

Coinoculação e uso de nitrogênio em cobertura na cultura da soja
Coinoculation and use of nitrogen in coverage in soybean culture
Coinoculación y uso de nitrógeno en cobertura en el cultivo de soja

Recebido: 27/08/2020 | Revisado: 06/09/2020 | Aceito: 10/09/2020 | Publicado: 12/09/2020

Luiz Anderson Abdalla de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9341-9481>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: luiz_abdalla@live.com

Luiz Loesia Gomes Paulino

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1203-5433>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: luiz-loesia@hotmail.com

Elen Regina Cáceres de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4854-3808>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: elen.caceres@hotmail.com

Ana Carolina Marinho Rossi

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3580-8651>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: acmrossi@outlook.com

Matheus Gustavo da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5794-679>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: matheus@uems.br

Resumo

A inoculação com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, ocasiona na rizosfera a formação estruturas especializadas na fixação biológica de nitrogênio, sendo descartada a aplicação na cultura da soja, uma vez que a relação simbiótica consegue suprir suas necessidades. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência da inoculação bem como de níveis de nitrogênio em cobertura no crescimento, desenvolvimento e produtividade da soja. O experimento foi realizado na área experimental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – Unidade

Universitária de Aquidauana. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial 4x4, com quatro repeti es. Os tratamentos foram constituídos pela combina o entre inoculantes (*Bradyrhizobium japonicum*; *Azospirillum brasilense*; *B. japonicum* + *A. brasilense*; Controle sem inocula o) e quatro níveis de nitrogênio em cobertura na soja (0; 50; 100; 150 kg ha⁻¹). A inocula o foi realizada antes da semeadura, já a aplica o do nitrogênio foi realizada no est dio V8, para tal, utilizou-se sulfato de amônio como fonte. Foram avaliados: popula o final de plantas, altura da planta, altura de inser o da primeira vagem, di metro do caule, número de vagens por planta, número de gr os por vagem, produtividade de grãos, massa de 1000 gr os. A inocula o de sementes de soja usando isoladamente ou em conjunto não interfere no desenvolvimento e produtividade de gr os da cultura da soja, assim o uso de nitrogênio mineral em cobertura   dispensável, pois não reflete em incrementos na produtividade de gr os da soja.

Palavras-chave: Aduba o nitrogenada; *Azospirillum brasilense*; *Bradyrhizobium japonicum*; Inocula o; *Glycine max* (L.) Merrill

Abstract

The inoculation with bacteria of the genus *Bradyrhizobium*, causes in the rhizosphere the specialized formation in the biological qualification of nitrogen, being discarded the application in the soybean culture, since in relation to the symbiotic it obtains to supply its needs. The objective of the work was to evaluate the influence of inoculation as well as nitrogen levels in coverage on soybean growth, development and productivity. The experiment was carried out in the experimental area of the State University of Mato Grosso do Sul - University Unit of Aquidauana. The experimental design was in randomized blocks in a 4x4 factorial scheme, with four replications. The treatments consisted of a combination of inoculants (*Bradyrhizobium japonicum*; *Azospirillum brasilense*; *B. japonicum* + *A. brasilense*; Control without inoculation) and four levels of nitrogen in soybean coverage (0; 50; 100; 150 kg ha⁻¹). The inoculation was carried out before sowing, since the application of nitrogen was taken on state V8, for that, ammonium sulfate was used as the source. The following were provided: final plant population, plant height, height of insertion of the first pod, stem diameter, number of pods per plant, number of grains per pod, grain yield, mass of 1000 grains. The inoculation of soybean seeds using alone or together does not interfere in the development and productivity of grains in the soybean culture, as well as the use of mineral nitrogen in cover is not necessary, o it does not reflect in increments in the productivity of soybeans.

Keywords: Nitrogen fertilization; *Azospirillum brasilense*; *Bradyrhizobium japonicum*; Inoculation; *Glycine max* (L.) Merrill

Resumen

La inoculación con bacterias del género *Bradyrhizobium*, provoca en la rizosfera la formación especializada en la calificación biológica del nitrógeno, descartándose la aplicación en el cultivo de soja, ya que en relación al simbiótico se obtiene para suplir sus necesidades. El objetivo del trabajo fue evaluar la influencia de la inoculación y los niveles de nitrógeno en la cobertura sobre el crecimiento, desarrollo y productividad de la soja. El experimento se llevó a cabo en el área experimental de la Universidad Estatal de Mato Grosso do Sul - Unidad Universitaria de Aquidauana. El diseño experimental fue en bloques al azar en un esquema factorial 4x4, con cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en una combinación de inoculantes (*Bradyrhizobium japonicum*; *Azospirillum brasilense*; *B. japonicum* + *A. brasilense*; Control sin inoculación) y cuatro niveles de nitrógeno en cobertura de soja (0; 50; 100; 150 kg ha⁻¹). La inoculación se realizó antes de la siembra, ya que la aplicación de nitrógeno se tomó en el estado V8, para ello se utilizó sulfato de amonio como fuente. Se proporcionó lo siguiente: población final de plantas, altura de la planta, altura de inserción de la primera vaina, diámetro del tallo, número de vainas por planta, número de granos por vaina, rendimiento de grano, masa de 1000 granos. La inoculación de semillas de soja utilizando solas o juntas no interfiere en el desarrollo y productividad de los granos en el cultivo de soja, así como tampoco es necesario el uso de nitrógeno mineral en cobertura, ya que no se refleja en incrementos en la productividad de la soja.

