

PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Piper hispidum* Sw. UTILIZANDO ESTACAS FOLIARES E INDUÇÃO COM ÁCIDO INDOL-3-BUTÍRICO (AIB)

Edlaine Lacerda Araújo¹, Basilio Cerri Neto², Claudio Sergio Marinato³, Sara Dousseau-Arantes², Lucio de Oliveira Arantes²

¹ Pós-Graduanda em Meio Ambiente pelo Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Linhares, Linhares-ES.

² Pesquisador do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), CPDI Norte, Linhares-ES.

³ Professor do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Linhares-ES.
E-mail: edlaine.araujo@yahoo.com.br

Recebido em: 15/11/2025 – Aprovado em: 15/12/2025 – Publicado em: 30/12/2025
DOI: 10.18677/EnciBio_2025D9

RESUMO

O gênero *Piper* destaca-se por suas aplicações culinárias, medicinais e fitoterápicas. A propagação vegetativa por estaquia é amplamente empregada. Porém algumas espécies do gênero apresentam dificuldades no enraizamento. O uso de estacas foliares tem sido investigado como uma possível solução. O objetivo deste estudo foi avaliar o uso de estacas foliares de *P. hispidum* tratadas com ácido indolbutírico (AIB) para induzir o enraizamento e melhorar o desenvolvimento das mudas. O experimento, realizado de outubro de 2023 a março de 2024, utilizou folhas de *P. hispidum* tratadas com AIB (1.500 ppm) e água (controle). Após 120 dias, foram avaliados altura, diâmetro do caule, comprimento e volume radicular, área foliar, massa seca e fluorescência da clorofila. Os resultados mostraram que AIB aumentou significativamente a altura das plantas, o diâmetro do caule, o comprimento e o volume das raízes, além da área foliar e da massa seca. No entanto, o número de raízes foi maior no grupo controle, sugerindo que doses excessivas de AIB podem afetar a formação de novas raízes. A análise de fluorescência indicou que o AIB comprometeu a eficiência fotoquímica das plantas, enquanto o controle apresentou melhor desempenho. Conclui-se que o uso de estacas foliares de *P. hispidum* tratadas com AIB é uma alternativa promissora para a propagação da espécie. É necessário ajustar a dosagem do AIB para otimizar o enraizamento e melhorar a propagação. O estudo destaca a importância de continuar a pesquisa sobre as condições ideais para o uso do AIB, visando melhores resultados na produção de mudas.

PALAVRAS-CHAVE: Estaquia foliar; Fitorreguladores; Fluorescência da clorofila.

VEGETATIVE PROPAGATION OF *Piper hispidum* Sw. USING LEAF CUTTINGS AND INDUCTION WITH INDOLE-3-BUTYRIC ACID (IBA)

ABSTRACT

The genus *Piper* stands out for its culinary, medicinal, and phytotherapeutic applications. Vegetative propagation by cuttings is widely used, although some species of the genus face difficulties in rooting. In this context, the use of leaf cuttings has been investigated as a possible solution. The objective of this study was to evaluate the use of *Piper hispidum* leaf cuttings treated with indole-3-butyric acid (IBA) to induce rooting and improve seedling development. The experiment, conducted from October 2023 to March 2024, used *P. hispidum* leaves treated with IBA (1,500 ppm) and water (control). After 120 days, plant height, stem diameter, root length and volume, leaf area, dry mass, and chlorophyll fluorescence were evaluated. The results showed that IBA treatment significantly increased plant height, stem diameter, root length and volume, as well as leaf area and dry mass. However, the number of roots was higher in the control group, suggesting that excessive doses of IBA may affect new root formation. Fluorescence analysis indicated that IBA compromised the photochemical efficiency of the plants, while the control group showed better performance. It is concluded that the use of *P. hispidum* leaf cuttings treated with IBA is a promising alternative for propagating the species. It is necessary to adjust the IBA dosage to optimize rooting and improve propagation. The study highlights the importance of continuing research on the optimal conditions for IBA use to achieve better results in seedling production.

KEYWORDS: Leaf cutting; Phyto regulators; Chlorophyll fluorescence.

