

## Reguladores vegetais na propagação de plantas

João Paulo Tadeu Dias

Josef Gastl Filho

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) normatiza o Sistema Nacional de Sementes e Mudas (SNSM), além de dar outras providências sobre propagação e produção de plantas por meio do Decreto nº. 5.153, de 23 de julho de 2004, que aprova o regulamento da Lei nº. 10.711, de 05 de agosto de 2003, e define propagação como sendo: “a reprodução, por sementes propriamente ditas, ou a multiplicação, por mudas e demais estruturas vegetais, ou a concomitância dessas ações”, e semente como “material” de reprodução vegetal de qualquer gênero, espécie ou cultivar, proveniente de reprodução sexuada ou assexuada que tenha finalidade específica de semeadura”.

Deste modo, a propagação de plantas está intimamente associada à semente, seja ela de origem sexuada ou reprodutiva (semente botânica propriamente dita, oriunda da fecundação do óvulo) ou assexuada, também conhecida como multiplicação (de estrutura vegetativa, ou seja, caule, gema, ramo, folha ou qualquer parte ou órgão vegetal) que tenha como objetivo e fim a produção de mudas. Os hormônios ou reguladores vegetais

podem auxiliar e favorecer todo o processo de propagação de plantas.

As sementes vegetais apresentam um conjunto de hormônios que estão diretamente relacionados com o desenvolvimento do embrião (PIMENTA *et al.*, 2010; BONIN *et al.*, 2010), sendo que, entre estes hormônios, o de maior espectro de atuação são as denominadas giberelinas. Estas consistem em uma classe de substâncias hormonais reguladoras de crescimento utilizadas em várias espécies vegetais, promovendo a germinação uniforme e rápida. Entre as giberelinas, as que vêm sendo utilizadas comercialmente são o ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) (BONIN *et al.*, 2010).

A prática da aplicação exógena de reguladores vegetais via sementes tem sido proposta por várias instituições, seja ela por embebição ou em sulco de semeadura (PRADA NETO *et al.*, 2010). São inúmeras as finalidades, tais como o incremento da produção, melhora da qualidade fisiológica das sementes, germinação e emergência precoces, uniforme e regular, maior vigor, isto é, aumento do número de plântulas normais, superação de dormência, principalmente em sementes de determinadas hortaliças e forrageiras, algumas frutíferas e em espécies arbóreas e ornamentais, estímulo à germinação de sementes envelhecidas e melhor desenvolvimento inicial das plântulas, o que resultará em maior produtividade da

cultura (PRADA NETO *et al.*, 2010; MORTELE *et al.*, 2011; LOPES *et al.*, 2012; DOURADO NETO *et al.*, 2014).

Os reguladores de crescimento, tal como o ativador enzimático endógeno GA<sub>3</sub>, afetam o metabolismo proteico proporcionando o aumento significativo na taxa de síntese de enzimas envolvidas no processo germinativo das sementes e no enraizamento (PRADA NETO *et al.*, 2010). Em síntese, o processo germinativo é resultado da reativação do crescimento do embrião, que ocorre em decorrência de eventos metabólicos, iniciando-se com a absorção de água pela semente e encerrando-se com o alongamento da radícula (RESENDE *et al.*, 2009).

As giberelinas atuam como estimulante, tanto em sementes em dormência quanto em não dormentes, sendo de suma importância a sua aplicação, uma vez que as sementes necessitam desse hormônio para a ativação do crescimento vegetativo do embrião, mobilização das reservas do endosperma pela ativação de enzimas hidrolíticas e enfraquecimento da camada de endosperma que circunda o embrião, o que favorece seu crescimento (BONIN *et al.*, 2010).

A superação da dormência nas sementes ocorre em função da modificação no balanço entre substâncias inibidoras do crescimento da planta, como o ácido abscísico (ABA), e substâncias promotoras do crescimento,

como o GA<sub>3</sub>, em que ocorre o decréscimo na quantidade de ABA ou acréscimo na quantidade de GA<sub>3</sub> ou, ainda, ambos (BONIN *et al.*, 2010).

As giberelinas atuam como substitutas de dias longos, temperaturas baixas e da luz vermelha, estimulando a germinação através da quebra de dormência (FLOSS, 2008). A giberelina ainda atua no DNA nuclear e extra-nuclear (mitocôndrio e cloroplasto), ativando e promovendo as enzimas alfa e beta-amilase no endosperma da semente, as quais degradam as reservas energéticas em moléculas, cada vez menores, para nutrir e manter o embrião. A energia obtida é translocada para o embrião por intermédio de outros hormônios (PEIXOTO, 2010).

