

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

ÁCIDO SALICÍLICO, NITROPRUSSIATO DE SÓDIO E BIOESTIMULANTE SOBRE PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE PLÂNTULAS DE GIRASSOL

Milton Carriço Sá, João Victor Martins de Araújo Almeida, Marcos Ferreira Almeida, Vinícius Alves Rodrigues, Raul Antonio Araújo do Bonfim, Leandro Dias da Silva, Paulo Araújo Ramos Cairo

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Estrada Bem Querer, km 04, Bairro Universitário - 45083-900, Vitória da Conquista-BA, Brasil, milton.carrico@hotmail.com, joaovmartins1408@gmail.com, marcosagro2014@gmail.com, vinicius14cnn@gmail.com, raularaujoraul@gmail.com, leodias5@yahoo.com.br, pcairo@uol.com.br.

Resumo

Objetivou-se avaliar os efeitos de aplicações de ácido salicílico (AS), nitroprussiato de sódio (SNP) e Stimulate® (STML) sobre a produção de biomassa de plântulas de quatro variedades de girassol. Foi adotado um delineamento inteiramente casualizado, disposto em esquema fatorial 4×4 , correspondente a quatro variedades de girassol – Helio 250, Helio 251, Tera 204 e Tera 868 – e três reguladores de crescimento mais a testemunha – ácido salicílico (AS, $2,5 \text{ mmol L}^{-1}$), nitroprussiato de sódio (SNP, $100 \text{ } \mu\text{mol L}^{-1}$), Stimulate® (STML, $0,5 \text{ mmol L}^{-1}$) e testemunha (aplicação apenas de água, sem o uso de reguladores). Foi avaliada a massa de matéria seca. Constatou-se que a variedade Helio 251 apresenta a menor produção de biomassa em plântulas em comparação às variedades Helio 250, Tera 204 e Tera 868. O AS na concentração de $2,5 \text{ mmol L}^{-1}$ prejudica o desenvolvimento inicial. O STML não apresenta eficiência em induzir a produção de matéria seca de plantas jovens. O SNP aumenta a produção de biomassa de plântulas da variedade Tera 868, sendo uma alternativa para uma maior eficiência na implementação de plantios.

Palavras-chave: *Helianthus annuus*. Plantas jovens. Reguladores de crescimento.

Área do Conhecimento: Engenharia Agrônômica - Agronomia.

Introdução

Na cultura do girassol, um bom desenvolvimento inicial de plantas é fundamental para o estabelecimento do plantio em campo. Plântulas vigorosas têm maior capacidade de estabelecer um sistema radicular mais profundo, com maior capacidade de absorção de água e nutrientes, apresentando eficiência na competição com plantas daninhas (ARIAS *et al.*, 2021). Além disso, demonstram um maior potencial para enfrentar desafios ambientais, como períodos de deficiência hídrica ou solos compactados (HUANG *et al.*, 2022).

Uma boa produção inicial de biomassa também confere melhor capacidade de defesa contra insetos herbívoros e patógenos, através da produção de metabólitos, fortalecendo sua tolerância a ataques bióticos (SHVETS *et al.*, 2021). Plântulas com pleno desenvolvimento foliar exercem maior taxa fotossintética, com melhor conversão de CO_2 em carboidratos e crescimento mais rápido e vigoroso. Esse eficiente desenvolvimento inicial se reflete na produtividade de plantas adultas, com superior formação de flores e produção de sementes (ROSSETTO *et al.*, 2021).

O ácido salicílico (AS) é um hormônio vegetal de caráter fenólico que regula muitos processos do desenvolvimento, como crescimento, respiração, fotossíntese e produção de assimilados (YANG *et al.*, 2023). Sua aplicação exógena induz a síntese de biomassa em plantas adultas, conferindo maior rendimento produtivo (MOHI-UD-DIN *et al.*, 2021). O nitroprussiato de sódio (SNP) é um doador de óxido nítrico, uma molécula gasosa que atua sobre processos biossintéticos, aumentando a eficiência fotossintética e a produção de matéria seca (BATISTA *et al.*, 2018). O Stimulate® (STML) é um elicitor comercial, fabricado pela Stoller do Brasil Ltda, composto por três reguladores vegetais - ácido 4-indol-3-ilbutírico (0,005%), que é convertido a ácido indolacético (AIA) na célula vegetal, cinetina (0,009%) e ácido giberélico (0,005%) (STOLLER, 2023).

