RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O
Saber. ISSN: 2675-9128. São Paulo - SP.
Ano VII, v.1 2026 | submissão: 15/09/2026 | aceito: 18/09/2026 | publicação: 21/09/2026

Avaliação de diferentes combinações de bioestimulantes no desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa L.*)

Evaluation of different combinations of biostimulants in the development of lettuce seedlings
Evaluación de diferentes combinaciones de bioestimulantes en el desarrollo de la lechuga (Lactuca sativa L.)

Ednéia Gandra de Omena, Luiza Vitória Ribeiro Dias, Rebeca Ribeiro Sanches e Vanessa da Silva Gandra – Graduandos em Engenharia Agronômica, Centro Universitário UniSALESIANO, Lins, SP, Brasil.
Tais Santo Dadazio e Carlos Suguitani – Docentes do Curso de Engenharia Agronômica, Centro Universitário UniSALESIANO, Lins, SP, Brasil.
Autor para correspondência: tais.dadazio@hotmail.com

Resumo:
A alface é uma das hortaliças folhosas de maior relevância econômica e social no Brasil, e a qualidade das mudas produzidas constitui um fator determinante para o sucesso da cultura. Sendo assim, o trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes combinações de bioestimulantes no desenvolvimento de mudas de alface cultivar Jade. O experimento foi conduzido em ambiente protegido na Fazenda Escola do Centro Universitário UniSALESIANO, em Lins-SP, em delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e cinco repetições: T1 (Testemunha); T2 (Radicor, 3 mL L^{-1}); T3 (Radicor + Trichodermaiz, 1 g L^{-1}); T4 (Radicor + Trichodermaiz + Dunna, 2 mL L^{-1}); T5 (Radicor + Trichodermaiz + Elmo, 2 mL L^{-1}); T6 (Radicor + Trichodermaiz + Elmo + Dunna). Aos 43 dias após o transplantio, na colheita foram avaliados: comprimento da raiz (CR), comprimento total (CT), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca das raízes (MFR), número de folhas (NF), comprimento da parte aérea (CPA), diâmetro do caule (DC) e diâmetro da parte aérea (DPA). Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com auxílio do software SISVAR. Concluiu-se que o tratamento T6 proporcionou o maior comprimento radicular (49,92 cm), diferindo significativamente dos demais tratamentos. Para a massa fresca das raízes, T4 e T6 registraram os maiores valores (32,00 g), sendo superiores aos demais. O tratamento T3 resultou no maior comprimento total de planta (73,48 cm) e T4 apresentou o maior diâmetro de caule (1,97 cm). As combinações contendo Dunna — formulado à base de *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus amyloliquefaciens* e *Bacillus subtilis* — exerceram efeito positivo sobre o desenvolvimento radicular, ao passo que a presença de *Trichoderma harzianum* (Trichodermaiz) foi determinante para o crescimento da parte aérea. Os resultados indicam que a bioestimulação microbiana via aplicação ao solo promove respostas diferenciais em alface, com destaque para o sistema radicular.

Palavras-chave: produção de mudas; rizobactérias promotoras do crescimento; bioestimulação; *Trichoderma harzianum*; bioinsumos.

Abstract:
Lettuce is one of the most economically and socially important leafy vegetables in Brazil, and the quality of the seedlings produced is a determining factor for the success of the crop. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of different combinations of biostimulants on the development of lettuce seedlings of the Jade cultivar. The experiment was conducted in a protected environment at the University Farm of the UniSALESIANO University Center, in Lins-SP, in a completely randomized design with six treatments and five replications: T1 (control); T2 (Radicor, 3 mL L^{-1}); T3 (Radicor + Trichodermaiz, 1 g L^{-1}); T4 (Radicor + Trichodermaiz + Dunna, 2 mL L^{-1}); T5 (Radicor + Trichodermaiz + Elmo, 2 mL L^{-1}); T6 (Radicor + Trichodermaiz + Elmo + Dunna). Forty-three days after transplanting, the following were evaluated: root length (RL), total length (TL), shoot fresh weight (SFW), root fresh weight (RFW), number of leaves (NL), shoot length (SL), stem diameter (SD), and aerial part diameter (APD). The data were subjected to analysis of variance, and the means were compared using Tukey's test at a 5% probability level, with the aid of the SISVAR software. It was concluded that treatment T6 provided the greatest root length (49.92 cm), differing significantly from the other treatments. For root fresh weight, T4 and T6 recorded the highest values (32.00 g), being

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O
Saber. ISSN: 2675-9128. São Paulo - SP.
Ano VII, v.1 2026 | submissão: 15/09/2026 | aceito: 18/09/2026 | publicação: 21/09/2026

superior to the others. Treatment T3 resulted in the greatest total plant length (73.48 cm), and T4 presented the largest stem diameter (1.97 cm). Combinations containing Dunna — formulated with *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus amyloliquefaciens*, and *Bacillus subtilis* — had a positive effect on root development, while the presence of *Trichoderma harzianum* (Trichodermaiz) was crucial for shoot growth. The results indicate that microbial biostimulation via soil application promotes differential responses in lettuce seedlings, particularly in the root system.

