

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor,
o texto completo desta dissertação será
disponibilizado a partir de
02/03/2025.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

IZAIAS CARVALHO DE SOUSA

**APLICAÇÃO FOLIAR DE SELÊNIO PARA AUMENTO DE PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DA UVA DE MESA**

Ilha Solteira
2024

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

IZAIAS CARVALHO DE SOUSA

**APLICAÇÃO FOLIAR DE SELÊNIO PARA AUMENTO DE PRODUTIVIDADE E
QUALIDADE DA UVA DE MESA**

Categoria do trabalho (Dissertação) apresentada à
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Unesp
como parte dos requisitos para obtenção do título
de Mestre em Agronomia. Especialidade:
Ecofisiologia e estresse de plantas.

Prof. PhD. André Rodrigues dos Reis
Orientador

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvida pela Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

S725a Sousa, Izaías Carvalho.
Aplicação foliar de selênio para aumento de produtividade e qualidade da
uva de mesa / Izaías Carvalho Sousa. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
39 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2024

Orientador: André Rodrigues dos Reis
Inclui bibliografia

1. *Vitis vinifera*. 2. Selenato de sódio. 3. Semiárido. 4. Antioxidantes. 5.
Estresses.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: APLICAÇÃO FOLIAR DE SELÊNIO PARA AUMENTO DE PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA UVA DE MESA

AUTOR: IZAIAS CARVALHO DE SOUSA

ORIENTADOR: ANDRÉ RODRIGUES DOS REIS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em null, especialidade: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 ANDRÉ RODRIGUES DOS REIS
Data: 03/09/2024 12:05:01-0300
Verifique em <https://validar.idi.gov.br>

Prof. Dr. ANDRÉ RODRIGUES DOS REIS (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia de Biosistemas / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE

Prof. Dr. VINICIUS MARTINS SILVA (Participação Virtual)
Agronomia / Centro Universitário das Faculdades Integradas de Ourinhos - UNIFIO

Documento assinado digitalmente
 VINICIUS MARTINS SILVA
Data: 03/09/2024 12:37:11-0300
Verifique em <https://validar.idi.gov.br>

Prof. Dr. RAFAELA RIBEIRO DE SOUZA (Participação Virtual)
Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF

Documento assinado digitalmente
 RAFAELA RIBEIRO DE SOUZA
Data: 04/09/2024 10:11:19-0300
Verifique em <https://validar.idi.gov.br>

Ilha Solteira, 02 de setembro de 2024

Impacto potencial desta pesquisa

Este trabalho oferece contribuições importantes para a viticultura brasileira e internacional, destacando a aplicação do selênio como estratégia inovadora para melhorar a qualidade da uva. O selênio, ao melhorar a fotossíntese e aumentar a resistência da planta ao estresse, impacta positivamente o ciclo de carboidratos, resultando em frutos de maior qualidade. A pesquisa demonstrou que a utilização do selênio pode promover avanços na viticultura, refletindo-se em uma produção mais competitiva. Esses resultados justificam a adoção do selênio como um recurso valioso para a melhoria da qualidade da uva e a elevação da competitividade do setor vitivinícola no mercado global.

Potential impact of this research

This work offers significant contributions to both Brazilian and international viticulture, highlighting the application of selenium as an innovative strategy to improve grape quality. Selenium, by enhancing photosynthesis and increasing the plant's resistance to stress, positively impacts the carbohydrate cycle, resulting in higher-quality fruits. The research demonstrated that the use of selenium can promote advancements in viticulture, leading to a more competitive production. These results justify the adoption of selenium as a valuable resource for improving grape quality and boosting the competitiveness of the viticulture sector in the global market.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a toda a minha família, que me acompanhou e apoiou ao longo de todo o meu percurso de formação profissional. Agradeço especialmente a meus pais, Francisco Barbosa Carvalho e Francisco José do Nascimento de Sousa, e a meu irmão, André Carvalho de Sousa, por sempre priorizarem minha educação e formação, tanto como ser humano quanto como profissional.

Minha sincera gratidão à equipe do Laboratório Physiotek e ao Grupo de Estudos em Fisiologia Agrícola (GEFA), com um agradecimento especial ao meu orientador, Dr. André Rodrigues dos Reis, que me guiou e apoiou durante todo o processo.

