

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA CO-INOCULAÇÃO DE SOJA NO ESTADO DE SÃO PAULO

BÁRBARO-TORNELI, Ivana Marino¹
MIGUEL, Fernando Bergantini²
SILVA, José Antonio Alberto da²
LIBÓRIO, Paloma Helena da Silva³
MASSARO SOBRINHO, Renato⁴
FINOTO, Everton Luis⁵
MATEUS, Gustavo Pavan⁶
BORGES, Wander Luis Barbosa⁷
FREITAS, Rogério Soares de⁷

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.2819

RESUMO: Para aumento da eficiência da fixação biológica de nitrogênio em soja com vistas na elevação de patamares de produtividade, tem-se como alternativa o uso da co-inoculação. A tecnologia combina uma prática bem conhecida pelos sojicultores que consiste na inoculação de *Bradyrhizobium*, com *Azospirillum*, uma bactéria até então descrita por sua ação de promoção de crescimento em gramíneas. Objetivou-se analisar a viabilidade técnica e econômica da cultura da soja no Estado de São Paulo, em resposta ao uso da co-inoculação. Os experimentos foram conduzidos na safra 2016/17, sendo dois em Colina, SP, um em Jaboticabal, SP e outro em Guaíra, SP. Em Colina e Jaboticabal, analisou-se uma cultivar em quatro tratamentos sendo: testemunha, co-inoculação (*Bradyrhizobium* + *Azospirillum*) nas sementes, co-inoculação com *Bradyrhizobium* na semente e *Azospirillum* no sulco de semeadura e co-inoculação no sulco de semeadura. Em Guaíra, o experimento foi constituído por 32 cultivares analisadas em dois tratamentos: testemunha e co-inoculação no sulco de semeadura. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 3 repetições. Para análise estatística conjunta, considerou-se o valor médio de produtividade de grãos obtido com três modos de aplicação da co-inoculação para os experimentos de Colina e Jaboticabal, e o valor médio da produtividade de grãos das 32 cultivares submetidas à co-inoculação para Guaíra. Assim, adotou-se o esquema fatorial 4 x 2, constituindo o primeiro fator: os experimentos (1º, 2º, 3º e 4º) e o segundo fator o tratamento (testemunha e co-inoculação). A co-inoculação aumenta a produtividade de grãos, sendo economicamente viável.

Palavras-chave: Inoculação mista. Custo operacional efetivo. *Glycine max*. Desempenho produtivo. Desempenho econômico.

TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF SOYBEAN CO-INOCULATION IN THE STATE OF SÃO PAULO

SUMMARY: In order to increase the efficiency of biological nitrogen fixation in soybean with a view to increasing productivity levels, the use of co-inoculation is an alternative. The technology combines a practice well known to soybeans that consists in the inoculation of *Bradyrhizobium*, with *Azospirillum*, a bacterium described by its action of growth promotion in grasses. The objective of this study was to analyze the technical and economic feasibility of soybean cultivation in the São Paulo State, in response to co-inoculation use. The experiments were conducted in the 2016/17 season, two in Colina, SP, one in Jaboticabal, SP and another in Guaíra, SP. In Colina and Jaboticabal, a cultivar was analyzed in four treatments: control, co-inoculation (*Bradyrhizobium* + *Azospirillum*) in the seeds, co-inoculation with *Bradyrhizobium* in the seed and *Azospirillum* in the sowing furrow and co-inoculation in the sowing furrow. In Guaíra, the experiment consisted of 32 cultivars analyzed in two treatments: control and co-inoculation in the sowing furrow. The experimental design was in randomized blocks with 3 replicates. The average value of grain productivity obtained with three co-inoculation methods for the Colina and Jaboticabal experiments and the average value of the grain productivity of the 32 cultivars for the Guaíra submitted to co-inoculation were considered for joint statistical analysis. Thus, the factorial scheme 4 x 2 was adopted, constituting the first factor: the

¹ Pesquisadora Científica, Dra. APTA - Polo Regional da Alta Mogiana, Colina, SP;

² Pesquisador Científico, Dr. APTA - Polo Regional da Alta Mogiana, Colina, SP;

³ Pós-graduanda em Genética e Melhoramento de Plantas, UNESP/FCAV, Jaboticabal, SP;

⁴ Engenheiro Agrônomo - Sindicato Rural de Guaíra, SP;

⁵ Pesquisador Científico, Dr. APTA - Polo Regional Centro Norte, Pindorama, SP;

⁶ Pesquisador Científico, Dr. APTA - Polo Regional Extremo Oeste, Andradina, SP;

⁷ Pesquisador Científico, Dr. - IAC - CAPTA Seringueira e Sistemas Agroflorestais, Votuporanga, SP.

experiments (1st, 2nd, 3rd and 4th) and the second factor the treatment (control and co-inoculation). Co-inoculation increases grain yield and is economically feasible.

