



**INSTITUTO
FEDERAL**
Piauí

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS URUÇUÍ
CURSO BACHAREL EM ENGENHARIA AGRONÔMICA**

MALÚ LEITE NOLETO

**EFEITO DO SELÊNIO NA FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO NO
FEIJÃO-CAUPI**

URUÇUÍ

2024

MALÚ LEITE NOLETO

**EFEITO DO SELÊNIO NA FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO NO
FEIJÃO-CAUPI**

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Engenharia Agrônômica do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Piauí, Campus Uruçuí.

Orientador: Prof. Dr. Franklin Eduardo Melo
Santiago

URUÇUI

2024

EFEITO DO SELÊNIO NA FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO NO FEIJÃO-CAUPI

Malú Leite Noletto¹
Franklin Eduardo Melo Santiago²

RESUMO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) é uma leguminosa de grande importância socioeconômica no Brasil, especialmente nas regiões Norte e Nordeste. A fixação biológica de nitrogênio (FBN) reduz a necessidade de fertilizantes nitrogenados, promovendo a sustentabilidade agrícola. O selênio, embora não essencial às plantas, pode influenciar positivamente o metabolismo vegetal, favorecendo a nodulação, a fotossíntese e o acúmulo de nitrogênio. Este estudo avaliou o impacto do selênio, em doses (0; 0,5; 1,0 e 2,0 mg Se kg⁻¹) e formas (selenato e selenito), sobre o crescimento e a FBN no feijão-caupi. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no IFPI, Campus Uruçuí, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Foram analisados altura de plantas, massa seca da parte aérea e raízes, número total e viável de nódulos e massa seca dos nódulos. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). O selenato, em doses moderadas (0,5 a 1,0 mg Se kg⁻¹), promoveu maior eficiência no crescimento e nodulação, enquanto o selenito teve efeitos limitados, reduzindo a nodulação em doses elevadas. A aplicação de selênio na forma de selenato promoveu máxima nodulação do feijão-caupi com a dose de 1,0 mg Se kg⁻¹. O selênio incrementa a nodulação e deve ser considerado no manejo nutricional da cultura para aumentar a eficiência da FBN, contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis e produtivas, com menor impacto ambiental e redução de custos em sistemas de baixo uso de insumos químicos.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*; selenato; selenito; biofortificação.

ABSTRACT

Cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.) is a legume of great socioeconomic importance in Brazil, especially in the North and Northeast regions. Biological nitrogen fixation (BNF) reduces the need for nitrogen fertilizers, promoting agricultural sustainability. Selenium, although not essential for plants, can positively influence plant metabolism, enhancing nodulation, photosynthesis, and nitrogen accumulation. This study evaluated the impact of selenium, at doses (0, 0.5, 1.0, and 2.0 mg Se kg⁻¹) and forms (selenate and selenite), on the growth and BNF of cowpea. The experiment was conducted in a greenhouse at the Federal Institute of Piauí (IFPI), Uruçuí Campus, in a completely randomized design with four replications. Parameters such as plant height, shoot and root dry mass, total and viable nodule number, and nodule dry mass were analyzed. Data were subjected to variance analysis, and means were compared using the Scott-Knott test ($p < 0.05$). Selenate, at moderate doses (0.5 to 1.0 mg Se kg⁻¹), showed greater efficiency in promoting growth and nodulation, while selenite had limited effects, reducing nodulation at higher doses. The application of selenium in the form of selenate resulted in maximum nodulation of cowpea at the dose of 1.0 mg Se kg⁻¹. Selenium enhances nodulation and should be considered in the crop's nutritional management to increase BNF efficiency, contributing to more sustainable and productive agricultural

¹Acadêmica de Engenharia Agrônômica, IFPI – Campus Uruçuí, maluleite227@gmail.com

²Doutor em Ciência do Solo, Professor do IFPI – Campus Uruçuí, franklin.santiago@ifpi.edu.br

practices with lower environmental impact and reduced costs in systems with low chemical input use.

Keywords: *Vigna unguiculata*; selenate; selenite; biofortification.

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* [L.] Walp), popularmente conhecido como feijão-de-corda, é uma leguminosa reconhecida por sua rusticidade, capacidade de adaptação a diferentes condições climáticas, ciclo curto de desenvolvimento, e grande variabilidade genética. Além disso, apresenta alta tolerância a estresses de origem biótica e abiótica (FREIRE FILHO et al., 2011).

Do ponto de vista nutricional, o feijão-caupi é um alimento estratégico para a segurança alimentar, por ser rico em proteínas, carboidratos complexos e compostos bioativos, como os fenólicos, que possuem propriedades antioxidantes e auxiliam no controle de lipídios e glicose no organismo (SILVA et al., 2020).

