

EFEITO DO BIOFERTILIZANTE FERTBOKASHI® NA NODULAÇÃO E PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE SOJA NO ECÓTONO CERRADO-PANTANAL

EFFECT OF THE BIOFERTILIZER FERTBOKASHI® ON NODULATION AND PRODUCTIVITY OF SOYBEAN CULTIVARS IN THE CERRADO-PANTANAL ECOTONE

Anne Mellisse Diaz Oliveira

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, UEMS, Aquidauana, MS, Brasil
Doutora em Agronomia. E-mail: anne.mellisse@yahoo.com.br
<https://orcid.org/0000-0003-1691-1987>

Francisco Eduardo Torres

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, UEMS, Aquidauana, MS, Brasil
Doutor em Agronomia. E-mail: feduardo@uems.br
<https://orcid.org/0000-0002-6114-0096>

Gabriele Gonçalves de Mendonça

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, UEMS, Aquidauana, MS, Brasil
Mestra em Agronomia. E-mail: gabriele.goncalves@outlook.com
<https://orcid.org/0000-0001-5659-4109>

José Carlos Pina

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, UEMS, Aquidauana, MS, Brasil
Pós-doutor em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional. E-mail:
josecarlospina@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5414-9386>

Submissão: 18-03-2024

Aceite: 14-05-2024

RESUMO: Objetiva-se com esse trabalho avaliar o desenvolvimento de características radiculares de cultivares de soja com o uso de biofertilizante Fertbokashi® em comparação com o cultivo tradicional. O experimento foi conduzido na área do Ecótono Cerrado-Pantanal, em Aquidauana, Mato Grosso do Sul, com delineamento em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas compostas pelos tratamentos: a) cultivo com biofertilizante; b) cultivo tradicional (com aplicação de defensivos químicos no controle de plantas daninhas, pragas e doenças); e, c) cultivo sem aplicação de fertilizantes químicos (Testemunha), com as subparcelas compostas pelas cultivares de



soja, TMG 7063, GARRA e BMX PRODUZA. No estágio R2 (pleno florescimento) foram coletadas, aleatoriamente (evitando-se as bordas), cinco plantas de cada parcela para a realização das avaliações: massa verde e seca dos nódulos, porcentagem de nódulos ativos, número de nódulos de planta, comprimento e densidade de raiz, colonização micorrízica, análises foliares de N e P, e produtividade. Os valores foram submetidos à análise de variância pelo teste F e comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O uso de biofertilizante propiciou melhor nodulação das raízes comparado ao sistema tradicional, contudo não influencia nas demais características radiculares e de produtividade da soja.

PALAVRAS-CHAVE: Bokashi; Glycine max; Penergetic; Cultivos sustentáveis; Técnicas de manejo.

ABSTRACT: The objective of this work is to evaluate the development of root characteristics of soybean cultivars using the Fertbokashi[®] biofertilizer compared to traditional cultivation. The experiment was conducted in the Cerrado-Pantanal Ecotone area, in Aquidauana, Mato Grosso do Sul, with a randomized block design, in a split-plot scheme, with four repetitions. The plots consisted of the treatments: a) cultivation with biofertilizer; b) traditional cultivation (with the application of chemical pesticides for the control of weeds, pests, and diseases); and, c) cultivation without the application of chemical fertilizers (Control), with the subplots composed of soybean cultivars, TMG 7063, GARRA, and BMX PRODUZA. At the R2 stage (full flowering), five plants from each plot were randomly collected (avoiding the edges) for the evaluations: green and dry mass of nodules, percentage of active nodules, number of plant nodules, root length and density, mycorrhizal colonization, leaf analyses of N and P, and productivity. The values were submitted to analysis of variance by the F test and compared by the Tukey test at 5% probability. The use of biofertilizer provided better root nodulation compared to the traditional system, however, it does not influence the other root characteristics and soybean productivity.

KEYWORDS: Bokashi; Glycine max; Penergetic; Sustainable crops; Management techniques.

Introdução

O cultivo da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] em sistema tradicional, com a utilização de agrotóxicos no controle de pragas, doenças e plantas daninhas, é o mais usual no Brasil (Domenico *et al.*, 2015). Entretanto em muitas situações a agricultura convencional vem se revelando cada vez mais causadora de desgastes ambientais e de problemas na saúde humana, sendo, portanto, insustentável em determinadas situações (CPMO, 2017, p. 5).

Por este motivo, abordagens que valorizam o meio ambiente e dão enfoque ao uso eficiente aos recursos naturais, vêm sendo cada vez mais empregados no mundo na atualidade, inclusive na agropecuária. A conservação destes recursos é fundamental, pois considerando a importância da produção sustentável, pode-se afirmar que o solo é o bem mais valioso para a produção agropecuária (Homma, 2022).

Nos cultivos sustentáveis as técnicas de manejo visam contribuir para a conservação e preservação do meio ambiente, de uma forma que o sistema seja economicamente viável para o produtor (Hirakuri e Lazzarotto, 2014).

O cultivo orgânico da soja sustentável ainda não é uma realidade em algumas regiões do país, porém, o uso de técnicas de manejo que promovam a diminuição no uso de insumos prejudiciais ao ambiente se faz necessário. Nesse sentido, uma alternativa na redução do uso de agroquímicos é a adoção de fertilizantes orgânicos ou biofertilizantes, os quais incorporam no solo matéria orgânica e nutrientes que são essenciais para o desenvolvimento das plantas, contribuindo assim para minimizar o impacto ambiental (Magrini *et al.*, 2011).

A microbiota presente no biofertilizante atua em importantes processos no solo, como a fixação biológica de nitrogênio (FBN) e dependendo de sua concentração, agem no crescimento e desenvolvimento vegetal, estimulando a divisão celular, diferenciação e o alongamento celular (Bertolin *et al.*, 2010). Pode-se também, destacar a ação da auxina contida no biofertilizante, que atua diretamente na arquitetura radicular, aumentando a área de contato das raízes com o solo. Em contrapartida, a microbiota se beneficia da absorção de nutrientes e exsudados radiculares (Bomfim, 2016).

Durante o ciclo da cultura, o bom desenvolvimento do sistema radicular é importante, visto que além de servir como estrutura de fixação, é por meio das raízes que a planta absorve do solo os nutrientes essenciais (Andraus, 2014). A raiz da soja é constituída de um eixo principal com um grande número de raízes secundárias, e quanto melhor for a distribuição do sistema radicular, maior será a absorção nutricional no solo circundante (Hungria *et al.*, 2001).

Os biofertilizantes são compostos de origem orgânica que passaram pelo processo de fermentação, sendo de fácil preparação, onde o produtor pode utilizar materiais que existem em sua propriedade, como restos vegetais (galhos, folhas e resíduos de colheita), animais (leite, melão e ossos) e rochas moídas, dentre outros (Magrini, 2009). O uso em espécies leguminosas como a soja, por exemplo, auxilia na fixação biológica de nitrogênio através da atividade nodular, melhorando o desenvolvimento das plantas e conseqüentemente a produtividade (Hirakuri e Lazzarotto, 2014).

A utilização de biofertilizantes para o aumento da produtividade de grãos e redução dos custos de produção tem sido uma alternativa de menor impacto ambiental em substituição dos agroquímicos que contribuem para o aumento do custo de produção e da contaminação ambiental (Bomfim, 2016). Por esses motivos, novas formas de cultivo que permitam reduzir os efeitos negativos causados pelo uso excessivo de agrotóxicos são essenciais. Assim, objetivou-se avaliar o desenvolvimento de características radiculares de cultivares de soja com o uso de biofertilizante, em comparação com o cultivo tradicional. espécies.

