

Efeitos da co-inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Bradyrhizobium japonicum* no sistema solo-planta

Nobile F.O¹, Anunciação, M.G², Bárbaro-Torneli I.M³, Machado P.C⁴

1. Eng. Agr., Prof. Dr. , Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos ,
fonobile@gmail.com

2. Eng. Agr., Mestranda, Universidade Federal de Uberlândia, gabriela.anunciacao@ufu.br

3. Eng. Agr., Pesquisadora, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios,
imarino@apta.sp.gov

4. Eng. Agr., Diretora, BioAgroCert, paulamachado@bioagrocet.com.br

Resumo: O uso de inoculante na agricultura vem atingindo grandes proporções, uma vez que estes promovem a capacidade de atenuar os gastos com fertilizantes químicos e pesticidas. . Deste modo, o trabalho teve por objetivo estudar os efeitos de diferentes modos de aplicação da co-inoculação para verificar a relação existente entre o teor de macronutrientes na planta e melhorias nos atributos químicos do solo. O experimento foi conduzido no município de Colina em área pertencente a APTA/PRDTA-AM com a utilização da cultivar SYN 1360 IPRO cujos tratamentos foram inoculação simples (*Bradyrhizobium*) e inoculação mista (*Bradyrhizobium* + *Azospirillum*) com três sistemas de aplicação: sulco, semeadura e sulco + semeadura. As plantas para foram coletadas no início do florescimento e secas em estufa para posterior avaliação de macronutrientes. Após arranquio da cultura, foram coletadas amostras de solo de 0-20 cm em cada parcela experimental para determinação dos atributos químicos nos diferentes tratamentos testados. Em todos os tratamentos foram apresentados valores de macronutrientes adequados, apesar da inoculação e da co-inoculação se destacarem para nitrogênio e fósforo. Os valores obtidos a partir das análises de solo identificaram que mesmo após o arranquio da cultura, independente da forma de aplicação e da bactéria utilizada, os valores de potássio, fósforo e cálcio foram maiores, em função da composição dos nódulos que exigem grandes teores de cálcio. Sendo assim, conclui-se que a inoculação e a co-inoculação promovem efeitos benéficos na absorção e acúmulo de macronutrientes nas folhas e na disponibilidade de bases para o solo.

Palavras chave: Fertilidade do solo, Fitobactérias, Simbiose

Effects of co-inoculation with *Azospirillum brasilense* and *Bradyrhizobium japonicum* on the soil-plant system

The use of inoculants in agriculture is reaching large proportions, as they promote the ability to reduce the costs of chemical fertilizers and pesticides. Thus, the aim of this work was to study the effects of different modes of application of co-inoculation to verify the relationship between the macronutrient content in the plant and improvements in the chemical attributes of the soil. The experiment was carried out in the municipality of Colina in an area belonging to APTA/PRDTA-AM using the cultivar SYN 1360 IPRO whose treatments were single inoculation

(*Bradyrhizobium*) and mixed inoculation (*Bradyrhizobium* + *Azospirillum*) with three application systems: furrow, seeding and furrow + seeding. Plants were collected at the beginning of flowering and dried in a greenhouse for further evaluation of macronutrients. After crop start-up, 0-20 cm soil samples were collected in each experimental plot to determine the chemical attributes in the different treatments tested. In all treatments, adequate macronutrient values were presented, although inoculation and co-inoculation stood out for nitrogen and phosphorus. The values obtained from the soil analysis identified that even after the crop was started, regardless of the form of application and the bacteria used, the values of potassium, phosphorus and calcium were higher, depending on the composition of the nodules that require high levels of calcium. Thus, it is concluded that inoculation and co-inoculation promote beneficial effects on the absorption and accumulation of macronutrients in the leaves and on the availability of bases for the soil.

