

Inoculação com *Bradyrhizobium* via Sulco de Plantio e Formas de Aplicação de Cobalto e Molibdênio na Cultura da Soja de Segundo Ano

Inoculation with *Bradyrhizobium* via Planting Furrow and Application Ways of Cobalt and Molybdenum in Soybean Culture Second Year

Renan Mariano Zibiani^{*a}; Wellington Antônio Leite Bassi^a; Nicolas Henrique Ferreira^a; Caio Cesar dos Santos das Neves^a; Jaqueline Bonfim de Carvalho^a; Allan Hisahi Nakao^a

^aCentro Universitário de Santa Fé do Sul, SP, Brasil.

*E-mail: renan_zebiani@hotmail.com

Resumo

Na cultura da soja os micronutrientes, cobalto (Co) e molibdênio (Mo) são importantes pois participam da fixação biológica do nitrogênio (FBN) e a atividade nodular da planta. O objetivo foi avaliar a soja de segundo ano inoculadas com bactérias do gênero *B. japonicum* e *B. 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 na safra 2021/2022. 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). Os dados analisados foram: altura de planta (AP); altura de inserção da primeira vagem (AIPV); nº de vagens por planta (NVP); nº de sementes por vagem (NSV); nº de sementes por planta (NSP); população de plantas (POP); massa de 1000 sementes (M1000) e produtividade (PROD). Foi utilizado o software estatístico SISVAR. Em relação ao modo de aplicação houve diferença para NVP, NSV e NSP com destaque para aplicação foliar. Em relação as doses houve diferenças significativas para AP, NVP, NSP e PROD, com ajustes positivos, exceto para AP que teve ajuste negativo. Houve interação entre os fatores doses e modo de aplicação para NVP, M1000 e PROD. De forma geral a aplicação foliar demonstrou melhores resultados nos componentes de produção da soja.

Palavras-chave: Micronutrientes. Bactérias Fixadores de Nitrogênio. Agricultura sustentável. Aplicação Foliar. Sulco de Plantio.

Abstract

In the soybean crop, the micronutrients, cobalt (Co) and molybdenum (Mo) are important because they participate in the biological nitrogen fixation (BNF) and the nodular activity of the plant. The objective was to evaluate second-year soybean inoculated with bacteria of the genus *B. japonicum* and *B. elkanii*, associated with cobalt (Co) and molybdenum (Mo) in the planting furrow or in foliar spray. The experiment was carried out in the municipality of Aspásia/SP in the 2021/2022 harvest. The experimental design used was randomized blocks, in a 4 x 2 factorial scheme, with four replications, with four doses of *Bradyrhizobium* inoculant (0, 100, 200 and 300 mL 1x10¹⁰ CFU/mL *Bradyrhizobium*) and two methods of Co application Mo (planting furrow; via foliar application). The analyzed data were: plant height (AP); first pod insertion height (AIPV); number of pods per plant (NVP); number of seeds per pod (NSV); number of seeds per plant (NSP); plant population (POP); mass of 1000 seeds (M1000) and productivity (PROD). The SISVAR statistical software was used. Regarding the mode of application, there was a difference for NVP, NSV and NSP, with emphasis on foliar application. Regarding the doses, there were significant differences for AP, NVP, NSP and PROD, with positive adjustments, except for AP, which had a negative adjustment. There was an interaction between dose factors and mode of application for NVP, M1000 and PROD. In general, foliar application showed better results in soybean production components.

Keywords: Micronutrients. Nitrogen Fixing Bacteria. Sustainable Agriculture. Foliar Application. Planting Furrow.

1 Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) se tornou um dos mais importantes cultivos agrícolas, para a economia mundial, enfatizando-se como a cultura oleaginosa mais cultivada no mundo. Foi responsável pela expansão da fronteira agrícola no Brasil, principalmente, nas regiões sob vegetação de cerrado. Contudo a implantação dessa cultura, em novas áreas de cultivo, tem exigido novas tecnologias e manejo cultural adequado (PETTER *et al.*, 2014).

