

REVISÃO

REPRODUÇÃO DO PESSEGUEIRO: EFEITO GENÉTICO, AMBIENTAL E DE MANEJO DAS PLANTAS¹GILMAR ANTÔNIO NAVA², GILMAR ARDUINO BETTIO MARODIN³,
RINALDO PIRES DOS SANTOS⁴

RESUMO- Há uma grande carência de pesquisas e literatura no Brasil sobre a reprodução do pessegueiro. A presente revisão de literatura aborda e confronta inúmeros resultados de pesquisas acerca dos principais fatores envolvidos na reprodução dessa frutífera, com o intuito de subsidiar futuras pesquisas que visam ao melhor entendimento e/ou à solução de problemas associados à sua reprodução. Através da presente revisão, foi possível verificar que o processo de fixação de frutos se mostra complexo para algumas cultivares, sendo dependente da passagem, com êxito, por cada estágio fenológico. Com isso, a habilidade dos técnicos e produtores em integrar os fatores porta-enxerto, cultivar, ambiente e manejo das plantas é crucial para o sucesso no cultivo dessa espécie frutífera.

Termos para indexação: reprodução, pessegueiro, genética, ambiente, manejo.

PEACH REPRODUCTION: GENETIC, ENVIRONMENT, AND CULTURAL PRACTICES EFFECT

ABSTRACT – In Brazil there is a great lack of studies and literature about the peach reproduction. The present review discusses a lot of research results regarding the main factors involved in the reproduction of this species, and it has the intention to help future researches that aims to understand or to resolve the problems associated with the reproduction of the peach tree. By this review it was possible to verify that the process of fruit set is complex for some cultivars and highly dependent on each phenological stage. The ability of the professionals and producers to integrate the factors rootstocks, variety, environment and adequate cultural practices is very important for a successful peach tree production.

Index terms: reproduction, peach, genetic, environment, cultural practices.

INTRODUÇÃO

O coeficiente de herdabilidade para produtividade em pessegueiros é da ordem de 0,08 (Hansche, 1986), ou seja, de 8%. Este fator demonstra que o sucesso na frutificação e produção dessa espécie é dependente, sobretudo, das condições de manejo e de ambiente circundante do pomar. Assim sendo, a frutificação e a produção da maioria das plantas frutíferas temperadas, incluindo o pessegueiro, estão associadas, num primeiro momento, ao desenvolvimento adequado das gemas florais. Com isso, os manejos nutricionais e fitossanitários das plantas após a colheita, bem como condições ambientais adequadas para superação da dormência das plantas são fundamentais. Num segundo momento, condições meteorológicas favoráveis para a abertura das gemas, polinização e

fecundação das flores são cruciais.

Problemas de “fixação” de frutos não são muito comuns em pessegueiros. De maneira geral, a frutificação é abundante, havendo necessidade de realização de raleio intenso, para promover o desenvolvimento satisfatório de um número adequado de frutos por planta, que é variável principalmente em função da idade, porte e do estado nutricional das plantas. Entretanto, nos últimos anos, algumas cultivares de pessegueiros, nectarineiras e ameixeiras vêm apresentando baixa frutificação e/ou irregularidade de produção, em distintos locais da região Sul do Brasil. Dentre elas, podem ser citadas as cultivares de pessegueiro Granada e Riograndense (Nava, 2007).

Na cultivar de pessegueiro Granada, vêm-se observando, na maioria dos anos, baixas taxas de frutificação efetiva. Este fenômeno já foi constatado

¹(Trabalho 235-08). Recebido em 15-09--2008. Aceito para publicação em: 23-06-2009. Parte da tese de doutorado do primeiro autor. Desenvolvido com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

²Eng. Agr. Dr., Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus de Dois Vizinhos – e-mail: gilmarlava@utfpr.edu.br

³Eng. Agr. Dr., Professor do Dep. Horticultura e Silvicultura, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre-RS.

⁴Biólogo, Dr. Professor do Departamento de Botânica, Instituto de Biociências, UFRGS, Porto Alegre-RS.

na região produtora de Pelotas-RS e, principalmente, em pomares comerciais na região metropolitana de Porto Alegre-RS. Nos anos de baixa produção, ocorre um pequeno percentual de fixação de frutos, mesmo as plantas florescendo abundantemente e apresentando flores com morfologia externa aparentemente normal (Nava, 2007).

Esse problema foi motivo de recente investigação (Nava, 2007), que vivenciou dificuldades para encontrar bibliografia específica para dar suporte ao estudo, fator que motivou o mesmo a publicar essa revisão de literatura. Nesta revisão de literatura, abordam-se os principais fatores envolvidos na reprodução do pessegueiro, através do confronto e discussão de inúmeros resultados de pesquisas obtidos no Brasil e no exterior, com o intuito de subsidiar futuras pesquisas que visem ao melhor entendimento e/ou a solução de problemas associados à reprodução do pessegueiro, além de outras frutíferas.

DESENVOLVIMENTO DAS GEMAS FLORAIS

As etapas que conduzem à formação das flores do pessegueiro são: indução, iniciação ou diferenciação floral, desenvolvimento floral e maturação dos gametas.