Keywords: Soil fertility, Phytobacteria, Symbiosis

Introdução: O uso de microrganismos em culturas de grande expressão como a soja, vem sendo extensamente investigado, haja vista que a inoculação apresenta-se como responsável por uma série de resultados benéficos comprovados cientificamente que induzem tanto ao aumento da produtividade das plantas quanto ao aumento na economia de insumos, uma vez que a fixação biológica de nitrogênio (FBN) traz uma economia anual de cerca de R\$ 14 bilhões que seriam empregados na aquisição de fertilizantes nitrogenados para externar o potencial produtivo da cultura (Hungria, Mendes e Mercante, 2013). É necessário destacar a importância da co-inoculação na vertente ambiental, uma vez que diminui a produção de fertilizantes nitrogenados que, apesar de serem a forma mais facilmente assimilada pelas plantas, apresentam elevado gasto de energia, dessa maneira a co-inoculação reduz a produção de gases do efeito estufa (Hungria, Campos e Mendes, 2003). A eficiência do procedimento de co-inoculação, porém, depende de uma série de fatores bióticos e abióticos intimamente ligados ao solo como a ação dos microrganismos já presentes na biota e características físico-químicas (Bizarro, 2008). A interação das raízes com o biofilme bacteriano está relacionada com a química do solo, especialmente a disponibilidade de nutrientes. Dessa maneira, o desempenho do *Bradyrhizobium* pode proporcionar o acréscimo de fósforo e ferro (Antoun e Prevoust, 2005) e a alta taxa de desenvolvimento das raízes promovidas pelo *Azospirillum* pode modificar a estrutura da rizosfera, em função do aumento da taxa de exsudação (Dobellaere, 2001). É possível destacar, ainda, que há forte correlação entre a composição e a diversidade de bactérias com o pH do solo. Os efeitos benéficos da inoculação sob o solo foram estudados por Kohler et al. (2006) indicando que o procedimento influencia no aumento da estabilidade dos agregados. O solo está em constante mutação, de forma que as características físicas e químicas dependem fortemente das condições às quais este está inserido. Isto posto, o projeto objetivou estudar os efeitos de diferentes modos de aplicação da co-inoculação em soja para verificar as relações existentes entre alguns caracteres da planta e com a melhoria em atributos químicos do solo.

Material e Métodos: O experimento foi conduzido no município de Colina em área pertencente ao Polo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios da Alta Mogiana APTA/PRDTA com utilização da cultivar SYN 1360 IPRO. O solo da região consta de um Latossolo vermelho distrófico (Embrapa, 2013). Após a coleta os solos tiveram suas características químicas avaliadas (Tabela 1).

Tabela 1. Valores obtidos na análise de solo anterior à instalação do experimento nos

municípios de Colina e Jaboticabal

Análise de rotina dos macronutrientes								
pH (CaCl ₂)	P (mg.dm ³)	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V%
-----mmolc dm ³ -----								
5,21	18,25	3,68	28,00	11,35	24,20	43,03	67,24	64

Foram utilizados 7 tratamentos, sendo estes o controle (não inoculado), não inoculado com adubação nitrogenada parcelada em base e cobertura, inoculação padrão aplicada em tratamento de semente, inoculação padrão em aplicação de sulco, inoculação mista em tratamento de semente, inoculação mista em tratamento de semente concomitante à aplicação em sulco e inoculação mista aplica somente no sulco. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso composto pelos sete tratamentos supracitados com 5 repetições, num total de 35 parcelas experimentais, por experimento. A parcela experimental foi composta de 8 linhas de 6 metros de comprimento e espaçamento de 0,5 m. Para a obtenção das amostras da parte área foram coletadas 30 plantas, ao acaso, por parcela experimental quando 50% das plantas das parcelas apresentaram-se em início do florescimento (fase de desenvolvimento R1), representada pelo aparecimento de uma flor aberta em qualquer nó da haste principal. Foram coletados os trifolios recém-maduros, com pecíolo, que correspondentes à terceira folha a partir do ápice da haste principal (Embrapa, 2009). Para o solo foram coletadas, ao acaso, 12 amostras simples por parcela que deram origem a uma amostra composta. O solo foi coletado na profundidade de 0-20 cm, uma vez que as raízes da soja ocupam essa profundidade. A coleta foi realizada com trado holandês e o armazenamento foi feito em saco plástico devidamente identificado. Após amostrado, o solo foi seco ao ar durante três dias e logo em seguida peneirado em peneira de malha #2,0 mm para o descarte de torrões.

