



Influência de diferentes fertilizantes foliares na nutrição mineral, produtividade e incidência de mancha-preta cultivado na região centro-oeste do Paraná

Amós Medina¹; Gustavo Soares Wennek²; Reni Saath³; Nathália de Oliveira Sá³; Gustavo Lopes Pereira³

¹Centro Estadual de Educação Profissional Agrícola de Campo Mourão

²Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI)

³Universidade Estadual de Maringá

Autor para correspondência e-mail: amosbueno@outlook.com

Palavras-Chave

Arachis hypogaea L.;
produtividade;
nutrição.

Keywords:

Arachis hypogaea L.;
yield;
nutrition.

Resumo: A nutrição é um fator essencial para o desenvolvimento e rendimento das plantas, sendo realizada por meio de adubação de base, cobertura e foliar. Entretanto, a adubação foliar tem a eficiência variável por diferentes condições. O estudo tem como objetivo analisar a eficiência da aplicação de diferentes produtos foliares sobre o amendoim. O experimento foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições, sendo quatro fertilizantes foliares e a testemunha. Os parâmetros analisados foram o acúmulo de nutrientes nas folhas do amendoim, a produtividade da cultura e a incidência de mancha preta. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey com 5% de significância, além da análise de correlação. A aplicação foliar de fertilizantes influenciou positivamente o acúmulo de nutrientes no tecido vegetal, especialmente em relação ao fósforo, potássio e enxofre. Além disso, foi verificada relação entre a nutrição e a incidência de mancha-preta. A produtividade da cultura foi superior com a aplicação de fertilizantes foliares, com resposta variável com o produto utilizado.

Abstract: Nutrition is a critical factor for plant development and productivity, and it is achieved through basal, topdressing, and foliar fertilization. However, the efficiency of foliar fertilization can vary depending on environmental and physiological conditions. This study aimed to evaluate the efficiency of different foliar products applied to peanut (*Arachis hypogaea* L.). The experiment was conducted in a completely randomized design with five treatments and four replications, comprising four foliar fertilizers and one control. The evaluated parameters included nutrient accumulation in peanut leaves, crop yield, and the incidence of early leaf spot. Data were subjected to analysis of variance (ANOVA), and treatment means were compared using Tukey's test at a 5% significance level. Additionally, correlation analysis was performed. Foliar fertilization positively influenced nutrient accumulation in plant tissues, particularly phosphorus, potassium, and sulfur. Furthermore, a relationship was observed between nutritional status and the incidence of early leaf spot. Crop yield was higher with foliar fertilizer application, although responses varied depending on the product used.

Introdução

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma leguminosa de importância econômica e social no Brasil, cultivada tanto para produção de óleo quanto para consumo direto e utilização na indústria alimentícia. A cultura apresenta adaptação a diferentes condições edafoclimáticas e potencial para ser explorada em sistemas de rotação e sucessão, especialmente em solos arenosos e de cerrado (Zhang et al., 2024; Oliva-Cruz et al., 2024), com potencial de expansão na região sul do país, principalmente no estado do Paraná (Pereira et al., 2023).

A nutrição adequada é um dos principais fatores para alcançar o potencial produtivo da cultura. No entanto, limitações no fornecimento de nutrientes pelo solo, principalmente em sistemas de sequeiro ou em solos de baixa fertilidade, comprometem o desenvolvimento das plantas. Nesse contexto, a adubação foliar é uma prática complementar promissora, permitindo a suplementação de nutrientes em fases críticas do ciclo da cultura. Essa técnica favorece a correção rápida de deficiências nutricionais e pode promover ganhos significativos na produtividade e qualidade dos grãos (Fernández et al., 2021; Sharma et al., 2023).