INTRODUÇÃO

Na família Piperaceae, o gênero *Piper*, que inclui a pimenta-do-reino (*Piper nigrum*), destaca-se por conter o maior número de espécies e que possuem significativa importância econômica nas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética. Um exemplo é *Piper hispidum* Sw., conhecida popularmente como jaborandi ou falso-jaborandi, destaca-se por suas propriedades fitoterápicas, incluindo ação antifúngica (ARAÚJO *et al.*, 2018).

No entanto, plantas de *Piper* são suscetíveis a diversas doenças que atacam seu sistema radicular, comprometendo seu desenvolvimento e produtividade. Uma das principais fitopatologias que afetam plantas desse gênero, é a podridão radicular, causada por fungos do gênero *Phytophthora*, que compromete o crescimento e pode levar à morte da planta (NGO *et al.*, 2020). Porém, algumas espécies do gênero *Piper* apresentam resistência a patógenos que atacam o sistema radicular da pimenteira-do-reino (*P. nigrum* L.) (ALBUQUERQUE *et al.*, 2001), sendo assim potenciais porta-enxertos.

Em plantios comerciais, a reprodução sexuada da pimenteira-do-reino não é recomendada, pois resulta em plantas geneticamente distintas da planta-mãe, o que pode acarretar maior variabilidade nas características agrônômicas, além de um extenso período juvenil (PIO *et al.*, 2005). Por esse motivo, recomenda-se a propagação assexuada por meio de estaquia, que permite a manutenção das características desejáveis da planta-mãe e reduz significativamente o período juvenil.

A estaquia, método mais utilizado para a multiplicação de espécies do gênero *Piper*, baseia-se na obtenção de ramos de uma planta matriz, os quais são posteriormente plantados sob condições favoráveis à rizogênese. No entanto, a

produção de mudas de qualidade depende da padronização das estacas, o que exige plantas matrizes uniformes, tornando-se um fator limitante para algumas espécies de *Piper*. Adicionalmente, certas espécies enfrentam dificuldades no enraizamento, apresentando lentidão no processo de rizogênese e na formação do sistema radicular, o que representa um desafio para viveiristas e agricultores (SOUZA *et al.*, 2020).

Como alternativa à utilização de caules como fonte de material vegetal, as folhas de *Piper* podem ser empregadas na produção de mudas de qualidade, oferecendo um caminho promissor para superar essas limitações (DORNELAS JUNIOR *et al.*, 2020).

A busca por protocolos agronômicos que promovam melhorias no crescimento e na qualidade das plantas é essencial para o cultivo eficiente de espécies do gênero *Piper*. A indução do sistema radicular é amplamente influenciada pelo ácido indolacético (AIA), enquanto o uso de fitorreguladores, como o ácido indolbutírico (AIB), tem se destacado como uma alternativa eficaz para aprimorar os processos morfológicos e fisiológicos das plantas (SOUZA *et al.*, 2020). Entre as auxinas sintéticas, o AIB é considerado o mais eficiente na propagação de mudas devido à sua elevada capacidade de estimular o enraizamento (SOUZA *et al.*, 2020).

Portanto, um sistema radicular vigoroso e bem desenvolvido nas fases iniciais do crescimento permite maior exploração do volume do solo, além de contribuir para a estabilidade da atividade fotossintética, o ganho de biomassa das mudas e o desenvolvimento saudável da planta adulta. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o uso de estacas foliares de *P. hispidum* tratadas com ácido indolbutírico (AIB) para induzir o enraizamento e melhorar o desenvolvimento das mudas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Material Vegetal e local de cultivo

Foram utilizadas folhas de *Piper hispidum*, oriundas do banco de germoplasma da Fazenda Experimental de Linhares (FEL), do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), localizada no município de Linhares, região norte do Espírito Santo.

