

USOS E APLICAÇÕES de reguladores vegetais

João Paulo Tadeu Dias (Org.)

editora



Editora da Universidade do Estado de Minas Gerais | EdUEMG

Conselho Editorial

Thiago Torres Costa Pereira – UEMG

Flaviane de Magalhães Barros – PUC Minas

Fuad Kyrillos Neto – UFSJ

Helena Lopes da Silva – UFMG

Amanda Tolomelli Brescia – UEMG

José Márcio Pinto de Moura Barros – UEMG – PUC Minas

Ana Lúcia Almeida Gazzola – UFMG

Thiago Torres Costa Pereira – Editor-chefe

Gabriella Nair Figueiredo Noronha Pinto – Coordenação

Expediente

Thales Santos – Projeto gráfico e diagramação

Leandro Andrade e Isabella Moreira da Mata – Revisão

Universidade do Estado de Minas Gerais | UEMG

Lavínia Rosa Rodrigues – Reitora

Thiago Torres Costa Pereira – Vice-reitor

Raoni Bonato da Rocha – Chefe de Gabinete

Fernando A. F. Sette P. Júnior – Pró-reitor de Planejamento, Gestão e Finanças

Magda Lúcia Chamon – Pró-reitora de Pesquisa e Pós-graduação

Michelle Gonçalves Rodrigues – Pró-reitora de Ensino

Moacyr Laterza Filho – Pró-reitor de Extensão

Direitos desta edição reservados à EdUEMG.

Rod. Papa João Paulo II, 4143. Cidade Administrativa,

bairro Serra Verde, BH-MG, CEP: 31630-900.

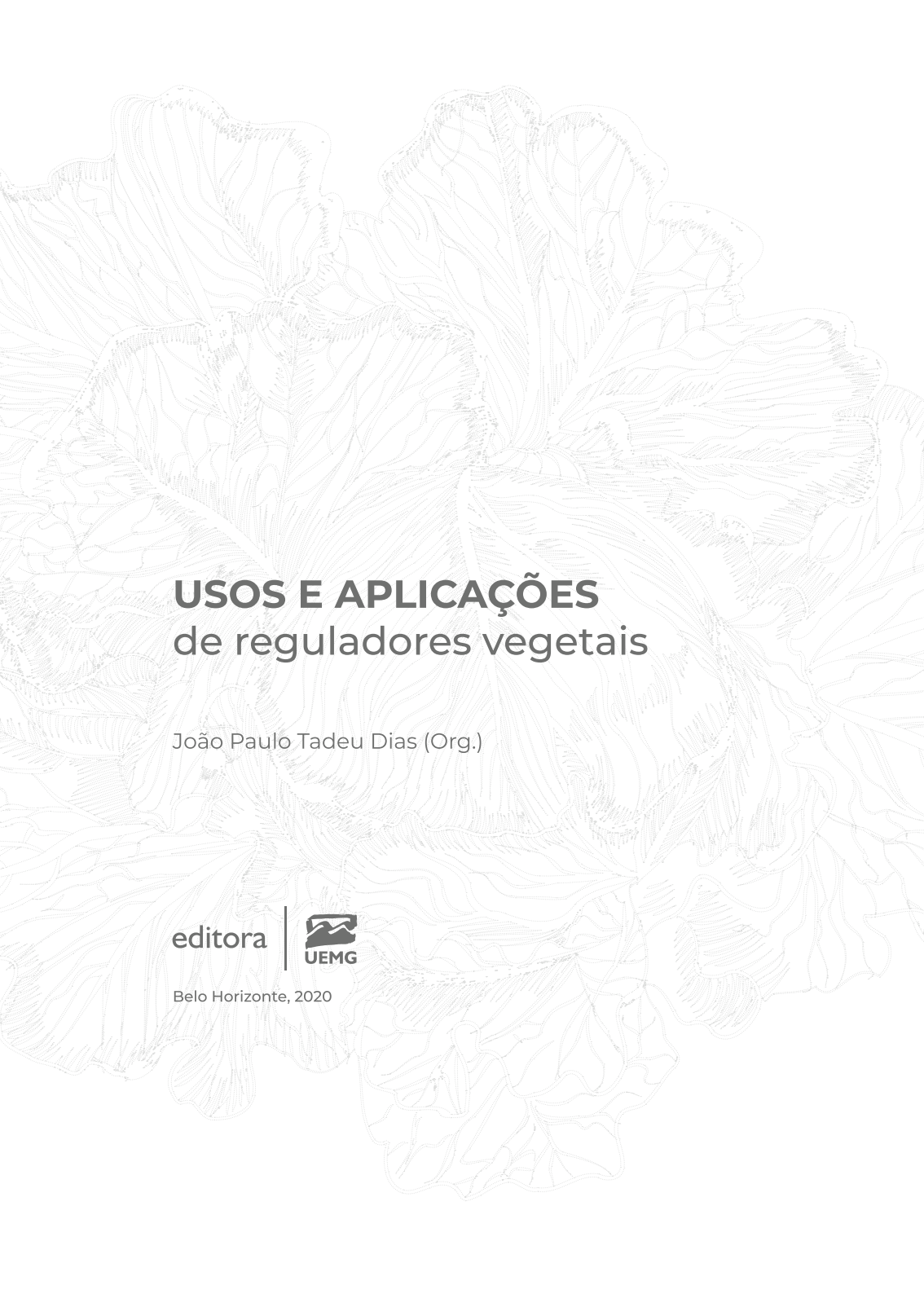
(31) 3916-9080 | e-mail: editora@uemg.br | eduemg.uemg.br



Esta obra está fundamentada em vários anos de trabalho, pesquisa bibliográfica e prática, docência e experiência dos autores envolvidos nos diversos segmentos do conhecimento da fisiologia vegetal destinada às culturas, destacando-se o uso e aplicações de reguladores vegetais que interferem nas características das espécies.

Portanto, torna-se uma valiosa contribuição e justo orgulho como material de referência aos envolvidos, direta ou indiretamente, com as áreas da agronomia (principalmente fitotecnia e fisiologia vegetal aplicada a culturas), biologia, bioquímica, ecologia e outras áreas afins preocupadas com o crescimento e desenvolvimento vegetal e, conseqüentemente, com a produção de matéria-prima energética, têxtil, medicinal e alimentar das culturas agrícolas.

O livro é destinado aos estudantes, professores, técnicos/extensionistas, produtores e profissionais (agrônomos, biólogos, técnicos agrícolas, pesquisadores, entre outros) que buscam compreender as complexas inter-relações hormonais e seus análogos sintéticos, os reguladores vegetais, que alteram e controlam o crescimento e desenvolvimento vegetal.



USOS E APLICAÇÕES de reguladores vegetais

João Paulo Tadeu Dias (Org.)

editora



Belo Horizonte, 2020

U86 Usos e aplicações de reguladores vegetais / João Paulo Tadeu
Dias (Org.). - Belo Horizonte : EdUEMG, 2020.
142 p. : il.; fots.
Vários autores.
Inclui
bibliografia.
ISBN 978-85-5478-029-6

1. Fisiologia vegetal. 2. Plantas - Desenvolvimento. I. Universidade
do Estado de Minas Gerais. II. Dias, João Paulo Tadeu.

CDU 581.1

Ficha catalográfica: Valdenícia Guimarães Rezende CRB-6/3099.

Agradecimentos

O organizador e autores devem, encarecidamente, agradecer à Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG e, em especial, aos companheiros e colegas da Unidade de Ituiutaba pela paciente e competente parceria ao longo das atividades de ensino, pesquisa e extensão, assim como pelo apoio dos coordenadores, diretor e seus respectivos vice-representantes. Além disso, cabe o agradecimento aos demais colegas e professores de outras instituições que empregaram seu arcabouço técnico-científico e experiência na área para a redação desta obra.

Enfim, agradeço a todos que, direta e indiretamente, contribuíram para a realização do manuscrito e posterior elaboração do livro referente a esse tema essencial, atual e que demanda conhecimentos de tantas áreas do saber para quem trabalha com plantas e, especialmente, hormônios e reguladores vegetais.

João Paulo Tadeu Dias, março de 2020.

Apresentação

O uso e as aplicações de reguladores vegetais dizem respeito ao estudo sistemático e generalizado de substâncias similares aos hormônios vegetais e que atuam controlando e regulando o crescimento e desenvolvimento das plantas no ambiente.

Os hormônios e seus análogos sintéticos, os reguladores vegetais, têm grande impacto nas plantas, sobretudo no crescimento, desenvolvimento, reprodução, sobrevivência e produção desses vegetais. Também, a atividade antrópica pode atuar e modificar a resposta vegetal ao ambiente e especialmente o clima, de modo a favorecer o desenvolvimento das principais culturas agrícolas.

Por fim, certamente, o uso e aplicação de reguladores vegetais nas diversas culturas agrícolas têm sido um segmento de estudo e trabalho promissor, com possibilidade de incremento de produtividade e melhor qualidade sanitária, medicinal, organoléptica e alimentar das plantas. Portanto, torna-se extremamente relevante lançar mão deste livro e contribuir para discussões e esclarecimentos sobre o tema.

É com imensa satisfação que convido o leitor, técnico, agrônomo, biólogo, profissional das Ciências Agrárias, Biológicas, Engenharias e áreas correlatas, além de pesquisador, estudante e agricultor a fazer uso das informações contidas nesta obra.

João Paulo Tadeu Dias

Sumário

10

Hormônios e reguladores vegetais:
conceitos, grupos e usos

João Paulo Tadeu Dias

32

Tecnologia de aplicação de reguladores
vegetais na agricultura

João Paulo Tadeu Dias

53

Reguladores vegetais na propagação
de plantas

João Paulo Tadeu Dias · Josef Gastl Filho

74

Reguladores vegetais
em oliveira

Maria do Céu Monteiro da Cruz · Adelson Francisco de Oliveira

94

Reguladores vegetais nas culturas da
bananeira e maracujazeiro

Manoel Euzébio de Souza · Ana Heloisa Maia

118

Reguladores vegetais na cultura
da soja

Matheus Vinicius Abadia Ventura · Estevam Matheus Costa

Hormônios e reguladores vegetais: conceitos, grupos e usos

João Paulo Tadeu Dias

O crescimento e o desenvolvimento de organismos multicelulares, em especial dos vegetais, requerem a integração de uma variedade de sinais ambientais e endógenos que, juntamente com o material genético intrínseco, determinam a forma de crescimento de uma planta. O eixo central para este processo de crescimento são os hormônios vegetais ou fito-hormônios. Apesar de décadas de estudo, apenas recentemente vários receptores desses hormônios foram identificados e revelaram novos mecanismos para perceber sinais químicos, fornecendo informações mais claras do controle hormonal no crescimento e desenvolvimento (SPARTZ; GRAY, 2008).

Hormônios são mensageiros químicos que são produzidos por uma célula e modulam o processo celular em outra célula por interações com proteínas específicas, que funcionam como receptoras ligadas à rota de transdução e sinalização celular. Como no caso dos animais, muitos hormônios vegetais são sintetizados em um tecido e podem atuar em um local específico de outro tecido, em baixas concentrações (10^{-4} M). Hormônio vegetal, fito-hormônio ou substância de crescimento vegetal são denominações similares e correspondem a substâncias

que influenciam o crescimento e desenvolvimento vegetal em baixas concentrações. As maiores classes (grupos) de hormônios vegetais são auxina, giberelina, citocinina, etileno e ácido abscísico (TAIZ; ZEIGER, 2010). No entanto, novas classes de substâncias reguladoras do crescimento têm despertado interesse, como o brassinosteróides, salicilatos, jasmonatos e poliaminas. Quando essas substâncias são produzidas artificialmente, são denominadas reguladores vegetais, tais como as auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, retardadores do crescimento e estimulante vegetal.

Castro e Vieira (2001) definem os retardadores do crescimento como compostos sintéticos, que retardam a alongação e divisão celular no meristema subapical, citando o exemplo do cloreto (2-cloroetil), trimetilamônio (CCC) e o ácido succínico-2,2-dimetilhidrazida (SADH). Já o estimulante vegetal seria a mistura de reguladores vegetais, ou de um ou mais reguladores com outros compostos de natureza bioquímica diferente (aminoácidos, nutrientes, vitaminas, entre outros), como ocorre com o produto comercial Stimulate®, composto por: 0,009% de cinetina (citocinina), 0,005% de ácido giberélico (giberelina) e 0,005% de ácido indolbutírico (auxina).

Santner *et al.* (2009) relataram que os hormônios das plantas são uma coleção estruturalmente não relacionada de

pequenas moléculas derivadas de várias vias metabólicas essenciais. Tais compostos são reguladores importantes do crescimento da planta e medeiam as respostas aos estresses bióticos e abióticos. Avanços na compreensão da biologia dos hormônios vegetais, incluindo nas áreas de biossíntese, transporte, sinalização, percepção e resposta, além de sua interação em múltiplos níveis, são essenciais.

As classes ou grupos de substâncias reguladoras do crescimento podem ser naturais (endógenos) ou produzidos sinteticamente, como descrito por Castro e Vieira (2001) nos exemplos a seguir:

- a) Grupo das auxinas: o ácido indol-3-acético – IAA (endógeno), além do ácido 2,4-diclorofenoxiacético ou 2,4-D (sintético) e ácido naftalenacético-NAA (sintético);
- b) Grupo das giberelinas: ácido giberélico ou gibberelina – GA (endógeno);
- c) Grupo das citocinina: a zeatina (endógeno), 6-benzilamina ou 6-BA (sintético), 6-benzilaminopurina ou BAP (sintético);

d) Grupo dos retardadores sintéticos: cloreto de cloro colina – CCC e ácido succínico-2,2-dimetilhidrazida ou SADH;

e) Grupo dos inibidores: ácido abscísico – ABA (endógeno) e hidrazida maléica ou MH (sintético);

f) Grupo do etileno: C_2H_4 (endógeno) e ethephon (sintético).

O primeiro agente sinalizador do hormônio do crescimento estudado em plantas é a *auxina*. Etimologicamente, o nome auxina deriva do grego “auxein” e significa aumentar ou crescer. O mecanismo fisiológico da auxina está relacionado ao crescimento diferencial (fototropismo), expansão celular e alongamento celular. Trabalhos iniciais de descoberta, caracterização e efeitos da auxina foram feitos:

- De trabalhos com fototropismo de coleóptilo de grama *Phalaris canariensis*, Darwin, em 1880, concluiu que o estímulo do crescimento foi produzido no topo do coleóptilo e foi transmitido a zona de crescimento;
- Em 1913, Boysen-Jensen descobriu que o estímulo ao crescimento passa através da gelatina, mas não através de barreiras impermeáveis à água, com a mica;

- Em 1919, Páal provou que o estímulo ao crescimento foi produzido por uma substância química natural;
- Went, em 1926, mostrou que o crescimento ativo promovido pela substância pode difundir por dentro do bloco de gelatina. Ele também desenvolveu ensaios para análise quantitativa de auxina.

Em 1930, foi determinado que a principal auxina natural é o ácido indol-3-acético (*indole-3-acetic acid*, IAA, sendo a sigla do hormônio e/ou regulador do crescimento vegetal sempre padronizada internacionalmente com sua grafia em inglês). O IAA é uma auxina (*auxin*, AX), que também pode ser sintetizado em meristemas e tecidos jovens se dividindo, ou seja, em crescimento (TAIZ; ZEIGER, 2010).

As auxinas podem ter diversos usos, como no aumento do tamanho do fruto do abacaxizeiro (100 mg L⁻¹, seis semanas após surgimento da inflorescência), atraso na maturação dos frutos do abacaxizeiro (200 mg L⁻¹ NAA), enraizamento de estacas com dois pares de folhas reduzidas em 50% e de madeira verde de goiabeira (IBA ou NAA em 2.000 mg L⁻¹), enraizamento de estacas de mangueira (aplicação via talco de IBA a 10.000 mg L⁻¹ ou NAA em 5.000 mg L⁻¹) e maturação precoce de bananas (imersão de frutos em 2,4-D na concentração de 1.000 mg L⁻¹), entre outros usos.

De maneira geral, veremos o processo de descoberta de outros hormônios, assim como suas principais funções. A giberelina (*gibberellin* ou *gibberellic acid*, GA) inicialmente foi encontrada por japoneses que estudavam uma doença no arroz, chamada de *bakanae*, por produtores rurais locais (HORI, 1903), os quais descreveram que a doença provocava hastes alongadas, finas, pálidas e frágeis na planta. Em 1898, Hori já havia associado a doença a um fungo patogênico vegetal. Kurosawa (1926) verificou a habilidade de filtrados do fungo *Fusarium heterosporum* em provocar sintomas semelhantes. No entanto, Yabuta e Sumiki (1938) relataram que, até 1930, a classificação do fungo responsável não estava ainda definida, quando, a partir daí, o seu estado imperfeito, produtor de esporos, foi denominado *Fusarium moniliforme* e seu estado perfeito, não produtor de esporos, denominado *Gibberella fujikuroi*. Após a tentativa de cristalizar o material filtrado, alcançou-se a produção de uma substância monocristalina denominada giberelina.

O hormônio giberelina relaciona-se ao crescimento de diversos órgãos vegetais, especialmente entrenós. Dayan *et al.* (2012) revelaram que a presença de folhas é essencial para o acúmulo de GAs bioativas e seus precursores imediatos, agindo no alongamento do caule, na proliferação cambial e diferenciação das fibras de xilema, sendo de fundamental importância na regulação do crescimento secundário. Também, uma extensa rede de

hormônios vegetais sinaliza compostos intermediários em muitos níveis, e regulam o crescimento em alongamento na parte aérea das plantas, sendo necessário, além da giberelina, a auxina (STAMM; KUMAR, 2010).

