

15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

AVALIAÇÃO DE ELEMENTOS MINERAIS CONJUGADOS A SUBSTÂNCIAS BIOESTIMULANTES E MICRORGANISMOS NO DESENVOLVIMENTO DO ALMEIRÃO (*Cichorium intybus*)

NATÁLIA DE SOUZA CRUZ¹, LUIZ FERNANDO MARQUES², MAURÍCIO URSI VENTURA³,
ALEXANDRE MORAES CARDOSO⁴, ANTONIO JOSÉ RADI⁵

¹ Graduanda – Bacharelado em Agronomia, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Campus Barretos, natalia.cruz@aluno.ifsp.edu.br

² Graduando – Bacharelado em Agronomia, IFSP Campus Barretos, [luis.marquez@aluno.ifsp.edu.br](mailto:luiz.marquez@aluno.ifsp.edu.br)

³ Docente Universidade Estadual de Londrina, mventura@uel.br

⁴ Docente IFSP Campus Barretos, amcardoso@ifsp.edu.br

⁵ Docente IFSP Campus Barretos, antonioradi@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 5.01.03.01-6 Ciências Agrárias

RESUMO:

Em um cenário de mudanças climáticas, elementos minerais abundantes na crosta terrestre como o silício, combinado a compostos bioestimulantes e microrganismos promotores do crescimento de plantas, surgem como estratégias importantes para a sustentabilidade na produção alimentos. O presente estudo objetivou investigar os efeitos, isoladamente e de interação, da associação de isolados de *Azospirillum brasilense* e *Pseudomonas fluorescens* com a aplicação de sulfato de zinco, silício e extrato de algas no desenvolvimento de plantas de almeirão cultivadas em área com presença de nematoides. O trabalho foi conduzido à campo e os tratamentos incluíram testemunha (T0), sulfato de zinco 0,5% sem e com isolados; (T1 e T5), extrato de algas + silício 1% sem e com isolados (T2 e T6); sulfato de zinco + extrato de algas + silício sem e com isolados (T3 e T7) e isolados (T4). Foram avaliados comprimento de raiz, a altura de plantas e a massa fresca e massa seca de parte aérea e raiz. Aplicações de silício e extratos de algas e sulfato de zinco associado a inoculantes microbianos resultaram em incremento na altura de plantas na ordem de 23,3%, 16,15% e 26,42% respectivamente. Sulfato de zinco associado a inoculantes microbianos aumentaram em 17,58% o comprimento da raiz principal.

PALAVRAS-CHAVE: *Azospirillum brasilense*; extrato de algas; Promotores de crescimento; *Pseudomonas fluorescens*; silício

EVALUATION OF MINERAL ELEMENTS COMBINED WITH BIOSTIMULANT SUBSTANCES AND MICROORGANISMS IN THE DEVELOPMENT OF CHICORY (*Cichorium intybus*)

ABSTRACT:

In a scenario of climate change, mineral elements abundant in the Earth's crust such as silicon, combined with biostimulant compounds and microorganisms that promote plant growth, emerge as important strategies for sustainability in food production. The present study aimed to investigate the effects, isolated and in interaction, of the association of isolates of *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens* with the application of zinc sulfate, silicon and seaweed extract on the development of chicory plants cultivated in an area with the presence of nematodes. The research was carried out in the field and the treatments included control (T0), zinc sulfate 0.5% without and with isolates; (T1 and T5), seaweed extract + silicon 1% without and with isolates (T2 and T6); zinc sulfate + seaweed extract + silicon without and with isolates (T3 and T7) and isolates (T4). Root length, plant height, and fresh and dry mass of shoots and roots were evaluated. Applications of silicon and seaweed extracts and zinc

sulfate associated with microbial inoculants enhanced plant height (23.3%, 16.15% and 26.42%, respectively). Zinc sulfate associated with microbial inoculants increased root length by 17.58%.

