

Doses e fontes de adubação fosfatada no desenvolvimento do algodoeiro

Phosphorus fertilization doses and sources in cotton development

FLÁVIA MARINA SOUSA CORRÊIA

Discente de Agronomia (UNIPAM)
flaviamarina@unipam.edu.br

DIEGO HENRIQUE DA MOTA

Professor orientador (UNIPAM)
diegoh@unipam.edu.br

Resumo: O algodão é uma cultura que apresenta elevada importância socioeconômica. O gasto elevado com fertilizantes e seus impactos ambientais têm estimulado novas alternativas ecologicamente corretas. Nesse sentido, este estudo teve o intuito de avaliar os efeitos de doses e fontes de adubação fosfatada no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do algodoeiro. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC), com esquema fatorial 3 x 3 e quatro blocos, avaliando diferentes doses e fontes, respectivamente. As fontes usadas foram os fertilizantes mineral, organomineral e organomineral inoculado com *Bacillus* sp. nas doses de 50%, 75%, e 100%. Os parâmetros avaliados nas parcelas foram feitos após 100 dias da semeadura do algodoeiro, sendo avaliados, na parte vegetativa da planta, altura, número de ramos e comprimento de raiz e, na parte reprodutiva, número de botões florais, de flores e de maçãs. Concluiu-se que, nas condições deste experimento, para os parâmetros de altura, comprimento de raiz e número de ramos, os resultados não foram significativos. Para o desenvolvimento reprodutivo, a dose de 100% demonstrou resultados superiores para as variáveis avaliadas. Em relação às fontes, a fonte organomineral inoculada com *Bacillus* sp. obteve maior resultado em comparação às demais fontes utilizadas.

Palavras-chave: crescimento; *Gossypium hirsutum* L.; nutrição.

Abstract: Cotton is a crop of great socioeconomic importance. The high cost of fertilizers and their environmental impacts have encouraged the search for more environmentally friendly alternatives. In this context, the present study aimed to evaluate the effects of different phosphorus fertilization rates and sources on the vegetative and reproductive development of cotton plants. The experimental design adopted was a randomized block design (RBD), in a 3 × 3 factorial scheme with four replications, assessing different rates and sources, respectively. The phosphorus sources used were mineral fertilizer, organomineral fertilizer, and organomineral fertilizer inoculated with *Bacillus* sp., applied at 50%, 75%, and 100% of the recommended dose. Evaluations were performed 100 days after sowing. Vegetative parameters included plant height, number of branches, and root length, while reproductive parameters included number of floral buds, flowers, and bolls. It was concluded that, under the conditions of this experiment, the differences in plant height, root length, and number of branches were not statistically significant. However, for reproductive development, the 100% dose yielded superior results for the evaluated variables. Regarding the phosphorus sources, the organomineral fertilizer inoculated with *Bacillus* sp. showed better performance compared to the other sources.

Keywords: growth; *Gossypium hirsutum* L.; nutrition.

1 INTRODUÇÃO

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) é uma cultura fibrosa de elevada relevância para o Brasil e para o mundo, tendo em vista sua ampla versatilidade, sendo matéria-prima para diversos produtos. Nesse viés, além de ocupar posição de destaque na produção natural de fibras, a cotonicultura é fonte para produção de óleo e farinha por meio do aproveitamento da semente, sendo a casca também utilizada na ração para gado leiteiro (Lançoni, 2018). A cultura do algodão tem grande importância socioeconômica devido à quantidade de geração de empregos e ao alto valor agregado que a atividade gera (Figueiredo, 2020).

O Brasil possui lugar privilegiado na produção mundial do algodoeiro, ocupando o terceiro lugar na safra de 2022/2023 com 3,23 milhões de toneladas produzidas, ficando atrás somente dos países China e Índia, respectivamente (ICAC, 2023). Segundo informações da Companhia Nacional de Abastecimento, na safra de 2023/2024, houve um aumento de 16,9% em área plantada quando comparada ao período anterior, sendo que a estimativa presume um novo recorde de 3,64 milhões de toneladas de pluma. As boas condições climáticas encontradas no país que favorecem o desenvolvimento do algodão são responsáveis por esses resultados progressivos de produtividade (CONAB, 2024).

No entanto, apesar da elevada produção e adaptabilidade da cultura, a alta demanda tecnológica investida no manejo e na implantação da lavoura torna o custo de produção oneroso, o que contribui para geração de riscos de perda de lucratividade (Vendruscolo *et al.*, 2018). O aumento da produtividade do algodoeiro está diretamente relacionado com a utilização de técnicas adequadas no manejo da cultura, sendo importante conhecer a genética e a fisiologia da planta para que assim se alcance um maior potencial produtivo (Figueiredo, 2020).

