

TEORES FOLIARES EM MILHO VERDE SOB ESTRESSE SALINO: EFEITOS DA ADUBAÇÃO ORGÂNICA E DA INOCULAÇÃO COM *TRICHODERMA* *HARZIANUM*

Maria Vanessa Pires de Souza¹, Yossef Alwan Mahmoud², Geocleber Gomes de Sousa³, Salimo Macoto Henrique Muchecua⁴, Moisés Felix da Silva⁵, Alexsandro Oliveira da Silva⁶

RESUMO: A pesquisa teve como objetivo determinar as quantidades de nutrientes exportados pela cultura do milho submetida à adubação orgânica, água salobra e bioinoculantes em ambiente agroecológico. O experimento foi conduzido na fazenda experimental da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), em Redenção-CE. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, no esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas consistiram em duas condutividades elétricas da água de irrigação (CEa): A1 – 0,3 dS m⁻¹ e A2 – 3,0 dS m⁻¹. As subparcelas corresponderam a três doses de esterco bovino curtido: 0, 10 e 20 t ha⁻¹. As subsubparcelas foram constituídas pela inoculação (IT) ou não inoculação (NI) do solo com o bioestimulante à base do fungo *Trichoderma harzianum* (CEPA ESALQ 1306). Durante o período de pendoamento, foram coletadas as folhas-diagnose das plantas centrais para análise do estado nutricional. Foram determinados os teores de nitrogênio, fósforo e potássio. A maior absorção de nutrientes ocorreu sob menor salinidade (0,3 dS m⁻¹), nas doses 0 e 20 t ha⁻¹ de esterco e na presença do bioinsumo. A inoculação favoreceu a absorção de fósforo sob condições de salinidade e a absorção de potássio mesmo sem adubação. Os resultados indicam o potencial do *Trichoderma* no manejo nutricional em condições salinas.

PALAVRAS-CHAVE: bioinsumos, *Zea mays* L., condutividade elétrica, esterco bovino.

¹ Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE.

² Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE. Fone (11) 98380-2988. e-mail: yossefmhmd624@gmail.com.

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

⁴ Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE

⁵ Graduando, Depto Agronomia, UFRPE, Recife-PE

⁶ Prof. Doutor, Depto Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE.

LEAF CONTENT IN GREEN CORN UNDER SALINE STRESS: EFFECTS OF ORGANIC FERTILISATION AND INOCULATION WITH *TRICHODERMA HARZIANUM*

ABSTRACT: The objective of the study was to determine the amounts of nutrients exported by corn crops subjected to organic fertilisation, brackish water, and bioinoculants in an agroecological environment. The experiment was conducted at the experimental farm of the University of International Integration of Afro-Brazilian Lusophony (UNILAB) in Redenção, Ceará. The experimental design was randomised blocks, in a subdivided plot scheme, with four replicates. The plots consisted of two electrical conductivities of irrigation water (ECa): A1 – 0.3 dS m⁻¹ and A2 – 3.0 dS m⁻¹. The subplots corresponded to three doses of cured cattle manure: 0, 10 and 20 t ha⁻¹. The sub-subplots consisted of inoculation (IT) or non-inoculation (NI) of the soil with the biostimulant based on the fungus *Trichoderma harzianum* (CEPA ESALQ 1306). During the flowering period, diagnostic leaves were collected from the central plants for nutritional status analysis. Nitrogen, phosphorus and potassium contents were determined. The highest nutrient absorption occurred under lower salinity (0.3 dS m⁻¹), at doses of 0 and 20 t ha⁻¹ of manure and in the presence of the bioinput. Inoculation favoured phosphorus absorption under salinity conditions and potassium absorption even without fertilisation. The results indicate the potential of *Trichoderma* in nutritional management under saline conditions.