KEYWORDS: *Azospirillum brasilense*; seaweed extract; Growth promoters; *Pseudomonas fluorescens*; silicon

INTRODUÇÃO

Bioestimulantes agrícolas podem ser compreendidos como qualquer substância ou microrganismo aplicado em plantas com o objetivo de incrementar a capacidade de absorção de nutrientes, aumentar a tolerância a stress abiótico e/ou favorecer a qualidade dos produtos colhidos (Du Jardim, 2015). Inseridos no rol de bioestimulantes agrícolas, os extratos de algas são considerados economicamente vantajosos e agronomicamente eficientes na promoção do desenvolvimento de plantas, mesmo em condições de estresses ambientais (Kumari et al., 2023). Neste grupo de organismos eucariotos, a macroalga *Ascophyllum nodosum*, pertencente família Fucaceae, também conhecida como alga marrom, é a mais amplamente estudada e a mais largamente utilizada nos sistemas de produção agropecuária (Ali et al., 2016; Pereira et al., 2020; Lakshmi et al., 2023). Extratos de *A. nodosum* apresentaram resultados positivos para o desenvolvimento de plantas de várias espécies olerícolas, como alface (Guinan et al., 2012), couve (Lola-Luz et al., 2013).

A *Pseudomonas fluorescens*, uma bactéria Gram-negativa com capacidade de colonizar a rizosfera, tem sido utilizada enquanto um bioinsumo promotor do crescimento de plantas não-tóxico e não-nocivo ao meio ambiente. *P. fluorescens* utiliza mecanismos diversos para favorecer o desenvolvimento de plantas, incluindo a produção de fitohormônios, de polissacarídeos, de sideróforos, quitinases e de antibióticos (Santos; Santos, 2022). O *Azospirillum brasiliense*, por sua vez, promove melhor crescimento das raízes, auxilia na fixação biológica de nitrogênio, inibe ação de fungos e bactérias e produção de fitohormônios (Moreira et al., 2010; Hungria, 2011; Braulio et al., 2020;). O zinco um micronutriente primordial para a ativação, regulação e estabilização da estrutura das enzimas funcionando como um cofator de diversas enzimas, relacionadas com a fotossíntese, respiração e síntese de auxinas (Mello; Mendonça, 2017). O silício elemento mais abundante no solo, antecedendo o oxigênio apenas, aumenta a capacidade fotossintética, auxilia na redução do estresse hídrico e em interação com outros constituintes das plantas (pectinas e polifenóis), aumentando a elasticidade durante a tensão do crescimento. Já foi evidenciado que a adição de Si em alface, concedeu aumento de peso, da circunferência da cabeça (Camargo, 2012). Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de plantas de almeirão submetidas à inoculação de isolados bacterianos de *Azospirillum brasiliense* e *Pseudomonas fluorescens* em associação com extrato de algas, zinco e silício em área com infestação de nematoides.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido com a cultura do almeirão, *Cichorium intybus*, no período de junho a agosto de 2024. Conforme o *Climate Data* (2024), o clima do local é classificado como tropical Aw., com temperatura média de 23,6° C e pluviosidade média anual de 1363 mm distribuída predominantemente no verão. O solo da área experimental é classificado como latossolo vermelho-amarelo distrófico, não álico, textura média (Santos et al., 2018), cuja análise granulométrica resultou em 77,8% de areia, 18,7% de argila e 3,4% de silte. As características químicas e os níveis de fertilidade do solo foram conhecidos através dos resultados de análise química do solo, que embasaram a correção da acidez e o aporte de fertilizantes, conforme recomendações técnicas para a cultura (Trani et al., 2022). Análise nematológica da área revelou a presença dos gêneros *Meloidogyne* spp., *Rotylenchus* spp. e *Helicotylenchus* spp.