A agricultura brasileira está se destacando mundialmente pelas suas altas produções, em especial a cultura da soja que em 2021 teve safra recorde de maior produção do mundo e em 2022 conta com a maior área plantada, cerca de 40,7 milhões

de hectares segundo a (CONAB,2022).

É o cultivo que mais cresce 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 exige o uso de insumos em quantidades adequadas, de modo a atender critérios econômicos e, ao mesmo tempo, conservar o solo, mantendo as características físicas, químicas e biológicas (SFREDO, OLIVEIRA 2010).

Observa-se atualmente a utilização da soja no consumo humano, que junto com o aumento populacional, buscam por uma alimentação saudável, facilidade no acesso, qualidade da proteína vegetal da soja (DALTO, 2017), outro fator é a

substituição da carne animal pela carne de soja que é uma alternativa de alimentação vegana além do leite de soja que é a principal opção para pessoas com intolerância a lactose.

O crescimento da produção e o aumento da capacidade competitiva da soja brasileira estão associados aos avanços científicos e à disponibilização de tecnologias ao setor produtivo. Neste contexto, o desenvolvimento de inoculantes com estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio selecionadas pela pesquisa e com elevada eficiência simbiótica, associado ao uso de cultivares de soja responsivas à inoculação e à melhoria na qualidade dos inoculantes produzidos, resultou na independência da cultura em relação aos fertilizantes nitrogenados, sendo fundamental para viabilizar economicamente a cultura da soja no País (MERCANTE *et al.*, 2011).

Dentre os insumos exigidos para a cultura da soja, os micronutrientes são de suma importância, impactando diretamente na produtividade da cultura. Os micronutrientes possuem esse nome porque são requeridos em pequenas quantidades pelas plantas, na ordem de gramas por hectare, enquanto os macronutrientes são requeridos na ordem de quilogramas por hectare.

Como os micronutrientes essenciais para as plantas estão o boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn), molibdênio (Mo), cobalto (Co) e zinco (Zn). No entanto, quando os teores presentes no solo são insuficientes para manter a demanda das plantas, há uma drástica redução na atividade fisiológica vegetal, impactando diretamente na produtividade da cultura. Nos últimos anos, a utilização de micronutrientes na adubação de grandes culturas vem ganhando destaque na agricultura brasileira. Isso ocorre, sobretudo devido ao aumento da produtividade das culturas pela utilização de tecnologias agrícolas modernas e consequente aumento da remoção de diversos nutrientes do solo, ao surgimento de deficiências induzidas em razão do aumento das doses utilizadas e da incorreta incorporação de calcário ao solo (HANSEL; OLIVEIRA, 2016).

O 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 infectam as 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 Co é responsável pela ativação enzimática das desidratases, mutases, fosforilases e transferases, constituindo como 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). Logo, tanto a deficiência de Co quanto

de Mo pode ocasionar deficiência de N na soja, devido à baixa fixação de N₂. Sintoma visual característico nas plantas é uma clorose nas folhas mais velhas.

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).

Por possuir pouca quantidade no solo, começou a ser necessário o fornecimento desses micronutrientes através da adubação mineral. Como as quantidades de Mo e Co requeridas pelas plantas são pequenas, a sua aplicação via semente, constitui-se na forma mais prática e eficaz de adubação (GUPTA; LIPSETT, 1981; REISENAUER, 1963).

As recomendações técnicas atuais para aplicação destes nutrientes são de 2 a 3 g de Co ha e de 12 a 30 g de Mo ha, via semente, ou em pulverização foliar, nos estádios de desenvolvimento V3-V5. Contudo, deve-se mencionar que vários problemas têm sido detectados com a aplicação diretamente nas sementes de produtos contendo estes micronutrientes, devido a formulações salinas, ou com pH baixo, afetando drasticamente a sobrevivência da bactéria, a nodulação e a eficiência do processo de fixação biológica de nitrogênio. Assim, para se evitar tais efeitos negativos, tem sido indicada a aplicação desses micronutrientes em pulverização foliar, no estágio V3-V5 (MERCANTE *et al.*, 2011).

