

CAPÍTULO 1

TRATAMENTO DE SEMENTES DE SOJA EM RESPOSTA AO USO DE SILÍCIO

Data de submissão: 12/12/2024

Data de aceite: 02/01/2025

Wellington Ferrari da Silva

Engenheiro Agrônomo - Doutor em Ciências e Técnicas Nucleares – Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM

<http://lattes.cnpq.br/4158472376850000>
<https://orcid.org/0000-0002-3722-8223>

Pedro Otávio de Melo Marra

Graduando Agronomia - Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM

Rafaela Camila Bontempo

Graduanda Agronomia - Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM

<http://lattes.cnpq.br/1347097547237292>

Leticia Mariane Pimenta de Lima

Engenheira Agrônoma - Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM
<http://lattes.cnpq.br/0577736272371155>

Cecília Isabel da Silva Cruzeiro

Graduanda Agronomia - Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM

RESUMO: Os elevados patamares produtivos alcançados no cultivo da soja se devem aos avanços em manejo e tecnologia aplicados durante todo o

desenvolvimento da cultura. Nesse cenário, o uso de silício em plantas de soja tem ganhado destaque nas últimas décadas, devido às suas propriedades benéficas para o desenvolvimento das plantas e resistência a estresses abióticos. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso de doses de silício no tratamento de sementes de soja, quantificando a germinação, vigor, plantas normais e anormais, sementes duras, sementes mortas, parte aérea e sistema radicular. O experimento foi instalado e conduzido em agosto de 2024 no Laboratório Núcleo de Pesquisa e Análises de Sementes, situado no Campus I do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), no município de Patos de Minas – MG. Foram selecionadas 250 sementes por tratamento e posteriormente foram pesadas para que o peso fosse aferido. Em seguida as sementes foram tratadas com o produto Sifol Power® conforme as doses: (T1-0); (T2- 100); (T3- 200); (T4- 300) e (T5- 400), mL 100Kg⁻¹ de semente. Para a montagem das parcelas, foram utilizadas 50 sementes por folha de papel germitest. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e cinco repetições cada. Foram avaliados a germinação, sementes não

germinadas, sementes normais e anormais, sementes duras e mortas e comprimento da parte aérea e raiz. Os resultados obtidos foram então submetidos à análise de variância (ANAVA) e ao teste Tukey a 5%. Dentre as variáveis analisadas, o número de sementes germinadas, não germinadas, normais, anormais, duras e mortas não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos. Contudo, para as variáveis comprimento de raiz e comprimento de parte aérea, os tratamentos diferiram entre si, sendo que o tratamento ausente de aplicações apresentou as maiores médias. O uso do silicato pode não ter expressado todo o seu potencial devido à aplicação via tratamento de sementes (TS), isso se justifica em razão de a maioria das aplicações com silício serem feitas via foliar, quando as plantas já apresentam tamanho e estrutura para a metabolização do silício. Conclui-se, portanto, que o uso de doses de silício no tratamento de sementes não influenciou os parâmetros avaliados. Apesar de ter sido significativo para comprimento de raiz e parte aérea.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max*, proteção, micronutriente

TREATMENT OF SOYBEAN SEEDS IN RESPONSE TO THE USE OF SILICON

ABSTRACT: The high production levels achieved in soybean cultivation are due to advances in management and technology applied throughout the development of the crop. In this scenario, the use of silicon in soybean plants has gained prominence in recent decades, due to its beneficial properties for plant development and resistance to abiotic stresses. Therefore, the present work aimed to evaluate the use of silicon doses in the treatment of soybean seeds, quantifying germination, vigor, normal and abnormal plants, hard seeds, dead seeds, aerial part and root system. The experiment was installed and conducted in August 2024 at the Seed Research and Analysis Center Laboratory, located on Campus I of the Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), in the municipality of Patos de Minas – MG. 250 seeds were selected per treatment and were subsequently weighed so that the weight could be measured. Then the seeds were treated with the product Sifol Power according to the doses: (T1-0); (T2- 100); (T3- 200); (T4- 300) and (T5- 400), mL 100Kg⁻¹ of seed. To assemble the plots, 50 seeds were used per sheet of germitest paper. The experimental design used was completely randomized (DIC), with five treatments and five replications each. Germination, non-germinated seeds, normal and abnormal seeds, hard and dead seeds and length of the shoot and root were evaluated. The results obtained were then subjected to analysis of variance (ANAVA) and the Tukey test at 5%. Among the variables analyzed, the number of germinated, non-germinated, normal, abnormal, hard and dead seeds showed no statistical difference between treatments. However, for the variables root length and shoot length, the treatments differed from each other, with the treatment without applications presenting the highest averages. The use of silicate may not have expressed its full potential due to application via seed treatment (TS), this is justified because most applications with silicon are made via foliar, when the plants already have the size and structure for silicon metabolism. It is concluded, therefore, that the use of silicon doses in seed treatment did not influence the parameters evaluated. Although it was significant for root and shoot length.