A eficácia da adubação foliar depende de diversos fatores, como a composição química da formulação, o pH da solução, a presença de compostos orgânicos ou quelantes, além das condições ambientais no momento da aplicação (Ishfaq et al., 2022). Nutrientes como potássio, fósforo e enxofre são mais prontamente absorvidos quando aplicados via folha, enquanto cátions como cálcio e magnésio requerem formulações específicas para ultrapassar a barreira cuticular (Taiz et al., 2024). Micronutrientes como zinco, cobre, manganês e boro, por sua vez, são essenciais para funções fisiológicas e estruturais das plantas, e sua aplicação foliar tem sido associada ao fortalecimento da defesa vegetal e ao aumento da eficiência fotossintética (Jan et al., 2023).

Considerando os benefícios potenciais da adubação foliar, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de diferentes formulações de fertilizantes foliares sobre o acúmulo de macro e micronutrientes em folhas de amendoim, a produtividade e a incidência de mancha-preta (*Pseudocercospora personata*), sob condições de cultivo em sequeiro no centro-oeste do Paraná.

MATERIAIS E MÉTODOS

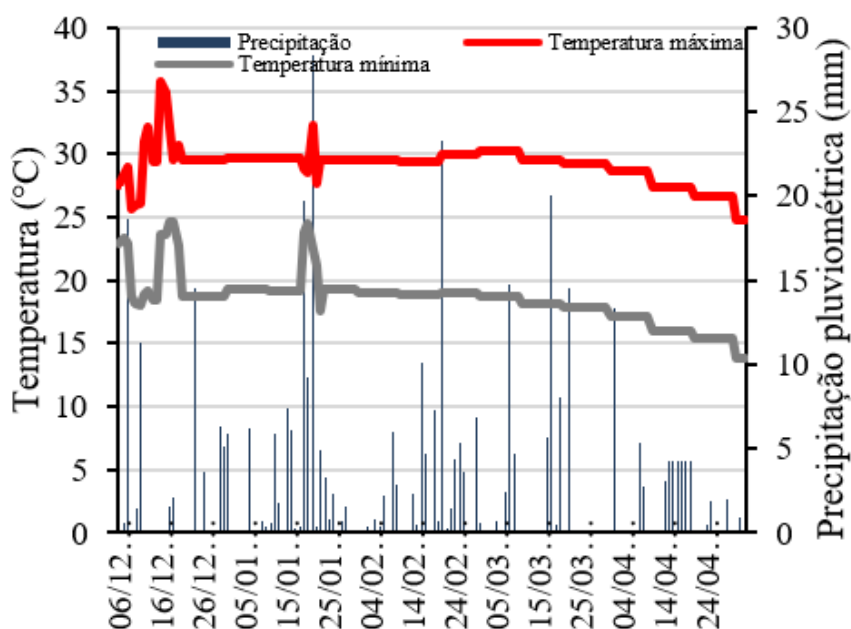
O estudo foi conduzido no Centro Estadual de Educação Profissional Agrícola de Campo Mourão (Figura 1) no município de Campo Mourão-PR. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram aplicação de 4 fertilizantes via foliar (Tabela 1) e 1 testemunha. As parcelas (unidades experimentais) apresentavam dimensão de 3,6 x 3,0 m, sendo compostas por 4 linhas, sendo as 2 linhas centrais referentes a área útil da parcela.

Tabela 1. Composição química dos fertilizantes utilizados no experimento.

Produto	Composição
Produto 1	12% de N e 3% de P_2O_5
Produto 2	3,5% N, 8% carbono orgânico total, 2,5% P_2O_5 , 2,5% K_2O , 0,5% S, 4% Mo, 2% Mn e 1% Ni
Produto 3	2% de N
Produto 4	6,2% de N e 19% de carbono orgânico total

Fonte: Autores (2025).

O cultivo do amendoim foi realizado em sistema sequeiro. Os dados de temperatura (máxima e mínima) e índices pluviométricos na área experimental, no período que compreende o cultivo, são apresentados na Figura 1.

Figura 1. Temperatura e índice de precipitação na área experimental durante a condução do experimento.

