

BIOFORTIFICAÇÃO DA ALFACE COM ZINCO: EFEITOS NA PRODUÇÃO SOB DIFERENTES DOSES E APLICAÇÃO DE MICRORGANISMOS EFICIENTES.

**ALMEIDA¹, Marcos; ANDRADE², Felipe; TEIXEIRA³, Everton; FREITAS⁴, José;
NETO⁵, Manoel**

¹ Universidade Federal da Paraíba, UFPB – Campus III – Bananeiras.

² Universidade Federal da Paraíba, UFPB – Campus III – Bananeiras.

³ Universidade Federal da Paraíba, UFPB – Campus III – Bananeiras.

⁴ Universidade Federal da Paraíba, UFPB – Campus III – Bananeiras.

⁵ Universidade Federal da Paraíba, UFPB – Campus III – Bananeiras.

*E-mail do autor correspondente: marcosmarcos217@gmail.com

RESUMO: O experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos da biofortificação da alface por meio da aplicação de diferentes doses de zinco, associadas ou não ao uso de microrganismos eficientes (EMs). O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5×2 , composto por cinco níveis de zinco e dois modos de aplicação de EMs (presença e ausência), totalizando quatro repetições por tratamento. As variáveis analisadas corresponderam a dois parâmetros produtivos diretamente relacionados ao desempenho da cultura: número de folhas e área foliar. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, seguida do teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o intuito de identificar possíveis diferenças entre os tratamentos. Os resultados não evidenciaram diferenças estatísticas significativas entre as combinações de doses de zinco e aplicação de EMs para as variáveis avaliadas, sugerindo que, nas condições em que o estudo foi conduzido, os fatores testados não exerceram influência expressiva sobre o crescimento e o rendimento da alface. Apesar da ausência de efeitos significativos, o experimento foi fundamental para o aprimoramento de habilidades práticas e estatísticas, contribuindo para a consolidação de conhecimentos em biofortificação e manejo agroecológico. Além disso, forneceu subsídios metodológicos importantes para pesquisas futuras, que poderão explorar ajustes no manejo, maior sensibilidade experimental e a inclusão de novas variáveis capazes de captar respostas mais robustas à biofortificação.

Palavras-chave: Biofortificação; Zinco; Alface.

Introdução

A desnutrição por carência de micronutrientes, especialmente a deficiência de zinco (Zn), é reconhecida como um desafio global de saúde, comprometendo o bem-estar e o desenvolvimento de milhões de pessoas, particularmente em comunidades cuja dieta se baseia em poucos alimentos-chave com baixo teor nutricional (1). A superação desse déficit

exige a implementação de estratégias de enriquecimento alimentar que sejam tanto sustentáveis quanto acessíveis.

A biofortificação agrônômica representa uma tática promissora e de baixo custo, que consiste na manipulação da adubação (mineral ou orgânica) com o intuito de incrementar a quantidade de nutrientes essenciais nas partes comestíveis das plantas durante seu cultivo (2). Em paralelo a essa prática, o manejo agroecológico tem preconizado o emprego de Microrganismos Eficientes (ME). O uso desses inoculantes naturais visa potencializar a atividade biológica do solo, catalisar a decomposição da matéria orgânica e aumentar a disponibilidade de elementos, aspectos cruciais para a vitalidade da cultura e a eficácia da adubação (3) (4).

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça folhosa de alta representatividade no consumo in natura e apresenta ciclo de desenvolvimento rápido, caracterizando-se como um excelente modelo para avaliar o impacto dessas técnicas de manejo. No entanto, o sucesso em modular o desempenho produtivo da alface por meio da aplicação de zinco e biofertilizantes depende intrinsecamente das especificidades edafoclimáticas e do protocolo de manejo adotado (1).

O objetivo deste trabalho foi investigar a resposta da alface ao cultivo em diferentes regimes de suprimento de Zn no solo, em comparação com a aplicação combinada de biofertilizante à base de ME, especificamente em relação aos parâmetros de rendimento e crescimento da planta.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas instalações experimentais do Setor de Agricultura do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA), Campus III da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), em Bananeiras, Paraíba. A pesquisa, focada na avaliação da aplicação de zinco e Microrganismos Eficientes (ME), foi realizada em ambiente protegido (estufa climatizada) durante os meses de abril a junho de 2024.