Para evitar qualquer efeito (deletério ou sinérgico) sobre a ação dos microrganismos a serem empregados no estudo, o manejo das plantas daninhas foi realizado de forma manual durante todo o período de duração do ensaio. O preparo dos canteiros ocorreu 5 (cinco) dias antes do transplantio com auxílio de encanteiradora. As mudas (adquiridas de produtor de mudas em viveiro Certificado) foram transplantadas apresentando o 2º. par de folha definitivo, em 3 linhas (dispostas no centro de cada canteiro) com espaçamento de 25x30 cm. Cada parcela foi composta por 24 plantas, totalizando 768 plantas. O delineamento estatístico adotado foi blocos casualizados em esquema fatorial 2 X 4 com

quatro repetições. O primeiro fator foi representado por dois níveis, com (T0 a T3) e sem (T4 a T7) isolados bacterianos *P. fluorescens* (2×10^8 UFC/ml) + *A. brasilense* (4×10^8 UFC/ml), enquanto o segundo fator foi representado por sulfato de zinco (T1 e T5); silício + extrato de algas (T2 e T6); sulfato de zinco + silício + extrato de algas (T3 e T7) e testemunha (T0). A aplicação das estirpes bacterianas foi realizada no solo, antes do transplântio, intervalo de um dia, na respectiva dosagem de 500ml/ha, com o auxílio de um pulverizador manual. O extrato de algas + silício (1%) e o sulfato de zinco (0,5%) foram aplicados no substrato das bandejas de mudas, com o auxílio de pipeta automática, na dosagem de 1ml de cada produto por célula da bandeja, imediatamente antes do transplântio. Os canteiros receberam cobertura morta de gramíneas e a irrigação foi realizada por sistema de gotejamento. Os tratamentos fitossanitários, quando necessários, consistiram na aplicação de óleo de neem e de calda bordalesa.

As variáveis avaliadas foram altura da planta (AP), acessada com auxílio de uma régua a partir da base do caule da planta até a última folha expandida; comprimento da raiz principal obtida com o auxílio de um paquímetro manual, iniciando da extremidade da raiz principal até a base do caule da planta; massa fresca da parte aérea e massa fresca raiz (MFPA e MFR) obtidas com uso de balança digital. Após a obtenção da massa fresca, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel Kraft devidamente identificados e colocados em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65° C até peso constante para avaliação da massa seca da parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total (MSPA, MSR e MST) com pesagem em balança analítica. Os dados foram avaliados em relação aos pressupostos de normalidade dos resíduos e da homogeneidade das variâncias utilizando os testes de Shapiro-Wilk e Bartlett respectivamente ($p > 0.05$). Uma vez atendidos os pressupostos, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0.05$). Nos casos de análise não-paramétrica, foi utilizado o teste de Friedman ($\alpha < 0.05$). As análises foram realizadas no software estatístico R (R Core Team, 2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Valores similares foram observados para as variáveis massa fresca de parte aérea, massa fresca de raiz, massa seca de parte aérea, massa seca da raiz e massa seca total. Não obstante, a altura de plantas foi afetada pelas diferentes combinações entre insumos biológicos e minerais (Tabela 1). Plantas tratadas com silício e extratos de algas (T2 e T6) e plantas que receberam sulfato de zinco e inoculantes microbianos (T5) apresentaram aumento no desenvolvimento em altura de 23,3%, 16,15% e 26,42% respectivamente.

Tabela 1. Massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR), altura de planta (AP), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total (MST) em plantas de almeirão cultivadas sob diferentes manejos com insumos biológicos, minerais e suas combinações. Barretos, 2024.

