

INOCULAÇÃO DE *Bradyrhizobium japonicum* NA CULTURA DA SOJA E SEU EFEITO SOBRE TEORES FOLIARES DE MICRONUTRIENTES

Cassiano Spaziani Pereira^{1*}, Alyne Gonçalves², Ivan Vilela Andrade Fiorini³, Hélcio Duarte Pereira^{4, 5}

^{1,2,3,4}ICAA- Instituto de Ciências Agrônomicas e Ambientais, UFMT, CEP, Sinop, Brasil.

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

Recebido em: 30/06/2021
 Aceito em 17/10/2022:

Resumo

A soja (*Glycine max (L.) Merrill*) tem destaque na produção central do Brasil desde a década de 70, e atualmente cada vez mais os produtores buscam tecnologias para aumento de produção e qualidade. A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é extremamente importante para a cultura da soja, e sendo assim foi observado o efeito da FBN nos teores foliares dos micronutrientes Boro, Cobre, Ferro, Manganês e Zinco, pois estudos mostram que a região do cerrado possui deficiência nesses elementos, o que afeta a produtividade local. O experimento foi conduzido na fazenda Santo Antônio, em Sinop – MT, onde foram feitas 74 unidades experimentais, as quais foram submetidas a plantio com diferentes tipos de inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* em sementes de TMG 132 RR, sendo escolhidos 9 tratamentos com inoculações líquidas e turfosas, com diferentes doses, e foram enviados para análise laboratorial químico. Com as análises foi possível verificar que a indução de N através de FBN auxilia no processo de equilíbrio dos micronutrientes na planta, possibilitando os mesmos de desempenhar seus papéis metabólicos na planta, além de aumentar consideravelmente a produtividade de grãos, principalmente em tratamento com inoculação em sulco de plantio.

Palavras-chave: Soja; *Glycine*; Fixação Biológica; Inoculação; Micronutrientes.

1 Introdução

O principal elemento químico extraído na produção da soja é o nitrogênio, que está relacionado com o metabolismo vegetal, fotossíntese, respiração, crescimento, produção de flores, folhas e grãos. O teor médio de proteína nos grãos de soja é de 6,5%, o que exige grande quantidade de Nitrogênio (N) para o seu desenvolvimento. Entretanto, o nitrogênio disponível naturalmente no ar, na matéria orgânica e no solo, não é suficiente para que os produtores possam atingir bons níveis de produtividade. Estima-se que a soja, necessite de 240 kg ha⁻¹ de N para atingir uma produtividade média de 3.000 kg ha⁻¹[1].

O suprimento de N pode acontecer de duas maneiras, a aplicação de adubo com fonte de N e a inoculação de bactérias fixadoras de N. A inoculação é a prática mais utilizada, utilizando-se bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, que infectam as raízes através dos pelos radiculares, formando nódulos e disponibilizando nitrogênio para a planta de forma simbiótica [2].

Trabalhos de pesquisa sobre inoculação realizados em vários locais do Brasil têm comprovado a maior eficiência produtiva da inoculação sobre a adubação nitrogenada na cultura da soja. Além disso, com a inoculação pode-se influenciar positivamente a qualidade dos solos ao evitar os problemas causados pelo uso de adubos nitrogenados [3].

A forma recomendada e eficiente de inoculação é por meio das sementes, porém aplicações via foliar em cobertura são muito mais simples operacionalmente. A inoculação é uma prática barata para o produtor, com valores em torno de 0,5 centavos de dólar a dose por hectare, porém há muitas perguntas a serem respondidas sobre determinada prática, principalmente quando a mesma é realizada em Mato Grosso, onde praticamente inexitem informações sobre essa prática de cultivo. Mesmo com conhecimento sobre os benefícios do tratamento químico em sementes de soja, é importante tentar manter a simbiose entre a planta e as bactérias fixadoras de nitrogênio, pois somente o

tratamento fungicida de sementes de soja pode reduzir o número de bactérias fixadoras de nitrogênio [4].

A fixação biológica de nitrogênio tem sido umas das grandes responsáveis no cultivo de larga escala de soja no Brasil, pois consegue reduzir os custos e aumentar a produtividade, dispensando o elevado uso de fertilizantes. As bactérias do gênero *Bradyrhizobium japonicum* formam nódulos como forma de mutualismo, como troca de sobrevivência, auxiliando as plantas a fixar nitrogênio nesses nódulos, pois na maioria das áreas de cerrado, a matéria orgânica do solo contém pouca disponibilidade de nitrogênio, principalmente em áreas de plantio direto ou de cultivo mínimo [5].

