



TEORES FOLIARES EM PLANTAS DE MILHO CULTIVADO SOB DIFERENTES COMBINAÇÕES DE ADUBAÇÃO ORGÂNICA E ÁGUA SALOBRA

Márcio Henrique da Costa Freire¹, Thales Vinícius de Araújo Viana², Geocleber Gomes de Sousa³, Francisco Barroso da Silva Junior⁴, Krishna Ribeiro Gomes⁵, Benito Moreira de Azevedo²

RESUMO: Objetivou-se avaliar os teores foliares em plantas de milho cultivadas sob diferentes combinações de adubação orgânica e água salobra. O experimento foi conduzido em campo, entre os meses de agosto e de novembro de 2020, a pleno sol, em Redenção, Ceará. O delineamento adotado foi em blocos casualizados (DBC), em esquema de parcela subdividida, com 4 repetições, em que as parcelas consistiram de 2 condutividades elétricas da água de irrigação (CEa: A1 – água de abastecimento de 0,8 dS m⁻¹, e A2 – solução salina de 3,0 dS m⁻¹), e as subparcelas foram referentes a 4 combinações de aplicação de fontes de adubos orgânicos (C1 – esterco bovino + biofertilizante de aves + biofertilizante caprino, C2 – esterco bovino + biofertilizante caprino, C3 – esterco bovino + biofertilizante de aves, e C4 – tratamento controle). Foram determinados os teores foliares de Na⁺ e K⁺ e calculada a relação Na⁺/K⁺. A salinidade da água de irrigação reduz os teores foliares de K e eleva os de sódio em plantas de milho BRS Caatingueiro. A aplicação de esterco bovino + biofertilizante caprino reduz o teor foliar de K em plantas de milho BRS Caatingueiro e eleva a relação Na⁺/K⁺. A combinação de esterco bovino + biofertilizante caprino + biofertilizante de aves atenua o teor de sódio e a relação Na⁺/K⁺ em plantas de milho BRS Caatingueiro.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L., salinidade, insumos orgânicos.

LEAF CONTENTS IN MAIZE PLANTS CULTIVATED UNDER DIFFERENT COMBINATIONS OF ORGANIC FERTILIZATION AND BRACKISH WATER

¹ Doutorando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará - UFC, CEP:60.455-760 Fortaleza, Ceará. Fone: (85)3366-9756. e-mail: marciohcfreire@gmail.com

² Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, Ceará

³ Prof. Doutor, Instituto de Desenvolvimento Rural, UNILAB, Redenção, Ceará

⁴ Doutorando em Fitotecnia, Departamento de Fitotecnia, UFC, Fortaleza, Ceará

⁵ Doutora, PNPD, UFC, Fortaleza, Ceará

ABSTRACT: The objective was to evaluate the foliar levels in maize plants cultivated under different combinations of organic fertilizer and brackish water. The experiment was conducted in the field between August and November 2020, in full sun, in Redenção, Ceará. The adopted design was in randomized blocks (DBC), in a split-plot scheme, with 4 replications, in which the plots consisted of 2 electrical conductivities of irrigation water – ECa: A1 – supply water of 0.8 dS m^{-1} – and A2 – 3.0 dS m^{-1} saline solution; and the subplots were related to 4 combinations of application of organic fertilizer sources: C1 - bovine manure + poultry biofertilizer + goat biofertilizer, C2 - bovine manure + goat biofertilizer, C3 - bovine manure + poultry biofertilizer, and C4 - control treatment. Leaf contents of Na^+ and K^+ were determined and the Na^+/K^+ ratio was calculated. Irrigation water salinity reduces leaf K levels and increases sodium levels in BRS Caatingueiro corn plants. The application of bovine manure + goat biofertilizer reduces leaf K content in BRS Caatingueiro corn plants and increases the Na^+/K^+ ratio. The combination of bovine manure + goat biofertilizer + poultry biofertilizer attenuates the sodium content and the Na^+/K^+ ratio in BRS Caatingueiro corn plants.

KEYWORDS: *Zea mays* L., salinity, organic inputs.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma importante cultura agrícola, sendo uma das três grandes culturas de grãos mais cultivadas no mundo (KANDIL et al., 2020). No nordeste brasileiro, culturas anuais, como o milho, podem ser produzidas durante o ano todo, mas se faz necessário o uso da irrigação nos períodos de estiagem, entretanto, muitas vezes é aplicada utilizando-se águas de qualidade inferior, como as salinas (RODRIGUES et al., 2020).

Os sais, quando em excesso, podem reduzir a absorção de elementos essenciais e até aumentar a absorção de sais, como o sódio (SOUSA et al., 2018), o que pode levar a efeitos prejudiciais nas plantas pelo desbalanço nutricional em seus tecidos.