Agradeço também a todos os profissionais e professores da UNESP - Ilha Solteira, que com tanto amor e carinho me acolheram e me orientaram durante minha estadia.

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todos os funcionários da Fazenda Galdino, que, com grande dedicação e empenho, contribuíram para a condução e sucesso deste experimento. Um agradecimento especial ao consultor Jandielton Lubarino, por toda a confiança e comprometimento em viabilizar a realização deste trabalho.

Sou grato à equipe do Grupo de Estudo e Pesquisa em Ecofisiologia e Estresse de Plantas (GEESP), em especial à coordenadora, Dr. Ana Rita Leandro Santos, pelo apoio, cooperação e parceria durante o desenvolvimento deste trabalho.

Finalmente, agradeço a CAPES, na Portaria CAPES n. 206, de 4 de setembro de 2018, pelo financiamento da pesquisa.

RESUMO

O selênio (Se) exerce papel em diversas áreas da fisiologia vegetal, atuando como antioxidante e melhorando a função dos cloroplastos. Sua aplicação tem demonstrado aumentar a eficiência fotossintética, o que, por sua vez, pode contribuir para um maior acúmulo de açúcares nos frutos. Além disso, o selênio influencia positivamente a qualidade das frutíferas, aumentando a resistência das plantas ao estresse abiótico e promovendo um aumento na produtividade. Em culturas como a uva, o selênio tem se mostrado eficaz na melhoria da qualidade dos frutos, tornando-os mais nutritivos e com características organolépticas superiores, refletindo-se em maior rentabilidade para os produtores. O trabalho foi dividido em duas partes. A primeira parte consiste em uma revisão que aborda os aspectos do Se, destacando seu efeito no metabolismo antioxidante, na preservação dos cloroplastos, seu papel em frutíferas e sua influência no metabolismo dos açúcares, culminando no aumento da produtividade a partir desses fatores. A segunda parte do estudo teve como objetivo avaliar a influência do Se em parâmetros de qualidade da uva Arra 15, cultivada no Vale do São Francisco. Onde o experimento foi conduzido na Fazenda Galdino, em Petrolina-PE, utilizando videiras enxertadas sobre o porta-enxerto SO4 e cultivadas em sistema de latada. Diferentes concentrações de Se foram aplicadas via foliar na forma de selenato de sódio durante a fase de florada plena, avaliando-se características como teor de sólidos solúveis (SST), acidez titulável (AT), relação SS/AT, massa, tamanho e pegamento dos cachos, além da produtividade. Os resultados indicaram que a dose de 20 g ha⁻¹ de Se aumentou significativamente o SST, o ratio SS/AT, melhorou a taxa de pegamento e elevou a produtividade em 12,06%, equivalente a aproximadamente 4 t ha⁻¹ a mais em relação ao controle. Conclui-se que a aplicação de Se pode ser uma estratégia eficaz para melhorar a qualidade e a produtividade da uva Arra 15, tornando-a mais competitiva nos mercados nacional e internacional. Dessa forma, conclui-se que o Se desempenha um papel essencial na fisiologia das plantas, promovendo não apenas a eficiência fotossintética e o acúmulo de açúcares, mas também aumentando a produtividade e a qualidade dos frutos, o que reforça sua importância como uma estratégia valiosa no manejo de culturas frutíferas, garantindo produtos de alta qualidade.

Palavras-chave: *Vitis vinifera*; selenato de sódio; semiárido; antioxidantes; estresses.

