

<http://dx.doi.org/10.32929/2446-8355.2020v29n1p118-129>

## **INOCULAÇÃO E COINOCULAÇÃO COM *Bradyrhizobium japonicum* E *Azospirillum brasilense* NA CULTURA DA SOJA**

Leandro Meert<sup>1\*</sup>, Fernando Baise Fernandes<sup>2</sup>, Marcelo Marques Lopes Müller<sup>3</sup>, Diego Ary Rizzardi<sup>4</sup>, Jhone de Souza Espindola<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Eng. Agr. Dr., Docente do curso de Agronomia, Centro Universitário Integrado/Campo Mourão-PR. \*E-mail do autor correspondente: leandro.meert@grupointegrado.br

<sup>2</sup>Eng. Agr., AGD Bayer Cropsience, Peabiru-PR.

<sup>3</sup>Eng. Agr. Dr., Docente do departamento de Agronomia, Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Guarapuava-PR.

<sup>4</sup>Eng. Agr. Dr., Melhorista, Limagrain, Londrina-PR.

<sup>5</sup>Eng. Agr. Msc., Docente do curso de Agronomia, Centro Universitário Integrado, Campo Mourão-PR.

Recebido: 30/10/2018; Aceito: 25/03/2020

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inoculação e coinoculação de sementes de soja com diferentes bactérias fixadoras de nitrogênio, associadas ou não à adubação nitrogenada, sobre os componentes de produção, produtividade e acúmulo de nitrogênio da cultura da soja. O delineamento experimental foi blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 2, avaliando-se sem inoculação, inoculação com *Azospirillum brasilense*, inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* e inoculação com *Azospirillum brasilense* + *Bradyrhizobium japonicum*, e dois níveis de adubação nitrogenada: controle sem nitrogênio, adubação com 90 kg ha<sup>-1</sup>. A maior altura de plantas foi verificada no tratamento com adição de 90 kg ha<sup>-1</sup> e sem nenhuma forma de inoculação. O número de vagens e o número de grãos por vagem não foram afetados pela adubação nitrogenada, mas foram significativamente maiores nos tratamentos com *Bradyrhizobium japonicum* e com a associação de *Azospirillum brasilense* + *Bradyrhizobium japonicum*. Na ausência da adubação nitrogenada, a produtividade de grãos foi superior com a coinoculação, e na presença de adubação nitrogenada a produtividade foi estatisticamente igual, sendo, portanto, a coinoculação sem adubação nitrogenada o melhor tratamento, devido ao menor custo. Houve um lucro 12% maior da coinoculação em relação a inoculação, sem a adubação nitrogenada.

**Palavras-chave:** Bactérias promotoras do crescimento de plantas. Fixação biológica. Nitrogênio. Simbiose.

## **COINOCULATION WITH *Bradyrhizobium japonicum* AND *Azospirillum brasilense* ON SOYBEAN CROP**

**ABSTRACT:** The objective of this work was to evaluate the effect of soybean co-inoculation with different nitrogen fixing bacteria, associated or not with nitrogen fertilization, on the components of yield, productivity and nitrogen extraction. The experimental design was randomized blocks with four replications, in a 4 x 2 factorial scheme, evaluating the non-

inoculation of the seeds, inoculation with *Azospirillum brasilense*, inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* and inoculation with *Azospirillum brasilense* + *Bradyrhizobium japonicum*, and two levels of N fertilization: control without nitrogen, fertilization with 90 kg ha<sup>-1</sup> of N, being 20 kg ha<sup>-1</sup> at sowing and 70 kg ha<sup>-1</sup> in cover. The highest height of plants was verified in the treatment with addition of 90 kg ha<sup>-1</sup> and without any form of inoculation. The number of pods and the number of grains per pod were not affected by nitrogen fertilization, but were significantly higher in treatments with *Bradyrhizobium japonicum* and with the association of *A. brasilense* + *B. japonicum*. In the absence of nitrogen fertilization, grain yield was higher with co-inoculation, and in the presence of nitrogen fertilization the productivity was statistically the same, being therefore, the co-inoculation without nitrogen fertilization the best treatment, due to the lower cost. In the absence of nitrogen fertilization the highest nitrogen extraction was verified in the co-inoculation treatment.