No Brasil, a cultura do feijão-caupi se destaca nas regiões Norte e Nordeste, que juntas são responsáveis pela produção de 537,7 mil toneladas, em sua maior parte proveniente de pequenos agricultores familiares. Na safra 2021/2022, a região Nordeste produziu 414,1 mil toneladas, representando mais de 65% da produção nacional total, que foi de 629,3 mil toneladas. Apesar de sua significativa contribuição, o Nordeste apresenta a menor média de produtividade entre as regiões, alcançando 395 kg/ha, enquanto o Norte, Centro-Oeste e Sudeste registraram produtividades médias de 1.031 kg/ha, 1.877 kg/ha e 464 kg/ha, respectivamente (CONAB, 2022).

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes mais exigidos pela cultura do feijão-caupi, sendo exportado principalmente durante seu ciclo de crescimento. Tal como ocorre com outras leguminosas, o N é disponibilizado para a planta de diversas formas, como a mineralização da matéria orgânica do solo, a liberação de nutrientes provenientes de fertilizantes ou, ainda, pela fixação biológica de nitrogênio (FBN) realizada pelas bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (LARA-CABEZAS; PÁDUA, 2007; HUNGRIA et al., 2013).

É estimado que a FBN pode ser responsável por até 65% do N necessário para o desenvolvimento do feijão-caupi, sendo que aproximadamente 96% dessa fixação provém de processos naturais. Esse processo, ao lado da fotossíntese, é considerado um dos mais importantes para a sustentabilidade ambiental, pois reduz a dependência de fertilizantes sintéticos e contribui para a preservação dos recursos naturais (ORMEÑO-ORRILLO et al., 2013).

A eficiência da fixação biológica de nitrogênio (FBN) no feijão-caupi está intimamente relacionada à simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, que são responsáveis pela formação de nódulos nas raízes e pela conversão do nitrogênio atmosférico em uma forma assimilável pela planta. Embora o feijão-caupi tenha uma boa capacidade de nodulação com

rizóbios presentes no solo, a eficiência desse processo pode variar significativamente. Em muitos casos, a inoculação com estirpes de rizóbios mais eficientes é recomendada para garantir a máxima eficiência na FBN, especialmente em solos com baixa população natural de bactérias (ZILLI et al., 2009a).

O selênio (Se) é um micronutriente essencial para o funcionamento adequado de processos biológicos, incluindo a regulação do sistema imunológico e a função da glândula tireoide. Além disso, estudos sugerem que o selênio desempenha um papel na prevenção de doenças cardiovasculares e pode ajudar a reduzir o risco de complicações graves causadas por infecções, como a COVID-19 (MOGHADDAM et al., 2020).

Evidências demonstram que o Se influencia positivamente a morfologia radicular, protege a estrutura dos cloroplastos e aumenta a eficiência fotossintética (FENG et al., 2020). Em culturas como arroz e trigo, a aplicação de Se mostrou melhorar significativamente o acúmulo de nitrogênio (TEXEIRA et al., 2021)

O papel do selênio (Se) no metabolismo antioxidante, na fisiologia e na bioquímica das plantas de feijão-caupi é amplamente reconhecido (LANZA et al., 2021). Estudos recentes indicam que o Se pode influenciar positivamente a síntese de flavonoides nas raízes, além de promover a nodulação, a produção de ureídeos e o rendimento em culturas como o amendoim (CUNHA et al., 2022). Esse efeito sugere que o Se pode estar relacionado à fixação de nitrogênio e à nodulação nas plantas de feijão-caupi, possivelmente ao aumentar a concentração de flavonoides. Isso pode resultar em maior formação de nódulos e maior atividade de fixação de N, otimizando o crescimento e a produtividade da cultura (SILVA et al., 2020).

A aplicação de selênio no cultivo do feijão-caupi, portanto, pode trazer múltiplos benefícios. Além de potencializar a FBN ao estimular a atividade de bactérias fixadoras de nitrogênio, promove a sustentabilidade agrícola, uma vez que reduz a necessidade de fertilizantes nitrogenados sintéticos, geralmente associados a custos elevados e impactos ambientais negativos (SCHIAVON et al., 2017). Assim, o selênio representa uma alternativa viável para promover práticas agrícolas mais sustentáveis, reduzir custos de produção e melhorar a qualidade nutricional dos alimentos.