Fonte: Autores (2025).

O solo na área experimental é caracterizado como LATOSSOLO Vermelho distrófico (Santos et al., 2018) com textura argilosa, sendo a caracterização química, na camada de 0 a 20 cm de profundidade: pH CaCl_2 de 6,30, matéria orgânica: 2,58 %; cálcio: 4,70 cmolc dm^{-3} , magnésio: 1,30 cmolc dm^{-3} , potássio: 0,83 cmolc dm^{-3} , fósforo: 9,97 mg dm^{-3} , enxofre: 7,16 mg dm^{-3} , cobre: 18,48 mg dm^{-3} , ferro: 79,98 mg dm^{-3} , manganês: 328,14 mg dm^{-3} e zinco: 2,82 mg dm^{-3} . A adubação de base foi realizada considerando os níveis de nutrientes no solo e as recomendações para cultura do Manual de Adubação e Calagem do estado do Paraná (Pauletti, Motta, 2019), sendo aplicado 75 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 60 kg ha^{-1} de K_2O . Como fonte de nutrientes foi utilizado superfosfato simples (18% de P_2O_5) e cloreto de potássio (60% K_2O), sendo aplicados na linha de semeadura.

O solo foi previamente preparado, utilizando subsolador e grade niveladora. As linhas de semeadura apresentavam espaçamento de 0,9 m entre linhas e profundidade aproximada de 5 + 2 cm. Foi utilizado sementes da cultivar BRS 425 OL, sendo adotado densidade de 16 sementes por metro. O controle de plantas daninhas foi realizado com a aplicação de Select® e controle mecânico (capina manual).

O controle de doenças foi realizado com fluxapiroxade (167 g L^{-1}) + piraclostrobina (333 g L^{-1}) na dose de 0,35 L ha^{-1} . O controle de pragas envolveu a aplicação de tiametoxam (141 g L^{-1}) + lambda-cialotrina (106 g L^{-1}) na dose de 0,15 L ha^{-1} . O manejo de plantas daninhas foi realizado por meio da aplicação de clethodim (240 g L^{-1}), na dose de 0,45 L ha^{-1} , aos 21 dias após a semeadura, sendo complementado com capina manual.

Foram coletadas amostras de tecido foliar, no início do estágio reprodutivo, para quantificação de acúmulo nutrientes. As determinações foram realizadas conforme procedimentos descritos no Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes (Silva, 2009) na Universidade Estadual de Maringá. Aos 100 dias após a semeadura foi realizada avaliação da incidência de mancha-preta (*Pseudocercospora personata*) no amendoim, sendo adotado a escada diagramática (1-6).

A determinação da produtividade foi realizada ao final do ciclo da cultura. Foram coletadas amostras na área útil da parcela, sendo submetidas a lavagem e secagem natural, até atingir umidade próximo a 10 %bs. As amostras apresentaram a massa quantificada em balança analítica e a umidade real determinada pelo método gravimétrico. A produtividade das parcelas foi padronizada para 8 % bs, sendo expressa em kg ha^{-1} de vagem.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey com 5% de significância.

Resultados e discussão

O acúmulo de nutrientes apresentou variação significativa para os macronutrientes, com exceção do nitrogênio e enxofre, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Acúmulo de macronutrientes na cultura do amendoim, submetida a aplicação foliar de diferentes fertilizantes. Campo Mourão-PR, safra 2023/2024.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
Testemunha	32,82 ^{ns}	1,29 b	19,48 b	15,78 c	9,97 a	1,47 ^{ns}
Produto 1	33,46	1,48 a	20,54 a	16,22 b	8,11 b	1,53
Produto 2	33,50	1,43 a	21,43 a	17,37 a	8,71 b	1,55
Produto 3	33,58	1,39 a	20,75 a	15,78 c	8,22 b	1,55
Produto 4	34,17	1,48 a	23,82 a	16,58 b	8,14 b	1,57
Média	33,42	1,42	21,77	16,91	8,68	1,54
CV(%)	3,79	12,85	17,76	9,66	12,75	3,65

ns- não significativo ($p>0,05$). Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com 5% de significância.

