

ANÁLISE DE CLOROFILAS NA CULTURA DO FEIJÃO (*VIGNA UNQUIGUILATA*) EM DUAS FASES TEMPORAIS

FREITAS¹, José; NETO¹, Manoel; VIANA¹, Wanderley

¹Universidade Federal da Paraíba, UFPB – Campus III – Bananeiras.

E-mail do autor correspondente: jtf@academico.ufpb.br

RESUMO: O feijão caupi é uma cultura de destaque em regiões tropicais, e o teor de clorofilas representa importante indicador fisiológico. Este estudo avaliou o efeito de doses de zinco, da aplicação de biofertilizante e de dois períodos de avaliação nos teores de clorofila A, B e total. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, em esquema fatorial 5 x 2, com avaliações em dois períodos. Os dados foram analisados por modelos lineares mistos, considerando bloco como efeito aleatório. Apenas o fator Período apresentou efeito significativo ($p < 0,01$), com maiores teores de clorofilas no primeiro período. As doses, biofertilizante e todas as interações não influenciaram significativamente as variáveis estudadas. Conclui-se que a variação nos pigmentos foliares está associada majoritariamente à dinâmica temporal da cultura, e não aos tratamentos aplicados.

Palavras-chave: feijão caupi; zinco; biofertilizante; pigmentação foliar.

Introdução

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.) é uma leguminosa de grande importância no semiárido brasileiro, destacando-se pela rusticidade, valor nutricional e relevância social para a agricultura familiar [1]. A baixa disponibilidade de micronutrientes, especialmente zinco (Zn), pode comprometer processos fisiológicos essenciais, incluindo síntese de clorofilas e fotossíntese [2,3]. Nesse cenário, a biofortificação ecológica surge como estratégia sustentável para elevar a concentração de micronutrientes nas plantas, promovendo melhorias fisiológicas e nutricionais [4,5].

Além da aplicação direta de nutrientes, o uso de biofertilizantes contendo microrganismos eficientes (EM) tem ganhado destaque por favorecer a solubilização e a disponibilidade de nutrientes, melhorar as propriedades biológicas do solo e modular respostas fisiológicas associadas ao metabolismo vegetal [6,7]. A interação entre EM e Zn

pode potencializar mecanismos de absorção e redistribuição de micronutrientes, repercutindo na dinâmica dos pigmentos fotossintéticos.

Entre os indicadores do estado funcional da planta, as clorofilas A, B e Total constituem variáveis fisiológicas sensíveis, amplamente utilizadas para quantificar alterações fotoquímicas decorrentes de práticas de manejo e de condições ambientais [3,8]. Objetivou-se, avaliar o efeito de doses de Zn e da aplicação de biofertilizante EM sobre os teores de clorofila em feijão caupi, visando compreender respostas fisiológicas que subsidiem estratégias de biofortificação ecológica.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em casa de estufa sob temperatura controlada do laboratório de Solos, do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), entre os meses de julho a outubro de 2025. Utilizou-se o Delineamento de Blocos Casualizados (DBC), no qual foram observados os efeitos de diferentes doses de (Zn), associado à presença e ausência da aplicação do (ME), na cultura do feijão caupi (*Vigna unguiculata*).

As sementes utilizadas neste trabalho, são oriundas do experimento realizado em campo, no qual foram testadas cinco doses de (Zn) (1,03; 2,06; 3,09; 4,12; 5,15 mg/L), com dois tratamentos para cada dose associado à presença e ausência do ME, totalizando dez (10) combinações. Dessa forma, o experimento atual foi repetido em quatro blocos, perfazendo um total de quarenta (40) parcelas. As análises de clorofilas foram coletadas com clorófilo portátil em dois (2) períodos durante a manhã, sendo o primeiro período na segunda semana de setembro, e o segundo na quarta semana.

A análise estatística foi conduzida no software Jamovi 2.5, utilizando modelos lineares mistos com bloco como efeito aleatório. Para apoio redacional e aprimoramento da clareza metodológica, empregou-se a ferramenta ChatGPT (OpenAI, 2025). A IA foi utilizada apenas para revisão textual, sem influência nos dados, análises ou interpretações científicas.

Resultados e Discussão:

A Tabela 1 sintetiza o comportamento das clorofilas entre os dois períodos avaliados.

Tabela 1. Estatística descritiva das clorofilas com combinações entre Dose e Biofertilizante.

	Período	N	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Clorofila A	1	40	34.51	4.47	24.00	42.6
	2	40	30.83	3.94	22.70	39.9
Clorofila B	1	40	10.88	3.43	6.50	19.9
	2	40	9.11	2.38	5.36	15.9
Clorofila Total	1	40	45.39	7.76	31.40	62.5
	2	40	39.94	6.16	28.06	55.8

Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise descritiva por período evidencia diferenças consistentes nas concentrações de pigmentos fotossintéticos ao longo do experimento. Para todas as variáveis avaliadas (Clorofila A, Clorofila B e Clorofila Total), o Período 1 apresentou valores médios superiores ao Período 2, sugerindo que as condições do primeiro período favoreceram maior acúmulo de clorofilas nas plantas.

Os resultados sugerem que o Período 1 apresentou condições ambientais mais favoráveis ao acúmulo de clorofilas (talvez maior luminosidade, estabilidade térmica, menor estresse). A queda simultânea nas três variáveis indica que a diferença entre períodos é consistente e fisiologicamente significativa.

