

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

RAFAEL VITOR RUFFO

**TRATAMENTO DE SEMENTES DE SOJA COM COBRE-
POLIFENÓLICO**

CHAPADÃO DO SUL – MS

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

RAFAEL VITOR RUFFO

**TRATAMENTO DE SEMENTES DE SOJA COM COBRE-
POLIFENÓLICO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de Mato
Grosso do Sul, como requisito parcial para a
obtenção do título de Engenheiro
Agrônomo.

Orientadora: Profa. Dra. Charline Zaratini
Alves

CHAPADÃO DO SUL – MS

2023



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

AUTOR: **RAFAEL VITOR RUFFO.**

ORIENTADORA: **Profa. Dra. Charline Zaratín Alves.**

Aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências do Componente Curricular Não Disciplinar TCC, para obtenção do grau de BACHAREL EM AGRONOMIA, pelo curso de Bacharelado em Agronomia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus de Chapadão do Sul.

Profa. Dra. Charline Zaratín Alves
Presidente da Banca Examinadora e Orientador

Me. Douglas Leite de Brito
Membro da Banca Examinadora

Me. Márcio Alves Fernandes
Membro da Banca Examinadora

Chapadão do Sul, 06 de junho de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Charline Zaratín Alves, Professora do Magistério Superior**, em 06/06/2023, às 14:20, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARCIO ALVES FERNANDES, Usuário Externo**, em 06/06/2023, às 14:46, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Douglas Leite de Brito, Usuário Externo**, em 06/06/2023, às 15:52, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4117870** e o código CRC **E7BD637A**.

COORDENAÇÃO DE GESTÃO ACADÊMICA DO CÂMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
Câmpus de Chapadão do Sul - Rod MS 306, Km 105, Caixa Postal 112

Fone:

CEP 79560-000 - Chapadão do Sul - MS

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à toda minha família que sempre me apoiou, principalmente meu pai, minha mãe e meu irmão que me deram essa oportunidade. Também dedico a todos os professores que fizeram parte da minha graduação, meus amigos e aos que me deram oportunidade de estágio onde me fez crescer muito o lado pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus

Aos meus pais Sergio e Geidna e ao meu irmão Raul que sempre me apoiaram.

Aos meus amigos Renan Piagentini, André Fachini, Tulio Russino, Rodrigo Haddad, Joao Pedro Aquino, Maicon Ricardo Reis, que me ajudaram nesse trabalho.

A Universidade Federal do Mato Grosso do Sul por possibilitar minha formação.

A todos os professores que compartilharam seus conhecimentos.

A professora Charline Zaratín Alves por aceitar participar da banca de aprovação.

E a todas aquelas pessoas que contribuíram para minha formação.

EPÍGRAFE

“Jamais diga “não posso” domine o medo substituindo-o pela declaração seguinte: “posso fazer qualquer coisa graças ao poder de minha mente subconsciente”.”

Joseph Murphy

TRATAMENTO DE SEMENTES DE SOJA COM COBRE-POLIFENÓLICO

Resumo- A hipótese deste trabalho baseia-se na possibilidade melhorar a germinação e desenvolvimento de plântulas de soja através do tratamento de sementes com cobre-polifenólico. Assim, o objetivo do trabalho foi verificar o efeito de diferentes doses de cobre-polifenólico na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas em diferentes variedades de soja. O trabalho foi conduzido no Laboratório de Tecnologia de Sementes na Universidade Federal de Mato Grosso Do Sul, Campus de Chapadão do Sul – MS, utilizando sementes de soja de três variedades BRASMAX: Olimpo (80I82RSF IPRO); Guepardo (67I68RSF IPRO); e Ciclone (81K83RSF CE). As variedades foram analisadas separadamente, sendo o delineamento experimental inteiramente casualizado com seis doses do produto a base de cobre-polifenólico (20% de cobre; densidade 1,48): (0,0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 e 0,5 mL kg⁻¹ de semente) e quatro repetições. As características avaliadas foram teor de água inicial, porcentagem de germinação, comprimento de raiz e parte aérea, massa seca de raiz e parte aérea e quantificação de cobre na semente. Os dados obtidos foram submetidos a análise de regressão. Com o presente trabalho foi possível observar que o tratamento de sementes com diferentes doses de cobre-polifenólico contribui para a melhoria de características relacionadas a qualidade de sementes de soja. O tratamento de sementes com cobre-polifenólico contribui para o aumento da germinação de sementes de soja das variedades Guepardo e Ciclone. O comprimento e a massa seca de plântulas de soja das variedades Olimpo, Guepardo e Ciclone acompanham o aumento na dose de cobre-polifenólico aplicado. O comprimento e a massa seca de raiz das plântulas de soja apresentam incremento com as diferentes doses de cobre-polifenólico. De forma geral, o tratamento de sementes com cobre-polifenólico nas doses de 0,4 e 0,5 mL kg⁻¹ semente contribui para a melhoria de características relacionadas a qualidade fisiológica de sementes de soja e desenvolvimento inicial de plântulas. O teor de cobre nas sementes aumenta linearmente com até a dose de 0,5 mL kg⁻¹ semente.