KEYWORDS: *Glycine max*, protection, micronutrient

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) teve sua origem na Ásia e graças ao avanço tecnológico na área de melhoramento, essa espécie passou a ser cultivada em diversos países (SILVA; SILVA, 2023). No Brasil, a produção de soja na safra 2023/24 cresceu em 12,5% o que representa um aumento próximo a 18,4 milhões de toneladas comparado à safra passada. Além disso, estima-se que a área cultivada nessa safra foi de 47,36 milhões de hectares, correspondendo a um aumento de área em torno de 2,6% (CONAB, 2024).

Com o objetivo de obter lavouras com elevado desempenho agronômico um dos quesitos que podem ser destacados é o uso de sementes de alta qualidade fisiológica e sanitária (REZENDE, 2022). A qualidade fisiológica está ligada a capacidade que as sementes têm de desempenhar suas funções vitais, caracterizada pela longevidade, germinação e vigor (COSTA et al., 2019). O vigor, por sua vez, é um atributo quantitativo e é influenciado por vários fatores relacionados ao desempenho geral das sementes, abrangendo a velocidade e a consistência da germinação das sementes, o crescimento das plântulas, a emergência em condições ambientais adversas e o desempenho após o armazenamento (JOVICIC et al., 2024).

Nesse cenário, os elevados patamares produtivos alcançados no cultivo da soja se devem aos avanços em manejo e tecnologia aplicados durante todo o desenvolvimento da cultura. Por isso, o uso de silício em plantas de soja tem ganhado destaque nas últimas décadas, devido às suas propriedades benéficas para o desenvolvimento das plantas e resistência a estresses abióticos. O silício, embora não seja considerado um nutriente essencial, desempenha um papel significativo na fisiologia das plantas, melhorando a estrutura celular, promovendo a resistência a doenças e aumentando a tolerância a condições adversas, como seca e salinidade (GONG et al., 2005; RODRIGUES et al., 2016).

Estudos demonstram que a aplicação de silício pode resultar em melhorias significativas no crescimento e na produtividade da soja, além de aumentar a eficiência no uso de água (ZHANG et al., 2012). As interações do silício com outros nutrientes e sua capacidade de induzir mecanismos de defesa nas plantas foram investigadas, revelando que ele pode atuar como um regulador bioquímico que modula respostas fisiológicas (MA; TAKAHASHI, 2002). Assim, o tratamento de sementes com silício se apresenta como uma estratégia promissora para otimizar o cultivo da soja, especialmente em condições de estresse ambiental.

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso de doses de silício no tratamento de sementes de soja, quantificando a germinação, plantas normais e anormais, sementes duras, sementes mortas, crescimento da parte aérea e sistema radicular.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Laboratório Núcleo de Pesquisa e Análises de Sementes no campus I, do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) em agosto de 2024, situado no município de Patos de Minas – MG. Foram utilizadas sementes da cultivar de soja NS 7790 IPRO.

Foram separadas 250 sementes por tratamento e posteriormente foram pesadas para que o peso fosse aferido. Em seguida as sementes foram tratadas com o uso do produto Sifol Power®, conforme os tratamentos descritos na Tabela 1.

Tratamentos	Dose ml 100 kg ⁻¹ de sementes
T ₁	0
T ₂	100
T ₃	200*
T ₄	300
T ₅	400

*DR – Dose recomendada do produto

Tabela 1. Tratamentos referentes ao experimento intitulado “Tratamento de sementes de soja em resposta ao uso de silício”, Patos de Minas 2024.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e cinco repetições cada. Foram avaliados a germinação, sementes não germinadas, sementes normais e anormais, sementes duras e mortas e avaliado o comprimento das raízes e da parte aérea.

O teste de germinação foi realizado de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). As bancadas utilizadas para a realização do teste foram esterilizadas com álcool a 70%. Posteriormente, as sementes foram semeadas entre três folhas de papel germitest umedecidas anteriormente com água destilada, utilizando-se a quantidade de 2,5 vezes a massa de todos os papéis secos, aferida em balança de precisão. Após a disposição das sementes sobre duas folhas, utilizou-se uma folha de papel germitest também umedecida para recobrimento das sementes. Em seguida, foram confeccionados rolos de papel germitest, devidamente identificados.