KEYWORDS: bio-inputs, *Zea mays* L., electrical conductivity, cattle manure.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura de interesse e importância mundial. O esforço constante para aumentar a produtividade da cultura se deve ao fato dos seus múltiplos usos, que vão desde a alimentação animal, humana até a produção de bioenergia e a aplicação na indústria (Jiao et al., 2022). A cultura é bastante exigente em nutrientes, em especial o nitrogênio, que exerce maior efeito na produtividade de grãos (Ribeiro et al. 2020). Então para alcançar uma boa produtividade e qualidade de espigas, a demanda nutricional da cultura precisa ser atendida.

A salinidade é um dos principais fatores ambientais que limitam o crescimento e a produtividade das culturas agrícolas, incluindo o milho. Uma alternativa para minimizar os efeitos dos sais nas plantas é adubação orgânica, Niamat et al, (2019) observaram redução

menos significativas no crescimento e produção do milho com aplicação de esterco animal em condições de solo salinizado.

Uso de bioinsumos como o fungo do gênero *Trichoderma* já é considerado um aliado potente na proteção contra fitopatogênicos, estresses bióticos e trabalha ainda na melhora da absorção de nutrientes pelas raízes das plantas (Sousa et al. 2023). Ao infectar a raiz, o fungo consegue secretar substâncias que irão desenvolver a raiz em comprimento, facilitando o contato íon – raiz com os nutrientes do solo. Outro modo de ação é a solubilização dos nutrientes presentes no solo pelo fungo, garantindo uma maior disponibilidade para a planta absorver (Vassileva et al., 2022).

Resultados promissores foram verificados por Nascimento et al. (2025) trabalhando com a cultura do milho verde, observaram ganhos significativos no crescimento e na produtividade, quando a adubação orgânica foi associada à aplicação de *Trichoderma harzianum*.

Diante do exposto, o objetivo desta pesquisa foi determinar as quantidades de nutrientes exportados pela cultura do milho submetido a adubação orgânica, água salobra e bioinoculantes em ambiente agroecológico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento ocorreu no período de agosto a novembro de 2022, na fazenda experimental da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), localizada em Redenção-CE. O clima da região é classificado como BSh' tropical quente semiárido úmido, com temperaturas muito quentes e chuvas predominantes nas estações do verão e do outono (Alvares et al, 2013). Durante o ciclo experimental ocorreram precipitações de 9,25 mm e a temperatura média foi de 29,57 °C.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos ao acaso (DBC), organizado em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas principais corresponderam a dois níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa: A1 – 0,3 dS m⁻¹ e A2 – 3,0 dS m⁻¹). As subparcelas referiram-se a três quantidades de adubação orgânica, tendo como fonte o esterco bovino curtido (0, 10 e 20 t ha⁻¹). As subsubparcelas foram compostas por tratamentos com e sem inoculação do solo com o bioinsumo à base do fungo *Trichoderma harzianum* (cepa ESALQ 1306), na forma de suspensão concentrada com concentração de 2,0 x 10⁹ conídios viáveis/mL.

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo, apresentando textura franco-arenosa (Tabela 1). A cultura adotada no estudo foi o milho (*Zea mays* L.), da cultivar BRS Caatingueiro, estabelecida com espaçamento de 0,8 m entre linhas e 0,2 m entre plantas.

O sistema de irrigação empregado foi do tipo localizado por gotejamento, utilizando emissores com vazão nominal de 8 L h⁻¹. As irrigações foram realizadas diariamente, com base na demanda hídrica da cultura.

Para a adubação orgânica, foi utilizado esterco bovino curtido, aplicado em covas laterais, próximas as linhas de plantio e incorporado em camalhões de 0,20 m de largura e 0,15 m de altura a partir da superfície do solo, em dois períodos (plantio e cobertura) de acordo com análise química do solo (Tabela 1) e na proposta de Nascimento (2022) para milho verde (100% = 20 t ha⁻¹). As doses foram divididas em 0, 10 e 20 t ha⁻¹, correspondente 0%, 50 e 100% da dose recomendada.

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental.