**Key words:** Biological fixation. Nitrogen. Plant growth promoting bacteria. Symbiosis.

## INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta de ciclo anual originária do extremo Oriente, sendo a principal *commodity* do agronegócio brasileiro, representando 51% do total de grãos produzidos no Brasil. Na safra 2018/2019, a produção de soja foi de 114 milhões de megagramas, em 35,80 milhões de hectares, obtendo assim produtividade média de 3100 kg ha<sup>-1</sup>, o estado do Mato Grosso é o maior produtor, responsável por 28% do total, seguido pelo Rio Grande do Sul, com 16% da produção no Brasil, o Paraná é o terceiro com 14% (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2019).

O nitrogênio (N) é o nutriente requerido em maior quantidade pela cultura da soja, que para produzir 1.000 kg de grãos necessita de, aproximadamente, 80 kg de N (HUNGRIA; CAMPOS; MENDES, 2001). O elemento é componente estrutural da clorofila, enzimas e proteínas, sendo também responsável por várias reações metabólicas essenciais (MARSCHNER, 2011).

A soja apresenta associação simbiótica com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, e desse modo não necessita de fertilização nitrogenada, pois as bactérias transformam o gás nitrogênio (N<sub>2</sub>) atmosférico em amônia (NH<sub>3</sub><sup>+</sup>) e o fornecem para a planta (MENDES *et al.*, 2008). Estima-se que, no Brasil, as taxas de fixação biológica de N (FBN) na soja esteja entre 109 a 250 kg ha<sup>-1</sup>, o que representa de 70 a 85% do total acumulado pela planta (HUNGRIA; CAMPOS; MENDES, 2001), Hungria *et al.* (2006) comentam que a FBN pode fornecer até 94% do N requerido pela cultura da soja.

O constante lançamento de novas cultivares de soja com tetos produtivos elevados, combinados a resultados de pesquisa obtidos nos Estados Unidos e no Brasil, em que a soja tem respondido à aplicação de N, voltaram a gerar dúvidas sobre a necessidade de adubar a soja com fertilizantes nitrogenados (MENDES *et al.*, 2008; BARRANQUEIRO; DALCHIAVON, 2017; MORENO *et al.*, 2018).

Além das bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, outros microrganismos podem proporcionar benefícios às culturas, e um dos grupos mais promissores são as bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP), que por meio da produção de fitormônios e sacarídeos causam alterações fisiológicas nas plantas, além de também possuírem a capacidade de fixar N. As bactérias mais conhecidas deste grupo são as pertencentes ao gênero *Azospirillum* (CASSÁN; SALAMONE, 2008).

O estudo dessas bactérias foi realizado inicialmente em gramíneas, porém atualmente tem havido estudos de sua associação com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, em uma técnica conhecida como coinoculação (CHIBEBA *et al.*, 2015), na cultura da soja. Essa combinação pode ser uma estratégia promissora para o aumento da produtividade, devido à combinação da FBN com a produção de fitormônios, a qual resulta em maior desenvolvimento radicular (HUNGRIA *et al.*, 2015). Efeitos positivos sobre a produtividade da soja com o uso desta técnica já foram reportados por Schneider *et al.* (2017), Galindo *et al.* (2018).

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi verificar o efeito da inoculação (*Bradyrhizobium*) e coinoculação (*Azospirillum* + *Bradyrhizobium*) com bactérias fixadoras de N, associadas ou não à adubação nitrogenada, sobre as características agronômicas da cultura da soja.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2015/2016, no município de Campo Mourão-PR, Brasil (52°22'40" O, 24°02'38" S), onde o solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférico de textura muito argilosa (BHERING, 2007). A área do estudo está sob sistema de semeadura direta há mais de 20 anos, cultivando-se milho ou soja no verão e trigo ou aveia no inverno.

No inverno de 2015, para cobertura do solo, realizou-se o cultivo de aveia preta, o qual foi seguido da amostragem de solo (0-20 cm) para análise química, revelando as seguintes características próximo à semeadura da soja: pH  $\text{CaCl}_2 = 5,7$ ;  $\text{H} + \text{Al}$  (SMP) =  $4,06 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; Matéria orgânica =  $27,20 \text{ g dm}^{-3}$ ; P (Mehlich-I) =  $21,65 \text{ mg dm}^{-3}$ ; Ca =  $4,98 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; Mg =  $0,69 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; K =  $0,42 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; e V = 60%.

