

INFLUÊNCIA DA CO-INOCULAÇÃO DA SOJA NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DE LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO.

FÁBIO OLIVIERI DE NÓBILE¹; IVANA MARINO BÁRBARO-TORNELI²
LETÍCIA SOPA³; PALOMA HELENA DA SILVA LIBÓRIO⁴

¹Dr. Prof., UNIFEB-Barretos-SP, fonobile@feb.br;

²Dra. Pesquisadora APTA, PRDTA-AM, Colina-SP, imarino@apta.sp.gov.br;

³ Graduanda em Agronomia, UNIFEB-Barretos-SP, leh_sopa@hotmail.com;

⁴Pós-Graduanda em Genética e Melhoramento de Plantas –UNESP/FCAV, Jaboticabal/SP,
paloma_liborio@hotmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017
8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

RESUMO: A co-inoculação é uma prática de recente validação na cultura da soja. Assim, esperam-se diferenças no potencial produtivo e na dinâmica de nutrientes em solo com a variação de doses e modos de aplicação desta nova técnica. Objetivou avaliar atributos químicos do solo em resposta a co-inoculação em diferentes doses de formulação contendo bactérias do gênero *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. e modos de aplicação (tratamento de semente e ou sulco de semeadura). Os experimentos foram conduzidos em vasos em casa de vegetação, no ano agrícola 2015/2016, na APTA - Pólo Regional da Alta Mogiana, Colina-SP. Os tratamentos testados foram: T1 e T2 = co-inoculação no tratamento de sementes nas doses, respectivamente, de 100 e 200 mL de formulação teste por saca de 50 kg de sementes; T3 e T4 = co-inoculação no sulco de semeadura, nas doses de 200 e 300 mL ha⁻¹; T5 = controle; T6 = 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio (parcelado) e T7 = inoculação tradicional com *Bradyrhizobium* nas sementes com inoculante comercial Masterfix® L (100 mL por 50 kg de sementes). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, sendo a parcela constituída por um vaso contendo oito plântulas finais coletadas após 31 dias da semeadura, em casa de vegetação. O manejo de plantas daninhas, insetos e doenças seguiram as recomendações técnicas para a cultura. Foram avaliados atributos químicos do solo após a retirada das plantas dos vasos. A co-inoculação não interferiu nos atributos químicos do solo, porém mostrou maior equilíbrio nutricional.

PALAVRAS-CHAVE: *Azospirillum*, *Bradyrhizobium*, *Glycine max* L., qualidade do solo.

INFLUENCE OF SOYBEAN CO-INOCULATION IN DYSTROPHIC RED OXISOL CHEMICAL ATTRIBUTES

ABSTRACT: Co-inoculation is a practice of recent validation in soybean cultivation. Thus, differences in yield potential and soil nutrient dynamics are expected with varying doses and modes of application of this new technique. The objective of this study was to evaluate soil chemical attributes in response to co-inoculation in different doses of bacteria containing *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* and modes of application (seed treatment and / or sowing groove). The experiment was conducted in pots under greenhouse conditions, in the agricultural year 2015/2016, at APTA - Regional Pole of Alta Mogiana, Colina-SP. The treatments tested were: T1 and T2 = co-inoculation in the treatment of seeds at doses, respectively, of 100 and 200 mL of test formulation per bag of 50 kg of seeds; T3 and T4 = co-inoculation in the sowing furrow at doses of 200 and 300 mL ha⁻¹; T5 = control; T6 = 200 kg ha⁻¹ of nitrogen (in installments) and T7 = traditional inoculation in the seeds with commercial inoculant Masterfix® L (100 mL per 50 kg of seeds). The experimental design was in randomized blocks, and the plot consisted of a pot containing eight final seedlings, in a greenhouse. The management of weeds, insects and diseases followed the technical recommendations for the crop.

Chemical attributes were evaluated after soybean removal from the vessels. Co-inoculation did not interfere with soil chemical attributes, but provided a better soil nutritional balance.

KEYWORDS: *Azospirillum*, *Bradyrhizobium*, *Glycine max* L., soil quality.

INTRODUÇÃO

Para nutrição da cultura da soja, a recomendação sobre adubação e calagem tem considerado a análise química do solo como principal instrumento de diagnóstico da fertilidade do solo, objetivando elevar o teor de nutrientes a níveis considerados adequados para a cultura expressar seu potencial de rendimento, desde que os demais fatores determinantes da produção não sejam limitantes, sendo as indicações de adubação estabelecidas de acordo com a expectativa de rendimento da cultura (MANUAL, 2004; EMPRAPA, 2014c).