As folhas foram coletadas de plantas matrizes e cortadas transversalmente ao meio, sendo utilizada apenas a porção basal das folhas no experimento. As porções basais foram tratadas com uma solução de ácido indolbutírico (AIB) a 1.500 ppm ou com água destilada (controle) por 15 segundos, com o pecíolo voltado para baixo durante a imersão. Após o tratamento, as folhas foram dispostas em caixas plásticas de 46 cm de comprimento, 29 cm de largura e 12 cm de profundidade, preenchidas com areia lavada como substrato para enraizamento.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições de 15 plantas por parcela, adotando um esquema fatorial 1x2. Esse arranjo consistiu em uma espécie (*Piper hispidum*) submetida a duas condições de enraizamento: tratamento com solução de AIB a 1.500 ppm e imersão em água (controle).

Determinação da fluorescência da clorofila

Ao final do experimento, foram realizadas avaliações da fluorescência da clorofila 'a' em duas plantas por parcela, utilizando o fluorômetro portátil da Hansatech, modelo Handy-PEA (Hansatech, *United Kingdom*), de acordo com as recomendações de (STRASSER *et al.*, 2004). Duas folhas de cada planta foram

adaptadas ao escuro, utilizando-se cliques foliares por 30 minutos, período necessário para a oxidação completa do fotossistema. Em seguida, foi emitido um flash de luz saturante de $3000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de fótons, com duração de 1 segundo. A partir da fluorescência transiente OJIP, foram calculados os parâmetros estabelecidos pelo teste JIP. A interpretação e as normalizações dos parâmetros medidos e calculados a partir deste teste seguiram as recomendações de (STRASSER; STRASSER.,1995).

Determinação do desenvolvimento vegetal

O desenvolvimento das plantas foi avaliado 120 dias após a instalação do experimento, analisando-se 12 plantas por parcela. Foram mensurados o comprimento do caule (CC) e da maior raiz (CR), utilizando fita métrica e expressando os resultados em centímetros (cm); o diâmetro do caule (DC), medido com paquímetro digital e expresso em milímetros (mm); o número de folhas (NF) e de raízes (NR), obtidos por contagem manual; o volume de raiz (VR), determinado pelo deslocamento de água em proveta graduada e expresso em centímetros cúbicos (cm^3); e a área foliar (AF), avaliada com o medidor LI-COR 3100 e expressa em centímetros quadrados (cm^2). A alocação de massa seca foi avaliada obtendo-se a massa seca das folhas (MSF), caules (MSC), raiz (MSR), parte aérea (MSPA) e total (MST), após secagem em estufa de circulação forçada de ar a 70°C até peso constante, com pesagem realizada em balança analítica e resultados expressos em gramas (g).

Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa estatístico SISVAR versão 4.3 (FERREIRA, 2011). Foi realizada a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de F com nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

FIGURA 1. Imagens representativas das plantas após 120 dias de cultivo. (A) Plantas tratadas com AIB; (B) Controle (em água).



Fonte: Autores (2025). Barra de escala, 1 cm.

As estacas foliares de *P. hispidum*, quando submetidas ao tratamento com ácido indolbutírico (AIB), apresentaram um incremento expressivo em diversos aspectos do desenvolvimento vegetal, incluindo a altura das plantas (AT), o diâmetro

do caule (DC), comprimento das raízes (CR), área foliar (AF), volume de raízes (VR), massa seca das folhas (MSF) e massa seca do caule (MSC) (Tabela 1).

TABELA 1. Parâmetros de crescimento em estacas foliares de *P. hispidum* tratadas com AIB. Altura (ALT), diâmetro do caule (DC), comprimento da raiz (CR), número de raízes (NR), número de folhas (NF), área foliar (AF), volume de raiz (VR), massa seca da raiz (MSR), massa seca da folha (MSF), massa seca do caule (MSC).

Parametro	ALT (cm)	DC (mm)	CR (cm)	NR	NF	AF (cm ²)	VR (cm ³)	MSR (g)	MSF (g)	MSC (g)
Controle	12,5 b	1,87 b	12,4 b	7,3 a	5,7 a	26,79 b	1,5 b	0,2421 a	0,1782 b	0,1754 b
AIB	19,6 a	2,32 a	25,2 a	4,6 b	6,4 a	62,42 a	3,5 a	0,2118 b	0,3169 a	0,2845 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de F ($p \leq 0,05$).