Palavras-chave: Cu. Estresse de plantas. *Glycine max* L. Merrill. SOD.

TREATMENT OF SOYBEAN SEEDS WITH COPPER-POLYPHENOL

Abstract- The hypothesis of this work is based on the possibility to improve the germination and development of soybean seedlings through the treatment of seeds with polyphenolic copper. Thus, the objective of this work was to verify the effect of different doses of polyphenolic copper on germination and initial development of seedlings in different soybean varieties. The work was carried out at the Seed Technology Laboratory at the Federal University of Mato Grosso Do Sul, Chapadão do Sul Campus – MS, using soybean seeds of three BRASMAX varieties: Olimpo (80I82RSF IPRO); Cheetah (67I68RSF IPRO); and Cyclone (81K83RSF CE). The varieties were analyzed separately, in a completely randomized experimental design with six doses of the copper-polyphenolic product (20% copper; density 1.48): (0.0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5 mL kg⁻¹ of seed) and four repetitions. The characteristics evaluated were initial water content, percentage of germination, length of root and shoot, dry mass of root and shoot and quantification of copper in the seed. The data obtained were submitted to regression analysis. With the present work it was possible to observe that the treatment of seeds with different doses of polyphenolic copper contributes to the improvement of characteristics related to the quality of soybean seeds. Seed treatment with polyphenolic copper contributes to the increase in germination of soybean seeds of the Guepardo and Ciclone varieties. The length and dry mass of soybean seedlings of the Olimpo, Guepardo and Ciclone varieties follow the increase in the applied polyphenolic-copper dose. The root length and dry mass of soybean seedlings increased with different doses of polyphenolic copper. In General, the seed treatment with polyphenolic copper at dose 0,4 and 0,5 mL.kg⁻¹ seed, contribute to the improvement of characteristics related to physiological quality of soybean seeds and seedlings development. The copper content in seeds increases linearly with the dose up to 0,5 mL.kg⁻¹ Seed.

Keywords: Cu. Plant stress. *Glycine max* L. Merrill. SOD.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
MATERIAL E MÉTODOS.....	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
CONCLUSÃO	18
REFERÊNCIAS	19

Introdução

O estudo de sementes de soja vem evoluindo ano após ano, novas variedades vêm sendo desenvolvidas para que consiga características com adaptabilidades diferentes de clima, solo, temperatura, regime hídrico, resistência a pragas e doenças. Porém somente o estudo de melhoramento não é suficiente, pois mesmo com fatores genéticos da cultivar, é muito difícil uma variedade atender todas as necessidades de uma região. Assim, a pesquisa é fundamental para o desenvolvimento de produtos que auxiliam ainda mais na agricultura buscando altas produtividades.

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma cultura importante mundialmente por ser a base da alimentação animal e humana, justificando o aumento das áreas cultivadas e produtividade a cada ano. Na safra 2022/23, a produção brasileira de grãos ultrapassou 300 milhões de toneladas, aumento de 20,6% em relação a safra anterior (CONAB, 2023).

A propagação da cultura da soja é realizada através de sementes, a qual se preza sempre pela qualidade genética, fisiológica e sanitária para o sucesso do cultivo (MENEGUZZO et al., 2021). A germinação das sementes e o desenvolvimento inicial das plântulas a campo são etapas críticas para o estabelecimento da cultura, especialmente em condições ambientais desfavoráveis (MANGENA, 2021).