As giberelinas podem ter diversos usos, como no atraso da maturação dos frutos da bananeira (imersão de frutos em 100 mg L⁻¹ por 10 min.), florescimento e frutificação de videira (aumento do tamanho de frutos em *Thompson Seedless* de 20 a 40 mg L⁻¹ de ácido giberélico no estágio de fixação de fruto), promoção de emergência da batata (1 a 50 mg L⁻¹ de ácido giberélico por imersão dos tubérculos durante 10 min. acelera a brotação), frutos sem semente de pepino (indução de flores masculinas em linhagens ginóicas com 1 g L⁻¹ de ácido giberélico), conservação de flores de corte (10 a 100 mg L⁻¹ de ácido giberélico em roseiras *Better Times* cortadas aumentaram o comprimento da haste e massa fresca) e raleamento dos cachos de videira (uvas de mesa *Thompson Seedless*, pulverizada com GA na fase de 30% a 80% de florescimento para se obter cachos menos compactos e bagas maiores).

Dentre as citocininas (*cytokinin*, CK), descobriu-se, em 1955, que a cinetina era um potente promotor da divisão celular. Alguns anos mais tarde, Skoog e Miller (1957) se interessaram em explorar seus efeitos fisiológicos em cultura de tecidos vegetais, revelando interação entre os fatores de crescimento e alongamento celular.

A citocinina pode ter usos variados, como na quebra de dormência de alface, aumento na germinação (sementes imersas em cinetina a 100 mg L^{-1} por 3 min.), processo de conservação de alface (pulverização com benziladenina de 5 a 10 mg L^{-1} em pré-colheita no campo manteve a alface fresca e verde por três a cinco dias extras, após embalada), entre outros.

O etileno (*ethylene*, ET) foi um hormônio vegetal encontrado por Zimmerman e Wilcoxon (1935), relacionado à iniciação do crescimento em raízes, bem como outras respostas, em geral, inibidoras do crescimento vegetal.

O etileno pode ter diversos usos, a exemplo da maturação precoce de bananas por uma semana (destanização de frutos verdes de ethephon 500 mg L^{-1} por 10 min.), destanização de três a cinco dias em frutos de caquizeiro (imersão de frutos de caquí *Fuyu* em ethephon 100 ou 500 mg L^{-1} por 2 min.), da maturação de uva (ethephon 250 mg L^{-1} em bagas que começaram a amolecer e/ou colorir), da formação de flores em cucurbitáceas (aplicação de 200 ou 400 mg L^{-1} de ethephon aumentou o número de frutos em pepino), da emergência e perfilhamento de cana-de-açúcar (ethephon 3 L ha^{-1} em cana-soca de 4º corte cultivar NA 56-79, após o aparecimento das primeiras brotações), do fluxo de látex e produção de borracha em seringueira (ethephon a 10% em óleo de palmeira pincelado numa faixa da casca de 3,75 cm a 6,25 cm,

localizada abaixo do corte de fluxo) e da maturação de frutos de mamoeiro (frutos maduros fisiologicamente imensos em 400 ou 600 mg L⁻¹ de ethephon por alguns minutos), entre outros.

Hubbard *et al.* (2010) relatam que o hormônio ácido abscísico (*abscisic acid*, ABA) regula e/ou controla muitos processos-chave no vegetal, incluindo a germinação de sementes, desenvolvimento e, especialmente, tolerância a estresses abióticos, por exemplo, controlando a abertura e fechamento estomático durante deficiência hídrica.

Só em 1979 que os hormônios esteroides, os brasinosteroides (*brassinosteroids*, BS), foram confirmados em plantas (GROVE *et al.*, 1979). Trabalhos posteriores (KHRIPACH; ZHABINSKII; GROOT, 2000) ajudaram a entender e esclarecer as principais funções do brassinolídeo, tais como estímulo à alongação e fusão celular (promoção do crescimento), efeito na atividade de enzima (diminuição do período vegetativo), ativação de proteínas e síntese de ácido nucleico (aumento do tamanho e qualidade de frutos), efeito na composição de aminoácidos das proteínas (efeito no teor de nutrientes e qualidade de frutos), efeito na composição e propriedades de membranas celulares (aumento de resistência a fatores ambientais desfavoráveis), manutenção da capacidade fotossintética e translocação de produtos (aumento no rendimento das culturas).

Johann Buchner, em 1828, isolou uma substância chamada salicina, nome derivado da palavra latina *Salix*, que designa o Salgueiro, sendo dado o nome ao ingrediente ativo por Raffaele Piria, em 1838. A primeira produção comercial do salicilato, na sua versão sintética, teve início na Alemanha em 1874. Posteriormente, a aspirina, nome comercial para ácido acetilsalicílico, foi introduzida pela Bayer Company em 1898, e, rapidamente, tornou-se uma das drogas (medicamentos) mais conhecidas no mundo (RASKIN, 1992). O ácido salicílico (*salicylic acid*, SA) tem sido um hormônio envolvido com o sistema de resistência sistêmica do vegetal a patógenos.

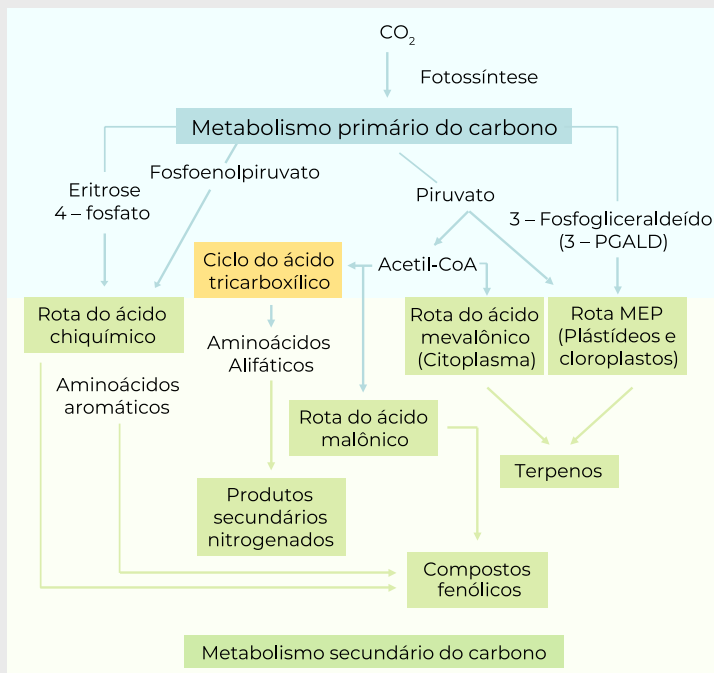
Os jasmonatos (*jasmonate* ou *jasmonic acid*, JA) envolvem vários processos regulatórios, sobretudo percepção, sinalização e resposta a estresses bióticos, principalmente herbivoria e estresses abióticos (fatores ambientais). O metil jasmonato (*methyl jasmonate*, MeJA) é um dos principais e mais discutidos na literatura científica. Glauser *et al.* (2008) identificaram, após indução por ferida, que os níveis de JA aumentaram dentro de dois a cinco minutos de ferimento. Notavelmente, essas mudanças ocorreram em toda a planta e não foram restritas a folhas feridas. A velocidade do estímulo, que leva ao acúmulo de JA nas folhas distal a uma ferida, é de pelo menos 3 cm min⁻¹. Tais informações dão novos conhecimentos sobre a acumulação espacial e temporal de jasmonatos e têm

implicações na compreensão da sinalização de feridas de longa distância nas plantas.

Dentre uma nova classe de substâncias reguladoras de plantas estão os brassinosteroides, ácido salicílico, jasmonatos e as poliaminas. Estes últimos, as poliaminas (*polyamine*, PA), constituem pequenas moléculas encontradas em todos os organismos e que desempenham diversas funções biológicas. A espermina, espermidina e a putrescina são generalizadas em organismos vivos, se acumulam em alta concentração de células ativamente proliferantes, sendo envolvidas em vários processos celulares fundamentais, incluindo transcrição e modificação de RNA, síntese protéica e modulação de atividades enzimáticas, entre outros. Assim, atuam em diferentes rotas de crescimento e respostas a estresses abióticos (TAKAHASHI; KAKEHI, 2010). As poliaminas participam de vários processos de crescimento e desenvolvimento de plantas, incluindo amadurecimento de frutos (GUO *et al.*, 2018).

De maneira geral, Dias (2014) reporta que vários compostos, como os principais hormônios vegetais, são derivados do metabolismo secundário das plantas e, especialmente, das rotas do ácido chiquímico, rota do ácido malônico, rota do ácido mevalônico, rota do metileritritol fosfato (MEP) ou produtos secundários nitrogenados, conforme Figura 1.

Figura 1: Esquema simplificado da rota de metabolismo secundário e sua relação com o metabolismo primário.



Fonte: Adaptado de Taiz e Zeiger (2010).

Geralmente, as substâncias, íons ou moléculas aplicadas à superfície das folhas em soluções aquosas (normalmente caldas de pulverização) podem atravessar a cutícula externa ou penetrar nos estômatos até atingirem o simplasto foliar. Uma linha de pensamento (mas não a única), mais aceita pelos cientistas, é que as substâncias,

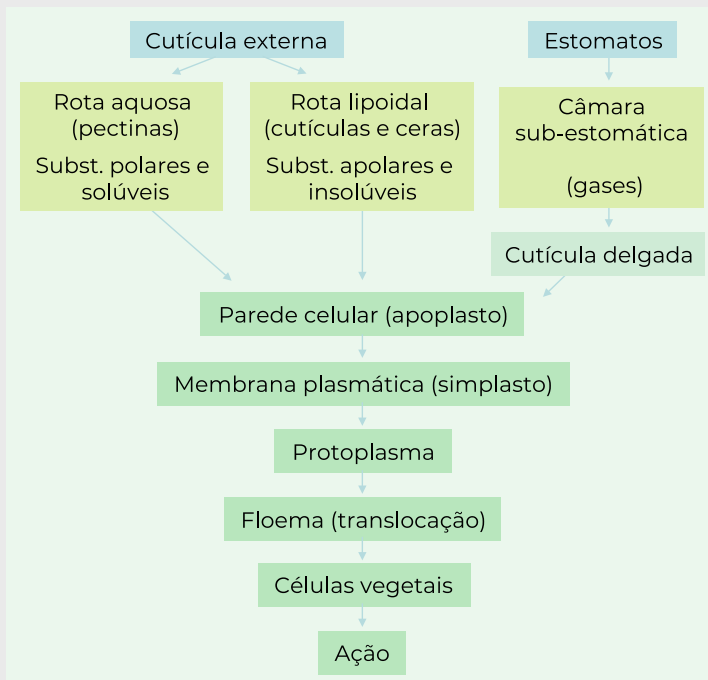
produtos ou compostos, como os reguladores vegetais em solução aquosa e aplicados via foliar, penetram pelos espaços intercelulares da cutícula externa, sendo conhecida como a rota da pectina devido à absorção de água contendo as substâncias polares pela pectina. Esse processo gera, conseqüentemente, aumento de volume e afloramento da mesma pectina, provocando um afastamento das placas de cutina e entrada das substâncias. As substâncias não polares podem difundir-se nas ceras e na cutina, seguindo a rota lipoidal e se translocar por difusão facilitada. Posteriormente, a substância chega à parede celular do vegetal e atinge os vasos condutores do xilema ou, em última instância, vai para a membrana plasmática vegetal (simplasto) e, conseqüentemente, protoplasma e floema, sendo por este último translocado (RODRIGUES, 2009). A translocação, via vasos condutores do floema, segue o fluxo de fotoassimilados, regulados pelo equilíbrio fonte e dreno, chegando às diferentes células vegetais onde a substância tem ação (Figura 2).

Normalmente, as soluções ou caldas só penetrarão nos estômatos com o auxílio de aditivos (adjuvantes e surfactantes) que possibilitem a redução da tensão superficial da água e aumentem a adesão à cutícula. Penetrando através dos estômatos e chegando à câmara subestomática, a solução atravessa a cutícula interna delgada e atinge a parede celular a partir desse ponto, seguindo a

mesma rota referida para os que atravessaram a cutícula externa (RODRIGUES, 2009).

A camada de cera da cutícula é a barreira primária à absorção foliar de quaisquer substâncias. No entanto, Abraham (2009), trabalhando com o herbicida glifosato (de ação fisiológica), revelou que o volume das gotas e a concentração na solução (calda) de aplicação determinam a disponibilidade da substância.

Figura 2: Esquema simplificado da rota de absorção foliar dos reguladores e retardantes vegetais.



Fonte: Adaptado de Rodrigues (2009).

Rademacher (2010) afirmou que os reguladores vegetais se tornaram parte integrante da agricultura, horticultura e viticultura moderna, sobretudo por fazerem parte de novos produtos para a quebra de dormência e agentes de desbaste, que parecem ser mais urgentes para uso em árvores frutíferas.

No período contemporâneo, diversos reguladores vegetais, especialmente as auxinas sintéticas, são utilizados comercialmente como o ácido indol-3-butírico (*indole-3-butyric acid*, IBA, figura 3) e o ácido naftalenoacético (*naftalen acetic acid*, NAA) para promoção do enraizamento em certas estacas caulinares de plantas que tem dificuldade de enraizar, especialmente se essa dificuldade for relacionada a desequilíbrios hormonais. As citocininas são reguladoras da divisão celular e da diferenciação de certos tecidos vegetais. O etileno promove o amadurecimento de alguns frutos, quebra de dormência de gemas e sementes. As giberelinas participam da divisão celular, frutificação, germinação de sementes e crescimento da parte aérea, sobretudo do caule e alongamento de entrenós das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2010). Além disso, diversos efeitos estão relacionados à aplicação e uso exógeno de giberelina, que mostrou afetar positivamente a produção de frutos, como no caso de laranjeira (*Citrus sinensis* Osbeck L.), melhorando o número e quantidade (quilos) de laranjas, assim como aumento da fixação de frutos pela planta (SALEEM *et al.*, 2008). Vale lembrar que misturas de produtos comerciais contendo reguladores e inibidores do crescimento vegetal estão cada vez mais sendo utilizadas para controle do crescimento e desenvolvimento das plantas, principalmente as plantas cultivadas. Também, Dias (2011) revelou o efeito das diversas substâncias reguladoras do crescimento, como 6-benziloaminopurina (BAP, do grupo das citocininas),

Promalin® (bioestimulante comercial formado por dois reguladores vegetais, um do grupo químico das citocininas e outro das giberelinas), para crescimento da parte aérea, e ácido indol-3-butírico (IBA, do grupo das auxinas), para enraizamento de estacas.

Figura 3: Formulação em pó de auxina sintética comercial, ácido indol-3-butírico (IBA).



Fonte: João Paulo Tadeu Dias (2014).

Considerações finais

Hormônios vegetais, tais como auxinas, giberelinas, citocininas, etilenos, ácido abscísico, brassinosteroides,

salicilatos, jasmonatos e poliaminas, além de seus análogos sintéticos, bem como retardadores e estimulantes do crescimento vegetal, têm propiciado conhecimento do crescimento e desenvolvimento das plantas, assim como a possibilidade de buscar novas utilidades, aplicações e auferir maiores ganhos no cultivo das diferentes espécies agrícolas.

Referências

ABRAHAM, W. Formulações de glyphosate e adjuvantes. *In*: VELLINI, E. D. *et al.* **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. p. 179-190.

CASTRO, P. R. E.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 131 p.

DAYAN, J. *et al.* Leaf-induced gibberellin signaling is essential for internode elongation, cambial activity, and fiber differentiation in tobacco stems. **The Plant Cell**, Waterbury, v. 24, p. 66-79, 2012.

DIAS, J. P. T. **Etil-trinexapac em diferentes concentrações e épocas de aplicações no crescimento de figueira (*Ficus carica* L.)**. Botucatu, 2014. 87 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. 2014.

DIAS, J. P. T. **Propagação de amoreira-preta (*Rubus* spp.) via brotação de estacas radiciais e enraizamento com a utilização de reguladores vegetais**. Botucatu, 2011. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. 2011.

GLAUSER G. *et al.* Spatial and temporal dynamics of jasmonate synthesis and accumulation in *Arabidopsis* in response to wounding, **Journal of Biological Chemistry**, 2008, v. 283, p. 16400-16407. 2008.

GROVE, M. D. *et al.* Brassinolide, a plant growth-promoting steroid isolated from *Brassica napus* pollen. **Nature**, v. 281, p. 216±217. 1979.

HORI S. **Bakanae disease of rice: lectures on plant disease.** Tokyo: Seibido, 1903. 114 p.

GUO, J. *et al.* Polyamines Regulate Strawberry Fruit Ripening by Absciscic Acid, Auxin, and Ethylene. **Plant Physiology**, 2018, Mar 9. pii: pp.00245.2018. DOI: 10.1104/pp.18.00245.

HUBBARD, K. E. *et al.* Early absciscic acid signal transduction mechanisms: newly discovered components and newly emerging questions, **Genes and Development**, v. 24, p. 1695-1708. 2010.

KHRIPACH, V.; ZHABINSKII, V.; GROOT; A. Twenty Years of Brassinosteroids: Steroidal Plant Hormones Warrant Better Crops for the XXI Century, **Annals of Botany**, v. 86, l. 3, 1 September 2000, Pages 441-447, <https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1227>.

KUROSAWA, E. Experimental studies on the secretion of *Fusarium heterosporum* on rice plants. **Transactions of the Natural History Society of Formosa**, Taihoku, v. 16, p. 213, 1926.