Tratamentos	MFPA (g)	MFR (g)	AP (cm)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)
T0	80.56 ^a	7.5 ^a	19.87 ^c	7.27 ^a	1.30 ^a	8.57 ^a
T1	120.50 ^a	8.71 ^a	22.83 ^{abc}	9.85 ^a	1.39 ^a	11.24 ^a
T2	153.25 ^a	11.12 ^a	24.50 ^{ab}	12.31 ^a	1.71 ^a	14.02 ^a
T3	111.87 ^a	8.29 ^a	21.58 ^{bc}	9.53 ^a	1.37 ^a	10.90 ^a
T4	96.79 ^a	7.17 ^a	20.87 ^{bc}	8.43 ^a	1.23 ^a	9.66 ^a
T5	149.67 ^a	11.12 ^a	25.12 ^a	11.76 ^a	1.72 ^a	13.49 ^a
T6	119.54 ^a	9.5 ^a	23.08 ^{ab}	10.08 ^a	1.58 ^a	11.66 ^a
T7	105.42 ^a	8.62 ^a	22.25 ^{abc}	8.93 ^a	1.44 ^a	10.37 ^a
Médias	117.2	9.0	22.51	9.77	1.47	11.24
CV (%)	59.1	53.9	13.9	54.9	59.9	51.7

CV- coeficiente de variação percentual

Para desenvolvimento do sistema radicular, ocorreu interação positiva entre o sulfato de zinco e os inoculantes microbianos (T5), resultando em um incremento de 17,58% no comprimento de raiz (Figura 1).

A área selecionada para a condução dos trabalhos apresenta infestação de nematoides, fato previamente conhecido devido à sintomatologia apresentada por plantas em cultivos anteriores, em especial na cultura da alface. Análise nematológica realizada previamente revelou a presença de vários gêneros de nematoides, o que configura a dificuldade de produzir olerícolas no ambiente do

experimento. Um outro fator de estresse para as plantas, desta vez de natureza abiótica, foram as elevadas temperaturas para o inverno na região, às quais, na maior parte do período de condução dos trabalhos, ultrapassou os 30 °C.

Não obstante as condições adversas, plantas tratadas com silício e extrato de algas apresentaram maior desenvolvimento em altura. Trabalhos outros demonstraram os benefícios da aplicação de extrato de algas em outras espécies olerícolas como tomate (Ali et al., 2015), repolho (Lola-Luz et al., 2014), espinafre (Fan et al., 2014), morango (Mattner et al., 2018), cenoura (Alam et al., 2014) e alface (Guinan et al., 2013). Os efeitos benéficos da associação de extrato de algas com silício também foram constatados em trabalhos com melão (Bantis & Koukounaras, 2022), alface (Milne et al., 2012) e espinafre (Eraslan, et. al., 2008).