A capacidade das sementes de germinar e gerar plântulas de forma rápida e uniforme depende de características intrínsecas da própria semente (MARCOS FILHO, 2015). Todavia, a utilização de nutrientes que aplicados de forma exógena, propiciam melhorias na germinação e no desenvolvimento das plântulas como a utilização de cobre-polifenólico.

O cobre é um composto químico que apresenta atividade protetora para as células contra o estresse oxidativo (RIBEIRO et al., 2015). O cobre está entre os compostos que protegem as membranas celulares contra ação de espécies reativas de oxigênio (EROs), impedindo a oxidação lipídica e proteica e assim, retardando o processo de envelhecimento celular (RIBEIRO et al., 2017).

A ação do cobre se baseia no fato de ser um dos principais íons de metais encontrados nos sítios ativos da superóxido dismutase (SOD), enzima de maior poder antioxidante na célula e responsável pela defesa inicial contra EROS (IGHODARO;

AKINILOYE, 2018). Enzimas antioxidantes convertem espécies oxidantes em menos nocivas para os tecidos vegetais, bloqueando a formação de EROs e reparando moléculas danificadas (LOSADA; BRAVO, 2017). Segundo Andrade et. al (2010) as Espécies Reativas de Oxigênio passam a ter um efeito prejudicial ao organismo quando ocorre um aumento excessivo na sua produção ou quando há diminuição de agentes oxidantes.

Segundo Conceição et al. (2014), o desempenho de plântulas e produtividade de soja submetida a diferentes tratamentos químicos e micronutrientes que apresentavam cobre na sua constituição. Os mesmos observaram que a presença de micronutrientes conferiram maior proteção de plântulas contra patógenos e insetos-pragas no campo. Estudos semelhantes são encontrados na literatura, entretanto sem estudar o efeito independente do cobre sobre a germinação e características de qualidade das sementes.

Diante disso, a hipótese deste trabalho baseia-se na possibilidade de melhorar a germinação e desenvolvimento de plântulas de soja através do tratamento de sementes com cobre-polifenólico. Assim, o objetivo do trabalho foi verificar o efeito de diferentes doses de cobre-polifenólico na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas em diferentes variedades de soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Tecnologia de Sementes na Universidade Federal de Mato Grosso Do Sul, Campus de Chapadão do Sul – MS, utilizando sementes de soja de três variedades BRASMAX: Olimpo (80I82RSF IPRO) cultivar de hábito de crescimento indeterminado, ciclo de 118 dias, com média/alta exigência em fertilidade e resistência à glifosato; Guepardo (67I68RSF IPRO) cultivar precoce de hábito de crescimento indeterminado, ciclo médio de 102 dias, alta exigência a fertilidade do solo e tolerância a sulfoniluréias; Ciclone (81K83RSF CE) cultivar de hábito de crescimento indeterminado, ciclo de 112 dias, com alta exigência em fertilidade, tecnologia Enlist tolerante a 2,4-D, glifosato e glufosinato de amônio.

As variedades foram analisadas separadamente, sendo o delineamento experimental inteiramente casualizado com seis doses do produto a base de cobre-polifenólico (20% de cobre; densidade 1,48): (0,0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 e 0,5 mL kg⁻¹ de semente) e quatro repetições. As características avaliadas foram teor de água inicial,

porcentagem de germinação, comprimento de raiz e parte aérea, massa seca de raiz e parte aérea e quantificação de cobre na semente.

Determinou-se o teor de água das sementes após secagem em estufa com circulação de ar forçada à $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas, de acordo com as recomendações das Regras de Análises para Sementes (BRASIL, 2009). O procedimento foi realizado a partir de três repetições da testemunha. O teor de umidade foi determinado por meio da diferença entre a massa inicial da amostra e a massa final.

A germinação foi obtida com a média de quatro repetições de 50 sementes utilizando o substrato tipo papel “germitest” umedecidas com o volume de 2,5 vezes a massa do papel seco. As sementes foram distribuídas longitudinalmente com cinco fileiras de 10 sementes manualmente no papel “germitest”. Posteriormente os rolos de papel foram colocados dentro de sacos plásticos e levados ao germinador do tipo mangelsdorf regulado a $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por oito dias ininterruptos. As avaliações foram realizadas no oitavo dia, computando-se a porcentagem de plântulas normais de cada repetição segundo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

A avaliação do comprimento de raiz e parte aérea foi obtida após selecionar 10 plântulas normais aleatórias, provenientes do teste de germinação, e separar a raiz do hipocótilo e o hipocótilo do cotilédone, o qual foi descartado, utilizando uma lâmina. A medição foi feita utilizando uma régua milimetrada, em cm.

