

Inoculação e coinoculação de sementes no desenvolvimento e produtividade da cultura da soja

Claudia Manteli^{1*}; Guilherme Moraes da Rosa²; Luan Vinicius Carneiro²;
Jean Carlo Possenti³; Alberto Ricardo Stefeni⁴; Fernando Luiz Schneider⁴

¹ União de Ensino do Sudoeste do Paraná, Curso de Agronomia, Dois Vizinhos-PR e Doutoranda Programa de Pós Graduação em Agronomia Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco-PR.

² União de Ensino do Sudoeste do Paraná, Curso de Agronomia, Dois Vizinhos-PR.

³ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Agronomia, Dois Vizinhos-PR.

⁴ Programa de Pós Graduação em Agronomia Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco-PR.

* claudiamanteli@gmail.com.

Resumo: O Brasil alcançou posto de maior produtor mundial de soja na safra 2018/2019. No entanto, um dos maiores desafios envolvidos nessa cadeia produtiva é a maximização da produtividade sem a necessidade de expansão para novas áreas. O trabalho teve por objetivo avaliar inoculação e coinoculação de sementes com *Bradyrhizobium* sp. e *Azospirillum brasiliense*, sobre o desenvolvimento vegetativo e produtividade da cultura da soja. O experimento foi conduzido no campo experimental da União de Ensino do Sudoeste do Paraná - UNISEP – Dois vizinhos, PR. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos constituíram-se na inoculação de sementes com: *Bradyrhizobium* sp. + *A. brasiliense*; *Bradyrhizobium* sp.; *A. brasiliense*; Testemunha (sem inoculação). As variáveis foram avaliadas nos estádios de desenvolvimento vegetativo (V₅) e reprodutivo (R₄ e R₈), na área útil das parcelas. Analisou-se altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, comprimento de raiz, número de nódulos e peso de nódulos. No estádio R₈ foram avaliados o número de vagens por planta, número de grãos por vagem, peso de mil grãos e produtividade. A coinoculação aumentou significativamente, em relação aos demais tratamentos, o comprimento de raiz número de nódulos e para produtividade não diferiu da inoculação. A coinoculação de sementes com bactérias dos gêneros *Bradyrhizobium* sp. + *A. brasiliense* possibilitou um incremento de 23,59% em produtividade na cultura da soja.

Palavras Chaves: *Glycine max*; Fabaceae; *Bradyrhizobium* sp.; *Azospirillum brasiliense*.

Inoculation and co-inoculation of seeds in the development and yields of soybeans crops

Abstract: Brazil reached the position of the world's largest soybean producer in the 2018/2019 harvest. However, one of the major challenges involved in this production chain is maximizing yield without the need for expansion into new areas. The objective of this work was to evaluate seed inoculation and co-inoculation with *Bradyrhizobium* sp. and *Azospirillum brasiliense* on the vegetative stage and yield of soybean. The experiment was conducted in the experimental field of the Teaching Union of Southwest of Paraná - UNISEP – Dois Vizinhos, PR. The experimental design was in randomized blocks, with four treatments and five replications. The treatments consisted in the inoculation of seeds with: *Bradyrhizobium* sp. + *A. brasiliense*; *Bradyrhizobium* sp.; *A. brasiliense*; Control (without inoculation). The variables were evaluated in the vegetative (V₅) and reproductive (R₄ and R₈) development stages, in the useful area of the plots. Plant height, first pod insertion height, root length, number of nodules and nodule weight were analyzed. At the R₈ stage, the number of pods per plant, number of grains per pod, weight of one thousand grains and productivity were evaluated. The co-inoculation increased significantly, in relation to the other treatments, the root length and number of nodules for yield did not differ from the inoculation. The co-inoculation of seeds with bacterias of the genus *Bradyrhizobium* sp. + *A. brasiliense* allowed an increase of 23.59% in yield of soybeans.

Palavras Chaves: *Glycine max*; Fabaceae. *Bradyrhizobium* sp.; *Azospirillum brasiliense*.

Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a *comoditie* de maior importância mundial. A estimativa de safra 2018/2019 é de 354,54 milhões de toneladas, onde o Brasil alcançará o posto de maior produtor, com 33,52% da produção mundial (CONAB, 2018).

Acompanhando a grande expansão territorial da soja, o melhoramento genético da cultura alcançou também, um maior potencial produtivo das cultivares (CÂMARA, 2012; BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2017). Devido a limitação de abertura de novas áreas para cultivo desta, principalmente no estado do Paraná, pesquisas com técnicas de manejo, justificam-se com intuito de explorar o potencial genético dos cultivares, aumentando assim, a produtividade nas áreas já cultivadas (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2017; EMBRAPA SOJA, 2018).

Na busca de minimizar a contaminação ambiental, elevando a qualidade dos alimentos, reduzindo a dependência de adubos químicos e com baixo custo, dá-se enfoque a substituição de insumos minerais por microrganismos. Neste sentido, há grande desafio em pesquisas, pelo desenvolvimento de práticas de manejo que visem o uso de agentes biológicos, que estimulem o desenvolvimento vegetal, com enfoque na produtividade (HUNGRIA, 2011).

Conhecidamente, entre esses manejos potencializadores do rendimento da soja, a inoculação com bactérias fixadoras de N₂, como as do gênero *Bradyrhizobium* sp. resultam em maiores produtividade (HUNGRIA, CAMPOS e MENDES, 2007; HIDALGO, 2018). Outro agente biológico, que tem se destacado no desempenho de diversas culturas é o *Azospirillum brasiliense*. Este, quando associado à Poáceas, promove fixação de nitrogênio, mas o principal benefício é o aumento no desenvolvimento do sistema radicular (HIDALGO, 2018). São conhecidas como bactérias promotoras de crescimento vegetal, atuam em processos metabólicos e fisiológicos, estimulam a produção de fitormônios, como o ácido indol acético, ácido indol butírico (MARTINSEZ-VIVEROS *et al.*, 2010; HUNGRIA, 2011; HIDALGO, 2018) e enzimas hidrolíticas (MOSTAJERAN *et al.*, 2017) resultando em maior absorção de nutrientes, tolerância à seca e incremento de produtividade (BASHAN e HOLGUIN, 1997; DOBBELAERE *et al.*, 2001; BASHAN, HOLGUIN e DE-BASHAN *et al.*, 2004).

Contudo, além da inoculação convencional, a coinoculação, que é aplicação de *Bradyrhizobium* mais *A. brasiliense*, é uma técnica que apresenta resultados significativos e está sendo difundida (BÁRBARO *et al.*, 2008; BARBARO *et al.*, 2009; PARDINHO e PRIMIERI, 2015; BRACCINI, 2016), porém, ainda pouco praticada por produtores.

Considerando o exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a inoculação e coinoculação de sementes com *Bradyrhizobium* sp. e *A. brasiliense* sobre o desenvolvimento vegetativo e produtividade da cultura da soja.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em 2018, no campo experimental pertencente à União de Ensino do Sudoeste do Paraná - UNISEP – Faculdade Educacional de Dois Vizinhos - FAED,

situado no município de Dois vizinhos, PR. Localizado na região Sudoeste do Paraná, com latitude 25° 45' 00" e longitude de 53° 03' 25" e altitude de 509 metros.

O clima da região segundo Köppen e Cfa é classificado como subtropical; temperatura média no mês mais frio inferior a 18 °C (mesotérmico) e no mês mais quente acima de 22 °C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida (ALVARES *et al.*, 2013). Já o solo é classificado como de Nitossolo Vermelho Distroférico úmbrico, relevo ondulado e textura argilosa (BHERING, 2008).

Previamente a implantação do experimento realizou-se a análise química do solo da área delimitada na profundidade de 0-20 cm. Dessa forma a adubação de base foi realizada baseada em laudo de fertilidade do solo (Tabela 01), utilizando-se formulado 00-20-20 (N-P₂O₅-K₂O).

Tabela 1 - Resultados da análise química do solo utilizada para recomendação de adubação, na área do experimento. UNISEP, Dois Vizinhos – PR, 2018.

