

CENTRO DE ENSINO SUPERIOR DE SÃO GOTARDO

Jean Samuel de Oliveira Barbosa
Paulo Sergio Silva Pereira

**APLICAÇÃO DE SOLUBILIZADOR DE FÓSFORO EM DIFERENTES
DOSAGENS NA CULTURA DA CENOURA**

SÃO GOTARDO

2022

Jean Samuel de Oliveira Barbosa
Paulo Sergio Silva Pereira

**APLICAÇÃO DE SOLUBILIZADOR DE FÓSFORO EM DIFERENTES
DOSAGENS NA CULTURA DA CENOURA**

Artigo Científico apresentado ao Centro de Ensino Superior de São Gotardo, no curso de Agronomia, como requisito para a conclusão do curso.

Orientador: Professor Renato Mendes Coelho de Oliveira

Título: Engenheiro Agrônomo pela ESALQ/USP, com pós-graduação em Gestão do Agronegócio, pela UFSCAR/CESG, e em Gestão Financeira, Controladoria e Aduditoria pela FGV.

APLICAÇÃO DE SOLUBILIZADOR DE FÓSFORO EM DIFERENTES DOSAGENS NA CULTURA DA CENOURA

Jean Samuel de Oliveira Barbosa¹

Paulo Sergio Silva Pereira¹

RESUMO: O uso de microrganismos solubilizadores de fósforo é uma alternativa para o posicionamento mais eficiente desse nutriente em sistemas de produção agrícola. Esse estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de BiomaPhos® no desenvolvimento inicial e produtividade da cultura da cenoura. O experimento foi conduzido na Fazenda Catulés, localizada no município de Serra do Salitre, Minas Gerais, em Delineamento de Blocos Casualizados, sendo avaliadas diferentes doses de BiomaPhos®: 0,00; 300,00; 500,00 e 700,00 mL. As diferentes doses foram analisadas quanto ao comprimento e ao peso de parte aérea e raiz, ao peso de raízes produzidas e à quantidade de cenoura por classe comercial. Concluiu-se que a cultura da cenoura responde às doses crescentes de BiomaPhos®, sendo que o aumento na dose do produto incrementa o comprimento de parte aérea e o peso de raiz. Doses de BiomaPhos® correspondentes a 300 mL e 500 mL contribuíram para maior comprimento médio de raiz e peso de parte aérea, respectivamente. Além disso, a aplicação de doses desse produto culminou em maior quantidade e peso de raízes de cenoura nas condições experimentais testadas.

PALAVRAS-CHAVE: Horticultura. Microrganismos solubilizadores. Nutrição de plantas.

SUMÁRIO: 1. Introdução. 2. Desenvolvimento. 3. Material e métodos. 4. Resultados e discussão. 5. Conclusão. Referências.

APPLICATION OF PHOSPHORUS SOLUBILIZER IN DIFFERENT DOSAGES IN CARROT CULTURE

ABSTRACT: The use of phosphorus-solubilizing microorganisms is an alternative for a more efficient positioning of this nutrient in agricultural production systems. This study aimed to evaluate the effect of different doses of BiomaPhos® on the initial development and productivity of the carrot crop. The experiment was carried out at Fazenda Catulés, located in the municipality of Serra do Salitre, Minas Gerais, in a randomized block design, with different doses of BiomaPhos®: 0.00; 300.00; 500.00 and 700.00 mL. The different doses were analyzed in terms of length and weight of shoots and roots, weight of roots produced and quantity of carrots per commercial class. It was concluded that the carrot culture responds to increasing doses of BiomaPhos®, and the increase in the dose of the product increases the shoot length and root weight. BiomaPhos® doses corresponding to 300 mL and 500 mL contributed to greater average root length and shoot weight, respectively. In addition, the application of doses of this product resulted in greater quantity and weight of carrot roots under the experimental conditions tested.

KEYWORDS: Horticulture. Solubilizing microorganisms. Plant nutrition.

SUMMARY: 1. Introduction. 2. Development. 3. Material and methods. 4. Results and discussion. 5. Conclusion. References.

¹ Graduando do Curso de Agronomia, do Centro de Ensino Superior de São Gotardo-CESG. E-mail:

1 INTRODUÇÃO

A cenoura pertence à família *Apiaceae*, ao gênero *Daucus* e à espécie *Daucus carota* L. Essa hortaliça apresenta grande importância do ponto de vista social e econômico no Brasil, e o cultivo é realizado em larga escala, sobretudo nas regiões Sudeste, Centro-Oeste, Sul e Nordeste.^{2, 3}

Dentre os nutrientes demandados pela cultura da cenoura, destaca-se o fósforo, o qual atua diretamente no desenvolvimento das raízes das plantas, sendo considerado nutriente essencial para que estas apresentem boa capacidade de absorção de nutrientes e água. Esse nutriente possui papel relevante em diversos processos metabólicos importantes, como a síntese de ATP e a fotossíntese.⁴

