

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Soja
Ministério da Agricultura e Pecuária

ISSN 3085-9514

***Eventos Técnicos
& Científicos***



Junho, 2026

**Resumos expandidos
21ª Jornada Acadêmica
da Embrapa Soja**

30 de junho e 1º de julho de 2026
Londrina, PR

Embrapa Soja
Londrina, PR
2026

Embrapa Soja

Rod. Carlos João Strass, s/n
Acesso Orlando Amaral, Caixa postal
4006, CEP 86085-981, Distrito de
Warta, Londrina, PR
(43) 3371 6000
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Roberta Aparecida Carnevali

Secretária-executiva

*Regina Maria Villas Bôas
de Campos Leite*

Membros

*Adonis Moreira, Clara Beatriz
Hoffmann-Campo, Claudine Dinali
Santos Seixas, Claudio Guilherme
Portela de Carvalho, Fernando
Augusto Henning, Leandro Eugênio
Cardamone Diniz, Liliane Márcia
Mertz-Henning, Maria Cristina Neves
de Oliveira*

Organização da publicação

*Regina Maria Villas Bôas
de Campos Leite
Liliane Márcia Mertz-Henning
Kelly Catharin*

Normalização

Valéria de Fátima Cardoso

Capa

Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol

Diagramação

*Vanessa Fuzinatto Dall'Agnol e
Marisa Yuri Horikawa*

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Soja

Jornada Acadêmica da Embrapa Soja (21. : 2026: Londrina, PR).

Resumos expandidos [da] XXI Jornada Acadêmica da Embrapa Soja, Londrina,
PR, 30 de junho e 1 de julho de 2026 – Londrina : Embrapa Soja, 2026.

PDF (157 p.) - (Eventos técnicos & científicos / Embrapa Soja, ISSN 3085-9514; 8)

1. Soja. 2. Pesquisa agrícola. I. Título. II. Série.

CDD (21. ed.) 630.2515

Potencial dos Carbon Dots no aumento da eficiência da adubação foliar com zinco no girassol

Arieti da Rocha Florentino⁽¹⁾, Larissa Alexandra Cardoso Moraes⁽²⁾, Adônis Moreira^(2,3)

⁽¹⁾ Estudante de Agronomia, UNOPAR, Bolsista PIBIC/CNPq, Londrina, PR. ⁽²⁾ Pesquisador, Embrapa Soja, Londrina, PR. ⁽³⁾ Bolsista de Produtividade em Pesquisa 1C do CNPq.

Introdução

O girassol (*Helianthus annuus* L.) destaca-se entre as principais oleaginosas cultivadas no mundo em razão de sua elevada qualidade nutricional, ampla adaptação edafoclimática e múltiplas possibilidades de utilização, incluindo a produção de óleo comestível, biodiesel, ração animal e alimentos funcionais. Embora o Brasil apresente condições ambientais favoráveis para a expansão do cultivo, sua produção ainda é insuficiente para atender à demanda interna, resultando na necessidade de importação de grãos e derivados, principalmente da Argentina. Nesse contexto, o aumento da produtividade e da eficiência no uso de nutrientes constitui uma estratégia importante para ampliar a competitividade da cultura no país.

Entre os nutrientes essenciais ao desenvolvimento do girassol, o zinco (Zn) merece destaque por participar de diversos processos fisiológicos e metabólicos relacionados ao crescimento vegetal. Esse micronutriente atua como componente estrutural ou ativador de inúmeras enzimas, estando envolvido na síntese de proteínas, no metabolismo dos carboidratos, na manutenção da integridade das membranas celulares e na biossíntese de triptofano, precursor do ácido indolacético (AIA), uma das principais auxinas responsáveis pelo crescimento das plantas (Moreira et al., 2018). A deficiência de Zn pode comprometer o desenvolvimento radicular, a expansão foliar, a atividade fotossintética e, conseqüentemente, a produtividade das culturas. Nesse sentido, a aplicação foliar tem sido utilizada como estratégia complementar para o fornecimento de Zn, especialmente em situações nas quais a disponibilidade do nutriente no solo é limitada. Entretanto, a eficiência dessa prática depende de fatores relacionados à retenção, absorção e translocação do nutriente nos tecidos vegetais. Dessa

forma, tecnologias capazes de aumentar a absorção foliar e a utilização do Zn pelas plantas têm despertado crescente interesse da comunidade científica e produtores.