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Assim sendo, o presente estudo assume a hipótese de que a aplicação exógena de AS, SNP e STML é capaz de induzir ao aumento da produção de biomassa em plântulas de girassol, conferindo um melhor desenvolvimento inicial. Objetiva, portanto, avaliar os efeitos de aplicações de AS, SNP e STML sobre a produção de biomassa de plântulas de quatro variedades de girassol.

Metodologia

O estudo foi conduzido no *campus* da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) em Vitória da Conquista – BA (14°53'08" Sul, 40°48'02" Oeste; altitude de 881 m). O clima local, conforme classificação de Köppen-Geiger, é do tipo Cwb (subtropical de altitude com inverno seco), com precipitação média anual de 733,9 mm, concentrada nos meses de novembro a março, temperaturas mínima e máxima médias de 16,1 °C e 26,4 °C, respectivamente, e média anual de 20,2 °C.

Foi adotado um delineamento inteiramente casualizado, disposto em esquema fatorial 4 × 4, correspondente a quatro variedades de girassol – Helio 250, Helio 251, Tera 204 e Tera 868 – e três reguladores de crescimento mais a testemunha – ácido salicílico (AS, 2,5 mmol L⁻¹), nitroprussiato de sódio (SNP, 100 µmol L⁻¹), Stimulate® (STML, 0,5 mmol L⁻¹) e testemunha (aplicação apenas de água, sem o uso de reguladores). Foram realizadas 4 repetições, totalizando 64 plântulas.

Sementes das quatro variedades de girassol (*Helianthus annuus*) foram semeadas em vasos com 15 dm³ de capacidade contendo areia lavada, previamente passada em peneira de malha 5 mm. Os vasos foram adubados com solução nutritiva (HOAGLAND E ARNON, 1950) a 25% da força iônica e irrigados diariamente.

Os reguladores foram fornecidos por meio de soluções, aplicadas quatro vezes, em um intervalo de três dias: no dia da semeadura, aos 3 dias após a semeadura (DAS), aos 6 DAS e aos 9 DAS. As concentrações dos reguladores foram determinadas conforme trabalhos prévios (BATISTA *et al.*, 2018; LA *et al.*, 2019).

Após a emergência das plântulas (12 dias após a semeadura), elas foram retiradas dos vasos para avaliação da massa de matéria seca. Para tanto, as plântulas foram colocadas em sacos de papel e alocadas em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C ± 5, até atingirem massa constante. Em seguida, foram pesadas em balança de precisão para obtenção da massa de matéria seca.

Os dados foram avaliados quanto à homogeneidade, pelo teste de Bartlett, e quanto à distribuição normal dos resíduos, pelo teste de Lilliefors. Posteriormente, foram submetidos a análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) utilizando-se o programa estatístico SAEG.