É importante destacar que o fósforo é o nutriente que mais limita o desenvolvimento vegetal em cultivos tropicais, o que decorre da elevada capacidade do solo em adsorver esse elemento. A dinâmica de adsorção de fósforo é um processo complexo que resulta na indisponibilidade desse nutriente para absorção vegetal.⁵

De acordo com Carvalho e colaboradores, a adubação fosfatada é a principal medida empregada nos sistemas de cultivo tradicional para suprimento da demanda de fósforo. Contudo a cultura da cenoura possui ciclo curto, e as raízes apresentam número limitado de raízes secundárias, o que tem limitado a eficiência da cultura em aproveitar o fósforo fornecido via adubação. Diante disso, produtores rurais geralmente aplicam doses elevadas de fertilizantes fosfatados, o que resulta em custos produtivos elevados ao longo do ciclo da cultura nas lavouras.⁶

² CARVALHO. Agnaldo Donizete Ferreira de et al. Adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura pelo método REML/ BLUP. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p, 69-74, 2017.

³ NETO. Francisco Bezerra et al. Otimização agroeconômica da cenoura fertilizada com diferentes doses de jirirana. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 2, p. 305-311, 2014.

⁴ CARVALHO. Agnaldo Donizete Ferreira de et al. **Cenoura: *Daucus carota* L.** Brasília-DF: Embrapa Hortaliças, 2021. 74 p.

⁵ VINHA. Ana Paula Carrara et al. Adsorção de fósforo em solos de regiões tropicais. **Nativa**, v. 9, n. 1, p. 30-35, 2021.

⁶ GONÇALVES. Felipe Augusto Reis. **Modos de aplicação de fósforo na cultura da cenoura e adsorção iônica em Biochar de batata.** 2018. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, 2018.

⁷ OLIVEIRA. Christiane Abreu et al. **Viabilidade técnica e econômica do Biomaphos® (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119) nas culturas de milho e soja.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 20 p.

Em virtude da dinâmica do fósforo nos solos, a baixa eficiência da adubação fosfatada, em solos intemperados, e dos problemas relacionados ao adequado fornecimento desse nutriente, estudos científicos têm sido conduzidos com intuito de disponibilizar conhecimentos para o posicionamento correto desse nutriente. Além disso, pesquisas têm explorado alternativas de fornecimento desse nutriente de modo econômico e ambientalmente sustentável. Uma das alternativas que tem sido estudada é o uso de solubilizador de fósforo a partir de microrganismos.⁶

Uma tecnologia que tem sido empregada comercialmente no Brasil para solubilização de fosfato é o BiomaPhos[®]. O produto é composto por duas cepas do gênero *Bacillus*, sendo uma cepa da espécie *Bacillus subtilis* e outra cepa de *Bacillus megaterium*. Essa tecnologia consiste em um bioestimulante que, uma vez aplicado no solo, resulta na maior aquisição de fosfatos pela planta a partir da disponibilização de fosfato não lábil.⁷

Diante do exposto, o estudo teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de BiomaPhos[®] no desenvolvimento inicial e produtividade da cultura da cenoura.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 A CULTURA DA CENOURA

A cenoura pertence à família *Apiaceae*, ao gênero *Daucus* e à espécie *Daucus carota* L. Essa planta caracteriza-se pela presença de raízes tuberosas de grande valor comercial, sendo que a cultura se destaca no cenário hortícola nacional em função da elevada demanda e considerável consumo no Brasil. A cenoura apresenta grande importância do ponto de vista social e econômico. E, do ponto de vista nutricional, a cultura tem sido considerada rica, sobretudo em função do elevado teor de cálcio e vitaminas (B1 e B2). A cultura também possui sais minerais e é muito apreciada na dieta humana.^{2, 3}

O cultivo de cenoura no Brasil é realizado em larga escala, sobretudo nas regiões Sudeste, Centro-Oeste, Sul e Nordeste.² De acordo com Teixeira e colaboradores, o mercado consumidor de cenoura tem preferência por raízes bem desenvolvidas, de formato cilíndrico e uniformes. Outras características desejáveis são aspecto liso, isenção de raízes secundárias ou laterais, diâmetro entre três e quatro centímetros, e comprimento variando entre 20 e 25 centímetros.⁸

A cenoura é uma espécie de hortaliça adaptada para se desenvolver em

condições de clima ameno. Contudo o melhoramento genético possibilitou o desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições de cultivo tropical, o que possibilitou sua produção durante todos os meses do ano, em diversas regiões brasileiras, tais como o Nordeste e o Centro-Oeste. Essas cultivares caracterizam-se por apresentar maior tolerância às temperaturas mais altas e materiais genéticos resistentes às doenças-chave na cultura.^{9,10}

Quanto à nutrição, a cultura da cenoura é considerada bastante exigente, sendo que a quantidade de nutriente aplicada nas áreas de produção depende da interpretação dos resultados da análise físico-química do solo. Além disso, as exigências nutricionais podem variar em função da cultivar plantada, da época do ano, das características do solo e da produtividade desejada. Para suprimento da demanda nutricional, pode-se realizar a aplicação tanto de fertilizantes minerais como de fertilizantes orgânicos, sendo a adubação realizada em área total. Nessa etapa, pode-se optar pela adubação diretamente nos canteiros, após ou anterior à sua formação. Dentre os nutrientes demandados pela cultura, destaca-se o fósforo.⁴