A combinação de fatores inibidores ou promotores é determinante no sucesso da superação da dormência. A citocinina atua juntamente com a giberelina como hormônio promotor da germinação. A partir do instante em que a água penetra a semente, a citocinina auxilia no transporte da giberelina para o endosperma, no qual atua como um mobilizador de material de reserva para o embrião. A síntese da giberelina pode ser em diferentes locais e em diferentes tipos de sementes; um exemplo são as sementes das gramíneas, em que ocorre a produção no escutelo do embrião.

A superação da dormência pela aplicação exógena de GA<sub>3</sub> em sementes pode estar aliada à realização da estratificação destas. O método de estratificação consiste em um dos processos para a quebra de dormência das sementes, sendo um tratamento úmido a baixas temperaturas que acelera a maturação do embrião, auxiliando nas trocas gasosas e na eficiência da embebição das sementes (VIEIRA; FERNANDES, 1997).

A estratificação é um método que pode ser realizado utilizando areia umedecida a baixas temperaturas por longo período de tempo (DALANHOL *et al.*, 2013), podendo ser aliado à estratificação com a subsequente aplicação de reguladores de crescimento no mesmo período por embebição (PECHE *et al.*, 2016). A estratificação em baixas temperaturas é requerida para uniformizar a germinação, emergência e aumentar o percentual de sementes germinadas (MARTINS *et al.*, 2014).

Reguladores vegetais correspondem às substâncias produzidas artificialmente, similares aos hormônios vegetais, que atuam como mensageiros químicos sintetizados, presentes em áreas específicas em outros locais do vegetal, agindo em baixas concentrações e controlando o desenvolvimento vegetal. Entre os principais reguladores vegetais, os classificados dentro do grupo das auxinas, sobretudo o ácido indol-3-acético (IAA) sintético, demonstraram seu uso prático no estímulo à formação de raízes

em estacas. Entretanto, outros materiais sintéticos, como o ácido indol-3-butírico (IBA) e o ácido naftalenoacético (NAA), estão entre os mais utilizados na propagação vegetativa (também conhecida como multiplicação) por estaquia, sendo mais efetivos que o IAA (HARTMANN, KESTER, DAVIS, 1990). Contudo, o NAA é um composto mais instável, mais tóxico e, por isso, tem que ser utilizado em concentrações menores que o IBA. Diferentes formas de preparo, tipos de estacas e substratos para enraizamento e formação de mudas de algumas espécies frutíferas são mostrados nas Figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

**Figura 1:** Detalhe do preparo de estaca de raiz de amoreira-preta (*Rubus* spp.) e plantio em substrato composto de areia, vermiculita (argila expandida) e fibra de coco.



Fonte: João Paulo T. Dias (2011).

**Figura 2:** Detalhe do preparo de estaca caulinar (feita com ramos novos da parte aérea) de amoreira-preta (*Rubus* ssp.) e plantio em areia (substrato).



Fonte: João Paulo T. Dias (2011).

**Figura 3:** Detalhe da brotação das estacas lenhosas caulinares (feita com ramos da parte aérea, com aproximadamente 1 ano de idade) de figueira (*Ficus carica*) cv. Roxo de Valinhos e plantio em substrato comercial.



Fonte: João Paulo T. Dias (2014).

**Figura 4:** Detalhe de estacas caulinar lenhosa de ramos da parte aérea de videira (*Vitis* sp.) e plantio em campo aberto para enraizamento.



Fonte: João Paulo T. Dias (2010).

**Figura 5:** Detalhe do preparo de estaca de broto de amoreira-preta (*Rubus* ssp.).



Fonte: João Paulo T. Dias (2011).



**Figura 6:** Detalhe da muda feita por estaca de raiz de amoreira-preta (*Rubus* spp.) em substrato de casca de arroz carbonizada.



Fonte: João Paulo T. Dias (2011).

**Figura 7:** Detalhe do enraizamento da estaca de broto de amoreira-preta (*Rubus* spp.)



Fonte: João Paulo T. Dias (2011).

De acordo com Pires e Biasi (2003), o IBA é o melhor regulador vegetal de uso geral, não sendo tóxico para a maioria das plantas. Mesmo se utilizados em altas concentrações, os IBAs promovem e aceleram o desenvolvimento radicular das estacas, mas é necessário ponderar que estas devem ser estudadas e adequadas para cada espécie, a fim de que o IBA não venha a se tornar fitotóxico.

