

Adubação fosfatada associada ao uso de microrganismos solubilizadores de fosfatos na cultura da alface

Breno Scalon Bicudo¹
Gabriel Apoitia Teischmann¹
Debora Curado Jardim²

RESUMO

A alface (*Lactuca sativa*) é a hortaliça folhosa mais consumida no Brasil. Normalmente, solos arenosos e com baixa disponibilidade de fósforo, somam alguns dos mais importantes fatores que limitam a produção da cultura no Brasil. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do uso de microrganismos solubilizadores de fosfatos em associação a adubação fosfatada na cultura da alface. O experimento foi realizado no campo experimental do UNIVAG – Centro Universitário de Várzea Grande, no período de março a junho de 2023. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro tratamentos (sem adubação fosfatada e sem inoculação; somente adubação fosfatada; 50% da adubação fosfatada e com inoculação; somente inoculação) e seis repetições, totalizando 24 parcelas. O inoculante utilizado foi o Biomaphos, aplicado no sulco de semeadura na dose de 0,5 ml por planta. Foram avaliados a massa verde total e comercial da parte aérea (g/planta), número de folhas e o teor foliar de fósforo (g/kg MS). O tratamento onde utilizou-se somente a inoculação com o Biomaphos proporcionou menor massa verde total da parte aérea. Em contrapartida, a massa verde comercial foi superior no tratamento onde utilizou-se somente a adubação fosfatada. Para a variável número de folhas, não houve efeito significativo dos tratamentos. O teor foliar de fósforo foi superior no tratamento onde utilizou-se somente a adubação fosfatada, os demais tratamentos não diferiram entre si. A inoculação de bactérias solubilizadoras de fosfatos não contribuiu para aumentar a disponibilidade de P para a cultura da alface.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*; BiomaPhos; *Bacillus megaterium*; *Bacillus subtilis*.

Phosphate fertilization associated with the use of phosphate solubilizing microorganisms in lettuce

ABSTRACT

Lettuce (*Lactuca sativa*) is the most consumed leafy vegetable in Brazil. Usually, sandy soils with low availability of phosphorus are some of the most important factors that limit crop production in Brazil. Therefore, the objective of this work was to evaluate the efficiency of the use of phosphate solubilizing microorganisms in association with phosphate fertilization in the lettuce crop. The experiment was carried out in the experimental field of UNIVAG – Centro Universitário de Várzea Grande, from March to June 2023. An experimental design in randomized blocks was used, with four treatments (without phosphate fertilization and without inoculation; only phosphate fertilization; 50% of phosphorus fertilization and with inoculation; only inoculation) and six replications, totaling 24 plots. The inoculant used was Biomaphos, applied in the sowing furrow at a dose of 0.5 ml per plant. Total and marketable green mass of shoots

(g/plant), number of leaves and leaf phosphorus content (g/kg DM) were evaluated. The treatment where only inoculation with BiomaPhos was used provided lower total green mass of the aerial part. On the other hand, the commercial green mass was superior in the treatment where only the phosphorus fertilizer was used. For the variable number of leaves, there was no significant effect of the treatments. Phosphorus leaf content was higher in the treatment where only phosphorus fertilization was used, the other treatments did not differ from each other. The inoculation of phosphate solubilizing bacteria did not contribute to increase the availability of P for the lettuce crop.

Keywords: *Lactuca Sativa*; BiomaPhos; *Bacillus megaterium*; *Bacillus subtilis*.

1. INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa L.*) é uma das hortaliças mais cultivadas no Brasil, por ser uma das mais consumidas pelos brasileiros e apresentar características de boa adaptação, além de requerer pequenas áreas para produção. É uma cultura de grande importância socioeconômica, contribuindo com a geração de emprego e a fixação do homem no campo (MARTINS et al., 2022).

Seu consumo é in natura, muito utilizada em sanduiches, saladas e em sucos, pois é rica em vitaminas, sais minerais, ferro, potássio, fósforo, fibras, carboidratos e proteínas. Para sua comercialização torna-se necessário aparência vistosa, sem sintoma de doenças ou qualquer dano que desagrade o consumidor (ZIECH et al., 2014).

