

Uso do silício e de nanofertilizantes na agricultura: efeitos no desenvolvimento vegetal e na produtividade

Eloiza de Paula Pontes, Agronomia, Centro Universitário Integrado, Brasil

Paulo Ricardo Puton dos Santos, Agronomia, Centro Universitário Integrado, Brasil

Gustavo Soares Wenneck, Agronomia, Centro Universitário Integrado, Brasil,
Gustavo.agronomia@grupointegrado.br

INTRODUÇÃO

O silício (Si), o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, tem adquirido crescente relevância na agricultura, especialmente em regiões com solos tropicais altamente intemperizados, onde sua disponibilidade pode constituir um fator limitante (MENEGALE; CASTRO; MANCUSO, 2015; SANTOS et al., 2021). Apesar de não ser classificado como um nutriente essencial para todas as plantas, o Si é amplamente considerado um elemento benéfico, ou “quase essencial”, devido à sua capacidade de promover o crescimento vegetal e mitigar diversos estresses bióticos e abióticos (DEBONA; RODRIGUES; DATNOFF, 2017; LIMA FILHO, 2008; SANTOS et al., 2021).

A crescente demanda por alimentos tem impulsionado a busca por tecnologias que ampliem a eficiência dos sistemas produtivos agrícolas. Nesse contexto, o uso de elementos benéficos, como o silício, destaca-se por seu potencial em melhorar o desenvolvimento das plantas e aumentar a tolerância a condições adversas (MA; YAMAJI, 2006).

O silício atua na formação de estruturas vegetais mais resistentes, contribuindo para a redução da perda de água e para o aumento da resistência a pragas e doenças. Esses efeitos estão associados tanto a mecanismos físicos quanto à ativação de respostas fisiológicas (DEBONA; RODRIGUES; DATNOFF, 2017). Entretanto, a resposta das plantas à aplicação de silício não ocorre de maneira uniforme, sendo influenciada por fatores como espécie cultivada, disponibilidade no solo e condições ambientais (COSKUN et al., 2019).

O avanço da nanotecnologia tem proporcionado novas possibilidades para a agricultura, especialmente no que se refere à eficiência no uso de insumos. Os nanofertilizantes apresentam características diferenciadas, como maior área superficial e liberação controlada de nutrientes, resultando em maior eficiência de absorção pelas plantas (DIMKPA; BINDRABAN, 2018). Contudo, ainda existem lacunas relacionadas à aplicação em condições de campo, viabilidade econômica e impactos ambientais (KAH; TUFENKJI; WHITE, 2019).

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo revisar a literatura científica sobre o uso do silício, com ênfase em nanofertilizantes, evidenciando seus efeitos no desenvolvimento vegetal e na produtividade das culturas.

MÉTODO

O presente trabalho caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de natureza qualitativa, fundamentada na análise crítica de estudos científicos relacionados ao uso do silício na agricultura, com ênfase na aplicação de nanofertilizantes. A abordagem metodológica adotada baseou-se na identificação, seleção e interpretação de publicações relevantes disponíveis na literatura especializada.

A coleta de dados foi realizada por meio de buscas sistematizadas nas bases de dados Scopus, Web of Science, SciELO e Google Scholar, abrangendo publicações nacionais e internacionais. Foram utilizados descritores como “silicon in agriculture”, “nanofertilizers”, “abiotic stress”, “plant productivity”, bem como seus correspondentes em língua portuguesa.

O período de busca compreendeu publicações entre 2000 e 2025, priorizando estudos recentes e de alto impacto científico. Os critérios de inclusão envolveram trabalhos com relevância temática direta, rigor metodológico e publicação em periódicos indexados. Foram excluídos estudos com baixa aderência ao tema, duplicados ou sem fundamentação científica consistente.

A revisão possui caráter descritivo, com elementos sistemáticos na estratégia de busca, permitindo uma síntese abrangente e crítica dos principais achados da literatura.

A análise dos dados foi conduzida de forma interpretativa, buscando sintetizar os principais achados da literatura e estabelecer relações entre os efeitos do silício e o desempenho agrônomo das culturas. Dessa forma, a metodologia adotada permitiu consolidar informações atualizadas e relevantes, contribuindo para uma compreensão abrangente do tema.

