

Bioativador de solo e planta e adubação fosfatada nas características de rendimento da cultura da soja

Soil and plant bioactivator and phosphate fertilization on soybean yield characteristics

Bioactivador de suelos y plantas y fertilización fosfatada sobre las características del rendimiento de la soja

Recebido: 16/08/2022 | Revisado: 23/08/2022 | Aceito: 24/08/2022 | Publicado: 01/09/2022

Kleycianne Ribeiro Marques

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8559-1641>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: kleycianne_marques@outlook.com

Natan Angelo Seraglio

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1364-6962>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: seraglio@iastate.edu

Jânio Milhomens Pimentel Junior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4782-7585>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: janiomilhomens@gmail.com

Pedro Lucca Reis Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5918-4073>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: pedrolucca147@gmail.com

Wagner Augusto Rauber

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2517-124X>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: wrauber@hotmail.com

Paulo Henrique Cavazzini

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0277-9332>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: paulo_cavazzini@hotmail.com

Rodrigo Ribeiro Fidelis

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7306-2662>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: fidelisrr@mail.uft.edu.br

Resumo

Os bioativadores podem proporcionar maior disponibilidade de P às plantas. O objetivo deste estudo foi avaliar a resposta da utilização de bioativador de solo e planta e adubação fosfatada nas características de rendimento da soja. O delineamento foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial (5x6), sendo o primeiro fator constituído pela combinação de doses de superfosfato triplo mais as doses do bioativador do solo (100% de SFT com 0% de BS; 75% de SFT com 25% de BS; 50% de SFT com 50% de BS; 25% de SFT com 75% de BS e 0% de SFT com 100% de BS) e o segundo fator constituído de 6 doses do bioativador de planta (0, 75, 150, 225, 300 e 375 g ha⁻¹). A fonte de adubação fosfatada foi o superfosfato triplo. O bioativador de solo foi aplicado 10 dias antes da semeadura. Nos estádios V4 e R1 foi aplicado o bioativador de planta. As características avaliadas foram: número de grãos por vagem, número de vagens por planta, altura de planta, altura de inserção de primeira vagem, massa de mil grãos e produtividade de grãos. Não foram constatadas respostas satisfatórias da utilização de bioativador foliar em plantas de soja. A utilização de 100% do super fosfato triplo compôs sempre o grupo estatístico de melhores médias para as características altura de inserção de primeira vagem, número de vagem por planta, número de grãos por vagem, massa de mil grãos e produtividade de grãos. A utilização de bioativador de solo pode contribuir para a redução das doses de P mineral visando otimizar os custos de produção da cultura.

Palavras-chave: Fósforo; Bioativação; *Glycine max*; Cerrado.

Abstract

Bioactivators can provide greater P availability to plants. The objective of this study was to evaluate the response of the use of soil and plant bioactivator and phosphate fertilization on soybean yield characteristics. The design was in randomized blocks, with four replications, in a factorial scheme (5x6), being the first factor constituted by the combination of doses of triple superphosphate plus doses of the soil bioactivator (100% SFT with 0% BS; 75% of

SFT with 25% BS; 50% of SFT with 50% of BS; 25% of SFT with 75% of BS and 0% of SFT with 100% of BS) and the second factor constituted of 6 doses of the plant bioactivator (0, 75, 150, 225, 300 and 375 g ha⁻¹). The source of phosphate fertilizer was triple superphosphate. The soil bioactivator was applied 10 days before sowing. In the V4 and R1 stages, the plant bioactivator was applied. The characteristics evaluated were: number of grains per pod, number of pods per plant, plant height, height of insertion of the first pod, thousand grain weight and grain yield. There were no satisfactory responses to the use of foliar bioactivator in soybean plants. The use of 100% of the triple super phosphate was always the statistical group with the best means for the characteristics of height of insertion of the first pod, number of pods per plant, number of grains per pod, weight of one thousand grains and grain yield. The use of soil bioactivator can contribute to the reduction of mineral P doses in order to optimize crop production costs.

Keywords: Phosphorus; Bioactivation; *Glycine max*; Cerrado.

Resumen

Los bioactivadores pueden proporcionar una mayor disponibilidad de P a las plantas. El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta del uso de bioactivadores de suelo y plantas y la fertilización fosfatada sobre las características del rendimiento de la soja. El diseño fue en bloques al azar, con cuatro repeticiones, en esquema factorial (5x6), siendo el primer factor constituido por la combinación de dosis de triple superfosfato más dosis del bioactivador de suelo (100% SFT con 0% BS; 75% de SFT con 25% BS; 50% de SFT con 50% de BS; 25% de SFT con 75% de BS y 0% de SFT con 100% de BS) y el segundo factor constituido por 6 dosis del bioactivador vegetal (0, 75, 150, 225, 300 y 375 g ha⁻¹). La fuente de fertilizante fosfatado fue superfosfato triple. El bioactivador de suelo se aplicó 10 días antes de la siembra. En las etapas V4 y R1 se aplicó el bioactivador vegetal. Las características evaluadas fueron: número de granos por vaina, número de vainas por planta, altura de planta, altura de inserción de la primera vaina, peso de mil granos y rendimiento de grano. No hubo respuestas satisfactorias al uso de bioactivador foliar en plantas de soja. El uso del 100% de superfosfato triple siempre fue el grupo estadístico con mejores promedios para las características de altura de inserción de la primera vaina, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de mil granos y rendimiento de grano. El uso de bioactivadores de suelo puede contribuir a la reducción de las dosis de P mineral para optimizar los costos de producción de los cultivos.

Palabras clave: Fósforo; Bioactivación; *Glycine max*; Cerrado.

1. Introdução

Atualmente o Brasil se destaca no cenário mundial como um dos líderes na produção e exportação de produtos agropecuários, dentre eles, a soja (*Glycine max* L.). De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab 2022), o país deverá produzir cerca de 140,5 milhões de toneladas de soja, com produtividade média de 3.478 kg ha⁻¹, representando aumento de 2,3% em relação à safra anterior.

A rápida expansão agrícola do bioma Cerrado fez desenvolver a região conhecida como MATOPIBA, que compreende os Estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia e já respondem por aproximadamente 12% da produção nacional. Nos últimos quatro anos, somente o estado do Tocantins expandiu sua área plantada em 16,6%, registrando aumento de 21,3% da produção neste período, com produtividade média de 3.151 kg ha⁻¹ (Conab 2022).

O cultivo de soja no Cerrado brasileiro ocorre predominantemente em solos que, sob condições naturais, são caracterizados por limitações químicas ao desenvolvimento de plantas. Destas limitações a deficiência de fósforo (P) é uma das que mais eleva os custos de produção da cultura, já que os solos apresentam grande adsorção, preferencialmente em formas pouco reversíveis, fazendo-se necessária a suplementação com elevadas doses de fertilizantes fosfatados para que se consiga nutrir adequadamente a demanda da cultura (Gama et al., 2020; Moura et al., 2015; Novais e Smyth, 1999).

No solo, o P apresenta baixa mobilidade e se encontra basicamente na forma orgânica (Po) e na fração inorgânica (Pi), representada principalmente pelo fosfato (H₂PO₄⁻), que é a forma predominante na solução do solo e assimilável pelas plantas e microrganismos. A baixa mobilidade e alta tendência à adsorção em óxidos de Fe e Al torna o P deficiente na maioria dos solos brasileiros (Cardoso e Andreote, 2016).

Na planta, o P desempenha papel essencial, já que está associado a processos de produção de energia (ATP), fotossíntese e respiração, além de participar da síntese e composição de ácidos nucleicos, membrana celular, reações de oxido-redução, ativação e inativação de enzimas, entre outras (Li et al., 2017; Taiz et al., 2017; Hisinger, 2001).

Apontado como um elemento finito e caracteristicamente sedimentar, o fósforo tende a ser estabilizado no solo, não apresentando mudança de estado de oxidação ou formas gasosas na atmosfera. Desperta constantemente novos estudos sobre sua dinâmica no solo e associação com sistemas de manejo eficientes em produção e decomposição de resíduos, de forma a incrementar produtividade das culturas e reduzir o uso de fertilizantes fosfatados (Cardoso e Andreote 2016).