Keywords: Mixed inoculation. Effective operating cost. *Glycine max*. Technical performance. Economic performance.

INTRODUÇÃO

Após a fotossíntese, a fixação biológica de nitrogênio (FBN) é o mais importante processo biológico do planeta. Envolve um mecanismo no qual o nitrogênio presente na atmosfera (N_2) é transformado em formas assimiláveis pela planta: amônio (NH_4^+) ou nitrato (NO_3^-), por meio de bactérias. A simbiose entre bactérias fixadoras de nitrogênio (pertencentes a vários gêneros e espécies de bactérias, mais conhecidas de modo coletivo como rizóbios) e leguminosas como a soja *Glycine max* (L.) Merrill entre outras é o mais importante sistema de FBN. O processo ocorre em estruturas típicas formadas nas raízes, os nódulos (HUNGRIA et al., 2013b). Após a formação de nódulos nas raízes dessas plantas, a bactéria passa a fixar o nitrogênio atmosférico em compostos orgânicos que são utilizados pela planta.

No Brasil, devido à eficiência da FBN, a inoculação, ou seja, o acréscimo de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* às sementes no momento da semeadura substitui totalmente a necessidade de fertilizantes nitrogenados nas lavouras de soja. Ressalta-se que o inoculante que chega aos sojicultores para o procedimento de inoculação deve ser utilizado anualmente para maximizar os benefícios proporcionados pela bactéria, resultando em incrementos médios no rendimento de soja da ordem de 8% (HUNGRIA; NOGUEIRA, 2014). Assim, em termos de benefícios econômicos resultante da FBN, anualmente, o Brasil, economiza cerca de 14 bilhões de reais, que deixam de ser utilizados com a compra de fertilizantes nitrogenados (HUNGRIA et al., 2007; MERCANTE et al., 2011).

Por outro lado, novas técnicas de inoculação vêm sendo desenvolvidas ou aprimoradas, visando facilitar a aplicação do produto, sendo atualmente validada a aplicação de inoculante líquido no sulco de semeadura de soja, embora exija uma dose maior que a normal (FONSECA, 2011).

Ainda nesse contexto, para incrementar a eficiência da FBN em soja, tem-se como alternativa o uso da co-inoculação que é uma tecnologia recente no Brasil, também em sintonia com a abordagem atual da agricultura, que respeita as demandas de altos rendimentos, todavia com sustentabilidade agrícola, econômica, social e ambiental. Combina uma prática já bem conhecida pelos produtores que consiste na inoculação de *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).

O *Azospirillum* spp. está entre as mais importantes bactérias envolvidas na fixação de N em gramíneas (CÁCERES, 1982). Essas bactérias se encaixam no grupo dos diazotróficos endofíticos facultativos, pois colonizam tanto o interior das raízes quanto a rizosfera de plantas e ocorrem frequentemente em solos de clima tropical e subtropical (BALDANI et al., 1997). A exemplo, considera-se que de 30 a 90% das amostras de solo coletadas em todo o mundo apresentam *Azospirillum brasilense* ou *A. lipoferum* (DOBEREINER; DAY, 1976).

Pesquisas envolvendo esta bactéria relatam que além da capacidade de fixação biológica de nitrogênio, ocorre o aumento da atividade da redutase do nitrato quando crescem endofiticamente nas plantas, e produção de hormônios como auxinas, citocininas, giberilinas e etileno (TIEN et al., 1979; BOTTINI et al., 1989; STRZELCZYK; KAMPER, 1994; CASSÁN et al., 2008; HUERGO et al., 2008).

Segundo Hungria (2011), atualmente o *Azospirillum* spp. é comercializado para inoculação em trigo e milho, com aumentos de 31 e 26 % na produtividade de grãos, respectivamente, porém, com fornecimento de parte do nitrogênio requerido pela planta pelo fertilizante mineral.

Assim, os mecanismos de ação do *Bradyrhizobium* e do *Azospirillum* são diferentes. No caso do último, os benefícios também advêm da produção de fitohormônios, com grande impacto no crescimento das raízes. Desta forma, um sistema radicular maior e mais volumoso, propicia maior absorção e/ou aproveitamento de água e nutrientes. Considerando-se a água, têm-se como resultados menor suscetibilidade a estresses hídricos. Em relação aos nutrientes, observa-se maior vigor das plantas, além de equilíbrio nutricional dado o melhor aproveitamento dos nutrientes contidos no solo e por meio das fertilizações. Além disso, vale ressaltar, que o maior desenvolvimento do sistema radicular com *Azospirillum* também potencializa a nodulação e conseqüentemente maior contribuição da fixação biológica do nitrogênio e assim incremento da produtividade (HUNGRIA; NOGUEIRA, 2014).