RADEMACHER, W. Dealing with plant bioregulators: an industrial view. **Acta Horticulture**, Leaven, n. 884, p. 717-724, 2010.

RASKIN, I. Salicylate, A New Plant Hormone. **Plant Physiol.**, v. 99, p. 799-803. 1992.

RODRIGUES, J. D. Absorção e transporte de solutos nas plantas. *In*: VELLINI, E. D. *et al.* **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. p. 31-112.

SALEEM, B. A. *et al.* Growth regulators application affects vegetative and reproductive behavior of 'Blood red' sweet orange. **Pakistan Journal of Botany**, Karachi, v. 40, n. 5, p. 2115-2125, 2008.

SANTNER, A.; CALDERON-VILLALOBOS, L. I. A.; ESTELLE, M. Plant hormones are versatile chemical regulators of plant growth. **Nature Chemical Biology**, Cambridge, v. 5, n. 5, p. 301-307, 2009.

SKOOG, F.; MILLER, C. O. Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissue culture in vitro. **Symposium of the Society of Experimental Biology**, v. 11, p. 118-131. 1957.

SPARTZ, A. K.; GRAY, W. M. Plant hormone receptors: new perceptions. **Genes & Development**, v. 22, p. 2139-2148, 2008.

STAMM, P.; KUMAR, P. The phytohormone signal network regulating elongation growth during shade avoidance. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 61, n. 11, p. 2889-2903, 2010.

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

TAKAHASHI, T.; KAKEHI, J. Polyamines: ubiquitous polycations with unique roles in growth and stress responses. **Annals of Botany**, v. 105, p. 1– 6, 2010.

YABUTA, T. E SUMIKI, Y. Biochemical studies on “*Bakanae*” fungus. Crystals with plant growth promoting activity. **Journal of the Agricultural Chemical Society of Japan**, Tokyo, v.14, p. 1526, 1938.

ZIMMERMAN, P.W.; WILCOXON, F. Several chemical growth substances that cause initiation of roots and other responses in plants. **Contrib. Boyce Thompson Inst.** v. 7, p. 209–229. 1935.

Tecnologia de aplicação de reguladores vegetais na agricultura

João Paulo Tadeu Dias

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários e, entre eles, os reguladores vegetais, diz respeito ao uso ou emprego de conhecimentos científicos que proporcionem a correta colocação do produto, ou do ingrediente ativo, em um determinado alvo (solo, patógeno e, na maioria dos casos, planta), em quantidade (dose ou concentração) necessária, da maneira mais econômica e eficiente (de maneira a cumprir o objetivo proposto) e sem ou com o mínimo de contaminação de áreas ou culturas adjacentes, além buscar a preservação do meio ambiente.

Agrotóxicos, também denominados produtos fitossanitários, defensivos agrícolas, agroquímicos ou pesticidas, constituem parte importante e expressiva no manejo fitossanitário, cultural e fitotécnico das diversas culturas agrícolas.

O uso dos reguladores vegetais, alguns utilizados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores do crescimento ou inibidores do crescimento, e, até mesmo, alguns fungicidas de efeito fisiológico, entre outros produtos e componentes, é regido pela legislação fitossanitária no

Brasil. Também conhecida popularmente como *Lei dos Agrotóxicos*, refere-se à Lei nº. 7.802, de 11 de julho de 1989, alterada pelo Decreto nº. 4.074, de 04 de janeiro de 2002, que define agrotóxicos e afins, como sendo:

- a) os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos;
- b) substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento;

A referida Lei define, também, componentes como os princípios ativos, os produtos técnicos, suas matérias-primas, os ingredientes inertes e aditivos usados na fabricação de agrotóxicos e afins.

Tal legislação estabelece, ainda, a prescrição, orientação e emissão de Receituário Agrônomo, elaborado por profissional da área de Ciências Agrárias (normalmente, Engenheiro Agrônomo) devidamente habilitado e

registrado em Conselho de Classe. Esse Receituário deve levar em consideração a cultura, a época de aplicação, utilização de equipamento de proteção individual (EPI), a forma de aplicação, a formulação, a classe toxicológica do produto, dose e/ou concentração, o tipo de equipamento de aplicação ou pulverização, o uso de aditivos e o clima, além de outros fatores que podem interferir no êxito do uso do agrotóxico ou regulador vegetal.

Trabalhadores rurais mostram vulnerabilidade frente ao uso de agrotóxicos na produção de frutas (BEDOR *et al.*, 2009), agricultura (BRITO, GOMIDE; CÂMARA, 2009) e hortaliças em geral (PRESA; AUGUSTO, 2012), entre outros, o que pode acarretar riscos e ou prejuízos à saúde. O uso correto e seguro de reguladores vegetais deve ser feito com critério, com consciência e ciência dos perigos, atendendo para aplicação correta dos mesmos, além do uso do equipamento de proteção individual (EPI) respectivo e indicado para aquele tipo de produto e formulação química, recomendado pelo fabricante, responsáveis técnicos e profissionais da área.

O EPI, em geral, pode variar de acordo com a finalidade de uso. Contudo, para a aplicação de agrotóxicos e reguladores vegetais, os equipamentos encontrados e indicados são: máscara ou respirador com filtro de carvão ativado (para produtos químicos), touca ou boné árabe com proteção para o pescoço e/ou ombro, óculos

para produtos químicos, calça e jaleco impermeáveis, luvas de nitrila ou neoprene, avental impermeável e botas de borracha. Normalmente, o EPI pode ser usado e reutilizado durante várias vezes, dependendo do material que é feito e do cuidado na utilização, limpeza e acondicionamento das vestimentas, devendo ser seguidas as instruções e recomendações do fabricante.

Alguns conceitos devem ser conhecidos e levados em consideração no uso da tecnologia de aplicação de agrotóxico e reguladores vegetais, tais como (CHAIM, 2009, ANTUNIASI; BOLLER, 2011):

- **Aplicação:** processo de se colocar o produto químico no alvo;
- **Alvo biológico:** entidade escolhida (folha, fruto, inseto, solo) para ser atingida, direta ou indiretamente, pelo processo de aplicação;
- **Calda:** mistura da água com a formulação do agrotóxico na concentração para aplicação;
- **Pulverização:** processo mecânico de geração de partículas (gotas) de uma calda (mistura, suspensão ou diluição), de uma formulação comercial de produto químico em um líquido, geralmente água, colocada no tanque da máquina (equipamentos). Os

equipamentos de pulverização hidráulica podem ser: Pulverizador costal manual; Pulverizador motorizado; Pulverizador de barra; Pulverizadores montados (ligados ao sistema hidráulico do trator); Pulverizadores de arrasto (acoplados aos ao sistema de engate do trator); Pulverizadores autopropelidos; Pulverizadores pneumáticos; Pulverizadores pneumáticos (atomizadores do tipo canhão); Pulverizadores pneumáticos (atomizadores do tipo costais motorizados); Pulverizador costal motorizado; Pulverizadores hidropneumáticos ou turbo pulverizadores; Pulverizadores eletroestáticos (pouco utilizado); e Pulverizador costal com cilindro pressurizado de CO₂ (mais utilizado para pesquisa, Figura 1).

Figura 1: Pulverizador costal pressurizado de CO₂ com manômetro.



Fonte: João Paulo Tadeu Dias (2014).

- **Ingrediente ativo** (i.a.): substância química ou biológica que dá eficiência aos agrotóxicos (também conhecidos como produtos fitossanitários ou defensivos agrícolas).
- **Deriva:** desvio da trajetória das partículas liberadas pelo pulverizador.

- **Bicos hidráulicos:** dispositivos utilizados nos pulverizadores para subdivisão dos líquidos em gotas, proporcionando uniformidade na aplicação da superfície desejada.

O bico é o conjunto de peças conectado no final do circuito hidráulico. Os bicos são colocados a distâncias iguais entre si. Os espaçamentos mais utilizados são de 35, 45 e 50 cm.

Os bicos são constituídos das seguintes partes: ponta (erroneamente chamado de bico de pulverização), filtro, corpo e capa (componente necessário à conexão da ponta e filtro ao corpo). A capa pode estar conectada ao corpo no sistema de rosca e encaixe. As pontas podem trabalhar em diferentes faixas de pressão e apresentarem diferentes formas de jato. Quanto à forma do jato, as pontas podem ser agrupadas em pontas de jatos planos ou de jatos cônicos. As pontas de jatos planos podem ser convencionais, de faixa de pressão estendida, de deriva reduzida, de jatos defletidos ou de impacto, de jato descentrado e de jatos duplos. As pontas de jatos planos e as de jatos cônicos podem apresentar jato cônico vazio ou cheio. O ângulo de aspersão (ângulo formado entre as extremidades do jato), nas pontas de energia hidráulica, geralmente está compreendido entre 80° e 110°, podendo atingir 145° em determinados modelos de pontas de jatos planos. Em alguns modelos de pontas estão estampados

números que permitem a identificação da vazão e do ângulo de aspersão numa determinada pressão e letras que permitem a identificação da faixa de vazão de acordo com a faixa de cores (V = *VisiFlow/VisioFlo color-coding*) do padrão de distribuição (E = *even* = uniforme) ou mesmo do material de confecção (SS = *stainless steel* = aço inoxidável). Nessas pontas de pulverização os dois ou três primeiros números identificam o ângulo de aspersão e, os dois últimos, a vazão em décimos de galões americanos por minuto numa determinada pressão. É oportuno esclarecer que um galão americano (abreviação: gal.) corresponde a 3,785 litros (BOLLER; RAETANO, 2011).

Esse conjunto é composto de várias partes, no qual a ponta é o mais importante. A ponta regula a vazão, o tamanho da gota e a forma do jato emitido (veja na Figura 2 alguns tipos de pontas de cores e vazões diferentes). Os principais tipos de pontas utilizadas são:

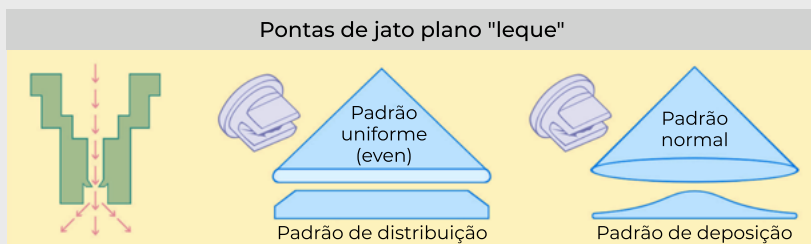
- a) Pontas de aplicação do tipo jato plano ou leque (Figura 3);
- b) Pontas de aplicação do tipo jato plano defletor ou de impacto (Figura 4);
- c) Pontas de aplicação do tipo cone vazio/cheio (Figura 5);
- d) Pontas de aplicação do tipo indução de ar.

Figura 2: Alguns tipos de pontas/bicos de plástico com formato de jato plano leque uniforme ou de jato leque plano uniforme defletor, nas cores amarelo, marrom, castanho, laranja, azul, vermelho e verde, de diferentes vazões (01, 02 e 03 galões americanos, sendo 1 galão americano = 3,785 L min.⁻¹) e ângulos de jato diferentes (80° ou 110° e de jato plano defletor de 105 a 140°).



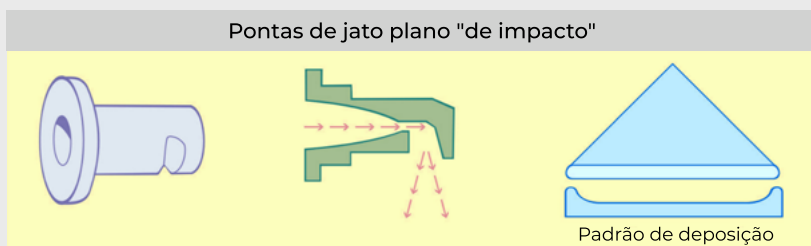
Fonte: João Paulo T. Dias (fevereiro de 2018).

Figura 3: Corte transversal e formas do padrão de deposição do líquido (calda) de pontas de jato plano leque.



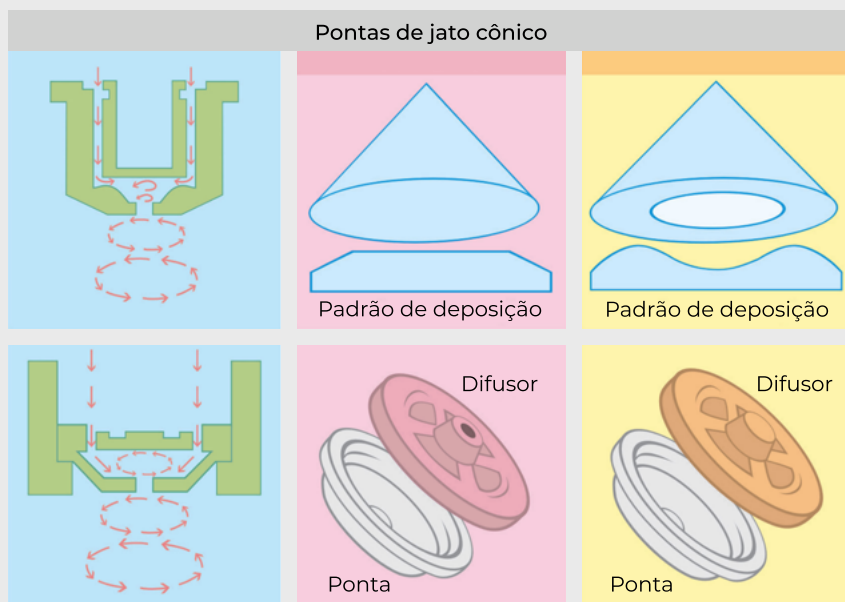
Fonte: ANDEF (2004).

Figura 4: Corte transversal e formas do padrão de deposição do líquido (calda) de pontas de jato plano defletor (defletivo ou de impacto).



Fonte: ANDEF (2004).

Figura 5: Corte transversal e formas do padrão de deposição do líquido (calda) de pontas de jato cônico cheio e vazio, bem como algumas partes importantes para a formação do movimento circular do líquido, como o difusor e a ponta.



Fonte: ANDEF (2004).

O ângulo do jato de pulverização, que sai da ponta de aplicação, depende principalmente da pressão. Aumentam-se a pressão e o ângulo. Diminui-se a pressão, também diminui o ângulo. De modo geral, os ângulos de abertura mais utilizados no mercado são de 80° e 110°.

Aditivos: substâncias adicionadas aos agrotóxicos para melhorar a ação, função, durabilidade, estabilidade ou facilitar o processo de produção. Também se recomenda o uso de adjuvantes, substâncias que melhoram a eficácia de um ingrediente ativo, usados em quaisquer tipos de formulações. Dentro destes, pode-se e deve-se adotar surfactantes que são capazes de proporcionar maior contato das gotas de pulverização com a superfície foliar; além de óleos minerais e vegetais que favorecem o espalhamento e absorção da calda; adesivos, que melhoram a adesão do produto a um alvo; antiespumantes, que reduzem a formação de espuma; antievaporantes, que evitam perdas por evaporação; antideriva ou retardantes de deriva, que modificam o espectro e o tamanho da gota; acidificantes e/ou redutores do potencial hidrogênio (pH), como os tamponantes, que são substâncias capazes de deixar o pH do produto dentro da faixa desejada. O pH da água pode interferir na ação de um i.a., pois altas concentrações de hidrogênio (H^+) e hidroxila (OH^-) podem diminuir a eficiência do ingrediente ativo. A faixa de pH ideal para preparação da maioria das caldas é em torno de 4 a 7 (levemente ácido). Contudo, a bula e o rótulo do produto devem ser consultados, bem como a recomendação do fabricante.

Além do pH, um fator preponderante para a eficiência do produto químico é a qualidade da água, principal veículo

de diluição e aplicação de caldas de agrotóxicos e/ou reguladores vegetais. A qualidade da água diz respeito à presença e a concentração de cloro (Cl), enxofre (S), cálcio (Ca) e matéria orgânica, algas, entre outros. Concomitante a isso, a dureza da água pode ser definida como a concentração de cátions alcalinos terrosos na água (Ca^{+2} e Mg^{+2}).

A eficiência de aplicação de uma calda também pode estar relacionada a aspectos ligados à inspeção, regulação e calibração dos equipamentos de pulverização hidráulica. A inspeção diz respeito à situação geral do equipamento, à verificação e substituição de mangueiras desgastadas ou entupidas, avaliação da localização das mangueiras, presença de vazamentos, pontas de pulverização com desgaste ou entupidas, erros nos espaçamentos dos bicos e tipos de ponta, avaliação da vazão das pontas, inspeção dos filtros de linha e filtros de sucção, avaliação do estado geral dos antigotejadores e proteção das partes móveis (eixo cardan e correias, por exemplo), manômetro em bom estado de conservação e uso, limpeza e conservação de todo equipamento pronto para uso, entre outras averiguações. A calibração consiste em verificar a vazão das pontas, determinar o volume de aplicação e a quantidade de produto a ser colocado no tanque.

Aspectos considerados no momento da inspeção e, principalmente, calibração dos equipamentos de pulverização (CHAIM, 2009; VELINI *et al.*, 2009; ANTUNIASSI; BOLLER, 2011):

- **Vazão:** é o volume de um determinado fluido que passa pela seção de um condutor unidade de tempo, sendo a unidade mais utilizada em litros por minuto ($L\ min^{-1}$).
- **Pressão:** força aplicada a uma superfície por unidade de área. As unidades do sistema internacional são Pa (pascal), Psi (*pound per square inch*/libra por polegada quadrada), Bar ou $Lbf\ pol^2$ (libra força por polegada quadrada). De maneira geral, adota-se a pressão de pontas do tipo jato leque entre 15 a 60 $Lbf\ pol^2$ e pontas do tipo jato cônico entre 60 a 200 $Lbf\ pol^2$. Uma das formas de medir a pressão é através do manômetro. Recomenda-se que a ponta deve ser substituída quando sua vazão diferir mais de 10% das demais pontas utilizadas.
- **Volume de pulverização:** quantidade de solução ou calda (água + defensivo), distribuída por unidade de área ($L\ ha^{-1}$). O volume de pulverização deve ser aplicado na medida certa.

