

## Redução da nodulação na soja com inoculação padrão associada a *Bacillus subtilis* on farm

*Reduction of soybean nodulation with standard inoculation associated with  
Bacillus subtilis on farm*

Estela Kovalski<sup>1\*</sup>, Guilherme Rosa Schwarz<sup>1</sup>, Leticia Zaparolli Perin<sup>1</sup>, Marco Antonio Nogueira<sup>2</sup>, Mariangela Hugria<sup>2</sup>, Sonia Purin da Cruz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Curitibanos, Santa Catarina, Brasil.

<sup>2</sup> EMBRAPA Soja, Londrina, Paraná, Brasil.

\*Autora para correspondência: estelakovalski123@gmail.com

### RESUMO

A agricultura atual enfrenta o desafio de conciliar produtividade com a preservação ambiental e a saúde pública. A saúde única, que integra os aspectos humano, animal e ambiental, ressalta a importância da saúde do solo para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Neste contexto, a utilização de bioinsumos produzidos “on farm” representa um potencial risco, devido à ausência de controle de qualidade e à possibilidade de contaminação microbiológica. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da inoculação padrão e da inoculação padrão associada ao uso de *Bacillus subtilis* multiplicado “on farm” na cultura da soja. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com delineamento inteiramente casualizado, dois tratamentos e seis repetições. Aos 40 dias após a emergência, foram observadas diferenças estatísticas significativas para o número de nódulos, massa de nódulos frescos e massa de nódulos secos. O tratamento com inoculação padrão apresentou média de 10,66 nódulos, 28,53mg de massa de nódulos frescos (MNF) e 9,93mg de massa de nódulos secos (MNS), enquanto o tratamento com inoculação padrão mais o produto “on farm” reduziu esses valores para 4 nódulos, 9,97mg de MNF e 3,52mg de MNS. Os resultados indicam que o uso de inoculantes “on farm” compromete a eficácia da nodulação na soja, o que pode afetar negativamente a produtividade e a sustentabilidade do sistema. Conclui-se que o uso desses produtos deve ser realizado com cautela, considerando os riscos associados à qualidade

microbiológica.

**Palavras-chave:** bioinsumos; microrganismos; saúde do solo.

## ABSTRACT

Current agriculture faces the challenge of reconciling productivity with environmental preservation and public health. One Health, which integrates human, animal and environmental aspects, highlights the importance of soil health for the sustainability of agricultural systems. In this context, the use of bioinputs produced “on farm” represents a potential risk, due to the lack of quality control and the possibility of microbiological contamination. This study aimed to evaluate the effects of standard inoculation and standard inoculation associated with the use of *Bacillus subtilis* multiplied “on farm” in soybean crops. The experiment was conducted in a greenhouse, with a completely randomized design, two treatments and six replicates. At 40 days after emergence, statistically significant differences were observed for the number of nodules, fresh nodule mass and dry nodule mass. The treatment with standard inoculation showed an average of 10.66 nodules, 28.53 mg of fresh nodule mass and 9.93 mg of dry nodule mass, while the treatment with standard inoculation plus the “on farm” product reduced these values to 4 nodules, 9.97 mg of MNF and 3.52 mg of MNS. The results indicate that the use of “on farm” inoculants compromises the efficacy of nodulation in soybean, which can negatively affect the productivity and sustainability of the system. It is concluded that the use of these products should be carried out with caution, considering the risks associated with microbiological quality.

**Keywords:** bioinputs; microorganisms; soil health.

## 1 INTRODUÇÃO

O cenário atual da agricultura enfrenta desafios para equilibrar a produtividade, e preservação ambiental e a saúde pública. A saúde única emerge de uma abordagem integrada entre saúde humana, animal e ambiental. No âmbito agrícola, destaca-se a importância da saúde do solo para a sustentabilidade dos sistemas de produção e a segurança ambiental (Bocaleti *et al.*, 2021). Nesse contexto, a introdução de microrganismos desconhecidos ou com algum potencial patogênico acaba tornando-se um grande risco para o setor agrícola e também torna-se

um problema de saúde pública. Portanto, a partir da do uso de bioinsumos multiplicados em sistema “on farm”, seja para inoculação ou controle fitossanitário, o aumento do inóculo demonstra um enorme risco para a produção agrícola e para o ambiente como um todo.

