

OMISSÃO DE MACRONUTRIENTES NO CRESCIMENTO DE ALFACE CRESPA EM CONDIÇÕES CONTROLADAS INOCULADAS COM *AZOSPIRILLUM BRASILIENSIS*

Flávia Maria de Oliveira¹, Elcio Ferreira dos Santos¹

¹Instituto Federal de Mato Grosso do Sul – Nova Andradina-MS

flavia.oliveira@estudante.ifms.edu.br, elcio.santos@ifms.edu.br

Resumo

A alface é uma hortaliça crucial na economia brasileira. Possui exigência de uma nutrição assertiva e exata, para garantir um bom desempenho produtivo. Buscando a eficiência do uso de nutrientes por plantas de alface, levanta-se a hipótese que a utilização de bactérias promotoras de crescimento (*Azospirillum brasiliensis*) pode reduzir o impacto negativo da deficiência por macronutrientes. Desta maneira, buscou-se investigar a atenuação da deficiência de macronutrientes pela inoculação de *Azospirillum brasiliensis* em alfaces cresas. Para isso, as alfaces foram cultivadas em hidroponia com fatorial 5 experimental (omissão individual de N, P, K, Ca e controle [solução nutritiva completa]) x 2 (com e sem inoculação de *A. brasiliensis*) com quatro repetições. A bactéria demonstrou-se eficiente para o aumento produtivo (Incrementando aproximadamente 20% nos teores de massa seca e fresca) e da atenuação diante as omissões de macronutrientes Não havendo quaisquer danos ou perdas com a utilização da mesma.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*, bactérias promotoras de crescimento, Nutrição.

Introdução

A alface é uma hortaliça anual de grande importância econômica no país (YURI *et. al.*, 2016). Na produção, destacam-se os estados de São Paulo e Rio de Janeiro em termos de polos com áreas produtivas nas safras de verão e inverno (CEPEA – ESALQ/USP, 2022-23). Em termos de volume produzido, segundo os dados de Comercialização no CEAGESP, em 2021 foram produzidas no país, 42,6 mil toneladas. No estado de Mato Grosso do Sul, dados do IBGE de 2006, demonstram que a produção foi de 3,5 mil toneladas (YURI *et. al.*, 2016).

Plantas de alface são exigentes quanto à nutrição mineral para altas produtividades. Quando as exigências nutricionais não são atendidas, a planta manifesta-se visualmente, corriqueiramente por meio de anomalias de coloração, crescimento, queimaduras e distorções (YURI *et. al.*, 2016). Para Gao *et. al.* (2021), por consequência do sistema radicular raso, possuir múltiplas folhas e uma área foliar grande, a mesma torna-se extremamente sensível à seca. Ocasionalmente um comprometimento em relação aos pigmentos, na condução e absorção nutritiva. A parte aérea torna-se a mais afetada, provocando uma série de possíveis reações fisiológicas e biofísicas de maneira interna e externa.

Para a cultura, as condições adversas de temperatura, precipitação, umidade e insolação podem atrasar ou adiantar o ciclo e prejudicar a produção (BRZEZINSKI *et. al.*, 2017). Atualmente, esta cadeia produtiva conta com o déficit de tecnologias que possuem agilidade e eficiência. (MARTINS *et. al.*, 2021).

No cenário produtivo, diversos autores afirmam que a presença do *Azospirillum sp.* desempenha um papel fundamental no incremento da produção de cereais e gramíneas forrageiras. Isto ocorre por meio da promoção do crescimento radicular nas raízes que estão devidamente colonizadas, resultando em uma melhoria notável na capacidade de captação de água e minerais do solo (OKON, 1985). *Azospirillum* é uma das bactérias promotoras de crescimento de plantas mais estudadas e é um modelo comum de interações planta-bactéria. Existem mais de 17 espécies, embora o *Azospirillum brasiliensis* seja o mais conhecido (CASSÁN *et. al.*). Conforme já demonstrado por Oliveira *et. al.* (2023), a inoculação de *Azospirillum brasiliensis* via foliar em alfaces hidropônicas contribui para um melhor desenvolvimento da parte aérea, raiz, produtividade e índice de clorofila.