2022													
pH (H ₂ O)	C	MO	N	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	SB	V	CEes
	g kg ⁻¹			mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----						%	dS m ⁻¹	
5,6	6,72	11,59	0,71	20	0,17	3,2	2,6	0,07	0,35	2,15	6,04	74	0,76

MO: Matéria orgânica; SB: Soma de bases; CEes: Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; V: saturação por bases.

As águas utilizadas na irrigação foram preparadas da seguinte forma, a de menor teor salino foi proveniente de abastecimento local (açude pertencente a fazenda) na qual tem uma condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹, e a de maior teor salino 3 dS m⁻¹, foi preparada em caixas de 500L, através da adição dos sais cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl₂·2H₂O) e cloreto de magnésio (MgCl₂·6H₂O) mantendo proporção equivalente de 7:2:1 (Medeiros, 1992). A análise química da água encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização química e classificação da água de irrigação utilizada no experimento.

Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	pH	CE	RAS	Classificação*
(mmol _c L ⁻¹)			(mmol _c L ⁻¹)			-	(dS m ⁻¹)	-	-
8,1	2,5	0,1	25,8	33,8	2,4	6,5	3,0	11,21	C ₄ S ₃
Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	pH	CE	RAS	Classificação*
(mmol _c L ⁻¹)			(mmol _c L ⁻¹)			-	(dS m ⁻¹)	-	-
1,2	1,6	0,1	0,7	3,1	0,4	7,2	0,34	0,42	C ₂ S ₁

* Richards (1954)

O microorganismo utilizado no experimento foi o *Trichoderma hazianum*, produto comercial Trichodermil (Cepa ESALQ 1306), na forma de suspensão concentrada com concentração de $2,0 \times 10^9$ conídios viáveis/mL. A aplicação do *Trichoderma* ocorreu de acordo com a recomendação do fabricante 4 L ha^{-1} (convertida conforme a área da parcela), aplicada via solo próximo as sulco de plantio, sempre ao final da tarde, dividida em quatro aplicações até o final da fase de crescimento.

Foram coletadas no período de pendramento, as folhas diagnose das plantas centrais, para realização do estado nutricional das plantas. Após a coleta, as folhas foram acondicionadas em sacos de papel e levadas a estufa a $65 \text{ }^\circ\text{C}$ por 72 horas. Após a secagem do material coletado, foram moídas em moinho do tipo Willey, com malha de 2mm de abertura. As amostras foram levadas a mufla por 3 horas a $500 \text{ }^\circ\text{C}$, a fim de se obter as cinzas do material, em seguida as amostras foram levadas ao laboratório de relação solo-água-plantas, no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, para preparação dos extratos. Os extratos dos elementos P e K foram obtidos através da digestão seca pela metodologia proposta descrita em Silva (2009). O N foi obtido via digestão úmida, com H_2SO_4 e determinado em destilador semi-micro-Kjeldahl, quantificando NH_4^+ por titulação com ácido sulfúrico (Meneghetti, 2018).

Após a obtenção dos dados, foi aplicada a análise de variância (ANOVA) e quando significativos pelo teste F, os dados foram submetidos ao teste de Tukey com nível de probabilidade de 0,05, utilizando o software Assistat 7.7 Beta (SILVA; AZEVEDO, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito triplo sobre o teor de nitrogênio, para o menor nível salino ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$), as doses 0 t ha^{-1} e 20 t ha^{-1} na presença do microrganismo foram as que influenciaram maior acúmulo de N nas folhas. Já para os tratamentos com maior nível salino, a dose de 10 t ha^{-1} na presença do microrganismo (IT) foi a que promoveu maior acúmulo, as demais doses não diferiram entre si. Os resultados sugerem que o microrganismo pode influenciar na absorção do N em folhas de milho. Li et al., (2024) trabalhando com aplicação de *Trichoderma* associado a adubação nitrogenada, encontraram resultados semelhantes ao do presente estudo, com maior acúmulo de N nas folhas de milho, nos tratamentos inoculados com o fungo.

