



DESEMPENHO AGRONÔMICO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DA SOJA COM A CO-INOCULAÇÃO DE *Bradyrhizobium* E *Azospirillum brasilense*

AGRONOMIC PERFORMANCE AND PRODUCTIVITY OF SOYBEAN CULTURE WITH CO-INOCULATION OF *Bradyrhizobium* E *Azospirillum brasilense*

Jairo Maurício Filho¹, Carlos Henrique Souza Silva¹, José Eduardo Barbosa de Souza^{2*}

¹Bacharel em Agronomia pela Faculdade Evangélica de Goianésia

²Docente, Mestre em Agronomia do Curso de Agronomia da Faculdade Evangélica de Goianésia

*Contato principal

Info

Recebido: 08/2018
Publicado: 11/2018
ISSN: 2595-6906

Palavras-Chave

Glycine max(L.) Merrill, Fixação biológica de nitrogênio, Bactérias

.Keywords:

Glycine max (L.) Merrill, Biological fixation of nitrogen, Bacteria.

Resumo

A soja é uma das mais importantes culturas na economia mundial. No Brasil, a inoculação de sementes de soja com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico é essencial, e dispensa a necessidade de adubação complementar com nitrogênio, gerando uma economia de aproximadamente 3 milhões de dólares para o país. O uso de *Azospirillum brasilense* tem sido utilizado em conjunto com o *Bradyrhizobium* a fim de otimizar a nodulação e gerar respostas positivas em produtividade e qualidade de grãos. Dessa forma, o trabalho objetivou-se avaliar o desempenho agrônomo e produtividade da cultura da soja co-inoculada com o rizóbio *Bradyrhizobium* e a bactéria promotora de crescimento de plantas *Azospirillum brasilense*, aplicado em área foliar. O experimento foi desenvolvido na Fazenda Bela Vista localizada no município de Santa Isabel (GO), utilizando o delineamento experimental inteiramente casualizados com quatro repetições, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott. Os tratamentos foram constituídos por: 1) Testemunha 4 doses de inoculante;

2) 4 doses de inoculante + 2 doses de *A. brasilense*; 3) 6 doses de inoculante + 2 doses de *A. brasilense*; 4) 8 doses de inoculante + 2 doses de *A. brasilense*; e 5) 10 doses de inoculante + 2 doses de *A. brasilense*, sendo o inoculante aplicado para 50 kg-1 de sementes e *Azospirillum brasilense* via foliar com dose por ha-1. A semeadura foi realizada em dezembro de 2016, manualmente. Foram analisados: altura de plantas; número de folhas; índice de área foliar; massa seca das folhas, dos ramos, das raízes e dos nódulos; nodulação de raízes primária e secundária e produtividade da soja. Concluiu-se que: Com aumento linear da dosagem do inoculante *Bradyrhizobium* + 2 doses de *A. brasilense*, ocorreram o aumento linear da área foliar e raízes e que a utilização de *Azospirillum brasilense* mostrou aumento no número de nódulos presentes na raiz principal e secundária. Para produção de grãos, as dosagens com 8 e 10 doses de inoculante por 50 kg-1 de sementes + 2 doses de *A. brasilense* pulverizado em V2/V3 por ha-1, obtiveram as melhores produtividades de soja.

Abstract

Soybean is one of the most important crops in the world economy. In Brazil, the inoculation of soybean seeds with atmospheric nitrogen-fixing bacteria is essential, and it does not require the need for additional fertilization with nitrogen, generating an economy of approximately 3 million dollars for the country. The use of *Azospirillum brasilense* has been used in conjunction with *Bradyrhizobium* in order to optimize nodulation and generate positive responses in grain yield and quality. Thus, the objective of this work was to evaluate the agronomic performance and productivity of the soybean cultivar co-inoculated with the rhizobium *Bradyrhizobium* and the plant growth promoting bacterium *Azospirillum brasilense*, applied in leaf area. The experiment was carried out at the Fazenda Bela Vista located in the municipality of Santa Isabel (GO), using a completely randomized experimental design with four replicates, the data obtained were submitted to analysis of variance and the means compared by the Scott-Knott test. The treatments consisted of: 1) Witness 4 doses of inoculant; 2) 4 doses of inoculant + 2 doses of *A. brasilense*; 3) 6 doses of inoculant + 2 doses of *A. brasilense*; 4) 8 doses of inoculant + 2 doses of *A. brasilense*; and 5) 10 doses of inoculant + 2 doses of *A. brasilense*, the inoculant being applied to 50 kg-1 of seeds and *Azospirillum brasilense* via leaf with dose per ha-1. Seeding was done in December 2016, manually. Plant height; number of leaves; leaf area index; dry mass of leaves, branches, roots and nodules; nodulation of primary and secondary roots and soybean yield. It was concluded that: With linear increase in the dosage of the *Bradyrhizobium* inoculant + 2 doses of *A. brasilense*, there was a linear increase of leaf area and roots and that the use of *Azospirillum brasilense* showed an increase in the number of nodules present in the main and secondary roots. For grain yield, the dosages with 8 and 10 inoculant doses per 50 kg-1 of seeds + 2 doses of *A. brasilense* sprayed in V2 / V3 per ha-1, obtained the best soybean yields.