Diante da alta exigência de uma nutrição assertiva e exata para garantir um bom desempenho produtivo e consequentemente, o retorno financeiro esperado descrita por tischer; neto, (2012) e as dificuldades enfrentadas com relação à informações e manejo da cultura (OLIVEIRA *et. al.*, 2021). Desta maneira, buscou-se investigar a atenuação da deficiência por N, P, K e Ca pela inoculação de *Azospirillum brasiliensis* em alfaces cresas.

Metodologia

O experimento foi localizado na estufa agrícola do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul - Câmpus Nova Andradina, localizado na fazenda Santa Bárbara, Rodovia MS-473, km 23, s/n. sob as coordenadas geográficas 22° 04' 56, 33'' de latitude sul e 53° 58' 08,38'' de longitude Oeste de Greenwich. Possui um clima tropical AW megatérmico com estação invernal pouco definida ou quase ausente de acordo com a classificação de Köppen.

O estudo foi realizado em ambiente protegido, em bancadas individualizadas com reservatórios próprios com capacidade de 100L, sob inclinação de 3%. Cada bancada possui 7 linhas com 16 acomodações por perfil.

Foram utilizadas plantas de alface cresa, devido a sua dominância de mercado por apresentar características de precocidade, porte grande e resistência (MELLO;

CAMPAGNOL, 2016). Foram obtidos dados de temperatura, pH e condutividade.

As plantas foram acondicionadas pelo período de 15 dias sob nutrição balanceada de formulados comerciais e posteriormente, submetidas a estresse sub-nutricional deficiente de N, P, K, Ca e um controle com solução de teste padrão (Tabela 1).

Tabela 1. Composição da solução nutritiva utilizada para o cultivo. Volume em mL de cada solução a ser aplicado.

Solução estoque	Tratamentos				
	Controle	-N	-P	-K	-Ca
Ureia (2 mol L ⁻¹)	4	x	4	4	4
KH ₂ PO ₄ (1 mol L ⁻¹)	1	1	x	1	1
KCl (1 mol L ⁻¹)	3	3	3	x	3
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O (1mol L ⁻¹)	2,5	2,5	2,5	2,5	x
MgSO ₄ (1 mol L ⁻¹)	1	1	1	1	1
Micronutrientes* ⁽¹⁾	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fe-EDTA ⁽²⁾	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Fonte: Solução adaptada de Hoagland. (1) em g L⁻¹: KCl (3,728) [50 μmol L⁻¹]; H₃BO₃ (1,546) [25 μmol L⁻¹]; MnSO₄ · H₂O (0,338) [2 μmol L⁻¹]; ZnSO₄·7H₂O (0,575) [2 μmol L⁻¹]; CuSO₄·5H₂O (0,125) [0,5 μmol L⁻¹]; H₂MoO₄ (85% MoO₃) (0,081) [0,5 μmol L⁻¹]. (2) Dissolveu-se 33,2 g de EDTA-2Na em de 200 mL de H₂O deionizada. Juntou-se agitando, 89 mL de NaOH 1mol L⁻¹ (40g L⁻¹); Dissolveu-se separadamente, 24,9g de FeSO₄·7 H₂O em de 200 mL de H₂O deionizada e juntou-se, agitando à solução de EDTA [53,7 μmol L⁻¹]. Completou-se para 900 mL com H₂O deionizada; colocou-se em frasco escuro, arejando durante uma noite e completou-se a 1 L com H₂O deionizada; manteve-se o frasco escuro na geladeira.

A inoculação do *Azospirillum brasiliense* ocorreu juntamente com a submissão das plantas ao estresse nutricional, via foliar na dose de 300 mL ha⁻¹ de inoculante diluído em 250 L ha⁻¹, conforme apresenta Oliveira *et. al.* (2021). Para a ação, foi utilizado um pulverizador manual.