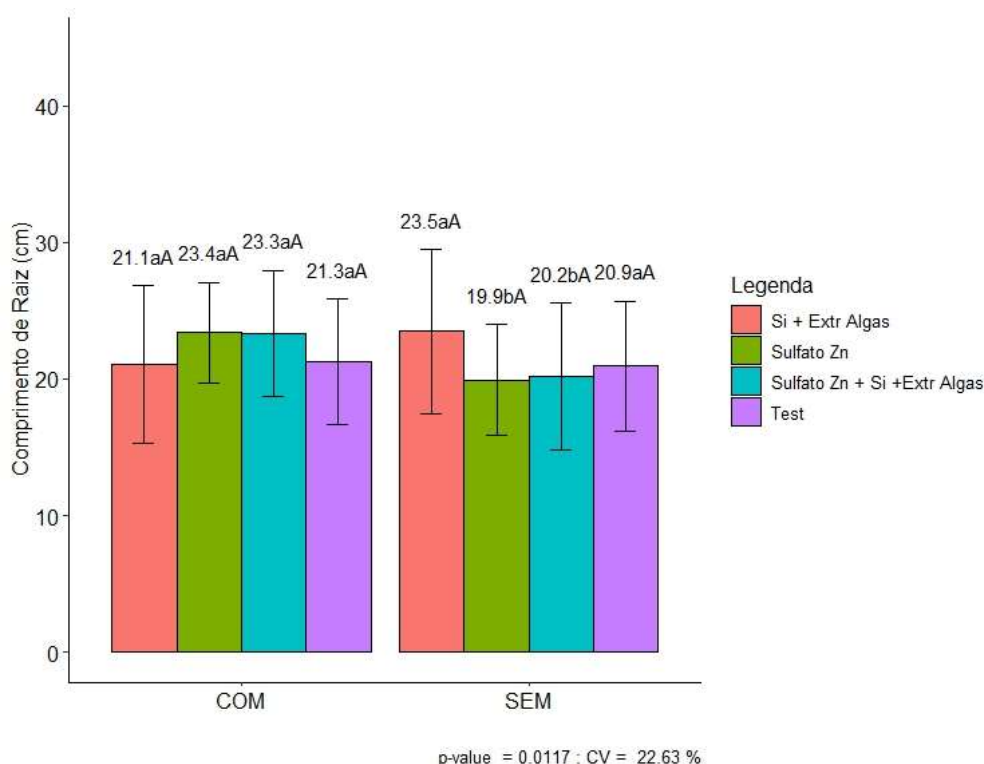


Figura 1. Comprimento de raiz de plantas de almeirão cultivadas sob diferentes manejos com Insumos biológicos, minerais e suas combinações. Barretos, 2024.

A associação dos inoculantes microbianos com o sulfato de zinco favoreceu o desenvolvimento da raiz principal das plantas de almeirão. Em sistema de sucessão soja/trigo, *Bacillus aryabhattai* apresentou capacidade de solubilização de zinco, incrementando a produtividade dessas culturas (Ramesh et al., 2013). A coinoculação de *Rhizobium tropici*, *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis* e *Pseudomonas fluorescens* associada à aplicação de zinco, incrementaram a absorção desse micronutriente, refletindo em maior produtividade na cultura do feijão (Jalal et al., 2021).

Embora, não tenham sido constatadas diferenças significativas para as demais variáveis avaliadas, observa-se maiores valores absolutos para os tratamentos que associaram bioinsumos ao micronutriente zinco e ao elemento benéfico silício. Tal constatação é corroborada por trabalhos apresentados nessa discussão, indicando que a coinoculação de estirpes bacterianas promotoras do crescimento de plantas, associadas a elementos minerais, possui potencial para o desenvolvimento de interações sinérgicas, favorecendo a expansão de sistemas de produção com maior sustentabilidade econômica e ambiental.

CONCLUSÕES

A associação de silício com extrato de algas e a coinoculação de estirpes de *A. brasilense* e *P. fluorescens* aumentaram a altura de plantas de almeirão. A interação entre os inoculantes microbianos e o sulfato de zinco proporcionou maior desenvolvimento da raiz principal de plantas de almeirão.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Natália de Souza Cruz e Luiz Fernando Marques. Contribuíram com a pesquisa, a curadoria de dados e a redação do manuscrito original. Maurício Ursi Ventura contribuiu com a conceitualização, a metodologia, a disponibilização de ferramentas. Antonio José Radi e Alexandre Moraes Cardoso contribuíram com a conceitualização, a análise de dados, a metodologia, a administração do projeto, a disponibilização de ferramentas, a supervisão, a validação de dados do experimento e a redação – revisão e edição.

AGRADECIMENTOS

A todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o processo de aprendizado.

REFERÊNCIAS

ALI, N. et al. The effect of *Ascophyllum nodosum* extract on the growth, yield and fruit quality of tomato grown under tropical conditions. **Journal of Applied Phycology**, v. 28, n. 2, p. 1353–1362, 12 abr. 2016.

ALAM, M. Z. et al. *Ascophyllum* extract application can promote plant growth and root yield in carrot associated with increase root-zone soil microbial activity. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 94, p. 337–348, 2014.