2.2 IMPORTÂNCIA DO FÓSFORO

Considerado nutriente essencial, o fósforo atua diretamente no desenvolvimento das raízes das plantas, possibilitando a elas boa capacidade de absorção de nutrientes e água. Esse nutriente possui papel relevante em diversos processos metabólicos importantes, como a síntese de ATP e a fotossíntese. Destaca-se que a deficiência de fósforo nas plantas geralmente ocorre em folhas mais velhas, as quais apresentam cor castanho-arroxeadas, o que pode evoluir para sintomas de amarelecimento e senescência foliar.⁴

Nesse sentido, o adequado fornecimento de fósforo às plantas é essencial para que se obtenham produtos de alta qualidade e para que a exploração da atividade agrícola resulte em bom rendimento final.^{11, 4} A disponibilidade desse nutriente no solo é

⁸ TEIXEIRA, Luciano José et al. Cenoura (*Daucus carota*): processamento e composição química. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p. 1-21, 2011.

⁹ VIEIRA, J.V. et al. BRS Planalto: Cultivar de cenoura de polinização aberta para cultivo de verão. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 359-363, 2012.

¹⁰ SILVA, Giovani Olegário et al. Estratégias de seleção para germinação de sementes de cenoura em condições de temperaturas elevadas. **Revista Ceres**, v. 58, n. 1, p. 121-125, 2011.

influenciada por diversos fatores relacionados às características físico-químicas do solo de cultivo. Dentre os fatores, destacam-se a quantidade e o tipo de argila presentes no solo, a temperatura e nível de aeração do solo, dentre outros fatores.⁴

É importante destacar que o fósforo é o nutriente que mais limita o desenvolvimento vegetal em cultivos tropicais, o que decorre da elevada capacidade do solo em adsorver esse elemento. A dinâmica de adsorção de fósforo é um processo complexo que resulta na indisponibilidade desse nutriente para absorção vegetal. Alguns atributos do solo podem influenciar significativamente a dinâmica de fósforo, sendo eles o teor de argila no solo, a quantidade de matéria orgânica e a CTC efetiva.⁵

De acordo com Carvalho e colaboradores, a adubação fosfatada é a principal medida empregada nos sistemas de cultivo tradicional para suprimento da demanda de fósforo. Recomenda-se a aplicação da dose total na etapa de semeadura das sementes de cenoura. Devido à baixa mobilidade do fósforo no solo, não se recomenda a aplicação em cobertura, visto que essa apresenta baixa eficácia.⁴

No entanto, apesar da realização da adubação fosfatada, a disponibilidade de fósforo para as plantas pode ser insuficiente para adequado suprimento vegetal. Em função das características dos solos presentes nas áreas de cultivo tropical, o fósforo apresenta disponibilidade limitada, devido à formação de compostos de baixa solubilidade com óxidos de ferro e alumínio no solo, o que dificulta a absorção radicular. Por esse motivo, o fósforo tem sido considerado um dos nutrientes que mais limita o desenvolvimento de cultivos agrícolas sob condições tropicais.¹²

A cultura da cenoura possui ciclo curto, e as raízes apresentam número limitado de raízes secundárias, o que tem limitado a eficiência da cultura em aproveitar o fósforo fornecido via adubação. Diante disso, produtores rurais geralmente aplicam doses elevadas de fertilizantes fosfatados, o que resulta em custos produtivos elevados ao longo do ciclo da cultura nas lavouras.⁶

Nascimento e colaboradores também afirmam que o uso intensivo de fertilizantes minerais tem sido notado em áreas de produção de cenoura e outras hortaliças. Esses insumos são muito demandados em função do alto requerimento pelas culturas, as quais apresentam ciclo curto de crescimento e de desenvolvimento.¹²

¹¹ FILGUEIRA. Fernando Antonio Reis. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa-MG: UFV, 2012. 421 p.

¹² NASCIMENTO. Mariana Vieira et al. Adubação fosfatada no cultivo de hortaliças produtoras de raízes. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 1, p. 8-16, dez. 2017.