Considerando o nitrogênio, inúmeras pesquisas apontam que não há necessidade de aplicar fertilizante nitrogenado para o estabelecimento ('arranque') e em outras fases de desenvolvimento da soja. A demanda desse macronutriente é suprida pelo solo e pela fixação biológica do nitrogênio, resultante da simbiose da planta com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* fornecido mediante a inoculação das sementes (EMBRAPA, 2014c).

Por outro lado, a co-inoculação em soja é uma tecnologia recente no Brasil, em sintonia com a abordagem atual da agricultura, que respeita as demandas de altos rendimentos, todavia com sustentabilidade agrícola, econômica, social e ambiental. Consiste em adicionar mais de um micro-organismo reconhecidamente benéfico as plantas, visando maximizar a contribuição dos mesmos. Assim, combina uma prática já bem conhecida pelos produtores que consiste na inoculação das sementes de soja com bactérias fixadoras de nitrogênio (N), conhecidas como *Bradyrhizobium*, com o uso do *Azospirillum*, uma bactéria até então conhecida por sua ação promotora de crescimento em gramíneas (FERLINI, 2006; BÁRBARO et al., 2008; BÁRBARO et al., 2009; BÁRBARO et al., 2011; HUNGRIA et al. 2013b; EMBRAPA, 2014b).

Diante deste contexto, e devido a carência de pesquisas relacionando os efeitos da co-inoculação da cultura da soja nos atributos químicos do solo, o objetivo do trabalho consistiu em avaliar os atributos: CO, Matéria Orgânica (M.O.), pH em Cloreto de Cálcio; acidez total com solução tampão SMP em pH 7,0; determinação de fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) e enxofre (S), em resposta a co-inoculação em diferentes doses de formulação contendo bactérias do gênero *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* e modos de aplicação (tratamento de semente ou sulco de semeadura).

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado em vasos em casa de vegetação em dezembro de 2015, no Pólo Regional da Alta Mogina, da APTA – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, no município de Colina-SP, à 20°43' de latitude sul, 48° 34' de longitude oeste e altitude de 568 m. Os tratamentos testados foram: T1 e T2 = co-inoculação no tratamento de sementes nas doses, respectivamente, de 100 e 200 mL de formulação teste contendo *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* por saca de 50 kg de sementes; T3 e T4 = co-inoculação no sulco de semeadura, nas doses de 200 e 300 mL ha⁻¹; T5 = controle; T6 = 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio (parcelado) e T7 = inoculação tradicional com *Bradyrhizobium* nas sementes - inoculante comercial Masterfix® L (100 mL por 50 kg de sementes). O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso composto pelos sete tratamentos com 5 repetições, sendo a parcela experimental constituída por um vaso com inicialmente 30 sementes da cultivar 5D634RR; e posteriormente contendo oito plântulas finais, respectivamente aos 32 dias após a semeadura, onde foram retiradas para posterior coleta do solo.

O solo para preencher os vasos de 5 L foi coletado de uma área experimental onde foi instalado o mesmo experimento em condições de campo, sendo um Latossolo Vermelho distrófico, textura média. De acordo com o laudo de análise química e física, obtiveram-se os seguintes resultados: pH (CaCl₂) = 5,21; M.O. = 22,50 g dm⁻³; CO = 13 g dm⁻³ P = 18,54 mg dm⁻³; K = 3,04 mmolc dm⁻³; Ca = 18,67 mmolc dm⁻³; Mg = 12,86 mmolc dm⁻³; H + Al = 27,46 mmolc dm⁻³; SB = 34,58 mmolc dm⁻³; CTC = 62,04 mmolc dm⁻³ e V = 55,73%, S = 3,57 mg dm⁻³, Zn = 0,70 mg dm⁻³, B = 0,18 mg dm⁻³, Mn = 12,70

mg dm⁻³, Cu = 0,45 mg dm⁻³ e Fe = 30,81 mg dm⁻³; Areia Total = 804 g kg de solo; Argila = 150 g kg de solo e Silte = 45 g kg de solo. Em porcentagem: Areia Total = 80,40 % (Areia grossa = 55,50 % + Areia fina = 24,90%); Argila = 15,00%; Silte = 4,50.

A adubação de base foi calculada por vaso, conforme análise química do solo com formulação comercial (N-P-K) de adubo 4-20-20 e em relação ao tratamento T6, foram adicionados 1,26 g de sulfato de amônio nos vasos na semeadura e a mesma dose em cobertura correspondendo a 200 kg de N ha⁻¹ parcelado.

