

Influência de doses de manganês em soja

Influence of manganese doses on soybeans

LETÍCIA CAMPOS DE MELO

Discente de Agronomia (UNIPAM)

E-mail: leticiacm@unipam.edu.br

EVANDRO BINOTTO FAGAN

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: evbinotto@unipam.edu.br

MARINA RODRIGUES DOS REIS

Professora co-orientadora (UNIPAM)

E-mail: marinar@unipam.edu.br

Resumo: O objetivo deste experimento foi avaliar fontes de manganês e suas doses na cultura de soja. O experimento foi implantado na casa de vegetação do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), em junho de 2023. Foi utilizada variedade RK6719IPRO, em DBC, sendo: T₁: Controle; T₂: EDTA Mn 0,5g.ha⁻¹; T₃: EDTA Mn 1g.ha⁻¹; T₄: BioQuelato Mn 0,3g.ha⁻¹; T₅: BioQuelato Mn 0,5g.ha⁻¹ e T₆: BioQuelato Mn 1g.ha⁻¹. As avaliações foram: SOD, H₂O₂ e PL e massa seca de raiz, caule e folha. O tratamento T₃ apresentou maior massa seca de raiz, caule e folhas, reduziu o H₂O₂ e aumentou a SOD em relação aos controles. Na H₂O₂ e na PL, o tratamento T₂ reduziu esses teores comparados aos controles. Em função dos dados obtidos, constatou-se que a aplicação de MnEDTA 1g.ha⁻¹ amplificou a produção de massa seca em toda a planta e melhorou os estímulos do metabolismo antioxidante, pois incrementou a atividade da SOD e reduziu H₂O₂. **Palavras-chave:** *Glycine max* L.; metabolismo antioxidante; micronutriente; superóxido dismutase; peroxidação lipídica; peróxido de hidrogênio.

Abstract: The objective of this experiment was to evaluate sources of manganese and their doses in soybean cultivation. The experiment was conducted in the greenhouse at the University Center of Patos de Minas (UNIPAM) in June 2023. The RK6719IPRO variety was used, in a completely randomized design (CRD), with the following treatments: T₁: Control; T₂: Mn EDTA 0.5g.ha⁻¹; T₃: Mn EDTA 1g.ha⁻¹; T₄: Mn BioChelate 0.3g.ha⁻¹; T₅: Mn BioChelate 0.5g.ha⁻¹; and T₆: Mn BioChelate 1g.ha⁻¹. The evaluations included SOD, H₂O₂, LP, and dry mass of root, stem, and leaf. Treatment T₃ showed the highest dry mass of root, stem, and leaves, reduced H₂O₂, and increased SOD compared to the controls. In H₂O₂ and LP, treatment T₂ reduced these levels compared to the controls. Based on the data obtained, it was found that the application of Mn EDTA 1g.ha⁻¹ increased the production of dry mass throughout the plant and improved antioxidant metabolism stimuli, as it increased SOD activity and reduced H₂O₂.

Keywords: *Glycine max* L.; antioxidant metabolism; micronutrient; superoxide dismutase; lipid peroxidation; hydrogen peroxide.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é da família das Fabaceae (leguminosas), planta originada da China que se adaptou muito bem no Brasil. Essa cultura é de grande importância no mercado agrícola, sendo utilizada na alimentação e nutrição, tanto humana quanto animal; indústria química e produção de biocombustível (Soares, 2016). Atualmente, o Brasil é o maior produtor e exportador mundial do grão. Neste ano de 2014, estima-se uma produção de quase 149,4 milhões de toneladas; devido a influências climáticas, haverá uma queda de 3,4% comparado à safra anterior de 2022/23 (CONAB, 2024).

Num cenário de queda de produtividade, é necessário um manejo para diminuir as perdas. A cultura da soja exige micronutrientes como qualquer outra cultura, mesmo sendo em pouca necessidade. Sem eles a planta é incapaz de produzir. A indisponibilidade deles no solo pode ocorrer por uso intensivo dos solos e cultivos sucessivos, solos com baixo teor de matéria orgânica, entre outros fatores. Porém, outras deficiências podem ser supridas com o uso de calcário e de adubo (Mascarenhas *et al.*, 2014).

Uma das limitações da produtividade são os nutrientes em pouca quantidade disponível no solo, considerando a Lei do Mínimo (Justus von Liebig em 1840). Essa lei, conhecida como barril, ajuda na identificação da falta de nutrientes e da quantidade para suprir a necessidade, fazendo com o que haja um aumento na produção (Kreuz, 1995). O objetivo deste estudo foi avaliar fontes de manganês e suas doses na cultura de soja.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO

O experimento foi instalado na casa de vegetação do UNIPAM, em Patos de Minas (MG), em junho de 2023. O local apresenta clima tropical de altitude (Cwa), com precipitação média anual em torno de 1400 mm. A temperatura média anual é igual a 21,1 °C, a máxima anual, 27,8 °C.