O IBA apresenta menor solubilidade, maior estabilidade que a auxina endógena, é mais fotoestável que os outros reguladores vegetais, é atóxico para a maioria das espécies e pouco suscetível à ação dos sistemas de enzimas de degradação de auxinas, sendo considerado um dos melhores promotores do enraizamento adventício de estacas das mais variadas culturas (LONE *et al.*, 2010; SOUZA *et al.*, 2012; PAULUS *et al.*, 2014; LIMA *et al.*, 2016).

A estaquia é uma técnica comumente utilizada para várias espécies ornamentais, frutíferas e florestais, com o intuito de melhorar a qualidade e a quantidade de mudas produzidas (LIMA *et al.*, 2016).

Em relação à propagação sexuada, a assexuada apresenta maiores vantagens por ser uma técnica simples, rápida e barata, que permite a obtenção de mudas em curto prazo e a antecipação do período reprodutivo. Também, proporciona a produção de plantas geneticamente iguais à planta matriz, resultando na maior uniformidade da

população de plantas e permite o melhor manejo destas, ajudando a contornar as problemáticas relacionadas à dormência de sementes e à impossibilidade de reprodução uniforme por via sexuada dos indivíduos escolhidos (SASSO *et al.*, 2010; DIAS *et al.*, 2012; PAULUS *et al.*, 2014; PIMENTA *et al.*, 2014).

O sucesso da estaquia é totalmente dependente do processo de enraizamento das estacas, isto é, da formação de raízes adventícias. Esse processo está diretamente atrelado a uma série de fatores de ordem fisiológica, tais como presença de carboidratos, substâncias nitrogenadas, aminoácidos, auxinas e compostos fenólicos, que, nas concentrações adequadas, se acumulam na zona de regeneração de raízes (câmbio ou periciclo), contribuindo com a emissão de raízes adventícias. Os carboidratos exercem papel importante, já que fornecem carbono e energia para a biossíntese de ácidos nucleicos e proteínas, além da síntese de outras substâncias essenciais à formação de raízes (LIMA *et al.*, 2016).

Outros fatores que influenciam no processo de enraizamento são o genótipo, idade e nutrição da planta matriz, maturação dos propágulos, período de coleta de estacas, luminosidade, umidade, temperatura, tipo de estaca e estação do ano de coleta das estacas, além dos tratamentos culturais, como a irrigação e controle de doenças e pragas (OLIVEIRA *et al.*, 2015; LAFETÁ *et al.*, 2016).

Sendo assim, algumas espécies vegetais apresentam baixo índice de enraizamento, sendo essencial a aplicação exógena de reguladores vegetais, principalmente os de natureza auxínica, tais como o IBA, ANA e IAA, os quais atuam na ativação de células do câmbio vascular e estimulam a síntese de etileno, promovendo a formação de raízes adventícias (DIAS *et al.*, 2012; REZENDE *et al.*, 2013).

A formação de raízes adventícias é um processo de desenvolvimento que envolve uma sequência de eventos histológicos, com cada estágio tendo diferentes requerimentos de substâncias de crescimento, como as auxinas, citocinina, ácido giberélico, entre outros (HARTMANN; KESTER; DAVIS, 1990). Em intervalos estáveis de tempo, a iniciação à formação e desenvolvimento de raízes adventícias foi feita em uma possível correlação da sequência dos eventos fisiológicos e histológicos do enraizamento. A formação e o desenvolvimento de raízes em estacas de ervilha ocorreram em dois estágios (HARTMANN; KESTER; DAVIS, 1990):

1. Estádio de formação inicial: com meristema radicular sendo formado. Esse estágio sendo, posteriormente, dividido em:
  - a) Estádio de auxina ativa: durando cerca de quatro dias, período que a auxina é constantemente requerida para formar raízes, se movendo da gema

terminal ou de onde a auxina foi aplicada (se a estaca foi cortada);

b) Estádio de auxina inativa: retenção de auxina durante esse estágio, depois de quatro dias, não afeta negativamente a formação de raiz;

2. Estádio de alongamento e crescimento de raiz durante o crescimento do ápice da raiz, através do córtex e, finalmente, emergindo da epiderme do caule. O sistema vascular se desenvolve em novas raízes primordiais e estas se conectam aos feixes vasculares adjacentes. Neste estágio não há resposta à aplicação de auxina.