Nesse cenário, os Carbon Dots (CDs) surgem como uma alternativa promissora, visto ser nanomateriais carbonáceos fluorescentes com dimensões inferiores a 10 nm, caracterizados por elevada área superficial, baixa toxicidade, alta estabilidade química e excelente biocompatibilidade. Além disso, apresentam grupos funcionais hidrofílicos, como hidroxila (-OH) e carboxila (-COOH), que favorecem sua interação com moléculas de água, nutrientes e estruturas celulares, potencializando a absorção e a mobilidade de compostos aplicados via foliar (Li et al., 2020). Estudos demonstram que os CDs podem atuar não apenas como carreadores de nutrientes, mas também como bioestimulantes do metabolismo vegetal. Chen et al. (2020) verificaram que esses nanomateriais promovem a regulação positiva da expressão de genes relacionados às aquaporinas, proteínas de membrana responsáveis pelo transporte de água, nutrientes e gases, favorecendo a absorção de íons minerais e o crescimento das plantas. Adicionalmente, diversos trabalhos têm relatado incrementos na atividade fotossintética decorrentes da aplicação de CDs. Sai et al. (2018) observaram aumento de aproximadamente 18% na taxa fotossintética de folhas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), atribuindo esse efeito à capacidade dos CDs de converter radiação ultravioleta em comprimentos de onda da faixa do azul do espectro visível, mais eficientemente utilizados na fase fotoquímica da fotossíntese (Li et al., 2021).

Apesar dos avanços no entendimento dos efeitos fisiológicos dos CDs em diferentes espécies vegetais, ainda são escassos os estudos avaliando sua interação com micronutrientes, especialmente o Zn, e seus reflexos sobre a nutrição mineral e a produtividade do girassol. Dessa forma, a hipótese deste trabalho é que a associação entre CDs e Zn possa aumentar a eficiência de absorção e utilização desse micronutriente pelas plantas, promovendo melhorias no estado nutricional e no desempenho agrônomo da cultura. Diante do exposto, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação foliar de zinco associada ou não aos CDs sobre a absorção de Zn, o teor foliar do nutriente, os componentes de produção e a produtividade do girassol.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado e esquema fatorial 2×5 , com seis repetições. Os tratamentos foram constituídos pelos seguintes fatores: a) 0 e 75 mL ha⁻¹ de CDs (arbolina) e b) cinco doses de Zn (0, 2, 4, 8 e 16 kg ha⁻¹), fonte ZnCl₂.

O solo foi acondicionado em vasos de plástico com capacidade de três litros, sendo avaliadas duas plantas por vaso. Na correção da acidez do solo, foi utilizado CaCO₃ e MgCO₃ (3:1) para elevar a saturação por bases a 70%. Após 30 dias da incorporação da calagem, exceto o Zn, a adubação com os demais nutrientes foi realizada conforme recomendação indicada por Moreira et al. (2017) para experimentos conduzidos em condições de casa-de-vegetação. As doses de Zn foram aplicadas durante o desenvolvimento das plantas (30 dias após o plantio). As variáveis analisadas foram altura, diâmetro do caule, diâmetro do capítulo, matéria seca da arte aérea (MSPA), peso do capítulo, peso de grão (PG), teor de óleo, peso de 1000 grãos e teor foliar de Zn. Foram plantadas oito sementes por vaso da cultivar BRS 321 e após o desbaste deixada duas plantas uniformes.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), teste F e posteriormente comparadas pelo teste de médias por Scott-Knott a 5% de probabilidade (Scott; Knott, 1974). As pressuposições de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias foram verificadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software Sisvar (Ferreira, 2019).

