

COMPATIBILIDADE BIOLÓGICA ENTRE MICRORGANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO E AGROQUÍMICOS NO TRATAMENTO DE SEMENTES DE SOJA

LINCOLN XAVIER CORREA¹, GABRIEL MENDES RIBEIRO², ANDRÉ DA SILVA XAVIER³, WILLIAN BUCKER DE MORAES⁴ e LEANDRO FONSECA DE SOUZA⁵

¹Mestrando em Agronomia UFES, Alegre-ES, lincolnxavier229@gmail.com;

²Estudante de Agronomia UFES, Alegre-ES, gabriel.mendes0069@gmail.com;

³Dr. em Agronomia, Prof. Adjunto, UFRPE, Recife-PE, andre.sxavier@ufrpe.br;

⁴Dr. em Agronomia, Prof. Titular CCAE, UFES, Alegre-ES, willian.moraes@ufes.br;

⁵Dr. em Ciências, Prof. Assistente CCAE, UFES, Alegre-ES, leandro.f.souza@ufes.br.

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
06 a 09 de outubro de 2025

RESUMO:

O uso de bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) tem se destacado como alternativa promissora para práticas agrícolas sustentáveis, devido à eficiência, baixo custo e menor impacto ambiental. Este estudo investigou a compatibilidade de oito isolados bacterianos xerotolerantes obtidos na região de Guarapari/ES com os inoculantes comerciais *Azospirillum brasilense* Ab-V5 e *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 5080, além da tolerância desses isolados aos agroquímicos ciantraniliprole (inseticida) e difenoconazol (fungicida), visando seu uso potencial em co-inoculação no cultivo de soja (*Glycine max* L.). Os ensaios em meio sólido avaliaram o crescimento bacteriano na presença e ausência dos agroquímicos. Os resultados indicaram alta compatibilidade dos isolados com os inoculantes, evidenciando potencial para aplicações conjuntas em manejo sustentável. A tolerância ao ciantraniliprole foi significativa (83,32%), enquanto a compatibilidade com o difenoconazol foi moderada (50%), com limitações para aplicações aéreas. O isolado 8 destacou-se por resistir a todas as concentrações, sendo candidato promissor para futuras formulações de bioinoculantes. Os achados reforçam a importância de considerar interações entre microrganismos benéficos e agroquímicos em estratégias integradas, visando aumentar a eficiência produtiva e reduzir impactos ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura sustentável; co-inoculação; tolerância a agroquímicos; bioinoculantes; microrganismos benéficos.

BIOLOGICAL COMPATIBILITY BETWEEN PLANT GROWTH-PROMOTING MICROORGANISMS AND AGROCHEMICALS IN SOYBEAN SEED TREATMENT

ABSTRACT:

The use of plant growth-promoting bacteria (BPCV) has emerged as a promising alternative to foster more sustainable agricultural practices due to their efficiency, low cost, and reduced environmental impact. This study investigated the compatibility of eight xerotolerant bacterial isolates obtained from natural environments in the Guarapari/ES region with the commercial inoculants *Azospirillum brasilense* Ab-V5 and *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 5080, as well as their tolerance to the agrochemicals cyantraniliprole (insecticide) and difenoconazole (fungicide), aiming at potential co-inoculation use in soybean (*Glycine max*) cultivation. The assays were conducted on solid culture media, evaluating bacterial growth in the presence and absence of the agrochemicals. The results indicated high compatibility between the isolates and the commercial inoculants, suggesting their potential for combined use in sustainable management systems. Tolerance to cyantraniliprole was significant (83.32%), while compatibility with difenoconazole was moderate (50%), with notable limitations for aerial applications. Isolate 8 stood out by resisting all tested concentrations, making it a

strong candidate for future bioinoculant formulations. These findings reinforce the importance of evaluating interactions between beneficial microorganisms and agrochemicals to develop integrated strategies aimed at improving crop productivity while reducing environmental impacts.

KEYWORDS: Sustainable agriculture; co-inoculation; agrochemical tolerance; bioinoculants; beneficial

INTRODUÇÃO

A agricultura moderna tem enfrentado desafios crescentes, impulsionados principalmente pelos impactos das mudanças climáticas e pela constante ampliação da demanda global por alimentos. Esse cenário impõe uma pressão significativa sobre os sistemas produtivos, exigindo soluções que aliem eficiência, produtividade e sustentabilidade. Nesse contexto, torna-se cada vez mais urgente o desenvolvimento e a aplicação de práticas agrícolas sustentáveis, capazes de garantir o aumento da produção de alimentos sem comprometer os recursos naturais nem a integridade dos ecossistemas (Lemi & Hailu, 2019).