A tabela 2 refere-se a ANOVA sobre as variáveis avaliadas contento o (F) calculado, (gl) graus de liberdade e (p) da probabilidade de os efeitos serem nulos.

Tabela 2. Análise de variância aplicada às variáveis Clorofila A, Clorofila B e Clorofila Total

Fonte de Variação	Clorofila A (F; gl; p)	Clorofila B (F; gl; p)	Clorofila Total (F; gl; p)
Dose	1.133; 4,57; 0.350	0.678; 4,57; 0.610	0.907; 4,57; 0.466
Biofertilizante	3.429; 1,57; 0.069	2.686; 1,57; 0.107	3.271; 1,57; 0.076
Período	16.375; 1,57; <0.001	7.755; 1,57; 0.007	13.078; 1,57; <0.001
Dose × Biofertilizante	1.907; 4,57; 0.122	2.019; 4,57; 0.104	1.996; 4,57; 0.107

Dose × Período	0.762; 4,57; 0.554	0.473; 4,57; 0.755	0.612; 4,57; 0.655
Biofertilizante × Período	0.357; 1,57; 0.552	0.549; 1,57; 0.462	0.453; 1,57; 0.504
Dose × Biofertilizante × Período	0.823; 4,57; 0.516	0.927; 4,57; 0.455	0.823; 4,57; 0.516

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Anova permitiu identificar quais fatores explicam diferenças significativas nos teores de pigmentos avaliados. Os fatores incluídos no modelo foram Dose, Biofertilizante, Período e todas as interações até terceira ordem, considerando Bloco como efeito aleatório.

Os parâmetros estimados do modelo indicam que o Período 2 apresentou valores significativamente menores de clorofila B em relação ao Período 1 ($p = 0,007$). Nenhum nível de Dose diferiu significativamente da Dose 1 controle ($p > 0,150$), e o biofertilizante não apresentou efeito significativo ($p = 0,107$). Todas as interações entre Dose, Biofertilizante e Período foram não significativas ($p > 0,10$), reforçando que o efeito do Período é independente dos demais fatores.

O efeito de Período, o único fator realmente consistente no qual apresentou efeito altamente significativo para Clorofila A ($F = 16.375$; $p < 0.001$), Clorofila B ($F = 7.755$; $p = 0.007$) e Clorofila Total ($F = 13.078$; $p < 0.001$). Isso indica que os dois períodos avaliados diferem sistematicamente entre si, influenciando de forma consistente a concentração de clorofilas.

Os resultados reforçam que as alterações nos teores de clorofilas foram determinadas sobretudo pelo período de avaliação, enquanto os tratamentos aplicados não exerceram efeito mensurável sobre a pigmentação foliar nas condições do estudo. Além disso, observou-se ausência de efeito isolado para os fatores de dose-biofertilizante.

Os fatores Dose e Biofertilizante, avaliados separadamente, não apresentaram efeito significativo ($p > 0,05$) em nenhuma das três variáveis, sendo não significativo para A, B ou Total. Biofertilizante apresenta tendência fraca apenas para Clorofila Total ($p = 0.076$), mas não significativa. Por tanto, as variações de dose e a aplicação ou não de biofertilizante não alteraram os teores de clorofila. As respostas observadas são consistentes e independentes, reforçando que somente o período influencia as clorofilas.

Desse modo, a análise de variância indicou que apenas o fator Período influenciou significativamente as concentrações de clorofila A, B e total ($p < 0,01$), revelando variações

fisiológicas entre as épocas de avaliação. Os fatores Dose e Biofertilizante, bem como suas interações, não apresentaram efeitos significativos ($p > 0,05$).

Conclusões

Apenas o fator Período afetou significativamente as clorofilas A, B e total, que apresentaram redução no segundo momento. As variáveis independentes Zn, biofertilizante, nem suas interações influenciaram a pigmentação foliar, sugerindo que a variação observada foi determinada principalmente por fatores fisiológicos e ambientais associados ao tempo de avaliação.

Agradecimentos:

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisa e a Universidade Federal da Paraíba pelo apoio financeiro e pela concessão da bolsa pós-graduação, fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa e o fortalecimento das atividades científicas vinculadas ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias.

Referências:

- [1] FREIRE FILHO, F. R. Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético e sustentabilidade. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011.
- [2] CAKMAK, I. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification? Plant and Soil, v. 302, p. 1–17, 2008.
- [3] TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- [4] WHITE, P. J.; BROADLEY, M. R. Biofortification of crops with micronutrients. Annals of Botany, v. 104, p. 1–23, 2009.
- [5] SILVA, A. S. et al. Desempenho fisiológico do feijão-caupi em condições semiáridas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2022.
- [6] HIGA, T.; PARR, J. F. Beneficial Microorganisms in Agriculture, Fisheries and Forestry. Okinawa: EMRO, 2014.
- [7] ARAÚJO, F. F. et al. Micro-organismos eficientes e suas aplicações na agricultura. Revista Agroecossistemas, v. 12, p. 1–10, 2020.
- [8] PORRA, R. J.; THOMPSON, W. A.; KRIEDEMANN, P. E. Determination of accurate extinction coefficients for chlorophylls a and b. Biochimica et Biophysica Acta, v. 975, p. 384–394, 1989.