

Nutrição da planta matriz determina a qualidade de propágulos

Bruno Silva Guirra^{1*}, Marllon Felipe da Silva², José Eduardo Santos Barboza da Silva³, Keylan Silva Guirra⁴

DOI: <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2021.37015>

Resumo

A nutrição mineral é fator determinante no enraizamento adventício, com envolvimento nas respostas morfo genéticas, processos bioquímicos e fisiológicos. A influência dos minerais sobre o sucesso do enraizamento apresenta correlação com o estado nutricional da planta matriz doadora, pois esta determina a quantidade de carboidratos, hormônios e outros compostos metabólicos essenciais para induzir o desenvolvimento radicular e vegetativo. Embora o enraizamento e a nutrição mineral estejam intimamente relacionados, poucos estudos têm sido divulgados visando à caracterização dos efeitos de nutrientes específicos. Neste contexto, realizou-se, com base em informações disponíveis na literatura, uma análise do papel de alguns nutrientes envolvidos na rizogênese adventícia de espécies cultivadas via propagação vegetativa. Com isso, é pertinente considerar que se o nutriente estiver envolvido nos processos metabólicos da planta e possibilitar a dediferenciação para formação do meristema radicular, este é essencial para rizogênese. Dessa forma, infere-se que o nitrogênio, zinco e boro são elementos necessários para algumas espécies durante o processo de propagação vegetativa por participarem diretamente do processo de enraizamento.

Palavras-chave: Boro. Nitrogênio. Propagação vegetativa. Rizogênese. Zinco.

Stock plant nutrition determines the quality of propagules

Abstract

Mineral nutrition is a determining factor in adventitious rooting, with involvement in morphogenetic responses, biochemical and physiological processes. The influence of minerals on the success of rooting is correlated with the nutritional status of the donor stock plant, as it determines the amount of carbohydrates, hormones and other metabolic compounds essential to induce root and vegetative development. Although rooting and mineral nutrition are closely related, few studies have been published aiming to characterize the effects of specific nutrients. In this context, based on information available in the literature, an analysis of the role of some nutrients involved in adventitious rhizogenesis of cultivated species via vegetative propagation was carried out. Thus, it is pertinent to consider that if the nutrient is involved in the plant's metabolic processes and enables dedifferentiation to form the root meristem, it is essential for rhizogenesis. Thus, it is inferred that nitrogen, zinc and boron are necessary elements for some species during the vegetative propagation process as they directly participate in the rooting process.

Key words: Boron. Nitrogen. Rhizogenesis. Vegetative Propagation. Zinc

¹Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, Brasil.

<https://orcid.org/0000-0001-7136-132X>

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Senhor do Bonfim, Bahia, Brasil.

<https://orcid.org/0000-0001-7054-7501>

³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Bom Jesus da Lapa, Bahia, Brasil.

<https://orcid.org/0000-0003-3838-8672>

⁴Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil.

<https://orcid.org/0000-0002-2510-6587>

*Autor para correspondência: bguirra@hotmail.com

Introdução

A propagação vegetativa permite a seleção de materiais com características genéticas iguais da planta matriz, além de possibilitar uniformidade de plantio e acelerar a fase reprodutiva da espécie. Por isso, esse tipo de propagação vem sendo bastante utilizada para fins comerciais, ou ainda no resgate e conservação de recursos genéticos (Carvalho et al., 2020). A propagação através de partes vegetativas é uma alternativa viável principalmente para espécies que possuem mecanismos de adaptação, a exemplo da dormência, que impossibilita parcialmente ou completamente o processo de propagação de forma sexuada.

Para que haja sucesso na técnica de propagação assexuada, é necessário conhecer os fatores que influenciam direta ou indiretamente na formação de raízes, de modo a compreender o porquê de algumas espécies possuírem maior facilidade de enraizamento que outras. Dentre os fatores que influenciam no enraizamento adventício e sucesso da produção de mudas estão: características específicas de cada espécie, o tipo de propágulo utilizado, ambiente de enraizamento, presença de indutores, além de outros, como substrato, irrigação e a nutrição (Palú et al., 2013).

