




Nicolas Henrique FERREIRA*

 <https://orcid.org/0000-0001-5586-8286>


Renan Mariano ZIBIANI**

 <https://orcid.org/0000-0001-5012-8385>


Wellington Antônio Leite BASSI***

 <https://orcid.org/0000-0002-7280-6797>


Caio Cesar dos Santos das NEVES****

 <https://orcid.org/0000-0001-5762-084X>

Jaqueline Bonfim de CARVALHO*****

 <https://orcid.org/0000-0003-0627-1971>

Allan Hisashi NAKAO*****

 <https://orcid.org/0000-0002-2465-1663>

Recebido em: 11 de abril de 2022.

Aprovado em: 29 de novembro de 2022.

FORMAS DE APLICAÇÃO DE MICRONUTRIENTES NA CULTURA DA SOJA INOCULADA COM DOSES DE *Bradyrhizobium**

RESUMO

O uso de inoculantes do gênero *Bradyrhizobium* na cultura da soja, vem sendo estudado e empregado nos cultivos agrícolas em virtude dos benefícios que podem trazer à cultura. Objetivou-se avaliar a soja de primeiro ano inoculada com bactérias *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii*, associadas ao cobalto (Co) e molibdênio (Mo) no sulco de plantio ou em pulverização foliar. O experimento foi realizado no município de Aspásia/SP. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições, sendo quatro doses de inoculante de *Bradyrhizobium* (0, 100, 200 e 300 ml 1x10¹⁰ UFC/ml *Bradyrhizobium*) e dois métodos de aplicação de Co Mo (sulco de plantio; via aplicação foliar na recomendação de 30 g de Mo ha⁻¹ e 3 g de Co ha⁻¹). Os dados coletados foram: componentes de produção da planta, altura, população de plantas, além do teor de N foliar, avaliação dos nódulos com contagem, massa fresca e seca. As análises estatísticas foram feitas com o software SISVAR®. A aplicação foliar de Co e Mo promoveram as maiores médias, exceto para M100 que obteve a maior média por meio da aplicação via sulco de Co e Mo. Houve diferença significativa nas doses apenas para POP com ajuste quadrático e interação significativa dos fatores para a variável altura de inserção da primeira vagem, número de vagens por planta e número de nódulos por planta. A aplicação de Co e Mo foliar apresentou respostas positivas quando comparadas à aplicação via sulco de plantio. Conclui-se que a aplicação de Co e Mo via foliar é uma alternativa para o incremento dos componentes de produção e produtividade da soja. Para as doses de inoculante isolado, não apresentou diferença significativa.

Palavras-chave: Adubação foliar. Bactérias fixadoras. Inoculação de bactérias. Cobalto. Molibidênio.

APPLICATION FORMS OF MICRONUTRIENTS IN THE CULTURE OF INOCULATED SOYBEAN WITH DOSES OF *Bradyrhizobium*

ABSTRACT

The use of *Bradyrhizobium* inoculants in soybean cultivation has been studied and used in agricultural crops because of the benefits they may bring to the crop. The objective was to evaluate first-year soybean inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* and *Bradyrhizobium elkanii* bacteria, associated with cobalt (Co) and molybdenum (Mo) in the planting furrow or in foliar sprays. The experiment was conducted in the city of Aspásia/SP. The experimental design used was a randomized block design, in a 4 x 2 factorial scheme, with four repetitions, being four doses of *Bradyrhizobium* inoculant (0, 100, 200 and 300 ml 1x10¹⁰ CFU/ml *Bradyrhizobium*) and two Co Mo application methods (furrow planting; via foliar application at the recommendation of 30 g of Mo ha⁻¹ and 3 g of Co ha⁻¹). The data collected were: plant production components, height, plant population, as well as leaf N content, nodule evaluation through counting, fresh and dry mass. The statistical analyses were made with SISVAR® software. The foliar application of Co and Mo provided the highest averages, except for M100, which obtained the highest average by applying Co and Mo through the furrow. There was significant difference in the doses only for POP with quadratic fitting and significant interaction of the factors for the variable first pod insertion height, number of pods per plant and number of nodules per plant. The foliar application of Co and Mo presented positive responses when compared to the application via furrow planting. It can be concluded that the foliar application of Co and Mo is an alternative for the increment of the production components and productivity of soy. For the doses of inoculant alone, there was no significant difference.

Keywords: Foliar fertilization. Fixing bacteria. Bacterial inoculation. Cobalt. Molybdenum.

