduzido o potencial osmótico da solução, limitando a absorção de água das sementes e tornando o processo de embebição mais lento, o que atrasou o processo de emergência das plântulas. Souza-Neto *et al.* (2018) também verificaram que o aumento das doses de biopotencializador atrasou o processo de emergência das plântulas de maxixe expostas as condições de estresse salino.

O comprimento da parte aérea das plântulas de milho sob condições controle e sob estresse salino suave foi afetado significativamente ($p < 0,05$) pelas doses de biopotencializador aplicadas no tratamento de sementes, ao passo que o comprimento da parte aérea das plântulas expostas ao estresse salino moderado não foi afetado significativamente ($p > 0,05$) pelas doses de biopotencializador (Figura 2A).

O aumento das doses de biopotencializador reduziu linearmente o comprimento da parte aérea das plântulas de milho expostas às condições controle e sob estresse salino suave (Figura 2A). Em condições controle, o comprimento da parte aérea das plântulas reduziu de 21,6 cm para 17,9 cm, indicando que houve decréscimo de 17,2 % comparando-se o comprimento da parte aérea das plântulas não tratadas com biopotencializador e com a aplicação de 20 mL kg⁻¹ de biopotencializador, respectivamente. Em condições de estresse salino suave, o comprimento da parte aérea reduziu de 21,4 cm para 18,3 cm, indicando que houve decréscimo de 14,6% comparando-se o comprimento da parte aérea das plântulas não tratadas com biopotencializador e com a aplicação de 20 mL kg⁻¹ de biopotencializador, respectivamente (Figura 2A).

Resultados contrários foram reportados por Santos *et al.* (2013), os quais verificaram que o pré-tratamento das sementes de girassol com doses de biopotencializador não afetaram

significativamente o comprimento da parte aérea das plântulas. No entanto, Rodrigues *et al.* (2015) verificaram que o aumento das doses de biopotencializador (Stimulate[®]) resultou no incremento do comprimento da parte aérea das plântulas de arroz.

