

ISSN 1806-9193
Novembro, 2010

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da agricultura, Pecuária e abastecimento*

Documento 310



Dormência em frutíferas de clima temperado

*Fernando José Hawerroth
Flavio Gilberto Herter
José Luiz Petri
Gabriel Berenhauser Leite
José Francisco Martins Pereira*

Embrapa Clima Temperado
Pelotas, RS
2010

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado
BR 392 Km 78
Caixa Postal 403, CEP 96010-971- Pelotas, RS
Fone: (53) 3275-8199
Fax: (53) 3275-8219 – 3275-8221
Home Page: www.cpact.embrapa.br
e-mail: sac@cpact.embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: Ariano Martins de Magalhães Júnior
Secretária - Executiva: Joseane Mary Lopes Garcia
Membros: Márcia Vizzotto, Ana Paula Schneid Afonso, Giovani Theisen, Luis Antônio Suíta de Castro, Flávio Luiz Carpena Carvalho, Christiane Rodrigues Congro, Regina das Graças Vasconcelos dos Santos.
Suplentes: Isabel Helena Vernetti Azambuja e Beatriz Marti Emygdio.

Supervisão editorial: Antônio Luiz Oliveira Heberlê
Revisão de texto: Ana Luiza Barragana Viegas
Normalização bibliográfica: Graciela Olivella Oliveira
Editoração eletrônica e arte da capa: Manuela Meurer Doerr (estagiária)

1ª edição
1ª impressão (2010): 50 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei N° 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Embrapa Clima Temperado

Dormência em frutíferas de clima temperado / Fernando José Hawerth... [et al.] – Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010.– Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 56 p. – (Embrapa Clima Temperado. Documentos, ISSN 1806-9193 ; 310)

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: <<http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/>>
Título da página Web (acesso em 30 out. 2010)

1. Frutífera de Clima Temperado – Dormência. 2. Dormência – Clima Tropical. 3. Brotação – Melhoramento. I. Hawerth, Fernando José. II. Série.

CDD 634.6

Autores

Fernando José Hawerth

Engenheiro Agrônomo, Dr. em Agronomia
Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical,
Fortaleza, CE
fernando@cnpat.embrapa.br

Flavio Gilberto Herter

Engenheiro Agrônomo, Dr. em Botânica e
Fisiologia Vegetal
Professor da Universidade Federal de Pelotas,
Pelotas, RS
flavioherter@gmail.com

José Luiz Petri

Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Agronomia
Pesquisador da Epagri/Estação Experimental de
Caçador, Caçador, SC
petri@epagri.sc.gov.br

Gabriel Berenhauser Leite

Engenheiro Agrônomo, Dr. em Agronomia
Pesquisador da Epagri/Estação Experimental de
Caçador, Caçador, SC
gabriel@epagri.sc.gov.br

José Francisco Martins Pereira

Engenheiro Agrônomo, M.Sc. em Agronomia
Pesquisador da Embrapa Clima Temperado,
Pelotas, RS
jose.pereira@cpact.embrapa.br

Apresentação

As plantas, para sobreviverem a períodos de estresse, como é o caso de baixas temperaturas hibernais, desenvolveram um mecanismo adaptativo caracterizado pela aquisição da resistência ao frio e do controle do crescimento, denominado dormência. Este fenômeno ocorrente em frutíferas de clima temperado é reflexo da interação entre fatores ambientais e fatores relacionados ao metabolismo das plantas. Com a expansão da fruticultura de clima temperado para regiões tropicais e subtropicais, problemas relacionados à brotação e floração deficientes manifestam-se com maior frequência, repercutindo negativamente na produtividade e na qualidade dos frutos produzidos. Frente aos problemas de adaptação observados em tais espécies quando em regiões com insuficiência de frio no período hibernar, os estudos sobre a dormência, visando à minimização destes problemas, têm sido intensificados.

Este documento traz uma revisão sobre a dormência em frutíferas de clima temperado, apresentando os principais fatores responsáveis por esse fenômeno, aspectos sobre a dormência em regiões tropicais e subtropicais, e principais metodologias utilizadas nos estudos sobre a dormência.

Waldyr Stumpf Junior
Chefe Geral
Embrapa Clima Temperado

Sumário

Introdução.....	9
Terminologia.....	11
Controle da dormência.....	12
Fatores ambientais.....	12
Temperatura.....	12
Fotoperíodo.....	14
Luminosidade e precipitação pluviométrica.....	16
Fatores relacionados à planta.....	18
Genótipo.....	18
Localização e tipo de gema.....	19
Porta-enxertos.....	21
A dormência em regiões tropicais e subtropicais.....	22
Intervenções fitotécnicas para melhoria da brotação.....	25
Escolha de cultivares.....	25
Uso de indutores de brotação.....	27

Metodologias para avaliação da dormência	31
Métodos empíricos	32
Métodos biológicos.....	37
Considerações finais	40
Referências	43

Dormência em frutíferas de clima temperado

Fernando José Hawerroth

Flavio Gilberto Herter

José Luiz Petri

Gabriel Berenhauser Leite

José Francisco Martins Pereira

Introdução

Adaptação é um conceito relacionado à forma que as plantas podem sobreviver e se reproduzir em um ambiente específico, refletindo na sincronização entre os estágios de desenvolvimento e o clima (RUIZ et al., 2007). O desenvolvimento de várias estratégias adaptativas, como a dormência, permitiu a sobrevivência das frutíferas de clima temperado em suas regiões de origem, caracterizadas pelas baixas temperaturas durante o período de outono e inverno. A dormência é uma fase de desenvolvimento de ocorrência anual resultante da adaptação das plantas às condições ambientais. Devido à alta resistência dos órgãos vegetais dormentes, a parada do crescimento e o estabelecimento da dormência antes do início da estação desfavorável asseguram a sobrevivência das plantas (SAURE, 1985).

A dormência não é um mecanismo rapidamente adquirido pelas plantas, mas um processo de desenvolvimento progressivo que tem início durante o outono, aumentando sua intensidade até alcançar a chamada dormência profunda ou endodormência (LANG et al., 1987; POWELL, 1987; RUIZ et al., 2007), conferindo a capacidade de sobrevivência em temperaturas inadequadas ao desenvolvimento vegetal.

A dormência das gemas é influenciada por condições ambientais que, por sua vez, afetam o nível de substâncias reguladoras de crescimento, as quais controlam as mudanças metabólicas do início e do fim da dormência (PETRI et al., 2006). As condições ambientais são determinantes para as atividades fisiológicas, repercutindo na capacidade de sobrevivência das plantas, além de influir no seu desenvolvimento vegetativo e na sua capacidade produtiva.

Para Fennel (1999), a intensidade e a forma com que o fenômeno da dormência se manifesta nas frutíferas de clima temperado, em diferenciados ambientes de cultivo, tem importante impacto sobre o controle, a manutenção e a produção de tais espécies. Assim, o profundo conhecimento do comportamento fenológico das culturas, principalmente em relação ao processo de dormência, assim como a caracterização do ambiente de cultivo são, segundo Valentini et al. (2001), importantes para se obter produções satisfatórias e para determinar as mais adequadas técnicas agronômicas para maximização da produção.

Apesar da dormência ser extensivamente estudada, o conhecimento dos mecanismos fisiológicos envolvidos neste processo ainda são limitados (OLSEN, 2006), devido à complexidade e ao grande número de fatores, ambientais e relativos a planta, envolvidos no processo, e às dificuldades metodológicas em estudos dessa natureza.

O objetivo deste trabalho consiste em abordar informações sobre o processo de dormência; terminologia empregada nos estudos, fatores atuantes no controle deste fenômeno, importância no desenvolvimento das frutíferas de clima temperado em regiões tropicais e subtropicais, além de abordar algumas das principais metodologias utilizadas nos estudos desse processo.

Terminologia

Frente à grande quantidade de conceitos e definições das fases da dormência em frutíferas de clima temperado, que muitas vezes tornava confusa a interpretação e discussão dos resultados, Lang et al. (1985), numa tentativa de uniformizar a terminologia empregada para designar o fenômeno da dormência, propuseram o uso de uma terminologia atualizada e universal para abordar os vários tipos de dormência que ocorrem na natureza, classificando-a em paradormência, endodormência e ecodormência. Lang et al. (1987) definiram a dormência como um processo de desenvolvimento envolvendo a suspensão temporária do crescimento de alguma estrutura vegetal contendo um meristema, caracterizado pelo controle do crescimento e aquisição da resistência ao frio.

De acordo com Lang et al. (1985), a paradormência, também chamada de inibição correlativa, é resultante da influência de outro órgão do vegetal sobre a gema, causando a inativação do meristema floral ou vegetativo. Esse fenômeno antecede a endodormência. A dominância apical, em que não é visualizado o desenvolvimento das gemas axilares situadas abaixo de gemas terminais, é um exemplo característico de paradormência, pois as gemas axilares permanecem dormentes mesmo em condições favoráveis, e só retomam o crescimento se houver suspensão do fator de inibição.

A endodormência consiste na paralisação do desenvolvimento da gema como forma de sobrevivência em condições ambientais desfavoráveis ao crescimento, como as baixas temperaturas e o déficit hídrico. Quando as gemas encontram-se em endodormência, a exposição a condições ótimas de desenvolvimento não é suficientemente capaz de induzir sua brotação. As gemas devem ser expostas previamente a condições ambientais que estimulem a superação do estado endodormente, para que então recuperem a sua capacidade de brotação.

A ecodormência ocorre após a superação da endodormência e se caracteriza pela não brotação das gemas, advinda de fatores extrínsecos à planta limitantes do desenvolvimento, como as baixas temperaturas. Após a suspensão dos fatores limitantes sobre a planta, ocorre a brotação das gemas.

Controle da dormência

A dormência é um fenômeno biológico complexo, em que são verificadas grandes modificações no metabolismo vegetal, a fim de adquirir resistência a condições ambientais desfavoráveis ao desenvolvimento das plantas. A modificação de processos fisiológicos específicos, que determinam a paralisação do crescimento vegetal e a aquisição de tolerância ao frio na dormência, é reflexo da sincronização do desenvolvimento vegetal com as condições ambientais existentes. Os fatores ambientais, os fatores relacionados às plantas e a interação entre estes são determinantes na manifestação e no controle da dormência em frutíferas de clima temperado.

Fatores ambientais

Temperatura

A temperatura é considerada o principal elemento climático relacionado à indução da dormência em frutíferas de clima temperado (EREZ; COUVILLON, 1987; FAUST et al., 1997; EREZ, 2000). As variações de temperatura influenciam nos processos fisiológicos internos envolvidos na entrada e saída da endodormência que podem estar relacionados com fatores diversos ligados à anatomia, fisiologia ou metabolismo da planta (BONHOMME et al., 2000; STAFSTROM, 2000).

Balandier (1992) relata que a diminuição da temperatura ambiente, associada ou não ao fotoperíodo, pode conduzir inicialmente à paralisação do crescimento, e num segundo momento, à entrada

em dormência das plantas, sendo que essa influência difere entre espécies. Estando as plantas em dormência, a ação contínua de baixas temperaturas por determinado período permite a superação da dormência (PETRI et al., 2006). Assim, as baixas temperaturas agem em duplo processo, onde inicialmente contribuem para a paralisação do crescimento, aclimatação ao frio e indução à dormência e, posteriormente, atuam na superação deste estado.