Os rolos de cada tratamento foram colocados juntos em sacos plásticos transparentes e amarrados; posteriormente, foram acondicionados em germinador regulado para manter a temperatura a 25°C. Foi realizada uma primeira contagem no quinto dia e uma última no sétimo dia após a instalação do teste, determinando-se a porcentagem de plântulas normais, sendo consideradas aquelas que apresentassem parte aérea e raízes bem desenvolvidas.

Após o teste de germinação, realizou-se a análise de crescimento de plântulas, determinando-se o comprimento (da raiz até a inserção dos cotilédones) das plântulas

normais de cada repetição, com o auxílio de uma régua graduada em centímetros, sendo os resultados expressos em centímetros por plântula.

As médias foram submetidas à análise de variância através do programa computacional SISVAR, e posteriormente submetidas ao teste de Tukey, a nível de 5% de significância (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre as variáveis analisadas, o número de sementes germinadas, não germinadas, normais, anormais, duras e mortas não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos (Figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6). Esse resultado pode ser explicado em razão de uma toxicidade do produto nas sementes, visto que o uso de silicatos em soja e demais espécies dessa família têm sido feito via foliar.

Para a germinação, os resultados são contrários aos observados por Matichenkov et al. (2005), que trabalhando com sementes de trigo verificaram incremento constante nos testes de germinação e na primeira contagem de germinação com o aumento das doses de silício via tratamento de sementes. Por outro lado, Toledo et al. (2011) em sementes de aveia branca e Santos et al. (2010) com sementes de brachiaria não encontraram diferença para a germinação das sementes usando doses de silício.

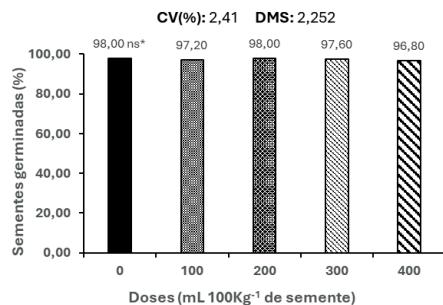


Figura 1: Porcentagens sementes germinadas no experimento intitulado “Tratamento de sementes de soja em resposta ao uso de silício”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2024.

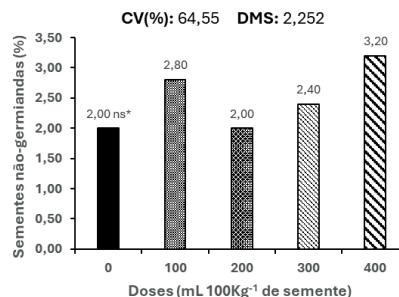


Figura 2: Porcentagens sementes não-germinadas no experimento intitulado “Tratamento de sementes de soja em resposta ao uso de silício”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2024.

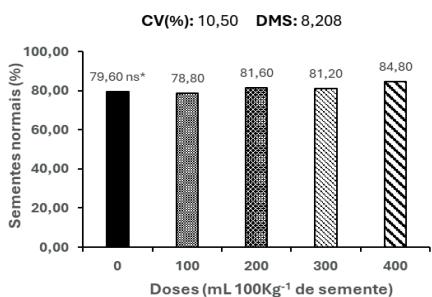


Figura 3: Porcentagens sementes normais no experimento intitulado “Tratamento de sementes de soja em resposta ao uso de silício”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2024.

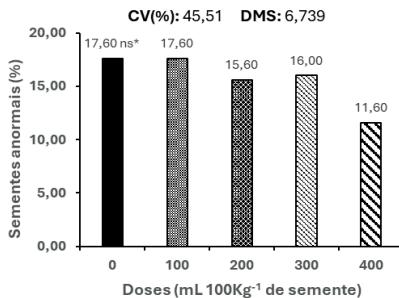


Figura 4: Porcentagens sementes anormais no experimento intitulado “Tratamento de sementes de soja em resposta ao uso de silício”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2024.

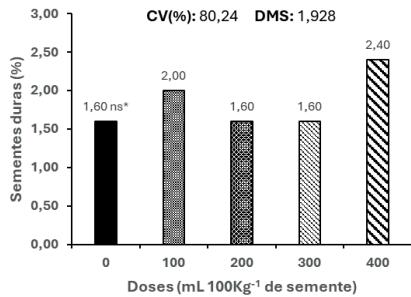


Figura 5: Porcentagens sementes duras no experimento intitulado “Tratamento de sementes de soja em resposta ao uso de silício”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2024.