Keywords: seedling production; growth-promoting rhizobacteria; biostimulation; *Trichoderma harzianum*; bio-inputs.

Resumen:
La lechuga es una de las hortalizas de hoja de mayor relevancia económica y social en Brasil, y la calidad de las plántulas producidas constituye un factor determinante para el éxito de la cultura. Siendo así, el trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes combinaciones de bioestimulantes en el desarrollo de plántulas de lechuga cultivar Jade. El experimento fue conducido en ambiente protegido en la Hacienda Escuela del Centro Universitario UniSALESIANO, en Lins-SP, en diseño completamente casualizado con seis tratamientos y cinco repeticiones: T1 (Testemunha); T2 (Radicor, 3 mL L−1); T3 (Radicor + Trichodermaiz, 1 g L−1); T4 (Radicor + Trichodermaiz + Dunna, 2 mL L−1); T5 (Radicor + Trichodermaiz + Elmo, 2 mL L−1); T6 (Radicor + Trichodermaiz + Elmo + Dunna). A los 43 días después del trasplante, se evaluaron la longitud de la raíz (CR), la longitud total (CT), la masa fresca de la parte aérea (MFPA), la masa fresca de las raíces (MFR), el número de hojas (NF), la longitud de la parte aérea (CPA), el diámetro del caule (DC) y el diámetro de la parte aérea (DPA), los datos fueron sometidos al análisis de varianza y los promedios comparados por el test de Tukey al 5% de probabilidad, con auxilio del software SISVAR. Se concluyó que el tratamiento T6 proporcionó la mayor longitud radicular (49,92 cm), con diferencia significativa de los demás tratamientos. Para la masa fresca de las raíces, T4 y T6 registraron los mayores valores (32,00 g), siendo superiores a los demás. El tratamiento T3 resultó en la mayor longitud total de planta (73,48 cm) y T4 presentó el mayor diámetro de caule (1,97 cm). Las combinaciones que contienen Dunna — formulado a base de *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus amyloliquefaciens* y *Bacillus subtilis*— ejerceron un efecto positivo sobre el desarrollo radicular, mientras que la presencia de *Trichoderma harzianum* (Trichodermaiz) fue determinante para el crecimiento de la parte aérea. Los resultados indican que la bioestimulación microbiana vía aplicación al suelo promueve respuestas diferenciales en lechuga, con destaque para el sistema radicular.

Palabras clave: producción de plántulas; rizobacterias promotoras del crecimiento; bioestimulación; *Trichoderma harzianum*; bioinsumos.

1 Introdução

A alface (*Lactuca sativa L.*), pertencente à família Asteraceae, destaca-se entre as hortaliças folhosas mais produzidas e consumidas mundialmente. Rica em macro e micronutrientes essenciais à alimentação humana, a cultura apresenta elevada importância econômica e alimentar, sendo amplamente consumida na forma de saladas e outros alimentos frescos (Santos-Naressi *et al.*, 2022).

Dentre as hortaliças de maior relevância para a alimentação da população brasileira, a alface apresenta ampla expressão produtiva. O estado de São Paulo destaca-se como líder nacional na produção dessa cultura, com mais de 220 mil toneladas produzidas anualmente, além de exercer papel estratégico no abastecimento da Grande São Paulo e de outras regiões do país (SAA, 2026). Por se tratar de uma cultura com alta demanda nutricional, a alface se beneficia de solos ricos em matéria orgânica para alcançar elevadas produtividades (Meireles *et*

al., 2017). Além disso, por acumular grande quantidade de nutrientes em suas folhas, torna-se bastante exigente em tratos culturais, sendo que, para se obter êxito na produção, é necessária a adoção de um manejo adequado (Nick, 2019).

Diante do aumento da demanda por alfaces de alta qualidade e produtividade, o uso de bioestimulantes tem ganhado destaque no cultivo dessa hortaliça (Nogueira *et al.*, 2023). Nesse contexto, a aplicação de bioestimulantes interfere positivamente na dinâmica metabólica das culturas, promovendo ajustes fisiológicos que potencializam o crescimento e a produtividade. Conforme destacam Mattos e Caires (2022), essas substâncias são fundamentais para mitigar os impactos negativos de estresses abióticos, otimizando o aproveitamento dos recursos pelas plantas.

Além disso, a utilização de biofertilizantes tem sido apontada como uma alternativa sustentável ao uso excessivo de fertilizantes químicos, uma vez que esses insumos promovem a atividade microbiana, aumentam a fertilidade e a qualidade do solo e podem contribuir para a melhoria da agregação do solo, favorecendo o desenvolvimento das culturas (Mahmud *et al.*, 2021). No Brasil, o setor de bioinsumos expandiu-se a uma taxa anual de 22%, quadruplicando a média mundial, e na safra 2024/2025 a área tratada com esses produtos alcançou 156 milhões de hectares, com taxa de adoção tecnológica da ordem de 26% (Blink/CropLife Brasil, 2025).