Foi utilizada a cultura da soja, variedade cultivada RK6719IPRO, que possui grupo de maturação 6.8. Foi feito o delineamento experimental em blocos casualizados, utilizando vasos de 11 litros, um ao lado do outro, em 5 fileiras. Foram semeadas 10 sementes por vaso e, após 15 dias, foi feito o desbaste, deixando somente 5 plantas.

Foram analisados seis tratamentos (Tabela 1) com cinco repetições, totalizando 30 unidades experimentais. As aplicações dos tratamentos foram realizadas com a ajuda de um pulverizador manual na fase vegetativa $V_{3/4}$, com o manejo de irrigação de 500mL/dia.

Tabela 1 – Tratamentos utilizados no experimento “Influência das doses de manganês em soja”. Safra 2023/24. Centro Universitário de Patos de Minas, UNIPAM. Patos de Minas, 2024.

Tratamento	Descrição	Dose (g ha ⁻¹)
T ₁	Controle	0
T ₂	EDTA Mn	0,5
T ₃	EDTA Mn	1
T ₄	BioQuelato Mn	0,3
T ₅	BioQuelato Mn	0,5
T ₆	BioQuelato Mn	1

Fonte: dados da pesquisa, 2023.

2.3 AVALIAÇÕES

As avaliações foram feitas no laboratório Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP), localizado no Campus I do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Foram realizadas as análises de parâmetros fenométricos, metabolismo antioxidante e parâmetros de produtividade da cultura.

2.3.1 Parâmetros fenométricos

Foi realizada a coleta de quatro plantas em cada repetição para as avaliações fenométricas, quando as plantas estavam no estágio V_{4/5}. Inicialmente, foi feita a separação de raízes, folhas e caule. Em seguida, esses órgãos foram colocados em sacos de papel individualizados, identificados e levados à estufa para secagem de ventilação forçada de ar a 65 °C, até a massa constante para a determinação da massa de matéria seca. Por fim, foi feita a pesagem em balança de precisão de 0,01 grama.

2.3.2 Metabolismo antioxidante

Foi necessária a coleta das amostras de folhas, quinze dias após a aplicação dos tratamentos, entre oito e dez da manhã, horário em que as enzimas expressam maior atividade. Foram coletados três trifólios por parcela, do terço médio das plantas. Essas amostras foram colocadas em sacos plásticos e embrulhadas em papel alumínio. Em seguida, foram congeladas em nitrogênio líquido, a fim de paralisar todas as reações imediatamente.

Conseqüentemente, as folhas foram maceradas, utilizando-se nitrogênio líquido, e depois foram adicionados 4 mL de tampão de fosfato de potássio 0,1 mol L⁻¹ pH 6,8 para a diluição do extrato. As amostras foram, então, transferidas para eppendorf's e centrifugadas a 10.000 rpm (6.000 g) por 30 min a 4 °C. Ao final, as amostras foram armazenadas a -20 °C para posterior determinação.

Foram avaliados enzima superóxido dismutase, teor de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica foliar. A enzima superóxido dismutase (SOD) foi feita de acordo com a metodologia de Bor *et al.* (2003). O teor de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) foi feito

de acordo com a metodologia de Alexieva *et al.* (2001). O teor da peroxidação lipídica foliar (PL) foi feito de acordo com a metodologia de Heath e Packer (1968).