Outras características a serem consideradas e que são de extrema importância para o êxito na produção de mudas via propagação vegetativa é a idade, o estado fitossanitário e nutricional da planta matriz quando esta é doadora de material usado na propagação. Esses fatores, principalmente o estágio nutricional, podem determinar a quantidade de carboidratos, auxinas e outros compostos do metabolismo essencial da planta para a iniciação e desenvolvimento das raízes adventícias (Pereira & Peres, 2016). Sendo assim, é pertinente destacar que estacas com maiores reservas de carboidratos podem apresentar melhores taxas de enraizamento. Durante a formação celular necessita-se de fonte de carbono para a biossíntese de ácidos nucleicos e proteínas para a formação das raízes (Fachinello et al., 1994).

Dessa maneira, fica evidente a influência da nutrição mineral no enraizamento de estacas de duas maneiras distintas, sendo uma relacionada ao vigor vegetativo da planta matriz para coleta do propágulo, ou do próprio estado nutricional do material coletado (Xavier et al., 2009). Todavia, ainda não está totalmente elucidado quais nutrientes contribuem diretamente para este processo. Portanto, considera-se essencial o nutriente que esteja intimamente relacionado aos processos metabólicos de diferenciação e formação do sistema radicular (Picolotto et al., 2015).

Embora o enraizamento e a nutrição mineral estejam intimamente relacionados, poucos estudos têm sido divulgados visando à caracterização dos efeitos de nutrientes específicos. Neste contexto, realizou-se, como base em informações disponíveis na literatura, uma análise

do papel de alguns nutrientes envolvidos na rizogênese adventícia de espécies cultivadas via propagação vegetativa.

Para elaboração do manuscrito, uma busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados do Google Scholar, Scielo e Periódico Capes, utilizando os termos: “vegetative propagation”, “Rhizogenesis”, “plant nutrition” e “rooting”. Não houve restrição de data de publicação ou idioma.

Influência da nutrição mineral na rizogênese

Os minerais apresentam relação direta com o metabolismo vegetal, pois fazem parte de estruturas orgânicas, atuam em reações enzimáticas, ou são portadores de carga e osmorreguladores. Além disso, vale salientar que estes influenciam na formação de raízes laterais, modulação do comprimento, densidade e morfologia dos sistemas radiculares das plantas (Cunha et al., 2009).

Por isso, a nutrição mineral deve ser encarada como fator determinante para predisposição no enraizamento adventício devido ao seu envolvimento nas respostas morfogenéticas das plantas, uma vez que os nutrientes estão envolvidos nos processos bioquímicos e fisiológicos. No entanto, suas funções geram respostas diferenciadas nas fases de indução da rizogênese, a depender do papel do nutriente, da concentração testada, do modo de aplicação e das condições do meio (Geiss et al., 2009; Li et al., 2009).

