

BIOFORTIFICAÇÃO AGRONÔMICA COM ZINCO EM MANDIOCA

Mateus Roberto Gualdi¹, Elcio Ferreira do Santos¹

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

mateus.gualdi@estudante.ifms.edu.br, elcio.santos@ifms.edu.br

Resumo

A mandioca (*Manihot esculenta*), por ser um dos alimentos mais consumidos do mundo, possuir grande capacidade de adaptação em diferentes condições climáticas, e apresentar bom desenvolvimento em solos arenosos e de baixa fertilidade, é um alimento que se enquadra nos programas de biofortificação. O trabalho teve objetivo de identificar genótipos de mandioca que apresentam melhores respostas à adubação foliar de Zn para programa de biofortificação. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso (DBC), em esquema fatorial 2x10 com 4 repetições, sendo 2 doses de Zn, e 10 genótipos de mandioca, totalizando 80 parcelas. Os genótipos cultivados que receberam adubação foliar com Zn demonstraram incremento de produtividade de aproximadamente 30%, com destaque para MS317. Todos os genótipos apresentaram incremento de cerca de 20% na concentração de Zn, exceto DG125 e BRS399. Sendo recomendado as variedades MS317, DG203, MS018 e BRSCS0 para incremento da produção regional e programas de biofortificação.

Palavras-chave: *Manihot esculenta*, micronutrientes, saúde humana.

Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta*), também conhecida popularmente como macaxeira ou aipim, pertence à família Euphorbiaceae, possui grande capacidade de adaptação em diferentes condições climáticas, e apresenta bom desenvolvimento em solos arenosos e de baixa fertilidade. Por esse motivo, ela é cultivada em mais de 100 países, por médios e pequenos produtores, e é o principal alimento para mais de 700 milhões de pessoas no mundo (SANTOS, 2010).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a produção de raiz estimada no Brasil para o ano de 2023 é de 18,4 milhões de toneladas em uma área de 1,24 milhões de hectares. A cultura apresenta grande importância de cunho social, gerando aproximadamente 1 milhão de empregos diretos, uma receita bruta anual equivalente a 2,5 bilhões de dólares e contribuição tributária de 150 milhões de dólares (EMBRAPA).

Dada a importância da mandioca como um dos alimentos mais consumidos no mundo, ela se enquadra bem aos programas de biofortificação, pois é fundamental que o produto biofortificado seja de consumo e boa aceitação da

população. Além disso, precisa ser um alimento barato e de fácil acesso para todos.

A biofortificação é o enriquecimento nutricional de um determinado produto de origem vegetal através de práticas agronômicas. Esse processo tem se mostrado bastante eficaz, pois quando comparado a outros métodos como adição de nutrientes no momento do beneficiamento do produto, ou ingestão de cápsulas para suprir o déficit de nutrientes, saem bem mais baratos e apresentam baixo risco de intoxicação (JOY et al., 2015).

Dentre os nutrientes essenciais à saúde humana, vários estudos demonstram que o Zn (zinco), é o segundo elemento mais encontrado no corpo humano, está presente em vários processos metabólicos e caracteriza-se como o único metal a fazer parte dos 6 grupos enzimáticos. Estima-se que uma a cada três pessoas no mundo sofram com a deficiência deste nutriente, que auxilia na prevenção do câncer e sua falta está relacionada a diversos problemas de saúde como dificuldades de cicatrização e falha no sistema imunológico (Hänsch et al., 2009).

O Zn é um micronutriente essencial para as plantas, tendo como principais funções a síntese de ácido indolacético, síntese proteica, redução de nitrato, estrutura de enzimas e atividade enzimática. A sua absorção ocorre tanto pelas raízes como pelas folhas, preeminente na forma catiônica Zn²⁺, podendo apresentar interações que afetam a absorção (DECHEN et al., 1991; PRADO, 2008).

O transporte de Zn na planta ocorre da mesma forma que é absorvido, podendo ser na forma ativa ou passiva, e a forma de complexo na qual é transportado é de ácido cítrico e málico. Devido a baixa estabilidade por quelantes orgânicos o Zn é pouco encontrado no floema, o que limita sua redistribuição. Porém em plantas bem supridas a quantidade de Zn é aumentada consideravelmente no floema (FRANCO et al., 2005).

Dentre os fatores que interferem na disponibilidade de Zn o mais significativo é o potencial hidrogeniônico do solo, pois quanto mais alto o pH, menor será a disponibilidade na solução do solo, principalmente em solos arenosos que recebem altas doses de calcário. Outro fator a ser considerado é o sinergismo entre fósforo (P) e Zn, onde altas doses de fertilizantes fosfatados podem levar à deficiência de Zn (PRADO, 2008).

