

CRESCIMENTO E FOTOSÍNTESE DO MILHO CULTIVADO SOB ESTRESSE SALINO COM ESTERCO E POLÍMERO SUPERABSORVENTE

VANESSA OHANA GOMES MOREIRA¹; RAIMUNDO NONATO DE ASSIS JÚNIOR² E TÚLIO CORDEIRO ARAGÃO³

¹Engenheira Agrônoma, Mestra e Doutoranda em Ciência do Solo, Departamento de Ciência do Solo, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici – Bloco 807, CEP 60356-000, Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: van_ohana1@hotmail.com

²Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas, Professor Titular, Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici – Bloco 807, CEP 60356-000, Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: assisjr@ufc.br

³Graduando em Química, Departamento de Química, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici - Bloco 940, CEP 60440-900, Fortaleza – Ceará, Brasil. E-mail: tuliocaragao@gmail.com

1 RESUMO

Esse trabalho objetivou avaliar o uso de esterco bovino e polímero iônico superabsorvente no crescimento inicial e na capacidade fotossintética de plantas de milho cultivadas em Neossolo Quartzarênico salino-sódico. O experimento foi instalado em casa de vegetação com quatro tratamentos: T1 - Controle; T2 – Polímero; T3 - Esterco bovino; T4 - Polímero + Esterco bovino. Foram avaliados os parâmetros biométricos: altura das plantas, diâmetro do colmo, área foliar, massa seca da parte aérea, comprimento e massa seca da raiz aos 45 dias após a emergência (DAE) das plantas. A fotossíntese foi avaliada em três momentos: aos 15, 30 e 45 DAE. Houve diferenças significativas pelo teste F ($p < 0,05$) nos parâmetros biométricos avaliados e na taxa de fotossíntese. As menores médias das variáveis analisadas foram obtidas no tratamento controle. A aplicação do polímero resultou em médias dos parâmetros biométricos e da fotossíntese estatisticamente menores que as médias do esterco bovino. A combinação de polímero e esterco promoveu incremento na capacidade fotossintética e no comprimento da raiz. Conclui-se que, o esterco é mais eficiente que o polímero na melhoria do crescimento inicial do milho sob estresse salino e, quando combinados, promovem maior capacidade fotossintética e maior crescimento das raízes.

Palavras-chave: salinidade do solo, hidrogel, adubo orgânico, *Zea Mays* L.

MOREIRA, V. O. G.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; ARAGÃO, T. C.
GROWTH AND PHOTOSYNTHESIS OF MAIZE CULTIVATED UNDER SALINE STRESS WITH MANURE AND SUPERABSORBENT POLYMER

2 ABSTRACT

This work aimed to evaluate the use of bovine manure and ionic superabsorbent polymer in the initial growth and in the photosynthetic capacity of maize cultivated in saline-sodium Quartzarenic Neosol. The experiment was installed in a greenhouse with four treatments: T1 - Control; T2 - Polymer; T3 - Bovine manure; T4 - Polymer + Bovine manure. Biometric parameters were evaluated: plant height, stem diameter, leaf area, aerial part dry matter, root

length and root dry matter at 45 days after emergence (DAE). The photosynthesis was evaluated in three moments: at 15, 30 and 45 DAE. Significant differences were observed by the F test ($p < 0.05$) in biometric parameters evaluated and photosynthesis rate. The application of the polymer resulted in lower averages than those of the bovine manure for all biometric parameters and photosynthesis. The combination of polymer and bovine manure promoted an increase in photosynthetic capacity and in root length. It is concluded that bovine manure is more efficient than polymer in improving the initial growth of maize under saline stress and when combined promote increase in rate of photosynthesis and root growth.

Keywords: soil salinity, hydrogel, organic fertilizer, *Zea Mays* L.

3 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.), é uma espécie de ciclo anual, pertencente à família Poaceae, originário da América Central e um dos principais grãos produzidos no Brasil (LOPES; DANTAS; FERREIRA, 2019; MILHO, 2019). Apesar de ser um cereal cultivado em todo o país e se destacar economicamente como importante fonte de alimento, fibras, combustível e rações, há diversos estudos que relatam os efeitos deletérios do excesso de sais sobre o crescimento e a produção da cultura (GOMES et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2016; SILVA; GRZYBOWSKY; PANOBIANCO, 2016).

De acordo com Ayers e Westcot (1999), os efeitos da salinidade sobre os vegetais podem variar entre as espécies e os genótipos de uma mesma espécie. A elevada concentração de sais interfere no desenvolvimento das plantas devido o aumento da pressão osmótica da solução do solo, a redução da disponibilidade de água (BERNARDO, 1995), a toxicidade iônica e o desequilíbrio na absorção de nutrientes (MUNNS, 2005; AHMED; MORITANI, 2010).

No Brasil, embora não se tenham estudos detalhados sobre a identificação de áreas degradadas pelo excesso de sais, estima-se que 20 a 25% das áreas irrigadas enfrentam esse problema, sendo a região Nordeste a mais afetada (FAO, 2005). O alto potencial evapotranspirativo e as irregulares

e escassas precipitações predominantes nessa região contribuem para a ascensão de sais para a superfície do solo e o aumento da concentração de íons na solução do solo, sejam esses oriundos de processos naturais ou antrópicos (RIBEIRO; RIBEIRO FILHO; JACOMINE, 2016; SILVA NETO, 2018).

