

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

MATEUS HENRIQUE BARBOSA MORATA

**ADUBAÇÃO FOSFATADA ASSOCIADA A MICRORGANISMOS
SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO APLICADOS À CULTURA DA
SOJA**

CHAPADÃO DO SUL – MS

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

MATEUS HENRIQUE BARBOSA MORATA

**ADUBAÇÃO FOSFATADA ASSOCIADA A MICRORGANISMOS
SOLUBILIZADORES DE FÓSFORO APLICADOS À CULTURA DA
SOJA**

Orientadora: Profa. Dra. Rita de Cássia Félix Alvarez

Co-Orientadora: Profa. Dra. Meire Aparecida Silvestrini Cordeiro

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

CHAPADÃO DO SUL – MS

2024



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

DISCENTE: Mateus Henrique Barbosa Morata

ORIENTADORA: Dra. Rita de Cassia Felix Alvarez

TÍTULO: Adubação fosfatada associada a microrganismos solubilizadores de fósforo aplicados à cultura da soja.

AVALIADORES:

Prof. Dra. Rita de Cássia Félix Alvarez Prof.

Dr. Sebastião Ferreira de Lima Prof. Dra.

Izabela Cristina de Oliveira

Chapadão do Sul, 15 de fevereiro de 2024.

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Rita de Cassia Felix Alvarez, Professora do Magistério Superior**, em 15/02/2024, às 08:45, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Sebastiao Ferreira de Lima, Professor do Magisterio Superior**, em 15/02/2024, às 08:47, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Izabela Cristina de Oliveira, Usuário Externo**, em 15/02/2024, às 08:56, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4648736** e o código CRC **249D5F27**.

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Rod MS 306, Km 105, Caixa Postal 112

Fone: (67)3562-6351

CEP 79560-000 - Chapadão do Sul - MS

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus.

A minha família por todo o apoio recebido durante a minha jornada.

A minha esposa Karoline Günther Morata que esteve diariamente me acompanhando e me incentivando.

A Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS pela oportunidade

A todos os professores do programa de pós-graduação em Agronomia pelo conhecimento repassado.

A minha orientadora Rita de Cássia Félix Alvarez e co-orientadora Meire Aparecida Silvestrini Cordeiro pela paciência e todo conhecimento que me foi repassado.

Aos membros da banca examinadora.

E meu agradecimento a todos que de alguma forma contribuíram neste trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precipitação (mm), temperatura média, mínima e máxima mensal (°C) durante o período do experimento.....10

Figura 2. Médias do número de entrenós, distância de entrenós em relação as doses de fósforo e produtividade em relação as doses de fósforo e solubilizadores inoculados.....15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Descrição dos solubilizadores inoculados no momento do plantio.....	11
Tabela 2. Análise de variância para altura de plantas, altura de inserção de vagens, número de entrenós, comprimento de entrenós, número de vagens por planta, massa de cem grãos e produtividade, sob influência de bactérias solubilizadoras de fósforo e doses de fósforo.....	13
Tabela 3. Desdobramento das médias de altura de planta (cm), número de vagens por planta e massa de cem grãos (g) das doses e solubilizadores de fósforo utilizados.....	14

RESUMO

O sistema de cultivo de soja é complexo e demanda um conjunto de práticas visando minimizar e mitigar os efeitos adversos, como pragas, doenças e o clima. Dentre os insumos utilizados, os produtos à base de microrganismos destacando-se destacam, principalmente os solubilizadores de fósforo. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência do uso de bactérias solubilizadoras de fósforo nas características agronômicas e produtividade em cultivo de soja em diferentes doses de fósforo na região Nordeste do Mato Grosso do Sul. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados em parcelas subdivididas, com quatro inoculações de solubilizadores; T1 - Testemunha (adubo mineral), T2 - *Bacillus. licheniformis* (200 mL ha⁻¹), T3 - *Pseudomonas* + Azo (300 mL ha⁻¹) e T4 - *B. megaterium* + *B. subtilis* 200 mL ha⁻¹, com quatro repetições. Além de quatro doses de adubo mineral (0, 50, 75 e 100%) que foram aplicados em pré-plantio. Foram avaliados altura de plantas e de inserção de primeira vagem, comprimento de entrenós, número de vagens por planta, número de grãos por planta, massa de cem grãos, produtividade de grãos. A utilização de bactérias solubilizadoras de fósforo proporciona maior altura de planta, número de vagem por planta e massa de cem grãos, que são características agronômicas indiretamente relacionadas a produtividade da cultura. As doses de fósforo utilizadas de forma isolada influenciam o número e comprimento de entrenós e a produtividade quando utilizado a dose de 50%.