Palabras clave: Fertilización con nitrógeno; *Azospirillum brasilense*; *Bradyrhizobium japonicum*; Inoculación; *Glicina máx.* (L.) Merrill

1. Introdução

O agronegócio brasileiro se destaca como o setor que mais contribui na manutenção econômica. Nesse sentido, as exportações do agronegócio atingiram o valor aproximado de US\$ 100 bilhões em 2018, com o complexo da soja sendo responsável por US\$ 41 bilhões (Mapa, 2019).

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tem como centro de origem e domesticação o nordeste da Ásia (Chung & Singh, 2008). No Brasil, o primeiro relato sobre a cultura data de 1882, no estado da Bahia (Black, 2000).

A cultura se destaca como um dos produtos de maior importância para o setor agropecuário, com 119 milhões de toneladas produzidas em 35 milhões de hectares, com produtividade de grãos em 3,400 kg ha⁻¹ (Conab, 2018). Mesmo com essa produtividade de grãos, ainda é necessário o aperfeiçoamento de práticas culturais e fitossanitárias, tais como o manejo integrado de pragas, manejo conservacionista do solo, adubação e inoculação.

Nesse sentido, uma das práticas culturais mais importante é a da inoculação, que consiste no tratamento de sementes com a aplicação de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* junto as sementes, com o intuito de estabelecer relação simbiótica entre as mesmas e a cultura da soja.

O desenvolvimento dessas bactérias ocorre na rizosfera após a germinação da semente, onde há formação de órgãos denominados nódulos, estruturas especializadas na fixação biológica de nitrogênio. A infecção do *Bradyrhizobium japonicum* ao hospedeiro ocorre na emissão da radícula, e após a emergência já pode-se observar a formação dos primeiros nódulos. A partir dessas estruturas, a enzima dinitrogenase realiza a redução do nitrogênio atmosférico para amônia (NH₃), íons de hidrogênio (H⁺) presentes nas células bacteriana são associados com o NH₃ disponibilizando para a soja amônio (NH₄⁺) em troca de hidratos de carbono, caracterizando assim uma relação simbiótica (Hungria et al., 2001).

A eficácia da relação simbiótica entre as bactérias e a soja é fato comprovado na literatura (Hungria et al., 2001; Finoto et al., 2017). Entretanto, pesquisadores têm verificado a eficácia de outras bactérias capazes de gerar essa relação simbiótica, se destacando as bactérias do gênero *Azospirillum* (Bárbaro et al., 2009; Hungria, 2011; Finoto et al., 2017).

O gênero *Azospirillum* é descrito por Tien et al. (1979), e Zuffo (2016) como responsável pelo melhor desenvolvimento do sistema radicular, o que possibilita explorar maior volume de solo, permitindo maior absorção de água e nutrientes.

O fato de se ter dois gêneros de bactérias, que podem trazer benefícios, com a formação dessa relação simbiótica tem despertado o interesse de pesquisadores, que têm denominado de coinoculação a prática de utilizar conjuntamente os dois gêneros de bactérias.

De acordo com Bárbaro et al. (2009) e Chibeba et al. (2015) os resultados com a combinação entre as duas bactérias são superiores em número de nódulos, massa de nódulos secos, massa da parte aérea seca e nitrogênio total da parte aérea.

O uso de nitrogênio sempre foi prática descartada na condução da cultura da soja, uma vez que a relação simbiótica consegue suprir suas necessidades. O nitrogênio é exportado pela soja em quantidades apreciáveis, chegando a ser necessário 80 kg ha⁻¹ de N para se produzir 1000 kg ha⁻¹ de grãos de soja (Hungria et al., 2001).

Mendes et al. (2008), ao realizar inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* em conjunto com a adubação nitrogenada de 50 kg ha⁻¹ no estágio R5 da soja (enchimento de grãos) constataram aumento da produtividade de grãos, em média, de 210 kg ha⁻¹ em relação ao tratamento testemunha com apenas a inoculação, assim causando dúvidas se há necessidade de se aumentar o nitrogênio disponível para a planta mediante adubação mineral.

Da mesma forma, alguns autores relataram que a fixação biológica de nitrogênio apresentou declínio a partir da formação das vagens (R3), e de que no estágio (R5) ocorre o maior requisito de N devido ao desenvolvendo das sementes (Sawyer & Barker. 2001), o que revelou que a adubação mineral com nitrogênio após R3 pode promover incrementos na produtividade de grãos.

Hungria et al. (2001) também obtiveram incrementos de 150 kg ha⁻¹ e 100 kg ha⁻¹ na produtividade de grãos da soja quando realizada inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* + 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura em R1 (início do florescimento) e R5 (enchimento de grãos), respectivamente, nas cidades de Ponta Grossa-PR e Londrina-PR.