A inoculação de bactérias do gênero *Bradyrhizobium* tem sido uma prática rotineira para a cultura da soja, como fonte nutricional alternativa para a cultura. Essas bactérias diazotróficas podem ser inoculadas tanto via semente quanto via sulco de plantio da cultura. De acordo com Hungria (2013) estas bactérias são encarregadas de romperem as ligações e transformá-lo em N amônio nos nódulos pela FBN, no qual ocorre o transporte do íon amônio dentro das plantas.

Em relação à forma de aplicação, em especial, no sulco de plantio, tem sido uma alternativa para driblar eventuais problemas que possam acontecer à eficiência das bactérias fixadoras. Segundo Costa *et al.*, (2013) a aplicação tradicional que é via semente nem sempre é eficiente, pois a inoculação juntamente com o tratamento de sementes, como por exemplo um fungicida afeta a nodulação e a FBN, em diferentes graus, por reduzir a população de *Bradyrhizobium*.

A aplicação de Co e Mo vem sendo pesquisada por diversos autores (SANTANA *et al.*, 2011; AGNES *et al.*, 2018), e avaliar as doses adequadas desses micronutrientes na cultura da soja inoculada, em especial a aplicação no sulco de plantio e pulverização foliar é de suma importância para a região estudada.

O objetivo do presente estudo é avaliar as características agrônomicas e produtividade da soja submetidas a concentrações de bactérias do gênero *Bradyrhizobium japonicum* e *elkanii*, associadas ao cobalto e molibdênio no

sulco de plantio ou em pulverização foliar, sob condições de sequeiro, cultivo de segundo ano, durante o ano de 2021/22 no Noroeste Paulista.

2 Material e Métodos

2.1 Caracterização do local e época de instalação do experimento

A pesquisa foi composta por dois experimentos sequenciais, desenvolvidos em uma propriedade no município de Aspásia, estado de São Paulo, sob um ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO eutrófico, abruptico, A moderado, textura arenosa/média de acordo com Oliveira et al. (1999), 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 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.

O experimento foi conduzido na safra 2021/22. O solo no qual foi estabelecida a pesquisa, foi cultivado em segundo ano, sendo a cultura anterior soja. Antes da instalação do segundo ano de cultivo (2021/2022) foi realizada uma caracterização química do solo para fins de fertilidade, utilizando-se os métodos propostos por Raij *et al.* (2001). Os resultados encontrados foram: P – 110,0 mg dm⁻³; pH (CaCl₂) – 6,2; K, Ca, Mg – 4,6; 42 e 20,0 mmol_c dm⁻³ respectivamente; Acidez potencial (H + Al) – 10,3 mmol_c dm⁻³; Soma de bases (SB) – 66,6 mmol_c dm⁻³; CTC – 76,9 mmol_c dm⁻³; V% – 86,6.

2.2 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 recomendado para a soja foi realizado no sulco de semeadura, com bomba costal via sulco, com uma vazão de 20 litros de calda por hectare. Todos os tratamentos receberam o inoculante *Azospirillum brasilense* na dose de 100 ml/ha e um aditivo líquido para inoculação (Max protection) na dose de 100 ml/ha. Sendo que cada parcela experimental será 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 era constituída das duas linhas centrais de cada parcela.

2.3 Preparo da área e tratamentos culturais

Os tratamentos culturais compreenderam calagem da área e

adubação verde antes da semeadura da soja de segundo ano. 60 dias antes do plantio foi realizada a calagem, com calcário dolomítico, utilizando 500 kg ha⁻¹ com o objetivo de somente fornecer uma fonte de cálcio e magnésio para as plantas. Após esta etapa o solo foi incorporado, por uma arado de disco e nivelado de forma homogênea, para receber o plantio do mix de cobertura verde. Na adubação verde foram usadas as seguintes culturas: *Crotalaria-spectabilis* 15 kg/ha e *Crotalaria-ochroleuca* 15 kg/ha, espécies de leguminosas forrageiras como feijão-de-porco 100 kg/ha e feijão-guandu 60 kg/ha e também a *Brachiaria-ruziziensis* 4 kg/ha para cobertura. Antes de efetuar o plantio da soja as culturas usadas na adubação verde foram dessecadas com ROUNDUP WG720 4 litro/ha, AURORA 50 ml/ha e KLORPAN 500 ml/ha e após este procedimento o plantio feito sobre semeadura direta com auxílio de um trator acoplado a uma plantadeira de plantio direto de 2 linhas.