Palavras-chave: Doses de fósforo, bactérias promotoras de crescimento, potencial genético, manejo.

ABSTRACT

The soybean cultivation system is complex and demands a set of practices aimed at minimizing and mitigating adverse effects, such as pests, diseases and climate. Among the inputs used, products based on microorganisms stand out, especially phosphorus solubilizers. The objective of this work was to verify the influence of the use of phosphorus-solubilizing bacteria on agronomic characteristics and productivity in soybean cultivation at different doses of phosphorus in the Northeast region of Mato Grosso do Sul. The design used was that of randomized blocks in subdivided plots, with four inoculations of solubilizers; T1 - Control (mineral fertilizer), T2 - *Bacillus. licheniformis* (200 mL ha⁻¹), T3 - *Pseudomonas* + Azo (300 mL ha⁻¹) and T4 - *B. megaterium* + *B. subtilis* 200 mL ha⁻¹, with four replications. In addition to four doses of mineral fertilizer (0, 50, 75 and 100%) that were applied pre-planting. Plant height and first pod insertion height, internode length, number of pods per plant, number of grains per plant, weight of one hundred grains, and grain productivity were evaluated. The use of phosphorus-solubilizing bacteria provides greater plant height, number of pods per plant and weight of one hundred grains, which are agronomic characteristics indirectly related to crop productivity. Phosphorus doses used in isolation influence the number and length of internodes and productivity when using a 50% dose.

Keyword: Phosphorus doses, growth-promoting bacteria, genetic potential, management.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	x
MATERIAL E MÉTODOS	xi
Características da área experimental e solo.....	xi
Delineamento experimental e instalação e condução do experimento.....	xii
Avaliações agronômicas.....	xiii
Análise estatística.....	xiv
RESULTADOS	xiv
DISCUSSÃO.....	xvi
CONCLUSÃO	xviii
REFERÊNCIAS	xix

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos acompanha a necessidade de sistemas de produção sustentáveis, com uso de recursos naturais e de baixo custo, minimizando os impactos ambientais e preservando a microbiota do solo (Ferreira et al., 2017). O preparo e o manejo das áreas destinadas ao cultivo agrícola são fatores que determinam a produtividade, visto que as plantas precisam dos nutrientes essenciais para seu crescimento e desenvolvimento, como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K).

O P é um macronutriente crítico para as plantas, participando de inúmeras atividades fisiológicas, como síntese de DNA, divisão celular e transferência de energia (Wahab et al., 2024). A disponibilidade de P no solo é necessária por sua baixa solubilidade, resultado da adsorção nos colóides do solo. A alta adsorção do P no solo torna sua disponibilidade limitada para as culturas, e devido a sua baixa solubilidade, favorece a permanência do elemento por muito tempo no ambiente. Esse fato, no entanto, abre a possibilidade de inserção no sistema de microrganismos capazes de maximizar a solubilização do elemento (Aslam et al., 2022).

A associação simbiótica entre fungos e raízes de plantas, como entre micorrizas arbusculares, expandem a superfície de contato e absorção, permitindo a solubilização de P e facilitando a transferência desse nutriente (Riaz et al., 2021). Essa associação é benéfica mutuamente, uma vez que o fungo obtém carboidratos para seu crescimento e fornece à planta nutrientes vitais como P, que extraem do solo (Sani; Yong, 2021).

Os microrganismos solubilizadores de fósforo (MSF) são capazes de se multiplicar e colonizar a rizosfera da planta, com liberação de ácidos orgânicos durante o processo de solubilização, de forma que estes compostos atuem solubilizando o P retido junto ao cálcio, ferro e alumínio, tornando-o disponível para as plantas (Paiva et al., 2020). Esses microrganismos tem participação ativa nas transformações de P no solo, podendo ser fungos ou bactérias, especialmente as bactérias dos gêneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* e *Agrobacterium* (Wahab et al., 2024).

Além das vantagens do uso dos microrganismos na disponibilização do fósforo, estes podem trazer outros benefícios para o sistema de cultivo, como a liberação de materiais de cultivo para as plantas, como fitocromo, precursor de auxinas, citocininas, giberelinas e etileno, que estimulam o crescimento das raízes das plantas e sua resistência ao ataque de patógenos, como fitonematóides (Ditta et al., 2018). Além disso, a utilização de MSF estimula o desenvolvimento e crescimento das plantas (Lima et al., 2022),

matéria seca das raízes (Meert et al., 2020) e número de vagens por planta, contribuindo para o aumento da produtividade de grãos (Aloo et al., 2019).