Diante dessas possibilidades, torna-se necessário aprofundar as pesquisas sobre a relação entre o selênio e a FBN no feijão-caupi, especialmente para quantificar os efeitos desse elemento na nodulação e no metabolismo da planta. O presente estudo tem como objetivo avaliar o impacto da aplicação de diferentes doses e fontes de selênio na fixação biológica de nitrogênio na cultura do feijão-caupi.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e caracterização da área experimental

A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação do Departamento Fazenda Escola do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, *Campus* Uruçuí, localizado no município de Uruçuí, mesorregião do Cerrado do Sudoeste do Estado do Piauí (7° 29' S, 44° 14' W), com altitude de 470 m.

O clima da região é do tipo Aw no sistema Köppen, com temperatura média anual de 26,5°C, precipitação anual de 1.200 mm, com estação chuvosa de outubro a abril, sendo janeiro a março o trimestre mais chuvoso, com ocorrência de veranicos. O solo é classificado como Latossolo Amarelo distrófico, textura média.

2.2. Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 2, correspondendo a quatro doses de Se (0; 0,5; 1,0 e 2,0 mg Se kg⁻¹) e duas fontes de Se (selenato e selenito), com quatro repetições.

2.3. Condução do experimento

Foram utilizados vasos contendo 5 kg de solo da camada superficial (0-20 cm) Latossolo Amarelo distrófico, textura média. A calagem foi realizada para elevar a saturação por base a 80%, com aplicação de calcário dolomítico com PRNT de 99%. A adubação de base foi constituída de 0,00042 g/kg de cloreto de potássio nos vasos e 0,0017 g/kg de superfosfato triplo. Foram realizadas a adubação de cobertura aos 30 e 60 dias após a semeadura aplicando 0,00042 g/kg de K.

A semeadura foi realizada utilizando quatro sementes por vaso, com posterior desbaste aos dez dias após a emergência, mantendo-se duas plantas por vaso. As sementes foram inoculadas com o BiomaBrady – Líquido, formulado com as estirpes SEMIA 5079 e SEMIA 5080 de *Bradyrhizobium japonicum*, que apresenta densidade de 1,03 g mL⁻¹ e garantia de 7,2 x 10⁹ células viáveis mL⁻¹. A inoculação foi realizada de acordo com a recomendação do fabricante, com a dose de 50 ml ha⁻¹, o equivalente a utilização de 1mL/1kg de sementes. Realizou-se a irrigação diariamente mantendo a umidade a 60% do volume total de poros, além do monitoramento de pragas e doenças.

2.4. Parâmetros avaliados

Aos 38 dias após a semeadura, no início da floração, as plantas foram coletadas, separadas em parte aérea e raiz e avaliadas quanto aos seguintes parâmetros: (a) número de nódulos por planta: foram quantificados todos os nódulos presentes nas raízes com tamanho igual ou superior a 2 mm; (b) massa seca de nódulos: determinada após secagem em estufa de circulação forçada de ar a $65 \pm 5^\circ\text{C}$ por 72 horas; (c) massa seca da parte aérea e da raiz: determinada após as plantas terem permanecido em estufa de circulação de ar forçada a 65°C .

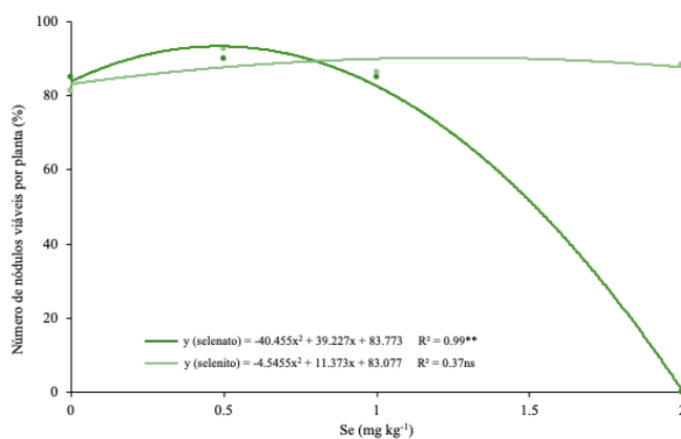
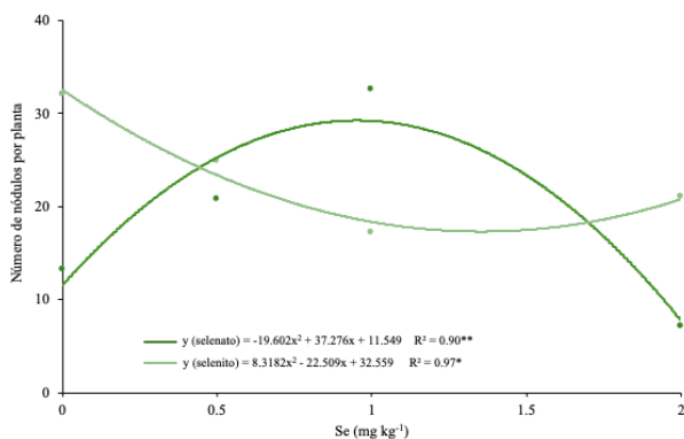
2.5. Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$), teste de média e análise de regressão utilizando o software estatístico R 3.2.3 (R Core Team, 2018).