Frente ao conhecimento da influência do fator temperatura sobre o fenômeno da dormência, vários trabalhos foram desenvolvidos visando a determinar as condições térmicas preferenciais à indução e superação da dormência. Richardson et al. (1974) observaram que temperaturas compreendidas entre 2 e 9°C foram as mais efetivas na superação da dormência de gemas de pessegueiro, sendo o máximo efeito observado entre 6 e 8°C (EREZ; COUVILLON, 1987). Para Richardson et al. (1974), para pessegueiros 'Elberta' e 'Redhaven', o limite máximo de efetividade das temperaturas na dormência é de 12,5°C, e de 16,5°C para macieiras 'Starkrimson Delicious' (SHALTOUT; UNRATH, 1983).

Segundo Fuchigami e Wisniewski (1997), a temperatura ótima para a superação da dormência da maioria das frutíferas de clima temperado é próxima de 3,5°C, porém a temperatura ótima para o desenvolvimento da endodormência não é claramente definida, em função das diferenças observadas na interação genótipo x temperatura.

A regularidade e a intensidade das baixas temperaturas após a indução da dormência são fundamentais, pois oscilações térmicas durante o período de dormência podem fazer com que a planta permaneça por um tempo maior em dormência e apresente brotação e floração desuniformes (PETRI et al., 1996). As variações entre as temperaturas diurnas e noturnas durante o período hibernal são maiores em regiões com clima subtropical do que em regiões de clima temperado, visto que, tipicamente, os dias e noites não apresentam nuvens, ocorrendo

maior perda de calor radiante durante a noite (ALLAN, 2004).

Para Erez (1995) temperaturas superiores a 18°C anulam a acumulação de frio ocorrida anteriormente, sendo seu efeito dependente da duração e do nível das altas temperaturas. Segundo Richardson et al. (1974), Couvillon e Erez (1985) e Allan e Burnett (1995), temperaturas altas durante o dia, superiores a 16°C, apresentam efeito adverso na acumulação de frio, enquanto que as temperaturas noturnas são suficientemente frias e efetivas na dormência de gemas.

A quantidade de frio ocorrida desde a indução até a superação da endodormência é denominada requerimento em frio, sendo este variável entre as diferentes espécies e cultivares. Após o completo atendimento do requerimento em frio de determinada espécie/cultivar para superação da endodormência, há a necessidade de ocorrência de temperaturas superiores às efetivas para acumulação em frio, a fim de acelerarem as atividades metabólicas nos tecidos meristemáticos das gemas e assim desencadearem a brotação das mesmas. Esta quantidade de calor necessária para a brotação após a exposição às baixas temperaturas é denominada necessidade de calor.

Fotoperíodo

O fotoperíodo, juntamente ao fator temperatura, é tido como determinante para a entrada em dormência das frutíferas de clima temperado. Para Fennel et al. (2005), a dormência na maioria das frutíferas temperadas é induzida por baixas temperaturas e por respostas fotoperiódicas, pois o crescimento das plantas é paralisado no final do verão, antes de entrarem em dormência no outono, e possivelmente associado ao declínio do fotoperíodo nesta época. O primeiro sinal determinante da época de indução da endodormência é a redução do fotoperíodo (FENNEL et al., 2005), sendo este fator responsável por importantes modificações, de ordem fisiológica e

bioquímica na planta, relacionadas à aclimatação ao frio e à obtenção de tolerância ao congelamento durante a dormência (LI et al., 2004). Segundo Olsen (2006), temperaturas noturnas inferiores às temperaturas diurnas podem induzir a paralisação do crescimento e a dormência sobre condições fotoperiódicas de dias curtos.

Garner e Allard (1923) indicaram que macieiras (*Malus pumilla* Mill.) mostravam-se uma exceção aos dias curtos quanto ao controle da dormência, não sendo afetadas pelo fotoperíodo. Posteriormente, Nitsch (1957) confirmou que as considerações efetuadas por estes autores poderiam ser estendidas para outras espécies pertencentes à família Rosaceae. Heide e Prestrud (2005), em estudos com porta-enxertos de macieira e pereira, confirmaram que a suspensão do crescimento e indução da dormência nestas espécies não estão relacionadas ao fotoperíodo, sendo as baixas temperaturas determinantes em ambos os processos, independentemente das condições fotoperiódicas.

Heide (2008), estudando a interação entre o fotoperíodo e temperaturas no controle do crescimento e na dormência em espécies do gênero *Prunus*, verificou que o efeito do fotoperíodo é variável com a temperatura. Em temperaturas superiores a 21°C, as plantas apresentavam crescimento contínuo independente da condição fotoperiódica, porém em temperaturas intermediárias, entre 12 e 15°C, as espécies de *Prunus* mostraram ser sensíveis ao comprimento do dia, paralisando seu crescimento rapidamente em fotoperíodos curtos. Assim, em regiões com temperaturas em torno de 15°C durante o período de outono e inverno, pode haver indução à entrada em dormência em função da redução do fotoperíodo.

Heide (2008) verificou que as espécies de *Prunus*, quando mantidas em temperaturas baixas próximas a 9°C, apresentavam respostas diferenciadas ao fotoperíodo nesta condição térmica. *Prunus avium* e *P.*

cerasus cv. 'Gisela 5' requerem a combinação de baixas temperaturas com dias curtos para paralisação do crescimento e formação das gemas, enquanto que os demais *Prunus* avaliados paralisam o crescimento e formam gemas a 9°C, indiferentemente do fotoperíodo, mostrando a mesma resposta obtida por Heide e Prestud (2005) com espécies do gênero *Malus* e *Pyrus*.

Luminosidade e precipitação pluviométrica

A exploração de espécies frutíferas temperadas em regiões subtropicais tem indicado que os fatores intensidade de luz e precipitação pluviométrica podem prejudicar ou favorecer a superação da dormência, dependendo de como se manifestam durante o ciclo de desenvolvimento destas espécies (Finetto, 2004b). A magnitude destes fatores sobre a dormência ainda não é devidamente quantificada pela pequena disponibilidade de dados, embora existam evidências de que tais fatores são atuantes neste processo.

Para Petri et al. (1996), a radiação solar direta durante o período de outono e inverno apresenta efeitos negativos na superação da dormência, em função do aumento da temperatura nos tecidos da planta. Além disso, de acordo com Pasqual e Petri (1985), períodos de outono e inverno com grande ocorrência de dias frios e nublados durante o dia são favoráveis à superação da dormência em frutíferas de clima temperado.

Segundo Erez (2000), invernos com limitação de luz ou condições de completa escuridão apresentam incremento na brotação das gemas na primavera quando submetidas à luz, porém este efeito foi demonstrado em poucas espécies e a resposta parece diferir entre estas (EREZ et al., 1988). Clapham et al. (1998; 2002), em estudos preliminares com as espécies lenhosas *Picea*, *Pinus*, *Betula* e *Salix*, verificaram que tais espécies exigiram qualidade de luz para manutenção do crescimento

vegetativo, apresentando maior demanda pelo comprimento de onda correspondente ao vermelho, distante com o aumento das latitudes. Embora existam evidências sobre a importância da qualidade da luz no controle da dormência de algumas espécies de regiões temperadas, ainda não há informações a respeito deste tema em relação às principais frutíferas de clima temperado.

O efeito da precipitação pluviométrica sobre a superação da dormência não está bem elucidado, porém, algumas hipóteses são sugeridas a partir dos resultados obtidos por Erez e Couvillon (1983), Nir et al. (1988) e Westwood e Bjornstad (1978), quando foi constatado que o aumento da precipitação maximizou a brotação das gemas. Através da aspersão de água intermitentemente durante o inverno, Erez e Couvillon (1983) mostraram que o resfriamento da superfície das gemas através da água é efetivo para estimular a brotação, visto que a redução e a manutenção da temperatura das gemas durante a dormência reduziram os efeitos negativos promovidos pela elevação da temperatura.

Nir et al. (1988) observaram que o umedecimento de gemas de videiras antecipou e aumentou o número de gemas brotadas em decorrência da redução da temperatura nas gemas, onde a diferença entre a temperatura média das gemas umedecidas e das gemas não umedecidas apresentava-se, em média, em torno de 13°C. Westwood e Bjornstad (1978) observaram que ramos de pereiras (*Pyrus communis* L.) 'Bartlett' imersos em água apresentaram antecipação da brotação, sugerindo que a água promove a remoção de substâncias inibidoras, de modo a promover o desenvolvimento dos tecidos meristemáticos da gema. Em razão desta observação, Westwood e Bjornstad (1978) indicaram que chuvas durante o período de inverno podem remover substâncias inibidoras presentes nas gemas, antecipando e aumentando o número de gemas brotadas. Outra hipótese sugerida em relação aos efeitos da precipitação pluviométrica na dormência, citada em Petri et al. (2006), refere-se à possível condição anaeróbica, estabelecida

nas gemas mediante a ocorrência de chuvas, a qual pode contribuir na superação da dormência.

Finetto (2004b) estudou os fatores temperatura, luz e precipitação sobre a dormência de cultivares de macieira com médio e alto requerimento em frio. Através do uso de procedimentos de análise multivariada, o autor verificou a interação entre os três fatores estudados, sobretudo em condições de alta precipitação pluviométrica, moderada intensidade de luz e baixo acúmulo de frio durante o período hibernal. Por essa razão, esse autor sugere que a intensidade luminosa e a precipitação devem ser consideradas, juntamente ao fator temperatura, em estudos relacionados a dormência.

Fatores relacionados à planta

Genótipo

A resposta das plantas em relação à dormência difere entre espécies e entre cultivares pertencentes a uma mesma espécie. A ampla variabilidade existente nas cultivares da mesma espécie quanto ao requerimento em frio permite a adaptação e exploração de uma mesma espécie em locais com características climáticas diferenciadas. Frente à ampla variabilidade genética encontrada nas principais frutíferas de interesse agrônomo, a realização de hibridações para posterior seleção dos genótipos obtidos possibilita obter cultivares com maior grau de adaptação a determinadas condições ambientais.

Para Raseira e Nakasu (2002), o requerimento em frio parece ser um caráter poligênico, sendo controlado por genes responsáveis pelos processos fisiológicos relacionados à endodormência. Hauagge e Cummins (1991), em estudos genéticos de progênies de macieira com baixo requerimento em frio derivativas da cultivar Anna, mostraram evidências de que o baixo requerimento desta cultivar é controlado pelo menos por um gene maior dominante, existindo genes menores

que também controlam seu efeito. De acordo com Jackson (2003b), os mecanismos regulatórios da época de brotação são altamente herdáveis em espécies lenhosas, como a macieira e a pereira. Hauagge e Bruckner (2002) afirmam que cultivares de macieira com alta exigência em frio segregam para classes de menor exigência em suas progênes, embora existam poucos trabalhos relatando a herdabilidade do requerimento em frio nestas espécies. Citadin et al. (2003), estudando a necessidade de calor para antese e brotação em pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch) em 16 cultivares e seleções de baixa, média e alta necessidade de calor e 11 progênes oriundas de hibridações entre elas, observaram valores de herdabilidade média de 45 a 57% para gemas florais e de 30% para gemas vegetativas.