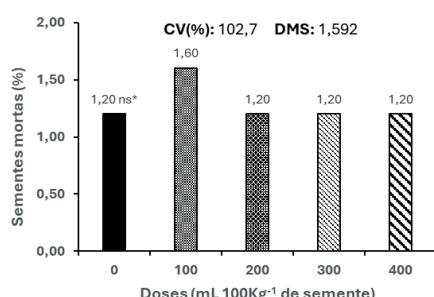


Figura 6: Número de sementes mortas no experimento intitulado “Tratamento de sementes de soja em resposta ao uso de silício”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2024.

*NS = não significativo pelo Teste Tukey a 5%.

A aplicação de silício em leguminosas como soja e feijão, é feito em sua maioria via aplicação foliar, pois dessa forma tendem a responder melhor ao uso desse elemento (KORNDORFER et al., 2004). Isso pode justificar os resultados obtidos neste estudo e a possível toxidez causada no tratamento de sementes com o produto à base de silício.

As famílias das gramíneas tendem a responder melhor à aplicação de silício, porque são mais capazes de acumular esse metal em suas células e depositá-lo na camada cuticular, promovendo melhor arquitetura de plantas, resultando em folhas mais eretas e diminuindo o sombreamento o que acarreta mais eficiência fotossintética (KORNDORFER et al., 2004).

Contudo, para as variáveis comprimento de raiz e comprimento de parte aérea (Figuras 7 e 8), os tratamentos diferiram entre si no teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para as variáveis de crescimento de raiz e parte aérea, foi observado que o tratamento ausente de aplicações apresentou melhores médias. Resultados contrários em estudo realizado por Souza et al., (2009) mostraram que a altura de planta foi influenciada pelos tratamentos, no entanto o crescimento de raiz não respondeu nem ao tratamento de sementes nem aplicação foliar.

Indo de encontro com o uso de silício em soja, mas contrário ao posicionamento, Moreira et al. (2010), observaram que, ao aplicar silicato em 3 estádios fenológicos, além de haver aumento da fitomassa seca de soja também houve incremento na área foliar da cultura, ocasionando melhor taxa fotossintética e maior rendimento de grãos ao fim do experimento. Isso sugere que a aplicação de silício é mais expressiva e eficiente quando feita via foliar do que via TS.

Alguns autores defendem que para avaliar os efeitos do uso de silício em soja, é viável utilizar técnicas que quantifiquem o balanço de carbono na cultura, que pode ser correlacionado a produtividade de grãos. Nesse sentido, o uso de análises fenométricas como a análise de crescimento se torna um dos métodos mais eficazes para quantificar se o uso de produtos silicatados são vantajosos, pois é possível mensurar a taxa fotossintética líquida, produção, comprimento e massa das plantas ao longo de intervalos de tempo (FAGAN, 2007).

Outros autores como Agarie (1998), salientam que o uso de silício é mais indicado em situações de estresses bióticos e abióticos, mas principalmente em situações de alta temperatura e baixa umidade do ar. Isso se deve em razão de o silício estar envolvido com a retenção foliar, manutenção fotossintética e distribuição de clorofila.

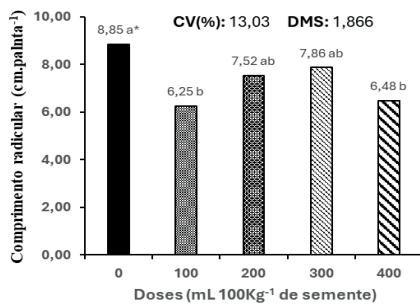


Figura 7: Comprimento radicular no experimento intitulado “Tratamento de sementes de soja em resposta ao uso de silício”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2024.

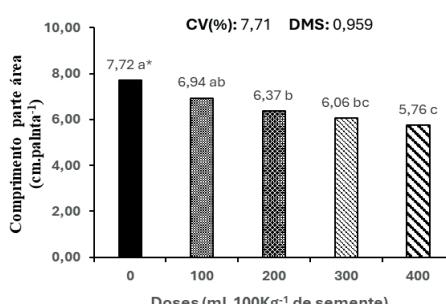


Figura 8: Comprimento de parte aérea no experimento intitulado “Tratamento de sementes de soja em resposta ao uso de silício”. Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Patos de Minas, MG, 2024.

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si no teste Tukey a 5%.

Da mesma forma, as aplicações de diferentes doses de nutrientes não influenciaram a altura das plantas (GOLO et al., 2009). Em gramíneas forrageiras as principais

características agronômicas como a altura de planta foram influenciadas com a aplicação de diferentes fontes de silício (SÁVIO et al., 2011).

