



AVALIAÇÃO DO SISTEMA RADICULAR NA CULTURA DA SOJA EM FUNÇÃO DE TRATAMENTOS DE COINOCULAÇÃO

MORETTI, L.G.¹; CRUSCIOL, C.A.C.¹; HUNGRIA, M.²; SANTOS JUNIOR, V.F.¹; BATISTA, F.K.¹; VIEIRA, T.S.¹; CRUZ, J.M.¹; MARICATO, L.D.¹; CÔRREA, L.M.¹; SUEIRO, G.N.¹; CHECCO, M.¹; ABRAMI, L.S.¹; CAMARGO, A.W.M.¹, OLIVEIRA, C.S.¹; PEREIRA, J.G.D.¹

¹Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Faculdade de Ciências Agrônomicas - FCA, Botucatu - SP, souzamoretti@gmail.com; ²EMBRAPA Soja, Londrina - PR.

Com a atual deterioração ambiental, causada, entre outros fatores, pelo aumento progressivo da população mundial, o Brasil, em um futuro próximo, se destacará como um celeiro de alimentos mundial. Entre as culturas que desempenham papel importante no cenário agrícola brasileiro, destaca-se a soja [*Glycine max* (L.) Merr.]. A substituição de fertilizantes por biofertilizantes e inoculantes contendo bactérias rizosféricas fixadoras de nitrogênio (rizóbios) e promotoras do crescimento de plantas (BPCPs) pode diminuir os custos de produção para os agricultores e diminuir a poluição ambiental, através da redução da emissão de gases poluentes, e contaminações de solos e lençóis freáticos. Segundo Huergo et al. (2008), essas bactérias podem estimular o crescimento das plantas por vários mecanismos, sendo a FBN o mais importante. Além disso, há também o aumento na atividade da redutase do nitrato quando crescem endofiticamente nas plantas (Cassán et al., 2008), produção de hormônios como auxinas, citocininas, giberelinas (Bottini et al., 1989), etileno e uma variedade de outras moléculas, e solubilização de fosfato. Provavelmente, pelo maior crescimento radicular e melhor nutrição das plantas, há também vários relatos de maior tolerância a agentes patogênicos de plantas, e fatores abióticos (Fukami et al., 2017). Os microrganismos rizosféricos conhecidamente produzem compostos derivados de seu metabolismo secundário, que aumentam sua sobrevivência e podem, ainda, promover o crescimento vegetal. Entre esses compostos destacam-se os antimicrobianos, exopolissacarídeos, lipoquitooligossacarídeos (LCOs) e hormônios vegetais. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os efeitos da coinoculação por microrganismos no desenvolvimento do sistema radicular de plantas de soja. O experimento foi desenvolvido por duas safras (2016/17 – 2017/18), com delineamento em blocos ao acaso (DBC), em estufa na UNESP – Faculdade de Ciências Agrônomicas, localizada no município de Botucatu (SP). Foram realizados 8 tratamentos de inoculação constituídos por oito combinações entre: *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079), *B. diazoefficiens* (SEMIA 5080), metabólitos microbianos secundários - MMS [*B. diazoefficiens* (USDA110) + *Rhizobium tropici* (CIAT 889)] inoculados via sementes, *Bacillus subtilis* (estirpe QST 713, pulverização foliar em estágio fenológico - V₃), *Azospirillum brasilense* (estirpes Ab-V5 e Ab-V6, pulverização foliar em estágio fenológico - V₄). As sementeiras foram realizadas em vasos com 25 L de solo corrigido (V% 70); a adubação realizada consta na Tabela 1. O cultivar utilizado foi o BRS 317, conduzindo-se 3 plantas por vaso. Todas as sementes foram tratadas com fungicida (Vitavax + Thiran) na dose de 100 g i.a. 100 kg sementes⁻¹. Nas inoculações via sementes foi adicionada solução açucarada a 10%, em volume de 250 mL 50 kg⁻¹ de sementes. Utilizou-se para a inoculação dos metabólitos microbianos secundários (MMS) 2 mL kg⁻¹ de semente (1,2 milhões de células semente⁻¹). Os tratamentos com a inoculação via foliar por *Bacillus subtilis* no estágio fenológico V₃ utilizaram a dose de 2 L ha⁻¹, com garantia de 1,0 x 10⁹ UFC (unidades formadoras de colônia) mL⁻¹,