ABSTRACT

Selenium (Se) plays a role in various areas of plant physiology, acting as an antioxidant and improving chloroplast function. Its application has been shown to increase photosynthetic efficiency, which, in turn, contributes to greater sugar accumulation in fruits. Additionally, selenium positively influences the quality of fruit crops, increasing plant resistance to abiotic stress and promoting higher productivity. In crops like grapes, selenium has proven effective in improving fruit quality, making them more nutritious with superior organoleptic characteristics, resulting in greater profitability for producers. The study was divided into two parts. The first part consists of a review addressing the aspects of Se, highlighting its effect on antioxidant metabolism, chloroplast preservation, its role in fruit crops, and its influence on sugar metabolism, culminating in increased productivity from these factors. The second part of the study aimed to evaluate the influence of Se on quality parameters of Arra 15 grapes grown in the São Francisco Valley. The experiment was conducted at Fazenda Galdino in Petrolina-PE, using vines grafted onto SO4 rootstock and cultivated in a trellis system. Different concentrations of Se were applied foliarly in the form of sodium selenate during the full bloom phase, evaluating characteristics such as soluble solids content (SSC), titratable acidity (TA), SS/TA ratio, bunch mass, size, and set, as well as productivity. The results indicated that the application of 20 g ha⁻¹ of Se significantly increased SSC, the SS/TA ratio, improved bunch set, and boosted productivity by 12.06%, equivalent to approximately 4 t ha⁻¹ more than the control. It is concluded that the application of Se can be an effective strategy to improve the quality and productivity of Arra 15 grapes, making them more competitive in both national and international markets. Thus, it is concluded that Se plays an essential role in plant physiology, promoting not only photosynthetic efficiency and sugar accumulation but also increasing productivity and fruit quality, which reinforces its importance as a valuable strategy in the management of fruit crops, ensuring high-quality products.

Keywords: *Vitis vinifera*, sodium selenate, semiarid, antioxidants, stress

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Representação dos efeitos no cloroplasto com e sem a adição de Se, destacando as reações associadas a mitigação de estresse e fotossíntese.	13
Figura 2	- Representação dos efeitos do Se na síntese e translocação de açúcares da folha para as bagas, aprimorando a qualidade do fruto.	16
Figura 3	- Valores de temperatura máxima, temperatura mínima e radiação solar, registradas durante a condução do experimento (abril a julho de 2023), Petrolina – Pe, 2023.	29
Figura 4	- Teste de comparações de medias: Pegamento (a), Peso de cacho (b), comprimento dos cachos (c), °Brix das bagas (d), acidez das bagas (e) e ratio das bagas (f), submetidas a diferentes doses de Se: 0 g ha ⁻¹ , 10 g ha ⁻¹ , 20 g ha ⁻¹ e 40 g ha ⁻¹ . Os dados referem-se as medias das 4 repetições de cada tratamento. Letras diferentes referem-se à diferença estatísticas a 5% pelo teste de Tukey. Petrolina – Pe, 2023	32
Figura 5	- Teste de comparações de medias: Produtividade das uvas submetidas a diferentes doses de Se: 0 g ha ⁻¹ , 10 g ha ⁻¹ , 20 g ha ⁻¹ e 40 g ha ⁻¹ . Os dados referem-se as medias das 4 repetições de cada tratamento. Letras diferentes referem-se à diferença estatísticas a 5% pelo teste de Tukey. Petrolina – Pe, 2023.	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	-	Dados e impactos do Se na produtividade de diferentes culturas	15
-----------------	---	--	----

SUMÁRIO

1	O PAPEL DO SELÊNIO NA MITIGAÇÃO DE ESTRESSES PARA MELHORIA DA QUALIDADE DE FRUTAS.....	9
1.1	EFEITO DO SELÊNIO NO METABOLISMO ANTIOXIDANTE.....	10
1.2	EFEITO DO SELÊNIO NA PRESERVAÇÃO DE CLOROPLASTOS E FOTOSSÍNTESE.....	12
1.3	O SELÊNIO EM FRUTÍFERAS.....	13
1.4	EFEITO DO SELÊNIO NO METABOLISMO DE AÇÚCARES.....	15
1.5	SE E AUMENTO DE PRODUTIVIDADE DAS CULTURAS.....	17
	REFERÊNCIAS.....	19
2	O PAPEL DO SELÊNIO NA MANUTENÇÃO DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE EM UVAS DE MESA.....	26
2.1	INTRODUÇÃO.....	27
2.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
2.2.1	Condição de cultivo.....	28
2.2.2	Desenho experimental.....	29
2.2.3	Análises físico-químicas e agronômicas.....	30
2.2.4	Análise estatística.....	30
2.3	RESULTADOS.....	30
2.4	DISCUSSÕES.....	33
2.5	CONCLUSÕES.....	35
	REFERÊNCIAS.....	36

REFERÊNCIA

ARAUJO, M. A. *et al.* Selenium enhances ROS scavenging systems and sugar metabolism increasing growth of sugarcane plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, Issy les Moulineaux Cedex, v. 201, p. 107798, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.107798>.