Diante do exposto, a hipótese deste trabalho considera que as bactérias solubilizadoras de fósforo favorecem as características agronômicas e a produtividade de grãos da cultura da soja. Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a influência do uso de bactérias solubilizadoras de fósforo nas características agronômicas e produtividade em cultivo de soja em diferentes doses de fósforo na região Nordeste do Mato Grosso do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Características da área experimental e solo

O experimento foi conduzido na safra 2022/2023 na fazenda experimental da Fundação Chapadão (Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Chapadão), localizada no município de Chapadão do Sul-MS (18°41'33"S, 52°40'45" W, altitude 810 m).

A região apresenta clima tropical úmido e seco (Aw), com estações bem definidas, caracterizado por invernos secos (maio-setembro) e verões chuvosos (outubro-abril), segundo a classificação de Köppen. A área experimental apresenta temperatura média anual variando de 13 °C a 28 °C, precipitação média anual de 1.850 mm e umidade relativa média anual de 64,8% (Castro, 2012). Dados de precipitação e temperatura do ar foram registrados durante o período experimental (Figura 1).

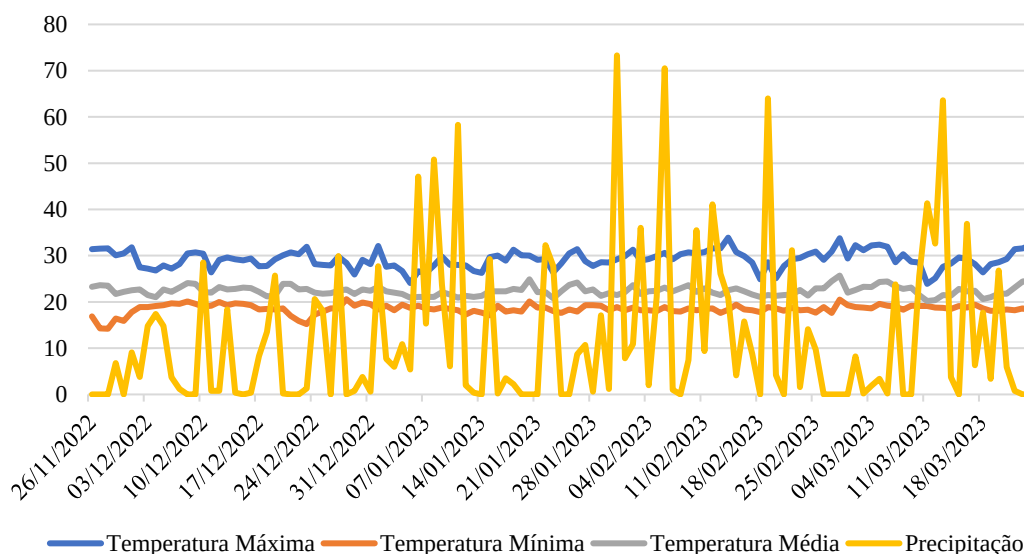


Figura 1. Precipitação (mm) e temperatura média (°C) em área cultivada com soja no nordeste do estado de Mato Grosso do Sul.

Fonte: Estação meteorológica Fundação Chapadão (Farmersedge, 2023).

O solo foi classificado como Latossolo vermelho distrófico (Santos et al., 2018), com uma textura argilosa (15,6% de areia, 26,9% de silte e 57,5% argila) a 0–20 cm de profundidade. As amostras de solo foram secas ao ar e peneiradas em peneira de malha de 2 mm. Amostras aleatórias foram tomadas para determinar propriedades químicas (Van Raij et al., 2001): pH 4,8 (em CaCl₂), orgânica matéria 31,0 g dm⁻³, P extraído pela resina 35,7 mg dm⁻³, H + Al, 4,3, K 0,29 cmolc dm⁻³, Ca 3,40 cmolc dm⁻³, Mg 0,90 cmolc dm⁻³, capacidade de troca catiônica 4,7 mmolc dm⁻³, e base saturação 51,6%.