Estudos sobre a qualidade microbiológica desses produtos vem sendo realizados desde o ano de 2018, e todos apontam para potenciais riscos negativos. Os autores Valicente *et al.* (2018), Lana *et al.* (2019), Santos *et al.* (2020), Bocatti *et al.* (2022), Lana *et al.* (2022), Kovalski *et al.* (2023), Kovalski *et al.* (2024a) e Kovalski *et al.* (2024b) destacam as condições precárias em que as multiplicações são realizadas, sem qualquer tipo de padronização na produção e sem as mínimas condições de assepsia. Todos os estudos realizados apresentaram em seus resultados 100% das amostras de produto multiplicado contaminados. Valicente *et al.* (2018), Lana *et al.* (2019), Bocatti *et al.* (2022) e Lana *et al.* (2022) identificaram em seus estudos microrganismos resistentes a antibióticos e potenciais patógenos. Entre eles, destacam-se bactérias do gênero *Enterococcus*, que já foram relatadas como responsáveis por bacteremia, septicemia, infecções do trato urinário, infecções de feridas, meningites e endocardites em humanos, apresentando inclusive resistência a múltiplos antibióticos (Lana *et al.*, 2022).

Diante desse contexto e da ausência de testes que investigam o efeito do produto multiplicado na planta, o presente estudo teve como objetivo avaliar a eficácia da inoculação com *B. subtilis* multiplicado “on farm” em comparação com a inoculação padrão na cultura da soja.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi implantado no município de Curitiba, em casa de vegetação do campus da UFSC no primeiro semestre de 2024. O experimento foi realizado utilizando o delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos e seis repetições. Os tratamentos avaliados foram T1: Tratamento de inoculação padrão com *Bradyrhizobium japonicum*, T2: Tratamento de inoculação padrão + tratamento de inoculação com *Bacillus subtilis* multiplicado “on farm”.

As análises foram conduzidas semanalmente, e nas duas primeiras semanas observou-se a porcentagem de germinação e os estádios fenológicos. Na terceira realizou-se o raleio deixando somente uma planta por vaso, e sendo monitorado o estágio fenológico, e altura das plantas com o auxílio de uma régua medindo até a gema da planta. Foram coletados dados de

porcentagem de sementes germinadas, estágio fenológico e altura. Quando as plantas encontravam-se aos 40 DAE, realizou-se uma coleta para avaliar o número de nódulos, massa de nódulos frescos e secos, massa da parte aérea fresca e seca, massa das raízes frescas e secas.

Foram coletadas as plantas de cada vaso, evitando perdas de material radicular. Para facilitar a remoção do solo junto com as raízes, os vasos foram tombados. Posteriormente, as raízes foram lavadas com água corrente, em seguida separadas da parte aérea, sendo cortadas no ponto de inserção dos cotilédones. Em seguida, os nódulos foram retirados das raízes para quantificação manual. Cada planta foi submetida à pesagem individual de seus nódulos, parte aérea e raízes em uma balança analítica e posteriormente foram colocados em pacotes de papel pardo e levados à estufa de circulação forçada com temperatura média de 65 °C, até atingirem massa constante, por um período de 3 dias. Após a secagem, o material foi pesado novamente para quantificação de massa de nódulos, raízes e parte aérea seca.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Quando detectadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com o auxílio do *software* R Studio<sup>®</sup> e o uso do pacote ExpDes (Ferreira *et al.*, 2014).

### 3 RESULTADOS

Houve diferença estatística sobre número de nódulos, massa de nódulos frescos, e massa de nódulos secos (Tabela 1). Nenhum tratamento proporcionou efeitos significativos sobre as demais variáveis avaliadas.

**Tabela 1** - Resultado das variáveis referentes à nodulação avaliadas aos 40DAE na cultura da soja. Curitiba, SC.

Variável	Média	C.V. (%)	Pr(>Fc)
Número de nódulos	5,5	67,08	0,0023
Massa de nódulos frescos (mg)	15,8	85,49	0,0401
Massa de nódulos secos (mg)	5,2	96,43	0,0369

A média do número de nódulos do tratamento 1 (inoculação padrão) foi 10,66 e reduziu 4 no tratamento 2 (inoculação padrão + *Bacillus subtilis* “on farm”), conforme apresentado na

Tabela 2. Já a média da massa de nódulos frescos do T1 foi 28,53 mg e reduziu para 9,967 mg no T2. Quanto à média da massa de nódulos secos, o valor observado com o T1 foi 9,933mg e reduziu para 3,517mg no T2.