Entre os mecanismos mais relevantes associados aos bioestimulantes microbianos, destacam-se as bactérias do gênero Bacillus, especialmente *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens* e *B. aryabhattai*, que colonizam ativamente a rizosfera e estabelecem biofilmes associados às raízes, trazendo inúmeros benefícios à planta, como um microambiente de maior umidade e disponibilidade de nutrientes ao redor do sistema radicular, além de estimular a produção de exopolissacarídeos que contribuem para a agregação do solo e a proteção contra estresses hídricos (Nordgaard *et al.*, 2022).

Além dessas características, espécies do gênero Bacillus são reconhecidas pela capacidade de produzir compostos promotores do crescimento vegetal, dentre os quais se destaca o ácido indol-3-acético (AIA), uma auxina diretamente relacionada ao desenvolvimento do sistema radicular. A produção desse fitormônio está associada ao alongamento celular nas regiões meristemáticas das raízes e à maior formação de raízes laterais, aumentando a superfície de absorção e o volume radicular explorado. Além disso, algumas espécies do gênero são capazes de solubilizar fosfatos inorgânicos insolúveis, liberando fósforo para a solução do solo e ampliando sua disponibilidade às plantas (Almeida, 2024).

De maneira semelhante, os efeitos bioestimulantes observados em bactérias promotoras de crescimento também podem ser verificados em determinados fungos benéficos. Nesse

contexto, o fungo *Trichoderma harzianum* representa outro agente eficaz. Em estudo conduzido com alface em sistema hidropônico, Alzyoud *et al.* (2025) verificaram que a inoculação com T. harzianum, promoveu incrementos significativos na massa fresca da parte aérea, na área foliar, no número de folhas e no teor de clorofila, resultados atribuídos pelos autores à capacidade desse microrganismo de produzir fitohormônios, solubilizar micronutrientes e induzir enzimas relacionadas ao metabolismo primário das plantas.

Além dos microrganismos promotores de crescimento, outras substâncias de origem natural também têm sido amplamente utilizadas como bioestimulantes na agricultura. Entre elas, destacam-se as substâncias húmicas, constituídas principalmente por ácidos húmicos e fúlvicos, que despertam grande interesse agronômico devido à sua capacidade de estimular o desenvolvimento vegetal e melhorar as condições do solo.

Ao mimetizarem a ação da auxina, os ácidos húmicos induzem o crescimento radicular por estimular a atividade das H^+-ATPases de membrana, favorecendo a absorção de íons e o alongamento celular. Também contribuem para a melhoria das propriedades físico-químicas do solo, aumentam a capacidade de troca catiônica e estimulam a microbiota benéfica da rizosfera (Castro, 2023). Quando associadas a extratos de algas marinhas, ricos em betaínas, manitol, poliaminas e citocininas naturais, as substâncias húmicas potencializam o efeito bioestimulante sobre o crescimento e a resistência das plantas a condições adversas (El Boukhari *et al.*, 2020; Kocira *et al.*, 2020).

Apesar do crescente número de trabalhos sobre bioestimulantes em horticultura, poucos são os que verificam o efeito de combinações de produtos microbianos e organominerais aplicados via solo no desenvolvimento de plantas de alface. A hipótese central deste estudo foi a combinação de bioestimulantes de diferentes categorias — fertilizante organomineral à base de substâncias húmicas, extrato de algas e aminoácidos; biofungicida à base de *Trichoderma harzianum*; e inoculantes à base de Bacillus spp. — resulta em resposta superior à aplicação de produtos isolados, especialmente sobre variáveis relacionadas ao sistema radicular e ao vigor estrutural das plantas.

Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes combinações de bioestimulantes sobre o crescimento e o desenvolvimento de mudas de alface cultivar Jade, por meio da análise de parâmetros biométricos.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O
Saber. ISSN: 2675-9128. São Paulo - SP.
Ano VII, v.1 2026 | submissão: 15/09/2026 | aceito: 18/09/2026 | publicação: 21/09/2026

2 Material e métodos

2.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido em ambiente protegido (casa de vegetação com cobertura de polietileno) na Fazenda Escola do Centro Universitário UniSALESIANO, no município de Lins, Estado de São Paulo (21°42'21,3"S; 49°45'25,3"O; altitude: 390 m). O clima da região é classificado como Aw (tropical com estação seca no inverno), segundo Köppen-Geiger. O experimento foi realizado entre abril e maio de 2026.

2.2 Caracterização química do solo

Previamente à implantação do experimento, amostras compostas de solo foram coletadas na camada de 0–20 cm e encaminhadas ao laboratório para análise química. Os resultados são apresentados na Tabela 1. Com base nas recomendações do Boletim 100 do Instituto Agronômico de Campinas (Raij *et al.*, 2022), procedeu-se à adubação e à calagem com superfosfato simples (1,44 kg para 9 m² de área) e ureia (0,0495 kg), adequando o solo às exigências nutricionais da cultura. O solo foi peneirado, homogeneizado e utilizado no preenchimento dos vasos.