* Graduando em Engenharia Agrônoma pelo Centro Universitário de Santa Fé do Sul/SP – Unifunec, e-mail: nicolashenriqueferreira@hotmail.com

** Graduando em Engenharia Agrônoma pelo Centro Universitário de Santa Fé do Sul/SP – Unifunec, e-mail: renan_zebiani@hotmail.com

*** Graduando em Engenharia Agrônoma pelo Centro Universitário de Santa Fé do Sul/SP – Unifunec, e-mail: wellingtonbassi.agro@gmail.com

**** Graduando em Engenharia Agrônoma pelo Centro Universitário de Santa Fé do Sul/SP – Unifunec, e-mail: caionevesagro@gmail.com

***** Doutora, Docente do Centro Universitário de Santa Fé do Sul – SP, Unifunec, jaquecarvalho.agro@gmail.com

***** Doutor, Docente do Centro Universitário de Santa Fé do Sul/SP – Unifunec, e-mail: allanhisashinakao@gmail.com

* Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Centro Universitário de Santa Fé do Sul/SP - Pibic/Unifunec



1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é considerada um dos mais importantes cultivos agrícolas para a economia mundial, sendo a oleaginosa mais cultivada no mundo. Possui papel na expansão da fronteira agrícola no Brasil, principalmente, nas regiões sob vegetação de cerrado. Entretanto, a implantação e cultivo dessa cultura, em novas áreas, têm exigido manejo cultural adequado e novas tecnologias (PETTER *et al.*, 2014).

Atualmente, a soja tem ocupado posição de destaque no cenário nacional, sendo uma cultura com grande expressividade, no qual o país ocupa a segunda posição no ranking mundial, ficando atrás apenas dos EUA. De acordo com o sétimo levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2021), estima-se que a produção da soja na safra de 2020/2021 seja de 135,54 milhões de toneladas, aumento de 8,6% em relação à safra anterior, motivado pela alta dos preços e alta demanda exportadora e do mercado interno.

A cultura se destaca pelo seu crescimento em produtividade no país, demonstrando sua importância para a economia, com utilização na alimentação humana, animal e bioenergia (DORNELES *et al.*, 2019). Diante do cenário atual, com a possibilidade de manter e elevar a produtividade das culturas, a agricultura moderna necessita de utilização de insumos de forma eficiente, ou seja, aplicação em quantidades adequadas, de modo a atender critérios econômicos e, ao mesmo tempo, conservar o solo, mantendo as suas características físicas, químicas e biológicas (SFREDO; OLIVEIRA, 2010).

Dentre os insumos exigidos para as plantas, têm-se os macronutrientes e micronutrientes. Os micronutrientes são essenciais para o crescimento e o desenvolvimento das plantas, fazendo parte de constituintes das paredes celulares (B), enzimas (Fe, Mn, Cu, Ni), membranas celulares (B, Zn) e na fotossíntese das plantas (Fe, Cu, Mn, Cl) (KIRKBY; ROMHELD, 2007). Contudo, quando os teores presentes no solo são insuficientes para manter a necessidade das plantas, há uma diminuição na atividade fisiológica vegetal, influenciando diretamente na produtividade da cultura.

Nos últimos anos, a aplicação de micronutrientes na adubação de grandes culturas vem ganhando evidência na agricultura brasileira. Isso acontece, sobretudo, graças ao aumento da produtividade das culturas pela utilização de tecnologias agrícolas modernas e consequente aumento da remoção de diversos nutrientes do solo, tendo o surgimento de deficiências induzidas em razão do aumento das doses utilizadas e da incorreta incorporação de calcário ao solo (HANSEL; OLIVEIRA, 2016).

O molibdênio (Mo) é essencial para a soja, por participar da enzima nitrogenase, sintetizada pelas bactérias durante o processo de fixação biológica do nitrogênio (FBN) por simbiose, no qual os microrganismos causam uma infecção das raízes da soja formando nódulos, cujo interior possui um complexo enzimático, denominado nitrogenase, fornecendo amônia (NH₃) para a planta, que por sua vez sintetiza os compostos nitrogenados necessários para sua sobrevivência (ALBINO; CAMPO, 2001).

Já o cobalto (Co) é responsável pela ativação enzimática das desidratases, mutases, fosforilases e transferases, constituindo-se um elemento essencial ao processo de fixação do N₂ por bactérias do gênero *Rhizobium* presente nos nódulos de plantas leguminosas. A produção de vitamina B12 também fica limitada em plantas sem o fornecimento suficiente de Co e a fixação de nitrogênio atmosférico reduzida (RAIJ, 1991; MARSCHNER, 1995).

Estudos recentes realizados em todas as regiões do Brasil demonstram deficiência ou toxidez aguda de vários micronutrientes do solo. O cobalto (Co), molibdênio (Mo), entre outros, são os elementos com maior frequência de deficiência (SFREDO; OLIVEIRA, 2010). Como as quantidades de Mo e Co requeridas pelas plantas são baixas, a sua aplicação pode ser realizada via semente, e constituem-se na forma mais prática e eficaz de adubação (GUPTA; LIPSETT, 1981; REISENAUER, 1963).