Para o aumento da disponibilidade de nitrogênio, é necessário elevar os teores de micronutrientes absorvidos pelas plantas, pois molibdênio (Mo), cobalto (Co), zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn) e boro (B) que são os elementos com maior frequência de deficiência, principalmente nos solos de cerrado, afetando drasticamente as espécies cultivadas na região [6]. Como as quantidades de Cobalto e principalmente Molibdênio requeridas pelas plantas são relativamente baixas, é necessário a aplicação destes no tratamento de sementes. O Mo faz parte da nitrogenase, processo importante na fixação biológica, e a deficiência do Co também influencia na absorção de nitrogênio, pois está na estrutura da vitamina B12, que auxilia síntese de leghemoglobina, que determina a atividade dos nódulos. Logo, os micronutrientes precisam uns dos outros para auxiliar na FBN e, conseqüentemente, aumentar a disponibilidade para as plantas [7].

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi determinar os teores de micronutrientes, com diferentes modos de aplicações líquidas e turfosas, em sementes de soja, a fins de aumentar nutrição foliar e produtiva da cultura.

2 Metodologia

A condução do experimento foi realizada na Fazenda Santo Antônio, uma área de cultivo comercial, aplicada ao sistema de cultivo mínimo há cerca de cinco anos, no município de Sinop (MT), localizado na latitude 11°57'05" S e longitude 55° 23'51" O, com altitude aproximada de 380m com topografia plana, segundo Souza et al. (2013). A execução ocorreu entre os meses de outubro de 2016 a fevereiro de 2017.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região tem característica tropical com inverno seco (Aw), onde são duas estações definidas: seca (de maio a setembro) e chuvosa (de outubro a abril), com temperaturas médias que oscilam entre 24 °C e 27 °C. Na Figura 1, segundo dados coletados junto a

estação meteorológica da Embrapa Agrossilvipastoril, estão a precipitação e temperaturas no período de condução do experimento, entre os dias 29/10/16 e 23/02/17.

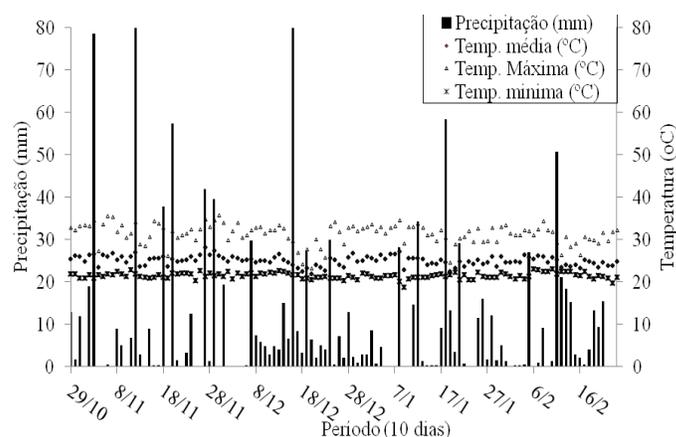


Figura 1. Dados climatológicos com base nos dados pluviométricos durante a condução do experimento. Ano 2016/2017. Embrapa Agrossilvipastoril, 2017.

Em análises químicas recentes do solo, obteve-se os seguintes resultados: pH (CaCl₂) = 5,1; M. O. = 18,55 g dm⁻³; P (Melich) = 6,07 g dm⁻³; K = 52,00 g dm⁻³; Ca = 2,84 g dm⁻³; MG = 0,93 g dm⁻³; S = 0,40 g dm⁻³; Al = 00; H = 2,92 g dm⁻³; CTC pH 7,0 = 6,82 cmol dm⁻³; V% = 57,2; relação Ca/MG = 3,05; Ca/K = 21,85; Mg/K = 7,16. Os valores de micronutrientes (mg dm⁻³) foram: Zn = 5,51; Cu = 0,44; Fe = 199,16; Mn = 11,25; B = 0,15. Na análise física do solo obteve-se (g dm⁻³): Areia = 497; Silte = 125; Argila = 378. Segundo estudos recentes da Embrapa, é uma região de cerrado, com solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo.