Como mostra a figura 1B sob salinidade a inoculação com *trichoderma* promoveu maior acúmulo de P nas folhas de milho em comparação ao tratamento sem inoculação (NI). Já sob

menor salinidade ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$), não houve diferença significativa entre NI e IT. A capacidade do *Trichoderma* de aumentar a disponibilidade de fósforo é relatada na literatura por meio de vários fatores, incluindo diminuição do pH, síntese de ácidos orgânicos e produção de vários metabólitos quelantes e a indução do aumento das raízes, que pode favorecer a maior absorção do nutriente (Bedine et al. 2022).

Oliveira et al, (2025) trabalhando com diferentes fontes de P e inoculação com *Trichoderma*, observaram aumento na absorção de P na parte aérea do milho quando inoculadas com o microrganismo.

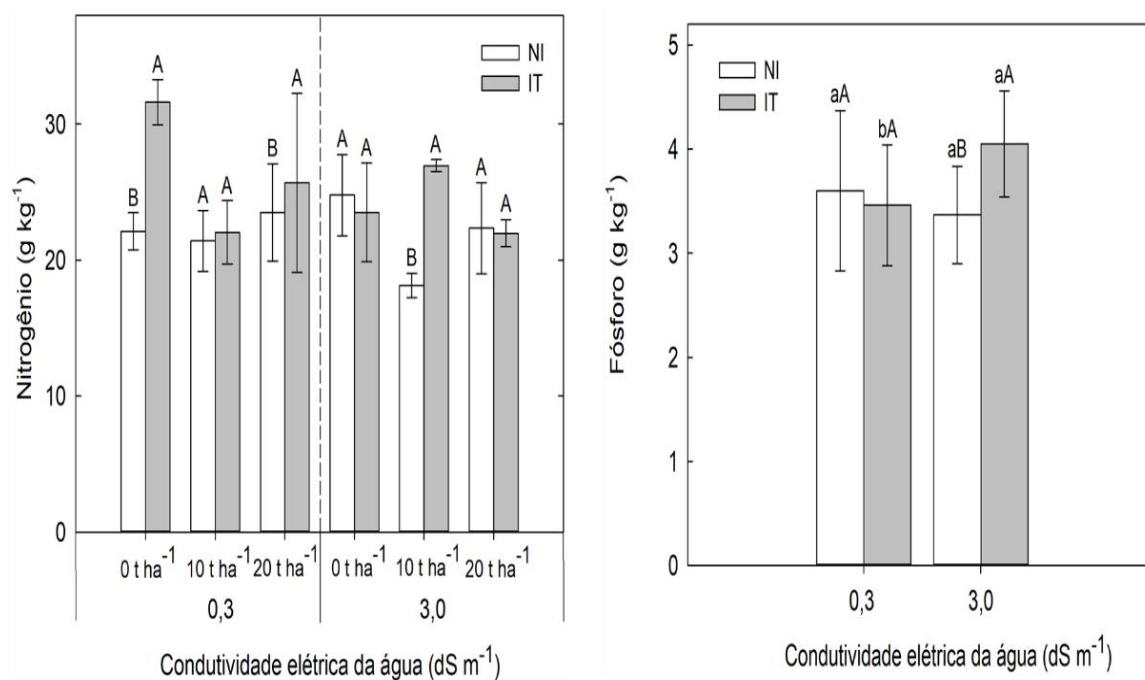


Figura 1. Teor de nitrogênio em folhas de milho sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa), doses de adubação, em solo não inoculado (NI) e inoculado com *Trichoderma* (IT) (A). Teor de fósforo em plantas de milho submetidas condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) em solo não inoculado (NI) e inoculado com *Trichoderma* (IT) (B).