2.3.3 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

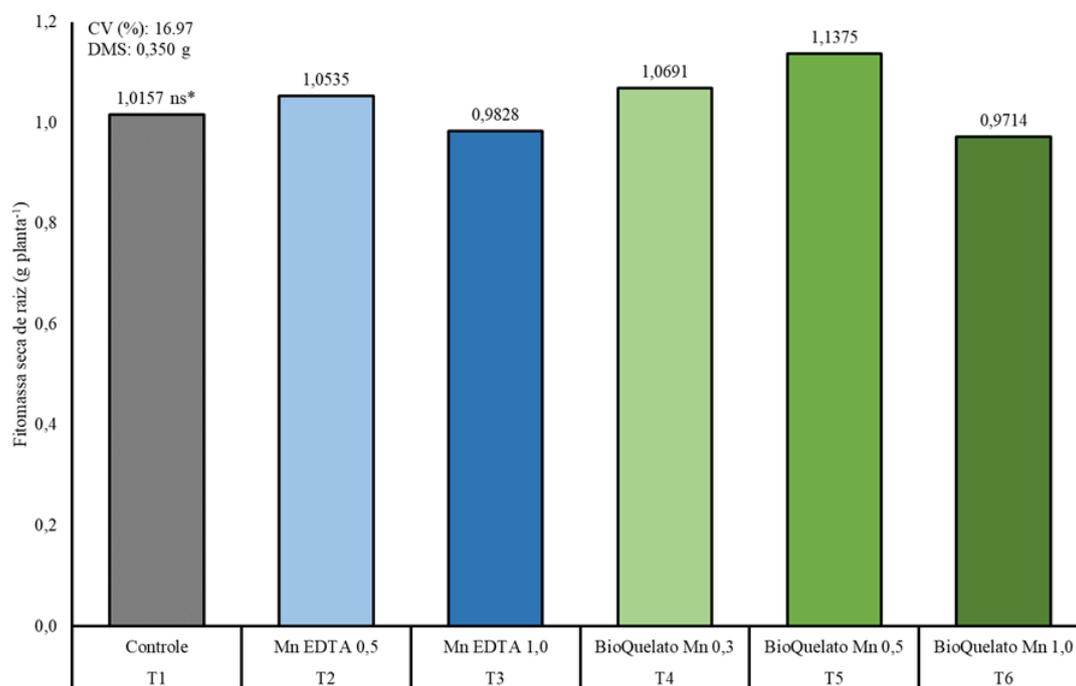
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE DE CRESCIMENTO

3.1.1 Fitomassa seca de raiz (g.planta⁻¹)

Não foi verificada diferença estatística entre os tratamentos na análise (Figura 1). Porém, os tratamentos T₃ (Mn EDTA 1 g.ha⁻¹), T₄ (BioQuelato Mn 0,3 g.ha⁻¹) e T₅ (BioQuelato Mn 0,5g.ha⁻¹) obtiveram um acréscimo em relação ao controle: 3,74%, 5,32% e 12,01%, respectivamente.

Figura 1 — Fitomassa seca de raiz de plantas de soja do ensaio “Influência de doses de manganês em soja”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2023/24.



*: Não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: dados da pesquisa, 2024.

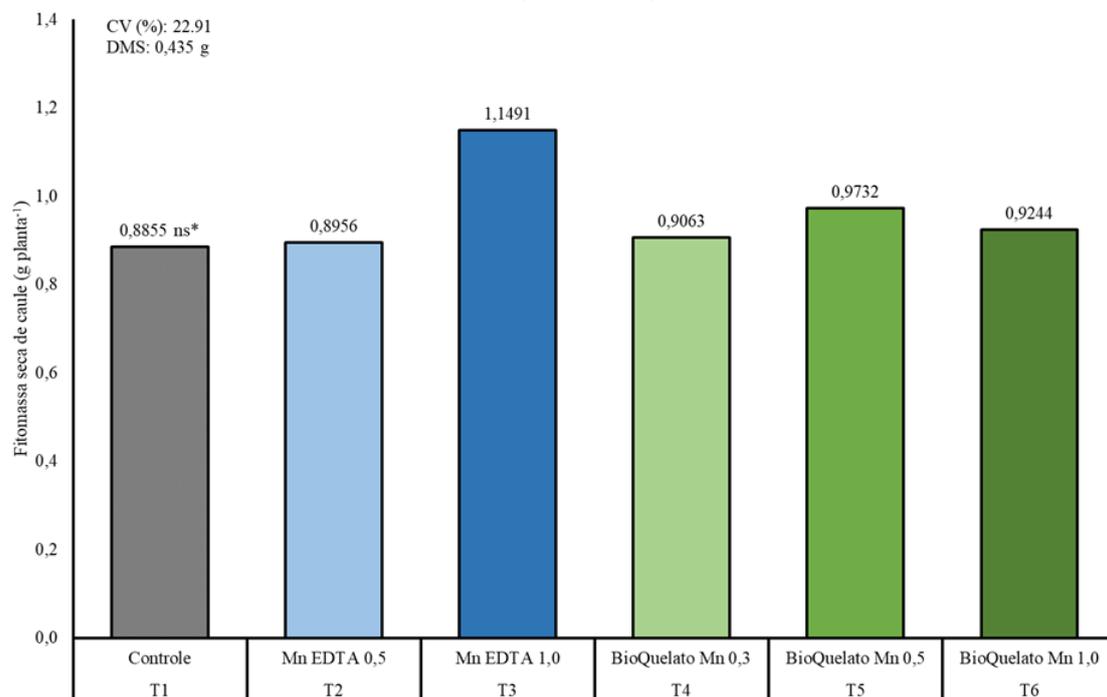
De acordo com Pereira *et al* (2001), a aplicação de Mn via solo na cultura do arroz resultou em aumento de massa seca de raiz comparado ao controle. Já no

experimento feito por Migliavacca (2018), na aplicação foliar de fontes de manganês não houve incremento de massa seca de raiz em relação ao controle.

