

Capítulo 13

Uso de reguladores vegetais na videira Niágara

Erasmu José Paioli Pires
João Dimas Garcia Maia

Reguladores vegetais

A palavra hormônio é originária do termo grego *horman*, que significa *excitar*.

A definição clássica de hormônio vegetal é a de que são compostos orgânicos sintetizados em uma parte da planta e translocados a outra, na qual, em reduzidas concentrações, é constatado efeito fisiológico (SALISBUÏRY; ROSS, 1992). Essa definição, entretanto, é, até certo grau, restritiva ao etileno, que tem sua ação no mesmo tecido e na mesma célula em que foi produzido (CHANG; STADLER, 2001). Reguladores vegetais são substâncias sintéticas, com efeitos semelhantes aos dos hormônios biossintetizados pelas plantas, e que também, em reduzidas concentrações, podem controlar o crescimento e o desenvolvimento vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Os hormônios vegetais conhecidos atualmente são classificados em cinco grupos: são três auxinas naturais, algumas citocininas, mais de 100 giberelinas, ácido abscísico e etileno. De acordo com Taiz e Zeiger (2004), entretanto, há evidências sobre a existência de hormônios vegetais esteroides, os brassinoesteroides, com os quais são produzidos vários efeitos morfológicos no desenvolvimento vegetal. Outras moléculas sinalizadoras, participantes nos processos de resistência e defesa contra patógenos e herbívoros, têm sido identificadas, incluindo-se o ácido jasmônico, o ácido salicílico e a sistemina.

A utilização de reguladores vegetais em viticultura iniciou-se na década de 1950, com trabalhos de Weaver e Williams, nos Estados Unidos, e de Coombe, na Austrália (WINKLER, 1965). Após tais estudos iniciais, os reguladores vegetais passaram a fazer parte das práticas culturais habituais em viticultura para diversas finalidades, como é o caso do uso da cianamida hidrogenada, para a regularização da brotação, e do ácido giberélico, para aumento do tamanho de bagos (PIRES, 1998). Ainda não empregados em larga escala em cultivos comerciais, os reguladores vegetais podem ser utilizados, em viticultura, para controle do crescimento vegetativo, aumento da fertilidade das gemas, incremento da fixação de frutos, desbaste de cachos, supressão de sementes, aceleração ou retardo da maturação dos frutos, controle do enrugamento dos bagos, enraizamento de estacas e micropropagação (PIRES; BOTELHO, 2001).

Cabe ressaltar que, de acordo com Fregoni (1987), o crescimento da uva é representado por uma curva “dupla sigmoide”, na qual se evidenciam três estádios: fase herbácea; fase de crescimento reduzido (fase translúcida ou de mudança de cor); e fase de maturidade.

O período herbáceo compreende desde a frutificação até o amolecimento dos bagos e, entre as suas características, pode-se destacar:

- O peso e o volume do bago aumentam e o crescimento ocorre devido às divisões celulares.

- A atividade fotossintética contribui para suprir as exigências em fotoassimilados e energia para o crescimento.
- Os estímulos hormonais estão relacionados às auxinas, giberelinas e citocininas.
- O máximo de atividade das auxinas ocorre juntamente com o desenvolvimento intenso do núcleo e do endosperma, que são os principais centros de síntese do hormônio.
- Também para as giberelinas, foi caracterizada a máxima atividade em bagos imaturos; e sua ação é determinante para os fenômenos de expansão celular.
- O conteúdo hormonal está correlacionado à presença de sementes nos bagos. Portanto, conclui-se que em bagos com maior número de sementes, o teor hormonal é mais elevado, resultando em bagos maiores do que as apirenas.
- Os tecidos embrionários, em desenvolvimento nas sementes, constituem locais importantes de síntese hormonal; portanto, bagos apirenos ficarão com menor tamanho.
- O número de células formadas é dependente das características genéticas da variedade e de fatores externos, como nutrição mineral, disponibilidade de água e temperatura.
- Ao final da fase herbácea, tem-se grande parte do desenvolvimento definitivo dos bagos e sementes com o máximo de seu peso.

O estágio de crescimento reduzido é coincidente com o período estacionário da curva dupla sigmoide e, mais precisamente, com a diminuição do teor de clorofila e do aparecimento de um aspecto translúcido do bago, finalizado com a mudança – ou viragem – de sua cor para a típica da cultivar. Nessa fase:

A fotossíntese é nula no bago, mas inicia-se a síntese de compostos do metabolismo secundário, responsáveis pelo aroma, etc.