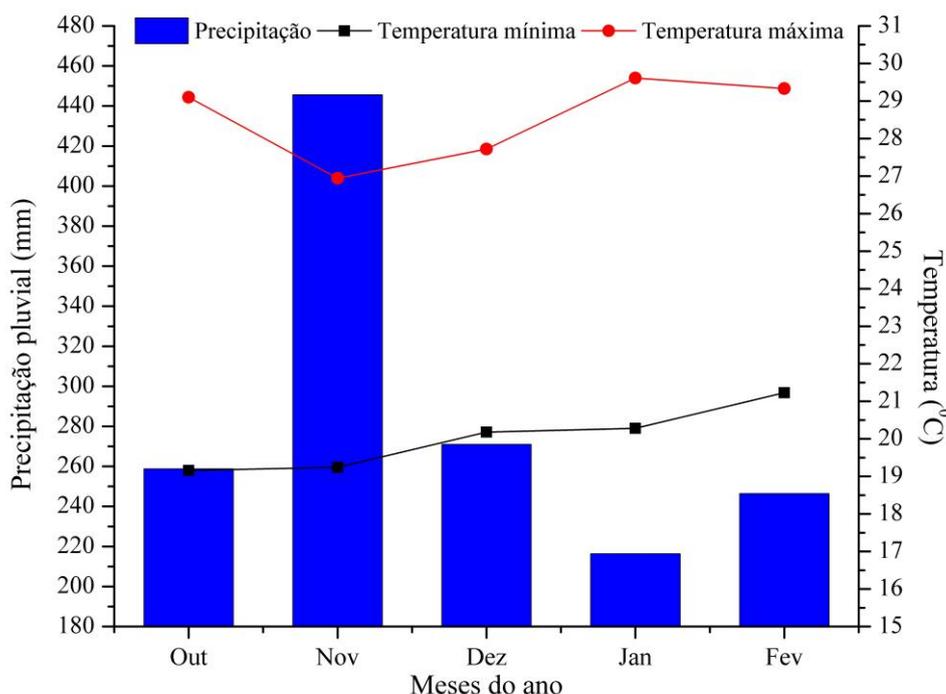
O delineamento experimental adotado foi de blocos completos ao acaso, com quatro repetições, e tratamentos arranjados em esquema fatorial 4x2, estudando-se a inoculação com *Azospirillum brasilense*, com *Bradyrhizobium japonicum*, e a coinoculação com *A. brasilense* + *B. japonicum*, além de um controle sem inoculação. Também foram estudados dois níveis de adubação nitrogenada: sem N ( $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de N) e com N ( $90 \text{ kg ha}^{-1}$  de N).

Foram constituídas parcelas de  $13,8 \text{ m}^2$  ( $4,2 \times 3,3 \text{ m}$ ), semeando-se a cultivar de soja Monsoy 5917 IPRO®, no espaçamento de 45 cm entre linhas e 14 sementes por metro, as quais foram tratadas com Piraclostrobina + Tiofanato metílico + Fipronil (100 g i.a. para cada 100 kg de semente). Os produtos utilizados para a inoculação e coinoculação foram o Masterfix gramíneas® ( $2 \times 10^8$  ufc/ml), com as estirpes Abv5 e Abv6 no caso do *A. brasilense*, e o Nitragin® ( $5 \times 10^9$  ufc/ml), no caso do *B. japonicum*. Nas duas inoculações, utilizou-se

200 ml dos produtos por 100 kg de semente, e para a coinoculação utilizou-se a mistura dos dois produtos. Meia hora antes da semeadura fez-se a aplicação dos inoculantes, para isso pesou-se as sementes e as colocou em sacos plásticos e em seguida adicionou-se os inoculantes e homogeneizou a mistura.

A adubação de base foi realizada com  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , utilizando como fontes superfosfato simples e cloreto de potássio. Nos tratamentos onde havia a presença de nitrogênio a adubação foi parcelada em duas vezes,  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  na semeadura e  $70 \text{ kg ha}^{-1}$  quando as plantas estavam em V4, utilizando como fonte de N a ureia.

O manejo fitossanitário foi realizado com produtos específicos para a soja, conforme recomendações técnicas para a cultura. Foram três aplicações de fungicidas, contemplando os produtos comerciais Tiofanato metílico ( $30 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ), Trifloxistrobina + Protiocozol ( $6 + 7 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ) e Picoxistrobina + Ciproconazol ( $60 + 24 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ). Os inseticidas utilizados foram Metomil ( $172 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ), Acefato ( $900 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ) e Imidacloprido + Beta-ciflutrina ( $100 + 12,5 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ), e os herbicidas foram Glifosato ( $960 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ) e Cletodim ( $96 \text{ g i.a. ha}^{-1}$ ). As informações sobre precipitação e temperatura durante o período experimental são apresentadas na Figura 1.