Na perspectiva de melhorar as condições para o desenvolvimento das plantas em solos salino-sódicos, diversos condicionadores químicos, como o gesso e o ácido sulfúrico são utilizados. Os efeitos positivos desses produtos na melhoria dos atributos químicos e físicos dos solos são relatados em diversos trabalhos (GOMES; GHEYI; SILVA, 2000; LEITE et al., 2010; MELO et al., 2008). No entanto, o uso de material orgânico também tem se destacado bastante, por seu baixo custo, fácil disponibilidade e resultados positivos no crescimento das plantas sob excesso de sais e sódio (GILL et al., 2009; SÁ et al., 2013; LACERDA et al., 2016).

Outro condicionador químico utilizado na recuperação de solos salinos diz respeito aos polímeros (SHAINBERG; LEVY, 1994; MIRANDA et al., 2011). Esses polímeros são também denominados polímeros superabsorventes ou hidrogéis e formados a partir da polimerização de monômeros, como acrilamida, ácido acrílico ou acrilato de sódio e potássio. Os grupamentos presentes na cadeia polimérica conferem alta capacidade de absorção de água, e as ligações cruzadas ou reticulações

promovem rigidez, evitando a solubilização desse material (BORTOLIN et al., 2012; AHMED, 2015).

Embora existam na literatura diversos relatos do uso de hidrogel e os seus efeitos nas propriedades físico-hídricas dos solos, poucos e divergentes são os resultados do uso desse polímero em solos afetados por sais (MENDONÇA et al., 2013; ZANGOUEI; EMANI; ASTARAEI, 2013; MIRANDA et al., 2011).

Diante dessas informações, objetivou-se avaliar o uso de esterco bovino curtido e polímero iônico superabsorvente à base de acrilamida e acrilato de potássio (acrilamida-co-acrilato) no crescimento inicial e na capacidade fotossintética de plantas de milho cultivadas em Neossolo Quartzarênico com excesso de sais e sódio.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Tabela 1. Atributos químicos e umidade da capacidade de campo do Neossolo Quartzarênico utilizado no experimento (profundidade 0 – 0, 20 m).

Parâmetros avaliados	
CE _(es) (dS m ⁻¹)	15,8
pH _(es)	7,95
Na ⁺ (cmolc dm ⁻³)	3,8
CTC (cmolc dm ⁻³)	15
PST (%)	23,7
θ _{cc} (g.g ⁻¹)	4,18

CE(es): condutividade elétrica no extrato de saturação; pH (es): pH no extrato de saturação; Na⁺: sódio no complexo de troca; CTC: capacidade de troca de cátions; PST: Porcentagem de sódio trocável; θ_{cc}: Umidade do solo na capacidade de campo.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco repetições para cada nível de tratamento. Os tratamentos aplicados foram: T1 – Sem o uso dos condicionadores, representando a testemunha (controle); T2 – Solo + polímero (600 g de gel intumescido/vaso); T3 - Solo + esterco

O estudo foi realizado em casa de vegetação, localizada no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará (latitude 3°44'25.45"S, longitude 38°34'31.62"O), Fortaleza – CE, no período de janeiro a março de 2019. Segundo a classificação de Köppen, o local de realização do estudo apresenta clima do tipo Aw', considerado tropical chuvoso (AQUINO et al., 2007; CAJAZEIRA; ASSIS JÚNIOR, 2011).

O solo utilizado foi coletado na camada de 0 – 0,20 m de uma região de zona costeira do estado do Ceará, localizada entre os municípios de Paraipaba e Paracuru, distante 93 km a noroeste da cidade de Fortaleza, sendo classificado como Neossolo Quartzarênico (SANTOS et al., 2018) apresentando elevada quantidade de sais e sódio, baixa capacidade de retenção de água e baixa fertilidade natural (Tabela 1).

A análise granulométrica do solo resultou em uma classificação textural arenosa, com 96,5%, 2,2% e 1,3% de areia, silte e argila, respectivamente.

bovino curtido (600g de esterco/vaso); T4 - Solo + esterco bovino curtido (300g de esterco/vaso) + polímero (300g de gel intumescido/vaso).

O esterco bovino curtido (partículas com fração < 2,0 mm) e o polímero foram incorporados conforme cada tratamento. Os vasos utilizados tinham capacidade de 5 dm³

³. Para preenchê-los com o substrato, estabeleceu-se uma densidade global de 1,3 g cm⁻³ para todas as parcelas, cada vaso foi preenchido com 2 dm⁻³ de substrato.

Após isso, os vasos foram dispostos nas bancadas de concreto da casa de vegetação, a 88 cm de altura do solo, e foi realizada a semeadura de sementes de milho, utilizando a cultivar BRS 2022, que germinaram após 9 dias. O desenvolvimento das plantas foi acompanhado até completar 45 dias após a emergência (DAE) das plantas.

Com base nas recomendações de adubação para a cultura do milho, conforme o Manual de adubação e calagem para Estado do Ceará (AQUINO et al., 1993), foi realizada a aplicação de fertilizantes aos 7 DAE. Aplicou-se 1 g dm⁻³ de N (sulfato de amônio - (NH₄)₂SO₄); 0,7 g dm⁻³ de P (superfosfato triplo - Ca(H₂PO₄).2H₂O); 0,5 g dm⁻³ de K (cloreto de potássio - KCl); 7 mg dm⁻³ de Mn (sulfato manganoso hidratado - MnSO₄.H₂O); 0,2 mg dm⁻³ de Mo (molibdato de amônio - (NH₄)₆Mo₇O₂₄ · 4H₂O); 2,8 mg dm⁻³ de Fe (Fe-EDTA); 1 mg dm⁻³ de Cu (sulfato cúprico hidratado - Cu₅O₄.5H₂O); 3,8 mg dm⁻³ de Zn (sulfato de zinco - ZnSO₄.7H₂O), 1,7 mg dm⁻³ de B (ácido bórico - H₃BO₃).

