REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

TRATAMENTO BIOLÓGICO COM *Bacillus amyloliquefaciens estirpe FZB45* + *Bacillus velezensis estirpe FZB42* E TRATAMENTO QUÍMICO + KIT *Bacillus amyloliquefaciens* estirpe *FZB45* + *Bacillus velezensis estirpe FZB42* + *Trichoderma asperellum cepa KD* NO MANEJO DE SOJA

BIOLOGICAL TREATMENT WITH Bacillus amyloliquefaciens strain FZB45 + Bacillus velezensis strain FZB42 AND CHEMICAL TREATMENT + KIT Bacillus amyloliquefaciens strain FZB45 + Bacillus velezensis strain FZB42 + Trichoderma asperellum strain KD IN SOYBEAN MANAGEMENT

TRATAMIENTO BIOLÓGICO CON Bacillus amyloliquefaciens cepa FZB45 + Bacillus velezensis cepa FZB42 Y TRATAMIENTO QUÍMICO + KIT Bacillus amyloliquefaciens cepa FZB45 + Bacillus velezensis cepa FZB42 + Trichoderma asperellum cepa KD EN EL MANEJO DE SOJA

Adilson Oliveira[1], Paulo Emerson Carvalho[2], Erich dos Reis Duarte[3], Aline Vanessa Sauer[4], Camila Ferreira Miyashiro[5]

e696778
https://doi.org/10.47820/recima21.v6i9.6778

PUBLICADO: 9/2025

RESUMO

A crescente demanda por produtividade na agricultura exige práticas sustentáveis que aliem eficiência agronômica e redução de impactos ambientais. Este estudo avaliou o efeito da adição de inoculantes à base de *Bacillus spp.* e *Trichoderma asperellum* ao tratamento químico de sementes sobre o estabelecimento, crescimento e produtividade da soja (cv. NEO 610). O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados (DBC), com três tratamentos (T1 — tratamento químico; T2 — tratamento químico + *Bacillus*; T3 — tratamento químico + *Bacillus* + *Trichoderma*) e três repetições, na safra 2024/25, em Nova Santa Bárbara (PR). Foram avaliadas as variáveis estande, massa seca e produtividade. O tratamento T3 apresentou produtividade média de 4.569,3 kg ha^{-1}, enquanto T1 obteve 3.802,5 kg ha^{-1}, correspondendo a um incremento de aproximadamente 20%. Também foram observados efeitos positivos no

[1] Engenheiro Agrônomo - Orquidário Shekynah.
[2] Engenheiro Agrônomo pela FFALM de Bandeirantes - Pr, MBA em Gestão Empresarial (FGV), Intercambio na University of Minnesota. Responsável Técnico da Pesquisa – EPA 2 - Castro.
[3] Doutorado em Ciências Sociais e Empresariais pelo Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales, Argentina. Professor Titular da Universidade Anhanguera – Campus Bandeirantes - PR, Brasil. Graduação em Direito pela Universidade Norte do Paraná. Graduação em Administração pela Universidade Norte do Paraná. Pós-Graduação em Direito Ambiental pela Universidade do Norte do Paraná. Graduação em Agronomia pela Universidade do Norte do Paraná. Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP - Campus Luiz Meneghel. Doutor pela Universidade Nacional da Argentina - UCES- Tema: Bioinsumos na Agricultura. Universidade Anhanguera – Campus Bandeirantes - PR. Doutor e Professor - Universidade Anhanguera – Campus Bandeirantes - PR.
[4] Doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá, Brasil. Coordenadora/Contrato em regime especial da Universidade Anhanguera – Campus Bandeirantes - PR, Brasil. Doutora em Agronomia (Proteção de Plantas/Fitopatologia) pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), na modalidade Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE), com estágio de doutoramento no Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) em Valência, Espanha. Mestre em Agronomia (Proteção de Plantas/Fitopatologia) pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Graduada em Engenharia Agronômica pela Fundação Faculdades Luiz Meneghel/Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP/FALM). Graduada em Pedagogia - Licenciatura pela Universidade Pitágoras Unopar (UNOPAR). Docente do curso de Agronomia na Universidade Estadual Norte do Paraná (UENP) campus Luiz Meneghel (CLM) e Coordenadora do Curso Superior de Tecnologia em Fruticultura (UENP/CLM). Docente do curso de Agronomia no Centro Universitário de Ourinhos (UNIFIO). Universidade Anhanguera – Campus Bandeirantes - PR. Doutor e Professor - Universidade Anhanguera – Campus Bandeirantes - PR.
[5] Engenheira agrônoma formada pela UENP - CLM (Universidade Estadual do Norte do Paraná - Campus Luiz Meneghel). Doutora em Fitotecnia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Professora do curso de agronomia da UENP - CLM, professora e coordenadora do curso de agronomia da UNOPAR-Bandeirantes. Professora latu sensu do curso de especialização em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. Docente nas disciplinas fitotecnica algodão e mandioca; fitotecnia soja e milho; manejo e produção florestal; Produção, armazenamento e beneficiamento de sementes; Anatomia e fisiologia vegetal; Morfologia e Sistemática Vegetal. Possui experiência em manejo das culturas: soja, milho, trigo e cevada. Universidade Anhanguera – Campus Bandeirantes - PR. Doutora e Coordenadora - Universidade Anhanguera – Campus Bandeirantes - PR.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

estande e na biomassa nas parcelas tratadas com bioinsumos. Considerando que o ensaio foi realizado em um único local e com número reduzido de repetições, os resultados devem ser interpretados como preliminares. Ainda assim, a adição de bioinsumos ao tratamento químico promoveu maior vigor inicial e aumento de produtividade da soja, indicando potencial promissor, a ser validado em estudos multilocais e em ensaios sem tratamento químico.