Introdução

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tem grande relevância na balança comercial brasileira e no suprimento do mercado interno sendo considerada principal commodity agrícola brasileira colocando o país em segundo lugar no ranque mundial, com uma produção de 95,434 milhões de toneladas na safra de 2015/2016, sendo superado apenas pelos Estados Unidos com 106,86 milhões toneladas nessa mesma safra (FAO, 2014; CONAB, 2017).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2017) em nível nacional o estado do Mato Grosso destaca-se como um dos maiores com produção de 26,030 milhões de toneladas seguido pelo estado do Paraná e Rio Grande do Sul com produção de 16,844 e 16,201 milhões de toneladas, respectivamente.

Devida essa produção ser expressiva tanto no contexto mundial como no nacional faz-se necessário um aumento da produtividade, sem aumento da área cultivada. Uma das soluções é a busca por produtos e tecnologias que apresentem bons resultados e ainda possuam baixo custo (NONATO, 2016).

Segundo Nonato (2016) dentre essas tecnologias inovadoras está à inoculação de microrganismos capazes de promover a fixação biológica de nitrogênio (FBN) e as bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP). Este seletivo grupo de microrganismos do solo é benéfico às plantas, são assim conhecidos por uma

associação capaz de gerar diversos processos biológicos (CHAPARRO et al., 2012).

De acordo com Vargas et al., (1993) o cultivo de soja no país se tornou viável, em grande parte, devido à sua capacidade de associação com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, capazes de nodular suas raízes. Essa associação simbiótica contribui com todo o nitrogênio que a soja necessita para produtividade média de aproximadamente 3.600 kg ha⁻¹, além de proporcionar valores entre 20 e 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) para a cultura em sucessão (GITTI, 2015).

O N é o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura da soja. Estima-se que para produzir 1.000 kg de grãos são necessários aproximadamente 80 kg de N. Basicamente, as fontes de N para a cultura da soja são os fertilizantes nitrogenados e o N atmosférico que se torna disponível através da FBN (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2001; SANTOS NETO et al., 2013).

A utilização da FBN apresentou um grande sucesso na cultura da soja tornando competitiva no mercado mundial (SANTOS NETO et al., 2013). Porém, os solos brasileiros não possuem, naturalmente, bactérias capazes de nodular e fixar N eficientemente em soja, sendo indispensável que a inoculação das sementes sejam bem feitas (ZILLI et al., 2006).

Além da inoculação da soja com *Bradyrhizobium*, a utilização de bactérias promotoras



do crescimento de plantas do gênero *Azospirillum* podem aumentar o sistema radicular e o volume de solo explorado, assim influenciando na nodulação da soja e na eficiência de absorção de nutrientes (GITTI, 2015).

No entanto, informações da sua utilização na cultura da soja em associação com *Bradyrhizobium* são escassas, embora, estudos reportem os benefícios da co-inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* em outros países, torna-se necessário conduzir ensaios nas condições brasileiras (HUNGRIA; NOGUEIRA; ARAUJO, 2013).

Desta forma, estratégias para o fornecimento de nitrogênio para a cultura da soja seja por fontes minerais, inoculação (*Bradyrhizobium*) ou co-inoculação (*Bradyrhizobium* + *Azospirillum*), devem ser avaliadas.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o desempenho agrônomo e produtividade da cultura da soja co-inoculada com o rizóbio

Bradyrhizobium e a bactéria promotora de crescimento de plantas *Azospirillum brasilense* aplicado em área foliar.