Teor foliar de N, P, K, Ca, Mg e S: Após a coletada, as folhas foram levadas ao Laboratório e lavadas com água corrente e em água deionizada. Depois da remoção do excesso de água com papel toalha, as amostras foram colocadas em sacos de papel, identificadas e levadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar, a 65°C, até atingirem massa constante. Em seguida, cada amostra foi moída no moinho tipo Wiley. No tecido foliar amostrado foi realizado a análise química para determinar os teores totais dos macronutrientes e o teor de N-nítrico seguindo a metodologia descrita por Bataglia et al. (1983).

Para as amostras de solo foram realizadas as seguintes determinações: pH (CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹); P (resina), K (resina), Ca (resina), Mg (resina); H+Al (Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹). Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey.

Resultados e Discussão: Os valores indicados pela diagnose nutricional das plantas de soja da cultivar SYN 1360 IPRO do experimento conduzido no município de Colina (Tabela 2) apresentaram, em todos os tratamentos, teores adequados de macronutrientes primários quando comparados com os valores ideais de plantas bem nutridas no estágio de florescimento (Embrapa, 2009). Os valores de macronutrientes secundários, com exceção de magnésio em soja não inoculada com nitrogênio parcelado, também apresentaram valores considerados adequados para bons níveis de produção de grãos. Urano et al. (2007) ao pesquisar valores ótimos para máxima e mínima produtividade de soja identificou que para produtividades médias de 4.701 kg.ha⁻¹ é necessário que o teor de nitrogênio acumulado esteja próximo a 40,6 g.kg⁻¹, no presente trabalho todos os valores foram satisfatórios destacando-se, porém, a inoculação padrão em sementes com

valor de 45,73 g.kg⁻¹. O teor de fósforo foliar foi encontrado em maiores quantidades nos tratamentos onde foi feita a atuação sinérgica de *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* corroborando com Rodriguez & Fraga (1999) ao citar a ação de bactérias promotoras de crescimento vegetal no acúmulo desse nutriente.

Tabela 2. Teores médios de macronutrientes primários e secundários acumulados na parte aérea de soja inoculada e co-inoculada no município de Colina - SP.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----g.kg ⁻¹ -----					
Controle (não inoculado)	41,47 b	7,72 d	29,45 e	7,04 a	4,09 a	2,63 a
Não inoculado - N parcelado em base e cobertura	39,26 b	7,03 e	31,61 d	4,18 a	2,61 a	3,04 a
Inoculação padrão (semente)	45,73 a	11,62 a	31,51 d	9,12 a	3,86 a	3,06 a
Inoculação padrão (sulco)	39,20 b	10,87 b	34,83 b	5,12 a	3,80 a	3,00 a
Co-inoculação (semente)	39,48 b	10,08 c	35,95 a	7,15 a	3,90 a	3,14 a
Co-inoculação (semente + sulco)	39,77 b	12,18 a	35,82 a	6,91 a	3,19 a	2,94 a
Co-inoculação (sulco)	41,19 b	9,61 c	33,35 c	5,26 a	3,85 a	2,98 a

Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5%.

A análise de solo de cada tratamento (Tabela 3) demonstra que os índices de Ca, Mg, P e K foram maiores nas parcelas inoculadas, no município de Colina destacou-se o tratamento de co-inoculação em semente. Marchetti (2015) ao estudar leguminosas arbóreas inoculadas também obteve maiores resultados nas bases do solo.

Tabela 3. Análise das características químicas do solo após inoculação e co-inoculação com fitobactérias nos municípios de Colina e Jaboticabal.

Tratamento (Colina)	pH	P	K	Ca	Mg	H+Al
	(CaCl ₂)	(mg.dm ³)	-----mmolc dm ³ -----			
Controle (não inoculado)	5,29	22,54	2,48	77,32	24,42	29
Não inoculado - N parcelado em base e cobertura	5,26	16,88	3,09	107,67	24,9	24
Inoculação padrão (semente)	5,62	23,58	3,68	132,13	12,60	22
Inoculação padrão (sulco)	6,12	19,99	3,88	85,16	26,47	16
Co-inoculação (semente)	5,96	28,39	5,28	118,13	22,56	19
Co-inoculação (semente + sulco)	5,72	24,61	4,04	96,17	24,32	31
Co-inoculação (sulco)	5,70	30,65	3,65	97,60	25,23	20

É possível notar também, a partir da análise de solo, que os tratamentos sem adição de fitobactérias apresentaram resultados de pH próximos ao obtido anterior à instalação do experimento, sendo este, 5,21. Nessa acepção, em todos os tratamentos, independente das bactérias utilizadas e modo de aplicação, os solos apresentaram características mais básicas.