O desenvolvimento de tecnologias que proporcionem maior disponibilidade de P para plantas pode levar a redução da quantidade de adubos fosfatados aplicados ao solo, trazendo vantagens econômicas e ambientais, uma vez que estes fertilizantes são produzidos a partir de reservas minerais de caráter não renovável. Uma tecnologia que vem se desenvolvendo para melhorar a eficiência nutricional das plantas é a bioativação, que tem como função promover o aumento da atividade biológica dos solos e da planta, promovendo um equilíbrio biológico (Junqueira et al., 2017; Binsfeld et al., 2014).

A bioativação fundamenta-se no processo de energização do veículo (bentonita ou carbonato de cálcio), o que pode ser obtido através de ondas eletromagnéticas em espectro reduzido. Tal carga energética atua na indução da atividade biológica observada naturalmente nos sistemas solo-planta, planta-atmosfera e/ou solo-micro-organismos, atuando como um bioativador da atividade biológica no solo (Nava e Gris, 2014). Produtos que apresentam esta tecnologia podem gerar inúmeros benefícios, sendo a possibilidade de redução de adubação um deles, além de ajudar a planta a ter maior resistência a doenças, melhor eficiência na capacidade de absorver nutrientes do solo, auxiliar no equilíbrio do agrossistema, bem como, promover a biodiversidade dos solos, para que haja maior desempenho da produção agrícola e menor dependência de insumos externos (Rissato et al., 2020; Vieira et al., 2015).

Em trabalhos desenvolvidos por Antonioli e Jacques (2014), com uso de bioativador Pengergetic® na micorrização e nodulação das raízes de soja, constatou-se maior número de esporos micorrízicos no solo e maior porcentagem de micorrização no período de florescimento da soja, com efeito, mais evidente na ausência da adubação de fósforo e potássio. Marques et al. (2022), observaram que o uso de bioativador promoveu alterações nas frações da matéria orgânica e na biomassa microbiana do solo, com maiores médias de carbono da biomassa microbiana do solo, respiração basal do solo, quociente metabólico, ácido húmico e humina. Diante disso, objetivou-se com este estudo avaliar a resposta da utilização de bioativador de solo e planta e adubação fosfatada nas características de rendimento da soja.

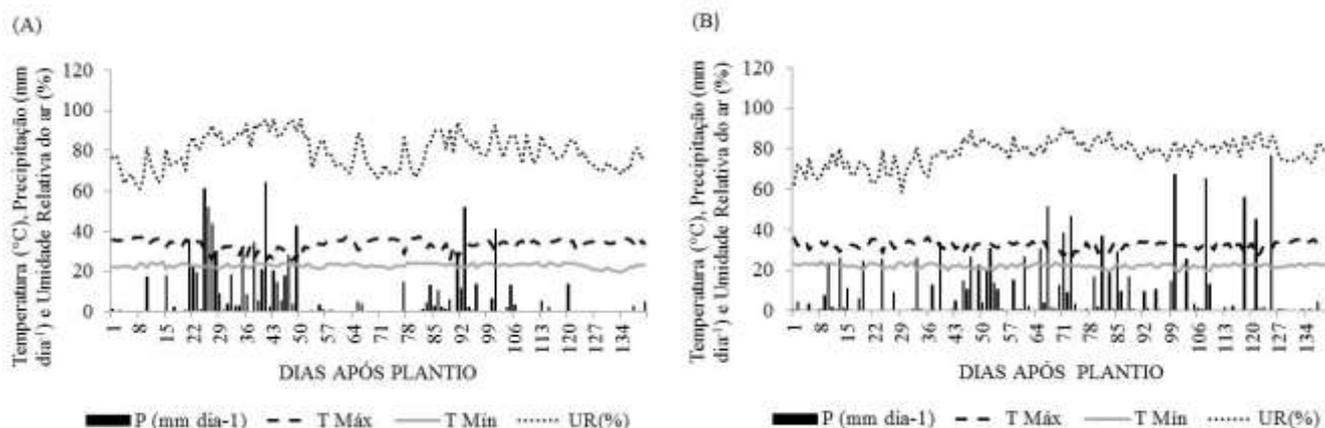
2. Metodologia

2.1 Descrição do local experimental e dados climáticos

O experimento foi conduzido no sul do Estado do Tocantins, na estação experimental da Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi, localizada a latitude de 11° 43' 45" S e longitude de 49° 04' 07" W, a 276 m de altitude. O clima da região é do tipo Aw- tropical úmido, com estação seca de inverno, apresentando temperatura média anual de 26,1 °C (Köppen, 1948). Os dados climáticos referentes aos períodos de condução dos experimentos encontram-se na Figura 1.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, profundo, ácido e de textura franco-arenosa (Embrapa, 2018). A análise físico-química do solo na camada de 0-20 cm, coletada antes da instalação do experimento na safra 2015/2016, mostrou os seguintes resultados: $\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)} = 5,0$; $\text{P}_{(\text{meh})} = 39,7 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{K} = 0,23 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 1,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 0,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{H+Al} = 2,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Al}^{3+} = 0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{SB} = 2,73 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{V} = 58\%$; $\text{M.O.} = 1,6 \%$; areia = 75,2 dag kg^{-1} ; silte = 5,0 dag kg^{-1} e argila = 19,8 dag kg^{-1} . Na safra 2016/2017 os resultados da análise de solo foram: $\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)} = 5,2$; $\text{P}_{(\text{meh})} = 14,9 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{K} = 0,16 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 1,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 0,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{H+Al} = 2,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Al}^{3+} = 0,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{SB} = 2,56 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{V} = 54\%$; $\text{M.O.} = 1,2 \%$; areia = 75,2 dag kg^{-1} ; silte = 5,0 dag kg^{-1} e argila = 19,8 dag kg^{-1} .

Figura 1. Valores médios diários de temperaturas máxima e mínima (°C), total diário de precipitação pluvial (mm dia⁻¹) e valores médios diários da umidade relativa do ar (%) ocorridos durante a safra 2015/2016 (A) e 2016/2017 (B) em Gurupi-TO.



Fonte: Autores.

2.2 Desenho experimental e tratamentos

O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial 5x6, sendo o primeiro fator constituído pela combinação de doses de superfosfato triplo (SFT) mais as doses do bioativador do solo (BS) (100% de SFT com 0% de BS; 75% de SFT com 25% de BS; 50% de SFT com 50% de BS; 25% de SFT com 75% de BS e 0% de SFT com 100% de BS) e o segundo fator constituído de 6 doses do bioativador de planta (0, 75, 150, 225, 300 e 375 g ha⁻¹). Neste estudo considerou-se como tratamento padrão o 100% SFT, com a dosagem de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, descontando o P disponível na solução do solo, pelo fato de ser a recomendação padrão para a cultura em toda região e 300 g ha⁻¹ considerado como 100% para o bioativador de solo.

A cultivar de soja utilizada foi TMG 1288 RR, de ciclo tardio, semeada na safra 2015/2016, com população final de oito plantas por metro linear. As sementes foram tratadas com inseticida e fungicida, utilizando produto comercial a base de Piraclostrobina, Tiofanato metílico e Fipronil, na dose de 0,2 L p.c. por 100 kg de sementes. As sementes foram inoculadas antes da semeadura com estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*, utilizando inoculante turfoso na proporção de 200 g para 50 kg de sementes.

A parcela experimental foi constituída por quatro linhas de cinco metros espaçadas entre si por 0,45 m, sendo considerada área útil as duas fileiras centrais, desprezando-se 0,5 m de cada extremidade. A adubação fosfatada foi realizada no sulco, usando como fonte de P₂O₅ o superfosfato triplo (SFT - 41% P₂O₅) no momento da semeadura. Para a adubação potássica foi aplicado 100 kg ha⁻¹ de K₂O, utilizando-se como fonte o cloreto de potássio (58% K₂O), sendo a metade aplicada no momento da semeadura e a outra metade aos 30 dias após a emergência (DAE).

O bioativador de solo foi aplicado 10 dias antes da semeadura. Nos estádios V4 e R1 foi aplicado o bioativador de planta. Os bioativadores utilizados são produtos comerciais a base de bentonita em pó e carbonato de cálcio, sendo aplicado no solo e na planta, respectivamente.