A semeadura foi realizada através da efetuação de orifícios manuais no solo, a dois cm de profundidade para distribuição das sementes. Os procedimentos de co-inoculação e inoculação no tratamento de sementes foram efetuados conforme recomendações técnicas para a cultura (EMBRAPA, 2014a). Nos tratamentos T3 e T4, que corresponderam a aplicação via sulco de semeadura foram distribuídas as sementes, e posteriormente realizada a pulverização através de borrifador com a formulação e após o cobrimento com solo. Todas as sementes receberam tratamentos de sementes com fungicida e inseticida 7 dias antes da inoculação e semeadura. A aplicação de produto CoMo® Platinum foi realizada via foliar no estágio fenológico V5. O manejo de plantas daninhas, insetos e doenças seguiram as recomendações técnicas para a cultura da soja da EMBRAPA (2014a).

Após a retirada das plantas dos vasos, o solo foi coletado de forma manual com pá de jardinagem a uma profundidade de 0-20 cm e colocado em sacos plásticos devidamente identificados de acordo com o respectivo tratamento. Após coleta, o mesmo passou pelo processo de secagem de forma natural a fim de eliminar toda a umidade para não afetar os resultados, sendo posteriormente peneirado para destruir os torrões.

Após estes processos, o solo foi enviado ao laboratório de Análises Agrícolas e Biomoleculares de Plantas – Micellium estabelecida no município de Barretos, SP, os quais realizaram as seguintes determinações: CO, Matéria Orgânica (M.O.), pH em Cloreto de Cálcio; acidez total com solução tampão SMP em pH 7,0; determinação de fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) extraídos com resina trocadora de íons; alumínio (H + Al³⁺) e enxofre (S). Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 %, por meio do programa estatístico AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, considerando os atributos químicos do solo, nota-se que com exceção de MO, CO, K e P, nos demais foram observadas significâncias estatísticas pelo teste F.

Tabela 1 - Atributos químicos do solo avaliados em resposta aos diferentes tratamentos testados envolvendo doses e formas de aplicação de co-inoculação. Experimento em vaso. APTA. Colina-SP. Ano agrícola 2015/16.

Tratamentos	pH	M.O.	C.O.	K	Ca	P	Mg	S
		g/dm ³	g/dm ³	mmolc/dm ³	mmolc/dm ³	mg/dm ³	mmolc/dm ³	mg/dm ³
T1	5,76 abc	17,89 ab	10,40 a	2,49 ab	37,04 a	31,91 a	14,81 bc	10,06 b
T2	5,20 cd	17,74 ab	10,20 a	2,15 b	35,03 a	33,87 a	12,15 c	36,74 a
T3	5,91 a	16,83 b	9,80 a	2,61 ab	38,02 a	35,27 a	15,44 abc	11,35 b
T4	5,79 ab	17,84 ab	10,60 a	2,65 ab	41,55 a	38,26 a	16,59 ab	9,29 b
T5	6,02 a	17,93 ab	10,40 a	2,78 ab	40,90 a	48,22 a	16,62 ab	11,63 b
T6	4,94 d	18,08 ab	10,60 a	2,48 ab	42,68 a	45,61 a	16,40 ab	11,17 b
T7	5,23 bcd	18,68 a	10,80 a	3,49 a	43,49 a	41,58 a	18,36 a	15,10 b
F	10,94**	2,26ns	2,06ns	2,18ns	2,82 *	0,86ns	6,85**	5,94**

CV (%)	5,09	4,57	4,90	23,54	10,55	37,74	10,52	59,36
Média	5,55	17,86	10,40	2,66	39,81	39,25	15,77	15,05
Dms	0,57	1,66	1,03	1,27	8,53	30,08	3,37	18,14

Médias de cinco repetições seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%; T1 = 100 mL/50 kg de sementes da formulação no tratamento de sementes; T2 = 200 mL/50 kg de sementes de formulação no tratamento de sementes; T3 = 200 mL/ha no sulco de semeadura de formulação; T4 = 300 mL/ha no sulco de semeadura; T5 = Testemunha sem inoculação e sem adubação nitrogenada; T6 = Adubação nitrogenada com 200 kg nitrogênio/ha (parcelado); ; T7 = 100 mL/50 kg de sementes de Masterfix® L Soja no tratamento de sementes; S (enxofre); Extratores = pH = CaCl₂, Ca, Mg, K e P = Resina; S = Ca(H₂PO₄)₂.

Os valores de fósforo (P) e potássio (K) no solo foram na média geral do experimento respectivamente 39,25 mg/dm³ e 2,66 mmolc/dm³, sendo assim, de acordo com as classes de interpretação da disponibilidade dos mesmos segundo o teor de argila do solo descritos pela Embrapa (2005) foram classificados como muito bom e bom. Apesar destes resultados, não houve diferença estatística nos valores desta variável, entre os diferentes tratamentos testados.