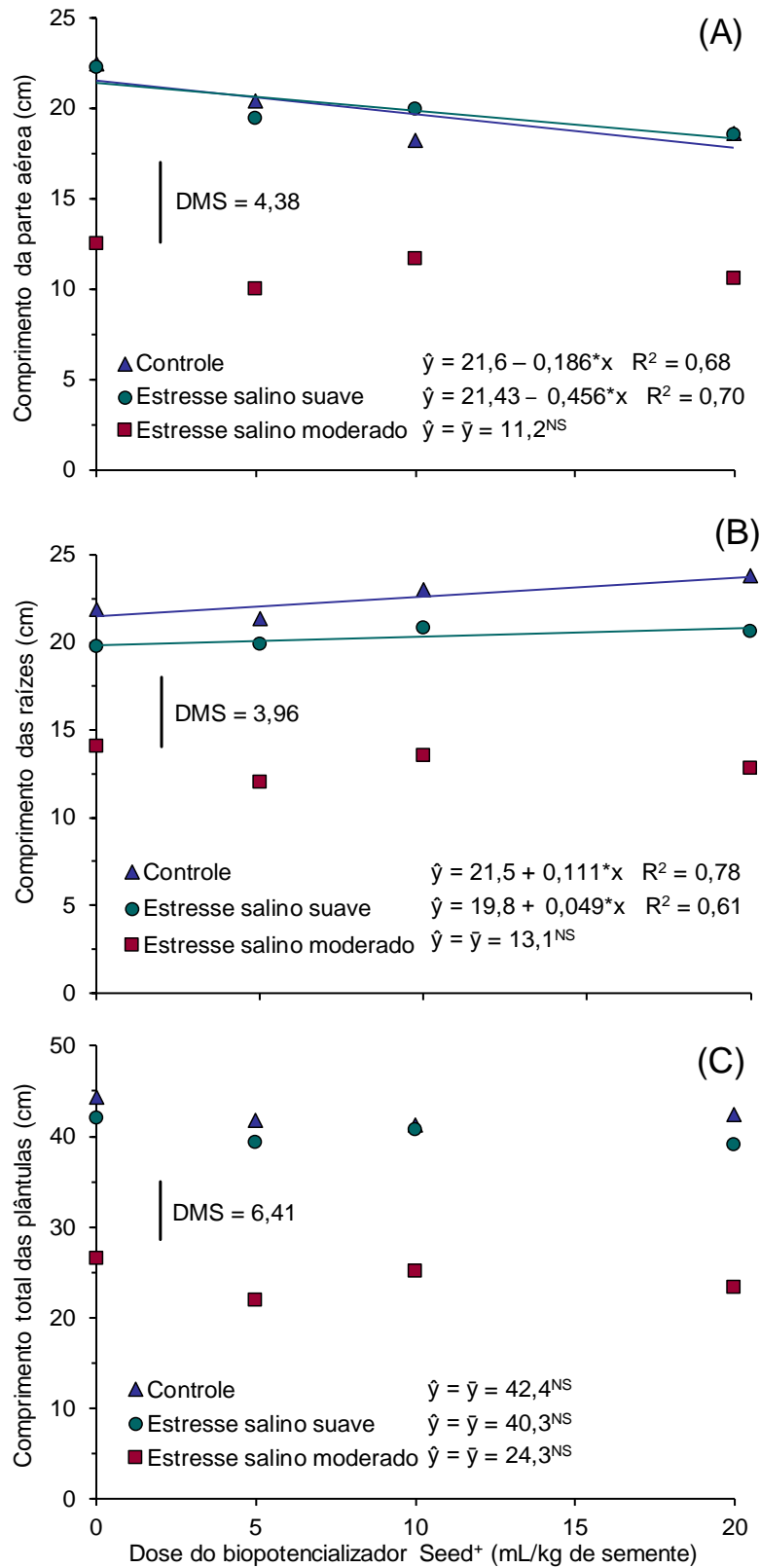
O comprimento das raízes das plântulas de milho sob condições controle e sob estresse salino suave foi afetado significativamente ($p < 0,05$) pelas doses de biopotencializador, ao passo que as doses de biopotencializador aplicadas no tratamento de sementes não afetou significativamente ($p > 0,05$) o comprimento das raízes das plântulas expostas ao estresse salino moderado (Figura 2B).

O aumento das doses de biopotencializador aumentou linearmente o comprimento das raízes das plântulas de milho sob condições controle e sob estresse salino suave (Figura 2B). Em condições controle, o comprimento das raízes aumentou de 21,5 cm para 23,7 cm, indicando que houve acréscimo de 10,3 % comparando-se o comprimento das raízes das plântulas não tratadas com biopotencializador e com a aplicação de 20 mL kg⁻¹ de biopotencializador, respectivamente. Em condições de estresse salino suave, o comprimento das raízes aumentou de 19,8 cm para 20,8 cm, indicando que houve acréscimo de 4,9 % comparando-se o comprimento das raízes das plântulas não tratadas com biopotencializador e com a aplicação de 20 mL kg⁻¹ de biopotencializador, respectivamente (Figura 2B).

Estes resultados podem ser explicado devido ao efeito benéfico da aplicação de biopotencializador na melhoria do crescimento do sistema radicular das plantas, especialmente quando estas plantas são expostas às condições ambientais adversas (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Dourado-Neto *et al.* (2014) verificaram que a aplicação de doses de biopotencializador no tratamento das sementes de soja e milho resultou no aumento linear do comprimento das raízes das plantas.

O comprimento total das plântulas de milho não foi afetado significativamente ($p > 0,05$) pelas doses de biopotencializador aplicadas no tratamento de sementes, independentemente da exposição ou não das plântulas às condições de estresse salino (Figura 2C). As plântulas expostas ao estresse salino moderado tiveram menor comprimento total quando comparado às plantas sob controle ou sob estresse salino suave. Estes resultados podem ser devido que o aumento da concentração de sais solúveis na solução do meio de crescimento pode alterar a taxa de crescimento das plantas em virtude do aumento do potencial osmótico da solução, o que reduz a capacidade de absorção de água das plantas, além disso o acúmulo de elevadas quantidades de alguns íons, tais como Na⁺ e Cl⁻ resultam no desequilíbrio iônico do metabolismo das plantas (NOBRE *et al.*, 2013; ACOSTA-MOTOS *et al.*, 2017).