Os tratos culturais foram efetuados mediante aplicações de inseticidas, fungicidas e herbicidas de acordo com a necessidade da cultura.

2.3 Amostragem e mensuração de dados

As características avaliadas foram:

Número de grãos por vagem - obtidas por meio da contagem dos grãos das vagens das dez plantas e divididas pela quantidade de plantas;

Número de vagens por planta - obtida por meio das dez plantas da área útil;

Altura de planta - distância, em cm, medida a partir da superfície do solo até a extremidade da haste principal da planta, obtida por meio de dez plantas da área útil;

Altura de inserção de primeira vagem - distância, em cm, medida a partir da superfície do solo a primeira vagem, obtida das dez plantas da área útil;

Massa de mil grãos - determinada pela contagem e pela pesagem de uma amostra de mil grãos sadios por cada unidade experimental;

Produtividade de grãos - obtida após a colheita, debulha e pesagem dos grãos, corrigindo para 13% de umidade e convertido para kg ha^{-1} .

2.4 Análises de dados

As doses de máxima eficiência técnica foram obtidas derivando-se e igualando a zero as funções quadráticas das características que apresentaram efeitos significativos para as variáveis quantitativas. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância. As médias das combinações (SFT+BS) foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os efeitos das doses do bioativador de planta foram avaliados mediante análise de regressão utilizando o aplicativo computacional SISVAR (Ferreira, 2011).

3. Resultados

3.1 Bioativador de solo e planta nas características de rendimento da soja

Os resultados da análise de variância são apresentados na Tabela 1, onde se verifica na safra 2015/2016, efeito significativo da interação para as características altura de planta e massa de mil grãos, evidenciando a dependência dos fatores, sendo, portanto, realizado o desdobramento de um fator dentro do outro. Observa-se ainda para o fator que envolve combinações de bioativador de solo (BS) com superfosfato triplo (SFT), efeitos significativos para as características altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, número de grãos por vagem, massa de mil grãos e produtividade de grãos. Na safra 2016/2017, observou-se efeito significativo da interação para as características altura de planta, número de vagem por planta, número de grãos por vagem e produtividade. Observa-se ainda para o fator que envolve combinações de bioativador de solo (BS) com superfosfato triplo (SFT), efeitos significativos para as características número de vagem por planta, número de grãos por vagem e produtividade (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para altura da planta (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), número de vagem por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de mil grãos (M1000G) e produtividade de grãos (PROD) de soja com cinco combinações de bioativador de solo (BS) + super fosfato triplo (SFT) e seis doses de bioativador de planta (BP) em Gurupi-TO, safras 2015/2016 e 2016/2017. Gurupi, TO, 2017.

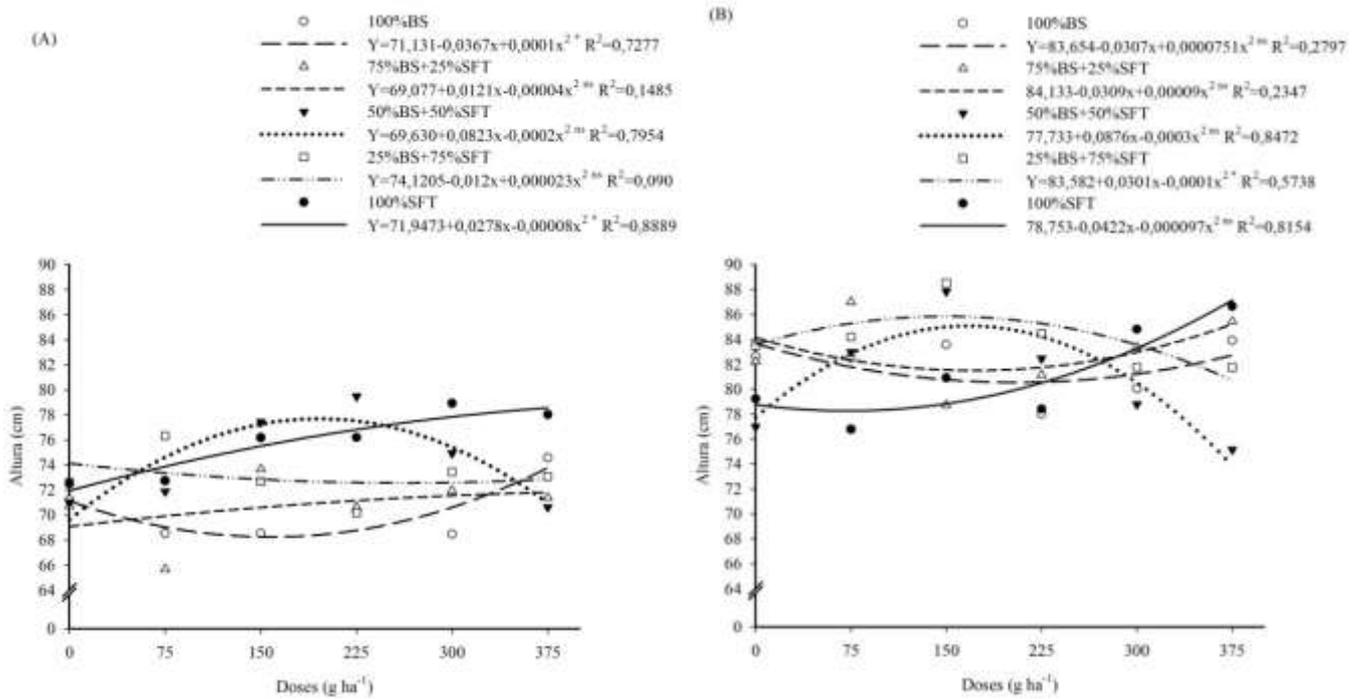
Quadrado Médio							
Safrá 2015/2016							
FV	GL	AP	AIPV	NVP	NGV	M1000G	PROD
BLOCO	3	100,20	1,77	95,04	0,31	20,12	46908,13
COMBINAÇÕES (C)	4	153,71*	4,61*	43,27 ^{ns}	0,23*	119,71*	412894,64**
DOSES (D)	5	22,06 ^{ns}	3,60 ^{ns}	116,82 ^{ns}	0,18 ^{ns}	100,45 ^{ns}	229280,46 ^{ns}
C x D	20	33,06*	1,39 ^{ns}	121,82 ^{ns}	0,10 ^{ns}	245,91**	145555,55 ^{ns}
RESÍDUO	87	19,46	1,66	120,20	0,09	24,08	116433,34
CV (%)		6,07	8,29	16,13	14,05	3,68	14,58
Média Geral		72,66	15,55	67,96	2,17	133,31	2340,06
Safrá 2016/2017							
BLOCO	3	395,14	3,21	51,76	0,063	82,12	61620,36
COMBINAÇÕES (C)	4	192,22 ^{ns}	3,28 ^{ns}	989,00**	0,14**	30,63 ^{ns}	98711,54*
DOSES (D)	5	129,23 ^{ns}	2,12 ^{ns}	173,32**	0,082*	160,67 ^{ns}	259728,66**
C x D	20	50,10*	1,45 ^{ns}	339,58**	0,057**	114,22 ^{ns}	149605,46**
RESÍDUO	87	1951,31	2,21	52,79	0,02	85,73	34936,83
CV (%)		5,77	9,54	10,9	6,3	7,59	5,36
Média Geral		82,146	15,587	66,679	2,187	121,956	3489,209

^{ns} não significativo; ** significativo para $P \leq 0,01$; * significativo para $P \leq 0,05$ pelo teste F. Fonte: Autores.

3.2 Influência de bioativador de planta e combinações de super fosfato triplo + bioativador de solo sobre os atributos produtivos

Quanto à altura de planta, observa-se que houve resposta quadrática em função da aplicação de doses crescentes do bioativador foliar (Figura 2). Foram observadas diferenças significativas na safra 2015/2016 apenas para as combinações 100%BS e 100%SFT. Entretanto, observa-se, que onde foi utilizado apenas o bioativador de solo, houve redução da altura de planta com o uso de doses crescentes do bioativador de planta, já que a menor altura (67,94 cm) foi verificada na dose de 183,5 g ha⁻¹. Com a utilização de 100% de SFT a altura máxima (74,37 cm) foi observada na dose de 173,75 g ha⁻¹. Já na safra 2016/2017, apenas a combinação 25%BS+75%SFT foi significativa ao nível de 5% de probabilidade, sendo 150,5 g ha⁻¹ a dose de máxima eficiência, apresentando altura de 85,84 cm.