Os resultados obtidos corroboram a literatura que aponta o efeito do AIB no estímulo de parâmetros morfológicos e fisiológicos das plantas (AHEMD *et al.*, 2016), estimulando o crescimento das plantas, o aumento do diâmetro do caule e o incremento no comprimento das raízes. Esses achados estão alinhados com estudos prévios, como os de Ahemd *et al.* (2016), que destacam o papel das auxinas no alongamento celular e no desenvolvimento radicular.

No entanto, o número de raízes foi maior nas plantas do grupo controle em comparação com aquelas submetidas ao tratamento com AIB, indicando que o regulador de crescimento pode ter impactado a formação de raízes, favorecendo outros parâmetros, como o comprimento das raízes, mas não a sua quantidade. Esse resultado pode sugerir que doses específicas de AIB podem influenciar negativamente a indução de novas raízes, sinalizando um possível efeito inibitório causado por concentrações acima do ideal para a espécie, conforme relatado por Silva e Souza (2018), que destacaram que o excesso de reguladores de crescimento pode gerar efeitos contrários em determinadas condições. Assim, o uso do AIB parece favorecer o alongamento das raízes já existentes, mas não necessariamente estimular a formação de novas.

Em relação à parte aérea, o fato de o número de folhas não apresentar diferença significativa entre os tratamentos indica que o AIB, nesse contexto, não foi determinante para o aumento do número de folhas em *P. hispidum* (AHEMD *et al.*, 2016). No entanto, a maior área foliar nas estacas tratadas com AIB sugere que o regulador promoveu o crescimento das folhas existentes, possivelmente devido à maior eficiência na captação de nutrientes e energia, o que poderia ser atribuído ao incremento na capacidade de absorção de água e minerais proporcionado pelas raízes mais longas (MELO *et al.*, 2017).

O volume de raízes foi maior nas estacas foliares tratadas com AIB. Contudo, a massa seca das raízes apresentou redução com o uso do AIB, enquanto no tratamento controle houve um aumento desse parâmetro (Tabela 1). A massa seca das folhas e do caule foi significativamente maior nas estacas foliares tratadas com AIB, em comparação às plantas do grupo controle (Tabela 1).

O aumento no volume de raízes das estacas foliares tratadas com ácido indolbutírico (AIB) sugere que o regulador de crescimento desempenhou um papel importante no estímulo ao alongamento celular e na formação de estruturas radiculares mais extensas (SOUZA *et al.*, 2020). Contudo, a redução na massa seca das raízes indica que essas raízes, apesar de volumosas, podem ser menos densas ou apresentar menor lignificação, o que reflete um direcionamento dos recursos energéticos para o crescimento longitudinal em detrimento da biomassa acumulada.

Esse efeito pode ser explicado pelo mecanismo de ação das auxinas, que promovem alongação celular, mas podem alterar a alocação de carboidratos e outros metabólitos (DORNELAS JUNIOR *et al.*, 2020).

Por outro lado, o aumento significativo na massa seca das folhas e do caule nas plantas tratadas com AIB evidencia o impacto positivo do regulador no desenvolvimento das partes aéreas (MAGGIO *et al.*, 2018). Esse resultado pode estar associado a uma maior eficiência fotossintética e redistribuição de nutrientes, promovendo maior acúmulo de biomassa nessas estruturas. Esse equilíbrio diferencial entre as respostas das raízes e das partes aéreas reforça a capacidade do AIB de modular o crescimento de maneira seletiva, dependendo do órgão vegetal (GAO *et al.*, 2018). Esses resultados indicam que, embora o AIB favoreça aspectos importantes do desenvolvimento das plantas, é necessário avaliar suas implicações em relação à densidade radicular para garantir a adaptação e o vigor das plantas em diferentes condições ambientais (LUCINI *et al.*, 2018).