Fonte: Autores (2025).

A absorção de nutrientes via foliar é influenciada por múltiplos fatores, incluindo a composição da solução, o pH, a presença de surfactantes, a espessura da cutícula foliar, as condições ambientais (temperatura, umidade relativa, radiação solar) e a fase fenológica da planta (Malavolta, 2006). Nutrientes catiônicos como Ca^{2+} e Mg^{2+} têm dificuldade de penetração, exigindo formulações que favoreçam sua mobilidade. Elementos como N-NH_4^+ e K^+ são absorvidos mais rapidamente.

No presente estudo, o produto 4, com 6,2% de N e 19% de carbono orgânico total, proporcionou acúmulo superior de N, P, K e S, sugerindo que a presença de compostos orgânicos tenha favorecido a absorção foliar. Compostos orgânicos podem atuar como complexantes e aumentar a permeabilidade da cutícula. Já o produto 2, que contém Mo, Mn e Ni, favoreceu o acúmulo de Ca, o que pode estar relacionado à sinergia entre micronutrientes e processos enzimáticos. De acordo com Fernández et al. (2021), compostos com carbono orgânico favorecem a adesão, a penetração e o transporte de nutrientes na folha, especialmente sob condições de baixa umidade relativa.

A ausência de diferenças significativas no teor de N pode estar associada à fixação biológica de nitrogênio, típica da cultura do amendoim (*Arachis hypogaea*), por meio da simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Essa associação supre parte da demanda por N da planta, reduzindo o impacto da adubação foliar desse elemento (Ferreira et al., 2018).

Na tabela 3 são apresentados os teores de micronutrientes foliares no amendoim em função dos produtos aplicações, sendo que o fero não apresentou variação significativa.

Tabela 3. Acúmulo de micronutrientes na cultura do amendoim, submetida à aplicação foliar de diferentes fertilizantes. Campo Mourão-PR, safra 2023/2024.

Tratamento	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	mg kg ⁻¹				
Testemunha	1039,18 ^{ns}	17,02 c	61,18 b	136,50 b	54,54 b
Produto 1	946,82	55,33 b	55,99 c	144,53 b	50,34 c
Produto 2	613,12	61,14 b	57,97 b	225,31 a	56,02 a
Produto 3	1364,18	65,10 a	82,97 a	120,01 b	57,22 a
Produto 4	753,17	60,18 b	49,77 c	132,77 b	55,40 b
Média	913,87	55,74	60,36	143,85	53,66
CV (%)	42,75	30,82	27,63	40,82	8,86

ns- não significativo ($p>0,05$). Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com 5% de significância.

Fonte: Autores (2025).

A aplicação foliar de micronutrientes apresentou respostas variáveis conforme o produto utilizado. O produto 3, mesmo com menor teor declarado de nutrientes, apresentou os maiores valores de Fe, Zn, Mn e B, demonstrando que a eficiência de absorção pode ser mais relevante que a concentração total do elemento. O produto 2, por sua vez, destacou-se na absorção de Mn e B. Nutrientes como Zn, Mn e B possuem baixa mobilidade na planta e exigem reaplicações para atingir novos tecidos. Além disso, desempenham papéis fundamentais na fotossíntese, respiração e integridade da parede celular. Segundo Marschner (2012), o Zn participa da ativação de enzimas e estabilização de membranas, enquanto o Mn é essencial para a fotossíntese e o B regula o metabolismo de carboidratos e a formação da parede celular.

Na tabela 4 será apresentado a produtividade e a incidência de mancha preta no amendoim no município de Campo Mourão da safra 2023/2024, comparada ao uso de 4 produtos e 1 testemunha.