A indução floral no pessegueiro inicia-se no verão, depois de uma etapa de intenso crescimento vegetativo (Monet & Bastard, 1970). Caracteriza-se por mudanças metabólicas, que induzem a diferenciação das gemas do estágio vegetativo ao reprodutivo (Jraidi, 1983).

A iniciação ou diferenciação floral é caracterizada por modificações morfológicas do meristema apical caulinar, o que se transforma irreversivelmente em um meristema apical floral (Monet & Bastard, 1970). Nas condições climáticas do Brasil, essa etapa ocorre entre dezembro e janeiro (Barbosa, 1990), dependendo da região. No Sul do Brasil, a diferenciação morfológica do órgão floral inicia-se, em geral, em meados do verão (janeiro-fevereiro) (Sachs & Campos, 1998).

Muitos fatores interferem na formação das gemas florais, entre os quais a relação carbono/nitrogênio (C/N), o balanço hormonal, o estado nutricional, as condições ambientais, a idade e o manejo das plantas (Childers, 1983). Para Ryugo (1988), os principais fatores são: poda, a combinação porta-enxerto/copa, a adubação nitrogenada e o arqueamento de ramos.

Segundo Brown (1958), longos períodos de estresse hídrico promoveram redução do número de gemas florais em damasqueiros cv. Royal, atraso

no período de diferenciação e desenvolvimento das gemas florais. Por sua vez, Albuquerque et al. (2003) observaram que o desenvolvimento de gemas florais de damasqueiro não foi afetado por deficiência no suprimento de água, no outono e inverno. Estudo realizado com o pessegueiro 'Granada' sob estufa mostrou que, em condições de potenciais matriciais de água no solo, na ordem de -0,09 MPa, a 20cm de profundidade, o desenvolvimento final das gemas florais e a frutificação não foram afetados (Nava, 2007).

Temperaturas superiores a 25°C também são prejudiciais na diferenciação das gemas florais de pessegueiros. Durante a iniciação floral, os primórdios são tolerantes a temperaturas moderadas. Durante o lento crescimento do primórdio floral (período de dormência de gemas), os primórdios possuem alta sensibilidade a temperaturas moderadas. Na etapa de rápido crescimento dos primórdios florais, sob temperatura moderada, os primórdios possuem alta sensibilidade às baixas temperaturas (Monet & Bastard, 1971).

MORFOLOGIA FLORAL E EMBRIOLOGIA DO PESSEGUEIRO

As flores do pessegueiro são perfeitas, completas, períginas e, geralmente, com um único pistilo, com um ovário, pubescente, súpero e unicarpelar. O androceu, formado por 30 estames ou mais, está protegido por um perianto composto por um cálice com cinco sépalas e uma corola com cinco pétalas arrançadas alternadamente, na maioria das cultivares. Os filetes dos estames são longos e delgados, suportando anteras tetrasporangíadas de coloração amarelada a amarelo-avermelhada (Sachs & Campos, 1998).

Na maioria das espécies do gênero *Prunus*, é comum haver diferenciação e desenvolvimento de dois óvulos anátropos no interior do ovário. Um deles, normalmente o secundário, aborta algum tempo depois da polinização, ocorrendo somente a fecundação da oosfera do óvulo primário (Pimenta & Polito, 1982; Sachs & Campos, 1998).

O saco embrionário (ou gametófito feminino) do tipo *Polygonum*, monospórico, é formado a partir de uma única célula haploide da tétrade de megásporos originada da meiose da célula-mãe de megásporo. Esse megásporo viável, após três mitoses acitocinéticas sucessivas, origina uma célula com oito núcleos (saco embrionário imaturo). Com a polarização e celularização, três dos oito núcleos organizam-se no polo micropilar, formando as duas sinérgides e uma oosfera, três núcleos migram para a extremidade oposta (polo calazal), constituindo as

três antípodas. Os dois núcleos restantes (núcleos polares) formam a célula média binucleada, central. O conjunto do saco embrionário, no interior do nucelo, recoberto por dois tegumentos, acrescido de tecidos da calaza e funículo, forma o óvulo ou rudimento seminal dessa espécie (Mariath et al., 2003).

Os micrósporos, que originarão os grãos de pólen (gametófitos masculinos), são formados no interior das anteras tetrasporangiadas. A deiscência das anteras é rimosa, com dois estômios longitudinais por antera. Ao alcançarem a superfície do estigma, os grãos de pólen sofrem hidratação e formam o tubo polínico, através dos tecidos do estilete, até o óvulo, liberando duas células espermáticas (gametas masculinos) para o processo de dupla fecundação. Um dos gametas funde-se com a oosfera, originando o zigoto e o futuro embrião zigótico. O outro gameta une-se aos núcleos polares, originando o endosperma triploide (ou embrião xenófitico), o qual acumulará grande quantidade de substâncias de reserva (Mariath et al., 2003).