Em virtude da dinâmica do fósforo nos solos, a baixa eficiência da adubação fosfatada em solos intemperados, e dos problemas relacionados ao adequado fornecimento desse nutriente, estudos científicos têm sido conduzidos com o intuito de disponibilizar conhecimentos para o posicionamento correto desse nutriente. Além disso, pesquisas têm explorado alternativas de fornecimento desse nutriente de modo econômico e ambientalmente sustentável. Uma das alternativas que tem sido estudada é o uso de solubilizador de fósforo a partir de microrganismos.⁶

2.3 USO DE SOLUBILIZADOR DE FÓSFORO

O uso de microrganismos solubilizadores de fosfato tem sido estudado devido à sua capacidade de converter o P insolúvel em formas solúveis, as quais podem ser exploradas pelas plantas. Diversos processos estão envolvidos na solubilização de fósforo, tais como as reações de troca, a quelatização, a acidificação e a produção de ácidos orgânicos. Esse último processo tem sido considerado o principal mecanismo usado por bactérias e espécies fúngicas capazes de atuar na solubilização de fosfatos de rocha.^{13,14}

Uma tecnologia que tem sido empregada comercialmente no Brasil, para solubilização de fosfato, é o BiomaPhos[®]. Após, aproximadamente, duas décadas de pesquisa, a Embrapa Milho e Sorgo desenvolveu o produto comercial BiomaPhos[®], recomendado para aquisição de fosfatos via microrganismos solubilizadores. O produto é composto por duas cepas do gênero *Bacillus*, sendo uma cepa da espécie *Bacillus subtilis* e outra cepa de *Bacillus megaterium*. Essa tecnologia consiste em um bioestimulante que, uma vez aplicado no solo, resulta na maior aquisição de fosfatos pela planta a partir da disponibilização de fosfato não lábil.⁷

O BiomaPhos[®] pode ser aplicado tanto a partir do tratamento de sementes quanto pela aplicação no sulco de plantio. Uma vez aplicado, as bactérias se associam ao sistema radicular desde as fases iniciais de desenvolvimento das plantas. Nessa região, ocorre a multiplicação bacteriana e a colonização rizosférica. Posteriormente, inicia-se o processo de solubilização de fósforo pelos

¹³ RAMÍREZ. Lizbeth Moreno. et al. Molecular identification of phosphatesolubilizing native bacteria isolated from the rhizosphere of *Prosopis glandulosa* in Mexicali valley. **Genetics and Molecular Research**, v.14, n.1, p. 2793-2798, 2015.

¹⁴ MENDES. Gilberto Oliveira et al. Mechanisms of phosphate solubilization by fungal isolates when exposed to different P sources. **Annals of Microbiology**, v.64, p. 239-49, 2014.

¹⁵ BIOMA. **BiomaPhos[®]**. 2021. Disponível em: <<https://www.bioma.ind.br/produto/bioma-phos>>. Acesso em: 12 maio. 2022.

microrganismos, por meio do processo de síntese de ácidos orgânicos pelos microrganismos. Como resultado, ocorre a absorção e assimilação do fósforo via raízes vegetais.¹⁵

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Catulés, localizada no município de Serra do Salitre, Minas Gerais. O local apresenta clima tropical e altitude de 900 metros, aproximadamente. A condução do experimento ocorreu durante o ano de 2022.

Antes da implantação do experimento, realizou-se a análise do solo. Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 1. O plantio foi realizado com sementes de cenoura do material genético 7390, o qual apresenta ciclo que varia entre 100 e 110 dias.

Tabela 1. Resultados da análise de solo quanto aos atributos químicos antes da implantação do experimento.

pH	P (res)	P (melh)	P(rem)	S- SO ₄ ⁻	K	Ca	Mg	Al	H ⁺ Al	M.O.	C.O.	B	Cu	Fe	Mn	Zn
H ₂ O	mg dm ⁻³ (ppm)					cmol _c dm ⁻³				g dm ⁻³			mg dm ⁻³ (ppm)			
6,6	40	8,4	10,6	12,0	0,11	3,3	1,2	0,00	2,50	26,0	15,1	0,21	1,3	13	1,9	1,4

Fonte: Autor, 2022.

A condução experimental foi realizada a partir do Delineamento de Blocos Casualizados. Avaliou-se o efeito de quatro tratamentos, os quais consistiram em diferentes dosagens do produto comercial BiomaPhos[®], conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 2. Doses de BiomaPhos[®] aplicada por tratamento.

Tratamentos	Dose de BiomaPhos [®] (mL)
T1	0,00
T2	300,00
T3	500,00
T4	700,00

Fonte: Autor, 2022.

Para cada tratamento, foram adotadas cinco repetições, sendo o total de parcelas experimentais igual a vinte. Cada repetição consistiu em um canteiro, apresentando dimensões de 4,0 metros de comprimento por 1,75 metro de largura. O BiomaPhos[®] foi aplicado em cada parcela experimental, segundo a dose

correspondente. A aplicação foi realizada via sulco de plantio, via Micron.