Através da análise de solo, as informações obtidas apresentaram saturação de bases de acordo com a exigência da cultura, portanto não houve necessidade de calagem. Desta forma, em pré-plantio foi realizada adubação do formulado 00 18 18, a lanço, e aplicado 500 kg ha⁻¹, de modo que fornecesse fósforo e potássio a soja.

A cultivar TMG 132 RR foi a opção escolhida, pois é indicada para plantio entre 14/10 e 14/11 na região de cerrado, tem ciclo médio de 120 dias, crescimento determinado, produtividade média/alta, tolerância a acamamento, e exigência em fertilidade média/alta. Essa cultivar possui resistência a doenças, como pústula bacteriana (*Xanthomonas axonopodis* pv.

glycines), cancro da haste (*Diaporthe sp.*), mancha olho de rã (*Cercospora sojina*), além de resistência às raças 1 e 3 do nematóide do cisto (*Heterodera glycines*).

A dessecação das plantas daninhas antes da semeadura, foi realizada com aplicação de 1,5 kg ha⁻¹ de glifosato (WG) e em pós-emergência, aos 30 DAE (03/12/2016) foi aplicado novamente 1,5 kg ha⁻¹ de glifosato, com volume de calda de 100 L ha⁻¹ + fertilizante foliar à base de Manganês (Starter Manganês BB) com dose de 1 L ha⁻¹. O controle de plantas daninhas ocorreu dentro do período recomendado, da germinação até trinta dias após o plantio é o período mais crítico de competição entre a cultura e as plantas invasoras.

Os tratamentos culturais foram aplicados pelo produtor de acordo com as recomendações e exigências da cultura da soja. No estádio V2/V3 foi aplicado um inseticida do grupo químico Antranilamida (Premio®). Para controle de doenças e pragas, até o momento da coleta do material para análise, foram feitas duas aplicações, sendo a primeira do grupo das Estrobilurinas e Triazóis (Opera Ultra®) na dose de 500 mL ha⁻¹ + inseticida do grupo dos organofosforados (Curyon 550ec®) com dose de 500 mL ha⁻¹ + inseticida do grupo dos Neonicotinóides e Piretróides (Incrivel®) com dose de 250 mL ha⁻¹ + fertilizante foliar à base de Manganês (Starter Manganês BB) com dose de 1 L ha⁻¹, em estádio R2, no dia 20/12/2016; A segunda aplicação foi feita no dia 09/01/2017 com inseticida do grupo dos *grupo* dos neonicotinóides (Platinum Neo) com dose de 300 mL ha⁻¹ + fungicida dos grupo químico Estrobilurina e Triazol (FOX®) com dose de 400 mL ha⁻¹ + óleo mineral (Aureo®) como adjuvante.

O delineamento do experimento foi em blocos casualizados (DBC), que contava com 4 blocos para 6 tratamentos, totalizando 24 parcelas. Cada parcela foi subdividida em 3 unidades experimentais, e cada unidade recebeu variação de dose dentro da parcela, totalizando 72 unidades experimentais, porém dessas foram selecionadas 27 amostras as quais foram enviadas para análise laboratorial.

Cada unidade experimental ficou com 5 x 2 m com quatro linhas de 0.5 m de espaçamento. A quantidade de sementes utilizadas foi de 50 kg/ha, numa proporção de 13,3 sementes germinadas por metro linear. A germinação ocorreu entre os dias 01/11 e 05/11/2016. Para a área útil foram desconsideradas as linhas laterais e mais 0.5m de cada extremidade a título de cabeceira, totalizando 4 m² de área útil em cada parcela.

Primeiramente, realizou-se o tratamento de sementes (TS), onde foi aplicado produto comercial contendo uma mistura

de inseticida Fipronil do grupo pirazol, e os fungicidas Piraclostrobina do grupo das estrubirulinas e Metil Tiofanato do grupo dos benzimidazóis (Standak Top®), na dose de 2 mL kg⁻¹ de semente. Também foram aplicados os micronutrientes cobalto na proporção de 5 g kg⁻¹ de semente, e molibdênio na proporção de 42 g kg⁻¹ de semente, a fins de aumentar a eficiência da nodulação. Nos tratamentos, foram aplicados:

- Testemunha sem aplicação de inoculantes;
- Líquido na semente com 1,5 mL kg⁻¹ de semente (dose 1), 3,0 mL kg⁻¹ de semente (dose 2) e 4,0 mL kg⁻¹ (dose 3);
- Líquido aéreo com 700 mL ha⁻¹ (dose 1), 1050 mL ha⁻¹ (dose 2) e 1750 mL ha⁻¹ (dose 3);
- Líquido no sulco, diluído em água, e volume de calda de 337,5 L ha⁻¹ com 700 mL ha⁻¹ (dose 1), 1050 mL ha⁻¹ (dose 2) e 1750 mL ha⁻¹ (dose 3);
- Turfa na semente com 1,07 g kg⁻¹ de semente (dose 1), 2,14 g kg⁻¹ de semente (dose 2) e 3,21 g kg⁻¹ de semente (dose 3);
- Turfa no sulco misturada a 300 g de quirera de milho em 40m² com 500 g ha⁻¹ (dose 1), 750 g ha⁻¹ (dose 2) e 1250 g ha⁻¹ (dose 3).

As plantas foram coletadas em estádio fenológico R5, no dia 14 de janeiro de 2017, quando estavam na fase de enchimento das vagens, e segundo recomendações de Pereira et al. (2014), as amostras foram colocadas em sacos de papel e levadas para estufa com circulação forçada à temperatura de 65°C até o peso constante, obtendo assim a massa seca da parte aérea e da raiz. Foram enviadas para laboratório 3 amostras das folhas das parcelas que receberam as doses 1 e 3 da inoculação líquida (na semente, aérea e no sulco) e das que receberam doses 3 da inoculação com turfa (na semente e sulco) juntamente com as testemunhas dos tratamentos, somando 9 doses, totalizando 27 amostras enviadas ao laboratório.

Foram escolhidas duas plantas em cada parcela, e destas plantas foram separadas as folhas enviadas para laboratório, nas quais foram avaliadas por método de análise química foliar, onde é feita por determinação de metais pela digestão via úmida (microondas) por Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente. Através do relatório de análise foi possível estabelecer a quantidade de micronutrientes absorvidos pela cultura.

A análise foliar foi realizada no dia 22 de março de 2017, no Laboratório Maggisol - Análises Agrônomicas, no município de Sorriso – MT. O boro foi extraído com água quente

e determinado pelo método colorimétrico com azometina-H. Os demais micronutrientes (Cu, Fe, Zn e Mn) foram feitos através Métodos Mehlich 1 e Mehlich 3, que consistem na adição de soluções químicas para extração foliar, .

Depois do resultado dos dados obtidos em análise, estes foram submetidos à análise de variância (ANAVA), com 5% de probabilidade pelo teste F, com o auxílio do programa estatístico SISVAR [8]. As médias foram comparadas pelo teste Skott Knott a 5% de probabilidade.

3. Resultados e discussões

Na Tabela 1, apresentaram-se os resultados das médias variáveis sob os teores de micronutrientes de acordo com os tratamentos aplicados, levando em consideração as 27 amostras das unidades experimentais escolhidas para análise.

De acordo com a literatura, na Tabela 2, que foi utilizada como parâmetro da análise para saber se houve diferença significativa na disponibilidade de micronutrientes para a cultura da soja [19].

Ao realizar um comparativo entre as análises da tabela 1 e os níveis adequados da Tabela 2, observou-se que os

Tabela 1 – Médias das variáveis de teor de Boro (B); Cobre (Cu); Zinco (Zn) Manganês (Mn) sob diferentes épocas e formas inoculação de *Bradyrhizobium japonicum*. Safra 2016/2017, Sinop 2017.

Tratamentos	Variáveis analisadas				
	B (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)
Testemunha	39,00 a	6,66 a	500,00 a	54,67 a	33,00 a
Liq Semente 1X	37,67 a	4,66 a	322,67 b	70,00 a	28,00 a
Liq Semente 3X	37,33 a	6,00 a	383,67 a	57,00 a	30,67 a
Liq Aéreo 1X	36,67 a	5,66 a	280,67 b	76,67 a	26,33 a
Liq Aéreo 3X	34,33 a	6,67 a	262,00 b	65,00 a	24,33 a
Liq Sulco 1X	37,33 a	6,00 a	304,00 b	48,33 a	27,67 a
Liq Sulco 3X	36,67 a	5,33 a	288,33 b	69,67 a	30,33 a
Turfa Semente 3X	36,67 a	5,67 a	270,00 b	60,00 a	25,00 a
Turfa Sulco 3X	36,00 a	4,00 a	397,00 a	92,50 a	32,00 a
C.V.(%)	11,05	14,13	19,56	36,10	13,43

*As médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade de acordo com o teste de Scott Knott.