O atendimento às exigências nutricionais da alface é fator fundamental para a produção, tanto no que se refere à quantidade quanto à sua qualidade. Filgueira (2008), afirma que melhores resultados de produtividade de alface estão associados principalmente a adubações com nitrogênio e fósforo. Segundo Fonseca et al. (2013), a alface pode ser considerada como bastante exigente em fósforo (P), principalmente na fase final de seu ciclo, já que este macronutriente participa de vários compostos e reações metabólicas.

A deficiência de P pode ocasionar diminuição acentuada no crescimento e desenvolvimento das plantas, as folhas mais velhas apresentam uma coloração verde mais escura, ângulo estreito de inserção de folhas, atraso na maturidade (ALMEIDA et al., 2011), má formação da cabeça (KATAYAMA, 1993), redução na produção de matéria fresca da parte aérea e raízes, diminuição do diâmetro de plantas (FONSECA et al., 2013) e, em plantas muito novas, pode levá-las à morte (WEIR e CRESSWELL, 1993).

O P é o elemento que frequentemente tem limitado a produção das culturas na região dos Cerrados. Segundo Souza e Lobato (2003), esses solos possuem alta capacidade em reter o P na fase sólida, devido aos processos de precipitação e adsorção dos fertilizantes fosfatados solúveis à superfície de partículas de argila, óxidos de Fe e Al, ou com o Ca em solos calcários, tornando-se indisponíveis às plantas e, conseqüentemente, provocando redução na eficiência da adubação fosfatada.

Atualmente, apesar de o P total da maioria dos solos ser relativamente elevado, o P disponível para as plantas é muito baixo, principalmente em solos tropicais intemperizados. E, o desenvolvimento de produtos à base de microrganismos (inoculantes) abre uma nova perspectiva para aumento da produtividade e da fertilidade dos solos, com potencial para substituição parcial ou total de fertilizantes sintéticos (OLIVEIRA PAIVA, 2021a).

Segundo Pavinato et al. (2021), os microrganismos solubilizadores de fosfatos, são capazes de formar associações com as raízes das plantas e solubilizar as formas de P menos lábeis do solo, estratégia que pode reduzir a demanda por fertilizantes minerais (PAVINATO et al.; 2021). Esses microrganismos são fungos e/ou bactérias capazes de solubilizar ou mineralizar o P residual, por meio da liberação de ácidos orgânicos e produção de fitase, processos esses que podem aumentar o aproveitamento das reservas de fósforo acumuladas em solos agrícolas pelas plantas (OLIVEIRA PAIVA et al., 2021b).

Além disso, esses microrganismos têm alta capacidade em colonizar a rizosfera das plantas e de produzir fitormônios, sideróforos e biofilme, estimulando o desenvolvimento e a área de absorção de nutrientes pelas raízes das plantas (SOUSA et al., 2021). Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência do uso de microrganismos solubilizadores de fosfatos em associação a adubação fosfatada na cultura da alface.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no campo experimental do Centro Universitário de Várzea Grande - UNIVAG, localizada no município de Várzea Grande – MT, no período de março a junho de 2023. O solo da área experimental está classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico argissólico, textura franco arenosa/franco argilo arenosa (ARATANI, 2021).

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro tratamentos e seis repetições, totalizando 24 parcelas. Os tratamentos consistiram em: sem adubação fosfatada e sem inoculação; somente adubação fosfatada (100% da dose recomendada – 50 kg/ha); 50% da dosagem da adubação fosfatada e inoculação com o Biomaphos; somente inoculação com o Biomaphos.

Cada canteiro continha 20 metros de comprimento por um metro de largura, totalizando uma área de 120 m². Antes da implantação do experimento foi realizada a amostragem de solo na camada de 0 a 20 cm de profundidade, coletando-se 15 amostras simples, com auxílio do trado holandês, para compor uma amostra composta, essa por sua vez, foi encaminhada ao laboratório para realização da análise química.

Em seguida, foi realizado o preparo do solo, onde realizou-se uma gradagem na camada de 0 a 20 cm, para descompactar o solo e controle de plantas daninhas. Posteriormente, foi realizado o levantamento dos canteiros, com auxílio da enxada, a uma altura de 20 cm. A correção da acidez e a recomendação da adubação foram realizadas com base no resultado da análise química do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química do solo experimental do Centro Universitário de Várzea Grande – UNIVAG, na profundidade de 0 a 20 cm.