Metodologia

Localização

A O experimento foi conduzido na safra 2016/2017, em uma área da região de Ecótono Cerrado-Pantanal, nas coordenadas geográficas 20° 27'14 Sul e 55° 40'12 Oeste, com altitude média de 170 metros (Figura 1).

Figura 1 - Área de cultivo de soja, Ecótono Cerrado-Pantanal, Aquidauana, Mato Grosso do Sul

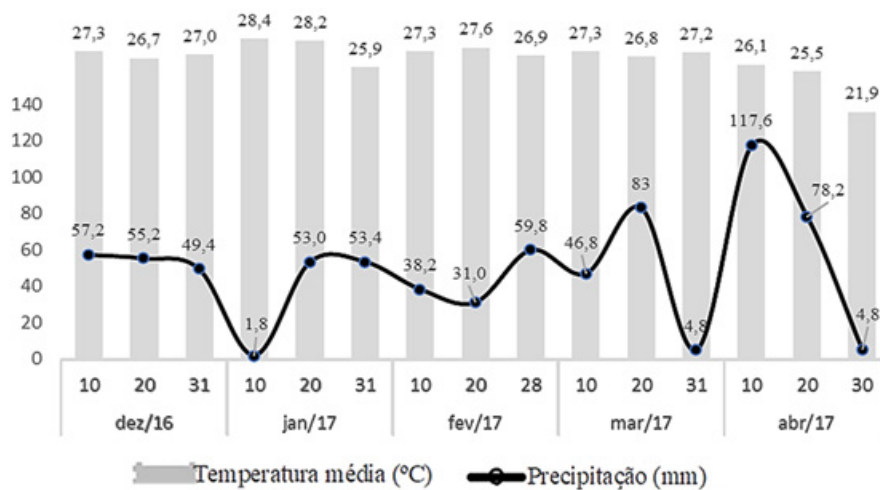


Fonte: Acervo pessoal dos autores

Clima

O clima, segundo a classificação de Köppen-Geiger, é do tipo Aw (Tropical de Savana), com temperatura média de 26.7 °C, e precipitação acumulada de 734.2 mm, durante o período do experimento (Figura 2).

Figura 2 - Dados da temperatura média (°C), e precipitação (mm), no período do experimento. Aquidauana, Mato Grosso do Sul, 2017



Fonte: INMET (2023).

Solo

O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho distrófico de textura arenosa (Embrapa 2018), com as seguintes características na camada 0-20 cm: pH (H₂O) = 5.72; P (mg

dm^{-3}) = 40.19; MO (g dm^{-3}) = 21.19; K ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 0.49; Ca ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 3.05; Mg ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 1.05; Ca + Mg ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 4.1; Al ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 0; H ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 2.47; Al+H ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 2.47; S ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 4.59; T ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) = 7.06; e, V% = 65.01; teor de argila 16%.

O preparo do solo foi realizado por meio de gradagem aradora e niveladora, estabelecendo-se em seguida as unidades experimentais. Cada unidade foi composta de oito linhas de soja com 5 m de comprimento e espaçamento entre linhas de 0,45 m, com 15 plantas m^{-1} , totalizando 333.333 plantas por hectare. Nas linhas de semeadura, parcelas com cultivo tradicional, foi realizada adubação química com NPK, na dose de 300 kg ha^{-1} , na formulação (04-30-10). Tal adubação foi baseada na análise química de solo e expectativa de colheita de grãos de soja de 3.500 kg ha^{-1} .

Delineamento

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC), em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram compostas pelos tipos de sistemas: a) cultivo com biofertilizante (FertBokashi® e ativadores, Penergetic P e K); b) cultivo tradicional (com aplicação de defensivos químicos no controle de plantas daninhas, pragas e doenças); e, c) cultivo sem aplicação de fertilizantes químicos (Testemunha). As subparcelas foram compostas pelas cultivares de soja, TMG 7063, GARRA e BMX PRODUZA. Para que não houvesse interferência entre os tratamentos, foram semeadas sete linhas de sorgo, quinze dias antes a semeadura da soja, entre as parcelas com o sistema de cultivo com biofertilizante e as demais, como forma de bordadura e proteção física para evitar a deriva dos produtos químicos sobre os orgânicos e vice-versa. O produto utilizado no sistema com biofertilizante foi o FertBokashi® da empresa Korin Agricultura e Meio Ambiente, fabricado à base de água, extrato de levedura, composto orgânico e melado de cana-de-açúcar (Tabela 1).

Tabela 1 - pH e teores de carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P_2O_5), lignina, celulose e relação C/N contidos no produto Fertbokashi®

pH	C	N	P_2O_5	Lignina	Celulose %	Lignina/ Celulose	C/N
6,0	36,1	2,4	1,6	4,0	6,6	0,61	15,0

Fonte: Pinto (2018).

O produto FertBokashi® foi pulverizado no solo aproximadamente 15 dias antes da semeadura da soja, utilizando-se a dose de 5 L ha^{-1} e, juntamente com o ativador Penergetic P, na dose de 125,0 g ha^{-1} . O ativador Penergetic K foi aplicado em cobertura 25 dias após a semeadura, na dose de 250,0 g ha^{-1} , com todas as doses empregadas mediante recomendação do fabricante.

As pragas e doenças nos tratamentos tradicional e testemunha foram controladas conforme necessidade diagnosticada por monitoramento da cultura. No controle de plantas daninhas foi realizada a aplicação do herbicida com ingrediente ativo *Glyphosate*, na dose de 2 kg ha^{-1} aos 20 dias após a emergência da cultura, além do controle mecânico, com capinas e arranquio

manual nas parcelas que continham o FertBokashi[®]. No estágio R2 (pleno florescimento) foram coletadas aleatoriamente cinco plantas de cada parcela para a realização das avaliações, evitando-se as bordas das mesmas.

Para a avaliação da massa verde e seca dos nódulos (MVN e MSN), os mesmos foram extraídos das raízes, sendo pesados para a obtenção da massa verde e logo em seguida, secos em estufa de circulação de ar forçado a 65 °C por 72 horas, com posterior pesagem para a obtenção da massa seca.

Na porcentagem de nódulos ativos, dez nódulos de cada raiz foram coletados aleatoriamente nas plantas e cortados ao meio para averiguação da sua coloração interna, por meio de estereomicroscópio (MOTIC SMZ140 Series). Os nódulos que estavam com a coloração rósea foram caracterizados como nódulos ativos, determinando assim a porcentagem de nódulos ativos (% NA), sendo também quantificados os nódulos presentes em cada planta para obtenção do número de nódulos por planta (NN) (Figura 3A).

As raízes foram retiradas inteiras do solo de três monólitos de 0,20 x 0,20 x 0,20 m na linha de semeadura de cada parcela para a avaliação do comprimento de raiz (CR), onde foram lavadas em água corrente e armazenadas em recipiente plástico com álcool 50%, em refrigerador até o momento das análises (Figura 3B).