Estudos visando a utilização conjunta de práticas culturais como a adubação nitrogenada na soja, bem como o uso isolado ou concomitante de bactérias fixadoras de nitrogênio são escassos e necessitam maior enfoque nas pesquisas. Assim, esse trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos dos modos de inoculação e níveis de nitrogênio em cobertura no crescimento, desenvolvimento e produtividade da soja. Algumas hipóteses podem ser levantadas, como:

- A inoculação suprime quaisquer necessidades de nitrogênio mineral via adubação nitrogenada em cobertura.
- O uso conjunto de *Azospirillum brasilense* e *Bradyrhizobium japonicum* potencializa a formação de nódulos, e conseqüentemente, a oferta de nitrogênio para a soja.

2. Metodologia

O experimento foi realizado na área experimental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – Unidade Universitária de Aquidauana (UEMS/UUA), situada no município de Aquidauana (MS), compreendendo as seguintes coordenadas geográficas 20°27' S e 55°40' W com uma altitude média de 170 m.

O solo da área foi identificado como Argissolo Vermelho distrófico de textura arenosa (SCHIAVO et al., 2010). O resultado da análise química do solo discriminou pH em CaCl₂ de 4,87; P = 52 mg dm⁻³; M.O. = 19 g dm⁻³; K = 0,37 cmolc dm⁻³; Ca = 4 cmolc dm⁻³; Mg = 1

cmolc dm⁻³; H+Al = 3 cmolc dm⁻³; SB = 5,37 cmolc dm⁻³; T = 8,51 cmolc dm⁻³ e V = 63%.

Com 45 dias para a implantação do experimento, foi realizado uma subsolagem a 45 cm de profundidade seguido de uma gradagem pesada com discos de 28 polegadas. Em seguida foi feito o nivelamento do solo.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados dispostos em esquema fatorial 4x4, com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos pela combinação entre inoculantes (*Bradyrhizobium japonicum*; *Azospirillum brasilense*; *B. japonicum* + *A. brasilense*; Controle sem inoculação) e quatro níveis de nitrogênio em cobertura na soja (0; 50; 100; 150 kg ha⁻¹).

Para a aplicação dos tratamentos utilizou-se dois inoculantes, que foram o Grap Nod+, que é um inoculante turfoso, produzido pela empresa Agrocete, e que contém bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (*Bradyrhizobium japonicum*), estirpes Semia 5079 e Semia 5080, com garantia de 7x10⁹ Ufcg (unidades de formadoras de colônias); o outro inoculante foi o Fertibio, que é um inoculante líquido, produzido pela empresa de mesmo nome, elaborado com as bactérias do gênero *Azospirillum* (*Azospirillum brasilense*) (estirpes AbV-5 e AbV-6), com garantias de 2x10⁸ UfcmL (Tabela 1).

Tabela 1. Tratamentos adotados para coinoculação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* em sementes de soja, com aplicação de nitrogênio no estágio V8 (sete trifólios) Aquidauana-MS, 2019.

Fator 1	Fator 2
<i>Azospirillum</i>	0 de N por ha ⁻¹
	50 de N por ha ⁻¹
	100 de N por ha ⁻¹
	150 de N por ha ⁻¹
<i>Bradyrhizobium</i>	0 de N por ha ⁻¹
	50 de N por ha ⁻¹
	100 de N por ha ⁻¹
	150 de N por ha ⁻¹
<i>Bradyrhizobium</i> + <i>Azospirillum</i>	0 de N por ha ⁻¹
	50 de N por ha ⁻¹
	100 de N por ha ⁻¹
	150 de N por ha ⁻¹
Controle sem inoculação	0 de N por ha ⁻¹
	50 de N por ha ⁻¹
	100 de N por ha ⁻¹
	150 de N por ha ⁻¹

Fonte: Os autores (2020).

Para garantir uma maior eficiência dos produtos foram adotadas as recomendações dos fabricantes de 100 mL (Fertibio) para cada 60.000 sementes, e de 60 gramas (Grap Nod+) para cada 50 quilos de sementes.

Os procedimentos foram realizados à sombra momentos antes da semeadura, tomando-se o cuidado para que houvesse o recobrimento perfeito das sementes pelos inoculantes, esperando a secagem das sementes para distribuição delas na semeadora.

A semeadura foi realizada no dia 30/10/2018 de forma mecanizada utilizando o trator Massey Ferguson 4283 de 85 cavalos de potência e a semeadora plantadeira KF PSM 7040 – A de 7 linhas. Utilizou-se a cultivar de soja DM 66I68 RSF IPRO, que apresenta a tecnologia Intacta RR2 Pro, ou seja, oferece resistência contra as principais lagartas da soja *Anticarsia gemmatalis*, *Heliothis virescens*, *Chrysodeixis* spp., *Epinotia aporema* e tolerância ao glifosato.

Na semeadura utilizou-se espaçamento entrelinhas de 0,45m, com densidade de semeadura de 22 sementes por metro, aplicando-se 250 kg ha⁻¹ da formulação 04-20-20, com base na interpretação dos resultados da análise química do solo.

As parcelas foram constituídas por 7 linhas com 5 m de comprimento, considerando para as avaliações as 5 linhas centrais, descartando-se 0,5 m das extremidades para evitar efeito de bordadura.

No estágio fenológico V8 foram aplicados em cobertura os tratamentos referentes aos níveis de nitrogênio (0; 50; 100; 150 kg ha⁻¹). Para tal, utilizou-se sulfato de amônio como fonte, distribuindo-o ao lado das linhas de soja, tomando-se cuidado para que não houvesse contato diretamente com as folhas. Devido a utilização deste adubo como fonte nitrogênio, foi utilizado enxofre (S) com a concentração de 97% para equiparar a quantidade de S fornecida em todas as parcelas.