Tabela 1 – Análise química de solo (camada 0–20 cm) utilizado no experimento, Fazenda Escola UniSALESIANO, Lins-SP, 2026.

Parâmetro	Unidade	Valor
Matéria orgânica (MO)	g dm^{-3}	10
pH ($CaCl_2$)	—	5,5
Fósforo (P-resina)	mg dm^{-3}	5
Potássio (K^+)	mmolc dm^{-3}	4,1
Cálcio (Ca^{2+})	mmolc dm^{-3}	19
Magnésio (Mg^{2+})	mmolc dm^{-3}	6
Alumínio (Al^{3+})	mmolc dm^{-3}	<1
H + Al	mmolc dm^{-3}	14
Enxofre (SO_4^{2-})	mg dm^{-3}	8

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O
Saber. ISSN: 2675-9128. São Paulo - SP.
Ano VII, v.1 2026 | submissão: 15/09/2026 | aceito: 18/09/2026 | publicação: 21/09/2026

Soma de bases (SB)	mmolc dm^{-3}	29,1
CTC	mmolc dm^{-3}	43,1
Saturação de bases (V%)	%	67,5

Fonte: Elaborada pelas autoras (2026).

2.3 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com seis tratamentos e cinco repetições, totalizando 30 unidades experimentais. Cada unidade experimental correspondeu a um vaso plástico com capacidade volumétrica de 12 litros (27 × 27 × 21 cm), preenchido com solo corrigido e adubado. Em cada vaso, foi transplantada uma muda de alface cultivar Jade (desenvolvida pela Sakata Seed do Brasil), produzida em viveiro certificado, com 30 dias de idade.

Os dados obtidos foram tabulados e submetidos à análise de variância (ANOVA). Quando constatado efeito significativo ($p \leq 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises foram processadas com o software SISVAR versão 5.8 (Ferreira, 2019).

2.4 Tratamentos

Foram avaliados seis tratamentos: T1 — testemunha absoluta (sem aplicação de bioestimulantes); T2 — Radicor (3 mL L^{-1}); T3 — Radicor (3 mL L^{-1}) + Trichodermaiz (1 g L^{-1}); T4 — Radicor (3 mL L^{-1}) + Trichodermaiz (1 g L^{-1}) + Dunna (2 mL L^{-1}); T5— Radicor (3 mL L^{-1}) + Trichodermaiz (1 g L^{-1}) + Elmo (2 mL L^{-1}); T6 — Radicor (3 mL L^{-1}) + Trichodermaiz (1 g L^{-1}) + Elmo (2 mL L^{-1}) + Dunna (2 mL L^{-1}).

Os produtos utilizados pertencem ao portfólio da Companhia Nitro Química Brasileira (Nitro Agro) e foram selecionados por representarem diferentes categorias funcionais de bioestimulantes. A Tabela 2 apresenta a caracterização de cada produto conforme informações das bulas e fichas técnicas oficiais do fabricante.

Tabela 2 – Caracterização dos bioestimulantes utilizados no experimento, conforme informações oficiais do fabricante (Nitro Agro).

Nome comercial	Fabricante	Classificação	Ingrediente(s) Ativos(S)	Finalidade Agronômica
Radicor	Nitro Agro	Fertilizante	Substâncias húmicas (COT: 12% m/m; N: 1% m/m); extrato de algas marinhas;	Melhoria da saúde do solo; estímulo ao desenvolvimento radicular; potencialização da

		organomineral (via solo)	aminoácidos	absorção de nutrientes
Trichoderma iz WP PRO	Nitro Agro	Biofungicida (pó molhável)	*Trichoderma harzianum* isolado IB19/17 (mín. 7×10^9 conídios viáveis g^{-1})	Controle biológico de patógenos de solo; promoção indireta do crescimento vegetal
Dunna	Nitro Agro	Inoculante microbiano (PGPR)	*Bacillus aryabhattai*, *Bacillus amyloliquefaciens* e *Bacillus subtilis*	Promoção do crescimento radicular; formação de biofilme na rizosfera; melhoria da absorção de nutrientes e tolerância a estresses abióticos
Elmo (NT 5-24)	Nitro Agro	Nematicida microbiológico (suspensão concentrada)	*Bacillus amyloliquefaciens*, *B. subtilis* (cepas CCT 8100 e ATCC 6051), *B. licheniformis* (ATCC 14580) e *B. megaterium* (CCT 8101) — mín. 1×10^8 UFC mL^{-1} de pc, cada cepa	Controle biológico de Meloidogyne incognita; efeito secundário de promoção do crescimento via colonização radicular

Fonte: Bulas e fichas técnicas oficiais Nitro Agro (Companhia Nitro Química Brasileira, 2024/2025). PGPR: plant growth-promoting rhizobacteria; COT: carbono orgânico total; UFC: unidade formadora de colônia; pc: produto comercial.