Segundo os parâmetros metodológicos propostos por Krzyzanowski et. Al (2001) para massa seca, após a avaliação do comprimento das plântulas, foi separado o hipocótilo da raiz, colocados em sacos de papel devidamente identificados e levados a estufa de circulação de ar, regulada a $65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, por 72 horas. Após a secagem, as amostras foram pesadas em balança analítica obtendo-se a massa seca da raiz e hipocótilo, com uma precisão de 0,001g. Os teores de cobre foram extraídos pela solução Mehlich e determinados por espectroscopia de absorção atômica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de água inicial das sementes foi de 10,02%; 9,99% e 10,33% para as variedades Olimpo, Guepardo e Ciclone, respectivamente. Em relação a germinação, houve ajuste de regressão para as variedades Guepardo e Ciclone (Figura 1).

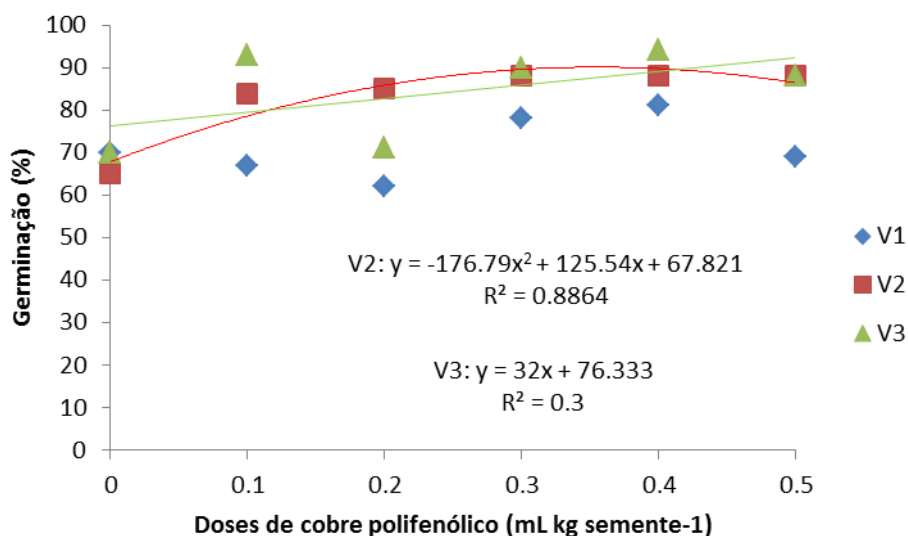


Figura 1. Germinação de sementes de três variedades soja em função de doses de cobre-polifenólico. V1: Olimpo, V2: Guepardo, V3: Ciclone.

A variedade Guepardo apresentou aumento da porcentagem de germinação até a dose máxima de 0,37 mL de cobre-polifenólico. Já a variedade Ciclone apresentou aumento linear com relação às doses de cobre-polifenólico (Figura 1).

A máxima germinação das sementes é obtida no ápice de sua maturidade fisiológica, decaindo conforme a semente fica exposta as intempéries climáticas até a colheita e durante o armazenamento (MARCOS FILHO, 2015). Todavia, compostos que ativem o mecanismo de proteção e resistência em tecidos vegetais como o cobre-polifenólico, apesar de não reverter, podem retardar o envelhecimento das sementes por sua ação na proteção contra estresses abióticos e bióticos (DIAS et al., 2016).

Em relação ao comprimento de parte aérea de plântulas de soja, as três variedades (Olimpo, Guepardo e Ciclone), apresentaram aumento no comprimento da parte aérea de plântulas com o aumento das doses de cobre-polifenólico (Figura 2).