- **Dosagem:** qualquer relação que envolva dose, expressa em quantidade de material por unidade de peso, volume, comprimento ou área.
- **Dose:** quantidade do produto, em peso ou volume distribuído por unidade de área (Kg ha^{-1} ou L ha^{-1}). A dose varia de acordo com o alvo, produto e com o objetivo da aplicação.
- **Faixa de deposição:** largura da área passada relativa a uma passada do equipamento onde cairão as gotas de calda.

O estudo da gota de pulverização pode ser um indicativo da uniformidade e qualidade na aplicação de agrotóxicos e/ou reguladores, sendo relevante o diâmetro de gotas, densidade de gotas, espectro de gotas e, consequentemente, o tamanho de gotas. Duas entidades internacionais normatizam e padronizam estudos ou trabalhos referentes ao estudo da gota e, especialmente, referentes ao tamanho da gota: o Conselho Britânico de Proteção à Lavoura (BCPC, sigla em inglês), na Inglaterra, e a Associação Americana de Engenheiros Agrícolas (ASAE, em inglês), nos Estados Unidos. O diâmetro de gotas consiste no tamanho da gota, expresso em diâmetro por micrômetro (plural = *microns* ou *micra*, símbolo μm), e corresponde a 1 milionésimo de metro ($1 \times 10^{-6} \text{ m}$, ou seja, milésima parte do milímetro, $1/1000 \text{ mm}$). A Tabela

1 corresponde às classes de tamanho de gotas, símbolos e cores, segundo normas da ASAE S-572 e BCPC, com características correspondentes ao diâmetro mediano volumétrico (DMV) e potencial de risco de deriva (PRD).

Tabela 1: Classe de tamanho de gotas segundo normas da ASAE S-572 e BCPC com características correspondentes ao diâmetro mediano volumétrico (DMV) e porcentagem do potencial de risco de deriva (PRD).

Classe da Pulverização	Símbolo	Cor	DMV Aproximando (Norma ASAE)	DMV (Norma BCPC)	PRD (Norma BCPC)
Muito fina	MF	Vermelha	$< 100 \mu m$	$< 119 \mu m$	$> 57\%$
Fina	F	Laranja	$100 - 175 \mu m$	$119 - 2016 \mu m$	$20 - 57\%$
Média	M	Amarela	$175 - 250 \mu m$	$217 - 352 \mu m$	$5,7 - 20\%$
Grossa	G	Azul	$250 - 375 \mu m$	$354 - 464 \mu m$	$2,9 - 5,7\%$
Muito grossa	MG	Verde	$375 - 450 \mu m$	$> 464 \mu m$	$< 2,9\%$
Ext. grossa	EG	Branca	$> 450 \mu m$	---	---

Fonte: Adaptação de ASAE e BCPC.

A nuvem de gotas é composta por gotas grandes e/ou pequenas, homogêneas ou não. A densidade de gotas refere-se ao número de gotas por unidade de área. O espectro de gotas revela a variabilidade no tamanho das

gotas produzidas por equipamento de pulverização. Os fatores que influenciam o espectro de gotas são vazão, ângulo de pulverização, pressão do líquido, propriedades da calda e tipo de ponta. Conhecer o espectro de gotas é de grande importância para evitar perdas e aumentar a eficiência de aplicação. Para culturas com necessidade de maior cobertura, adotam-se gotas mais finas (produtos de contato). Para culturas com necessidade de menor cobertura, adotam-se gotas mais grossas. Geralmente, as gotas não devem ser nem muito grandes e nem muito pequenas. Gotas menores que 100 micrômetros e maiores que 800 micrômetros não são recomendados para aplicação e pulverização devido a perdas por evaporação e escorrimento, respectivamente.

Diversos fatores afetam a aplicação/pulverização e devem ser levados em consideração, tais como a textura do solo, que influencia na dose do produto, a topografia do terreno, máquinas (regulagem, manutenção e características operacionais), evaporação e deriva (altas temperaturas, baixa umidade e fortes ventos). De maneira geral, devem ser seguidas as seguintes recomendações para a escolha do momento ideal de pulverização (preferindo as primeiras horas da manhã, entardecer ou até durante a noite):

- a) Velocidade do vento entre 3 e 10 Km h⁻¹;
- b) Temperatura máxima entre 27 e 30° C;
- c) Umidade relativa do ar acima de 60%;
- d) Utilização de pontas de pulverização do tipo “antideriva”;
- e) Pressão ideal de trabalho para evitar perdas.

As perdas na aplicação podem ser ocasionadas por escorrimento de gotas mais grossas (500-600 micrômetros), evaporação (relacionada ao tamanho da gota, ventos, temperatura e umidade do ar), aplicação fora do alvo por erro do operador ou piloto em aplicação aérea, ou, ainda, quando é feita uma aplicação em área total, mas o alvo representava uma pequena fração da área que está sendo tratada, equipamentos em mal estado e desregulados.

Na atualidade, as variáveis em uma aplicação ou pulverização são muitas. No entanto, aspectos referentes ao sistema de controle eletrônico e navegação para pulverizadores, assim como a aplicação por via aérea, também constituem uma tendência crescente em tecnologia de aplicação de produtos, e com os reguladores vegetais não é diferente.

Considerações finais

O uso consciente e responsável de reguladores vegetais pode trazer inúmeros benefícios às diferentes culturas agrícolas e, conseqüentemente, aos agricultores. Deve ser realizado de forma segura, correta e seguindo as recomendações técnicas da bula e rótulo (fabricante), além de consulta ao profissional habilitado que prescreve receituário agrônômico e passa informações, bem como recomendações sobre o uso seguro e eficiente dos produtos.

Referências

ANDEF – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL.

Manual de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. Campinas: Línea Creativa, 2004. 50 p.

ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais.** Ulisses Rocha Antuniassi, Walter Boller (org.). – Passo Fundo: Aldeia Norte, Botucatu: Fepaf, 2011, 279 p.

AZEVEDO, F. R. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas.** Francisco Roberto de Azevedo, Francisco das Chagas Oliveira Freire. – Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006, 47 p.

BEDOR, *et al.* Vulnerabilidades e situações de riscos relacionados ao uso de agrotóxicos na fruticultura irrigada. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 12, n. 1. p. 39-49. 2009.

BOLLER, W.; RAETANO, C. G. Bicos e pontas de pulverização de energia hidráulica, regulagens e calibração de pulverizadores de barra. *In*: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais.** Ulisses Rocha Antuniassi, Walter Boller (org.). – Passo Fundo: Aldeia Norte, Botucatu: Fepaf, 2011, p. 51-82.

BRITO, P. F.; GOMIDE, M. M.; CÂMARA, V. Agrotóxicos e saúde: realidade e desafios para mudança de práticas na agricultura. **Physis – Revista de Saúde Coletiva** [en línea] 2009, 19 (Enero-Marzo): [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2018] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=400838222011>>. ISSN 0103-7331.

CHAIM, A. **Manual de aplicação de agrotóxicos**. Ademir Chaim. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 73 p.

CONCEIÇÃO, M. Z.; SANTIAGO, T.; ZAMBOLIM, L. **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários**. 3ª ed. Viçosa: UFV, 2008. 464 p.

PREZA, D. L.; AUGUSTO, L. G. S. Vulnerabilidades de trabalhadores rurais frente ao uso de agrotóxicos na produção de hortaliças em região do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional** [en línea] 2012, 37 (Junio): [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2018]. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=100522973012>>. ISSN 0303-7657.

VELLINI, E. D. *et al.* **Glyphosate**. Botucatu: FEPAF, 2009. 496 p.

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 (GA₃) (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 GA₃, 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 GA₃, em que ocorre o decréscimo na quantidade de ABA ou acréscimo na quantidade de GA₃ 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_3 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* ssp.) 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

brassinosteroide melhorou o enraizamento. Também, a micropropagação de plantas de mandioca e abacaxizeiro por cultura de tecidos melhorou com o tratamento com brassinosteroide (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 GA₃ 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 agrônomo 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 *Cnidioscolus 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 Medicinais**, 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.; FERNANDES, 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.

Reguladores vegetais em oliveira

Maria do Céu Monteiro da Cruz
Adelson Francisco de Oliveira

A expansão da área cultivada com oliveira (*Olea europaea* L.) no Brasil é um desafio. Isso porque a oliveira é uma espécie que exige condições edafoclimáticas específicas para a produção.

As regiões consideradas aptas para o cultivo no Brasil são aquelas com ocorrência de frio durante o inverno. O frio invernal se caracteriza pela ocorrência de temperaturas abaixo de 7,2 °C no período que antecede a floração, sendo 12 °C a temperatura limite para a produção satisfatória da oliveira (GARCÍA *et al.*, 2012).

Considerando as especificidades da oliveira, as pesquisas com a aplicação de reguladores de crescimento buscam a adequação de técnicas de manejo para viabilizar o cultivo em regiões onde as temperaturas não atendem às exigências da espécie para a produção.

As práticas de manejo adotadas, visando produzir em locais onde não há baixas temperaturas, para ocorrência de produções satisfatórias, são direcionadas à alteração da síntese de hormônios das plantas, como a aplicação exógena de fitorreguladores ou indução do déficit hídrico.

Entre os hormônios produzidos pelas plantas, as pesquisas têm demonstrado que as giberelinas são os que exercem influência direta sobre a floração, mediante a redução do número de gemas que brotam. Assim, se as giberelinas são responsáveis pela inibição do florescimento, a aplicação de fitorreguladores capazes de inibir a síntese de giberelinas endógena pode promover a floração.

A partir dessa informação, pesquisas vêm sendo realizadas com a aplicação de fitorreguladores capazes de modificar o crescimento da planta mediante a alteração na síntese, no metabolismo e/ou na translocação de hormônios na planta, com o intuito de compreender ou controlar a floração em espécies lenhosas.

A abordagem deste capítulo é relacionada aos resultados da aplicação de reguladores de crescimento no cultivo da oliveira, visando expandir as áreas de produção.

A inibição do florescimento pelas giberelinas em oliveiras foi constatada com a aplicação exógena de GA₃, com aumento do crescimento vegetativo (FERNANDEZ-ESCOBAR *et al.*, 1992). Entretanto, as observações desses autores apontam que os efeitos podem ser variáveis em função da época de aplicação. Quando realizada durante a iniciação floral, inibiu a floração e aumentou o comprimento das poucas inflorescências formadas no

ano seguinte, e a aplicação antes da diferenciação floral aumentou o comprimento da inflorescência, mas sem efeito sobre a floração seguinte. Por isso, no cultivo de oliveiras em locais onde o clima favorece o seu crescimento vegetativo constante, pode ocorrer desbalanço hormonal no período de indução floral, e as giberelinas atuam impedindo o florescimento.

Assim, se as giberelinas inibem o florescimento nas oliveiras, com a paralisação e/ou a redução do crescimento vegetativo com a aplicação de fitorreguladores do grupo de retardantes de crescimento, poderá haver favorecimento do florescimento devido à baixa síntese desse hormônio.

Nesta categoria, o paclobutrazol (PBZ) é um fitorregulador do grupo dos triazóis, retardantes de crescimento por serem antagonistas à síntese de giberelina, portanto, ativo na redução do crescimento de plantas. A sua utilização para induzir a floração está relacionada com a redução ou o bloqueio da síntese de giberelinas (RADEMACHER, 2004).

A utilização de reguladores de crescimento, antagonistas da síntese de giberelinas, para indução do florescimento, tem despertado interesse de produtores que buscam tecnologias para implantação de oliveirais em novas áreas

de cultivo, onde não ocorrem baixas temperaturas para induzir a floração.

O cultivo da oliveira em condições de clima subtropical pode promover o maior crescimento vegetativo, quando comparado às plantas cultivadas em clima mediterrâneo, em detrimento da produção de frutos. Para isso, as práticas de manejo capazes de retardar o crescimento da planta e induzir a floração têm sido aplicadas.

O manejo dos olivais, com a aplicação de reguladores de crescimento, é realizado para controlar o crescimento vegetativo (GHOLAMI *et al.*, 2013; YUNGKHA *et al.*, 2017) e induzir ou aumentar o florescimento das plantas (OLIVEIRA *et al.*, 2013; MOREIRA *et al.*, 2016). Isso porque a floração é um dos principais fatores responsáveis pela produção, influenciando a produtividade e a qualidade dos frutos. Esse fenômeno parece ser controlado pelas condições ambientais, como as reações hídricas do solo, da planta e da temperatura (CONNOR; FERERES, 2005), e pelo balanço hormonal das plantas (FERNANDEZ-ESCOBAR *et al.*, 1992; KHALIL *et al.*, 2012).

As pesquisas voltadas para avaliar os efeitos da aplicação de reguladores de crescimento objetivam modificar o balanço hormonal e o crescimento das plantas, mediante a interferência na síntese, metabolismo e/ou translocação de hormônios. Isso porque acredita-se que os estímulos

ambientais atuam sobre o crescimento, inclusive do sistema radicular, devido à menor produção de gibberelinas, levando ao florescimento.

A aplicação de reguladores de crescimento, por ser realizada por meio de pulverização foliar e via solo, no período que antecede a floração, ou seja, na fase de indução, deve ser feita considerando o estágio fenológico das plantas e as condições climáticas da região.

O entendimento sobre a atuação dos reguladores de crescimento sobre o florescimento da oliveira é complexo, mas esta já está comprovada em algumas pesquisas (CRUZ *et al.*, 2011; KHALIL *et al.*, 2012, GHOLAMI *et al.*, 2013; MOREIRA *et al.*, 2016; YUNGKHA *et al.*, 2017). Porém, os resultados da aplicação de reguladores do crescimento, assim como relatado em outras espécies lenhosas, apresentam variáveis, principalmente quando a aplicação de reguladores de crescimento é realizada sem a ocorrência de estímulos do ambiente de cultivo, devido aos fatores concernentes às concentrações utilizadas, à absorção e ao estágio fenológico da planta na época de aplicação.

Em outras espécies lenhosas o estímulo ambiental promovido pelo estresse hídrico pode estar diretamente relacionado com a quebra da dormência das gemas e ou com a indução floral. Isso porque, sob condições de estresse, as plantas apresentam menor crescimento

do sistema radicular, uma vez que essa redução pode interferir na síntese de hormônios, alterando o balanço na planta.

O estímulo das baixas temperaturas para o florescimento da oliveira é relacionado com a diferenciação floral e quebra de dormência das gemas, pois, para que ocorra a iniciação floral na oliveira, é necessário que a condição de latência das gemas seja modificada, diferenciando as gemas localizadas nas axilas das folhas em inflorescências ou brotações vegetativas, visto que algumas permanecem latentes nas plantas, e outras simplesmente caem, dependendo dos estímulos recebidos (RALLO; CUEVAS, 2008). Além disso, há a hipótese de que as baixas temperaturas estimulem o florescimento porque, nessa condição, o equilíbrio hormonal endógeno entre gibberelinas e inibidores, incluindo o ácido abscísico, é alterado.

A aplicação de PBZ em plantas da cultivar Arbequina, com três anos de idade, cultivadas em uma região situada a 822 metros de altitude, sem a ocorrência de baixas temperaturas, não foi efetiva na indução do florescimento, embora tenha atuado retardando o crescimento das plantas por um período de até 60 dias. Nas condições em que foi conduzido este trabalho, a interação de fatores como as condições não indutivas ao florescimento, ou seja, ausência de baixas temperaturas, e/ou de estresse pela restrição hídrica no período que antecede a floração,

foi considerada limitante ao florescimento (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Outro aspecto importante é a dose a ser utilizada de acordo com a idade das plantas, ou o tamanho vegetativo das plantas, pois há uma relação entre o crescimento das plantas e a quantidade do regulador de crescimento que, geralmente, é baseada no diâmetro da copa. Portanto, devem ser considerados a época de aplicação, o estágio de desenvolvimento das plantas e a persistência de resíduos de aplicações anteriores na planta ou solo.

Para a utilização adequada de reguladores de crescimento para fins de controle vegetativo e alteração do balanço hormonal na planta é recomendado que seja dimensionado o tamanho da copa para definir a dose a ser utilizada, uma vez que concentrações baixas podem não ser efetivas para reduzir a síntese de giberelinas e retardar o crescimento da planta, enquanto doses elevadas paralisam o crescimento e, conseqüentemente, prejudicam a produção.

A época de aplicação, assim como a concentração utilizada, varia com as condições climáticas de cada região, pois estas influenciam a época da indução floral e o hábito de crescimento das plantas. Ao estudar a pulverização foliar com PBZ em oliveira até concentrações de 800 mg L⁻¹, Cruz *et al.* (2011) verificaram que o crescimento

vegetativo da cultivar Grappolo, com dois anos de idade, cultivadas em campo, foi reduzido até 60 dias após a aplicação, no entanto, sem influência no florescimento.

Vários trabalhos com uso de reguladores de crescimento, aplicados em regiões de clima subtropical, têm demonstrado os efeitos sobre a floração de outras espécies lenhosas, porém nesses locais ocorrem baixas temperaturas durante o inverno. Entretanto, pouco se conhece a respeito da aplicação desses reguladores de crescimento em regiões de clima tropical, onde o estresse hídrico é mais importante. Além disso, os resultados podem ser variáveis, devido às diferenças entre as cultivares, doses utilizadas do produto e o manejo da irrigação.