Desta forma, este trabalho tem como objetivo identificar genótipos de mandioca que apresentam melhores respostas à

adubação foliar de Zn, visando um maior acúmulo do nutriente nas raízes para produção de alimento biofortificado.

Metodologia

O experimento foi conduzido no distrito de Nova Andradina/MS, Rodovia MS-473, KM 23, s/n Fazenda Santa Bárbara (22°04'45.2"S 53°27'20.5"W). O solo predominante da região é Neossolo Quartzarênico com baixos teores de Zn (<1,0 mg dm⁻³) de textura média e baixa fertilidade com precipitação anual média entre 1.500 mm a 1.700 mm.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso (DBC), com tratamentos arranjos em esquema fatorial 2x10 com 4 repetições, sendo 2 doses de Zn (65,18g de Zn/ha e dose zero), e 10 genótipos de mandioca, totalizando 80 parcelas.

Cada parcela foi constituída de 4 plantas, com espaçamento de 1 metro entre linhas e 0,50 m entre plantas e 0,05 de profundidade. O plantio foi realizado no dia 03/08/2022, de forma manual, em razão da pouca quantidade de material vegetativo para propagação, as manivas utilizadas para o plantio foram de 0,05 metros. Quanto à adubação, seguiu-se a recomendação conforme o livro Cerrado; Correção do Solo e Adubação.

Para o controle de plantas daninhas realizou-se aplicação de herbicida sistêmico pós-emergente do grupo químico oxima ciclohexanodiona para supressão de plantas daninhas. Também foram realizadas 3 capinas manuais, sendo a primeira com 10 dias após o plantio, e as demais com 52 e 99 dias. A adubação de cobertura foi aplicada 118 dias após o plantio, na formulação 04-00-08. Não identificaram-se ataques significativos de pragas e doenças durante todo o ciclo da cultura.

Foram realizadas 3 aplicações de Zn na dose de 60g/ha nos dias 15/12/2022, 09/02/2023 e 23/02/2023. Para isso, em cada aplicação diluiu-se 0,3g de sulfato de zinco em 8 litros de água, e dessa solução foram utilizados 200 ml de calda para cada parcela determinada a receber Zn. O instrumento utilizado para aplicação foi um borrifador.

No dia 31/03/2023 foram avaliadas características morfológicas da mandioca, como altura, diâmetro de colmo e quantidade de ramas emergentes para uma única planta. Para isso foi selecionado uma planta por parcela de forma aleatória e identificada para posteriormente colher, as medições foram feitas com paquímetro e trena

No dia 08/07/2023 foi realizada a colheita do experimento. Apenas a planta com a marcação foi colhida para análise, sendo que das três plantas remanescentes, duas foram podadas e uma continuou sem alterações, pois serão avaliadas posteriormente.

A planta selecionada para análise foi cortada na altura de 20 cm do solo, ramas e folhas foram separadas, picadas e colocadas em sacos identificados. Os tubérculos foram retirados cuidadosamente de modo a não haver perdas, e em seguida eram pesados.

Após a colheita, as ramas e tubérculos foram processados em um triturador forrageiro, para posterior secagem em estufa. Foram tomados os cuidados de limpeza para que não houvesse contaminação no equipamento.

As ramas trituradas e as folhas foram colocadas em sacos de papéis, já as raízes precisaram ser acomodadas em recipientes de alumínio para secagem, devido ao alto teor de umidade. Todas as amostras foram pesadas e colocadas nas estufas onde permaneceram por 72 horas a 65°C. Após a secagem, todas as amostras foram pesadas e uma pequena porção de cada uma delas foi triturada no moinho, colocadas em sacos de papéis e encaminhadas ao laboratório para determinação do teor de Zn.

Resultados e Discussão

Os genótipos cultivados que receberam adubação foliar com Zn demonstram incremento de produtividade de aproximadamente 30%. Destaca-se que o genótipo MS317 apresentou a maior produtividade quando adubado com Zn (32 t ha⁻¹) (Figura 1).

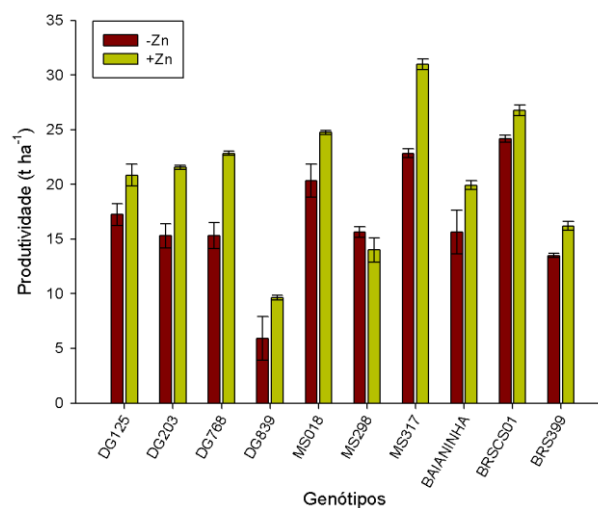


Figura 1. Produtividade de 20 genótipos de mandioca cultivados sem e com adubação foliar de Zn (60 g ha⁻¹) em Nova Andradina-MS.

