

INFLUÊNCIA DE NANO PARTÍCULAS DE CARBONO NO DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE SOLANÁCEAS

INFLUENCE OF CARBON NANO PARTICLES ON THE DEVELOPMENT OF SOLANACEAS SEEDLING

Caio Ramos Gontijo¹, Luciana Moraes de Freitas²

1 Aluno do Curso de Agronomia

2 Professora doutora do curso de Agronomia

Resumo

O uso de bioestimulantes à base de nanopartículas de carbono tem se destacado como uma inovação tecnológica para potencializar o desenvolvimento vegetal. Este estudo avaliou os efeitos da aplicação de diferentes concentrações do bioestimulante Arbolina no crescimento de mudas de tomate, berinjela e pimentão. Parâmetros como altura da planta, diâmetro do caule, número de folhas, massa radicular e diâmetro da raiz foram analisados, utilizando tratamentos foliares semanais e uma testemunha como controle. Os resultados demonstraram que a aplicação de doses adequadas de Arbolina promove melhorias significativas no desenvolvimento das mudas, indicando o potencial do bioestimulante para uso em sistemas agrícolas visando maior eficiência produtiva.

Palavras-chave: Bioestimulantes; Nanopartículas de Carbono; Arbolina; Solanáceas; Desenvolvimento Vegetal.

Abstract

The use of biostimulants based on carbon nanoparticles has emerged as a technological innovation to enhance plant development. This study evaluated the effects of different concentrations of the biostimulant Arbolina on the growth of tomato, eggplant, and pepper seedlings. Parameters such as plant height, stem diameter, leaf number, root mass, and root diameter were analyzed using weekly foliar treatments and a control group. The results showed that appropriate doses of Arbolina significantly improve seedling development, highlighting the biostimulant's potential for use in agricultural systems aiming for greater productive efficiency.

Keywords: Biostimulants; Carbon Nanoparticles; Arbolina; Solanaceous Plants; Plant Development.

Contato: caio.gontijo@souicesp.com.br

Introdução

A família Solanaceae é de extrema relevância econômica, englobando diversas espécies que são fundamentais tanto na alimentação humana quanto em aplicações farmacêuticas. Plantas como a batata (*Solanum tuberosum* L.), berinjela (*Solanum melongena* L.) e tomate (*Solanum lycopersicum* L.) são amplamente cultivadas e consumidas em todo o mundo, enquanto outras, como o tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) e a beladona (*Atropa belladonna* L.), são utilizadas na produção de substâncias com propriedades medicinais e narcóticas (Rocha & Potiguara, 2009). Além disso, os glicoalcaloides presentes em muitas espécies do gênero *Solanum* têm atraído interesse científico por suas potencialidades terapêuticas, especialmente a solasodina, essencial na síntese de medicamentos esteroidais (Soares-Mota *et al.*, 2009).

A produção de mudas de Solanaceae, no entanto, enfrenta desafios significativos. O manejo adequado dessas culturas é crucial para garantir um desenvolvimento saudável, uma vez que estas plantas são suscetíveis a diversas pragas e patógenos que podem comprometer a produtividade e a qualidade dos frutos (Brandão

Filho *et al.*, 2018). Portanto, a compreensão dos fatores fisiológicos que afetam o crescimento das mudas e a interação com as condições ambientais é essencial para o sucesso no cultivo.

Nos últimos anos, a nanotecnologia tem se destacado como uma abordagem inovadora na agricultura, com o uso de nanopartículas, especialmente nanopartículas de carbono, mostrando-se promissora no aumento da produtividade e resistência das plantas a estresses ambientais (Juárez-Maldonado *et al.*, 2019). Essas nanopartículas possuem características únicas, como alta solubilidade em água, biodegradabilidade e baixa toxicidade, tornando-as opções atrativas para práticas agrícolas sustentáveis (LI, Y. *et al.*, 2020a; ZHENG, X. *et al.*, 2015). As nanopartículas de carbono, como os Carbon Dots (CDs), têm demonstrado efeitos benéficos no crescimento vegetal, promovendo uma melhor absorção de água e nutrientes, além de aumentar a resistência a pragas e doenças (Joshi *et al.*, 2020).