3. RESULTADOS

3.1 Efeito do Se na nodulação do feijão-caupi

O número de nódulos do feijão-caupi respondeu de maneira distinta à aplicação de diferentes fontes e doses de Se (Figura 1). A aplicação de selenato resultou no maior número de nódulos, atingindo um máximo de 58 nódulos por planta na dose de 1 mg Se kg^{-1} (Figura 1a e c). Por outro lado, o aumento das doses de selenito reduziu significativamente a nodulação, com uma redução de 89% no número de nódulos na dose de 1 mg Se kg^{-1} , em relação ao selenato (Figura 1a e c).



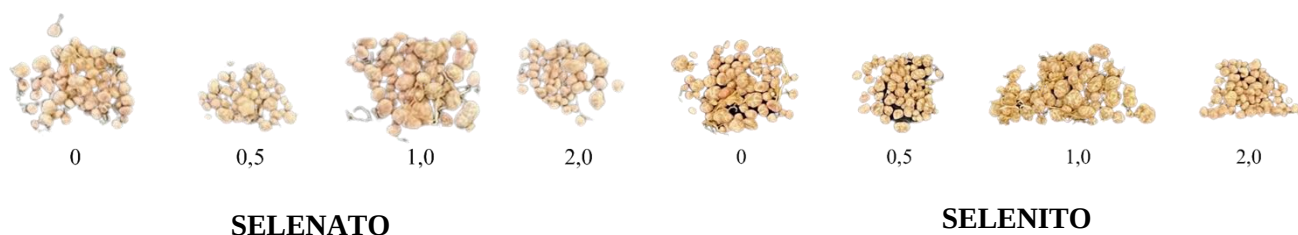


Figura 1. Número de nódulos (a) e número de nódulos viáveis (b) do feijão-caupi em função de doses e fontes de selênio. Comparativo visual do número de nódulos do feijão-caupi sob diferentes fontes e dosagens de Se (c). Significativo de acordo com o teste F a $p < 0,05^*$ e $p < 0,01^{**}$.

Em relação ao número de nódulos viáveis, a aplicação do selenato promoveu um aumento da viabilidade dos nódulos, alcançando o valor máximo de 93% na dose de $0,5 \text{ mg Se kg}^{-1}$ (Figura 1b). Em contraste, as doses de selenito não influenciaram o número de nódulos viáveis, obtendo média geral de 87% (Figura 1b). Esses resultados indicam que o selenato possui maior influência na viabilidade dos nódulos em comparação ao selenito.

Para a massa seca de nódulos, o selenato proporcionou menor biomassa de nódulos em comparação ao selenito, com uma máxima de $0,107 \text{ g}$ por planta na dose de 1 mg Se kg^{-1} (Figura 2). Em contrapartida, o selenito reduziu drasticamente a biomassa de nódulos à medida que as doses foram aumentadas (Figura 2).

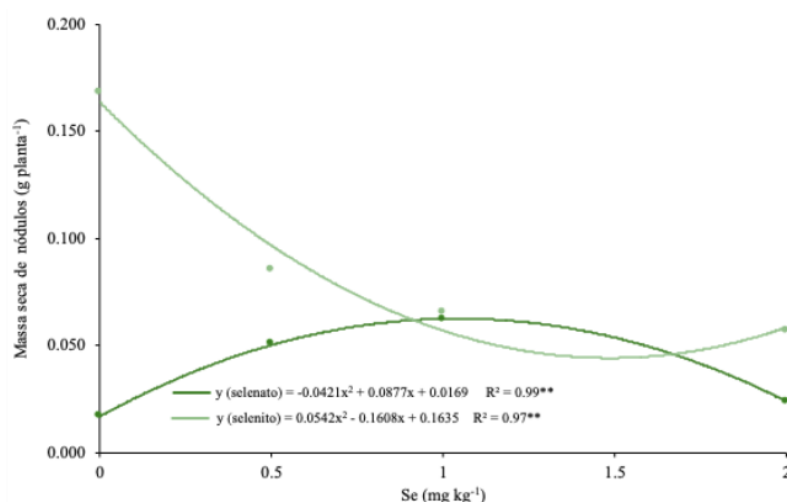


Figura 2. Massa seca de nódulos do feijão-caupi em função de doses e fontes de selênio. Significativo de acordo com o teste *F* a $p < 0,05^*$ e $p < 0,01^{**}$.