Delineamento experimental e instalação e condução do experimento

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em parcelas subdivididas em quatro repetições. As parcelas foram constituídas por quatro doses de fósforo (0, 50, 75 e 100 % da dose recomendada) e as subparcelas de solubilizadores inoculados (Tabela 1). Para a adubação do experimento foi utilizado o MAP 11-52-00 no sulco de semeadura, sendo as doses distribuídas conforme os tratamentos de 100, 75, 50 e 0%, onde 150 kg ha⁻¹ (100%), 111 kg ha⁻¹ (75%), 81 kg ha⁻¹ (50%) e sem MAP. Adubação de cobertura em todas as áreas foi feita com KCl (00-00-60), na dose de 200 kg ha⁻¹, aplicado a lanço. As parcelas foram constituídas por sete linhas de 7,0 m de comprimento espaçadas de 0,45 m entre si, perfazendo 22,05 m².

Tabela 1. Solubilizadores de fósforo inoculados no sulco de plantio da cultura da soja cultivada no Nordeste do estado de Mato Grosso do Sul.

Solubilizadores	Princípio Ativo	Dose (mL ha⁻¹)	Aplicação
Testemunha	Adubo mineral	—	Pré plantio
Bioprince	<i>Bacillus licheniformis</i>	200	Sulco de plantio
Biofree	<i>Pseudomonas</i> + <i>Azo</i>	300	Sulco de plantio
BiomaPhos	<i>B. megaterium</i> + <i>B. subtilis</i>	200	Sulco de plantio

A semeadura foi realizada no dia 26/11/2022, sendo utilizado 18 sementes por metro linear da cultivar Desafio RR (porte médio, com crescimento indeterminado e ciclo

de 110 a 115 dias). As sementes foram tratadas com o fungicida Tiametoxam 350 (3,0 mL kg⁻¹ de semente); Tiabendazol + Metalaxil-M + Fludioxonil (1,0 mL kg⁻¹ de semente); + inoculante (1,5 mL kg⁻¹ de semente). Para a inoculação dos solubilizadores, foi utilizado um pulverizador pressurizado a CO₂, a pressão de 1 bar, equipado com uma barra provida de sete pontas de pulverização tipo jato sólido espaçadas de 0,45 m, que proporcionou volume de calda de 50 L ha⁻¹.

Os produtos utilizados no manejo fitossanitário foram os padrões utilizados na Fundação Chapadão, Dessecação: Glifosato (2,0 L ha⁻¹) + Carfentrazona-Etilíca (50 mL ha⁻¹) + Óleo Mineral (0,5% v. v). Pré emergente: S-Metolaclo (2,0 L ha⁻¹). Pós emergente: Glifosato (2,0 L ha⁻¹). Manejo de pragas: Metomil + Novalurom (0,6 L ha⁻¹) + Imidacloprido (0,2 L ha⁻¹), Clorfenapir (1,0 L ha⁻¹) + Acefato (0,8 Kg ha⁻¹), Flubendiamida (0,8 L ha⁻¹) + Teflubenzuron (0,2 L ha⁻¹) + Tiametoxam + Lambda-Cialotrina (0,3 L ha⁻¹), Metomil + Novalurom (0,6 L ha⁻¹) + Imidacloprido (0,4 L ha⁻¹), Indoxacarbe (0,4 L ha⁻¹) + Acetamiprido + Bifentrina (0,25 kg ha⁻¹), Ciantraniliprole (1 L ha⁻¹) + Tiametoxam + Lambda-Cialotrina (0,3 L ha⁻¹). Controle de doenças: Benzovindiflupir + Prothioconazol (0,45 L ha⁻¹) + *Bacillus subtilis* (1 L ha⁻¹), Bixafem + Prothioconazol + Trifloxistrobina (0,5 L ha⁻¹) + Mancozebe (1,5 kg L⁻¹) + Aureo (0,25%), Difenconazol + Ciproconazol (0,3 L ha⁻¹) + Clorotalonil (1,5 L ha⁻¹), Difenconazol + Ciproconazol (0,3 L ha⁻¹) + Clorotalonil (1,5 L ha⁻¹), Azoxistrobina + Mancozebe + Tebuconazol (2 kg ha⁻¹).

Avaliações agronômicas

Ao final do ciclo da cultura, no dia 24 de março e 2023 foram realizadas avaliações biométricas de: altura de plantas (AP) - medindo com uma régua desde o nível do solo até o ápice, altura de inserção da primeira vagem: medido a partir do colo das plantas; número de entrenós (NE) e comprimento de entrenós (CE), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), todas as avaliações citadas foram realizadas em cinco plantas por parcela coletadas aleatoriamente na área útil. Número de plantas por área (estande final) (STF): contando o número de plantas da área útil por parcela, massa de 100 grãos (MCG): utilizando três amostras de 100 grãos por parcelas, e produtividade de grãos da área útil da parcela: colhidas todas as plantas de 4 linhas de 2 metros da área útil de cada parcela, foi determinada a massa de grãos e calculada a produtividade, sendo o valor transformado para kg ha⁻¹ após a correção da umidade para 13%.

