

Indução de florescimento precoce em angiospermas arbóreas: perspectiva de uso da técnica em espécies da Mata Atlântica

Nátia Élen Auras

E-mail: nauras@zaz.com.br

Aceito para publicação em 13/10/2000

Resumo

A prolongada duração da fase juvenil dificulta a obtenção de sementes para propagação em diversas angiospermas lenhosas da Mata Atlântica, prejudicando o combate à perda de biodiversidade nesse ecossistema. Este artigo de revisão relata que pesquisas recentes foram bem sucedidas na indução de florescimento precoce e no incremento da produção de sementes, em eucalipto, indicando que haveria a possibilidade de que resultados semelhantes também pudessem vir a ser obtidos em outras angiospermas lenhosas florestais. Seria recomendável testar, assim, a eficiência do método em angiospermas arbóreas da Mata Atlântica.

Unitermos: indução de florescimento precoce, paclobutrazol, giberelinas, angiospermas lenhosas, preservação da biodiversidade da Mata Atlântica.

Summary

The prolonged juvenile phase makes it difficult to obtain seeds for propagation from several woody angiosperms of the Atlantic Rain Forest, damaging the fight against the loss of ecosystem biodiversity. This paper reports on successful recent research related to precocious flowering induction and seed production increase, in eucalyptus trees, suggesting that similar results could be obtained in other woody angiosperms. It is recommended that the efficiency of the method on Atlantic Rain Forest woody angiosperms trees should be tested.

Key words: precocious flowering induction, paclobutrazol, gibberellins, woody angiosperms, Atlantic Rain Forest biodiversity preservation.

Introdução

A Mata Atlântica é um dos ecossistemas mais ameaçados de extinção no planeta e o combate à sua destruição é dificultado pela avançada idade em que muitas de suas árvores florescem. Em muitas espécies, o período juvenil é muito prolongado e isso dificulta a obtenção de sementes para propagação.

De acordo com dados fornecidos pela Associação de Preservação do Meio Ambiente do Alto Vale do Itajaí (SC), na Mata Atlântica há espécies que florescem por volta dos três anos de idade, como araçá-vermelho (*Psidium cattleianum*) e goiaba (*Psidium guajava*), e outras nas quais o período de juvenilidade dura cerca de cinco anos, como em cerejeira (*Eugenia involucrata*), uvaia (*Eugenia pyriformis*), goiaba-da-serra (*Feijoa sellowiana*) e ipê-amarelo (*Tabebuia* spp.). Entretanto, há aquelas onde o florescimento ocorre por volta dos 10 anos de idade, como em canafístula (*Peltophorum dubium*) e em louro-pardo (*Cordia trichotoma*), ou após os 15 anos, como em canela-sassafrás

(*Ocotea odorifera*), peroba (*Aspidosperma parvifolium*) e canela-imbuia (*Ocotea porosa*).

A escassez de sementes de arbóreas nativas pode ter várias conseqüências. Além de dificultar o combate à perda de biodiversidade, restringe a disponibilidade de material para ser utilizado em pesquisas voltadas para a identificação e a extração de substâncias de importância industrial, medicinal e farmacológica (Lordello, 1996). Por outro lado, longos períodos de juvenilidade representam sério impedimento para a incorporação de características desejáveis em espécies florestais economicamente importantes, em programas de melhoramento desses genótipos, uma vez que rapidez em ganho genético depende de velocidade em mudança de geração (Eldridge et al., 1993).

Em recente trabalho em que avalia a situação em nível mundial, Meilan (1997) afirma que são raras as pesquisas direcionadas para desenvolver métodos práticos de indução de florescimento precoce em angiospermas lenhosas. Estudos com esse objetivo seriam, portanto, indispensáveis, representando algumas das poucas alternativas viáveis que restam para fortalecer estratégias de combate à perda de biodiversidade. Ainda segundo esse autor, técnicas de indução de florescimento precoce também seriam úteis na área de engenharia genética, pois tornariam mais rápida a demonstração da estabilidade da herança e da expressão transgênica em pesquisas com espécies arbóreas. Sua disponibilidade e emprego trariam mais eficiência para as avaliações dos efeitos das construções genéticas na biologia reprodutiva.