Recentemente, a Arbolina, um produto à base de CDs desenvolvido pela Universidade de Brasília em colaboração com a Embrapa Hortaliças, tem mostrado resultados promissores em diversas culturas agrícolas. Contudo, até o presente momento, pouco se explorou sobre o

impacto das nanopartículas na produção de mudas de olerícolas em geral e de solanaceas, que têm crescente importância econômica e social no Brasil.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a influência da aplicação de soluções com diferentes concentrações de Arbolina, via pulverização foliar, sobre parâmetros de desenvolvimento das mudas de Solanaceas.

Materiais e Métodos

O presente trabalho foi instalado em área do viveiro de produção de mudas pertencente à empresa Brazplant, localizado em Brazlândia-DF, no período de setembro a novembro de 2024.

Foram utilizadas sementes de tomate do tipo nivus da empresa topseed, berinjela do tipo nápoli da empresa sakata e pimental do tipo dahra RX também da empresa sakata. O plantio foi realizado em bandejas de 128 células utilizando-se substrato padronizado formado por mistura de palha de arroz + substrato carolina soil + substrato bioplant + yoorin. O plantio foi realizado no dia 23/10/2024 onde colocou-se uma semente por célula de plantio. Por ocasião do plantio, as sementes foram embebidas em solução de 1 litro de água com as doses de arbolina que formaram os tratamentos (0,0ml; 0,1ml; 0,5ml; 1,0ml). As sementes foram deixadas nas soluções por 5 minutos e posteriormente procedeu-se o semeio.

Semanalmente as mesmas concentrações foram aplicadas nas plântulas sempre no período da tarde com o auxílio de um borrifador. A testemunha recebeu apenas água sem concentração de arbolina. As parcelas experimentais foram constituídas por uma bandeja de 128 células para cada espécie de solanácea e para cada tratamento, sendo que o experimento foi realizado em blocos ao acaso com quatro tratamentos e três repetições para cada espécie de solanácea analisada totalizando 36 unidades experimentais.

Após trinta dias do semeio, foram realizadas as avaliações que constaram de: altura da planta (cm) medido com régua milimetrada, massa fresca da parte aérea (g) medida com o auxílio de balança de precisão, massa fresca da raiz (g) medido com balança de precisão, diâmetro da raiz (cm) medido com auxílio de paquímetro digital e comprimento da raiz (cm) medido com auxílio de régua milimetrada. Foram avaliadas 20 plantas por parcela retiradas da parte central das bandejas.

Os dados coletados foram submetidos a análise de variância e submetidos a teste de agrupamento de médias que no caso deste experimento foi o teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Para as análises utilizou-se o programa estatístico Agroestat®.

Resultados e Discussão

Os resultados da análise de variância (tabela 1) para a cultura do pimentão, mostraram a ocorrência de diferença estatística significativa apenas para os parâmetros altura da planta, massa da raiz e diâmetro da raiz.

Em relação à altura das plantas, observou-se que as plantas tratadas com 0,1ml e 0,5ml obtiveram as melhores alturas e diferiram significativamente da testemunha e da dose de 1,0ml de arbolina.

Para massa fresca de raiz observou-se que os tratamentos com aplicação de 0,1ml e 0,5 ml mostraram-se superiores aos demais tratamentos obtendo as maiores médias respectivamente, o que foi observado também para o parâmetro diâmetro da raiz.

Tabela 1: Parâmetros agrônômicos de desenvolvimento de mudas de pimentão submetidas a diferentes doses de arbolina.

Trat	H	D	NF	MFA	MR	DR	CR
0,0ml	11,40 b	2,36 a	4,33 a	1,16 a	0,65 b	1,13 c	5,76 a
0,1ml	13,26 a	2,55 a	5,00 a	1,26 a	0,71 a	1,26 a	6,60 a
0,5ml	13,58 a	2,67 a	4,66 a	1,11 a	0,72 a	1,19 b	7,16 a
1ml	12,05 b	2,49 a	5,00 a	1,24 a	0,58 b	1,10 c	6,21 a
CV (%)	3,54	6,95	7,84	6,41	5,39	1,91	5,38

Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre os tratamentos pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. H = altura da planta; D = diâmetro do coleto; NF = número de folhas; MFA = massa fresca da parte aérea; MR = massa da raiz; DR = diâmetro da raiz; CV = coeficiente de variação em percentual.