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F à 5% de probabilidade. As médias qualitativas foram comparadas pelo teste de Tukey e as médias quantitativas comparadas pela análise de regressão, ambas à 5% de probabilidade. As análises foram realizadas utilizando o software Sisvar (Ferreira, 2014).

RESULTADOS

Os parâmetros biométricos indicam que houve diferença significativa para interação (Solubilizadores x doses de fósforo) para altura de planta, número de vagem por planta e massa de cem grãos (Tabela 2). As variáveis número de entrenós e comprimento de entrenós foram influenciadas apenas pelas doses de fósforo, enquanto a produtividade foi influenciada pelos solubilizadores inoculados e pelas doses de fósforo, mesmo não apresentando interação entre eles.

Tabela 2. Análise de variância para altura de plantas, altura de inserção de vagens, número de entrenós, comprimento de entrenós, número de vagens por planta, massa de cem grãos e produtividade, sob influência de bactérias solubilizadoras de fósforo e doses de fósforo.

FV	GL	ALTP	ALTINS	NE	CE	NVP	MS 100	Prod.
Bloco	3	3,09	0,06	0,33	0,05	4,17	0,11	11642,42
FOS (F)	3	1163,04**	0,85 ^{ns}	25,66**	9,66**	476,84**	0,33 ^{ns}	1865116,88**
Erro1	9	2,90	0,50	0,78	0,11	1,82	0,24	13391,61
SOL (S)	3	29,47**	1,34 ^{ns}	1,77 ^{ns}	0,04 ^{ns}	20,25**	0,60**	328529,74*
FxS	9	10,59*	0,67 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,24 ^{ns}	18,37**	0,71**	48769,46 ^{ns}
Erro2	36	3,71	1,46	1,27	0,24	2,44	0,10	27508,93
CV1		2,78	7,39	7,75	6,23	3,83	3,59	3,36
CV2		2,14	12,63	9,89	9,34	4,43	4,25	4,23

ns= não significativo. **Significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ALTP: Altura de planta; ALTINS: Altura inserção de vagem; NE: Número de entrenós; CE: Comprimento entrenós; NVP: Número de vagem por planta; M100: Massa de cem grãos; Prod.: Produtividade.

Observando de maneira individual as variáveis solubilizadores e doses de fósforo verifica-se que para a variável altura de planta houve significância para as doses de

fósforo, sendo que as diferenças foram identificadas nos solubilizadores nas doses de 0 e 100%, e as maiores médias obtidas nas doses de 50 e 75% (Tabela 3).

Tabela 3. Desdobramento das médias de altura de planta (cm), número de vagens por planta e massa de cem grãos (g) das doses e solubilizadores de fósforo utilizados.

Variável	Solubilizadores	Doses			
		0	50	75	100
Altura de planta	S1	48,40 c	71,35 a	61,05 a	56,90 b
	S2	54,97 a	72,05 a	61,15 a	58,85 ab
	S3	52,90 ab	72,10 a	62,75 a	62,25 a
	S4	51,40 bc	74,65 a	62,10 a	59,60 ab
Variável	Solubilizadores	Doses			
		0	50	75	100
Número de vagens por planta	S1	29,27 a	38,15 b	32,20 a	33,55 b
	S2	29,60 a	41,60 a	32,95 a	36,25 b
	S3	29,02 a	43,00 a	34,25 a	39,25 a
	S4	28,52 a	43,60 a	31,75 a	41,27 a
Variável	Solubilizadores	Doses			
		0	50	75	100
Massa de cem grãos	S1	13,90 a	13,75 a	13,71 a	13,63 b
	S2	13,38a	14,11 a	13,56 a	14,80 a
	S3	13,66 a	13,88 a	13,68 a	13,03 b
	S4	13,54 a	13,89 a	13,41 a	13,36 b

Médias seguidas de letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Para a variável número de vagens por planta a diferença estatística apresentada ocorreu nas doses de 50 e 100% de fósforo. A produtividade apresentou diferença estatística entre os solubilizadores quando a dose de fósforo utilizada foi de 100%.

Em relação a dose de fósforo as respostas são variáveis, para as avaliações de número de entrenós e comprimento de entrenós nem sempre a maior concentração apresentará os melhores resultados, uma vez que a área do experimento apresentava níveis altos de fósforo (Figura 2).