Figura 2. Altura de plantas de soja em função de seis doses de bioativador de planta e combinações de super fosfato triplo + bioativador de solo, em Gurupi-TO, safra 2015/2016 (A) e 2016/2017 (B). Gurupi, TO, 2017.



Fonte: Autores.

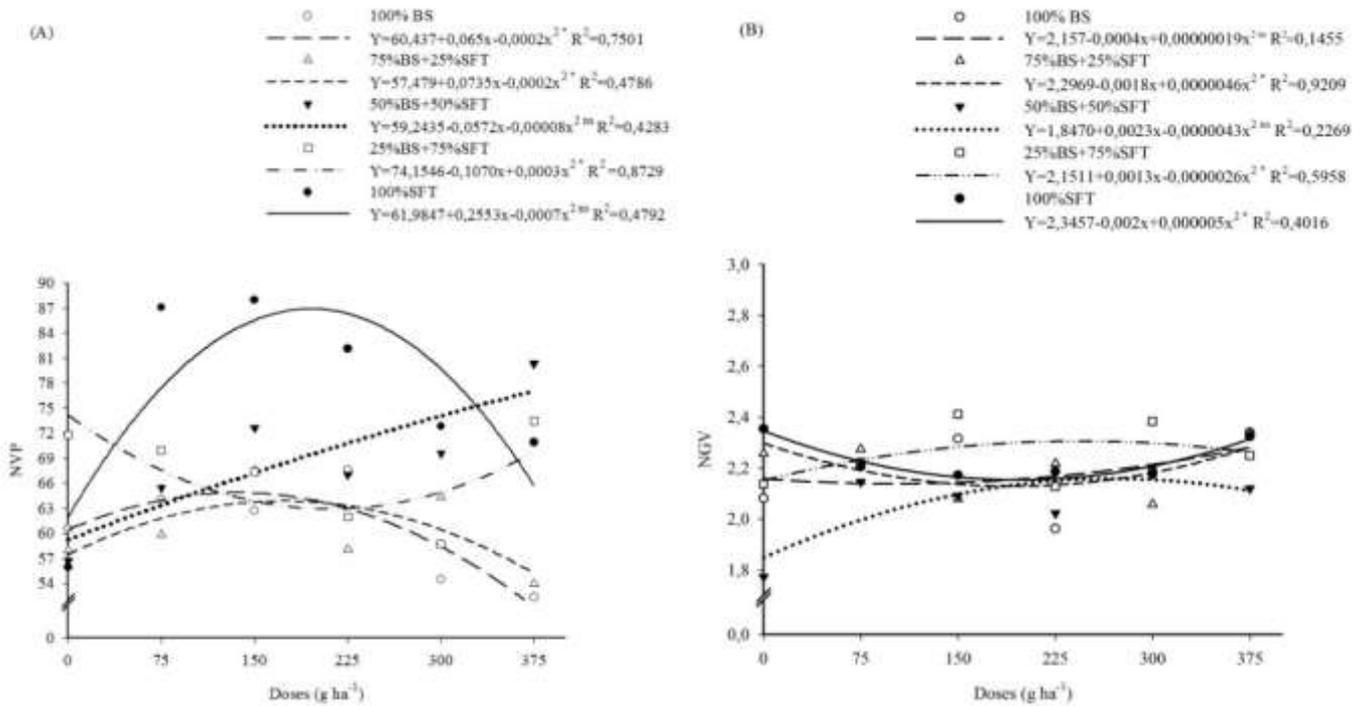
Para o número de vagens por planta observa-se que houve resposta em função da aplicação de doses crescentes do bioativador foliar. Foram observadas diferenças significativas em todas as combinações avaliadas, exceto nas combinações 50%BS+50%SFT e 100% SFT (Figura 3A). Os maiores valores de NVP foram 65,72; 64,23 e 85,26 nas doses de 162,5; 183,75 e 182,36 g ha⁻¹, respectivamente, para as combinações 100%BS, 75%BS+25%SFT e 100%SFT, respectivamente.

Para a característica número de grão por vagem (NGV) foram observadas diferenças significativas nas combinações 75%BS+25%SFT e 25%BS+75%SFT (Figura 3B). As doses que promoveram os maiores valores de NGV foram 195,65 (2,12) e 250 (2,31) g ha⁻¹ para 75%BS+25%SFT e 25%BS+75%SFT, respectivamente (Figura 3B).

Em relação à massa de mil grãos (M1000G), observaram-se respostas quadráticas para as combinações 75%BS+25%SFT, 25%BS+75%SFT e 100%SFT (Figura 4A). O maior valor encontrado para essa característica na combinação 75%BS+25%SFT foi de 145,27 g na dose de 242,12 g ha⁻¹, já para 25%BS+75%SFT a maior massa (141,37) foi observada na dose de 280,17 g ha⁻¹. Houve redução da massa de mil grãos com doses crescentes de bioativador de plantas quando foi utilizada 100% da adubação fosfatada, sendo a dose de 330,25 g ha⁻¹ a que promoveu a menor massa (124,71 g).

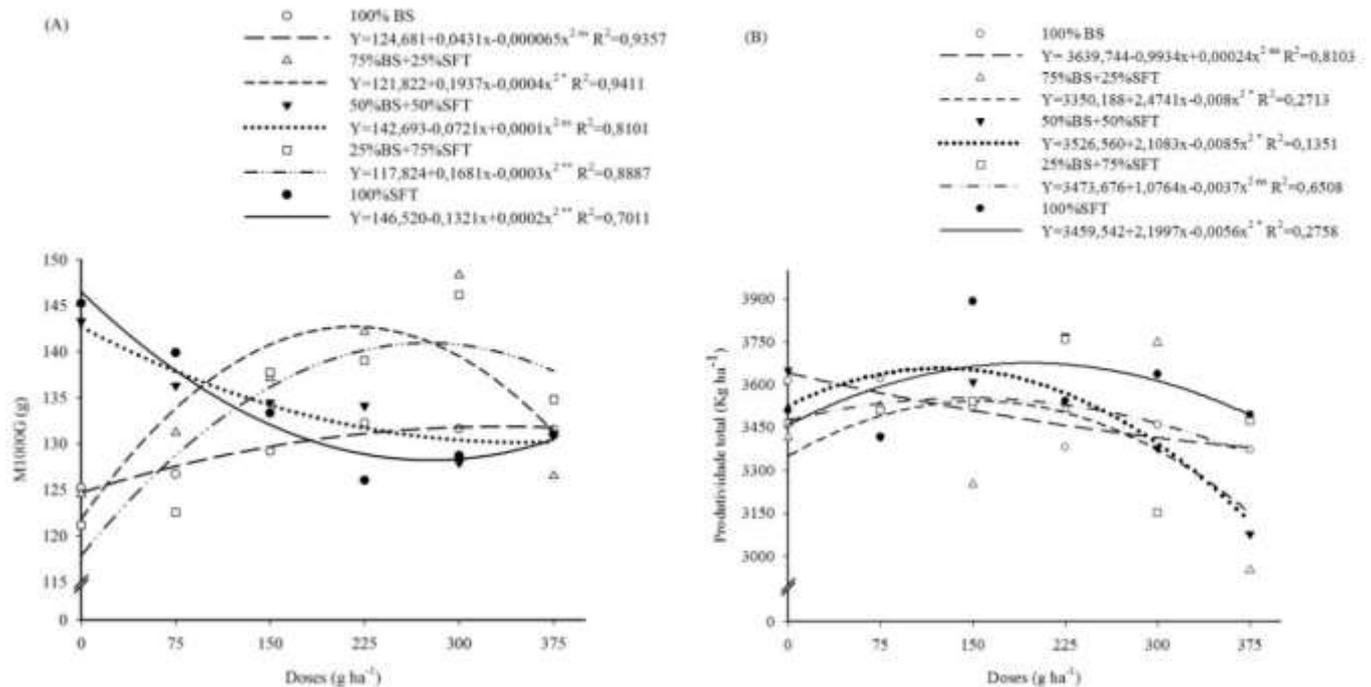
De acordo com a produtividade, foram responsivas as combinações 75%BS+25%SFT, 50%BS+50%SFT e 100%SFT, onde as doses que obtiveram máximas respostas foram 154,63 g ha⁻¹, 124,02 g ha⁻¹ e 196,40 g ha⁻¹, respectivamente, sendo encontradas as produtividades de 3541,47 kg ha⁻¹, 3657,29 kg ha⁻¹ e 3675,55 kg ha⁻¹ para as combinações 75%BS+25%SFT, 50%BS+50%SFT e 100%SFT, respectivamente (Figura 4B).