Segundo Erez (2000), em relação ao fator genótipo, existem dúvidas se cultivares de baixo e alto requerimento em frio diferem entre si qualitativa ou quantitativamente frente às temperaturas durante o período de dormência. Resultados obtidos por Erez e Couvillon (1987) indicam que as maiores diferenças observadas em cultivares de pessegueiro com distintas exigências em frio parecem ser quantitativas e os efeitos específicos das temperaturas parecem ser os mesmos independentemente da exigência em frio das cultivares. Em contrapartida, segundo resultados obtidos por Putti et al. (2003b), Chavarria et al. (2009) e Hawerroth (2009), a resposta diferenciada das cultivares estudadas na brotação de gemas, em relação, à temperatura durante o período hibernal, indica que cultivares de menor requerimento em frio podem suprir suas exigências, sendo capazes de brotarem, mesmo quando submetidas a faixas de temperatura mais elevadas do que cultivares de maior requerimento em frio.

Localização e tipo de gema

Existem grandes variações entre gemas axilares e terminais, bem como entre gemas vegetativas e floríferas em relação a sua resposta as

condições ambientais (EREZ, 2000). De acordo com Faust et al. (1995) e Naor et al. (2003), gemas axilares e gemas vegetativas apresentam maior requerimento em frio quando comparadas a gemas terminais e gemas floríferas.

O desenvolvimento da dormência em gemas axilares é gradual (EREZ, 2000). O processo inicia com a paradormência, mais especificamente com a dominância apical, que impede a brotação das gemas axilares. O nível de dominância apical é variável entre espécies, com maior polaridade ou acrotonia em pomáceas e cerejeiras do que em pessegueiros ou ameixeiras. Como as gemas axilares são formadas sucessivamente ao crescimento do ramo, as gemas entram em endodormência consecutivamente. A ação de fatores climáticos como a ocorrência de baixas temperaturas e/ou redução do fotoperíodo podem acarretar maior uniformidade na profundidade de dormência das gemas, porém, em condições de clima ameno, o comportamento diferenciado das gemas quanto à profundidade de dormência é mantido. As primeiras gemas a se formar são as gemas basais e conseqüentemente são as primeiras a entrar em dormência. Assim, gemas formadas tardiamente podem permanecer paradormentes lado a lado com gemas basais endodormentes (EREZ, 2000).

As gemas terminais reagem diferentemente das gemas axilares, e podem continuar a se desenvolver mais tardiamente no ano, sendo muito mais afetadas pelas condições ambientais que retardam sua entrada em dormência. Tipicamente, sobre condições de clima ameno, na ausência de condições limitantes de crescimento, ocorre acentuado desenvolvimento das gemas terminais o qual pode acentuar a inibição correlativa das gemas axilares e afetar o seu requerimento em frio (EREZ, 2000).

Porta-enxertos

Na maioria das espécies frutíferas temperadas exploradas economicamente, a utilização de porta-enxertos é uma prática usual nos sistemas de produção destas espécies, onde seu uso é atribuído a benefícios relacionados ao controle do vigor das plantas, rápida entrada em frutificação e a melhoria de atributos relacionados à qualidade dos frutos produzidos (JACKSON, 2003a). O uso de diferentes porta-enxertos determina diferenciadas respostas quanto ao desenvolvimento vegetativo e produtivo das plantas, sendo também verificados indícios de que os mesmos exerçam influência na dormência da copa (EREZ, 2000).

Young e Werner (1985), expondo raízes de macieiras de seis porta-enxertos a condições de privação de frio, quando a copa foi anteriormente exposta ao frio, verificaram desenvolvimento deficiente das brotações da cultivar copa. Erez (2000) não verificou a mesma resposta na cultura do pessegueiro em condições experimentais similares às testadas por Young e Werner (1985). Para Finetto (2004b), os porta-enxertos podem ter contribuição significativa na determinação da resposta na brotação de cultivares de macieira quando submetidas a condições de insuficiente acúmulo de frio hibernal. Este autor, avaliando macieiras 'Golden Delicious' sobre diferentes porta-enxertos na Itália, observou que os porta-enxertos influenciam o requerimento em frio da cultivar copa, quando as condições não foram suficientes para suprir a necessidade em frio da copa. Couvillon et al. (1984) verificaram, nas condições brasileiras, que macieiras de alto requerimento em frio, como a cultivar Rome Beauty, podem se desenvolver apresentando o requerimento em frio do porta-enxerto utilizado. De acordo com Hauagge e Cummins (2000), o requerimento em frio de porta-enxertos de macieira é um importante fator que afeta a brotação de macieiras 'Gala', onde o uso dos porta-enxertos MM111, M9 e M26 determina atraso na brotação, quando comparados ao

MM106 e M7, enquanto que o uso de seedlings da cultivar Anna tende a antecipá-la.

O principal efeito dos porta-enxertos sobre a dormência está relacionado às raízes, por constituírem uma importante fonte de reguladores de crescimento, principalmente citocininas, que têm efeito reconhecido na indução da brotação. Sua atividade antecipada nas raízes poderia elevar os níveis destes fitohormônios na copa e, assim, promover antecipação da brotação (EREZ, 2000). Embora existam evidências da influência dos porta-enxertos sobre a dormência da copa das plantas, sobretudo na cultura da macieira, poucas são as informações existentes sobre os mecanismos que regem tal influência.

A dormência em regiões tropicais e subtropicais

Uma das maiores limitações de produção de fruteiras de clima temperado em regiões com insuficiente acúmulo de frio hibernal é a superação do período de dormência (EREZ, 2000). As frutíferas temperadas necessitam ser expostas ao frio durante o período de dormência para suas gemas brotarem uniformemente, e para apresentarem florescimento e frutificação efetiva e adequada durante a primavera (ALLAN, 2004).

Para Erez (2000), a incompleta superação da dormência, decorrente do insuficiente acúmulo de frio durante o período hibernal, determina atraso na brotação de gemas vegetativas e floríferas, baixos índices de brotação de gemas e falta de uniformidade no enfolhamento e na floração das plantas. O requerimento em frio de gemas florais e vegetativas raramente é totalmente satisfeito em condições de baixa ocorrência de frio, determinando atraso na brotação e no desenvolvimento da superfície foliar (JACOBS et al., 2002), e por consequência redução da produção e da qualidade dos frutos (ALLAN,

2004). Cronjé et al. (2004) associam o menor calibre de maçãs 'Royal Gala' observado nas condições climáticas da África do Sul ao longo período de crescimento, combinado ao reduzido e insuficiente período de exposição ao frio, que interrompe a progressão da dormência, influenciando negativamente a ramificação e formação da estrutura das plantas, como abordado por Cook e Jacobs (2000). Petri et al. (2006) afirmam que, em condições de insuficiência em frio, as gemas terminais apresentam brotação e floração desuniformes por um longo período, sendo que uma percentagem das gemas permanece dormente durante todo o período vegetativo. A falta de brotação das gemas axilares antecipa a brotação de gemas terminais no ciclo vegetativo seguinte, estabelecendo forte dominância apical a qual limita a brotação das gemas axilares, comprometendo a formação de novas estruturas de frutificação.

Em condições de inverno ameno, quando as exigências em frio não são completamente satisfeitas, cultivares com distintos requerimentos em frio apresentam grande variabilidade no período de florescimento, de um ano para outro (PETRI et al., 2008a). Petri e Leite (2004) descrevem os principais problemas relacionados ao não atendimento do requerimento em frio em cultivares de macieira durante a brotação das gemas e durante o desenvolvimento vegetativo e produtivo das plantas. Segundo estes autores, um dos grandes problemas associados ao não atendimento do requerimento em frio é a assincronia entre o florescimento de cultivares produtoras e suas respectivas polinizadoras, limitando a efetividade da polinização cruzada e reduzindo os índices de frutificação efetiva em espécies/cultivares autoincompatíveis.

Quando o requerimento de determinadas frutíferas temperadas não é satisfeito, sobretudo quando cultivadas em regiões subtropicais, as plantas exibem elevada heterogeneidade na brotação e no florescimento, manifestada temporalmente e espacialmente (LEITE, 2004). Segundo Leite (2004) e Leite (2005), a heterogeneidade

temporal é caracterizada pela presença de gemas em diferentes estádios de desenvolvimento no mesmo momento, enquanto que a heterogeneidade espacial refere-se à formação de gradiente anormal de brotação e floração ao longo de um mesmo ramo. Condições de baixa ocorrência de frio durante o período hibernar tendem a maximizar a heterogeneidade da brotação, prejudicando a realização de intervenções fitotécnicas, como controle de doenças e insetos, raleio e colheita, em decorrência da ocorrência simultânea de vários estádios fenológicos em uma mesma planta.

Em condições de invernos amenos, a brotação deficiente é associada à necrose de gemas florais em algumas espécies frutíferas. George e Erez (2000) abordam que várias espécies prunóideas apresentam morte ou abscisão das gemas florais que não brotam durante a primavera, enquanto que as gemas de macieira permanecem viáveis por até um ano. Bonhomme (1998) verificou a morte de todos os primórdios florais de pessegueiros quando mantidos em condições de privação de baixas temperaturas. Legave et al. (1982) indicaram que a não satisfação do requerimento em frio induziu a queda de gemas de damasqueiro (*Prunus armeniaca* L.), embora Albuquerque et al. (2006) não tenham constatado tal correlação.

Para Armas-Reyes et al. (2006), os altos índices de queda de gemas florais observados em damasqueiros podem ser associados à ocorrência de períodos com temperaturas elevadas ou flutuações térmicas durante o inverno, momento em que ocorre a diferenciação das anteras. Bonhomme et al. (2005), consideram que a necrose das gemas floríferas de pessegueiro pode ser consequente do forte desvio de nutrientes pelos tecidos adjacentes à gema, impedindo a suficiente importação de carboidratos nas gemas florais, resultando no esgotamento das reservas de carboidratos dos primórdios florais e, eventualmente, na morte dos primórdios florais. Diante dos resultados obtidos, estes autores afirmaram que a necrose de primórdios florais

não parece ser diretamente relacionada à exaustão das reservas, mas devido à incapacidade de os primórdios utilizarem as reservas disponíveis.

Intervenções fitotécnicas para melhoria da brotação

Escolha de cultivares

As anormalidades de comportamento das frutíferas temperadas conduzidas em regiões com invernos amenos são o resultado de sua baixa adaptação para este tipo de clima (MAUGET; RAGEAU, 1988). Problemas relacionados à seleção de cultivares com requerimento em frio inadequado para determinada região podem afetar o potencial produtivo das plantas, sobretudo em condições climáticas com invernos amenos (RUIZ et al., 2007). Assim, a obtenção e escolha de cultivares adaptadas às condições climáticas de determinada região de cultivo são fundamentais para minimização dos problemas decorrentes do insuficiente acúmulo de frio durante o período hibernar. Para Hauagge e Cummins (2000), a capacidade de determinada espécie/cultivar quanto à brotação de gemas, florescimento, frutificação e crescimento de forma satisfatória, naturalmente ou sob adequadas práticas culturais, e a capacidade de produzir frutos de qualidade, em temperaturas mais elevadas durante o crescimento e amadurecimento do que as recomendadas para a maioria das cultivares, são os principais fatores determinantes à adaptação de frutíferas em regiões com baixo acúmulo de frio. Segundo Jackson (2000), os fatores determinantes na escolha de cultivares em regiões subtropicais são o requerimento em frio das cultivares e a demanda do mercado consumidor.