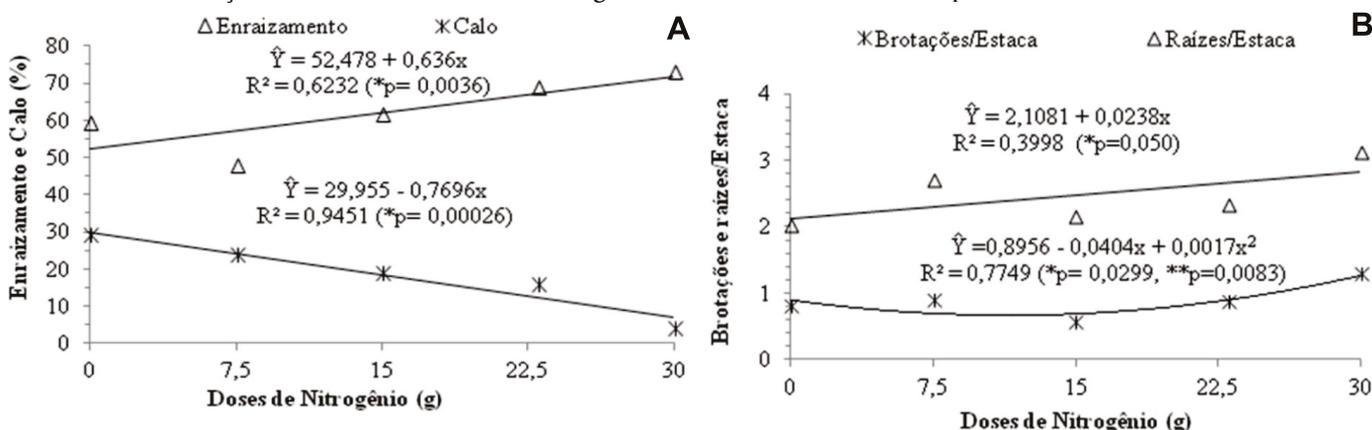
A influência da nutrição mineral sobre o sucesso do enraizamento de propágulo apresenta correlação entre o estado nutricional da planta matriz doadora e estado nutricional equilibrado do próprio propágulo a serem regenerados em novas plantas, tendo em vista que a nutrição deste material determina a quantidade de carboidratos, hormônios e outros compostos metabólicos essenciais para indução do desenvolvimento radicular (Pires et al., 2015). Essa situação pode ser visualizada quando se coleta propágulos de matrizes cultivadas sobre condição balanceadas de solução nutritiva possibilita melhor enraizamento dos que os propágulos coletados diretamente em campo (Assis et al., 2004).

Apesar de ser descrita em muitas pesquisas na literatura uma relação significativa entre os nutrientes e o processo de enraizamento, muitos destes nutrientes ainda não tiveram sua importância comprovada com relação ao processo de formação do sistema radicular, isto porque existe muita complexidade bioquímica e fisiológica envolvida no processo (Cunha et al., 2009). Um desse nutriente requerido no processo de rizogênese é o nitrogênio. Este elemento é essencial para planta, pois participa da constituição de membranas, dos processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular. Além disso, compõe as proteínas e

ácidos nucleicos, enzimas, hormônios e outros compostos (Malavolta, 2006; Pallardy, 2008).

A influência do nitrogênio (N) no enraizamento adventício está associado a relação entre esse mineral e o conteúdo de carboidratos (relação C/N); e também as interações hormonais. Dessa maneira, é recomendado manter uma relação C/N elevada em matrizes doadoras, sendo que tanto o excesso quanto o déficit de N são desfavoráveis à rizogênese, principalmente por afetarem a síntese de ácidos nucleicos e proteínas (Hartmann *et al.*, 2017). Conforme [Moreira *et al.* \(2010\)](#), quando há uma boa relação de carbono/nitrogênio, o balanço hormonal e a umidade do substrato adequada, isto origina uma condição favorável para processo de formação de raízes e conseqüentemente uma boa percentagem de enraizamento.

Figura 1 – Enraizamento em % e calos em % (A), número de brotações por estaca e número de raízes por estaca (B), em função de diferentes doses de nitrogênio nas estacas de amoreira-preta.



Fonte: [Picolotto *et al.* \(2015\)](#).

O efeito benéfico do nitrogênio também foi relatado no trabalho de [Rocha *et al.* \(2015\)](#), onde afirmam que doses adequadas deste elemento podem reduzir o tempo de enraizamento das miniestacas de clones de *Eucalyptus*. Entretanto, os autores ressaltam que não basta apenas fornecer o mineral, pois o material genético e o grau de juvenildade dos propágulos, bem como a presença de carboidratos e outros metabólitos são fatores preponderantes para formação de raízes.

No trabalho de [Schwanbach *et al.* \(2005\)](#) avaliando a resposta de *Eucalyptus globulus* ao enraizamento adventício *in vitro* frente a várias concentrações de nutrientes, observaram que a aplicação de nitrogênio na forma de nitrato nas fases de indução e de iniciação provocou aumento significativo no percentual de enraizamento, quando aplicado 18 mM de nitrato; todavia, quando ministrado doses de 120 mM, levou a redução do enraizamento e acarretou clorose, indicando efeito tóxico desta concentração para a espécie.