P	MO	pH CaCl ₂	H+Al	Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	V
(mg dm ⁻³)	(g dm ⁻³)	(0,01mol L ⁻¹)	(mmolc. dm ⁻³)							
44,31	13,98	4,6	6,69	0,35	0,29	1,92	0,96	3,17	9,86	32,15

Fonte: Laboratório Solanálise – Cascavel/PR.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos constituíram-se em inoculações de sementes de soja, sendo: *Bradyrhizobium* sp. + *A. brasiliense*; *Bradyrhizobium* sp.; *A. brasiliense* e Testemunha (sem inoculação). Previamente a semeadura realizou-se a inoculação das sementes de acordo com os tratamentos descritos. Utilizou-se a estirpe Ab-V5 de *A. brasiliense* obtida de um produto comercial que contém cerca de 2 x 10⁸ UFC mL⁻¹, sendo aplicado 5 mL kg⁻¹ de semente. Para *Bradyrhizobium* sp., foi usado um produto comercial com as estirpes Semia 5079 e Semia 5080 na densidade de 5 x 10⁹ UFC g⁻¹, que contém *B. japonicum* e *B. elkanii*. A dose utilizada foi de 1,2 g kg⁻¹ sementes do produto turfoso. A coinoculação foi obtida através da associação das duas bactérias aplicando-se homogeneamente às sementes, primeiramente o *Bradyrhizobium* sp. e após o *A. brasiliense*, nas dosagens descritas acima.

A cultivar implantada foi da empresa Nidera sementes 5909[®], que tem ciclo precoce e crescimento indeterminado, alta produtividade em solos de elevada fertilidade, boa adaptabilidade em diferentes ambientes, apresenta grande porcentagem de proteína no grão e arquitetura favorável ao controle de doenças (NIDERA, 2018).

As parcelas experimentais tiveram área útil de 18 m², o espaçamento adotado entre linhas foi de 0,45 m, com 13 sementes por metro linear, totalizando 288.888 plantas ha⁻¹. A semeadura foi realizada com auxílio de uma semeadora/adubadora de precisão. Evitando a contaminação

entre os tratamentos experimentais, os discos e as caixas de distribuição de sementes foram limpos com auxílio de uma solução de etanol (70%) e hipoclorito de sódio (1%).

Para o manejo de plantas daninhas foi utilizado uso do herbicida glifosato (480 g i.a. L⁻¹), na dose de 2,5 L ha⁻¹. O controle de pragas e doenças foi realizado com base em amostragens e o tomada de decisão baseada no nível de danos para cada fase de desenvolvimento da planta (Tabela 2).

Tabela 2 - Descrição dos agroquímicos utilizados no controle de pragas e doenças durante o experimento. Dois Vivinhos, 2018.

Controle	Produto Comercial	Princípio Ativo	Concentração	Dose
Ervas daninha	Zapp QI®	Glifosato	620 g L ⁻¹	2,5 L ha ⁻¹
	Teck -t®	Redutor de pH		50 mL ha ⁻¹
Pragas e doenças	Curyom®	Profenofos +Lufenurom	500 g L ⁻¹ + 50 g L ⁻¹	200 mL ha ⁻¹
	Priori Xtra®	Azoxistrobina + Ciprocanazol	200 g L ⁻¹ + 80 g L ⁻¹	75 mL ⁻¹
	Ampligo®	Lambda-cialotrina + Clorantraniliprole	50 g L ⁻¹ +100 g L ⁻¹	50 mL ha ⁻¹
Pragas e doenças	Abamectin Nortox®	Abamectina	18 g L ⁻¹	300 mL ha ⁻¹

Fonte: Autor, 2018.

Para as variáveis altura de planta (cm), comprimento de raiz (cm), foram realizadas avaliações nos estádios V₅ (5ª folha verdadeira) e R₄ (legume completamente desenvolvido) e, altura de inserção da primeira vagem (cm), somente em R₄. As variáveis número de nódulos, massa de nódulos (g) e volume radicular (cm³) foram avaliadas no estágio R₈ (maturação plena). A altura de planta foi medida pela distância entre o colo da planta e o ápice. Para inserção da primeira vagem mediu-se a distância entre o colo e o ponto de fixação da primeira vagem. A obtenção dos dados deu-se em cinco plantas por escolhidas aleatoriamente na parcela.