O experimento foi conduzido por sete dias. Após esse período, foram avaliadas o acúmulo de massa fresca da parte aérea, comprimento da parte aérea, comprimento radicular e teor de clorofila em folhas intermediárias axial e abaxial. Em seguida, o material foi enviado para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C por 72 horas para obtenção da matéria seca de raiz, parte aérea e matéria seca total. Os resultados foram comparados pelo teste de Tukey (5%).

Resultados e Discussão

O uso de *Azospirillum brasiliense* em plantas de alface proporcionou maiores incrementos de massa fresca (Figura 1) e massa seca (Figura 2) de plantas de alface. As omissões de N, P, K e Ca não demonstraram redução no acúmulo de massa seca e fresca das plantas. Provavelmente, a omissão desses nutrientes ainda não impactou diretamente no acúmulo de biomassa por plantas de alface. Porém, plantas não inoculadas com *Azospirillum brasiliense* demonstram redução de aproximadamente 20% quando comparadas com plantas do mesmo tratamento inoculadas.

Resultados similares foram descritos por Marini *et. al.* (2015), na qual foram incrementados 11 a 12% na área foliar e de matéria seca pelo uso de *Azospirillum brasiliense* em híbridos de milho. Oliveira *et. al.* (2023) também apontam o uso desta rizobactéria como eficiente para condicionar um melhor desenvolvimento e crescimento em plantas de alface,

devido a contribuição da comunidade microbiana no ciclo de C (carbono) e N.

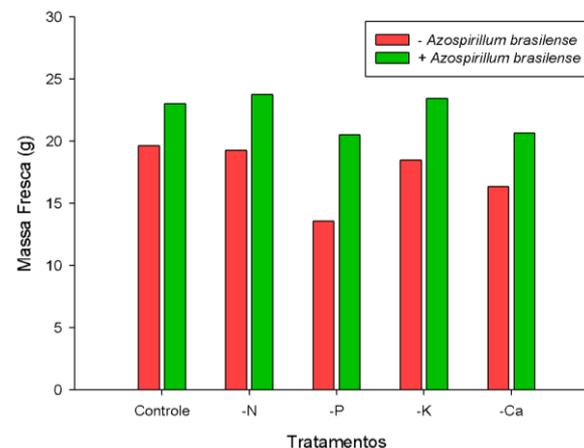


Figura 1. Produção de massa fresca de plantas de alface cultivadas em solução nutritiva completa (controle) e com omissão de nitrogênio (-N); omissão de fósforo (-P); omissão de potássio (-K); e omissão de cálcio (-Ca).

Fonte: Os autores

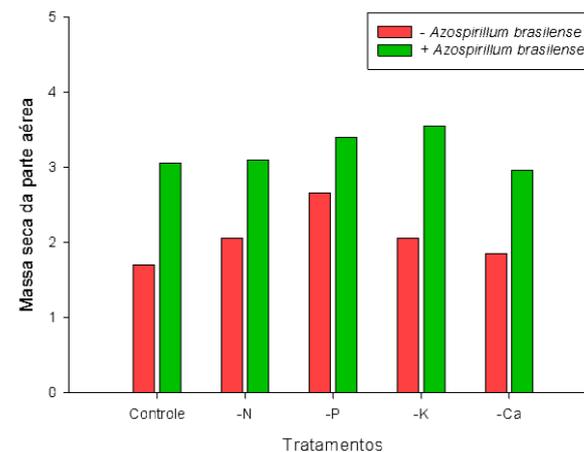


Figura 2. Produção de massa seca de plantas de alface cultivadas em solução nutritiva completa (controle) e com omissão de nitrogênio (-N); omissão de fósforo (-P); omissão de potássio (-K); e omissão de cálcio (-Ca).

Fonte: Os autores

Resultados semelhantes foram observados para o crescimento de raiz (Figura 3) e crescimento de folhas (Figura 4). Contudo, para o teor de clorofila não foram observadas diferenças com e sem a inoculação de *Azospirillum brasiliense* no tratamento com omissão total de K e Ca.

