

A INOCULAÇÃO COM BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO EM PLANTAS MELHORA O CRESCIMENTO E A QUALIDADE DO RABENETE (*Raphanus sativus* L.)?

INOCULATION WITH BACTERIA THAT PLANT GROWTH IMPROVES THE GROWTH AND QUALITY OF RABENETE (*Raphanus sativus* L.)?

¹SILVA, B. G.; ²GOUVEIA, A. M. S.

^{1e2}Curso de Ciências Biológicas – Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos- Unifio/FEMM

RESUMO

A biotecnologia chega ao campo para uma inovação ecologicamente sustentável e econômica para os produtores. Estudos com microrganismos edáficos que demonstram resultados positivos para a planta durante seu ciclo, estão cada vez mais presentes na agricultura, são as chamadas bactérias fixadoras de nitrogênio, comumente utilizadas nas culturas de grãos como a soja, milho, feijão e trigo. Objetivou-se avaliar o desempenho das bactérias *Azospirillum brasiliense*, *Pseudomonas fluorescens* e *Bacillus subtilis*, inoculadas em sementes de hortaliças como o rabanete *Raphanus sativus* L., classificada como hortaliça de raiz tuberosa de ciclo curto. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro tratamentos: Controle; *Azospirillum brasiliense*; *Bacillus subtilis*; *Pseudomonas fluorescens*, distribuídos em cinco repetições, aplicados na semente diretamente no sulco de plantio. Após 10 dias do plantio foi realizado o raleio e o espaçamento entre plantas de 10 cm e 15 cm entre linhas. As adubações para cultura foram feitas conforme recomendação do boletim 100. A colheita realizou-se 35 dias após o plantio e efetuou-se as análises sobre os parâmetros produtivos como: massa total (raiz e parte aérea), comprimento total (parte aérea e raiz), diâmetro da raiz, número total de plantas, número de plantas comerciais e não comerciais, massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa fresca da raiz, massa seca da raiz e produtividade. Os resultados foram submetidos ao teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade e demonstrou que os tratamentos com aplicação de: *Pseudomonas fluorescens*, foi eficiente para o crescimento da parte aérea da planta; *Bacillus subtilis* favoreceu desenvolvimento de raízes não comerciais e *Azospirillum brasiliense* apresentaram menor média para os atributos, comprimento da parte aérea da planta e raízes não comerciais.

Palavras-chave: Bactérias Fixadoras de Nitrogênio (FBN); Hortaliças de Ciclo Curto; Blocos ao Acaso.

ABSTRACT

Biotechnology comes to the field for an ecologically sustainable and economic innovation for producers. Studies with edaphic microorganisms that show positive results for the plant during its cycle, are increasingly present in agriculture, are the so-called nitrogen-fixing bacteria, commonly used in grain crops such as soybeans, corn, beans and wheat. The objective was to evaluate the performance of the bacteria *Azospirillum brasiliense*, *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis*, inoculated in vegetable seeds such as the radish *Raphanus Sativus* L., classified as a short-cycle tuberous root vegetable. The experimental design was randomized blocks with four treatments: Control; *Azospirillum brasiliense*; *Bacillus subtilis*; *Pseudomonas fluorescens*, distributed in five replications, applied to the seed directly in the planting furrow. After 10 days of planting, thinning and spacing between plants of 10 cm and 15 cm between rows was performed. Fertilization for the crop was carried out as recommended by bulletin 100. The harvest was carried out 35 days after planting and analyzes were carried out on the productive parameters such as: total mass (root and shoot), total length (shoot and root), root diameter, total number of plants, number of commercial and noncommercial plants, aerial part fresh mass, aerial part dry mass, root fresh mass, root dry mass and productivity. The results were submitted to the Tukey test at the level of 5% of probability and showed that the treatments with application of: *Pseudomonas fluorescens*, was efficient for the growth of the aerial part of the plant; *Bacillus Subtilis* favored the development of non-commercial roots and *Azospirillum Brasiliense* presented the lowest average for the attributes, length of the aerial part of the plant and non-commercial roots.

Keywords: Nitrogen Fixing Bacteria (NNF); Short Cycle Vegetables; Random Blocks.