**Figura 1.** Precipitação pluvial (mm) e temperaturas mínima e máxima (°C) entre os meses de outubro de 2015 e fevereiro de 2016, registrados no município de Campo Mourão, Paraná, Brasil. *Rainfall (mm), minimum and maximum temperatures (°C) between October 2015 and February 2016, registered in the municipality of Campo Mourão, Paraná.*

Fonte: Centro Universitário Integrado. *Integado College.*

Quando as plantas chegaram ao estágio de maturação fisiológica, avaliou-se: altura das plantas, diâmetro do caule, número de vagens por planta e número de grãos por vagem, sendo esses dados mensurados em 12 plantas na área central de cada parcela. A produtividade foi avaliada em 5 metros na mesma área central de cada parcela, colhendo-se manualmente as

plantas, que posteriormente foram trilhadas em máquina estacionária. A massa dos grãos colhidos foi corrigida para umidade de 14%, e a massa de mil grãos foi determinada segundo a Regra para análise de sementes (BRASIL, 2009). Alíquotas dos grãos colhidos em cada parcela foram moídas em moinho tipo Willey, para determinação do teor de N pelo método de Kjeldahl, conforme metodologia proposta por Malavolta *et al.* (1997).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, em caso de significância dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), com o auxílio do pacote estatístico Sisvar (FERREIRA, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sem a aplicação de N, a inoculação ou coinoculação não promoveram alterações sobre a altura das plantas de soja. No entanto, com a aplicação de N, a ausência da inoculação propiciou aumento de 13% na altura das plantas de soja, em relação a média dos tratamentos inoculados. Sem realizar a prática da inoculação ou coinoculação, a aplicação de N favoreceu a altura das plantas de soja (Tabela 1).

**Tabela 1.** Altura média de plantas (m), diâmetro médio do caule (mm) e número médio de vagens por planta em função da inoculação da soja, com e sem adubação nitrogenada. *Average plant height (m), average stem diameter (mm) and average number of pods per plant as a function of soybean inoculation, with and without nitrogen fertilization.*

Inoculante	Sem nitrogênio	Com nitrogênio
Altura de plantas (m)		
Sem inoculante	0,87bA	1,03aA
<i>A. brasilense</i>	0,86aA	0,90aB
<i>B. japonicum</i>	0,86aA	0,89aB
<i>A. brasilense</i> + <i>B. japonicum</i>	0,90aA	0,92aB
Diâmetro do caule (mm)		
Sem inoculante	6,09 aA	5,83 bB
<i>A. brasilense</i>	6,05 aA	6,30 aA
<i>B. japonicum</i>	5,99 aA	5,87 aB
<i>A. brasilense</i> + <i>B. japonicum</i>	6,10 aA	5,80 bB
Número de vagens por planta		
Sem inoculante	64,80 aB	71,27 aA
<i>A. brasilense</i>	68,71 aAB	67,46 aA
<i>B. japonicum</i>	72,68 aAB	74,53 aA
<i>A. brasilense</i> + <i>B. japonicum</i>	79,94 aA	75,81 aA

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a  $p \leq 0,05$ . *Averages followed by the same lower case letter in the line and upper case in column do not differ by Tukey test at  $p \leq 0.05$ .*

Fonte: Autoria própria. *Own authorship.*

Resultados similares foram verificados por Mundim *et al.* (2018) que não observaram efeito da coinoculação sobre a altura das plantas de soja, contudo, diferente do presente

trabalho, os autores observaram efeito da inoculação com *B. japonicum* sobre a altura das plantas.

Silva *et al.* (2011) observaram maior altura de plantas e de inserção da primeira vagem quando aplicaram 24 kg ha<sup>-1</sup> de N na base associado ao *B. japonicum* em área de primeiro cultivo de soja. Parente *et al.* (2015) observaram maior altura de plantas quando houve aplicação de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura associado a inoculação com *B. japonicum*. Barranqueiro e Dalchiavon (2017) não observaram diferença na AP quando comparam aplicação de N (30 kg ha<sup>-1</sup>) inoculação com *B. japonicum* e aplicação de N + inoculação com *B. japonicum*.

Quanto ao diâmetro de caule (DC), sem N também não houve efeito de inoculação, mas na presença do N a inoculação com *A. brasilense* resultou em DC maior que nos demais tratamentos, sem diferença entre eles. Quanto à adubação nitrogenada, nos tratamentos sem inoculação e com coinoculação a presença do N resultou em DC menor.