A irrigação foi realizada diariamente, utilizando água destilada, mantendo o solo na umidade da capacidade de campo, previamente obtida pelo método gravimétrico em laboratório (BONFIM-SILVA et al., 2011).

Aos 45 DAE foram avaliadas as seguintes variáveis: altura das plantas (AL) usando uma fita métrica graduada, desde o colo da planta até o ápice apical; diâmetro do caule (DC), a 5 cm do colo da planta, medido com uso de paquímetro digital; comprimento radicular (CR) com uso de fita métrica graduada em centímetros. A massa seca da parte aérea (MSPA) e a massa seca das raízes (MSR) foram obtidas após a secagem do material em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até peso constante. As

raízes foram cuidadosamente separadas do substrato, lavadas com água, secas com papel toalha e imediatamente avaliadas.

A área foliar (AF) foi obtida através de método não destrutivo, conforme metodologia descrita e utilizada por Tollenaar (1992): $AF = (C) \times (L) \times (0,75)$, onde: (C) representa o comprimento da folha; (L) largura da folha e (0,75) o fator de correção.

A taxa de fotossíntese (TF) foi avaliada com uso de um medidor portátil IRGA, modelo LI-6400 (LI-COR). A medida foi realizada em três períodos: aos 15, 30 e 45 DAE, utilizando a região mediana da terceira folha, completamente expandida de cada planta, expostas à radiação solar, no período de 9:00h – 10:30h (SILVA et al., 2010).

A temperatura e umidade relativa foram monitoradas dentro da casa de vegetação durante a coleta dos dados da taxa de fotossíntese, utilizando um termohigrômetro digital, e variou de 27,7 a 29,4 °C e 54,0 a 81,0%, respectivamente, no período entre 9h e 11h.

O polímero iônico superabsorvente ou hidrogel utilizado foi sintetizado com 40% de acrilamida (C₃H₅NO) e 60% de acrilato de potássio (K₂S₂O₈) pelo Laboratório de Polímeros da Universidade Federal do Ceará (LABPOL), correspondendo a um reticulado desses monômeros (acrilamida-co-acrilato) com cinética de intumescimento em água destilada de 600 g/g e as seguintes propriedades: iônico, cor branca, microgrânulos ou grânulos, com partículas de tamanho entre 0,3 a 1,0 mm.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey, a nível de 5% de significância, para comparação das médias entre os tratamentos. As taxas de fotossíntese, em relação aos períodos de avaliação, foram submetidas a análise de regressão e ao desdobramento das médias.

Utilizou-se o software SISVAR versão 5.6 para análise estatística (FERREIRA, 2013) e SIGMAPLOT 14.0 para confecção dos gráficos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Parâmetros biométricos

Observou-se diferença significativa pelo teste F, ao nível de 5% de significância, em pelo menos um dos tratamentos em relação as variáveis dos parâmetros biométricos avaliados (TABELA 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância (ANAVA) dos parâmetros biométricos avaliados: altura das plantas (AL), área foliar (AF), diâmetro do colmo (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e comprimento da raiz (CR) avaliados aos 45 DAE.

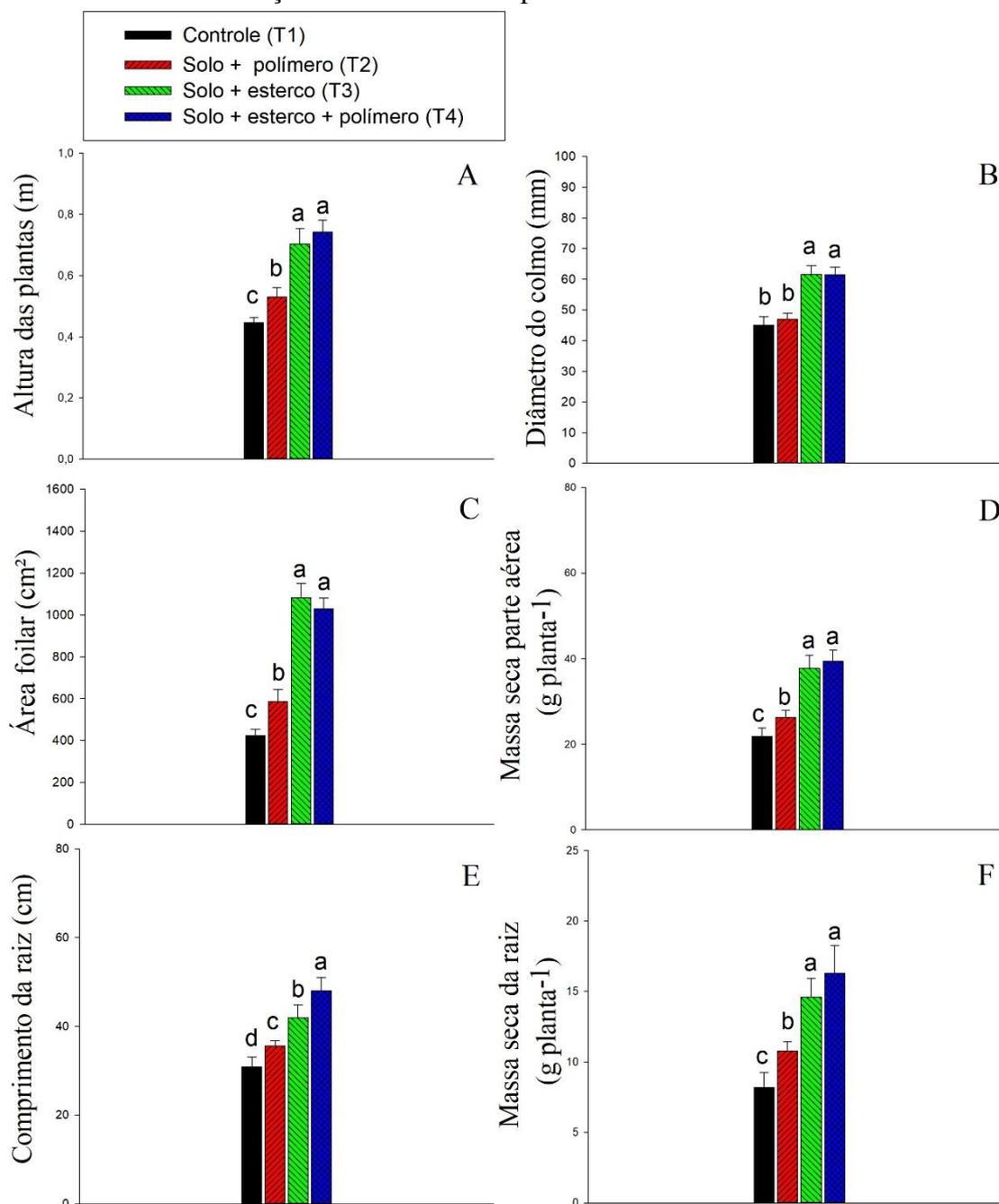
FV	GL	QUADRADO MÉDIO					
		AL	AF	DC	MSPA	MSR	CR
Tratamentos	3	0,099*	531467,3*	403,78*	369,05*	67,29*	281,26*
Res.	16	0,00133	2788,4	6,40	5,66	1,77	5,75
CV (%)	-	6,03	6,76	4,71	7,60	10,68	6,13

