



DIFERENTES INOCULANTES E FORMAS DE INOCULAÇÃO E SUA INFLUÊNCIA SOBRE OS COMPONENTES DE PRODUÇÃO E TEOR DE NITROGÊNIO DA CULTURA DA SOJA

DIFFERENT INOCULANTS AND FORMS OF INOCULATION AND ITS INFLUENCE ON THE COMPONENTS OF PRODUCTION AND THE CONTENT OF NITROGEN IN SOYBEAN

Dalison da Silva Rengel¹
Leandro Meert^{2*}
Aldo Hanel³
Jhone de Souza Espindola²
Wagner Antonio Borghi⁴

¹Engenheiro agrônomo.

²Docente do Centro Universitário Integrado. Rod. BR 158, Km 207. CEP 87.309-650. Campo Mourão – PR. *leandro.meert@grupointegrado.br

³Mestrando da Universidade Federal de Viçosa.

⁴Docente do Centro Estadual de Educação Profissional Agrícola de Campo Mourão. Estrada Velha Roncador – S/N, Km 6. CEP 87.300-000. Campo Mourão – PR.

Artigo
 Completo

RESUMO

A demanda de nitrogênio, durante o ciclo da cultura soja, é suprida pela associação simbiótica entre as raízes da soja e as bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Além disso, está disponível para o produtor a possibilidade de se utilizar bactérias promotoras do crescimento de plantas do gênero *Azospirillum*, que, em coinoculação, podem trazer benefícios para a nodulação da soja e na eficiência de absorção de nutrientes. O objetivo do presente trabalho foi o de avaliar a eficiência das bactérias *Bradyrhizobium* e *Azospirillum brasilense*, de forma isolada e mista, em diferentes formas de aplicação sobre os componentes de rendimento, produtividade e teor de nitrogênio da soja. O experimento foi conduzido através do delineamento em blocos casualizados com quatro tratamentos e cinco repetições, sendo eles: T1: *Bradyrhizobium* aplicado no sulco; T2: *Bradyrhizobium* aplicado na semente; T3: *Bradyrhizobium* + *Azospirillum brasilense* no sulco; T4: *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* aplicado via tratamento de sementes. A cultivar utilizada no trabalho foi a Nidera 5909 com 50 cm entre linhas. Avaliaram-se a altura de plantas, diâmetro do caule, número de nós reprodutivos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de mil grãos, produtividade e teor de nitrogênio na folha. Somente para o teor de nitrogênio, a aplicação no sulco foi superior a inoculação e coinoculação na semente, a coinoculação no sulco apresentou a maior massa de mil grãos. A associação das duas bactérias proporcionou as maiores produtividades para as condições testadas.

Palavra-chave: *Glycine max* (L.) Merrill; Fixação biológica; Coinoculação.

ABSTRACT

The nitrogen demand during the soybean cycle is supplied by the symbiotic association between soybean roots and *Bradyrhizobium* bacteria. In addition, it is available to the grower the possibility of using bacteria that promote the growth of plants of the genus *Azospirillum*, which in coinoculation can bring benefits to soybean nodulation and nutrient absorption efficiency. The objective of the present work was to evaluate

Revista Campo Digit@l, v. 13, n. 1, p.46-51, jul./dez., 2018.

<http://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital>

ISSN: 1981-092X

the efficiency of the *Bradyrhizobium* and *Azospirillum brasilense* bacteria, isolated and mixed in different forms of application on the components of yield, yield and nitrogen content of soybean. The experiment was conducted in a randomized block design with four treatments and five replications: T1: *Bradyrhizobium* applied in the furrow; T 2: *Bradyrhizobium* applied to the seed; T 3: *Bradyrhizobium* + *Azospirillum brasilense* in the furrow; T 4: *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* applied via seed treatment with 5 repetitions, using the cultivar Nidera 5909 with 50cm between rows. The variable responses evaluated were: Plant height, stem diameter, number of reproductive nodes, number of pods per plant, number of grains per pod, weight of thousand grains, yield and nitrogen content in the leaf. Only for the nitrogen content the application in the furrow was superior to the inoculation and co-inoculation in the seed, the co-inoculation in the furrow had the highest weight for a thousand grains. The combination of both bacteria gave the highest yields for the conditions tested.

Key Words: *Glycine max* (L.) Merrill; Biological fixation; Coinoculation, Furrow.

INTRODUÇÃO

A soja está incluída entre as cinco principais fontes de proteínas por possuir, em seus grãos, entre 36-42% de proteína (BRANCALIÃO et al., 2015), razão pela qual o nitrogênio (N) é o nutriente requerido em maior quantidade, durante todo o ciclo da cultura.