As doses aplicadas foram definidas conforme as recomendações constantes nas bulas e materiais técnicos oficiais disponibilizados pelo fabricante (Nitro Agro), buscando reproduzir as condições normalmente utilizadas pelos produtores em campo. Para o Radicor, a dose foi de 3 mL L^{-1} de água; para o Trichodermaiz WP PRO, 1 g L^{-1}; e para Dunna e Elmo, 2 mL L^{-1} cada.

2.5 Condução experimental

As mudas foram transplantadas nos vasos no dia 04/04/2026. A primeira aplicação dos produtos ocorreu no dia 08/04/2026, quatro dias após o transplantio; as aplicações subsequentes foram realizadas em intervalos de 10 dias, nos dias 18/04/2026 e 28/04/2026, totalizando três aplicações ao longo do ciclo experimental. A irrigação foi realizada de forma manual, de modo a manter a umidade do solo dentro da faixa adequada ao desenvolvimento da alface.

As aplicações foram realizadas no período da manhã (entre 7h e 9h), horário de menor temperatura e maior umidade relativa do ar, condições que favorecem a viabilidade dos microrganismos e a absorção dos compostos orgânicos pelas raízes. Os produtos foram diluídos em 1 L de água potável, e cada vaso recebeu 200 mL da solução via ao redor da planta.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O
Saber. ISSN: 2675-9128. São Paulo - SP.
Ano VII, v.1 2026 | submissão: 15/09/2026 | aceito: 18/09/2026 | publicação: 21/09/2026

2.6 Avaliações

Ao final do experimento, aos 43 dias após o transplantio, as plantas foram colhidas e avaliadas quanto às seguintes variáveis: (i) comprimento da raiz (CR, cm) — medido com fita métrica do colo ao ápice radicular; (ii) comprimento total da planta (CT, cm) — distância do ápice da raiz à folha mais alta, medida com trena; (iii) massa fresca da parte aérea (MFPA, g) — determinada em balança analítica imediatamente após a separação do sistema radicular; (iv) massa fresca das raízes (MFR, g) — obtida após lavagem e secagem superficial das raízes; (v) número de folhas (NF) — contagem manual de todas as folhas expandidas; (vi) comprimento da parte aérea (CPA, cm) — distância do colo ao ápice foliar, medida com trena; (vii) diâmetro do caule (DC, cm) — aferido com paquímetro na região do colo; (viii) diâmetro da parte aérea (DPA, cm) — largura máxima da roseta foliar, medida com trena.

3 Resultados e discussão

As médias obtidas para as oito variáveis avaliadas encontram-se na Tabela 3. Os tratamentos com bioestimulantes promoveram respostas diferentes no desenvolvimento da alface, com variação expressiva principalmente nas variáveis relacionadas ao sistema radicular e ao espessamento do caule, ao passo que outros parâmetros da parte aérea (massa fresca, comprimento, número de folhas e diâmetro), não apresentou diferença estatística entre os tratamentos.

Tabela 3 – Comprimento de raiz (CR), comprimento total (CT), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca das raízes (MFR), número de folhas (NF), comprimento da parte aérea (CPA), diâmetro do caule (DC) e diâmetro da parte aérea (DPA) da alface cv. Jade submetidas a diferentes combinações de bioestimulantes. Lins-SP, 2026.

TRAT	CR (cm)	CT (cm)	MFPA (g)	MFR. (g)	NF	CPA (cm)	DC (cm)	DPA (cm)
T1	35,00 b	60,80 b	157,60 a	18,00 b	23,60 a	25,60 a	1,50 c	33,20 a
T2	33,26 b	59,46 b	210,00 a	18,00 b	25,20 a	26,20 a	1,91 ab	34,00 a
T3	34,88 b	73,48 a	164,00 a	27,00 ab	23,20 a	24,60 a	1,84 ab	34,00 a
T4	33,84 b	65,64 ab	186,40 a	32,00 a	25,40 a	25,80 a	1,97 a	34,60 a
T5	29,96 b	60,50 b	202,80 a	21,00 b	24,20 a	27,40 a	1,84 ab	36,80 a
T6	49,92 a	67,62 ab	166,80 a	32,00 a	23,80 a	25,70 a	1,66 bc	34,20 a
Média geral	36,14	64,58	181,2	25	24,23	26,05	1,78	34,46
C.V.(%)	**14,3**	**7,84**	**18,15**	**22,86**	**11,25**	**9,30**	**8,00**	7,02

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). T1: testemunha; T2: Radicor; T3: Radicor + Trichodermaiz; T4: Radicor + Trichodermaiz + Dunna; T5: Radicor + Trichodermaiz + Elmo; T6: Radicor + Trichodermaiz + Elmo + Dunna. Trat.: tratamento; CR: comprimento de raiz; CT: comprimento total; MFPA: massa fresca da parte aérea; MFR: massa fresca das raízes; NF: número de folhas; CPA: comprimento da parte aérea; DC: diâmetro do caule; DPA: diâmetro da parte aérea. C.V.: coeficiente de variação.