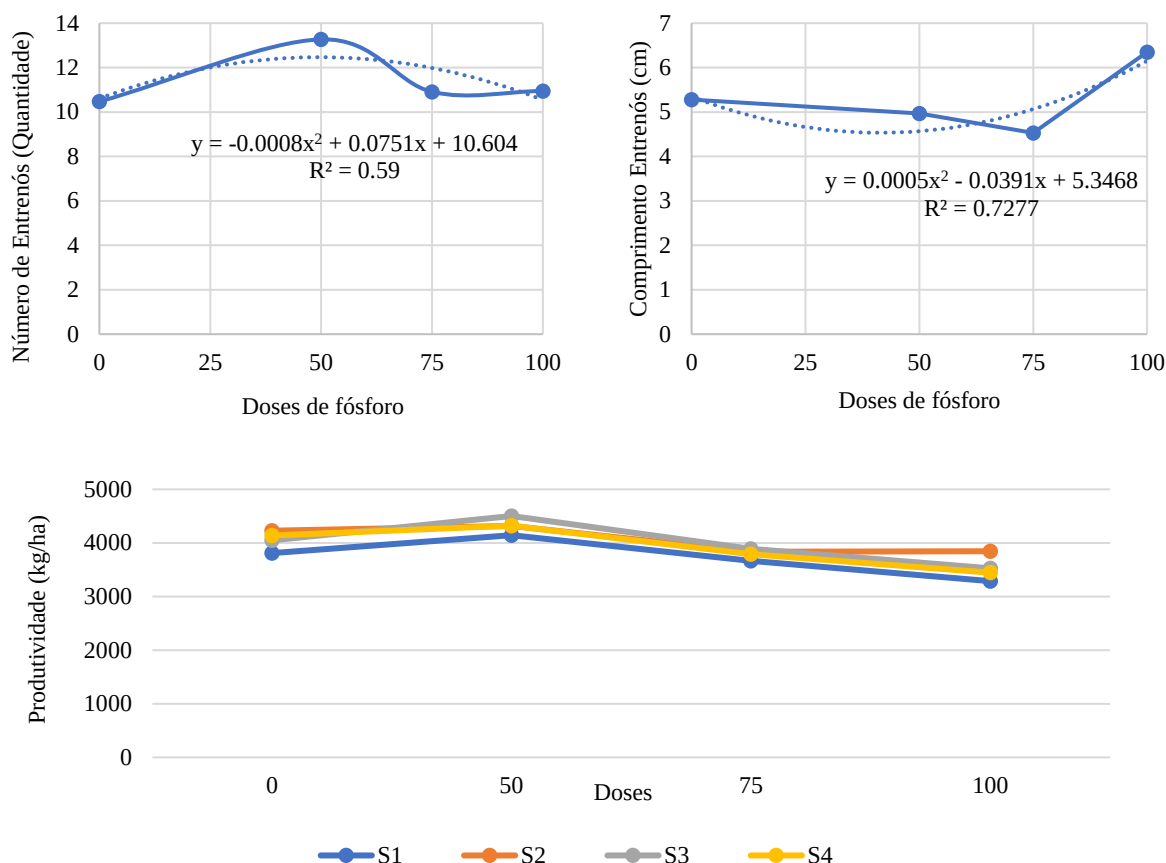


Figura 2. Médias número de entrenós, distância de entrenós em relação as doses de fósforo e produtividade em relação as doses de fósforo e solubilizadores utilizados.

Diante disso, observa-se que a utilização de solubilizadores e doses de fósforo na cultura da soja pode proporcionar incremento na produção, mesmo que de forma indireta, como no aumento do número de entrenós, número de vagens por planta e produtividade. Perspectivas futuras se baseiam na possibilidade de estudar melhor os efeitos de solubilizadores e doses de fósforo sobre características dos grãos formados e sua relação com a ocorrência de fitonematoides.

DISCUSSÃO

A interação significativa de solubilizadores e doses de fósforo para altura de plantas, número de vagens por planta e massa de cem grãos (Tabela 2) indica que essas variáveis foram influenciadas tanto pelos microrganismos solubilizadores de fósforo, quanto pelas doses utilizadas. A eficiência da adubação está relacionada a muitos fatores, entre eles a disponibilidade do fósforo presente no solo e a absorção das plantas

(RIBEIRO et al., 2018). Quando há acúmulo de P no solo devido ao aumento de doses de adubação ele é fixado por óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio nos minerais se tornando indisponível para as plantas (Menezes-Blackburn et al., 2018).