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, as parcelas de Cobalto e Molibdênio via sulco também foram realizadas no momento do plantio.

A semeadura da soja foi feita no mês de Novembro de 2022, após uma sequência de chuvas, com umidade adequada no solo para o plantio em sistema direto na palhada, com espaçamento entre linhas de 0,5 m, 16 plantas por metro linear, germinação de 75% totalizando uma população de 240 mil plantas ha⁻¹. Como adubação de semeadura foi usado 350 kg ha⁻¹ do formulado 04-30-10.

Com 20 dias após o plantio foi realizada a segunda aplicação de herbicida utilizando (ROUNDUP WG720. 3Kg/ha) juntamente com o inseticida (LANNATE® BR. 0,5 L/ha) e (DECIS 25 EC. 300 mL/ha).

Após 40 dias após o plantio foi realizada a aplicação e cobalto e molibdênio via foliar nos devidos tratamentos na soja em estágio vegetativo 5, e também foi feita uma distribuição de adubo Cloreto de Potássio na proporção de 80 Kg/ha.

Com 45 dias após o plantio foi realizada uma aplicação com a bomba costal utilizando o herbicida (ROUNDUP WG720. 3Kg/ha), inseticidas (ATABRON 50 EC. 0,75 L/ha) e (ENGEO PLENO™ S. 200 mL/ha) para controle de plantas daninhas, lagartas e percevejos.

Sessenta dias após o plantio foi feita a segunda adubação de cobertura na soja, utilizando o Cloreto de Potássio na proporção 80 Kg/ha.

Com 70 dias após o plantio foi realizada uma aplicação (ACEFATO. 1 Kg/ha) e uma preventiva de (NATIVO®. 0,5 L/ha) a fim de efetuar o controle sobre o percevejo e prevenção de doenças.

Noventa dias após o plantio foi realizada a última aplicação de fungicida utilizando (ORKESTRA® SC 0,35 l/ha e PRIORI XTRA® 0,3 L/ha).

2.4 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 colocadas em estufa por 48 horas à 65 °C para pesagem, determinando massa seca, fresca e número de nódulos.

No estágio (R2) foi realizado a determinação do teor de nitrogênio foliar, onde foram coletados para tanto, uma média de 20 trifólios/parcela aleatoriamente. As folhas foram submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura de 65°C até atingir massa constante, e posteriormente moídas em moinho tipo Willey para determinação dos teores nutricionais conforme 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. Também foram coletadas dez plantas aleatoriamente por unidade experimental e determinados: 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). Para determinação da produtividade de grãos, todas as plantas da área útil da parcela foram colhidas, trilhadas mecanicamente, pesadas, e posteriormente calculada e extrapolada para kg ha⁻¹ e corrigidos 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 a análise de regressão (pelos 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).

3 Resultados e Discussão

Os dados coletados em relação aos componentes de produção e produtividade do experimento avaliado são apresentados nos Quadros 1 e 2.

Quadro 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)					
<i>Sulco de plantio</i>	82,75	12,34	76,81 b	2,01 b	155,15 b
<i>Foliar</i>	83,37	12,31	95,83 a	2,10 a	200,27 a
Doses (D)					
0	77,75	13,19	100,17	2,11	209,47
100	87,31	12	76,35	2,12	160,96
200	82,31	12,37	76,81	1,95	154,47
300	84,87	11,75	91,95	2,03	185,94
Teste F (M)	0,12 ns	0,002 ns	28,11 **	5,05 *	64,72 **
Teste F (D)	5,28 **	0,976 ns	10,71 **	3,20 ns	20,11 **
Teste F – M x D	1,71 ns	1,730 ns	7,14 **	2,11 ns	2,09 ns
DMS – (M)	4,21	1,32	7,46	0,09	11,66
CV (%)	6,06	14,58	11,75	5,74	8,93

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 significativas. CV: Coeficiente de variação. DMS: Diferença mínima significativa. AP: $y = -0,0002x^2 + 0,0689x + 78,856$ (R² = 0,5117). NVP: $y = 0,001x^2 - 0,3164x + 99,69$ (R² = 0,9889). NSP: $y = 0,002x^2 - 0,6769x + 209,27$ (R² = 0,9996)

Fonte: dados da pesquisa.