INTRODUÇÃO

A espécie hortícola (*Raphanus sativus L.*), conhecida popularmente como rabanete pertencente à família das Brassicaceae, tem sua origem na Região Mediterrânea, classifica-se por suas características morfológicas com raízes tubulares em formato globular, de cor externa avermelhada e interior branca, com sabor picante. Essa hortaliça possui qualidades nutraceuticas e medicinais, como ação diurética, antiescorbútico, estimulante das glândulas digestivas, estimulante do fígado que promove o aumento da digestibilidade. É recomendada também, como expectorante combinado ao mel, nos casos de tosses e bronquites (MINAMI; TESSAROLI NETO, 1997).

A cultura apresenta boa adaptação produtiva em diversas regiões do país por ser de ciclo curto, porém, seu melhor desenvolvimento se dá em regiões de clima ameno, plantio nos meses de abril a junho (outono – inverno), no qual exerce interferência na qualidade de suas raízes (COSTA, *et al* 2006). Os vegetais hortícolas são sensíveis aos fatores climáticos extremos. No verão, a grande quantidade de chuva danifica as hortaliças e cria condições favoráveis para o aparecimento de doenças (OLIVEIRA, 2016).

A biotecnologia, desenvolve métodos tecnológicos que amplificam o desempenho das plantas em crescimento e produtividade. Dessa forma, o uso de bactérias fixadoras de nitrogênio (FBN) no quais são capazes de capturar os gases de nitrogênio dispersos na atmosfera, e inocular nas raízes das plantas através de nódulos formados em suas raízes. As rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCPs) constituem um grupo muito amplo de microrganismos, uma vez que sob essa designação incluem-se quaisquer bactérias que vivam na rizosfera e afetem benéficamente o crescimento de uma ou mais espécies vegetais (SILVEIRA, *et al* 2007).

O nitrogênio é totalmente essencial para o crescimento de uma planta e apesar de compor aproximadamente 78% do ar atmosférico, a captura desse gás pela planta depende muito das condições edafoclimáticas em que ela se encontra. As bactérias promotoras de crescimento vegetal são organismos associativos de vida livre com característica endofítica ou não, e que possui mecanismo diretos e indiretos na promoção do crescimento das plantas. Os mecanismos diretos incluem a fixação biológica de nitrogênio, produção de fitormônios de crescimento, capacidade de solubilização de fosfato e mineralização de outros nutrientes. Já os indiretos estão

relacionados indução de resistência a fatores bióticos e abióticos, antagonismo a fitopatógenos e produção de antibióticos (VIEIRA BARROS, 2019).

O trabalho das bactérias fixadoras de nitrogênio constitui um grande valor econômico atualmente principalmente em culturas como a soja, milho, trigo e feijão. A utilização desses microrganismos nessas culturas aumenta a produtividade e as tornam economicamente rentáveis. Na cultura do milho, uma planta C4, o uso de bactérias promotoras de crescimento vegetal destacou-se pelo aumento em produtividade, redução no uso de químicos e na preservação do meio ambiente pela diminuição dos resíduos químicos das aplicações de campo (BRITO, 2019).

A horticultura é um ramo da área agrônômica que está em constante desenvolvimento e novas tecnologias são utilizadas para agregar em uma produção mais efetiva fornecendo qualidade ao vegetal. Uma alternativa para o manejo destas áreas de maneira sustentável é a utilização da biodiversidade local através dos microrganismos presentes na área, com a finalidade de diminuir impacto ambiental e custos nas produções agrícolas (SILVA, 2018).

Os microrganismos são capazes de auxiliar a planta na captura de nitrogênio e estimular a produção de hormônios vegetais que promovem crescimento e desenvolvimento vegetativo, através da expansão das superfícies radiculares e pelos absorventes, acarretam maior absorção de água e nutrientes, melhorando a qualidade e produtividade final do produto agrícola. O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos da inoculação via sementes com *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens* e *Bacillus subtilis* no crescimento, desenvolvimento e produtividade do rabanete (*Raphanus sativus* L.).