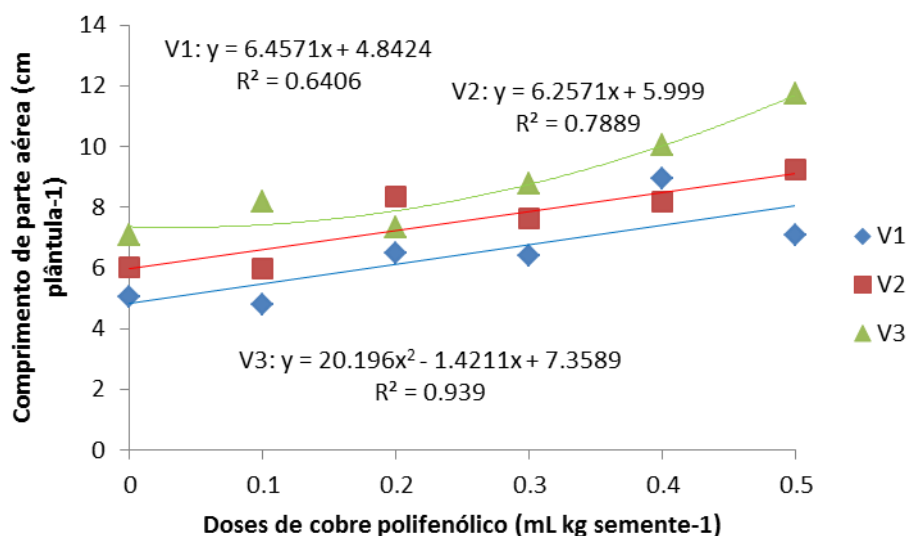


Figura 2. Comprimento de parte aérea de plântulas de três variedades de soja em função de doses de cobre-polifenólico. V1: Olimpo, V2: Guepardo, V3: Ciclone.

A presença de Cu em doses adequadas no solo promove aumento da parte aérea e raiz de plantas de soja, especialmente quando as sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* (SÁNCHEZ-PARDO; ZORNOZA, 2014). Esse resultado pode estar relacionado ao fato de *B. japonicum* estimular a produção de hormônios promotores de crescimento, enquanto o cobre estimula a formação de ligninas e auxilia no seu acúmulo nos tecidos vegetais, dificultando a ação de patógenos (STANGARLIN et al., 2011; REICHMAN, 2007).

O comprimento de raiz das plântulas de soja apresentou incremento em relação as doses de cobre-polifenólico, para as variedades Olimpo e Ciclone (Figura 3). Para a variedade Guepardo, observou-se aumento no comprimento de raiz das plântulas até a dose máxima de 0,31 mL de cobre-polifenólico.

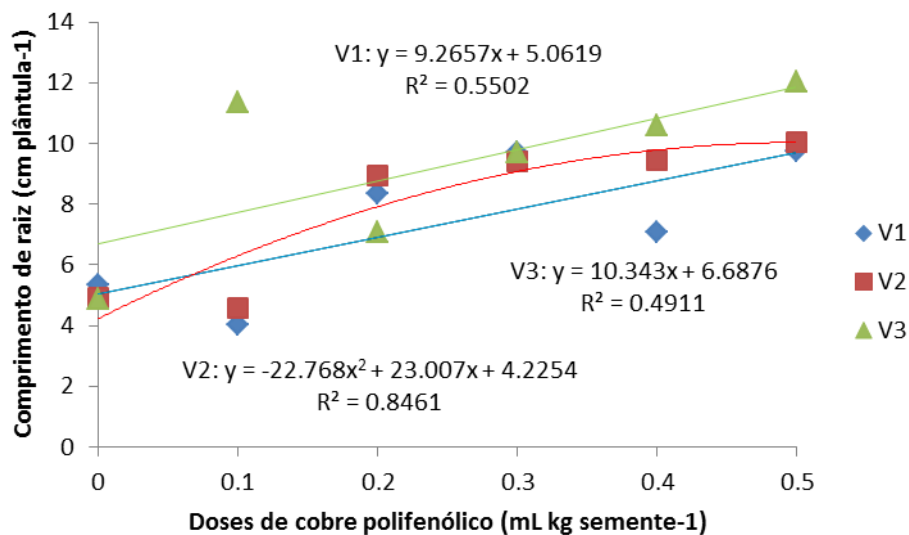


Figura 3. Comprimento de raiz de plântulas de três variedades soja em função de doses de cobre-polifenólico. V1: Olimpo, V2: Guepardo, V3: Ciclone.