Fonte: Os autores.

As variedades que não receberam aplicação foliar, com exceção da MS298, apresentaram menor produtividade, o que pode estar relacionado a indisponibilidade de Zn no solo. Segundo Lopes (1998), o Zn é frequentemente o maior limitante para produtividade, principalmente em solos do

cerrado, onde são necessárias elevadas doses de calcário para correção da acidez, o que diminui a disponibilidade do micronutriente no solo. Estima-se que a concentração de Zn no solo pode diminuir 30 vezes para cada unidade de aumento do pH entre 5,0 e 7,0.

Os dados de produtividade obtidos no presente estudo assemelham-se aos encontrados por Bracalião et al. (2015), onde obtiveram um maior desenvolvimento das raízes com complementação de sulfato de zinco via sulco, confirmando a hipótese de que menores produtividades estão associadas à baixa absorção de Zn em função de maiores doses de calcário.

Silva et al. (2023) avaliando os efeitos da adubação com sulfato de Zn via sulco para mandioca de mesa, também obtiveram maiores produtividades quando aplicado o micronutriente. Estes resultados corroboram com os dados obtidos neste trabalho, mostrando o impacto positivo da adubação com zinco.

As concentrações de Zn nas raízes também variaram de acordo com o genótipo e adubação foliar por Zn utilizada. Todos os genótipos apresentaram incremento de aproximadamente 20% do na concentração de Zn, exceto os genótipos DG125 e BRS399. Os genótipos DG125 (-Zn: 12 mg kg⁻¹ / +Zn: 16 mg kg⁻¹) e BRS399 (-Zn: 21 mg kg⁻¹ / +Zn: 25 mg kg⁻¹) não demonstraram incremento no acúmulo de Zn por massa seca de raiz produzida em função da adubação foliar (Figura 2).

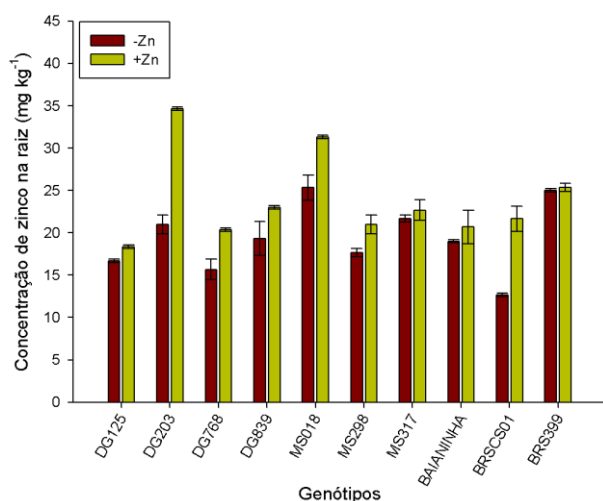


Figura 2. Concentração de zinco nas raízes de 20 genótipos de mandioca cultivados sem e com adubação foliar de Zn (60 g ha⁻¹) em Nova Andradina-MS.

Fonte: Os autores.

A variação nos teores de Zn apresentada nas raízes, pode estar relacionada a características genóticas das cultivares, onde em função dos tratos culturais algumas variedades

apresentam maior desempenho. Corguinha et al. (2015), avaliando a influência dos teores de Zn em função dos genótipos e manejo, obtiveram resultados que confirmam essa interação.

Todos os genótipos apresentaram elevação no acúmulo de zinco nas raízes, destacando-se as variedades DG203, MS018 e BRSCS01. Oliveira et al. (2018) demonstraram que a aplicação foliar de Zn em soja aumentou a concentração do micronutriente, independente das cultivares avaliadas. Outros estudos com aplicação foliar de Zn em soja, têm demonstrado maior abundância deste nutriente nos grãos, além de outros benefícios, o que sugere uma tendência acumulativa do Zn (INOCENCIO. 2014.; CAMBRAIA. 2015).

Considerações Finais

Os genótipos cultivados que receberam adubação foliar com Zn demonstraram incremento de produtividade de aproximadamente 30%, com destaque para MS317. Todos os genótipos apresentaram incremento de cerca de 20% na concentração de Zn, exceto DG125 e BRS399. Nas condições em que o trabalho foi realizado, os genótipos que se destacaram em produtividade e incremento de Zn na raiz foram MS317, DG203, MS018 e BRSCS01, podendo ser indicados para o incremento da produtividade da região programas de biofortificação.