Fonte: Elaborada pelas autoras (2026).

O comprimento radicular (CR) foi a variável que apresentou a maior diferença estatística entre os tratamentos. O T6 (Radicor + Trichodermaiz + Elmo + Dunna) registrou média de 49,92 cm, valor 42,6% superior ao da testemunha (35,00 cm) e estatisticamente distinto de todos os demais tratamentos pelo teste de Tukey. Vale ressaltar que T5 (Radicor + Trichodermaiz + Elmo), composto pela mesma base de T6, porém sem o inoculante Dunna, foi o tratamento com o menor comprimento radicular entre os que contêm bioestimulantes (29,96 cm), evidenciando que o papel de Bacillus spp. presente no Dunna foi determinante para o incremento observado em T6. Essa diferença aponta que a ausência do Elmo em T4 não impediu a expressão dos efeitos radiculares do Dunna, mas que, em T6, a combinação com as espécies do Elmo pode ter criado condições sinérgicas favoráveis para o aprofundamento e extensão do sistema radicular.

O mecanismo central desse efeito está relacionado à capacidade das espécies de Bacillus presentes no Dunna de colonizar a rizosfera e secretar compostos bioativos que alteram o balanço hormonal nas raízes. A produção de ácido indol-3-acético (AIA) por *B. subtilis* e *B. amyloliquefaciens* é amplamente documentada na literatura e resulta em maior divisão e elongação celular na região meristemática das raízes, estimulando a formação de raízes laterais e pelos radiculares. Experimento conduzido por Nordgaard *et al.* (2022) com *B. subtilis* em raízes de *Arabidopsis thaliana* demonstrou rápida adaptação do microrganismo ao microambiente radicular, com formação de biofilmes densos e aumento expressivo da colonização radicular ao longo do tempo. A formação de biofilmes é fisiologicamente relevante porque os exopolissacarídeos produzidos criam uma matriz hidratada ao redor das raízes, favorecendo a disponibilidade hídrica local e a difusão de nutrientes, além de proteger as células bacterianas contra flutuações de temperatura e competidores (Nordgaard *et al.*, 2022). Essa interface biofilme-raiz amplifica a produção de fitohormônios e enzimas que incrementam o crescimento radicular — o que explicaria, ao menos em parte, o comportamento superior de T6.

O incremento na massa fresca radicular (MFR) reforça essa interpretação. Os tratamentos T4 e T6 apresentaram as maiores médias (32,00 g), diferindo significativamente de T1 e T2 (18,00 g) e de T5 (21,00 g). A concordância entre CR e MFR indica que o maior comprimento observado em T6 não resulta de raízes mais finas ou menos densas, mas de um sistema radicular genuinamente mais robusto — com maior superfície específica e, presumivelmente, maior capacidade de absorção de água e nutrientes. Almeida (2024), em estudo com alface crespa, verificou que a inoculação com *B. subtilis* aumentou tanto a massa fresca quanto a seca das raízes, corroborando a hipótese de que espécies do gênero Bacillus promovem incremento real de biomassa radicular, provavelmente associado à solubilização de fosfatos inorgânicos — processo que aumenta a disponibilidade de P na rizosfera — e à síntese de sideróforos que facilitam a absorção de micronutrientes como ferro e zinco, essenciais à síntese de ácidos nucléicos e ao metabolismo energético das células radiculares.

A ausência de resposta significativa em CR para o T5 (sem Dunna, mas com Elmo) indica que o Elmo, embora formulado com cepas de Bacillus spp. semelhantes, não produziu o mesmo efeito de promoção de crescimento radicular quando aplicado isoladamente ou em associação ao Trichodermaiz sem o Dunna. Esse resultado pode estar relacionado à composição de cepas específicas em cada produto: o Elmo é registrado como nematicida microbiológico (NT 5-24), com cepas selecionadas para o controle de Meloidogyne incognita, enquanto o Dunna foi formulado com ênfase na promoção de crescimento. As diferenças funcionais entre as cepas de Bacillus contidas em cada produto — mesmo pertencendo ao mesmo gênero — determinam distintos perfis de produção de metabólitos secundários, o que pode explicar as respostas distintas observadas entre T5 e T6.

Para o comprimento total da planta (CT), que integra o crescimento da parte aérea e da raiz, o tratamento T3 (Radicor + Trichodermaiz) apresentou a maior média (73,48 cm), diferindo estatisticamente de T1, T2 e T5, mas não de T4 e T6. O menor desempenho de T2 (Radicor isolado, 59,46 cm), mesmo inferior à testemunha (60,80 cm), sugere que as substâncias húmicas, o extrato de algas e os aminoácidos do Radicor, quando aplicados isoladamente, não promoveram incremento suficiente no crescimento geral da planta nas condições avaliadas.