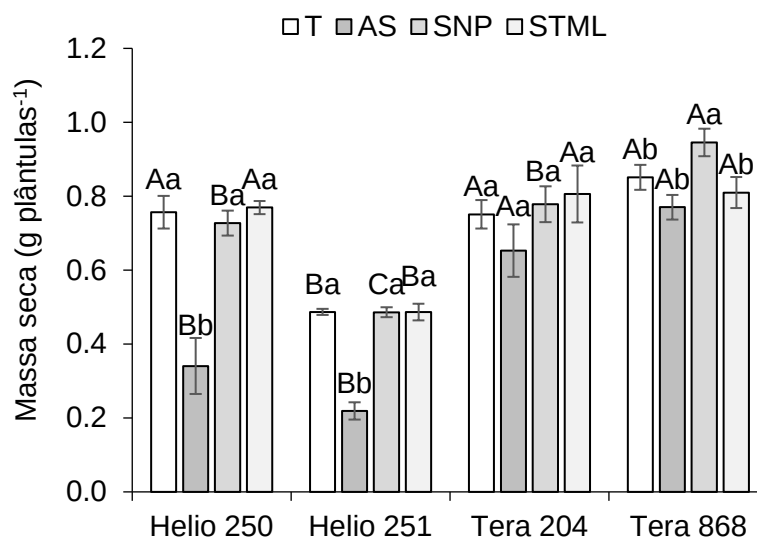
Resultados

A variedade Helio 251 apresentou a menor produção de biomassa, enquanto a Tera 868 demonstrou o maior rendimento, independentemente dos reguladores aplicados. Na testemunha, a Helio 251 foi inferior às demais variedades. Sob aplicação de AS, a Tera 204 e a Tera 868 demonstraram superioridade em relação à Helio 250 e Helio 251. Quando o SNP foi aplicado, a Tera 868 foi superior a todas as demais, com a Helio 251 apresentando o menor rendimento. Perante aplicação de STML, Helio 250, Tera 204 e Tera 868 foram superiores à Helio 251 (Figura 1).

Comparando o efeito das aplicações de elicitores em cada variedade, verifica-se que o AS provocou uma redução da produção de biomassa nas variedades Helio 250, Helio 251 e Tera 868. Para as variedades Helio 250 e Helio 251, as aplicações de SNP e STML não diferiram quanto à testemunha. Para a variedade Tera 868, a aplicação de SNP provocou uma maior produção de biomassa em relação aos demais tratamentos, que não diferiram entre si. Para a Tera 204, não foi observada diferença na produção de biomassa entre os tratamentos aplicados (Figura 1).

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Figura 1 – Massa seca em plântulas de quatro variedades de girassol (Helio 250, Helio 251, Tera 204 e Tera 868) submetidas a aplicações de ácido salicílico (AS, 2,5 mmol L⁻¹), nitroprussiato de sódio (SNP, 100 µmol L⁻¹), Stimulate® (STML, 0,5 mmol L⁻¹) e testemunha (T). Letras maiúsculas comparam entre variedades de girassol e minúsculas entre aplicações de reguladores, pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).



Fonte: Próprio autor (2023).

Discussão

A produção inferior de biomassa de plântulas apresentada pela variedade Helio 251 pode ser explicada pelo menor porte da planta adulta em comparação às demais variedades. Joner *et al.* (2011) constataram que a Helio 251 apresenta capítulos e parte aérea de plantas adultas menores e mais leves em comparação a outras variedades de girassol. Tal característica está relacionada à maior tolerância a deficiência hídrica, objetivo pelo qual a variedade foi desenvolvida. Seu menor número de folhas resulta em uma menor superfície transpirante, permitindo que as plantas suportem períodos de escassez hídrica e possibilitando o seu plantio em áreas com precipitação limitada (SIMÕES *et al.*, 2020). Essa menor produção de biomassa na fase inicial de desenvolvimento pode estar relacionada, portanto, ao porte baixo das plantas adultas desta variedade.

Por outro lado, as variedades Tera 868 e Tera 204 foram desenvolvidas para maior produtividade, sendo amplamente empregadas na alimentação animal (SOUSA *et al.*, 2021). Caracterizadas por porte alto, seu grande número de folhas confere maior capacidade fotossintética e produção de biomassa, permitindo a emissão de capítulos mais pesados e com maior número de sementes (CARVALHO *et al.*, 2020). A massa seca superior dessas variedades pode, da mesma forma, estar relacionada ao porte alto das plantas adultas.