Papel das giberelinas na iniciação floral

Ainda são pouco conhecidos os processos por meio dos quais ocorre a iniciação floral, em condições naturais (Metzger, 1995; Ruiz-Garcia et al., 1997). Os mecanismos moleculares

envolvidos começaram a ser investigados e elucidados somente nos últimos anos (Kardailsky et al., 1999; Kobayashi et al., 1999). De modo geral, porém, sabe-se que a transição da fase vegetativa para a reprodutiva resulta de uma interação de sinais endógenos com sinais do ambiente (Weigel, 1995; Levy e Dean, 1998). As baixas temperaturas e as variações no fotoperíodo seriam os fatores do ambiente mais importantes (Kania et al., 1997) e, dentre os sinais endógenos, haveria destaque para o papel das giberelinas.

Segundo Arteca (1996), dentre os fitohormônios que têm sido aplicados para induzir florescimento, somente as giberelinas têm demonstrado capacidade para promover a formação de primórdios florais em condições naturais não indutivas. Entretanto, Pharis (1991) afirma que não há evidências para a existência de correlação positiva entre a aplicação desses fitohormônios e o florescimento. Segundo esse autor, em angiospermas lenhosas, a aplicação de giberelinas parece não ter efeito promotor da iniciação floral.

Em plantas jovens de eucalipto, a aplicação de ácido giberélico (GA_3) inibiu a transição para a fase reprodutiva (Moncur e Hasan, 1994). Em angiospermas arbóreas adultas, por outro lado, conforme relata Metzger (1995), a aplicação de GA_3 causou reversão para o estado juvenil, mostrando que parece haver uma correlação positiva entre níveis de giberelinas e manutenção da juvenilidade. Assim sendo, determinados níveis endógenos de giberelinas seriam necessários para manter a fase juvenil. Uma redução nos mesmos, em angiospermas lenhosas jovens, poderia levar à transição para a fase adulta.

Papel do paclobutrazol na indução de florescimento precoce

O paclobutrazol é um retardante de crescimento da categoria química dos triazóis e inibe a conversão de *ent*-caureno

em ácido *ent*-caurenóico, na via de biossíntese das giberelinas, estando esse modo de ação diretamente relacionado com o papel que o citocromo P-450 apresenta nessa reação (Rademacher, 1995). A conversão de *ent*-caureno em ácido *ent*-caurenóico é catalisada pela *ent*-caureno oxidase, cuja atividade é dependente da presença de citocromo P-450. O paclobutrazol inibe a interação da enzima com o citocromo P-450 e impede a formação do ácido *ent*-caurenóico, bloqueando, assim, em plantas tratadas, a via terpenóide de biossíntese das giberelinas (McGarvey e Croteau, 1995).

Diversas outras rotas metabólicas de biossíntese são igualmente dependentes da participação do citocromo P-450 (Schuler, 1996). Assim, é provável que a aplicação de paclobutrazol também afete o metabolismo de outros compostos, além das giberelinas. Entretanto, não se sabe ao certo como seriam esses processos (Rademacher, 1995).

Efeitos da aplicação do paclobutrazol

De modo geral, a aplicação de paclobutrazol não provoca efeitos fitotóxicos (Rademacher, 1995), mas ocorrem profundas alterações na morfologia de plantas tratadas. As mudanças são bem pronunciadas na parte aérea (Auras, 1997; Whipker e McCall, 2000). Segundo Rademacher (1995), o fenômeno decorre, principalmente, de menor alongamento celular, havendo indícios de que também estaria relacionado com menores taxas de divisão celular.

Em árvores frutíferas, a aplicação de retardantes de crescimento inibidores da biossíntese de giberelinas pode induzir e intensificar o florescimento (Gianfagna, 1995). Esses efeitos foram observados, por exemplo, em mangueira, pessegueiro, macieira, ameixeira e em várias espécies de *Citrus* (Tukey, 1983; Salomon e Reuveni, 1994; Snowball et al., 1994; Grochowska e Hodun, 1997), e geraram interesse em investigar

a possibilidade de obtenção de resultados semelhantes em angiospermas florestais.