BASTIAS, A. *et al.* Modulation of organic acids and sugar content in tomato fruits by an abscisic acid-regulated transcription factor. **Physiologia Plantarum**, Hoboken, v. 141, n. 3, p. 215-226, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2010.01435.x>.

BORGHEZAN, M. Formação e maturação da uva e os efeitos sobre os vinhos: Revisão. **Ciência Téc. Vitiv.**, [s. l.], v. 32, n. 2, p. 126-141, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1051/ctv/20173202126>.

COSTA, C. *et al.* The interplay between atmospheric conditions and grape berry quality parameters in Portugal. **Applied Sciences**, Bucharest, v. 10, n. 14, art. 4943, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10144943>.

CHOUDHURY, M. M. **Uva de mesa: pós-colheita**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido, 2001. 55 p. (Frutas do Brasil, 12).

DRAPPIER, J. *et al.* Relationship between wine composition and temperature: Impact on Bordeaux wine typicity in the context of global warming: review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, New York, v. 59, n. 1, p. 14–30, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1355776>.

DENG, X. F. *et al.* Absorção de selênio e qualidade de frutos de pera (*Pyrus communis* L.) tratada com aplicação foliar de Se. **Jornal de Nutrição de Plantas e Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 182, p. 637–646, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/jpln.201800295>.

EMBRAPA. **Observatório da uva**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/observatorio-da-uva-2023>. Acesso em: 13 nov. 2023.

FRANCO-BAÑUCLLOS, A. *et al.* Uso de reguladores de crecimiento en el contenido fenólico total y la capacidad antioxidante de la uva Red Globe. **Agrociencia**, Montevideo, v. 53, p. 881-894, 2019.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, H. *et al.* Impacto das nanopartículas de selênio e cobre no rendimento, sistema antioxidante e qualidade dos frutos de tomateiro. **Plantas**, [s. l.], v. 8, p. 355, 2019. DOI: [10.3390/plants8100355](https://doi.org/10.3390/plants8100355).

HOPF, A. *et al.* Dynamic prediction of fruit quality traits as a function of environmental and genetic factors. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 1353, p. 145-152, 2022. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1353.19>.

HUNTER, P. M. Water, electrolytes and micronutrients. **Topic 2 Copyright © by ESPEN LLL Programme**. [S. l.: s. n], 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

JING, D.-W. *et al.* Selenium enrichment, fruit quality and yield of winter jujube as affected by addition of sodium selenite. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 225, p. 1-5, 2017. DOI: 10.1016/j.scienta.2017.06.036.

KE, X. *et al.* Phosphoenolpyruvate reallocation links nitrogen fixation rates to root nodule energy state. **Science**, Washington, v. 378, n. 6623, p. 971–977, 2022. DOI: 10.1126/science.abq8591.

LEBON, G. *et al.* Sugars and flowering in the grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 59, n. 10, p. 2565-2578, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/ern135>.

LIU, Y. *et al.* Insights into the mechanism of flavor loss in strawberries induced by two fungicides integrating transcriptome and metabolome analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Amsterdam, v. 71, n. 8, p. 3906-3919, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.2c08157>.

LIU, Q. *et al.* Effect of spraying selenium on the pear fruit quality. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 940, p. 545-549, 2012. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.940.78>.

LEÃO, P. C. de S.; RODRIGUES, B. L. Manejo da copa. In: SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. de S. **A vitivinicultura no Semiárido brasileiro**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2009. Cap. 8, p. 295-347.

LANZA, M. G. D. B.; REIS, A. R. Roles of selenium in mineral plant nutrition: ROS scavenging responses against abiotic stresses. **Plant Physiology and Biochemistry**, Issy les Moulineaux Cedex, v. 164, p. 27-43, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.04.026>.

OIV. International Organization of Vine and Wine. Database and Statistics. [S. l.: s. n.], 2024. Disponível em: <http://www.oiv.int/>. Acesso em: 18 ago. 2024.