Em trabalho realizado por Hoe et al. (2018), os autores avaliaram a germinação de sementes de soja submetidas a tratamento com nanopartículas de Fe, ZnO, Cu e Co, e observaram incremento no crescimento da raiz, parte aérea e germinação das sementes com a aplicação de Cu. Esse resultado indica efeito positivo da aplicação de nutrientes como o cobre no tratamento de sementes e corrobora com o resultado encontrado neste trabalho.

As variedades de soja apresentaram comportamento semelhante em relação a massa seca de parte aérea, no qual o aumento das doses de cobre fenólico proporcionou aumento da massa seca de parte aérea das plântulas (Figura 4).

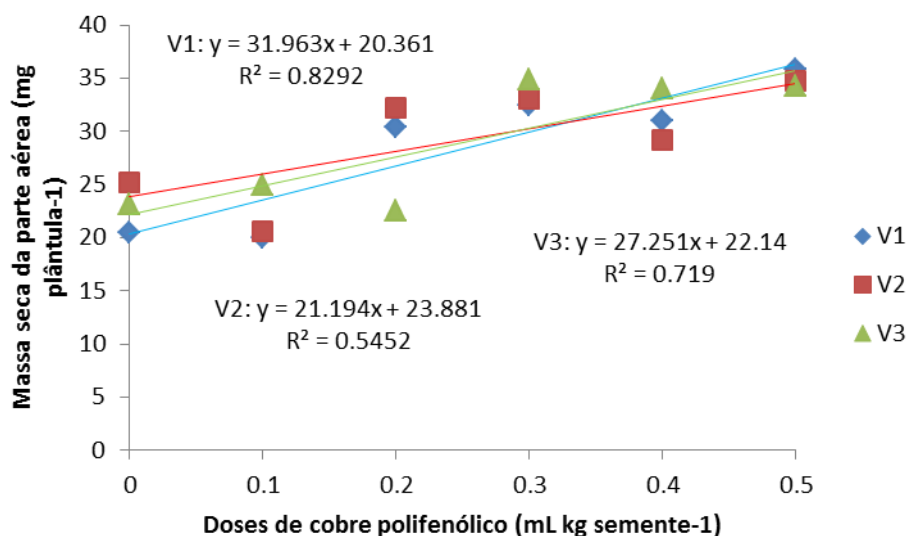


Figura 4. Massa seca de parte aérea de plântulas de três variedades soja em função de doses de cobre-polifenólico. V1: Olimpo, V2: Guepardo, V3: Ciclone.

O maior acúmulo de massa seca de parte aérea e raiz em plântulas de soja se relacionado ao fato das sementes serem submetidas a condições ideais para seu desenvolvimento e assim, utilizarem as reservas para germinar e se desenvolver (MARCO-FILHO, 2015). Todavia, plantas estressadas alteram o metabolismo de forma a se defender do estresse ao qual estão sendo submetidas. Assim, o cobre como constituinte de enzimas que protegem as plantas contra EROs, protege as membranas contra a oxidação lipídica e proteica (RIBEIRO et al., 2017).

A variedade Ciclone apresentou aumento da massa seca de raiz de plântulas de soja conforme o aumento das doses de cobre-polifenólico (Figura 5). A variedade Olimpo apresentou aumento da massa seca de raiz até a dose máxima de 0,39 mL de cobre-polifenólico. Já a variedade Guepardo apresentou aumento da massa seca de raiz até a dose máxima de 0,42 mL de cobre-polifenólico.