3.1.2 Fitomassa seca de caule (g. planta⁻¹)

De acordo com os dados apresentados na Figura 2, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Contudo, no tratamento T₃ (Mn EDTA 1 g.ha⁻¹), houve um aumento de 29,76% na massa seca do caule quando comparado ao controle.

Figura 2 — Fitomassa seca de caule de plantas de soja do ensaio “Influência de doses de manganês em soja”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2023/24.



Não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

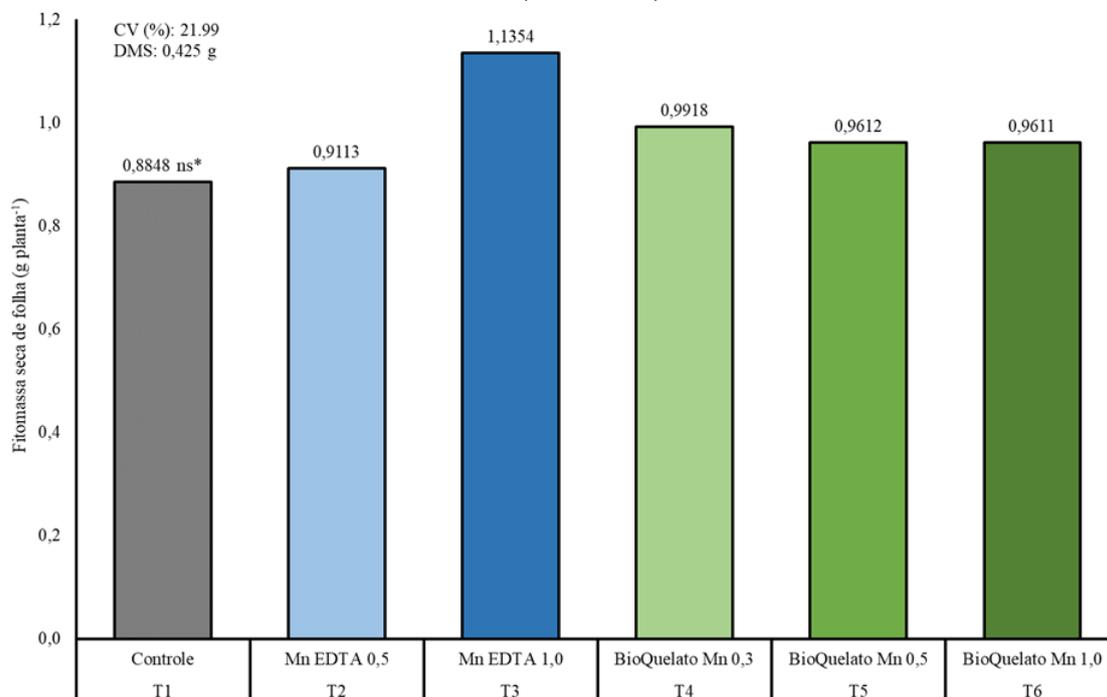
Fonte: dados da pesquisa, 2024.

De acordo com Benett (2011), a influência da aplicação de manganês em cana soca incrementou na massa seca de colmo, conseqüentemente na sua produtividade. Em seu experimento, Migliavacca (2018) não obteve incremento das médias de massa seca das hastes comparado ao controle ao utilizar fontes insolúveis de Mn.

3.1.3 Fitomassa seca de folhas (g. planta⁻¹)

De acordo com a Figura 3, a fitomassa seca de folhas também não apresentou diferença estatística entre os tratamentos, apesar disso o tratamento T₃ (Mn EDTA 1 g.ha⁻¹) obteve incremento de 28,32% em relação ao controle.

Figura 3. Fitomassa seca de folhas de plantas de soja do ensaio “Influência de doses de manganês em soja”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2023/24.



Não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: dados da pesquisa, 2024.

De acordo com Migliavacca (2018), a média de massa seca de folhas não incrementou em relação ao controle quando aplicadas fontes de Mn em soja. Já com Puga *et al.* (2011), a concentração do Mn na *Brachiaria* aumentou depois da aplicação deste micronutriente, incrementando assim a produção de massa de forragem no primeiro corte.

