

Uso de silício e nanotecnologia na cultura da soja (*Glycine max* L.) para aumento da produtividade: Uma revisão de literatura

Gustavo Napoleão, Centro Universitário Integrado, Campo Mourão Paraná, Brasil.

Guilherme da Silva Munuera, Centro Universitário Integrado, Campo Mourão Paraná, Brasil.

Gustavo Gonsalves Paiva, Centro Universitário Integrado, Campo Mourão Paraná, Brasil.

Maycon Staskievicz, Centro Universitário Integrado, Campo Mourão Paraná, Brasil.

Felipi Rodrigues, Centro Universitário Integrado, Campo Mourão Paraná, Brasil.

Ysabela Rodrigues da Silva, Centro Universitário Integrado, Campo Mourão Paraná, Brasil.

Gustavo Soares Wenneck, Agronomia, Centro Universitário Integrado, Campo Mourão Paraná, Brasil

INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* L.) constitui um dos principais pilares da economia brasileira, sendo, há anos, o grão mais produzido no país. Sua relevância abrange tanto a alimentação humana quanto a animal, representando parcela significativa do setor agrícola e contribuindo com aproximadamente 5,7% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional (CONAB, 2024).

Com o avanço das pesquisas agropecuárias e o desenvolvimento tecnológico, novas estratégias têm sido incorporadas ao manejo agrícola, com o objetivo de aumentar a produtividade e promover maior sustentabilidade dos sistemas de produção. Nesse contexto, destacam-se o uso de tecnologias inovadoras, como a adubação com silício e a aplicação de nanotecnologia, que têm apresentado resultados promissores no desempenho da cultura.

O silício vem sendo amplamente estudado por seus efeitos benéficos nas plantas, especialmente no aumento da resistência a estresses bióticos e abióticos. Paralelamente, a nanotecnologia surge como uma ferramenta inovadora na agricultura moderna, permitindo maior eficiência na disponibilização e absorção de nutrientes. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo analisar, por meio de revisão de literatura, os efeitos do uso de silício e nanotecnologia na cultura da soja, destacando seus impactos na produtividade e sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão narrativa da literatura com abordagem qualitativa. Foram analisados aproximadamente 20 artigos científicos, além de livros e boletins técnicos, publicados no período de 1999 a 2025. A busca foi realizada em bases de dados específicas, incluindo Scopus, Web of Science, SciELO e Google Scholar, utilizando combinações de palavras-chave como “silicon”, “nanotechnology”, “soybean”, “nanoparticles” e “crop yield”.

Como critérios de inclusão, foram considerados estudos que abordassem os efeitos fisiológicos, agronômicos e ambientais do uso de silício e nanotecnologia na cultura da soja, incluindo experimentos em casa de vegetação e condições de campo. Foram excluídos trabalhos sem revisão por pares ou com dados insuficientes. A análise dos estudos foi conduzida de forma comparativa, buscando identificar convergências, divergências e lacunas na literatura, especialmente quanto à eficiência agronômica, aplicabilidade em campo e sustentabilidade das tecnologias avaliadas.

REVISÃO DE LITERATURA

O silício (Si) é considerado um elemento benéfico para diversas culturas agrícolas, incluindo a soja (*Glycine max* L.), devido à sua capacidade de promover melhorias estruturais, fisiológicas e bioquímicas nas plantas. Embora não seja essencial, sua presença pode resultar em aumentos significativos no crescimento, desenvolvimento e produtividade (EPSTEIN, 1999; GAUR et al., 2020).

Um dos principais efeitos do silício está relacionado ao aumento da rigidez celular, decorrente da deposição de sílica nas paredes celulares. Esse processo confere maior resistência mecânica às plantas, reduzindo o acamamento e dificultando a penetração de patógenos. Além disso, o silício pode estimular mecanismos de defesa vegetal, como a produção de compostos antioxidantes e substâncias relacionadas à resistência a doenças (BAKHAT et al., 2018; CASSEL et al., 2021). Outro aspecto relevante é a atuação do silício na mitigação de estresses abióticos, como déficit hídrico e salinidade. O elemento contribui para a redução da transpiração e aumento da eficiência no uso da água, auxiliando na manutenção do equilíbrio hídrico das plantas, especialmente em condições adversas (MA, 2004).

Nos solos, o silício encontra-se predominantemente na forma de dióxido de silício (SiO_2), sendo absorvido pelas plantas na forma de ácido monossilícico. Em solos tropicais, sua disponibilidade pode ser limitada, o que torna a adubação silicatada uma prática relevante para a manutenção da produtividade (PEREIRA et al., 2003).

A aplicação de silício pode ser realizada via solo ou via foliar. A aplicação no solo, geralmente por meio de silicatos de cálcio e magnésio, promove liberação gradual do nutriente, além de contribuir para a melhoria das propriedades químicas do solo, como a redução da acidez e da toxidez por alumínio (KORNDÖRFER;

PEREIRA; CAMARGO, 2004). Já a aplicação foliar tem como principal vantagem a rápida absorção do nutriente. Estudos indicam que aplicações em estádios fenológicos estratégicos, como V8, R1 e R5.1, aumentam o acúmulo de silício nas plantas, promovendo maior desenvolvimento vegetativo, aumento da área foliar e maior eficiência fotossintética (MOREIRA et al., 2010).