A utilização desses micronutrientes na cultura da soja também é fornecida com a aplicação via foliar. Comiran *et al.* (2020) avaliaram a aplicação da adubação com cobalto e molibdênio em diferentes estádios do desenvolvimento e produtividade da soja no Mato Grosso. Os autores concluíram que, independentemente do período fenológico (V5 ou R2), não houve alteração na nodulação da soja, mas a aplicação no período R2 proporcionou maior número de vagens por planta e de grãos por vagem, embora não tenha ocorrido alteração na produtividade da cultura.

A inoculação de bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, tanto via semente quanto via sulco de plantio, tem sido uma prática rotineira para a cultura da soja como fonte nutricional alternativa para a cultura. De acordo com Hungria (2013), essas bactérias que, de modo geral, são chamadas de rizóbios detêm um complexo enzimático denominado dinitrogenase que possibilita a captura de nitrogênio atmosférico e reduz em amônia e formas nitrogenadas que podem ser absorvidas pela planta.

Vargas e Suhel (1980) citam que a aplicação tradicional, que é a via semente, nem sempre é eficiente, principalmente, quando a aplicação do rizóbio se dá em conjunto com

fungicidas, inseticidas ou micronutrientes, contribuindo para causar danos irreversíveis às sementes e, muitas vezes, toxidez às bactérias.

A aplicação de Co e Mo vem sendo pesquisada por diversos autores, e avaliar as doses adequadas desses micronutrientes na cultura da soja inoculada, em especial a aplicação no sulco de plantio, é de suma importância para a agricultura (SANTANA *et al.*, 2011; AGNES *et al.*, 2018). O modo como esses nutrientes são aplicados pode refletir no seu melhor aproveitamento pelos cultivos, interferindo no seu desempenho (DOURADO NETO *et al.*, 2012).

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi avaliar as características agronômicas e produtividade da soja submetidas à inoculação das bactérias *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii*, associadas à fertilização com cobalto e molibdênio no sulco de plantio ou em pulverização foliar, sob condições de sequeiro, cultivo de primeiro ano, durante os anos 2020/21 e 2021/22, no Noroeste Paulista.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do local e época de instalação do experimento

O experimento foi instalado em janeiro de 2021, no município de Aspásia, estado de São Paulo, localizado entre 20°13'41" de latitude sul e 50°44'20" de longitude oeste, com altitude de 466 m. A precipitação anual média é de 1.221 mm e temperatura média anual de 24,4°C. O solo, onde já tinha sido cultivada uma pastagem de brachiárias é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, abrupto, a moderado, textura arenosa/média (OLIVEIRA *et al.* 1999). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, classificado como tropical úmido, com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso.

Antes da instalação do experimento, foi realizada uma caracterização química do solo, utilizando-se os métodos propostos por Raij *et al.* (2001). Foram coletadas vinte amostras na camada de 0,00-0,20 m, após a interpretação da análise (Quadro 1), foram realizadas as devidas correções de fertilidade do solo descritas a seguir:

Quadro 1 – Análise química do solo da área experimental.

DETERMINAÇÕES			Resultado
Matéria Orgânica	MO	g dm ⁻³	15
Fósforo Resina	P	mg dm ⁻³	7
pH	CaCl ₂		5
Potássio	K	mmol _c dm ⁻³	1,1
Cálcio	Ca	mmol _c dm ⁻³	10
Magnésio	Mg	mmol _c dm ⁻³	4
Alumínio	Al	mmol _c dm ⁻³	-
Acidez Potencial	H + Al	mmol _c dm ⁻³	31
Soma de Bases	SB	mmol _c dm ⁻³	15,1
C. de Troca Catiônica	C.T.C	mmol _c dm ⁻³	46,1
Saturação por Bases	V%	%	32,75

Fonte: Dos próprios autores.

3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 2, com quatro repetições, sendo os tratamentos constituídos por quatro doses de inoculante de *Bradyrhizobium*, sendo: 0 ml 1x10¹⁰ ufc/ml *Bradyrhizobium*, 100 ml 1x10¹⁰ ufc/ml *Bradyrhizobium*, 200 ml 1x10¹⁰ ufc/ml *Bradyrhizobium*, 300 ml 1x10¹⁰ ufc/ml *Bradyrhizobium* e dois métodos de aplicação dos micronutrientes (cobalto e molibdênio) via sulco de plantio ou via aplicação foliar na recomendação de 30 gramas de molibdênio e 3 gramas de cobalto, com 4 repetições.