Outra dificuldade se refere à determinação de variações hormonais nas plantas durante o período de floração, dificultando a extrapolação de resultados para situações específicas. Desta forma, deve-se procurar o entendimento de como atuam os inúmeros fatores relacionados ao controle hormonal para a aplicação de reguladores de crescimento com o objetivo de induzir a floração em oliveiras.

Além disso, deve-se conhecer as técnicas ideais de aplicação de reguladores de crescimento e seus efeitos sobre as relações fisiológicas da planta e da produção, que são de fundamental importância para estabelecer a melhor

época de aplicação com o intuito de utilizá-los no manejo de olivais nas novas regiões de cultivo, onde temperaturas são amenas durante o inverno.

Os reguladores de crescimento, associados a fatores que são considerados indutores ao florescimento, podem ser mais eficazes. Plantas de três anos de idade da variedade Arbequina, que receberam aplicação de PBZ, produziram maior quantidade de inflorescências quando cultivadas sob o estímulo das baixas temperaturas durante o inverno (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Neste trabalho, o efeito do PBZ na floração pode ter sido efetivo em virtude das condições indutivas ao florescimento, exercendo influência sobre o aumento de número de inflorescência por planta.

A aplicação de PBZ também pode alterar características fenotípicas das plantas, como o comprimento de entrenós das brotações (CRUZ *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2012), e aumentar os teores de carboidratos nas folhas, que pode estar associado ao menor crescimento vegetativo das plantas em função da aplicação do PBZ (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Essas modificações podem causar alterações na relação C/N e aumentar o florescimento.

Entre as alterações resultantes da aplicação de reguladores de crescimento em oliveiras foi relatado o tamanho da área foliar, que foi reduzido em resposta à aplicação

do PBZ em plantas jovens, das cultivares Arbequina e Koroneiki, com 18 meses de idade, que receberam quantidades entre 10 e 15 mL em um volume de solo de 10 dm³ por planta (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Nesta pesquisa foi constatado que a aplicação do PBZ não interfere nos mecanismos de proteção desenvolvidos pelas plantas para tolerar o déficit hídrico, pois, mesmo produzindo folhas de menor tamanho, não foram observadas diferenças nas características das epidermes abaxial e adaxial, espessura dos parênquimas paliádico e esponjoso e no mesofilo das folhas.

O potencial do PBZ para proteger as plantas contra diversos estresses ambientais havia sido relatado em cultivares Bladi e Mission com três anos, cultivadas em vasos (YAZDANI *et al.*, 2007). Esses autores verificaram que o conteúdo de água e o teor de prolina aumentaram nas folhas das oliveiras, sugerindo a possibilidade de a espécie tolerar o estresse hídrico por mais tempo.

Na cultivar Ascolana, que foi submetida ao déficit hídrico e recebeu a aplicação de PBZ, o teor relativo de água foi maior que nas plantas que estavam sob restrição hídrica apenas sem ter recebido a aplicação exógena do regulador de crescimento, evidenciando a maior adaptação à situação de baixa disponibilidade de água (MOREIRA *et al.*, 2016). Os autores consideraram a possibilidade de a menor taxa de crescimento manifestada por estas

plantas ter ocasionado a menor perda de água, devido à menor área foliar apresentada. Desta forma, sendo o estresse causado pelo déficit de água um dos manejos que podem ser utilizados para induzir o florescimento, o uso do regulador de crescimento pode complementar o manejo.

Os resultados das pesquisas com a aplicação de reguladores são mais expressivos quando essa é realizada em condições controladas. Isso se deve às dificuldades para realização de pesquisas em condições de campo, quando nem sempre são identificados os fatores que podem influenciar no balanço hormonal das plantas.

As variações edafoclimáticas dos locais de cultivo podem alterar a síntese de hormônios sintetizados nas folhas e raízes, com mudanças na alocação de assimilados e no crescimento da parte aérea e raízes que podem influenciar o início do processo reprodutivo. Além disso, o balanço hormonal interno nas plantas pode ser influenciado por fatores como estágio de desenvolvimento dos órgãos, temperatura, estresses e nutrição.

Sob condições controladas, a menor taxa de crescimento em altura de oliveiras do cultivar Ascolana, cultivadas em vasos com a aplicação de 4 mL de PBZ, foi observada. Nessa pesquisa, a aplicação do regulador de crescimento foi associada à restrição hídrica, iniciada aos 30 dias após

a aplicação do regulador de crescimento para favorecer a absorção, sendo notado, nestas plantas, menor crescimento, comparadas às que apenas receberam o PBZ (MOREIRA *et al.*, 2016). Os autores sugerem que, possivelmente, nessa condição, as plantas precisaram desenvolver mecanismos para tolerar a falta de água no solo, como a abertura e o fechamento estomático. Com isso, as plantas podem ter reduzido a produção de fotoassimilados necessários e importantes ao crescimento.

Resultados relacionados às variações no crescimento foram relatados nas cultivares Arbequina, Coratina e Koroneiki, com a aplicação de 4 mL de PBZ por planta com redução do comprimento em altura e redução da área foliar (YUNGKHAM *et al.*, 2017).

Em relação ao florescimento, o maior percentual de inflorescências foi observado no ano seguinte nas oliveiras que receberam o PBZ. Isso pode ter acontecido devido à idade e ao tempo de ação do regulador do crescimento (MOREIRA *et al.*, 2016). Os autores levantam essa hipótese porque as oliveiras estavam com dois anos quando o PBZ foi aplicado; então a juvenilidade das plantas pode justificar a falha na emissão de inflorescências de forma representativa no primeiro ano. Isso porque a oliveira produziu maior concentração de fotoassimilados nos ramos do ano anterior, possibilitando o crescimento de novos ramos e inflorescências (RALLO; CUEVAS, 2008).

Variações relacionadas à imaturidade das plantas e inadequação da condição climática ao florescimento nas oliveiras das cultivares Arbequina, Coratina e Koroneiki, cultivadas em campo, suscitaram também hipóteses para o não florescimento das plantas (YUNGKHAM *et al.*, 2017).

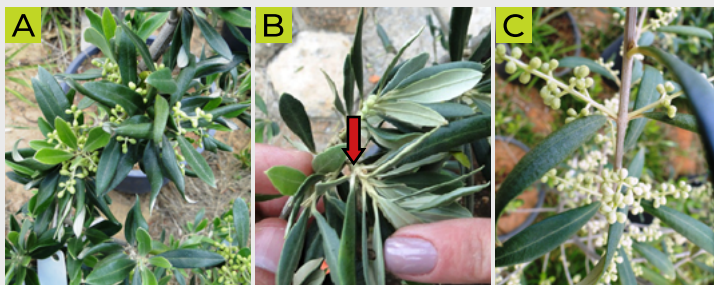
Outro fator que deve ser considerado é o tempo de atuação do PBZ. Há relatos de que a ação do PBZ, quando aplicado via solo, pode ser demorada em virtude de seu efeito residual, pois o PBZ é um regulador de crescimento que pode degradar lentamente, dependendo do tipo de solo onde é aplicado, das condições climáticas e dos microorganismos (MAGANHOTTO *et al.*, 2003). Segundo esses autores, após a meia-vida do PBZ, 60 dias de aplicação, a taxa de dissipação pode permanecer estável por longo tempo, o que pode ter favorecido o florescimento das plantas na safra seguinte. A ação mais lenta do PBZ aplicado via solo também foi verificada por Oliveira *et al.* (2012), que observaram diferenças na resposta sobre o crescimento das plantas em função da forma de aplicação via solo e foliar.

Parece que um dos maiores desafios para o manejo dos olivais com a aplicação de reguladores de crescimento se deve ao ajustamento da dose a ser utilizada, em função de todos os fatores já mencionados, que pode interferir sobre o balanço hormonal das plantas, como as condi-

ções edafoclimáticas, época de aplicação, doses utilizadas e, ainda, os fatores intrínsecos à espécie.

A maior parte das hipóteses levantadas aponta a quantidade de regulador de crescimento que foi utilizada para justificar a não efetividade da aplicação de PBZ em retardar o crescimento vegetativo da oliveira e se alcançar os objetivos esperados. Porém, a definição da dose deve considerar todos os fatores que podem interagir com o regulador de crescimento, inclusive o tempo de degradação para novas aplicações, em função do tipo de solo, porque os resultados podem levar à paralisação do crescimento, o que também pode comprometer a produção (Figura 1).

Figura 1: Plantas do cultivar Arbequina, cultivadas em vaso com a redução do comprimento de entrenós que receberam 12 ml de PBZ e apresentaram redução expressiva no crescimento (A, B), e ramo de planta que recebeu 4 ml de PBZ (C).



Fonte: Maria do Céu Monteiro Cruz.

Considerações finais

A compreensão dos fatores que regulam o crescimento vegetativo e o florescimento em oliveiras cultivadas em condições subtropicais é fundamental para proporcionar a adequação de práticas de manejo para o cultivo em novas áreas.

Há ainda diversos mecanismos fisiológicos relacionados ao florescimento da oliveira a serem compreendidos, dadas as dificuldades para a realização de pesquisas, a exemplo da realização de investigações em condições

de campo, onde vários fatores bióticos e abióticos são mensurados, dificultando a interpretação dos resultados. Por outro lado, a realização de pesquisas em ambiente controlado com plantas perenes é difícil, pois existem diferenças nas características fenológicas, no crescimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas, que podem influenciar na interpretação dos resultados.

Além disso, os efeitos da aplicação de reguladores de crescimento sobre as plantas não são específicos, ocorrendo variações decorrentes da época de aplicação, concentrações utilizadas, características do ambiente de cultivo e genética dos cultivares, os quais devem ser observados porque, em função disso, a aplicação de um regulador de crescimento pode afetar uma característica diferente.

Desta forma, investimentos em pesquisas são importantes para possibilitar a aplicação de reguladores de crescimento no manejo de olivais, em condições de climas subtropicais, para viabilizar e ampliar sua exploração econômica em regiões com menor ocorrência de frio.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro recebido em projetos de pesquisa.

Referências

CONNOR, D. J.; FERERES, E The physiology of adaptation and yield expression in olive. **Horticultural Reviews**, New York, v. 31, n. 56, p. 157-231, Nov. 2005

CRUZ, M. C. M.; OLIVEIRA, A. F.; OLIVEIRA, D. L.; VIEIRA NETO, J. Flowering and vegetative growth of olive tree submitted to pruning and paclobutrazol application. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 23, p. 105-111, March 2011.

FERNANDEZ ESCOBAR R.; BENLLOCH, M.; NAVARRO D.; MARTIN G.C. The time of floral induction in the olive. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, East Lansing, Michigan, v. 117, p. 304–307, March, 1992.

GARCÍA, C. N.; MESQUITA, H. A.; ALVARENGA, A. A. Limitações do clima solo e planejamento do plantio para o cultivo da oliveira. In: Oliveira, A. F. (Ed.). **Oliveira no Brasil: tecnologias de produção**. Oliveira no Brasil: tecnologias de produção. Belo Horizonte: EPAMIG, 2012, p. 349-384.

GHOLAMI, R.; ARZANI, K.; ARJI, I. Effect of paclobutrazol (PBZ) and different irrigation amounts on vegetative growth and performance of young olive plants cv. Manzanillo, **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 26, n. 4, p. 402-408, Jan. 2013.

KHALIL, F.; KHAN, K. M.; UL-HASSAN, F.; BIBI, N. Effect of girdling and plant growth regulators on productivity in olive (*Olea europaea*). **Pakistan Journal of Agricultural Research**, Islamabad, v. 25 n. 2, Jun. 2012.

MOREIRA, R.A.; FERNANDES, D. R.; CRUZ, M. C. M.; LIMA, J. E.; OLIVEIRA, A. F. Water restriction, girdling and paclobutrazol on flowering and production of olive cultivars. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 200, p. 197-204, March, 2016.

MAGANHOTTO, C. M. S. S., FAY, E. F., VIEIRA, R. F., Degradação do paclobutrazol em solos tropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 1223–1227, out. 2003.

OLIVEIRA, A. F.; DE PAULA, M. S. B.; CRUZ, M. C. M.; ALMEIDA, M.O. Response to paclobutrazol application and water deficit on leaf anatomy of two olive tree cultivars. **Acta Horticulturae**, San Juan, v. 1057, p. 51-56, October, 2014.

OLIVEIRA, A. F.; CRUZ, M. C. M.; OLIVEIRA, D. L.; MESQUITA, H. A. Paclobutrazol em oliveira submetida a diferentes regimes hídricos. **Semina. Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, p. 2137-2148, nov. 2012.

OLIVEIRA, D. L.; CRUZ, M. C. M.; OLIVEIRA, A. F.; CHALFUN, N. N. J.; ALVARENGA, A. A. Teores de carboidratos e indução do florescimento em mudas de oliveira submetida à aplicação de paclobutrazol. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 12, p. 221-226, Set. 2013.

RADEMACHER, W. Chemical regulation of shoot growth in fruit trees. **Acta Horticulturae**, Seoul, n. 653, p. 29-32, July, 2004.

RALLO, L.; CUEVAS, J. Fructificación y Producción. In: BARRANCO, D.; FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R.; RALLO, L. (Ed.). **El cultivo del olivo**. 6. ed. Junta de Andalucía: Mundi-Prensa, 2008. p. 626-662.

YAZDANI, N.; ARZANI, K.; ARJI, I. Alleviation of drought stress through application of Paclobutrazol on olive (*Olea europaea* L.) trees, cultivars 'Bladi' and 'Mission'. **Iranian Journal of Agricultural Sciences**, New York, v. 38, n. 2, p. 287-296. March, 2007.

YUNGKHA, M. V. G.; MISHRA, S.; PRASAD, V. M. Effect of different levels of paclobutrazol on vegetative growth of olive (*Olea europaea* L.) tree under subtropical climates. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, New Delhi, v. 6, n. 4, p. 609-612, Jul. 2017.

Reguladores vegetais nas culturas da bananeira e maracujazeiro

Manoel Euzébio de Souza · Ana Heloisa Maia

Introdução

O uso de reguladores vegetais tem sido empregado por diversos pesquisadores da área de fruticultura, de forma individual, combinado e/ou misturado com outros compostos, como os aminoácidos, micronutrientes e vitaminas (CASTRO; VIEIRA, 2001), em processos de indução do florescimento e antecipação da colheita dos frutos (ATAÍDE *et al.*, 2006), melhorias na germinação de sementes, reduzindo o tempo entre a semeadura e a emergência de plântulas (SIMONETTI *et al.*, 2017), no crescimento de plântulas (FERRARI *et al.*, 2007) e maturação de frutos (SANTOS *et al.*, 2016), sendo então uma alternativa para minimizar fatores limitantes na produção.

A utilização de reguladores vegetais em frutíferas, como a bananeira e o maracujazeiro, tem sido uma alternativa na alteração de processos fisiológicos da planta que sofre grande influência de fatores biológicos/ambientais. De acordo com Petri *et al.*, (2016), os reguladores alteram processos vitais da planta, que induzem crescimento e desenvolvimento vegetal, permitindo melhorias consideráveis na produção dessas frutíferas. Estes mesmos

autores relatam que entre os principais grupos de reguladores vegetais, com possibilidade de utilização, encontram-se as auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, retardadores e inibidores (TAIZ; ZEIGER, 2013), e os bioestimulantes (CASILLAS *et al.*, 1986).

As giberelinas são utilizadas na indução floral de diversas frutíferas, sensíveis ao fotoperíodo e/ou frio, cuja resposta se dá em função do aumento do nível de giberelinas endógenas, muito embora sejam utilizadas para induzir a floração. Os resultados do ácido giberélico (GA₃) têm sido estudados principalmente após a colheita de frutíferas, em função dos efeitos causados por sua aplicação em melhorias na qualidade do fruto e retardamento da senescência dos frutos por meio de um mecanismo de sinalização, aliados às atividades enzimáticas que ocorrem durante o amadurecimento (ROSSETTO *et al.*, 2004).

Existem estudos, como de Pereira (1997), que constataram a redução da florada em laranjeiras lima. Sanches (2001), estudando limeiras ácidas com uso de giberelina, verificou aumento da produção de frutos na entressafra; já Santos *et al.* (2003) observaram aumento das inflorescências com bioestimulante e redução do número de frutos formados com GA₃. Para Goldschmidt *et al.* (1999), essa resposta da planta depende de diversos fatores, como ambientais, a aplicação, o processo de absorção,

a interação entre reguladores e estágio fenológico da planta, dependendo de cada espécie estudada.

Aspectos gerais da cultura da bananeira

A bananeira pertence à classe das Monocotyledoneae, ordem Scitaminales, família Musaceae, da qual fazem parte as subfamílias Heliconioideae, Strelitzioideae e Musoideae (EMBRAPA, 2000). A banana é a fruta de maior consumo *in natura* no Brasil e no mundo (FAOSTAT, 2018). Apresenta grande importância econômica nos países tropicais, além de ser muito apreciada pelo sabor, devido à facilidade de consumo, baixo custo e, também, por ser fonte de energia, vitaminas e minerais (OLIVEIRA; BRUCKNER; SILVA, 2018).

A banana é considerada um fruto acessível e disponível para o consumo o ano inteiro e, assim, é a segunda fruta mais consumida e produzida no Brasil, atrás apenas da laranja. Além da importância alimentar, o cultivo de bananas se configura como uma alternativa de renda para pequenos e médios produtores, uma vez que essa cultura se adapta a diferentes condições edafoclimáticas e apresenta ciclo precoce quando comparada a outras frutíferas, o que permite um rápido giro de capital (HORTIFRUTI BRASIL, 2019).