No entanto, na literatura existe ainda variabilidade dos resultados encontrados acerca da técnica, sendo que Bárbaro et al. (2009), Hungria et al. (2013b), Embrapa e 2014b relatam influências positivas da co-inoculação sobre as características agrônômicas de soja, entretanto, Gitti et al. (2012), Zuffo et al. (2015) e Zuffo et al. (2016), não evidenciaram resposta ao uso dessa prática.

Portanto, torna-se necessário aprimorar e validar técnicas a exemplo da co-inoculação com uso de inoculantes recomendados comercialmente, visando sinergismo na ação das bactérias. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a viabilidade técnica e econômica da cultura da soja no Estado de São Paulo, em resposta ao uso da co-inoculação.

MATERIAL E MÉTODO

Foram instalados em condições de campo, safra 2016/17, quatro experimentos, sendo dois em área experimental pertencente ao Polo Regional da Alta Mogina, situado em Colina, SP, um na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, câmpus de Jaboticabal, SP e outro na Fazenda Matinha, localizada no município de Guaíra, SP.

O tipo climático nessas regiões é Aw, segundo Köppen caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

Na Tabela 1 consta a descrição detalhada dos experimentos.

Em Colina, o preparo do solo foi de maneira convencional e antes da última gradagem, foi efetuada a aplicação herbicidas, nas doses recomendadas pelo fabricante, visando o controle de plantas daninhas de folhas estreitas infestantes da área. Posteriormente, a área foi sulcada e adubada com semeadora e semeada manualmente. Em Jaboticabal e Guaíra a semeadura foi realizada sob palhada de milho, dessecada previamente com o produto Cletodim (Select). A adubação dos experimentos foi realizada com o adubo formulado 04-20-20, na dosagem média de (250 kg ha⁻¹) conforme análises químicas de solo realizadas.

Os tratamentos testados no 1º, 2º e 3º experimentos foram: T1: testemunha sem co-inoculação; T2: co-inoculação nas sementes; T3: co-inoculação com *Bradyrhizobium* nas sementes e *Azospirillum* no sulco de semeadura; T4: co-inoculação no sulco de semeadura. No 2º e 3º experimentos, os inoculantes comerciais utilizados foram: Inoculante líquido para soja, tendo como garantia as bactérias *Bradyrhizobium* (cepa Semia 5080) e (cepa Semia 5079), na concentração de 6 x 10⁹ UFC/mL e Inoculante líquido para milho, com as bactérias *Azospirillum brasilense* (cepa AbV5) na concentração de 2 x 10⁸ UFC/mL. No 1º experimento utilizou-se Inoculante líquido para soja, tendo como garantia as bactérias *Bradyrhizobium elkanni* (cepa Semia 5019) e *Bradyrhizobium japonicum* (cepa Semia 5079), na

concentração de 5×10^9 UFC/mL e Inoculante líquido para milho, com *Azospirillum brasilense* (cepa AbV5 e AbV6) na concentração de 2×10^8 UFC/mL.

Em Colina a parcela experimental foi composta por 8 linhas de 6 m de comprimento, e espaçamento entrelinhas de 0,5 m, sendo a área útil as 2 linhas centrais (6 m^2). Já, em Jaboticabal, foi de 12 linhas de 5 m de comprimento, e como área útil as 3 linhas centrais ($7,5 \text{ m}^2$). Na co-inoculação foram utilizadas metade das doses dos inoculantes conforme recomendação dos fabricantes, e para o cálculo do custo de produção considerou-se em média a dose de $0,15 \text{ L ha}^{-1}$ de cada inoculante. Antes da semeadura foram realizados os procedimentos de co-inoculação das sementes referentes aos tratamentos T2 e T3. Já, nos tratamentos T3 e T4 cuja co-inoculação foi realizada via sulco de semeadura, adotaram-se os seguintes procedimentos: inicialmente foi realizada a distribuição das sementes nos sulcos e em seguida foi aplicado o inoculante por meio de pulverizador com costal 20 L, sendo o bico dirigido para o sulco, e com posterior fechamento manual dos sulcos. O volume de calda utilizado para a aplicação em sulco de semeadura foi de 100 L ha^{-1} .

Em Guaíra, 32 cultivares portadoras das tecnologias IPRO e RR oriundas de diferentes obtentores de sementes foram submetidas aos tratamentos: T1: testemunha e T2: co-inoculação no sulco de semeadura. Utilizou-se o inoculante líquido para soja (registro a ser requerido ao MAPA) tendo como garantia a presença de duas espécies de bactérias: *Bradyrhizobium japonicum* (cepa Semia 5079), na concentração de 1×10^9 UFC/mL e *Azospirillum brasilense* (cepas AbV5 e AbV6), na concentração de 1×10^7 UFC/mL na dose de $0,3 \text{ L ha}^{-1}$. Cada cultivar foi representada por 8 linhas de 40 metros (co-inoculação) e a testemunha os 30 metros restantes, sendo a parcela útil de $2,5 \text{ m}^2$. A semeadura foi em semeadora mecanizada de 8 linhas com equipamento Micron[®] acoplado para aplicação da co-inoculação via sulco de semeadura.