Recentemente, na Austrália, pesquisas lideradas por James B. Reid, uma autoridade mundial no estudo das giberelinas, foram bem sucedidas na busca de precocidade em florescimento e de aumento em produção de sementes de eucalipto. Tais resultados foram obtidos após plantas jovens de *Eucalyptus nitens* e de *Eucalyptus globulus* terem sido tratadas com o retardante de crescimento paclobutrazol (Reid et al., 1995), um inibidor da biossíntese de giberelinas (Rademacher, 1995).

Em condições naturais, *Eucalyptus nitens* e *Eucalyptus globulus* atingem a fase reprodutiva aos seis anos de idade e florescimentos intensos ocorrem, de modo irregular, somente após os 10 anos, dificultando sobremaneira a produção de sementes dessas espécies (Hetherington e Jones, 1990; Moncur e Hasan, 1994). Com a aplicação de paclobutrazol, a iniciação floral foi antecipada para os 18 meses de idade em *Eucalyptus globulus* (Hasan e Reid, 1995), e resultados semelhantes foram obtidos em *Eucalyptus nitens* (Reid et al., 1995).

Em *Eucalyptus nitens*, a aplicação de paclobutrazol foi correlacionada com redução continuada em níveis endógenos de giberelinas, que foi correlacionada, por sua vez, com persistência de florescimento acentuado (Moncur e Hasan, 1994; Moncur et al., 1994). Em *Eucalyptus globulus*, a indução floral foi obtida em árvores que ainda apresentavam folhas com características juvenis (Hasan e Reid, 1995).

Em outros estudos, que buscaram intensificação de florescimento em árvores adultas de eucalipto, também foi encontrada uma correlação positiva, associada com a aplicação de paclobutrazol (Griffin et al., 1993; Hetherington e Moncur, 1994). Todos esses resultados demonstraram haver uma relação inversa entre níveis endógenos de giberelinas e atividade reprodutiva em plantas tratadas.

Aspectos relacionados com a eficiência do uso do paclobutrazol

A utilização eficiente do paclobutrazol para o controle do florescimento depende de conhecimento detalhado sobre resposta a diferentes dosagens, épocas e formas de aplicação, devendo também ser consideradas variações relacionadas com espécie, idade e tipo de propágulo (Reid et al., 1995).

Condições do ambiente relacionadas com estresse, tais como seca, alta umidade e baixas temperaturas podem ter grandes efeitos sobre a cronologia da atividade reprodutiva (Eldridge et al., 1993). Segundo Reid et al. (1995), a promoção do florescimento, quando associada com tais fatores, também pode ser favorecida por práticas culturais, como, por exemplo, o cultivo de plantas em pequenos vasos. De modo geral, tratamentos que inibem o crescimento da raiz tendem a promover florescimento e essa limitação pode ser obtida por meio de regimes diferenciados de irrigação, poda da raiz e cultivos que levem ao nanismo, mediante a utilização de volumes restritos de solo em pequenos vasos.

Hasan e Reid (1995) verificaram que houve maior atividade reprodutiva em plantas jovens de *Eucalyptus nitens* tratadas com paclobutrazol e simultaneamente expostas ao frio, quando as mesmas foram cultivadas em pequenos vasos, em comparação com plantas que haviam sido mantidas em vasos maiores. O efeito decorrente da utilização dos vasos menores foi aditivo ao efeito promotor da aplicação do paclobutrazol e da exposição ao frio.

A época de aplicação também deve ser cuidadosamente considerada quando se deseja induzir e intensificar florescimento por meio de tratamentos com inibidores da biossíntese das giberelinas. Em recente trabalho que avaliou o comportamento de árvores adultas de *Shorea stenoptera* tratadas com paclobutrazol, por exemplo, não foi observado incremento na

atividade reprodutiva, o que foi creditado ao fato de a aplicação ter sido feita tardiamente, após a época de ocorrência natural da diferenciação dos primórdios florais (Syamsuwida e Owens, 1997). Em tais condições, foi concluído que a aplicação do retardante não teve efeito sobre o processo de diferenciação. No caso de espécies originárias de clima temperado, como *Eucalyptus nitens* e *Eucalyptus globulus*, por sua vez, indução e incremento no florescimento dependem da associação de baixos níveis endógenos de giberelinas com o frio do outono e do inverno, devendo o paclobutrazol ser aplicado no início do outono, antes da época potencialmente favorável à diferenciação de primórdios florais (Moncur e Hasan, 1994; Moncur et al., 1994).