Tabela 4. Produtividade e incidência de mancha no amendoim cultivado no município de Campo Mourão-PR, safra 2023/2024.

Tratamento	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Incidência de mancha preta
Testemunha	1336,90 e	3,50 d
Produto 1	2718,62 d	1,75 b
Produto 2	3308,78 c	1,76 b
Produto 3	4334,10 b	1,90 b
Produto 4	3775,38 c	2,10 c
Média	3419,51 c	2,11 c
CV(%)	42,79	32,02

ns- não significativo ($p>0,05$). Letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott com 5% de significância.

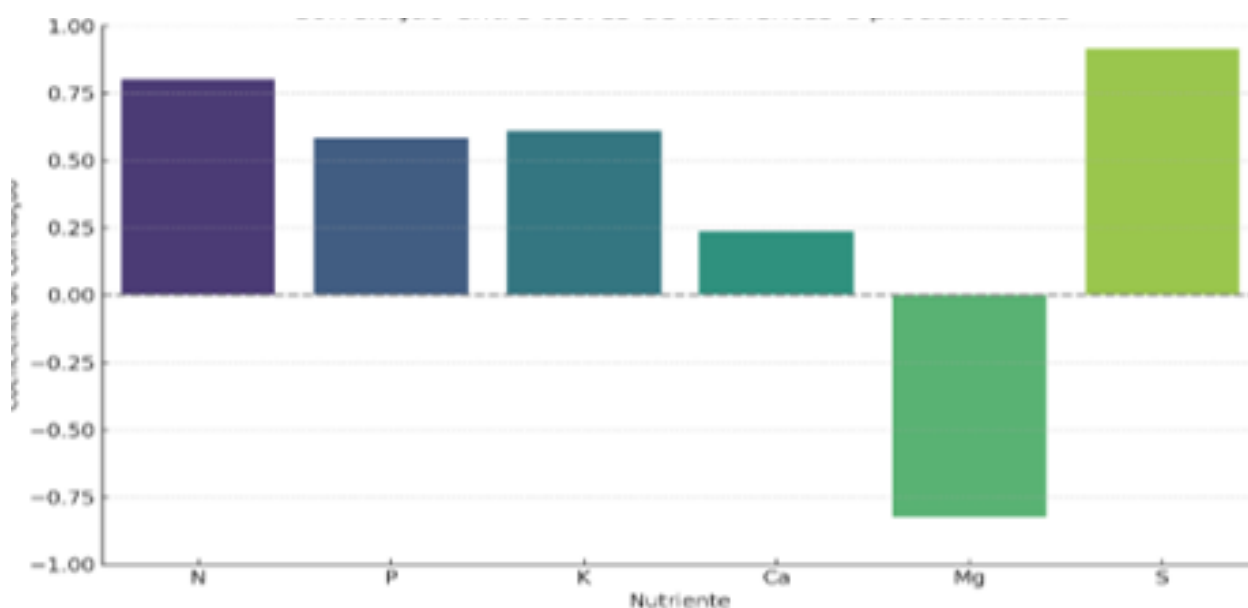
Fonte: Autores (2025).

A produtividade foi positivamente influenciada pela adubação foliar, com destaque para o produto 3, que resultou na maior produtividade (4334,10 kg ha⁻¹) e baixa incidência de mancha preta. Nutrientes como Zn, Mn e B, fornecidos em maiores quantidades por esse tratamento, estão diretamente associados à ativação de mecanismos de defesa das plantas, inclusive via regulação de enzimas antioxidantes e fortalecimento da parede celular. De acordo com Marschner (2012), uma nutrição equilibrada é essencial para a resistência a patógenos, reduzindo a severidade de doenças fúngicas como a mancha preta (*Pseudocercospora personata*).

