

FORMAS DE APLICAÇÃO DE INOCULANTE NA CULTURA DA SOJA

Cassiano Spaziani Pereira*, Willian Pereira Callefi, Ivan Vilela Andrade Fiorini, Hélcio Duarte Pereira, Anderson Lange

* ICAA- Instituto de Ciências Agrônomicas e Ambientais, UFMT, Campus Sinop, Brasil.

*E-mail: ccaspaziani@yahoo.com.br

Recebido em: 07/06/2022

Aceito em: 06/09/2022

RESUMO

O objetivo do trabalho foi verificar o efeito de diferentes formas. (líquido e turfosa) e vias (semente, sulco e foliar) de aplicação do inoculante *Bradyrhizobium japonicum* em plantas de soja. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 3 repetições e 7 tratamentos. Os tratamentos foram a aplicação do inoculante *Bradyrhizobium japonicum* na forma líquida com concentração de 1×10^{10} UFC mL⁻¹ na dose recomendada no tratamento de sementes (TS); na forma turfosa com a concentração 8×10^9 UFC g⁻¹ (duas vezes a dose recomendada) no TS; forma líquida na concentração 1×10^{10} UFC mL⁻¹ (três vezes a dose recomendada em TS) via pulverizador no sulco; na forma líquida no tratamento de sementes mais aplicação foliar em estágio vegetativo V4 (cinco vezes a dose recomendada); na forma turfosa no tratamento de sementes mais aplicação foliar em estágio vegetativo V4 (cinco vezes a dose recomendada); aplicação de Nitrogênio em cobertura na dose de 240 kg ha⁻¹. Avaliou-se o número de nódulos, os teores de nitrogênio foliar, altura de planta, massa seca da parte aérea (MSPA) e produtividade de grãos. Para o número de nódulos os tratamentos TS Líquido e turfoso com aplicação via foliar atingiram as maiores médias. Já para a altura de planta os tratamentos TS Turfoso com e sem aplicação via foliar, pulverizador de sulco atingiram as maiores médias. Nas análises de nitrogênio foliar os tratamentos não apresentaram diferenças significativas. Na produtividade de grãos o tratamento pulverizador de sulco destacou-se entre os demais.

PALAVRAS-CHAVES: Soja; inoculação; nódulos; fixação biológica; nitrogênio

1 Introdução

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é oriunda da China, onde existem relatos do cultivo da mesma a mais de 5 mil anos. Ao longo do tempo ela foi dispersa pelo homem para outros países e tornou-se um produto bastante conhecido. Principalmente no século XX, passou a integrar a dieta de milhares de pessoas, sendo a principal refeição de pessoas adeptas ao vegetarianismo. Os produtos à base de soja mais conhecidos no Brasil são o leite de soja, óleo de soja e o molho de soja, popularmente chamado de “shoyu” [1].

Mesmo o Brasil sendo um grande consumidor de carnes em sua longa tradição, isso não afetou o crescimento do número de pessoas que são adeptas ao veganismo. Em 2018, pesquisadores verificaram que 14% da população brasileira é vegetariana, aproximadamente 30 milhões de pessoas [2].

A soja é a leguminosa mais cultivada no mundo com área plantada de 127,842 milhões de hectares e a produção mundial é estimada em 362,947 milhões de toneladas. Na safra 2019/20 o Brasil foi o maior produtor mundial de soja,

ultrapassando os Estados Unidos, e na safra 2020/21 se manteve no topo com uma produção de 135,409 milhões de toneladas contra 112,549 milhões de toneladas dos Norte-americanos [3].

Para produzir soja, o nutriente mais exigido pela planta é o nitrogênio (N) A cultura exige cerca de 80 kg de N para cada tonelada de grãos produzidos dos quais cerca de 60 kg são exportados (grãos) e 20 kg permanece na palhada [4].

Para obter grandes quantidades de N a fixação biológica de nitrogênio (FBN) é o processo biológico que a planta utiliza. Na FBN ocorre a transformação do nitrogênio “livre” no ar (N₂) em formas que podem ser utilizadas pelas plantas [5].

A substituição da aplicação de nitrogênio mineral por inoculante com bactérias fixadoras de nitrogênio do gênero *Bradyrhizobium* é um processo eficiente, atingindo altos rendimentos de grãos, tornando-se uma prática indispensável para o cultivo da cultura da soja no Brasil [6]. Com essa técnica estima-se que o Brasil economize cerca de R\$ 15 bilhões/ano na adubação dos seus 31,4 milhões de hectares de soja,

considerando-se os custos do fertilizante e os custos operacionais para aplicá-lo na semeadura e/ou em cobertura.

Outro fator positivo de não usar N mineral é os benefícios ao ambiente, como a redução da contaminação das águas subterrâneas com nitrato e redução da contaminação atmosférica com óxido nitroso (um dos gases de efeito estufa) [7].