O comprimento do sistema radicular deu-se pela medida entre o colo da planta até o ápice da raiz, os dados foram expressos em centímetros. Contou-se manualmente o número de nódulos radiculares, sendo a massa dos mesmos, obtida com auxílio de balança eletrônica. O volume radicular (cm³) foi obtido pelo deslocamento da coluna de água em proveta.

Os componentes de rendimento: número de vagens por planta, massa de mil grãos (g) e produtividade (kg ha⁻¹) foram realizadas em estágio de desenvolvimento R₈, estágio em que os grãos atingiram a maturação fisiológica. O número de vagens foi obtido pela contagem manual, contando-se em seguida o número de grãos em cinco plantas, fazendo-se a relação entre o total de grãos e de vagens.

A massa de mil grãos contemplou a média de cinco repetições de 200 sementes puras, coletadas aleatoriamente, multiplicando por cinco, obtendo-se resultado para 1000 grãos, determinando-se a massa de mil grãos (MMG). A produtividade foi obtida pela colheita das plantas presentes na área útil, com umidade padronizada para 14%.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Lilliefors e após foram submetidas à análise da variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade ($\alpha = 0,05$) com aplicativo computacional SASM-AGRI® (CANTERI *et al.*, 2001).

Resultados e Discussão

Para a variável altura de plantas em ambos os estádios de desenvolvimento (V_5 e V_4) o tratamento submetido à coinoculação com *Bradyrhizobium* sp. + *A. brasiliense*, apresentou superioridade estatística em relação aos demais (Tabela 3).

Bactérias dos gêneros *A. brasiliense* produzem fitormônios e assim como *Bradyrhizobium* sp. possuem capacidade de fixação de nitrogênio, estas características promovem aumento do volume radicular, dessa forma as bactérias podem atuar em conjunto no desenvolvimento da cultura quando submetidas à coinoculação (GITTI, 2015).

Resultados semelhantes foram encontrados por Bárbaro (2009), em vários ensaios com *A. brasiliense*, verificaram-se incrementos no rendimento de fabáceas com a inoculação mista (coinoculação), obtendo-se valores superiores aos obtidos com somente a inoculação com *Bradyrhizobium*.

Na concepção de Hungria (2011), a altura de planta pode ser diretamente influenciada pela quantidade de nitrogênio e outros nutrientes absorvidos através do sistema radicular, onde possibilita maior capacidade fotossintética para a cultura, porém, o mesmo autor reporta que a planta muito desenvolvida pode acamar.

Tabela 3 - Altura de planta (AP) e altura de inserção de primeira vagem (AIPV) da cultura da soja submetida a inoculação e coinoculação. UNISEP- Dois Vizinhos-PR, 2018.

Inoculantes	AP (V_5) (m)	AP (R_4) (m)	AIPV (R_4) (m)
<i>Bradyrhizobium</i> sp.+ <i>A. brasiliense</i>	0,76 a *	1,38 a *	0,14 ^{ns}
<i>Bradyrhizobium</i> sp.	0,71 b	1,32 b	0,13
<i>A. brasiliense</i>	0,65 c	1,32 b	0,16
Testemunha	0,63 c	1,30 b	0,14
CV(%)	1,90%	1,26%	12,04%

ns: Não significativo pelo teste F ($\alpha = 0,05$). * Significativo pelo teste F ($\alpha = 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($\alpha = 0,05$). CV(%): Coeficiente de Variação. V_5 : estágio de desenvolvimento da cultura da soja: 5ª folha verdadeira. R_4 : estágio de desenvolvimento da cultura da soja: legume completamente desenvolvido.