A nutrição mineral no algodoeiro tem grande relevância no desenvolvimento da cultura, principalmente devido ao fato de os nutrientes influenciarem diretamente a qualidade da fibra. Nesse sentido, a fotossíntese, a clorofila, a fotorrespiração e as condições edafoclimáticas são fatores que estão relacionados com o fertilizante usado, uma vez que ele proporciona as condições e as concentrações que o nutriente será disponibilizado para as plantas (Figueiredo, 2020).

O fósforo é um nutriente que necessita ser aplicado em grandes quantidades nos solos brasileiros, tendo em vista a baixa disponibilidade natural e a afinidade da fração mineral pelo elemento, ocasionando os processos de adsorção e precipitação que retiram o nutriente da solução do solo. Além disso, a fixação de fósforo no solo também é um problema limitante de produção, que ocorre pela rápida formação de complexos insolúveis com cátions, especialmente alumínio e ferro em condições ácidas, tornando-o indisponível para a planta. O algodoeiro requer elevada demanda de fósforo durante quase todo seu ciclo, principalmente durante o início da formação dos botões florais até a maturação (Carvalho *et al.*, 2005).

O gasto elevado com fertilizantes e seus impactos ambientais têm estimulado novas alternativas ecologicamente corretas. O fertilizante organomineral tem tido destaque na eficiência, economia e sustentabilidade das adubações, uma vez que sua composição apresenta fontes de compostos minerais e orgânicos. Ademais, a utilização

desse fertilizante proporciona vantagens ao solo, pois minimiza as perdas de nutrientes por lixiviação e fixação, favorece a liberação dos nutrientes para a planta, aumentando assim a produção das culturas. Outrossim, o fertilizante organomineral auxilia na redução da fixação do fósforo lábil fornecido ao solo, favorecendo a disponibilidade do nutriente por maior período de tempo (Lançon, 2018).

A inoculação de microrganismos solubilizadores de fosfato (MSF) é uma tecnologia que vem sendo empregada como o intuito, principalmente, de aumentar a eficiência de fósforo e, por consequência, reduzir gastos e danos ambientais, como também proporcionar maior desenvolvimento das plantas pela melhor absorção de nutrientes e água (Ribeiro *et al.*, 2018). As bactérias solubilizadoras de fosfato podem agir na mineralização do fósforo orgânico e na solubilização de fosfato em minerais, aumentando assim a absorção e a disponibilidade do nutriente (Kalayu, 2019). Entre essas bactérias, o gênero *Bacillus* sp. tem tido relevância pela alta capacidade de fixação nitrogenada, solubilização de fósforo e secreção de hormônios vegetais como a auxina, o que proporciona uma maior resistência a problemas fitossanitários, estresses e metais pesados (Mahanty *et al.*, 2017).

Com efeito, a associação de bactérias do gênero *Bacillus* sp. com o fertilizante organomineral pode ser uma solução para o maior aproveitamento de fósforo nas lavouras agrícolas e minimizar os custos de produção na cultura do algodão. O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos de doses e fontes de adubação fosfatada no desenvolvimento do algodoeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Fazenda Experimental Canavial, do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), cujas coordenadas geográficas são 18°36'34"S e 46°29'16"W, a uma altitude de 891 metros em relação ao nível do mar. Segundo o método de Köppen, o clima da região é tropical, com estação seca e precipitação anual superior a 750 mm. O período de condução do estudo foi de 100 dias, abrangendo os meses de outubro a janeiro.

2.1 ADUBAÇÃO E SEMEADURA

Anteriormente à semeadura, foram coletadas amostras de solo para a realização de análise química que foi utilizada na determinação da quantidade de fertilizante a ser aplicado, de acordo com a recomendação de adubação para a cultura do algodão. O solo foi peneirado e posteriormente usado para o preenchimento dos vasos para a semeadura. As características químicas do solo utilizado encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Análise química do solo usado no preenchimento de vasos no experimento de “Doses e fontes de adubação fosfatada no desenvolvimento do algodoeiro”.

Patos de Minas - MG, 2024

pH	M.O.	H+Al	Al	Ca	Mg	K	CTCT	SB	P-meh	V	m
H ₂ O	dag kg ⁻¹	cmolc dm ⁻³							mg dm ⁻³	%	
5,44	1,95	1,9	0,02	3,42	1,26	0,24	6,84	4,94	1,30	72,2	0,4

Fonte: dados da pesquisa, 2024.