É possível observar que os tratamentos com inoculação (IT) promoveram aumento nos teores foliares de potássio (K) de forma significativa na ausência da adubação. As demais doses não diferiram entre si quanto a IT ou NI. O potássio é um elemento muito móvel na planta, se deslocando facilmente pelo floema. Quando existe limitação de K ele se desloca da folha mais velha para a mais nova. O que pode ter acontecido no presente estudo foi justamente uma redistribuição do nutriente, tendo em vista que quando se aumentou a adubação nas doses 10 t ha^{-1} e 20 t ha^{-1} , os valores de K não se alteraram, devido a maior oferta do nutriente.

Trabalhos em que o *Trichoderma* influenciou um aumento no teor de K nas folhas em comparação com as plantas não inoculadas, foram contatados por Azarmi et al. (2011) em

plantas de tomate e Ikran et al. (2019), com inoculação de trichoderma reseei em plantas de trigo.

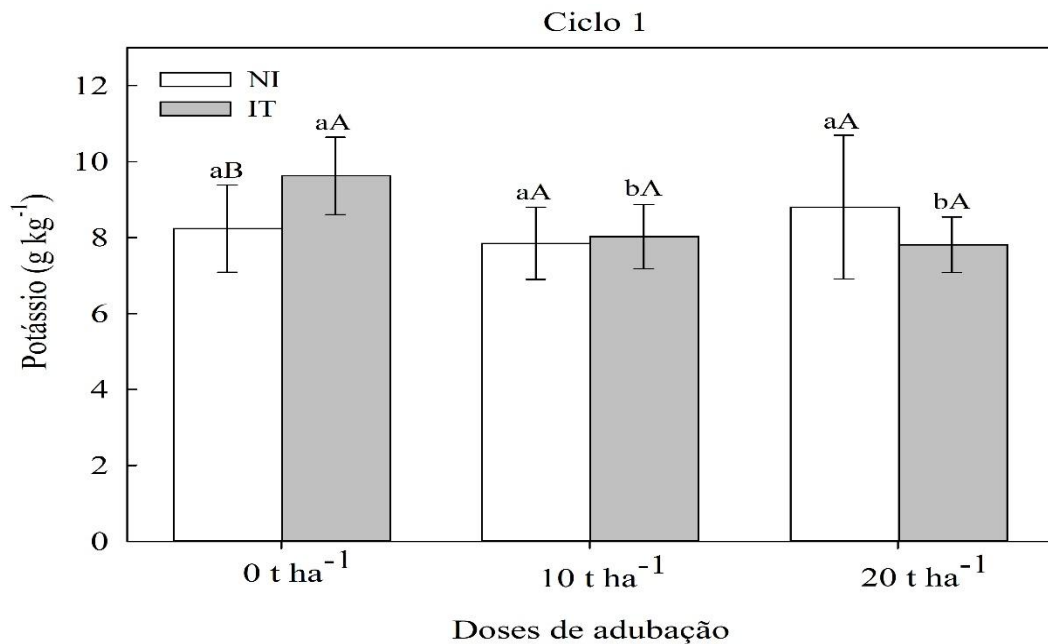


Figura 2. Teor de potássio em folhas de milho sob diferentes doses de adubação, em solo não inoculado (NI) e inoculado com *Trichoderma* (IT).

CONCLUSÕES

A inoculação com *Trichoderma harzianum* favorece o acúmulo de N, P e K nas folhas de milho verde. Acúmulos mais significativos foram observados nas doses de 0 e 20 t ha⁻¹ no menor nível salino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Moraes Gonçalves, J. L.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013
- Azarmi, R., Hajieghrari, B., Giglou, A. Effect of *Trichoderma* isolates on tomato seedling growth response and nutrient uptake. **African journal of Biotechnology**, v. 10, n. 31, p. 5850-5855, 2011.

Bedine, M. A. B., Iacomi, B., Tchameni, S. N., Sameza, M. L., Fekam, F. B. Harnessing the phosphate-solubilizing ability of *Trichoderma* strains to improve plant growth, phosphorus uptake and photosynthetic pigment contents in common bean (*Phaseolus vulgaris*). **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 45, p. 102510, 2022.