A altura de inserção da primeira vagem não apresentou resultados significativos (Tabela 3). Esta é considerada uma característica própria de cada cultivar, que pode ou não ser influenciada pela inoculação e coinoculação (HUNGRIA, 2011).

Ao analisar a variável comprimento de raiz (Tabela 4), nota-se que em ambos os estádios avaliados (V₅ e R₄), os resultados foram superiores estatisticamente quando submetidas à inoculação e coinoculação. Ferlini (2006) e Costa (2014) salientam que com a utilização da coinoculação, há efeito benéfico, referindo este, à capacidade que o *A. brasiliense* tem de produzir fitormônios que geram maior desenvolvimento do sistema radicular, acrescentando a possibilidade de explorar volume mais amplo de solo, buscando nutrientes em maiores profundidades.

Já, para densidade do sistema radicular (Tabela 4) os tratamentos não foram significativos, porém, nota-se que o tratamento a base de *Bradyrhizobium* sp. + *A. brasiliense*, mesmo sem significância, apresentou superioridade na densidade radicular 12,8 cm³. Resultado esse, que pode estar relacionado com o acúmulo de massa seca.

Para as variáveis número e massa de nódulos, os tratamentos com *Bradyrhizobium* sp. + *A. brasiliense* e *Bradyrhizobium* sp. apresentaram diferença estatística em relação aos demais, porém não diferindo entre si (Tabela 5). Nessas variáveis o coeficiente de variação (CV) do experimento oscilou entre 6,06 a 14,66 % (Tabela 5). Segundo Banzato e Kronka (2006), valores de coeficiente de variação abaixo de 15% indicam boa precisão experimental, demonstrando assim, a eficiência na execução e a confiabilidade dos resultados obtidos.

Tabela 4 – Comprimento de raiz (CR) e volume do sistema radicular (cm³) (VSR) nos estádios V₅ e R₄, da cultura da soja submetida à inoculação e coinoculação. UNISEP- Dois Vizinhos-PR, 2018.

Inoculantes	CR (V ₅) (m)	CR (R ₄) (m)	VSR (V ₅) (cm ³)	VSR (R ₄) (cm ³)
<i>Bradyrhizobium</i> sp.+ <i>A. brasiliense</i>	0,16 a *	0,24 a *	4,20 ^{ns}	12,80 ^{ns}
<i>Bradyrhizobium</i> sp.	0,16 a	0,23 a	3,60	10,80
<i>A. brasiliense</i>	0,14 b	0,23 b	4,00	11,40
Testemunha	0,12 b	0,20 b	3,20	9,80
CV(%)	9,22	7,81	38,34	14,90

ns: Não significativo pelo teste F ($\alpha = 0,05$). * Significativo pelo teste F ($\alpha = 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($\alpha = 0,05$). Coeficiente de Variação. V₅: estádio de desenvolvimento da cultura da soja: 5ª folha verdadeira. R₄: estádio de desenvolvimento da cultura da soja: legume completamente desenvolvido.

A formação e desenvolvimento de nódulos, bem como o tamanho dos mesmos, podem ser influenciados positivamente por vários fatores, dentre estes o desenvolvimento do sistema radicular (Tabela 4). Segundo Barbáro (2009) o maior desenvolvimento do sistema radicular,

possibilita maior capacidade de formação de nódulos, onde a coinoculação reflete no tamanho dos nódulos formados, possibilitando expressar seu máximo potencial em fixar nitrogênio.

Tabela 5 – Número de Nódulos (NN) e massa de nódulo (MN) no estágio R₄, da cultura da soja submetida à inoculação e coinoculação. UNISEP- Dois Vizinhos-PR, 2018.

Inoculantes	NN (R ₄)	MN (R ₄) (g)
<i>Bradyrhizobium</i> sp. + <i>A. brasiliense</i>	67,0 a *	1,18 a *
<i>Bradyrhizobium</i> sp.	58,2 a	0,97 b
<i>A. brasiliense</i>	50,8 b	0,83 c
Testemunha	48,2 b	0,72 d
CV(%)	14,66	6,06

* Significativo pelo teste F ($\alpha = 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($\alpha = 0,05$). CV(%): Coeficiente de Variação. R₄: estágio de desenvolvimento da cultura da soja: legume completamente desenvolvido.