Adotou-se o Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), em esquema fatorial 2x5, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram em cinco níveis de doses de zinco (Zn), administradas na forma de sulfato de zinco (ZnSO_4 - 20% de Zn), (T1 - 1,03(testemunha); T2 - 2,06; T3 - 3,09; T4 - 4,12; T5-5,15 de mg dm^{-3}), combinadas com duas condições de manejo de ME: com aplicação do biofertilizante e sem (controle, que recebeu apenas água destilada). As doses de zinco foram calibradas a partir da análise do

solo, sendo aplicadas via radicular em duas etapas: a primeira logo após o transplantio e a segunda 15 dias após o transplantio (DAT). O biofertilizante ME foi produzido in loco por meio da captura e multiplicação de microrganismos nativos, seguindo a metodologia adaptada (5), utilizando arroz cozido como substrato para colonização e subsequente fermentação anaeróbica. O produto final foi aplicado diluído nos respectivos tratamentos. Mudanças da cultivar de alface Grand Rapids TBR foram transplantadas para vasos com capacidade de 6 dm³ de solo.

O manejo hídrico foi realizado por irrigação por gotejamento, e a colheita ocorreu aos 35 DAT. As variáveis de crescimento e rendimento avaliadas foram o Número de Folhas (NF) e a Área Foliar (AF). A contagem do NF foi realizada manualmente no momento da colheita. Para a determinação da AF, as folhas foram digitalizadas por meio de scanner, e as imagens processadas e analisadas utilizando o software ImageJ para medições morfométricas precisas.

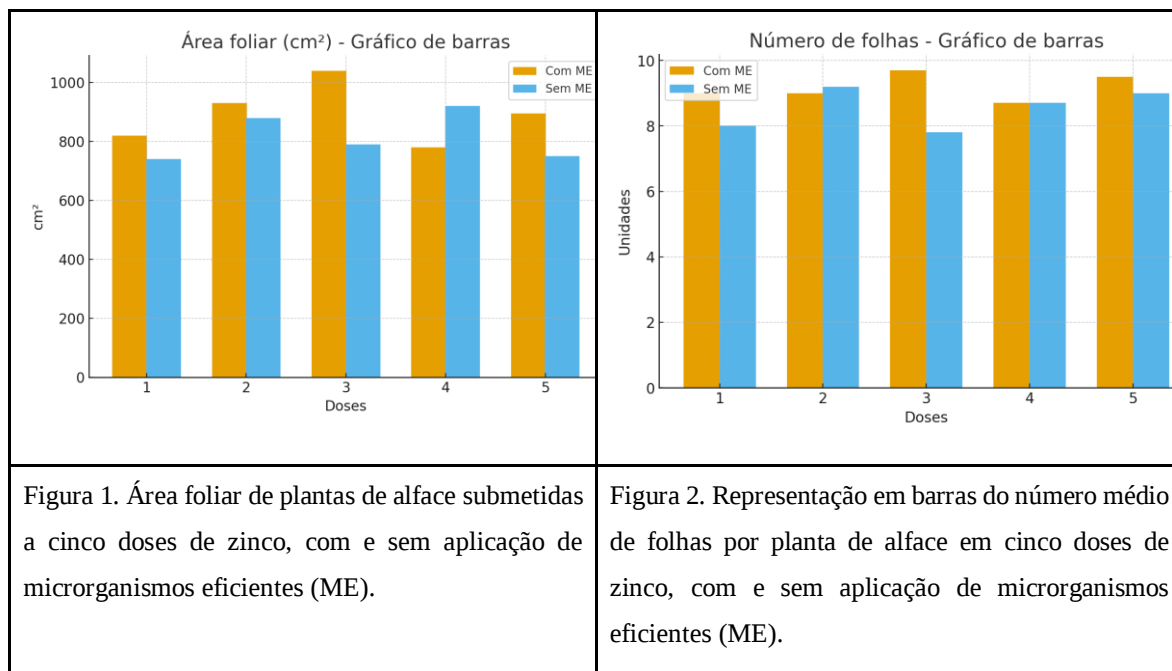
Os dados coletados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) no programa RStudio, avaliando-se os efeitos principais das doses de zinco, da aplicação de ME e a interação entre os fatores (Zn x ME) sobre os parâmetros de produção NF e AF.