Foi utilizada a recomendação de adubação para a cultura do algodão conforme proposto em Ribeiro *et al.* (1999), sendo utilizada a formulação para os fertilizantes organominerais de 05-26-00 e para o fertilizante mineral de 11-51-00. Os fertilizantes foram distribuídos de maneira uniforme por todo vaso após o encobrimento da semente com solo. A semeadura foi realizada com 3 sementes por vaso com 3 centímetros de profundidade, usando a cultivar BRS 600B3RF. A irrigação foi feita por microaspersão diariamente.

A adubação de cobertura foi feita trinta dias após a semeadura, utilizando fertilizante polimerizado com formulação 28-00-18, em que foram aplicados 2,5 gramas por vaso, fornecendo assim 0,7 gramas de nitrogênio e 0,45 gramas de potássio por parcela. No mesmo dia, foi realizado o desbaste, deixando apenas uma planta por vaso.

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados (DBC), com esquema fatorial 3 x 3 e quatro blocos, em que foram avaliadas diferentes doses e fontes, respectivamente. As fontes usadas foram os fertilizantes mineral, organomineral e organomineral com inoculação de *Bacillus* sp. nas doses de 50%, 75%, e 100% da dose recomendada para a cultura, totalizando 9 tratamentos (Tabela 2). A inoculação do fertilizante com o microrganismo foi feita na sua fabricação. As unidades experimentais foram compostas por vasos de 11 litros.

Tabela 2: Descrição dos tratamentos utilizados na cultura do algodoeiro no experimento de “Doses e fontes de adubação fosfatada no desenvolvimento do algodoeiro”. Patos de Minas - MG, 2024

Tratamento	Descrição	Dose por parcela (g)
T1	Mineral 11-51-00 50%	1,3
T2	Mineral 11-51-00 75%	1,7
T3	Mineral 11-51-00 100%	2,6
T4	Organomineral 05-26-00 50%	2,6
T5	Organomineral 05-26-00 75%	4,5
T6	Organomineral 05-26-00 100%	5,3
T7	Organomineral Bacillus sp 05-26-00 50%	2,6
T8	Organomineral Bacillus sp 05-26-00 75%	4,5
T9	Organomineral Bacillus sp 05-26-00 100%	5,3

Fonte: dados da pesquisa, 2024

2.3 AVALIAÇÕES

Os parâmetros avaliados nas parcelas foram feitos após 100 dias da semeadura do algodoeiro, sendo avaliados, na parte vegetativa da planta, altura, número de ramos e comprimento de raiz e, na parte reprodutiva, número de botões florais, de flores e de maçãs. Foi avaliada a altura de plantas com o auxílio de uma trena graduada do nível do solo à inserção da última folha, bem como para comprimento de raiz em que foi medida a raiz principal abaixo do solo, em que, para isso, foram retiradas as plantas dos vasos, eliminando o excesso de solo das raízes. Pela contagem manual, determinou-se o número de ramos, de botões florais, de flores e de maçãs.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo software SISVAR e, para os resultados significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO

A análise de variância apontou que, para altura, comprimento de raiz e número de ramos, os resultados não foram significativos em relação às doses e fontes de adubação no desenvolvimento vegetativo do algodoeiro nas condições deste experimento (Tabela 3).

Sofiatti *et al.* (2011), testando doses de adubação residual fosfatada e nitrogenada, evidenciaram resultado similar em seu estudo, em que, na avaliação de crescimento de plantas de algodão, não se obteve resultado significativo pela análise de variância para a adubação fosfatada.

Kaneko *et al.* (2011), testando doses de P_2O_5 de 0, 60, 80, 100 e 120 kg ha⁻¹, utilizando como fonte o superfosfato triplo, perceberam que não houve efeitos dos tratamentos altura de plantas de algodão.

Avaliando diferentes doses de fertilizante mineral e organomineral, Figueiredo (2020) concluiu, em seu experimento, que a resposta do algodoeiro não foi significativa à adubação com diferentes doses de fertilizantes organominerais na avaliação dos caracteres de população final de plantas por hectare, o número total de nós nas plantas e número total de nós reprodutivos. Contudo, para a avaliação de altura média das plantas, os tratamentos diferiram entre si, sendo que os tratamentos com 100 kg de MAP, Organomineral 400 kg ha⁻¹ e Organomineral 500 kg ha⁻¹ alcançaram os maiores resultados.