Dados recentes da produção de banana no Brasil mostram que, no ano de 2018, a produção foi de 6,75 milhões de toneladas em 490,7 mil hectares de área plantada (aumento de 1,4%), e em 2019 a projeção é 7,084 milhões de toneladas plantadas em 481,1 mil hectares (IBGE, 2018).

As principais regiões produtoras de bananas no país são Sudeste e Nordeste, que juntas produziram em torno de 2,6 milhões de toneladas no ano de 2018, sendo os cinco principais estados produtores São Paulo (1.084.514 t), Bahia (866.591 t), Santa Catarina (712.775 t), Minas Gerais (685.471 t) e Pará (514.205 t) (IBGE, 2018).

As bananas das cultivares Prata, Maçã e Nanicão são as mais comercializadas no Brasil (SARAIVA *et al.*, 2013). Um dos principais entraves para a produção de bananas são os problemas fitossanitários, muitas vezes provocados pela utilização generalizada de poucas cultivares, como a Maçã, Prata e a Nanicão, as quais são suscetíveis a doenças como Sigatoka-Amarela (*Mycosphaerella musicola*), Sigatoka-Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) e Mal-do-Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*) (BORGES *et al.*, 1999).

Segundo Ramos *et al.* (2009), apesar de existir no Brasil um grande número de cultivares de banana, são poucas

as que possuem potencial agronômico para exploração comercial, isto é, que apresentam alta produtividade, tolerância às pragas e doenças e porte reduzido. De maneira geral, pesquisadores de diversas instituições têm trabalhado com o objetivo de criar genótipos de bananeiras que apresentem produção precoce, elevada produtividade, tamanho reduzido, bom sistema radicular, grande eficiência no uso da água e dos nutrientes e boa qualidade dos frutos (forma, sabor, tamanho e aroma) (SILVA *et al.*, 2011).

Aspectos gerais do maracujazeiro

O maracujazeiro é cultivado em todos os estados brasileiros e tem sido apontado, nos últimos anos, como uma alternativa interessante, principalmente aos agricultores familiares, por oferecer rápido retorno econômico e gerar uma receita distribuída na maior parte do ano (MAIA *et al.*, 2013). Grande parte das frutíferas demora para produzir, o que acaba tornando incompatível a necessidade de renda imediata dos produtores, resultante de prejuízos em outras atividades (MELETTI *et al.*, 2010).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2018), o Brasil é o maior produtor mundial de maracujá, apresentando uma área cultivada

de 41.090 ha, com uma produção de 554.598 t e rendimento médio de 13,5 t ha⁻¹. A região Nordeste é a principal produtora de maracujá, seguida das regiões Sudeste e Norte, com aproximadamente 66% da produção total do fruto, presente nos estados da Bahia (31%), Ceará (17%), Santa Catarina (8%), São Paulo e Rio Grande do Norte (5%).

Existem aproximadamente 400 espécies de maracujazeiro e, somente no Brasil, são 150 espécies. Embora o gênero *Passiflora* agrupe muitas espécies, poucas são comerciais e as principais espécies são o maracujá amarelo ou azedo, maracujá roxo (variedades da mesma espécie *Passiflora edulis*) e maracujá doce (*Passiflora alata*), sendo o maracujá azedo o mais cultivado e de maior valor comercial (MELETTI, 2011).

Embora o Brasil seja grande produtor de maracujá, o rendimento é considerado baixo, devido, principalmente, à incidência de pragas e doenças, aliada a fatores climáticos, como temperatura, baixa precipitação, radiação solar e fotoperíodo, que limitam a produção nos meses de setembro a novembro, período de entressafra na maioria das regiões produtoras.

Uso de reguladores vegetais em bananeira

Em bananeira, o uso de reguladores vegetais no pós-colheita tem mostrado resultados consideráveis na maturação precoce dos frutos. O processo de climatização dos frutos de banana, também conhecido como desverdecimento, tradicionalmente é feito com carbureto de cálcio, cujos frutos são umedecidos e cobertos com lona. Nesse processo há a liberação de acetileno (MEDINA, 2004). Segundo Nogueira *et al.* (2007), há também a utilização de ethephon (ácido 2-cloroetilfosfônico), liberando etileno exógeno na casca, acelerando a transpiração dos frutos durante a maturação.

O uso de ethephon em frutos de bananeira 'Nanica' e 'Terra', nas concentrações de 500 a 1000 mg L⁻¹ por períodos de até 1 hora, induz a maturação dos frutos, sem alterar o teor de sólidos solúveis totais. Entretanto, ao utilizar o ácido giberélico na concentração de 50 e 10 mg L⁻¹, houve um atraso no processo de maturação (MEDINA, 2004). Segundo Castro *et al.* (2016), a utilização de ethephon a 500 mg L⁻¹, três meses após o transplante, reduziu o crescimento do pseudocaule e a produção, atrasando a inflorescência em plantas de bananeira, enquanto a aplicação do ácido abscísico e daminozide teve o mesmo efeito sobre o crescimento (reduzindo o tamanho das plantas); porém, aumentou a produção dos frutos de bananeira. Esses mesmos autores mencionam

que a aplicação da solução de ácido giberélico em bananeiras atrasou o período de florescimento, mas melhorou a produção e causou um aumento na altura das plantas, sendo que esse efeito também foi encontrado com a aplicação do ácido giberélico direto nos frutos.

Santos *et al.* (2015), ao avaliar a aplicação de diferentes métodos para a maturação de frutos de bananeira 'Prata Catarina', utilizando os tratamentos com frutos climatérios (abafamento + maracujá; abafamento + maracujá cortado sem polpa), ethephon (abafamento + ethephon; ambiente aberto + ethephon), abafamento e ambiente aberto, verificaram que os frutos abafados com maracujá, com maracujá cortado e os de ambiente aberto com ethephon influenciaram nos critérios cor e firmeza no período de até 72 horas de exposição dos frutos. Em bananeira 'Prata', a utilização de sacos de polietileno como embalagem demonstrou que a de plástico perfurado sem absorvente de etileno apresentou maior ganho (cerca de 5 dias à 22°C) na conservação dos frutos (CASTRO *et al.*, 2016).

Prill *et al.* (2012), avaliando a climatização em frutos de 'Prata Anã' por meio do método de abafamento com lona plástica ou imersão em solução de Ethrel®, com filme de polietileno de baixa densidade, e armazenados por quatro períodos de tempo (0; 10; 20 e 30 dias) a 12 ± 1 °C e $93 \pm 2\%$ de umidade relativa - UR, verificaram que

quanto maior o período de armazenamento refrigerado e condicionamento, menor foi o período de conservação dos frutos de banana. Independentemente do período de armazenamento, esse processo, segundo os autores, deve ser realizado em até 20 dias após a colheita para não comprometer a qualidade sensorial dos frutos.

Alguns reguladores vegetais, como o paclobutrazol, reduzem a síntese de giberelinas cujo efeito se reproduz na redução do alongamento das plantas e aumento da taxa de multiplicação em cultivos *in vitro*, retardando o crescimento das plântulas (WANDERLEY *et al.*, 2007; LOURENZO, 1998). Souza e Souza *et al.* (2010), avaliando o efeito do paclobutrazol na micropropagação de bananeiras 'Prata-Anã' e 'FHIA 01', testando diferentes doses do produto, concluíram que o paclobutrazol reduziu a altura de plantas nas duas cultivares estudadas; no entanto, houve aumento linear para os parâmetros número de raízes, comprimento da maior raiz, massa fresca e massa seca da raiz das plântulas, em função do aumento das doses.

Em trabalho realizado por Rosa *et al.* (2016), concluiu-se que o uso de reguladores vegetais tem efeito direto na qualidade dos frutos na pós-colheita e a produtividade de bananeira *Nanica*. Aquino *et al.* (2016), testando o efeito de doses de ácido giberélico (GA₃) sobre o prolongamento

do período de pós-colheita de frutos de bananeira 'Maçã' e a aplicabilidade de uso de redes neurais artificiais, concluíram que a dose de 100 mg L⁻¹ de GA₃, após 19 dias de armazenamento, é mais favorável à conservação pós-colheita de banana 'Maçã' em todas as características avaliadas. Huang *et al.* (2014) observaram que frutos de bananeiras tratadas com 50 mg L⁻¹ de GA₃, combinado com 10 mg L⁻¹ de fenilureia, apresentaram retardamento na mudança da coloração da casca, quando comparados à testemunha, após 16 dias de armazenamento a 23°C e 75-90% de umidade relativa (UR).

Uso de reguladores em maracujazeiro

No maracujazeiro, um dos grandes problemas relacionados à produção é a ausência de frutificação em determinados períodos do ano devido à ausência de florescimento, em função dos fatores climáticos, especialmente o fotoperíodo. Como alternativa à ausência de florescimento, a utilização de técnicas de indução pode favorecer a diferenciação das gemas nesse período, contornando essa problemática relacionada à produção do fruto, seu produto principal (ATAÍDE, 2006). Além disso, os reguladores têm sido utilizados também para aumentar o percentual e a uniformização de sementes germinadas (CONEGLIAN *et al.*, 2000; FERREIRA *et al.*,

2001) e redução da altura de plântula (ATAÍDE *et al.*, 2006; SANTOS *et al.*, 2016).

Em trabalho realizado por Ferrari *et al.* (2007), ao analisar os efeitos da mistura GA_3 + IBA + cinetina no desenvolvimento de plântulas de maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Curtis), empregando-se análise de crescimento, constatou-se que o uso da combinação dos reguladores vegetais promoveu efeito no desenvolvimento das plantas, e que a concentração de 125mL L⁻¹ proporcionou mudas com taxa de crescimento mais elevada.

Ataíde *et al.* (2006), avaliando o efeito de regulador vegetal e bioestimulante na indução floral do maracujazeiro-amarelo em condições não-indutivas, em Araguari-MG, constataram que o comprimento dos ramos e entrenós, número de nós, de folhas e de botões florais não foram influenciados pelo uso de GA_3 e Stimulate®, conforme verificado por outros autores (SANCHES, 2001; SANTOS *et al.*, 2003). No entanto, houve diferença quando os ramos ficaram expostos à luminosidade nos períodos da manhã e tarde.

Utilizando sementes da BRS Mel do Cerrado, tratadas e não tratadas com regulador vegetal, Oliveira *et al.* (2016) verificaram diferenças na emergência de plântulas 15 dias após a semeadura, o que demonstra que o uso do regulador antecipou muito a emergência das plântulas quando

comparadas com as sementes não tratadas (tratamento testemunha). Resultados encontrados por Cadorin *et al.* (2017), em sementes de *Passiflora ligularis*, indicam que a concentração de 100 mg L⁻¹ de GA₃ resultou no maior percentual de sementes germinadas; já para *P. alata*, a concentração de 500 mg L⁻¹ proporcionou um aumento na velocidade de emergência das sementes (FERREIRA *et al.*, 2001).

Santos *et al.* (2016), estudando as espécies *Passiflora alata*, *P. cincinnata*, *P. setacea*, *P. edulis* e *P. gibertii*, relatam que, com a solução de GA₃ até 1.000 mg L⁻¹, não houve incremento na emergência e crescimento das plântulas armazenadas por 11 meses; já as sementes oriundas de frutos maduros recém-colhidos de maracujazeiro obtiveram resposta positiva quanto à emergência e crescimento inicial de plantas, após imersão em solução de GA₃ entre 500 e 1.000 mg L⁻¹.

Em sementes da espécie *P. setacea*, Pádua *et al.* (2011) constataram em sua pesquisa a superação da dormência, após a emersão em solução de GA₃, em sementes armazenadas por cinco meses a uma temperatura de 4 °C. Zucareli *et al.* (2009), em sementes *P. cincinnata*, armazenadas por 12 meses, obtiveram aproximadamente 77% e 75% de plântulas normais nas concentrações de 400 e 500 mg L⁻¹ de GA₄, respectivamente.

Ataíde (2005) observou, durante sua pesquisa, que não houve diferenças entre os tratamentos com GA₃ e o Stimulate® e a testemunha em maracujazeiro-amarelo. Entretanto, houve indícios de acréscimos na massa dos frutos em plantas tratadas de janeiro a abril. Efeitos de diferentes concentrações de ácido giberélico no processo germinativo de sementes de maracujazeiro azedo, do cultivar BRS Rubi do Cerrado, foram avaliados por Simonetti *et al.* (2017). Nessa pesquisa, os autores observaram que a aplicação de regulador vegetal, na concentração de contendo 500 e 1250 mg L⁻¹ de GA₃, permitiu o aumento do tempo médio de germinação, contudo, houve redução da velocidade média de germinação de sementes dessa cultivar.

Para Marostega *et al.* (2017), com a utilização do GA₃, ocorreu a superação da dormência de sementes das espécies como *Passiflora suberosa*, *P. morifolia* e *P. tenuifolia*, *P. quadrangularis*, *P. nitida*, *P. foetida*, *P. eichleriana*, *P. cincinnata*, *P. mucronata* e *P. micropetala*, não houve melhorias nos percentuais de germinação de sementes em função do uso do regulador, demonstrando distintas respostas fisiológicas entre espécies do mesmo gênero.

Considerações finais

A importância econômica da fruticultura brasileira preconiza a necessidade de estudos e desenvolvimento de técnicas que permitam maior alcance de produtividade e rendimento médio das culturas. A utilização de reguladores vegetais nas culturas da bananeira e maracujazeiro passa a ser uma alternativa aos fatores que limitam maiores ganhos durante o ano todo, tornando-se atraente aos produtores dessas frutíferas, frente à obtenção de resultados satisfatórios em menor espaço de tempo. Os estudos com reguladores vegetais nessas culturas exigem minimizar as condições desfavoráveis durante o ciclo dessas frutíferas, relacionadas aos aspectos fisiológicos e ambientais como maturação, fotoperíodo, temperatura, radiação solar, entre outros, e que influenciam a fisiologia da planta e, em consequência, a produção final. Entre os principais reguladores vegetais estão as auxinas, gibberelinas, citocininas, etileno, retardadores e inibidores que, em concentrações/épocas adequadas e combinações desses produtos, podem provocar alterações (acelerar ou retardar) nos processos fisiológicos nas plantas.

No maracujazeiro, o florescimento fica comprometido durante a entressafra, o que requer o estímulo para formação das flores, sendo o uso de reguladores vegetais umas das técnicas utilizadas para indução floral na cultura. Na bananeira, os reguladores são utilizados

principalmente no retardamento e antecipação da maturação dos frutos, controle de crescimento, entre outros aspectos, com a finalidade de incrementar a produção e melhorar os aspectos qualitativos e quantitativos dessas frutíferas. É importante estar atento aos estudos relacionados aos reguladores vegetais nessas espécies para uma aplicação adequada e alcance dos resultados esperados em função do seu uso.

Referências

AQUINO, C.F.; SALOMÃO, L.C.C.; AZEVEDO, A.M. Qualidade pós-colheita de banana 'Maçã' tratada com ácido giberélico avaliada por redes neurais artificiais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 7, p. 825-833, 2016.

ATAÍDE, E.M. **Indução floral e produtividade do maracujazeiro-amarelo em função do uso de reguladores de crescimento vegetal**. 100f. Jaboticabal. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2005.

ATAÍDE, E.M.; RUGGIERO, C.; RODRIGUES, J.D.; OLIVEIRA, J.C.; RODRIGUES, T.J.D.; SILVA, J.R. Regulador vegetal e bioestimulante na indução floral do maracujazeiro-amarelo em condições de entressafra. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 347-350, 2006.

BORGES, A. L.; OLIVEIRA, A. M. G.; SOUZA, L. da S. Solos, nutrição e adubação. *In*: ALVES, E. J. A cultura da banana: aspectos técnicos socioeconômicos e agroindustriais. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1999. p. 197-260.

CADORIN, D.A.; VILLA, F.; DALASTRA, G.M.; HEBERLE, K., ROTILI, M.C.C. Tratamentos pré-germinativos em sementes de granadilha (*Passiflora ligularis*) Pregermination treatment in granadilha (*Passiflora ligularis*) seeds. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 16, n. 3, p. 256-261, 2017.

CASILLAS, V. J. C.; LONDOÑO, I. J.; GUERRERO, A. H.; BUITRAGO, G. L. A. Análisis cuantitativo de la aplicacion de cuatro bioestimulants en el cultivo del rabano (*Raphanus sativus* L.). **Acta Agronomica**, v. 36, n. 2, p. 185-195, 1986.

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 132 p.

CASTRO, P.R.C.; ARAUJO, D.K.; ANGELINI, B. G.; MENDES, A.C.C.M. **Biorreguladores na agricultura**. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2016. 154 p. Disponível em: <<https://www.esalq.usp.br/biblioteca/file/3301/download?token=Lm9tOOKg>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

CONEGLIAN, R.C.C.; ROSSETTO, C.A.V.; SHIMIZU, M.K.; VASCONCELLOS, M.A.S. Efeitos de métodos de extração e de ácido giberélico na qualidade de sementes de maracujá-doce (*Passiflora alata* Dryander). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 463-467, 2000.

DANTAS, J.L.L.; SOARES FILHO, W.S. Classificação botânica, origem e evolução. *In*: Cordeiro, Zilton José Maciel (org).

Banana. Produção: Aspectos técnicos. 1. Ed. Brasília, DF: Embrapa SPI, 2000. p. 12-15.

FAOSTAT. Área colhida, rendimento e produção nos principais países produtores de banana. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 07 maio 2019.

FERRARI, T.B.; FERREIRA, G.; BOARO, C.S.F.; ZUCARELI, V. Bioestimulante no Crescimento de Plântulas de Maracujazeiro-Doce. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 342-344, 2007.