Os resultados no presente trabalho são contrários ao defendido por Guntzer et al., (2012), onde os autores salientam que a aplicação de silício pode resultar em um aumento na biomassa da soja, bem como na melhoria da arquitetura das plantas.

O uso do silicato pode não ter expressado todo o seu potencial devido à aplicação via TS, isso se justifica em razão de a maioria das aplicações com silício serem feitas via foliar, quando as plantas já apresentam tamanho e estrutura para a metabolização do silício.

CONCLUSÃO

Conclui-se, portanto, que o uso de doses de silício no tratamento de sementes não influenciou nos parâmetros avaliados. Apesar de ter sido significativo para comprimento de raiz e parte aérea.

REFERÊNCIAS

- AGARIE, S. Effects of silicon on tolerance to water deficit and heat stress in rice plants (*Oryza sativa L.*), monitored by electrolyte leakage. In: **Plant Production Science**, Vol. 1, No. 2, p. 96-103. 1998.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes /** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília : Mapa/ACS, 2009.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v. 12, safra 2024/25, n. 2, segundo levantamento, novembro 2024.
- COSTA. E.D.S. et al. Physiological quality of mung bean seeds according to the plant density. **Revista de agricultura neotropical**, Classilândia-MS, v.6, n. 4, p. 29-35, ou/dez. 2019.
- FAGAN, E. B. **A cultura da soja: modelo de aplicação de estrobilurina**. 84 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- FERREIRA. D. F. 2014. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciênc. agrotec.** [online]. 38: 109-112. Disponível en: ISSN 1413-7054. Acesso em 06/05/2024.
- GOLO, A. L.; KAPPES, C.; CARVALHO, M. A. C.; YAMASHITA, O. M. Qualidade das sementes de soja com aplicação de diferentes doses de molibdênio e cobalto. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 040-049, 2009.
- GUNTZER, F.; KELLER, C.; MEUNIER, J. D. Benefits of plant silicon for crops: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, [S. I.], v. 32, n. 1, p. 201-213, 2012.
- GONG, H. J., et al. “Silicon alleviates oxidative stress and enhances the activity of antioxidant enzymes in soybean seedlings under salt stress.” **Environmental and Experimental Botany**, 2005.

JOVICIC.D. et al. Contribuition to the optimization of methods for vigor seed evaluation of *camelina sativa* (L.) Crantz. **Agronomy**. 2024.

KORNDORFER, G. H.; DATNOFF, L. E. **Papel do silício na produção de cana de açúcar**. In: SECAP 200, SEMINÁRIO DE CANA DE AÇÚCAR DE PIRACICABA, 5, Piracicaba. jul. 2004.

MA, J. F.; TAKAHASHI, E. "Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan." Elsevier. 2002.

MATICHENKOV, V. V.; KOSOBRUKHOV, A. A.; SHABNOVA, N. I.; BOCHARNIKOVA, E. A. Plant response to silicon fertilizers under salt stress. **Agrokhimiya, Rússia**, v. 10, p. 59-63, 2005.

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

REZENDE, T.M. **Vigor e germinação de sementes de soja com mancha-púrpura**. Urutai-Goiás, publicado em 2022.

RODRIGUES, C. A., et al. "Silicon in the soil-plant system: A review." **Scientia Agricola**, 2016.

SANTOS, F. C.; OLIVEIRA, J. A.; VON PINHO, E. V. R.; GUIMARÃES, R. M.; VIEIRA, A. R. Tratamento químico, revestimento e armazenamento de sementes de Brachiaria brizantha cv. Marandu. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n.3, p. 069-078, 2010.

SÁVIO, F. L.; SILVA, G. C.; TEIXEIRA, I.R.; BORÉM, **A. Produção de biomassa e conteúdo de silício em gramíneas forrageiras sob diferentes fontes de silicato**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 32, n. 1, p. 103-110. 2011.

SILVA, I. P. C; SILVA, W. F. Tolerância ao déficit hídrico na germinação de sementes de soja tratadas com Bacillus aryabhattai. **Revista Cerrado Agrociências**, v. 14: 46-55, 2023.

SOUZA, L. C. F.; ZANON, G. D.; PEDROSO, F. F.; ANDRADE, L. H. L. Teor de proteína e de óleo nos grãos de soja em função do tratamento de sementes e aplicação de micronutrientes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1586-1593, nov./dez., 2009.

TOLEDO, M. Z.; GARCIA, R. A.; MERLINA, A; FERNANDES, D. M.Seed germination andseedling development of white oataffected by silicon and phosphorus fertilization. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 1, p. 18-23, 2011.

ZHANG, W., et al. Silicon improves growth and water use efficiency in soybean under drought conditions. **Plant Science**. 2012.