O inoculante foi aplicado no sulco de semeadura, com o dosador líquido via sulco, com uma vazão de 50 litros de calda por hectare. Todos os tratamentos receberam o inoculante *Azospirillum brasilense* na dose de 100 ml ha⁻¹ e um aditivo líquido para inoculação (Max protection) na dose de 100 ml ha⁻¹. Cada parcela experimental foi constituída por 4 linhas de 4 m com espaçamento de 0,5 m de cada cultura, perfazendo uma área de parcela de 2 x 4 m (8 m²). A área útil foi constituída das duas linhas centrais de cada parcela.

3.1 Preparo da área e tratos culturais

Antes da semeadura da soja, foi realizada a dessecação da área com herbicidas glifosato (1,56 kg i.a. ha⁻¹), carfentrazone etílica (20 g i.a. ha⁻¹) e haloxifope-p-metílico (60 g i.a. ha⁻¹) para o controle de plantas daninhas.

Sessenta dias antes do plantio, foi realizada a calagem, com calcário dolomítico, utilizando 1600 kg ha⁻¹, com o objetivo de elevar a saturação de bases para 60%, neutralizar o pH do solo e fornecer cálcio e magnésio.

As sementes de soja (cultivar TMG 2165 IPRO) foram submetidas ao tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas, já a inoculação foi realizada via sulco de plantio e os micronutrientes Co e Mo via pulverização e/ou via sulco.

A semeadura da soja foi feita no mês de janeiro de 2021, em sistema plantio direto, com espaçamento entre linhas de 0,5 m e 15-16 plantas por metro linear, totalizando uma população de 320 mil plantas ha⁻¹. Como adubação de semeadura foram utilizados 300 kg ha⁻¹ do formulado 07-35-10.

Quarenta dias após a germinação das plantas, foi realizada a adubação de cobertura, utilizando 60 kg ha⁻¹ da fonte simples de Cloreto de Potássio 00-00-60.

3.2 Coleta de dados amostrais e análises

No estágio fenológico R1 da soja, foi realizada a coleta de raízes com auxílio de um enxadão e uma pá, para quantificação dos nódulos e a massa de nódulos por plantas. Foram coletadas três plantas consecutivas na linha da parcela e, em seguida, lavadas em água corrente com a finalidade de retirar a terra aderida nas raízes. Os nódulos foram separados das raízes e, posteriormente, colocados em estufa por 48 horas a 65 °C para pesagem, determinando massa seca, fresca e número de nódulos.

No estágio (R2), foi realizada a determinação do teor de nitrogênio foliar, sendo coletados, em média, 20 trifólios/parcela de forma aleatória. As folhas, após a colheita, foram submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura de 65°C até que se obtivesse massa constante e foram moídas em moinho tipo Willey para determinação dos teores nutricionais de acordo com a metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997). Essa avaliação foi realizada pelo laboratório de nutrição de plantas da UNESP/FEIS.

Na colheita, foram avaliadas as características produtivas, os componentes da produção e produtividade de grãos da soja. Para tais avaliações, foram coletadas as plantas contidas nas duas linhas centrais com 4 m de comprimento de cada parcela (área útil), onde foram determinadas a população de plantas, extrapolada para 1 ha. Posteriormente, foram coletadas dez plantas por unidade experimental, de maneira aleatória, e determinados os seguintes parâmetros: altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem, o número total de vagens por planta, o número médio de grãos por vagem e a massa de 100 grãos (13% de base úmida)

(BRASIL, 2009). Em relação à variável produtividade dos grãos, todas as plantas da área útil da parcela foram colhidas, trilhadas mecanicamente, pesadas e, posteriormente calculada e extrapolada para kg ha^{-1} e corrigidas para o teor de 13% de umidade.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$). Na presença de diferenças significativas, foi realizado análise de regressão (por os tratamentos avaliados serem variáveis quantitativas), bem como o efeito da interação entre os fatores. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR[®] (FERREIRA, 2014).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados coletados em relação aos componentes de produção e produtividade do experimento avaliado estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Os resultados em relação a formas de aplicação de Co e Mo foram significativos para: número de vagem por planta (NVP), número de sementes por vagem (NSV), número de sementes por planta (NSP), população de plantas (POP) e massa de 100 sementes (M100). Para todos, a aplicação foliar de Co e Mo promoveram as maiores médias, exceto para M100 que obteve a maior média por meio da aplicação via sulco com Co e Mo.

Tabela 1 - Análise de variância para: Altura de plantas (AP); Altura de inserção da 1ª vagem (AIPV); Número de vagem por planta (NVP); Número de semente por vagem (NSV), Número de semente por planta (NSP).