FERREIRA, G.; FOGAÇA, L.A.; MORO, E. Germinação de sementes de *Passiflora alata* Dryander (maracujá-doce) submetidas a diferentes tempos de embebição e concentrações de ácido giberélico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 160-163, 2001.

GOLDSCHMIDT, E.E. 1999. Carbohydrate supply as a critical factor for Citrus fruit development and productivity. *Hortscience* 34: 1020-1024.

HUANG, H.; JING, G.; WANG, H.; DUAN, X.; QU, H.; JIANG, Y. The combined effects of phenylurea and gibberellins on quality maintenance and shelf life extension of banana fruit during storage. **Scientia Horticulturae**, v.167, p.36-42, 2014.

HORTIFRUTIBRASIL. Anuário 2018-2019. Disponível em: <<https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/anuario-2018-2019.aspx>>. Acesso em: 01 maio 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Levantamento da Produção agrícola municipal 2018.

Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 02 abr. 2019.

MAROSTEGA, THALITA NEVES *et al.* Methods of breaking seed dormancy for ornamental passion fruit species. **Ornamental Horticulture**, [s.l.], v. 23, n. 1, p. 72-78, 2017.

MAIA, T.E. de G.; PEIXOTO, J.R.; JUNQUEIRA, N.T.V.; SOUSA, M.A. de F. Desempenho agrônômico de genótipos de maracujazeiro - azedo cultivados no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, p. 500-506, 2013.

MEDINA, V.M. **Indução da Maturação da Banana 'Terra' com Etefon**. (Embrapa Mandioca e Fruticultura, Circular Técnica, 71). 2004, 5p. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/circular_71ID-elJkt5isJY.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2018.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 83-91, 2011.

MELETTI, L.M.M.; OLIVEIRA, J.C.; RUGGIERO, C. **Maracujá**.

Jaboticabal: FUNEP, 2010. (Série Frutas Nativas, 6).

NOGUEIRA, D. H. et al. Mudanças fisiológicas e químicas em bananas 'Nanica' e 'Pacovan' tratadas com carbureto de cálcio.

Revista Brasileira Fruticultura, Jaboticabal, v. 29, n. 3, 460-464, 2007.

OLIVEIRA, J. S.; VIANA, C. G.; FALEIRO, F. G.; VIANA, M.

L.; JUNQUEIRA, N. T. V. Emergência de plântulas de maracujazeiro cultivar BRS Mel do Cerrado e seus genitores com regulador vegetal. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 28, n. 3/4, p. 463-467, 2016.

OLIVEIRA, J. A. A.; BRUCKNER, C. H.; SILVA, D. F. P. Estado atual da bananicultura em Minas Gerais. Disponível em: <www.todafruta.com.br>.

Acesso em: 12 maio de 2019.

PEREIRA, I.A.M. Época da indução e evocação floral em *Citrus* spp e efeito do GA₃ em seu florescimento. 1997, 81f. **Tese**

(Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

PRIL, S.M.A.; NEVES, C.L.; CHAGAS, E.A.; TOSIN, J.M.; SILVA, S.S.

Métodos para a climatização de bananas prata-anã produzidas na Amazônia Setentrional Brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n., p. 1030-1042, 2012.

PÁDUA, J. G. *et al.* Emergência de sementes de *Passiflora setacea* e dormência induzida pelo armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p. 80-85, 2011.

PETRI, J.L.; HAVERROTH, F.J.; LEITE, G.B.; SEZERINO, A.A.; COUTO, M. **Reguladores de crescimento para frutíferas de clima temperado**. Florianópolis: Epagri, 2016, 141 p.

RAMOS, D.P. *et al.* Avaliação de genótipos de bananeira em Botucatu-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 4, p. 1092-1101, 2009.

ROSA, J.S.; LIMA, D.L.; ROZANE, D.E.; MODENESE, S.H.; MORAES, W.S. **Uso de reguladores de crescimento no cacho da bananeira visando aumento de produção e qualidade do fruto na primavera-verão**. Disponível em: <http://prope.unesp.br/cic/admin/ver_resumo>. Acesso em: 11 abr. 2018.

ROSSETTO, M.R.M.; LAJOLO, F.M.; CORDENUNSI, B. R. influência do ácido giberélico na degradação do amido durante o amadurecimento da banana. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 076-081, 2004.

SANCHES, F.R. **Efeito de ácido giberélico na floração da lima ácida 'Tahiti'** (*Citrus latifolia* Tan.). 2001, 78f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

SANTOS, C.H.B.; CRUZ NETO, A.J.; JUNGHANS, T.G.; JESUS, O. N.; GIRARDI, E.D. Estádio de maturação de frutos e influência de ácido giberélico na emergência e crescimento de *Passiflora* spp. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 481-490, 2016.

SANTOS, J. R., ARAÚJO, F. P., SANTOS, F. J. S., ARAÚJO, R. D., BRITP, R. R., **Diferentes técnicas avaliadas na maturação da banana prata Catarina**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. Fortaleza – CE, setembro. 2015.

SANTOS, E.J.; PRADO, A.K.S.; PIZZOLATO, A.C.; MEDINA, C.L. Efeito de bioestimulantes vegetais sobre o florescimento da laranjeira pêra induzida por deficiência hídrica. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 9. 2003, Atibaia. **Resumos...** Atibaia: IAC, UNICAMP, USP, 2003. 226 p.

SARAIVA, L. de A.; CASTELAN, F. P.; SHITAKUBO, R.; HASSIMOTO, N. M. A.; PURGATO, 126 E.; CHILLET, M.; CORDENUNSI, B. R. Black leaf streak disease affects starch metabolism in 127 banana fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, n. 61, p. 5582–5589, 2013.

SIMONETTI, L.M.; SOUSA, M.C.; SILVA, M.B.; RODRIGUES, F.O.S.; LEONEL, S.; TECCHIO, M.A. Germinação de sementes de maracujá “BRS Rubi do Cerrado” após a aplicação de ácido giberélico. **Revista Cultivando O Saber**, v. 10, n.4, p. 470-478, 2017.

SILVA, S.O.; SANTOS-SEREJO, J.A.; AMORIM, E.P. Pré-melhoramento da banana. *In*: LOPES, M.A.; FÁVERO, A.P.; FERREIRA, M.A.J.F.; FALEIRO, F.G.; FOLLE, S.M.; GUIMARÃES, E.P. (Org.). **Pré-melhoramento de plantas: estado da arte e experiências de sucesso**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 317-350.

SOUZA, D. S.; SIQUEIRA, D. L. de; CECON, P. R.; SANTOS, D dos. Micropropagação das bananeiras ‘Prata-Anã’ e ‘FHIA 01’ a partir de explantes de plantas tratadas com paclobutrazol. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 561-570, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed. 2013. 54 p.

WANDERLEY, C. S.; REZENDE, R.; ANDRADE, C. A. B. Efeito de paclobutrazol como regulador de crescimento e produção de flores de girassol em cultivo hidropônico. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1672-1678, 2007.

ZUCARELI, V. et al. Fotoperíodo, temperatura e reguladores na emergência de sementes de *Passiflora cincinnata* Mast. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 3, p. 106-114, 2009.

Reguladores vegetais na cultura da soja

Matheus Vinícius Abadia Ventura
Estevam Matheus Costa

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma cultura de grande importância econômica para o Brasil, sendo o principal produto do agronegócio brasileiro. O país ocupa a posição de maior produtor de soja do mundo com 113,82 milhões de toneladas, seguido dos Estados Unidos, com 123,66 milhões de toneladas (CONAB, 2019).

Devido à grande importância da cultura para o agronegócio brasileiro, têm-se buscado alternativas com o objetivo de melhorar os tratamentos culturais voltados para o manejo da lavoura, desde a semeadura até a colheita. Entre as técnicas desenvolvidas, a fim de melhorar as práticas culturais aplicadas aos cultivos, a utilização de reguladores vegetais em diferentes fases da cultura tem se destacado. Os reguladores vegetais são utilizados desde a fase de implantação da lavoura (através da aplicação via tratamento de sementes) até em fases mais avançadas, como os estádios reprodutivos da soja.

Com relação aos reguladores vegetais, estes podem ser descritos como substâncias sintéticas com ação similar aos hormônios vegetais (citocininas, giberelinas, auxinas, ácido abscísico, etileno, entre outros) naturalmente

produzidos pelas plantas, empregadas com diferentes objetivos, como o aumento da produtividade na cultura da soja e favorecimento do desempenho dos processos vitais na planta, em geral, devido à capacidade de produzirem efeitos amplificados.

Essas substâncias atuam no desenvolvimento vegetativo da parte aérea, como a formação e crescimento de ramos, brotações e folhas, do crescimento e desenvolvimento do sistema radicular e no desenvolvimento de órgãos reprodutivos, como flores, frutos e sementes. Seus efeitos são variáveis em função de um conjunto de condições como, por exemplo, a concentração de reguladores vegetais e fitormônios nos tecidos das plantas, do balanço hormonal entre os diferentes hormônios vegetais existentes e as condições climáticas dos locais onde se encontram as plantas.

A aplicação de reguladores vegetais no tratamento de sementes de soja tem sido uma prática bastante utilizada, visto que esses produtos têm a capacidade de estimular um melhor desenvolvimento inicial da cultura em função do estímulo do desenvolvimento das plântulas e da aplicação dos reguladores com moléculas específicas, promovendo um balanço hormonal adequado ao crescimento e desenvolvimento vigoroso da cultura da soja. Além dos benefícios proporcionados pela aplicação de reguladores vegetais na etapa de tratamento de

sementes, são relatados efeitos benéficos da aplicação de reguladores vegetais via pulverização foliar, e um desses benefícios está relacionado à redução de altura das plantas e também ao aumento da produtividade da cultura.

Na cultura da soja, esses reguladores vegetais são abundantemente utilizados em formulações comerciais que possuem em sua composição a combinação de diferentes reguladores vegetais e são utilizados na forma de tratamento de sementes ou de pulverizações foliares. Segundo Taiz *et al.* (2017), as plantas produzem substâncias orgânicas denominados hormônios vegetais, que, em concentrações muito baixas, são responsáveis por efeitos marcantes no desenvolvimento das plantas, promovido por meio de alterações nos processos fisiológicos e na morfologia das espécies, além de exercerem influência nas respostas aos diversos fatores ambientais.

Quando esses hormônios vegetais são produzidos sinteticamente pelas indústrias químicas e aplicados sobre diferentes órgãos dos vegetais, estes passam a ser chamados de reguladores vegetais. Castro (2001) conceitua e diferencia hormônio vegetal de regulador vegetal, sendo que hormônio vegetal é um composto orgânico de ocorrência natural, não nutriente, produzido pela própria planta, que inibe, promove ou modifica processos morfológicos e fisiológicos, enquanto que os reguladores vegetais são substâncias sintetizadas exogenamente que,

quando aplicadas nas plantas, possuem ação similar aos compostos vegetais conhecidos.

Taiz *et al.* (2017) relataram que os reguladores de crescimento atuam como sinalizadores químicos nos processos fisiológicos das plantas e essas moléculas normalmente se ligam a receptores específicos, desencadeando uma série de reações a níveis celulares que podem afetar a iniciação ou modificação do desenvolvimento de órgãos ou tecidos. Dentre as diversas culturas em que os reguladores vegetais são utilizados, a cultura da soja tem tido casos de sucesso como aqueles obtidos com aplicação de produtos comerciais formulados a partir de misturas de diferentes reguladores vegetais nas etapas de tratamento de sementes e nas pulverizações foliares.

Segundo Tayama *et al.* (1992), os reguladores de crescimento atuam modificando o desenvolvimento, melhorando a qualidade dos produtos gerados. As substâncias sintéticas possuem a capacidade de imitar a ação de hormônios produzidos pelas próprias plantas ou até mesmo interferir na ação destes hormônios.

Definem-se reguladores vegetais as substâncias sintéticas aplicadas sobre as plantas para promoção do crescimento e desenvolvimento vegetal, sendo os hormônios vegetais as substâncias propriamente produzidas pelas

plantas. Os hormônios vegetais mais conhecidos são as giberelinas, citocininas, auxinas, etileno e ácido abscísico.

A giberelina está associada à quebra de dormência fisiológica de sementes, possibilitando o crescimento e desenvolvimento do embrião e, como consequência, a germinação e emergência da plântula. Além disso, esse fitormônio estimula o florescimento, quando pulverizado na cultura do abacaxizeiro, retarda a queda dos frutos da laranjeira, permite a formação de uvas sem sementes e aumento do vigor nas sementes de soja (MORTELE *et al.*, 2011).

O uso de citocininas modifica a dominância apical e promove o desenvolvimento de gemas laterais, mas, para que estes efeitos ocorram, a aplicação de citocinina deve estar em associação com a auxina endógena produzida pela própria planta, uma vez que estes apresentam efeitos antagônicos a depender da concentração desses hormônios nos tecidos vegetais.

A auxina é produzida, principalmente, nos meristemas apicais e transportada destes para o caule a fim de inibir a formação de gemas laterais. A citocinina é transportada das raízes, local onde são produzidas, até o caule, promovendo um balanço hormonal adequado para que ocorra o desenvolvimento das gemas laterais. Com o balanço hormonal entre auxinas e citocininas nos caules das

plantas, será iniciada a formação órgãos laterais devido ao estímulo do desenvolvimento das gemas laterais que não poderá mais ser inibido. As citocininas também promovem o desenvolvimento dos cloroplastos e expansão das folhas, além do que delongam o envelhecimento dos órgãos da planta.

A auxina mais conhecida é o IAA (ácido indolilacético), que tem como função principal a manutenção da dominância apical, além de promover a síntese de enzimas que estimulam o abrandamento da parede celular, tendo como consequência a expansão celular. O crescimento vertical, onde o meristema apical atua e exerce dominância sobre as gemas laterais, produz e acumula auxina fazendo com que ocorra a inibição e a formação de gemas laterais, mantendo-as em estado de dormência.

Ademais, as auxinas estão inter-relacionadas com o crescimento em direção à luz, fenômeno denominado fototropismo, onde a auxina produzida irá para o local com a menor presença de luz, ocorrendo a curvatura dos coleótilos em direção à luz, em função do movimento das moléculas de auxina que provocam o crescimento mais expressivo das células situadas nos pontos dos tecidos que se encontram em exposição de menor intensidade luminosa.

O etileno é um hormônio inibidor da divisão e expansão das células, atua na abscisão de frutos e folhas e na expansão radial. Todavia a sua função mais conhecida é a da maturação. Ela desencadeia uma série de reações bioquímicas que causa a mudança de cor do fruto, amolecimento da parte carnosa e deixa o fruto com um aspecto mais chamativo e bonito, sendo um atrativo para o mercado consumidor.

O ácido abscísico tem como principal função o retardamento da germinação de sementes, sendo uma vantagem muito importante, fazendo com que a planta não germine com condições desfavoráveis que serão limitantes ao seu desenvolvimento. Ainda, esse hormônio está relacionado ao mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos, permitindo as trocas gasosas, importante para transpiração, fotossíntese e respiração, além de prevenir a entrada de patógenos.

Contudo, os reguladores vegetais têm sido utilizados a fim de aprimorar algumas características agrônomicas e incrementar a produtividade de culturas de interesse agrícola. A utilização desses produtos tem demonstrado resultados significativos e, na maioria das vezes, esses resultados são positivos principalmente em cultivos de espécies como a soja, que já possuem elevado nível tecnológico e manejo adequado ao seu cultivo.

O trabalho de Bertolin *et al.* (2010) realiza a aplicação de ácido indolbutírico (semelhante a auxina endógena), cinetina (citocinina) e ácido giberélico (giberelina), por meio do produto Stimulate® via semente e via foliar na cultura da soja, em três estádios: V₅, R₁ e R₅ em duas cultivares, sendo uma cultivar convencional (Conquista) e uma geneticamente modificada (Valiosa RR). Os autores observaram que os reguladores vegetais proporcionaram incremento de produtividade e número de vagens por planta em ambas as aplicações, não havendo diferença entre elas. Desta forma, a maior produtividade não está inter-relacionada com o crescimento da parte aérea, portanto, o melhor momento de aplicação desses hormônios foi nos estádios reprodutivos (R₁ e R₅) ao invés do estágio vegetativo (V₅).

O uso dos reguladores é determinante na obtenção de uma boa produtividade de diversas culturas, principalmente a soja, que é um produto com alta demanda no agronegócio brasileiro. No trabalho realizado por Albrecht *et al.* (2011), foi avaliada a aplicação do produto comercial Stimulate®, que tem, na sua composição, três reguladores vegetais (auxina, citocinina e giberelina). Foi observado que houve incremento na produtividade, reforçando a existência de vantagens na aplicação desses reguladores vegetais. Estes mesmos autores não observaram diferença entre as aplicações via semente e doses via foliar (V₅ e R₃), e, assim, a aplicação via semente se torna

mais vantajosa, devido aos custos empregados e agregados à aplicação foliar. Ao comparar a aplicação sem e com reguladores vegetais, observou-se a superioridade do tratamento com aplicação em relação ao número de vagens e produtividade, reforçando a importância do uso desta tecnologia na cultura da soja.