Neste mesmo estudo, os autores puderam comprovar que para a espécie *Eucalyptus globulus*, a fonte de onde o nitrogênio é obtida ocasiona efeito distintos no

A aplicação da adubação nitrogenada em função de diferentes doses de nitrogênio em plantas matrizes de amoreira-preta provocou variação da percentagem de enraizamento de estacas, bem como para o desenvolvimento inicial do sistema radicular e da parte aérea das novas plantas ([Picolotto *et al.*, 2015](#)). Os autores verificaram que o aumento do enraizamento tem correlação com ao aumento da dose de nitrogênio aplicado à planta matriz. Comportamento que pode ser observado na figura 1, no qual a testemunha, sem adição de N (52,48% de enraizamento) e a dose máxima de 30 g de N por planta (71,56% de enraizamento) apresentaram resultados distintos. Neste sentido, estes resultados comprovam a importância de uma adubação balanceada na planta matriz doadora antes da retirada de material de propagação.

enraizamento adventício, com relação ao comprimento e número de raízes. O menor número de raízes e menor tamanho foram observados quando as microestacas cresceram junto ao amônio enquanto única fonte de nitrogênio.

Com um aumento da disponibilidade de nitrogênio, ocorre uma maior produção do homônimo citocinina, que é responsável pelo desenvolvimento de gemas laterais, novas brotações e folhas. Todavia, este excesso de nitrogênio provoca a diminuição das auxinas, causando uma redução na diferenciação celular e desenvolvimento de novas raízes ([Kojima *et al.* 2009](#)).

Outros elementos minerais que merecem destaque no enraizamento adventício, são os micronutrientes boro (B) e zinco (Zn), que quando encontrados na planta de maneira deficitária provocam vários distúrbios prejudiciais ao desenvolvimento dos tecidos meristemáticos, a exemplo da morte dos ápices das raízes e tecidos do câmbio (Mengel & Kirkby, 1979).

O zinco possui relação direta no metabolismo do nitrogênio nas plantas e, quando está deficiente, provoca

a diminuição das proteínas e aumento de aminoácidos. A redução da síntese proteica se deve a baixa atividade Zn polimerase (Cunha et al., 2009).

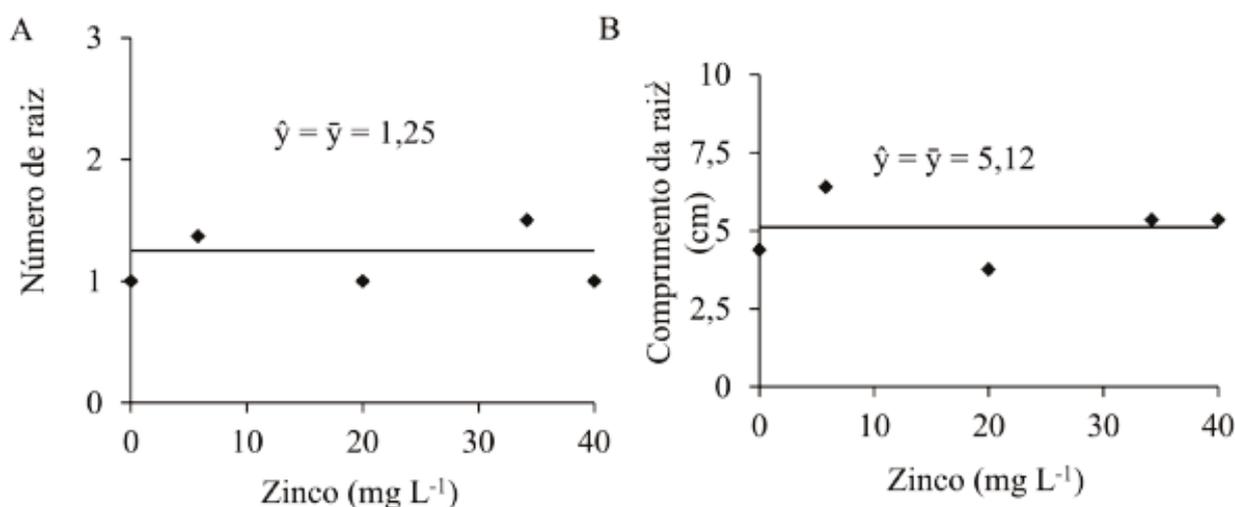
A redução no crescimento radicular e no tamanho das folhas são alguns dos efeitos da deficiência de zinco na planta, que presumidamente indicam distúrbios no metabolismo das auxinas, uma vez que este elemento participa na via de síntese do aminoácido *triptofano*, que é o precursor da auxina. No entanto, poucos são os estudos que visam elucidar a importância da aplicação deste elemento em plantas matrizes visando a otimização do enraizamento das estacas (Véras et al., 2018). A aplicação de zinco nas plantas matrizes antes da coleta das estacas pode aumentar o percentual de enraizamento e substituir a necessidade do uso de auxina sintética (Hartmann et al., 2017).