Para o controle de plantas daninhas, como *Portulaca oleracea*, *Conyza bonariensis*, *Bidens pilosa*, *Amaranthus viridis*, *Ipomoea acuminata* e *Commelina benghalensis* foi realizada uma aplicação de glifosato (1440 g ha⁻¹ do i.a., com volume de calda de 200 L ha⁻¹), quando a cultura se encontrava no estágio fenológico V3 (dois trifólios completamente abertos).

Foi realizada aplicação do inseticida tiametoxam + lambda-cialotrina (28,2 + 21,2 g ha⁻¹ do i.a., com volume de calda de 200 L ha⁻¹) para o controle de *Euchistus heros* e *Dichelops melacanthus*, diafentiurom (400 g ha⁻¹ do i.a., com volume de calda de 200 L ha⁻¹) para o controle da *Bemisia tabaci*, e lufenuron + profenofós (20 + 200 g ha⁻¹ do i.a., com volume de calda de 200 L ha⁻¹) para o controle de *Spodoptera eridania*.

O controle preventivo de algumas doenças como *Phakopsora pachyrhizi*, *Microsphaera difusa* e *Septoria glycines* foi realizado com aplicações dos fungicidas difenoconazol + propiconazol (37,5 + 37,5 g ha⁻¹ do i.a., com volume de calda de 200L ha⁻¹) e azoxistrobina + benzovindiflurpir (90 + 45 g ha⁻¹ do i.a., com volume de calda de 200 L ha⁻¹).

Todas as técnicas de cultivo adotadas, como escolha de cultivares, época de semeadura, população de plantas, controle de insetos, doenças e plantas daninhas seguiram as recomendações técnicas para a cultura da soja da Embrapa (2013).

Por ocasião do término do ciclo da cultura foram realizadas avaliações:

- População final de plantas: Antes da colheita, foram contabilizadas todas as plantas de duas linhas centrais de quatro metros espaçadas a 45 cm dentro da área útil de cada parcela, extrapolando os valores para número de plantas por ha⁻¹.
- Altura da planta: Foram mensuradas cinco plantas, dentro da área útil de cada parcela, medindo-se com fita métrica a distância entre o colo da planta (próximo ao solo) e a extremidade da haste principal.
- Altura de inserção da primeira vagem: Foram mensuradas cinco plantas dentro da área útil de cada parcela, medindo-se com fita métrica a distância entre o colo da planta (próximo ao solo) até à inserção da primeira vagem na haste principal.
- Diâmetro do caule: Foram mensuradas cinco plantas dentro da área útil de cada parcela, medindo-se o caule três centímetros acima do solo com o auxílio do paquímetro digital.
- Número de vagens por planta: Foram contabilizadas todas as vagens de 5 plantas de cada parcela.
- Número de grãos por vagem: Foram contabilizados todos os grãos advindos das vagens das 5 plantas supracitadas.
- Massa de 1000 grãos: foram utilizados os grãos trilhados para a determinação da produtividade de grãos. Deste, foram coletadas e pesadas duas amostras com 1000 grãos cada (13% b.u.).
- Produtividade de grãos: Aos 128 dias após a semeadura foram coletadas todas as plantas de duas linhas de quatro metros, dentro da área útil de cada parcela. Elas foram debulhadas em trilhadeira mecanizada e estacionária. Os valores da massa de grãos foram transformados kg ha⁻¹ (13% b.u.).

Para a análise de variância utilizou-se o software SISVAR. Detectada significância, os

dados relativos à inoculantes foram submetidos a teste de comparação de médias (Tukey) e os relativos aos níveis de nitrogênio à análise de regressão.

3. Resultados e Discussão

O uso da coinoculação possibilitou que maior número de plantas de plantas se estabelecesse em relação ao uso de *A. brasilense* (Tabela 2). Um fator que pode ter ocasionado essa diferença populacional foram as irregularidades no terreno, o que pode ter prejudicado a emergência e estabelecimento das plântulas em algumas parcelas. Como era esperado, o nitrogênio aplicado em cobertura não influenciou a população de plantas, uma vez que ele foi aplicado no estágio V8 da soja, quando elas já estavam estabelecidas.

A altura de plantas não foi influenciada pelos tratamentos (Tabela 2). Aratani et al. (2008), trabalhando com 90 kg ha⁻¹ em três épocas de aplicação de nitrogênio (30 dias antes da semeadura, semeadura e no estágio V4). Não observaram diferença na altura de plantas. Silva et al. (2011) também não verificaram alterações na altura de plantas em dois anos de cultivo em função da inoculação (3 e 6 mL kg⁻¹ de sementes) e níveis de nitrogênio na semeadura (0, 10, 20, 40 kg ha⁻¹).

Houve interação entre os fatores estudados para a variável altura de inserção da 1ª vagem (Tabela 3). De modo geral, observou-se que o modo de inoculação não influenciou tal variável, independente dos níveis de nitrogênio utilizados. Já dentro do desdobramento dos níveis de nitrogênio dentro de cada modo de inoculação foi possível inferir que o uso de nitrogênio em cobertura concomitantemente ao uso de *Bradyrhizobium* ou *Bradyrhizobium* + *Azospirillum* proporcionou incrementos lineares na altura de inserção da 1ª vagem (Tabela 3; Figura 1), nos quais é possível constatar incremento médio de 1,2 cm a cada 50 kg de nitrogênio aplicados em cobertura.