A duração dessa fase pode ser de 4 a 30 dias, de acordo com a precocidade da variedade. Ocorre ainda uma desaceleração – ou supressão – no desenvolvimento do bago, com a redução da síntese dos hormônios estimulantes ao seu crescimento, porque se tem o desenvolvimento definitivo das sementes.

A fase de maturação inicia-se com a mudança de cor e prossegue até a maturidade total dos bagos:

- Tem duração de 20 a 50 dias, conforme a variedade.

- Com a coloração final do bago, é retomado o aumento em volume – por expansão celular –, com grandes modificações em sua composição química. O crescimento se dá, principalmente, pelo acúmulo de substâncias nutritivas, em particular o açúcar e a água, direcionadas ao bago pela elevada pressão osmótica dos glicídios e, em parte, dos ácidos.

Importantes e substanciais são as modificações constatadas na atividade hormonal durante a maturação. Enquanto na primeira fase da curva sigmoide – quando o bago é um órgão jovem, em desenvolvimento e sob intensa divisão celular –, há o controle dos hormônios promotores do crescimento, como auxina, giberelina e citocinina, a terceira fase da curva de crescimento é, ao contrário, influenciada pela presença de ácido abscísico (AAB), inibidor do processo mitótico, em que o bago é transformado em um órgão maduro e de acúmulo.

O local de síntese de hormônios promotores e da pequena quantidade de AAB durante a fase herbácea é representado pelas sementes, a partir das quais os hormônios difundem-se no bago. Depois da mudança de cor, ao contrário, o elevado conteúdo de AAB é devido a um transporte ativo dos hormônios das folhas para os bagos. O processo de maturação é caracterizado pelo acúmulo progressivo de glicídios no bago; esse acúmulo verifica-se ao mesmo tempo em que há um aumento do teor de ácido abscísico no bago e isso indica a função específica de favorecimento da maturação.

A casca tem uma função importante no controle endógeno do desenvolvimento e maturação dos bagos, uma vez que, durante essa última etapa, há acúmulo mais rápido do AAB na casca do que na polpa. A presença de AAB impede a redistribuição dos açúcares acumulados no bago para outras partes da planta, pela ativação da enzima invertase, responsável pela hidrólise da sacarose no pedicelo e pelo transporte ativo de açúcares. A atividade do AAB também influencia positivamente a síntese de antocianina na casca, provável sede da síntese desse ácido. Em termos práticos poderá ser viável a utilização do AAB sintético aplicado diretamente aos cachos na fase de início do amolecimento dos bagos ‘verasion’ sem prejuízo à qualidade dos frutos.

O crescimento dos bagos ocorre por expansão celular, pelo aumento do conteúdo de água. Pela pressão osmótica, a água que é atraída para o bago aumenta consideravelmente, uma vez que a concentração de glicídios se eleva. Já as sementes desidratam-se, reduzindo seu peso em 15% a 20%, quando atingem a maturidade.

A consistência dos bagos está associada à presença de pectato de cálcio (Ca) e manganês (Mg) nas paredes celulares e na lamela média. Durante a maturação, verifica-se a hidrólise enzimática do pectato pela enzima pectina metil-esterase, com liberação do ácido péctico e de íons Ca e Mg.

Auxinas

A palavra auxina origina-se do grego *auxanein*, e significa *distender, aumentar*.

As auxinas naturais são: ácido indol-3-acético (AIA), ácido indol-3-butírico (AIB) e ácido 4-cloroindol-3-acético (4-Cl-AIA) (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As auxinas são produzidas a partir do triptofano, em órgãos com crescimento ativo, como meristemas apicais, folhas jovens, frutos e sementes em desenvolvimento. O transporte da auxina na planta é polar e unidirecional, por difusão de célula a célula.

Com as auxinas, aumenta-se a extensibilidade da parede celular, promove-se a divisão celular, o crescimento das folhas e raiz, e regula-se o desenvolvimento dos frutos. Para que ocorra a expansão celular, é necessária a entrada de água na célula e a redução da rigidez da parede. O crescimento promovido pela auxina pode ser explicado pela teoria do crescimento ácido. Supõe-se que, com a auxina, seja promovida a síntese de novas ATPases ou a ativação das existentes na membrana plasmática. As ATPases funcionam como bombas de prótons, que promovem a saída de H^+ do citoplasma para a parede celular, resultando em acidificação. A participação dos prótons no afrouxamento da parede celular é mediada por proteínas denominadas expansinas. Em valores de pH ácido, as paredes celulares são afrouxadas pela ação das expansinas, devido à ruptura de ligações de hidrogênio entre os polissacarídeos da parede. A reconstrução da parede promovida pela auxina ocorre pela síntese e deposição de polissacarídeos, sendo retomada a característica rígida da parede celular (FAQUIN, 1994; TAIZ; ZEIGER, 1998; VALIO, 1985, citados por VIEIRA, 2004).