FV: Fonte de variação; G.L: Grau de liberdade; * Significativo pelo Teste F ($p < 0,05$); Res: resíduo; CV (%): coeficiente de variação.

O controle (T1) foi o tratamento com médias estatisticamente menores para todos os parâmetros biométricos. Para esse tratamento, a altura das plantas (AL) resultou em média de 0,446m; a área foliar

(AF) em 424,50 cm²; a massa seca da parte aérea (MSPA) em 21,83 g planta⁻¹; o comprimento da raiz (CR) em 30,80 cm e a massa seca da raiz (MSR) em 8,19 g planta⁻¹ (Figura 1).

Figura 1. Altura das plantas (A); diâmetro do colmo (B); área foliar (C); massa seca da parte aérea (D); comprimento da raiz (E); massa seca da raiz (F) das plantas de milho aos 45 DAE em relação aos tratamentos aplicados.



Letras iguais não diferem a nível de 5% pelo teste de Tukey. As barras representam o erro padrão do ponto médio.

Esses resultados denotam que o uso do polímero promove uma maior tolerância das plantas de milho ao estresse salino em relação ao controle, resultando em diferença significativa em parâmetros de crescimento das plantas.

Os hidrogéis por serem hidrofílicos e possuírem grupos carboxílicos que permitem ligar cátions e água, permitem que as plantas sobrevivam por mais tempo sob estresse hídrico ou salino (HÜTTERMANN; ORIKIRIZA; AGABA, 2009). A maior capacidade de retenção de água reduz a

quantidade de sais absorvidos pelas raízes, reduzindo os efeitos da salinidade, especialmente em solos arenosos (DORRAJI; GOLCHIN; AHMADI 2010; KHODADADI, 2017).

Apesar disso, as plantas submetidas ao tratamento com a aplicação do polímero isoladamente tiveram médias significativamente menores do que as plantas submetidas ao tratamento com esterco bovino isolado (T3) (Figura 1). Esse resultado sugere a maior eficiência do material orgânico na melhoria das condições para o crescimento e desenvolvimento das plantas sob estresse salino.

Na literatura relata-se que o uso do esterco melhora significativamente as propriedades físico-químicas de solo com excesso de sais e reduz o efeito degenerativo dos íons em parâmetros biométricos da cultura do milho (ABUBAKAR; ALI, 2018; KHATUN et al., 2019; SOUSA et al., 2012), sendo mais eficiente que o polímero na redução dos efeitos da salinidade (MIRANDA et al., 2011), corroborando com resultados obtidos nesse estudo.

Em culturas como goiabeira (CAVALCANTE et al., 2010), rúcula (SILVA et al., 2008), açafão (YARAMI; SEPASKHAH, 2015), mamoneira (OLIVEIRA et al., 2006) e maracujazeiro (CAVALCANTE et al., 2009), também foram encontrados efeitos positivos do esterco bovino na atenuação da salinidade, confirmando os resultados obtidos para o milho.

A combinação de esterco e polímero (T4) resultou em maiores médias, estatisticamente diferentes de T1 e T2 em todos os parâmetros biométricos avaliados. No entanto, houve diferença significativa entre T4 e T3 apenas para CR (48 e 42 cm, respectivamente) (Figura 1E). Cabe ressaltar que, os tratamentos T3 e T4 resultaram nas maiores médias para os parâmetros biométricos avaliados nesse estudo.

A maior disponibilidade de água na região próxima às raízes, devido ao uso do gel superabsorvente, provavelmente resultou na diluição e redução dos efeitos prejudiciais dos sais, que combinado com os efeitos benéficos da matéria orgânica promoveram maior crescimento radicular em T4.

Resultados semelhantes foram encontrados para a cultura do abacaxizeiro (*Ananas comosus* L.), onde o esterco bovino proporcionou maiores ganhos nutricionais às plantas e uso do hidrogel não favoreceu o crescimento dos brotos, mas resultou em aumento da massa seca das raízes quando combinado com o esterco (MENDONÇA et al., 2017).