Tabela 2. Resumo da análise de variância e valores médios para população de plantas (POP), altura de plantas (ALT), altura de inserção da 1ª vagem (AIV) e diâmetro do caule (DIA) da cultura da soja, em função de diferentes modos de inoculação e aplicação de níveis de nitrogênio. Aquidauana-MS, 2019.

Modo de Inoculação (MI)	POP	ALT	AIV	DIA
	plantas ha ⁻¹	----- cm -----		
<i>Azospirillum</i>	259.398 b	67	10,8	0,64
<i>Bradyrhizobium</i>	291.111 ab	65	10,8	0,67
<i>Bradyrhizobium</i> + <i>Azospirillum</i>	314.120 a	67	10,0	0,72
Controle sem inoculação	281.620 ab	66	10,4	0,63
D.M.S.	32.441	5	2,0	0,07
Níveis de Nitrogênio (NN)				
0	294.074	67	9,3	0,72
50	277.638	66	10,8	0,66
100	281.620	69	11,8	0,65
150	282.916	65	11,2	0,64
	MI	*	ns	*
F	NN	ns	*	Ns
	MI * NN	ns	*	*
	C.V. (%)	12	8	11

Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey; * e ns: significativo e não significativo, respectivamente, de acordo com o teste F ao nível de significância de 5%. Fonte: Os autores (2020).

A despeito dos incrementos obtidos, os valores ficaram acima dos 10 cm recomendados para a colheita mecânica (BONETTI, 1983). Isso demonstra a importância do nitrogênio para a soja, sendo fundamental para o crescimento vegetativo. Por outro lado, Fipke (2015), utilizando a inoculação padrão (*B. japonicum*) e a coinoculação (*B. japonicum* + *A. brasilense*) e três níveis de nitrogênio (0, 75 e 150 kg ha⁻¹), não constatou aumento na altura de inserção da primeira vagem em três diferentes cultivares de soja.

Tabela 3. Resumo da análise de desdobramento para altura de inserção da 1ª vagem (cm), em função de diferentes modos de inoculação e aplicação de níveis de nitrogênio. Aquidauana-MS, 2019.

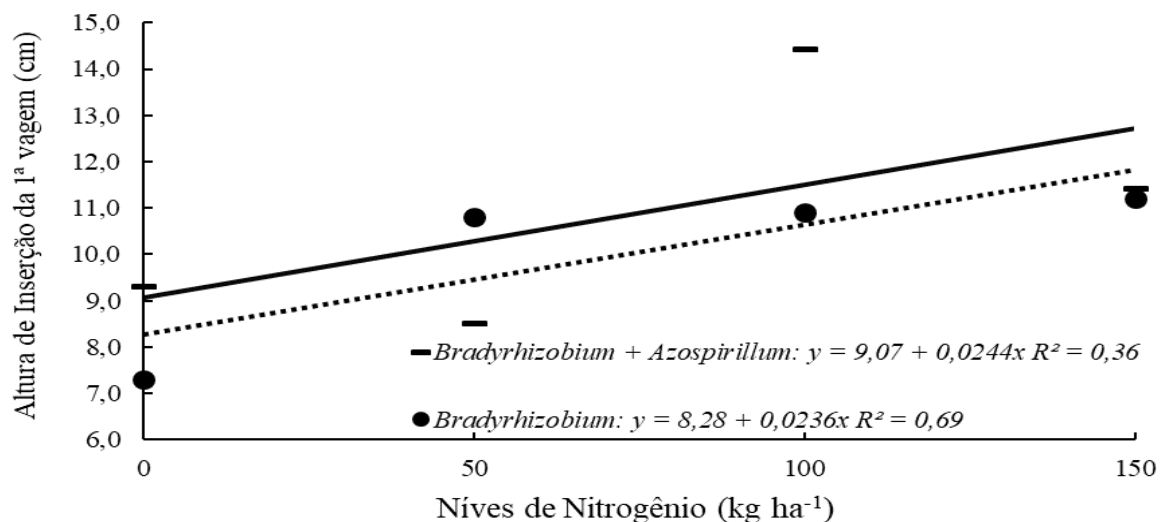
Modo de Inoculação	Níveis de Nitrogênio (kg ha ⁻¹)			
	0	50	100	150
<i>Azospirillum</i>	8,9 ab	12,4 a	12,2 ab	9,8 a
<i>Bradyrhizobium</i> ¹	9,3 ab	8,5 a	14,4 a	11,4 a
<i>Bradyrhizobium</i> + <i>Azospirillum</i> ²	7,3 b	10,8 a	10,9 ab	11,2 a
Controle sem inoculação	11,7 a	11,2 a	9,6 b	9,5 a
D.M.S.	4,1			

Valores seguidos da mesma letra nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey; 1. $y = 9,07 + 0,0244 x$ ($R^2 = 0,36$); 2. $y = 8,28 + 0,0236 x$ ($R^2 = 0,69$). Fonte: Os autores (2020).