Figura 3. Número de vagem por planta (A) e número de grãos por vagem (B) de soja em função de seis doses de bioativador de planta e combinações de super fosfato triplo + bioativador de solo, em Gurupi-TO, safra 2016/2017.



Fonte: Autores.

Figura 4. Massa de mil grãos (A) e Produtividade (B) de plantas de soja em função de seis doses de bioativador de planta e combinações de super fosfato triplo + bioativador de solo, em Gurupi-TO, safras 2015/2016 e 2016/2017, respectivamente.



Fonte: Autores.

3.3 Efeitos das doses de bioativador de planta sobre os componentes de rendimento da soja

Em relação ao desdobramento das combinações dentro de cada dose de bioativador de planta, observou-se que a ausência ou a menor dose do bioativador foliar não influenciou na altura das plantas em todas as combinações avaliadas, e que, combinações que contém acima de 50% de superfosfato triplo resultaram em maiores médias de altura para a maioria das combinações, já que compuseram sempre o grupo estatístico de maiores médias na safra 2015/2016 (Tabela 2).

A fonte do adubo mineral resultou em maiores médias quando comparado às misturas e ao bioativador de solo puro na maioria das doses de bioativador de plantas. Já na safra 2016/2017, observou-se que a ausência e as doses de 225 e 300 g ha⁻¹ do bioativador foliar não influenciaram na altura de plantas (Tabela 2).

Tabela 2. Médias das características altura de plantas com seis doses de bioativador foliar (BF) em soja, cultivar TMG 1288 RR. Gurupi, Tocantins, safra 2015/2016 e 2016/2017.

Combinações	Altura de plantas (cm)						Média geral
	2015/2016						
	Doses de bioativador (g ha ⁻¹)						
	0	75	150	225	300	375	
100%BS	68,5 a	67,1 a	68,5 b	68,5 b	69,2 b	70,3 ab	68,7
75%BS+25%SFT	70,6 a	70,7 a	73,7 ab	71,9 ab	71,4 ab	65,7 b	70,7
50%BS+50%SFT	71,9 a	74,9 a	77,4 a	79,5 a	71,0 ab	70,6 ab	74,2
25%BS+75%SFT	70,2 a	72,6 a	72,7 ab	73,1 ab	76,3 ab	73,4 ab	73,1
100%SFT	72,5 a	72,7 a	76,2 ab	76,2 ab	78,9 a	78,0 a	75,8
Média geral	70,7	71,6	73,7	73,8	73,4	71,6	
	2016/2017						
100% BS	82,6 a	82,5 ab	83,6 ab	78,0 a	80,0 a	83,9 ab	81,8
75%BS+25%SFT	82,2 a	87,0 a	78,7 b	81,1 a	83,4 a	85,4 a	83,0
50%BS+50%SFT	77,0 a	83,0 ab	87,8 ab	82,4 a	78,8 a	75,1 b	80,7
25%BS+75%SFT	83,5 a	84,2 ab	88,5 a	84,5 a	81,7 a	81,7 ab	84,0
100%SFT	79,2 a	76,8 b	80,9 ab	78,4 a	84,8 a	86,6 a	81,1
Média Geral	80,9	82,7	83,9	80,9	81,7	82,57	

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05). Fonte: Autores.

Para o desdobramento das combinações dentro de cada dose de bioativador de planta (Tabela 3), observa-se aumento na média da massa de mil grãos a partir da dose de 75 g ha⁻¹ do bioativador de planta, mesmo assim, não foi observado um padrão de resposta em relação a aplicação do produto. Vale ressaltar que o coeficiente de variação para esta característica foi baixo, mostrando uma grande precisão na condução do experimento. Quanto ao número de vagem por planta, a ausência do bioativador foliar resultou em menor média para a característica avaliada, em contrapartida, as doses crescentes do bioativador de planta combinadas com doses que receberam a partir de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅, foram os grupos que apresentaram, na sua maioria, as maiores médias em todas as doses avaliadas (Tabela 3). Médias estas, que estão dentro da faixa proposta por Sedyama (2016), onde afirma que as cultivares nacionais de soja devem apresentar de 30 a 80 vagens por planta para gerar alta produtividade.

Tabela 3. Médias da característica massa mil grãos (safra 2015/2016) e número de vagem por planta (safra 2016/2017) com seis doses de bioativador foliar (BF) em soja, cultivar TMG 1288 RR. Gurupi, Tocantins, 2017.

Combinações	Massa de mil grãos (g)						Média geral		
	Doses (g ha ⁻¹)								
	0	75	150	225	300	375			
100% BS	125,2 b	126,7 bc	129,2 a	132,3 c	131,6 b	131,5 a	129,4		
75%BS+25%SFT	124,5 b	131,2 abc	137,1 a	142,1 a	148,3 a	126,5 a	135,0		
50%BS+50%SFT	143,3 a	136,3 ab	134,5 a	134,1 abc	127,9 b	130,9 a	134,5		
25%BS+75%SFT	121,1 b	122,5 c	137,8 a	139,1 ab	146,2 a	134,8 a	133,6		
100%SFT	145,2 a	139,9 a	133,3 a	126,0 c	128,7 b	131,0 a	134,0		
Média Geral	131,9	131,3	134,4	134,7	136,5	130,9			
Combinações	Número de vagem por planta						Média geral		
	100% BS	60,5 a	64,1 b	62,7 a	67,6 bc	54,5 c		52,3 b	60,3
	75%BS+25%SFT	58,0 a	59,9 b	67,5 a	58,1 c	64,4 abc		54,0 b	60,3
	50%BS+50%SFT	61,1 a	60,9 b	60,3 a	72,6 ab	69,6 ab		84,1 a	68,1
	25%BS+75%SFT	71,2 a	69,9 b	67,7 a	58,7 bc	74,6 a		73,5 a	69,4
	100%SFT	61,6 a	96,2 a	70,9 a	82,1 a	58,6 bc		82,4 a	75,3
	Média geral	62,6	70,2	65,8	67,4	64,3		69,2	

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Fonte: Autores.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados de altura de inserção da primeira vagem, número de vagem por planta, número de grãos por vagem, massa de mil grãos e produtividade de grãos, nas diferentes combinações. Foram observadas diferenças significativas, na safra 2015/2016, para as características altura de inserção da primeira vagem, número de grãos por vagem, massa de mil grãos e produtividade de grãos. Já na safra 2016/2017 foram observadas diferenças significativas para as características número de vagem por planta, número de grãos por vagem e produtividade (Tabela 4).

Quanto ao desdobramento das combinações dentro de cada dose de bioativador de planta, observa-se aumento na média de número de grãos por vagem, exceto para a combinação 50%BS+50%SFT, não sendo possível observar um padrão de comportamento para a utilização do bioativador. Para a característica produtividade combinações que apresentam mais de 50% de P₂O₅ apresentaram, na maioria das vezes, maiores médias em todas as doses de bioativador (Tabela 5).

4. Discussão

4.1 Influência de bioativador de planta e combinações de super fosfato triplo + bioativador de solo sobre os atributos produtivos

De acordo com Trevizan e Smiderle Junior (2016), a utilização dos bioativadores serve como alternativa para potencializar a aplicação de fertilizantes, entretanto, mesmo com a suplementação da adubação mineral foi observada uma pequena variação na característica altura de planta (Figura 2). Visto que na safra 2015/2016 o acréscimo em relação as plantas que não receberam a aplicação do produto via foliar foi de 4,6 e 2,5% para as combinações 100% BS e 100% SFT, respectivamente e na safra 2016/2017 o acréscimo foi de 2,4%.