Para a produção de 1000 kg de grãos, são necessários 80 kg de N e, desse total, 81% vai para o grão e os outros 19% para a formação de caule, folhas e raízes (HUNGRIA et al., 2001). Dentre todas as fontes de N para a soja a mais barata é a fixação biológica (FBN), realizada por bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, que, em simbiose com as raízes, transformam o N₂ em NH₃ e o fornecem para a planta em troca de fotoassimilados (HUNGRIA et al., 2015).

Além da inoculação, existe outra técnica denominada de coinoculação que é feita por meio da associação de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* e do gênero *Azospirillum* (CHIBEBA et al., 2015), que são denominadas bactérias promotoras do crescimento de plantas.

Mesmo que de maneira menos efetiva, as bactérias do gênero *Azospirillum* também possuem a capacidade de fixar o N atmosférico, mas seu principal efeito para as leguminosas estão relacionadas às alterações observadas nas raízes, que, em muitos casos, podem aumentar o tamanho e o volume, devido à produção de

exsudados e fito-hormônios (SAIKIA et al., 2010), vários autores encontraram resultados promissores com esta técnica na cultura da soja (CASSÁN et al., 2009; HUNGRIA et al., 2013 e 2015; ZUFFO et al., 2015).

Atualmente, a inoculação é realizada aplicando-se o produto na semente, contudo, existe uma técnica alternativa que consiste na aplicação do inoculante, por meio de pulverização no sulco, junto com a operação de semeadura. Essa técnica se justifica pelo fato das bactérias possuírem facilidade em se estabelecer no solo, além da melhor distribuição do inoculante na semente e no solo decorrente da sua diluição em água (VIEIRA NETO et al., 2008).

Além disso, o processo afasta os micro-organismos da superfície e os coloca em local onde há menor variação de umidade e temperatura, bem como evita o seu contato com o tratamento de sementes, que, dependendo do ingrediente ativo, pode reduzir a nodulação em até 80% (ZILLI et al., 2009).

A nodulação, decorrente da inoculação na semente, termina antes da completa formação dos grãos, com isso, quando a inoculação é realizada no sulco, obtém-se uma população estabelecida de bactérias podendo ocorrer uma nodulação secundária, que prolongaria a fixação biológica de nitrogênio.

Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi o de avaliar a influência de diferentes bactérias

fixadoras de nitrogênio e formas de inoculação sobre os componentes de produção da soja em solo de textura muito argilosa.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Mamborê – PR (24°13'14" S e 52°38'64" O) com 594 metros de altitude, o solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico de textura muito argilosa (EMBRAPA, 2013). A área onde foi realizada o experimento está sob sistema de plantio há mais de 20 anos. Nos últimos sete anos vem sendo feita a sucessão entre soja e milho segunda safra.

O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados com 4 tratamentos: T1: *Bradyrhizobium japonicum* aplicado no sulco; T2: *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* no sulco, T3: *Bradyrhizobium japonicum* aplicado via tratamento de sementes e T4: *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense*, aplicado via tratamento de sementes com cinco repetições, cada parcela espaçada em 10 m de comprimento por 4,5 m de largura. A semeadura foi realizada no dia 17 de outubro de 2015, com espaçamento de 0,50 m com adubação de 186 kg ha⁻¹ da formulação 06-35-06 (N-P-K).

A fonte de *Bradyrhizobium* foi o inoculante comercial Masterfix Soja que contém as estirpes SEMIA 5019 (*B. ekanii*) e SEMIA 5079 (*B. japonicum*) na dose de 150 ml a cada 50 kg de sementes, a fonte de *Azospirillum brasilense* foi o produto comercial Masterfix Gramíneas com as estirpes Abv5 e Abv6 na dose de 100 ml à cada 50 kg, para a coinoculação foi feita a mistura de ambos produtos nas doses acima citadas. A inoculação na semente foi realizada antes da semeadura e a inoculação no sulco foi feita com o auxílio de um pulverizador de jato dirigido acoplado na semeadora.

A cultivar de soja utilizada para o experimento foi 5909 da empresa Nidera sementes, de ciclo precoce, grupo de maturação

5.9 e ciclo de crescimento indeterminado. O espaçamento utilizado entre linhas foi de 0,50 m, com 16 plantas por metro, totalizando 320.000 plantas ha⁻¹. As sementes foram tratadas com inseticida Cropstar (Imidacloprido + Tiodicarbe) e com fungicida Derosal Plus (Carbendazim + Tiram). Durante o ciclo, foram realizadas aplicações de produtos fitossanitários, de acordo com as recomendações técnicas para o cultivo da soja.