PALAVRAS-CHAVE: Produtividade da soja. Sustentabilidade agrícola. Tratamento de sementes.

ABSTRACT
The growing demand for agricultural productivity requires sustainable practices that combine agronomic efficiency with reduced environmental impacts. This study evaluated the effect of adding inoculants based on Bacillus spp. *and* Trichoderma asperellum *to the chemical seed treatment on the establishment, growth, and yield of soybean (cv. NEO 610). The experiment was conducted in a randomized block design (RBD) with three treatments (T1 — chemical treatment; T2 — chemical treatment* + Bacillus*; T3 — chemical treatment* + Bacillus + Trichoderma*) and three replications, during the 2024/25 growing season in Nova Santa Bárbara, Paraná, Brazil. Stand establishment, shoot dry mass, and grain yield were evaluated. Treatment T3 achieved an average yield of 4,569.3 kg ha⁻¹, whereas T1 reached 3,802.5 kg ha⁻¹, representing an approximate increase of 20%. Positive effects on stand establishment and biomass were also observed in the plots with bio-inputs. As the trial was carried out at a single location with a limited number of replications, the conclusions are restricted to the conditions evaluated. Nevertheless, the addition of bio-inputs to the chemical treatment enhanced establishment vigor and soybean productivity, highlighting a promising potential that requires validation in multi-site trials, including treatments without chemical inputs.*

KEYWORDS*: Soybean productivity. Agricultural sustainability. Seed treatment.*

RESUMEN
La creciente demanda de productividad agrícola exige prácticas sostenibles que combinen eficiencia agronómica y reducción de impactos ambientales. Este estudio evaluó el efecto de la adición de inoculantes a base de Bacillus spp. *y* Trichoderma asperellum *al tratamiento químico de semillas sobre el establecimiento, crecimiento y rendimiento de la soja (cv. NEO 610). El experimento se realizó bajo un diseño de bloques al azar (DBA), con tres tratamientos (T1 — tratamiento químico; T2 — tratamiento químico* + Bacillus*; T3 — tratamiento químico* + Bacillus + Trichoderma*) y tres repeticiones, durante la cosecha 2024/25 en Nova Santa Bárbara, Paraná, Brasil. Se evaluaron el establecimiento de plantas, la masa seca de la parte aérea y el rendimiento de granos. El tratamiento T3 presentó un rendimiento promedio de 4.569,3 kg ha⁻¹, mientras que T1 alcanzó 3.802,5 kg ha⁻¹, lo que representa un incremento aproximado del 20%. También se observaron efectos positivos en el establecimiento y la biomasa en las parcelas tratadas con bioinsumos. Dado que el ensayo se realizó en un único sitio y con número limitado de repeticiones, las conclusiones se restringen a esas condiciones. No obstante, la adición de bioinsumos al tratamiento químico incrementó el vigor inicial y el rendimiento de la soja, mostrando un potencial prometedor que requiere validación en ensayos multi-locales, incluyendo tratamientos sin químicos.*

PALABRAS CLAVE: *Productividad de la soja. Sostenibilidad agrícola. Tratamiento de semillas.*

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das principais culturas agrícolas do mundo, ocupando papel estratégico na segurança alimentar global e na economia brasileira. (Cattelan; Dall'Agnol, 2018). Atualmente, o Brasil é o maior produtor e exportador da oleaginosa, com

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

estimativa de 169 milhões de toneladas na safra 2024/25, o que corresponde a cerca de 40% da produção mundial, além de deter participação majoritária nas exportações globais do grão (Embrapa**,** 2025). Apesar do destaque produtivo, o cultivo da soja enfrenta desafios crescentes relacionados à degradação do solo, disseminação de patógenos e impactos das mudanças climáticas, fatores que comprometem a produtividade e a sustentabilidade agrícola (Paulikienè *et al.,* 2025).

Tradicionalmente, o tratamento químico de sementes é amplamente utilizado para proteger contra pragas e patógenos de solo, garantindo o estabelecimento inicial da cultura (Hungria; Nogueira; Araújo, 2020). Embora eficiente, essa prática pode apresentar limitações, como o risco de seleção de populações resistentes, impactos ambientais e aumento dos custos de produção (Mangan *et al.,* 2025).

Nesse contexto, os bioinsumos têm se consolidado como alternativas sustentáveis e complementares ao manejo químico convencional, sendo capaz de promover o crescimento vegetal e aumentar a resiliência da cultura frente a estresses bióticos e abióticos (Yadav *et al.,* 2020).

Dentre os microrganismos mais estudados e utilizados como promotores de crescimento, destacam-se espécies do gênero *Bacillus* e fungos do gênero *Trichoderma*. Bactérias do gênero *Bacillus* apresentam elevada capacidade de colonizar a rizosfera e produzir metabólitos secundários, como antibióticos e fitormônios, que contribuem para a proteção contra patógenos e o estímulo ao crescimento das plantas (Gomes, 2024) e apresentam a vantagem de formar endósporos, conferindo maior estabilidade e viabilidade em formulações comerciais (Junior *et al.,* 2021).