Para obtenção dos valores de comprimento de raiz, foram utilizadas amostras de 0.2 g de raízes, distribuídas sobre uma malha quadriculada, sendo fotografadas para a contagem das interseções entre a raiz e o papel milimetrado (Figura 3C), seguindo metodologia proposta por Tennant (1975), conforme expressão:

$$L = \left(\frac{\pi}{4}\right) \times N \times G$$

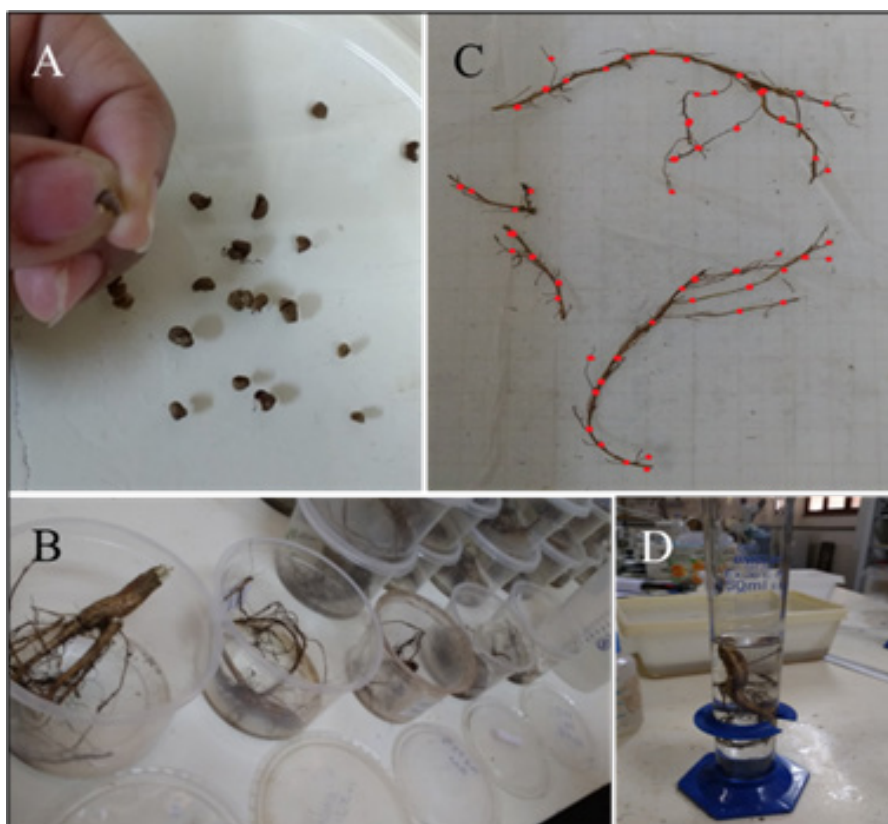
onde, L : comprimento da raiz (cm), π : constante matemática (3.1416), N : número de interseções e G : unidade da malha (cm).

Para o cálculo da densidade de raiz (DENS), foi utilizada a equação:

$$DR = \frac{CR}{V}$$

onde, DR : densidade de raiz (Figura 3D), CR : comprimento de raiz (cm) e V : volume da amostra (cm³), obtido por imersão (Figura 3D).

Figura 3 - Caracterização dos nódulos ativos e inativos (A); Acondicionamento em recipientes plásticos das raízes para armazenamento (B); Contagem das interseções entre a raiz e o papel milimetrado (C); Obtenção da densidade de raiz por imersão (D)



Na avaliação da colonização micorrízica (CM), as raízes foram primeiramente acondicionadas em etanol a 50% até o momento das avaliações. O método utilizado foi adaptado de Grace & Stribley (1991), empregando azul de metil. Foram coletados de 0.5 a 3.0 gramas de segmentos das raízes, os quais foram aquecidos em KOH 10% à 90 °C por 10 minutos em banho maria, e posteriormente lavadas com água destilada. As raízes mais escuras foram colocadas em água oxigenada por 10 a 45 minutos para clareamento, antes da etapa de acidificação. Na acidificação as raízes foram colocadas em HCl 5% por 5 minutos. Após, foi realizada a coloração das raízes, utilizando Becker, no qual foi adicionado solução azul de metil 0.05% e aquecido em banho-maria a 90 °C, até que as raízes ficassem completamente coradas, sendo conservadas em solução de glicerol ácido. Posteriormente foi realizada a determinação da colonização, colocando 10 partes de raízes coloridas sobre uma lâmina para microscopia, sendo adicionado algumas gotas de glicerol ácido e coberta com a lamínula, observando no microscópio o material corado.

Também foram coletadas 30 folhas com o pecíolo, correspondendo a 3^a e 4^a folhas trifolioladas a partir do ápice da planta, para as análises de N e P. A determinação de nitrogênio utilizou o método semi micro Kjeldahl, proposto por Malavolta *et al.* (1989). A determinação de fósforo total foi realizada de acordo com Valderrama (1981), com ambas as avaliações realizadas no Laboratório de Qualidade da Água da universidade.

Para determinação da PROD foram colhidas as duas fileiras centrais de cada parcela, sendo os grãos pesados, corrigidos para 13% de umidade e os valores extrapolados para $sc\ ha^{-1}$, utilizando a fórmula:

$$\frac{(n^{\circ} \text{ total de grãos} * 0,0152 * 300)}{10}$$

Os valores médios obtidos nas avaliações foram submetidos à análise de variância pelo teste *F* e comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com dados analisados pelo programa estatístico *RStudio*[®] (Bhering, 2017).

Resultados e discussões

Os resultados da análise de variância indicaram que os tratamentos diferiram para os caracteres massa verde e seca de nódulos (MVN e MSN) e o número de nódulos (NN) (Tabela 2), com as demais variáveis não sofrendo influência dos diferentes tratamentos. Em relação as cultivares ocorreram diferenças na porcentagem de nódulos ativos (%NA) e na colonização micorrízica (CM). Entretanto não houve interação significativa entre Sistema*Cultivar para nenhuma das variáveis analisadas.

Tabela 2 - Valores-p da análise de variância para as variáveis massa verde e seca de nódulos (MVN e MSN), porcentagem de nódulos ativos (%NA), número de nódulos (NN), comprimento de raiz (CR), densidade de raízes (DENS), colonização micorrízica (CM), nitrogênio (N), fósforo (P), produtividade de grãos (Prod.), avaliadas em três cultivares de soja submetidas a diferentes manejos

Fonte de variação	MVN	MSN	%NA	NN	CR	DENS	CM	N	P	Prod.
Sistema (S)	0,01*	0,04*	0,33 ^{ns}	0,01*	0,61 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,73 ^{ns}
Bloco	0,01*	0,06 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,008*	0,69 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,03*	0,42 ^{ns}	0,19 ^{ns}
Erro a										
Cultivar (C)	0,20 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,006*	0,13 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,03*	0,99 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,82 ^{ns}
S*C	0,17 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,11 ^{ns}
Erro b										
CV 1 (%)	59,07	40,58	56,77	42,67	75,33	39,33	42,81	9,87	21,19	10,04 ^{ns}
CV 2 (%)	48,36	48,60	55,73	38,37	58,39	40,14	40,79	11,49	19,26	9,65 ^{ns}

*=significativo à 5% de probabilidade; ns=não significativo; CV=coeficiente de variação.

Para as variáveis comprimento de raiz (CR), densidade de raiz (DENS) e nitrogênio (N) e fósforo (P) foliar não houve diferença significativa em nenhuma das fontes de variação. Os resultados são similares aos apresentados por Oliveira *et al.* (2010) e Homma (2005), que também não observaram diferenças significativas no comprimento e na densidade de raiz em tratamentos com o uso do biofertilizante Bokashi, em relação ao cultivo tradicional. É conhecido que plantas que disponham de um bom comprimento de raízes conseguem explorar um maior volume de solo, aumentando a disponibilidade de nutrientes e água, fundamental principalmente para enfrentar os veranicos (Salton e Tomazi 2014). Apesar de não ter se sobressaído, o uso do

biofertilizante pode competir perfeitamente com o método tradicional, pois os resultados são similares.