Diversas auxinas foram sintetizadas artificialmente, como as substâncias indólicas, os derivados do ácido benzoico e os tiocarbamatos (TAIZ; ZIEGER, 2004).

Em termos práticos, para a melhoria das características morfológicas dos bagos de uva, o composto químico com potencial para tal efeito é o Quinmerac (ácido-7-cloro-3-metilquinolina-8-carboxílico). Seu modo de ação é semelhante ao de auxinas naturais, promovendo a alongação celular, incrementando o volume celular – principalmente, em bulbos e frutos – e auxiliando a divisão celular. Como a auxina, com o uso desse produto, o transporte de assimilados no interior da planta é facilitado, tendo como resultado, frutos maiores e mais pesados (PIRES; BOTELHO, 2002).

Em estudos feitos por Vieira (2004), com Quinmerac 26 mg L^{-1} , concluiu-se que o aumento da massa dos cachos de uva Niágara (HEDRICK, 1908) foi consequência da maior fixação de bagos, e não do incremento no peso delas. Com aplicações de

Quinmerac, aumentaram-se o pH e a acidez titulável, mas não se constataram efeitos nos teores de sólidos solúveis e na razão sólidos solúveis/acidez titulável. Após a aplicação do Quinmerac em plena floração e repetida após 14 dias, aumentou-se o número, mas diminuiu-se o tamanho das células. O oposto ocorreu quando se efetuou apenas uma aplicação, aos 14 dias, após o pleno florescimento (VIEIRA, 2004).

Outra utilização de auxina, em viticultura, é a aplicação direcionada aos cachos de ‘Niágara Rosada’ com o ácido a naftaleno acético (ANA), na dose de 150 mg L⁻¹, um dia antes da colheita. Com esse procedimento, são reduzidas, de modo vantajoso, a degrana e a incidência de podridões em cachos de uvas, quando armazenadas sob condição ambiente a 25 °C e 70% de umidade relativa, por 5 dias, e sob refrigeração a 1 °C e 85% de umidade relativa, por 21 dias, seguido por transferência para condição ambiente por mais 5 dias (TECCHIO et al., 2009).

Citocininas

A palavra citocinina tem origem na palavra grega *kinesis* e significa *movimento*.

As citocininas naturais são definidas como moléculas derivadas da adenina, com uma cadeia lateral unida ao grupo 6-amino do anel purínico (AZCON-BIETO; TALON, 1996). A primeira citocinina descoberta foi a cinetina, embora sem ocorrência natural, pois é produto da degradação do ADN do esperma do arenque. A citocinina natural mais importante é a zeatina, e a mais ativa é a trans-zeatina (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As citocininas são sintetizadas nas raízes, brotos, folhas, frutos e sementes, entretanto, o local de produção em maior quantidade é a raiz. A translocação da citocinina pode ser pelo xilema e pelo floema (AZCON-BIETO; TALON, 1996).

As citocininas têm participação na regulação de vários processos nos vegetais, tais como a divisão celular, a morfogênese da parte aérea e das raízes, a maturação de cloroplastos, o alongamento e a senescência celular. Tanto a citocinina quanto a auxina, estão envolvidas na regulação do ciclo celular vegetal, sendo necessárias à divisão celular. Além da divisão celular, a razão entre a auxina e a citocinina é determinante para a diferenciação em raiz ou brotação dos tecidos vegetais cultivados in vitro: quando em taxas elevadas, é promovida a formação de raízes, e, quando reduzidas, brotações. As citocininas também estão envolvidas na liberação das gemas axilares da dominância apical (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Um grande número de citocininas sintéticas foi produzido em laboratório, pela modificação na cadeia lateral na posição N-6 da base adenina. Uma das citocininas

sintéticas mais ativas é a PBA [(6-benzilamino)-9-(2-tetraidropiramil)-9H-purina]. Há também compostos com atividade semelhante à das citocininas que não são derivados de purinas e, portanto, não estão relacionados à adenina. Os mais comuns são derivados da fenil ureia e, desses, mais de 200 têm atividade biológica, como a N, N'-difênilureia, isolada do leite de coco (METIVER, 1985).