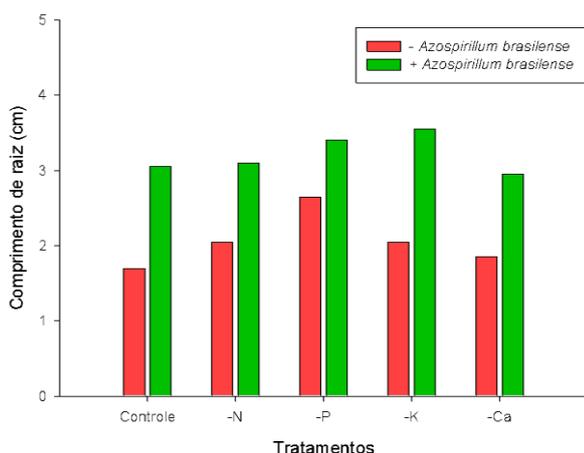


Figura 3. Comprimento de raiz de plantas de alface cultivadas em solução nutritiva completa (controle) e com omissão de nitrogênio (-N); omissão de fósforo (-P); omissão de potássio (-K); e omissão de cálcio (-Ca).

Fonte: Os autores

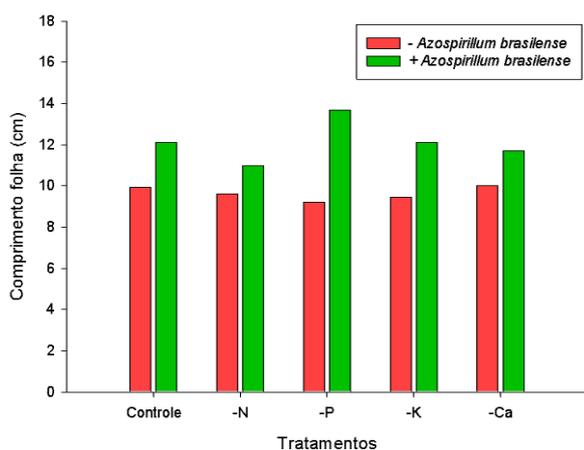


Figura 4. Comprimento foliar de plantas de alface cultivadas em solução nutritiva completa (controle) e com omissão de nitrogênio (-N); omissão de fósforo (-P); omissão de potássio (-K); e omissão de cálcio (-Ca).

Fonte: Os autores

Diante da variação de resultados obtidos nas omissões relacionadas a clorofila, se dá pelas diferentes funções que cada nutriente exerce. O nitrogênio é correlacionado aos índices de clorofila pela sua alta disposição: 50-70% do N contido na folha se integra em enzimas relacionadas aos cloroplastos (ARGENTA; SILVA; BORTOLINI, 2001). O fósforo é um nutriente estrutural, transferidor energético e regulador via fosforilação e enzimático. O potássio atua como regulador osmótico, estomático, relações hídricas, ativação de enzimas, síntese proteica, transporte e fotossíntese

(KERBAUY, 2010) Por isso, o fornecimento inadequado de K pode acarretar na formação de espécies ativas de oxigênio, que pode causar danos a proteínas e aos fotossistemas e assim, reduzir a capacidade de ação Clorofila (CHAVES *et. al.*, 2014). O cálcio é constituinte da parede celular das plantas. Possui também a função de contrabalançar efeitos dos sais no interior das plantas (NOGUEIRA *et. al.*, 2020)..