A aplicação do inoculante varia de acordo com sua forma, o líquido pode ser aplicado via semente, sulco de semeadura e via foliar, enquanto o inoculante à base de turfa só pode ser aplicado via semente [8].

O maior obstáculo na inoculação da soja é o uso de agroquímicos no tratamento das sementes, principalmente fungicidas, mas outros fatores podem afetar o sucesso da FBN como a proteção das sementes contra as altas temperaturas e a radiação solar incidente [9].

O objetivo foi analisar os efeitos de diferentes formas (líquido e turfosa) e vias (semente, sulco e foliar) de aplicação

do inoculante *Bradyrhizobium japonicum* mais eficazes na cultura da soja.

2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido na safra 2021/22 na Fazenda Diamante, área de cultivo comercial de soja cultivar HO Cristalino, localizada no município de Itaúba-MT na região norte, com coordenadas geográficas: 10° 57' 40,924" S; 55° 08' 15,399" O, a altitude de 473,15 m. A temperatura média é de 24°C e tem precipitação média anual de 2.500 mm. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, constituído por duas estações bem definidas como o período chuvoso, de outubro a abril e o período seco, de maio a setembro. A área escolhida para o experimento era de primeiro ano com cultivo de Soja e a análise de solo foi realizada antes da semeadura, em outubro de 2021, na profundidade de 0 a 20 cm a fim de estimar a quantidade de nutrientes presentes no solo antes da semeadura (Tabela 1).

Tabela 1 – Resultados das análises químicas e físicas do solo coletado, camada 0-20 cm. Itaúba-MT, 2021.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H	H+Al V(%)	Areia	Silte	Argila	MO	Zn	Cu	Fe	Mn	B	S
(CaCl ₂)	(mg dm ⁻³)	(cmol dm ⁻³)						(g dm ⁻³)	(g dm ⁻³)	(g dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)						
6,1	24,3	89,1	1,9	1,1	2,6	2,7	55,1	497	125	378	18,55	2,0	0,3	90	10,7	0,2	19

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) com 3 repetições e 7 tratamentos. Os tratamentos foram constituídos por diferentes formas de aplicação do inoculante, líquido (*Bradyrhizobium japonicum*, concentração: 1×10^{10} UFC mL⁻¹) e turfoso (*Bradyrhizobium japonicum*, concentração de 8×10^9 UFC g⁻¹) sobre as sementes, no solo, além da aplicação na pós emergência das plântulas, via foliar, no estádio vegetativo V4 e aplicação á lanço de nitrogênio. Os tratamentos foram: T1 – Inoculação líquida das sementes (100 mL 50 kg de sementes⁻¹); T2 – Inoculação turfosa das sementes (120 gr 50 kg de sementes⁻¹); T3 – Inoculação no sulco de plantio (300 mL ha⁻¹); T4 – Inoculação líquida das sementes + Inoculação via foliar em V4 (500 mL ha⁻¹); T5 - Inoculação turfosa das sementes + Inoculação via foliar em V4 (500 mL ha⁻¹); T6 –TS Líquido mais aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N em V4; T7 – Testemunha sem Inoculação.

A semeadura ocorreu no dia 01 de novembro de 2021 e a cultivar escolhida foi a HO Cristalino, foram semeadas 11,5 sementes por metro, restando 10 plantas finais por metro para a colheita. Na área do experimento foi aplicado calcário dolomítico na dose de 4 toneladas ha⁻¹ aproximadamente dois

meses antes do plantio, na adubação foi utilizado na linha 100 kg ha⁻¹ de 06-30-15 e posteriormente á lanço 500 kg ha⁻¹ de 02-19-19.

Na fase de florescimento (R2), foram realizadas as avaliações vegetativas, coletando-se 2 plantas por parcela, onde avaliarão as variáveis: número de nódulos e análise de nitrogênio foliar (g kg⁻¹). A altura de planta (ATL) foi determinada com a coleta de 3 plantas em R8. Essas plantas foram colocadas sobre uma mesa e a medida foi coletada do colo até o ponteiro da planta com uma trena. Foi realizada a colheita no final do ciclo, mensurando o número de vagens por planta, número de grãos por vagens e produtividade de grãos. A colheita foi realizada com 116 dias após a emergência (DAE) com 14% de umidade, colhendo-se a parcela útil de 3 linhas de 4 metros. Após isso, as plantas foram trilhadas manualmente, e depois foi realizado a pesagem de cada parcela para determinar a produtividade dos tratamentos.