FLORESCIMENTO

O florescimento é desencadeado por condições ambientais favoráveis, sobretudo de temperatura, após as gemas florais passarem por um período de horas de frio hibernal, e por fatores endógenos das plantas, principalmente associados ao balanço nutricional e hormonal (Faust, 1989). O efeito da temperatura, entretanto, é ambíguo. Primeiramente, o requerimento varietal das plantas por frio, que é determinado geneticamente, deve ser satisfeito para, posteriormente, a elevação da temperatura ser decisiva no florescimento. Variações na época de florescimento podem ser resultantes da combinação da intensidade da dormência das gemas e da velocidade de aquecimento do ar (Szabó & Nyéki, 2000). Dados obtidos em 2004 com o pessegueiro 'Granada' mostraram que a plena floração das plantas sob temperaturas diurnas acima de 25°C (sob estufa) foi antecipada em 10 dias em relação às plantas sob céu aberto, sob temperaturas diurnas abaixo de 25°C (Nava, 2007).

A duração do período de florescimento também é afetada pela temperatura. Em regiões com inverno ameno e com florescimento precoce das plantas, a taxa de aquecimento do ar é geralmente baixa. Consequentemente, o período de florescimento é maior, em relação a cultivares que florescem em regiões com inverno mais tardio (Szabó & Nyéki, 2000).

Segundo Sherman & Lyrene (1998), em regiões de clima temperado característico, o florescimento de pessegueiros normalmente ocorre entre

7 e 14 dias antes da brotação. Nas condições de clima temperado ameno, que são encontradas nas principais regiões produtoras de pêssego do Sul e Sudeste do Brasil, nem sempre isso é verdadeiro. Silveira (2003) verificou que cultivares de pessegueiro de baixo requerimento de frio (abaixo de 300 horas), entre elas Rio grandense, Granada, Maciel e Esmeralda, na média dos anos, apresentam brotação antes da floração. Já com o pessegueiro 'Granada' na Depressão Central do RS, Nava (2007) verificou em plantas sob ambiente natural da região (céu aberto) que o início de florescimento ocorreu 9 e 2 dias antes do início da brotação em 2004 e 2005, respectivamente.

FIXAÇÃO DE FRUTOS ("FRUIT SET")

O conhecimento do processo de frutificação de uma espécie, bem como dos demais fatores inter-relacionados, é extremamente importante no discernimento de algumas práticas culturais, como poda, raleio de frutos, uso de fertilizantes e de reguladores de crescimento. As estimativas de colheita, bem como do tamanho final dos frutos, estão intimamente relacionadas com as características de frutificação da espécie (Westwood, 1978) e com a intensidade de raleio de frutos.

Em geral, nas frutíferas de caroço, altas taxas de frutificação são esperadas quando a floração coincide com dias ensolarados, amenos e secos (Szabó & Nyéki, 2000). Ao avaliar uma coleção de cultivares de pessegueiro, esses autores observaram que a frutificação variou de 13,5 a 83,2 %, de acordo com a região e época de florescimento.

Em relação à definição do percentual de fixação de frutos, o período mais importante de abscisão de flores e frutos ocorre, geralmente, nas primeiras quatro semanas após a antese de pessegueiros (Harrold, 1935) e de damasqueiros (Rodrigo & Herrero, 2002b). A abscisão de flores de pessegueiros nas primeiras duas semanas após a antese deve-se à falta de polinização (Harrold, 1935) ou de fecundação (Sedgley & Griffin, 1989).

No entanto, a macho-esterilidade (Garcia et al., 1988; Lillecrapp et al., 1999), a falta de receptividade estigmática (Egea et al., 1991; Egea & Burgos, 1992), bem como o desenvolvimento anormal do saco embrionário (Guerriero et al., 1985; Albuquerque et al., 2002) e a degeneração dos óvulos (Burgos & Egea, 1994; Burgos et al., 1995; Lillecrapp et al., 1999) têm sido relacionados como causas de frutificação irregular do pessegueiro.

Para Furukawa & Bukovac (1989), estresses nutricionais e ambientais, particularmente

durante o desenvolvimento inicial dos frutos, são fatores comprovadamente importantes para a falta de sustentação do desenvolvimento do embrião e, conseqüentemente, do fruto. Predisposição genética para uma alta proporção de sacos embrionários, com desenvolvimento anormal ou degeneração precoce dos mesmos, foi sugerida como sendo a causa da baixa frutificação em pereiras 'Comice' (Jaumien, 1968, citado por Thompson & Liu, 1973) e em macieiras 'Delicious' (Hartman & Howlett, 1954, citados por Thompson & Liu, 1973).

Por outro lado, segundo Radice et al. (2003), a baixa produção do pessegueiro, entre outras espécies, está associada a desordens genéticas durante a microsporogênese. Nesse sentido, dados obtidos com o pessegueiro 'Granada' na Depressão Central do Rio Grande do Sul comprovaram a ocorrência de desordens durante a formação dos grãos de pólen, bem como atraso no desenvolvimento ovular.

GRAU DE FERTILIDADE DAS PLANTAS

O pessegueiro é considerado uma espécie autocompatível (Szabó et al., 2000). Segundo Szabó & Nyéki (2000), a taxa de fecundação em flores da maioria das cultivares de pessegueiro situa-se entre 75 a 100 %. No entanto, esterilidades masculina e feminina têm sido encontradas independentemente em damasqueiros (Burgos & Egea, 1994) e em outras espécies frutíferas (Sedgley & Griffin, 1989), sendo, em geral, atribuídas às condições adversas de ambiente (Lillecrapp et al., 1999).