Material e Métodos

O experimento foi instalado na Fazenda Bela Vista localizada no município de Santa Isabel (GO), a latitude 15°24'09,54"S, longitude 49°17'14,49"O e altitude de 573 m. Segundo Köppen-Geiger o clima é do tipo Aw, tropical de savana, megatérmico, com temperatura média anual de 24,3°C e precipitação média anual de 1.588mm.

A área em que foi conduzido era recoberta com Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico com textura argilosa - LVAd (EMBRAPA, 2006) cultivada com milho no ano agrícola anterior e primeira safra cultivada com soja.

Foram realizadas as análises para caracterização química e física do solo como apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Características químicas do solo da área experimental, antes da implantação da cultura. Santa Isabel (GO), 2016/2017.

| Prof. | pH H ₂ O | Ca | Mg | Al | H + Al | P | K | Cu | Zn | Fe | Mn | M.O. |
|---------|------------------------|------------------------------------|----|----|--------|---------------------|-----|-----|-----|-------|--------------------|------|
| | | mmol _c dm ⁻³ | | | | mg dm ⁻³ | | | | | g kg ⁻¹ | |
| 0-20 cm | 6,1 | 18 | 14 | 0 | 9 | 12,1 | 109 | 1,0 | 2,6 | 20,55 | 9,2 | 38,3 |

Fonte: Solocria - Laboratório Agropecuária Ltda.

Tabela 2 - Características físicas do solo da área experimental, antes da implantação da cultura. Santa Isabel (GO), 2016/2017.

| Prof. | Argila | Silte | Areia | Classificação | Densidade real ou de partícula | Argila dispersa em água |
|---------|--------|-------|-------|---------------|--------------------------------|-------------------------|
| | g/kg | | | | g/cm ³ | g/kg |
| 0-20 cm | 349 | 211 | 440 | Franco arg. | 2,67 | 348,8 |

Fonte: Solocria - Laboratório Agropecuária Ltda.



A semeadura foi realizada em 22/12/16 manualmente em sistema de plantio convencional. O espaçamento foi de 0,50 m entre linhas e a densidade calculada para 400.000 plantas por hectare.

Para semeadura foram aplicados 200 kg ha⁻¹ de MAP (11-52-00) para todos os tratamentos, e ao estágio V2/V3 foram aplicados a lanço um total de 396 kg ha⁻¹ de uréia agrícola (45% N) para a disponibilidade total de 200 kg ha⁻¹ de N no ciclo da cultura para o tratamento Testemunha, para o nutriente a base de K₂O foi aplicado a lanço pós-plantio uma dose de 120 kg ha⁻¹ de KCL (60% de K) em todos os tratamentos.

Foram utilizadas sementes de soja fiscalizada cultivar Syn.13610 IPRO de maturação fisiológica

6.1, produzido na safra 2015/2016, pertencente a peneira 6,5 mm do lote número D.360433721, que foram submetidas à inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* (CEPA SEMIA, 5079) + *Bradyrhizobium elkanii* (CEPA SEMIA 5019), com a concentração mínima 5x 10⁹UFC, via sementes sendo tratadas antes da semeadura (Tabela 3).

A aplicação de *Azospirillum brasilense* (CEPA AbV5 e AbV6) concentração mínima 2 x 10⁸UFC, em meio líquido foi realizada via foliar com auxílio de um pulverizador manual modelo Lynus-8123.7 na fase fenológica V2/V3. A escala de Fehr e Caviness (1977) foi usada para identificar os estádios fenológicos da cultura antes de cada aplicação.

Tabela 3 - Tratamentos, modo de aplicação e doses de inoculante aplicados cultivar Syn. 13610 IPRO. Santa Isabel (GO), 2016/2017.

| Tratamentos | Modo de aplicação do Inoculante | | |
|----------------|---|--------------|---|
| | ¹ Via Semente (50 kg ⁻¹ sementes) | | ² Via Foliar (ha ⁻¹) |
| | Turfoso (g) | Líquido (mL) | Fase V ₂ / V ₃ (mL) |
| 01. Testemunha | 200 | 200 | 0,0 |
| 02. T.2 | 200 | 200 | 200 |
| 03. T.3 | 200 | 400 | 200 |
| 04. T.4 | 200 | 600 | 200 |
| 05. T.5 | 200 | 800 | 200 |

¹*Bradyrhizobium japonicum* + *Bradyrhizobium elkanii*. ²*Azospirillum brasilense*.