Houve interação entre os fatores para o diâmetro de caule, apontando que a coinoculação (*B. japonicum* + *A. brasilense*) proporcionou o maior de diâmetro do caule quando não foi aplicado nitrogênio (Tabela 4), o que pode acarretar maior resistência ao acamamento, assim diminuindo as perdas por ocasião da colheita mecanizada.

Souza et al. (2013) trabalhando com cinco reguladores de crescimento (sem aplicação de regulador, cloreto de mepiquate, cloreto de cloromequate, cloreto de clorocolina e trinexapac-ethyl) em duas épocas de aplicação (R1 e 15 dias após a primeira aplicação) relatam que o índice de acamamento que foi de 4,65%, e nos tratamentos com os reguladores esse valor diminuiu em 6% (4,37%). Entretanto, os autores ressaltam que isso não afetou sobremaneira o índice.

Figura 1. Estudo de regressão para a altura de inserção da 1ª vagem em função de diferentes modos de inoculação e aplicação de níveis de nitrogênio. Aquidauana – MS (2019).



Fonte: Os autores (2020).

Tabela 4. Resumo da análise de desdobramento para diâmetro de caule (cm) em função de diferentes modos de inoculação e aplicação de níveis de nitrogênio. Aquidauana-MS, 2019.

Modo de Inoculação	Níveis de Nitrogênio (kg ha ⁻¹)			
	0	50	100	150
<i>Azospirillum</i>	0,73 b	0,60 a	0,63 a	0,62 a
<i>Bradyrhizobium</i>	0,69 bc	0,65 a	0,63 a	0,70 a
<i>Bradyrhizobium</i> + <i>Azospirillum</i>	0,88 a	0,72 a	0,68 a	0,62 a
Controle sem inoculação	0,58 c	0,67 a	0,66 a	0,63 a
D.M.S.	0,14			

Valores seguidos da mesma letra nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey. Fonte: Os autores (2020).

O modo de inoculação e o nitrogênio aplicados em cobertura não influenciaram o número médio de vagens/planta (Tabela 5), que foi de 44,2 vagens/planta. Este valor foi aproximadamente 39% menor que os obtidos por Dalchiavon & Carvalho (2012) que ressaltam a importância de tal variável sobre a produtividade de grãos. Silva et al. (2011)

utilizando duas doses do inoculante *Bradyrhizobium japonicum* (3 e 6 mL kg⁻¹ de sementes) e quatro níveis de nitrogênio (0, 10, 20 e 40 kg ha⁻¹), por dois anos agrícolas consecutivos, não observaram alterações no número médio de 68,05 vagens/planta e de 1,85 grãos/vagem, resultados esses que contradizem os obtidos por Fipke (2015), que ao realizar a coinoculação (*B. japonicum* + *A. brasilense*), obteve maior número de vagens/planta em detrimento da inoculação tradicional (*B. japonicum*), inferindo ainda que condições hídricas favoráveis durante a floração podem elevar os valores para a variável.

Os modos de inoculação bem como o nitrogênio aplicado em cobertura não influenciaram o número médio de grãos por vagens, o que até certo ponto era esperado por se tratar de uma variável que apresenta alterações mais ligadas aos genótipos utilizados do que propriamente a práticas culturais, estando em consonância com as ideias apresentadas por Mundstock & Thomas (2005).

Houve interação entre os fatores estudados para a massa média de mil sementes (Tabela 5). Em média, os valores para a variável foram de 158 g, muito provavelmente devido ao déficit hídrico, o que corrobora a ideia apresentada por Silva et al. (2011), e pela alta pressão de percevejos. Com isso, os valores estabelecidos ficaram 19% abaixo dos preconizados como ideal pelo produtor das sementes Don Mario, que seria de 194 g para a cultivar utilizada, no caso a cultivar DM 66i86 RSF IPRO. Os dados obtidos no presente trabalho (Tabela 6) não foram conclusivos pois trata-se de uma variável que apresenta diferenciações mais ligadas a genética que propriamente a práticas culturais.

Houve interação entre os fatores estudados para a produtividade de grãos (Tabela 6). Na Tabela 7, o desdobramento da interação permitiu concluir que na ausência de nitrogênio em cobertura não houve efeito dos modos de inoculação. Já com o uso de nitrogênio foram obtidos resultados inconsistentes, não permitindo afirmar se a inoculação foi benéfica ou qual seria a sua melhor modalidade. Tal fato pode estar relacionado ao déficit hídrico ocorrido na fase de enchimento de grãos, o que corrobora os dados obtidos na avaliação da variável massa de 1000 grãos. Além disso, o fato de ser uma área na qual costumeiramente é cultivada soja, pode ter mascarado possíveis benefícios dos modos de inoculação, uma vez que é provável que haja populações estabelecidas de bactérias no solo.

Tabela 5. Resumo da análise de variância e valores médios para número de vagens por planta (NVAG), de grãos por vagem (NGRA), da cultura da soja, em função de diferentes modos de inoculação e aplicação de níveis de nitrogênio. Aquidauana-MS, 2019.