TRATAMENTOS	AP	AIPV	NVP	NSV	NSP
	cm	cm			
Modos de Aplicação(M)					
Sulco de plantio	43,56	9,71	34,39 b	1,27 b	48,62 b
Foliar	42,26	8,75	42,29 a	1,71 a	65,00 a
Doses (D)					
0	45,55	10,2	35,12	1,62	59,75
100	41,27	8,6	41,02	1,49	53,12
200	42,07	9,6	37,3	1,51	48,62
300	42,75	8,52	39,9	1,34	65,75
Teste F (M)	0,78 ns	2,57 ns	6,52**	32,96**	13,22**
Teste F (D)	1,59 ns	1,82 ns	0,73 ns	2,31 ns	2,78 ns
Teste F – M x D	1,65 ns	6,32**	3,13*	0,09 ns	1,79 ns
DMS – (M)	3,06	1,24	6,44	0,16	9,37
CV (%)	9,7	18,38	22,83	14,69	22,42

Fonte: Dos próprios autores.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*,** e ns: significativas em $p < 0,05$; $p < 0,01$, e não significativos. CV: Coeficiente de variação. DMS: Diferença mínima significativa.

Tabela 2 - Análise de variância para: População de plantas (POP), Massa de 100 sementes (M100) e Produtividade (PROD).

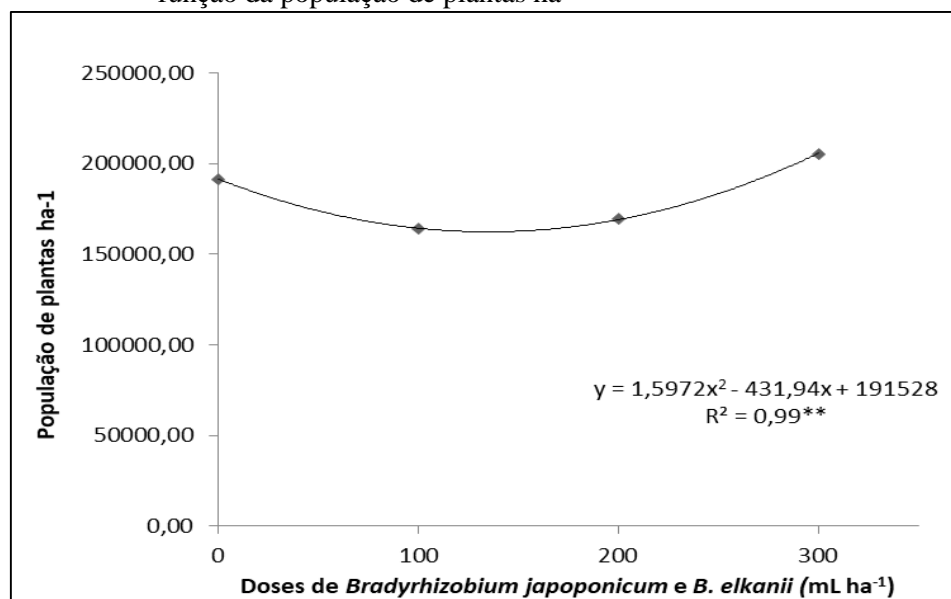
TRATAMENTOS	POP	M100	PROD
	ha ⁻¹	g	kg
Modos de Aplicação (M)			
<i>Sulco de plantio</i>	172222,22 b	13,06 a	1250
<i>Foliar</i>	193055,55 a	11,50 b	1304,16
Doses (D)			
0	191666,66	12,25	1165,28
100	163888,89	12,37	1228,47
200	169444,44	12,75	1511,81
300	205555,55	11,75	1202,77
Teste F (M)	7,06**	7,37*	0,22 ns
Teste F (D)	6,14**	0,51 ns	1,96 ns
Teste F – M x D	2,62 ns	0,51 ns	2,68 ns
DMS – (M)	16302,48	1,19	235,33
CV (%)	12,14	13,26	25,06

Fonte: Dos próprios autores.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*,** e ns: significativas em $p < 0,05$; $p < 0,01$, e não significativos. CV: Coeficiente de variação. DMS: Diferença mínima significativa.

Em relação às doses, houve diferença significativa apenas para POP com ajuste quadrático (Figura 1). É possível notar que, à medida que se adicionam doses do inoculante, existe uma diminuição na população de plantas. A testemunha (0 ml ha⁻¹) obteve um maior número de plantas quando comparada a outras doses utilizadas no trabalho.

 Gráfico 1 - Doses de *Bradyrhizobium japonicum* e *Bradyrhizobium elkanii* em função da população de plantas ha⁻¹


Fonte: Dos próprios autores.