Os resultados deste estudo (tabela 1) para a cultura do pimentão demonstram que as nanopartículas de carbono (Arbolina) têm efeitos positivos no desenvolvimento das mudas de pimentão, especialmente nos parâmetros de altura, massa fresca e diâmetro da raiz, com destaque para as doses de 0,1 ml e 0,5 ml. Esses achados estão alinhados com o trabalho de Raddatz (2024), que relatou melhorias significativas no sistema radicular de mudas de eucalipto tratadas com nanofertilizantes, reforçando a eficácia dessa tecnologia.

No presente experimento, as doses mencionadas superaram a testemunha e a dose de 1 ml, promovendo maior vigor radicular e melhor desempenho em altura, similares às respostas observadas por Raddatz, que destacou os benefícios do uso de nanofertilizantes em substituição aos métodos convencionais. Assim, os resultados confirmam o potencial das nanopartículas como alternativa eficiente e sustentável no manejo de mudas agrícolas.

Para o diâmetro da raiz (DR), os resultados da Tabela 2 indicaram que as mudas de tomate tratadas com a dose de 0,5 ml de Arbolina

obtiveram as maiores médias, superando significativamente os demais tratamentos, incluindo a testemunha e a dose de 1 ml. Esse mesmo padrão foi observado para o parâmetro de comprimento radicular (CR), no qual o tratamento com 0,5 ml também apresentou as maiores médias, evidenciando o potencial dessa dose em promover o desenvolvimento do sistema radicular.

Embora os parâmetros de altura da planta (H), diâmetro do coleto (D), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFA) e massa da raiz (MR) não tenham apresentado diferenças estatísticas entre os tratamentos, os resultados para o sistema radicular demonstram que doses intermediárias de Arbolina podem desempenhar um papel importante no estímulo ao crescimento das raízes. Esses resultados reforçam a importância da escolha da dosagem adequada para maximizar os benefícios no desenvolvimento inicial das mudas de tomate.

Tabela 2: Parâmetros agrônômicos de desenvolvimento de mudas de tomate submetidas a diferentes doses de arbolina.

Trat	H	D	NF	MFA	MR	DR	CR
0,0ml	10,55 a	2,75 a	10,86 a	1,73 a	0,81 a	1,41 c	9,86 b
0,1ml	11,05 a	2,94 a	11,05 a	1,85 a	0,85 a	1,58 b	10,68 b
0,5ml	11,08 a	3,02 a	11,01 a	1,76 a	0,83 a	1,81 a	13,15 a
1ml	11,45 a	2,93 a	10,58 a	1,75 a	0,79 a	1,38 c	10,35 b
CV (%)	2,95	3,39	6,29	4,18	5,52	4,25	11,38

Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre os tratamentos pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. H = altura da planta; D = diâmetro do coleto; NF = número de folhas; MFA = massa fresca da parte aérea; MR = massa da raiz; DR = diâmetro da raiz; CV = coeficiente de variação em percentual.

Os resultados observados na Tabela 2 evidenciam que a dose de 0,5 ml de Arbolina proporcionou o melhor desempenho para os parâmetros relacionados ao sistema radicular das mudas de tomate, particularmente o diâmetro da raiz (DR) e o comprimento radicular (CR). Esse comportamento demonstra que doses intermediárias de Arbolina têm potencial para promover um desenvolvimento radicular mais robusto, o que pode favorecer a adaptação e o desempenho das plantas em campo.

Esses achados estão em consonância com o trabalho de Butruille (2021), que avaliou o uso de Arbolina em morangueiros e constatou que a aplicação via substrato, especialmente em concentrações intermediárias, resultou em maior produtividade. Apesar de o estudo com morangueiros focar em produtividade de frutos, os resultados indicaram que doses adequadas de Arbolina podem estimular parâmetros fisiológicos e estruturais sem alterar significativamente a qualidade geral da planta.

Assim como no estudo de Butruille (2021), que mostrou a eficácia da aplicação de Arbolina em concentrações ajustadas, este trabalho também sugere que o equilíbrio na dose de Arbolina é essencial para maximizar o crescimento das raízes, promovendo uma base fisiológica favorável para o desenvolvimento da planta. A dose de 0,5 ml destacou-se como a mais eficaz, reforçando a ideia de que o excesso de aplicação, como observado na dose de 1,0 ml, pode não trazer benefícios adicionais e até limitar o desempenho das plantas.