Por sua vez, espécies de *Trichoderma* são reconhecidas pelo antagonismo a diversos patógenos de solo, pela indução de resistência sistêmica e pelo estímulo direto ao crescimento vegetal, por meio da produção de enzimas hidrolíticas, sideróforos e reguladores de crescimento (Harman *et al.,* 2004; Yadav *et al.,* 2020).

Estudos recentes relatam que a combinação de *Bacillus spp.* e *Trichoderma asperellum* pode aumentar o vigor inicial, o desenvolvimento vegetativo e a produtividade de diferentes culturas agrícolas (Chagas *et al.,* 2017; Vasquez; Nogueira; Hungria, 2024). Entretanto, ainda existem lacunas quanto à validação desses microrganismos em condições de campo, especialmente quando associados a tratamentos químicos consolidados na agricultura brasileira. (Chagas *et al.,* 2017; Junior *et al.,* 2021).

Apesar dos avanços, ainda existem lacunas quanto à validação de inoculantes microbianos em condições de campo, sobretudo em combinação com tratamentos químicos já consolidados na agricultura brasileira. Diante desse cenário, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adição de *Bacillus* spp. e *Trichoderma asperellum* ao tratamento químico de

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

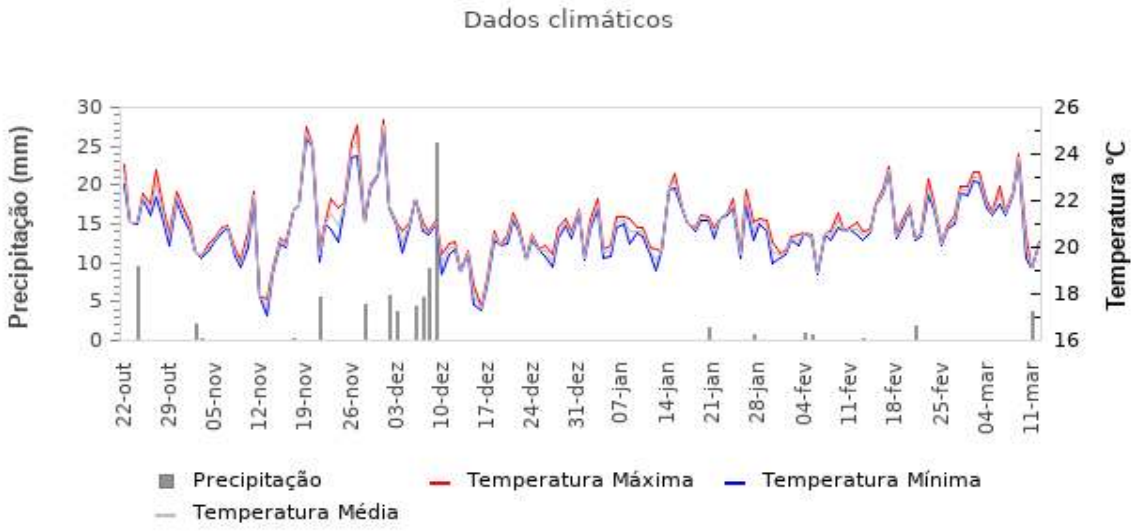
sementes sobre o estande, a biomassa inicial e a produtividade da soja em condições de campo no estado do Paraná.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local e caracterização da Área Experimental

O experimento foi conduzido no Sítio Tigrinho, município de Nova Santa Bárbara, Paraná (24°01'35" S; 51°16'15" O), durante a safra 2024/25. A semeadura ocorreu em 08 de outubro de 2024, utilizando-se a cultivar de soja NEO 610. Não foi realizada análise química do solo para esta safra, o que representa uma limitação do estudo, visto que informações sobre a fertilidade inicial poderiam contribuir para uma melhor interpretação dos resultados obtidos. O sistema de cultivo adotado foi o plantio direto, seguindo as práticas agronômicas recomendadas para a região. Dados meteorológicos do ciclo da cultura foram coletados e encontram-se na Figura 1.

Figura 1. Dados Climáticos



Fonte**:** do Autor

Tratamentos

Os produtos utilizados foram:

T1 – Tratamento químico (controle);

T2 – Tratamento químico + *Bacillus amyloliquefaciens estirpe FZB45 + Bacillus velezensis estirpe FZB42;*

T3 – Tratamento químico + *Bacillus amyloliquefaciens FZB45 + Bacillus velezensis FZB42 + Trichoderma asperellum cepa KD*.

As formulações, doses e modo de aplicação estão descritos na Tabela 1.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Tabela 1. Combinações e doses dos tratamentos

Nº	Tratamentos	Aplic.	Ingrediente Ativo	Formulação	Dose
1	Tratamento Químico	TS	--	--	100,00 (ml/ha)
2	Produto 1	TS	Tratamento Químico + *Bacillus amyloliquefaciens Estirpe FZB45*	SL	100,00 (ml/ha) 50,00 (ml/ha)
	Produto 2	TS	*Bacillus velezensis Estirpe FZB42*	SC	50,00 (ml/ha)
3	Produto 1 +	TS	*B. amyloliquefaciens Estirpe FZB45*	SL	50,00 (ml/ha)
	Produto 2 +	TS	*Tratamento Químico Bacillus velezensis Estirpe FZB42 +*	SC	100,00 (ml/ha) 50,00 (ml/ha)
	Produto 3	TS	*Trichoderma asperellum Cepa kd*	WP	150,00 (g.ha)

Fonte: do Autor

Aplicação e manejo

As sementes foram tratadas em betoneira manual, imediatamente antes da semeadura (intervalo máximo de 2 horas), com volume de calda de 4 mL kg^{-1} de semente.