Quanto as diferenças não significativas de N e P nas folhas, isto pode ser explicado pelo fato de, anteriormente, na mesma área ter sido realizado outro experimento utilizando o feijão como cultura e deste modo, o solo já estava com um bom aporte de N e P, com a aplicação do biofertilizante não interferindo no processo de nutrição foliar. Além disto, segundo Andraus (2014), a fixação de N também pode ser afetada pelo genótipo da planta, duração do ciclo da cultura, nodulação tardia e senescência precoce dos nódulos. Não existem muitas pesquisas sobre o comportamento da FBN em cultivares com diferentes ciclos de crescimento, isso porque os programas de melhoramento são voltados principalmente para o desenvolvimento de novas cultivares com alto rendimento de grãos.

Com relação à colonização micorrízica, os resultados também indicaram que não ocorreram diferenças significativas. Como não foi realizada a infecção do solo com material colonizado no experimento, isto poderia ter influenciado os resultados. Porém segundo Miranda e Miranda (2002), em condições de campo essa infecção direta no solo torna-se inviável, devido a elevada quantidade de inoculante a ser utilizado, aumentando o custo de produção, principalmente em grandes áreas. Outros fatores como o pH, a disponibilidade de nutrientes e a especialização do fungo micorrízico arbuscular (FMA) em realizar a simbiose podem ter influenciado o processo de colonização das raízes da soja (Covacevich *et al.*, 2006) e como a cultura anterior também utilizou uma leguminosa, pode-se supor que o solo tenha uma boa quantidade de microrganismos simbióticos.

Em relação à produtividade, não houve diferenças significativas entre os sistemas, e também entre as cultivares (Tabela 3), diferindo de resultados encontrados em experimentos nos municípios de Água Boa e Canarana – Mato Grosso, e Formosa do Rio Preto-Bahia, com uma produtividade acima do cultivo convencional, de 12, 9,75 e 8,54 sacas ha⁻¹, respectivamente, quando da utilização Bokashi[®]/FertPremium como biofertilizante (Korin, 2022). No entanto, os experimentos foram conduzidos em áreas de Cerrado e com cultivares diferentes deste experimento, o que pode ter contribuído para as diferenças não significativas. Outrossim, o cultivo da soja no Ecótono é, relativamente, recente, não havendo ainda, cultivares e um sistema de manejo adaptados à região.

Um fator que pode ter influenciado na menor produção do sistema de cultivo com Bokashi (Tabela 3), é o desequilíbrio nutricional, em que, o excesso de determinados nutrientes no solo pode reduzir a absorção dos demais, afetando a produtividade, a chamada inibição por competição, fenômeno conhecido como antagonismo. O efeito antagonístico é notadamente observado entre os nutrientes potássio, cálcio e magnésio, reduzindo a absorção dos demais cátions e podendo levar a deficiências nutricionais (Fernandes *et al.*, 2018). Azevedo e Reis (2022), proferem que o Bokashi promove a solubilização e disponibilização de elementos dos minerais presentes no solo, como o Ca e Na, que são mobilizados em maior quantidade, seguidos por K, Mg e Si, embora haja boa atividade da enzima Fosfatase Ácida, e o P é mobilizado em pequenas quantidades. Esse fato pode ser observado na figura 5, onde o sistema com biofertilizante obteve maior valor em massa verde e seca de nódulos (0,9 e 0,17 g, respectivamente), e número de nódulos (24) (Figura 7), teoricamente, os resultados dessas variáveis não reverteu em maior produtividade. Isso reforça a hipótese de ação antagonista, que ocasionou o desequilíbrio nutricional e afetou

a produtividade. Desse modo, a eficiência no uso de nutrientes está diretamente relacionada ao sistema de manejo de solo e de culturas empregado que irá impactar na dinâmica da água no solo e, conseqüentemente, na absorção de nutrientes (Bortolon *et al.*, 2016). Tecchio *et al.* (2006), analisando a correlação entre a produtividade e os resultados de análise foliar e de solo em vinhedos de Niagara Rosada, observam que a baixa produtividade estava relacionada ao excesso de nutrientes no solo, especialmente, cálcio e magnésio. Oliveira *et al* (2022), também observou fator limitante determinado substrato, com restrição na absorção de alguns nutrientes, como o potássio, que afetou o desenvolvimento de *Basella alba* L.

Tabela 3 - Produção média dos Sistemas e Cultivares de soja cultivadas no Ecótono Cerrado-Pantanal, Aquidauana, Mato Grosso do Sul

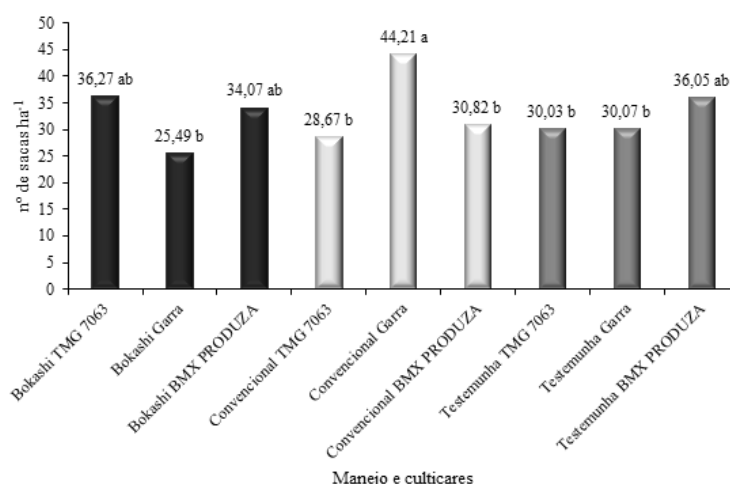
Sistemas	Produção média	Cultivares	Produção Média
Bokashi	31,95 a	TMG 7063	31,66 a
Convencional	34,57 a	Garra	33,26 a
Testemunha	32,05 a	BMX PRODUZA	33,65 a
DMS (5%)	5,1811	DMS (5%)	5,1811

*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade.

Ao analisar, individualmente, as cultivares TMG 7063 e BMX PRODUZA (Figura 4) resultaram em melhor resposta ao uso do Fertbokashi®, com diferença de 6,24 sacas ha⁻¹, a mais que a Testemunha, e 7,6 sacas ha⁻¹, que o Sistema Convencional, ambas utilizando as mesmas cultivares.

O Sistema Convencional se destacou com a Cultivar Garra, produzindo 14,14 sacas ha⁻¹ a mais que a Testemunha, e 18,74 sacas ha⁻¹ em relação ao uso do Feribokashi®. Já a produção da cultivar BMX PRODUZA foi similar, não ocorrendo diferença significativa entre os diferentes sistemas de plantio, em termos de produtividade (Figura 4).

Figura 4 - Valores médios de produtividade (sacas ha⁻¹) de soja cultivada com a aplicação de diferentes tipos de manejos e cultivares



*Médias seguidas das mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de probabilidade de 0,05.

Como o objetivo do experimento visa uma cultura de baixo impacto ambiental, a cultivar TMG 7063 atendeu às perspectivas, porém, há a necessidade de mais estudos, pois a cultivar foi desenvolvida para a região do Cerrado e poderá variar, em relação a seu crescimento e produtividade, dependendo do ambiente em que a cultivar for utilizada. Deve-se ressaltar que não há, ainda, uma cultivar adaptada para a região do Ecótono Cerrado-Pantanal, onde a legislação exige uma produção sustentável.

O fato de o experimento não ter apresentado diferenças entre os sistemas com biofertilizante e tradicional para os caracteres AP, NV, MCG e PROD, demonstra que seu uso é plausível, tendo em vista o ganho com a sustentabilidade ambiental e financeira que proporcionará ao produtor devido ao menor uso de fertilizantes químicos, e que, também, diminui os impactos ambientais. Esse fato torna-se ainda mais relevante considerando os altos valores dos fertilizantes químicos, que impacta, consideravelmente, o custo de produção (Gutarrara, 2023).