As parcelas experimentais foram inteiramente casualizado (DIC), com quatro constituídas por cinco fileiras de 5 m de repetições e cinco tratamentos. Os tratos culturais comprimento, espaçadas por 0,50 m. O foram realizados em todos os tratamentos de delineamento experimental utilizado foi o acordo com as exigências da cultura.



A primeira avaliação foi realizada aos 45 dias após a germinação (DAG) (Início da floração).

Foram avaliados em laboratório:

i. Altura de planta (cm planta⁻¹): Foi avaliada por ocasião da colheita em duas plantas de cada parcela na linha 2, utilizando-se fita métrica graduada em centímetros (cm).

ii. Número de folhas (n° planta⁻¹): Foram contados as folhas de cada uma das duas plantas de cada parcela.

iii. Índice de área foliar (cm² planta⁻¹): Foi avaliada utilizando medidor de área foliar LICOR modelo 3100 em todas as folhas contadas;

iv. Número de nódulos da raiz principal (n° raiz⁻¹): Foram contados os nódulos da raiz principal de cada uma das duas plantas de cada parcela.

v. Número de nódulos da raiz secundária (n° raiz⁻¹): Foram contados os nódulos das raízes secundárias de cada uma das duas plantas de cada parcela.

Para determinar a massa seca (MS) as amostras foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados com suas respectivas partições (folhas, ramos, raízes e nódulos), e em seguida secos em estufa (60°C; 72h) até atingir o peso constante.

vi. Massa seca de folha: Utilizou-se as folhas coletadas de cada uma das duas plantas de cada parcela.

vii. Massa seca de ramos: Utilizou-se os ramos de cada uma das duas plantas coletada de

cada parcela o qual foi destacado da raiz e do caule central.

viii. Massa seca da raiz: Utilizou-se as raízes de cada uma das duas plantas coletada de cada parcela.

ix. Massa seca dos nódulos raiz principal: Após a contagem foram retirados todos os nódulos presentes na raiz principal de cada uma das duas plantas coletada de cada parcela e levados a estufa para aferir a MS.

x. Massa seca dos nódulos raiz secundária: Após a contagem foram retirados todos os nódulos presentes na raiz secundária de cada uma das duas plantas coletada de cada parcela e levados a estufa para aferir a MS.

A segunda avaliação ocorreu na colheita, aos 114 DAG foi avaliada a produtividade de grãos (kg ha⁻¹) obtida na colheita das plantas das linhas 2 e 3 em cada parcela sendo os grãos resultantes limpos e pesados. Os dados foram transformados em kg ha⁻¹ e corrigidos para a umidade de 13%.

Foram realizadas análises de variância e as médias foram submetidas ao teste de Scott-Knott utilizando-se do programa ASSISTAT (SILVA, AZEVEDO, 2016).[

Resultados e Discussão

Os resultados das análises estatísticas realizadas para todas as características avaliadas são apresentados na Tabela 4. Observa-se que todas as características analisadas foram influenciadas significativamente pelos tratamentos testados, com



exceção ao item altura de planta (AP) não significativo ($p > 0,05$).

Tabela 4. Valores para o teste F obtidos na análise de variância do experimento na fazenda Bela Vista, Santa Isabel (GO), 2016/2017.

| Dados avaliados | 1MG | Teste F |
|---------------------------|-----------|----------------------|
| AP (cm) | 93,65 | 1,1801 ^{ns} |
| NF (n°) | 60,70 | 38,7736** |
| IAF (cm ²) | 2.059, 79 | 17,5859** |
| MSF(g ⁻¹) | 5,115 | 17,7640** |
| MSR (g ⁻¹) | 14,176 | 55,1463** |
| MSr (g ⁻¹) | 2,90575 | 4,6239* |
| NNRP (n° ⁻¹) | 18,80 | 5,0801** |
| NNRS (n° ⁻¹) | 33,90 | 5,6371** |
| MSNRP (n° ⁻¹) | 0,085 | 6,1575** |
| MSNRS (n° ⁻¹) | 0,13175 | 14,3914** |
| P (Kg ha ⁻¹) | 3.138,58 | 21.0588 ** |

Em que: Altura de Plantas (AP); Número de Folhas (NF); Índice de Área Foliar (IAF); Massa Seca de Folhas (MSF); Massa Seca de Ramos (MSR); Massa Seca da Raiz (MSr); Número de Nódulos da Raiz Principal (NNRP); Número de Nódulos da Raiz Secundária (NNRS); Massa Seca dos Nódulos Raiz Principal (MSNRP); Massa Seca dos Nódulos Raiz Secundária (MSNRS) e Produção (P). 1.média geral. ns não significativo, *significativo ao nível de 5% de probabilidade, **significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Para a altura de plantas (AP) apresentada na Tabela 5, todos os tratamentos foram semelhantes entre si, não ocorrendo diferenças estatísticas entre os tratamentos.