O preparo do solo foi realizado em sistema de plantio direto.

A adubação de base foi realizada com a fórmula 02-20-18, na dose de 249 kg ha^{-1}.

Aplicações fitossanitárias de rotina foram realizadas conforme Tabela 2, atendendo à sanidade da lavoura e às práticas culturais locais. (Detalhes de tecnologia de aplicação e boas práticas descritas pela Embrapa – Manual de análises de bioinsumos).

O manejo fitossanitário seguiu o padrão regional da cultura, incluindo aplicações de fungicidas, inseticidas e herbicidas conforme descrito na Tabela 2.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Tabela 2. Aplicações de produtos

Produto Comercial	Objetivo	Dose	Estádio Fenológico
Score Flexi + Roundup Transorb + Cletodim Nortox + Nimbus	Controle de Doenças	250 ml/ha + 2.5 L/ha + 1 L/ha + 400 ml/ha	V4
Evolution + Cipermetrina Nortox 250 EC + Abamectin 72 EC Nortox	Controle de Doenças	2 kg.ha + 200 ml/ha + 100 ml/ha	V9
Sphere Max + Unizeb Gold + Perito 970 SG + Abamectin 72 EC Nortox + Anderfix	Controle de Doenças	150 ml/ha + 1.4 kg.ha + 800 g.ha + 100 ml/ha + 150 ml/ha	R3
Sphere Max + Unizeb Gold + Imidacloprid 350 SC + Abamectin 72 EC Nortox + Anderfix	Controle de Doenças	150 ml/ha + 1.4 kg.ha + 400 ml/ha + 150 ml/ha + 150 ml/ha	R5.1
Cypress 400 EC + Perito 970 SG + Anderfix	Controle de Pragas	250 ml/ha + 800 g.ha + 150 ml/ha	R5.3

Fonte: do Autor

Figura 2. Data e momento das aplicações

Data	Estádio	Horário (início)	Horário (final)	Temp. (°C)	URA (%)[1]	Vel. Vento (m/s)	Nebulosidade (%)	Obs.
08/10/2024 10:00	Germinação	10:00 h	11:00 h	0	0	0	0	

[1]Umidade relativa do ar

Fonte: do Autor

Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados (DBC), com três tratamentos e três repetições, totalizando nove parcelas. Cada parcela foi composta por espaçamento de 7 m x 3 m, totalizando uma área útil de 21 m² por parcela.

Variáveis avaliadas

Estande de plantas (20 DAE): contagem do número de plantas em 3 m de linha nas duas linhas centrais de cada parcela;

Massa seca da parte aérea (30 DAE): coleta de quatro plantas ao acaso por parcela, secagem em estufa de circulação de ar a 65 °C até peso constante, expressa em g planta^{-1}.

Massa de raízes (30 DAE): mesmas plantas coletadas para biomassa aérea; raízes lavadas, secas em estufa e pesadas em g planta^{-1}.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Produtividade de grãos (R8): colheita manual das duas linhas centrais, trilhagem mecânica, correção da umidade para 14% e extrapolação para kg ha^{-1}.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software SISVAR (Ferreira, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adição de inoculantes à base de *Bacillus* spp. e *Trichoderma asperellum* ao tratamento químico de sementes resultou em efeitos positivos sobre o estande inicial, a biomassa da parte aérea e a produtividade da soja (Tabela 3; Figura 3). Esses achados corroboram estudos prévios que destacam o papel de microrganismos promotores de crescimento na melhoria da emergência, do vigor inicial e do rendimento de grãos (Hungria; Nogueira; Araújo, 2020).

O tratamento T3 (químico + *Bacillus* + *Trichoderma*) proporcionou incremento de aproximadamente 20% na produtividade em relação ao tratamento químico isolado (T1)**,** evidenciando o potencial de combinações microbianas no manejo integrado da cultura. Resultados semelhantes foram relatados por Santoyo *et al.,* (2024) e Costa *et al.,* (2022), que observaram aumentos expressivos na produtividade de soja e de outras culturas com o uso combinado de *Trichoderma* e *Bacillus*.

Quanto ao estande inicial, os tratamentos biológicos apresentaram valores superiores ao químico, com incrementos de 16% (T2) e 20% (T3). Esse efeito pode estar relacionado à produção de metabólitos antimicrobianos por *Bacillus* e *Trichoderma*, capazes de proteger plântulas contra patógenos do solo e estimular a germinação (Ferreira**,** 2017). Além disso, o aumento da biomassa aérea observado sugere maior vigor vegetativo, possivelmente associado à produção de auxinas, fitases e solubilização de fósforo pelas estirpes FZB45 e FZB42 (Idriss *et al.,* 2002; Vasquez; Nogueira; Hungria, 2024).

Em relação à biomassa radicular, não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos. Isso indica que os efeitos positivos dos bioinsumos ocorreram principalmente sobre a parte aérea e a produtividade final. Entretanto, estudos anteriores relatam que os benefícios radiculares podem se manifestar em condições de estresse ou em ciclos mais longos (Senger *et al.,* 2022; Hossain *et al.,* 2023).

Outro aspecto relevante foi a menor incidência de plantas em senescência precoce no estádio R5.4 nas parcelas com bioinsumos, em comparação ao tratamento químico isolado. Esse resultado sugere que a combinação de *Bacillus* e *Trichoderma* pode contribuir para maior sanidade do sistema radicular e equilíbrio da microbiota do solo, reduzindo perdas associadas a patógenos (Seixas *et al.,* 2020).