No contexto da nanotecnologia, observa-se crescente interesse em sua aplicação na agricultura, especialmente por meio de nanofertilizantes. Essas tecnologias permitem maior eficiência na disponibilização de nutrientes, devido ao tamanho reduzido das partículas e maior área superficial, facilitando a absorção pelas plantas. Nanopartículas de zinco têm demonstrado efeitos positivos no crescimento vegetal, enquanto nanopartículas de prata apresentam propriedades antimicrobianas, podendo auxiliar no controle de patógenos (SINGH et al., 2017; SINHA et al., 2017). Além disso, os nanofertilizantes possibilitam liberação controlada de nutrientes, reduzindo perdas por lixiviação e aumentando a eficiência do uso de fertilizantes. Esse fator é essencial para sistemas agrícolas mais sustentáveis, pois contribui para a redução de impactos ambientais.

O silício e a nanotecnologia têm sido amplamente estudados como estratégias complementares para o aumento da produtividade da soja, apresentando tanto convergências quanto diferenças em seus mecanismos de ação. Enquanto o silício convencional atua principalmente na melhoria estrutural das plantas, promovendo maior rigidez celular e resistência a estresses bióticos e abióticos (Epstein, 1999; Gaur et al., 2020), a aplicação de nanopartículas, como o nano-SiO₂, tem demonstrado maior eficiência na absorção e translocação de nutrientes, resultando em respostas fisiológicas mais rápidas e intensas (Rajput et al., 2021; Wei et al., 2025). Estudos comparativos indicam que nanopartículas de silício podem superar fontes tradicionais em condições de estresse, como salinidade e déficit hídrico, promovendo aumentos significativos no crescimento e na produtividade (Wang et al., 2024; Desoky et al., 2025). No entanto, apesar desses avanços, observa-se que grande parte das pesquisas é conduzida em condições controladas, havendo ainda limitada validação em escala de campo. Ensaio agrônomicos reais indicam que o uso de silício pode aumentar a produtividade da soja, mas com elevada variabilidade em função do solo, clima e manejo (Artyszak, 2018). Dessa forma, embora a nanotecnologia represente uma evolução promissora, sua aplicação prática ainda depende de padronização de doses, avaliação de riscos ambientais e comprovação de viabilidade econômica em sistemas produtivos reais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de silício e nanotecnologia na cultura da soja (*Glycine max* L.) representa uma estratégia promissora para o aumento da produtividade e sustentabilidade dos sistemas agrícolas. A aplicação dessas práticas ainda enfrenta desafios

relacionados ao custo, à variabilidade de resposta entre diferentes sistemas produtivos e à necessidade de validação em condições de campo. Assim, reforça-se a importância da continuidade das pesquisas para o desenvolvimento de recomendações técnicas seguras, eficientes e economicamente viáveis.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max* L. Silício. Nanotecnologia. Produtividade.

REFERÊNCIAS

APARECIDO, L. E. de O.; ROLIM, G. de S.; SOUZA, P. S.; JOHANN, J. A. Climate risk to peanut cultivation in Brazil across different planting seasons. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 101, n. 11, p. 4614–4624, 2021.

BAKHAT, H. F. et al. Silicon mitigates biotic and abiotic stresses in plants. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, p. 1–15, 2018.

CASSEL, J. L. et al. Benefícios da aplicação de silício em plantas. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 4, n. 4, p. 6601–6615, 2021.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília: CONAB, 2024.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de produção de soja**. Brasília: EMBRAPA, 2018.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 50, p. 641–664, 1999.

GAUR, A. et al. Role of silicon in plant stress tolerance. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 150, p. 203–213, 2020.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. Uberlândia: GPSi/UFU, 2004.

LIANG, Y. et al. Role of silicon in enhancing resistance to abiotic and biotic stresses in plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 30, p. 1–17, 2007.

MA, J. F. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 50, n. 1, p. 11–18, 2004.

MOREIRA, A. R. et al. Resposta da cultura da soja à aplicação foliar de silício. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 413–423, 2010.

PEREIRA, H. S. et al. Disponibilidade de silício em solos tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 537–544, 2003.

SINHA, A. K. et al. Zinc nanoparticles: synthesis, properties and applications. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 201, p. 1–12, 2017.

SINGH, S. K. et al. Silver nanoparticles: properties and applications. **Journal of Nanobiotechnology**, v. 15, p. 1–15, 2017.

SINGH, S. et al. Nanofertilizers: a new approach for sustainable agriculture. **Science of the Total Environment**, v. 712, p. 136–149, 2020.

WANG, B. et al. Toxicity of ZnO nanoparticles. **Journal of Nanoscience and Nanotechnology**, v. 14, p. 1–10, 2014.