Resultados e Discussão

Os resultados referentes a componentes de produção do girassol em função das doses de Carbon Dots (CDs) e Zn estão apresentados na Tabela 1. Verifica-se que o diâmetro do caule e o teor de óleo nos grãos não foram significativamente influenciados pelos tratamentos. Em contrapartida, a ausência de Zn resultou em menor altura das plantas, independentemente da aplicação de CDs.

Comportamento semelhante foi observado para o peso e o diâmetro do capítulo (Tabela 1), bem como para a produção de grãos (PG),

não sendo observado efeito dos CDs. No entanto, os maiores valores dessas variáveis foram obtidos com a aplicação de 4,0 kg ha⁻¹ de Zn (Figura 1). Além disso, não foram observados sintomas visuais de fitotoxicidade por Zn, mesmo nas maiores doses aplicadas, evidenciado pela estabilidade da PG. De acordo com Moreira et al. (2018), o Zn atua diretamente em diversos processos metabólicos das plantas, e sua adequada disponibilidade interfere positivamente na PG.

Tabela 1. Efeito da aplicação foliar de doses de zinco (Zn) com e sem Carbon Dots (CDs) sobre componentes de produção do girassol.

Tratamentos		H	Ø	Ø	Capítulo	MSPA	Óleo	1000	Zn
CDs	Zn	Caule		Capítulo		Grãos			
mL ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	cm	mm	mm	g/vaso	g/vaso	%	g	mg kg ⁻¹
0	0	132,6b	9,4a	136,1b	18,6c	69,1c	40,1a	17,4b	30,0d
75	0	136,8b	9,7a	139,4b	16,1c	82,6b	37,4a	16,2b	34,8d
0	2	148,8a	9,7a	140,0b	20,3b	75,1c	39,0a	23,3a	43,2c
75	2	162,8a	9,9a	140,6b	21,9b	79,0b	38,9a	25,2a	46,0c
0	4	153,6a	9,5a	149,6a	29,3a	81,6b	38,1a	17,8b	48,2c
75	4	159,3a	9,9a	156,7a	23,4a	81,7b	36,7a	15,8b	47,5c
0	8	158,0a	10,2a	138,9b	17,5c	75,5c	38,6a	25,1a	55,0b
75	8	150,8a	9,5a	137,9b	16,5c	71,3c	38,4a	21,2a	55,5b
0	16	160,9a	10,7a	140,9b	20,9b	102,9a	39,2a	20,6a	62,8a
75	16	147,8a	9,4a	133,3b	21,1b	65,8c	38,6a	22,0a	63,5a
Média		151,1	9,8	141,3	20,6	78,5	38,5	20,4	48,7

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

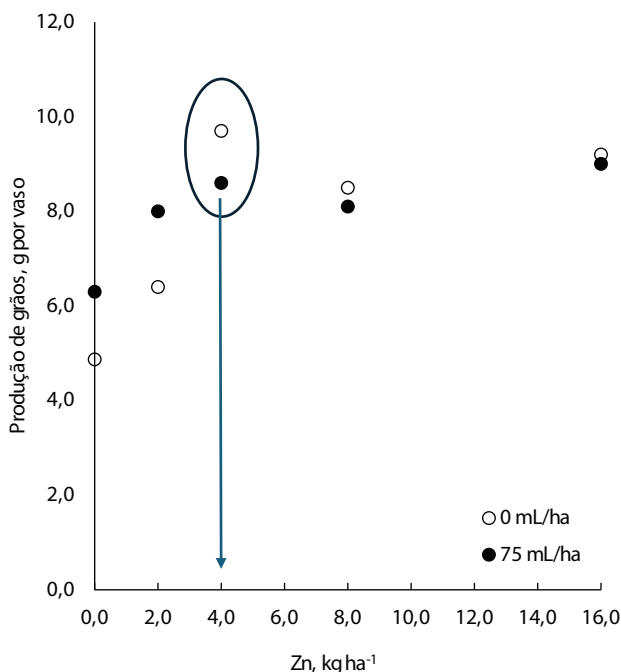


Figura 1. Efeito das adubações foliares de Zn sobre a produção de grãos (PG) do girassol na presença e ausência da aplicação de Carbon Dots ($p \leq 0,05$).