Cabe ressaltar que nos dois tratamentos em que o DC foi diminuído pela adubação N, houve aumento simultâneo da altura das plantas, sendo este aumento significativo no tratamento sem inoculante, indicando haver uma resposta das plantas em altura em detrimento do DC quando adubadas com N, essa condição torna as plantas mais suscetíveis ao acamamento, condição que não é desejada em uma lavoura de soja, pois o acamamento além de reduzir a produtividade da soja, dificulta a aplicação de defensivos e a colheita (SOUZA *et al.*, 2013).

Estudando soja e milho sob inoculação isolada e combinada com *A. brasilense* e *B. japonicum*, Cassán *et al.* (2009) encontraram resultados diferentes para a coinoculação, que resultou em aumento significativo da altura de plantas. Para o diâmetro do caule, os autores verificaram efeito da inoculação somente na presença da adubação nitrogenada, em que a inoculação com *A. brasilense* superou os demais tratamentos, o que concorda com os resultados obtidos no presente estudo

Sem N, o número de vagens por planta (NVP) foi maior com a coinoculação do que sem inoculação. Já na presença do N, não houve efeito dos níveis de inoculação sobre o NVP. Quanto à adubação nitrogenada, não houve efeito significativo do N sobre o NVP em nenhum nível de inoculação.

Bulegon *et al.* (2016) encontraram resultados distintos, verificando maior diâmetro do colo (cv. Turbo) no tratamento com nitrogênio sem inoculação em comparação aos tratamentos com inoculação e coinoculação. Para a cultivar CD 250, os autores não encontraram efeito dos tratamentos. Os autores também verificaram que o tratamento somente com adubação nitrogenada apresentou 53% a mais de vagens que a inoculação e a coinoculação. Concorre para essa discrepância de resultados a dose de N utilizada, de 240 kg N ha<sup>-1</sup> contra 90 kg N ha<sup>-1</sup> no presente estudo.

Os dados referentes ao número de grãos por vagem, massa de mil grãos, produtividade e extração de N pelos grãos de soja são apresentados na (Tabela 2). Sem o N, além de melhorar o NVP (tabela 1), a coinoculação resultou em maior (NGV). Com N, o NGV foi maior na

inoculação com *B. japonicum* e na coinoculação, sem diferença entre ambos, em relação à inoculação com *A. brasilense* e sem inoculação, também sem diferença entre ambos.

No trabalho de Bulegon *et al.* (2016), o NGV não foi afetado pelos tratamentos, mostrando que diferenças de cultivar, dose de N estudada e outros fatores experimentais fazem variar as respostas à inoculação e coinoculação de microrganismos.

**Tabela 2.** Número de grãos por vagem, massa de mil grãos (g), produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) e teor de nitrogênio em grãos de soja (g kg) em função da inoculação da soja, com e sem adubação nitrogenada. *Number of grains per pod, mass of one thousand grains (g), productivity (kg ha<sup>-1</sup>) and nitrogen content in soybean grains (g kg) as a function of soybean inoculation, with and without nitrogen fertilization.*

Inoculante	Sem nitrogênio	Com nitrogênio
Número de grãos por vagem		
Sem inoculante	2,66aB	2,66aB
<i>A. brasilense</i>	2,66aB	2,67aB
<i>B. japonicum</i>	2,63bB	2,73aA
<i>A. brasilense</i> + <i>B. japonicum</i>	2,77aA	2,76aA
Massa de mil grãos (g)		
Sem inoculante	138aAB	138aB
<i>A. brasilense</i>	134aB	136aB
<i>B. japonicum</i>	140aAB	141aA
<i>A. brasilense</i> + <i>B. japonicum</i>	143aA	141aA
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )		
Sem inoculante	3769,40aB	3620,08aB
<i>A. brasilense</i>	3485,65aB	3598,65aB
<i>B. japonicum</i>	3549,90aB	3980,66aA
<i>A. brasilense</i> + <i>B. japonicum</i>	4009,56aA	3947,98aA
Acúmulo de nitrogênio pelos grãos de soja (kg ha <sup>-1</sup> )		
Sem inoculante	183,84aB	186,40aC
<i>A. brasilense</i>	184,86bB	195,56aBC
<i>B. japonicum</i>	184,87bB	202,63aAB
<i>A. brasilense</i> + <i>B. japonicum</i>	213,07aA	211,17aA

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a  $p \leq 0,05$ . \*Averages followed by the same lower case letter in the line and upper case in column do not differ by Tukey test at  $p \leq 0,05$ .