Prof.	pH	pH	mg dm ⁻³			cmolc dm ⁻³				g dm ⁻³	g kg ⁻¹		
0 a 20 cm	H ₂ O	CaCl ₂	P	K	Ca	Mg	Al	H	H + Al	M.O.	Areia	Silte	Argila
	6,8	5,9	25,7	41,8	1,31	0,48	0	0,8	0,8	6,88	797	41	162

As mudas de alface americana foram adquiridas de uma empresa especializada na produção, produzidas em bandejas de 200 células. Foram necessárias sete bandejas, totalizando 1.400 mudas. As mudas foram transplantadas para os canteiros, no espaçamento de 30 x 30 cm. Juntamente com o transplante das mudas realizou-se a aplicação do inoculante, aplicando-o no sulco de semeadura na dose de 0,5 ml por planta.

Após o plantio, a irrigação foi realizada manualmente duas vezes ao dia, no período da manhã e da tarde. Já o controle de plantas daninhas, pragas e doenças foram realizadas de acordo com o monitoramento e, quando necessário, uso de produtos químicos registrados para a cultura.

As variáveis analisadas foram: massa verde total e comercial da parte aérea (g/planta); número de folhas e teor foliar de fósforo (g/kg MS). Para análise da massa verde total da parte aérea, foram coletadas dez plantas de cada parcela, pesadas em balança analítica, para obtenção do peso (g/planta).

A massa verde comercial da parte aérea foi obtida eliminando as folhas do baixeiro e aquelas que se encontravam com algum dano, em seguida, pesada em balança analítica, para obtenção do peso comercial (g/planta). Já a contagem do número de folhas foi realizada efetuando-se o desfolhamento da planta e contagem de todas as folhas.

O teor foliar de fósforo (g/kg MS) foi obtido após a coleta das folhas recém-desenvolvidas no final do ciclo da cultura, cerca de dez folhas/parcelas, em seguida, encaminhadas para o laboratório para a análise química.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e, quando significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento onde utilizou-se somente a inoculação com o Biomaphos proporcionou menor massa verde total da parte aérea, sendo que os demais tratamentos não diferiram entre si. Em contrapartida, a massa verde comercial foi superior no tratamento onde utilizou-se somente a adubação fosfatada (Tabela 2).

Tabela 2. Massa verde da parte aérea total e comercial (MVPA total e comercial) da cultura da alface (g/planta) em função da adubação fosfatada associada ao uso de microrganismos solubilizadores de fósforo.

Tratamento	MVPA total (g/planta)	MVPA comercial (g/planta)
Sem adubação e sem inoculação	357,1 (a)	287,1 (b)
Somente adubação fosfatada	398,6 (a)	325,0 (a)
50% adubação fosfatada e inoculação	367,8 (a)	287,2 (b)
Somente inoculação	320,6 (b)	264,1 (b)
Média Geral	361,0	290,8
CV%	9,29	9,79

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

A maior massa verde comercial com o uso somente da adubação fosfatada está relacionada ao maior teor foliar de P obtido nesse tratamento (Tabela 3). A relação entre a massa verde e o teor foliar de fósforo está relacionada ao papel essencial desse elemento na fisiologia e no crescimento da planta. Segundo Mota et al. (2003) e Malavolta (2006), o fósforo apresenta função estrutural e está ligado a processos metabólicos importantes, tais como, transferência e armazenamento de energia e produção de massa verde, podendo afetar vários outros como a síntese de proteínas e de ácido nucléico.

Portanto, quando as plantas apresentam um teor foliar baixo de fósforo, isso pode limitar sua capacidade de realizar fotossíntese, afetando sua produção de massa verde. Por outro lado, quando as plantas têm um teor foliar adequado de fósforo, elas podem realizar fotossíntese de forma mais eficiente, sintetizar proteínas e compostos essenciais, resultando em uma maior produção de biomassa (PRADO, 2008).