Perspectiva de uso da técnica em angiospermas arbóreas da Mata Atlântica

Segundo Reid et al. (1995), até o ano da publicação dos resultados das pesquisas que avaliaram a resposta de eucalipto à aplicação de paclobutrazol, não havia relatos semelhantes com outras angiospermas arbóreas florestais. Ele alertou, então, para a necessidade de se usar a técnica em outras espécies. Nesse contexto, portanto, seria muito importante aplicar o paclobutrazol em angiospermas arbóreas da Mata Atlântica, que estão sob ameaça de extinção. Estudos desse tipo deveriam ser conduzidos para testar a eficiência da aplicação do paclobutrazol, visando induzir florescimento precoce em plantas jovens e incrementar atividade reprodutiva em plantas adultas.

A busca do incremento de produção de sementes seria útil para a obtenção de mudas de angiospermas da Mata Atlântica em viveiros florestais, o que possibilitaria aprimorar o desenvolvimento de estratégias de preservação da biodiversidade. Além disso, iria beneficiar pesquisas sobre substâncias de importância industrial e medicinal, programas de melhoramento e estudos sobre biologia reprodutiva na área de engenharia genética.

Estudos preliminares estão sendo conduzidos pela autora do presente trabalho no sentido de obter florescimento precoce em plantas jovens de araçá-vermelho (*Psidium cattleianum*), goiaba (*Psidium guajava*), uvaia (*Eugenia pyriformis*), canafístula (*Peltophorum dubium*), louro-pardo (*Cordia trichotoma*) e canela-sassafrás (*Ocotea odorifera*) com o uso do paclobutrazol.

Agradecimentos

A autora agradece especialmente ao Departamento de Botânica da UFSC pelo apoio que possibilitou a condução dos estudos relacionados com este trabalho. Agradece, também, ao CNPq, pela concessão da bolsa de recém-doutorado, ao Departamento de Fitotecnia da UFSC, pela área cedida para a instalação do experimento, à Zeneca Agrochemicals, pela doação da amostra experimental do paclobutrazol, e à Associação de Preservação do Meio Ambiente do Alto Vale do Itajaí (SC), pela doação das mudas de espécies da Mata Atlântica.

Referências bibliográficas

- Arteca, R. N. 1996. **Plant growth substances: principles and applications**. Chapman & Hall, New York, 332 pp.
- Auras, N. E. 1997. **Efeitos do paclobutrazol sobre anatomia foliar, crescimento da parte aérea, distribuição de biomassa e trocas gasosas em girassol**. Tese de doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil, 88 pp.
- Eldridge, K.; Davidson, J.; Hardwood, C.; van Wyk, G. 1993. **Eucalypt domestication and breeding**. Oxford University Press, Oxford, 288 pp.
- Gianfagna, T. J. 1995. Natural and synthetic growth regulators and their use in horticultural and agronomic crops. In: Davies,

- P. J. (ed.). **Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p. 751-773.
- Griffin, A. R.; Whiteman, P.; Rudge, T.; Burgess, I. P.; Moncur, M. W. 1993. Effect of paclobutrazol on flower-bud and vegetative growth in two species of *Eucalyptus*. **Can. J. For. Res.**, **23**: 640-647.
- Grochowska, M. J.; Hodun, M. 1997. The dwarfing effect of a single application of growth inhibitors to the root-stem connection – the collar tissue – of five species of fruit trees. **J. Hort. Sci.**, **72**: 83-91.
- Hasan, O.; Reid, J. B. 1995. Reduction of generation time in *Eucalyptus globulus*. **Plant Growth Regul.**, **17**: 53-60.
- Hetherington, S.; Jones, K. M. 1990. Effectiveness of paclobutrazol in retarding height growth of *Eucalyptus globulus* seedlings. **Can. J. For. Res.**, **20**: 1811-1813.
- Hetherington, S.; Moncur, M. W. 1994. Management of eucalypt seed orchards with paclobutrazol. **Proceedings of the Australian forest growers conference**. Launceston, Australia, p. 235-238.
- Kania, T.; Russenberger, D.; Peng, S.; Apel, K.; Melzer, S. 1997. *FPF1* Promotes flowering in *Arabidopsis*, **The Plant Cell**, **9**: 1327-1338.
- Kardailsky, I.; Shukla, V. K.; Ahn, J. H.; Dagenais, N.; Christensen, S. K.; Nguyen, J. T.; Chory, J.; Harrison, M. J.; Weigel, D. 1999. Activation tagging of the floral inducer *FT*. **Science**, **286**: 1962-1965.
- Kobayashi, Y.; Kaya, H.; Goto, K.; Iwabuchi, M.; Araki, T. 1999. A pair of related genes with antagonistic roles in mediating flowering signals. **Science**, **286**: 1960-1962.
- Levy, Y. Y.; Dean, C. 1998. The transition to flowering. **The Plant Cell**, **10**: 1973-1990.