O inoculante líquido usado nos tratamentos via semente e foliar foi o Lallemand Starfix® Soja, com bactérias *Bradyrhizobium japonicum* na concentração 1×10^{10} UFC mL⁻¹ e o inoculante turfoso foi o Biomax® Premium Turfa Soja com

bactérias *Bradyrhizobium japonicum* na concentração de 8×10^9 UFC g^{-1} , no tratamento de aplicação de 200 kg ha^{-1} de Nitrogênio a fonte utilizada foi a Ureia com 45% de N. O tratamento de sementes na parte química de todas as parcelas foram iguais, constituído Standak top (2 ml/kg de semente) e Pulseed L (2 mL/kg).

3. Resultados e Discussões

As variáveis analisadas foram significativas estatisticamente, o que comprova que inoculação tanto no tratamento de sementes quanto via foliar fez-se uma ferramenta muito boa para ser utilizada (Tabela 2).

Tabela 2- Quadro de ANAVA, com os QM das variáveis após a aplicação dos tratamentos, Sinop –MT 2022.

Fonte variação	GL	QM			
		Variáveis analisadas			
		Nódulos (n°)	N foliar ($g \text{ kg}^{-1}$)	Altura de plantas (cm)	Produtividade ($kg \text{ ha}^{-1}$)
Tratamento	6	1826,96*	0,16*	26,76*	3627966,03*
Blocos	3	58,33	0,11	4,49	5079728,97
Resíduo	18	381,94	0,22	6,06	833780,10
Totais	27				

*As médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Os tratamentos TS Líquido e TS turfoso juntamente com aplicação via foliar em V4 apresentaram maior nodulação, o que mostra que a aplicação de inoculante via foliar pode ser uma alternativa, o tratamento com menor nodulação ocorreu no com aplicação de nitrogênio em cobertura, enquanto os outros tratamentos apresentaram uma nodulação intermediária (Tabela 3). Para a altura de planta os tratamentos TS Turfoso com e sem aplicação via foliar, pulverizador de sulco obtiveram as maiores alturas, já na análise de nitrogênio foliar os tratamentos não tiveram diferenças significativas entre si. Quanto à produtividade o tratamento pulverizador de sulco apresentou a maior produtividade e a Testemunha mais aplicação de Nitrogênio a menor, evidenciando que o pulverizador de sulco é um grande aliado ao produtor rural.

O tratamento TS Líquido mais aplicação de N resultou no número de nódulos 82,2% menor que a testemunha e altura de plantas 9,8% menor que a testemunha. O que corrobora com o trabalho de Zuffo et al. [11] que concluíram que a adubação

Os dados foram submetidos à análise de variância aplicando-se o teste F e posteriormente foi aplicado o teste Tukey para agrupar as médias ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico SISVAR® [10].

nitrogenada pode afetar o processo de simbiose da soja com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, alterando a eficiência da fixação biológica de nitrogênio e o crescimento das plantas, independentemente da época de aplicação e da cultivar, inibindo o número de nódulos, volume dos nódulos e matéria seca dos nódulos.

Tabela 3 – Médias da variável após a aplicação dos tratamentos, Sinop –MT 2022.

Tratamentos	Variáveis analisadas			
	Nº nódulos	N foliar ($g \text{ kg}^{-1}$)	Altura de plantas (cm)	Produtividade ($kg \text{ ha}^{-1}$)
TS Líquido	34,67 ab	39,27 a	40,44 ab	3003,73 ab
TS Turfoso	52,33 ab	37,03 a	45,44 a	4036,26 ab
Pulverização via Sulco	54,66 ab	40,72 a	45,55 a	5514,66 a
TS Líquido + Via Foliar	67,33 a	41,19 a	42,33 ab	4200,53 ab
TS Turfoso + Via Foliar	78,33 a	38,72 a	44,98 a	4294,40 ab
TS Líquido + N	5,34 b	39,55 a	37,56 b	2035,20 b
Testemunha	30,00 ab	34,42 a	41,66 ab	3473,10 ab
DMS	55,89	1,34	7,04	2611,43
C.V.	42,40	12,16	5,79	24,07

*As médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

No tratamento de semente líquido ou turfoso mais aplicação via foliar resultou-se em maior número de nódulos comparado aos TS isolados, comprovando assim que a inoculação na pós emergência das plântulas pode ser uma excelente alternativa caso a nodulação não fique como desejada ou falhe. Zilli et al. [12] concluíram que a inoculação em cobertura proporcionou aumento significativo no número de nódulos entre as avaliações, realizadas aos 35 DAE e 45 DAE, ao passo que não houve aumento significativo neste parâmetro dos 45 para os 60 dias.

Quanto a variável teor de nitrogênio foliar a não diferença entre os tratamentos, possivelmente ocorreu por conta da

redistribuição do nutriente, pois plantas que assimilaram mais N cresceram mais e utilizaram o N para desenvolver as partes da planta e para o enchimento dos grãos.