Embora, os fertilizantes químicos forneçam nutrientes essenciais para o crescimento das plantas, também, podem causar diversos impactos ambientais negativos. Alguns desses impactos são:

- O consumo de energia para a produção dos fertilizantes químicos é elevado, o que contribui para o aumento das emissões de gases de efeito estufa e o aquecimento global (Cirino *et al.*, 2021);
- O uso excessivo ou inadequado dos fertilizantes químicos pode provocar a acidificação, a salinização e a contaminação do solo por metais pesados, prejudicando a sua fertilidade e a biodiversidade (Hendges, 2010; Souza, 2023);
- Os fertilizantes químicos podem ser carregados pela água da chuva ou se infiltrar no solo, atingindo os lençóis freáticos e os corpos d'água superficiais, como rios, lagos e mares (Souza, 2023).
- Isso pode causar a eutrofização, que é o enriquecimento excessivo da água por nutrientes, levando ao crescimento descontrolado de algas e plantas aquáticas. Essa situação reduz o oxigênio dissolvido na água, afetando a vida dos peixes e outros organismos aquáticos (Civitereza, 2021).
- Podem também afetar a saúde humana, pois podem contaminar os alimentos e a água potável com substâncias tóxicas ou cancerígenas, como o nitrato, o fosfato, o cádmio e o arsênio. Esses contaminantes podem causar problemas como anemia, hipertensão, doenças renais, câncer e malformações congênitas.

Portanto, é necessário buscar alternativas mais sustentáveis para a fertilização do solo, como o uso de biofertilizantes, que são compostos orgânicos produzidos a partir da decomposição de resíduos vegetais ou animais (Cirino *et al.*, 2021). Os biofertilizantes têm a vantagem de serem naturais, biodegradáveis, econômicos e de não causarem poluição ambiental. Além disso, eles podem melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, aumentando a sua capacidade de reter água e nutrientes (Cirino *et al.*, 2021).

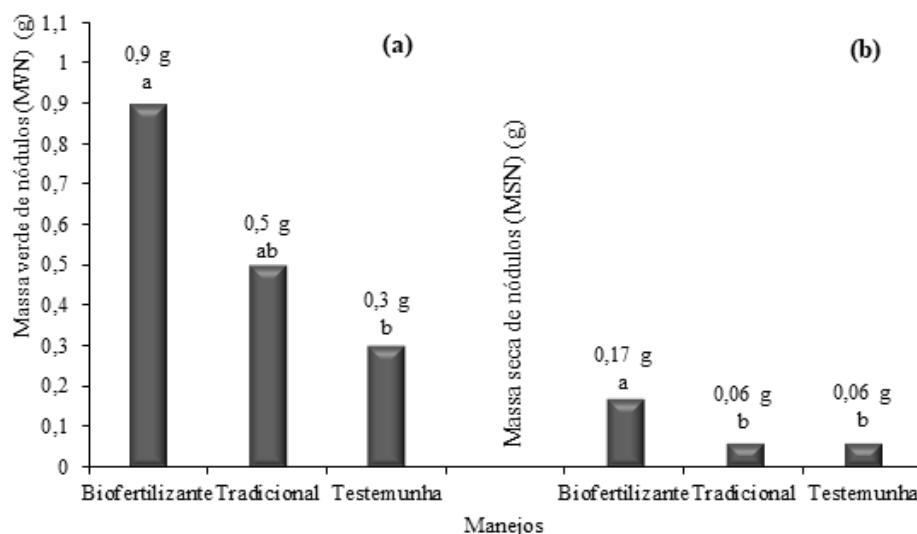
Vale ressaltar que o solo da área experimental apresentava bons índices dos atributos químicos, físicos e biológicos, no entanto, é importante controlar a quantidade e a frequência de aplicação dos biofertilizantes, pois o excesso pode causar desequilíbrios nutricionais,

como observado neste experimento. Esse aspecto, embora não tenha sido avaliado, pode ter influenciado na produtividade, e talvez seja importante para o sucesso na utilização exclusiva dos biofertilizantes em safras agrícolas posteriores. Assim, é recomendável fazer análises em laboratório para determinar as necessidades nutricionais de cada cultura e ajustar a dosagem dos biofertilizantes.

De acordo com Jastrombek (2016), o uso do FertBokashi[®] ativa os microrganismos benéficos presentes no solo, aumentando sua porosidade e estimulando o crescimento das raízes, o que proporciona à planta melhores condições de absorção de água e nutrientes, itens essenciais para o seu melhor desenvolvimento. Segundo Bomfim (2016), os microrganismos que estão presentes na composição dos biofertilizantes auxiliam no aumento da população das estirpes, potencializando os processos biológicos que ocorrem naturalmente no solo e promovendo o crescimento das plantas por meio da maior disponibilidade de nutrientes. Essas estirpes podem existir em forma livre no solo ou serem introduzidos por meio de produtos específicos, como é o caso da inoculação com *Bradyrhizobium* em soja. A disponibilidade pode ser de forma direta, por meio dos processos de fixação biológica de nitrogênio (FBN) e solubilização de fosfato que vão atuar na produção de hormônios vegetais que estimulam o crescimento, ou indireta, condicionando uma proteção as plantas contra os estresses abióticos, tais como períodos de veranico (Bonaldi *et al.*, 2015). De acordo com Azevedo e Reis (2022, p. 56), “... o Bokashi promove a solubilização e disponibilização de elementos dos minerais presentes no solo ...”, indicando seu potencial de uso e benefícios para as plantas.

Os sistemas diferiram para a variável massa verde de nódulos (MVN), com o biofertilizante Bokashi obtendo a maior média (0,87 g), superior à testemunha (0,31 g) mas não diferindo do sistema tradicional (0,54 g) (Figura 5a). Quando comparados, o sistema tradicional e a testemunha não apresentaram diferenças significativas. Alguns trabalhos utilizando o Bokashi como biofertilizante também verificaram bons resultados para essa variável, quando comparado com o sistema tradicional, como relatado por Pinto *et al.* (2015) na crotalaria e Pei-Sheng e Hui-Lian (2008), amendoim.

Figura 5 - Massa verde (a) (MVN), e seca (b) dos nódulos (MSN) de três cultivares de soja submetidas a diferentes manejos



*Colunas de mesma letra entre intervalos de frequência não diferenciam pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Também houve diferenças significativas para a massa seca de nódulos (MSN) (Figura 2b), em que o Bokashi obteve a maior média (0,17 g), diferindo dos demais, com média de 0,06 g, sistema tradicional e testemunha. Andrade *et al.* (2009), avaliando o uso de biofertilizantes no feijão caupi e Silva *et al.* (2012), leucena, também observaram um aumento na biomassa seca de nódulos nos tratamentos com o uso de biofertilizante, em relação aos tratamentos tradicionais.