Para produtividade de grãos, as melhores médias foram observadas quando utilizado a dose de 50% de fósforo (Figura 2), que pode ser explicado devido aos teores de fósforo já existentes na área em que o experimento foi conduzido, uma vez que os níveis críticos variam entre 15 mg dm⁻³ e 20 mg dm⁻³ e na área do experimento o teor de P era de 35,7 mg dm⁻³ (Schaefer et al., 2019).

Em relação as doses de fosforo utilizadas, observa-se que o número e comprimento de entrenós é aumentando. As bactérias solubilizadores de fósforo tem efeito secundário nas plantas, além da absorção de fósforo, podendo aumentar a produtividade, matéria seca da parte aérea e raiz, comprimento e volume radicular (Ribeiro et al., 2018). As respostas positivas para os gêneros de bactérias *Bacillus* sp. e *Pseudomonas* sp. mostram que a promoção de crescimento ocorre desde o desenvolvimento inicial da planta, com isso há melhor absorção e aproveitamento de água e nutrientes, resultando em excelente desenvolvimento aéreo, radicular e consequentemente respondendo em produtividade (Delshadi; Ebrahimi; Shirmohammadi, 2017)

Vários estudos vêm apresentando os benefícios do uso das bactérias solubilizadores de fósforo (BSF) na altura de plantas, maior absorção de fósforo e produtividade (O’Callghan et al., 2022). Segundo Mendonça (2020) os principais microrganismos que atuam como solubilizadores de fósforo são as bactérias *Pseudomonas* sp, e *Bacillus* sp. e além dessa característica atuam na promoção de crescimento das plantas, como por exemplo na altura de plantas.

A ausência de fósforo leva as plantas de soja a desenvolverem mecanismos de resistência, que, apesar de aumentarem a tolerância aos baixos níveis de fósforo no solo, comprometem a produtividade. De acordo com Thuynsma et al. (2016) sob deficiência de nutrientes as plantas alocam maiores quantidades de açúcares nos órgãos envolvidos para sua obtenção, como as raízes, aumentando o volume e massa das mesmas. Outro mecanismo é citado por Rose et al. (2016) em que as plantas em zonas de deficiência de P aumentam a eficiência de remobilização e utilização do P interno sendo está mais elevada do que plantas sem deficiência de fósforo. Por fim, Chu et al. (2018) relatam uma modificação da anatomia foliar de plantas de soja sob déficit de P. Geralmente as folhas são menores e mais grossas, esse fato leva a menor perda de água ao exterior

influenciando na redistribuição de metabólitos na planta. Dessa forma, a utilização de microrganismos solubilizadores de fósforo é benéfico e desejável, proporcionando incremento na produção, visto que, com a presença desses microrganismos a zona de disponibilidade de fósforo é aumentada, com sistema radicular da soja explorando maior volume de solo.

Portanto, a utilização de bactérias solubilizadoras de fósforo promove ganhos ao cultivo da soja, indiretamente no incremento de características como altura de plantas e diretamente no número de vagens por planta e massa de cem grãos. Além disso, a utilização de fósforo de forma isolada, proporciona ganhos em produtividade.

CONCLUSÃO

A utilização de bactérias solubilizadoras de fósforo proporciona maior altura de planta, número de vagem por planta e massa de cem grãos, que são componentes de produção.

As doses de fósforo utilizadas de forma isolada influenciam o número e comprimento de entrenós e a produtividade de grãos.

REFERÊNCIAS

- ALOO, B. N.; MAKUMBA, B. A. & MBEGA, E. R. The potential of Bacilli rhizobacteria for sustainable crop production and environmental sustainability. **Microbiological Research**, v. 219, p. 26–39, 2019. DOI: 10.1016/j.micres.2018.10.011.
- ASLAM, A. A. et al. Aplicações de Micróbios na Manutenção da Saúde do Solo para Aplicações Agrícolas. **Aplicação de Micróbios na Biotecnologia Ambiental e Microbiana**, p. 365-399, 2022. DOI: 10.1016/S0929-1393(00)00070-6
- CHU, S. et al. Physiological and proteomics analyses reveal low-phosphorus stress affected the regulation of photosynthesis in soybean. **International Journal of Molecular Sciences**, v.19, n. 6, 2018. DOI: 10.3390/ijms19061688
- DELSHADI, S.; EBRAHIMI, M.; SHIRMOHAMMADI, E. Effectiveness of plant growth promoting rhizobacteria on Bromus tomentellus Boiss seed germination, growth and nutrients uptake under drought stress. **South African Journal of Botany**, v. 113, p. 11-18, 2017. DOI: 10.1016/j.sajb.2017.07.006.
- DITTA, Allah et al. Application of rock phosphate enriched composts increases nodulation, growth and yield of chickpea. **International Journal of Recycling of organic waste in Agriculture**, v. 7, p. 33-40, 2018. DOI: 10.1007/s40093-017-0187-1
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um guia dos seus procedimentos de comparações múltiplas Bootstrap. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, p. 109-112, 2014. DOI: 10.1590/S1413-70542014000200001
- FERREIRA, E. P. B., STONE, L. F., MARTIN-DIDONET, C. C. G., 2017. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção. **Revista Ciência Agronômica**, 48(1), 22-31. DOI: 10.5935/1806-6690.20170003.
- LIMA, C. S. et al. Inoculation with Azospirillum brasilense in corn cultivated on cover crops and nitrogen doses. **Symbiosis**, v. 87, p. 237–247, 2022. DOI: 10.1007/s13199-022-00870-z.