3.2 METABOLISMO OXIDANTE

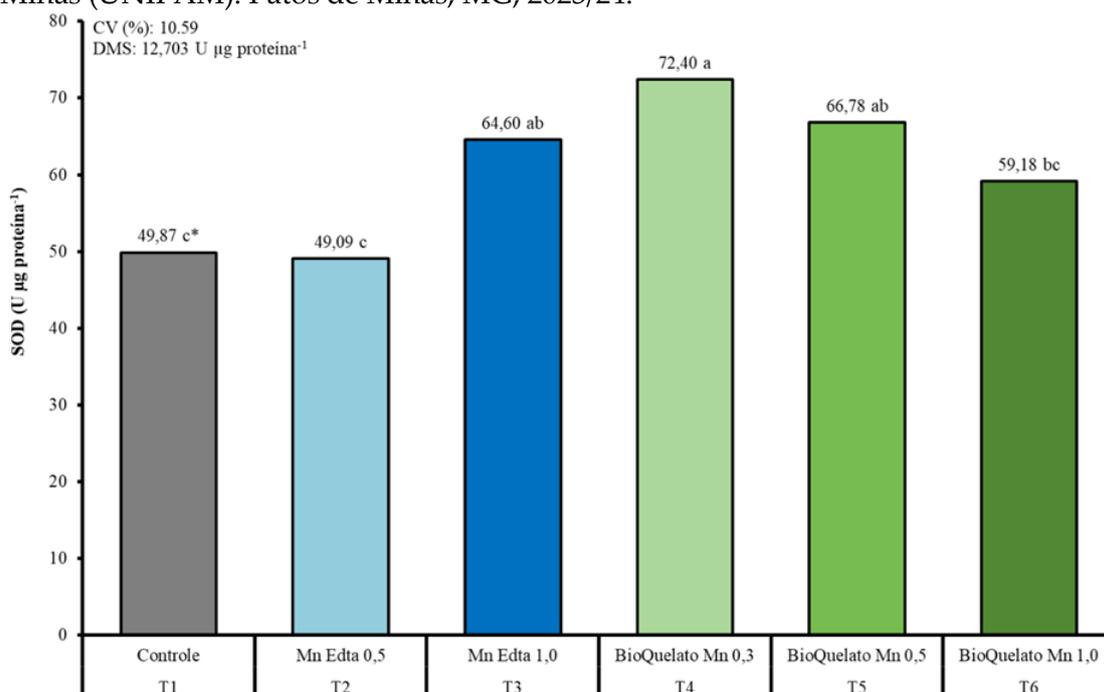
3.2.1 Superóxido dismutase (SOD)

Os resultados da análise de SOD estão apresentados na Figura 4. Nota-se que houve diferença estatística entre os tratamentos. O tratamento que apresentou maior aumento na atividade da SOD, quando comparado ao controle, foi o T₄ (BioQuelato Mn 0,3 g.ha⁻¹) com acréscimo de 45,17%. Os tratamentos T₃ (Mn EDTA 1 g.ha⁻¹), T₅ (BioQuelato Mn 0,5 g.ha⁻¹) e T₆ (BioQuelato Mn 1 g.ha⁻¹) obtiveram médias de 27,37% de incremento comparado ao controle.

A enzima superóxido dismutase é a primeira a atuar no sistema de defesa contra a produção de EROs em plantas. Essa enzima faz a dismutação das moléculas de radicais superóxido, que irá resultar em peróxido de hidrogênio e em água (Gill; Tuteja, 2010). O manganês é uma isoforma da SOD.

De acordo com Gopavajhula *et al.* (2013), no experimento que avaliou as isoformas da SOD, as três análises sugeriram que o ferro e o manganês são mais eficientes do que o cobre e o zinco. Santos *et al.* (2020) também observaram resultados positivos da enzima SOD, comparados aos do controle em seu experimento em que foi utilizado manganês.

Figura 4. Atividade da enzima Superóxido Dismutase (% em relação ao controle) em plantas de soja do ensaio “Influência de doses de manganês em soja”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2023/24.