Tabela 1. Descrição dos experimentos envolvendo a cultura da soja em resposta a co-inoculação. Safra 2016/17. (Continua)

Experimentos	Local Coordenadas geográficas Data de semeadura Cultivar utilizada (cv)	Histórico da área Tipo de solo Preparo solo Semeadura	Bactérias de uso na co-inoculação
1º Experimento	Colina, SP; Coordenadas: 20°43' de latitude sul, 48° 34' de longitude oeste e altitude de 568 m; Data: 09/12/2016; cv: NS 7209 IPRO	Histórico: Soja em 2010/11, amendoim em 2011/12, pousio em 2013/14 e 2014/15 e soja em 2015/16; Latosolo Vermelho distrófico de textura média; Preparo do solo: Convencional; Semeadura: Manual	<i>Bradyrhizobium</i> (Semias 5019 e 5079) + <i>Azospirillum brasilense</i> (cepa AbV5 e AbV6)
2º Experimento	Colina, SP; Coordenadas: 20°43' de latitude sul, 48° 34' de longitude oeste e altitude de 568 m; Data: 09/12/2016; cv: SYN 13610 IPRO	Histórico: Soja em 2010/11, amendoim em 2011/12, pousio em 2013/14 e 2014/15 e milho em 2015/16; Latosolo Vermelho distrófico de textura média; Preparo do solo: Convencional; Semeadura manual	<i>Bradyrhizobium</i> (Semias 5080 e 5079) + <i>Azospirillum brasilense</i> (cepa AbV5)

Tabela 1. Descrição dos experimentos envolvendo a cultura da soja em resposta a co-inoculação. Safra 2016/17. (Conclusão)

Experimentos	Local Coordenadas geográficas Data de semeadura Cultivar utilizada (cv)	Histórico da área Tipo de solo Preparo solo Semeadura	Bactérias de uso na co-inoculação
3º Experimento	Jaboticabal/SP; Coordenadas: 21°15' de latitude sul, 48°18' de longitude oeste e altitude de 583 m; Data: 09/11/2016; cv: M 5947 IPRO	Histórico: Milho safrinha em 2016; Latossolo Vermelho Escuro Eutrófico, A moderado de textura muito argilosa; Semeadura direta; Semeadora de parcelas experimentais	<i>Bradyrhizobium</i> (Semias 5080 e 5079) + <i>Azospirillum brasilense</i> (cepa AbV5)
4º Experimento	Guáira/SP Coordenadas: 20° 19' de latitude sul, 48° 18' de longitude oeste e altitude de 490 m; Data: 27/10/2016; 32 cultivares portadoras das tecnologias RR e IPRO	Milho na safrinha em 2016; Semeadura direta; Latossolo Vermelho Distroférico; Semeadura mecanizada	<i>Bradyrhizobium</i> (Semia 5079) + <i>Azospirillum brasilense</i> (cepas AbV5 e AbV6)

Em todos os experimentos as sementes foram previamente tratadas com inseticida e fungicida, sendo os inoculantes aplicados no dia da semeadura. Além disso, foram adotados alguns cuidados para garantir uma maior eficiência dos inoculantes, como inoculação das sementes realizada à sombra e distribuição uniforme dos inoculantes em todas as sementes. Assim, não houve contato direto dos inoculantes com os fungicidas utilizados no tratamento de sementes.

Foram também aplicados os micronutrientes cobalto e molibdênio, via pulverização foliar no estágio fenológico V₅, em todos os tratamentos incluindo a testemunha. Todas as técnicas de cultivo da soja, como escolha de cultivar, época de semeadura, população de plantas, controle de plantas daninhas, insetos e doenças seguiram as recomendações técnicas para a cultura da soja conforme Embrapa (2014a).

Por ocasião da maturação dos grãos, todas as plantas da área útil foram colhidas cuidadosamente, separadas e identificadas para posterior debulha mecânica. Pesaram-se os grãos de cada parcela útil experimental e se calculou a produtividade em kg ha⁻¹, sendo esta produtividade corrigida para teor de umidade de 13%.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 3 repetições e para efeito de análise estatística conjunta, considerou-se para o 1º, 2º e 3º experimentos o valor médio da produtividade de grãos obtida com os três modos de aplicação da co-inoculação, e para o 4º experimento o valor médio da produtividade de grãos das 32 cultivares submetidas a co-inoculação no sulco de semeadura. Portanto, adotou-se o esquema fatorial 4 x 2, constituindo o primeiro fator: os experimentos (1º, 2º, 3º e 4º) e o segundo fator o tratamento (testemunha e co-inoculação).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas pelo programa AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015).