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Do ponto de vista agronômico, o incremento de 20% na produtividade observado em T3 é expressivo e indica boa viabilidade prática, sobretudo considerando a crescente demanda por tecnologias sustentáveis no cultivo de soja. Estudos de Hungria; Nogueira, (2022) e Chagas *et al.,* (2017) apontam que ganhos entre 10% e 15% já podem justificar economicamente o uso de bioinsumos em larga escala. Assim, os resultados aqui apresentados reforçam o potencial de integração entre tratamentos biológicos e químicos no manejo de sementes.

Por outro lado, algumas limitações devem ser destacadas:

(i) o ensaio foi conduzido em apenas um local e safra, com número reduzido de repetições;

(ii) todos os tratamentos incluíram defensivos químicos, impossibilitando avaliar a substituição total por bioinsumos;

(iii) não foi realizada análise química do solo, dificultando a interpretação detalhada da resposta fisiológica.

Portanto, os resultados devem ser interpretados como preliminares. Para consolidar a recomendação, são necessários ensaios multilocais, com diferentes cultivares, maior número de repetições e tratamentos exclusivamente biológicos. Também é recomendável a inclusão de análises econômicas detalhadas, avaliando custo-benefício em escala comercial.

Tabela 3. Estande, produtividade, massa seca de parte aérea e peso de raiz, estande geral, produtividade geral, massa seca de parte aérea geral, peso de raiz, cultivar NEO 610, sob diferentes doses do solubilizador de fósforo

N°	Produto	EST	PDT	MAS	PRG
1	Tratamento Químico	11,2 c	3.802,5 b	73,9 b	6,4 a
2	Tratamento Químico + *Bacillus amyloliquefaciens* Estirpe FZB45 + *Bacillus velezensis* Estirpe FZB42	13,0 b	4.179,5 b	81,1 a	6,8 a
3	Tratamento Químico + *Bacillus amyloliquefaciens* Estirpe FZB45 + *Bacillus velezensis* Estirpe FZB42 + *Trichoderma asperellum* Cepa kd	13,4 a	4.569,3 a	83,4 a	7,1 a
Teste F		350,3	6,4	23,9	1,9
CV(%)		1	7,2	2,6	6,8

Fonte: do Autor

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. EST = estande; PDT = produtividade; MAS = massa seca da parte aérea; PRG = peso de raiz.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, as análises foram conduzidas utilizando-se o *software* estatístico SISVAR (Ferreira, 2019).

Os tratamentos biológicos (T2 e T3) apresentaram maior estande inicial em comparação ao tratamento químico isolado (T1). O incremento médio foi de 16% para T2 e 20% para T3. A maior população inicial de plantas pode estar associada ao efeito positivo de *Bacillus* spp. na promoção da germinação e no vigor das plântulas, conforme relatado por Vasquez, Hungria *et al.,* (2024).

Houve acréscimo significativo na massa seca de raízes e parte aérea nos tratamentos com bioinsumos, em especial em T3. A combinação de *Bacillus* e *Trichoderma* aumentou a biomassa radicular em 11% e a aérea em 13% em relação ao tratamento químico. Esses resultados corroboram Vasquez *et al.,* (2024), que destacam a produção de fito hormônios e a solubilização de fósforo como mecanismos-chave.

É importante destacar que o delineamento experimental contou com apenas três repetições e foi conduzido em um único local e safra, o que limita a extrapolação dos resultados. Além disso, todos os tratamentos incluíram o uso de defensivos químicos, impossibilitando avaliar a viabilidade de substituição total do tratamento químico por bioinsumos. Dessa forma, os resultados devem ser interpretados como complementares, e não substitutivos, em relação ao manejo químico convencional.

Ainda assim, a consistência dos ganhos de produtividade e vigor reforça a necessidade de estudos multilocais, em diferentes condições edafoclimáticas, incluindo tratamentos “bio-somente” e análises econômicas detalhadas do custo-benefício do uso de bioinsumos. A validação em larga escala poderá confirmar o papel desses microrganismos como aliados no aumento da sustentabilidade e resiliência do sistema produtivo da soja.