Segundo Oliveira et al. (2021), bioativadores de plantas atuam no crescimento vegetal, o que não foi observado no presente trabalho, pois mesmo sem a utilização do bioativador de plantas, os valores de alturas encontrados neste experimento ficaram dentro do recomendado por Sedyama et al. (2005), que relataram que a altura mínima desejável para a colheita

mecanizada em solos de topografia plana está em torno de 50 a 60 cm. Reforçados com os estudos de Pitol e Broch (2012), que estabelecem como altura ideal plantas entre 60 a 80 cm.

Tabela 4. Médias de altura de inserção de primeira vagem (AIPV), número de vagem por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de mil grãos (M1000G) e produtividade (PROD) de soja, cultivar TMG 1288 RR. Gurupi, Tocantins, 2015/2016 e 2016/2017.

Safrá 2015/2016					
Combinações	AIPV (cm)	NVP	NGV	M1000G (g)	PROD (kg ha ⁻¹)
100%BS	15,325 ab	67,787 a	2,216 ab	129,421 b	2228,897 b
75%BS+25%SFT	15,183 b	70,346 a	2,023 b	134,975 a	2341,201 ab
50%BS+50%SFT	15,383 ab	67,187 a	2,181 ab	134,517 a	2233,143 b
25%BS+75%SFT	15,546 ab	67,425 a	2,149 ab	133,583 a	2344,861 ab
100%SFT	16,296 a	67,179 a	2,290 a	134,033 a	2552,200 a
Safrá 2016/2017					
100% BS	16,150 a	60,293 c	2,183 a	121,500 a	3494,452 ab
75%BS+25%SFT	15,692 a	60,322 c	2,203 a	121,237 a	3401,119 b
50%BS+50%SFT	15,267 a	68,113 b	2,059 b	123,962 a	3483,579 ab
25%BS+75%SFT	15,580 a	69,361 b	2,254 a	121,604 a	3484,872 ab
100%SFT	15,246 a	75,304 a	2,545 a	121,475 a	3582,012 a

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Conforme estudos de Leite et al. (2016); Dallastra et al. (2014) e Vianna et al. (2013), o número de vagem por planta é a característica que mais contribui para o rendimento de soja. A amplitude de variação do NGV em relação às combinações e o bioativador (Figura 3B), foi baixa, isso pode ter ocorrido pelo fato dessa característica apresentar alta herdabilidade genética, sendo, portanto, pouco influenciada pelo ambiente (Ramalho et al., 2012). Entretanto, em situações ambientais altamente restritivas ao desenvolvimento ideal da cultura, o que não ocorreu no presente estudo, pode ocorrer alterações do NGV (Leite et al., 2017; Schoninger et al., 2015).

A massa de mil grãos é uma característica inerente ao genótipo (Leite et al., 2015; Dawo et al. 2007), ou seja, tende a ser um caractere com alta estabilidade, exceto quando algum estresse ocorre na fase de enchimento de grãos, como por exemplo, a ocorrência de geadas ou veranicos (Anda et al., 2020; Gava et al., 2015; Souza et al., 2010).

A produtividade de grãos não foi afetada pelas doses de bioativador foliar (Figura 4B). Alovisi et al. (2017) estudando a resposta dos bioativos na cultura da soja, observaram que a produtividade não foi influenciada pela adição de bioativos. Entretanto, para o mesmo fator houve resposta significativa ao se analisar os efeitos isolados das combinações. As maiores médias foram observadas quando foi aplicado todo o super fosfato triplo recomendado (Tabela 4). Estes dados não estão de acordo com os encontrados por Cobucci et al. (2015), que estudaram o efeito do bioativador na presença de doses crescentes de P₂O₅ e verificaram as mais altas produtividades do feijoeiro sem fósforo.

Tabela 5. Médias da característica número de grão por vagem e produtividade com seis doses de bioativador foliar em soja, cultivar TMG 1288 RR. Gurupi, Tocantins, safra 2016/2017.

Combinações	Número de grão por vagem						Média Geral		
	Doses (g ha ⁻¹)								
	0	75	150	225	300	375			
100% BS	2,08 b	2,21 a	2,31 ab	1,96 a	2,19 ab	2,34 a	2,18		
75%BS+25%SFT	2,26 ab	2,27 a	2,08 b	2,22 a	2,06 b	2,34 a	2,20		
50%BS+50%SFT	1,77 c	2,15 a	2,09 b	2,02 a	2,20 ab	2,12 a	2,06		
25%BS+75%SFT	2,14 ab	2,21 a	2,41 a	2,13 a	2,34 a	2,25 a	2,25		
100%SFT	2,35 a	2,20 a	2,17 ab	2,19 a	2,17 ab	2,32 a	2,54		
Média Geral	2,12	2,21	2,21	2,10	2,20	2,27			
Combinações	Produtividade (kg ha ⁻¹)						Média Geral		
	100% BS	3613,34 a	3621,26 a	3518,63 b	3381,15 b	3459,62 abc		3372,71 ab	3494,45
	75%BS+25%SFT	3414,67 a	3525,89 a	3252,13 b	3515,80 ab	3748,50 a		2949,73 c	3401,12
	50%BS+50%SFT	3650,73 a	3417,42 a	3610,15 ab	3769,83 a	3376,77 bc		3076,58 bc	3483,58
	25%BS+75%SFT	3467,49 a	3509,64 a	3543,48 ab	3759,74 a	3153,97 c		3474,90 a	3484,87
	100%SFT	3509,66 a	3416,03 a	3891,63 a	3543,74 ab	3636,26 ab		3494,81 a	3582,01
	Média Geral	3531,18	3498,05	3563,20	3594,05	3474,02		3273,75	

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Alguns autores citaram que houve maior disponibilidade de fósforo para as plantas quando se aplicou o bioativador de argila bentonita energizada, possivelmente provenientes dos colóides do solo e ou parte orgânica devido à maior atividade microbiana no solo, conforme relatado por Oliveira et al. (2021) e Souza et al. (2020). Segundo os autores a tecnologia Penergetic proporcionou melhores condições ao desenvolvimento das plantas devido principalmente à melhor absorção de nutrientes como o fósforo. Nesse sentido, os resultados do presente trabalho não permitem inferir que o emprego dos mesmos proporciona melhores condições para o desenvolvimento da cultura e efeito em maior produtividade de grãos, todavia, demonstra a contribuição desta tecnologia em termos de redução de custos do sistema produtivo.

4.2 Efeitos das doses de bioativador de planta sobre os componentes de rendimento da soja

Mesmo com a utilização do bioativador de solo sem a presença da fonte mineral, a planta apresentou menor crescimento quando comparadas com as combinações com o adubo mineral (Tabela 2). Isso já era esperado, pois o fósforo presente na solução do solo somado ao disponibilizado pelo bioativador não foi suficiente para promover o mesmo desenvolvimento da planta, evidenciando assim, que se deve ter cautela na adoção única e exclusiva desta tecnologia, visto que o P é considerado elemento essencial no metabolismo da planta e contribui de forma significativa para o aumento da produtividade (Rheinheimer et al., 2020).

Ressalta-se que, a combinação de pequenas doses de adubo mineral juntamente com o emprego de bioativadores, proporcionam bom desenvolvimento de plantas, evidenciando desta forma que a utilização desta interação pode reduzir a necessidade de reposição por formulações inorgânicas, uma vez que as reações que as cargas eletromagnéticas do produto ocasionam no sistema acabam alterando as formas dos nutrientes que já se encontram no solo, muitas vezes em formas indisponíveis às plantas e aos micro-organismos, biodisponibilizando este nutriente (Woldfaardt & Korber, 2012).

Em relação a massa de mil grãos, observou-se, de maneira geral, que o fornecimento de fósforo contribuiu para o aumento da massa dos grãos, havendo maior massa nos tratamentos que receberam a maior dose de fósforo na semeadura, independentemente da dose do bioativador foliar, mostrando efeito positivo da adubação neste componente (Tabela 3). Para a característica NVP doses acima de 50% de P_2O_5 promoveram os maiores valores, para a maioria das doses de bioativador. De acordo com Gonçalves et al. (2020), o fósforo tem alta influência sobre o pegamento de vagens em plantas de soja, tendo esse nutriente influência direta sobre o NVP.