Quanto ao número de folhas (NF), o tratamento com 10, 8 e 5 doses de inoculante + 2 doses de *A. brasilense* (T5) apresentou valores superiores aos tratamentos com 4 doses de inoculante + 2 doses de *A. brasilense* e a Testemunha com 4 doses de inoculante. Sendo o tratamento com 10 doses de inoculante + 2 doses de *A. Brasilense* com o maior número de folhas,

sendo este 25,97% e 43,73% superior aos tratamentos com 4 doses de inoculante + 2 doses de *A. Brasilense* e 4 doses de inoculante, respectivamente.

Para o índice de área foliar (IAF) o tratamento com 10 doses de inoculante + 2 doses de *A. brasilense*, foi superior aos demais tratamentos com 1.225,78 cm² a mais que a Testemunha.

Na Tabela 5 mostra que com o aumento da dosagem do inoculante no tratamento de semente há uma resposta linear ao aumento do número de folhas e índice de área foliar.



Tabela 5 - . Altura de plantas (AP), Número de folhas (NF) e Índice de área foliar (IAF) em função de diferentes doses de *Bradyrhizobium* usados em co-inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura da soja Santa Isabel (GO), 2016/2017.

| Tratamentos | AP (cm) | NF (n°) | IAF (cm ²) |
|--------------------------|-------------|-------------|---------------------------|
| Testemunha | 91,88 a | 49,75 b | 1.527,91 c |
| T2 | 96,63 a | 56,76 b | 1.887,55 b |
| T3 | 94,75 a | 64,00 a | 2.123,12 b |
| T4 | 93,38 a | 67,13 a | 2.207,93 b |
| T5 | 91,63 a | 71,50 a | 2.753,69 a |
| CV¹(%) | 4,10 | 7,89 | 12,34 |

Em que: Testemunha = (4 doses de B). T2 = (4 doses de B + 2 doses de Az). T3 = (6 doses de B + 2 doses de Az). T4 = (8 doses de B + 2 doses de Az) e T5 = (10 doses de B + 2 doses de Az). 1Coeficiente de variação. As médias seguidas pela mesma letra na coluna não se diferem estatisticamente pelo Teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Em seu experimento com soja Zuffo et. al., (2015) concluíram que o uso de *A. brasilense* individualmente ou em co-inoculação com *B. japonicum* não possui efeito significativo nas variáveis avaliadas. Zuffo (2016) avaliando a aplicação com diferentes doses de *A. brasilense* via foliar na cultura da soja RR verificou que para as variáveis agronomicas estudadas e para rendimento de grãos os resultados não foram afetados.

Didonet et al., (2000) relatam que, para inoculação com bactérias do gênero *Azospirillum* para serem efetivas, estas bactérias devem ter a capacidade de competir com as bactérias diazotróficas nativas (*Bradyrhizobium*) e com a microflora do solo. Além da qualidade do inoculante, o processo de inoculação é de fundamental importância para alcançar um elevado número de bactérias viáveis. Segundo eles possivelmente houve concorrência entre as bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, impedindo o

efeito benéfico de *A. brasilense* sobre desenvolvimento e nodulação nessa condição de estudo.

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados para massa seca de folhas (MSF), onde os tratamentos com 6 doses de inoculante + 2 doses de *A. brasilense* (T3) e 10 doses de inoculante + 2 doses de *A. brasilense* (T5) se destacaram dos demais com 6,03 g e 6,26 g, respectivamente.

Quanto à massa seca de ramos (MSR) o tratamento com 10 doses de inoculante + 2 doses de *A. brasilense* apresentou resultado superior aos demais tratamentos em especial com 63,82% a mais que a Testemunha com 4 doses de inoculante *Bradyrhizobium* (Tabela 6). Os tratamentos com 8 e 6 doses de inoculante + 2 doses de *A. brasilense*, apresentaram superioridade aos tratamentos Testemunha com 4 doses de inoculante *Bradyrhizobium* e tratamento com 4 doses de inoculante + 2 doses de *A. brasilense*.