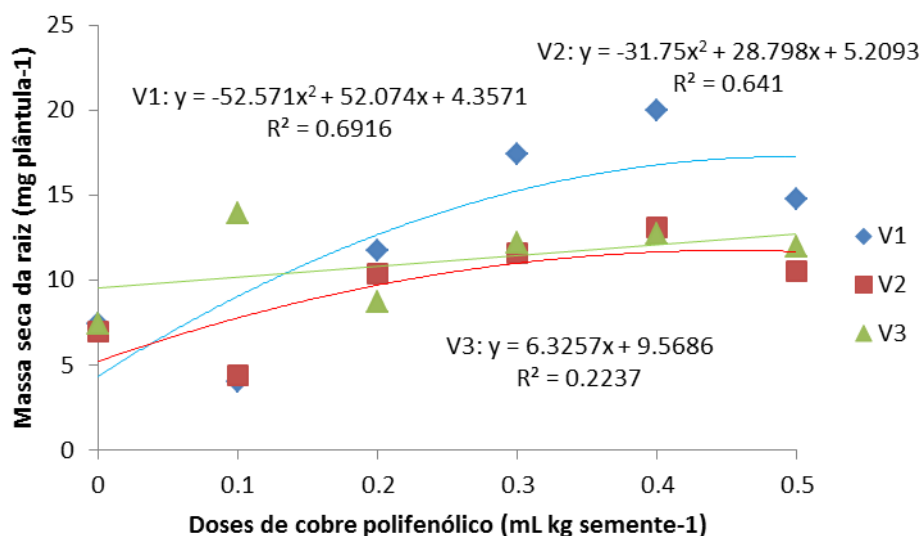


Figura 5. Massa seca de raiz de plântulas de três variedades soja em relação a diferentes doses de cobre-polifenólico.

Em trabalho realizado por Wijewardana et al. (2019), sementes submetidas ao estresse hídrico estão negativamente correlacionadas aos teores de óleo, proteína e sacarose. Porém, os autores observaram que os teores de cobre nas sementes de soja aumentaram significativamente nas plantas submetidas ao estresse. Assim, entende-se que os teores aumentados de cobre são uma resposta ao estresse, especialmente por sua participação em enzimas que combatem os radicais livres. Isso porque as plantas em condições ideais concentram energia em realizar fotossíntese e translocar fotoassimilados para as sementes, fotoassimilados estes que posteriormente serão utilizados para germinar e gerar plântulas rapidamente (TAIZ et al., 2017).

O teor de cobre nas sementes das diferentes variedades de soja aumentou conforme aumentava-se as doses de cobre polifenólico (Figura 6). Esse resultado indica que o cobre permanece nas sementes após o tratamento de sementes realizado, contribuindo para o desenvolvimento das plântulas.

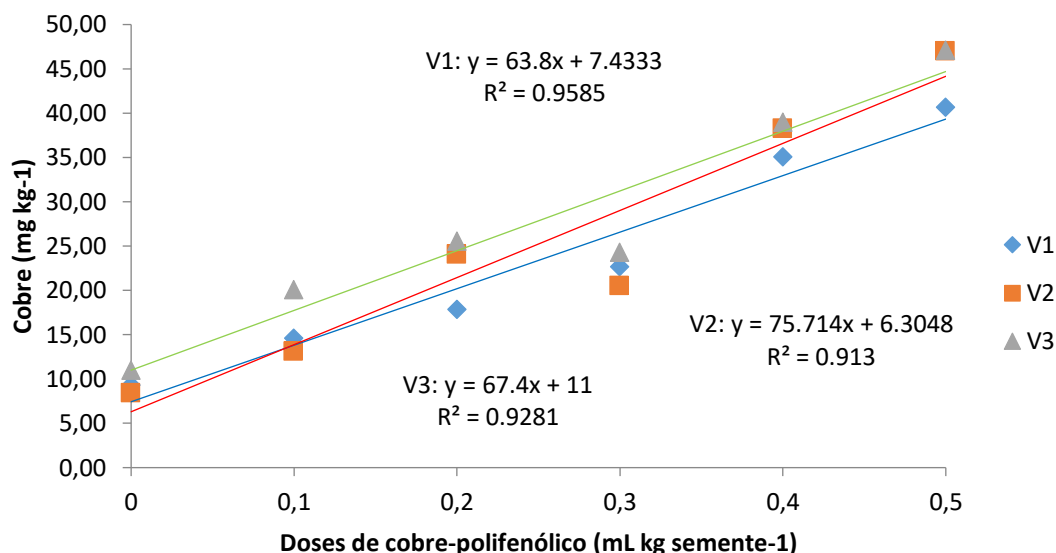


Figura 6. Teor de cobre-polifenólico em sementes de três variedades de soja.

Em trabalho realizado por Herrera-Agudelo et al. (2017), os autores avaliaram os teores de Cu, Fe, Mn e Zn em sementes de soja transgênica e não transgênica, relatando que o Cu demonstrou papel importante na diferenciação de cultivares, além de classificar sementes em relação ao cultivo de inverno e verão. Isso porque as sementes de soja do período de verão apresentavam concentração 20% de cobre (HERRERA-AGUDELO et al., 2017).