Dentre as alternativas promissoras no âmbito da agricultura sustentável, destaca-se o uso de bactérias promotoras de crescimento vegetal BPCV. Esses microrganismos têm demonstrado grande potencial na melhoria da nutrição vegetal, no aumento da produtividade no campo e na redução da dependência de fertilizantes e defensivos químicos. As BPCV atuam favorecendo a disponibilidade de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, e promovem a indução de resistência a estresses bióticos e abióticos, como ataques de pragas e patógenos e variações ambientais. Essas características tornam seu uso particularmente vantajoso em culturas de alta relevância econômica, como a soja (*Glycine max* L.), uma das principais commodities do setor agrônomo no Brasil. Estima-se que a utilização de inoculantes biológicos em soja proporcione uma economia de aproximadamente 15,2 bilhões de dólares, evidenciando sua importância econômica e ambiental no setor agropecuário (Telles et al., 2023).

Apesar dos inúmeros benefícios associados ao uso de BPCV, ainda há lacunas de conhecimento no que se refere à interação entre diferentes tipos de bioinsumos, bem como à compatibilidade entre inoculantes biológicos e agroquímicos sintéticos frequentemente empregados no tratamento de sementes. Tais interações podem ser complexas, considerando que produtos químicos com princípios ativos como ciantraniliprole e difenoconazol são amplamente utilizados para proteger as sementes de soja contra pragas e doenças (Díaz-rodríguez et al., 2025). No entanto, a presença desses compostos pode impactar negativamente os microrganismos benéficos, interferindo na colonização radicular, na sobrevivência bacteriana e, conseqüentemente, na eficácia dos inoculantes aplicados.

Compreender essas interações biológicas e químicas é essencial para que se possa estabelecer estratégias integradas de manejo, nas quais tecnologias biológicas e sintéticas coexistam de forma complementar, promovendo uma agricultura mais eficiente e ambientalmente equilibrada (Banks & Laubmeier, 2023). Nesse sentido, torna-se necessário avaliar não apenas a eficácia individual dos insumos utilizados, mas também suas possíveis interações no ambiente agrícola.

Neste trabalho, foi realizada uma avaliação da compatibilidade biológica *in vitro* entre isolados bacterianos xerotolerantes e os isolados padrões de *Azospirillum brasilense* Ab-V5 e *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 5080, amplamente utilizado em programas de inoculação de soja no Brasil. Além disso, buscou-se investigar a tolerância desses isolados bacterianos aos principais agroquímicos sintéticos empregados no tratamento de sementes. Os resultados dessa pesquisa visam contribuir para o aprimoramento das estratégias de inoculação em soja, considerando a compatibilidade entre microrganismos benéficos e defensivos agrícolas, e oferecendo subsídios para o uso mais eficaz e racional dos recursos biológicos e químicos na produção agrícola.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Biotecnologia Agrícola e Ambiental (BIOTA) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), campus de Alegre/ES. Foram utilizados oito isolados bacterianos previamente selecionados por sua tolerância à dessecação (xerotolerância) e potencial promotor de crescimento vegetal. Esses isolados pertencem à coleção de microrganismos do laboratório e foram obtidos de amostras de solo coletadas na região de Guarapari/ES.

Para avaliação da compatibilidade biológica entre os isolados e os inoculantes comerciais *Azospirillum brasilense* Ab-V5 e *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 5080, foram conduzidos ensaios de antibiose *in vitro*. Os isolados foram cultivados separadamente em tubos de ensaio de 25 mL contendo 5 mL de meio líquido: DYGS modificado ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$: glicose 2,0; ácido málico 2,0; extrato de levedura 2,0; peptona 1,5; ácido glutâmico 1,5; K_2HPO_4 0,5; $\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,5; pH 6,8) para *A. brasilense*, e LM modificado ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$: manitol 5,0; extrato de levedura 0,5; K_2HPO_4 0,5; $\text{MgSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,5; NaCl 0,1; pH 6,8) para *B. japonicum*. As culturas foram incubadas a 28 °C por 8 horas, sob agitação constante a 180 rpm. A densidade óptica das suspensões bacterianas foi ajustada para $\text{DO}_{600} = 0,1$ (aproximadamente $10^8 \text{ UFC}\cdot\text{mL}^{-1}$) utilizando espectrofotômetro. O meio de cultura correspondente foi suplementado com ágar ($18 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), vertido em placas de Petri e inoculado com uma das linhagens. Após a solidificação, 10 μL da suspensão da linhagem comparativa foi aplicada em quatro pontos da placa. As placas foram incubadas a 28 °C por 24 horas em câmara BOD. A presença ou ausência de halo de inibição ao redor dos pontos indicou a compatibilidade entre os microrganismos testados.