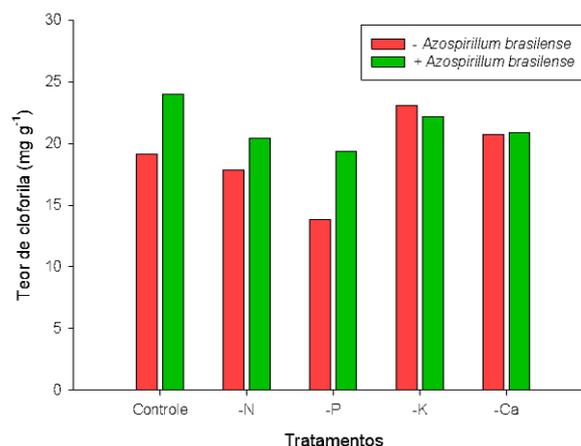


Figura 5. Teor de clorofila em folhas de plantas de alface cultivadas em solução nutritiva completa (controle) e com omissão de nitrogênio (-N); omissão de fósforo (-P); omissão de potássio (-K); e omissão de cálcio (-Ca).

Fonte: Os autores

Considerações Finais

De maneira geral, a inoculação do *Azospirillum brasiliensis* proporcionou um aumento de aproximadamente 20% em massa fresca e seca. O tamanho das folhas e raízes também foi beneficiado após a inoculação da rizobactéria e contribuiu para o aumento da quantidade de clorofila para os tratamentos com deficiências N e P, bem como a testemunha.

Estas contribuições se devem pela característica do *Azospirillum brasiliensis*, em fixar o Nitrogênio e secretar amônio; Produção de fitohormônios, como a auxina (reguladora de crescimento) e Fitoestimulação do crescimento radicular (CASSÁN *et. al.*, 2020)

Diante do exposto, além da bactéria ser eficiente na contribuição para o aumento produtivo e da estabilidade da cultura diante as omissões de macronutrientes, não houve quaisquer danos ou perdas com a utilização da mesma.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Mato Grosso do Sul e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão de bolsa ao primeiro autor e financiamento da pesquisa.

Referências

ALMEIDA, T. B. F.; PRADO, R. M.; CORREIA, M. A. R.; PUGA, A. P.; BARBOSA, J. C. Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Revista Biotemas**, **24** (2). 2011.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, vol.31, n.4, p.715-722. 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/cPY98cpCgJvLg5MSJ93Qwhn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 de ago de 2023.

BIBLIOTECA COMUNITÁRIA UFSCAR. Alface PRCN0501. Mensagem recebida por: <https://mail.google.com/mail/u/1/#search/bar.referencia%40ufscar.br/KtbxLwGkLFTbjqGdphQzDBgqgJbtMncNZL>. 23 de jan de 2023.

BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; GELLER, A.; WERNER, F.; ZUCARELI, C. Produção de cultivares de alface americana sob dois sistemas de cultivo. **Rev. Ceres** **64** (1). 2017. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/1690/2302>. Acesso em: 29 de jan de 2023.

CASSÁN, F.; CONIGLIO, A.; LÓPEZ, G.; MOLINA, R.; NIEVAS, S.; CARLAN, C. L. N.; DONADIO, F.; TORRES, D.; ROSAS, S.; PEDROSA, F. O.; SOUZA, E.; ZORITA, M. D.; BASHAN, L.; MORA, V. Everything you must know about Azospirillum and its impact on agriculture and beyond. **Biology and Fertility of Soils** (2020) **56**:461–479. Acesso em: 31 de fev de 2023.

CHAVES, A. R. M.; SILVA, D. J.; AIDAR, S. T.; COSTA, B. R. S.; SANTOS, L. M.; COSTA, B. P. C. Efeito de doses de potássio na fluorescência da Clorofila a em videira Syrah cultivada no Submédio do Vale do São Francisco. **I SIMFRUT** -Simpósio de fruticultura do vale do São Francisco. 2014. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139367/1/Arquivo-11.pdf>. Acesso em: 18 de ago de 2023.

CEPEA – ESALQ/USP. Anuário 2022-2023. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/anuario-hf-brasil-retrospectiva-2022-perspectiva-2023.aspx>. Acesso em: 18 de jan de 2023.

GAO, H. Y.; MAO, H. P.; ZHANG, X. D.; ULLAH, I.; WEI, X. H. fusion of three optical sensors for nondestructive detection of water content in lettuce canopies. **Journal of Applied Spectroscopy**, Vol. 88, No. 1. 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10812-021-01158-8> Acesso em: 31 de jan de 2023.