- Lordello, A. L. L. 1996. **Constituintes químicos de folhas e de cultura de células e tecidos de *Ocotea catharinensis* Mez. (Lauraceae)**. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 160 pp.
- McGarvey, D. J.; Croteau, R. 1995. Terpenoid metabolism. **The Plant Cell**, **7**: 1015-1026.
- Meilan, R. 1997. Floral induction in woody angiosperms. **New Forests**, **14**: 179-202.
- Metzger, J. D. 1995. Hormones and reproductive development. In: Davies, P. J. (ed.). **Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p. 617-648.
- Moncur, M. W.; Hasan, O. 1994. Floral induction in *Eucalyptus nitens*. **Tree Physiol.**, **14**: 1303-1312.
- Moncur, M. W.; Rasmussen, G. F.; Hasan, O. 1994. Effect of paclobutrazol on flower bud production in *Eucalyptus nitens* espalier seed orchards. **Can. J. For.**, **24**: 46-49.
- Pharis, R. P. 1991. Physiology of gibberellins in relation to floral initiation and early floral differentiation. In: Takahashi, N.; Phynney, B. O.; MacMillan, J. (eds.). **Gibberellins**. Springer-Verlag, New York, p. 166-178.
- Rademacher, W. 1995. Growth retardants: biochemical features and applications in horticulture. **Acta Hort.**, **394**: 57-73.
- Reid, J.B.; Hasan, O.; Moncur, M.W.; Hetherington, S. 1995. Paclobutrazol as a management tool for tree breeders to promote early and abundant seed production. In: Potts, B. M.; Borralho, N. M. G; Reid, J. B.; Cromer, R. N.; Tibbits, W. N.; Raymond, C. A. (eds). **Eucalypt plantations: improving fibre yield and quality**. Proc. CRCTHF-IUFRO Conf., Hobart, p. 293-298.
- Ruiz-Garcia, L.; Madueño, F.; Wilkinson, M.; Haughn, G.; Salinas, J.; Martinez-Zapater, J. M. 1997. Different roles of flowering-time genes in the activation of floral initiation genes in *Arabidopsis*. **The Plant Cell**, **9**: 1921-1934.

- Salomon, E.; Reuveni, O. 1994. Effect of paclobutrazol treatment on the growth and first flowering of intact and autografted seedlings of mango. **Sci. Hort.**, **60**: 81-87.
- Schuler, M. A. 1996. Plant cytochrome P-450 monooxygenases. **Crit. Rev. Plant Sci.**, **15**(3): 235-284.
- Snowball, A. M.; Warrington, I. J; Halligan, E. A.; Mullins, M. G. 1994. Phase change in citrus: the effects of main stem node number, branch habit and paclobutrazol application on flowering in citrus seedlings. **J. Hort. Sci.**, **69**: 149-160.
- Syamsuwida, D.; Owens, J. N. 1997. Time and method of floral initiation and effect of paclobutrazol on flower development in *Shorea stenoptera* (Dipterocarpaceae). **Tree Physiol.**, **17**: 211-219.
- Tukey, L. D. 1983. Vegetative control and fruiting on mature apple trees treated with PP333. **Acta Hort.**, **137**: 103-109.
- Weigel, D. 1995. The genetics of flower development: from floral induction to ovule morphogenesis. **Annu. Rev. Genetics**, **29**: 19-39.
- Whipker, B. E.; McCall, I. 2000. Response of potted sunflower cultivars to daminozide foliar sprays and paclobutrazol drenches. **HortTechnol.**, **10**: 209-211.