Para a análise econômica foi utilizada a estrutura baseada no custo operacional efetivo (COE) de produção usada pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA), de acordo com Matsunaga e Toledo (1976),

que é constituído da soma das despesas de custeio: operações realizadas, insumos (adubos, inoculantes, sementes, defensivos, etc.), mão de obra, maquinário, denominada de custo operacional efetivo (COE), que foi extrapolado para um hectare.

Para determinar a lucratividade dos tratamentos envolvidos, foram realizadas análises de rentabilidade de acordo com Martin et al. (1998). Para isso, foram determinadas: receita bruta (RB) (em R\$), como o produto da quantidade produzida (em número de sacas de 60 kg) pelo preço médio de venda (em R\$); lucro operacional (LO), como a diferença entre a receita bruta e o custo operacional efetivo; índice de lucratividade (IL), entendido como a relação entre o lucro operacional (LO) e a receita bruta (RB), em porcentagem.

Consideraram-se os preços pagos em 2017 ajustados àqueles vigentes em lavouras comerciais no Estado de São Paulo. Neste trabalho, foram feitas simulações como se cada tratamento representasse lavouras comerciais em preparo convencional e sistema de semeadura direta. Para facilitar a discussão, os valores referentes às produtividades foram transformados em sacas de 60 kg, haja vista ser essa a unidade básica de comercialização pelos produtores locais.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Verificou-se média geral da produtividade de grãos de 3372,52 kg ha⁻¹ demonstrando bom desempenho da cultura da soja, na safra 2016/17; valor este superior à média nacional que foi estimada em 3326 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017). Para a co-inoculação, a produtividade foi de 3564,43 kg ha⁻¹ sendo estatisticamente superior em relação a testemunha com 3180,60 kg ha⁻¹, e portanto, superando a média de produtividade do Estado de São Paulo na safra 2016/17 que foi estimativa em 3440 kg ha⁻¹ (CONAB, 2017). O aumento em produtividade de grãos com a co-inoculação na média geral dos experimentos foi de 383,83 kg ha⁻¹ (6,3 sacas) (Tabela 2) incremento equivalente à 11,2%, corroborando com os trabalhos de Hungria et al. (2013b) e Embrapa (2014b), que confirmaram a eficiência agrônômica a campo da co-inoculação da soja com *Bradyrhizobium* nas sementes e *Azospirillum brasilense* no sulco de semeadura. Os mesmos autores, considerando a média de quatro experimentos, obtiveram um ganho adicional de 205 kg ha⁻¹ (3,4 sacas), ou 7,1%, pela co-inoculação em comparação com o tratamento somente inoculado com *Bradyrhizobium* na semente, diferença essa estatisticamente significativa nos quatro locais e na análise conjunta dos locais. Braccini et al. (2016) verificaram que a inoculação via tratamento de sementes e a utilização da associação do *Bradyrhizobium japonicum* com *Azospirillum brasilense*, via sulco de semeadura, proporcionou incrementos nos caracteres fisiológicos, bem como promoveu acréscimos na produtividade de grãos da soja, quando comparado com a testemunha. Bárbaro et al. (2009) verificaram que, embora aparentemente as médias dos tratamentos de inoculação tradicional, co-inoculação e testemunha apresentarem diferenças numéricas nos valores de produtividade, a mesma não foi significativa entre eles, não se descartando, porém a possibilidade de uma significância econômica para o tratamento envolvendo co-inoculação.

Tabela 2. Produtividade de grãos (kg ha⁻¹) na cultura da soja em resposta a co-inoculação. Safra 2016/17. (Continua)

Experimentos (A)	Tratamentos (B)		
	Testemunha	Co-inoculação	Média Geral (A)
1º Experimento	2820,81	3022,32	2921,57 b
2º Experimento	2079,49	2458,71	2269,10 c
3º Experimento	5016,89	5441,96	5229,42 a
4º Experimento	2805,22	3334,72	3069,97 b
Média Geral (B)	3180,60 B	3564,43 A	3372,52

Tabela 2. Produtividade de grãos (kg ha⁻¹) na cultura da soja em resposta a co-inoculação. Safra 2016/17. (Conclusão)

Experimentos (A)	Tratamentos (B)		Média Geral (A)
	Testemunha	Co-inoculação	
F (A)	860,08**		
F (B)	76,63**		
F (A x B)	2,44 NS		
CV%	3,18		

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Na Tabela 3 encontram-se a estrutura do custo operacional efetivo (COE) da cultura da soja para a média dos tratamentos: testemunha e co-inoculação, considerando um hectare nos sistemas convencional e sistema de semeadura direta. Este modelo de estrutura de COE foi utilizado em todos os tratamentos. Os investimentos iniciais como preparo de solo e calagem foram considerados nesta pesquisa, uma vez que essas práticas foram realizadas no 1º e 2º experimentos, e não consideradas no 3º e 4º onde foi adotado o sistema de semeadura direta no momento da instalação dos experimentos, contribuindo para reduzir os custos iniciais com a implantação da cultura da soja.