O maior crescimento radicular durante a fase de desenvolvimento inicial do milho pode contribuir para a maior absorção de água e nutrientes, levando a maior tolerância das plantas a períodos de baixa disponibilidade hídrica ou a condições de excesso de sais, mantendo a atividade de processos fisiológicos importantes para o ciclo biológico da cultura.

Zhang et al. (2018) verificaram relação intimamente associada de polímero e condicionador orgânico na melhoria do nível nutricional das plantas, no ambiente da rizosfera, na fertilidade do solo e no crescimento das plantas cultivadas em solo com metais pesados. Para Li et al. (2019) o uso combinado de biofertilizantes com polímero reduz o efeito adverso de déficit hídrico e aumenta a ação benéfica de biofertilizantes nas propriedades do solo.

5.2 Taxa de Fotossíntese

Houve diferença significativa ($p < 0.05$) em relação a todos os tratamentos aplicados e os períodos de avaliação para a taxa de fotossíntese (TF) (Tabela 3).

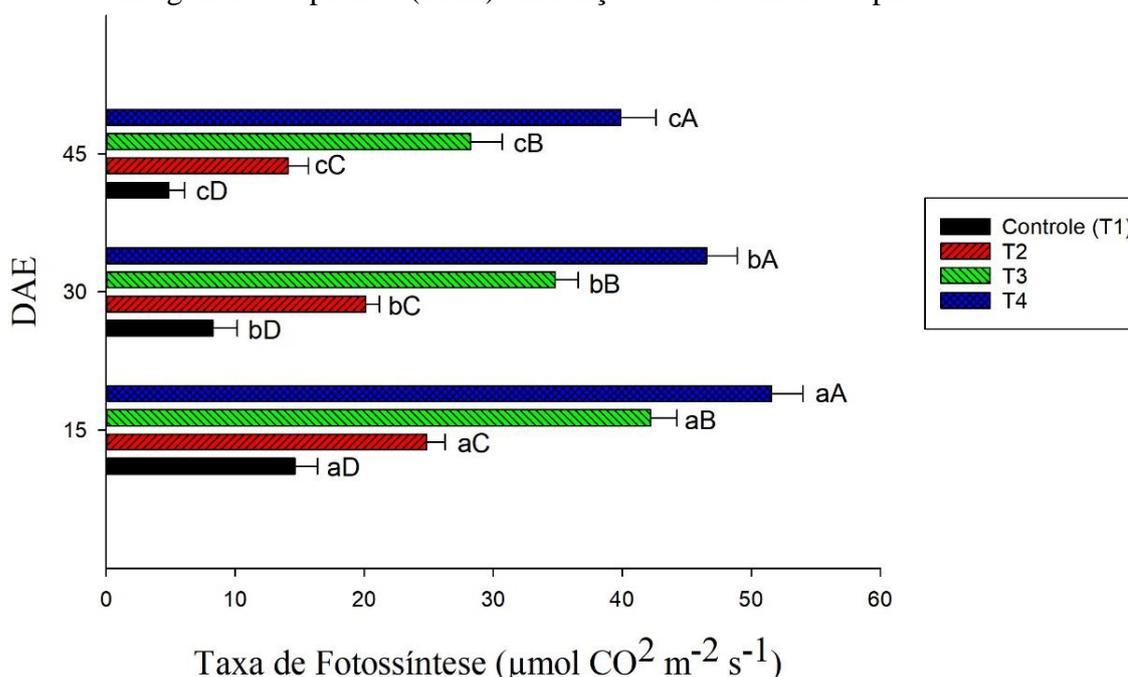
Tabela 3. Resumo da análise de variância (ANAVA) para as taxas de fotossíntese (TF) avaliadas aos 15, 30 e 45 DAE.

FV	G.L.	QUADRADO MÉDIO
		TF
Tratamentos	3	3973,58*
Tempo	2	667,78*
Trat. x Tempo	6	5,91*
Res	48	3,85
CV (%)	-	7,14

FV: Fonte de variação; G.L.: Grau de liberdade; * Significativo pelo Teste F ($p < 0,05$); Res: resíduo; CV (%): coeficiente de variação.

As maiores médias nos períodos 15, 30 e 45 DAE foram encontradas nas plantas submetidas ao tratamento T4 (51,58, 46,56 e 39,88 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente) sendo significativamente maior que T3

(42,22, 34,80 e 28,24 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), T2 (24,84, 20,10 e 14,08 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente) e do tratamento controle (14,62, 8,26 e 4,84 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente) (Figura 2).

Figura 2. Médias das taxas de fotossíntese das plantas de milho aos 15, 30 e 45 dias após a emergência das plantas (DAE) em função dos tratamentos aplicados.

Letras maiúsculas diferem significativamente dentro dos tratamentos e letras minúsculas diferem entre os períodos de avaliação. As barras representam o erro padrão do ponto médio.

As menores médias de TF, em todos os períodos de avaliação, foram obtidas em plantas submetidas ao tratamento controle, evidenciando o efeito prejudicial do excesso de sais no comportamento fisiológico da cultura do milho.