3.2. Efeito do Se no crescimento e desenvolvimento inicial do feijão-caupi

A aplicação de Se sobre o crescimento e desenvolvimento inicial do feijão-caupi apresentou efeitos significativos para a altura das plantas e massa seca da parte aérea e raiz. (Figura 3).

Para a altura das plantas, a aplicação de selenato propiciou crescimento máximo de 35,3 cm na dose de 0,7 mg Se kg⁻¹ (Figura 2a e c). Por outro lado, as doses de selenito não influenciaram o crescimento inicial do feijão-caupi, obtendo média geral de 35,9 cm (Figura 2a e c). Isso indica que doses moderadas favorecem o crescimento das plantas, enquanto doses superiores a esse valor tendem a reduzir a altura, possivelmente devido a efeitos tóxicos (Figura 2a).

Em relação à massa seca da parte aérea, a aplicação de selenato proporcionou incremento máximo de 2,6 g planta⁻¹ na dose de aproximadamente 0,6 mg Se kg⁻¹, sendo que doses superiores a essa reduziram a massa seca (Figura 2b e c). O selenito, por sua vez, não influenciou o acúmulo de biomassa do feijão-caupi com o aumento das doses, apresentando média geral de 2,7 g planta⁻¹ (Figura 2b e c).

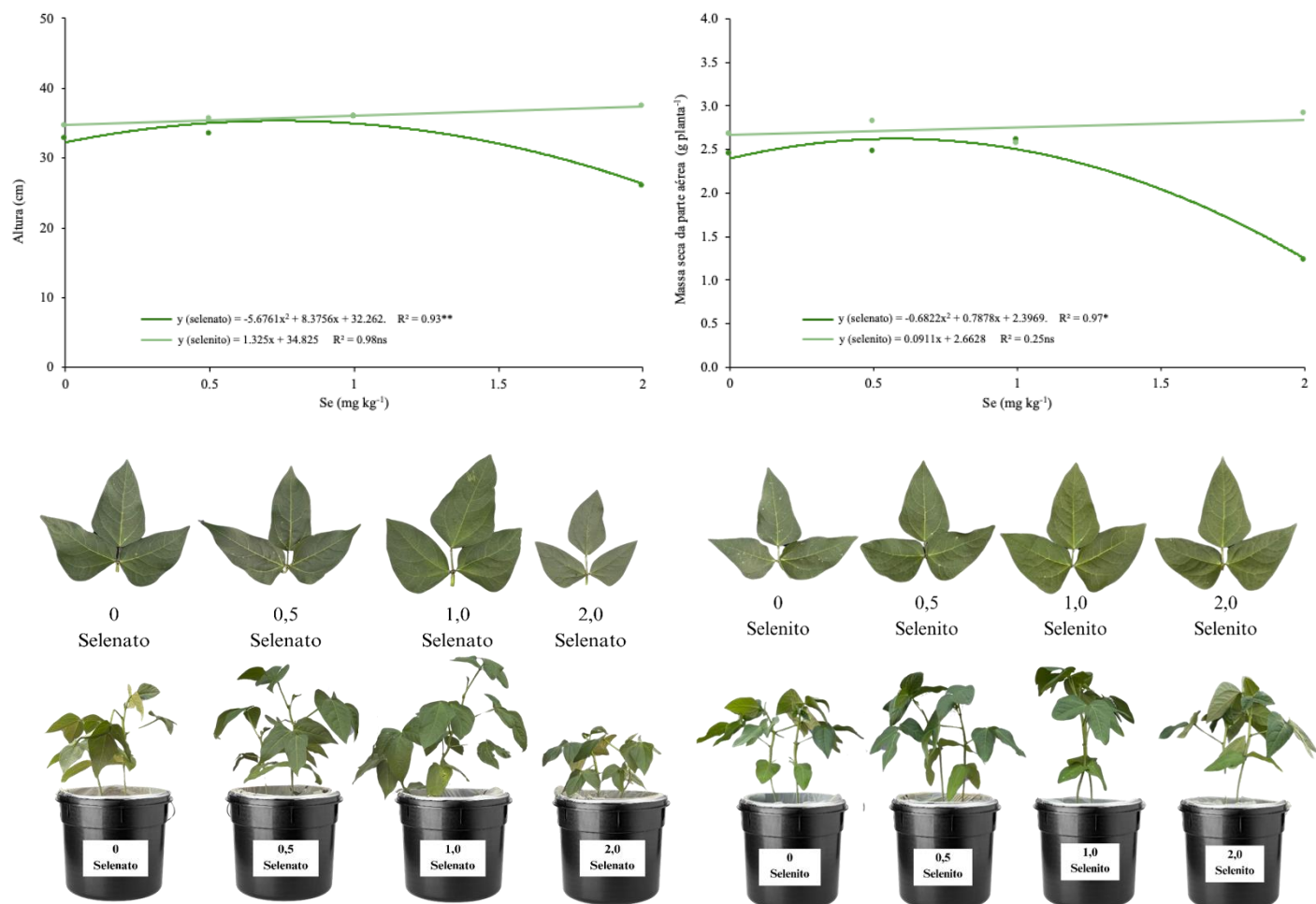


Figura 3. Altura de plantas (a) e massa seca da parte aérea (b) do feijão-caupi em função de doses e fontes de selênio. Comparativo visual do crescimento inicial e trifólios do feijão-caupi sob diferentes fontes e dosagens de Se (c). Significativo de acordo com o teste *F* a $p < 0,05^*$ e $p < 0,01^{**}$.

Quanto à massa seca das raízes, a dose mais eficiente para o selenato foi em torno de 1 mg kg⁻¹, na qual se observou o valor máximo da massa seca das raízes de 1,1 g planta⁻¹ (Figura 4). O selenito, novamente, apresentou uma relação linear não significativa, indicando um pequeno aumento na massa seca das raízes conforme as doses aumentaram (Figura 3).

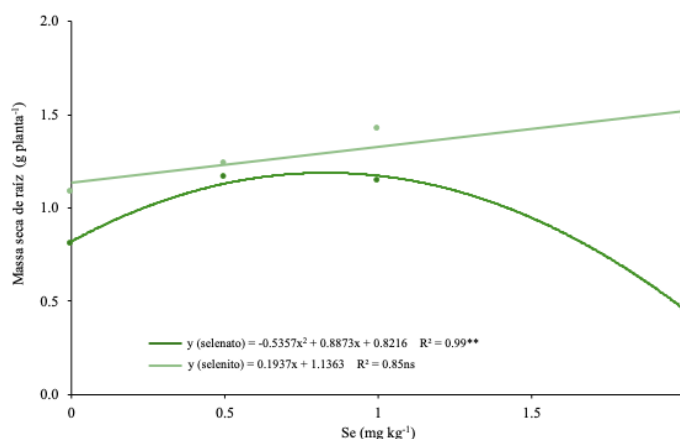


Figura 4. Massa seca de raiz do feijão-caupi em função de doses e fontes de selênio. Significativo de acordo com o teste *F* a $p < 0,05^*$ e $p < 0,01^{**}$.

4. DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo indicam que o Se, na forma de selenato, tem um efeito positivo sobre o crescimento e desenvolvimento do feijão-caupi, especialmente no número de nódulos, na massa seca da parte aérea e na massa seca das raízes.

Para o número de nódulos, o selenato favoreceu a nodulação, atingindo seu máximo na dose de 1 mg Se kg⁻¹. Esse efeito positivo pode ser atribuído à maior biodisponibilidade do selenato, que facilita a absorção e o metabolismo do Se pelas plantas, promovendo o desenvolvimento dos nódulos e, potencialmente, a FBN (CHEN et al., 2017). Já o selenito causou uma redução acentuada no número de nódulos, especialmente em doses mais altas, sugerindo efeitos tóxicos que prejudicam a formação dos nódulos e a simbiose com os fixadores de N (LI et al., 2018).

Em relação à massa seca de nódulos, o selenato gerou menor biomassa de nódulos do que o selenito, apesar de promover maior número de nódulos. Esse fenômeno pode ser explicado pela maior eficiência do selenato em estimular a nodulação, sem necessariamente resultar em maior crescimento das estruturas nodulares. No caso do selenito, a redução na biomassa de nódulos reforça a hipótese de que altas doses dessa forma de selênio podem ter efeitos adversos sobre o crescimento e desenvolvimento nodular, prejudicando não apenas o número, mas também o tamanho e a função dos nódulos (VASCONCELOS et al., 2019).

Com relação à viabilidade dos nódulos, o selenato foi o único tratamento a induzir um aumento significativo, com picos de viabilidade em doses em torno de 0,5 mg Se kg⁻¹, seguidos de declínio em doses mais altas. Esse comportamento pode estar relacionado ao efeito do selenato na ativação de processos metabólicos que favorecem a FBN, essencial para a viabilidade dos nódulos (ZHAO et al., 2016). O selenito, por sua vez, não apresentou variação

significativa na viabilidade dos nódulos, possivelmente devido à sua menor biodisponibilidade e efeitos tóxicos em doses elevadas (CHEN et al., 2017).