Figura 2 - Efeito do tratamento das sementes com doses de biopotencializador (Seed+®) sobre o comprimento da parte aérea (A), comprimento das raízes (B) e comprimento total (C) das plântulas de milho (*Zea mays* L., híbrido simples LG 6304 PRO) expostas à níveis de salinidade da água de irrigação. DMS: Diferença Mínima Significativa do Teste de Tukey.



Oliveira *et al.* (2015) ainda complementaram, reportando que o excesso de sais na solução do solo provoca redução na disponibilidade de água para as plantas, e isso faz com que as plantas tendem a gastar mais energia para a absorção, tendo como consequência menor potencial para acumular matéria seca.

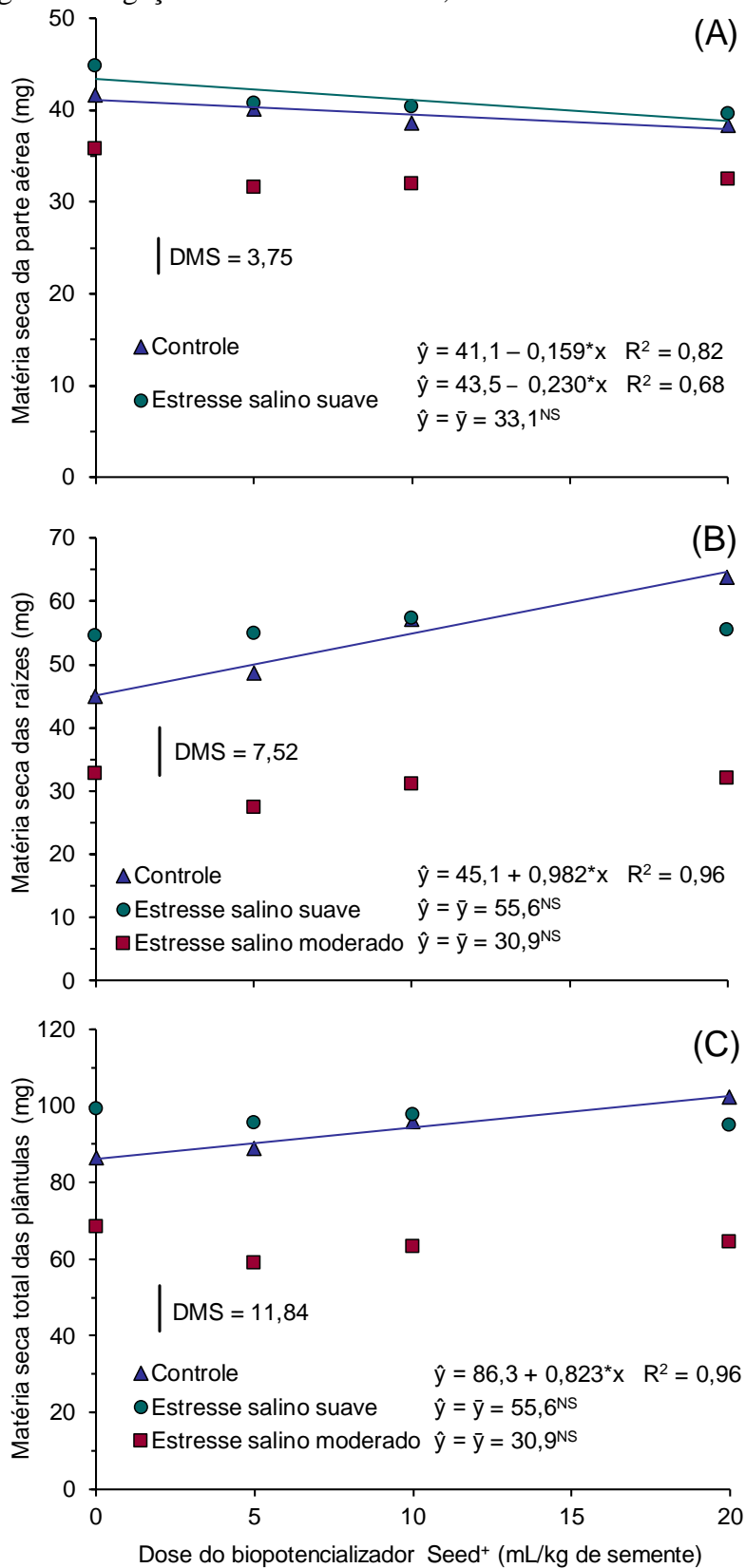
A produção de matéria seca da parte aérea das plântulas de milho sob condições controle e sob estresse salino suave foi afetada significativamente ($p < 0,05$) pelas doses de biopotencializador aplicadas no tratamento de sementes, ao passo que a matéria seca da parte aérea das plântulas expostas ao estresse salino moderado não foi afetada significativamente ($p > 0,05$) pelas doses de biopotencializador (Figura 3A).