Nos parâmetros relacionados à fluorescência da clorofila *a*, o rendimento quântico fotoquímico máximo (ϕP_0) e o rendimento quântico da transferência de elétrons a partir das quinonas A (Q_A^-) para a cadeia de transporte de elétrons além de Q_A^- (ϕE_0) foram significativamente superiores nas estacas foliares do tratamento controle. Por outro lado o fluxo de absorção de energia por centro de reação (ABS/RC) e o fluxo de energia capturada por centro de reação (TR_0/RC) apresentaram valores significativamente superiores nas estacas foliares tratadas com AIB. A quantidade de centros de reação do FSII ativos por seções transversais (RC/CS_0) foi significativamente maior nas plantas do tratamento controle. Já o índice de Desempenho para Conservação de Energia, desde os excítons capturados até a redução dos receptores de elétrons do intersistema (PI_{abs}), foi significativamente superior nas plantas tratadas com AIB em comparação com as plantas do controle (Tabela 2).

TABELA 2. Eficiência quântica fotoquímica máxima (ϕP_0), eficiência quântica de transferência de elétrons de Q_A^- para a cadeia de transporte de elétrons além de Q_A^- (ϕE_0), fluxo de absorção de energia por centro de reação (ABS/RC), fluxo de energia capturada por centro de reação (TR_0/RC), número de centros de reação de psii ativos por seção transversal (RC/CS_0) e índice de desempenho para conservação de energia dos éxons capturados até a redução dos aceptores de elétrons do intersistema (PI_{abs}).

Tratamentos	$\phi (P_0)$	$\phi (E_0)$	ABS/RC	TR_0/RC	RC/CS_0	PI_{abs}
Controle	0.723 a	0.308 a	3.545 b	2.546 b	184.429 a	3,524 b
AIB	0.645 b	0.269 b	4.657a	2.921 a	152.153 b	6,386 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey ($p \leq 0,05$).

O rendimento quântico fotoquímico máximo (ϕP_0) reflete a eficiência fotoquímica do fotossistema II (PSII) (CHEKANOV *et al.*, 2018). A redução de ϕP_0 nas estacas foliares submetidas ao AIB ocorre porque a eficiência no transporte de elétrons foi comprometida (JIANG *et al.*, 2008). Da mesma forma, a redução no rendimento quântico da transferência de elétrons a partir do Q_A^- para a cadeia de transporte de elétrons além de Q_A^- (ϕE_0) nas estacas submetidas ao AIB é atribuída a falhas na transmissão dos elétrons (MATHUR *et al.*, 2013). Esse resultado sugere maior eficiência no uso da energia luminosa pelas plantas do controle em comparação com aquelas tratadas com AIB.

Já a redução na quantidade de centros de reação do FSII ativos por seções transversais (RC/CS_0), observada nas plantas submetidas ao tratamento com AIB,

aponta para uma maior presença de centros de reação ativos nesses indivíduos em comparação com as estacas tratadas com AIB, o que pode estar relacionado ao tamanho relativo da antena ligado a cada centro de reação (PAUNOV *et al.*, 2018). Entretanto a diminuição observada nas plantas controle indica um mecanismo de defesa ao estresse, que ocasiona alteração no tamanho do sistema antena do FSII, acarretando a inativação de uma fração dos centros de reação (centros de redução ou dissipação de calor), podendo indicar suscetibilidade à fotoinibição (KALAJI *et al.*, 2018).

O tratamento com AIB proporcionou incremento do PI_{abs} , que indica um incremento no desempenho fotossintético global, possivelmente relacionado a maior capacidade de transporte de elétrons (KALAJI *et al.*, 2018), sugerindo um efeito regulador positivo do AIB no sistema fotossintético das plantas.

CONCLUSÕES

O presente estudo atingiu seu objetivo de avaliar a eficiência do uso de estacas foliares de *Piper hispidum* tratadas com ácido indolbutírico (AIB) na propagação da espécie. Verificou-se que o AIB promoveu ganhos significativos em parâmetros morfológicos, como altura, diâmetro do caule, comprimento radicular, volume de raízes, área foliar e acúmulo de biomassa em folhas e caule. Esses resultados demonstram que o regulador de crescimento pode contribuir para a obtenção de mudas mais vigorosas e com maior potencial de desenvolvimento inicial.