A tolerância dos isolados bacterianos aos agroquímicos ciantraniliprole (inseticida) e difenoconazol (fungicida), foi avaliada pela técnica de difusão. Utilizando o meio Ágar Nutriente ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$: peptona 5,0; NaCl 5,0; extrato de carne 1,5; extrato de levedura 1,5; ágar 15,0; pH $7,4 \pm 0,2$), suplementado com concentrações crescentes dos agroquímicos: difenoconazol (0,05%, 0,25% e 0,60% v/v) e ciantraniliprole (0,15%, 0,17% e 0,50% v/v), conforme recomendações de aplicação agrícola. Após a solidificação do meio contendo os agroquímicos, discos de 5 mm de diâmetro foram recortados e posicionados sobre placas previamente inoculadas com os isolados, por estriamento com 30 μL de suspensão bacteriana ($\text{DO}_{600} = 0,1$). As placas foram incubadas a 28 °C por 24 horas. A presença de halo de inibição ao redor dos discos foi registrada como indicativo de sensibilidade ao composto químico. A análise foi qualitativa, permitindo identificar os isolados com maior tolerância aos produtos testados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos experimentos estão sintetizados na Tabela 1, que mostra análise de compatibilidade entre os isolados com *A. brasilense* Ab-V5 e *B. japonicum* SEMIA 5080 e tolerância dos isolados aos agroquímicos testados em diferentes concentrações, classificados como positivos (quando houve colonização do spot) e negativo (quando foi observado um halo de inibição ao redor do spot).

Tabela 1: compatibilidade com *A. brasilense* Ab-V5, *B. japonicum* SEMIA 5080 e tolerância de 8 isolados bacterianos aos agroquímicos, difenoconazol (fungicida) e ciantaniliprole (inseticida) em diferentes concentrações.

Isolados	Compatibilidade		Tolerância		
	<i>Azospirillum brasilense</i> ab-V5	<i>Bradyrhizobium japonicum</i> SEMIA 5080	Dose	Ciantraniliprole	Difenoconazol
Isolado 1	+	+	Mínima	+	-
			Máxima	+	-
			Aérea	+	-
			Mínima	+	-

Isolado 4	+	+	Máxima	+	-
			Aérea	+	-
			Mínima	+	+
Isolado 5	+	+	Máxima	+	-
			Aérea	-	-
			Mínima	+	+
Isolado 6	+	+	Máxima	+	+
			Aérea	-	-
			Mínima	+	+
Isolado 7	+	+	Máxima	+	+
			Aérea	+	-
			Mínima	+	+
Isolado 8	+	+	Máxima	+	+
			Aérea	+	+
			Mínima	+	+
Isolado 9	+	+	Máxima	+	+
			Aérea	+	-
			Mínima	+	-
Isolado 10	+	+	Máxima	+	-
			Aérea	+	-
			Mínima	+	+
<i>Azospirillum brasilense</i> Ab- V5	+	+	Máxima	+	+
			Aérea	+	-
			Mínima	+	+
<i>Bradyrhizobium m japonicum</i> SEMIA 5080	+	+	Máxima	+	+
			Aérea	+	-
			Mínima	+	+

Os testes de antibiose realizados *in vitro* permitiram avaliar a compatibilidade de oito isolados de rizobactérias xerotolerantes, previamente selecionados por sua capacidade promotora de crescimento vegetal, com os as cepas de inoculantes comerciais *Azospirillum brasilense* Ab-V5 e *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 5080. Todos os isolados apresentaram compatibilidade total com ambos os microrganismos, sem formação de halos de inibição nas culturas. Esse resultado evidencia o potencial de co-inoculação dessas bactérias em sistemas agrícolas, especialmente em condições adversas como déficit hídrico e temperaturas elevadas, nas quais rizobactérias xerotolerantes podem desempenhar papel fundamental (Ahemad *et al.*, 2012).