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. Ao meu orientador e idealizador desse projeto, professor Elcio Ferreira dos Santos, pelo apoio, orientação e confiança. Agradeço a Keila Garcia pela paciência e sugestões valiosas, e a todos que direta ou indiretamente fizeram parte deste projeto.

Referências

BRANCALIÃO, S.R.; CAMPOS, M; BICUDO, S.J. Crescimento e desenvolvimento de plantas de mandioca em função da calagem e adubação com zinco. Nucleus, Ituverava, v. 12, n. 2, p. 175-182, out. 2015. ISSN 1982-2278. Disponível em: <<http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/1103>>. Acesso em: 25 set. 2023.

CAMBRAIA, T.L.L.; Biofortificação agrônômica do feijão pelo manejo da adubação com Zn. 2015. 49f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2015. Disponível em <<https://locus.ufv.br/handle/123456789/6460>>. Acesso em: 27 set. 2023

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Análise Mensal – Mandioca. Brasília, DF. 2022.

CORGUINHA, A.P.B.; CARVALHO, C.A.; DE SOUZA, G.A.; DE CARVALHO, T.S.; VIEIRA, E.A.; FIALHO, J.F.; GUILHERME, L.R.G. Potential of cassava clones enriched with β -carotene and lycopene for zinc biofortification under different soil Zn conditions. *Journal of*

EMBRAPA. A cultura da mandioca: sistemas de produção - Embrapa. Disponível em: <https://www.bibliotecaagp.tea.org.br/agricultura/culturas_a_nuais/livros/A%20CULTURA%20DA%20MANDIOCA%20SISTEMAS%20DE%20PRODUCAO%20EMBRAPA.pdf>. Acesso em: 21 set. 2023.

DECHEN A.R.; HAAG, H.P. & CARMELLO, Q.A.C. Mecanismos de absorção de nutrientes e translocação de micronutrientes. In: FERREIRA, M.E. & CRUZ, M.C.P. (Eds.). MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p. 79-98.

FRANCO, I.A.L.; MARTINEZ, H.E.P.; ZABINI, A.V.; FONTES, P.C.R. Translocation and compartmentmentation of zinc by ZnSO₄ e Zn EDTA applied on coffee and bean seedlings leaves. *Ciência Rural.*, v.35, n.2, p.332-339, 2005.

HÄNSCH R.; MENDEL R.R. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Current Opinion in Plant Biology* v.12, p.259-266, 2009.

INOCENCIO, M.F. Frações de zinco no solo e biofortificação agrônômica com selênio, ferro e zinco em soja e trigo. 2014. 88 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014. Disponível em <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/4433>>. Acesso em: 27 set 2023

JOY, E.J.M.; ALEXANDER, J.S.; YOUNG, S.D.; ANDER, E.L.; WATTS, M.J.; BROADLEY, M.R. Zinc-enriched fertilisers as a potential public health intervention in Africa. *Plant and Soil*, vol. 389, n. 1-2, p. 1-24. 2015.

LOPES, A.S. Manual internacional de fertilidade do solo. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1998.177p.

OLIVEIRA, N.T.; REZENDE, P.M.; BRUZI, A.T.; MELVILLE, C.C. Effects on food-type soybean cultivars when biofortified with different rates of zinc. *Ciências Agrárias*, 41(3): 647-654 647, 2018.

PRADO, R. de M. Nutrição de plantas. São Paulo: Editora UNESP, 2008.

SANTOS, V. da S. Mandioca: a raiz das nossas raízes. Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2010. Disponível em:

<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/874157>> Acesso em: 21 set. 2023.

SILVA, J.A. da.; LEONEL, M.; FERNANDES, A.M.; GARRETO, F.G. de S.; NUNES, J.G. da S.; TAJRA, R.F. Growth, yield and nutrients of sweet cassava fertilized with zinc. *Ciência Rural*, v. 53, n. 9, p. e20220064, 2023.

AGRONOMIC BIOFORTIFICATION WITH ZINC IN CASSAVA

Abstract: *Cassava (Manihot esculenta), as it is one of the most consumed foods in the world, has a great capacity for adaptation to different climatic conditions, and presents good development in sandy soils with low fertility, is a food that fits into biofortification programs. The objective was to identify cassava genotypes that show better responses to Zn foliar fertilization for a biofortification program. The experimental design was randomized blocks (DBC), in a 2x10 factorial scheme with 4 replications, 2 doses of Zn, and 10 cassava genotypes, totaling 80 plots. The cultivated genotypes that received foliar fertilization with Zn demonstrated an increase in cassava productivity. approximately 30%, with emphasis on MS317. All genotypes showed an increase of approximately 20% in Zn concentration, except DG125 and BRS399. The varieties MS317, DG203, MS018 and BRSCS0 are recommended for increasing production and biofortification programs.*

Keywords: *Manihot esculenta, micronutrients, human health*