Xavier et al. (2019) observaram incrementos significativos na produtividade de oleaginosas com o uso de micronutrientes foliares. A melhoria da sanidade vegetal pode estar associada à ativação de rotas metabólicas que aumentam a produção de compostos fenólicos e lignina, elementos fundamentais para a barreira física contra infecções.

Na Figura 2 é apresentado a correlação entre os teores de macronutrientes nas folhas e a produtividade do amendoim.

Figura 2. Correlação entre teores de macronutrientes nas folhas e produtividade do amendoim.

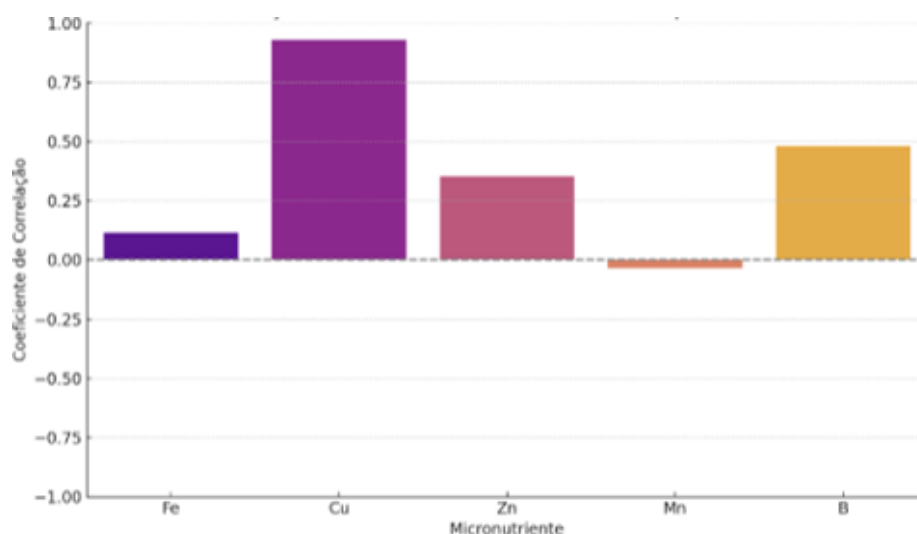


Fonte: Autores (2025).

A elevada correlação positiva entre teores foliares de enxofre e produtividade indica que, no amendoim, a suficiência de S pode acelerar a síntese de aminoácidos sulfurados e óleos, refletindo em maior rendimento. Essa observação converge com os achados de Cordeiro et al. (2024), que demonstraram que a aplicação foliar de boro em combinação com fontes ricas em enxofre elevou em até 19 % o rendimento de grãos em solos arenosos de baixa disponibilidade de B (Cordeiro et al., 2024). Por outro lado, a fraca correlação de magnésio indica que teores elevados de Mg foliar não se traduzem em ganhos de produtividade neste experimento, fenômeno relatado por Li et al. (2022), que observaram que, embora o uso de quelatos de Ca-Mg melhore a absorção foliar, não há necessariamente aumento linear na produção. Esses resultados ressaltam que nem todo macronutriente foliar tem efeito direto sobre rendimento, dependendo da interação entre formulação, momento de aplicação e mobilidade no floema.

Na Figura 3 é apresentado a correlação entre os teores de macronutrientes nas folhas e a produtividade do amendoim.

Figura 3. Correlação entre teores de micronutrientes nas folhas e produtividade do amendoim.



Fonte: Autores (2025).

O cobre apresentou a maior associação positiva com produtividade, sugerindo seu papel crítico em reações redox e síntese proteica em amendoim. O boro também mostrou correlação moderada e positiva, corroborando o estudo de Cordeiro et al. (2024), no qual aplicações foliares de 400 g ha⁻¹ de B elevaram o teor foliar em 36–53 % e melhoraram o rendimento de grãos.

A associação entre a composição dos produtos, com ênfase na presença de carbono orgânico e micronutrientes como B, Mn e Zn, e os efeitos agrônômicos observados, fornece subsídios relevantes para o manejo nutricional via foliar em leguminosas, demonstrando o potencial de algumas formulações em melhorar a produtividade e reduzir a severidade de doenças foliares.