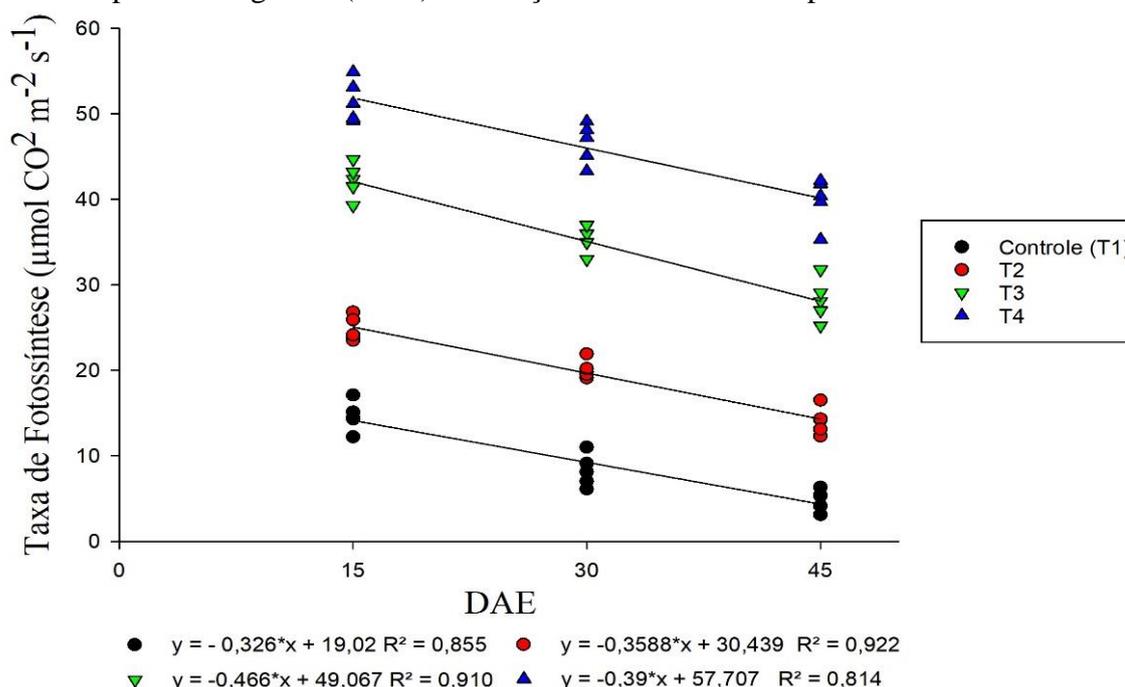
A exposição prolongada aos sais tem sido apontada como principal causador de danos nas estruturas de enzimas e membranas, interferindo diretamente na assimilação líquida de CO_2 pelas plantas (SILVA et al., 2011). Portanto, a

fotossíntese é o processo mais afetado em plantas crescendo sob condições salinas, não apenas devido ao fechamento dos estômatos, mas também a fatores não-estomáticos, como a redução na atividade de enzimas e no teor de clorofila e carotenóides (STEPIEN; KLOBUS, 2006; TAIZ; ZEIGMAN, 2006).

Independente do tratamento aplicado, houve redução significativa da

fotossíntese durante o desenvolvimento inicial da cultura, ajustando-se ao modelo linear de regressão. Essa diferença foi mais acentuada em T1 (69,22%) e T2 (42,96%). Nos tratamentos T3 e T4, a redução foi menor, 33,24% e 22,57%, respectivamente (Figura 3).

Figura 3. Comportamento da taxa de fotossíntese das plantas de milho aos 15, 30 e 45 dias após a emergência (DAE) em função dos tratamentos aplicados.



Dessa forma, de acordo com a capacidade fotossintética das plantas obtida, a ordem de eficiência dos tratamentos foi esterco combinado com polímero (T4) > esterco (T3) > polímero (T2) > controle (T1). Esses resultados sugerem que a adição do polímero ao esterco potencializa a assimilação de gás carbônico (CO₂) e promove menor restrição fisiológica ao longo do crescimento inicial das plantas, sendo mais eficiente que a sua aplicação isoladamente.

Para Khodadadi (2017), as explicações para melhoria no desempenho fotossintético das plantas, em meio salino, com uso de polímeros superabsorventes são:

(1) os grânulos de polímero aumentam a umidade do solo e a diluição dos sais; (2) o K⁺ trocável presente no polímero promove o equilíbrio de K⁺/Na⁺, fundamental para a tolerância à toxicidade de íons, e (3) as cargas do polímero retêm os íons de sal, reduzindo a concentração no solo.

Além disso, o K⁺, liberado pelo polímero, confere adequada dinâmica da condutância estomática e desempenha função importante na ativação da função carboxilase da Rubisco, contribuindo para a atividade fotossintética (CAKMAK, 2005).

Em estudo semelhante, o uso de hidrogel em solo arenoso salino promoveu aumento nas taxas de fotossíntese do milho

e nos teores de clorofila a, clorofila b e carotenóides (SAYED; SAYED, 2011). Também foi verificada influência benéfica do gel superabsorvente no aumento da atividade fotossintética de tomate, alface e pepino cultivadas em condições de salinidade (SAYED; KIRKWOOD; GRAHAM, 1991).

6 CONCLUSÕES

O uso de polímero iônico superabsorvente é menos eficiente que o esterco bovino para melhorar o crescimento inicial de plantas de milho cultivadas sob estresse salino em Neossolo Quartzarênico.

As plantas de milho cultivadas com a combinação de polímero superabsorvente e esterco bovino, sob condições de salinidade, possuem maior capacidade fotossintética e maior crescimento radicular.

7 REFERÊNCIAS

ABUBAKAR, Z. A.; ALI, A. D. Screening effect of organic manure on the vegetative growth of maize (*Zea mays* L.). **Journal of Bioscience and Agriculture Research**, Bangladesh, v. 16, n. 2, p. 1356-1364, 2018.

AHMED, E. M.; Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. **Journal of Advanced Research**, Cairo, v. 6, n.2, p. 105 – 121, 2015.