**Tabela 2** - Resultados das variáveis número de nódulos e peso de nódulos frescos e secos.

Tratamentos	Número de nódulos	Massa nódulos frescos (mg)	Massa nódulos secos (mg)
T1	10,66 a*	28,533 a*	9,933 a*
T2	4 b	9,967 b	3,517 b

\*Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

**Figura 1** - Comparação das raízes de cada tratamento. T1: Tratamento de inoculação padrão com *Bradyrhizobium japonicum*, T2: Tratamento de inoculação padrão + tratamento de inoculação com *Bacillus subtilis* “on farm”.



#### 4 DISCUSSÃO

Durante o experimento, foi observado que a inoculação padrão (Tratamento 1) resultou

Realização

**SIMPÓSIO  
INTER  
NACIONAL**



Financiamento



**fapesc**  
Fundação de Amparo à  
Pesquisa e Inovação do  
Estado de Santa Catarina

Apoio



em uma nodulação mais eficiente em comparação com a inoculação padrão + *Bacillus subtilis* "on farm" (Tratamento 2).

A produção de inoculantes "on farm" enfrenta desafios significativos, como a falta de controle rigoroso das condições de esterilidade e fermentação. Estudos como os de Bocatti *et al.* (2022) destacam que a contaminação microbiológica é um problema comum, o que pode comprometer a eficácia dos inoculantes. A infraestrutura limitada em fazendas dificulta a manutenção de padrões elevados de qualidade. Assim, recomenda-se que os agricultores utilizem inoculantes comerciais para garantir uma nodulação eficiente e alta produtividade da soja. A produção "on farm" de inoculantes, apesar de ser uma alternativa econômica, deve ser abordada com cautela devido aos riscos de contaminação e controle de qualidade (Hungria *et al.*, 2017).

Testes com inoculantes "on farm" em plantas ainda não foram abordados na literatura, sendo este o primeiro estudo realizado. Futuros estudos deveriam focar em otimizar a formulação e aplicação de inoculantes "on farm". A pesquisa contínua e a inovação são essenciais para garantir que a produção de soja continue a crescer de forma sustentável e resiliente sem comprometer a saúde ambiental ou de populações.

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados indicam que o uso deste inoculante "on farm" comprometeu a eficácia da nodulação na soja, o que pode afetar negativamente a produtividade e a sustentabilidade do sistema. Conclui-se que o uso de produtos produzidos em sistema "on farm" deve ser realizada com cautela, considerando os riscos associados à qualidade microbiológica.

## REFERÊNCIAS

BOCATTI, C. R. *et al.* Microbiological quality analysis of inoculants based on *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense* produced "on farm" reveals high contamination with non-target microorganisms. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 53, n. 1, p. 267-280, 2022.

FERREIRA, E. B. *et al.* ExpDes: an R package for ANOVA and experimental designs. **Applied Mathematics**, v. 5, n. 19, p. 2952, 2014.

HUNGRIA, M. *et al.* Inoculum rate effects on the soybean symbiosis in new or old fields under tropical conditions. **Agronomy Journal**, v. 109, p. 1106-1112, 2017. DOI: 10.2134/agronj2016.11.0641

KOVALSKI, E. *et al.* Resultados preliminares da produção de inoculantes em fazenda na região de Curitiba-SC. **Revista Latinoamericana Ambiente e Saúde**, v. 3 (especial), p. 268-275, 2023.

KOVALSKI, E. *et al.* Análises microbiológicas de biossumos multiplicados a partir de *Bacillus* e *Trichoderma* em biofábricas na região de Curitiba-SC. **Saúde e Meio Ambiente: Revista Interdisciplinar**, v. 131-149, 2024b.

KOVALSKI, E. *et al.* Avaliação da qualidade microbiológica de *Trichoderma asperellum* produzido em sistema on farm em Curitiba-SC. 2024a.

LANA, U. G. P. *et al.* Avaliação da qualidade de biopesticidas à base de *Bacillus thuringiensis* produzidos em sistema "on farm". 2019.

LANA, U. G. P. *et al.* Avaliação da qualidade de inoculantes à base de *Bacillus* para promoção de crescimento de plantas produzidos em sistema on farm. 2022.

SANTOS, A.; DINNAS, S.; FEITOZA, A. Qualidade microbiológica de bioprodutos comerciais multiplicados on farm no Vale do São Francisco: dados preliminares. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 34, p. 01-15, 2020.

VALICENTE, F. H. *et al.* Riscos à produção de biopesticida à base de *Bacillus thuringiensis*. **Circular Técnica**, v. 239, p. 20, 2018.