Para contornar os problemas causados pela salinidade, muito tem se utilizado de estratégias que visam mitigar os efeitos deletérios dos sais, como a aplicação de adubos orgânicos (SOUSA et al., 2018; SOUSA et al., 2021), que auxiliam a planta, especialmente, pela oferta de nutrientes, mas pouco se sabe sobre a dinâmica que a combinação entre os adubos orgânicos apresenta.

Em virtude disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os teores foliares em plantas de milho cultivado sob diferentes combinações de adubação orgânica e água salobra.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo, entre os meses de agosto e de novembro de 2020, a pleno sol, na Fazenda Experimental Piroás, pertencente à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB, Redenção, Ceará.

O delineamento adotado foi em blocos casualizados (DBC), em esquema de parcela subdividida, com 4 repetições, em que as parcelas consistiram de 2 condutividades elétricas da água de irrigação – CEa: A1 – água de abastecimento de 0,8 dS m⁻¹ – e A2 – solução salina de 3,0 dS m⁻¹; e as subparcelas foram referentes a 4 combinações de aplicação de fontes de adubos orgânicos: C1 – esterco bovino + biofertilizante de aves + biofertilizante caprino, C2 – esterco bovino + biofertilizante caprino, C3 – esterco bovino + biofertilizante de aves, e C4 – tratamento controle.

Antes da instalação do experimento foram realizadas coletas de solo na camada superficial (0-20 cm) na área e encaminhadas ao Laboratório (Tabela 1) conforme metodologia descrita por Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Atributos químicos do solo da área experimental antes do experimento.

MO	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	PST	pH	CEes
g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹		cmol _c kg ⁻¹					(%)	(em água)	dS m ⁻¹	
15,62	0,98	15,00	1,60	6,00	1,90	0,23	2,31	8,30	2,00	6,60	0,31

MO: Matéria orgânica; SB: Soma de bases; PST: Porcentagem de sódio trocável; CEes: Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo.

Na área foi semeada a cultura do milho, cultivar BRS Caatingueiro, adotando-se um sistema de irrigação por gotejamento, com um gotejador por planta, cujo manejo da irrigação foi estimado diariamente através da evapotranspiração de referência (ET_o), utilizando-se dados de um tanque evaporimétrico do tipo Classe A, sendo os coeficientes de cultura (K_c): 0,86 (até 40 dias após a semeadura, DAS); 1,23 (de 41 a 53 DAS); 0,97 (de 54 a 73 DAS); 0,52 (de 74 DAS ao final do ciclo) (SOUZA et al. 2015), com turno de irrigação de dois dias.

A água de menor salinidade (0,8 dS m⁻¹) foi a de abastecimento local, proveniente de açude da própria fazenda. Já a solução salina (3,0 dS m⁻¹) foi preparada com os sais de cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl₂.2H₂O) e cloreto de magnésio (MgCl₂.6H₂O) na proporção de 7:2:1 (MEDEIROS 1992), obedecendo a relação entre a CEa e sua concentração molar (mmolc L⁻¹ = EC × 10).

A adubação das plantas de milho foi realizada com base nas análises químicas do solo (Tabela 1) e das fontes de adubação orgânica (biofertilizantes caprino e de aves, e esterco

bovino) (Tabela 2), aplicados em cobertura, seguindo a recomendação máxima da adubação química de Fernandes (1993) para o milho irrigado.

Tabela 2. Caracterização química dos adubos orgânicos utilizados.

Fonte	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
	g L ⁻¹				
Esterco Bovino	0,96	0,47	0,59	1,10	0,25
Biofertilizante Caprino	0,26	0,26	4,20	4,00	0,90
Biofertilizante de Aves	3,90	0,33	2,50	1,50	0,60

O esterco bovino utilizado era curtido. Já os biofertilizantes (de aves e caprino) foram preparados utilizando-se esterco de caprinos e esterco de galinhas adicionando-se água na proporção de 1:1 (relação volume/volume) para cada biofertilizante, fermentando aerobiamente por 30 dias.

De acordo com a necessidade de complementação nutricional de NPK presentes na Tabela 2, as quantidades aplicadas de adubo por fase fenológica estão contidas na Tabela 3. A aplicação de biofertilizantes e esterco foi realizada em sulco aberto a 15 cm da linha de plantio, na profundidade também de 15 cm.

Tabela 3. Quantidades de adubos orgânicos aplicados nas diferentes fases fenológicas da cultura do milho.