No Gráfico 1, a população de plantas por ha⁻¹ (POP) está representada por uma equação quadrática e, pela análise de regressão, observou-se o ponto mínimo da equação na dose de 135,22 ml de *B. japonicum* e *B. elkanii* ha⁻¹ para 162.324,99 plantas por ha⁻¹. Segundo Tabela 2, a POP mostra que a aplicação via foliar obteve as maiores médias, permitindo concluir que a interação do CoMo no sulco de plantio pode causar uma diminuição do poder germinativo das sementes. Resultados são semelhantes ao trabalho de Marcondes e Caires (2005), em que se testou a aplicação de molibdênio e cobalto na semente para cultivo da soja na região de Ponta Grossa (PR), onde a utilização de algumas doses de cobalto nas sementes da soja causou fitossanidade para as plantas de soja.

Silveira *et al.* (2021) estudaram o efeito da aplicação de doses de Co Mo aplicadas no sulco de plantio da soja inoculada com *Bradyrhizobium*. Os autores concluíram no trabalho que as doses de Co Mo, possivelmente, tiveram um efeito tóxico na inoculação, pois o tratamento com a dose 0 ml ha⁻¹ dos micronutrientes apresentaram as maiores médias para as características produtivas avaliadas.

Em relação à PROD (Tabela 2), não houve diferenças significativas para modos de aplicação e doses. Dados concordam com Silva *et al.* (2011) que avaliaram formas de aplicação de Co Mo e doses de *Bradyrhizobium* na cultura da soja. Os autores não encontraram resposta em produtividade de grãos do cultivo da soja em função da aplicação de doses de inoculante e formas de aplicação de Co e Mo em dois anos consecutivos de cultivo, em Alta Floresta/MT.

Houve interação significativa dos fatores para as variáveis AIPV e NVP (Tabela 3 e Tabela 4). Para as demais variáveis, não houve diferenças significativas.

Tabela 3 - Interação altura de inserção da primeira vagem (AIPV) - Desdobramento da interação de modos de aplicação dentro de doses do inoculante, para AIPV.

ALTURA DE INSERÇÃO DA PRIMEIRA VAGEM				
-	Doses de <i>B. japonicum</i> e <i>B. elkanii</i> (ml ha ⁻¹)			
Modo	0	100	200	300
Foliar	7,75 b	7,75 a	10,50 a	9,00 a
Sulco de Plantio	12,65 a	9,45 a	8,70 a	8,05 a
DMS	2,49			

Fonte: Dos próprios autores.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Foliar: $y = 8,75 \text{ ns}$

Sulco de plantio: $y = -0.0146 x + 11.8950$ ($R^2 = 0,85^{**}$)

Em relação à Tabela 3, foi possível observar que resultados significativos na análise do desdobramento para AIPV, em que foi mostrada interação entre doses do inoculante x modo de

aplicação, sendo o modo de aplicação para AIPV o sulco de plantio com a dose 0 ml ha⁻¹, ou seja, à medida que se adiciona o inoculante no sulco de plantio, não é possível notar diferenças na aplicação modo sulco de plantio de Co Mo.

Observa-se que, no modo sulco de plantio, plantas que tiveram a maior altura da inserção da primeira vagem (AIPV) apresentaram menor número de número de vagens por plantas (NVP), tendo diferença para a aplicação no modo foliar (Tabela 4). Baseado nos dados de Bárbaro *et al.* (2009), em que estudou diferentes cultivares de soja com ou sem tratamento de cobalto e molibdênio nas sementes e aplicação foliar, obteve diferentes variações nos resultados da altura da inserção da primeira vagem, tendo apenas a cultivar IAC 23 aumento da AIPV e as cultivares s BRS 184, Embrapa 48, CD 208 e BRS 232 uma diminuição da AIPV quando aplicadas ao tratamento de CoMo na semente.

Tabela 4 - Interação número de vagens por planta (NVP) - Desdobramento da interação de modos de aplicação dentro de doses do inoculante, para NVP.

NÚMERO DE VAGENS POR PLANTA				
-	Doses de <i>B. japonicum</i> e <i>B. elkanii</i> (ml ha ⁻¹)			
Modo	0	100	200	300
Foliar	34,30 a	37,00 a	38,30 a	51,50 a
Sulco de Plantio	35,95 a	45,05 a	36,30 a	28,30 b
DMS	12,87			

Fonte: Dos próprios autores.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Foliar: $y = 0,0529x + 32,34$ ($R^2 = 0,7935^*$)

Sulco de plantio: $y = 34,39$ ns

Para o NVP, foi observado, pela análise de regressão, que ocorreu a interação dos modos de aplicação com as doses de *B. japonicum* e *B. elkanii*, em que a equação linear para a aplicação foliar de Co Mo tem mostrado superior e significativa a aplicação em sulco de plantio na dose de 300 ml ha⁻¹, dados encontrados diferem de Nakao *et al.* (2014) que não obtiveram diferença significativa para o NVP. Para os dados encontrados, estão dentro das médias de Bárbaro *et al.* (2009) em que se obtiveram plantas com variações de 34 a 74 vagens para aplicação de cobalto e molibdênio foliar.