KERBAUY, G. B. Fisiologia vegetal. **Grupo GEN**, 2019. *E-book*. ISBN 9788527735612. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788527735612/>. Acesso em: 27 ago 2023.

MARINI, D.; GUIMARÃES, V. F.; DARTORA, J.; LANA, M. C.; JÚNIOR, A. S. P. Growth and yield of corn hybrids in response to association with Azospirillum brasilense and nitrogen fertilization. **Revista Ceres**, vol. 62, p. 117-123, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/9JJW4N8LLn8B3P57sVCHsVj/?lang=en&format=pdf>. Acesso em: 31 de ago de 2023.

MARTINS, G. D.; NETO, O. S.; CARMO, G. J. S.; CASTOLDI, R.; SANTOS, L. CS.; CHARLO, H. C. O. Estimativa de variáveis biométricas, fisiológicas e nutricionais em mudas de alface por meio de imagens multiespectrais. **Rev. bras. eng. agric. ambiente**. vol. 25, n. 10. 2021. Disponível em: http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662021001000689&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 31 de jan de 2023.

MELLO, S. C.; CAMPAGNOL, R. Olericultura: Cultivo hidropônico. Curitiba: **SENAR-PR.**, 2016.

NOGUEIRA, M. B.; REIS, I. C.; COIMBRA, M. C.; OLIVEIRA, C. R.; BRANDÃO, C. S.; RASPE, D. T. **Fisiologia Vegetal**. Grupo A, 2020. *E-book*. ISBN 9786581492991. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786581492991/>. Acesso em: 20 set 2023.

OKON, Y. Azospirillum como potencial inoculante para a agricultura. **Tendências em Biotecnologia** , v. 3, n. 9, pág. 223-228, 1985.

OLIVEIRA, F. M.; CASTRO, J. C.; DONEGA, M. A. SANTOS, E. F. análise do perfil de produtores hidropônicos que comercializam na cidade de Nova Andradina MS. In: **FECINOVA**, 2021, Nova-Andradina.

PENG, Q.; XU, W. Crop Nutrition and Computer Vision Technology. **Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature** . 2021. Disponível em: <https://www.springerprofessional.de/en/crop-nutrition-and-computer-vision-technology/18612096>. Acesso em: 31 de jan de 2023.

TISCHER, J. C.; NETO, M. S. Avaliação da deficiência de macronutrientes em alface cressa. **Ensaio e Ciência - Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde** Vol. 16, Nº. 2. 2012.

YURI, J. E.; MOTA, J. H.; RESENDE, G. M.; SOUZA, R. J. Nutrição e adubação da cultura da alface. **Jaboticabal: FCAV/CAPEL**. 2016.

MACRONUTRIENT OMISSION IN THE GROWTH OF CRISP LETTUCE UNDER CONTROLLED CONDITIONS INOCULATED WITH AZOSPIRILLUM BRASILIENSIS

Abstract: *Lettuce is a crucial vegetable in the Brazilian economy. It requires precise and accurate nutrition to ensure good productivity. In pursuit of efficient nutrient utilization by lettuce plants, the hypothesis arises that the use of growth-promoting bacteria (*Azospirillum brasiliensis*) can reduce the negative impact of macronutrient deficiency. In this way, we sought to investigate the alleviation of macronutrient deficiency through the inoculation of *Azospirillum brasiliensis* in crisp lettuces. To do this, the lettuces were grown hydroponically in a 5-factorial experimental design (individual omission of N, P, K, Ca, and control [complete nutrient solution]) x 2 (with and without inoculation of *A. brasiliensis*) with four replicates. The bacteria proved to be efficient in increasing productivity (increasing dry and fresh mass levels by approximately 20%) and in attenuating the effects of macronutrient omissions, with no damage or losses observed from its use.*

Keywords: *Lactuca sativa, growth-promoting bacteria, Nutrition.*