O zinco foi determinante na porcentagem de enraizamento de microestacas de *E. globulus*, sendo in-

fluenciada pelos efeitos de tratamentos externos, onde houve deficiência na concentração de zinco. Devido a remoção deste elemento, ocorreu decréscimo da porcentagem de enraizamento e queda no número de raízes por estaca enraizada, ao comparar as concentrações de 30 mM e 60 mM de zinco (Schawambach et al., 2005). É pertinente salientar que quando existe o excesso de zinco, pode ocasionar toxidez e inibir o alongamento de raízes (Marschner, 1995).

No experimento de Véras et al. (2018), trabalhando com aplicação de zinco em diferentes concentrações (0; 5,8; 20; 34,2 e 40 mg L⁻¹) sobre matrizes de *Spondias tuberosa*, via pulverização, pelo período de sete dias antes da retirada das estacas, os tratamentos não mostraram efeito significativo para o número e comprimento da raiz, apresentando valores médios de 1,25 (Figura 2A) e 5,12 cm (Figura 2B), respectivamente.

Figura 2 – Efeito de concentrações de zinco sobre o número (A) e comprimento da raiz (B) de estacas de umbuzeiro.



Fonte: Véras et al. (2018).

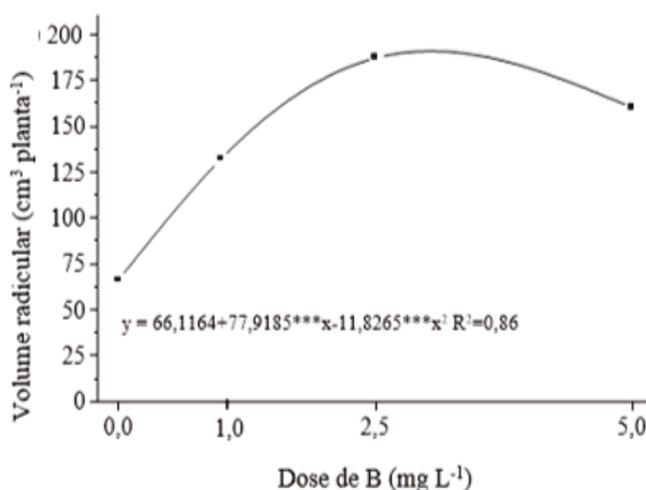
O boro também atua efetivamente no processo de enraizamento, tendo em vista que ele participa do alongamento celular e é imprescindível no aumento dos primórdios radiculares e futuro crescimento das raízes. O boro também está envolvido no metabolismo de carboidratos, polifenóis, lignina, dos ácidos nucleicos, bem como, das auxinas e por isso é considerado cofator de enraizamento. Este elemento também pode reverter o efeito fitotóxico do alumínio no incremento radicular em dicotiledôneas (Xavier et al., 2009; Oliveira et al., 2010).