AHMED, B. A.; MORITANI, I. S. Effect of saline water irrigation and manure application on the available water content, soil salinity and growth of wheat. **Agricultural Water Management**, Amsterdã, v. 97, n. 1, p. 165-170, 2010.

AQUINO, A. B.; AQUINO, B. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; HOLANDA, F. J. M.; FREIRE, J. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; COSTA, R. I.; UCHOA, S. C. P.; FERNANDES, V. L. B.; AQUINI, A.; AQUINO, L. F.; HERNANDES, F. G. B.; HOLANDA, F. J. M.; FREIRE, G.; CRISÓSTOMO, L. D.; COSTA, R. C.; UCHOA, S.; FERNANDES, R.; AQUINO, C. A. B.A.; AQUINO, A.; CASTRO, A. H.; HOLANDA, F.; FREIRE, F.; CRISOSTOMO, E.; COSTA, J.; UCHOA, P.; FERNANDES, B. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 1993, 248p.

AQUINO, A. J. S.; LACERDA, C. F.; BEZERRA, M. A.; GOMES FILHO, E.; COSTA, R. N. T. Crescimento, partição de matéria seca e retenção de Na⁺, K⁺ e Cl⁻ em dois genótipos de sorgo irrigados com águas salinas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 961-971, 2007.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999, 218p.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa: UFV/Imprensa Universitária, 1995, 657p.

BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; CABRAL, C. E. A.; KROTH, B. E.; REZENDE, D. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 180-186, 2011.

BORTOLIN, A.; AOUADA, F. A.; LONGO, E.; MATTOSO, L. H. Investigação do processo de absorção de água de hidrogéis de polissacarídeo: efeito da carga iônica, presença de sais, concentrações de monômero e polissacarídeo. **Revista Polímeros**, São Carlos, v. 22, n. 2, p. 311-317, 2012.

CAJAZEIRA, J. P.; ASSIS JÚNIOR, R. N. Variabilidade espacial das frações primárias e agregados de um Argissolo no estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 258-267, 2011.

CAKMAK, I. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 168, n. 4, p. 521-530, 2005.

CAVALCANTE, L. F.; SILVA, G. F.; GHEYI, H. R.; DIAS, T. J.; ALVES, J. C.; COSTA, A. P. M. Crescimento de mudas de maracujazeiro amarelo em solo salino com esterco bovino líquido fermentado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 4, p. 414-420, 2009.

CAVALCANTE, L. F.; VIEIRA, M. S.; SANTOS, A. F.; OLIVEIRA, W. M.; NASCIMENTO, J. A. M. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar *Paluma*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 251-261, 2010.

DORRAJI, S. S.; GOLCHIN, A.; AHMADI, S. The effects of hydrophilic polymer and soil salinity on corn growth in sandy and loamy soils. **Clean Soil Air Water**, Weinheim, v. 38, n. 7, p. 584-591, 2010.

FAO. **Statistical database production 2005**. Roma: FAO, 2005. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/408/default.aspx>. Acesso em: 05 set. 2020.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2013.

GILL, J. S.; SALE, P. W. G.; PERIES, R. R.; TANG, C. Changes in soil physical properties and crop root growth in dense sodic subsoil following incorporation of organic amendments. **Field Crops Research**, Amsterdã, v. 112, n. 1, p. 137-146, 2009.

GOMES, K. R.; AMORIM, A. V.; FERREIRA, F. J.; ANDRADE FILHO, F. L.; LACERDA, C. F.; GOMES-FILHO, E. Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 365-370, 2011.

GOMES, E. M.; GHEYI, H. R.; SILVA, E. F. F.; Melhoria nas propriedades químicas de um solo salino-sódico e rendimentos de arroz, sob diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 355-361, 2000.

HÜTTERMANN, A.; ORIKIRIZA, L. J. B.; AGABA, H. Application of Superabsorbent Polymers for Improving the Ecological Chemistry of Degraded or Polluted Lands. **Clean Soil Air Water**, Weinheim, v. 37, n. 7, p. 517-526, 2009.

KHATUN, M.; SHUVO, A. R.; SALAM, T. B.; RAHMAN, H. Effect of organic amendments on soil salinity and the growth of maize (*Zea mays* L.). **Plant Science Today**, Thiruvananthapuram, v. 6, n. 2, p. 106-111, 2019.

KHODADADI, D. D. Effect of superabsorbent polymer on salt and drought resistance of eucalyptus globulus. **Applied Ecology and Environmental Research**, Budapeste, v. 15, n. 4, p. 1791-1802, 2017.

LACERDA, C. F.; COSTA, R. N. T.; BEZERRA, M. A.; NEVES, A. L. R.; SOUSA, G. G.; GHEYI, H. R. Estratégias de manejo para uso de água salina na agricultura. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. p. 337-352.

LEITE, E. M.; DINIZ, A. A.; CAVALCANTE, L. F.; GHEYI, H. R.; CAMPOS, V. B.; Redução da sodicidade em solo irrigado com a utilização de ácido sulfúrico e gesso agrícola. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 110-116, 2010.

LI, Y.; SHI, H.; ZHANG, H.; CHEN, S. Amelioration of drought effects in wheat and cucumber by the combined application of super absorbent polymer and potential biofertilizer. **The Journal of Life and Environmental Sciences - PeerJ**, San Diego, v.7, n. e6073, p. 235–241, 2019.

LOPES, J. R. F.; DANTAS, M. P.; FERREIRA, F. E. P.; Identificação da influência da pluviometria no rendimento do milho no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 13, n.5, p. 3610 -3618, 2019.