Para Szabó et al. (2000) e Szabó & Nyéki (2000), sob condições de autopolinização, os pessegueiros são: autoestéreis, quando a frutificação é nula; parcialmente autoférteis, com 0 a 10 % de frutificação; autoférteis, com 10 a 20 % de frutificação; altamente autoférteis, com mais de 20 % de frutificação.

No mesmo estudo, Szabó & Nyéki (2000) observaram que a autofertilidade de pessegueiros para mercado *in natura* e para industrialização foi muito similar. Os mesmos autores observaram também que, em algumas cultivares, dependendo do ano, a taxa de autopolinização foi abaixo de 10 %, considerada inferior ao padrão para essa espécie.

Com base nessas classificações, os dados obtidos com o pessegueiro 'Granada', que apresentou frutificação entre 0 e 5,59%, dependendo do ano e da condição térmica a que as plantas foram submetidas, indicam ser esta uma cultivar parcialmente autofértil, padrões reprodutivo e produtivo estes governados pelos fatores genético e ambiental, principalmente associados à temperatura..

INFLUÊNCIA DO AMBIENTE

Para Tromp & Borsboom (1994), a temperatura é um dos elementos mais importantes na determinação da frutificação efetiva das frutíferas perenes. Segundo Williams (1965), por retardarem a abscisão das folhas, as altas temperaturas no outono aumentam o conteúdo de carboidratos nas gemas florais e, conseqüentemente, promovem floração e frutificação adequadas. A temperatura, durante o verão e outono, pode também afetar a longevidade do óvulo e a frutificação efetiva na primavera (Monet & Bastard, 1971).

A temperatura do ar exerce papel fundamental na entrada e na saída das gemas das frutíferas temperadas da dormência (para endo e ecodormência). Em regiões de inverno ameno, em que a quantidade de frio não satisfaz o requerimento para a superação da dormência, as frutíferas de clima temperado, sobretudo as espécies e cultivares de maior requerimento de frio hibernal, sofrem "síndrome da dormência prolongada" (Rageau, 2002), levando à ocorrência de brotação e florescimento "erráticos", caracterizados por baixa taxa de brotação e florescimento heterogêneo (Leite, 2005; Monet & Bastard, 1971), conduzindo a baixa taxa de frutificação das plantas.

Altas temperaturas no período de pré-floração/floração podem reduzir a taxa de germinação dos grãos de pólen, suprimir o desenvolvimento do saco embrionário e induzir a degeneração precoce do saco embrionário de damasqueiros, após a antese. O período efetivo de polinização (PEP) também pode ser consideravelmente encurtado devido à falta de sincronismo no desenvolvimento dos esporângios (microsporângios, nas anteras, e nucelo, no óvulo) (Albuquerque et al., 2000; Rodrigo & Herrero, 2002a).

Rodrigo & Herrero (2002a) observaram que o aumento da temperatura na pré-floração e floração, através da utilização de sacos de polietileno junto às gemas florais, acelerou e reduziu o período de floração e, conseqüentemente, reduziu a frutificação efetiva de damasqueiros. Os autores observaram que a aceleração do desenvolvimento floral externo, pela elevação da temperatura, não foi acompanhada pelo avanço do desenvolvimento do pistilo. Esta falta de sincronismo resultou na abertura prematura de flores, gerando pistilos pouco desenvolvidos e com baixa capacidade de frutificação.

Em estudos com pessegueiros e nectarineiras, em casa de vegetação, Erez et al. (2000) verificaram que altas temperaturas na pré-floração e floração retardaram a frutificação e favoreceram o crescimento vegetativo, não permitindo frutificação quando as plantas foram submetidas a temperaturas entre 21 e

29°C. Para Kozai et al. (2004), a frutificação efetiva de pessegueiros também foi significativamente reduzida com o aumento da temperatura, sendo que acima de 25°C a mesma raramente ocorreu. Esses dados corroboram os obtidos com o pessegueiro 'Granada' (Nava, 2007), que observou que a frutificação efetiva dessa cultivar foi significativamente reduzida pelas elevadas temperaturas diurnas (acima de 25°C) durante o período de pré-floração e floração. As elevadas temperaturas promoveram degeneração dos grãos de pólen e atraso no desenvolvimento do saco embrionário, inviabilizando a fecundação da maioria das flores.

Erez et al. (1998) observaram que as altas temperaturas no período de florescimento (acima de 25°C durante o dia e/ou acima de 18°C durante a noite) reduziram consideravelmente a frutificação de pessegueiros. A frutificação de pessegueiros também foi sensivelmente reduzida sob temperaturas noturnas superiores a 14 ou 15°C (Edwards, 1990), as quais parecem promover desenvolvimento anormal do saco embrionário em pessegueiros (Kozai et al., 2004). Tal constatação deve ser objetivo de futuros estudos com as cultivares plantadas que vêm apresentando problemas de frutificação, a exemplo do 'Granada' e do 'Rio grandense', nas diversas regiões produtoras dessa fruta no Brasil, uma vez que não há estudos aprofundados nessa linha de pesquisa com pessegueiros no Brasil (Nava, 2007).