COMBINAÇÕES	ADUBOS	QUANTIDADE	FASE FENOLÓGICA
C1	Esterco bovino	3,0 kg planta ⁻¹	Crescimento
	Biofertilizante de aves	1,5 g L ⁻¹ planta ⁻¹	Florescimento
	Biofertilizante caprino	3,0 g L ⁻¹ planta ⁻¹	Enchimento de grãos
C2	Esterco bovino	3,0 kg planta ⁻¹	Crescimento
	Biofertilizante caprino	3,0 g L ⁻¹ planta ⁻¹	Florescimento
			Enchimento de grãos
C3	Esterco bovino	3,0 kg planta ⁻¹	Crescimento
	Biofertilizante de aves	1,5 g L ⁻¹ planta ⁻¹	Florescimento
			Enchimento de grãos
C4	Sem adubação	-	-

Aos 90 DAS, por ocasião da colheita do milho já seco, folhas do terço médio foram retiradas das plantas de milho, em seguida, acondicionadas em sacos de papel identificados e colocadas para secar em estufa a 65°C, até atingirem valor de massa constante, aproximadamente 72 h. Após isso o material foi moído em moinho tipo Willey, e levado ao laboratório para a determinação dos teores de potássio e sódio, obtidos através da digestão seca. O tecido vegetal foi incinerado em mufla elétrica a 450 a 550°C, e o resíduo inorgânico (cinza) foi dissolvido na solução de HNO₃ (1 mol L⁻¹), para extração (TEIXEIRA et al., 2017). As

leituras de Na^+ e K^+ foram realizadas através de fotometria de chama. Também foi calculada a relação iônica entre Na^+/K^+ .

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste 'F' ao nível 5% e 1% de probabilidade e, nos casos de significância, foi realizada análise de teste de médias pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade, com o Software Assisat®, versão 7.7beta (SILVA & AZEVEDO, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve significância de fatores isolados para a variável de K^+ no tecido foliar, enquanto para as variáveis de teor de Na^+ e relação Na^+/K^+ constatou-se interação significativa entre os fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e combinações de adubação orgânica (C), conforme dados da Tabela 4.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para os teores foliares de Na^+ , K^+ e relação Na^+/K^+ em plantas de milho sob irrigação salina e combinações de adubação orgânica.

FV	GL	QM		
		K^+	Na^+	Na^+/K^+
Blocos	3	3,28888 ns	0,02058 ns	0,00005 ns
CEa	1	65,12367*	0,20672*	0,00679**
C	3	20,19412**	0,03039**	0,00070**
CEa X C	3	1,47126 ns	0,02129*	0,00045*
CV (%) - CEa	-	15	14,04	23,03
CV (%) - C	-	17,42	12,31	18,02

O teor de K no tecido foliar de plantas de milho sofreu uma redução de 22,4% no tratamento utilizando água salobra de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ quando comparado com o tratamento de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$, diferindo estatisticamente entre si (Figura 1A).

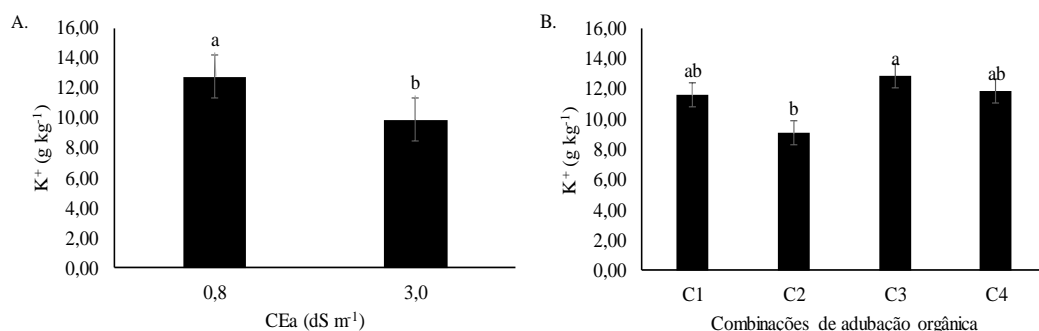


Figura 1. Teores foliares de potássio em plantas de milho em função da irrigação com água de diferentes condutividades elétricas (A) e combinações de adubação orgânica (B). C1 – esterco bovino + biofertilizante de aves + biofertilizante caprino, C2 – esterco bovino + biofertilizante caprino, C3 – esterco bovino + biofertilizante de aves, e C4 – tratamento controle.

Quanto às combinações de adubação orgânica, o menor teor de potássio no tecido foliar foi verificado em plantas que receberam combinação dos 3 adubos orgânicos diferentes (C1), representando uma redução de 29,2% em comparação ao maior conteúdo, observado na combinação C3 (Figura 1B), diferindo estatisticamente entre si.

Em relação aos teores foliares de sódio (Figura 2A), observa-se que os maiores conteúdos de sódio foram obtidos em plantas que receberam água salobra nas combinações C2 e C3, um acréscimo de 55,6 e 46,3%, respectivamente, em relação aos mesmos tratamentos na água de baixa salinidade e de 20,7 e 36,2% em relação ao tratamento controle na mesma CEa, de forma que as combinações de adubação orgânica não diferiram entre si dentro da água de baixa salinidade.