Tabela 3: Resumo de análise de variância para o desenvolvimento vegetativo em altura, comprimento de raiz e número de ramos em função de diferentes doses e fontes de adubação fosfatada no experimento de “Doses e fontes de adubação fosfatada no desenvolvimento do algodoeiro”. Patos de Minas - MG, 2024

Pr>Fc	Altura	Comprimento de raiz	Número de ramos
Dose	0,2331	0,4771	0,1101
Fonte	0,4401	0,7402	0,2791
Interação dose e fonte	0,5331	0,4854	0,1612
Média geral	88,67	45,64	13,22
CV (%)	17,91	30,97	12,10

Fonte: dados da pesquisa, 2024.

3.1 DESENVOLVIMENTO REPRODUTIVO

Os resultados estatísticos para o número de botões florais no algodoeiro evidenciou significância para as doses de fertilizante usados. De acordo com a Tabela 4, é possível verificar que a dose de 50% se diferenciou estatisticamente da dose de 100%, a qual apresentou resultado superior. A dose de 75% não se diferenciou das demais doses utilizadas. Com efeito, pode-se destacar que a dose de 75%, neste experimento, alcançou resultado estatístico semelhante ao da dose de 100% para este parâmetro avaliado.

Aquino *et al.* (2012) observaram o efeito da aplicação parcelada de doses de fósforo em algodoeiro irrigado, comparando a eficiência da adubação fosfatada com a aplicação tradicional, em semeadura. Desse modo, as doses de P ou parcelamento não aumentaram o teor e conteúdo de P, bem como o número de estruturas reprodutivas, aos 80 dias após a emergência das plantas.

Entretanto, Rosolem e Bastos (1997) afirmam que o fósforo possui grande importância para o pegamento e desenvolvimento da parte reprodutiva da planta, promovendo também aumento no crescimento de frutos e capulhos com maior massa, refletindo também no aumento de produtividade.

Tabela 4: Número de botões florais do algodoeiro em função de doses e fontes de adubação fosfatada no experimento de “Doses e fontes de adubação fosfatada no desenvolvimento do algodoeiro”. Patos de Minas - MG, 2024

Doses	Número de botões florais
Dose 50%	6,75 b
Dose 75%	9,17 ab
Dose 100%	12,50 a
CV (%)	47,53
DMS	4,59

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Fonte: dados da pesquisa, 2024.

Os valores para o número de flores na cultura do algodão mostraram resultado significativo para a interação entre doses e fontes de adubação fosfatada, em que, em relação às doses utilizadas para os fertilizantes mineral e organomineral, não houve distinção entre os resultados obtidos. Em contrapartida, para a fonte organomineral inoculado com *Bacillus* sp., a dose 75% se diferenciou da dose de 100% que obteve maior resultado em comparação com essa dose; já para a dose de 50%, a dose de 100% obteve resultado estatístico semelhante (Tabela 5).

As fontes para as doses de 50% e 75% não se diferenciaram estatisticamente, como pode-se observar pela Tabela 5. Para a dose de 100%, houve uma diferença em que a fonte organomineral inoculada com *Bacillus* sp. mostrou resultado superior em relação às outras fontes usadas. Nessa mesma dose, as fontes mineral e organomineral não apresentaram diferenças estatísticas.

A disponibilidade do fósforo não lábil pode ser facilitada para as plantas pela diminuição da fixação do nutriente no solo, o que contribuirá com a maior eficiência da adubação fosfatada e conseqüentemente na redução dos custos de produção (Bortonio, 2023). Os microrganismos solubilizadores de fosfato, como a bactéria *Bacillus* sp., podem agir em todas as etapas que compõem o ciclo do fósforo: dissolução-precipitação, sorção-dessorção e mineralização-imobilização (Sharma *et al.*, 2013).

Tabela 5: Número de flores no algodoeiro em função de doses e fontes de adubação fosfatada no algodoeiro no experimento de “Doses e fontes de adubação fosfatada no desenvolvimento do algodoeiro”. Patos de Minas - MG, 2024

	Mineral	Organomineral	Organomineral <i>Bacillus</i> sp.
Dose 50%	2,25 Aa	2,50 Aa	2,75 Aab
Dose 75%	2,50 Aa	2,25 Aa	1,50 Ab
Dose 100%	1,75 Ba	2,25 Ba	5,0 Aa
CV (%)	54,5		
DMS - Doses dentro de Fontes	1,4		
DMS - Fontes dentro de Doses	2,4		

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Fonte: dados da pesquisa, 2024.

O resultado estatístico para as fontes usadas no algodoeiro foram significativos para o parâmetro avaliado de número de maçãs. Nesse sentido, a fonte organomineral inoculada com *Bacillus* sp. demonstrou superioridade à fonte mineral nos resultados estatísticos observados na Tabela 6. A fonte organomineral convencional não se diferenciou das demais fontes utilizadas.