Para os parâmetros avaliados na Tabela 3, observou-se que o tratamento com a aplicação de 0,5 ml de Arbolina apresentou os melhores resultados para altura da planta, diâmetro do coleto, massa fresca da parte aérea e comprimento radicular. As mudas tratadas com essa dose destacaram-se significativamente em altura, superando as demais doses, o que demonstra maior vigor e crescimento vegetativo.

Em relação à massa fresca da parte aérea, o tratamento com 0,5 ml também foi superior, evidenciando o impacto positivo dessa dose no desenvolvimento das partes aéreas da planta. Para o comprimento radicular, a dose de 0,5 ml obteve a maior média, reforçando sua eficiência em promover um sistema radicular mais robusto, o que pode contribuir para maior absorção de nutrientes e água.

No entanto, os parâmetros como número de folhas, massa da raiz e diâmetro da raiz não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, embora a dose de 0,5 ml tenha mostrado tendência a maiores médias numéricas, o que sugere sua consistência em promover um desenvolvimento geral mais equilibrado.

Portanto, os resultados da Tabela 3 indicam que a dose de 0,5 ml de Arbolina foi a mais eficaz para o desenvolvimento de mudas de berinjela, apresentando superioridade em importantes parâmetros de crescimento.

Tabela 3: Parâmetros agrônômicos de desenvolvimento de mudas de berinjela submetidas a diferentes doses de arbolina.

Trat	H	D	NF	MFA	MR	DR	CR
0,0ml	14,33 b	2,06 b	3,66 a	1,46 b	0,69 a	1,17 a	5,13 c
0,1ml	16,05 b	2,16 b	3,66 a	1,59 b	0,80 a	1,25 a	6,00 b
0,5ml	19,10 a	2,50 a	4,33 a	1,84 a	0,96 a	1,30 a	6,75 a
1ml	15,33 b	2,21 b	3,37 a	1,50 b	0,62 a	1,17 a	5,46 c
CV (%)	3,72	5,12	15,06	4,63	23,48	6,00	3,18

Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre os tratamentos pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. H = altura da planta; D = diâmetro do coleto; NF = número de folhas; MFA = massa fresca da parte aérea; MR = massa da raiz; DR = diâmetro da raiz; CV = coeficiente de variação em percentual.

Esses resultados corroboram o estudo de Vieira et al. (2024), que demonstraram que a aplicação de Arbolina melhorou significativamente processos metabólicos e a formação morfológica em plantas de meloeiro amarelo. Assim como no presente trabalho, a dose ótima foi crucial para o sucesso do tratamento, indicando que a aplicação de doses específicas de bioestimulantes pode promover maior eficiência metabólica e fisiológica nas plantas.

Embora parâmetros como massa e diâmetro da raiz não tenham apresentado diferenças estatisticamente significativas, a tendência numérica positiva para a dose de 0,5 ml sugere que, assim como no estudo de Vieira *et al.* (2024), a aplicação adequada do bioestimulante pode melhorar a absorção de água e nutrientes, refletindo em maior crescimento radicular e melhor qualidade geral das mudas. A utilização de Arbolina, portanto, se apresenta como uma ferramenta promissora para otimizar o desenvolvimento de mudas de berinjela.

Conclusão:

Este estudo demonstrou que a aplicação de Arbolina nas doses de 0,1 ml e 0,5 ml gerou efeitos positivos no desenvolvimento de mudas de pimentão, tomate e berinjela, especialmente em parâmetros como altura das plantas, diâmetro do coleto, massa fresca da raiz e comprimento da raiz, conforme os resultados obtidos. Os tratamentos com essas doses apresentaram um

desempenho superior em relação ao controle, o que sugere que a Arbolina pode atuar como um bioestimulante eficaz, promovendo um crescimento mais robusto e saudável das mudas. Esses achados estão em consonância com outros estudos que indicam que bioestimulantes como a Arbolina podem melhorar a eficiência metabólica das plantas, favorecendo seu desenvolvimento inicial. No entanto, é importante ressaltar que os efeitos variam conforme as doses e o tipo de cultura, e mais pesquisas são necessárias para avaliar a aplicabilidade em condições de campo e os benefícios a longo prazo, especialmente considerando a viabilidade econômica de sua utilização em viveiros comerciais.