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em propriedade particular, uma chácara localizada no norte pioneiro paranaense no município de Guapirama, com latitude 23° 31' 1" S e longitude 50° 2' 53" O, com elevação ao nível do mar 490m. A região apresenta clima subtropical úmido mesotérmico, onde os parâmetros pluviais são cerca de

1.200 e 1.400 mm anuais e temperatura média anual acima de 22°C no verão e inferior a 18°C no inverno, com estações de estiagem em períodos de baixas temperaturas. O solo é classificado em Latossolo Roxo.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro tratamentos e cinco repetições disposto em canteiros de 4m x 1m, totalizando uma área total de 20 m², cada parcela com 1m². Os tratamentos foram: T0 – controle: (sem inoculação); T1 – *Azospirillum brasiliense*; T2 – *Bacillus subtilis*; T3 – *Pseudomonas fluorescens*.

As estirpes utilizadas estão inseridas na Coleção de Culturas de Bactérias Diazotróficas e Promotoras de Crescimento de Plantas da Embrapa Soja, WFCC # 1213, WDCM # 1054. O inoculante contendo as estirpes de *A. brasiliense* foi preparado em meio DYGS. O inoculante contendo *P. fluorescens* e o inoculante contendo *B. subtilis* foram preparados em meio TSB (Tryptic Soy Broth, Acumedia®) 30 g L⁻¹. As bactérias foram crescidas nos respectivos meios de cultura líquido por 72 h no escuro, a 28 °C e a 120 rpm. A concentração de todos os inoculantes foi ajustada para aproximadamente, 2,0 × 10⁸ UFC mL⁻¹.

Diluiu-se em água 5ml de inoculante de cada bactéria para 1L de água. Depois da diluição, os tratamentos foram aplicados com uma micropipeta nos sulcos de plantio junto a semente de rabanete em uma dose de 2,0 X 10⁵ UFC por semente, de cada bactéria em seu respectivo tratamento. Foram utilizadas sementes certificadas de rabanete (*Raphanus sativus L.*) da cultivar Crimson Gigante, da FELTRIN SEMENTES®. As sementes foram semeadas nos seguintes espaçamentos: 15 cm entre linhas e 10 cm entre as plantas, sendo assim contabilizadas 10 plantas por metro linear, totalizando 60 plantas por m².

Foi realizada a análise de solo da área experimental para correção da fertilidade e condução da cultura segundo a recomendação do Boletim 100 (TABELA 1).

Tabela 1. Análise de solo da área experimental. UNIFIO, 2022.

C	MO	pH CaCl ₂	S	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al ³⁺	SB	CTC pH 7	V%	Sat Al	Sat. Ca	Sat. Mg	Sat. K
g/dm ³			mg/ dm ³			----- mmol/dm ³ -----					----- % da CTC -----					
17	30	4,8	13	34	1	31	10	54	10	42	96	44	10	32	10	1
Argila		Silte		Areia		TIPO										
		g/Kg														
275		171		554		2										

Fonte: Laboratório de solo da UNIFIO, 2022.

Para correção dos níveis de alumínio no solo foi aplicado 630 g de calcário por m². A adubação foi realizada seguindo o Boletim 100 para cultura de rabanete, levando em consideração os resultados da análise do solo, no qual foram aplicados 240 kg de

P₂O₅ por hectare (46 g de MAP por m²) na adubação de base, e aplicações de 180 kg de K₂O por hectare (30 g de KCl por m²), e 120 kg de N por hectare (60 g de sulfato de amônia por m²) aplicado em cobertura de forma parcelada ao 7°, 14° e 21° dias após emergência.

Foram analisados:

- comprimento total e diâmetro das raízes, com uso de régua e paquímetro e os resultados expressos em centímetros (cm);
- massa total das plantas e massas das raízes, aferidos com uso de balança digital e os resultados apresentados em gramas (g)
- classificação comercial, conforme normas da CEAGESP, considerando raízes sem defeitos aparentes em relação ao número total de raízes colhidas por tratamento (raízes comerciais) e não comerciais (com defeitos aparentes); estimativa da produtividade média em toneladas por hectare.