Em regiões com insuficiente acumulação de frio, a escolha de cultivares de baixo requerimento em frio tem sido preconizada. Por outro lado,

quando cultivares com baixo requerimento em frio são conduzidas em áreas caracterizadas pelo elevado acúmulo de frio durante o período hibernal, o florescimento ocorre antecipadamente, devido à rápida satisfação do requerimento em frio, e as baixas temperaturas podem acarretar significativas perdas na produção pelo efeito das geadas (SCORZA; OKIE, 1990). Nas regiões caracterizadas por oscilações de temperatura durante o inverno, com riscos de ocorrência de geadas tardias, tem ocorrido redução da produtividade das espécies frutíferas, sobretudo cultivares de baixa necessidade de frio e de florescimento precoce. Citadin et al. (2006) citam a seleção de cultivares de florescimento tardio como alternativa para o cultivo de pessegueiros em condições de instabilidade hibernal, porém tal característica está estreitamente ligada à necessidade de frio da cultivar. Ou seja, quanto maior for a necessidade de frio, maior será a profundidade da dormência e mais tardiamente ocorrerá a brotação e a floração, reduzindo os riscos de danos por geadas no final de inverno e início de primavera.

Egea et al. (2003) sugerem a obtenção de cultivares com florescimento tardio, no intuito de evitar danos por geadas no final do inverno e início da primavera, como um dos principais objetivos em programas de melhoramento genético de frutíferas temperadas em regiões com insuficiente acúmulo de frio durante o período hibernal. Dessa forma, estudos relacionados ao requerimento em frio e em calor são de profundo interesse nestas espécies, sendo muito importantes para a escolha de parentais em programas de melhoramento visando à obtenção de cultivares com florescimento tardio (SPIEGEL-ROY; ALSTON, 1979).

Em regiões com médio acúmulo de frio, em que se verificam oscilações térmicas durante o período hibernal, a utilização de cultivares com médio requerimento em frio pode constituir uma alternativa visando a reduzir a possibilidade de danos advindos de geadas, além de minimizar

os problemas relacionados ao não atendimento ao requerimento em frio, quando comparadas a cultivares de alta exigência. No entanto, são necessárias intervenções fitotécnicas complementares no manejo de tais cultivares para regularização e viabilização da produção.

Uso de indutores de brotação

Em muitas regiões e anos, a superação da dormência das plantas não ocorre efetivamente, devido à insuficiente acumulação de frio durante o período hibernar. Existem várias práticas culturais que podem ser utilizadas para aumentar a brotação de gemas nestas condições. Segundo Petri et al. (1996), a exposição ao frio artificial para induzir a brotação em mudas, a incisão anelar, o arqueamento de ramos, a poda e a desfolha são práticas culturais que maximizam a brotação das gemas, embora a mais usual seja a utilização de agentes químicos denominados indutores da brotação. Quando as condições climáticas de uma determinada região não são suficientes para atender o requerimento em frio de certas cultivares, o uso de agentes químicos para indução da brotação torna-se um tratamento essencial para obtenção de adequada brotação (MAHROUS; EL-FAKHRANI, 2006), sendo prática comum na viabilização dos cultivos de frutíferas de clima temperado (NUNES et al, 2001).

Segundo George et al. (2002) substâncias indutoras de brotação podem ser utilizadas para reduzir o requerimento em frio de cultivares de baixa e média exigência, permitindo seu cultivo em áreas que não apresentam acúmulo de frio suficiente, e para modular a época de brotação, floração e maturação dos frutos de espécies frutíferas temperadas. Isso pode ser feito mesmo em regiões onde a dormência é superada normalmente, de modo a captar as épocas preferenciais de mercado, e elevar o número das gemas brotadas em espécies com forte dominância apical, aumentando sua floração e rendimento.

Petri et al. (1996; 2006) citam várias substâncias químicas efetivas

na indução da brotação, tais como óleo mineral, cálcio cianamida, nitrato de potássio, cianamida hidrogenada, dinitro-ortho-cresol (DNOC), dinitro-ortho-butil-fenol (DNOPB), dinitro-butil-fenol (DNBP), thiouréia, pentaclorofenolato de sódio, TCMTB (2-tiocitiometiltio) benzotiazol 30%), thiadizuron (TDZ) e ácido giberélico. Dentre as opções disponíveis no mercado, a cianamida hidrogenada é a principal substância utilizada comercialmente na indução da brotação de várias espécies frutíferas como o caquizeiro (CHANG; LIN, 1989), o damasqueiro (MAHROUS; EL-FAKHRANI, 2006), a macieira (JACKSON; BEPETE, 1995; PETRI et al., 1996), o mirtilheiro (WILLIAMSON et al., 2002); o pessegueiro (NUNES et al., 2001; CITADIN et al., 2006) e a videira (ZELLEKE; KLIEWER, 1989; DOKOOZLIAN et al., 1995; LOMBARD et al., 2006).

A aplicação associada de duas ou mais substâncias pode apresentar benefícios na indução da brotação de espécies frutíferas, sobretudo na redução dos custos de aplicação. Petri e Pola (1992) abordam a eficiência da cianamida hidrogenada associada ao óleo mineral na cultura da macieira. Neste caso, o uso do óleo mineral permite a redução das doses de cianamida hidrogenada, sendo esta a principal combinação de produtos utilizados na indução da brotação da macieira no Sul do Brasil (PETRI et al., 2006). Segundo Erez et al. (1980), o efeito do óleo mineral deve-se à condição anaeróbica temporária nas gemas, resultantes da privação de oxigênio pela cobertura de óleo, que leva à produção de etanol, substância responsável pela superação da dormência. O modo de ação da cianamida hidrogenada não é devidamente elucidado. Nir e Shulman (1984) e Shulman et al. (1986) sugerem que a indução da brotação é promovida pela elevação na concentração celular de peróxido de hidrogênio nos tecidos da gema, a qual induz processos bioquímicos de destruição do peróxido de hidrogênio produzido, culminado com a ativação do ciclo das pentoses.

Estudos desenvolvidos por Kuroda et al. (2002) mostraram que o conteúdo endógeno de peróxido de hidrogênio em gemas floríferas de pereira japonesa aumentou gradualmente com o avanço da superação da endodormência, não tendo sido verificada alteração dos níveis de peróxido de hidrogênio em gemas não expostas ao frio. Estes autores também observaram que aplicações de cianamida hidrogenada promoveram rápida brotação das gemas floríferas de pereira, associada ao aumento do conteúdo de peróxido de hidrogênio, sugerindo que aplicações exógenas de peróxido de hidrogênio podem aumentar o conteúdo endógeno desta substância e, assim, promover a indução da brotação das gemas. Kuroda et al. (2005) avaliaram a eficiência de diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio, aplicadas em gemas de pereiras 'Kosui', e constataram aumento da brotação de gemas devido à aplicação exógena da substância.

Em determinadas condições, a utilização de indutores de brotação é insatisfatória na maximização e uniformização da brotação, visto que somente parte do requerimento em frio das cultivares pode ser substituído por outros meios, como o uso de agentes químicos (FAUST et al., 1997). O conhecimento profundo do requerimento em frio, do momento de superação da dormência das cultivares e da ocorrência de frio na região de cultivo é necessário para a otimização do momento da aplicação de indutores de brotação (JACKSON, 2000), visto que os mesmos devem ser aplicados quando aproximadamente dois terços do requerimento em frio tiverem sido superados (EREZ, 2000). Em função da resposta diferenciada aos indutores de brotação ao longo do período de endodormência, Faust et al. (1997) a dividem em d-endodormência e s-endodormência. A d-endodormência refere-se ao período em que as gemas não apresentam a capacidade de brotar frente a estímulos externos, não sendo verificada resposta de indutores de brotação nesta fase. A s-endodormência é o estágio em que agentes químicos podem substituir o efeito do frio e, assim, induzir a brotação de gemas.

A época de aplicação dos indutores de brotação é um dos principais fatores a ser considerado para obtenção de índices de brotação satisfatórios. Segundo Erez (1995), aplicações de cianamida hidrogenada realizadas precocemente podem não promover os benefícios desejados na maximização da brotação, enquanto que aplicações tardias podem provocar fitotoxicidade às plantas, estimulando a queda de gemas. Em razão de algumas substâncias indutoras de brotação, quando aplicadas tardiamente, promoverem a queda de gemas, tais substâncias têm sido utilizadas como raleantes químicos, conforme abordado por Rodrigues et al. (1999) e Fallahi e Willemsen (2002).

Para Erez (2000), as principais características desejáveis em substâncias químicas são grande eficiência na indução da brotação, baixo custo de utilização e mínima toxicidade às plantas e ao ambiente. Apesar da existência de grande número de substâncias efetivas na indução da brotação, poucas são aceitas e utilizadas comercialmente, sendo o alto custo de utilização e a elevada toxicidade dos compostos os principais fatores restritivos. A necessidade de restringir cada vez mais o uso de substâncias sintéticas na condução dos pomares, preconizada pelos programas de Produção Integrada de Frutas, torna a questão da quebra química da dormência de plantas frutíferas um fator limitante para a atividade no Brasil (SANHUEZA et al., 2003). Frente à necessidade de se dispor de produtos com menor toxicidade e agressão ao meio ambiente, o desenvolvimento de novos compostos que possuam tais características, aliadas à eficiência na indução da brotação, é almejado (HAWERROTH et al., 2009).

Segundo Kubota et al. (1999), compostos voláteis contendo enxofre e um grupo alil, como o dialil dissulfito, presente no alho (*Allium sativum*), apresentam efetividade na indução da brotação de gemas.

Botelho (2007), avaliando diferentes indutores de brotação em região com baixo acúmulo de frio durante o período hibernar, verificou que a aplicação de extrato de alho promoveu aumento da brotação das gemas de macieiras 'Fuji', em relação às plantas não tratadas, porém apresentou resultados inferiores aos obtidos com a aplicação de cianamida hidrogenada e óleo mineral. Quando aplicado associadamente ao óleo mineral, o extrato de alho apresentou desempenho similar ao tratamento convencional de cianamida hidrogenada e óleo mineral na brotação de gemas de macieiras 'Fuji Kiku' e 'Royal Gala' (BOTELHO; MULLER, 2007a; 2007b), tendo a vantagem da menor toxicidade apresentada pelo extrato de alho, quando comparado à cianamida hidrogenada.

Trabalhos conduzidos por Petri (2005), Petri et al. (2008b) e Hawerth et al. (2009) apontam a combinação de Erger, composto à base de nitrogênio e nitrato de cálcio, como eficiente na indução da brotação de gemas de macieiras 'Fuji' e 'Gala', apresentado eficiência similar ao tratamento padrão com óleo mineral e cianamida hidrogenada utilizado no manejo da cultura da macieira.