Geralmente, uma relação de alta concentração de auxina, baixa citocinina (zeatina, cinetina, 6-benziloadenina, dentre outras) favorece a formação de raízes adventícias. No entanto, uma relação de baixa concentração de auxina (alta de citocinina) favorece a formação de gemas adventícias (laterais). Estacas de espécies com alta citocinina natural têm demonstrado mais dificuldade de enraizar que espécies com baixos níveis de citocinina. A aplicação de citocininas sintéticas, normalmente, inibe a iniciação e formação de raízes. Citocininas também podem, indiretamente, envolver o enraizamento através de efeito na citocinese (divisão celular), rejuvenescimento e alocação

de carboidratos (acúmulo de carboidratos na base da estaca, por exemplo).

As giberelinas possuem efeitos na promoção da divisão e do alongamento celular especialmente do caule. Em concentrações relativamente altas têm, constantemente, inibido a formação de raízes adventícias.

Frequentemente, o ácido abscísico (ABA) tem sido referido como inibidor do crescimento. No entanto, regula a dormência, controle de estômatos, tuberização e outras funções na planta. O efeito do ABA na formação de raízes adventícias tem sido contraditório, aparentemente, dependendo da concentração, condição ambiental, nutricional e de reserva.

O gás etileno envolve a regulação do amadurecimento de frutos, abscisão e dormência, além de outros processos. O etileno pode favorecer, reduzir ou não ter efeito na formação de raízes adventícias. O etileno, na promoção do enraizamento, ocorre mais frequentemente em plantas intactas que estacas, mais em plantas herbáceas que plantas lenhosas e em plantas com raízes iniciais pré-formadas.

Os brassinosteroides têm perspectivas para uso na agricultura e têm sido utilizados na propagação de plantas. O pré-tratamento de estacas lenhosas de macieiras com

brassinosteroides melhorou o enraizamento. Também, a micropropagação de plantas de mandioca e abacaxizeiro por cultura de tecidos melhorou com o tratamento com brassinosteroides (TAIZ; ZEIGER, 2010).

### **Considerações finais**

Observa-se que os reguladores vegetais, quando utilizados nas concentrações adequadas para cada espécie, desempenham papel fundamental na propagação das plantas de interesse agrícola ou florestal, seja por via sexuada ou assexuada, permitindo a obtenção, a um baixo custo e de maneira rápida e uniforme, de mudas de interesse com bom vigor e com produção antecipada.

É fundamental a pesquisa envolvendo a aplicação exógena de diferentes reguladores vegetais, sejam aplicados via sementes ou estacas, de modo a se estabelecer as concentrações e métodos de aplicações adequados para cada espécie, resultando em respostas fisiológicas favoráveis à produção de mudas.

## Referências

BONIN, M. P.; MORAES, C. P. de; MARTINI, G. A.; BENEDITO, P. V.; SOUZA-LEAL, T. Avaliação dos tratamentos pré-germinativos em diferentes concentrações de GA<sub>3</sub> na germinação de *Alcantarea imperialis* (Vell.) Harms. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 6, n. 5, p. 1-4, 2010.

BRASIL. **Lei nº. 10.711, de 05 de agosto de 2003**. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas e dá outras providências. Brasília, 2003. 9 p.

DALANHOL, S. J.; MOMBACH, T. C.; TODERKE, M. L.; NOGUEIRA, A. V.; BORTOLINI, M. F. Dormancy in seeds of *Annona cacans* Warm. (Annonaceae). **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 183-189, 2013.

DIAS, J. R. M.; SILVA, E, D'A. da; GONÇALVES, G. S.; SILVA, J. F. da; SOUZA, E. F. M. de; FERREIRA, E.; STACHIW, R. Enraizamento de estacas de cafeeiro imersas em extrato aquoso de tiririca. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 3, p. 259-266, 2012.

DOURADO NETO, D.; DARIO, G. J. A.; BARBIERI, A. P. P.; MARTIN, T. N.. Ação de bioestimulante no desempenho agrônômico de milho e feijão. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 371-379, jun. 2014.



FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: O estudo do que está por trás do que se vê. 4. ed. Passo Fundo: UPF, 2008. 733 p.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIS, F. T. Anatomical and physiological basis of propagation by cuttings. *In*: HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIS, F. T. (Eds.) **Plant propagation: principles and practices**. New Jersey: Prentice -Hall, 1990. chap. 9, p. 199-255.

LAFETÁ, B. O.; MATOS, M. P. de; LAGE, P.; FERRARO, A. C.; PENIDO, T. M. A.. Ácido indol-3-butírico (AIB) no enraizamento de estacas de fedegoso gigante. **Brazilian Journal of Forestry Research**, Colombo, v. 36, n. 88, p. 489-496, 2016.

LIMA, D. M. de; KLEIN, A. W.; SALLA, V. P.; MOURA, A. P. C.; DANNER, M. A.. Ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de *Langerstroemia indica* em diferentes substratos. **Brazilian Journal of Forestry Research**, Colombo, v. 36, n. 88, p. 549-554, 2016.