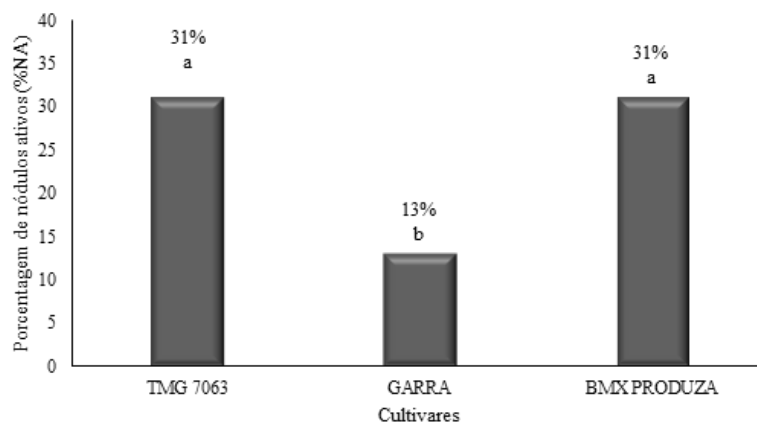
Segundo Andraus (2014) alguns fatores interferem na eficiência simbiótica das estirpes, alguns sendo característicos da própria bactéria e outros envolvendo fatores do meio, como a planta hospedeira, clima e a presença de microrganismos no solo. Neste experimento desenvolvido, os altos valores de nodulação confirmam a forte atuação dos microrganismos nos tratamentos com biofertilizante, o que favoreceu um aumento na MSN. Isso poderia ser refletir em maior absorção de N_2 pelas plantas, substituindo, pelo menos parcialmente, a utilização dos fertilizantes minerais (Silva *et al.*, 2012), embora a quantificação de nitrogênio foliar tenha sido similar para todos os tratamentos.

Silva (2015) destacam também a importância da inoculação para a nodulação, pois leguminosas inoculadas com estirpes adequadas de rizóbio promovem maior acúmulo de massa seca de nódulos, maior quantidade de nódulos e, conseqüentemente, melhor porcentagem de nódulos ativos. Foi realizada a inoculação no experimento aqui apresentado, e isso pode ter contribuído para os bons resultados quanto a nodulação na soja.

A formação do nódulo é resultado de um processo de várias etapas, sendo que, inicialmente, a semente em processo de germinação, na emissão da raiz primária, exsuda algumas moléculas, que atraem quimicamente os rizóbios, além de outras moléculas que vão estimular o crescimento das bactérias na rizosfera. Após essas bactérias penetrarem na raiz da soja, provocam o crescimento de algumas células específicas, ocorre a formação dos nódulos (Hungria *et al.*, 2001; Andraus, 2014). Os nódulos, quando estão em plena atividade, possuem coloração rósea intensa em seu interior devido à atividade da leghemoglobina, cuja função é a mesma da hemoglobina no sangue, o transporte de oxigênio (Hungria *et al.*, 2001).

No experimento as cultivares TMG 7063 e a BMX PRODUZA obtiveram as maiores médias de porcentagem de nódulos ativos (%NA), cerca de 30,83% e 31,0%, respectivamente, indicando serem cultivares nodulantes adequadas (Figura 6), diferindo da cultivar GARRA, com 13% de nódulos ativos.

Figura 6 - Porcentagem de nódulos ativos (%NA) de três cultivares de soja submetidas a diferentes manejos

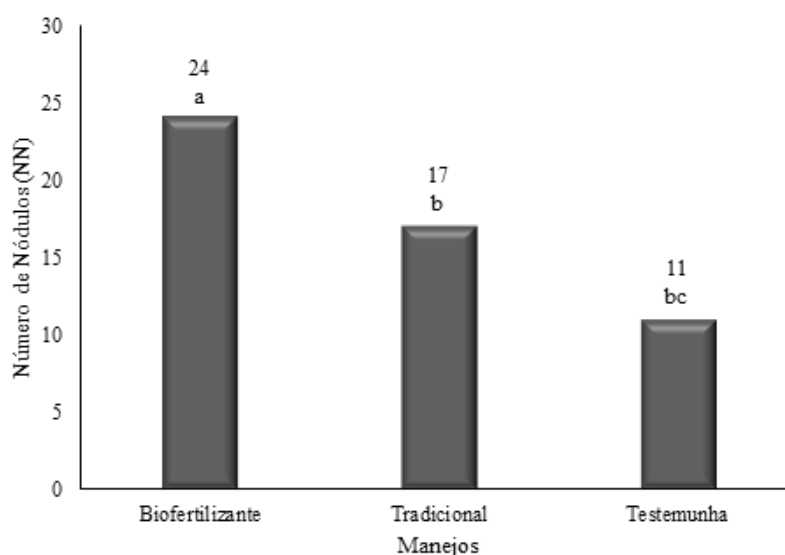


*Colunas de mesma letra entre intervalos de frequência não diferenciam pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com Andraus (2014), a MSN deve ser avaliada em conjunto com o NN e a %NA, isto porque muitas vezes um valor alto de MSN pode ser devido ao grande número de nódulos que a planta possui. Entretanto, a maioria desses nódulos pode ser de tamanho pequeno e não ter atividade, o que reforça que apenas a avaliação conjunta é mais adequada. No experimento ocorreram diferenças significativas entre os sistemas apenas para a MSN e NN, resultado que pode estar relacionado a nódulos em estado de senescência que, segundo Benício *et al.* (2012), pode se iniciar no estágio de floração ou na formação das vagens.

Segundo Cavallet (2008), uma planta de soja bem nodulada deve apresentar de 15 a 30 nódulos por planta no estágio de florescimento (R2). O tratamento com o biofertilizante Bokashi proporcionou uma média de 23,9 nódulos por planta, sendo superior aos demais sistemas, tradicional (16,83) e testemunha (11,05) (Figura 7). Oliveira e Sbardelotto (2011) relatam que havendo a formação de pelo menos 20 nódulos por planta, com 4 a 5 mm de diâmetro e coloração rósea intensa, é indicativo de que o nódulo está ativo e supre em grande parte das necessidades de N exigidas pela planta.

Figura 7 - Médias do número de nódulos (NN) de três cultivares de soja submetidas a diferentes manejos



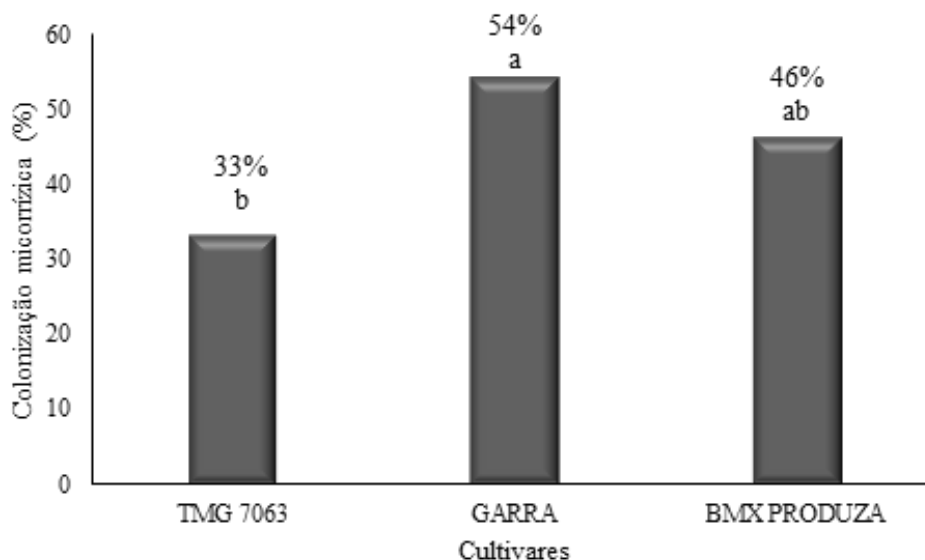
*Colunas de mesma letra entre intervalos de frequência não diferenciam pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Essa diferença no número de nódulos (NN) entre os tratamentos pode ser devido as substâncias que são produzidas pelo biofertilizante, que aceleram a decomposição da matéria orgânica e podem ter estimulado a multiplicação e a invasão de rizóbios na raiz das plantas (Pei-Sheng e Hui-Lia, 2008). Os biofertilizantes podem ser aplicados tanto via solo quanto via foliar, e segundo Benício *et al.* (2012), a aplicação via solo favorece o aumento na atividade microbiana, afetando de forma positiva na nodulação das plantas e algumas de suas variáveis, como a massa e o número de nódulos.