MELO, R. M.; BARROS, M. F. C.; SANTOS, P. M.; ROLIM, M. M.; Correção de solos salino-sódicos pela aplicação de gesso mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 376-380, 2008.

MENDONÇA, T. G.; URBANO, V. R.; PERES, J. G.; SOUZA, C. F. Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. **Water Resource and Irrigation Management**, Cruz das Almas, v. 2, n. 2, p. 87-92, 2013.

MENDONÇA, V.; MENDONÇA, L. F. M.; PEREIRA, E. C.; LEITE, G. A.; COSTA, J. M.; MEDEIROS, F. M. C. The growth and nutrition of pineapple (*Ananas comosus* L.) plantlets under different water retention regimes and manure. **African Journal of Agricultural Research**, Lagos, v. 12, n. 21, p. 1852-1860, 2017.

MIRANDA, M. A.; OLIVEIRA, E. E. M.; SANTOS, K. C. F.; FREIRE, M. B. G. S.; ALMEIDA, B. G. Condicionadores químicos e orgânicos na recuperação de solo salino-sódico em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 5, p. 484-490, 2011.

MILHO. **Acompanhamento de Safra Brasileira: grãos**, Brasília, DF: Conab, v. 6, n. 11, p. 16 – 19, 2019. Safra 2019/2020, Décimo primeiro levantamento. Disponível em: <file:///www.conab.gov.br/safras/graos/item/download>. Acesso em: 07 ago de 2020.

MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, Malden, v. 167, n. 3, 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, M. K. T.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; LIMA, C. J. G. S.; GUIMARÃES, I. P. Efeito de diferentes teores de esterco bovino e níveis de salinidade no crescimento inicial da mamoneira (*Rícino communis* L.). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 1, n. 1, p. 47-53, 2006.

RIBEIRO, M. R.; RIBEIRO FILHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. p. 9-16.

SÁ, F. V. S.; ARAÚJO, J. L.; NOVAES, M. C.; SILVA, A. P.; PEREIRA, F. H. F.; LOPES, K. P. Crescimento inicial de arbóreas nativas em solo salino-sódico do Nordeste brasileiro tratado com corretivos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 3, p. 388-396, 2013.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SAYED, H.; KIRKWOOD, R. C.; GRAHAM, N. B.; The Effects of a Hydrogel Polymer on the Growth of Certain Horticultural Crops under Saline Conditions. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, n. 7, p. 891-899, 1991.

SAYED, H. E.; SAYED, H. E. Influence of salinity stress on growth parameters, photosynthetic activity and cytological studies of *Zea mays*, L. plant using hydrogel polymer. **Agriculture and Biology Journal of North America**, Fort Collins, v. 2, n. 6, p. 907-920, 2011.

SHAINBERG, I.; LEVY, G. J. Organic polymers and soil sealing in cultivated soils. **Soil Science Journal**, Filadélfia, v. 158, n. 4, p. 267-273, 1994.

- SILVA, A. C.; LEONEL, S.; SOUZA, A. P.; DOMINGOS, J. R.; DUCATTI, C. Trocas gasosas e ciclo fotossintético da figueira 'Roxo de Valinhos'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 6, p. 1270-1276, 2010.
- SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; NEVES, A. L. R.; SILVA, G. L.; SOUSA, C. H. C. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 4, p. 383-389, 2011.
- SILVA NETO, N. D.; PEREIRA JUNIOR, E. B.; ABRANTES, E. M. O. C.; PORDEUS, F. Q.; SILVA, E. A. Uso de condicionadores orgânicos na recuperação de solos salinizados. **Revista Brasileira de gestão Ambiental**, Pombal, v. 12, n. 4, p. 484 - 490, 2018.
- SILVA, J. K. M.; OLIVEIRA, F. A.; MARACAJÁ, P. B.; FREITAS, R. S.; MESQUITA, L. X. Efeito da salinidade e adubos orgânicos no desenvolvimento da rúcula. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 5, p. 30-35, 2008.
- SILVA, R. C.; GRZYBOWSKI, C. R. S.; PANOBIANCO, M. Vigor de sementes de milho: influência no desenvolvimento de plântulas em condições de estresse salino. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 3, p. 491-499, 2016.
- SOUSA, 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**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 237-245, 2012.
- STEPIEN, P.; KLOBUS, G. Water relations and photosynthesis in *Cucumis sativus*, L. leaves under salt stress. **Biologia Plantarum**, Dordrecht, v. 50, n. 4, p. 610-616, 2006.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 4. ed. Massachusetts: Sinauer Associates Publishers, 2006, 764p.
- TOLLENAAR, M. Is low plant density a stress in maize? **Maydica**, Bergamo, v. 37, n. 4, p. 305-311, 1992.
- ZANGOUEI, N.; EMANI, H.; ASTARAEI, A. R. Effects of stockosorb hydrogel and irrigation intervals on some soil physical properties and growth of Haloxylon seedling. **Electronic Journal of Soil Management and Sustainable Production**, Gurdã, v. 3, n. 1, p. 167-182, 2013.
- ZHANG, J. F.; ZHAO, T. N.; SONG, S. S. S.; GUO, H. B.; SHEN, H. J.; WU, Y. Effects of biofertilizers and super absorbent polymers on plant growth and soil fertility in the arid mining area of Inner Mongolia, China. **Journal of Mountain Science**, Pequim, v. 15, n. 9, p. 1920-1935, 2018.
- YARAMI, N.; SEPASKHAH, A. R. Saffron response to irrigation water salinity, cow manure and planting method. **Agricultural Water Management**, Amsterdã, v. 150, n. 1, p. 57-66, 2015.