Avaliaram-se a altura de plantas, diâmetro do caule, número de nós reprodutivos, número de vagens por planta e número de grãos por vagem, todas as avaliações foram realizadas em 10 plantas das duas linhas centrais de cada parcela. A produtividade foi avaliada, colhendo-se 3 metros das linhas centrais de cada parcela, debulhando-se, corrigindo a umidade para 13% e extrapolando para hectare. A massa de mil grãos seguiu a metodologia proposta por Brasil (2009) e para a determinação do teor de nitrogênio. Na folha, foram coletados 20 trifólios, por parcela, em fase de pleno florescimento. Em seguida, essas folhas foram levadas ao laboratório lavadas, secas em estufa de ventilação forçada à 65 °C, moídas em moinho tipo Willey e determinadas pelo método de Kjeldahl (MALAVOLTA et al., 1997).

Após se verificar os pressupostos básicos para a análise de variância, os dados foram submetidos às análises, obedecendo ao delineamento experimental de blocos completos com tratamentos ao acaso. No caso de efeito significativo dos tratamentos qualitativos, a comparação das médias foi realizada pelo teste de Scott-Knott, a 5%, com o auxílio do pacote estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, observa-se para todas as variáveis analisadas, que houve superioridade para os tratamentos, onde foi realizada a associação das bactérias *Bradyrhizobium* e *A. brasilense*.

TABELA 1. Altura de planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de nós reprodutivos (NNR), número de vagens por planta (NVP) de soja em função de diferentes inoculantes e formas de inoculação, Campo Mourão, 2016.

Tratamentos	AP (cm)	DC (m)	NNR	NVP
T 1	84,93 b*	3,60 b	37,55 b	75,84 b
T 2	84,36 b	3,56 b	38,22 b	81,50 b
T 3	88,79 a	4,16 a	46,12 a	94,62 a
T 4	88,18 a	4,21 a	46,23 a	93,22 a
CV%	4,00	10,80	8,00	10,80

T1= *Bradyrhizobium japonicum* no sulco; T2= *Bradyrhizobium japonicum* na semente; T 3= *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* no sulco; T4= *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* na semente. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a $p < 0,05$.

As formas de inoculação não influenciaram as variáveis acima citadas, pois, tanto na inoculação quanto na coinoculação, os resultados foram estatisticamente iguais para a aplicação no sulco e na semente.

O número de grãos por vagem e a produtividade apresentaram resultados similares às variáveis anteriores, onde a coinoculação foi superior a inoculação independente da forma de aplicação dos inoculantes. A fonte de *Bradyrhizobium* utilizada no trabalho é uma combinação de duas estirpes (*B. japonicum* e *B. ekanii*).

Zilli et al. (2009) comprovaram, em seu trabalho, que o *B. ekanii* possui alta sensibilidade ao tratamento de sementes com (carbendazim + thiram). Já a sensibilidade do *B. japonicum* ao mesmo tratamento de sementes, é bem menor. Zilli et al. (2010), comparando a inoculação no sulco e na semente com *B. ekanii*, verificaram

produtividade 20% superior com a inoculação no sulco. Zilli et al. (2009) observaram redução de 700 kg ha⁻¹ quando associaram tratamento de sementes com tratamento de sementes.

Esses fatos explicam, em parte, a igualdade entre a inoculação no sulco e na semente. Além disso, o efeito deletério dos fungicidas sobre o inoculante nem sempre são verificados em áreas que possuem histórico de cultivo de soja, que é o caso do presente trabalho, devido à população de bactérias estabelecida no solo. Campo et al., 2009 verificaram que, em áreas novas, sem população estabelecida de bactérias, houve 87% de redução na nodulação devido ao tratamento de sementes, já nas áreas com população estabelecida, o efeito negativo foi bem menor (26%).

TABELA 2. Número de grãos por vagem (NGV), massa de mil grãos (MMG), produtividade (PROD) e teor de nitrogênio em folhas de soja (TNF) em função de diferentes inoculantes e formas de inoculação, Campo Mourão, 2016.

Tratamentos	NGV	MMG	PROD (kg ha ⁻¹)	TNF (g kg)
T 1	2,35 b	142,80 c*	3667,90 b	60,25 a
T 2	2,36 b	142,40 c	3666,45 b	57,81 b
T 3	2,44 a	154,00 a	4031,22 a	60,63 a
T 4	2,48 a	150,00 b	4022,53 a	59,02 b
CV%	3,00	5,00	8,00	5,00

T1= *Bradyrhizobium japonicum* no sulco; T2= *Bradyrhizobium japonicum* na semente; T 3= *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* no sulco; T4= *Bradyrhizobium japonicum* + *Azospirillum brasilense* na semente. *Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a $p < 0,05$.