Para a variável número de folhas, não houve efeito significativo dos tratamentos, sendo a média de número de folhas por planta, 21 folhas. O fósforo é necessário para divisão celular, crescimento de células vegetais e formação de gemas laterais. Além disso, o P ajuda a prevenir a senescência precoce das folhas, e quando as plantas possuem um suprimento adequado de fósforo elas podem apresentar um crescimento foliar mais vigoroso formando assim mais folhas (BECKER et al., 2016).

O teor foliar de fósforo foi superior no tratamento onde utilizou-se somente a adubação fosfatada, os demais tratamentos não diferiram entre si (Tabela 3).

Tabela 3. Teor foliar de fósforo (g kg^{-1} MS) na cultura da alface em função da adubação fosfatada associada ao uso de microrganismos solubilizadores de fósforo.

Tratamento	Teor de P foliar (g kg^{-1} MS)
Sem adubação e sem inoculação	3,3 b
Somente adubação fosfatada	4,3 a
50% adubação fosfatada e inoculação	3,7 b
Somente inoculação	3,5 b
Média Geral	3,7
CV%	9,6

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Resultados semelhantes foram observados por Alves e Silva Filho (2009), onde avaliando o comportamento de microrganismos solubilizadores de fosfatos (MSFs) na

promoção da nutrição e crescimento de mudas de alface, não verificaram efeito da inoculação dos MSFs na porcentagem de fósforo da parte aérea de plantas de alface.

Contudo, de acordo com Weir & Cresswell (1993), o teor foliar de fósforo em plantas de alface do ponto de vista nutricional, deve ser entre 3,5 e 6,0 g kg⁻¹ MS. Desse modo, observa-se que no presente trabalho, somente o tratamento onde não se realizou a aplicação de fertilizante fosfatado proporcionou teor de P foliar abaixo do adequado para a planta, mesmo com o teor de P disponível no solo alto (Tabela 1). Entretanto, não foi observado nenhum sintoma de deficiência de P nas plantas.

De maneira geral, verifica-se que para as condições em que o experimento foi realizado não houve contribuição da inoculação de bactérias solubilizadoras de fosfatos para os parâmetros produtivos e o teor foliar de fósforo na cultura da alface.

Segundo Kucey et al. (1989) e Richardson (1994) a falta de especificidade entre os microrganismos solubilizadores e as plantas, constituem um dos principais fatores que limitam o sucesso da inoculação. Mendes e Reis Júnior (2003), relatam que para minimizar tais problemas deve-se utilizar microrganismos que sejam capazes de estabelecerem-se rapidamente com a rizosfera da planta e inoculantes com elevado número de células viáveis. Além disso, Cook (1994) destaca ainda a definição do tipo de inoculante (líquido ou sólido), o modo de aplicação do inoculante (via sementes e/ou no sulco de semeadura) e técnicas de manejo que otimizem a eficiência do inoculante.

Contudo, Van Veen et al. (1997) expõe que o solo, por ser um ambiente heterogêneo e complexo pode apresentar uma resistência a introdução de novos organismos e, essa resistência deve-se a vários fatores abióticos, como por exemplo, a textura, a mineralogia, temperatura, pH e matéria orgânica do solo.

4. CONCLUSÃO

A inoculação de bactérias solubilizadoras de fosfatos não contribuiu para aumentar a disponibilidade de P para a cultura da alface.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, T. B. F. de; PRADO, R. M.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P.; BARBOSA, J. C. Avaliação nutricional de alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Revista Biotemas**, vol. 24, n. 02, 2011.

ALVES, L.; SILVA FILHO, G.N. Produção de mudas de alface (*Lactuca sativa L.*) em presença de diferentes fontes fosfatadas e microrganismos solubilizadores de fosfatos. **Semina: Ciências Agrárias**, v.30, n.3, p.557-562, 2009.

ARATANI, R. G. Descrição e classificação de um perfil de solo do Campo Experimental do UNIVAG –Centro Universitário. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.19, n.2, 2021.

BECKER, W.F. (Coord.); WAMSER, A.F.; FELTRIM, A.L.; SUZUKI, A.; SANTOS, J.P.; VALMORBIDA, J.; HAHN, L.; MARCUZZO, L.L; MUELLER, S. **Sistema de produção integrada para o tomate tutorado em Santa Catarina**. Florianópolis, SC: Epagri, 2016. 149p.