Resultados e Discussão:

Os dados obtidos para as variáveis de rendimento, Número de Folhas (NF) e Área Foliar (AF), foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), após a verificação dos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias, buscando-se identificar se a aplicação de zinco (Zn), o uso de Microrganismos Eficientes (ME) ou a interação entre esses fatores Zn x ME induziram variações estatisticamente significativas no crescimento da alface.

Para o Número de Folhas (NF), os resultados da ANOVA indicaram **ausência de diferenças estatísticas significativas (com $p > 0,05$) entre os tratamentos. Tanto os diferentes níveis de zinco aplicados quanto a presença do biofertilizante à base de ME não exerceram um efeito estatisticamente comprovado sobre a formação de folhas na alface (Figura 1). Embora a inspeção visual das médias mostra uma discreta superioridade nos grupos que receberam a inoculação com ME, essa variação não foi suficiente para rejeitar a hipótese nula. A falta de uma resposta produtiva significativa ao uso de ME, embora contraponha resultados de ganhos em produtividade em outros estudos, alinha-se a trabalhos como o de

Sousa et al. (2020) (6), reforçando a variabilidade dos efeitos dos bioinsumos conforme o contexto edafoclimático.



O comportamento da Área Foliar (AF) (Figura 1) seguiu o padrão observado para o NF (Figura 2). As variações de AF observadas entre as combinações de Zn e ME não atingiram o limiar de significância estatística. Contudo, a análise descritiva dos dados revelou uma tendência positiva de crescimento em tratamentos que combinaram doses intermediárias de zinco (2 e 3 mg dm⁻³) com o uso do biofertilizante ME. A ausência de significância neste parâmetro morfológico é consistente com pesquisas similares em alface sob adubação com zinco. Em contrapartida, a literatura frequentemente associa o impacto positivo do ME na AF ao manejo orgânico, como demonstrado por Guimarães (2017) (7), sugerindo que fatores como o tipo de substrato, a fonte de nutrientes e as condições ambientais são moduladores cruciais na eficácia do biofertilizante.

Conclusão:

O estudo demonstra que a aplicação de zinco e o uso de Microrganismos Eficientes (ME) não resultaram em diferenças estatisticamente significativas nos parâmetros produtivos da alface (Número de Folhas e Área Foliar) nas condições experimentais testadas. Contudo, a tendência de melhor desempenho nas médias que combinaram ME e doses moderadas de Zn sugere a existência de um potencial sinérgico. Os resultados indicam a

necessidade de pesquisas futuras que ajustem as concentrações, avaliem ciclos de cultivo mais longos e incluam variáveis bioquímicas mais sensíveis para refinar a estratégia de biofortificação agrônômica da alface.

Referências:

1. Moraes MFP. Micronutrientes na saúde humana e biofortificação agrônômica. Brasília (DF): Embrapa; 2020. 72 p.
2. Graciano C, Cabrera N, López MR, Echavarría G, Lizárraga L. Biofortificación agronómica de cultivos: una alternativa sostenible para mejorar la nutrición humana. Rev Iberoam Bioecon Cambio Climático. 2019;5(10):1099–1112.
3. Pugas RV, Pires LL, Nascimento TD, França FC, Carvalho AFC. Efeito de microrganismos eficientes (EM) na produção de alface. Rev Verde Agroecol Desenvol Sustent. 2013;8(1):209–214.
4. Loureiro LR, Souza ER, Guimarães GG, Costa KN, Santos LM. Biofortificação agrônômica: estratégias, eficiência e importância para a saúde humana. Commun Sci. 2018;9(3):415–426.
5. Bonfim FPG, Honório ICG, Reis IL, Pereira AJ, Souza DB. Caderno dos microrganismos eficientes (EM): instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM. Viçosa (MG): Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitotecnia; 2011. 32 p.
6. Sousa WS, Pontes JRV, Melo OFP. Microrganismos eficientes no cultivo de alface. Rev AdmRA.2020;12(2).Disponívelem:https://www.academia.edu/download/96915117/admin_RA_v12n2_04_1456_PT_2P.pdf. Acesso em: 7 jul. 2025.
7. Guimarães IT. Aplicação foliar de biofertilizante em alface semi-hidropônica fertirrigada com solução salina. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semiárido; 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/items/2439d09f-35e8-4bdd-bca3-81bb3abd6619>. Acesso em: 7 jul. 2025.