O aumento das doses de biopotencializador reduziu linearmente o acúmulo de matéria seca da parte aérea das plântulas de milho expostas às condições controle e sob estresse salino suave (Figura 3A). Em condições controle, o acúmulo de matéria seca da parte aérea das plântulas reduziu de 41,1 mg para 37,9 mg, indicando que houve decréscimo de 7,7 % comparando-se a matéria seca da parte aérea das plântulas não tratadas com biopotencializador e com a aplicação de 20 mL kg⁻¹ de biopotencializador, respectivamente. Em condições de estresse salino suave, o acúmulo de matéria seca da parte aérea reduziu de 43,5 mg para 38,9 mg, indicando que houve decréscimo de 10,6 % comparando-se a matéria seca da parte aérea das plântulas não tratadas com biopotencializador e com a aplicação de 20 mL kg⁻¹ de biopotencializador, respectivamente (Figura 3A).

Oliveira *et al.* (2017) afirmaram que o efeito benéfico do uso de biopotencializador pode ser influenciado pelas condições ambientais em que a planta é exposta, principalmente sob condições de estresses abióticos, sendo que a eficácia do biopotencializador pode ser comprometida pela condição de salinidade.

Em sementes de milho pipoca, Oliveira *et al.* (2017) verificaram redução de 53,5 % na produção de matéria seca da parte aérea das plantas expostas as condições de estresse salino. Esses autores ainda afirmaram que as raízes das plantas de milho parecem suportar melhor as condições de salinidade do meio de cultivo que a parte aérea, efeito este que pode estar associado ao ajustamento osmótico mais rápido e a perda de turgor mais lenta das raízes, quando comparadas com a parte aérea das plantas.

Figura 3 - Efeito da aplicação de doses de biopotencializador (Seed+[®]) no tratamento de semente sobre o acúmulo de matéria seca da parte aérea das plântulas de milho (*Zea mays* L., híbrido simples LG 6304 PRO) expostas à diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. UEMS/Cassilândia, 2022.



O acúmulo de matéria seca das raízes das plântulas de milho sob condições controle foi afetada significativamente ($p < 0,05$) pelas doses de biopotencializador aplicadas no tratamento de sementes, ao passo que a matéria seca das raízes das plântulas expostas ao estresse salino suave e moderado não foi afetada significativamente ($p > 0,05$) pelas doses de biopotencializador (Figura 3B).

O aumento das doses de biopotencializador aumentou linearmente o acúmulo de matéria seca das raízes das plântulas de milho expostas às condições controle. O acúmulo de matéria seca das raízes das plântulas aumentou de 45,1 mg para 64,7 mg, indicando que houve acréscimo de 43,5 % comparando-se a matéria seca das raízes das plântulas não tratadas com biopotencializador e com a aplicação de 20 mL kg⁻¹ de biopotencializador, respectivamente (Figura 3B).