Fonte: Autoria própria. *Own authorship.*

A massa de mil grãos (MMG) foi maior com a coinoculação, diferindo da inoculação com *A. brasilense* na ausência de N. De forma similar ao que ocorreu com o NGV e o NVP, esses resultados mostram que os efeitos benéficos da coinoculação sem a adubação nitrogenada se concentraram na fase reprodutiva da soja, melhorando os componentes produtivos das plantas, sem afetar aos atributos de crescimento da cultura.

Com a adubação nitrogenada presente, a MMG também respondeu de forma similar ao ocorrido para o NGV, sendo maior na inoculação com *B. japonicum* e na coinoculação em relação à inoculação com *A. brasilense* e sem inoculação, indicando haver melhor adaptação

do *B. japonicum* que do *A. brasilense* à presença do N. Outro indício desse comportamento é que o único efeito da adubação nitrogenada ocorreu na inoculação isolada de *B. japonicum*, em que a presença o N aumentou a MMG.

Quanto à produtividade, sem N a resposta foi similar ao ocorrido para NGV, sendo que a coinoculação resultou em produtividade maior (12%) que nos demais tratamentos de inoculação, sem diferença entre si. Estes resultados podem ser devidos aos efeitos combinados das duas bactérias aumentando o número de nódulos (AUNG *et al.*, 2013) e a massa dos nódulos nas raízes (BENINTENDE *et al.*, 2010), bem como o comprimento e a massa das raízes da soja (CASSÁN *et al.*, 2009). Chibeba *et al.* (2015) verificaram em seus estudos que a coinoculação resulta na nodulação precoce, aportando N mais cedo às plantas.

Na presença do N, a resposta seguiu os comportamentos do NGV e MMG, sendo maior na inoculação com *B. japonicum* e na coinoculação que nos demais tratamentos. A presença do N, entretanto, não afetou significativamente a produtividade em nenhum dos níveis de inoculação, sendo que o tratamento somente com adição de nitrogênio produziu 4% a mais que o controle sem inoculação e sem N.

A inoculação com *B. japonicum* e a coinoculação quando em associação com a adubação nitrogenada apresentaram produtividade superior a inoculação com *A. brasilense* e a testemunha, porém esta produtividade não foi superior àquela obtida com as bactérias somente (sem adubação nitrogenada).

Saikia *et al.* (2010) comentam que grande parte do efeito da coinoculação é em virtude das alterações morfológicas que o *A. brasilense* causa nas raízes da soja, dessa forma a planta tende a produzir mais, pois suas raízes se tornam maiores e o aporte de N às plantas também é maior, conforme pode ser verificado no presente trabalho, onde o tratamento com a coinoculação na ausência da adubação nitrogenada exportou mais N para os grãos que os demais tratamentos (Tabela 2).

Cassán e Salamone (2008) comentam que o *A. brasilense* pode melhorar a resposta das plantas a déficits hídricos, devido a sua ação sobre o comprimento das raízes. Como no presente estudo as condições climáticas foram favoráveis (Figura 1), é possível que as respostas da cultura à coinoculação sejam mais expressivas em anos agrícolas posteriores, em que a disponibilidade hídrica não seja tão boa.

Aratani *et al.* (2008) trabalhando com uma dose de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado em uma só vez ou parcelado e inoculação com *B. japonicum* também não encontraram efeito dos tratamentos sobre a produtividade. Barranqueiro e Dalchiavon (2017) não observaram ganhos na produtividade quando compararam inoculação + 30 kg de N ha<sup>-1</sup> aplicados na base com a inoculação de *B. japonicum*.

Hungria *et al.* (2013), em dois anos agrícolas e quatro locais, Londrina e Ponta Grossa no Paraná, onde já havia populações de *Bradyrhizobium*, e Rio Verde e Cachoeira Dourada em Goiás, onde não havia populações de *Bradyrhizobium*, observaram que, em todos os locais, a coinoculação resultou em produtividade superior à inoculação isolada de *Bradyrhizobium* e igual ao uso de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N tratamento sem inoculante.

Mendes *et al.* (2008) no Cerrado, realizaram vários ensaios e concluíram que a suplementação com fertilizantes nitrogenados na cultura da soja é economicamente inviável e que portanto é necessário aprimorar cada vez mais o processo de fixação biológica para que ele possa suprir as crescentes demandas da cultura em virtude dos constantes acréscimos na produtividade, Salvagiotti *et al.* (2008) citam que a fertilização nitrogenada na cultura na soja somente será necessária se houver alguma restrição à fixação biológica.