De acordo com Assis & Teixeira (1998), o boro é mais importante no crescimento radicular do que no próprio enraizamento. Em algumas espécies vegetais, este elemento interage com as auxinas e acarreta o aumento da porcentagem de enraizamento e também e comprimento de raiz. A ação estimuladora do boro no

enraizamento pode estar ligada à sua interferência no processo de oxidação, pelo aumento da mobilização dos ácidos cítrico e isocítrico para o interior dos tecidos.

No experimento de Benedetti et al. (2014) com mudas clonais de *Ilex paraguariensis*, para observar o crescimento da espécie quando submetida a solução nutritiva de boro, apresentaram resultados bem distintos. Verificou-se que doses próximas a 5,0 mg L⁻¹ de boro na solução nutritiva propiciou o engrossamento das raízes, o que acarretou redução do crescimento das mudas, devido as raízes grossas apresentarem menor eficiência na absorção de nutrientes e água. No entanto, foi observado que a dose que apresentou melhor resultado com mudas clonais desta espécie foi de 3,0 mg L⁻¹, que é bem superior ao que literatura recomenda, que é de 0,5 mg L⁻¹ (Figura 3).

Figura 3 – Demonstração do volume radicular de mudas de erva-mate em função de doses de boro. *** significativo a 0,1 %.



Fonte: Benedetti *et al.* 2014.

Conclusão

A nutrição mineral da planta matriz apresenta relação direta com a formação da rizogênese de propágulo, no entanto, não está totalmente elucidado quais nutrientes são essenciais neste processo, isto porque o efeito de cada elemento é diferente em cada espécie.

Dessa maneira, se o nutriente estiver envolvido nos processos metabólicos da planta e possibilitar a diferenciação para formação do meristema radicular, este é essencial para rizogênese. Com isso, pode-se inferir que o nitrogênio, o zinco e boro são elementos necessários para algumas espécies durante o processo de propagação vegetativa pois induzem o enraizamento.

Referências

- Assis, T. F.; Fett-Neto, A. G.; Alfenas, A. C. 2004. Current techniques and prospects for the clonal propagation of hardwood with emphasis on Eucalyptus. p. 303–333. In: Fort, P. O. (Ed). Proceedings of plantation forest biotechnology for the 21st century. New Delhi: Research Signpost.
- Assis, T. F.; Teixeira, S. L. 1998. Enraizamento de plantas lenhosas. p. 261–296. In: Torres, A. C.; Caldas, L. S.; Buso, J. A. (Ed.) Cultura de tecidos e transformação genética de plantas. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
- Benedetti, E. L.; Santin, D.; Wendling, I.; Pereira, G.; Barros, N. F. 2014. Boro no crescimento de mudas de erva-mate em solução nutritiva. In: Congreso Sudamericano de Yerba Mate 6., Simposio Internacional de Yerba Mate y Salud. Montevideo. Memorias... [S.l.]: Grupo Interdisciplinario de Yerba Mate y Salud. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104531/1/2014-AAC-Ivar-BoroCrescimento.pdf>.
- Carvalho, A.; Neves, A. H. B.; Tronco, K. M. Q. 2020. Propagação vegetativa de espécies florestais da amazônia/vegetative propagation of amazonian forest species. Brazilian Journal Of Development, 6(10): 83417–83430. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n10-686>.
- Cunha, A. C. M.; Paiva, H. N.; Xavier, A.; Otoni, W. C. 2009. Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. Pesquisa Florestal Brasileira, (58): 35–45. Doi: 0.4336/2009.pfb.58.35.
- Fachinello, J. C.; Hoffmann, A.; Nachtigal, J. C.; Kersten, E.; Fortes, G. R. L. 1994. Propagação de plantas frutíferas de clima temperado. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. 179p.
- Geiss, G.; Gutierrez, L.; Bellini, C. 2009. Adventitious root formation: new insights and perspectives. p. 127–156. In: Beeckman, T. (Ed.). Annual plant reviews: root development. New York: John Wiley e Sons. Doi: 10.1002/9781444310023.ch5.
- Hartmann, H. T.; Kerster, D. E.; Davies, J. R. F. T.; Geneve, R. L. 2017. Plant Propagation: principles and practices. 9th ed. Boston: Prentice Hall.
- Kojima, M.; Kamada-Nobusada, T.; Komatsu, H.; Takei, K.; Kuroha, T.; Mizutani, M.; Ashikari, M.; Ueguchi-Tanaka, M.; Matsuoka, M.; Suzuki, K.; Sakakibara, H. 2009. Highly sensitive and high-throughput analysis of plant hormones using MS-probe modification and liquid chromatography tandem mass spectrometry: An application for hormone profiling in *Oryza sativa*. Plant and Cell Physiology, 50:1201–1214. Doi: 10.1093/pcp/pcp057.
- Li, S. W.; Xue, L.; Xu, S.; Feng, H.; An, L. 2009. Mediators, genes and signaling in adventitious rooting. The Botanical Review, 75:230–247. <https://doi.org/10.1007/s12229-009-9029-9>.
- Malavolta, E. 2006. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres.
- Moreira, R. A.; Ramos, J. D.; Cruz, M. C. M.; Villar, L.; Hafle, O. M., 2010. Efeito de doses de polímero hidroabsorvente no enraizamento de estacas de amoreira. Revista Agrarian, 3:133–139. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/913/637>.
- Oliveira, M. C.; Vieira Neto, J.; Pio, R.; Oliveira, A. F.; Ramos, J. D. 2010. Enraizamento de estacas de oliveira submetidas a aplicação de fertilizantes orgânicos e AIB. Ciência e Agrotecnologia, 34:337–344. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000200010>.