O tratamento via sulco foi o melhor o mais produtivo, atingindo uma produtividade 22,12% maior que o TS Turfoso + Via Foliar. Isso se deu provavelmente devido ao não existir o contato direto do inoculante biológico com os fungicidas e inseticidas que estão presente no TS. Nos tratamentos inoculados na semente, a aplicação de fungicidas à base de carbendazim + tiram reduzem o rendimento de grãos em aproximadamente 20 %, sendo essa redução significativa quando comparada com a do tratamento com o mesmo fungicida, porém com inoculação no sulco [6].

4. Conclusões

Os tratamentos TS Líquido e turfoso com aplicação via foliar são os com maior produção de nódulos por planta. Quanto a altura de planta, as maiores médias foram para os tratamentos TS Turfoso com e sem aplicação via foliar e pulverização via sulco. Os teores de nitrogênio foliar não foram alterados com a aplicação de inoculante e mesmo nitrogênio. A maior produtividade é obtida com a pulverização de inoculante no sulco.

DIFFERENTS FORMS AND WAYS OF THE APLICATION OF INOCULANTS IN SOYBEAN CROP

The objective of this work was to analyze the effects of different forms (liquid and peat) and ways (seed, furrow and foliar) of applying *Bradyrhizobium japonicum* inoculant to soybean crop. The trial design used was a randomized block design, with 7 treatments and 3 repetitions. The treatments were constituted by the application of *Bradyrhizobium japonicum* inoculant in liquid form with a concentration of 1×10^{10} CFU mL⁻¹ at the recommended dosage for seed treatment; in peat form with a concentration of 8×10^9 CFU g⁻¹ (twice the recommended dosage) in seed treatment; in liquid form at a concentration of 1×10^{10} CFU mL⁻¹ (three times the recommended dose) by furrow sprayer; in liquid form in seed treatment plus foliar application at vegetative stage V4 (five times the recommended dose); in peat form in seed treatment plus foliar application at vegetative stage V4 (five times the recommended dose); application of Nitrogen in cover at a dose of 240 kg ha⁻¹. The traits analyzed the number of nodules, foliar nitrogen analysis, plant height, weight of 10 plants in one meter and productivity of grains. The significant differences among treatments for the number of nodules, foliar nitrogen, plant height and yield. The variable number of nodules in the treatments ST

liquid and peaty with foliar application presented the highest averages. While for the plant height the treatments ST peaty with and without foliar application, furrow sprayer reached the highest averages. In the foliar nitrogen analyses, the treatments had no significant differences. For the yield of grains, the furrow sprayer treatment excelled among the others.

KEYWORDS: Soybean; inoculation; nodules; biological fixation; nitrogen

5. Referências

- [1] LEITE, P. 25 Alimentos à base de Soja. **Mundo boa forma**, 2019. Disponível em: <<https://www.mundoboforma.com.br/25-alimentos-a-base-de-soja>>
- [2] GONÇALVES, 2020. Pesquisa do IBOPE aponta crescimento histórico no número de vegetarianos no Brasil. **Sociedade Vegetariana Brasileira**. Disponível em: <<https://www.svb.org.br/2469-pesquisa-do-ibope-aponta-crescimento-historico-no-numero-de-vegetarianos-no-brasil>>
- [3] CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira de grãos, 8º levantamento, maio 2021**. Brasília: Conab, 2021.
- [4] DALL'AGNOL, A.; NOGUEIRA, M. A. **Entenda a importância do nitrogênio na nutrição da soja**. Londrina, Embrapa Soja, 2016.
- [5] EMBRAPA. **Tecnologia – Fixação Biológica de nitrogênio (FBN)**. Brasília, Embrapa Cerrados, 2016.
- [6] ZILLI, E. J.; CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. Eficácia da inoculação de *Bradyrhizobium* em pré-semeadura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45,n.3, p.335-338, mar. 2010.
- [7] DALL'AGNOL, A. **A Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil – Histórico e contribuições**. Londrina, Embrapa Soja, 2016, 72 p.
- [8] HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. Londrina, Embrapa Soja, 2007.
- [9] SANTOS, P. F. et al.; Efeito do tratamento de sementes na nodulação e crescimento inicial da cultura da soja. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 6, n. 4, p. 96- 108, 2013.
- [10] FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

[11] ZUFFO, A. M.; STEINER, F.; BUSCH A.; SANTOS, D. M. S. Adubação nitrogenada na soja inibe a nodulação e não melhora o crescimento inicial das plantas. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 12, p. 333-349, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n2p333-349>>.

[12] ZILLI, J. E. et al.; **Inoculação de *Bradyrhizobium* em soja por pulverização emcobertura**. Embrapa Roraima, Boa Vista, 2008.