Os resultados em relação a modos de aplicação (M) de Co e Mo foram significativos para: número de vagens por planta (NVP), número de sementes por vagem (NVG), número de sementes por plantas (NSP). Sendo que para todos, a aplicação de Co e Mo via foliar foi a que apresentou as maiores médias das variáveis significativas.

Em relação a doses utilizadas foram significativos apenas para as variáveis AP (altura de plantas), NVP (número de vagens por planta), NSP (número de sementes por vagem) conforme as equações na nota de rodapé do Quadro 1. Para

os componentes analisados apresentaram uma equação quadrática positiva, exceto para (AP) que representa uma função quadrática negativa.

Quadro 2 - Análise de variância para: População de plantas (POP), Massa de 1000 sementes (M100) e Produtividade (PROD)

Tratamentos	POP	M1000	PROD
	mil ha ⁻¹	g	kg ha ⁻¹
Modos de Aplicação(M)			
<i>Sulco de plantio</i>	261,25	181,25	2671,47
<i>Foliar</i>	259,87	178,75	2657,12

Tratamentos	POP ₋₁	M1000	PROD ₋₁
	mil ha	g	kg ha
Doses (D)			
0	242	186,25	2782,95
100	275	166,25	1980,17
200	255,75	202,5	2816,74
300	269,5	165	3077,32
Teste F (M)	0 ns	0,21 ns	0,02 ns
Teste F (D)	1,01 ns	10,00 ns	22,18 **
Teste F – M x D	2,29 ns	19,48 **	27,12 **
DMS – (M)	30,6	11,43	209,6
CV (%)	15,97	8,64	10,7

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 significativas. CV: Coeficiente de variação. DMS: Diferença mínima significativa. PROD: $y = 0,0266x^2 - 6,2555x + 2672,2$ ($R^2 = 0,637$)

Fonte: dados da pesquisa.

Ocorreu interação significativa dos fatores para as variáveis NVP, massa de 1000 sementes (M1000), PROD. As interações serão ilustradas nos Quadros 4 a 8.

Na Quadro 3 é apresentada a análise de variância do nitrogênio foliar e das variáveis referentes aos nódulos da planta, sendo possível notar que houve destaque para aplicação de Co Mo via foliar para MSN (massa seca dos nódulos) e MFN (massa fresca dos nódulos). Ocorreu interação entre os fatores para número de nódulos por planta (NPL) e massa seca dos nódulos (MSN), apresentados na tabela abaixo.

Quadro 3 - Análise de variância para: Teor de nitrogênio foliar (TEOR_N); Número de nódulos por planta (NPL); Massa seca de nódulo (MSN); Massa fresca nódulo (MFN)

Tratamentos	TEOR_N	NPL	MSN	MFN
	g/kg		g	g
Modos de Aplicação (M)				
<i>Sulco de plantio</i>	49,92	69,91	0,81 b	1,76 b
<i>Foliar</i>	50,07	62,43	0,99 a	2,45 a
Doses (D)				
0	48,2	50,37	1,04	2,43
100	49,6	56	0,64	1,51
200	50,17	77,06	0,93	2,35
300	52,01	81,25	1,02	2,11
Teste F (M)	0,03 ns	2,25 ns	7,26 *	8,97 **
Teste F (D)	4,49 *	9,42 **	7,27 **	3,20 ns
Teste F – M x D	1,31 ns	10,13 **	5,89 **	2,98 ns
DMS – (M)	1,55	10,34	0,14	0,48
CV (%)	4,22	21,26	21,37	30,87

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 significativas. CV: Coeficiente de variação. DMS: Diferença mínima significativa. TEOR_N: $y = 0,012x + 48,195$ ($R^2 = 0,964$). NPL: $y = 0,1137x + 49,115$ ($R^2 = 0,9246$). MSN: $y = 1E-05x^2 - 0,0034x + 0,9955$ ($R^2 = 0,6128$)

Fonte: dados da pesquisa.