Foram realizadas duas avaliações, sendo a primeira aos sessenta dias após o plantio e a segunda, no momento da colheita da cultura. Na primeira avaliação, verificou-se o comprimento total das raízes e o número de folhas por planta. Na segunda avaliação, realizou-se a mensuração do comprimento e diâmetro das raízes colhidas, utilizando-se esses dados na classificação comercial das raízes. Além disso, determinou-se a massa de raízes em cada uma das parcelas e, considerando as medidas de área e produção obtida, os dados foram extrapolados para produtividade em toneladas por hectare.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, se significativo, as médias eram submetidas à análise de regressão ao nível de 5% de significância. A comparação das médias quanto à produtividade e peso de cenoura por classe comercial foi realizada a partir do teste de Tukey a 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas com uso do software estatístico SISVAR®.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme exposto na tabela 3, após a implantação do experimento, constatou-se redução no valor do pH do solo em todos os tratamentos, além de incrementos nos valores de P(res), P(melh), P-rem, S-SO₄⁻ e K. O teor de Ca e Mg decresceu em todos os tratamentos. Verificou-se, também, que o tratamento T1 apresentou o mesmo valor de H + Al que havia sido observado antes da implantação do experimento. Contudo, para esse atributo, houve aumento nos tratamentos T2, T3 e T4. Os valores de M.O. e C.O. decresceram após a condução do estudo científico, o que também foi observado para Cu. Em contraste, houve aumento nos valores de B, Fe, Mn e Zn.

Tabela 3. Resultados da análise de solo quanto aos atributos químicos após a implantação do experimento.

A	pH	P (res)	P (melh)	P(rem)	S- SO ₄ ⁻	K	Ca	Mg	Al	H + Al	M.O.	C.O.	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	H ₂ O	mg dm ⁻³ (ppm)			cmol _c dm ⁻³					g dm ⁻³			mg dm ⁻³ (ppm)				
T1	6,4	92	16,7	12,2	16,0	0,16	3,0	0,9	0,0	2,50	25,0	14,5	0,49	1,0	16	2,8	2,3
T2	5,7	83	13,4	12,5	20,0	0,14	2,3	0,5	0,0	3,30	20,0	11,6	0,70	1,1	19	2,9	2,2
T3	5,9	144	86,7	14,9	21,0	0,40	2,6	0,5	0,0	3,50	19,0	11,0	1,41	1,2	22	5,6	6,7
T4	5,9	141	40,3	12,1	11,0	0,17	2,6	0,6	0,0	3,30	21,0	12,2	0,70	1,0	20	3,8	3,7

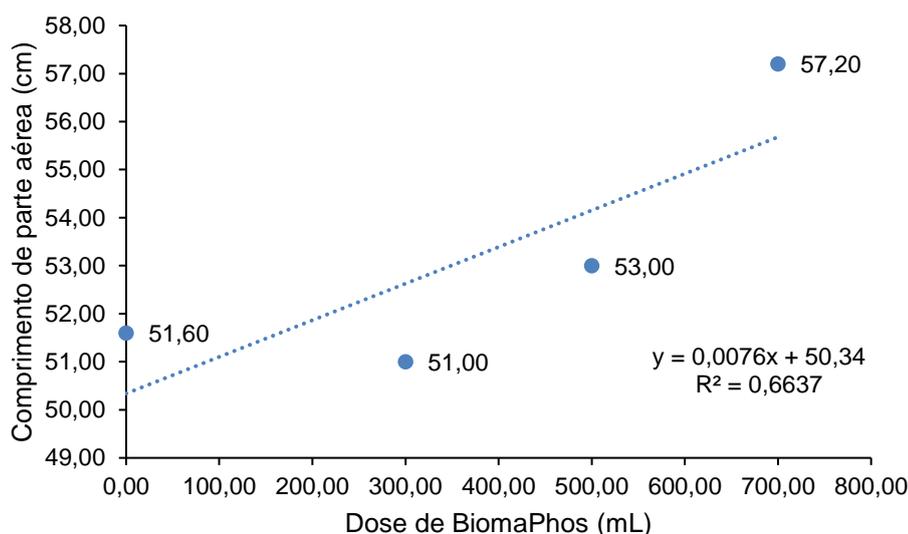
Fonte: Autor, 2022.

As alterações nos valores dos atributos químicos do solo, após a implantação do experimento, comparativamente aos valores obtidos antes da

condução do estudo, podem ter ocorrido devido ao manejo empregado nas parcelas experimentais, o que inclui etapas de correção do solo, adubação de plantio e cobertura e aplicação de diferentes doses de BiomaPhos[®]. Além disso, o cultivo de cenoura também pode ter contribuído para essas alterações, visto que a cultura explora, a partir do sistema radicular, o solo para adquirir diversos elementos essenciais, sendo que a dinâmica complexa envolvida na extração de nutrientes pode alterar a disponibilidade de diversos elementos do solo.

Para a variável comprimento de parte aérea, verificou-se ajuste das médias ao modelo matemático linear. O aumento na dose de BiomaPhos[®] resultou em incrementos crescentes sobre o comprimento de parte aérea. Os valores variaram entre 51,60 e 57,20 centímetros, sendo que o maior e o menor valor foram observados para as doses 0,00 mL e 700,00 mL, respectivamente (Figura 1). O maior comprimento de parte aérea em plantas de cenoura, com aumento da dose de BiomaPhos[®], pode ter ocorrido devido a maior disponibilidade de fósforo em doses maiores do produto, pois teores elevados de fósforo no solo podem aumentar a disponibilidade desse nutriente e resultar em maior produção de massa pelas plantas (VIVIANI et al., 2010).