Apesar dos resultados promissores observados, o presente estudo não avaliou aspectos fisiológicos e bioquímicos diretamente relacionados à eficiência da absorção foliar, como condutância estomática, atividade enzimática antioxidante ou indicadores de estresse oxidativo. Além disso, não foram realizados monitoramentos ao longo do ciclo da cultura para verificar a persistência e mobilidade dos nutrientes aplicados, nem a influência das condições microclimáticas no momento das pulverizações. Portanto, são necessários novos estudos que incorporem variáveis fisiológicas, análises em diferentes estádios fenológicos e simulações de cenários climáticos diversos, a fim de elucidar melhor os mecanismos de ação e a eficiência agrônômica dos fertilizantes foliares aplicados ao amendoim.

Conclusão

A aplicação foliar de fertilizantes influenciou positivamente o acúmulo de nutrientes no tecido vegetal, especialmente em relação ao fósforo, potássio e enxofre. Além disso, foi verificado relação entre a nutrição e a incidência de mancha-preta.

A produtividade da cultura foi superior com a aplicação de fertilizantes foliares, com resposta variável com o produto utilizado.

Referências

- CORDEIRO, C. F. S. et al. Boron nutrition improves peanuts yield and seed quality in a low B sandy soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.48, e0230043, 2024.
- FERNÁNDEZ V.; SOTIROPOULOS T.; BROWN P. Foliar fertilization: scientific principles and field practices. **Agronomy**, v.11, n.9, e1811, 2021.
- FERREIRA, E. P. B.; STONE, L. F.; MARTIN-DIDONET, C. C. G. População e atividade microbiana do solo em sistema agroecológico de produção. **Revista Ciência Agronômica**, v.48, n.1, p.22–31, 2018.
- ISHFAQ, M.; KIRAN, A.; REHMAN, H.; FAROOQ, M.; IJAZ, N.H.; NADEEM, F.; AZEM, I.; LI, X.; WAKEEL, A. Foliar nutrition: potential and challenges under multifaceted agriculture. **Environmental and Experimental Botany**, v.200, e104909, 2022.
- LI, T. et al. Spraying sorbitol-chelated calcium affected foliar calcium absorption and promoted the yield of peanut (*Arachis hypogaea* L.). **Frontiers in Plant Science**, v.13, p.1-12, 2022.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.
- MARSCHNER, H. **Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3rd ed. Academic Press, 2012.
- PAULETTI, V.; MOTTA, A.C.V. **Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná**. 2.ed. Curitiba: SBCS-NEPAR, 2019.
- OLIVA-CRUZ M et al. Agronomic behavior of peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars under different densities in Paraná. **Agronomy**, v.14, n.9, e1905, 2024.
- PEREIRA, G.L. et al. Análise agronômica do cultivo de amendoim no Noroeste do Estado do Paraná. RAMA - **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 16, p. 1-10, 2023.
- SAATH, R.; T.M.F. Physiological quality of stored peanut seeds. **Engenharia Agrícola**, v. 45, p. 1, 2025.
- SHARMA, S.; Foliar Application of Humic Acid with Fe Supplement Improved Rice, Soybean, and Lettuce Iron Fortification. **Agriculture**, v.13, n.1, e132, 2023.
- SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2th ed. rev. and exp. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2024
- XAVIER, M. C. G.; SANTOS, C. A.; COSTA E. S. P.; CARMO, M. G. F. Produtividade de repolho em função de doses de bokashi. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.6, n.1, p.17–22, 2019.
- ZHANG, Y. et al. Silicon compensates phosphorus deficit-induced growth inhibition by improving photosynthetic capacity, antioxidant potential, and nutrient homeostasis in tomato. **Agronomy**, v.9, n.11, 733, 2019.