Estes efeitos podem ser devido a diversos mecanismos, entre eles, antecipação na fixação biológica de nitrogênio nos nódulos, incremento na massa seca dos nódulos, promoção na ocorrência de nodulação heteróloga através do aumento da formação de pelos radiculares e raízes secundárias, aumento nos sítios de infecção, inibição de fitopatógenos e produção de fitormônios e, influências na partição de matéria seca entre as raízes e parte aérea (HUNGRIA, 2011).

Trabalho realizado por Gitti (2015), demonstra que sementes de soja inoculadas e coinoculadas a base de *Bradyrhizobium* sp. e *Bradyrhizobium* sp.+ *A. brasiliense*, influenciaram positivamente no incremento de nódulos por planta, obtendo média de 88,4 nódulos por planta. Tal resultado se demonstrou superior em relação aos demais tratamentos.

A inoculação de sementes na cultura da soja é uma prática excelente e precisa ser fomentada no cultivo dessa leguminosa, uma vez que a população de bactérias eficientes na fixação biológica do nitrogênio pode ser reduzida no período de entressafra de soja, devido à competição por microrganismos nativos do solo (GITTI, 2015).

Para o número de vagens, houve diferença estatística entre os tratamentos aplicados (Tabela 6). A inoculação a base de *Bradyrhizobium* sp. e *Bradyrhizobium* sp.+ *A. brasiliense* apresentaram superioridade em relação aos demais, com média de 38 e 35, enquanto a testemunha apresentou média de 30 vagens por planta (Tabela 6).

Tal resultado pode estar relacionado com o número de nódulos (Tabela 5), pois a presença elevada de nódulos no sistema radicular é um bom indicador de fixação biológica de nitrogênio. As bactérias do gênero *Bradyrhizobium* sp. e *A. brasiliense* são conhecidas pela sua capacidade de fixação de nitrogênio, produção de fitormônios e aumento do volume radicular (GITTI, 2015). Dessa forma, a disponibilidade de nitrogênio no solo para as plantas, favorece

o desenvolvimento vegetal, pois este elemento atua em diversas rotas metabólicas e essências para as plantas.

Na avaliação de massa de mil grãos (Tabela 6), verificou-se que o melhor resultado foi resultante da coinoculação, seguido pela inoculação *Bradyrhizobium* sp., onde ambos tratamentos não diferiram estatisticamente entre. Tal resultado se justifica pelo número e massa de nódulos (Tabela 5), que ocorreu fixação biológica de nitrogênio. De acordo com Hungria (2011), quando há manutenção do equilíbrio nutricional em plantas, os resultados serão refletidos em sua produtividade.

Tabela 6 – Número de vagens por planta (NV), massa de mil grãos (MMG) e produtividade da cultura da soja submetida à inoculação e coinoculação. UNISEP- Dois Vizinhos-PR, 2018.

Inoculantes	NV	MMS (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
<i>Bradyrhizobium</i> sp.+ <i>A. brasiliense</i>	38 a *	0,166 a *	3686,56 a *
<i>Bradyrhizobium</i> sp.	35 b	0,150 b	3183,64 b
<i>A. brasiliense</i>	32 c	0,144 c	3322,15 a
Testemunha	30 d	0,140 c	2816,94 b
CV(%)	3,19	3,28	8,38

* Significativo pelo teste F ($\alpha = 0,05$). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($\alpha = 0,05$). CV(%): Coeficiente de Variação.

Em relação à produtividade, observou-se que a coinoculação e a inoculação, com *A. brasiliense*, aumentaram consideravelmente a produtividade, se diferenciando estatisticamente em relação aos demais tratamentos, mas não entre si. A coinoculação com *Bradyrhizobium* sp. + *A. brasiliense* proporcionou uma produtividade de 3686,56 kg ha⁻¹, com incremento de 23,59% na produtividade quando comparado com a testemunha. A inoculação com *Bradyrhizobium* sp., atingiu uma produtividade 3183,64 kg ha⁻¹, com incremento de 11,52% quando comparado com a testemunha. A inoculação com *A. brasiliense* proporcionou uma produtividade de 3322,15 kg ha⁻¹, incrementando a produtividade em 15,28% em relação à testemunha.