Figura 1. Comprimento de parte aérea em função de doses crescentes de BiomaPhos[®].

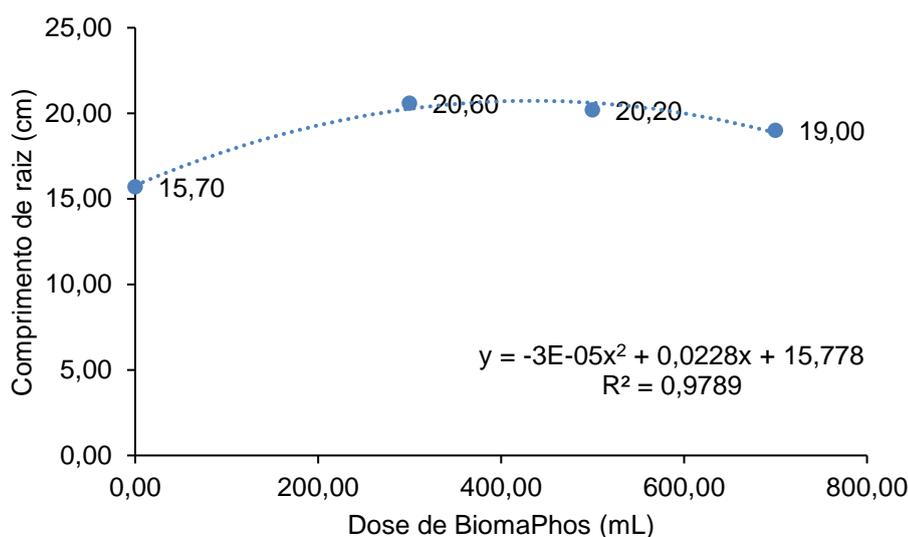


Fonte: Autor, 2022.

¹⁶ VIVIANI, Carlos Alberto et al. Disponibilidade de fósforo em dois latossolos argilosos e seu acúmulo em plantas de soja, em função do aumento do pH. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 1, p. 61-67, 2010.

De acordo com a Figura 2, verificou-se ajuste das médias ao modelo matemático quadrático para o comprimento de raiz. O ponto de máxima foi observado para a dose 300,00 mL de BiomaPhos® e resultou no comprimento médio de raiz de 20,60 centímetros.

Figura 2. Comprimento de raiz em função de doses crescentes de BiomaPhos®.



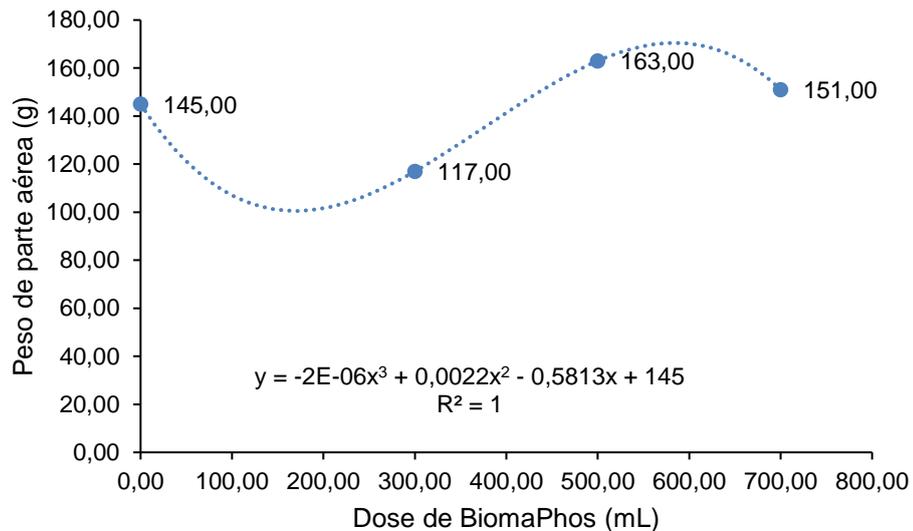
Fonte: Autor, 2022.

Embora o ponto de máxima tenha ocorrido na dose de 300,00 mL de BiomaPhos®, o valor obtido nessa dose (20,60 cm) diferiu pouco do comprimento de raiz obtido nos tratamentos referentes a 500,00 mL e 700,00 mL. Além disso, é importante destacar que todos os tratamentos correspondentes à aplicação de BiomaPhos® proporcionaram comprimento de raiz superior ao tratamento controle, isento da aplicação do produto. Diante disso, infere-se que o produto aplicado contribuiu para incrementos no comprimento de raiz das plantas de cenoura, sendo que esse pode ter ocorrido devido à capacidade dos microrganismos presentes no BiomaPhos® solubilizarem o P fixado no solo ou disponibilizado via adubação com fertilizantes minerais ou organominerais.¹⁷

¹⁷ SOUSA, Sílvia Morais de et al. Tropical Bacillus strains inoculation enhances maize root surface area, dry weight, nutrient uptake and grain yield. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 40, n. 2, p. 867-877, 2021.