Os tratamentos com 4 doses de inoculante + 2 doses de *A. brasilense* (T2) e 10 doses de inoculante + 2 doses de *A. brasilense* (T5) foram superiores a testemunha para a variável massa seca da raiz (MSr).

Tabela 6. - Massa seca de folhas (MSF), Massa seca de ramos (MSR) e massa seca da raiz (MSr) em função de diferentes doses de *Bradyrhizobium* usados em co-inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura da soja, Santa Isabel (GO), 2016/2017.

| Tratamentos | MSF (g-1) | MSR (g-1) | MSr (g-1) |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Testemunha | 3,29 b | 7,49 c | 1,68 c |
| T2 | 4,36 b | 9,41 c | 3,07 a |
| T3 | 6,03 a | 11,22 b | 2,65 b |
| T4 | 3,87 b | 12,05 b | 2,45 b |
| T5 | 6,26 a | 27,25 a | 3,28 a |
| CV¹(%) | 10,99 | 14,54 | 9,82 |

Em que: Testemunha = (4 doses de B). T2 = (4 doses de B + 2 doses de Az). T3 = (6 doses de B + 2 doses de Az). T4 = (8 doses de B + 2 doses de Az) e T5 = (10 doses de B + 2 doses de Az). 1 Coeficiente de variação. As médias seguidas pela mesma letra na coluna não se diferem estatisticamente pelo Teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Em trabalho realizado por Gitti (2015) mostrou que a co-inoculação de *Bradyrhizobium* + *A. brasilense* apresentou maiores valores de massa de raízes por planta, contribuindo para maior massa e número de nódulos. Estes resultados são contrários aos obtidos por Bárbaro et al., (2009) que verificaram a ausência de significância de efeitos de *A. brasilense* em matéria seca da cultura da soja.

De acordo com a Tabela 7, para o número de nódulos da raiz principal (NNRP) e número de nódulos da raiz secundária (NNRS) não houve diferença estatística do tratamento Testemunha com o tratamento 10 doses de inoculante + 2 doses

de *A. brasilense* (T5) onde foi aplicada a maior dose. Para os tratamentos com 4, 6 e 8 doses de inoculante + 2 doses de *A. brasilense*, foram iguais estatisticamente e superiores aos tratamentos com 10 doses de inoculante + 2 doses de *A. brasilense* e da Testemunha com 4 doses de inoculante.

Para massa seca dos nódulos raiz principal (MSNRP) todos os tratamentos se diferiram da testemunha com 4 doses de inoculante.

Quanto à massa seca dos nódulos raiz secundária (MSNRS) o tratamento 10 doses de inoculante + 2 doses de *A. brasilense* (T5) foi superior aos demais.

Tabela 7. - Número de nódulos da raiz principal (NNRP), Número de nódulos da raiz secundária (NNRS), Massa seca dos nódulos raiz principal (MSNRP) e Massa seca dos nódulos raiz secundária



(MSNRS) em função de diferentes doses de *Bradyrhizobium* usados em co-inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura da soja Santa Isabel (GO), 2016/2017.

| Tratamentos | NNRP (n ⁻¹) | NNRS (n ⁻¹) | MSNRP (g ⁻¹) | MSNRS (g ⁻¹) |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Testemunha | 3,50 b | 21,25 b | 0,33 b | 0,06 d |
| T2 | 22,00 a | 46,00 a | 0,09 a | 0,09 d |
| T3 | 29,00 a | 44,75 a | 0,11 a | 0,12 c |
| T4 | 29,25 a | 39,50 a | 0,12 a | 0,15 b |
| T5 | 12,75 b | 20,75 b | 0,09 a | 0,19 a |
| CV¹(%) | 40,46 | 31,76 | 38,50 | 16,00 |

Em que: Testemunha = (4 doses de B). T2 = (4 doses de B + 2 doses de Az). T3 = (6 doses de B + 2 doses de Az). T4 = (8 doses de B + 2 doses de Az) e T5 = (10 doses de B + 2 doses de Az). 1 Coeficiente de variação. As médias seguidas pela mesma letra na coluna não se diferem estatisticamente pelo Teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para Bárbaro e colaboradores (2011) à interação positiva entre as bactérias simbióticas (*Bradyrhizobium*) e as bactérias diazotróficas, em especial as pertencentes ao gênero *Azospirillum* potencializa a nodulação e estimula um maior crescimento radicular.