AVALIAÇÕES

Estande

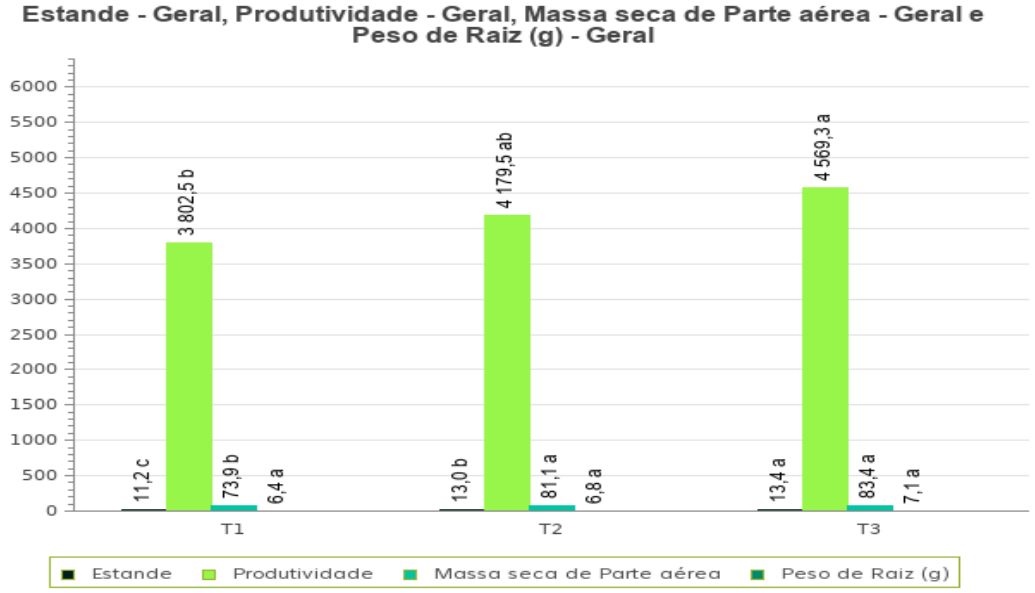
O tratamento T3 (*Bacillus* + *Trichoderma*) apresentou o maior estande médio e diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, indicando efeito positivo na emergência e estabelecimento inicial das plantas. A promoção de estabelecimento observada pode ser atribuída a mecanismos clássicos de PGPR como produção de auxinas e melhora do vigor de plântulas, descritos para estirpes de Bacillus (Idris *et al.,* 2007) e reafirmados em revisões sobre o papel de Bacillus como promotor de crescimento e agente de biocontrole.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Esses efeitos têm sido documentados em estudos de campo e revisões recentes que destacam ganhos de estabelecimento com inoculações adequadas.

Figura 3. Estande, produtividade, massa seca da parte aérea e peso de raiz de soja cultivar NEO 610



Fonte**:** do Autor

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o *software* SISVAR (Ferreira, 2019).

Massa radicular e parte aérea

Tanto a massa seca da parte aérea quanto a massa radicular aumentaram nos tratamentos com bioinsumos (T2 e T3), sendo T2 e T3 estatisticamente superiores a T1 para, MAS. Os aumentos observados são coerentes com mecanismos fisiológicos descritos para *FZB45* (atividade fitase e solubilização de P) e *FZB42* (produção de IAA e metabólitos secundários), que favorecem maior acúmulo de biomassa e eficiência de absorção de nutrientes. A combinação com *Trichoderma* pode potencializar esses efeitos via promoção de maior exploração radicular e proteção contra patógenos do solo.

Produtividade

O incremento de 20% no T3 com produtividade de 4.569,3 Kg/ha em relação a T1 com 3.802,5 Kg/ha, confirma o potencial do uso de bioinsumos no manejo da soja.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Resultados semelhantes foram encontrados pela Embrapa e Innova (2024), que relataram ganhos de 10 % na produtividade em lavouras comerciais tratadas com *Bradyrhizobium elkanii* (BR 29) e *Paraburkholderia nodosa* (BR 10141).

Observou-se menor incidência de plantas mortas no estádio R5.4 nas parcelas com bioinsumos, indicando maior equilíbrio da microbiota do solo e proteção do sistema radicular. Mawarda *et al.,* (2022) demonstram que a interação entre inoculantes bacterianos formadores de esporos (*Bacillus* spp.) e a comunidade bacteriana nativa do solo é determinante para a sobrevivência do inoculante, modulação da estrutura microbiana e, consequentemente, para o sucesso do manejo biológico. Embora os bioinsumos possam apresentar custo inicial mais elevado, avaliações econômicas e ensaios de campo indicam que a redução de insumos e os incrementos de produtividade frequentemente compensam esse investimento. Por exemplo, Telles, Nogueira & Hungria (2023) estimaram que a substituição parcial do fertilizante nitrogenado pela fixação biológica de nitrogênio (BNF) na soja no Brasil gerou uma economia aproximada de US$ 15,2 bilhões na safra 2019–2020; estudos de campo com co-inoculação relataram aumentos de produção e ganhos em lucro bruto na faixa observada de ≈8–14% (Leite *et al.,* 2022; dos Santos Lopes *et al.,* 2025).

A limitação do presente estudo foi o número reduzido de repetições e a realização em apenas um local. Recomenda-se a ampliação para diferentes condições edafoclimáticas e cultivares, além de pesquisas sobre consórcios de bioinsumos com manejo integrado de fertilidade.

DISCUSSÃO

Os resultados indicam que a aplicação de bioinsumos via tratamento de sementes pode melhorar o estabelecimento, a produção de biomassa e, quando associada a Trichoderma, aumentar a produtividade final. Essas observações são compatíveis com achados de revisões e estudos de campo que apontam o potencial dos bacilos multifuncionais e de *Trichoderma* para promoção de crescimento, biocontrole e resiliência das culturas. Considerando a variabilidade agroecológica, recomenda-se validar os resultados em diferentes localidades, cultivares e anos safra, além de avaliar a compatibilidade com tratamentos químicos de sementes em formulações comerciais, problema abordado em compatibilidade de inoculantes com pesticidas.

Limitações e recomendações

Limitações: número reduzido de repetições e realização do estudo em apenas uma localidade. Recomenda-se a ampliação para ensaios multilocais e com maiores repetições. Recomenda-se também estudos adicionais sobre:

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

(i) compatibilidade entre formulações comerciais e inoculantes;
(ii) efeito em diferentes cultivares;
(iii) avaliação econômica detalhada do custo-benefício em escala comercial;
(iv) caracterização da resposta da microbiota do solo pós-aplicação.