volume de calda de 200 L ha⁻¹. Para os tratamentos com a inoculação via foliar por *Azospirillum brasilense*, no estágio fenológico V₄, empregou-se a dose de 300 mL ha⁻¹, com garantia de 2,0 x 10⁸ UFC mL⁻¹, volume de calda de 150 L ha⁻¹. Em todos os tratamentos houve a aplicação foliar no estágio V₄ de 20 g ha⁻¹ de Mo e 2 g ha⁻¹ de Co. Os tratamentos fitossanitários na cultura da soja foram realizados conforme a necessidade e sua recomendação. O projeto seguiu todas as solicitações do Protocolo Oficial para avaliação da viabilidade e eficiência agrônômica de cepas, inoculantes e tecnologias relacionadas ao processo de fixação biológica de nitrogênio em leguminosas. Todos os inoculantes foram atestados pelo Laboratório de Biotecnologia do Solo da Embrapa Soja, segundo metodologia da Instrução Normativa nº 30 do MAPA. No estágio R₂ foi coletado o sistema radicular dos tratamentos. Após a limpeza, as amostras foram acondicionadas em recipientes plásticos contendo álcool etílico a 30% para aumentar o tempo de conservação e armazenadas sob refrigeração a 2 °C. As amostras de raízes foram submetidas a um *scanner* de leitura ótica, na resolução de 300 dpi, e suas imagens digitalizadas e analisadas com o programa WinRhizo versão 3.8-b (Regent Instrument Inc.), para determinar o diâmetro, comprimento e volume do sistema radicular, segundo o método de Tennant (1975). Em seguida, as amostras de raízes foram colocadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação forçada de ar a 65° C por 72 h para determinação da massa de matéria seca radicular. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e, em seguida, à análise de variância - ANOVA pelo teste F ($p \leq 0,05$) e ao teste de médias Scott & Knott. Encontra-se nas Tabelas 2 e 3 os valores de *P* e médias para o diâmetro, comprimento, volume e massa de matéria seca de planta em função dos tratamentos utilizados nos dois anos de experimentação. Ressalva-se que experimentos conduzidos em vasos normalmente resultam em maiores valores do que experimentos a campo. Foi observado efeito significativo apenas para o volume radicular e a massa de matéria seca no primeiro ano de condução, demonstrando efeito superior dos tratamentos utilizados em relação ao padrão utilizado atualmente pelos produtores brasileiros (SEMIA 5079 e 5080). Neste sentido, é possível melhorar aspectos da fisiologia e morfologia da planta, com a utilização de novos inoculantes à base de bactérias diazotróficas e promotoras de crescimento, promovendo efeitos sinérgicos entre os microrganismos, e repercutindo na simbiose planta-microrganismos.

Agradecimentos

À FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO - FAPESP pela Bolsa de Doutorado (Projeto 2016/23699-8) concedida ao primeiro autor, proporcionando os resultados obtidos neste trabalho.

Referências

- BOTTINI, R.; FULCHIERI, M.; PEARCE, D.; PHARIS, R. Identification of gibberelins A1, A3, and iso-A3 in cultures of *A. lipoferum*. **Plant Physiology**, Rockville, v.90, n.1, p.45-47, 1989.
- CASSÁN, F.; SGROY, V.; PERRIG, D.; MASCIARELLI, O.; LUNA, V. Producción de fitohormonas por *Azospirillum* sp. aspectos fisiológicos y tecnológicos de la promoción del crecimiento vegetal. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. (Ed.). ***Azospirillum* sp.:** cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, p.61-86, 2008.
- FUKAMI, J.; OLLERO, F. J.; MEGIAS, M.; HUNGRIA, M. Phytohormones and induction of plant-stress tolerance and defense genes by seed and foliar inoculation with *Azospirillum brasilense* cells and metabolites promote maize growth. **AMB Express**, v.7, n. 153, 13 p., 2017.