PADALKAR, G. *et al.* Necessity and challenges for exploration of nutritional potential of staple-food grade soybean. **Journal of Food Composition and Analysis**, Maryland Heights, v. 117, art. 105093, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.105093>.

REIS, A. R. *et al.* Biofortificação agrônômica com selênio no Brasil como estratégia para aumentar a qualidade dos produtos agrícolas. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Tupa, v. 8, n. 2, p. 128-138, 2014. <https://doi.org/10.18011/bioeng2014v8n2p128-138>.

REIS, H. P. G. *et al.* Agronomic biofortification of upland rice with selenium and nitrogen and its relation to grain quality. **Journal of Cereal Science**, London, v. 79, p. 508-515, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.01.004>.

REIS, A. R. *et al.* Overview of selenium deficiency and toxicity worldwide: affected areas, selenium-related health issues, and case studies. *In: Selenium in plants: molecular, physiological, ecological and evolutionary aspects*. Switzerland: Springer, 2017. p. 209-230. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-56249-0_13.

REIS, L.; REIS, P. C. Viabilidade econômica do cultivo de uva irrigada no município de Petrolina, PE. **Enciclopédia Biosfera**, St. Petersburg, v. 13, n. 24, 2016. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/1098>.

RIZWAN, R. *et al.* Modeling phenological responses of table grape cultivars [Poster]. ICROP2020: Second International Crop Modelling Symposium, 2020. Disponível em: <https://inria.hal.science/hal-02950242>.

SARADHULDHAT, P.; PAULL, R. E. Metabolism and accumulation of organic acids in pineapple during fruit development. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 112, p. 297–303, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.12.031>.

SILVA, V. M. *et al.* Physiological, biochemical, and ultrastructural characterization of selenium toxicity in cowpea plants. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 150, p. 172-182, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.03.020>.

SANTOS, I. R. C. dos. **Escurecimento enzimático em frutos: polifenoloxidase de atemóia** (*Annona cherimola* Mill. X *Annona squamosa* L.). 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara, Araraquara, 2009.

SOUZA, G. M. M. *et al.* Perfil socioeconômico e ambiental da produção integrada de uva no Submédio do Vale do São Francisco. **Gaia Scientia**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 107-112, 2015.

SADRAS, V. O. *et al.* Effects of elevated temperature in grapevine. I Berry sensory traits. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, New York, v. 19, n. 1, p. 95–106, 2013. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12007>.

SADRAS, V.; MORAN, M.; PETRIE, P. Resiliência da produção de videiras em resposta ao aquecimento. **OENO One**, [s. l.], v. 51, n. 4, 2017. DOI: <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2017.51.4.1913>.

SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. de S. (ed.). **A viticultura no semiárido brasileiro**. [S. l.]: Embrapa Informação Tecnológica; Embrapa Semi-Árido, 2009.

SANTOS, A. E. O. dos *et al.* Evolução da maturação fisiológica de uvas apirenas cultivadas no Vale do Submédio do São Francisco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 25-30, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v9i1a3345>.

VAN LEEUWEN, C. *et al.* Why climate change will not dramatically decrease viticultural suitability in main wine-producing areas by 2050. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 110, n. 33, p. E3051–E3052, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1307927110>.

WEN, M. *et al.* Efeitos da pulverização foliar com diferentes concentrações de fertilizante de selênio no desenvolvimento, absorção de nutrientes e qualidade de frutas cítricas.

HortScience, Alexandria, v. 56, n. 11, p. 1363-1367, 2021. DOI:

<https://doi.org/10.21273/HORTSCI16074-21>.

XUE, G. *et al.* Influences of spraying two different forms of silicon on plant growth and quality. **Chinese Agricultural Science Bulletin**, [s. l.]v. 28, n. 16, p. 272-276, 2012.

<https://doi.org/10.11924/j.issn.1000-6850.2011-3863>.

ZHU, S. *et al.* 1-Methylcyclopropene on fruit quality of Se-enriched grape (*Vitis vinifera* L.) during shelf life period. **Agronomy**, Basel, v. 10, n. 9, p. 1411, 2020. DOI:

[10.3390/agronomy10091411](https://doi.org/10.3390/agronomy10091411).