Além da temperatura, segundo Baldini (1992), chuvas persistentes podem lavar o estigma e causar a morte dos grãos de pólen, pelo excesso de hidratação. De acordo com Gradziel & Weinbaum (1999), a elevada umidade do ar e o excesso de precipitação reduzem a deiscência das anteras e, conseqüentemente, a liberação dos grãos de pólen, limitando o processo de polinização e a conseqüente fixação de frutos. Segundo os mesmos autores, estes fatores podem causar falhas na polinização, por acelerar o desenvolvimento de doenças nas flores.

Segundo Rodrigo & Herrero (2002a), existem modelos matemáticos para condições de pomares que estabelecem uma clara correlação entre a temperatura na pré-floração e a produção. Entretanto, os mecanismos que levam a estas relações ainda não estão totalmente esclarecidos. De acordo com os mesmos autores, para o gênero *Prunus*, as informações sobre o efeito das temperaturas na pré-floração são escassas e contraditórias. Segundo Sedgley & Griffin (1989), um dos motivos para a divergência de resultados pode ser a condução de inúmeros experimentos com plantas frutíferas em vasos, condição esta que não reflete o padrão de resposta de plantas adultas nas condições de pomares.

Porta-enxerto

Há muito tempo se conhece a importância agrônômica do porta-enxerto sobre a produção e a qualidade dos frutos. No entanto, pouco se sabe sobre a influência dos mesmos frente aos fatores do clima, principalmente sobre a fisiologia reprodutiva do pessegueiro, sobretudo no Brasil. Esse fator remete-nos à grande necessidade de ampliar pesquisas básicas nessa área, sobretudo em função das mudanças climáticas globais que vêm ocorrendo e da necessidade de ampliação das fronteiras das principais regiões produtoras dessa fruta, para suprir uma demanda crescente de consumo.

Em estudo com o pessegueiro 'Granada', Nava (2007) verificou a existência de grande variabilidade de plantas no pomar, ou seja, plantas com diferentes vigores e hábitos de crescimento, bem como de produção. Logo, este fator demonstra que o porta-enxerto exerce efeito marcante sobre o grau de adaptação climática da cultivar copa, bem como sobre as diferentes respostas fisiológicas frente às condições ambientais adversas (de baixo acúmulo e de irregularidade nas temperaturas hibernais, de déficit hídrico no verão e outono, e de respostas às elevadas temperaturas durante a pré-floração e floração, entre outras).

Assim, o grau de sensibilidade a esses fatores, imposto pelo porta-enxerto, deve afetar o desenvolvimento floral e a formação dos gametas sexuais, variando o padrão produtivo das cultivares entre os anos de cultivo. Estudos feitos por Pejkić (1969), citado por Thompson & Liu (1973), comprovaram que a ameixeira 'Pozegaca', de pé-franco, apresentou 155% a mais de sacos embrionários normais, comparado com aquelas enxertadas sob o porta-enxerto Mirabolano.

Estado nutricional e acúmulo de reservas nas plantas

Um adequado estado nutricional das flores aumenta a frutificação efetiva da maioria das espécies frutíferas (Williams, 1965), sendo que a competição nutricional também está frequentemente associada aos baixos níveis de frutificação em diversas espécies frutíferas. A competição por nutrientes durante a diferenciação das gemas florais gera flores mal-formadas, afetando negativamente a frutificação (Crossa-Raynaud et al., 1985).

O nitrogênio é o elemento mineral de maior importância na nutrição do pessegueiro. Do total requerido pela espécie, em torno de 25% é absorvido pelas plantas da colheita até o repouso vegetativo (Soing & Mandrin, 1993, citados por Rombolá et al., 2000). Neste período, o elemento é utilizado

para a formação de reservas, sobretudo nas raízes. A aplicação de nitrogênio, antes da formação de frutos, é desaconselhável por promover resultados pouco eficientes na fixação de frutos (Rombolá et al., 2000).

Em macieiras, a aplicação de nitrogênio no verão refletiu em aumento da longevidade do óvulo nas flores no ciclo posterior (Tromp & Borsboom, 1994), bem como no período efetivo de polinização (PEP) (Williams, 1965). A insuficiente disponibilidade de nitrogênio, ou a competição nutricional, pode também provocar abortamento de ovários (Baldini, 1992). Williams (1965) observou que aplicações de nitrogênio no verão produziram flores com o dobro de chance de serem fertilizadas, em relação à testemunha. Este padrão também foi verificado por George & Nissen (1992), em que a aplicação de nitrogênio, no final do verão, aumentou em 48% a frutificação de pessegueiros 'Flordaprince'.