Modos de Inoculação (MI)	NVAG	NGRA	M1000	PROD
<i>Azospirillum</i>	39,9 a	1,35 a	164	1424
<i>Bradyrhizobium</i>	46,9 a	1,56 a	151	1620
<i>Bradyrhizobium</i> + <i>Azospirillum</i>	49,3 a	1,54 a	154	1382
Controle sem inoculação	41,2 a	1,50 a	164	1617
D.M.S.	11,4	0,23	9,5	215
Níveis de Nitrogênio (NN)				
0	44,0	1,52	158	1514
50	45,4	1,50	158	1566
100	44,3	1,54	161	1561
150	42,8	1,42	57	1402
IN	Ns	ns	*	*
F	NN	Ns	Ns	ns
	IN * NN	Ns	*	*
C.V. (%)	27	17	6	15

Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey; * e ns: significativo e não significativo, respectivamente, de acordo com o teste F ao nível de significância de 5%. Fonte: Os autores (2020).

Tabela 6. Resumo da análise de desdobramento para massa de 1000 grãos (g) em função de diferentes modos de inoculação e aplicação de níveis de nitrogênio. Aquidauana-MS, 2019.

Modo de Inoculação	Níveis de Nitrogênio (kg ha ⁻¹)			
	0	50	100	150
<i>Azospirillum</i>	153 a	155 ab	155 b	153 a
<i>Bradyrhizobium</i>	165 a	160 ab	178 a	153 a
<i>Bradyrhizobium</i> + <i>Azospirillum</i>	155 a	145 b	153 b	153 a
Controle sem inoculação	160 a	170 a	158 b	170 a
D.M.S.	19			

Valores seguidos da mesma letra nas colunas não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey; * e ns: significativo e não significativo, respectivamente, de acordo com o teste F ao nível de significância de 5%. Fonte: Os autores (2020).

Tabela 7. Resumo da análise de desdobramento para produtividade de grãos (kg ha⁻¹) em função de diferentes modos de inoculação e aplicação de níveis de nitrogênio. Aquidauana-MS, 2019.

Modo de Inoculação	Níveis de Nitrogênio (kg ha ⁻¹)			
	0	50	100	150
<i>Azospirillum</i>	1556 a	1229 b	1385 b	1528 a
<i>Bradyrhizobium</i>	1473 a	1588 ab	1821 a	1596 a
<i>Bradyrhizobium</i> + <i>Azospirillum</i>	1463 a	1507 b	1143 b	1416 ab
Controle sem inoculação	1565 a	1941 a	1897 a	1066 b
D.M.S.	432			

Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey; * e ns: significativo e não significativo, respectivamente, de acordo com o teste F ao nível de significância de 5%. Fonte: Os autores (2020).

Os valores médios de produtividade de grãos ficaram em torno de 1511 kg ha⁻¹, estando em média 48% inferiores aos obtidos na última safra de soja para o estado de Mato Grosso do Sul (Conab, 2019). No entanto, na literatura tem-se observado alguns resultados interessantes no que diz respeito ao uso de nitrogênio mineral na cultura da soja, conforme Mendes et al. (2008), que trabalhando em dois sistemas de cultivo (plantio direto e convencional) utilizando a inoculação padrão (*B. japonicum*) e três fontes nitrogenadas (nitrato de amônio, sulfato de amônio e ureia) na semeadura, R1 (Início Florescimento) e R5, obtiveram incremento médio de 165 kg ha⁻¹ na produtividade de grãos quando utilizado alguma fonte de nitrogênio mineral em relação produtividade obtida com a inoculação padrão (*B. japonicum*). De forma semelhante, Crispino et al. (2001) também obtiveram incremento de 262 kg ha⁻¹ na variável supracitada aplicando 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio em R5 (enchimento do grão).

4. Considerações Finais

- A inoculação de sementes de soja usando isoladamente ou em conjunto *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* não interfere no desenvolvimento e produtividade de grãos da cultura da soja.

- Apesar de elevar a altura de inserção da 1^a vagem, o uso de nitrogênio mineral em cobertura é dispensável, pois não reflete em incrementos na produtividade de grãos da soja.

Referências

Alves, B. J. R., Zotarelli, L., Fernandes, F. M., Heckler, J. C., Macedo, R. A. T., Boddey, R. M., & Jantalia, C. P.; Urquiaga, S. (2006). Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília - DF, 41(3), 449-456. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006000300011>

Aratani, R. G., Lazarini, E., Marques, R. R., & Backes, C. (2008). Adubação nitrogenada em soja na implantação do sistema plantio direto. *Bioscience Journal*, 27(3), 31-38. Recuperado de <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6755>

Bárbaro, I. M., Machado, P. C., Bárbaro Junior, L. S., Ticelli, M., Miguel, F. B., & Silva, J. A. A. (2009). Produtividade da soja em resposta à inoculação padrão e co-inoculação. *Colloquium Agrariae, Presidente Prudente - SP*, 5(1), 01-07. Recuperado de <http://journal.unoeste.br/index.php/ca/article/view/372>

Black, R. J. (2000). 18f. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. In: Câmara, G. M. S. (Ed.). *Soja: tecnologia de produção II*. Piracicaba: ESALQ.

Bonetti, L. P. (1983). Cultivares e seu melhoramento genético. In: Verneti, F. J. (coord.). *Soja: genética e melhoramento*. Campinas: Fundação Cargill. 741-794.