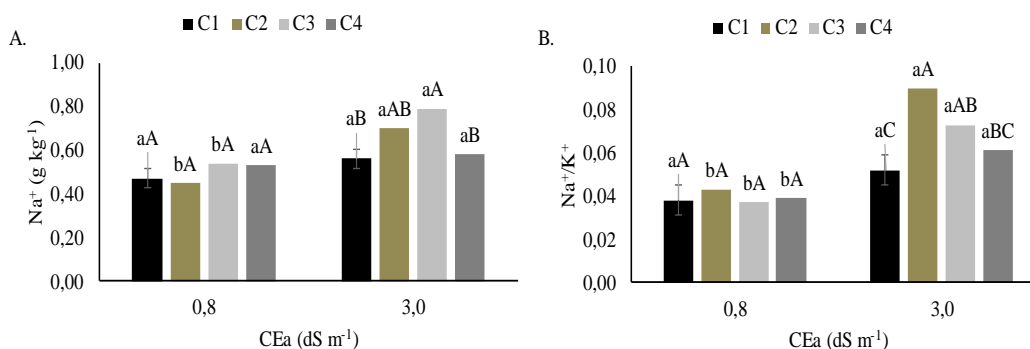


Figura 2. Teores foliares de sódio (A), e relação sódio/potássio em plantas de milho sob irrigação com água salina e combinações de adubação orgânica (Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas entre as CEa's e maiúsculas entre as combinações de adubo orgânico, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade). C1 – esterco bovino + biofertilizante de aves + biofertilizante caprino, C2 – esterco bovino + biofertilizante caprino, C3 – esterco bovino + biofertilizante de aves, e C4 – tratamento controle.

Já no que concerne a relação Na⁺/K⁺ (Figura 2B), observa-se que as maiores relações foram obtidas em plantas que receberam água salobra nas combinações C2, C3 e C4, um acréscimo de 109,3, 97,3 e 56,4%, respectivamente, em relação aos mesmos tratamentos na água de baixa salinidade, de forma que as combinações de adubação orgânica não diferiram entre si dentro da água de baixa salinidade, mas revelando uma superioridade das combinações C2 e C3 em relação ao tratamento controle dentro da água de alta salinidade, correspondendo a um acréscimo de 47,5 e 19,7%, respectivamente.

CONCLUSÕES

A salinidade da água de irrigação reduz os teores foliares de K e eleva os teores foliares de Na em plantas de milho BRS Caatingueiro quando adubadas com esterco e biofertilizante caprino ou biofertilizante de aves de forma isolada.

A aplicação de esterco bovino + biofertilizante caprino reduz o teor foliar de K em plantas de milho BRS Caatingueiro e eleva a relação Na^+/K^+ .

A combinação de esterco bovino + biofertilizante caprino + biofertilizante de aves atenua o teor de sódio e a relação Na^+/K^+ em plantas de milho BRS Caatingueiro.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa de pesquisa, à Universidade Federal do Ceará pela oferta do curso de Mestrado e estrutura para análises e à UNILAB pela disponibilidade do espaço para a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FERNANDES, V. L. B. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 1993, 248p.

KANDIL, E. E.; ABDELSALAM, N. R.; MANSOUR, M. A.; ALI, H. M.; SIDDIQUI, M. H. Potentials of organic manure and potassium forms on maize (*Zea mays* L.) growth and production. **Scientific Reports**, v. 10, p. 8752, 2020.

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

RODRIGUES, V. S.; BEZERRA, F. M. L.; SOUSA, G. G.; FIUSA, J. N.; LEITE, K. N.; VIANA, T. V. A. Yield of maize crop irrigated with saline waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 2, p. 101-105, 2020.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agriculture Research**, v. 11, p. 3733-3740, 2016.

SOUSA, J. T. M.; SOUSA, G. G.; SILVA, E. B.; SILVA JUNIOR, F. B.; VIANA, T. V. A. Physiological responses of peanut crops to irrigation with brackish waters and application of organo-mineral fertilizers. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 3, p. 682 –691, 2021.

SOUSA, R. A.; LACERDA, C. F.; AGUIAR, E. M.; PRAXEDES, S. C. Efeito da aplicação de biofertilizante líquido no desenvolvimento do sorgo irrigado com água salobra. **Jaboticabal**, v. 46, n. 4, p.380–397, 2018.

SOUZA, L. S. B.; MOURA, M. S. B.; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, T. G. F. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura do milho e feijão-caupi em sistemas exclusivo e consorciado. **Revista Caatinga**, v. 28, p. 151-160, 2015.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (eds.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017, 574 p.