Quanto à altura de inserção de primeira vagem, a combinação 100%SFT foi a única a diferir da combinação 75%BS+25%SFT, com média de 16,3 cm (Tabela 4). Esta é uma característica agrônômica importante à operação de colheita mecanizada dos grãos, visando a minimização das perdas da atividade (Rossi et al., 2017). Segundo Sedyama (2009), para que não haja perda durante a colheita pela barra de corte, a altura mínima da primeira vagem deve ser de 10 a 12 centímetros em solos de topografia plana e, aproximadamente, 15 centímetros em terrenos mais inclinados. Assim, com relação à média dos valores absolutos da altura de inserção da primeira vagem, independente dos tratamentos aplicados, constata-se que não houve limitações à colheita mecânica da soja cultivada neste experimento.

De acordo com Rezende et al. (2005), apesar de o fósforo ser exigido durante todo o ciclo da cultura, apenas 60% do total é absorvido após o florescimento, dessa forma a altura de inserção da primeira vagem já foi definida, não tendo, portanto, na maioria das vezes, influência dos níveis de fósforo já que é uma característica relacionada à genética da planta ou mesmo ao ciclo de cultivo, sendo que plantas de ciclo mais longo tendem a apresentar uma maior AIPV.

A produtividade de grãos de soja variou com as combinações utilizadas nas safras 2015/2016 e 2016/2017. As produtividades médias obtidas nesse experimento foram de 2.340,060 kg ha⁻¹ em 2015/2016 e 3.489,207 kg ha⁻¹ em 2016/2017 (Tabela 4). A baixa produtividade na safra 2015/2016 pode ter sido atribuída a quantidade e distribuição de chuvas em fases fenológicas com maior exigência hídrica para a cultura, já que o volume de chuva esteve abaixo das médias históricas na região (Figura 1), o que pode ter contribuído para a produtividade relativamente baixa da soja.

Na safra 2016/2017 a única combinação a diferir significativamente da combinação 100% SFT foi a 75%BS+25%SFT (Tabela 4). De modo que, a falta de resposta aos diferentes níveis de adubação fosfatada pode ser atribuída aos teores elevados deste nutriente no solo e as características intrínsecas da cultivar, já que a mesma pode ser utilizada em áreas de aberturas, em solos de baixa a média fertilidade sendo, dessa forma, menos responsiva aos níveis de fósforo no solo.

Em áreas de exploração inicial com o cultivo de grãos no cerrado, a aplicação de nutrientes em quantidade maior que a exportada pelas plantas ao final do ciclo, é necessária quando se pretende melhorar a fertilidade dos solos (Silva et al. 2015). Entretanto, a soja é uma cultura com potencial de apresentar altos rendimentos mesmo em condições de baixa ou nenhuma adubação fosfatada, especialmente quando se tem efeito residual das adubações anteriores, desde que a disponibilidade de P no solo esteja em níveis acima dos considerados críticos (Trevizam et al., 2013). Nesse caso, não se faz necessário se elevar ainda mais a disponibilidade, visto que não se espera resposta adicional em produtividade das culturas (Lacerda et al., 2015).

Vale ressaltar que, os componentes de rendimento (NVP e M1000G) na safra 2015/2016, apresentaram maiores médias em relação aos mesmos componentes na safra 2016/2017 (Tabela 4). Contudo, a produtividade de grãos foi maior na safra 2016/2017. Isso pode ser explicado pelo fato de que, no ano agrícola de 2015/2016, constatou-se a ocorrência de

estiagem hídrica durante a maior parte do período reprodutivo da soja (Figura 1), comprometendo severamente o estande final de plantas, acarretando em redução da produtividade final da cultura.

Nava e Gris (2014) em estudos realizados com bioativador do solo em planta de soja, com e sem fertilizante mineral observaram que o bioativador comercial foi semelhante ao fertilizante mineral na disponibilidade de nutrientes e no rendimento da produção. Portanto, se faz necessário o desenvolvimento de novas pesquisas, uma vez, que já foram relatados incrementos positivos na produtividade de grãos de diversas culturas, que não foi observado no presente trabalho.

5. Conclusões

Não foram constatadas respostas satisfatórias da utilização de bioativador foliar em plantas de soja.

A utilização de 100% do super fosfato triplo compôs sempre o grupo estatístico de melhores médias para as características altura de inserção de primeira vagem, número de vagem por planta, número de grãos por vagem, massa de mil grãos e produtividade de grãos.

A utilização de bioativador de solo pode contribuir para a redução das doses de P mineral visando otimizar os custos de produção da cultura.

Referências

- Alovisi, A. M. T., Franco, D., Alovisi, A. A., Hartmann, C. F., Tokura, L. K. & Silva, R. S. (2017). Soil fertility and yield of maize and soybean crops influenced by rock. Special Edition: II Seminar on Energy Engineering in Agriculture. *Acta Iguazu*, 6, 57-68. <https://doi.org/10.48075/actaiguazu.v6i5.18470>
- Anda, A., Soós, G., Menyhárt, L., Kucserka, T. & Simon, B. (2020). Yield features of two soybean varieties under different water supplies and field conditions. *Field Crops Research*, 245, 107673. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107673>
- Antoniolli, Z. I. & Jacques, R. J. S. (2014). Efeito do Penergetic® P e K na micorrização e nodulação de raízes de soja. *Revista Resultados Oficiais Tecnologia em Bioatuação – Penergetic®*, Santa Maria. Retrieved from https://issuu.com/diogolapaiva/docs/reedi___o_revista_artigos_final_we.
- Binsfeld, J. A., Barbieri, A. P. P., Huth, C., Cabrera, I. C. & Henning, L. M. M. (2014). Use of bioativador, biostimulante and complex of nutrients in soybean seeds. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 44, 88-94. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000100010>
- Cardoso, E. J. B. N. & Andreote, F. D. (2016). *Microbiologia do solo*. ESALQ: Piracicaba. <https://doi.org/10.11606/9788586481567>
- Cobucci, T., Nascente, A. P. & Lima, D. P. (2015). Phosphate fertilization and penergetic application in the yield of common bean. *Revista Agrarian*, 8, 358-368. <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/2996>
- Conab – Companhia Nacional de Abastecimento (2022). Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, quanto levantamento. Brasília, Brazil. 9. Retrieved from <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos>.
- Dallastra, A., Unêda-Trevisoli, S.H., Ferraudo, A.S. & Di Mauro, A.O. (2014). Multivariate approach in the selection of superior soybean progeny which carry the RR gene. *Revista Ciência Agronômica*, 45, 588-597. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000300021>
- Dawo, M. I., Sanders, F. E. & Pilbeam, D. J. (2007). Yield, yield components and plant architecture in the F3 generation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) derived from a cross between the determinate cultivar 'Prelude' and an indeterminate landrace. *Euphytica*, 156, 77-87. <https://doi.org/10.1007/s10681-007-9354-1>
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2018). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. (4ª ed.). Brasília, Brazil.
- Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia: Lavras* 35, 1039-1042. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- Gama, J. R. F. N., Carvalho, E. J. M., Rodrigues, T. E. & Valente, M. A. (2020). Solos do Estado do Pará. In: Cravo, M.S., Viegas, I.J.M. & Brasil, E.C., eds. Recomendações de adubação e calagem para o estado do Pará. Belém, *Embrapa Amazônia Oriental*, 25-46. Retrieved from <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1125022>
- Gava, R., Frizzzone, J. A., Snyder, R. L., Jose, J.V., Fraga Junior, E. F. & Perboni, A. (2015). Water Stress in diferente growth stages of soybean crop. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 9, 349-359. <https://doi.org/10.7127/rbai.v9n600368>
- Gonçalves, G. K., Rosado, J. P., Mendes, F. B., Schüller, E. M., Schüller, M., Nascimento, B. de O., Caleffi, H. V., Rodrigues, P. E. B. & Pozzebon, N. J. (2020). Phosphate fertilization to soybean cultivars. *Brazilian Journal of Development*, 6, 19151-19161. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n4-181>
- Hisinger, P. (2001). Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. *Plant Soil*, 237, 173-195. <https://doi.org/10.1023/A:1013351617532>