Tabela 2 – Níveis ideais para a cultura da soja.

SOJA	Micronutrientes				
	B ² mg kg ⁻¹	Cu ¹ mg kg ⁻¹	Fe ¹ mg kg ⁻¹	Mn ¹ mg kg ⁻¹	Zn ¹ mg kg ⁻¹
Níveis ideais	21-55	10-30	50-350	20-100	20-50

¹ Método Mehlich; ² Colorimétrico Azometina H.

micronutrientes Boro, Cobre, Manganês e Zinco permaneceram dentro das quantidades padrões, tendo diminuição considerável entre a testemunha e os demais tratamentos apenas na quantidade de Ferro.

A partir dos resultados obtidos na Tabela 1, o valor de Boro na testemunha foi superior aos tratamentos inoculados, notando-se que a testemunha não absorveu totalmente o nutriente, entregando uma produtividade menor em relação às parcelas inoculadas, conforme os dados de produtividade da Tabela 3.

Como o boro é imóvel nas plantas, este é translocado principalmente através do xilema e ao longo do crescimento da planta, acumula-se nas folhas velhas, nas quais o teor é maior nas pontas e margens. Sendo assim, como não houve aplicação foliar do micronutriente, a planta apenas redistribuiu o boro que conseguiu translocar pelo xilema, Provavelmente tal resposta tem relação com a necessidade de B no auxílio de maior pegamento da florada, aumento de granação e peso de grão.

Tabela 3 – Médias da Produtividade de grãos (produtividade). Safra 2016/2017, Sinop 2017.

Tratamentos	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Testemunha	2864,62 a
Liq. aéreo 1 X	3340,00 a
Liq aéreo 3 x	3406,37 a
Liq sulco 1 x	3010,06 a
Liq sulco 3 x	3489,55 a
Liq sem 1 x	2907,08 a
Liq sem 3 x	3231,81 a
Turf. Sem 3 x	3231,81 a
Turf sulco 3 x	3517,81 a
C.V. (%)	12,11

*As médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade de acordo com o teste de Scott Knott.

Quando visto que o Cobre manteve-se praticamente estável na quantidade foliar na maioria dos tratamentos, mas houve ganhos na produção com o aumento das doses de inoculante, principalmente nas doses aplicadas com líquido aéreo, pode-se dizer que ele desempenhou papel efetivo na contribuição para este ganho, pois sua função na planta é o aumento de resistência a doenças, distribuição de carboidratos e fixação do nitrogênio, e este já havia sido desempenhado.

O ferro foi o micronutriente que mais teve alteração na análise, tendo diminuição considerável de até 47,8% com relação à testemunha - que estava com nível de ferro muito acima do ideal ficando próximo aos níveis de toxidez -, tanto nas inoculações líquidas como nas turfosas pode-se entender que houve diluição do elemento beneficiando a planta, pois dessa forma se manteve dentro do médio padrão para a cultura, que estabelece níveis ideais entre 50-350 mg kg⁻¹ pois os tratamentos com menores quantidades foliares de ferro conseguiram maior produtividade.

O ferro tem múltiplas funções na planta, dentre eles participa do metabolismo hormonal e dos processos metabólicos do S e N, fazendo mutualismo com a FBN [9]. O ferro é um micronutriente que precisa estar equilibrado na cultura, para não causar deficiência e nem toxidez.

O Manganês foi suprido na cultura através de 2 aplicações foliares, pois segundo [10], a deficiência de Mn em soja interfere no desenvolvimento de folhas novas, que não podem ter menos que 10 e 20 mg kg⁻¹, e dessa forma é essencial que o mesmo seja feito. A primeira aplicação de Mn foi realizada juntamente com o Glifosato, mas [11] afirma que isso pode resultar na perda da eficiência do nutriente, já que o uso do glifosato em soja transgênica pode interferir no ciclo de Krebs, e

também reduz e oxida as bactérias presentes no solo, as quais são responsáveis por disponibilizar Mn para a planta. A segunda aplicação de adubação foliar com manganês foi feita conforme as recomendações da cultura para ajudar na fixação de N, principalmente em momentos que a planta possa sofrer estresse hídrico [12].