O boro é um nutriente que raramente se encontra em níveis baixos ou em deficiência em pomares. Sintomas de deficiência são mais frequentes em macieiras, ameixeiras e em pereiras. Também foram observados, com menor frequência, em cerejeiras e pessegueiros (Bennett, 1996). Entretanto, o boro aumenta a germinação dos grãos de pólen *in vitro*. Recentemente, verificou-se que a aplicação deste elemento aumentou também a germinação, *in vivo*, do pólen, bem como o crescimento do tubo polínico (Nyomora et al., 2000). Por outro lado, segundo Bennett (1996), a formação de gemas florais e a "fixação" de frutos são reduzidas quando se verifica toxidez por este elemento.

Os níveis críticos, em que é possível verificar sintomas de deficiência e toxicidade de boro em folhas de pessegueiros, se situam entre 18 e 100 ppm, respectivamente, sendo que o nível foliar ideal deste elemento se situa entre 20 e 80 ppm, dependendo da cultivar (Bennett, 1996). Também para Basso & Suzuki (2001), níveis foliares de boro acima de 93 ppm são considerados excessivos para pessegueiros, nectarineiras e ameixeiras.

De acordo com Hanson & Breen (1985), a aplicação foliar de boro em ameixeiras europeias (*Prunus domestica* L.), que apresentavam níveis foliares adequados deste elemento (35ppm), aumentou a frutificação efetiva das plantas. Por outro lado, a aplicação de 2 kg.ha⁻¹ de boro via solo ou 0,4 % de ácido bórico, na floração, não teve efeito na frutificação efetiva de ameixeiras (Wojcik et al., 1998). Chaplin et al. (1977) sugerem que o requerimento de boro para a obtenção de uma boa frutificação nessa espécie nem sempre está correlacionado ao nível deste elemento, para a nutrição geral da planta.

Resultados obtidos com o pessegueiro 'Granada', na Depressão Central do RS (não publicados), comprovaram que a aplicação de 220 mg.L⁻¹ de boro, na forma de bórax, durante a floração, aumentou a produção das plantas e que a aplicação simultânea de 0,25% CH + 0,8% OM, no início de inchamento das gemas, e de 340 mg.L⁻¹ de boro, na forma de ácido bórico, na plena floração, promoveu a maior produção de frutos.

O desenvolvimento das flores no gênero *Prunus*, do início de abertura das gemas até o início da frutificação, não depende da fotossíntese foliar. Segundo Loescher et al. (1990), os carboidratos previamente armazenados no ciclo anterior são a principal fonte de reserva nutricional para manter as fases iniciais do desenvolvimento reprodutivo nas espécies do gênero. As reservas de amido desempenham um importante papel no processo produtivo (Herrero & Hormanza, 1996), pois influenciam no desenvolvimento das estruturas ovulares e no desenvolvimento do embrião (Arbeloa & Herrero, 1991).

O desfolhamento precoce, seja por motivos ambientais e nutricionais, seja fitossanitários, geralmente reduz o nível de carboidratos das plantas, afetando a frutificação das mesmas. Couvillon & Lloyd (1978) e Lloyd & Firth (1990) observaram um prolongamento da duração do período de florescimento de pessegueiros quando o desfolhamento ocorreu no final do verão ou no início do outono. Gao et al. (2002) verificaram redução no conteúdo de carboidratos nas gemas florais, redução da viabilidade do pólen, bem como prolongamento do período de florescimento e redução da taxa de frutificação efetiva em pessegueiros que sofreram desfolhamento precoce no verão.

O desfolhamento precoce é um problema comum nas principais regiões produtoras de pêssego no Sul e Sudeste do Brasil. Normalmente, está associado ao ataque de ferrugem, de ácaros, ao déficit hídrico ou, ainda, pela interação de ambos os fatores. Pesquisas básicas que expliquem em que eventos fisiológicos e bioquímicos o desfolhamento precoce atua, são carentes no Brasil com essa frutífera. Segundo Wolukau et al. (2004), o adequado estado nutricional das gemas florais pode superar o efeito das altas temperaturas na floração pelo prolongamento do tempo de receptividade do pistilo. Além disso, proporciona a formação de gemas e estruturas florais mais desenvolvidas, aumentando a chance de fecundação das flores.

Polinização e fecundação

Os processos de polinização e fecundação são os mais importantes elos da cadeia reprodutiva de uma planta. Assim, o conhecimento dos fatores que possam afetá-los constitui aspectos que devem ser conhecidos para o entendimento das causas da baixa frutificação efetiva e, em alguns casos, para o planejamento de novas práticas de manejo do pomar que a incrementem (Medeiros, 1979).

Na maioria das angiospermas, no momento da dispersão, os grãos de pólen maduros são estruturas desidratadas. Durante a polinização compatível, os grãos de pólen sofrem adesão na superfície estigmática e são reconhecidos pelos tecidos do pistilo, reidratando-se posteriormente pela aquisição de água do exsudato estilar ou das células papilares do estigma. No interior do ovário, o tubo polínico descarrega os dois gametas masculinos no saco embrionário, onde ocorre a dupla fecundação (Gaude & McCormick, 1999).