Por fim, os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias observadas serão submetidas ao teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade, com uso do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2 estão apresentados os valores do teste F, graus de liberdade (GL), coeficiente de variação (CV) e médias das características avaliadas no rabanete dentro dos tratamentos estudados. Para as características de produção como: massa total da planta, comprimento de raiz, diâmetro de raiz, número de plantas, raízes comerciais, massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, massa fresca da raiz, massa seca das raízes e produtividade não apresentaram efeito significativo entre os tratamentos. Obtivemos resultados significativos por tratamento nas avaliações de comprimento da parte aérea e número de raízes não comerciais (TABELA 2). Para o comprimento da parte aérea das plantas de rabanete a inoculação com *Pseudomonas fluorescencens* apresentou melhor desenvolvimento vegetativo e a inoculação com a bactéria *Azospirillum brasiliense* apresentou desempenho inferior comparado a *Pseudomonas fluorescencens* (TABELA 3). Já para número de plantas não comerciais a inoculação com *Bacillus subtilis* apresentou a maior média comparada aos demais tratamentos e *Azospirillum brasiliense* a menor média (TABELA 3). Com isso, observou que os rabanetes submetidos ao tratamento com *Azospirillum brasiliense* promoveu a formação de reduzida quantidade de raízes não comerciais, uma vantagem para o

produtor na redução de perda em produção comparada a inoculação com *Bacillus subtilis*.

Tabela 3- Atributos do comprimento da parte aérea e plantas não comerciais de rabanete cultivadas em diferentes tratamentos de inoculação: controle não inoculado, Controle (T0), inoculado com *Azospirillum brasiliense* (T1), *Bacillus subtilis* (T2) e *Pseudomonas fluorescens* (T3). UNIFIO, 2022.

Tratamento	Comprimento da parte aérea	Nº de plantas não comerciais
Controle (T0)	25,77 ab	23,20 bc
<i>Azospirillum brasiliense</i> (T1)	21,10 b	17,80 c
<i>Bacillus subtilis</i> (T2)	26,05 ab	39,20 a
<i>Pseudomonas fuorescens</i> (T3)	29,00 a	31,40 ab

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si, de acordo com os valores mais significativos Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo critério do Teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade. $F=3,39$ e $2,95$, respectivamente; CV: 15,55 e 13,10, respectivamente.

As médias significativas ocorreram dentre os cinco blocos, nos requisitos de:

- Avaliação de massa total de plantas, onde as médias foram próximas entre os blocos;
- Números de raízes comerciais, onde o bloco 1 demonstrou um melhor desempenho mediante aos demais;
- Número de raízes não comerciais, o bloco 4 demonstrou uma maior média;
- Massa fresca de raiz, bloco 1 e 3 com maiores médias;
- Produtividade, bloco 1 e 3 com maiores médias.

O efeito significativo dos blocos pode ter sido demonstrado pela localidade de cada bloco na área experimental. O bloco 4 demonstrou as médias mais baixas pois este se encontrava próximo a uma árvore que conseqüentemente, levou a uma menor disponibilidade de radiação solar para os tratamentos presentes neste bloco.

Tabela 2- Valores do teste F, graus de liberdade (GL), coeficiente de variação (CV) e médias das características avaliadas no rabanete dentro dos tratamentos utilizados. – UNIFIO, Ourinhos/SP - 2022

FV	GL	Massa total planta (g)	Comprimento parte aérea (cm)	Comprimento raiz (cm)	Diâmetro raiz (cm)	Número de plantas (m linear)	Raízes Comerciais	Raízes não comerciais	Massa fresca parte aérea (g)	Massa seca parte aérea (g)	Massa fresca das raízes (g)	Massa seca das raízes (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Bloco	4	4,54*	0,98ns	0,86ns	3,23ns	0,99ns	12,16*	18,71*	1,31ns	2,03ns	5,38*	2,55ns	5,19*
Tratamento	3	0,50ns	3,39*	0,22ns	0,66ns	2,95ns	1,21ns	15,40*	0,35ns	1,94ns	0,52ns	1,39ns	0,67ns
CV%		16,19	15,55	19,46	8,28	13,10	22,48	19,16	23,11	22,89	21,19	29,49	15,90
Média		46,87	25,48	4,66	10,95	54,45	25,55	27,90	5,08	1,78	5,01	1,30	24637,80

NS= não significativo., *=significativo a 5% de probabilidade., submetidas ao teste de Tukey à 5 % probabilidade.

Tabela 4- Atributos de massa total, raízes comerciais, raízes não comerciais, massa fresca da raiz e produtividade, adquiridas. UNIFIO, 2022.