Quanto à tolerância aos agroquímicos, observou-se que o inseticida ciantranilprole apresentou baixa toxicidade para a maioria dos isolados. Seis dos oito isolados (1, 4, 7, 8, 9 e 10) demonstraram tolerância total ao produto em todas as concentrações testadas (mínima, máxima e aérea), o que representa uma taxa de 83,32% de compatibilidade. Os isolados 5 e 6 mostraram-se sensíveis apenas à dose aérea, mais concentrada. Esses achados estão em consonância com os resultados obtidos por Sahu (2019), que avaliou os efeitos do Clorantranilprole sobre a microbiota e enzimas do solo e concluiu que a dose recomendada do produto não afeta significativamente os microrganismos do solo.

Em contrapartida, a exposição ao fungicida difenoconazol revelou maior toxicidade. O isolado 8 foi o único que cresceu em todas as concentrações do produto, demonstrando tolerância total. Os isolados 3, 6, 7 e 9 apresentaram crescimento apenas nas doses recomendadas para aplicação terrestre, sendo inibidos na dose aérea. Já os isolados 1, 4 e 10 não apresentaram crescimento em nenhuma das concentrações testadas, configurando total sensibilidade. O isolado 5 demonstrou tolerância apenas à menor dose terrestre. Com isso, apenas quatro dos oito isolados demonstraram algum nível de tolerância ao difenoconazol, representando uma compatibilidade de 50% entre os isolados testados e o agroquímico. Observou-se, ainda, que os isolados 6 e 8, que apresentam coloração branca, margens

onduladas, brilho opaco e crescimento irregular, foram os mais compatíveis com os agroquímicos testados, com inibição observada apenas na dose aérea de difenoconazol. Tais padrões corroboram com os resultados descritos por (Ahemad *et al.* 2012), que relatam variações na sensibilidade microbiana em função da concentração de defensivos e das características fisiológicas das cepas.

CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo indicam que os isolados bacterianos xerotolerantes possuem alta compatibilidade com os inoculantes comerciais *Azospirillum brasilense* Ab-V5 e *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 5080, o que evidencia seu potencial para utilização conjunta em práticas agrícolas sustentáveis. A avaliação da tolerância aos agroquímicos revelou uma compatibilidade significativa com o inseticida ciantraniliprole (83,32%), enquanto a compatibilidade com o fungicida difenoconazol foi moderada (50%), indicando limitações em aplicações com maiores concentrações, principalmente aéreas. Destaca-se o isolado 8, que apresentou resistência a todas as concentrações testadas, sendo um forte candidato para futuras formulações de bioinoculantes. Esses achados reforçam a importância de avaliar a interação entre microrganismos benéficos e agroquímicos para otimizar o manejo integrado e promover uma agricultura mais eficiente e ambientalmente equilibrada.

AGRADECIMENTOS

À FAPES-ES pelo apoio à pesquisa ao orientador.

REFERÊNCIAS

- AHEMAD, M.; KHAN, M. S. Produtividade de greengram em solo estressado com tebuconazol, utilizando *Bradyrhizobium* sp., tolerante e promotor de crescimento de plantas. *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 1, p. 245-254, 2012.
- BANKS, J. E.; LAUBMEIER, A. Compatibility of biological control and pesticides mediated by arthropod movement behavior and field spatial scale. *Biological Control*, v. 177, p. 105-125, 2023.
- DÍAZ-RODRÍGUEZ, A. M.; MARTÍNEZ, L.; GÓMEZ, J.; PÉREZ, R.; HERNÁNDEZ, F. Microbial inoculants in sustainable agriculture: advancements, challenges, and future directions. *Plants*, v. 14, n. 2, p. 191, 2025.
- LEMI, T.; HAILU, F. Effects of climate change variability on agricultural productivity. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, v. 17, p. 14-20, 2019.
- SAHU, M.; RATH, S.; PRADHAN, A.; BEHERA, S. Dissipação de clorantraniliprole em solos contrastantes e seu efeito em micróbios e enzimas do solo. *Ecotoxicologia e Segurança Ambiental*, v. 180, p. 288-294, 2019.
- TELLES, T. S.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Economic value of biological nitrogen fixation in soybean crops in Brazil. *Environmental Technology & Innovation*, v. 31, p. 103158, 2023.