Nas frutíferas de caroço, a frutificação efetiva depende do sucesso da fecundação da oosfera no interior do óvulo (Westwood, 1978; Thompson & Liu, 1973) e do desenvolvimento da semente (Marshall, 1919, citado por Thompson & Liu, 1973). Segundo Gaude & McCormick (1999), uma complexa interação célula-célula é necessária para a conclusão destes eventos. Logo, para que a fecundação ocorra, as flores devem ter sacos embrionários desenvolvidos, em plena coordenação com o tempo de receptividade do estigma, com a taxa de crescimento do tubo polínico e com a longevidade do óvulo (Thompson & Liu, 1973). De acordo com os mesmos autores, tanto fatores genéticos como ambientais podem perturbar esses processos e reduzir a frutificação.

A polinização do pessegueiro ocorre com maior eficiência na presença de vento e insetos. No entanto, devido à predominância da autopolinização entre flores de uma mesma planta, não há necessidade estrita de polinização cruzada ou alogamia (Barbosa, 1990). De acordo com Nyéki et al. (1998), estima-se que a alogamia em pessegueiro é de 5 a 33%, sendo altamente variável de ano para ano e entre cultivares.

Avaliando uma coleção de pessegueiros, Szabó & Nyéki (2000) observaram, em geral, maior taxa de frutificação em flores com polinização aberta, com simultaneidade de autopolinização (autogamia) e polinização cruzada (alogamia), do que em flores isoladas (somente com autopolinização). No entanto, em flores isoladas e polinizadas manualmente com pólen da mesma cultivar, a produção de frutos foi, em geral, maior do que em flores mantidas em polinização aberta. Em algumas cultivares de pessegueiros,

mantidas em coleções de frutíferas de caroço, a alogamia é responsável por taxas de frutificação de até 70 a 90% (Szabó & Nyéki, 2000).

De acordo com Nyéki et al. (1998), para cultivares de pessegueiros autoférteis instáveis em produção, faz-se necessário o plantio de outras, intercaladas, para melhorar a frutificação das mesmas. Diversos estudos também vêm demonstrando o efeito benéfico da polinização complementar realizada por abelhas no aumento da frutificação efetiva de pessegueiros e nectarineiras (Nyéki et al., 1998; Nyéki et al., 2000).

O período efetivo de polinização (PEP) tem sido um bom parâmetro para identificar fatores que limitam a frutificação de inúmeras espécies. Ele é definido como a longevidade do óvulo menos o tempo necessário para o tubo polínico alcançar o óvulo. Três são os principais fatores determinantes do PEP: receptividade estigmática, desenvolvimento do tubo polínico e longevidade do óvulo (Sanzol & Herrero, 2001).

Uma causa comum da baixa frutificação é o total insucesso da polinização, quando os óvulos estão supermaduros ou senescentes na antese (Stösser & Anvari, 1983). A longevidade do óvulo (Sanzol & Herrero, 2001) e a viabilidade do saco embrionário (Williams, 1970) desempenham um papel decisivo no PEP, bem como na determinação da fertilidade e frutificação das frutíferas.

Segundo Sanzol & Herrero (2001), a temperatura, a qualidade da flor e os tratamentos químicos podem afetar o período efetivo de polinização (PEP) em plantas frutíferas. Thompson & Liu (1973) citam trabalhos com macieiras que mostram que condições inadequadas de manejo cultural, refletidas pelo reduzido vigor das plantas e flores, em função dos baixos níveis de nitrogênio no solo, causaram supressão do desenvolvimento normal do saco embrionário e redução da longevidade do óvulo, bem como redução do período de receptividade do estigma e do crescimento do tubo polínico.

De acordo com Williams (1970), as temperaturas elevadas (acima de 25°C) durante a antese aceleram o crescimento do tubo polínico, afetando o período efetivo de polinização (PEP). Por outro lado, segundo o mesmo autor, temperaturas pós-antese nesses níveis diminuem o período receptivo do estigma, podendo limitar a polinização. Em geral, baixas temperaturas durante o florescimento reduzem o crescimento do tubo polínico, mas estendem o PEP, por aumentar o tempo de vida do óvulo (Tromp & Borsboom, 1994).

Receptividade do estigma

A receptividade estigmática avalia a habilidade do estigma em permitir a germinação do gametófito masculino ou grão de pólen (Sanzol & Herrero, 2001). Em flores de pessegueiro, o início da receptividade estigmática é mediado pela degeneração das papilas do estigma, concomitantemente com a produção de secreção (Herrero & Arbeloa, 1989). Esta secreção parece estar relacionada com os processos de reconhecimento e hidratação dos grãos de pólen (Herrero, 1992). O término da receptividade do estigma tem sido associado com a degeneração do estigma em damasqueiros (Egea & Burgos, 1992).

O atraso da maturação do estigma pode limitar o PEP (Herrero, 1983). Porém, mais frequentemente, é a degeneração precoce do estigma que limita o PEP (Sanzol & Herrero, 2001). De acordo com Williams (1970), as temperaturas acima de 25°C, após a antese, diminuem o período receptivo do estigma, podendo limitar a polinização.