- Pallardy, S. G. 2008. Physiology of woody plants. 3rd ed. Burlington: Academic Press.
- Palú, E. G.; Krause, W.; Batisitti, M.; Santos, P. R. J.; Netto, M. A. 2013. Doses de fertilizante mineral misto e diferentes recipientes no enraizamento de estacas de maracujazeiro amarelo. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, 9:736–743. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013b/CIENCIAS%20AGRARIAS/COMPORTEAMENTO.pdf>.
- Pereira, F. B.; Peres F. S. B. 2016. Nutrição e enraizamento adventício de plantas lenhosas. Pesquisa Florestal Brasileira, 35:319–326. Doi: [10.4336/2016.pfb.36.87.1146](https://doi.org/10.4336/2016.pfb.36.87.1146).
- Picolotto, L.; Vignolo, G. K.; Pereira, I. S.; Gonçalves, M. A.; Antunes, L. E. C. 2015. Enraizamento de estacas de amoreira-preta em função da adubação nitrogenada na planta matriz. Revista Ceres, 62: 294–300. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562030009>.
- Pires, P.; Wendling, I.; Auer, C.; Brondani, G. 2015. Sazonalidade e soluções nutritivas na miniestaquia de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. Revista Árvore, 39:283–293. <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000200008>.
- Rocha, J. H. T.; Backes, C.; Borelli, K.; Prieto, M. R.; Santos, A. J. M.; Godinho, T. O. 2015. Produtividade do minijardim e qualidade de miniestacas de um clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (1-224) em função de doses de nitrogênio. Ciência Florestal, 25:273–279. <https://doi.org/10.5902/1980509818411>.
- Schwanbach, J.; Fadanelli, C.; Fett-Neto, A. G. 2005. Mineral nutrition and adventitious rooting in microcuttings of *Eucalyptus globulus*. Tree Physiology, 25:487–494. <https://doi.org/10.1093/treephys/25.4.487>.
- Véras, M. L. M.; Mendonça, R. M. N.; Figueredo, L. F.; Araújo, V. L.; Melo Filho, J. S.; Pereira, W. E. 2018. Enraizamento de estacas de umbuzeiro potencializado pela aplicação de ácido indol-3-butírico (AIB). Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal Of Agricultural Sciences, 13:1–9. DOI:[10.5039/agraria.v13i3a5541](https://doi.org/10.5039/agraria.v13i3a5541).
- Xavier, A.; Wendling, I.; Silva, R. L. 2009. Silvicultura clonal: princípios e técnicas. Viçosa: Editora da UFV.