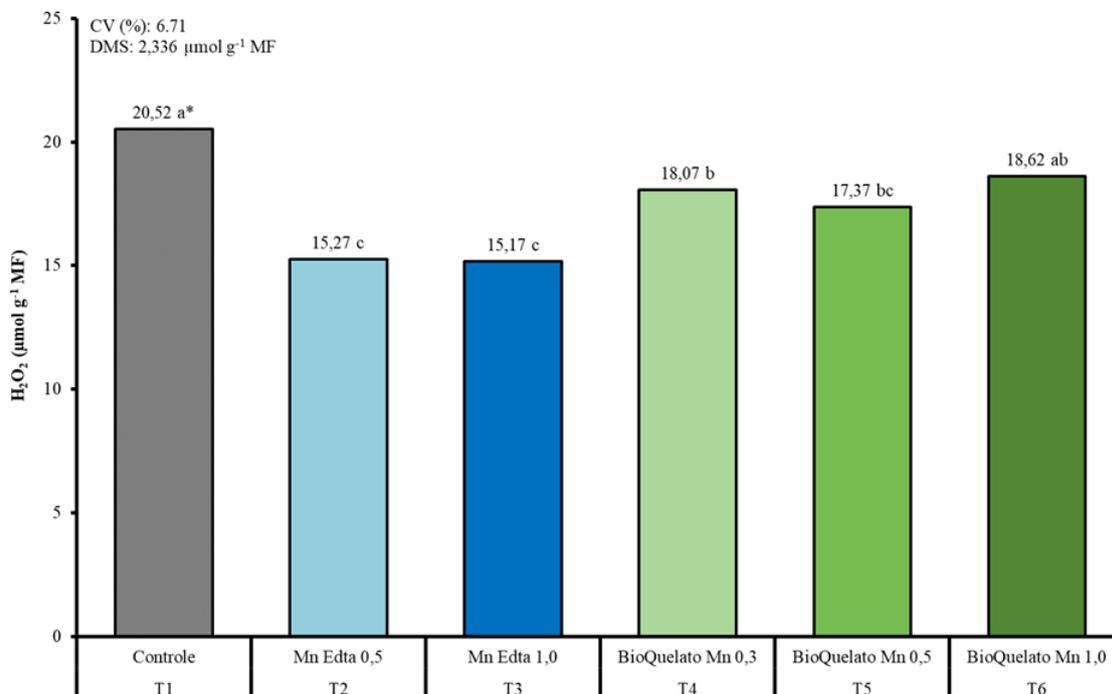
*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: dados da pesquisa, 2024.

3.2.2 Peróxido de hidrogênio (H₂O₂)

Para a variável peróxido de hidrogênio, houve diferença estatística significativa (Figura 5). As médias dos tratamentos T₂ (Mn EDTA 0,5 g.ha⁻¹) e T₃ (Mn EDTA 1 g.ha⁻¹) foram de 25,82% de redução em relação ao controle. Nos tratamentos T₄ (BioQuelato Mn 0,3 g.ha⁻¹), T₅ (BioQuelato Mn 0,5 g.ha⁻¹) e T₆ (BioQuelato Mn 1 g.ha⁻¹), também houve redução média de 12,18% em relação ao controle.

Figura 5. Teor de Peróxido de Hidrogênio (% em relação ao controle) em plantas de soja do ensaio “Influência de doses de manganês em soja”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2023/24.



*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: dados da pesquisa, 2024.

A geração de peróxido de hidrogênio reflete o metabolismo oxidativo das plantas. Elevados níveis desse composto indicam estresse ambiental intenso, podendo causar danos a lipídios de membrana, DNA, RNA e outras biomoléculas. Em resposta a vários estresses, a produção de H₂O₂ aumenta. Nas raízes, ele promove a formação de raízes laterais e influencia na resposta à gravidade. Nas folhas, o H₂O₂ atua como segundo mensageiro no fechamento dos estômatos, junto com o cálcio. Durante a germinação, o H₂O₂ também quebra a camada de aleurona, um efeito associado às giberelinas (Neill *et al.*, 2002).