A aplicação de AS provocou uma redução da produção de biomassa em quase todos os materiais genéticos avaliados. Esse resultado contrasta com a literatura, uma vez que este regulador está relacionado ao aumento do crescimento e produção de matéria seca em várias espécies (KOCHE *et al.*, 2021; HAN *et al.*; YANG *et al.*, 2023). A explicação para tal fenômeno deve estar na concentração adotada para este regulador, que pode ter causado fitotoxicidade às plântulas de girassol. A concentração foi determinada conforme trabalhos que avaliaram a sua aplicação em plantas adultas, de modo que a concentração escolhida foi aquela que demonstrou os melhores resultados. No entanto, nas sementes de girassol, tal concentração pode ter sido danosa, comprometendo o desenvolvimento inicial das plântulas.

O STML não diferiu da testemunha em nenhuma das variedades, de modo que a sua aplicação não apresentou efeito sobre a produção de biomassa de plântulas de girassol. O STML está relacionado ao aumento da altura de plantas, número de folhas, área foliar total e comprimento de raiz em diferentes

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

culturas (STOLLER, 2023). A sua aplicação, no entanto, parece não influenciar no desenvolvimento de plantas jovens, de modo que não apresentou eficiência em induzir a produção de matéria seca.

Por fim, a aplicação de SNP levou ao aumento da biomassa de plântulas da variedade Tera 868, sendo superior aos demais tratamentos. A sua aplicação foi eficiente, portanto, para estimular o desenvolvimento de plântulas deste material genético, sendo uma alternativa para a implementação de plantios que utilizem esta cultivar.

Conclusão

A variedade Helio 251 apresenta a menor produção de biomassa em plântulas em comparação às variedades Helio 250, Tera 204 e Tera 868. O ácido salicílico na concentração de 2,5 mmol L⁻¹ prejudica o desenvolvimento inicial. O Stimulate® não apresenta eficiência em induzir a produção de matéria seca de plantas jovens. O nitroprussiato de sódio aumenta a produção de biomassa de plântulas da variedade Tera 868, de modo a proporcionar um maior crescimento inicial por meio do aumento do vigor, garantindo maior eficiência na implementação de plantios.

Referências

ARIAS, M.; KARIYAT, R.; WAHL, K.; MENDEZ, S.; CHAVANA, J.; CHRISTOFFERSEN, B. Do early-successional weeds facilitate or compete with seedlings in forest restoration? Disentangling abiotic versus biotic factors. **Ecol. Solut. Evid.**, v. 2, n. 3, p. 1-13, 2021. <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12095>

BATISTA, P.F.; COSTA, A.C.; MULLER, C.; SILVA-FILHO, R.O.; SILVA, F.B.; MERCHANT, A.; MENDES, G.C.; NASCIMENTO, K.J.T. Nitric oxide mitigates the effect of water deficit in *Crambe abyssinica*. **Plant Physiol. Bioch.**, v. 129, p. 310-322, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.06.012>

CARVALHO, L.M.; CARVALHO, H.W.L.; CARVALHO, C.G.P. Yield and photosynthetic attributes of sunflower cultivars grown under supplemental irrigation in the semiarid region of the Brazilian Northeast. **Pesqui. Agropecu. Bras.**, v. 55, p. 1-9, 2020. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2020.v55.01715>

HAN, C.; LIU, S.; YAN, R.; LI, J.; CHEN, N.; ZHANG, L.; JIA, S.; HAN, P. Salicylic acid and jasmonic acid increase the polysaccharide production of *Nostoc flagelliforme* via the regulation of the intracellular NO level. **Foods**, v. 12, n. 5, p. 1-14, 2023. <https://doi.org/10.3390/foods12050915>

HOAGLAND D.R.; ARNON, D.I. **The water-culture method for growing plants without soil**. Berkley: California Agricultural Experimental Station, 1950. 347 p.