A superioridade de T3 em relação a testemunha e aos T2 e T5 é atribuída ao efeito bioestimulante de *Trichoderma harzianum* (isolado IB19/17), que vai além de sua ação biofungicida primária. Esse fungo atua sobre o metabolismo vegetal por meio da produção de fitohormônios — como giberelinas e auxinas — e de enzimas fosfatases e celulases que aumentam a disponibilidade de nutrientes na rizosfera. Em alface cultivada em sistema

hidropônico, Alzyoud *et al.* (2025) constataram que a inoculação com T. harzianum elevou significativamente a massa fresca da parte aérea, a área foliar, o teor de clorofila e o número de folhas, indicando que o fungo estimula processos metabólicos ligados à assimilação de carbono e ao crescimento vegetativo. Nesse sentido, os resultados do presente trabalho são coerentes com essa linha de evidências, revelando que, no contexto das combinações testadas, a presença de T. harzianum foi o principal responsável pelo maior CT. A estabilização da resposta em CT quando outros ingredientes foram adicionados (T4, T5 e T6) pode indicar que o efeito positivo do Trichodermaiz sobre o comprimento total foi suficientemente forte para manter resultados numericamente elevados, mas sem diferença estatística dos tratamentos mais completos.

Em relação ao diâmetro do caule (DC), variável associada ao vigor estrutural das mudas e à capacidade de suporte e translocação de fotoassimilados, o tratamento T4 (Radicor + Trichodermaiz + Dunna) apresentou o maior valor (1,97 cm), sendo o único tratamento classificado exclusivamente no grupo "a" pelo teste de Tukey, seguido de T2 (1,91 cm, grupo ab) e T3 e T5 (1,84 cm, grupo ab). A testemunha (T1) registrou o menor diâmetro (1,50 cm, grupo c), enquanto T6 ficou no grupo bc (1,66 cm), valor inferior ao de T4, o que merece análise.

O desempenho de T2 (Radicor isolado) para DC, superior à testemunha e próximo ao melhor tratamento, indica que o fertilizante organomineral à base de substâncias húmicas, extrato de algas e aminoácidos exerceu influência considerável sobre o desenvolvimento estrutural do caule. Castro (2023) demonstrou que substâncias húmicas atuam na regulação hormonal, especialmente na síntese de citocininas, hormônios associados à divisão celular e ao espessamento dos tecidos vasculares. Os extratos de algas contribuem com betaínas e poliaminas que participam da síntese de proteínas de parede celular, enquanto os aminoácidos livres fornecem nitrogênio prontamente disponível para a biossíntese de compostos estruturais. A associação dessas três frações explica o papel do Radicor no favorecimento do DC.

A superioridade de T4 sobre os demais tratamentos, incluindo T6, que contém os mesmos produtos mais Elmo, sugere que a adição do Elmo pode ter criado certa antagonia funcional ou competição entre as cepas microbianas, comprometendo parcialmente a expressão do efeito sobre o caule. Essa hipótese é plausível diante do fato de que o Elmo é formulado com cepas selecionadas para biocontrole de nematoides, cujo modo de ação envolve a colonização intensa da rizosfera, possível competição com as cepas do Dunna pela superfície radicular. De qualquer forma, o DC de T6 permaneceu superior ao da testemunha, e a diferença entre T4 e T6 não deve ser interpretada como efeito negativo do Elmo, mas sim como indício de que a

aditividade entre bioestimulantes não é linear e depende da compatibilidade entre os microrganismos envolvidos.

Os resultados obtidos demonstraram que nem todas as variáveis avaliadas responderam de forma diferenciada à aplicação dos bioestimulantes. A massa fresca da parte aérea (MFPA), o número de folhas (NF), o comprimento da parte aérea (CPA) e o diâmetro da parte aérea (DPA) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos (Tabela 3).

Do ponto de vista agronômico, a ausência de resposta da MFPA pode estar associada ao período experimental de apenas 43 dias após o transplantio, intervalo que, em condições de cultivo comercial, corresponderia ao momento da colheita, quando a planta ainda não completou todo o seu potencial de acúmulo de biomassa foliar. Os bioestimulantes avaliados, especialmente os inoculantes microbianos, atuam primariamente sobre o sistema radicular nas fases iniciais de colonização, com reflexo na parte aérea esperado em períodos mais longos de avaliação. É possível que, em experimentos de maior duração ou com colheita em estádio mais avançado, as diferenças em MFPA se tornem estatisticamente detectáveis. Outrossim, as condições edáficas, com V% de 67,5% e P-resina de apenas 5 mg dm^{-3}, abaixo do nível adequado para a alface, podem ter limitado a expressão diferencial dos bioestimulantes sobre a parte aérea.