Verifica-se que o custo operacional efetivo (COE), que é composto por despesas com as operações e insumos, foi de R\$ 1423,68 ha⁻¹ no sistema convencional e com a prática da co-inoculação e de R\$ 1401,78 na testemunha, ou seja, sem o uso do inoculante a base de *Azospirillum*. No sistema de semeadura direta o COE foi menor, tanto quando associado à prática da co-inoculação (R\$ 1143,17 ha⁻¹), bem como, na testemunha (R\$ 1121,27 ha⁻¹).

Nas operações que compõem o COE, destacam-se as despesas com insumos, fertilizantes e os defensivos. Isto se deve a grande exigência por nutrientes da cultura da soja para obtenção de elevadas produtividades de grãos, além da necessidade de dessecação, controle de plantas daninhas, pragas e fitopatógenos.

De maneira geral, os gastos com operações mecanizadas, seguido dos fertilizantes, foram os mais elevados (Tabela 3). Vale ressaltar que com a utilização de *Azospirillum brasilense* para co-inoculação ocorre a tendência de aumento da porcentagem de gastos em relação ao COE dos fertilizantes. Porém, o custo com o inoculante contendo *Azospirillum* é muito baixo.

Com relação ao COE e produtividade da soja dos tratamentos (Tabela 3), o maior valor para o COE refere-se ao tratamento com co-inoculação associado ao plantio convencional. Enquanto, o menor valor para o COE corresponde à testemunha com apenas inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* em sistema de semeadura direta.

Tabela 3. Custos operacionais efetivos (COE) da cultura da soja nos tratamentos: testemunha e co-inoculação em um hectare, em função do sistema de preparo de solo convencional e plantio direto.**(Continua)**

Descrição	Especificação	Nº vezes	Coefficiente	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
A - Operações mecanizadas					
A1 - Plantio Convencional					
Calagem	HM	1	0,33	52,00	17,16
Gradeação pesada	HM	1	1,37	85,00	116,45
Grade niveladora	HM	2	0,60	52,00	62,40
Semeadura	HM	1	1,00	110,00	110,00
Pulverização	HM	4	0,60	85,00	204,00
Colheita	HM	1	0,60	118,00	70,80
Subtotal A1					580,81
A2 - Sistema de semeadura direta					
Dessecação	HM	1	0,50	52,00	26,00
Roçagem (triton)	HM	1	0,50	85,00	42,50
Semeadura	HM	1	1,00	110,00	110,00
Pulverização	HM	4	0,60	85,00	51,00
Colheita	HM	1	0,60	118,00	70,80
Subtotal A2					300,30
B - Insumos					
B1 - Co-inoculação					
Adubo 04-20-20	T	1	0,25	1510,71	377,68
Fertilizante com Cobalto e Molibdênio	L	1	0,15	73,20	10,98
Inoculante (<i>Bradyrhizobium</i>)	L	1	0,15	47,00	7,05
Inoculante (<i>Azospirillum</i>)	L	0	0,15	146,00	21,90
Sementes de soja	sc 40 kg	1	1,00	250,00	250,00
Herbicida glyphosate	L	1	4,00	14,51	58,04
Herbicida 2,4-D	L	1	1,00	13,24	13,24
Herbicida clorimuron	kg	1	0,03	146,68	4,40
Fungicida tratamento de sementes c	L	1	0,05	45,57	2,28

Tabela 3. Custos operacionais efetivos (COE) da cultura da soja nos tratamentos: testemunha e co-inoculação em um hectare, em função do sistema de preparo de solo convencional e plantio direto.**(Conclusão)**

Descrição	Especificação	Nº vezes	Coefficiente	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
Inseticida tratamento de sementes	L	1	0,10	407,68	40,77
Fungicida azoxistrobina + ciproconazol	L	1	0,30	150,89	45,27
Inseticida metomil	L	1	0,50	22,54	11,27
Subtotal B1					842,87
<hr/>					
B2 Testemunha – Idem B1 – sem o Inoculante (<i>Azospirillum</i>)					
Subtotal B2					820,97
<hr/>					
COE Sistema de semeadura direta - co-inoculação A2 + B1					1.143,17
<hr/>					
COE Sistema de semeadura direta - testemunha A2 + B2					1.121,27
<hr/>					
COE - Convencional - co-inoculação A1 + B1					1.423,68
<hr/>					
COE - Convencional - testemunha A1 + B2					1401,78
<hr/>					