Para a variável peso de parte aérea, as médias se ajustaram ao modelo matemático cúbico, conforme a Figura 3. O ponto de mínima (117,00 g) e de máxima (163,00 g) ocorreu nas doses 300,00 mL e 500,00 mL, respectivamente. Além disso, observou-se que as doses de 500,00 mL e 700,00 mL do produto suscitaram peso de parte aérea superior ao tratamento controle (T1).

Figura 3. Peso de parte aérea em função de doses crescentes de BiomaPhos®.

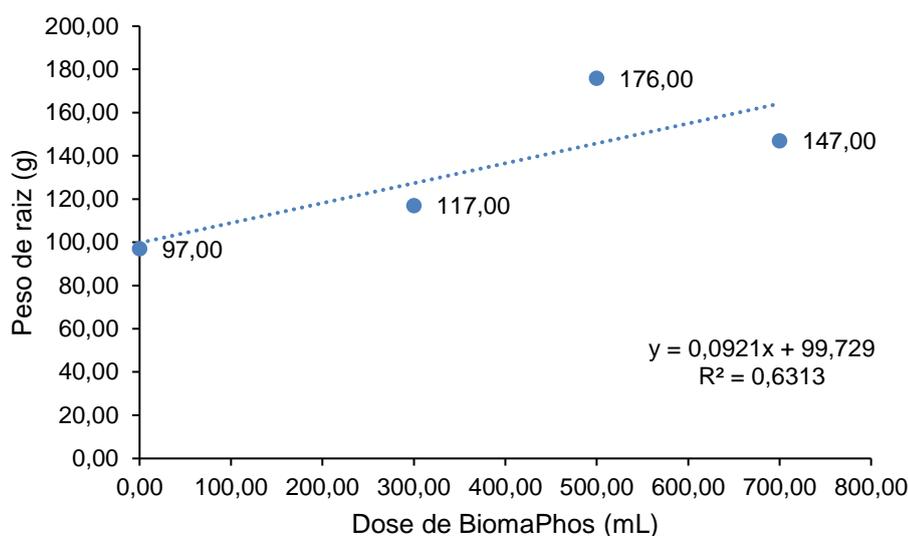


Fonte: Autor, 2022.

Assim como observado para o comprimento de parte aérea, verificou-se ajuste das médias ao modelo matemático linear para o peso de raiz no presente estudo (Figura 4). Este aumentou em função do incremento das doses de BiomaPhos®, sendo que o maior peso (147,00 g) foi obtido no tratamento referente à maior dose do produto (700,00 mL).

O incremento do peso de raiz em função do aumento das doses de BiomaPhos® pode estar relacionado ao maior aproveitamento de fósforo pela planta de cenoura comparativamente a não utilização desse produto. Tem sido relatado que a aplicação de BiomaPhos® resulta em aumento das raízes finas nos vegetais, o que pode ter proporcionado maior peso de raiz nesse estudo. Além disso, o aumento na produção de raízes finas tem sido associado à maior disponibilidade de fósforo na região da rizosfera devido à ação de microrganismos solubilizadores.¹⁸

Figura 4. Peso de raiz em função de doses crescentes de BiomaPhos®.



Fonte: Autor, 2022.

A dose 300,00 mL de BiomaPhos® promoveu a produção de maior quantidade de cenoura 1A, 2ª, enquanto a dose 700,00 mL resultou na maior produção de cenoura 3A. A maior quantidade de cenoura G ocorreu no tratamento controle (0,00 mL) e o maior descarte ocorreu no tratamento referente à aplicação de 700,00 mL do produto (tabela 4).

Tabela 4. Quantidade produzida e peso por classe comercial de cenoura em função de doses de BiomaPhos®.

Tratamentos	1A	2A	3A	G	Descarte
Quantidade de cenoura produzida por classe comercial (número de caixas de 29 kg)					
0,00	11 B	49 B	37 C	37 A	3 D
300,00	17 A	62 A	39 C	6 B	43 B
500,00	4 B	28 C	43 B	9 B	22 C
700,00	6 B	50 B	54 A	1 C	50 A
Peso obtido por classe comercial de cenoura (kg)					
0,00	0,790 B	6,130 A	6,060 B	0,800 C	4,140 B
300,00	1,135 A	6,225 A	6,115 B	1,650 B	5,040 A
500,00	0,350 D	2,275 B	8,050 A	2,505 A	3,635 B
700,00	0,560 C	5,335 A	8,655 A	0,310 D	5,285 A

* Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Quanto ao peso, constatou-se que, de um modo geral, a aplicação do produto contribuiu para maior peso de cenouras classificadas como comerciais comparativamente ao controle. No entanto, as doses de 300,00 e 700,00 mL resultaram em maior peso de raízes destinadas ao descarte, conforme a tabela 4.