COOK, R.J. Introduction of soil organisms to control root diseases. In: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R.; GRACE, P.R. (Ed.). **Soil biota management in sustainable farming systems**. Melbourne:CSIRO, 1994. p. 13-22.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ª ed. Viçosa: UFV, 2008. 421 p.

FONSECA, A.S.; THOMAZINI, A.; BERTOSSI, A.P.A.; AMARAL, J.F.T. do. Análise de crescimento e absorção de fósforo em alface. **Nucleus**, v.10, n.2, p. 233-238, 2013.

KATAYAMA, M. Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão. In: FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C. P. (Ed.). **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: Potafós, 1993. p. 141-148.

KUCEY, R.M.N.; JANZEN, H.H.; LEGGET, M.E. Microbially mediated increases in plant-available phosphorus. **Advances in Agronomy**, v.42, p.199-228, 1989.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. Agronômica Ceres, São Paulo. 638 p. 2006.

MARTINS, A. et al. Desempenho de mudas de alface sob doses de inoculante biológico solubilizador de fósforo. **Revista Agri-Environmental Sciences (AGRIES)**, v.8, n.2, p. 8-16, 2022.

MENDES, I.C.; REIS JÚNIOR, F.B. **Microrganismos e disponibilidade de fósforo (P) nos solos: uma análise crítica**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 26 p. (Documentos/Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; 85).

MOTA, J. H.; YURI, J. E.; RESENDE, G. M. de.; OLIVEIRA, C. M. de.; SOUZA, R. J. de.; FREITAS, S. A. C.; RODRIGUES JÚNIOR, J. C. Produção de alface americana em função da aplicação de doses e fontes de fósforo. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 21, n. 4, p. 620-622, 2003.

OLIVEIRA-PAIVA; C. A. et al. **Inoculante à base de bactérias solubilizadoras de fosfato nas culturas do milho e da soja (BiomaPhos®): dúvidas frequentes e boas práticas de inoculação**. Sete Lagoas -MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2021b. 18 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 252).

OLIVEIRA-PAIVA; C. A. et al. **Validação da recomendação para o uso do inoculante BiomaPhos® (Bacillus subtilis CNPMS B2084 e Bacillus megaterium CNPMS B119) na cultura de soja.** Sete Lagoas -MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2021a. 19 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 279).

PAVINATO, P. S.; SOLTANGHEIS, A.; ROCHA, G. C.; CHERUBIN, M. R. **Acúmulo de fósforo no solo em áreas agrícolas no Brasil: Diagnóstico atual e Potencialidades Futuras.** Informações Agronômicas (NPCT), n. 9, 56 p. 2021.

PRADO, R. M. **Nutrição de Plantas.** São Paulo: Editora UNESP, 2008. 407 p.

RICHARDSON, A.E. Soil microorganisms and phosphorus availability. In: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R.; GRACE, P.R. (Ed.). **Soil biota management in sustainable farming systems.** Melbourne:CSIRO, 1994. p. 50-62.

SOUSA, S. M. de; OLIVEIRA, C. A.; ANDRADE, D. L.; CARVALHO, C. G.; RIBEIRO, V. P.; PASTINA, M. M.; MARRIEL, I. E.; LANA, U. G. de P.; GOMES, E. A. Tropical Bacillus strains inoculation enhances maize root surface area, dry weight, nutrient uptake and grain yield. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 40, p. 867-877, 2021.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado.** Potafós (Informações Agronômicas n.102), 2003.

VAN VEEN, J.A.; OPPERBEEK, L.S.; VAN ELSAS, J.D. Fate and activity of microorganisms introduced into soil. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v.61, p. 121-135, 1997.

WEIR, R.G.; CRESSWELL, G.C. **Plant nutrient disorders.** Vegetable crops. Sidney, 1993. 105 p.

ZIECH, A. R.; CONCEIÇÃO, P. C.; LUCHESE, A. V.; PAULUS, D.; ZIECH, M. F. Cultivo de alface em diferentes manejos de cobertura do solo e fontes de adubação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.9, p.948–954, 2014.