HUANG, Q.; LEI, Z.; XIANG, L.; ZHANG, W.; ZHANG, L.; GAO, Y. Transcriptomic analysis of sunflower (*Helianthus annuus*) roots resistance to *Orobanche cumana* at the seedling stage. **Horticulturae**, v. 8, n. 8, p. 1-19, 2022. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8080701>

JONER, G.; METZ, P.A.M.; ARBOITTE, M.Z.; PIZZUTI, L.A.D.; BRONDANI, I.L.; RESTLE, J. Aspectos agronômicos e produtivos dos híbridos de girassol (*Helianthus annuus* L.) Helio 251 e Helio 360. **Braz. Anim. Sci.**, v. 12, n. 2, p. 266-273, 2011. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/vet/article/view/9697>. Acesso em: 11 ago. 2023.

KOCHE, D.; GANDHI, R.; RATHOD, S.; SHIRSAT, R. An update on role of salicylic acid (SA) in abiotic stress tolerance in crop plants: A review. **Agr. Biol. Res.**, v. 37, n. 6, p. 219-225, 2021.

LA, V.H.; LEE, B.R.; ISLAM, M.T.; PARK, S.H.; JUNG, H.; BAE, D.W. Characterization of salicylic acid-mediated modulation of the drought stress responses: reactive oxygen species, proline, and redox state in *Brassica napus*. **Environ. Exp. Bot.**, v. 157, p. 1-10, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.09.013>

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

MOHI-UD-DIN, M.; TALUKDER, D.; ROHMAN, M.; AHMED, J.U.; JAGADISH, S.V.K.; ISLAM, T.; HASANUZZAMAN, M. Exogenous application of methyl jasmonate and salicylic acid mitigates drought-induced oxidative damages in french bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plants**, v. 10, n. 10, p. 1-17, 2021. <https://doi.org/10.3390/plants10102066>

YANG, W.; ZHOU, Z.; CHU, Z. Emerging roles of salicylic acid in plant saline stress tolerance. **Int. J. Mol. Sci.**, v. 24, n. 4, p. 1-15, 2023. <https://doi.org/10.3390/ijms24043388>

ROSSETTO, C.A.V.; MEDICI, L.; MORAIS, C.S.B.; MARTINS, R.C.F.; CARVALHO, D.F. Seed germination and performance of sunflower seedlings submitted to produced water. **Cienc. Agrotec.**, v. 45, n. 2, p. 1-11, 2021. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202145010521>

SIMÕES, W.L.; SILVA, J.S.; OLIVEIRA, A.R.; REGITANO NETO, A.; DRUMOND, M.A.; LIMA, J.A.; NASCIMENTO, B.R. Cultivo do girassol com diferentes sistemas de irrigação e espaçamentos de plantio no Submédio São Francisco. **Cienc. Agrar.**, v. 41, p. 2899–2910, 2020. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n6Supl2p2899>

SHVETS, Y.A.; KRYLOVA, K.D.; LIMANSKA, N.V. Effect of *Bacillus megaterium* ONU 500 on the germination and growth of sunflower seedlings. **Microbiol. Biotechnol.**, v. 51, n. 1, p. 45-54, 2021. [https://doi.org/10.18524/2307-4663.2021.1\(51\).228977](https://doi.org/10.18524/2307-4663.2021.1(51).228977)

SOUSA, S.A.; LEITE, V.M.; ALMEIDA, V.O.; PINA, D.S.; RUFINO, L.M.A.; SANTOS, A.V.; PERAZZO, A.F.; SILVA, T.C.; CIRNE, L.G.A.; CARVALHO, G.G.P. Agronomic characterization of sunflower cultivars for animal feeding in tropical conditions. **Biosci. J.**, vol. 37, p. 1-11, 2021. <https://doi.org/10.14393/BJ-v37n0a2021-53618>

STOLLER – Stoller do Brasil Ltda. **Por que Stimulate® é diferente?** Disponível em: <https://www.stoller.com.br/solucoes/fisiologicos/stimulate/>. Acesso em agosto de 2023.

YANG, W.; ZHOU, Z.; CHU, Z. Emerging roles of Salicylic Acid in plant saline stress tolerance. **Int. J. Mol. Sci.**, v. 24, n. 4, p. 1-15, 2023. <https://doi.org/10.3390/ijms24043388>