Segundo Andraus (2014), a variação no número de nódulos entre as cultivares podem estar relacionadas com as características genéticas de cada cultivar e sua adaptação em cada região. De acordo com o autor, um indicativo de boa eficiência simbiótica é a planta apresentar mais de 15 nódulos; entretanto essa variável deve ser avaliada em conjunto, pois pode ocorrer a formação de muitos nódulos pequeno, de menor eficiência.

A cultivar GARRA obteve as maiores médias na porcentagem de colonização micorrízica (CM), cerca de 54,17%, seguida pela cultivar PRODUZA e TMG 7063, 45,8% e 33,3%, respectivamente (Figura 8). Segundo Berbara *et al.* (2006), a formação de micorrizas pode alterar a arquitetura do sistema radicular das plantas, influenciando na absorção e ciclagem de nutrientes.

Figura 8 - Porcentagem de colonização de fungos micorrízicos (CM) de três cultivares de soja submetidas a diferentes manejos



*Colunas de mesma letra entre intervalos de frequência não diferenciam pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade.

De acordo com Covacevich *et al.* (2006), a porcentagem de colonização micorrízica vai depender da colonização já existente na área e das condições de adaptabilidade de cada cultivar a região, sendo diferente para cada cultivar. A eficiência micorrízica também pode ser controlada geneticamente, sendo distinta de acordo com a espécie, tanto da planta quanto do fungo, e das condições ambientais locais (Bressan *et al.*, 2001).

Na soja, a dependência micorrízica pode chegar à 80% da associação mutualista entre a planta e o fungo. De acordo com Miranda & Miranda (2002), mesmo em solo corrigido e adubado, em que se pode esperar menor eficiência dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), pela alta disponibilidade de nutrientes, ocorre a ação no desenvolvimento da planta, principalmente de nutrientes com baixa mobilidade no solo como o fósforo, por exemplo, conseguindo chegar às raízes por difusão (Covacevich *et al.*, 2006).

O uso do biofertilizante Bokashi proporcionou maiores valores nas variáveis relacionadas com a nodulação, MVN, MSN, %NA e NN. Sua utilização no manejo favorece a expressão do máximo potencial genético das plantas, auxiliando o desenvolvimento radicular, o qual vai aumentar a nodulação, e, conseqüentemente, a FBN, melhorando o crescimento e desenvolvimento vegetal (Bertolin *et al.*, 2010; Silva, 2015, Pietro *et al.*, 2017).

Segundo Cooper e Scherer (2012), a nodulação tem uma correlação direta com a FBN em algumas culturas, onde uma planta com boa nodulação vai absorver mais N, diminuindo o uso de fontes externas. Apesar de não ter ocorrido diferenças significativas quanto ao N encontrado

nas folhas, o uso do biofertilizante demonstrou potencial para ser uma fonte alternativa em substituição aos fertilizantes químicos em cultivos mais sustentável e orgânicos.

Considerações finais

O uso de biofertilizante resultou em uma melhoria na nodulação das raízes quando comparado ao sistema tradicional. No entanto, não se observou influência nas demais características radiculares da soja nem na produtividade de grãos. Apesar disso, é importante notar que esses parâmetros apresentaram diferenças entre si em termos de porcentagem de nodulação e colonização micorrízica, sendo que o uso do biofertilizante produziu resultados superiores.

Por outro lado, a menor produtividade observada no sistema com biofertilizante pode ter sido causada pela ação antagonista resultante da solubilização e disponibilização de elementos minerais presentes no solo, que ocorreu com a aplicação do Bokashi.

Referências

- ANDRADE, M. M.; STAMFORD, N.P.; SOUZA, C. A.; SILVEIRA, A. C. G. A.; FREITAS, A. D. S.; SANTOS, C. E. R. S. Fertilização mineral e biofertilizante de rochas com *bradyrhizobium* e fungos micorrízicos arbusculares em caupi. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 3, p. 289-292, 2009. <https://doi.org/10.5039/agraria.v4i3a10>
- ANDRAUS, M. P. **Nodulação de cultivares de feijoeiro-comum influenciada por diferentes ciclos de crescimento**. 2014. 72f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) — Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- AZEVEDO, C. A.; REIS, B. R. O *Bokashi* promove a solubilização dos minerais do solo? In: KORIN. Agricultura e Meio Ambiente. **Caderno de resultados 21/22**. Ipeúna: Korin, 2022. p. 54-56. Disponível em: <https://korinagricultura.com.br/wp-content/uploads/2023/03/CadernoResultadosBokashi21-22.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2024.
- BENÍCIO, L. P. F.; OLIVEIRA, V. A.; REIS, A. F. B.; CHAGAS JÚNIOR, F.; LIMA, S. O. Efeitos de diferentes biofertilizantes e modos de aplicação na nodulação do feijão caupi. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, São Luís, v. 6, n. 3, p. 111-119, 2012. <https://doi.org/10.0000/rtcab.v6i3.503>
- BERBARA, R. L. L.; DE SOUZA, F. A.; FONSECA, H. M. A. C. Fungos Micorrízicos arbusculares: Muito além da nutrição. In: FERNANDES MS. (Ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 2006. p. 54-85.
- BERTOLIN, D. C.; SÁ, M. E.; ARE, O.; FURLANI JUNIOR, E.; COLOMBO, A. S.; CARVALHO, F. L. B. M. Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 339-347, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000200011>

BHERING, L. L. Rbio: A Tool for biometric and statistical analysis using the R platform. **Crop Breeding and Applied biotechnology**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 187-190, 2017. <https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n2s29>

BOMFIM, C. A. **Biofertilizante HortBio®**: Características microbiológicas e efeito na qualidade da alface. 2016. 136f. Dissertação (Mestrado em Biologia Microbiana) — Universidade de Brasília, Brasília.

BOTOLON, L.; BORTOLON, E. S. O.; CAMARGO, F. P. Balanço de nutrientes em sistemas agrícolas: importância do manejo de nutrientes em safras de quebra de produtividade. **Informativo Técnico do Núcleo de Sistemas Agrícolas da Embrapa Pesca e Aquicultura**. Brasília, n. 14, 2016. p. 1-3.

BRESSAN, W.; SIQUEIRA, J. O.; VASCONCELOS, C. A.; PURCINO, A. A. C. Fungos micorrízicos e fósforo, no crescimento, nos teores de nutrientes e na produção do sorgo e soja consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 315-323, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000200015>

CIRINO, E.; VEIGA, L.; ANTUNES, M.; ALVES, V.; VALDO, V. O. P. **O uso de fertilizantes e seus impactos ambientais**. 2021. 13f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Técnico de Química) — ETEC Benedito Storani, Jundiáí.

CIVITEREZA, G. Os impactos da adubação mineral no meio ambiente. **Terra de Cultivo**, Machado, MG, 20 de maio de 2021. Disponível em: <https://www.terradecultivo.com.br/os-impactos-da-adubacao-mineral-no-meio-ambiente/>. Acesso em: 26 set. 2023.

COOPER, J.; SCHERER, H. Nitrogen Fixation. In: RENGEL, Z.; CAKMAK, I.; WHITE, P. J. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 4. ed. Cambridge: Academic Press, 2012. p. 389-408.