Independente da variedade utilizada, esse resultado é promissor, possibilitando que durante o tratamento de sementes realizado antes do plantio, o cobre-polifenólico seja adicionado, garantindo que seja absorvido e contribua com a germinação, comprimento e massa de parte aérea e raiz das plântulas de soja. Perspectivas futuras são a aplicação de cobre-polifenólico no tratamento de sementes de outras culturas, observando suas contribuições para a germinação e desenvolvimento das sementes.

CONCLUSÕES

O tratamento de sementes com cobre-polifenólico na dose de 0,4 e 0,5 mL kg⁻¹ semente contribui para a melhoria de características relacionadas a qualidade fisiológica de sementes de soja e desenvolvimento inicial de plântulas.

O teor de cobre nas sementes aumenta linearmente até a dose de 0,5 mL kg⁻¹ semente.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. R. et al. Consequências da produção das espécies reativas de oxigênio na reprodução e principais mecanismos antioxidantes. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 34, n. 2, p. 79-85, 2010.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Aumento de 20.6% na produção de soja impulsiona safra de grãos, estimada em 309,9 milhões de toneladas**. 2023. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4937-aumento-de-20-6-na-producao-de-soja-impulsiona-safra-de-graos-estimada-em-309-9-milhoes-de-t>>. Acesso em: 24 mai. 2023.
- CONCEIÇÃO, G. M. et al. Desempenho de plântulas e produtividade de soja submetida a diferentes tratamentos químicos nas sementes. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 6, p. 1711-1720, 2014.
- DIAS, M. I. et al. Exploring Plant Tissue Culture to Improve the Production of Phenolic Compounds: A Review. **Industrial Crops and Products**, v. 82, p. 9-22, Apr 2016.
- HERRERA-AGUDELO, M. A. et al. *In vitro* oral bioaccessibility and total content of Cu, Fe, Mn and Zn from transgenic (through cp4 EPSPS gene) and nontransgenic precursor/successor soybean seeds. **Food Chemistry**, v. 225, n. 15, p. 125-131, 2017.
- HOE, P. T. et al. Germination responses of soybean seeds to Fe, ZnO, Cu and Co nanoparticle treatments. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 20, n. 7, p. 1562-1568, 2018.
- IGHODARO, O. M.; AKINLOYE, O. A. First line defence antioxidants-superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GPX): Their fundamental role in the entire antioxidant defence grid. **Alexandria journal of medicine**, v. 54, n. 4, p. 287-293, 2018
- KRZYZANOWSKI, Francisco C.; FRANÇA-NETO, J. B. Vigor de sementes. 2001.
- LOSADA, S. B.; BRAVO, C. D. Free radicals and polyphenols: The redox chemistry of neuro degenerative diseases. **European journal of medicinal chemistry**, v. 133, p. 379-402, 2017.
- MANGENA, P. Analysis of correlation between seed vigour, germination and multiple shoot induction in soybean (*Glycine max* L. Merr.). *Heliyon*, v. 7, n. 9, e07913, 2021.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, p. 363–374, 2015.

MENEGUZZO, M. R. R. et al. Seedling length and soybean seed vigor. **Ciência Rural**, v. 51, 2021.

REICHMAN, S. M. O uso potencial da simbiose leguminosa-rizóbio para a remediação de locais contaminados com arsênico. **Biologia e Bioquímica do Solo**, v. 39, n. 10, pág. 2587-2593, 2007.

RIBEIRO, T. P. et al. Iron, copper, and manganese complexes with in vitro superoxide dismutase and/or catalase activities that keep *Saccharomyces cerevisiae* cells alive under severe oxidative stress. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 80, p. 67-76, 2015.

RIBEIRO, T. P. et al. Metal-based superoxide dismutase and catalase mimics reduce oxidative stress biomarkers and extend life span of *Saccharomyces cerevisiae*. **Biochemical Journal**, v. 474, n. 2, p. 301-315, 2017.

SÁNCHEZ-PARDO, B.; ZORNOZA, P. Mitigation of Cu stress by legume-*Rhizobium* symbiosis in white lupin and soybean plants. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 102, p. 1-5, 2014.

STANGARLIN, J. R. et al. A defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 10, n.1, p 18-46. 2011.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Artmed Editora, 2017. 858 p.

WIJEWARDANA, C. et al. Soybean seed physiology, quality, and chemical composition under soil moisture stress. **Food Chemistry**, v. 278, p. 92-100, 2019.