O valor médio de pH para os tratamentos foi de 5,55. De modo geral, o pH em água adequado para a cultura de soja situa-se entre 5,5 e 6,0 (MANUAL, 2004; EMBRAPA, 2014c). Nota-se que, maiores valores de pH no presente trabalho estiveram associados aos tratamentos de co-inoculação nas menores doses (T1 e T3) e controle, indicando que as bactérias dos gênero *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* contribuíram nestas condições, para redução do pH, conforme aumento de sua concentração no inoculante, bem como, também o tratamento com fertilização mineral nitrogenada. Câmara (1998) afirma que o desempenho de bactérias fixadoras de nitrogênio torna-se melhor quando o solo está próximo da neutralidade, sendo que solos ácidos podem ser corrigidos via calagem, o qual além de corrigir a acidez do solo, fornece cálcio para o crescimento radicular, magnésio para a molécula de clorofila e a produção de fotoassimilados, melhorando ainda a absorção de fosforo e potássio.

A média de magnésio (Mg) foi de 15,77 mmolc/dm³ (Tabela 1) e foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos testados, sendo o destaque o tratamento T7 que envolveu a inoculação tradicional de soja com *Bradyrhizobium*.

Ainda na Tabela 1, para o enxofre (S), a média geral do experimento foi de 15,05 mg/dm³ na camada de 0-20 cm. Maiores valores quanto a esse nutriente foi apresentado no tratamento T2 (co-inoculação nas sementes na maior dose) com 36,74 mg/dm³ diferindo-se estatisticamente dos demais tratamentos testados no presente trabalho. O nível deste elemento foi alto, uma vez que para solos arenosos (< 40% de argila), os níveis críticos de S correspondem a 3 e 9 mg/dm³, respectivamente nas profundidades de 0-20 cm e 20 a 40 cm (SFREDO et al., 2003).

CONCLUSÕES

Os parâmetros químicos analisados, de modo geral não foram afetados pelos tratamentos testados, contudo maior equilíbrio nutricional foi observado na co-inoculação;

Recomenda-se novos estudos sobre co-inoculação em soja e avaliação de atributos químicos do solo em experimentos a serem conduzidos em campo.

AGRADECIMENTOS

A Stoller do Brasil Ltda pelo aporte financeiro na condução de pesquisa de co-inoculação em soja do segundo autor.

REFERÊNCIAS

- Bárbaro, I. M.; Barbaro Junior, L. S.; Ticelli, M.; Machado, P. C.; M.; Miguel, F. B. Resultados preliminares da co-inoculação de *Azospirillum* juntamente com *Bradyrhizobium* em soja. Pesquisa & Tecnologia. v.8, n. 2, jul-dez de 2011. ISSN: 2316-5146.
- Bárbaro, I. M.; Brancalião, S. R.; Ticelli, M.; Miguel, F. B.; Silva, J. A. A. (2008). Técnica alternativa: co-inoculação de soja com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento de produtividade. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/coinoculacao/index.htm>. Acesso em: 1 abril de 2016.

Bárbaro, I. M.; Machado, P. C.; Barbaro Junior, L. S.; Ticelli, M.; Miguel, F. B.; Silva, J. A. A. Produtividade da soja em resposta a inoculação padrão e co-inoculação. *Colloquium Agrariae*, v. 5, n.1, p. 01-07, 2009 b.

Barbosa, J. C., Maldonado Junior, W. 2015. AgroEstat – Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos. Jaboticabal, UNESP.

Camara, G. M. S. Inoculação das sementes de soja. Soja, tecnologia de produção. Piracicaba (s.n) 1998. p.278-293.

Embrapa. XL Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul (Pelotas, RS). Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2013/2014 e 2014/2015. Embrapa Clima Temperado, 2014c;

Embrapa. Tecnologia de co-inoculação combina alto rendimento com sustentabilidade na produção de soja e do feijoeiro. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1580416/tecnologia-de-coinoculacao-combina-alto-rendimento-com-sustentabilidade-na-producao-de-soja-e-do-feijoeiro>>. Acesso em 12 de outubro de 2016.

Embrapa. Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil. Londrina, Embrapa Soja, ISSN 2176-2902; n.16., 2013. 265p.

Embrapa. Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2003. – Londrina: Embrapa-CNPSO, 2002. 199p.

Ferlini, H.A. Co-inoculación en soja (*Glycyne max*) con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense*. Santa Fé, Engormix, 2006. 6p.

Hungria, M.; Nogueira, M. A.; Araujo, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. 2013 (online). *Biology and Fertility of Soils*, v. 49 p. 791–801, 2013b.

Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul - Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 400 p.

Sfredo, G.J.; Klepker, D.; ORTIZ, F.R.; OLIVEIRA NETO, W. Níveis críticos de enxofre no solo para a soja, no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29.,2003, Ribeirão Preto. Resumos... Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: UNESP, 2003. 1 CDROM.