MEERT, L. et al. Diferentes inoculantes, formas de inoculação e seus efeitos sobre as características agronômicas da cultura da soja. **Research, Society and Development**, v. 9, n.10, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i10.8499.

MENDONÇA, J. J. et al. Diversidade, mecanismos de atuação e potencial agrícola de bactérias promotoras de crescimento de plantas, usando milho como cultura exemplo. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 25, n. 2, 2020. DOI: 10.12661/pap.2020.010.

MENEZES-BLACKBURN, D.; GILES, C.; DARCH, T. et al. Opportunities for mobilizing recalcitrant phosphorus from agricultural soils: a review. **Plant Soil**, v. 427, p.5-16, 2018. DOI: 10.1007/s11104-017-3362-2.

O'CALLAGHAN, M.; BALLARD, R. A. & WRIGHT, D. Soil microbial inoculants for sustainable agriculture: Limitations and opportunities. **Soil Use and Management**, v. 38, p. 1340–1369, 2022. DOI: 10.1111/sum.12811.

PAIVA, C. A. O. et al. Recomendação agronômica de cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) na cultura do milho. **Embrapa Milho e Sorgo**, Circular Técnica 260, 2020.

RIAZ, M. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi-induced mitigation of heavy metal phytotoxicity in metal contaminated soils: A critical review. **Journal of Hazardous Materials**, v. 402, p. 123919, 2021. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.123919

ROSE, T. J., et al. Screening for internal phosphorus utilisation efficiency: comparison of genotypes at equal shoot P content is critical. **Plant and Soil**, v. 401, n.1–2, p.79-91, 2016. DOI: 10.1007/s11104-015-2565-7

SANTOS, B. H. C.; RIBEIRO, R. C. F.; OLIVEIRA, R. M.; XAVIER, A. A.; ROCHA, L. S.; NETO, J. A. S.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; MIZOBUTSI, E. H. Silicato de cálcio e magnésio no controle de *Meloidogyne javanica* em pepineiro em diferentes texturas de solo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.8, n.1, p.104-109, 2018. DOI: 10.21206/rbas.v8i1.469

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. ver. e ampl. [s.l.] Brasília, DF: Embrapa Solos. 2018. ISBN 978-85-7035-800-4

SCHAEFER, P. E. et al. Inoculation with *Azospirillum brasilense* on corn yield and yield components in an integrated crop-livestock system. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 41, e39481, 2019. DOI: 10.4025/actasciagron.v41i1.39481.

THUYNSMA, R. et al. The effects of limiting phosphate on photosynthesis and growth of *Lotus japonicus*. *South African Journal of Botany*, 104, 244–248, 2016. DOI: 10.1016/j.sajb.2016.03.001

VAN RAIJ B. et al. **Análise Química para fertilidade de solos tropicais**. 1. ed. Instituto Agrônômico: Fundação IAC. 2001. 285p. ISBN 85-85564-05-9

WAHAB, A. et al. Unveiling the Complex Molecular Dynamics of Arbuscular Mycorrhizae: A Comprehensive Exploration and Future Perspectives in Harnessing Phosphate-Solubilizing Microorganisms for Sustainable Progress. **Environmental and Experimental Botany**, p. 105633, 2023. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2023.105633

ZHOU, Y. et al. Management of the soybean cyst nematode *Heterodera glycines* with combination of different rhizobacterial strains on soybean. **PloS One**, v. 12, n. 8, p. e0182654, 2017. DOI: 10.1371/journal.pone.0182654