Por fim entre as amostras analisadas, o zinco não teve diferença significativa entre as testemunhas e as inoculações, mas os teores obtidos que permanecem dentro dos níveis ideais, e segundo [13] podem justificar que ele interfere na produção e qualidade das sementes, regula o crescimento das plantas e na defesa de doenças.

A resposta a cultivar para a inoculação com *Bradyrhizobium japonicum* contribuiu para a absorção de nutrientes, e segundo [14], a eficiência desses microorganismos oferecem aumento de produtividade, sem necessidade de adubação com de nitrogênio mineral. Porém vale lembrar que independente da forma que é aplicado no solo ou na semente, estudos de [15 -16- 17], explicam que as áreas que receberam plantio de soja nos anos anteriores têm menor expressividade na produção que solos de primeiro ano, e foi o que aconteceu nesta propriedade, onde há cultivo mínimo há mais de cinco anos.

O nitrogênio não acumula no solo, como explicam [18, 19], além do processo de lixiviação, ainda ocorre a perda por volatilização. E desta forma, é necessário, quando se fala em aumento de produtividade de soja, que seja feita a fixação biológica por meio de inoculação, já que é uma das formas mais práticas, fáceis e baratas para aumento da produtividade. Visto isso, na relação entre FBN e micronutrientes é notável o processo simbiótico, pois os micro desempenham melhor sua metabólica quando a planta está suficientemente suprida de N, e vice-versa.

[20] afirmaram que a inoculação turfosa possibilitava a manutenção das células necessárias e a proteção contra as adversidades encontradas em solos desfavoráveis. Sendo assim, a dosagem de inoculação turfosa realmente mostrou resultados positivos em relação ao equilíbrio de micronutrientes e no aumento da produtividade, como visto nas tabelas 1 e 3.

Aos poucos, a inoculação diretamente no sulco de plantio começou ganhar reconhecimento. Relatos obtidos pela EMBRAPA [21], há resultados que indicam que a inoculação no sulco deve ser feita 6 vezes superior à dose indicada na inoculação na semente. Todos os tratamentos tiveram aumento com relação à testemunha, porém com apenas 3 doses o resultado na produtividade (tabela 3) foi positivamente satisfatório, e com 22% a mais de produtividade que a testemunha, foi o tratamento mais vantajoso entre os testes realizados.

4 Conclusões

A inoculação é importante na soja, pois o aumento na produtividade e o equilíbrio nos micronutrientes são viáveis para a cultura e por ser um manejo de baixo custo e retorno satisfatório, além de dispensar o uso de adubação mineral.

O uso de inoculante auxilia na diluição do excesso do Ferro, evitando toxidez das plantas, e também ajuda na regulação dos micronutrientes, que permaneceram dentro dos níveis adequados para a cultura, suprindo todas as necessidades das plantas.

INOCULATION IN SOYBEAN CROP AND EFFECTS UNDER FOLIAR CONTENT OF MICRONUTRIENTS

ABSTRACT:

Soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) have been prominent in Brazil's central production since the 1970s, and currently more and more producers are looking for technologies to increase production and quality. Biological nitrogen fixation (FBN) is extremely important for soybean cultivation, and thus the effect of BNF on Boron, Copper, Iron, Manganese and Zinc micronutrients was observed, since studies show that the cerrado region possesses deficiency in these elements, which affects local productivity. The experiment was conducted at the Santo Antônio farm, in Sinop - MT, where 74 experimental units were planted with different types of inoculation of *Bradyrhizobium japonicum* on TMG 132 RR seeds, 9 treatments were selected

with liquid inoculations and turf, with different doses, and were sent for chemical laboratory analysis. With the analysis, it was possible to verify that the induction of N through FBN helps in the process of micronutrient balance in the plant, allowing them to perform their metabolic roles in the plant, besides considerably increasing grain yield, especially in treatment with inoculation in planting groove.

Keywords: Soy; Glycine, Biological Fixation, Inoculation, Micronutrients.