Metodologias para avaliação da dormência

O conhecimento da dinâmica da indução, manutenção e superação da dormência de frutíferas temperadas conduzidas em regiões com clima tipicamente temperado é limitado, sendo ainda mais limitado em se tratando de regiões caracterizadas pela menor acumulação em frio. A importância dos estudos relacionados à dormência em frutíferas de clima temperado começou a intensificar-se com a exploração comercial destas espécies em regiões com menor disponibilidade de frio durante o período hibernar (JACKSON, 2003b), onde os problemas do não

atendimento do requerimento em frio começaram a se manifestar com maior frequência.

Apesar dos estudos desenvolvidos em vários aspectos fisiológicos da dormência, a caracterização da complexa rede de processos bioquímicos e celulares, responsáveis pela regulação e expressão da superação dormência, ainda não foi atingida (BORCHERT, 2000). O conhecimento dos mecanismos biológicos envolvidos na superação da dormência é crucial para manipulação da época de brotação (KEILIN et al., 2007), podendo contribuir para elaboração e melhoria de práticas culturais, de modo a atenuar os problemas decorrentes da falta de frio. Da mesma forma, o entendimento da interação entre fatores atuantes na dormência amplia a possibilidade de antever a época de término deste fenômeno, o que segundo Cesaraccio et al. (2004) é fundamental para avaliar a capacidade produtiva das plantas e possíveis efeitos de mudanças climáticas.

Em função da necessidade de elucidar os mecanismos fisiológicos que regem a dormência em frutíferas de clima temperado, assim como avaliar a influência de fatores ambientais sobre este processo, sobretudo para determinação da necessidade de frio de cultivares, vários métodos foram desenvolvidos no estudo da dormência. Dentre os métodos utilizados em estudos de dormência em frutíferas de clima temperado podem ser destacados os métodos empíricos e biológicos.

Métodos empíricos

Problemas relacionados à seleção de cultivares com requerimento em frio inadequado para determinada região podem afetar o potencial produtivo das plantas, sobretudo em condições climáticas com invernos amenos (RUIZ et al., 2007). Assim, o conhecimento do requerimento em frio das cultivares e do acúmulo de frio disponível em determinada região é imprescindível para minimização dos problemas decorrentes da escolha inadequada de cultivares, sendo a quantificação do frio

necessária para isso (EREZ, 2000).

Os métodos empíricos consistem na elaboração de modelos climáticos que relacionam o comportamento fenológico das plantas, quanto ao nível de brotação, com os dados climáticos de determinada região em estudo. Partindo deste princípio, diferentes modelos foram propostos para explicar a progressão da dormência, desde sua indução até a sua completa superação (FUCHIGAMI; WISNIEWISKI, 1997; FAUST et al., 1995). Diversas contribuições têm sido fornecidas por modelos que explicam as relações existentes entre a superação da dormência e a temperatura hibernal, sendo a temperatura o fator climático de maior relevância neste processo (RUIZ et al., 2007).

Um dos métodos mais utilizados para quantificar o requerimento em frio das frutíferas de clima temperado e contabilizar do acúmulo de frio durante o período hibernal é o somatório de horas abaixo de 7,2°C (WEINBERGER, 1950), não se considerando as temperaturas superiores a este limite. Eggert (1951) efetuou pequenas modificações no modelo de Weinberger (1950), contabilizando apenas as temperaturas compreendidas no intervalo entre 0 e 7,2 °C. O método de Weinberger (1950) ainda é amplamente utilizado, em razão da facilidade de cálculo, principalmente na caracterização de cultivares nos programas de melhoramento, embora seja um método de baixa precisão quando aplicado em regiões com baixa ocorrência de frio (LINSLEY-NOAKES et al., 1994). Segundo Erez (2000), os princípios de que o requerimento em frio é quantitativo e pode ser mensurado pela exposição a determinado número de horas de frio, e de que existe uma temperatura crítica abaixo da qual o frio é efetivo na dormência, são as principais contribuições estabelecidas pelo método de Weinberger (1950).

Em razão da constatação de que temperaturas acima de 7,2°C exercem influência na superação da dormência, sobretudo em espécies e cultivares de menor exigência em frio (COUVILLON; EREZ, 1985),

começou-se a questionar a forma com que um processo regulado por mudanças bioquímicas poderia estar relacionado a uma temperatura fixa. Assim, foram desenvolvidos modelos que relacionam a temperatura do ar com o término da dormência, os chamados modelos de unidades de frio (UF), propostos por Richardson et al. (1974) e Shaltout e Unrath (1983), que obtiveram desempenhos satisfatórios nos Estados Unidos da América para pessegueiros e macieiras nas regiões de Utah e Carolina do Norte, respectivamente. Estes modelos consistem basicamente da conversão de temperaturas horárias em unidades de frio (UF), sendo que as unidades são acumuladas diariamente até atingirem um total que teoricamente corresponde ao final da fase de dormência de uma determinada cultivar.

Fishman et al. (1987) desenvolveram em Israel o modelo dinâmico, baseados na hipótese de que a superação da dormência depende do nível de certos fatores indutivos à brotação acumulados através de duplo processo. A primeira parte do processo consiste na formação e destruição reversível do produto térmico intermediário, onde temperaturas baixas promovem a reação, enquanto que altas temperaturas favorecem a reversão da reação. Quando um nível crítico do produto intermediário é atingido, este é transferido irreversivelmente para a segunda porção do modelo, onde ocorre a acumulação de fatores para indução da brotação, não sendo degradado ou reduzido pelo efeito de temperaturas elevadas subsequentes (ALLAN, 2004)

Apesar da existência de um grande número de métodos para modelagem da dormência em espécies frutíferas, não existem modelos universais capazes de prever com precisão o momento de superação da dormência para várias espécies e para diversas condições ambientais (CESARACCIO et al., 2004). Segundo Finetto (2004a), a maioria dos modelos elaborados considera apenas o fator temperatura, embora existam evidências de que os fatores luz e precipitação também são efetivos na superação da dormência, sendo esta uma das razões para

a divergência nos resultados de caracterização do requerimento em frio de cultivares. Para Petri et al. (1996), a utilização de modelos matemáticos propicia um entendimento mais preciso da maneira como o frio afeta a superação da dormência, porém os mesmos devem ser adaptados para as particularidades de cada região.

Nas condições climáticas do Sul do Brasil, Ebert et al. (1986) avaliaram os modelos horas de frio abaixo de 7,2 °C, e os modelos de Utah (RICHARDSON et al., 1974) e Carolina do Norte (SHALTOUT; UNRATH, 1983). Não observaram desempenho satisfatório destes modelos, visto que, em determinados anos, modelos de unidades de frio apresentavam valores negativos para o acúmulo de frio durante o período hibernar. Linsley-Noakes et al. (1994) e Allan e Burnett (1995), avaliando o modelo de Utah nas condições sul-africanas, verificaram baixa precisão deste modelo em função da ocorrência de acúmulo negativo, principalmente em áreas com temperaturas superiores a 20°C durante o inverno. Segundo Erez (2000), os modelos de unidades de frio apresentam desempenho satisfatório em condições tipicamente temperadas, porém estes métodos apresentam-se falhos quando utilizados na predição do fim da dormência sob condições subtropicais. Em função disso, Ebert et al. (1986) realizaram modificações nos modelos de Utah (RICHARDSON et al., 1974) e Carolina do Norte (SHALTOUT; UNRATH, 1983), indicando o modelo Carolina do Norte Modificado como o mais ajustado às condições sul-brasileiras.

Linsley-Noakes et al. (1995) sugeriram modificações no modelo proposto por Fishman et al. (1987) após avaliá-lo na África do Sul, resultando no modelo denominado “unidades de frio positivas”. Segundo Linsley-Noakes et al. (1995), longos períodos com altas temperaturas durante o inverno não limitam somente a formação do produto intermediário como sugerido por Fishman et al. (1987), mas também podem ter efeito negativo sobre o acúmulo de fatores indutivos a brotação. Partindo desta hipótese, o modelo “unidades de

frio positivas” somente efetua a contabilização dos fatores indutivos a brotação no modelo quando for verificado acúmulo positivo em cada ciclo diário.

O desenvolvimento vegetativo, a produção e os atributos relacionados à qualidade dos frutos são geralmente bem descritos, porém as informações relacionadas ao comportamento fenológico das plantas e ao requerimento em frio e calor são geralmente escassas (VALENTINI et al., 2004). Além da pequena disponibilidade de informações referentes ao requerimento em frio das espécies e/ou cultivares, as informações existentes são muitas vezes contrastantes, visto que o requerimento em frio é frequentemente expresso em diferentes medidas, como horas de frio abaixo de 7,2C (WEINBERGER, 1950), unidades de frio (RICHARDSON et al., 1974; SHALTOUT; UNRATH, 1983) entre outros, tornando difícil sua utilização. Por esta razão, a introdução de novas cultivares, em regiões com condições climáticas diferentes de onde foram originadas, pode acarretar em problemas causados pelo não suprimento do requerimento em frio ou pela antecipação do florescimento (VALENTINI et al., 2004).

Segundo Fuchigami e Wisniewski (1997), um dos principais problemas relacionados à elaboração dos modelos de unidades de frio é o seu caráter não realista, em razão de não se considerar os processos fisiológicos das plantas em relação à dormência, determinando precisão para os modelos somente em condições climáticas similares àquelas em que foram desenvolvidos. Segundo esses autores, apesar dos avanços nas técnicas para identificação dos estádios de desenvolvimento e melhoria nos processos para elaboração de modelos aplicados a dormência, os métodos disponíveis para quantificação da dormência das gemas são escassos e pouco eficientes. Isso se justifica pela dificuldade de quantificar os eventos fisiológicos relacionados à dormência. Com o crescente interesse nos mecanismos de controle da dormência, o conhecimento dos padrões de resposta das plantas às temperaturas pode contribuir para o esclarecimento dos mecanismos

da dormência frente às diferentes condições ambientais (EREZ, 2000), possibilitando a elaboração de modelos precisos que considerem os processos fisiológicos. Para Fuchigami e Wisniewski (1997), a dormência das gemas pode ser alterada pelas práticas culturais e pelo ambiente de cultivo. O entendimento equivocado da forma com que estes fatores influenciam a dormência aplicada nos modelos pode reduzir a acurácia destes estudos.

Métodos biológicos

Segundo Dennis Junior (2003), a determinação precisa do requerimento em frio de espécies frutíferas em condições de campo é dificultada pelo grande número de fatores que interagem conjuntamente na dormência, como as variações diurnas de temperatura, a radiação solar e outros fatores que não podem ser controlados. Como forma de estudar a influência de cada fator ambiental atuante individualmente sobre a dormência, os estudos em condições controladas foram preconizados, sobretudo aqueles envolvendo o fator temperatura.

Os métodos biológicos são caracterizados pelo uso de material vegetal nas avaliações, objetivando a elucidação dos vários mecanismos relacionados à dormência. A utilização de material vegetal é imprescindível em estudos visando a estimar com maior nível de precisão o fenômeno da dormência, exigindo assim que o material vegetativo em avaliação represente com fidelidade a situação em campo. Existem muitas variações dos métodos biológicos, podendo-se utilizar plantas inteiras ou apenas partes destas, sendo as diferenças entre os métodos determinada pelos objetivos específicos de pesquisa. Dentre os métodos biológico, podem ser citados o uso de ramos destacados, teste de estacas de nós isolados, uso de plantas em vaso e uso de ramos enxertados.