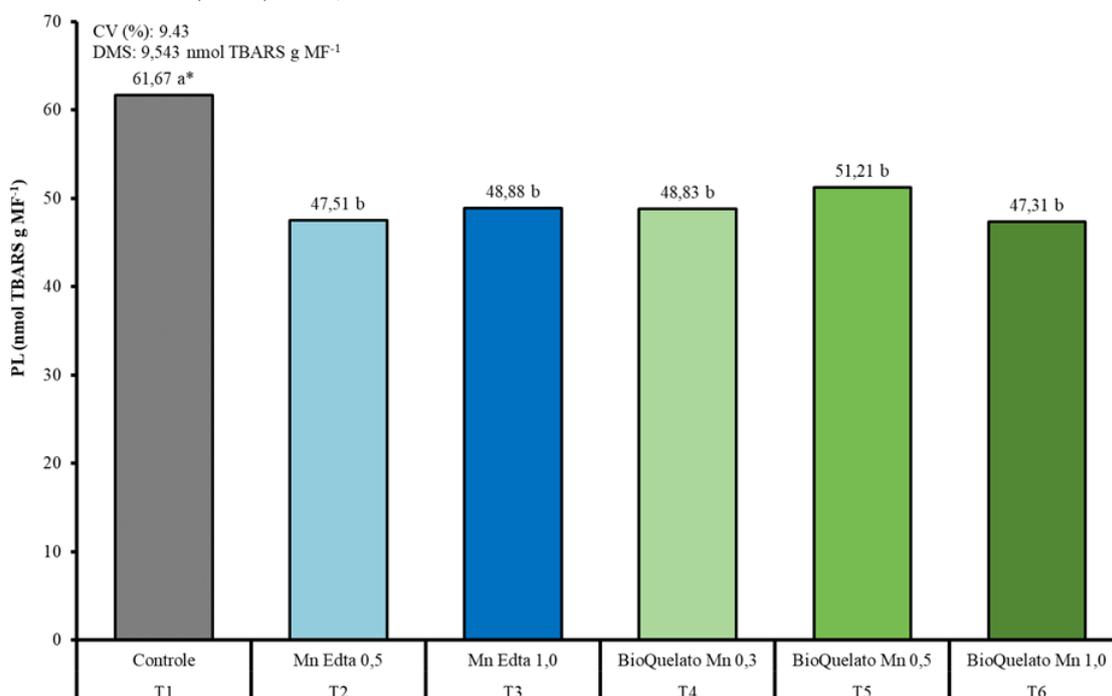
O manganês aplicado na cultura da soja reduz o peróxido de hidrogênio em relação ao controle. Em estudo de Santos *et al.* (2020), o manganês mostrou resultado positivo.

3.2.3 Peroxidação lipídica (PL)

Para os valores de peroxidação de lipídeos, foi verificada diferença estatística (Figura 6). Quando comparados ao controle, nos tratamentos T₂ (Mn EDTA 0,5 g.ha⁻¹) e T₆ (BioQuelato Mn 1 g.ha⁻¹), houve regressão de 22,96% e 23,28%, respectivamente. Já, o tratamentos T₃ (Mn EDTA 1 g.ha⁻¹), T₄ (BioQuelato Mn 0,3 g.ha⁻¹) e T₅ (BioQuelato Mn 0,5 g.ha⁻¹) obtiveram médias de 19,50% menores que o controle.

A redução da quantidade de PL condiz com um aumento na proteção da membrana celular. Uma alta taxa de lipoperoxidação resulta em efeitos deletérios nas células vegetais. De acordo com Santos *et al.* (2020), a peroxidação lipídica, quando utilizado o manganês, foi reduzida quando comparada à do controle. O experimento de Esposito (2012), utilizando MnDFB para reduzir estresses ambientais, obteve resultados positivos da MDA comparado aos do controle e de outros tratamentos.

Figura 6. Valores de Peroxidação Lipídica (% em relação ao controle) em plantas de soja do ensaio “Influência de doses de manganês em soja”. Núcleo de Pesquisa em Fisiologia e Estresse de Plantas (NUFEP). Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2023/24.



*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: dados da pesquisa, 2024.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados, verificou-se que a aplicação de MnEDTA na dose de 1 g.ha⁻¹ por hectare aumentou significativamente a produção de biomassa nas partes aéreas (caule e folha) e radiculares, além de potencializar o metabolismo antioxidante, evidenciado pelo aumento da atividade da enzima superóxido dismutase e pela redução do nível de peróxido de hidrogênio.

REFERÊNCIAS

ABREU, I. A.; CABELLI, D. E. Superoxide dismutases: a review of the metal-associated mechanistic variations. **Biochimistry Biophys Acta**, v. 1804, p. 263-274, 2010.

ALEXIEVA, V.; SERGIEV, I.; MAPELLI, S.; KARANOV, E. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. **Plant, Cell & Environment**, v. 24, p. 1337-1334, 2001.

BATES, L.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 39, p. 205-207, 1973.

BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: improved assays and applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 44, n. 1, p. 276-287, 1971.

BENETT, C. G. S. **Doses e fontes de manganês na cultura da cana-de-açúcar**. Universidade Estadual Paulista - UNESP. Ilha Solteira – SP. 2011.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP. 2004.

BOR, M. F.; ÖZDEMIR, F.; TÜRKAN, I. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L. **Plant Science**, Amsterdam, v. 164, p. 77-84, 2003.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye-binding. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 72, p. 248-254, 1976.

CONAB. PORTAL INFORMAÇÕES AGROPECUÁRIAS. **SOJA**. Companhia Nacional de Abastecimento, 2024.

CHEN, Z.; SILVA, H; KLESSIG, D. Active oxygen species in the induction of plant systemic acquired resistance induced by salicylic acid. **Science**, p. 1883-1886, 1993.