Os resultados encontrados para produtividade estão associados aos componentes de produtividade número de vagens por planta e massa de mil grãos, que apresentaram maior valor no tratamento com coinoculação. Resultados semelhantes foram encontrados por Braccini *et al.* (2016), que obtiveram valores de até 40,09% e 42,39% de incremento no número de vagens por planta e produtividade, respectivamente, com a coinoculação, em relação à testemunha.

A elevada produtividade quando usada a coinoculação e inoculação é resultante de da fixação biológica de nitrogênio, pelas bactérias associadas, pode ser explicada por condições

propícias a esse processo, no decorrer do desenvolvimento da cultura, como temperatura, pH, disponibilidade hídrica, oxigênio, nutrientes no solo, produção de fitormônios, entre outros que determinam a nodulação e desenvolvimento do sistema radicular.

Segundo Oliveira, Urquiaga e Baldani (2003) estes efeitos promovidos pela coinoculação de bactérias promotoras de crescimento vegetal e rizóbios, parecem estar sobre a influência de sinais específicos entre os genótipos bacterianos envolvidos e o genótipo da planta hospedeira. Esta relação entre as bactérias e a planta hospedeira resulta na expressão do potencial de desenvolvimento e produtivo desta.

A literatura mostra que bactérias promotoras de crescimento vegetal, como o *A. brasilense* podem atuar nas relações entre rizóbios e fabáceas, promovendo incrementos no crescimento vegetal e no rendimento de grãos, no nitrogênio total biologicamente fixado. Melhorando também o aproveitamento do nitrogênio obtido pela planta através da simbiose com rizóbios (BARBÁRO, 2009).

Considerando as principais limitações atuais e potenciais da fixação de nitrogênio na soja, e os benefícios atribuídos a diversas culturas pela inoculação com *A. brasilense*, pressupõe-se que a coinoculação com ambos os organismos, melhora o desempenho das culturas, em uma abordagem que respeita as demandas atuais de sustentabilidade agrícola, econômica, social e ambiental, resultando ganhos na sua produtividade (HUNGRIA, NOGUEIRA e ARAÚJO, 2013).

Conclusões

A coinoculação com *Bradyrhizobium* sp. e *A. brasiliense* e a inoculação com *Bradyrhizobium* sp. demonstraram eficiência no desenvolvimento e nos componentes de rendimentos, para todas as variáveis analisadas na cultura da soja.

A associação de bactérias dos gêneros *Bradyrhizobium* sp. e *A. brasiliense* possibilitou um incremento de 23,59% em produtividade na cultura da soja.

Referências

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. 21 p.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; HIRAKURI, M. H.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; RIBEIRO, R. H. **Análise da área, produção e produtividade da soja no Brasil em duas décadas (1997-2016)**. Londrina: Embrapa Soja, 2017.

BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 247 p.

BÁRBARO, I. M.; BRANCALIÃO, S. R.; TICELLI, M.; MIGUEL, F. B.; SILVA, J. A. A. **Técnica alternativa: co-inoculação de soja com *Azospirillum* e *Bradyrhizobium* visando incremento de produtividade**. 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: http://www.infobios.com/Artigos/2008_4/coinoculacao/index.htm.

BÁRBARO, I. M. Produtividade da soja em resposta a inoculação padrão e coinoculação **Colloquium Agrariae**, v. 5, n.1, p. 14-22, 2009.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. *Azospirillum* – plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). **Canadian Journal of Microbiology**, v. 43, p. 103-121, 1997.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L.E. *Azospirillum*-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, v. 50, p. 521-577, 2004.

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. dos; BOGNOLA, I. A.; CURCIO, G. R.; CARVALHO JUNIOR, W. de; CHAGAS, C. da S.; MANZATTO, C. V.; AGLIO, M. L. D.; SILVA, J. de S. **Mapa de solos do Estado do Paraná: Legenda atualizada**. Rio de Janeiro. EMBRAPA/IAPAR, 2008, 74 p.