CONSIDERAÇÕES

A adição de inoculantes microbianos à base de *Bacillus* spp. e *Trichoderma asperellum* ao tratamento químico de sementes da soja (cv. NEO 610) promoveu melhorias no estande inicial, no vigor vegetativo e, principalmente, na produtividade de grãos, com incremento de aproximadamente 20% em relação ao tratamento químico isolado.

Nas condições específicas deste ensaio — safra 2024/25, único local experimental e três repetições —, os resultados evidenciam que a combinação de bioinsumos e defensivos químicos constitui uma estratégia promissora para potencializar o desempenho agronômico da soja.

Contudo, para consolidar a recomendação, tornam-se necessários estudos multilocais, em diferentes condições edafoclimáticas e com cultivares variadas, além de análises econômicas detalhadas sobre o custo-benefício do uso de bioinsumos em larga escala. Ensaios conduzidos sem o uso de tratamento químico também são fundamentais para avaliar o potencial de substituição parcial ou total do manejo convencional.

Em síntese, os resultados apontam que a integração entre defensivos químicos e bioinsumos representa um caminho viável para o avanço da sustentabilidade e da resiliência do sistema produtivo da soja.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à equipe da Universidade Anhanguera – Campus Bandeirantes – PR., pelo apoio.

REFERÊNCIAS

CATTELAN, Alexandre José; DALL'AGNOL, Amélio. The rapid soybean growth in Brazil. **OCL**, v. 25 p. 1–12, 2018. Disponível em: https://www.ocl-journal.org/articles/ocl/full_html/2018/01/ocl170039/ocl170039.html. Acesso em: 28 aug. 2025.

CHAGAS, Líllian França Borges; MARTINS, Albert Lennon Lima; CARVALHO FILHO, Magno Rodrigues de; *et al*. **Revista Agri-Environmental Sciences**, v. 3, n. 1, p. 45–53, 2017 Disponível em: https://revista.unitins.br/index.php/agri-environmental-sciences/index. Acesso em: 17 Sep. 2025.

COSTA, Sidney Daniel Araújo da; CARDOSO, Aline Figueiredo; CASTRO, Gledson Luiz Salgado de; SILVA JÚNIOR, Dalton Dias da; SILVA, Thiago Carvalho da; SILVA, Gisele Barata. Co-Inoculation of *Trichoderma asperellum* with *Bacillus subtilis* to Promote Growth and Nutrient Absorption in *Marandu Grass*. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2022, Art. ID

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

3228594, 13 p., 2022. DOI: 10.1155/2022/3228594. Disponível em: https://doi.org/10.1155/2022/3228594. Acesso em: 18 set. 2025.

DOS SANTOS LOPES, Monyck Jeane; CARDOSO, Aline Figueiredo; DIAS-FILHO, Moacyr Bernardino; GURGEL, Ely Simone Cajueiro; SILVA, Gisele Barata; et al. Brazilian Amazonian microorganisms: a sustainable alternative for plant development. **AIMS Microbiology**, v. 11, n. 1, p. 150–166, 2025. DOI: 10.3934/microbiol.2025008. Disponível em: https://www.aimspress.com/article/id/67aab6bfba35de451fe3cfba. Acesso em: 19 set. 2025.

EMBRAPA **-** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Dados econômicos. **Portal Embrapa**, 2025. Disponível em: https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-econômicos. Acesso em: 10 Sep. 2025.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2021**. Londrina: Embrapa Soja, 2021. 368 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; INNOVA, Agrotecnologia. Research develops first dual-purpose bioinput for soybeans. **Portal Embrapa**, 2024. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/agencia-de-noticias-embrapa/busca-de-noticias/-/noticia/88418692/pesquisa-desenvolve-primeiro-bioinsumo-com-dupla-funcao-para-a-cultura-da-soja?. Acesso em: 29 aug. 2025.

EMBRAPA Soja - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; NOGUEIRA, Marco Antonio; HUNGRIA, Mariangela; FERREIRA, Eduara. **Manual de análises de bioinsumos para uso agrícola**: inoculantes**.** [S. l.]: Embrapa Soja, 2024. Disponível em: https://news.agrofy.com.br/noticia/204074/embrapa-lanca-manual-garantir-qualidade-bioinsumos-agricultura. Acesso em: 29 ago. 2025.

FERREIRA, Daniel Furtado. **Sisvar:** a computer statistical analysis system. 6. ed. Lavras: Editora da Universidade Federal de Lavras, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cagro/a/yjKLJXN9KysfmX6rvL93TSh/?format=html&lang=en. Acesso em: 28 aug. 2025

FERREIRA, Enderson Petrônio de Brito; STONE, Luis Fernando; MARTIN-DIDONET, Claudia Cristina Garcia. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 3, p. 370-378, 2017. DOI: 10.1590/S1806-66902017000300014. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rca/a/Rg5L5zBmmxzRr5Jn4YtjHXq/. Acesso em: 18 set. 2025.

GOMES, Marco Antônio Ferreira. Desafios globais e caminhos para o futuro com sustentabilidade precisam ser enfrentados e alcançados com a máxima urgência. **Portal Embrapa**, 2024. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/92785198/desafios-globais-e-caminhos-para-o-futuro-com-sustentabilidade-precisam-ser-enfrentados-e-alcancados-com-a-maxima-urgencia. Acesso em: 28 aug. 2025.

HARMAN, Gary E.; HOWELL, Charles R.; VITERBO, Ada et al. Trichoderma species — opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviews Microbiology**, v. 2, p. 43–56, 2004. Disponível em: https://www.nature.com/articles/nrmicro797. Acesso em: 28 aug. 2025.