Dados corroboram com Bárbaro *et al.* (2009) que analisou o comportamento de diferentes cultivares sobre inoculação de cobalto e molibdênio na cultura da soja. Os autores

encontraram que algumas cultivares quando tratados à prática de inoculação das sementes e adubação foliar com cobalto e molibdênio em V5, produziram mais nódulos quando defrontados com as suas respectivas testemunhas não-tratadas.

Em relação as doses de aplicação de *B. japonicum* e *B. elkanii* o TEOR_N (teor de nitrogênio foliar) e NDPL (número de nódulos por planta) apresentaram uma equação linear crescente, já a MSN (matéria seca do nódulo) resultou em uma parábola positiva com ponto de mínimo.

O Quadro 4 apresenta a interação do NVP. Nota-se que as doses dentro de modo (0,100,200 mL ha⁻¹) o melhor modo de aplicação para os micronutrientes é o modo foliar. Em relação modo dentro de dose houve significância para os dois modos, sendo no sulco de plantio um R² de 96,33%.

Quadro 4 - Interação do número de vagens por planta (NVP) – Desdobramento da interação de modos de aplicação dentro de doses do inoculante

Número de vagens por planta				
MODO	Doses de <i>B. japonicum</i> e <i>B. elkanii</i> (mL ha ⁻¹)			
	0	100	200	300
Sulco de plantio	89,82 b	64,65 b	57,30 b	88,42 a
Foliar	110,52 a	88,05 a	96,32 a	95,47 a
DMS	14,92			

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Sulco de plantio: $y = 0,001584x^2 - 0,465525x + 91,210000$ ($R^2 = 96,33$ **)

Foliar: $y = -0,058025x + 104,535000$ ($R^2 = 50,78$ *).

Fonte: dados da pesquisa.

Assim, quanto mais próximo de 100 % o percentual de variação observado para o sinal analítico, explicado pela variação da concentração, ou seja, um valor de R² próximo a 1, melhor será a qualidade da curva analítica (CHUI *et al.*, 2001).

Em relação ao Quadro 5, na interação de massa de 1000 sementes, nota-se que as que dentro do modo de sulco, nas dosagens de (0, 300 mL ha⁻¹) foi a que apresentou maior resultado, e no modo foliar a dose de (100 mL ha⁻¹), apresentou maiores médias. Em relação aos dois modos houve significâncias somente para o modo foliar um R² de 90,20%.

Quadro 5 – Interação da massa de 1000 sementes (M1000) – Desdobramento da interação de modos de aplicação dentro de doses do inoculante

Massa de 1000 sementes (g)				
MODO	Doses de <i>B. japonicum</i> e <i>B. elkanii</i> (mL ha ⁻¹)			
	0	100	200	300
Sulco de plantio	192,50 a	137,50 b	200,00 a	195,00 a
Foliar	180,00 b	195,00 a	205,00 a	135,00 b
DMS	22,86			

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Sulco de plantio: $y = 182,75$ ns. Foliar: $y = -0,002125x^2 + 0,512500x + 176,250000$ ($R^2 = 90,20$ **)

Fonte: dados da pesquisa.

No que se refere ao Quadro 6 a PROD teve para as

doses 0 e 300 mL ha⁻¹ o modo sulco de plantio como o mais expressivo entre os modos. Já para a dose de 100 o modo que se destacou foi o foliar. Em relação a modo dentro das doses houve diferença significativa apenas para sulco de plantio, com um R² de 74,62%.

Quadro 6 – Interação da produtividade (PROD) – Desdobramento da interação de modos de aplicação dentro de doses do inoculante.