Na tabela 5, é apresentada a análise de variância para teor de nitrogênio foliar; número de nódulos por planta, massa seca do nódulo por planta e massa fresca de nódulo por planta. Em relação ao modo de aplicação, houve destaque para a aplicação de Co Mo via foliar.

Tabela 5 - Análise de variância para: Teor de nitrogênio foliar (TEOR_N); Número de nódulos por planta (N_PL); Massa seca de nódulo (MSN); Massa fresca nódulo (MFN).

TRATAMENTOS	TEOR_N	N_PL	MSN	MFN
	g/kg		g	g
Modos de Aplicação (M)				
Sulco de plantio	48,86	24,31	0,56 b	0,80 b
Foliar	47,53	21,81	0,88 a	1,74 a
Doses (D)				
0	48,55	25	1	1,68
100	47,56	22,25	0,68	1,06
200	47,49	19	0,47	0,99
300	49,19	26	0,72	1,37
Teste F (M)	0,92 ns	1,09 ns	5,47*	15,64**
Teste F (D)	0,35 ns	1,71 ns	2,67 ns	1,78 ns
Teste F – M x D	2,15 ns	3,64*	2,57 ns	2,84 ns
DMS – (M)	2,88	4,98	0,28	0,49
CV (%)	8,14	29,41	53,11	53,07

Fonte: Dos próprios autores.

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

*,** e ns: significativas em $p < 0,05$; $p < 0,01$, e não significativos. CV: Coeficiente de variação. DMS: Diferença mínima significativa.

Fonte: Elaboração dos próprios autores.

É possível notar que de modo geral houve uma baixa nodulação das plantas de soja na área no presente estudo. Gitti (2019) encontrou uma nodulação em plantas de soja com uma média de 77,2 nódulos com inoculação de *Bradyrhizobium* em 2015.

De acordo com Sordi *et al.* (2020), que utilizaram a inoculação e coinoculação de *Bradyrhizobium* mais *Azospirillum* juntamente com Co e Mo, observou-se a morte das bactérias fixadoras de nitrogênio, por conta do alto nível salino presente no produto, concluindo que a nodulação com este tipo de manejo é inferiorizada. Entretanto a coinoculação se mostrou eficiente induzindo a nodulação, mas sem a utilização de CoMo de forma concomitante. Segundo Gitti (2019), a utilização do *Azospirillum brasilense* na cultura da soja junto ao *Bradyrhizobium* pode contribuir aumentando o número de nódulos por plantas.

Houve interação para N_PL, como é possível observar na tabela 6. A adubação foliar se mostrou superior em relação à adubação de Co Mo no sulco de plantio.

Tabela 6 - Interação número de nódulos por planta (N_PL) - Desdobramento da interação de modos de aplicação dentro de doses do inoculante, para N_PL.

NÚMERO DE NÓDULOS POR PLANTA				
MODO	<i>Doses de B. japonicum e B. elkanii (ml ha⁻¹)</i>			
	0	100	200	300
<i>Foliar</i>	24,50 a	15,75 b	16,50 a	30,50 a
<i>Sulco de Plantio</i>	25,50 a	28,75 a	21,50 a	21,50 a
DMS	9,97			

Fonte: Dos próprios autores.

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Foliar: $y = 0.0005 - 0.1518 + 24.6875$ ($R^2 = 99,52^{**}$)

Sulco de Plantio: $y = 24,31$ ns

Fonte: Elaboração dos próprios autores

5 CONCLUSÃO

As doses de *Bradyrhizobium* não proporcionaram diferenças significativas para as características avaliadas.

De forma geral, a aplicação de Co e Mo, em relação ao modo de aplicação, demonstrou que a aplicação foliar promoveu respostas positivas quando comparadas à aplicação via sulco de plantio.

REFERÊNCIAS

AGNES, B. A. P. *et al.* Aplicação de cobalto e molibdênio na cultura da soja. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 7, n. 2, p.53-60, 2018. Disponível em: <http://www.pag.uem.br/antiores/v7n2>.

ALBINO, U. B.; CAMPO, R. J. Efeito de fontes e doses de molibdênio na sobrevivência do *Bradyrhizobium* e na fixação biológica de nitrogênio em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n.3, p.527-534, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000300018>.

BÁRBARO, M. *et al.* Análise de cultivares de soja em resposta à inoculação e aplicação de cobalto e molibdênio. **Revista Ceres**, v.56, n.3, 2009, p.342-349. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3444>.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento de Defesa Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 2009. 395 p. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf.

COMIRAN, A.G. *et al.* Modos de aplicação da adubação com cobalto e molibdênio em diferentes estádios do desenvolvimento e produtividade da soja. **Scientific Electronic Archives**, v.13, n.3, p. 31-37, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.36560/1332020837>.