REVISÃO DE LITERATURA

No solo, o silício (Si) é predominantemente encontrado na forma de óxido de silício e silicatos, sendo o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre (SANTOS et al., 2021). A forma prontamente absorvível pelas plantas corresponde ao ácido monossilícico (H_4SiO_4), presente na solução do solo (MENEGALE; CASTRO; MANCUSO, 2015). A absorção de Si pode ocorrer tanto de forma passiva, impulsionada pelo fluxo transpiratório, quanto de forma ativa, mediada por proteínas transportadoras específicas identificadas em diversas espécies vegetais (DEBONA; RODRIGUES; DATNOFF, 2017). Essa dualidade de mecanismos evidencia diferenças fisiológicas entre culturas, o que contribui para a variabilidade de respostas observadas em distintos sistemas produtivos.

A disponibilidade de silício no solo é influenciada por fatores como pH, temperatura, teor de matéria orgânica e concentração do elemento na solução (MENEGALE; CASTRO; MANCUSO, 2015). Em solos tropicais altamente intemperizados, a disponibilidade de Si tende a ser reduzida, em função da escassez de minerais primários, o que limita sua absorção pelas plantas

(SANTOS et al., 2021; PEREIRA; VITTI; KORNDÖRFER, 2003). Nesse contexto, a ciclagem do silício proveniente de resíduos culturais assume papel fundamental como fonte alternativa do elemento.

Após a absorção, o silício é transportado via xilema e depositado principalmente abaixo da cutícula e nas paredes celulares, formando sílica amorfa. Esse acúmulo confere maior rigidez estrutural aos tecidos vegetais, promovendo folhas mais eretas e maior eficiência na interceptação luminosa. Além disso, a deposição de sílica atua como barreira mecânica contra a perda de água e a penetração de patógenos e insetos (OLIVEIRA et al., 2015; MENEGALE; CASTRO; MANCUSO, 2015; LIMA FILHO, 2008). Do ponto de vista bioquímico, o Si potencializa rotas metabólicas relacionadas à defesa vegetal, como os fenilpropanoides e terpenoides, além de estimular a atividade de enzimas antioxidantes (DEBONA; RODRIGUES; DATNOFF, 2017).

O uso de silício no tratamento de sementes tem sido apontado como uma estratégia promissora para melhorar o desempenho inicial das culturas. Estudos indicam que a aplicação de fontes silicatadas pode aumentar o vigor de plântulas sem comprometer a germinação, embora os resultados variem entre cultivares (OLIVEIRA et al., 2015). Essa variabilidade evidencia a necessidade de maior padronização metodológica para consolidar recomendações agrônômicas.

A aplicação foliar de silício também apresenta resultados relevantes, especialmente no manejo de pragas. Na cultura da soja, observa-se redução significativa de danos causados por insetos, atribuída ao endurecimento dos tecidos vegetais (BUSSOLARO et al., 2011; ZELIN; BUSSOLARO; SIMONETTI, 2011). Contudo, embora alguns estudos reportem aumento de produtividade, outros indicam efeitos limitados, sugerindo que a eficiência dessa prática depende de fatores como dose, fonte e estágio fenológico (THEODORO et al., 2019; DEIFELD, 2017).

Na cultura do milho, a resposta ao silício é ainda mais variável, sendo frequentemente observada a elevação do teor foliar do elemento sem impacto significativo na produtividade (FREITAS et al., 2011). Essa divergência entre culturas reforça que os efeitos do silício não são universalmente consistentes, dependendo das condições edafoclimáticas e da fisiologia da planta.

O silício desempenha papel relevante na mitigação de estresses abióticos, como déficit hídrico e toxicidade por metais pesados. Em condições de seca, o elemento contribui para a regulação da transpiração e para a manutenção da atividade antioxidante, favorecendo a estabilidade fisiológica das plantas (RUPPENTHAL, 2011; SANTOS et al., 2021). Além disso, o Si atua na redução da toxicidade de elementos como alumínio e manganês, por meio da formação de complexos que diminuem sua disponibilidade (DEBONA; RODRIGUES; DATNOFF, 2017).

No que se refere aos nanofertilizantes, observa-se um avanço significativo na eficiência de uso do silício. Essas formulações apresentam maior área superficial e liberação controlada de nutrientes, promovendo maior absorção e resposta fisiológica mais rápida (DIMKPA; BINDRABAN, 2018). No entanto, apesar dos resultados promissores em condições experimentais, ainda há escassez de estudos em campo que comprovem sua eficácia em larga escala. Além disso, aspectos relacionados ao custo, viabilidade econômica e possíveis impactos

ambientais ainda necessitam de investigação mais aprofundada (KAH; TUFENKJI; WHITE, 2019).