Bloco	Massa total	Raízes Comerciais	Não comerciais	Peso raiz fresco	Produtividade
1	55,01 a	36,00 a	22,50 b	6,49 a	29042,64 a
2	47,70 ab	28,25 ab	19,00 b	5,11 ab	25185,60 ab
3	52,80 a	32,25 ab	20,50 b	5,52 a	27852,00 a
4	34,50 b	11,00 c	47,00 a	3,12 b	17693,28 b
5	44,70 ab	20,25 bc	30,50 b	4,82 ab	23415,48 ab

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si, de acordo com os valores mais significativos pelo teste de Tukey à 5 % de probabilidade.

CONCLUSÃO

Diante as médias estatísticas, podemos afirmar que a inoculação com *Pseudomonas fluorescences* demonstrou médias significativas positivas, para o desenvolvimento e crescimento das plantas de rabanete no parâmetro relacionado ao comprimento da parte aérea. Para o tratamento inoculado com *Bacillus subtilis* apresentou médias significativas maiores para número de raízes não comerciais. Plantas de rabanete inoculadas com *Azospirillum brasiliense* apresentaram menor média para os atributos, comprimento da parte aérea da planta e raízes não comerciais.

Nas variações de médias dos blocos observamos que houve uma grande diversidade de médias significativas, esse fato se deu por conta da localidade dos blocos, fatores como a luz é uma das principais suspeita por tamanha variação.

REFERÊNCIAS

- ANDREOLA, Faustino; FERNANDES, S. A. P. A microbiota do solo na agricultura orgânica e no manejo das culturas. **Microbiota do solo e qualidade ambiental. Campinas: Instituto Agrônômico**, p. 21-37, 2007.
- BARROS, Letícia Vieira. **Uso de inoculante comercial de *Azospirillum brasiliense* na produção de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.) sob cultivo orgânico**. 2019.
- BRITO, Tauane Santos *et al.* **Métodos de inoculação de *Azospirillum brasilense* e sua influência na promoção de crescimento do milho**. 2019.
- COSTA, CACIANA C., et al. "Crescimento, produtividade e qualidade de raízes de rabanete cultivadas sob diferentes fontes e doses de adubos orgânicos." **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 118-122, 2006.
- COSTA, C. C., DE OLIVEIRA, C. D., SILVA, C. J. D., TIMOSSI, P. C.; LEITE, I. C. Crescimento, produtividade e qualidade de raízes de rabanete cultivadas sob diferentes fontes e doses de adubos orgânicos. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 118-122, 2006.
- DA COSTA, Sidney Anderson Teixeira et al. Extensão rural para conservação do solo na agricultura familiar. **Extensão em Foco**, n. 20, 2020.
- DE MELLO MIRA, William Vinicius et al. APLICAÇÃO DE BIOINOCULANTES DE SOLO COMPOSTADO PARA PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO DE RÚCULA (*Eruca sativa*), CENOURA (*Daucus carota sativus*) e RABANETE (*Raphanus sativus*). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 16, n. 2, p. 117-122, 2021.

FERREIRA, D.F. **Sistema de análises de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, 2016. (SISVAR 5. 3. pacote computacional).

LINHARES, Paulo César Ferreira et al. Produtividade de rabanete em sistema orgânico de produção. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 5, p. 21, 2010.

MAGRO, Maurício Rosa *et al.* **Resposta da cultura da soja a inoculação com bactérias promotoras de crescimento e pulverização de bioestimulante**. 2018.

MARIN, Victor Augustus et al. **Fixação biológica de nitrogênio: bactérias fixadoras de nitrogênio de importância para a agricultura tropical**. 1999.

MINAMI, K.; TESSARIOLI NETTO, J. **Rabanete: cultura rápida, para temperaturas amenas e solos areno-argiloso**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 27 p. (Produtor Rural, 4).

OLIVEIRA, Camila Beatriz da Silva. **Ensaio de cultivares de salsa (*Petroselinum crispum*) em canteiro sob ambiente protegido**. Brasília: Universidade de Brasília Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - Curso De Agronomia, 2016.

SILVA, Júlio César. **Bactérias Fixadoras De Nitrogênio E Fungos Micorrízicos Arbusculares Em Hortaliças**. Goianésia/GO: Faculdade Evangélica De Goianésia. 2018.