Por outro lado, Mundim *et al.* (2018) não observaram ganhos de produtividade com a coinoculação, quando a comparam com a inoculação com *B. japonicum*, os autores atribuíram o resultado a uma possível competição entre os microrganismos.

O resultado do presente trabalho vai de encontro a afirmação de Mendes *et al.* (2003) que diz não haver necessidade de uma dose de arranque com fertilizante nitrogenado em áreas de plantio direto ou convencional.

Na ausência da adubação nitrogenada, a coinoculação obteve produtividade superior ( $450 \text{ kg ha}^{-1}$ ) a inoculação com *B. japonicum*, o custo da inoculação por hectare na região é de R\$ 28,00 e o preço da saca de soja R\$ 70,81 (17/09/2019), com base nestes dados pode-se observar que o tratamento com a coinoculação gerou um ganho de R\$ 503,07 por hectare quando comparado a inoculação com *B. japonicum*, mostrando ser uma prática economicamente viável para os produtores rurais.

Em contrapartida, a aplicação de N não é viável economicamente, pois os tratamentos que receberam a adubação não produziram mais que os tratamentos que não receberam (Tabela 2), pois além do custo do fertilizante, o produtor rural terá que fazer a aplicação em cobertura e isso acarretará em mais um custo.

Estes dados corroboram com os resultados de Galindo *et al.* (2018) que ao avaliarem a inoculação e coinoculação em duas cultivares de soja obtiveram rendimento de aproximadamente  $600 \text{ kg ha}^{-1}$  a mais que a inoculação e lucro 14,1% maior. Schneider *et al.* (2017) obtiveram margem líquida superior a inoculação com *B. japonicum* independente da dose utilizada.

O tratamento com a coinoculação e sem adubação nitrogenada foi o que acumulou mais nitrogênio nos grãos ( $213,07 \text{ kg ha}^{-1}$ ), quando houve a associação com adubação nitrogenada verificou-se diferença somente entre a coinoculação e a testemunha. Estes dados indicam que a associação das duas bactérias proporciona um aporte maior de nitrogênio para as plantas e para as condições testadas isso resultou em maior produtividade.

## CONCLUSÃO

Como a adubação nitrogenada influenciou pouco o crescimento e os componentes produtivos, e não afetou a produtividade em nenhum tratamento de inoculação, não se recomenda esta prática na cultura da soja nas condições avaliadas.

Para as condições testadas a coinoculação é uma prática recomendada pois proporciona produtividade superior a inoculação.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ARATANI, R. G.; LAZARINI, E.; MARQUES, R. R.; BACKES, C. Adubação nitrogenada em soja na implantação do sistema plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p.31-38, 2008.

AUNG, T. T.; TITABUTR, P.; BOONKER, N.; HERRIDGE, D.; TEAUMROONG, N. Co-Inoculation Effects of *Bradyrhizobium japonicum* and *Azospirillum* sp. on Competitive Nodulation and Rhizosphere Eubacterial Community Structures of Soybean under Rhizobia-Established Soil Conditions. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 12, n. 2, p.2850-2862, 2013.

BARRANQUEIRO, H. R.; DALCHIAVON, F. C. Aplicação de azoto na cultura da soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p.196-204, 2017.

BENINTENDE, S.; UHRICH, W.; HERRERA, M.; GANGGE, F.; STERREN, M.; BENINTENDE, M. Comparación entre Coinoculación con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense* e Inoculación simple con *Bradyrhizobium japonicum* en la Nodulación, Crecimiento y Acumulación de N en el Cultivo de Soja. **Agriscientia**, Córdoba, v. 27, n. 2, p.71-77, 2010.

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G.; MANZATTO, C. V.; BOGNOLA, I.; FASOLO CARVALHO, A. P.; POTTER, O.; AGLIO, M. L. D.; SILVA, J. S.; CHAFFIN, C. E.; CARVALHO JUNIOR, W. **Mapa de Solos do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007, 73p. (Documentos, 96).

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 395 p.

BULEGON, L. G. L.; RAMPIM, L.; KLEIN, J.; KESTRING, D.; GUIMARÃES, V. F.; BATTISTUS, A. G.; INAGAKI, M. Componentes de produção e produtividade da cultura da soja submetida à inoculação de *Bradyrhizobium* e *Azospirillum*. **Terra Latinoamericana**, Chapingo, v. 34, n. 2, p.169-176, 2016.