- Junqueira, I. A., Nicchio, B., Deus, M. B. & Lana, R. M. Q. (2017). Bioregulators in the quality and physiology of sunflower seeds and seedlings. *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, 22, 1-5. <http://dx.doi.org/10.12661/pap.2017.004>
- Köppen, W. (1948). *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Fondo de Cultura Económica.
- Lacerda, J. J. J., Resende, A. V., Furtini Neto, A.E., Hickmann, C., & Conceição, O. P. (2015). Fertilization, grain yield and profitability of the rotation between soybean and corn in soil with improved fertility. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 50, 769-778. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000900005>
- Leite, W. D. S., Pavan, B. E., Matos Filho, C. H. A., Feitosa, F. S. & Oliveira, C. B. (2015). Estimates of genetic parameters and correlations between morphological traits in soybean genotypes. *Nativa*, 3, 241-245. <https://doi.org/10.31413/nativa.v3i4.2303>
- Leite, W. S., Pavan, B. E., Matos Filho, C.H.A., Neto, F. A., Oliveira, C.B. & Feitosa, F. S. (2016). Genetic parameters estimation, correlations and selection indexes for six agronomic traits in soybean lines F8. *Comunicata Scientiae*, 7, 302-310. <https://doi.org/10.14295/cs.v7i3.1176>
- Leite, R. C., Carneiro, J. S. S., Freitas, G. A., Casali, M. E. & Silva, R. R. (2017). Phosphate fertilization in soybean during three consecutive harvests in the new Brazilian agricultural frontier. *Revista Scientia Agraria*, 18, 28-35. <http://dx.doi.org/10.5380/rsa.v18i4.50310>
- Li, C., Li, C., Zhang, H., Liao, H. & Wang, X. (2017). The purple acid phosphatase GmPAP21 enhances internal phosphorus utilization and possibly plays a role in symbiosis with rhizobia in soybean. *Physiologia Plantarum*, 159, 215-227. <https://doi.org/10.1111/ppl.12524>
- Marques, K. R., Fidelis, R. R., Cavazzini, P. H., Oliveira, L. B., Silva, R. R., Burin, L. X. (2022). Influência da adubação fosfatada e bioativador nas frações da matéria orgânica e da biomassa microbiana do solo. *Research, Society and Development*, 11(9), e52211932086. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.32086>
- Moura, J. B., Ventura, M. V., Cabral, J. & Azevedo, W. R. (2015). Adsorção de fósforo em latossolo vermelho distrófico sob vegetação de cerrado em Rio Verde - GO. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, 4, 199-208. <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2015v4i3.p199-208>
- Nava, I. A. & Gris, E. P. (2014). Uso de bioativador do solo e planta com e sem fertilizante mineral na soja e a relação com a fitodisponibilidade nutricional e componentes de produção. *Revista Resultados Oficiais Tecnologia em Bioativação – Pengergetic*, 1, 55-57. Retrieved from encurtador.com.br/gnEOT
- Novais, R. F. & Smyth, T. J. (1999). *Fósforo em solo e planta em condições tropicais*. UFV: Viçosa.
- Oliveira, E. R., Peixoto, C. P., Almeida, A. T., Costa, J. A., Vieira, E. L., Cunha, D. O. & Pereira, V. S. (2021). Initial growth of peanut plants from seeds treated with bioactivator and biostimulant. *South American Sciences* 2, 21110. <https://doi.org/10.52755/sas.v2iedesp1.110>
- Pitol, C. & Broch, D. L. (2012). Soja: Lavoura mais produtiva e Tolerante à Seca. *Boletim técnico*. Fundação MS, 6, 140-146. Retrieved from encurtador.com.br/vEJR9
- Ramalho, M. A. P., Santos, J. B., Pinto, C. A. B. P., Souza, E. A., Gonçalves, F. M. A. & Souza, J. C. (2012). *Genética na Agropecuária*. Lavras: UFLA.
- Rezende, P. M. D., Gris, C. F., Carvalho, J. G., Gomes, L. L. & Bottino, L. (2005). Leaf fertilization: I. Epochs of phosphorus application on soybeans. *Ciência e Agrotecnologia*, 29, 1105-1111. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542005000600001>
- Rheinheimer, D. D., Somavilla, A., Oliveira, L. B. de, & Ticher, T. (2020). Ciclo biogeoquímico do fósforo, diagnóstico de disponibilidade e adubação fosfatada. Porto Alegre: Autores, 71 p.
- Rissato, B. B., Mattos, A. P., Silva, J. B. da, Sila, C. R., Amaral, H. F. & Schwan-Estrada, K. R. F. (2020). Bioativação do solo no controle de doenças de plantas. *Agricultura em Bases Agroecológicas e Conservacionista*. Atena Editora, 1, 60-71. <http://dx.doi.org/10.22533/at.ed.0722021026>
- Rossi, R. F., Cavariani, C. & França-Neto, J. B. (2017). Seed vigor, plant population and agronomic performance of soybean. *Revista de Ciências Agrárias*, 60, 215-222. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2239>
- Schoninger, E. L., Lange, A., Menegon, T. G. & Caione, G. (2015). Grain yield of bean as affected by phosphorus and nitrogen rates. *Agrarian*, 8, 387-398. <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/3018>
- Sediyama, T., Teixeira, R.C. & Reis, M.S. (2005). *Melhoramento da soja*. In: BORÉM, A. Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa: UFV, 553-603.
- Sediyama, T. (2009). *Tecnologias de produção e usos da soja*. Mecnas.
- Sediyama, T. (2016). *Produtividade da Soja*. Viçosa: UFV.
- Silva, R. R., Leite, R. C., Freitas, G. A., Silva, P. S. S. & Carneiro, J. S. S. (2015). Phosphate fertilizer efficiency in soybeans in bahia's cerrado. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 11, 13-22. <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v11i4.655>
- Souza, C. A., Gava, F., Casa, R. T., Kuhnen Junior, P. R. & Bolzan, J. M. (2010). Relationship between plant density and soybean roundup ready™ genotypes. *Planta Daninha*, 28, 887-896. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000400022>
- Souza, E. M. de, Junior, K. S. F., Brigante, G. P., Brockelmann, C. E., Tavares, R. M., Dias, M. S., Marques, D. J. & Carneiro, J. P. C. (2020). Effect of soil bioactivator in coffee initial development. *Revista Brasileira De Agropecuária Sustentável* 9, 60-65. <https://doi.org/10.21206/rbas.v9i04.8420>
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M. & Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. (6ª ed.). Artmed.
- Trevizam A R, Silva M L S, Muraoka T (2013) Distribution of fertilizer phosphorus in soybean plant and its exportation by the crop. *Ambiência*, 9, 475-486. <https://doi.org/10.5935/ambiencia.2013.03.02>
- Trevizan, K. & Smiderle Junior, (2016). Uso de bioativador influência de forma positiva o aumento de produtividade da soja. *RAMVI*, 3, 1-11. Retrieved from <https://www.getulio.ideal.com.br/edicao-atual/?id=2841>

Vianna, V. F., Unêda-Trevisoli, S. H., Desidério, J. A., Santiago, S., Charnai, K., Ferreira Júnior, J. A., Ferraudo, A. S. & Mauro, A. O. (2013). The multivariate approach and influence of characters in selecting superior soybean genotypes. *African Journal of Agricultural Research*, 8, 4162-4169. <https://doi.org/10.5897/AJAR2013.7064>

Vieira, G. E. G., Furmigare, N. S., Teixeira, L. F. & Colen, A. G. N. (2015). Influência da micorriza na cultura da soja: preocupação com a produção de energia – uma revisão. *Revista Liberato*, 16, 01-100. Retrieved from <http://ojs.liberato.com.br/index.php/revista/article/view/342>

Woldfaardt, G. M. & Korber, D. R. (2012). Near-field microbiological considerations relevant to a deep geological repository for used nuclear fuel. *State of Science Review*. Waste Management Organization, Toronto.