Dennis Junior (2003) aborda dificuldades na compreensão da dormência associadas à falta de padronização de metodologias

utilizadas em estudos dessa natureza, resultando em informações muitas vezes contraditórias. Neste contexto, o autor sugere a realização de mais estudos de âmbito metodológico para subsequente padronização de metodologias, principalmente as relacionadas à determinação do requerimento em frio de espécies/cultivares.

O método biológico mais utilizado é o uso de ramos destacados, no qual se utilizam ramos com aproximadamente 15 cm destacados das plantas. Após a exposição às condições experimentais, submete-se o material vegetal a condições ideais ao desenvolvimento das gemas, quantificando a brotação. O uso de ramos destacados é utilizado principalmente em estudos para quantificação do requerimento em frio de cultivares (WEINBERGER, 1950; CITADIN et al., 2002). Um dos principais problemas relacionados ao uso de ramos destacados refere-se à limitação do tempo de avaliação decorrente da curta longevidade dos ramos. Citadin et al. (1998), utilizando ramos destacados de cultivares de pessegueiro, observaram problemas de conservação dos ramos, mesmo quando submetidos a diferentes substratos, mascarando o verdadeiro potencial de floração e brotação.

O teste de estacas de nós isolados (CHAMPAGNAT, 1983) utiliza porções dos ramos contendo apenas um nó com gemas, eliminando, assim, grande parte das inibições correlativas, submetendo-os a condições adequadas de crescimento (CITADIN et al., 2002), e obtendo a profundidade de dormência das gemas expressa pelo tempo médio para brotação. Segundo Balandier (1992), o teste de estacas de nós isolados é o único teste capaz de avaliar a profundidade de dormência intrínseca à gema, em razão de eliminar grande parte das inibições correlativas que atuam sobre a mesma, embora não consiga eliminar a inibição existente no eixo da gema que a une ao ramo. Champagnat (1983), Mauget e Rageau (1988) e Balandier (1992) fazem várias considerações em relação ao teste de estacas de nós isolados, expondo como principais limitações do método a impossibilidade de se avaliar

o crescimento e desenvolvimento das brotações. Os percentuais de brotação obtidos no teste de estacas de nós isolados muitas vezes apresentam valores superiores aos obtidos em outras metodologias, sobretudo em gemas axilares, o que é justificado pela eliminação de grande parte das inibições correlativas. Por essas razões, Champagnat (1983) não recomenda o teste de estacas de nós isolados em estudos para mensuração da necessidade de frio. Apesar disso, Herter et al. (2001), Putti et al. (2003a), Faquin et al. (2007) utilizaram este instrumento para determinação da necessidade de frio de cultivares de macieira. Os autores obtiveram baixos percentuais de brotação de gemas mesmo com alta exposição ao frio, indicando a necessidade de mais estudos referentes à metodologia para avaliação da exigência em frio.

A utilização de plantas conduzidas em vasos para estudos sobre a dormência, como realizado por Camelatto et al. (2000) e Silveira (2003), é limitada pela demanda de grande espaço para sua realização, elevando os custos em função da necessidade de grandes câmaras de crescimento climatizadas. Aliado a isso, as plantas em início de desenvolvimento, quando ainda no período de juvenilidade, não exibem a formação de gemas florais, assim como observado em plantas adultas, demandando muito tempo para superarem este período.

Trabalhos relacionados à dormência da cultura do pessegueiro, utilizando a metodologia "ramos enxertados" (SILVEIRA, 2003; CHAVARRIA et al., 2009), indicam que esse método é promissor em estudos de dormência. O método consiste em enxertar ramos produtivos da espécie de interesse em porta-enxertos previamente estabelecidos em solo ou substrato, podendo ser efetuada a submissão das plantas aos tratamentos de interesse após a completa soldadura no ponto de enxertia. São vantagens do método de uso de ramos enxertados: a capacidade de manter o material vegetativo em períodos mais longos de avaliação, devido à menor desidratação dos ramos

quando comparada aos ramos destacados, e a menor necessidade de espaço em relação às plantas conduzidas em vaso, que permite, em ambientes controlados, maximizar o número de tratamentos com a mesma área utilizada. Além disso, o uso de ramos produtivos permite avaliar com maior precisão a resposta de plantas adultas na dormência, demandando menor tempo para prepará-las para posterior submissão aos tratamentos, por não necessitar da superação do período de juvenilidade.

Wagner Júnior et al. (2006), objetivando avaliar o requerimento em frio de diferentes cultivares de pessegueiro, utilizou ramos produtivos enxertados no outono, obtendo resultados satisfatórios com a metodologia empregada. Dada à necessidade de métodos de fácil aplicabilidade, representatividade das condições naturais e rápida execução, a metodologia utilizando ramos enxertados pode constituir-se numa importante ferramenta em estudos de dormência em frutíferas de clima temperado. Porém, para aperfeiçoar essa metodologia, como sugerido por Marafon (2008), há a necessidade da realização de estudos específicos para cada espécie frutífera, levando em consideração a uniformidade e tipo de material vegetativo a ser utilizado, de forma a considerar o hábito de desenvolvimento vegetativo e de frutificação representativo de cada espécie ou cultivar em estudo.

Considerações finais

A dormência nas frutíferas de clima temperado tem impacto substancial na sobrevivência destas espécies em regiões tipicamente frias, afetando drasticamente o comportamento produtivo das plantas, sobretudo em regiões que não suprem essas necessidades fisiológicas em relação ao requerimento em frio. A temperatura insere-se como principal elemento climático relacionado à indução e superação da dormência, enquanto

que a ação do fotoperíodo é referida como variável entre espécies. Os fatores como luminosidade e precipitação pluviométrica são relevantes na dormência, porém a magnitude de seus efeitos ainda não é devidamente quantificada.

A regularidade de baixas temperaturas durante o período hibernar é fundamental para indução e adequada superação da dormência. O suprimento inadequado em frio para espécies de clima temperado determina a ocorrência de problemas relacionados à brotação, afetando o potencial produtivo destas espécies. Dentre as principais estratégias utilizadas para minimização dos problemas decorrentes do insuficiente acúmulo de frio, destacam-se a seleção e uso de cultivares de menor requerimento em frio, e o uso de substâncias químicas indutoras de brotação.

Neste sentido, o conhecimento dos princípios fisiológicos e dos fatores ambientais determinantes no fenômeno da dormência faz-se necessário para a eficiente seleção de cultivares para determinada região produtora, assim como para eficiente elaboração e adequação de práticas culturais para minimização dos problemas oriundos do insuficiente acúmulo de frio hibernar. Para tanto, o desenvolvimento de metodologias eficientes, que representem fielmente às condições de campo, torna-se imprescindível para a compreensão da dormência. Dentre as metodologias utilizadas em estudos para dormência, destacam-se os métodos empíricos e biológicos, existindo variações destas abordagens em função dos objetivos de cada estudo, podendo resultar em informações contraditórias, em razão da falta de padronização de metodologias (DENNIS JUNIOR, 2003).

Apesar dos grandes avanços obtidos nos estudos até então realizados, os mecanismos fisiológicos relacionados à dormência ainda não são claramente conhecidos. Para Arora et al. (2003), o profundo entendimento dos mecanismos de indução e superação da dormência

só será atingido com a realização de estudos multidisciplinares envolvendo as áreas de horticultura, fisiologia vegetal, bioquímica e genética, abrangendo conjuntamente estudos de campo em níveis de vegetal, celular e molecular.

Referências

ALBUQUERQUE, N.; BURGOS, L.; EGEA, J. Apricot flower bud development and abscission related to chilling, irrigation and type of shoots. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 98, p. 265-276, 2006.

ALLAN, P. Winter chilling in areas with mild winters: Its measurement and supplementation. **Acta Horticulturae**, Nauni, v. 662, p. 47-52, 2004.

ALLAN, P; BURNETT, M.J. Peach production in an area with low winter chilling. **Journal of Southern African Society for Horticultural Sciences**, v. 5, n.1, p.15-18, 1995.

ARMAS-REYES, R.; CÁRDENAS-SOLORIO, E.; RODRIGUEZ-ALCÁZAR, J. Conexión vascular y otros factores que influyen en la caída de yemas florales de chacabano. **Revista Chapingo, Chapingo**, v.12, n. 1, p. 33-39, 2006.

ARORA, R.; ROWLAND, L. J.; TANINO, K. Induction and release of bud dormancy in wood perennials: a science comes of age. **HortScience**, Alexandria, v.38, n.5, p.911-921, 2003.

BALANDIER, P. **Étude dynamique de la croissance et du développement des bourgeons de quelques cultivars de pêcher cultivés à diverses**

altitudes sous le climat tropical de l'île de la Réunion. 1992. 82f. Thèse (Doctorat Physiologie Végétale) - Université Blaise Pascal, Clermont Ferrand, 1992.

BONHOMME, M. **Physiologie des bourgeons végétatifs et floraux de pêcher dans deux situations thermiques contrastées pendant la dormance: capacité de croissance, force de puits et repartition des glucides.** Clermont-Ferrand - France, 2004, 114 p. Thèse - Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand II, 1998.

BONHOMME, M.; RAGEAU, R.; GENDRAUD, M. ATP, ADP and NTP contents in vegetative and floral peach buds during winter: are they useful for characterizing the type of dormancy? In: VIÉMONT, J. D.; CRABBÉ, J. (Ed.) **Dormancy in plants: from whole plant behaviour to cellular control.** New York: CABI Publishing, 2000. p. 245-257.

BONHOMME, M.; RAGEAU, R.; LACOINTE, A.; GENDRAUD, M. Influences of cold deprivation during dormancy on carbohydrate contents of vegetative and floral primordia in nearby structures of peaches buds (*Prunus persica* L. Batsch). *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v.105, p. 223-240, 2005.

BORCHERT, R. Organismic and environmental controls of bud growth in tropical trees. In: VIÉMONT, J. D.; CRABBE, J. (Ed.) **Dormancy in plants: from whole plant behavior to cellular control.** New York: CABI Publishing, 2000. p. 87-108.

BOTELHO, R. V. Efeito do extrato de alho na quebra de dormência de macieiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 403-405, 2007.

BOTELHO, R. V.; MULLER, M. M. L. Evaluation of garlic extract on bud dormancy release of Royal Gala apple trees. **Australian Journal of**

Experimental Agriculture, East Melbourne, v. 47, n. 6, p. 738-741, 2007a.

BOTELHO, R. V.; MULLER, M. M. L. Extrato de alho como alternativa na quebra de dormência de gemas em macieiras. cv. Fuji Kiku. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 37-41, 2007b.

CAMELATTO, D.; NACHTIGALL, G. R.; ARRUDA, J. J. P.; HERTER, F. G. Efeito de flutuações de temperatura, horas de frio hibernal e reguladores de crescimento no abortamento floral de gemas de pereira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 22, p. 111-117, 2000.

CESARACCIO, C.; SPANO, D.; SNYDER, R. L.; DUCE, P. Chilling and forcing model to predict bud-burst of crop and forest species. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 126 p. 1–13, 2004.

CHAMPAGNAT, P. Bud dormancy, correlation between organs, and morphogenesis in woody plants. **Fiziologiya Rastanii**, Moxow, v. 30, p. 458-471, 1983.