HUERGO, L.F.; MONTEIRO, R.A.; BONATTO, A.C.; RIGO, L.U.; STEFFENS, M.B.R.; CRUZ, L.M.; CHUBATSU, L.S.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense*. In: CASSÁN, F. D.; GARCIA DE SALAMONE, I. ***Azospirillum sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina***. Argentina: Asociación Argentina de Microbiología, p.17-35, 2008.

TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. ***Journal of Ecology***, Oxford, v.63, n.3, p.995-1001, 1975.

Tabela 1. Adubação realizada nos experimentos em estufa. Botucatu, 2016-18.

P	K	S	Ca	Zn	B	Mn	Cu
.....mg kg ⁻¹							
200	150	1,5	1	5	1,5	1	0,5

Tabela 2. Valores de *P* e médias para diâmetro (D), comprimento (C), volume (V) e massa de matéria seca de raízes (MMSR) da cultura da soja em função dos tratamentos utilizados. Botucatu, 2016/17.

Tratamento	D	C	V	MMSR
	mm	m planta ⁻¹	cm ³ planta ⁻¹	g planta ⁻¹
SEMIA 5079 e 5080	0,32	41,3	39,4 b	4,1 b
SEMIA 5079 e 5080 + MMS	0,37	48,9	51,9 a	6,5 a
SEMIA 5079 e 5080 + MMS + <i>B. subtilis</i>	0,33	57,6	50,6 a	6,4 a
SEMIA 5079 e 5080 + MMS + <i>A. brasilense</i>	0,34	56,8	53,8 a	6,3 a
SEMIA 5079 e 5080 + MMS + <i>B. subtilis</i> + <i>A. brasilense</i>	0,32	58,1	47,8 a	7,5 a
SEMIA 5079 e 5080 + <i>B. subtilis</i> + <i>A. brasilense</i>	0,34	51,8	48,9 a	6,5 a
SEMIA 5079 e 5080 + <i>B. subtilis</i>	0,32	59,9	49,6 a	5,8 a
SEMIA 5079 e 5080 + <i>A. brasilense</i>	0,36	52,3	49,3 a	5,9 a
<i>P</i> valor	0,325	0,548	0,048*	0,001**
C.V., %	10,2	25,7	10,9	11,6

Letras iguais não diferem entre si na mesma coluna pelo teste de Scott & Knott a 5%.

Tabela 3. Valores de *P* e médias para diâmetro (D), comprimento (C), volume (V) e massa de matéria seca de raiz (MMSR) da cultura da soja em função dos tratamentos utilizados. Botucatu, 2017/18.

Tratamento	D	C	V	MMSR
	mm	m planta ⁻¹	cm ³ planta ⁻¹	g planta ⁻¹
SEMIA 5079 e 5080	0,30	40,0	35,3	7,6
SEMIA 5079 e 5080 + MMS	0,29	48,8	42,6	8,8
SEMIA 5079 e 5080 + MMS + <i>B. subtilis</i>	0,33	44,8	40,6	9,1
SEMIA 5079 e 5080 + MMS + <i>A. brasilense</i>	0,32	46,0	41,3	8,6
SEMIA 5079 e 5080 + MMS + <i>B. subtilis</i> + <i>A. brasilense</i>	0,32	49,1	42,0	8,2
SEMIA 5079 e 5080 + <i>B. subtilis</i> + <i>A. brasilense</i>	0,37	47,2	39,2	8,5
SEMIA 5079 e 5080 + <i>B. subtilis</i>	0,33	51,9	46,6	9,5
SEMIA 5079 e 5080 + <i>A. brasilense</i>	0,33	45,2	38,1	8,4
<i>P</i> valor	0,682	0,400	0,493	0,489
C.V., %	15,4	28,3	29,48	11,7

Letras iguais não diferem entre si na mesma coluna pelo teste de Scott & Knott a 5%.