Entre os produtos comerciais derivados da difênil ureia, com função de citocinina, relacionam-se o CPPU (N-(2-cloro-piridil)-N-fênilureia), também denominado forclorofenurão, e o tidiazurão (N-fênil-N-1,2,3-tidiazol-5-tiureia).

As citocininas começaram a ser utilizadas em viticultura em substituição à giberelina, pois quando esta é aspergida na planta inteira, pode haver diminuição na fertilidade das gemas em algumas cultivares, como no caso de 'Sultanina'.

É improvável, entretanto, que haja substituição do ácido giberélico (AG_3) pelo CPPU para tratamento-padrão de aumento em tamanho de frutos em uvas sem sementes e com bago de forma elipsoidal e cilíndrica, como os de 'Sultanina' ou 'Crimson'. O CPPU estimula uma divisão celular periclinal no bago, que se torna arredondado ou oval, em comparação ao AG_3 utilizado isoladamente.

O desenvolvimento da cor em variedades apirenas vermelhas e negras e as alterações nas qualidades gustativas são outros problemas que ocorrem com o uso do produto em doses elevadas. Por tais razões, recomenda-se sua utilização sempre conjuntamente com o AG_3 . Entretanto, pode ser aplicado exclusivamente em variedades com sementes, sensíveis ao AG_3 , como a 'Redglobe' (DOKOOZLIAN, 2001).

Na prática, para a Niágara cultivada em regiões tropicais, como o noroeste e oeste do Estado de São Paulo, para melhor aderência ao pedicelo e aumento do tamanho do bago, pode ser utilizada a mistura de tidiazurão 10 mg L^{-1} , com AG_3 35 mg L^{-1} , pulverizado sobre os cachos, 14 e 28 dias após o florescimento (BOTELHO et al., 2004). A aplicação do tidiazurão mais o ácido giberélico, conforme mencionado, aumenta a massa dos bagos em 1 g a 2 g, o que resulta em um acréscimo de, no mínimo, 25% na massa dos cachos.

Giberelinas

A palavra giberelina é originária do termo latino *gibber*, e significa *giboso*, *encurvado*, *abobadado*. Tal denominação advém dos peritécios globosos ou convexos do fungo *Gibberella saccardo* (ULLOA; HERRERA, 1994).

Estão relacionadas mais de 125 giberelinas que, por terem sido descobertas a partir de fungos e plantas, foram sendo denominadas como giberelina Ax (GA_x), em que x é um número representativo da ordem de sua descoberta (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Como hormônio vegetal, as giberelinas são compostos baseados na estrutura ent- giberelano. Enquanto a substância mais amplamente disponível é o AG₃, ou ácido giberélico, um produto sintetizado por fungos, a principal giberelina em plantas é provavelmente o AG₁, uma das responsáveis pelo crescimento de ramos.

Muitas das outras formas de giberelinas são precursoras das promotoras de crescimento, tais como AG₁ e AG₂₀. O crescimento de órgãos vegetais, promovido por giberelinas, deve-se, principalmente, a um aumento do tamanho de células já existentes ou recentemente divididas. Portanto, a ação da giberelina poderia também estar associada a um aumento da divisão celular (MÉTRAUX, 1987).

Em relação à expansão celular, há evidências do envolvimento da enzima xiloglucano endotransglicosilase na extensão da parede. Devido à ação dessa enzima, facilita-se a entrada de expansinas na parede celular, promovendo o rompimento das ligações de hidrogênio entre os polissacarídeos e aumentando a elasticidade da parede celular, não permitindo a formação de pressão de parede, o que possibilitaria a entrada de água e promoveria o alongamento celular (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As giberelinas são produzidas em tecidos jovens do sistema caulinar e sementes em desenvolvimento. É incerto se sua síntese também ocorre nas raízes. Após a síntese, as giberelinas são, provavelmente, transportadas pelo xilema e floema.

A giberelina é um dos reguladores vegetais mais utilizados em viticultura, principalmente em uvas sem sementes, para aumento do tamanho e da massa dos bagos, e, conseqüentemente, para obtenção de padrão comercial da infrutescência.