Oliveira, H. P., de Melo, R. O., Cavalcante, V. S., Monteiro, T. S. A., de Freitas, L. G., Lambers, H., & Valadares, S. V. Phosphate fertilizers coated with phosphate-solubilising *Trichoderma harzianum* increase phosphorus uptake and growth of *Zea mays*. **Plant and Soil**, p. 1-12, 2024.

Ikram, M., Ali, N., Jan, G., Iqbal, A., Hamayun, M., Jan, F. G., Hussain, A., Lee, IJ. *Trichoderma reesei* improved the nutrition status of wheat crop under salt stress. **Journal of Plant Interactions**, v. 14, n. 1, p. 590-602, 2019.

Jiao, Y., Chen, H. D., Han, H., Chang, Y. Development and utilization of corn processing by-products: A review. **Foods**, v. 11, n. 22, p. 3709, 2022.

Li, Y., Cui, J., Kang, J., Zhao, W., Yang, K., Fu, J. *Trichoderma* Rhizosphere Soil Improvement: Regulation of Nitrogen Fertilizer in Saline–Alkali Soil in Semi-Arid Region and Its Effect on the Microbial Community Structure of Maize Roots. **Agronomy**, v. 14, n. 10, p. 2340, 2024.

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**. 1992. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola: Área de Concentração Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 1992.

Nascimento, L. S. **Uso do *Trichoderma* e da adubação orgânica no cultivo do milho verde**. 2022. 15p. Trabalho de conclusão de curso. Curso de Agronomia, Instituto de Desenvolvimento Rural (IDR). Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira. Redenção-CE, 2022.

Nascimento, L. S., Silva, F. D. B., Nogueira, R. S., Cia, S. N., Sousa, H. M. A., Sousa, G. G., Sousa, H. C.; Moraes, J. G. L.; Ribeiro, J. F.; Goes, G. F.; Lopes, D. J. G.; Cabral, M. J. Organic fertilization strategies and use of *Trichoderma* in the agronomic performance of green maize. **Brazilian Journal of Biology**, v. 85, p. e287513, 2025.

Niamat, B., Naveed, M., Ahmad, Z., Yaseen, M., Ditta, A., Mustafa, A., Rafique, M., Bibi, R., Sun, N., Xu, M. Calcium-enriched animal manure alleviates the adverse effects of salt stress on growth, physiology and nutrients homeostasis of *Zea mays* L. **Plants**, v. 8, n. 11, p. 480, 2019.

Ribeiro, B. S. M. R. Zanon, A. J., Streck, N. A., Friedrich, E. D., Pilecco, I. B., Alves, A. F., Puntel, S., Sarmiento, L. F. V., Streck, I. L., Inkliman, V. B., Petry, M. T., Martins, J. D., Botoluzzi, M. P., Loose, L. H., Brunetto, G., Marin, F. R., Antolin, L. A. S., Bredemier, C., Vian, A. L., Oliveira, L. F. **Ecofisiologia do milho visando altas produtividades**. Santa Maria, 2020. 230p.

Sousa, H. C., Sousa, G. G, Viana, T. V. A., Pereira, A. P. A., Lessa, C. I. N., Souza, M. V. P., Guilherme, J. M. S., Goes, G. F., Alves, F. G. S., Gomes, S. P., Silva, F. D. B. *Bacillus aryabhatai* mitigates the effects of salt and water stress on the agronomic performance of maize under an agroecological system. **Agriculture**, v. 13, n. 6, p. 1150, 2023.

Vassileva, M.; Mendes, G. D. O.; Deriu, M. A.; Benedetto, G. D.; Flor-Peregrin, E.; Mocali, S.; Martos, V.; Vassilev, N. Fungi, P-solubilization, and plant nutrition. **Microorganisms**, v. 10, n. 9, p. 1716, 2022.