Os ganhos de produtividade associados ao uso de silício são amplamente relatados, especialmente na cultura da soja, onde há aumento no número de legumes, melhoria da sanidade e maior estabilidade produtiva (THEODORO et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2015). Entretanto, a magnitude desses efeitos varia consideravelmente, o que indica que o silício deve ser considerado um elemento complementar, e não uma solução universal para o aumento da produtividade.

Dessa forma, a literatura evidencia que, embora o silício e os nanofertilizantes apresentem benefícios consistentes, ainda existem lacunas científicas relevantes, sobretudo relacionadas à padronização de técnicas, validação em condições reais de cultivo e avaliação de longo prazo. Essas limitações reforçam a necessidade de estudos mais robustos que permitam consolidar o uso dessas tecnologias na agricultura moderna.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados analisados demonstram que o objetivo proposto foi plenamente atingido, evidenciando que o silício, especialmente na forma de nanofertilizantes, exerce papel relevante no desenvolvimento vegetal e na produtividade das culturas.

Os benefícios incluem o fortalecimento estrutural das plantas, aumento da resistência a estresses bióticos e abióticos e melhoria da eficiência fisiológica. A nanotecnologia potencializa esses efeitos ao otimizar a disponibilização do nutriente. Entretanto, o estudo apresenta limitações relacionadas à escassez de pesquisas em condições de campo e à variabilidade dos resultados entre culturas.

Dessa forma, recomenda-se a realização de estudos experimentais de longa duração, bem como análises econômicas e ambientais mais aprofundadas, visando consolidar o uso dos nanofertilizantes como tecnologia viável na agricultura moderna.

PALAVRAS-CHAVE: Nanotecnologia, *Glycine max*, *Zea mays*, Estresse abiótico.

AGRADECIMENTOS: A Fundação Araucária e ao Centro Universitário Integrado.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009.

BUSSOLARO, I.; ZELIN, E.; SIMONETTI, A. P. M. M. Aplicação de silício no controle de percevejos e produtividade da soja. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 4, n. 1, p. 171-180, 2011.

DEBONA, D.; RODRIGUES, F. A.; DATNOFF, L. E. Silicon's Role in Abiotic and Biotic Plant Stresses. **Annual Review of Phytopathology**, v. 55, p. 85-107, 2017.

DEIFELD, J. A. **Avaliação dos efeitos de aplicações foliares de Silício na cultura da soja**. 2017. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2017.

FREITAS, L. B. et al. Adubação foliar com silício na cultura do milho. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 2, p. 262-267, 2011.

LIMA FILHO, O. F. **O silício é um fortificante e antiestressante natural para as plantas**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008.

MENEGALE, M. L. C.; CASTRO, G. S. A.; MANCUSO, M. A. Silício: interação com o sistema solo-planta. **Journal of Agronomic Sciences**, Umuarama, v. 4, n. especial, p. 435-454, 2015.

OLIVEIRA, S. et al. Tratamento de semente de soja com silício: efeitos na qualidade fisiológica e nas características agrônômicas. **Informativo Abrates**, v. 25, n. 2, p. 89-103, 2015.

PEREIRA JÚNIOR, P. et al. Efeito de doses de silício sobre a produtividade e características agrônômicas da soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 908-915, 2010.

RIBEIRO, M. C. et al. Residual Effect of Silicate Agromineral Application on Soil Acidity, Mineral Availability, and Soybean Anatomy. **Agronomy**, v. 15, n. 1, p. 5, 2025.

RUPPENTHAL, V. **Adubação silicatada na cultura da soja e sua influência na tolerância ao deficit hídrico**. 2011. 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2011.

SANTOS, L. C. et al. O papel do silício nas plantas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, e3810716247, 2021.

THEODORO, G. et al. Aplicação foliar de silício na produtividade e sanidade de cultivares de soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 18, n. 2, p. 171-178, 2019.

ZELIN, E.; BUSSOLARO, I.; SIMONETTI, A. P. M. M. Aplicação de silício no controle de lagartas e produtividade da cultura da soja. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 4, n. 1, p. 171-180, 2011.