CASSÁN, F. D.; SALAMONE, I. G.. *Azospirillum* sp.: cell physiology, plant interactions and agronomic research in Argentina. Buenos Aires: Asociación Argentina de Microbiología, 2008. 268 p.

CASSÁN, F.; PERRIG, D.; SGROY, V.; MASCIARELLI, O.; PENNA, C.; LUNA, V. *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**, Braunschweig, v. 45, n. 1, p.28-35, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília: CONAB, 2019. 47 p.

CHIBEBA, A. M.; GUIMARÃES, M. F.; BRITO, O. R.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Co-inoculation of soybean with *Bradyrhizobium* and *Azospirillum*

promotes early nodulation. **American Journal of Plant Science**, v. 6, n. 10, p.1641-1649, 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p.109-112, 2014.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; ROSA, P.; TRITAPEPE, C. A. Technical and economic viability of co-inoculation with *Azospirillum brasilense* in soybean cultivars in the Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 1, p.51-56, 2018.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 48 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 35; Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 13).

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; CAMPO, R. J.; CRISPINO, C. C.; MORAES, J. Z.; SIBALDELLI, R. N.; ARIHARA, J. Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: contributions of biological N<sub>2</sub> fixation and N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 86, n. 4, p.927-939, 2006.

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**, Heidelberg, v. 49, n. 7, p.791-801, 2013.

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**, local, v. 6, n. 6, p.811-817, 2015.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3 ed. San Diego: Academic Press, 2011. 651 p.

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

MENDES, I. C.; HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Soybean response to starter nitrogen and Bradyrhizobium inoculation on a Cerrado Oxisol under no-tillage and conventional tillage systems. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 1, p.81-87, 2003.

MENDES, I. C.; REIS JUNIOR, F. B.; HUNGRIA, M.; SOUSA, D. M. G.; CAMPO, R. J. Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada em Latossolos do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 8, p.1053-1060, 2008.

MORENO, G.; ALBRECHT, A. J. P.; PIEROZAN JUNIOR, C.; PIVETTA, A. T.; TESSELE, A.; LORENZETTI, J. B.; FURTADO, R. C. N. Application of nitrogen fertilizer in high-demand stages of soybean and its effects on yield performance. **Australian Journal of Crop Science**, Camberra, v. 12, n. 1, p.16-21, 2018.

- MUNDIM L. M. F.; ROCHA, D. K.; REIS, C. F.; CARVALHO, E. R. Coinoculação de *Azospirillum brasilense* e *Bradyrhizobium* via sementes de soja no cerrado. **Global science and technology**, Rio Verde, v. 11, n. 3, p.10-19, 2018.
- PARENTE, T. L.; LAZARINI, E.; CAIONI, S.; PIVETTA, R. S.; SOUZA, L. G. M.; BOSSOLANI, J. W. Adubação nitrogenada em genótipos de soja associada à inoculação em semeadura direta no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.10, n. 2, p.249-255, 2015.
- SAIKIA, S. P.; DUTTA, S. P.; GOSWAMI, A.; BHAUS, B. S.; KANJILAL, P. B. Role of *Azospirillum* in the Improvement of Legumes. *In*: KHAN, M. S., ZAIDI, A., MUSARRAT, J. **Microbes for Legume Improvement**. Wien: Springer-Verlag, 2010. p. 389-408.
- SALVAGIOTTI, F.; CASSMAN, K. G.; SPECHT, J. E.; WALTERS, D. T.; WEISS, A.; DOBERMANN, A. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. **Field Crops Research**, Amsterdã, v. 108, n. 1, p.1-13, 2008.
- SCHNEIDER, F.; PANIZZON, L. C.; SORDI, A.; RESCHKE, C.; CERICATO, A.; KLEIN, C. Eficiência agronômica da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) submetida a coinoculação. **Revista scientia agraria**, Curitiba, v 18, n. 4, p.72-79, 2017.
- SILVA, A. F.; CARVALHO, M. A. C.; SCHONINGER, E. L.; MONTEIRO, S.; CAIONE, G.; SANTOS, P. A. Doses de inoculante e nitrogênio na semeadura da soja em área de primeiro cultivo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 3, p.404-412, 2011.
- SOUZA, C. A.; FIGUEIREDO, B. P.; COELHO, C. M. M.; SANGOI, L. Arquitetura de plantas e produtividade da soja decorrente do uso de redutores de crescimento. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 3, p.634-643, 2013.