CHANG, H.; LIN, C. The application of cyanamide for termination of dormancy in 'Shyjou' persimmon with in vitro cutting test and field test. **Gartenbauwissenschaft**, Stuttgart, v. 54, n. 1, p. 30-33, 1989.

CHAVARRIA, G.; HERTER, F.G.; RASEIRA, M.C.B. Effect of mild temperatures on bud breaking dormancy in low and medium chill peaches. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2016-2021, 2009.

CITADIN, I.; BASSANI, M. H; DANNER, M. A.; MAZARO, S. M.; GOUVÊA, A. Uso de cianamida hidrogenada e óleo mineral na floração, brotação e produção do pessegueiro 'Chiripá'. **Revista Brasileira de**

Fruticultura, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 32-35, 2006.

CITADIN, I.; RASEIRA, M. C. B.; HERTER, F. G.; SILVEIRA, C. A. P. Avaliação da necessidade de frio em pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 703-706, 2002.

CITADIN, I.; RASEIRA, M. C. B.; QUEZADA, A. C. Substrato para conservação de ramos destacados de pessegueiro, (*Prunus persica* L. Batsch.). **Agropecuária Clima Temperado**, Pelotas, v. 1, n. 1, p. 61-66, 1998.

CITADIN, I.; RASEIRA, M. C. B.; QUEZADA, A. C.; SILVA, J. B. Herdabilidade da necessidade de calor para a antese e brotação em pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n. 1, p. 119-123, 2003.

CLAPHAM, D.; DORMLING, I.; EKBERG, I.; ERIKSSON, G.; QAMARUDDIN, M.; VINCE-PRUE, D. Latitudinal cline of requirement for far-red light for the periodic control of bud set and extension growth in *Picea abies* (Norway spruce). **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 102, p. 71-78, 1998.

CLAPHAM, D.; EKBERG, I.; ERIKSSON, G.; NORELL, L.; VINCE-PRUE, D. Requirement for far-red light to maintain secondary needle extension in northern, but not southern populations in *Pinus sylvestris* (Scots pine). **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 114, p. 207-212, 2002.

COOK, N.; JACOBS, G. Progression of apple (*Malus x domestica* Borkh.) bud dormancy in two mild winter climates. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Ashford, v.275, p. 233-236, 2000.

COUVILLON, G. A.; FINARDI, N.; MAGNANI, M.; FREIRE, C. Rootstock

influences the chilling requirement of `Rome Beauty` apple in Brazil. **HortScience**, Alexandria, v. 19, n. 2, p. 255-256, 1984.

COUVILLON, G. A; EREZ, A. Effect of level and duration of high temperatures on rest in the peach. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v.110, p. 579-581, 1985.

CRONJÉ, P. J. R.; JACOBS, G.; COOK, N. Pruning affects the development of correlative phenomena among lateral shoots in dormant two-year-old 'Royal Gala' apple branches. **HortScience**, Alexandria, v.39, n.5, p. 965-968, 2004.

DENNIS JUNIOR, F. G. Problems in standardizing methods for evaluating the chilling requirements for the breaking of dormancy in buds of woody plants. **HortScience**, Alexandria, v.38, n.3, p. 347-350, 2003.

DOKOOZLIAN, N. K.; WILLIAMS, L. E.; NEJA, R. A. Chilling exposure and hydrogen cyanamide interact in breaking dormancy of grape buds. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 6, p. 1244-1247, 1995.

EBERT, A.; PETRI, J. L.; BENDER, R. J.; BRAGA, H. J. First experiences with chill units models in southern Brazil. **Acta Horticulturae**, Hague. v. 184, p. 89-96, 1986.

EGEA, J.; ORTEGA, E.; MARTÍNEZ-GOMES, P.; DICENTA, F. Chilling and heat requirements of almond cultivars for flowering. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 50, n. 3, p. 79-85, 2003.

EGGERT, F. P. A study a rest varieties of apple and in other fruit species grow in New York State. **Proceedings of American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 51, p. 169-178, 1951.

EREZ, A. Bud dormancy; phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics. In: EREZ, A. **Temperate Fruit Crops in Warm Climates**. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. p 17-48.

EREZ, A. Means to compensate for insufficient chilling to improve leafing and blooming. **Acta Horticulturae**, Kyoto, v.395, p. 81-95, 1995.

EREZ, A.; COUVILLON, G. A. Characterization of the influence of moderate temperatures on rest completion in peach. **Journal of the American Society for Horticultural Science, Mount Vernon**, v. 112, p. 677-680, 1987.

EREZ, A.; COUVILLON, G. A. Evaporative cooling to improve rest breaking of nectarine buds by counteracting high daytime temperatures. **HortScience**, Alexandria, v. 18, p. 480-481, 1983.

EREZ, A.; COUVILLON, G. A.; KAYS, S. J. The effect of oxygen concentration on the release of peach leaf buds from rest. **HortScience**, Alexandria, v. 15, p.39-41, 1980.

EREZ, A.; FISHMAN, S.; GAT, Z.; COUVILLON, G. A. Evaluation of winter climate for break bud rest using the dynamic model. **Acta Horticulturae**, Florianopolis, v. 232, p. 76-89, 1988.

FALLAHI, E.; WILLEMSSEN, K. M. Blossom thinning of pome and stone fruit. **HortScience**, Alexandria, v.37, n.3, p. 474-476, 2002.

FAUST, M.; EREZ, A.; ROWLAND, L. J.; WANG, S. Y.; NORMAN, H. A. Bud dormancy in perennial fruit trees: Physiological basis for dormancy induction, maintenance and release. **HortScience**, Alexandria, v. 32, n. 4, p. 623-629, 1997.

FAUST, M.; LIU, D.; WANG, S. Y.; STUTTE, G. W. Involvement of apical dominance in winter dormancy of apple buds. **Acta Horticulturae**, Kyoto, v. 395, 47–56, 1995.

FENNELL, A. Systems and approaches to studying dormancy: introduction to the workshop. **HortScience**, Alexandria, v. 34, p. 1172-1173, 1999.

FENNELL, A.; MATHIASON, K.; LUBY, J. Genetic segregation for indicators of photoperiod control of dormancy induction in *Vitis* species. **Acta Horticulturae**, v. 689, p.533-540, 2005.

FINETTO, G. A. Investigation of the effects of light and rain on overcoming of dormancy in some apple cultivars. **Acta Horticulturae**, Nauni, v. 662, p. 93-100, 2004a.

FINETTO, G. A. The behavior of some apple rootstocks in relation to the chilling requirement. **Acta Horticulturae**, Nauni, v. 662, p. 245-251, 2004b.

FISHMAN, S.; EREZ, A.; COUVILLON, G. A. The temperature dependence of dormancy breaking in plants: Two-step model involving a co-operative transition. **Journal of Theoretical Biology**, London, v. 124, p. 473-483, 1987.

FUCHIGAMI, L. H.; WISNIEWISKI, M. Quantifying bud dormancy: physiological approaches. **HortScience**, Alexandria, v. 32, n. 4, p. 618-623, 1997.

GARNER, W. W.; ALLARD, H. A. Further studies in photoperiodism, the response of the relative length of day and night. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 23, p. 871-920, 1923.

GEORGE, A. P.; BROADLEY, R. H.; NISSEN, R. J.; WARD, G. Effects of new rest-breaking chemicals on flowering, shoot production and yield of subtropical tree crops. **Acta Horticulturae**, Cairns, v. 575, p. 835-840, 2002.

GEORGE, A. P.; EREZ, A. **Stone fruit species under warm subtropical and tropical climates**. In: EREZ, A. *Temperate Fruit Crops in Warm Climates*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 231-266.

HAUAGGE, R.; BRUCKNER, C. H. Macieira In: BRUCKNER, C. H. **Melhoramento de fruteiras de clima temperado**. Viçosa: UFV, 2002. p. 27-88.

HAUAGGE, R.; CUMMINS, J. N. Genetics of length of dormancy period in *Malus* vegetative buds. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 116, p.121-126, 1991.

HAUAGGE, R.; CUMMINS, J. N. Pome fruit genetic pool for production in warm climates. In: EREZ, A. **Temperate Fruit Crops in Warm Climates**. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. p 267-303.

HAWERROTH, F. J. **Dormência de gemas sob influência da temperatura durante o período hibernal e resposta produtiva da macieira pelo uso de indutores de brotação**. 2009, 123f. Dissertação. (Mestrado em Agronomia Fruticultura de Clima Temperado) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2009.

HAWERROTH, F. J.; PETRI, J. L.; HERTER, F. G.; LEITE, G. B.; LEONETTI, J. F.; MARAFON, A. C.; SIMÕES, F. Fenologia, brotação de gemas e produção de frutos de macieira em resposta à aplicação de cianamida hidrogenada e óleo mineral. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.4,

p. 961-971, 2009.

HEIDE, O. M. Interaction of photoperiod and temperature in the control of growth and dormancy of *Prunus* species. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 115, p. 309-314, 2008.

HEIDE, O. M.; PRESTUD, A. K. Low temperature, but not photoperiod, controls growth cessation and dormancy induction and release in apple and pear. **Tree Physiology**, Victoria, v. 25, p.109-114, 2005.

HERTER, F. G.; MACHADO, L. B.; OLIVEIRA, M. F.; SILVA, J. B. Efeito do frio na brotação de gemas de pereira (*Pyrus communis* L.) cv. Carrick, em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 261-264, 2001.

JACKSON, J. E. Apple production at low latitudes. In: EREZ, A. **Temperate Fruit Crops in Warm Climates**. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. p 305-342.

JACKSON, J. E.; BEPETE, M. The effect of hydrogen cyanamide (Dormex) on flowering and cropping of different apple cultivars under tropical conditions of sub-optimal winter chilling. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 60, p. 293-304, 1995.

JACKSON. J. E. Mechanisms of rootstocks and interstock effects on scion vigour. In: JACKSON, J. E. **Biology of apples and pears**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003a. p. 141-156.

JACKSON. J. E. The shoot system. In: JACKSON, J. E. **Biology of apples and pears**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003b. p. 157-211.

JACOBS, J. N.; JACOBS, G.; COOK, N. Chilling period influences the

progression of bud dormancy more than does chilling temperature in apple and pear shoots. **Journal of Horticultural Science e Biotechnology**, Ashford, v. 77, p. 333-339, 2002.

KEILIN, T.; PANG, X.; VENKATESWARI, J.; HALALY, T.; CRANE, O.; KEREN, A.; OGRODOVITCH, A.; OPHIR, R.; VOLPIN, H.; GALBRAITH, D.; OR, E. Digital expression profiling of a grape-bud EST collection leads to new insight into molecular events during grape-bud dormancy release. **Plant Science**, Limerick, v. 173, p. 446-457, 2007.

KUBOTA, N.; YASUSHI, Y.; KOJI, T.; KAZUYOSHI, K.; TESUO, H.; SHOJI, N. Identification of active substances in garlic responsible for breaking bud dormancy in grapevines. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Kyoto, v. 68, p. 1111-1117, 1999.

KURODA, H.; SUGIURA, T.; ITO, D. Changes in hydrogen peroxide content in flower buds of Japanese pear (*Pyrus pirifolia* Nakai) in relation to breaking of endodormancy. **Journal of Japanese Society for Horticultural Science**, Tokyo, v. 71, p. 610-616, 2002.