Em estudo similar, Leite (2020) observou que, em número de maçãs, de flores, de ramos reprodutivos e clorofila total, as maiores médias dessas quatro características foram alcançadas pela dose de 100% da recomendação para a cultura. Nessa mesma literatura, concluiu-se que o fertilizante organomineral tem grande potencial para substituição da adubação mineral na cultura do algodão.

Tabela 6: Número de maçãs no algodoeiro em função de fontes de adubação fosfatada no experimento de “Doses e fontes de adubação fosfatada no desenvolvimento do algodoeiro”. Patos de Minas - MG, 2024

Fontes	Número de maçãs
Mineral	1,92 b
Organomineral	2,42 ab
Organomineral <i>Bacillus</i> sp.	4,12 a
CV (%)	73,33
DMS	2,12

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Fonte: dados da pesquisa, 2024.

4 CONCLUSÃO

Concluiu-se que, nas condições deste experimento, para os parâmetros de altura, comprimento de raiz e número de ramos, os resultados não foram significativos. Para o desenvolvimento reprodutivo, a dose de 100% demonstrou resultados superiores para as variáveis avaliadas. Em relação às fontes, a fonte organomineral inoculada com *Bacillus* sp. obteve maior resultado em comparação às demais fontes utilizadas.

REFERÊNCIAS

AQUINO, L. A. de. *et al.* Parcelamento de fósforo em algodoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 1-8, 2012.

BORTONIO, N. S. **Associação de *Bacillus* sp. ao organomineral 06.30.00 na cultura do milho**. 2023. 39 f. TCC (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2023.

CARVALHO, M. da C. S.; BARBOSA, K. de A.; LEANDRO, W. M. Resposta do algodoeiro a doses e modos de aplicação de fósforo em sistemas de plantio direto e convencional no cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005, Salvador. **Algodão, uma fibra natural**: anais. [S. l.]: Abapa: EMBRAPA: Abrapa: Governo da Bahia, 2005.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**: safra 2023/24 décimo primeiro levantamento. Brasília, v. 11, n. 11, p.1-129, agosto 2024.

FIGUEIREDO, E. H. C. **Desenvolvimento e produtividade do algodoeiro em função de doses de adubo mineral e organomineral**. 2020. 34 f. TCC (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.

ICAC – International Cotton Advisory Committee. **Cotton Production Data Portal**. 2023. Disponível em: <https://icacdatatool.de.r.appspot.com/DataPortal/ChartsDetails?subGroupKey=SGK0001&chartKey=CHR0003>.

KALAYU, G. Phosphate solubilizing microorganisms: promising approach as biofertilizers. **International Journal of Agronomy**, [S. l.], v. 2019, p. 1-7, 2019.

KANEKO, F. H. Resposta do algodão adensado a doses de fósforo na “região dos chapadões”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 8.; COTTON EXPO, 1., 2011, São Paulo. **Evolução da cadeia para construção de um setor forte**: anais. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2011. p.1676-1681.

LANÇONI, R. **Produtividade de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) em função das adubações de plantio e foliar com fertilizante organomineral**. 2018. 81 f. TCC (Graduação em Agroecologia) - Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2018.

LEITE, M. A. S. **Fertilizante organomineral peletizado na cultura do algodoeiro**. 2019. 20 f. TCC (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2020.

MAHANTY, T. *et al.* Biofertilizers: a potential approach for sustainable agriculture development. **Environmental Science and Pollution Research**, [S. l.], v. 24, n. 4, p. 3315- 3335, 2017.

RIBEIRO, A. C. *et al.* **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, MG, CFSEMG/UFV, 1999.

RIBEIRO, V. P. *et al.* Endophytic Bacillus strains enhance pearl millet growth and nutrient uptake under low-P. **Brazilian journal of microbiology**, [S. l.], v. 49, p. 40-46, 2018.

ROSOLEM, C. A.; BASTOS, G. B. Deficiências minerais no cultivar de algodão IAC 22. **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 2, p. 377-387, 1997.

SHARMA, S. B. *et al.* Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. **SpringerPlus**, [S. l.], v. 2, n. 587, p. 1-14, 2013.

SOFIATTI, V. *et al.* Crescimento e produção do algodoeiro irrigado em resposta a adubação fosfatada residual e nitrogenada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO & COTTON EXPO, 8., 2011, Campina Grande. Evolução da **cadeia para construção de um setor forte**: anais. São Paulo: Pb: Embrapa Algodão, 2011. p. 1835-1843.

VENDRUSCOLO, E. P. *et al.* Resposta do algodoeiro a diferentes doses de bioestimulante aplicado via semente. **Agrarian**, Dourados, v. 11, n. 39, p. 32-41, 25 maio 2018.