REFERÊNCIAS

- [1] HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; CAMPO, R. J.; GRAHAM, P. H. The importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America. In: WERNER, D.; NEWTON, W., eds. Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology and the environment. Dordrecht, Springer, 2005.
- [2] BRANDELERO, E. M.; PEIXOTO, C. P.; RALISCH, R. Nodulação de cultivares de soja e seus efeitos no rendimento de grãos. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 30, n. 3, p. 581-588, 2009
- [3] HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja. Londrina, Embrapa Soja: Circular Técnica 35, 2001. 48 p.
- [4] PEREIRA, C. E.; OLIVEIRA, J. A.; CALDEIRA, C. M.; BOTELHO, F. J. E. Efeito do tratamento das sementes de soja com fungicidas e período de armazenamento na resposta da planta inoculada com *Bradyrhizobium*. Revista Agro@mbiente On-line, v. 4, n. 2, p. 62-66, jul-dez, 2010
- [5] JUNIER, P. et al. Composition of diazotrophic bacterial assemblages in bean-planted soil compared to unplanted soil. *European Journal of Soil Biology*, v. 45, n. 2, p. 153-162, 2009.
- [6] BRACCINI, A. L.; MARIUCCI, G. E. G.; SUZUKAWA, A. K.; LIMA, L. H. da S.; PICCININ, G. G. Co-inoculação e modos de aplicação *bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum* e adubação nitrogenada na nodulação das plantas e rendimento da cultura da soja. *Sciencia Agraria*. Parana, v.15, n.1, jan./mar., p. 27-35, 2016. <http://dx.doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v15n1p27-35>.

- [7] NOGUEIRA, P. D. M.; SENA JÚNIOR, D. G.; RAGAGNIN, V. A. Clorofila foliar e nodulação em soja adubada com nitrogênio em cobertura. *Global Science and Technology*, v. 3, n. 2, p. 117-124, 2010.
- [8] FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 1, p. 1039-1042, 2011.
- [9] TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- [10] MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental: Micronutrientes e metais pesados, mitos, mistificação e fatos**. São Paulo: Produquímica, 1994. 153 p
- [11] PEREIRA, C. S.; BUOSI, I.; ZONTA, L. H.; LANGE, A.; FIORINI, I. V. A. Doses de inoculante Bradyrhizobium japonicum em três cultivares de soja no norte de Mato Grosso. *Gl. Sci Technol*, Rio Verde, v.09, n.01, p.76 –88, jan/abr. 2016.
- [12] EMBRAPA: **Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil 2014**. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95489/1/SP-16-online.pdf>>. Acesso em: 20 fev 2017.
- [13] ARAÚJO, FF de; HUNGRIA, Mariangela. Nodulação e rendimento de soja co-infectada com *Bacillus subtilis* e *Bradyrhizobium japonicum*/*Bradyrhizobium elkanii*. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 34, n. 9, p. 1633-1643, 1999.
- [14] FAGAN, Evandro Binotto et al. Fisiologia da fixação biológica do nitrogênio em soja-Revisão. **Revista da FZVA**, v. 14, n. 1, 2007.
- [15] WERNER, F.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; FERREIRA, A.S.; SILVA, M.A.D.A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C. Soybean growth affected by seeding rate and mineral nitrogen. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 8, p. 734-738, 2016. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v20n8p734-738
- [16] FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Desempenho da soja em consequência de manejo de pastagem, época de dessecação e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.12, p.1131-1138, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2015001200002>
- [17] VIEIRA NETO, S.A.; PIRES, F. R.; MENEZES, C.C. E.; MENEZES, J. F. S.; SILVA, A. G.; SILVA, G. P.; ASSIS, R. L. Formas de aplicação de inoculante e seus efeitos sobre a nodulação da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 861-870, 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000200040
- [18] STEPHENS, B.D.; NEYRA, C.A. Nitrate e nitrite reduction in relation to nitrogenase activity in soybean nodules and *Rhizobium japonicum* bacteroids. **Plant Physiology**, Amesterdã, v. 71, n. 4, p. 731-735, 1983. DOI: <http://dx.doi.org/10.1104/pp.71.4.731>
- [19] URANO, E. O. M.; KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; VITORINO, A. C.; GONÇALVES, T. M. C.; MARCHETTI, M. E. Determinação de teores ótimos de nutrientes em soja pelos métodos chance matemática, sistema integrado de diagnose e recomendação e diagnose da composição nutricional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 63-72, 2007.
- [20] ZILLI, J. E.; GIANLUPPI, V.; CAMPO, R. J.; ROUWS, J. R. C.; HUNGRIA, M. Inoculação da soja com *Bradyrhizobium* no sulco de semeadura alternativamente à inoculação de sementes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1875-1881, 2010. DOI: 10.1590/S0100-06832010000600011
- [21] EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de Produção de Soja: região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. (Sistemas de Produção. n.15).