Resultados semelhantes foram obtidos por Mesquita *et al.* (2012), os quais verificaram que a aplicação de biopotencializador resultou no maior acúmulo de matéria seca das raízes das plantas de maracujá expostas às condições de salinidade da água de irrigação. Por outro lado, Almeida *et al.* (2012) observaram efeito negativo da salinidade no acúmulo de matéria seca das raízes das plântulas de feijão-caupi. Nobre *et al.* (2013) também constataram que a irrigação com água salinas reduziu o acúmulo de matéria seca das plantas de mamão.

A produção de matéria seca total das plântulas de milho sob condições controle foi afetada significativamente ($p < 0,05$) pelas doses de biopotencializador aplicadas no tratamento de sementes, ao passo que a matéria seca total das plântulas expostas às condições de estresse salino suave e moderado não foi afetada significativamente ($p > 0,05$) pelas doses de biopotencializador (Figura 3C).

O aumento das doses de biopotencializador aumentou linearmente a produção de matéria seca total das plântulas de milho sob condições controle. O acúmulo de matéria seca total das plântulas aumentou de 86,3 mg para 102,8 mg, indicando que houve acréscimo de 19,1 % comparando-se a matéria seca total das plântulas não tratadas com biopotencializador e com a aplicação de 20 mL kg⁻¹ de biopotencializador, respectivamente (Figura 3C).

Resultados semelhantes foram observados por Oliveira *et al.* (2017), os quais verificaram que a aplicação de biopotencializador aumentou o acúmulo de matéria seca total das plântulas de feijão-caupi expostas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. Por sua vez, Oliveira *et al.* (2015) verificaram que houve redução no acúmulo de matéria seca total das plântulas de beterraba. Estes autores atribuíram estes efeitos à alta concentração de íons

Na⁺ e Cl⁻ na solução do solo, promovendo alterações iônicas e fitotóxicas nas plantas, inibindo o crescimento da parte aérea e das raízes das plantas.

Conclusões

As doses de biopotencializador (Seed+[®]) aplicadas no tratamento das sementes de milho resultaram em efeitos benéficos no crescimento das raízes das plântulas de milho expostas às condições controle e ao estresse salino moderado.

As doses de biopotencializador (Seed+[®]) aplicadas no tratamento das sementes causaram o atraso do processo de emergência das plantas e inibição do crescimento da parte aérea das plântulas de milho expostas às condições controle e ao estresse salino suave.

Em condições de estresse salino moderado, a aplicação de biopotencializador (Seed+[®]) não teve efeito no processo de emergência das plântulas e o crescimento inicial das plântulas de milho.

Referências

ACOSTA-MOTOS, J. R.; ORTUÑO, M. F.; BERNAL-VICENTE, A.; DIAZ-VIVANCOS, P.; SANCHEZ-BLANCO, M. J.; HERNANDEZ J. A. Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. *Agronomy*, v.7, p. 1-18, 2017.

ALMEIDA, W. S.; FERNANDES, F. R. B.; BERTINI, C. H. C. M.; PINHEIRO, M. S.; TEÓFILO, E. M. Emergência e vigor de plântulas de genótipos de feijão-caupi sob estresse salino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 10, p. 1047-1054, 2012.

CABRAL, R. C.; ZUFFO, A. M.; MAEKAWA, S. C. E.; SILVA, K. C.; STEINER, F. Identificação de cultivares de soja para tolerância aos estresses hídrico e salino durante a fase de estabelecimento da plântula. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 15, p. 9789, 2022.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. 12º Levantamento da Safra 2022/23. Boletim de Grãos de Setembro de 2023.

CUNHA, R. C.; OLIVEIRA, F. A.; SOUZA, M.W.L.; MEDEIROS, J.F.; LIMA, L.A.; OLIVEIRA, M.K.T. Ação de bioestimulante no desenvolvimento inicial do milho doce submetido ao estresse salino. *Irriga*, v. 1, n. 1, p. 191-191, 2016.

DOURADO-NETO D.; DARIO G. J. A.; BARBIERI A. P. P.; MARTIN T. N. Ação de bioestimulante no desempenho agrônomico de milho e feijão. *Bioscience Journal*, v. 30, n. 1, p. 371-379, 2014.