Agradecimentos:

Agradeço ao Viveiro Brazplant, que gentilmente cedeu o espaço, materiais e estruturas necessários para o desenvolvimento deste estudo, além de fornecer todo o apoio logístico. Agradeço especialmente aos colaboradores do viveiro que me ajudaram com o semeio das bandejas e nas demais atividades diárias. Agradeço também à minha orientadora, Luciana Moraes de Freitas, pelo acompanhamento, orientação e suporte durante todo o desenvolvimento do trabalho. Não poderia deixar de mencionar minha mãe, que contribuiu significativamente com a realização das avaliações, e aos meus amigos, que também se dedicaram a essa tarefa. Sem o auxílio de todos, este trabalho não teria sido possível.

Referências:

- BRANDÃO FILHO, José Usan Torres et al. Capítulo 2-Solanáceas, 2018.
- BUTRUILLE, Nicole-Marie Dos Santos. Influência do método de aplicação e concentrações de Arbolina na produtividade, fisiologia e qualidade de frutos de morangueiro. 2021. Disponível em: <http://icts.unb.br/jspui/handle/10482/41635>. Acesso em: 22 setembro 2024.
- CHHIPA, H. Nanofertilizers and nanopesticides for agriculture. *Environmental Chemistry Letters*, vol. 15, no. 1, p. 15–22, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10311-016-0600-4>. Acesso em: 22 setembro 2024.
- DIMKPA, C. O.; SINGH, U.; BINDRABAN, P. S.; ELMER, W. H.; GARDEA-TORRESDEY, J. L.; WHITE, J. C. Zinc oxide nanoparticles alleviate drought-induced alterations in sorghum performance, nutrient acquisition, and grain fortification. *Science of the Total Environment*, vol. 688, p. 926–934, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.392>. Acesso em 22 setembro 2024.
- DU JARDIN, P. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, vol. 196, p. 3–14, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>. Acesso em 22 setembro 2024.
- DUARTE, R.B.A. Histórias de sucesso: agronegócios - horticultura. Brasília: Sebrae, 2008. Disponível em: . Acesso em 10 de outubro de 2011.
- DUHAN, J. S.; KUMAR, R.; KUMAR, N.; KAUR, P.; NEHRA, K.; DUHAN, S. Nanotechnology: The new

perspective in precision agriculture. *Biotechnology Reports*, vol. 15, p. 11–23, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.btre.2017.03.002>. Acesso em: 22 setembro 2024.

HENZ, G.P.; RIBEIRO, C.S.C. *Pimentas Capsicum: Mercado e comercialização*. Brasília: Embrapa Hortaliças, p. 01-08, 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION OF STANDARDS. Nanotechnologies — Plain 57 language explanation of selected terms from the ISO/IEC 80004 series" ISO/TR 18401:2017. 2017. *Journal of Chromatography A*. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/66223.html>. Acesso em: 22 setembro 2024.

JOSHI, A.; SHARMA, L.; KAUR, S.; DHARAMVIR, K.; NAYYAR, H.; VERMA, G. Plant Nanobionic Effect of Multi-walled Carbon Nanotubes on Growth, Anatomy, Yield and Grain Composition of Rice. *BioNanoScience*, vol. 10, no. 2, p. 430–445, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12668-020-00725-1>. Acesso em: 22 de setembro 2024.

JUÁREZ-MALDONADO, A.; ORTEGA-ORTÍZ, H.; MORALES-DÍAZ, A. B.; GONZÁLEZ-MORALES, S.; MORELOS-MORENO, Á.; CABRERA-DE LA FUENTE, M.; SANDOVAL-RANGEL, A.; CADENAS-PLIEGO, G.; BENAVIDES-MENDOZA, A. Nanoparticles and nanomaterials as plant biostimulants. *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 20, no. 1, p. 162, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms20010162>. Acesso em: 22 de setembro 2024.

KHAN, I.; SAEED, K.; KHAN, I. Nanoparticles: Properties, applications and toxicities. *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 12, no. 7, p. 908–931, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2017.05.011>. Acesso em: 22 setembro 2024.