BRACCINI, A. L. Co-inoculação e Modos de Aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* e Adubação Nitrogenada na Nodulação das Plantas e Rendimento da Cultura da Soja. **Scientia Agrararia Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 15, n. 1, p. 27-35, 2016.

CÂMARA, G. M. de S. **Introdução ao Agronegócio Soja**. Piracicaba: USP/ESALQ, 2012.

CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S.; GIGLIOTI, E. A.; GODOY, C. V. SASM – Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott – Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v. 1, n. 2, p. 18-24. 2001.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Prévia - Perspectiva para agropecuária**: safra 2018/2019. v. 6, 2018.

COSTA, E. M.; CARVALHO, F.; ESTEVES, J. A.; NÓBREGA, R. S. A.; MOREIRA, F. M. S. Resposta da soja a inoculação e co-inoculação com bactérias promotoras do crescimento vegetal e *Bradyrhizobium*. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, p. 1678-1689. 2014.

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; VANDERLEYDEN, J.; DUTTO, P.; LABANDERA-GONZALEZ, C.; CABALLEROMELLADO, J.; AGUIRRE, J.F.; KAPULNIK, Y.; BRENER, S.; BURDMAN, S.; KADOURI, D.; SARIG, S.; OKON, Y. Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 28, p. 871-879, 2001.

EMBRAPA SOJA. **HISTÓRIA DA SOJA.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/soja/cultivos/soja1/historia>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2018.

FERLINI, H. A. Co-Inoculación en Soja (*Glycine max*) con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense*. **Artículos Técnicos – Agricultura.** 2006. Disponível em: <http://www.engormix.com/co_inoculacion_soja_glycine_s_articulos_800_AGR.htm>. Acesso: 3 nov. 2018.

GITTI, D. C. Inoculação e Coinoculação na cultura da soja. **Tecnologia e Produção: Soja 2014/2015.** Maracaju, MS: Fundação MS, p. 15-28, 2015.

HIDALGO, M. G. **Diversidad de genes bacterianos relacionados con promoción del crecimiento vegetal.** Universitat Oberta de Catalunya. Dissertação de Mestrado (Máster de Bioinformática y Bioestadística Microbiología, biotecnología y biología molecular). 2018.

HUNGRIA, M.; CAMPOS, 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.** Documentos n 283. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados, 2007. 80 p.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo.** Londrina: EMBRAPA SOJA, 2011, p. 14-37 (EMBRAPA SOJA. Documentos, 325).

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Tecnologia de coinoculação da soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*: incrementos no rendimento com sustentabilidade e baixo custo. In: Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Reunião de pesquisa de soja da região central do Brasil, 33., 2013, Londrina. **Resumos expandidos...** Brasília, DF: Embrapa, 2013.

MARTINSEZ-VIVEROS, O.; JORQUERA, M. A.; CROWLEY, D. E.; GAJARDO, G.; MORA, M. L. Mechanisms and practical considerations involved in plant growth promotion by rhizobacteria. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, n. 10, p. 293-319, 2010.

MOSTAJERAN, A., AMOOAGHAIE, R., EMTIAZI, G. The participation of the cell wall hydrolytic enzymes in the initial colonization of *Azospirillum brasilense* on wheat roots. **Plant Soil**, v. 291, p. 239-248. 2007.

NIDERA. **Tecnologias e Cultivares de soja.** Disponível em: http://www.nidera.com.br/php/detalhes_cultivar.php?id=63. Acesso em: 13 nov 2018.

OLIVEIRA, A. L. M.; URQUIAGA, S.; BALDANI, J. I. **Processos e mecanismos envolvidos na influência de microorganismos sobre o crescimento vegetal.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. 40 p.

PARDINHO, J. P.; PRIMIERI, C. Produtividade da soja em relação à inoculação e co-inoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Revista Cultivando o Saber**, Edição Especial, p. 109-114. 2015.