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

GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA CF. **Manejo da Salinidade na Agricultura**: Estudos Básicos e Aplicados. INCT Sal.: Fortaleza, 2010, 472p.

GUIMARÃES-JÚNIOR, J.B.A.; LOBATO, M.S.; MENDES, A.S.; SILVA, G.A.; LIMA, J.J.P. Qualidade fisiológica de sementes de milho submetidas a diferentes níveis de estresse salino. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia –CONTECC, 2019. **Anais...** Palmas: CONTECC, 2019.

HARTER, L. S. H.; HARTE, 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. **Soil and water**: physical principles and process. New York: Academic Press, 1971, 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**, v. 2, p. 176-177, 1962.

MELO, G. B.; SILVA, A. G.; PERIN, A.; BRAZ, G. B. P.; ANDRADE, C. L. L. Tratamento de sementes com doses do bioestimulante à base de algas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 1418-1431, 2021.

MONTEIRO, S. S.; MONTEIRO, S. S.; SANTOS, D. S.; LIMA, J. F.; COSTA, J. S. A. Biofertilizante como bioestimulante na germinação de feijão de porco. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 16, n. 1, p. 9-17, 2021.

MESQUITA, F. O. REBEQUI, A. M.; CAVALCANTE, L. F.; SOUTO, A. G. L. Crescimento absoluto e relativo de mudas de maracujazeiro sob biofertilizante e águas salinas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 222-239, 2012.

NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; LOURENÇO, G. S.; SOARES, L. A. A. Emergência, crescimento e produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 76-85, 2013.

OLIVEIRA, B. L. N.; STEINER, F.; HONDA, G. B.; MACHADO, J. S. Seed germination and early growth of physic nut seedlings under salinity stress. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, p. 416-420, 2016.

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.; PINTO, K.S.O.; BEZERRA, F. M. S.; LIMA, L.A.; CAVANCANTE, AL.G.; OLIVEIRA, M.K.T.; MEDEIROS, J.F. Tolerância do maxixeiro, cultivado em vasos, a salinidade da água de irrigação. **Revista Ceres**, v.61 n. 1. P. 147 – 154, 2014.

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.

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, H.; NASCIMENTO, R.; NASCIMENTO, E. C. S.; LIMA, R. F.; BEZERRA, C. V. C. Emergência e crescimento de milho submetido a doses de inoculante associadas à irrigação com água salina. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, p. e66102, 2020.

PETROVIĆ, G.; JOVIČIĆ, D.; NIKOLIĆ, Z.; TAMINDŽIĆ, G.; IGNJATOV, M.; MILOŠEVIĆ, D.; MILOŠEVIĆ, B. Comparative study of drought and salt stress effects on germination and seedling growth of pea. **Genetika**, v. 48, n. 1, p. 373-381, 2016.

RODRIGUES, L. A.; RODRIGUES, M. S. B.; RITALVAREZ, R. C. F. A.; 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.

SANTOS, C. A. C.; PEIXOTO, C. P.; VIEIRA, E. L.; CARVALHO, E. V.; PEIXOTO, V. A. B. Stimulate na germinação de sementes, emergência e vigor de plântulas de girassol. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 2, p. 605-616, 2013.

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. 66-72, 2014.

SOUZA-NETO, M. L.; OLIVEIRA, F. A.; TORRES, S. B.; SOUZA, A. A. T.; SILVA, D. D. A.; SANTOS, T. S. Cultivo de maxixeiro em meio salino a partir de sementes tratadas com bioestimulante. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 40, e35216, 2018.

STEINER, F.; ZUFFO, A. M.; BUSCH, A.; SOUSA, T. O.; ZOZ, T. Does seed size affect the germination rate and seedling growth of peanut under salinity and water stress? **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, e54353, 2019.

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

ZUFFO, A. M.; STEINER, F.; SOUSA, T. O.; AGUILERA, J. G.; TEODORO, P. E.; ALCÂNTARA-NETO, F.; RATKE, R. F. How does water and salt stress affect the germination and initial growth of Brazilian soya bean cultivars? **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 206, p. 837-850, 2020.