Produtividade (Kg ha ⁻¹)				
	Doses de <i>B. japonicum</i> e <i>B. elkanii</i> (mL ha ⁻¹)			
MODO	0	100	200	300
Sulco de plantio	3156,93 a	1299,32 b	2695,74 a	3533,9 a
Foliar	2408,96 b	2661,01 a	2937,74 a	2620,75 b
DMS	419,19			

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Sulco de plantio: $y = 0,067394 x^2 - 17,690943 x + 2966,320750$ (R² = 74,62%**) Foliar: $y = 2657,12$ ns

Foliar: $y = 2657,12$ ns

Fonte: dados da pesquisa.

Segundo Silva *et al.*, (2011) fez trabalho semelhante ao realizado no presente experimento no município de Alta Floresta (MT). No primeiro ano de cultivo não houve resposta em produtividade de grãos em razão da aplicação de doses de inoculante e formas de aplicação de Co e Mo. No segundo ano de cultivo os autores encontraram diferenças significativas para massa de 100 grãos, independente da forma de aplicação.

Na Quadro 7 para NPL nas doses de 100 e 200 mL ha⁻¹ houve destaque para o modo sulco de plantio. Já para a dose de 300 mL ha⁻¹ o que se pronunciou foi a aplicação no modo foliar. Em relação ao modo dentro das doses houve diferença para o sulco de plantio e para a aplicação foliar, sendo a aplicação foliar com um R² de 99,94%.

Quadro 7 – Número de nódulos por planta (NPL) – Desdobramento da interação de modos de aplicação dentro de doses do inoculante

Número de nódulos por planta				
	Doses de <i>B. japonicum</i> e <i>B. elkanii</i> (mL ha ⁻¹)			
MODO	0	100	200	300
Sulco de plantio	55,25 a	70,00 a	92,12 a	62,25 b
Foliar	45,50 a	42,00 b	62,00 b	100,25 a
DMS	20,68			

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Sulco de plantio: $y = -0,001116 x^2 + 0,377819 x + 52,281250$ (R² = 77,02%**) Foliar: $y = 0,001044 x^2 - 0,128875 x + 45,237500$ (R² = 99,94%**) Fonte: dados da pesquisa.

Foliar: $y = 0,001044 x^2 - 0,128875 x + 45,237500$ (R² = 99,94%**) Fonte: dados da pesquisa.

Fonte: dados da pesquisa.

Para o Quadro 8 que descreve as médias de MSN as doses dentro de modo o que se destacou foram o modo de aplicação foliar, nas doses de 200 e 300 mL ha⁻¹. Em relação ao modo dentro das doses o sulco de plantio teve um ajuste com R² de 93,03%.

Quadro 8 – Massa seca do nódulo (MSN) – Desdobramento da interação de modos de aplicação dentro de doses do inoculante

Massa Seca do Nódulo (g)				
	Doses de <i>B. japonicum</i> e <i>B. elkanii</i> (mL ha ⁻¹)			
MODO	0	100	200	300
Sulco de plantio	1,11 a	0,66 a	0,69 b	0,78 b
Foliar	0,96 a	0,61 a	1,16 a	1,25 a
DMS	0,28			

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Sulco de plantio: $y = 0,000013 x^2 - 0,004946 x + 1,089125$ (R² = 93,03%**) Foliar: $y = 0,000011 x^2 - 0,001875 x + 0,893750$ (R² = 61,33%**) Fonte: dados da pesquisa.

Foliar: $y = 0,000011 x^2 - 0,001875 x + 0,893750$ (R² = 61,33%**) Fonte: dados da pesquisa.

Fonte: dados da pesquisa.

Galindo *et al.*, (2017) constataram que a aplicação de Co e Mo via semente associados à inoculação com a bactéria *Azospirillum brasilense* na semente proporcionou a maior concentração de N foliar, massa de 100 grãos, produtividade e lucratividade com a cultura da soja.

4 Conclusão

A aplicação foliar demonstrou melhores resultados nos componentes de produção da soja, principalmente nas características: número de sementes por vagem, número de sementes por planta e número de vagens por planta.