O selenato mostrou ser mais eficaz em doses moderadas, com picos de eficiência observados nas doses de 0,7 mg Se kg⁻¹ para a altura das plantas e 0,6 mg Se kg⁻¹ para a massa seca da parte aérea. Em doses elevadas, no entanto, o Se apresentou efeitos adversos, reduzindo o crescimento das plantas, possivelmente devido à toxicidade (SILVA et al., 2020; VASCONCELOS et al., 2019). Em contrapartida, o selenito não demonstrou respostas significativas para a maioria das variáveis, sugerindo uma menor eficácia em promover o crescimento e o desenvolvimento das plantas, possivelmente devido à sua menor biodisponibilidade.

Além disso, o selenato também demonstrou maior eficácia no aumento da massa seca da parte aérea e das raízes do feijão-caupi, com melhores resultados em doses moderadas (0,6 a 1 mg Se kg⁻¹). Esses efeitos podem ser atribuídos ao aumento da disponibilidade de Se para as plantas, promovendo o crescimento das raízes e da parte aérea, essenciais para a absorção de nutrientes e água, e, conseqüentemente, para o crescimento da planta como um todo. Por outro lado, o selenito teve um efeito mais gradual, com aumento leve da massa seca à medida que as doses aumentaram (SILVA et al., 2020).

Em suma, os dados deste estudo indicam que o Se aplicado na forma do selenato, em doses moderadas, é mais eficiente do que o selenito no favorecimento do crescimento e desenvolvimento do feijão-caupi, tanto em termos de nodulação quanto no crescimento radicular e da parte aérea. O selenito, embora tenha mostrado algum efeito positivo em doses baixas, apresentou um impacto negativo quando administrado em doses elevadas, o que sugere que o selenato é a forma de selênio mais adequada para otimizar o crescimento das plantas e melhorar a nodulação. Esses resultados têm implicações importantes para o uso de Se na agricultura, especialmente em cultivos de leguminosas, onde a nodulação e a FBN desempenham papel crucial na produtividade.

4. CONCLUSÃO

A aplicação de selenato promoveu máxima nodulação do feijão-caupi com a dose de 1,0 mg Se kg⁻¹, evidenciando seu potencial em incrementar a eficiência da FBN e contribuir para o manejo nutricional da cultura. Em contrapartida, o selenito apresentou eficácia limitada, com impacto negativo na nodulação e na biomassa em doses mais elevadas, sugerindo que seu uso deve ser cauteloso para evitar efeitos tóxicos. Esses resultados reforçam que o selenato é a forma de selênio mais eficiente e segura para otimizar o crescimento e o desempenho da cultura.

6. REFERÊNCIAS

- CHEN, X. et al. Effects of selenium on growth and nitrogen fixation in legumes. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 118, p. 245-251, 2017.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Perspectivas para a Agropecuária Safra 2017/2018. Brasília, v.5, 2017. Disponível em: https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_06_09_30_08_persp.
- CUNHA, M. L. O., DE OLIVEIRA, L. C. A., SILVA, V. M., MONTANHA, G. S., & DOS REIS, A. R. (2022). Selenium increases photosynthetic capacity, daidzein biosynthesis, nodulation and yield of peanuts plants (*Arachis hypogaea* L.). *Plant Physiology and Biochemistry*. 190, 231-239.
- FREIRE FILHO, F. R. Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p.
- FREIRE-FILHO, F. R.; RIBEIRO V. Q.; ROCHA, M. M.; SILVA, K. J. D.; NOGUEIRA, M. S.; RODRIGUES, E. V. Produção, melhoramento genético e potencialidades do feijão-caupi no Brasil. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84p.
- FENG, Y., et al. Role of Selenium in Plant Growth and Stress Tolerance. *Journal of Plant Physiology*, 2020.
- HUNGRIA, M.; MENDES, I. C.; MERCANTE, F. M. Tecnologia de fixação biológica do nitrogênio com o feijoeiro: viabilidade em pequenas propriedades familiares e em propriedades tecnificadas. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2013. 30 p. (Embrapa Soja. Documentos, 338).
- LANZA, M.G.D.B. V.M. SILVA, G.S. MONTANHA, J. LAVRES, H.W.P. DE CARVALHO, A.R. DOS REIS Assessment of selenium spatial distribution using μ -XFR in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) plants: integration of physiological and biochemical responses
- 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*, v. 164, p. 27–35, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.04.026>. Acesso em: 18 nov. 2024.
- LARA-CABEZAS, W. A. R.; PADUA, R. V. Eficiência e distribuição de nitrogênio aplicado em cobertura na cultura de milho consorciada com *Brachiaria ruziziensis*, cultivada no sistema Santa Fé. *Bragantia*, v. 66, p. 131-140, 2007. DOI: 10.1590/S0006-87052007000100016.
- LI, Y. et al. Selenium toxicity in plants: mechanisms and effects. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 25, p. 3606-3614, 2018.
- MOGHADDAM, R.A. HELLER, Q. SUN, J. SEELIG, A. CHERKEZOV, L. SEIBERT, L. S. CHOMBURG. Selenium deficiency is associated with mortality risk from COVID-19
- ORMEÑO-ORRILLO, E.; HUNGRIA, M.; MARTINEZ-ROMERO, E. Dinitrogen-fixing prokaryotes. In: ROSENBERG, E.; DELONG, E. F.; LORY, S.; STACKEBRANDT, E.; THOMPSON, F. (Eds.). *The Prokaryotes*. Berlin and Heidelberg: Springer-Verlag, 013. p. 427-451. DOI: 10.1007/978-3-642-30141-4_72.