COUTO, M. F. **Classificação da qualidade dos experimentos com cana de açúcar**. 2010. 52f. Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria) — Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

COVACEVICH, F.; MARINO, M. A.; ECHEVERRÍA, H. E. The phosphorus source determines the arbuscular mycorrhizal potential and the native mycorrhizal colonization of tall fescue and wheatgrass. **Europe na Journal of Soil Biology**, Amsterdam, v. 42, n. 3, p. 127-138, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2005.12.002>

CPMO. Centro de Pesquisa Mokiti Okada. **Agricultura e alimentação natural**. São Paulo: M.O.A., 2017. 28 p.

DOMENICO, D. D.; MAGRO, C. B. D.; ZANIN, A.; BOSCHETTI, F. 2015. Viabilidade da cultura da soja orgânica versus soja convencional. **Custos e @gronegocio**, Belo Horizonte, v. 11, n. 2, p. 229-248, 2015. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero2v11/2012soja.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2024.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.

FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. (Orgs.). **Nutrição mineral de plantas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018. 432 p.

GRACE, C.; STRIBLEY, D. P. A safer procedure for routine staining of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycological Research**, Cambridge, v. 95, n. 10, p. 1160-1162, 1991. [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(09\)80005-1](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(09)80005-1)

GUITARRARA, P. Fertilizantes. **Portal UOL**, São Paulo, SP, 2023. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/fertilizantes.htm>. Acesso em: 26 set. 2023.

HENDGES, A. S. Impactos sociais e ambientais dos adubos químicos. **Portal EcoDebate**, Rio de Janeiro, RJ, 5 de outubro de 2010. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2010/10/05/impactos-sociais-e-ambientais-dos-adubos-quimicos-artigo-de-antonio-silvio-hendges/>. Acesso em: 26 set. 2023.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. 2014. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. **Documentos Embrapa Soja**. Londrina, n. 349. p. 1-37.

HOMMA, S. K. **Efeito do manejo alternativo sobre a descompactação do solo, fungos micorrízicos arbusculares nativos e produção em pomar convencional de Tangor “Murcott”**. 2005. 101f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agrossistemas) — Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

HOMMA, S. K. Palavras do diretor. In: Korin. Agricultura e Meio Ambiente. **Caderno de resultados 21/22**. Ipeúna: Korin, 2022. p. 2-2.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. Fixação Biológica do nitrogênio na cultura da soja. **Circular Técnica Embrapa Cerrado**. Londrina, n. 35, 2001. p. 1-48.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados históricos anuais – 2016/2017**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 29 mar. 2023.

KORIN. Agricultura e Meio Ambiente. Caderno de resultados 21/22. Ipeúna: Korin, 2022. 56 p.

MAGRINI, F. E.; SARTORI, V. C.; FINKLER, R.; TORVES, J.; VENTURIN, L. Características químicas e avaliação microbiológica de diferentes fases de maturação do biofertilizante Bokashi. **Revista Agrarian**. Dourados, v. 4, n. 12, p. 146-151, 2011. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1136>. Acesso em: 29 mar. 2023.

MAGRINI, F. V.; SARTORI, V. C.; VENTURIN, L. Avaliação microbiológica, pH e umidade de diferentes fases de maturação do biofertilizante *Bokashi*. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Recife, v. 4, n. 2, p. 431-435, 2009. Disponível em: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/3413>. Acesso em: 17 mar. 2024.

- 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, 1989. 193 p.
- MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. Importância da Micorriza Arbuscular para o Cultivo da Soja na Região do Cerrado. **Comunicado técnico Embrapa Cerrados**. Planaltina, n. 75, 2002. p. 1-3.
- OLIVEIRA, A. K. M.; PINA, J. C.; MATIAS, R. Crescimento e fitoquímica das folhas de *Basella alba* L., uma olerícola não convencional, em diferentes substratos. **Revista Vivências**, Erechim, v. 18, n. 37, p. 319-336, 2022. <https://doi.org/10.31512/vivencias.v18i37.620>
- OLIVEIRA, M. C.; VIEIRA NETO, J.; OLIVEIRA, R. S.; PIO, R.; OLIVEIRA, N. C.; RAMOS, J. D. Enraizamento de estacas de duas cultivares de Oliveira submetidas à aplicação de diferentes fertilizantes. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 99-103, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000100014>
- OLIVEIRA, R. C.; SBARDELOTTO, J. M. Nodulação em diferentes variedades de feijão inoculadas com *Rhizobium tropici*. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 4, n. 2, p. 46-52, 2011. Disponível em: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/335>. Acesso em: 17 mar. 2024.
- PEI-SHENG, Y.; HUI-LIAN, X. Influence of Bokashi on nodulation, physiological characters and yield of peanut in nature farming fields. **Journal of Sustainable Agriculture**, London, v. 19, n. 4, 105-112, 2008. https://doi.org/10.1300/J064v19n04_10
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 12. ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 1985. 467 p.
- PINTO, D. F. P. **Composto bokashi com inóculo nativo e comercial, farinha de penas e a disponibilidade de nitrogênio e fósforo**. 2018. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciências) — Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- PINTO, D. F. P.; SCOTTON, J. C.; CAMPOS, A. A. B.; BOTELHO, R. C.; COSTA, W. L. F. Desempenho da *Crotalaria juncea* na entressafra de milho orgânico e convencional. **Cadernos de Agroecologia**, Recife, v. 10, n. 3, p. 1-5, 2015. Disponível em: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/18390>. Acesso em: 17 mar. 2024.
- PRIETO, C. A.; ALVAREZ, J. W. R.; FIGUEREDO, J. C. K.; TRINIDAD, S. A. Bioestimulante, biofertilizante e inoculação de sementes no crescimento e produtividade da soja. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 4, n. 2, p. 1-8, 2017. <https://doi.org/10.32404/rean.v4i2.1167>
- SALTON, J. C.; TOMAZI, M. Sistema radicular de plantas e qualidade do solo. **Comunicado Técnico Embrapa Agropecuária Oeste**. Dourados, n. 198, 2014. p. 1-6.

SILVA, N. V. E.; STAMFORD, P. N.; BARRETO, S. C. M.; OLIVEIRA, S. W.; MORAES, C. L. R.; FIGUEIREDO, B. V. M.; Rizóbios e fungo micorrízico arbuscular inoculados em leucena com aplicação de biofertilizantes PK, mais enxofre e *Acidithiobacillus*. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife, v. 17, n. 1, p. 66-72, 2012. <https://doi.org/10.4322/pap.2012.012>

SILVA, T. S. P.; COELHO, R. B.; CHISTO, B. F.; SILVA, D. M. N.; QUARESMA, M. A. L.; OLIVEIRA, F. L. Eficiência agrônômica dos rizóbios SEMIA 6156, F 3 (4), F 2 (1), F2 - 2B, CPAC-B10 em feijão de porco. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 5, n. 1, 2015. <https://doi.org/10.21206/rbas.v5i1.249>

SOUZA, L. A. Fertilizantes químicos e poluição. **Portal UOL**, São Paulo, SP, 2023. Mundo Educação. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/fertilizantes-quimicos-poluicao.htm>. Acesso em: 26 set. 2023.

TECCHIO, M. A.; PAIOLI-PIRES, E. J.; TERRA, M. M.; GRASSI FILHO, H.; CORRÊA, J. C.; VIEIRA, C. R. Y. I. Correlação entre a produtividade e os resultados de análise foliar e de solo em vinhedos de Niagara Rosada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, 1056-1064, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000600002>

TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. **Journal of Ecology**, Malden, v. 63, n. 3, 995-1001, 1975. <https://doi.org/10.2307/2258617>

VALDERRAMA, J. C. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorous in natural Waters. **Marine Chemistry**, Amsterdam, v. 10, n. 2, p. 109-222, 1981. [https://doi.org/10.1016/0304-4203\(81\)90027-X](https://doi.org/10.1016/0304-4203(81)90027-X)