Somente para a massa de mil grãos, a coinoculação no sulco foi superior aos demais tratamentos, este efeito pode ser atribuído ao efeito tóxico do tratamento de sementes sobre o *A. brasilense* reduzindo a sua população, Vogel et al. (2015) verificaram efeito negativo do tratamento de sementes sobre o *A. brasilense* em plantas de trigo.

O teor de nitrogênio foi maior, quando feito diretamente no sulco de plantio, independentemente se feito, ou não, coinoculação (Tabela 2). Observa-se que o tratamento de sementes pode reduzir a população das bactérias na semente, mesmo não alterando a produtividade. A menor quantidade de bactérias aportou menos N para a planta e com isso houve menor acúmulo na folha, Pereira et al. (2010) verificaram redução na clorofila da soja com o tratamento de sementes (carbendazim + thiram) e *Bradyrhizobium* em

comparação ao tratamento só com a inoculação, os autores atribuíram esse resultado a menor nodulação no tratamento em que houve o tratamento de sementes.

CONCLUSÕES

Para as variáveis altura de planta, diâmetro do caule, número de nós reprodutivos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e produtividade não foram encontradas diferenças entre a inoculação no sulco e na semente.

A coinoculação proporcionou as maiores produtividades, a inoculação e coinoculação no sulco apresentaram os maiores teores de nitrogênio na folha.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasil, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.

CAMPO, R. J.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Nitrogen fixation with the soybean crop in Brazil: Compatibility between seed treatment with fungicides and bradyrhizobial inoculants. **Symbiosis**, v. 48, n. 1, p. 154-163, 2009.

CASSÀN, F.; PERRIG, D.; SGROY, V.; et al. *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, Inoculated Singly or in Combination, Promote Seed Germination and Early Seedling Growth in corn (*Zea mays* L.) and Soybean (*Glycine max* L.). **European Journal of Soil Biology**, v. 45, p. 28-35, 2009.

CHIBEBA A. M.; GUIMARÃES, M. F.; BRITO, O. R.; et al. Co-inoculation of soybean with *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* promotes early nodulation. **American Journal of Plant Science**, v. 6, p.1641-1649, 2015.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília: Conab, v. 3, n. 12, 178p. 2016.

FERNANDES, F. B. **Eficiência da inoculação e co-inoculação sob diferentes doses de nitrogênio na base e em cobertura sobre os componentes de rendimento e produtividade da soja, 2016. 13 f.** Trabalho de conclusão curso (Graduação em Agronomia) – Faculdade Integrado de Campo Mourão, Campo Mourão – PR.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

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

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Soybean Seed Co-Inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: A New Biotechnological Tool to Improve Yield and Sustainability. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, 811-817, 2015.

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, p. 791-801, 2013.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

PEREIRA, C. E.; OLIVEIRA, J. A.; CALDEIRA, C. M.; BOTELHO, F. J. E. Efeito do tratamento das sementes de soja com fungicidas e período de armazenamento na resposta da planta inoculada com *Bradyrhizobium*. **Revista Agro@ambiente**, Boa Vista, v. 4, n. 2, p. 62-66, 2010.

SCHOSSLER, J. H.; MEERT, L.; RIZZARDI, D. A.; MICHALOVICZ, L. Componentes de rendimento e produtividade do feijoeiro comum submetido à inoculação e co-inoculação com estirpes de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. **Revista scientia agraria**, v. 17, n. 1, p. 10-15, 2016.

SAIKIA, S. P.; DUTTA, S. P.; GOSWAMI, A.; et al. Role of *Azospirillum* in the Improvement of Legumes. In: Khan, M.S., Zaidi, A. and Musarrat, J., Eds., **Microbes for Legume Improvement**, Springer-Verlag, Wien, p. 389-408, 2010.

VIEIRA NETO, S. A.; PIRES, F. R.; MENEZES, C. C. E. de; et al. Formas de aplicação de inoculante e seus efeitos sobre a nodulação da soja. **R. Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 861-870, 2008.

VOGEL, G. F.; MARTINKOSKI, L.; JADOSKI, S. O.; FEY, R. Efeitos da combinação de *Azospirillum brasilense* com fungicidas no desenvolvimento de trigo. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 8, n. 3, 2015.

ZILLI, J. E.; RIBEIRO, K. G.; CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. Influence of fungicide seed treatment on soybean nodulation and grain yield. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:917-923, 2009.

ZUFFO, A. M.; REZENDE, P. M.; BRUZI, A. T.; et al. Co-inoculation of *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum brasilense* in the soybean crop. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 1, p. 87-93, 2015.

Recebido: 24/10/2017
Aceito: 12/11/2018