BANTIS, F.; KOUKOUNARAS, A. *Ascophyllum nodosum* and Silicon-Based Biostimulants Differentially Affect the Physiology and Growth of Watermelon Transplants under Abiotic Stress Factors: The Case of Drought. **Horticulturae**. 8: 1177, 2022.

BRAULIO, C. S. et al. Inoculation of diazotrophic bacteria in chicory. **Horticultura Brasileira**, 38, p. 185-191, 2020.

CLIMATE DATA. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/americas-do-sul/brasil/sao-paulo-200/>. Acesso em 13/06/2024.

CAMARGO, M.S. Silício em hortaliças. **Horticultura brasileira**, 30, p. 1-12, 2012.

DU JARDIM, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 3–14, 2015.

FAN, D. et al. Pre-harvest treatment of spinach with *Ascophyllum nodosum* extract improves post-harvest storage and quality. **Scientia Horticulturae**. 170: p.70-74, 2014.

GUINAN, K. J. et al. Discrete roles for Extracts of *Ascophyllum nodosum* in enhancing plant growth and tolerance to abiotic and biotic stresses. **Acta Horticulturae**, v. 1009, p. 127–136, 20 out. 2012.

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento e baixo custo. **Embrapa Soja**. Documentos, 325, 2011.

JATAL, A. et al. Common Bean Yield and Zinc Use Efficiency in Association with Diazotrophic Bacteria Co-Inoculations. **Agronomy**. 11: 959, 2021.

KUMARI, S. et al. *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, a Pivotal Biostimulant toward Sustainable Agriculture: A Comprehensive Review. **Agriculture (Switzerland)**, 2023.

LAKSHMI, S. et al. Foliar application of *Ascophyllum nodosum* on improvement of photosynthesis, fruit setting percentage, yield and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Journal of Applied and Natural Science**, v. 15, n. 3, 2023.

LOLA-LUZ, T. et al. Enhancement of phenolic and flavonoid compounds in cabbage (*Brassica oleracea*) following application of commercial seaweed extracts of the brown seaweed. **Agricultural and Food Science** 22(2), p. 288-295, 2013.

LOLA-LUZ, T. Effect on yield, total phenolic, total flavonoid and total isothiocyanate content of two broccoli cultivars (*Brassica oleracea* var *italica*) following the application of a commercial brown seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*). **Agricultural and Food Science**. 23: p. 28-37, 2014.

MATTNER, S. W. et al. Increased growth response of strawberry roots to a commercial extract from *Durvillaea potatorum* and *Ascophyllum nodosum*. **Journal of Applied Phycology**. 30: p. 2943-2951, 2018.

MILNE, C. J. et al. Salinity induced changes in oxidative stress and antioxidant status as affected by applications of silicon in lettuce (*Lactuca sativa*). **International Journal of Agriculture and Biology**. v. 14, n.5, p. 763-768.

MOREIRA, F. et al. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**. v. 1, n. 2, 2010.

PEREIRA, L. et al. A concise review of the brown macroalga *Ascophyllum nodosum* (Linnaeus) Le Jolis. **Journal of Applied Phycology**, v. 32, n. 6, p. 3561–3584, 1 dez. 2020.

RAMESH, A. et al. Inoculation of zinc solubilizing *Bacillus aryabhattai* strains for improved growth, mobilization and biofortification of zinc in soybean and wheat cultivated in Vertisols of central India. **Applied Soil Ecology**. 73, p. 87-96, 2014.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing_. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2023. Disponível em <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em 05/08/2024.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, A.; SANTOS, C.C. Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas: conceitos e potencial de uso. **Editora Pantanal**, p. 9-10, 2022.

MELLO, S.; MENDONÇA, J. Nutrição de Olerícolas. Sistema Faep/Senar-PR. 2017- 80p

TRANI, P. E. et al. Hortaliças. In: **Boletim 100**: recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. CANTARELLA, H. et al. (Eds.). Campinas, Instituto Agrônomo, 2022. p. 339-427.