Crispino, C. C., Franchini J. C., Moraes, J. Z., Sibaldelle, R. N. R., Loureiro, M. F., Santos, E. N., Campo, R. J., & Hungria, M. (2001). 756f. *Adubação nitrogenada na cultura da soja*. Londrina – PR: Embrapa Soja (comunicado técnico).

Chibeba, A. M., Guimarães, M. F., Brito, O. R., Araújo, R. S., Nogueira, M. A., Hungria, M., Campo, R. J., & Mendes, L. C. (2015). 4f. Inoculação de soja com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* promove nodulação precoce. In: Congresso Brasileiro de Soja e Mercosoja, Florianópolis, 7. *Anais...Curitiba*: Embrapa Soja.

Chung, G., & Singh, R. J. (2008) Broadening the genetic base of soybean: A multidisciplinary approach. *Critical Reviews in Plant Sciences*, Boca Raton (FL), 27(5), 295-341.

Conab - Companhia Nacional de Abastecimento, (2018). Conab. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos – safra 2017/2018*, Brasília, 12(5), 148.

Conab - Companhia Nacional de Abastecimento, (2019). Conab. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos – safra 2018/2019*, Brasília, 9, 113

Dalchiavon, F. C., & Carvalho, P. M. (2012) Correlação linear e espacial dos componentes de produção e produtividade da soja. *Ciências Agrárias*, Londrina - PR, 33, 541-552. doi: 10.5433/1679-0359.2012v33n2p54

Fipke, G. M. *Co-inoculação e pré-inoculação de sementes em soja* (2015). 67f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS.

Finoto, E. L., Cordeiro Junior, P. S., Torneli, I. M. B., Martins, M. H., Soares, M. B. F., & Martins, A. L. M. (2017) Desenvolvimento e produção de soja co-inoculada com *Azospirillum Brasilense* em semeadura direta sobre palhicho de cana crua. In: Encontro técnico sobre as culturas da soja e do milho no noroeste paulista, 2; *Anais...* Araçatuba - SP, 9-14.

Hungria, M., Campo, R. J., & Mendes, L. C.; (2001) *Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja*. 48f. Londrina - PR: Embrapa Soja. Recuperado de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO/18515/1/circTec35.pdf>.

Hungria, M. (2011). *Inoculação com Azospirillum brasilense: inovação em rendimento a baixo custo*. 36f. Londrina: Embrapa Soja. Recuperado de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/29676/1/Inoculacaocomazospirillum.pdf>

Mendes, I. C., Reis Junior, F. B., Hungria, M., Sousa, D. M. E., & Campo, R. J. (2008). Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada em Latossolos do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília - DF, 43(8), 1053-1060.

Ministério da agricultura pecuária e abastecimento (MAPA). *Exportações do agro em alta de quase 6% ultrapassam US\$ 100 bilhões*. [S. l.]. Recuperado de <http://www.agricultura.gov.br/noticias/exportacoes-do-agro-em-alta-de-quase-6-ultrapassam-us-100-bi>.

Mundstock, C. M., & Thomas, A. L. (2005). *Soja: Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos*. 31f. Departamento de plantas de lavoura da Universidade do Rio Grande do Sul - UFRGS. Porto Alegre - RS.

Sawyer, J. E., & Barker, D. W. (2001). *In-season nitrogen fertilization of soybean*. In: North Central Extension-Industry. Soil Fertility Conference, Brookings (SD). Iowa, Iowa State University, 1-4.

Schiavo, J. A., Pereira, G. P., Miranda, L. P. M., Dias Neto, A. H., & Fontana, A. (2010). Caracterização e classificação de solos desenvolvidos de arenitos da formação Aquidauana-MS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa - MG, 34(3), 881-889. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000300029>

Silva, A. F., Carvalho, M. A. C., Schoninger, E. L., Monteiro, S., Caione, G., & Santos, P. A. (2011). Modos de inoculante e nitrogênio na semeadura da soja em área de primeiro cultivo. *Bioscience Journal*, Uberlândia - MG, 27(3), 404-412. Recuperado de <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/8067>.

Embrapa (2013). *Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil 2014*. 265f. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Londrina – PR: Embrapa Soja.

Souza, C. A., Figueiredo, B. P., Coelho, C. M. M., Casa, R. T., & Sangoi, L. (2013). Arquitetura de plantas e produtividade da soja decorrente do uso de redutores de crescimento. *Bioscience Journal*, Uberlândia - MG, 29(3), 634-645. Recuperado de <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/14181>.

Tien, T. M., Gaskins, M. H., & Hubbell, D. H. (1979). Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). *Applied and Environmental Microbiology*, Florida, 37(5), 1016-1024.

Zilli, J. E., Marson, L. C., Campo, R. J., Ribeiro, K. G., Gianluppi, V., & Hungria, M. (2006). *Avaliação da fixação biológica de nitrogênio na soja em áreas de primeiro cultivo no cerrado de Roraima*. 9f. Boa Vista – RR: Embrapa Roraima.

Zuffo, A. M. *Aplicações de Azospirillum brasilense na cultura da soja*. (2016). 101f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Programa de pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Luiz Anderson Abdalla de Oliveira – 50%

Luiz Loesia Gomes Paulino – 5%

Elen Regina Cáceres de Souza – 12,5%

Ana Carolina Marinho Rossi – 12,5%

Matheus Gustavo da Silva – 20%