Entretanto, é válido salientar que as maiores produtividades de soja foram obtidas com a prática da co-inoculação (Tabela 2). Segundo Bashan e Bashan (2010), o incremento em produtividade de grãos em função da inoculação com bactérias do gênero *Azospirillum* em culturas de interesse agrônomo, ocorrem devido ao estímulo do crescimento das plantas por múltiplos mecanismos, incluindo síntese de fitohormônios (auxina, citocinina e giberilina), melhoria da nutrição nitrogenada, melhoria em parâmetros fotossintéticos das folhas, atenuação/minimização de estresse e controle biológico de alguns agentes patogênicos.

Com relação às receitas brutas por hectare (Tabela 4), obtidas nas diferentes combinações dos tratamentos para a cultura da soja, observa-se que, sendo constante o preço da soja, as receitas brutas dos tratamentos seguem a mesma tendência das produtividades (Tabela 2), ou seja, os acréscimos na receita ocorrem pelos aumentos na produtividade de grãos. Tal resultado corrobora com Duete et al. (2009) os quais mencionaram que a produtividade é fator primordial para garantir boa rentabilidade ao produtor. Ainda segundo estes mesmos autores, mesmo em regiões onde o produtor obtém bons preços na comercialização de grãos, se a produtividade é baixa, a rentabilidade fica comprometida. Assim, o investimento em práticas de manejo, como adubação equilibrada, incrementa a produtividade de grãos e a margem bruta das culturas.

Tabela 4. Produtividade de grãos (PROD), receita bruta (RB), lucro operacional (LO) e índice de lucratividade (IL) da cultura da soja submetida aos tratamentos: testemunha e co-inoculação em um hectare, em função do sistema de preparo de solo.

Plantio convencional									
Co-inoculação					Testemunha				
COE	PROD*	RB	LO	IL	COE	PROD*	RB	LO	IL
R\$		---R\$---		%	R\$		---R\$---		%
		3424,39	2000,71	58,43			3055,50	1653,72	54,1
1423,68	59,41				1401,78	53,01			2
Sistema de semeadura direta									
Co-inoculação					Testemunha				
COE	PROD*	RB	LO	IL	COE	PROD*	RB	LO	IL
R\$		---R\$---		%	R\$				%
		3424,39	2281,22	66,17			3055,50	1934,23	63,3
1143,17	59,41				1121,27	53,01			0

*PROD em saca de 60 kg

**Preço de comercialização da soja R\$ 57,64 sc⁻¹

Para os valores referentes ao lucro operacional (Tabela 4), o LO foi positivo para todos os tratamentos estudados, da co-inoculação ou testemunha tanto no plantio convencional como sistema de semeadura direta. O maior LO foi propiciado com a co-inoculação em sistema de semeadura direta. Na ausência da co-inoculação, mesmo com a redução nos custos, com possibilidade de aumento no LO, caso obtidas boas produtividades, o cultivo de soja seria viável, entretanto, com um lucro menor que R\$ 346,99 ha⁻¹ para ambos sistemas de plantio. Por sua vez, o tratamento que propiciou maior IL foi também com a associação do sistema de semeadura direta com o uso da co-inoculação (66,17%) (Tabela 4), reforçando a importância da prática para obtenção de produtividades superiores e, conseqüentemente, maior retorno financeiro. Os resultados econômicos obtidos estão de acordo com Hungria et al. (2013b), que relatam que inoculantes microbianos são de baixo custo e, considerando apenas a cultura da soja, no Brasil, estima-se que haja uma economia, por ano de mais de US\$ 14 bilhões com a FBN. Portanto, é inquestionável o potencial da co-inoculação na nutrição e produtividade da cultura da soja, principalmente por ser uma técnica de baixo investimento, de fácil aplicação e utilização, não poluente, e ainda, inserida no contexto de sustentabilidade.

CONCLUSÃO

A co-inoculação foi tecnicamente e economicamente viável na média dos quatro experimentos conduzidos no Estado de São Paulo entretanto, em sistema de semeadura direta propicia a maior lucratividade.

REFERÊNCIAS

BALDANI, J. I. et al. Recent advances in BFN with non-legume plants. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 29, p. 911-922, 1997.