ROCHA, D. F. et al. Desempenho do feijão-caupi a densidades de plantas na região Norte da Bahia. *Revista Agropecuária Técnica*, Areia, v. 40, n. 3-4, p. 48-54, 2019. DOI: 10.25066/agrotec.v40i3-4.45554

ROCHA, M. M.; DAMASCENO-SILVA, K. J.; MENEZES-JÚNIOR, J. A. N. Cultivares. In: VALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. Feijão-caupi: do plantio a colheita. Viçosa, MG: UFV, 2017. 267 p.

SCHIAVON, M., et al. Selenium Fertilization and Its Role in Enhancing the Nutritional Quality and Stress Resilience of Leguminous Crops. *Journal of Plant Nutrition*, 2017.

SCHIAVON, Michela; PILON-SMITS, Elizabeth A. H. The fascinating facets of plant selenium accumulation – biochemistry, physiology, evolution and ecology. *New Phytologist*, v. 213, n. 4, p. 1582–1596, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/nph.14378>. Acesso em: 18 nov. 2024.

SILVA, R.F.R. Tavanti, P.L. Gratão, T.D. Alcock, A.R. Dos Reis Selenate and selenite affect photosynthetic pigments and ROS scavenging through distinct mechanisms in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) walp) plants *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 201 (2020),

SILVA, M. B. O. et al. Desempenho agronômico de genótipos de feijão-caupi. *Revista de Ciências Agrárias*, [s. l.], v. 41, n. 4, p. 1059-1066, 2018. .

SILVA, M.S; TAVANTI, R. F. R I. Respostas fenotípicas, bioquímicas e fisiológicas induzidas pelo estresse por toxicidade do selênio em plantas de arroz: caracterização dos sintomas e ajuste metabólico da planta. *Ecology and Evolution*, v. 10, n. 24, p. 14119–14131, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110916>. Acesso em: 18 nov. 2024.

SOUZA, D. B. Acondicionamento de sementes de feijão-caupi em diferentes embalagens. Orientador: Ana Elisa Oliveira dos Santos. 2017. 26 p.Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Instituto Federalde Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina, 2017.

TEIXEIRA, L.S., Pimenta, T.M., Brito, FAL, Malheiros, R.S.P., Aruda, R.S., Araujo, W.L.. Ribeiro, D.M., 2021. Selenium uptake and grain nutritional quality are affected by nitrogen fertilization in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Cell Rep.* 40(5), 871-880.

TEIXEIRA, T. M., et al. Selenium Application and Nitrogen Accumulation in Cereal Crops. *Journal of Plant Science*, 2021.

VASCONCELOS, F. M. et al. Selenium in plants: physiological aspects and bioavailability in the soil. *Environmental and Experimental Botany*, v. 163, p. 16-22, 2019.

ZHAO, X. et al. Role of selenium in the nodulation and nitrogen fixation of legumes. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v. 179, p. 435-441, 2016.

ZILLI, J.É.; XAVIER, G.R.; RUMJANEK, N.G. BR 3262: nova estirpe de *Bradyrhizobium* para a inoculação de feijão-caupi em Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2008. 7p. (Embrapa Roraima. Comunicado técnico, 10).

ZILLI, J. E.; XAVIER, G. R.; MOREIRA, F. M. S.; FREITAS, A. C. R.; OLIVEIRA, L. A. Fixação biológica de nitrogênio. In: ZILLI, J. E.; VILARINHO, A. A.; ALVES, J. M. A. A cultura do feijão-caupi na Amazônia brasileira. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2009a. Cap. 5, p. 185-221.