CONAB. **Produção de grãos da safra 2020/21 segue como maior da história: 268,9 milhões de toneladas.** Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/3691-producao-de-graos-da-safra-2020-21-segue-como-maior-da-historia-268-9-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: mar. 2021.

DORNELES, G. O. *et al.* Desempenho de sementes de soja submetidas a tratamento com fungicida/inseticida e períodos de armazenamento/Performance of soybean seeds submitted to fungicidal/insecticide treatment and storage periods. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 3, p. 2303-2310, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000300009>.

DOURADO NETO, D. *et al.* Adubação mineral com cobalto e molibdênio na cultura da soja. **Ciências Agrárias**, v. 33, suplemento 1, p. 2741-2752, 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744117023.pdf>.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e agrotecnologia**. v.38, n.2 ,2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.

GITTI, D. C. Inoculação e coinoculação na cultura da soja. Fundação MS, 2019. Disponível em: <https://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/234/234/newarchive-234.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2021.

GUPTA, U.C.; LIPSETT, J. Molybdenum in soils, plants, and animals. **Advances in Agronomy**, v. 34, p. 73-115, 1981. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60885-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60885-8).

HANSEL, F. D.; OLIVEIRA, M. L. Importância dos micronutrientes na cultura da soja no Brasil. **Informações agrônômicas**. IPNI, n.153, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/305659319_Importancia_dos_Micronutrientes_na_Cultura_da_Soja_no_Brasil. Acesso em: 08 de outubro de 2019.

HUNGRIA, M. 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. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00374-012-0771-5>.

KIRKBY, E.A.; ROMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. **Informações agrônômicas**, v. 118, p. 1-24, 2007. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/micronutrientes-na-fisiologia-de-plantas-funcoes-absorcao-e-mobilidade/4758749/>

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997.

MARCONDES, J. A.; CAIRES, E. F. Aplicação de molibdênio e cobalto na semente para cultivo da soja. **Bragantia**, v.64, n.4, p. 687-694, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052005000400019>.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995, 889p. Disponível em: https://home.czu.cz/storage/737/65060_Mineral-Nutrition-of-higher-plants-Marschner-2012.pdf

NAKAO, A. H. *et al.* Aplicação foliar de molibdênio em soja: Efeitos na produtividade e qualidade fisiológica da semente. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.18, p.343-352, 2014. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/AGRARIAS/aplicacao%20foliar.pdf>.

OLIVEIRA, J. B. *et al.* **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: legenda expandida. Campinas: Instituto Agrônomo; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 64 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/336272>.

PETTER, F. A. *et al.* Produtividade e qualidade de sementes de soja em função de doses e épocas de aplicação de potássio. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 89–100, jan./fev. 2014. Disponíveis em: https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/11656/pdf_214.

RAIJ, B. V. *et al.* **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 284 p, 2001. Disponível em: https://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/arquivos/Raij_et_al_2001_Metod_Anal_IAC.pdf.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres: Potafós, 1991.

REISENAUER, H. M. Relative efficiency of seed-and-soil-applied molybdenum fertilizer. **Agronomy Journal**, v.55, p.459-460, 1963. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronj1963.00021962005500050015x>

SANTANA, M. J. *et al.* Aplicação de cobalto, molibdênio e inoculante na cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill). **Global Science and Technology**, v. 4, n. 2, p.1-8, 2011. Disponível em: <https://rv.ifgoiano.edu.br/periodicos/index.php/gst/article/view/109>.

SILVA, A. F. *et al.* Inoculação com bradyrhizobium e formas de aplicação de cobalto e molibdênio na cultura da soja. **Agrarian**, v. 4, n.12, 2011. p.98-104. <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/829>.

SILVEIRA, P. G. *et al.* Efeito de doses de cobalto e molibdênio aplicadas no sulco de plantio da soja inoculada com bradyrhizobium. **Unifunec Científica Multidisciplinar**, v.10, n.12, 2021, p.1-13. Disponível em: <https://seer.unifunec.edu.br/index.php/rfc/article/view/4110>.

SORDI, A. *et al.* Avaliação do potencial de nodulação expresso pela cultura da soja (*glycine max* (l.) Merrill) com o uso combinado de *bradyrhizobium* e *azospirillum* com cobalto e molibdênio. **Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste**, 5, e25113, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/apeusmo/article/view/25113>.

SFREDO, G. J.; OLIVEIRA, M. C. N. **Soja**: molibdênio e cobalto. Londrina: Embrapa Soja, 2010. (Documentos / Embrapa Soja). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/859439/soja-molibdenio-e-cobalto>.

VARGAS, M. A. T.; SUHET, A. R. Efeitos da inoculação e deficiência hídrica no desenvolvimento da soja em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.4, n. 1, p.17- 22, 1980.