CHEN, Z; GALLIE, D. Increasing tolerance to ozone by elevating foliar ascorbic acid confers greater protection against ozone than increasing avoidance. **Plant Physiology**, p. 1673-1689, 2005.

ESPOSITO, J. B. N. **Influência do MnDFB na tolerância ao estresse oxidativo em plantas de *Glycine max* expostas ao ozônio e chuva ácida**. 2012. Dissertação. (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) - Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2012.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, n. 12, p. 909-930, 2010.

GOPAVAJHULA, V. R.; CHAITANYA, K. V.; KHAN, P. A. A.; SHAIK, J. P.; REDDY, P. N.; ALANAZI, M. Modeling and analysis of soybean (*Glycine max*. L.) Cu/Zn, Mn and Fe superoxide dismutases. **Genetics and Molecular Biology**, 2013.

HEATH, R. L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives in Biochemistry and Biophysics**, New York, v. 125, p. 189-198, 1968.

JIMÉNEZ, A.; HERNÁNDEZ, J. A.; PASTORI, G.; DEL RIO, L. A.; SEVILLA, F. Role of ascorbate-glutathione cycle of mitochondria and peroxisomes in the senescence of pea leaves. **Plant Physiology**, Washington, v. 118, p. 1327-1335, 1998.

KREUZ, C. L. *et al.* FUNÇÕES DE PRODUÇÃO VON LIEBIG COM RENDIMENTOS DECRESCENTES. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 95-106, 1995.

LEVINE, A.; TENHAKEN, R.; DIXON, R. A.; LAMB, C. J. H₂O₂ from the oxidative burst orchestrates the plant hypersensitive disease resistance response. **Cell**, v. 79, p. 583-593, 1994.

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of hight plants**. 3. ed. Oxford-Inglaterra: Elsevier, 643 p. 2012.

MASCARENHAS, H. A. A. *et al.* Micronutrientes em soja no estado de São Paulo. **Nucleus**, v. 11, n. 11, 2014.

MIGLIAVACCA, R. A. **Absorção foliar de fontes insolúveis de manganês em soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 2018. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.

MORAES, R. M.; KLUMP, A.; FURLAN, C. M.; KLUMP, G.; DOMINGOS, M.; RINALDI, M. C. S.; MODESTO, I. F. Tropical fruit trees as bioindicator of industrial air pollution in Southeast Brazil. **Environment International**, Holland, v. 28, p. 367-374, 2002.

NEILL, S. J.; DESIKAN, R.; CLARKE, A.; HURST, R.; HANCOCK, J. Hydrogen peroxide and nitric oxide as signalling molecules in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, p. 1237-1247, 2002.

PEIXOTO, H. P. P.; CAMBRAIB, J.; SANT'ANA, R.; MOSQUIM, P. R.; MOREIRA, A. M.; Aluminum effects on lipid peroxidation and the activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 137-143, 1999.

PEREIRA, G. D.; BERTONI, J. C.; CARVALHO, J. G.; MORAIS, A. R. Doses e modos de adubação com manganês e seus efeitos na produção da cultura do arroz. **Revista Brasil Ciências Solo**, 2001.

PUGA, A. P.; PRADO, R. M.; MELO, D. M.; GUIDI, I. M.; ORTEGA, K.; CARDOSO, S. S.; ALMEIDA, T. B. Efeitos da aplicação de manganês no crescimento, na nutrição e na produção de matéria seca de plantas de *Brachiaria brizantha* (cv. MG4) em condições de casa de vegetação. **Rev. Ceres**, v. 58, n. 6, p. 811-816, Viçosa, 2011.

RATKE, R. F.; ZUFFO, A. M.; SOUZA, H. A.; MARTINS, R. V. S.; LUZ, R. S.; PEREIRA, P. R. R. X. Micronutrientes via foliar na cultura da soja no Cerrado Piauiense. **Agronomia: Avanços e Perspectivas**. Editora Pantanal. 2020.

SANTOS, H. C.; CAMARGOS, S. L. L.; JOMAA, S. A.; LANA, D. H.; REIS, M. R.; SOARES, L. H. Efeito do manganês como atenuador de estresse após aplicação de glifosato na cultura da soja. **Revista do COMEIA**, Patos de Minas, v. 2, n. 1, nov. 2020.

SOARES, J. N. Caracterização fisiológica e responsividade de grupos de maturação da cultura da soja submetida à aplicação de bioestimulantes. 2016. 95 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

TEISSEIRE, H.; GUY, V. Copper-induced changes in antioxidant enzymes activities in fronds of duckweed (*Lemna minor*). **Plant Science**, Amsterdam, v. 153, p. 65-72, 2000.