De acordo com Braccini et al., (2016) em todos os tratamentos empregados, seja com inoculação padrão das sementes com *B. japonicum* isolado, na formulação turfosa ou líquida, ou então, associada com diferentes doses e formas de aplicação de *Azospirillum brasilense*, observaram-se aumento no número de nódulos e no peso de nódulos quando comparado com os tratamentos em que não foi realizada a inoculação.

Dados encontrados por Garcia (2015) mostrou que as plantas que não receberam o tratamento com o *A. brasilense* obtiveram menor nodulação mesmo quando inoculadas com a maior

dose de *B. japonicum*. Mollaet et al. (2001), em estudo de laboratório, demonstrou que *Azospirillum* tem o potencial de estimular significativamente o crescimento da raiz, influenciando de forma positiva sobre o seu crescimento e desenvolvimento.

No entanto os resultados encontrados por Bárbaro et al., (2008), com a inoculação combinada em leguminosas apresentou respostas contraditórias, ou seja, inibiu a formação de nódulos e o crescimento radicular.

Dados de produção apresentados na Tabela 8 mostram que as 4 doses de inoculante + 2 doses de *A. brasilense* (T2) e 6 doses de inoculante + 2 doses de *A. brasilense* (T3) foram semelhantes à Testemunha com 4 doses de inoculante. A melhor produtividade de grãos foi obtida no tratamento com 8 e 10 doses de inoculante + 2 doses de *A. brasilense*.



Tabela 8 - Produção (Kg ha⁻¹) em função de diferentes doses de *Bradyrhizobium* usados em co-inoculação com *Azospirillum brasilense* na cultura da soja, Santa Isabel (GO), 2016/2017.

| Tratamentos | Doses | Produção (Kg ha ⁻¹) |
|--------------------------|--|---------------------------------|
| Testemunha | 4 doses inoculante | 2.840,15 b |
| T2 | 4 doses inoc. + 2 doses <i>A.brasilense</i> | 2.923,95 b |
| T3 | 6 doses inoc. + 2 doses <i>A.brasilense</i> | 2.810,48 b |
| T4 | 8 doses inoc. + 2 doses <i>A.brasilense</i> | 3.614,77 a |
| T5 | 10 doses inoc. + 2 doses <i>A.brasilense</i> | 3.306,92 a |
| CV¹(%) | | 4,50 |

¹Coefficiente de variação. As médias seguidas pela mesma letra na coluna não se diferem estatisticamente pelo Teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Benintende et al., (2010) comparando o efeito desta co-inoculação, verificaram estimulação no crescimento, nodulação e acúmulo de nitrogênio promovendo assim incremento na produção, devido a maior fixação de nitrogênio pelos microrganismos.

Em estudos feitos por (BURDMANN; HAMAQUI; OKON, 2000 apud BÁRBARO et al., 2009) foram verificados o aumento na produtividade de leguminosas com a utilização de *A. brasilense*, incorporado na co-inoculação, apresentando valores superiores à inoculação de *Bradyrhizobium*. Interação significativa para a inoculação conjunta de *A. brasilense* e *B. japonicum* foi observada por Garcia (2015) em relação à produtividade (kg ha⁻¹) em duas cultivares de soja utilizadas nas três doses de *B. japonicum* (0 mL, 100 mL e 200 mL ha⁻¹) quando comparados com a Testemunha (sem inoculação com *A. brasilense*).

Considerações Finais

A utilização do aumento linear da dosagem do inoculante *Bradyrhizobium* + 2 doses de *Azospirillum brasilense*, ocorre o aumento linear da área foliar e raízes.

Os resultados comprovam que com a utilização de *Azospirillum brasilense* ocorre o aumento do número de nódulos presentes na raiz principal e secundária.

Para produção de grãos, as dosagens com 8 e 10 doses de inoculante para 50 kg⁻¹ de sementes + 2 doses de *Azospirillum brasilense* pulverizado em V2/V3 por ha⁻¹, obtiveram as melhores produtividades de soja.