Conclusões: A co-inoculação e a inoculação promovem maior acúmulo de macronutrientes nas folhas de soja, sendo a inoculação padrão destaque para nitrogênio e a co-inoculação destaque para acúmulo de fósforo. No solo as bactérias provenientes da inoculação promovem maior disponibilidade de cálcio, em função do teor deste nutriente na formação dos nódulos. Além disso, os solos inoculados apresentaram maiores teores de potássio e fósforo e caráter mais básico em relação aos solos sem acréscimo de bactérias.

Agradecimentos: A Agência Paulista de Tecnologia nos Agronegócios (APTA) e ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento) por permitirem a execução destes ensaios e ao Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB) por ceder as instalações do Laboratório de Fertilidade do solo (FERTPLAN) para realizar as análises citadas.

Referências Bibliográficas:

ANTOUN, HANI; PREVOUST, DANIELLE. Ecology of plant growth promoting rhizobacteria, 1-38, 2005.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. Métodos de análise química de plantas. Campinas: Instituto Agronômico, Campinas, 1983.41p. (Boletim Técnico, 78).

BIZARRO, M. J. Simbiose e variabilidade de estirpes de Bradyrhizobium associadas à cultura da soja em diferentes manejos do solo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS. Brasil. (97p), 2008.

DOBBELAERE, S; CROONENBORGH, A; THYS, A; PTACEK, DAVID; VANDERLEYDEN, J; DUTTO, P; LABANDERA-GONZALES, C; CABALLERO-MELADO, J; AGUIRRE, J.F; KAPULNIK, Y; BRENER, S; BURDMAN, S; KADOURI, D; SARIG, S; OKON, Y. Response of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. **Plant Physiology**, n.21, 871-879, 2001.

EMBRAPA. Manual de Análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. – 2ª ed. Rev. Amp. – Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2009.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. – 3 ed – Brasília, DF: EMBRAPA, 2013.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Benefits of inoculation of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) crop with efficient and competitive *Rhizobium tropici* strains. *Biology and Fertility of Soils*, Firenze, v. 39, n. 2, p. 88-93, 2003.

HUNGRIA, M.; MENDES, I.C.; MERCANTE, F.M. A fixação biológica do nitrogênio como tecnologia de baixa emissão de carbono para as culturas do feijoeiro e soja. Londrina: Embrapa Soja, 2013a. 24p. (Documentos Embrapa/Soja, ISSN 1516-781, n.337).

KOHLER, J; CARAVACA, F; CARRASCO, L; ROLDÁN, A. Contribution of *Pseudomonas*

mendocina and *Glomus intraradices* to aggregate stabilization and promotion of biological fertility in rhizosphere soil of lettuce plants under field conditions. *Soil Use and Management* 22, 298-304, 2006.

MARCHETTI, M. M. Caracterização de bactérias em nódulos de leguminosas arbóreas de fragmentos de Floresta ombrófila mista. Dissertação de mestrado. Universidade do Estado de Santa Catarina, 2015.

RODRÍGUEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. ***Biotechnology Advances***, Oxford, v. 17, p. 319-339, 1999.

URANO, E.O.M.; KURIHARA, C.H.; MAEDA, S.; VITORINO, A.C.T.; GONÇALVES, M.C. & MARCHETTI, M.E. Determinação de teores ótimos de nutrientes em soja pelos métodos chance matemática, sistema integrado de diagnose e recomendação e diagnose da composição nutricional. ***R. Bras. Ci. Solo***, 31:63-72, 2007.



REALIZAÇÃO



FEA/USP
FACULDADE DE ENGENHARIA DE AGRICULTURA E ANIMAÇÃO
R. DO MATÃO, 231 - JARDIM EXPANSÃO
13414-900 - CATAPUZZA - SP

ORGANIZAÇÃO



www.cba-agronomia.com.br