BÁRBARO, I. M. et al. B. Resultados preliminares da co-inoculação de *Azospirillum* juntamente com *Bradyrhizobium* em soja. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 8, n. 2, 2011. Disponível em: <http://www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2011/2011-julho-dezembro/853-resultados-preliminares-da-co-inoculacao-de-azospirillum-juntamente-com-bradyrhizobium-em-soja/file.html>

BÁRBARO, I. M. et al. Produtividade da soja em resposta á inoculação padrão e co-inoculação. **Colloquium Agrariae**, v. 5, n.1, p. 01-07, 2009 b.. Disponível em: <http://revistas.unoeste.br/revistas/ojs/index.php/ca/article/viewFile/372/510>

BÁRBARO, I. M. et al. da **Técnica alternativa**: co-inoculação de soja com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento de produtividade. 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/coinoculacao/index.htm

BARBOSA, J. C., MALDONADO JUNIOR, W. 2015. **AgroEstat** - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agrônomicos. Jaboticabal: UNESP.

BASHAN, Y.; BASHAN, L. E. Chapter Two - How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth - A critical assessment. **Advances in Agronomy**, v. 108, p. 77-136, 2010. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065211310080028>

BOTTINI, R. et al. Identification of gibberelins A1, A3, and iso-A3 in cultures of *Azospirillum lipoferum*. **Plant Physiology**, v. 90, n. 1, p. 45-47, 1989. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1061674/>

BRACCINI, A. L. et al. Co-inoculação e modos de aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada na nodulação das plantas e rendimento da cultura da soja. 2016 **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 1, p. 27-35, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v15n1p27-35>

CÁCERES, E. A. R. Improved medium for isolation of *Azospirillum* spp. American Society for Microbiology. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 44, n. 43, p. 990-991, 1982. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC242127/>

CASSÁN, F. et al. Producción defitohormonas 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, 2008, p.61-86.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Nono Levantamento da Safra de Grãos 2016/2017**. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_06_08_09_02_48_boletim_graos_junho_2017.pdf Acesso em: 16/06/2017.

DOBEREINER, J.; DAY, J. M. Associative symbiosis in tropical grasses: characterization of microorganisms and dinitrogen-fixing sites. In: NEWTON, W. E.; NYMAN, C. T. (Ed.) **Nitrogen Fixation**. Pullman: Washington State University, v. 2. p. 518-538, 1976.

DUETE, R. R. C. et al. Viabilidade econômica de doses e parcelamentos da adubação nitrogenada na cultura do milho em Latossolo Vermelho Eutrófico. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.31, n.1, p.175-181, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v31i1.6646>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja - Região Central do Brasil 2014 a**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265p.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologia de coinoculação 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 out. 2014b.

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

FONSECA, G. G. **Respostas de cultivares de feijoeiro-comum à inoculação das sementes com estirpes de rizóbios em Minas Gerais**. 2011. 166p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.

GITTI, D. C. et al. Inoculação de *Azospirillum brasilense* em cultivares de feijões cultivados no inverno. **Revista Agrarian**, Dourados. v. 5, n. 15, p. 36-46, 2012. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1297/1011>

HUERGO, L. F. et al. **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. Asociación Argentina de Microbiología, Argentina, 2008. p.17-35.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, v. 49, n.7, p. 791-801, 2013b. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00374-012-0771-5>

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. **Tecnologia de coinoculação: rizobium e *Azospirillum* em soja e feijoeiro**. EMPRAPA SOJA, 2014. Folders. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/busca-de-publicacoes/-/publicacao/984365/tecnologia-de-coinoculacao-rizobios-e-azospirillum-em-soja-e-feijoeiro>. Acesso em 08/04/2016.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Embrapa Soja, 2011. (Documentos 325)

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80p. (Embrapa Soja. Documentos, 283)

MARTIN, N. B. et al. Sistema integrado de custos agropecuários - “Custagri”. **Informações Econômicas**, v. 28, p.7-28, 1998.

MATSUNAGA, M.; TOLEDO, P. F. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, v.23, p.123-139, 1976.

MERCANTE, F. M. et al. **Estratégias para aumentar a eficiência de inoculantes microbianos na cultura da soja**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 4 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 169).

STRZELCZYK, E.; KAMPER, M.; LI, C. Cytocinin-like-substances and ethylene production by *Azospirillum* in media with different carbon sources. **Microbiological Research**, v.149, n.1, p.55-60, 1994. Disponível em: Cytocinin-like-substances and ethylene production by *Azospirillum* in media with different carbon sources

TIEN, T. M.; GASKINS, M. H.; HUBBELL, D. H. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). **Applied and Environmental Microbiology**, v. 37, p. 1016-1024, 1979. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC243341/>

ZUFFO, A.M.et al. Co-inoculation of *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense* in the soybean crop. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 38, n. 1, p. 87-93. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/pdf/rca/v38n1/v38n1a13.pdf>

ZUFFO, A. M.et al. Morphoagronomic and productive traits of RR® soybean due to inoculation via *Azospirillum brasilense* groove. **African Journal of Microbiology Research**, v.10, n.13, p. 438-444. 2016. Disponível em: <http://www.academicjournals.org/journal/AJMR/article-full-text-pdf/77E89EA57922>