HOSSAIN, Muhammed Ali; SWARNA, Fariha Tanjum; ARABI, Rabeya Al et al. Trichoderma asperellum suppresses viral diseases and promotes the growth and yield of country bean. **Frontiers in Agronomy**, v. 5, 2023. Disponível em:

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

https://www.frontiersin.org/journals/agronomy/articles/10.3389/fagro.2023.1150359/. Acesso: 25 aug. 2025.

HUNGRIA, Mariângela; NOGUEIRA, Marco Antônio. Fixação biológica do nitrogênio. [*S. l. s. n.*], 2020. Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1147044. Acesso em: 18 Sep. 2025.

IDRIS, ElSorra E; IGLESIAS, Domingo J; TALON, Manuel et al. Tryptophan-dependent production of indole-3-acetic acid (IAA) affects level of plant growth promotion by Bacillus amyloliquefaciens FZB42. **Molecular plant-microbe interactions**, v. 20, n. 6, p. 619–26, 2007. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17555270/. Acesso em: 28 aug. 2025.

JUNIOR, Aloísio Freitas Chagas; BORBA, Elias; MARTINS, Albert Lennon Lima et al. Bacillus sp. como promotor de crescimento em soja. **Revista de Ciências Agrárias**, p. 71–80, 2021. Disponível em: https://scielo.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2021000200071. Acesso em: 10 Sep. 2025.

LEITE, Rubson da Costa; PEREIRA, Ynglety Cascaes; OLIVEIRA-PAIVA, Christiane Abreu; MORAES, Alessandra Jackeline Guedes de; SILVA, Gisele Barata. Increase in yield, leaf nutrient, and profitability of soybean co-inoculated with Bacillus strains and arbuscular mycorrhizal fungi. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 46, e0220007, 2022. DOI: 10.36783/18069657rbcs20220007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/3NnzDVbZKNRRgBg4VJLRrtf/. Acesso em: 19 set. 2025.

MANGAN**,** Rosie M; TINSLEY, Matthew C; FERRARI, Ester; *et al*. Crop diversity induces trade-offs in microbial biopesticide susceptibility that could delay pest resistance evolution. **PLoS pathogens**, v. 21, n. 5, p. e1013150, 2025.

MAWARDA, Panji Cahya; MALLON, Ccyrus A.; LE ROUX, Xavier; VAN ELSAS, Jan Dirk; SALLES, Joana Falcão. Interactions between bacterial inoculants and native soil bacterial community: the case of spore-forming *Bacillus* spp. **FEMS Microbiology Ecology**, v. 98, n. 12, artigo fiac127, 2022. DOI: 10.1093/femsec/fiac127. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9681130/. Acesso em: 19 set. 2025.

PAULIKIENĖ, Simona; BENESEVIČIUS, Domas; BENESEVIČIENĖ, Kristina et al. Review—Seed Treatment: Importance, Application, Impact, and Opportunities for Increasing Sustainability. Agronomy, 2025. Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-4395/15/7/1689. Acesso em: 28 aug. 2025.

SANTOYO, Gustavo; OROZCO-MOSQUEDA, Ma. Del Carmem; AFRIDI, Muhammad Siddique; MITRA, Debasi; VALENCIA-CANTEIRO, Eduardo, MACIAS-RODRIGUES, Lourdes. Trichoderma and Bacillus multifunctional allies for plant growth and health in saline soils: recent advances and future challenges. **Frontiers in Microbiology**, v. 15, p. 1423980, 2024. DOI: 10.3389/fmicb.2024.1423980. Disponível em: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2024.1423980/full. Acesso em: 18 set. 2025.

SEIXAS, Claudine Dinali Santos; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, Alvadi Antonio et al. Tecnologias de produção de soja. **Portal Embrapa**, 2020. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1123928/tecnologias-de-producao-de-soja. Acesso em: 18 sep. 2025.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

SENGER, Marina; URREA-VALENCIA, Salomé; NAZARI, Mateus Torres et al. Evaluation of Trichoderma asperelloides-based inoculant as growth promoter of soybean (Glycine max (L.) Merr.): a field-scale study in Brazil. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, v. 26, n. 3, p. 255–263, 2022. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s12892-022-00177-x. Acesso em: 25 aug. 2025.

TELLES, Tiago Santos; NOGUEIRA, Marco Antonio; HUNGRIA, Mariangela. Economic value of biological nitrogen fixation in soybean crops in Brazil. **Environmental Technology & Innovation**, v. 31, p. 103158, 2023. DOI: 10.1016/j.eti.2023.103158. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186423001542. Acesso em: 19 set. 2025.

VASQUEZ, Natalia Caetano; NOGUEIRA, Marco Antonio; HUNGRIA, Mariangela. Increasing Application of Multifunctional Bacillus for Biocontrol of Pests and Diseases and Plant Growth Promotion: Lessons from Brazil. **Agronomy**, v. 14, n. 8, p. 1654, 2024. Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-4395/14/8/1654. Acesso em: 29 Aug. 2025.

YADAV, Ajar Nath; SINGH, Joginder; RASTEGARI, Ali Asghar et al. **Soil Microbiomes for Sustainable Agriculture:** Functional Annotation. Primeira edição. Suiça: Springer Nature, 2020. Disponível em: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-38453-1#accessibility-information. Acesso em: 16 Sep. 2025.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.