Embora os teores foliares de Zn tenham aumentado linearmente em função das doses aplicadas, os incrementos observados não resultaram em aumentos adicionais na PG. Esse comportamento sugere a ocorrência de um possível consumo de luxo, condição em que a planta absorve e acumula o nutriente em quantidades superiores às necessárias para maximizar o crescimento e a produtividade. Nessa situação, o aumento da concentração do nutriente nos tecidos vegetais não se traduz em ganhos agrônômicos, uma vez que os requerimentos metabólicos da cultura já foram atendidos. Resultados semelhantes foram reportados por Moreira et al. (2018), que observaram incremento nos teores de Zn nos tecidos vegetais sem reflexos proporcionais na produtividade, evidenciando que a resposta produtiva depende não apenas da absorção do nutriente, mas também do nível de suficiência nutricional previamente alcançado pela cultura.

Embora a aplicação de Zn tenha aumentado a concentração foliar do micronutriente, não houve aumento de produtividade após o suprimento das necessidades nutricionais da planta. Nessa fase, a aplicação dos CDs não influenciou a produtividade (PG) e exceto o diâmetro do caule e o teor de óleo nos grãos, houve efeito dos tratamentos sobre as outras variáveis analisadas (Figura 1 e Tabela 1).

Conclusão

Nas condições estudadas, os Carbon Dots (CDs) combinado com aplicação de Zn não influenciaram os componentes de produção. A dose 4,0 kg ha⁻¹ foi a mais efetiva no aumento da produção de grãos (PG). O incremento linear do teor foliar de Zn não se refletiu em aumento na PG.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Genética da Embrapa Soja pela determinação dos teores de óleo, o Laboratório de Solos da Universidade Estadual de Londrina (UEL) pelas análises e ao CNPq pelo suporte financeiro.

Referências

CHEN, Q.; CHEN, L.; NIE, X.; MAN, H.; GUO, Z.; WANG, X.; TU, J.; JIN, G.; CI, L. Impacts of surface chemistry of functional carbon nanodots on the plant growth. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 206, 111220, 2020. 8 p. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2020.111220.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, p. 529-535, 2019.

LI, Y.; PAN, X.; XU, X.; WU, Y.; ZHUANG, J.; ZHANG, X.; ZHANG, H.; LEI, B.; HU, C.; LIU, Y. Carbon dots as light converter for plant photosynthesis: Augmenting light coverage and quantum yield effect. **Journal of Hazardous Materials**, v. 410, 124534, 2021. 11 p. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.124534.

LI, Y.; XU, X.; WU, Y.; ZHUANG, J.; ZHANG, X.; ZHANG, H.; LEI, B.; HU, C.; LIU, Y. A review on the effects of carbon dots in plant systems. **Materials Chemistry Frontiers**, v. 4, n. 2, p. 437-448, 2020.

MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C. Yield, nutritional status and soil fertility cultivated with common bean in response to amino-acids foliar application. **Journal of Plant Nutrition**, v. 40, p. 344-351, 2017.

MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C.; REIS, A. R. The molecular genetics of zinc uptake and utilization efficiency in crop plants. In: HOSSAIN, M. A.; KAMIYA, T.; BURRITT, D. J.; TRAN, L. S. P.; FUJIWARA, T. (org.). **Plant Micronutrient Use Efficiency: Molecular and Genomic Perspectives in Crop Plants**. London: Elsevier/Academic Press, 2018. p. 87-108.

SAI, L.; LIU, S.; QIAN, X.; YU, Y.; XU, X. Nontoxic fluorescent carbon nanodot serving as a light conversion material in plant for UV light utilization. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 169, p. 422-428, 2018.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, p. 507-512, 1974.