LAHIANI, M. H.; DERVISHI, E.; CHEN, J.; NIMA, Z.; GAUME, A.; BIRIS, A. S.; KHODAKOVSKAYA, M. V. Impact of carbon nanotube exposure to seeds of valuable crops. *ACS Applied Materials and Interfaces*, vol. 5, no. 16, p. 7965–7973, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/am402052x>. Acesso em 22 setembro 2024.

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*, vol. 4, no. 2, p. 437–448, 2020a. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/c9qm00614a>. Acesso em: 22 de setembro 2024.

MOREIRA, G.R.M.; CALIMAN, F.R.B.; SILVA D.J.H.; RIBEIRO, C.S.C. *Espécies e variedades de pimenta*. *Informe Agropecuário*, v. 27, p. 16-29, 2006.

MOSCONI, E.A.; SCALDAFERRO, M.A.; GRABIELE, M.; CECCHINI, N.M.; SÁNCHEZ GARCÍA, Y.; JARRET, R.; DAVIÑA, J.R.; DUCASSE, D.A.; BARBOZA, G.E.; EHRENDORFER, F. The evolution of chili peppers (*Capsicum*, *solanaceae*): a cytogenetic perspective. *Acta Horticulturae* v. 745, p.137-170, 2007.

RADDATZ, Dione Dambrós. Nanofertilizante na produção de mudas clonais e seminais de espécies comerciais. 2024. Disponível em: <http://www.rlbea.unb.br/jspui/handle/10482/50791>. Acesso em: 22 setembro 2024.

REIFSCHNEIDER, F.J.B. (Org.). *Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. Embrapa Hortaliças, 2000. 113p.

ROCHA, M.C.S.; POTIGUARA, R.C.V. Anatomia do eixo vegetativo aéreo de *Solanum paludosum* Moric e *S. stramonifolium* Jacq (*Solanaceae*) da restinga de Algodal - PA. Dissertação. Mestrado em Botânica, Universidade Federal Rural da Amazônia. 2009. 57 p.

SHARMA, R.; DEWANJEE, S.; KOLE, C. Utilization of nanoparticles for plant protection. *Plant Nanotechnology: Principles and Practices*. [S. l.: s. n.], 2016. p. 305–327. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-42154-4_12. Acesso em: 22 setembro 2024.

SOARES, E.L.C.; MENTZ, L.A. As espécies de *Solanum* subgênero *Bassovia* seção *Pachyphylla* (= *Cyphomandra* Mart. ex Sendtn. - Solanaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas Botânica*, v. 57, p.231-254, 2006.

SUN, F.; LI, S.; HE, D.; CAO, G.; NI, X.; TAI, G.; ZHOU, Y.; WANG, D. Effects of glycoalkaloids from *Solanum* plants on cucumber root growth. *Phytochemistry*, 2010, doi:10.1016/j.phytochem.2010.06.002.

VIEIRA, Nicolly Quirino Barros et al. Cultivo do meloeiro amarelo submetido a diferentes lâminas de irrigação e aplicação do bioestimulante arbolina. **Revista Caatinga**, v. 37, p. e12452-e12452, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/12452>. Acesso em: 22 setembro 2024.

ZAHEDI, S. M.; KARIMI, M.; TEIXEIRA DA SILVA, J. A. The use of nanotechnology to increase quality and yield of fruit crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 100, no. 1, p. 25–31, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jsfa.1000>. Acesso em: 22 setembro 2024.

ZHAO, L.; LU, L.; WANG, A.; ZHANG, H.; HUANG, M.; WU, H.; XING, B.; WANG, Z.; JI, R. Nano-Biotechnology in Agriculture: Use of Nanomaterials to Promote Plant Growth and Stress Tolerance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 68, no. 7, p. 1935–1947, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b06615>. Acesso em: 22 setembro 2024.

ZHENG, X. T.; ANANTHANARAYANAN, A.; LUO, K. Q.; CHEN, P. Glowing graphene quantum dots and carbon dots: Properties, syntheses, and biological applications. *Small*, vol. 11, no. 14, p. 1620–1636, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/sml.201402648>. Acesso em: 22 de setembro 2024.