A maior quantidade e peso de raízes comerciais de cenoura, devido à aplicação de BiomaPhos[®], pode ter decorrido da atuação do produto na maior disponibilização de fósforo e do papel desse nutriente nas plantas. O fósforo é um elemento essencial que atua em diversos processos metabólicos vegetais, tanto em folhas quanto em órgãos de armazenamento. Por esse motivo, plantas bem nutridas em fósforo podem apresentar maior crescimento e desenvolvimento e, conseqüentemente, maior produtividade (AZEREDO NETO et al., 2014).

5 CONCLUSÃO

Concluiu-se que a cultura da cenoura responde às doses crescentes de BiomaPhos[®], sendo que o aumento na dose do produto incrementa o comprimento de parte aérea e o peso de raiz. Doses de BiomaPhos[®] correspondentes a 300 mL e 500 mL contribuíram para maior comprimento médio de raiz e peso de parte aérea, respectivamente. Além disso, a aplicação de doses desse produto culminou em maior quantidade e peso de raízes de cenoura nas condições experimentais testadas.

¹⁸ OLIVEIRA-PAIVA. Christiane Abreu de et al. **Viabilidade técnica e econômica do Biomaphos[®] (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119) nas culturas de milho e soja**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020.

¹⁹ AZEREDO NETO. David Pires. **Produtividade da cenoura em função da adubação fosfatada e potássica em Cambissolo Háplico**. 2014. Disponível em: <<https://eventos.ifc.edu.br/wpcontent/uploads/sites/5/2014/08/PRODUTIVIDADE-DA-CENOURA-EM-FUN%C3%87%C3%83O-DAADUBA%C3%87%C3%83O-FOSFATADA-E-POT%C3%81SSICA-EM-CAMBISSOLOH%C3%81PLICO.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2022

REFERÊNCIAS

AZEREDO NETO. **Produtividade da cenoura em função da adubação fosfatada e potássica em Cambissolo Háplico**. 2014. Disponível em: <<https://eventos.ifc.edu.br/wpcontent/uploads/sites/5/2014/08/PRODUTIVIDADE-DA-CENOURA-EM-FUN%C3%87%C3%83O-DA-ADUBA%C3%87%C3%83O-FOSFATADA-E-POT%C3%81SSICA-EM-CAMBISSOLOH%C3%81PLICO.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2022.

BIOMA. **BiomaPhos®**. 2021. Disponível em:<<https://www.bioma.ind.br/produto/bioma-phos>>. Acesso em: 12 maio. 2022.

CARVALHO, A. D. F. et al. Adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura pelo método REML/ BLUP. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p, 69-74, 2017.

CARVALHO, A.D.F. et al. Cenoura: *Daucus Carota* L. Brasília-DF: Embrapa Hortaliças, 2021. 74 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa-MG: UFV, 2012. 421 p.

GONÇALVES, F.A.R. Modos de aplicação de fósforo na cultura da cenoura e adsorção iônica em Biochar de batata. 2018. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba, 2018.

NASCIMENTO, M. V. et al. Adubação fosfatada no cultivo de hortaliças produtoras de raízes. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, v. 1, p. 8-16, dez. 2017.

OLIVEIRA, C. A. et al. **Viabilidade técnica e econômica do Biomaphos® (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119) nas culturas de milho e soja**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 20 p.

MENDES, G. O. et al. Mechanisms of phosphate solubilization by fungal isolates when exposed to different P sources. **Annals of Microbiology**, v.64, p. 239-49, 2014.

NETO, F. B. et al. Otimização agroeconômica da cenoura fertilizada com diferentes doses de jitrana. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 2, p. 305-311, 2014.

OLIVEIRA-PAIVA, C. A. et al. **Viabilidade técnica e econômica do Biomaphos® (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119) nas culturas de milho e soja**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020.

RAMÍREZ, L. M. et al. Molecular identification of phosphatesolubilizing native bacteria isolated from the rhizosphere of *Prosopis glandulosa* in Mexicali valley. **Genetics and Molecular Research**, v.14, n.1, p. 2793-2798, 2015.

SILVA, G.O. et al. Estratégias de seleção para germinação de sementes de cenoura em condições de temperaturas elevadas. **Revista Ceres**, v. 58, n. 1, p. 121-125, 2011.

SOUSA, S. M. de et al. Tropical *Bacillus* strains inoculation enhances maize root surface area, dry weight, nutrient uptake and grain yield. **Journal of Plant**

Growth Regulation, v. 40, n. 2, p. 867-877, 2021.

TEIXEIRA, L. J. Q. et al. Cenoura (*Daucus carota*): processamento e composição química. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p. 1-21, 2011.

VIEIRA, J.V. et al. BRS Planalto: Cultivar de cenoura de polinização aberta para cultivo de verão. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 359-363, 2012.

VINHA, A. P. C. et al. Adsorção de fósforo em solos de regiões tropicais. *Nativa*, v. 9, n. 1, p. 30-35, 2021.

VIVIANI, C.A. et al. Disponibilidade de fósforo em dois latossolos argilosos e seu acúmulo em plantas de soja, em função do aumento do pH. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 1, p. 61-67, 2010.