4 Conclusão

Os resultados indicam que as combinações contendo o inoculante Dunna, à base de *Bacillus aryabhattai*, *B. amyloliquefaciens* e *B. subtilis*, foram as mais efetivas para o desenvolvimento radicular, enquanto a presença de *Trichoderma harzianum* (Trichodermaiz) foi determinante para o maior crescimento total da planta. Novos estudos com maior número de avaliações ao longo do ciclo, maior nível de fósforo disponível no solo e condições de campo são necessários para confirmar e ampliar o entendimento sobre a interação entre esses bioestimulantes na cultura da alface.

Referências

ALMEIDA, I. B. Promoção de crescimento por *Bacillus subtilis* e *Trichoderma harzianum* em alface crespa (*Lactuca sativa L.* var. crispa). 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2024.

ALZYOUD, L. *et al.* Influência de *Trichoderma harzianum* no crescimento, produtividade e qualidade da alface (*Lactuca sativa*) cultivada em sistema hidropônico. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, v. 53, n. 2, p. 14516, 2025.

BLINK/CROPLIFE BRASIL. Dados de mercado de bioinsumos – safra 2024/2025. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/publicacao/bioinsumos-do-brasil-dados-de-mercado-do-setor/>. Acesso em: 10 jun. 2025.

CASTRO, T. A. V. T. Potencialidades das substâncias húmicas, extratos de algas

e suas combinações como bioestimulantes em plantas: características estruturais e modo de ação. 2023. 177 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2023. Disponível em: <http://rima.ufrrj.br/jspui/handle/20.500.14407/19245>. Acesso em: 24 maio 2026.

COMPANHIA NITRO QUÍMICA BRASILEIRA (Nitro Agro). Ficha técnica do produto Radicor (Fertilizante Organomineral). Disponível em: <https://agro.nitro.com.br/produto/radicor/>. Acesso em: 6 jun. 2026.

COMPANHIA NITRO QUÍMICA BRASILEIRA (Nitro Agro). Bula do produto Trichodermaiz WP PRO. Várzea Paulista, SP: Nitro Agro, 2025. (Registro MAPA n. 15721 – Biofungicida). Disponível em: <https://www.adapar.pr.gov.br>. Acesso em: 6 jun. 2026.

EL BOUKHARI, M. E. M.; BARAKATE, M.; BOUHIA, Y.; LYAMLOULI, K. Trends in seaweed extract based biostimulants: manufacturing process and benefactions. Plants, v. 9, n. 3, p. 359, 2020. DOI: 10.3390/plants9030359. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants9030359>. Acesso em: 24 maio 2026

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. Revista Brasileira de Biometria, Lavras, v. 37, n. 4, p. 529–535, 2019.

KOCIRA, S. *et al.* Modification of yield and fiber fractions biosynthesis in *Phaseolus vulgaris L.* by treatment with biostimulants containing amino acids and seaweed extract. Agronomy, Basel, v. 10, n. 9, p. 1338, 2020.

MAHMUD, A. A.; UPADHYAY, S. K.; SRIVASTAVA, A. K.; BHOJIYA, A. A. Biofertilizers: A nexus between soil fertility and crop productivity under abiotic stress. Current Research in Environmental Sustainability, v. 3, 2021, art. 100063. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2021.100063>. Acesso em: 6 jun. 2026

MATTOS, J. V.; CAIRES, E. F. Efeito de bioestimulante de solo na nutrição e no

rendimento de grãos de soja e trigo. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 1206-1223, 2022. DOI: 10.34188/bjaerv5n1-093. Disponível em: <https://doi.org/10.34188/bjaerv5n1-093>. Acesso em: 6 jun. 2026.

MEIRELLES, A. F. M.; BALDOTTO, M. A.; BALDOTTO, L. E. B. Produtividade da alface (*Lactuca sativa L.*) em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias diazotróficas em condições de campo. Revista Ceres, v. 64, n. 5, p. 553-556, 2017. DOI: 10.1590/0034-737X201764050014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201764050014>. Acesso em: 6 jun. 2026.

NICK, C.; BORÉM, A. Alface: do plantio à colheita. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2019. 228 p. ISBN 978-85-7269-585-5.

NOGUEIRA, M. S. *et al.* Aplicação de bioestimulantes sobre a produção de biomassa e de óleo essencial de manjericão. Recital – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara, Almenara, v. 4, n. 3, p. 29–40, 2023.

NORDGAARD, M. *et al.* Experimental evolution of *Bacillus subtilis* on *Arabidopsis thaliana* roots reveals fast adaptation and improved root colonization. iScience, Amsterdam, v. 25, n. 3, p. 103888, 2022.

RAIJ, B. van et al (ed.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 3. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 2022. (Boletim Técnico, 100).

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA). São Paulo é líder disparado na produção nacional de alface. [S. l.]: Notícias Agrícolas, 2026. Disponível em: <https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/hortifruti/413345-sao-paulo-e-lider-disparado-na-producao-nacional-de-alface.html>. Acesso em: 6 jun. 2026.

SANTOS-NARESSI, R. *et al.* Alface americana cultivada em diferentes sistemas de plantio e fontes de fertilizantes. Revista Brasileira de Biologia, São Carlos, v. 84, e255431, 2022.