Referências

BRACCINI, A. L.; MARIUCCI, G. E. G.; SUZUKAWA, A. K.; SILVA LIMA, L. H.H.;



- PICCININ, G. H. G. 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 Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 1, p. 27-35, 2016.
- BÁRBARO, I. M.; BRANCALÃO, 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. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_4/coinoculacao/index.htm>. Acesso em: 07 jun. 2017.
- BÁRBARO, I.M.; MACHADO, P.C.; JUNIOR, B.; SOUZA, L.; TICELLI, M.; MIGUEL, F. B.; DA SILVA, J.A.A. Produtividade da soja em resposta à inoculação padrão e co-inoculação. **Colloquium Agrariae**, vol. 5, n. 1, p. 1-7, 2009.
- BÁRBARO, I. M.; JÚNIOR, L. S. B.; TICELLI, M.; MACHADO, P. C.; MIGUEL, F. B. Resultados preliminares da co-inoculação de *Azospirillum* juntamente com *Bradyrhizobium* em soja. **Pesquisa & Tecnologia**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 1-6, 2011.
- BENINTENDE, S.; UHRICH, W.; HERRERA, M.; GANGGE, F.; STERREN, M.; BENINTENDE, M. Comparación entre co-inoculación com *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense* e inoculación simple com *Bradyrhizobium japonicum* em la nodulación, crecimiento y acumulación de N em el cultivo de soja. **Agriscientia**, Córdoba, v. 27, n. 2, p. 71-77, 2010.
- CHAPARRO, J. M.; SHEFLIN, A. M.; MANTER, D. K.; VIVANCO, J. M. Manipulating the soil microbiome to increase soil health and plant fertility. **Biology and Fertility of Soils**, p. 489 – 499, 2012.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Sexto levantamento. Safra 2016/17. v.4, n.6. Brasília, DF, 2017.
- DIDONET, A. D.; LIMA, O. S.; CANDATEN, A. A.; RODRIGUES, O. Realocação de nitrogênio e de biomassa para os grãos em trigo submetidos à inoculação de *Azospirillum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol. 35, n. 2, p. 401- 411, 2000.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ªed. Brasília, Produção de Informação, 2006. 306p.
- FAO. FAOSFAT - Agriculturalstatisticsdatabase. Rome: World **Agriculture Information Centre**, 2014. Disponível em: <www.fao.org/faostat>. Acesso em: 30 mar. 2017.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Cooperative Extension Service-Iowa, State University, 1977. 11p. (SpecialReport, 80).
- GARCIA, A. **Doses de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento das plantas, na produção e na qualidade fisiológica de sementes de soja**. 2015. 54p. Dissertação (Mestre em Agronomia) Faculdade de Engenharia – UNESP. Ilha Solteira- SP.
- GITTI, D. C. **Inoculação e coinoculação na cultura da soja**. Tecnologia e Produção: Soja 2014/2015. 28p.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES. I. C. **Fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48p.
- HUNDRIA, 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: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 33, 2013, Londrina.

MOLLAET, A. H.; SHAMSUDDIN, Z. H.; HALIMI, M. S.; MORZIAH, M.; PUTEH, A. B. Potential for enhancement of root growth and nodulation of soybean co-inoculated with *Azospirillum* and *Bradyrhizobium* in laboratory systems. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 33, n. 4, p. 457-463, 2001.

NONATO, J. J. **Nutrição, fisiologia e produtividade de soja inoculada com *Azospirillum brasilense* e reguladores vegetais.** 2016. 79p. Dissertação (Mestrado em produção vegetal) Faculdade de Agronomia, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava – PR.

SANTOS NETO, J. T.; LUCAS, F. T.; FRAGA, D. F.; OLIVEIRA, L. F.; PEDROSO NETO, J. C. Adubação nitrogenada, com e sem inoculação de semente, na cultura da soja. **FAZU em Revista**, Uberaba, n.10, p. 8-12, 2013.

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522

VARGAS, M. A. T.; MENDES, I. C.; SUHET, A. R.; PERES, J. R. R. **Fixação biológica do nitrogênio.** In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. Cultura da soja nos cerrados. Piracicaba: POTAFÓS, 1993.

ZILLI, J. É.; MARSON, L.C.; CAMPO, R.J.; GIANLUPPI, V.; HUNGRIA, M. **Avaliação da fixação biológica de nitrogênio na soja em áreas de primeiro cultivo no cerrado de Roraima.** Roraima: Embrapa - Roraima, 2006. 19 p. (EMBRAPA, Comunicado Técnico, 20).

ZUFFO, A. M.; REZENDE, P. M.; BRUZI, A.T.; OLIVEIRA, N. T.; SOARES, I. O.; NETO, G. F.G.; CARDILLO, B. E. S.; SILVA, L. O. Coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* na cultura da soja. **Revista de Ciências Agrárias**, 38(1): 87-93, 2015.

ZUFFO, A. M. **Aplicações de *Azospirillum brasilense* na cultura da soja.** 2016. 100p.