LONE, A. B.; LÓPEZ, E. L.; ROVARIS, S. R. S.; KLESENER, D. F.; HIGASHIBARA, L.; ATAÍDE, L. T.; ROBERTO, S. R.. Effect of IBA on the rotting of herbaceous cuttings of VR 43-43 grapevine rootstocks in different substrates. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 599-604, 2010.

LOPES, A. C. A.; NASCIMENTO, W. M. **Dormência em sementes de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2012. 28 p.

MARTINS, A. S.; BIANCHI, V. J.; ZANANDREA, I.; SPINELLI, V. M.; FACHINELLO, J. C. Efeito da estratificação de sementes na emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de porta-enxertos de pessegueiro. **Científica**, Jaboticabal, v. 42, n. 4, p. 366-375, 2014.

MORTELE, L. M.; SANTOS, R. F. dos; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. de L. e; BONATO, C. M.; CONRADO, T. Efeito de biorregulador na germinação e no vigor de sementes de soja. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 5, p. 651-660, 2011.

OLIVEIRA, T. P. de F. de; BARROSO, D. G.; LAMÔNICA, K. R.; CARVALHO, V. S.; OLIVEIRA, M. A. de. Efeito do ácido indol-3-butírico (AIB) no enraizamento de miniestacas de ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus* MATTOS). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 1043-1051, 2015.

PAULUS, D.; VALMORBIDA, R.; TOFFOLI, E; PAULUS, E. Propagação vegetativa de *Aloysia triphylla* (L'Hér.) Britton em função da concentração de AIB e do comprimento das estacas. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 16, n. 1, p. 25-31, 2014.

PECHE, P. M.; BARBOSA, C. M. de A.; PIO, R.; SOUSA, P. H. A.; VALLE, M. H. do. Estratificação das sementes, ácido giberélico e temperatura na obtenção de porta-enxertos de caquizeiros. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 2, p. 387-392, 2016.

PEIXOTO, Clovis Pereira. **Curso de Fisiologia vegetal**. Cruz das Almas: UFRB, 2010. 177 p.

PIMENTA, M. A. C.; ARRIEL, E. F.; SANTOS, D. R.; SANTOS, Y. M.; LUCENA, E. O. Clonagem por alporquia de *Cnidocolus quercifolius* Pohl. Utilizando auxina natural. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 9, n. 2, p. 83-94, 2014.

PIMENTA, R. M. B.; CARVALHO, T. G. de; CARVALHO, R. S.; DANTAS, B. F.; ARAGÃO, C. A. Efeito da Giberelina na Qualidade Fisiológica de Sementes de Berinjela. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 4284-4288, 2010.

PIRES, E. J. P.; BIASI, L. A. **Propagação da videira**. In: POMMER, C. V. Uva: tecnologia de produção, pós colheita, mercado. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. p. 295-350.

PRADA NETO, I.; ULLMANN, B.; PEREIRA, L. R.; SCUDELER, F.; VITAL, M.; FRANCO, G.; IOSSI, M. F. Efeitos de bioestimulantes, aplicada via semente, na cultura do milho (*Zea mays* L.).

*In*: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28. 2010, Goiânia. **CD-ROM**. Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. p. 1838-1842.

RESENDE, M. de L.; SILVA, T. T. de A.; GUIMARÃES, R. M.; SILVA, E. A. A. da. Influência da luz e giberelina na velocidade de germinação das sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 149-154, 2009.

REZENDE, F. P. F.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S.. Aplicação de extratos de folhas e tubérculos de *Cyperus rotundus* L. e de auxinas sintéticas na estaquia caular de *Duranta repens* L. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 15, n. 4, p. 639-645, 2013.

SASSO, S. A. Z.; CITADIN, I.; DANNER, M. A. Propagação de Jaboticabeira por estaquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 577-583, 2010.

SOUZA, E. R.; RIBEIRO, V. G.; MENDONÇA, O. R. de; SANTOS, A. da S.; SANTOS, M. A. C. dos. Longitud de estacas y AIB en la formación de patrones de vid 'Harmony' y 'Campinas'. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Online, v. 5, n. 2, p. 19-25, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 5th ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2010.

VIEIRA, I. G.; FERNADES, G. D. **Métodos de Quebra de Dormência de Sementes**. 1997. Informativo Sementes IPEF. Disponível em: <<http://www.ipef.br/tecsementes/dormencia.asp>>. Acesso em: 13 mar. 2018.