Mesmo após diversos trabalhos que evidenciam um incremento de produtividade em diversas culturas, como arroz, feijão, milho e soja, a prática de aplicação de reguladores vegetais não é muito comum entre produtores com alto nível tecnológico, como os produtores de soja. No trabalho de Moterle *et al.* (2011), utilizando o produto comercial Stimulate® composto pelos reguladores vegetais auxina, citocinina e giberelina, aplicado diretamente em nove cultivares comerciais de sementes de soja nas dosagens de 400; 500 e 600 mL x 100 kg⁻¹ de sementes, avaliou-se a qualidade fisiológica das sementes por meio de vários testes. Observou-se que as doses crescentes desses reguladores não influenciaram a germinação, mas houve incremento de vigor das sementes em cultivares estudadas. Isso pode ser explicado devido ao fato de as sementes terem apresentado efeito inibitório aos reguladores vegetais aplicados, havendo, assim, absorções diferentes entre as sementes das cultivares avaliadas e, dessa forma, prejudicando a expansão e divisão celular.

Segundo Souza *et al.* (2013), um dos fatores que mais comprometem o rendimento e a qualidade de grãos e sementes da cultura da soja é o acamamento. O acamamento pode ocorrer em função de diversos fatores, como o emprego de cultivares de porte alto, escolha de cultivares inadequadas e não adaptadas aos locais de cultivo, altas densidades de plantas por hectare, excesso de fornecimento hídrico e altos níveis de matéria orgânica e de nitrogênio no solo. Grande parte das perdas quantitativas e qualitativas das sementes na cultura da soja está relacionada com o processo de colheita mecanizada e no beneficiamento das sementes. Essas perdas se iniciam no processo de colheita mecanizada, e alguns dos fatores que contribuem para que ocorram estão associados com as características das plantas que estão nos campos, como a altura de inserção das vagens do terço inferior das plantas e acamamento da cultura da soja, além de fatores como a declividade e existência de ondulações no solo e a realização do processo de colheita com regulação inadequada das colhedoras. Uma das alternativas existentes, que permite reduzir o acamamento da soja, é o uso de reguladores vegetais, visto que o mercado ainda não dispõe desse material com elevado grau de resistência ao acamamento para todas as regiões produtoras de soja, tornando a utilização de reguladores uma alternativa mais promissora para o momento atual.

Na pesquisa de Buzzello *et al.* (2016), com aplicação de diferentes quantidades (250, 500 e 750 ml ha⁻¹) da associação dos reguladores vegetais, como o ácido indolbútírico (IBA), ácido giberélico (GA₃) e cinetina, por meio do produto Stimulate®, bem como aplicação no estágio vegetativo V₇, não havendo aplicação via semente, pode-se observar que houve maior rendimento de grãos em virtude de crescimento por vagens, em decorrência da aplicação da maior concentração de reguladores vegetais. Além disso, houve redução da altura da planta e do grau de acamamento da cultura, favorecendo e evidenciando uma produtividade superior. Um resultado muito interessante, já que mesmo com a redução da altura da planta, não houve diferença no estande da cultura.

O tratamento de sementes de soja com reguladores vegetais é de suma importância para suprimir a ação de pragas e doenças em função de um bom desenvolvimento inicial da cultura. Para consolidar esse desenvolvimento, a utilização de reguladores vegetais é prática essencial para a cultura, que pode inibir ou modificar processos morfológicos e fisiológicos da planta, e que tem influência na germinação, enraizamento, porte, floração e formação de grãos, determinando a produtividade variável necessária para o sucesso da tecnologia.

No trabalho de Binsfeld *et al.* (2014), utilizando a cultivar BMX Potência RR, associada à aplicação de um

bioativador Tiamethoxan (Cruiser 350 FS®), complexo de nutrientes (Dimicron TMSp) e os reguladores vegetais (que compõem o produto Stimulate®), após a realização do tratamento de sementes, foi observado que o complexo de nutrientes, seguido pelos reguladores vegetais, influenciou no desempenho inicial das plântulas, além do que houve superioridade ao tratamento Thiamethoxan sobre a germinação e desenvolvimento das plântulas.

O conhecimento das necessidades nutricionais e hídricas, aliado às cultivares com alto rendimento produtivo, adaptadas às diversas regiões e resistentes ou mais tolerantes aos ataques de pragas e doenças, faz-se importante para a busca de novos estudos com a meta de aumentar a produtividade e a qualidade do produto final. Assim, os reguladores vegetais surgem como grande potencial para suprir essa meta, sendo observada em outros trabalhos a eficácia no desempenho e rendimento da cultura.

No trabalho de Albrecht *et al.* (2012), o objetivo consiste em avaliar o efeito da aplicação dos reguladores vegetais (auxina, citocininas e giberelina) por meio do produto Stimulate® na composição química e produtividade da soja, sendo utilizados tratamentos de sementes com e sem os reguladores, além de cinco pulverizações com diferentes doses em dois estádios (V5 e R3) via foliar. Os autores observaram que a utilização da auxina, citocininas

e giberelina (Stimulate®) na cultura da soja influenciou na produtividade, sendo que o tratamento via semente e via foliar apresentou o mesmo comportamento. Quando se observa a utilização de reguladores vegetais nos tratamentos de sementes, o tratamento com aplicação apresentou superioridade significativa em relação ao tratamento sem aplicação de reguladores. Além disso, na composição química dos grãos, percebeu-se potencial para os reguladores alterarem os teores de óleos e proteínas com aumento do conteúdo proteico.

As plantas produzem substâncias chamadas de hormônios vegetais, que, em concentrações baixas, são responsáveis pelos efeitos nos processos fisiológicos e morfológicos, além de influenciarem em fatores exógenos. Os diversos processos envolvidos na planta necessitam da transmissão de sinais químicos responsáveis por muitos efeitos, que vão de uma parte da planta para outra. Esses sinalizadores são os hormônios ou reguladores vegetais.

No trabalho de Carvalho *et al.* (2013), que avaliou a influência dos reguladores vegetais na produtividade da soja, onde foram utilizadas quatro dosagens (0; 0,25; 0,5; 0,75 e 1,0 L ha⁻¹) de cinetina, ácido giberélico e ácido-4-inol-3-il-butírico (citocininas, giberelina e auxina, respectivamente) no cultivar BMX Don Mario 5.8i RR (Apolo), observou-se que o uso do regulador vegetal na maior dosagem

testada resultou em maior rendimento de grãos e produtividade de soja. Logo, o uso de reguladores se mostrou eficaz no aumento de indicadores produtivos.

Os incrementos de produtividade que tendem a aumentar a cada ano são decorrentes dos avanços tecnológicos, além de melhores condições ambientais, manejo correto da cultura, material melhorado geneticamente e pacotes de produtos com maior eficiência. Todavia, associar os reguladores vegetais sintéticos é uma alternativa promissora para aumentar ainda o incremento da produtividade da soja.

Campos *et al.* (2009) avaliaram a influência dos reguladores vegetais sobre o teor de clorofila, altura das plantas, altura da primeira vagem e ramificação, visando restringir as perdas da colheita mecanizada na cultura da soja. Utilizou-se a cultivar BRS-184 com a aplicação de GA₃ (ácido giberélico - giberelina), BAP (benzilaminopurina - citocinina), IBA (ácido indolilbutírico – auxina), Stimulate® (IBA + GA₃ + cinetina, ou seja, auxina, gibberelina e citocinina, respectivamente), cloreto de mepiquat (regulador de crescimento), cloreto de mepiquat + BAP + IBA e, por último, etefon (regulador de crescimento). Com os tratamentos, aplicados via pulverização foliar, observou-se que o BAP (citocinina), etefon (regulador vegetal) e mepiquat (regulador vegetal) + IBA (auxina) + BAP (citocinina) mantiveram o teor mais elevado de

clorofila, sendo explicado devido à presença da citocinina no retardamento da degradação da clorofila até o fim do ciclo. O GA₃ (giberelina), com aplicação via foliar, promoveu o crescimento em altura das plantas de soja. Ainda, o GA₃ apresentou valores superiores da altura da primeira vagem durante todo o período reprodutivo em relação aos demais tratamentos, mas a altura da primeira vagem foi proporcional ao crescimento da planta, e esse crescimento foi proporcionado pela aplicação dos reguladores vegetais.

Muitos estudos se voltaram para entender os benefícios e as vantagens dos reguladores vegetais, visto que tais compostos têm influência direta nos processos fisiológicos e morfológicos das plantas. Do ponto de vista agrônomo, os reguladores vegetais estão sendo utilizados em diversas culturas, como trigo, arroz e a soja, com a finalidade de reduzir a altura da planta, evitando o acamamento e perdas com a colheita mecanizada.

Pricinotto e Zucareli (2014) avaliaram a influência de diferentes doses e épocas de aplicação do regulador vegetal paclobutrazol (fitoregulador, que atua inibindo a síntese de giberelina e provocando a diminuição do crescimento vegetativo) no desenvolvimento e na produtividade da cultura da soja, em duas densidades de plantas, onde foram utilizadas duas populações de vegetais (250 e 450 mil plantas ha⁻¹), quatro doses de regulador vegetal

paclobutrazol (0,0; 12,5; 25,0 e 37,5 g de ingrediente ativo (i. a.) por hectare) e quatro estádios de aplicação (V_3 , V_6 , R_1 e V_3+R_1). A pesquisa demonstrou que as populações mais altas resultaram em maior altura, maior acamamento e menor produtividade de soja. Isso ocorre devido à necessidade de maior desenvolvimento vegetativo como uma estratégia para enfrentar a competição com outras plantas. O porte será maior, aumentando a possibilidade de acamamento, além de a planta não expressar o seu melhor desempenho no período reprodutivo, causando redução da produtividade. Nas aplicações de paclobutrazol (estádio V_3), foram observados feitos na primeira semana, mas, no decorrer do ciclo, não reduziram a altura das plantas, nem a produtividade de grãos. Porém, reduziram a porcentagem de plantas acamadas. Isso pode ser explicado de acordo com Linzmeyer Junior *et al.* (2008), que enfatizaram que os inibidores de giberelinas podem ter efeito temporário. O uso do regulador paclobutrazol, nos estádios de pleno desenvolvimento da cultura (V_6) ou início do período reprodutivo (R_1), reduziram a altura e o acamamento das plantas, porém a produtividade ficou comprometida com doses acima de 12,5 g de i.a. ha^{-1} . A redução da altura pode ser explicada devido ao uso de um inibidor de giberelinas, que é o regulador vegetal responsável pela elongação e divisão celular das plantas tratadas.

Cruciol *et al.* (2014), avaliando o crescimento, as mudanças morfológicas e o teor de clorofila a, b e total em plantas de soja com aplicação de ácido giberélico foliar e paclobutrazol via solo, utilizaram a cultivar de soja M6952 IPRO com aplicação de paclobutrazol via solo (presença e ausência) e giberelina via foliar (presença e ausência). Os autores observaram que o paclobutrazol reduziu a área foliar, fitomassa seca e diâmetro do caule de plantas de soja aos 7 dias após a aplicação. A aplicação de giberelina não influenciou o comprimento da parte aérea, um resultado diferente do que é encontrado em outros trabalhos, já que a giberelina tende a estimular um maior porte da planta.

Considerações finais

A utilização de reguladores vegetais na cultura da soja tem demonstrado grande potencial devido ao fato de esta ser uma ferramenta de custo baixo, uma vez que os produtos comerciais disponíveis no mercado possuem preços acessíveis aos produtores e são, também, de baixo custo operacional. Os produtos são aplicados na fase de tratamento de sementes e na mesma operação em que se realiza a aplicação de produtos fitossanitários, micronutrientes e inoculantes. Além da facilidade de aplicação desses reguladores vegetais e do baixo custo na aquisição e aplicação destes, têm-se observado efeitos benéficos

da aplicação de reguladores vegetais na cultura da soja, tanto em aplicações no tratamento de sementes quanto em aplicações foliares.

Um dos benefícios observados é a redução da altura de plantas, que contribui com a redução do acamamento em fases avançadas do ciclo da cultura, além do incremento da produtividade e redução da severidade observada no ataque de pragas e doenças. Isso se deve aos efeitos indiretos da aplicação de reguladores vegetais, que favorecem o desenvolvimento adequado e mais vigoroso da cultura. Outro benefício associado ao uso de reguladores vegetais é a aplicação desses produtos no tratamento de sementes, capazes de proporcionar um desenvolvimento inicial mais vigoroso (mesmo que não alterem a porcentagem de germinação), mas influenciam diretamente no vigor das plântulas de soja, fazendo com que a cultura expresse melhor seu potencial genético em função do desenvolvimento inicial mais vigoroso.

Referências

- ALBRECHT, L. P.; DE LUCCA, A.; SCAPIM, C. A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, A. J. P.; RICCI, T. T. Manejo de biorregulador nos componentes de produção e desempenho das plantas de soja. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 6, p. 865-876, 2011.
- ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, A. J. P. Biorregulador na composição química e na produtividade de grãos de soja. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 774-782, 2012.
- BERTOLIN, D. C.; SÁ, M. E.; ARF, O.; JUNIOR, E. F.; COLOMBO, A. S.; CARVALHO, F. L. B. M. Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. **Bragantia**, v. 69, n. 2, p. 339-347, 2010.
- BINSFELD, J. A.; BARBIERI, A. P. P.; HUTH, C.; CABRERA, I. C.; HENNING, L. M. M. Uso de bioativador, bioestimulante e complexo de nutrientes em sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 1, p. 88-94, 2014.
- BUZZELLO, G. L.; TREZZI, M. M.; BITTENCOURT, H. V. H.; PATEL, F.; JUNIOR, E. M. Desenvolvimento e rendimento de soja em função da aplicação de ácido indol-butírico, ácido giberélico e cinetina. **Agrarian**, v. 10, n. 37, p. 225-233, 2017.

CAMPOS, M. F.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Desenvolvimento da parte aérea de plantas de soja em função de reguladores vegetais. **Ceres**, v. 56, n. 1, p. 74-79, 2009.

CARVALHO, J. C.; VIECELLI, C. A.; ALMEIDA, D. K. Produtividade e desenvolvimento da cultura da soja pelo uso de regulador vegetal. **Acta Iguazu**, v. 2, n. 1, p. 50-60, 2013.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira – Grãos, v. 6 – safra 2018/19 – nº 7 - Sétimo Levantamento**. abr., 2019. Disponível em: < <https://www.ampa.com.br/arquivos/conab/11042019110148.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

CRUCIOL, G. C. D.; KOYANAGUI, M. T.; BATISTA, T. B.; BINOTTI, F. F. S.; COSTA, M. L. N. Aplicação de ácido giberélico e paclobutrazol na cultura da soja. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 1, n. 2, p. 72-79, 2014.

LINZMEYER JUNIOR, R., GUIMARÃES, V. F., SANTOS, D. D., & BENCKE, M. H. Influence of vegetal retardant and densities of sowing on the growth, fallen plant index and yield of soybean. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 373-379, 2008.

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

PRICINOTTO, L. F.; ZUCARELI, C. Paclobutrazol no crescimento e desempenho produtivo da soja sob diferentes densidades de semeadura. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 4, p. 65-74, 2014.

SOUZA, C. A.; FIGUEIREDO, B. P.; COELHO, C. M. M.; CASA, R. T.; SANGOI, L. Arquitetura de plantas e produtividade da soja decorrente do uso de redutores de crescimento. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 3, p. 634-643, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

Autores

Adelson Francisco de Oliveira

Engenheiro agrônomo, doutor em Agronomia (Fitotecnia) especialista em Olivicultura, pesquisador/EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), Lavras/MG.

E-mail: adelson@epamig.ufla.br

Ana Heloisa Maia

Engenheira agrônoma, mestre e doutora em Agronomia (Sistemas de Produção), professora UNEMAT (Campus de Nova Xavantina/MT), curso de Agronomia.

E-mail: anaheloisamaia@unemat.br

Estevam Matheus Costa

Engenheiro agrônomo e mestrando em Ciências Agrárias – Agronomia pelo Instituto Federal Goiano – campus Rio Verde (IF Goiano), Rio Verde, Goiás, Brasil.

E-mail: estevammcosta@yahoo.com.br

João Paulo Tadeu Dias

Engenheiro agrônomo, mestre e doutor em Agronomia (Horticultura) com ênfase no controle hormonal e uso de reguladores vegetais, especialista em Educação Ambiental e Sustentabilidade, professor da UEMG (Unidade de Ituiutaba), dos cursos de Agronomia, Tecnologia em Produção Sucroalcooleira e Tecnologia em Agronegócio.

E-mail: diasagro2@gmail.com

Josef Gastl Filho

Graduando em Engenharia Agrônômica (UEMG, Unidade Ituiutaba), técnico em Agroindústria (IFTM, Campus Ituiutaba/MG). Bolsista de iniciação científica PAPq/UEMG Edital 03/2017.

E-mail: josef.gastl@hotmail.com

Manoel Euzébio de Souza

Licenciado em Ciências Agrícolas, mestre e doutor em Agronomia (Horticultura), professor UNEMAT (Campus de Nova Xavantina/MT), curso de Agronomia.

E-mail: m.euzebio@unemat.br

Maria do Céu Monteiro da Cruz

Engenheira agrônoma, doutora em Agronomia (Fitotecnica), especialista em Fruticultura de Clima Temperado, professora da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri campos de Diamantina, Eng. Agrº D.Sc., professora UFVJM, Diamantina.

E-mail: m_mariceu@yahoo.com.br

Matheus Vinicius Abadia Ventura

Engenheiro agrônomo e mestrando em Ciências Agrárias – Agronomia pelo Instituto Federal Goiano – campus Rio Verde (IF Goiano), Rio Verde, Goiás, Brasil.

E-mail: matheusvinicius10@hotmail.com

Este livro foi produzido em fevereiro de 2020 pela Editora da Universidade do Estado de Minas Gerais – EdUEMG. O texto foi composto em Montserrat, de Julieta Ulanovsky. Para obter mais informações sobre outros títulos da EdUEMG, visite o site: [**eduemg.uemg.br/catalogo**](http://eduemg.uemg.br/catalogo).