Referências

- AGNES, B.A.P. *et al.* O. Aplicação de cobalto e molibdênio na cultura da soja. *J. Agron. Scie.*, v.7, n.2, p.53-60, 2018.
- ALBINO, U.B.; CAMPO, R.J. Efeito de fontes e doses de molibdênio na sobrevivência de *Bradyrhizobium* e na fixação biológica de nitrogênio em soja. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.36, n.3, p.527-534, 2001. doi: 10.1590/S0100-204X2001000300018
- BÁRBARO, I.M. *et al.* Análise de cultivares de soja em resposta à inoculação e aplicação de cobalto e molibdênio. *Rev. Ceres*, n.56, v.3, p.342-349, 2009.
- 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: MAPA, 2009.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra Brasileira – Grãos safra 2021/22 - 6º levantamento 2022 Disponível em : <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos> Acesso em 23 mar. 2022.
- COSTA, M.R. *et al.* Sobrevivência de *Bradyrhizobium japonicum* em sementes de soja tratadas com fungicidas e os efeitos sobre a nodulação e a produtividade da cultura. *Summa Phytopathol.*, v.39, n.3, p.186-192, 2013. doi: 10.1590/S0100-54052013000300007
- CHUI, Q.S.H. *et al.* Qualidade de medições em química analítica. Estudo de caso: determinação de cádmio por espectrofotometria de absorção atômica com chama. *Quím. Nova*, v. 24, p.374-380, 2001. doi: 10.1590/S0100-40422001000300014
- 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. *Braz. J. Develop.*, v. 5, n. 3, p.2303-2310, 2019.
- DALTO, P. *Versatilidade do uso da soja na alimentação do*

brasileiro. Teresina: IFPI, 2017.

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

GALINDO, F.S. *et al.* Modes of application of cobalt, molybdenum and Azospirillum brasilense on soybean yield and profitability. *Rev Bras. Eng. Agric. Amb.*, v.21, p.180-185, 2017. doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v21n3p180-185

GUPTA, U.C.; LIPSETT, J. Molybdenum in soils, plants, and animals. *Adv. Agron.*, v.34, p.73-115, 1981. doi: 10.1016/S0065-2113(08)60885-8

HANSEL, F.D.; OLIVEIRA, M.L. *Importância dos micronutrientes na cultura da soja no Brasil*. *Inform. Agron.*, n.153, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/305659319_Importancia_dos_Micronutrientes_na_Cultura_da_Soja_no_Brasil> Acesso em: 8 out. 2022.

HUNGRIA, M. Co-inoculation of soybeans and common beans with rhizobia and azospirilla: strategies to improve sustainability. *Biol. Fertility Soils*, v.49, p.791-801, 2013. doi: <https://doi.org/10.1007/s00374-012-0771-5>

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

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press, 1995,

MERCANTE, F.M. *et al.* Estratégias para aumentar a eficiência de inoculantes microbianos na cultura da soja. *Comunicado Técnico 169*, Embrapa, 2011.

OLIVEIRA, J. B. *et al.* Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida. Campinas: IAC, 1999.

PETTER, F.A. *et al.* Produtividade e qualidade de sementes de soja em função de doses e épocas de aplicação de potássio. *Semina Ciênc. Agrar.* v.35, n.1, p.89-100, 2014. doi: 10.5433/1679-0359.2014v35n1p89

RAIJ *et al.* *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agrônomo, 284 p, 2001.

RAIJ, B.V. *Fertilidade do Solo e Adubação*. Piracicaba: Ceres: Potafós, 1991.

REISENAUER, H.M. Relative efficiency of seed-and-soil-applied molybdenum fertilizer. *Agron. J.*, v.55, p.459-460, 1963. doi: 10.2134/agronj1963.00021962005500050015x

SANTANA, M.J. *et al.* Aplicação de cobalto, molibdênio e inoculante na cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill). *Global Scie. Technol.*, v.4, n.2, p.1-8, 2011.

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, p.98-104, 2011.

SFREDO, G. J.; OLIVEIRA, M.C.N. *Soja: molibdênio e cobalto*. Londrina: Embrapa Soja, 2010.