Em uvas sem sementes, quando o ácido giberélico é aplicado antes do florescimento, tem-se o alongamento da ráquis; quando em pleno florescimento, o desbaste do cacho da cultivar Sultanina, pela menor fixação de flores no engajo; e, após o florescimento, o tamanho e peso dos bagos aumentam, e a ráquis e os pedicelos engrossam.

Com a aplicação de AG₃ em uvas com sementes, após o florescimento, nota-se uma melhor rigidez da película do bago, que se torna mais “crocante”.

Em termos práticos, para a cultivar Niágara Rosada, em condições de clima tropical, como nas regiões oeste e noroeste do Estado de São Paulo, devido à redução do ciclo da planta, a fase herbácea torna-se mais curta, sendo necessária a aplicação de giberelina. Como mencionado anteriormente, deve-se aplicar uma mistura de

ácido giberélico e citocinina da seguinte forma: solução aquosa com AG₃ 35 mg L⁻¹ e tidiazurão 10 mg L⁻¹, pulverizada sobre os cachos, 14 e 28 dias após o florescimento (BOTELHO et al., 2004).

Referências

- AZCON-BIETO, J.; TALON, M. **Fisiología y bioquímica vegetal**. Madrid: McGraw-Hill, 1996. 518 p
- BOTELHO, R. V.; PIRES, E. J. P.; TERRA, M. M. Efeitos de reguladores vegetais na qualidade de uvas 'Niágara Rosada' na região Noroeste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 74-77, 2004.
- CHANG, C.; STADLER, R. Ethylene hormone receptor action in *Arabidopsis*. **BioEssays**, Cambridge, v. 23, p. 619-627, 2001.
- DOKOOZLIAN, N. **CPPU**: a potential new plant growth regulator for California table grapes. Davis: University of California Cooperative Extension, 2001. 4 p. (Grape Notes).
- FREGONI, M. **Viticultura Generali**. Roma: Reda, 1987. 728 p.
- HEDRICK, U. P. **The grapes of New York**. Albany: J. B. Lyon, 1908, 564 p.
- METIVER, J. R. Citocininas. In: FERRI, M. G. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. São Paulo: EPU, 1985. p. 93-128.
- MÉTRAUX, J. P. Gibberellins and plant cell elongation. In: DAVIES, P. J. **Plant hormones and their role in plant growth and development**. 2. ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1987. p. 296-317.
- PIRES, E. J. P. Emprego de reguladores de crescimento em viticultura tropical. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 194, p. 40-43, 1998.
- PIRES, E. J. P.; BOTELHO, R. V. Uso de reguladores vegetais na cultura da videira. In: BOLIANI, A. C.; CORRÊA, L. S. **Cultura de uvas de mesa: do plantio à comercialização**. Piracicaba: Algraf, 2001. p. 129-148.
- PIRES, E. J. P.; BOTELHO, R. V. Emprego de reguladores de crescimento em viticultura. In: REGINA, M. de A. (Ed.). **Viticultura e Enologia: atualizando conceitos**. Caldas, MG: Epamig-FECD, 2002. p. 59-82.
- SALISBURY, F.; ROSS, C. W. **Plant Physiology**. Belmont: Wadsworth, 1992. 682 p. ...
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Trad. Eliane Romano Santarém. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- TECCHIO, M. A.; TERRA, M. M. T.; CIA, P.; PAIOLI-PIRES, E. J.; MOURA, M. F.; SANCHES, J.; BENATO, E. A.; HERNANDES, J. L.; VALENTINI, S. R. T.; SIGRIST, J. M. M. Efeito do ácido naftalenoacético e do cloreto de cálcio na redução das perdas pós-cólheita em uva "Niágara Rosada". **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 53-61, 2009.
- ULLOA, H.; HERRERA, T. **Etimología e iconografía de géneros de hongos**. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1994. 300 p. (Instituto de Biología. Cuaderno 21.).
- VALIO, I. F. M. Auxinas. In: FERRI, M. G. (Coord.). **Fisiologia Vegetal**, 2. ed., São Paulo: EPU, 1985, p. 39-72.
- VIEIRA, C. R. Y. I. **Doses e épocas de aplicação do ácido giberélico, thidiazuron e quinmerac nas características dos cachos e bagos da videira "Niágara Rosada"**. 2004. 104 p. Tese (Doutorado em Agronomia, Área de Concentração: Horticultura)–Faculdades de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.
- WINKLER, A. J. **General Viticulture**. Berkeley: University of California Press, 1965. 633 p.