No entanto, a redução no número de raízes e na massa seca radicular observada nas estacas tratadas com AIB indica que a concentração utilizada pode não ter sido a mais adequada para estimular a rizogênese de forma equilibrada. Dessa forma, ajustes de dose e protocolos devem ser investigados para conciliar o enraizamento eficiente com o crescimento vegetativo.

Em relação à fotoquímica da fotossíntese, os resultados da fluorescência da clorofila revelaram que o tratamento com AIB comprometeu a eficiência fotoquímica máxima do PSII (ϕP_0) e a transferência de elétrons (ϕE_0), evidenciando um impacto negativo na capacidade das plantas de realizar a fotossíntese de forma eficiente. Apesar do incremento no índice de desempenho (PI_{abs}), a redução de parâmetros essenciais da eficiência fotoquímica indica que, sob a concentração testada, o AIB pode induzir estresse fisiológico às plantas.

Portanto, conclui-se que a utilização de estacas foliares associada ao tratamento com AIB constitui uma estratégia promissora para a propagação de *P. hispidum*, mas que necessita de ajustes na concentração do regulador para maximizar os benefícios no desenvolvimento das mudas sem comprometer o equilíbrio fotoquímico da fotossíntese.

REFERÊNCIAS

- AHMED, H. A.; AL-FARAJ, A. A.; ABDEL-GHANY, A. M. Shading greenhouses to improve the microclimate, energy and water saving in hot regions: a review. *Scientia Horticulturae*, v. 201, p. 36-45, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.01.030>. doi: 10.1016/j.scienta.2016.01.030.
- ALBUQUERQUE, F.C.; DUARTE, M.L.R.; BENCHIMOL, R.L.; ENDO, T. Resistência de piperáceas nativas da amazônia à infecção causada por *nectria haematococca* f. Sp. *Piperis*. *Acta Amazonica*, v. 31, p. 341-348, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-43922001313348>. doi: 10.1590/1809-43922001313348

ARAUJO, C. A.; CAMARA, C. A. G.; MORAES, M. M.; VASCONCELOS, G. JOSÉ N.; PEREIRA, M. R. S.; ZARTMAN, C. E. Primeiro registro da composição química do óleo essencial de *Piper bellidifolium*, *Piper durilignum*, *Piper acutilimum* e *Piper consanguineum* da floresta amazônica brasileira. **Acta Amazonica**, v. 48, n. 4, p. 330-337, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201800771>. doi: 10.1590/1809-4392201800771

CHEKANOV, K.; VASILIEVA, S.; SOLOVCHENKO, A.; LOBAKOVA, E. Reduction of photosynthetic apparatus plays a key role in survival of the microalga *haematococcus pluvialis* (chlorophyceae) at freezing temperatures. **Photosynthetica**, v. 56, n. 4, p. 1268-1277, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/S11099-018-0841-5>. doi: 10.1007/S11099-018-0841-5

DORNELAS JÚNIOR, L. F.; BISI, E. J. R.; SANTOS, M. R. A. Propagação vegetativa de jaborandi (*Piper hispidum*) por meio de estacas foliares. **Embrapa Rondônia**, p. 1-19, 2020. URL: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/211353/1/bpd81-final1.pdf>. Acesso em: 11 set. 2024.

FERREIRA, D.F.: **Sisvar: a computer statistical analysis system**. – Ciênc. Agrotec. 35: 1039-1042, 2011.

GAO, L.; CALDWELL, C. D.; JIANG, Y. Photosynthesis and growth of camelina and canola in response to water deficit and applied nitrogen. **Crop Science**, v. 58, p. 393-401, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.07.0406>

JIANG, H. X.; CHEN, L. S.; ZHENG, J. G. Aluminum-induced effects on photosystem II photochemistry in citrus leaves assessed by the chlorophyll a fluorescence transient. **Tree Physiology**, v. 28, p. 1863-1871, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/treephys/28.12.1863>. doi: 10.1093/treephys/28.12.1863

KALAJI, M.; RASTOGI, A.; ZIVČÁK, M.; BRESTIC, M.; DASZKOWSKA, G. A.; SITKO, K. Prompt chlorophyll fluorescence as a tool for crop phenotyping: an example of barley landraces exposed to various abiotic stress factors. **Photosynthetica**, v. 56, p. 953-961, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/S11099-018-0766-Z>. doi:10.1007/s11099-018-0766-z.