KURODA, H.; SUGIURA, T.; SUGIURA, H. Effect of hydrogen peroxide on breaking endodormancy in flower buds of Japanese pear (*Pyrus pirifolia* Nakai). **Journal of Japanese Society for Horticultural Science**, Tokyo, v. 74, p. 255-257, 2005.

LANG, G. A.; EARLY, J. A.; ARROYAVE, N. J.; DARNELL, R. L.; MARTIN, G. C.; STUTTE, G. W. Dormancy: toward a reduced universal terminology. **HortScience**, Alexandria, v.20, p. 809-811, 1985.

LANG, G. A.; EARLY, J. A.; MARTIN, G. C.; DARNELL, R. L. Endo-, para-, ecodormancy: Physiological terminology and classification for dormancy research. **HortScience**, Alexandria, v.22, n.3, p. 371-377, 1987.

LEGAVE, J. M.; GARCÍA, G.; MARCO, F. Some descriptive aspects of drops process of flower buds, or young flowers observed on apricot tree in south of France. **Acta Horticulturae**, Bucharest, v. 121, p. 75-83, 1982.

LEITE, G. B. Evolução da dormência e heterogeneidade da brotação In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 8., 2005, Fraiburgo. **Anais...Caçador: Epagri**, v.1 (Palestras), 2005. p. 269-275.

LEITE, G. B. **Evolution des Etats des Bourgeons et de leur hétérogénéité Le Long Du Rameau d'un de pêcher sous différents régimes de températures après l'installation de l'endodormance**. 2004, 168f. Thèse. Université Blaise Pascal – Clermont-Ferrand II, 2004.

LI, C.; JUNTILA, O.; PALVA, E. T. Environmental regulation and physiological basis of freezing tolerance in woody plants. **Acta Physiologiae Plantarum**, Berlin, v. 26, p. 213-222, 2004.

LINSLEY-NOAKES, G. C.; ALLAN, P.; MATTHEE, G. Modification of rest completion models for improved accuracy in South African stone fruit orchards. **Journal of Southern African Society for Horticultural Sciences**, v. 4, n.1, p. 13-15, 1994.

LINSLEY-NOAKES, G. C.; LOUW, M.; ALLAN, P. Estimating daily positive Utah chill units using daily maximum and minimum temperatures. **Journal of Southern African Society for Horticultural Sciences**, v. 5, n.1, p. 19-22, 1995.

LOMBARD, .P. J.; COOK, N. C.; BELLSTEDT, D. U. Endogenous cytokinin levels of table grape vines during spring budburst as influenced by hydrogen cyanamide application and pruning. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 109, p. 92-96, 2006.

MAHROUS, H. A. H.; EL-FAKHRANI, E. M. M. Effect of some dormancy breaking agents on productivity, fruit quality and powdery mildew severity of apricot. **Acta Horticulturae**, v.701, p.659-664, 2006.

MARAFON, A. C. **Metabolismo de carboidratos, conteúdo de água e necrose floral em pereira (Pyrus sp.) em condições de falta de frio.** 2003, 82p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, 2008.

MAUGET, J.C.; RAGEAU, R. Bud dormancy and adaptation of apple tree to mild winter climates. **Acta Horticulturae**, Florianopolis, v. 232, p.101-108, 1988.

NAOR, A.; FLAISHMAN, M.; STERN, R.; MOSHE, A.; EREZ, A. Temperature effects on dormancy completion of vegetative buds in apple. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 128, n. 5, p. 636-641, 2003.

NIR, G.; KLEIN, I.; LAVEE, S. Improving grapevine budbreak and yields by evaporative cooling. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.103, n.4, p.512-517, 1988.

NIR, G.; SHULMAN, Y. The involvement of catalase in the dormancy of grapevine buds. In: **Bud dormancy in grapevines: potential and practical uses of hydrogen cyanamide on grapevines.** Davids: University of California, 1984. p. 40-43.

NITSCH, J. P. Photoperiodism in woody plants. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 70, p. 526-544, 1957.

NUNES, J. L. S.; MARODIN, G. A. B.; SARTORI, I. A. Cianamida hidrogenada, thidiazuron e óleo mineral na quebra de dormência e na

produção do pessegueiro cv. Chiripá. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n.3, p. 493-496, 2001.

OLSEN, J. E. Mechanisms of dormancy regulation. **Acta Horticulturae**, Saltillo, v. 727, p. 157-166, 2006.

PASQUAL, M.; PETRI, J. L. **Quebra de dormência em frutíferas de clima temperado**. Informativo Agropecuário, Belo Horizonte, v.11, n. 124, p.56-62, 1985.

PETRI J. L.; PALLADINI, L. A.; SCHUCK, E.; DUCROQUET, J. P. H. J.; MATOS, C. S.; POLA, A. C. **Dormência e indução da brotação em fruteiras de clima temperado**. Florianópolis: EPAGRI, 1996. 110p. (EPAGRI. Boletim Técnico, 75)

PETRI, J. L.; POLA, A. C. Influência de temperaturas baixas e altas na eficiência do óleo mineral mais cianamida hidrogenada na quebra de dormência da macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 14, n. 1, p. 133-136, 1992.

PETRI, J. L. Alternativas para quebra de dormência em fruteiras de clima temperado. In: Encontro Nacional Sobre Fruticultura de Clima Temperado, 8., 2005, Fraiburgo. **Anais...** Caçador: Epagri, vol.1(Palestras), 2005. p.125-133.

PETRI, J. L.; HAWERROTH, F. J.; LEITE, G. B. Fenologia de espécies silvestres de macieira como polinizadoras das cultivares Gala e Fuji. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 868-874, 2008a.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B. Consequences of Insufficient Winter Chilling on Apple Tree Bud-break. **Acta Horticulturae**, Brugge, v. 662, p. 53-60, 2004.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B.; PUTTI, G. L. Apple tree budbreak promoters in mild winter conditions. **Acta Horticulturae**, Seoul, v. 774, p. 291-296, 2008b.

PETRI, J. L.; PALLADINI, L. A.; POLA, A. C. Dormência e indução a brotação em macieira. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis, 2006. p. 261-297.

POWELL, L. E. Hormonal aspects of bud and seed dormancy in temperate zone woody plants. **HortScience**, Alexandria, v. 22, p. 845-850, 1987.

PUTTI, G. L.; PETRI, J. L.; MENDEZ, M. E. Efeito da intensidade de frio no tempo e percentagem de gemas brotadas em macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 199-202, 2003a.

PUTTI, G. L.; PETRI, J. L.; MENDEZ, M. E. Temperaturas efetivas para a dormência da macieira (*Malus domestica*, Borkh). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 210-212, 2003b.

RASEIRA, M. C. B; NAKASU, B. H. Pessegueiro. In: BRUCKNER, C. H. **Melhoramento de fruteiras de clima temperado**. Viçosa: UFV, 2002, p. 89-126.

RICHARDSON, E. A.; SEELEY, S. D.; WALKER, D. R. A model for estimating the completion of rest for Redhaven and Elberta peach trees. **HortScience**, Alexandria, v. 9, p. 331-332, 1974.

RODRIGUES, A. C. FERRI, V. C.; SCHWARTZ, E.; FACHINELLO, J. C. Cianamida hidrogenada no raleio químico de flores e frutos de pessegueiros (*Prunus persica* L. Batsch) cv. Eldorado. **Ciência Rural**, Santa Maria v. 29, n.4, p. 625-628, 1999.

RUIZ, D.; CAMPOY, J. A.; EGEE, J. Chilling and heat requirements of apricot cultivars for flowering. **Environmental and Experimental Botany**, v.61, p. 254-263, 2007.

SANHUEZA, R. M. V.; ANDRIGUETO, J. R.; KOSOSKI, A. R. Situação atual da produção integrada de frutas no Brasil. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS, 5., Bento Gonçalves, 2003; MELO, G. W. B.; SEBEN, S. S. (Eds.). **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa-CNPV, 2003. p.23-25.

SAURE, M. C. Dormancy release in deciduous fruit trees. **Horticultural Reviews**. Westport, v. 7, p. 239-299, 1985.

SCORZA, R.; OKIE, W. R. Peaches (*Prunus persica* L. Batsch). **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 290, p. 177-231, 1990.

SHALTOOT, A. D.; UNRATH, C. R. Rest completion prediction model for 'Starkrimson Delicious' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 108, n. 6, p. 957-961, 1983.

SHULMAN, Y.; NIR, G.; LAVEE, S. Oxidative processes in bud dormancy and the use of hydrogen cyanamide in breaking dormancy. **Acta Horticulturae**, The Hague, v.179, p.141-148, 1986.

SILVEIRA, C. A. P. **Avaliação do efeito das horas de frio, épocas de aplicação e concentrações de cianamida hidrogenada e óleo mineral na brotação, floração e frutificação efetiva de pessegueiro em condições de inverno subtropical**. 2003, 89p. Tese (Doutorado em Agronomia Fruticultura de Clima Temperado) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2003.

SPIEGEL-ROY, P.; ALSTON, F. H. Chilling and post-dormant heat requirement as selection criteria for late-flowering pears. **Journal of**

Horticultural Science, Ashford, v. 54, p. 115-120, 1979.

STAFSTROM, J. P. Regulation of growth and dormancy in pea axillary buds. In: VIÉMONT, J.-D.; CRABBÉ, J. (Ed.). **Dormancy in plants: from whole plant behaviour to cellular control**. Cambridge: University Press, 2000. p.331-346.

VALENTINI, N.; ME, G.; FERRERO, R.; SPANNA, F. Use of bioclimatic indexes to characterize phenological phases of apple varieties in northern Italy. **International Journal of Biometeorology**, Berlin, v.45, n.4, p. 191-195, 2001.

VALENTINI, N.; ME, G; SPANNA, F.; LOVISETTO, M. Chilling and heat requirement in apricot and peach varieties. **Acta Horticulturae**, Toronto, v. 636, p. 199-203, 2004.

WAGNER JÚNIOR, A.; BRUCKNER, C. H.; PIMENTEL, L. D.; RASEIRA, M. C. B. Evaluation of chilling requirement in peach through grafted twigs. **Acta Horticulturae**, Santiago, v. 713, p. 243-246, 2006.

WEINBERGER, J. H. Chilling requirements of peach varieties. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 56, p. 122-128, 1950.

WESTWOOD, M. N.; BJORNSTAD, H. D. Winter rainfall reduces rest period of apple and pear. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 103, n.1, p.142-144, 1978.

WILLIAMSON, J. G.; KREWER, G.; MAUST, B. E.; MILLER, E. P. Hydrogen cyanamide accelerates vegetative budbreak and shortens fruit development period of blueberry. **HortScience**, Alexandria, v. 37, n. 3, p. 539-542, 2002.

YOUNG, E.; WERNER, D. J. Chilling unit and growing hour requirements for vegetative bud break in six apple rootstocks. **Journal of the American for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 110, n. 3, p. 411-413, 1985.

ZELLEKE, A.; KLIEWER, W. M. The effects of hydrogen cyanamide on enhancing the time and amount of budbreak in young grape vineyards. **American Journal of Enology and Viticulture**. v. 40, p. 47-51, 1989.