LUCINI, L.; ROUPHAEL, Y.; CARDARELLI, M.; BONINI, P.; BAFFI, C.; COLLA, G. A vegetal biopolymer-based biostimulant promoted root growth in melon while triggering brassinosteroids and stress-related compounds. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 472, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00472>; doi: 10.3389/fpls.2018.00472

MAGGIO, A.; BRESSAN, R. A.; ZHAO, Y.; PARK, J.; YUN, D. J. It's hard to avoid avoidance: uncoupling the evolutionary connection between plant growth, productivity and stress "tolerance". **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, p. 3671, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms19113671>. doi: 10.3390/ijms19113671

MATHUR, S.; MEHTA, P.; JAJOO, A. Effects of dual stress (high salt and high temperature) on the photochemical efficiency of wheat leaves (*Triticum aestivum*). **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 19, p. 179-188, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12298-012-0151-5>. doi:10.1007/s12298-012-0151-5

MELO, H. F.; SOUZA, E. R.; CUNHA, J. C. Fluorescence of chlorophyll *a* and photosynthetic pigments in *Atriplex nummularia* under abiotic stresses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 4, p. 232-237, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n4p232-237>. doi:10.1590/1807-1929/agriambi.v21n4p232-237

NGO, V.A.; WANG, S.-L.; NGUVEN, V.B.; DOAN, C.T.; TRAN, T.N.; et al.; *Phytophthora* Antagonism of Endophytic Bacteria Isolated from Roots of Black Pepper (*Piper nigrum* L.). **Agronomy**, 10, 2020, 286p. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020286>

PAUNOV, M.; KOLEVA, L.; VASSILEV, A.; VANGRONSVELD, J.; GOLTSEV, V. Effects of different metals on photosynthesis: cadmium and zinc affect chlorophyll fluorescence in durum wheat. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 3, p. 787, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms19030787>. doi:10.3390/ijms19030787.

PIO, R.; BASTOS, D. C.; BERTI, A. J.; SCARPARE FILHO, J. A.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; et al.; Enraizamento de diferentes tipos de estacas de oliveira (*Olea europaea* L.) utilizando ácido indolbutírico. **Ciência Agrotécnica**, v. 29, n. 3, p. 562-567, 2005. URL: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/3yzfmfjdzjdpnmdgq5ys6ql/?lang=pt>.

SILVA, D. R.; SOUZA, E. C. Impacto das auxinas na propagação vegetativa de plantas: uma revisão. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, p. 289–299, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452002000300011>. doi:10.1590/S0100-29452002000300011

SOUZA, O. V.; SOUZA, R. P.; BUFFON, S. B.; MORAIS, A. L.; ARANTES, S. D.; et al.; Efeito da aplicação de ácido-indol-3-butírico (AIB) no crescimento e qualidade de mudas de *Piper nigrum* L. cv. Kottanadan propagadas vegetativamente. **Revista IFES Ciência**, v. 6, n. 2, p. 139-148, 2020. URL: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/ric/article/view/393/515>.

STRASSER, B. J.; STRASSER, R. J. Measuring fast fluorescence transients to address environmental questions: the JIP-test. In: MATHIS, P., editor. Photosynthesis: from light to biosphere. **Dordrecht: Kluwer Academic Publishers**, p. 977–980, 1995. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-009-0173-5_1142. doi:10.1007/978-94-009-0173-5_1142.

STRASSER, R. J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; SRIVASTAVA, A. Analysis of the chlorophyll *a* fluorescence transient. In: Papageorgiou, G. C.; Govindjee (eds.). Chlorophyll fluorescence: a signature of photosynthesis. Advances in photosynthesis and respiration series. Springer, **Dordrecht**, p. 321–362, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3218-9_12. doi:10.1007/978-1-4020-3218-9_12.