A aplicação de fungicidas também pode causar falhas no processo de polinização e reduzir a fecundação das flores, por provocar danos na superfície do estigma. Em amendoieiras (*Prunus dulcis*) cv. Nonpareil, os danos mais comuns provocados pelos fungicidas foram o colapso das papilas do estigma e o aumento da produção de exsudatos, que levaram à perda da superfície disponível para adesão, hidratação e germinação dos grãos de pólen e, consequentemente, a uma baixa frutificação (Weiguang et al., 2003). Nessa mesma espécie, os fungicidas Captan e Azoxystrobin provocaram grande efeito inibitório sobre a germinação dos grãos de pólen no estigma. Por outro lado, a germinação do pólen não foi significativamente afetada pela aplicação dos fungicidas Propiconazole e Benomyl. Efeitos inibitórios intermediários foram observados com aplicações dos fungicidas Ziram, Cyprodinil, Maneb, Thiophanato-metílico, Iprodione e Myclobutanil (Weiguang et al., 2003).

Desenvolvimento do tubo polínico

O desenvolvimento do tubo polínico é altamente variável entre as espécies (Martinez-Tellez & Crossa-Raynaud, 1982), entre cultivares (Egea et al., 1991), origem do pólen (Guerrero-Prieto et al., 1985), estado nutricional da flor (Nyomora et al., 2000) e condições ambientais (Jeffries et al., 1982).

De acordo com Herrero & Arbeloa (1989), como a maturação do pistilo ocorre basipetalmente, o atraso no crescimento do tubo polínico, observado em pessegueiro, parece ter como causa a imaturidade do ovário na antese. Óvulos inviáveis manifestam um padrão anormal no tubo polínico, influenciando

negativamente na eficácia da fase progâmica da fecundação, em função da aceleração do envelhecimento dos óvulos, que perdem a sua viabilidade, sobretudo se ocorrerem altas temperaturas durante o florescimento (Cerovic & Ruzic, 1992). Assim, plantas que possuem óvulos subdesenvolvidos falham na atração do tubo polínico (Sanzol & Herrero, 2001).

Esporogênese e gametogênese

Segundo Reiser & Fischer (1993), perturbações durante a meiose resultam em mutações que causam esterilidade dos gametófitos masculinos e femininos de diversas espécies frutíferas. Em função disso, o entendimento do desenvolvimento de irregularidades durante os processos de formação dos gametas é fundamental para o sucesso do melhoramento genético no futuro, evitando que sejam recomendadas cultivares pouco ou totalmente improdutivas, bem como para orientar pesquisas que visem a avaliar problemas quanto ao desempenho reprodutivo de determinadas espécies e cultivares.

A microsporogênese no pessegueiro inicia-se no inverno, e a meiose (formação dos micrósporos, sucedida pela microgametogênese, com formação dos gametas masculinos) ocorre por ocasião do inchamento da gema. Seu término é marcado pela formação das tétrades de micrósporos, entre meados de junho e final de julho, dependendo da cultivar (Raseira & Quezada, 2003).

Durante a formação dos microsporângios, as células do tecido arqueosporial, envolvidas pelo tapete, ocupam a região mais interna dos microsporângios e multiplicam-se por mitoses sucessivas, durante 15-20 dias, para formar um maciço de tecido esporogênico, composto por células-mãe de micrósporos, diploides. Na meiose, cada célula-mãe origina quatro células haploides, os micrósporos, organizados em configuração tetraédrica, separados por calose. Cerca de duas semanas após a meiose, o tapete entra em senescência e a organização dos micrósporos em tétrades se desfaz, com a dissolução da calose, liberando quatro micrósporos no interior da cavidade locular, preenchida por líquidos. Cada micrósporo apresenta forma triangular, quando em seção ao longo do plano equatorial (ou em vista polar), característica da espécie. Algum tempo depois, porém, antes da antese, os quatro lóculos (dos quatro microsporângios) de cada antera reduzem-se a dois, com dissolução do septo em cada teca, e as células do endotécio e conectivo desidratam-se, permitindo a deiscência das anteras e a dispersão do pólen (Martinez-Tellez, 1981). No entanto, durante o processo de microsporogênese, diversas irregularidades têm sido mencionadas como possíveis causas das variações no

grau de fertilidade floral, resultando em variabilidade de germinação do pólen *in vivo* e *in vitro* (Cerovic & Ruzic, 1992). Segundo Szabó & Nyéki (2000), a maioria das cultivares de pessegueiro desenvolvem flores com regularidade no desenvolvimento estaminal, com anteras contendo pólen funcional. No entanto, segundo Baldini (1992), algumas cultivares possuem esterilidade morfológica, com falta ou deficiência no desenvolvimento dos estames.

Diversas cultivares de pessegueiros são autoestéreis (Szabó et al., 2000; McLaren & Fraser, 1996) ou “macho-estéreis” (Szabó et al., 2000), as quais apresentam ausência de grãos de pólen normais e funcionais (Szabó & Nyéki, 2000), podendo essas, de acordo com a cultivar, produzir anteras de tamanho menor que o normal e com baixa quantidade de grãos de pólen (Szabó et al., 1996). De acordo com Szabó & Nyéki (2000), as cultivares de pessegueiros “macho-estéreis” são também facilmente reconhecidas pelas suas anteras de coloração pálida, contendo poucos grãos de pólen, de tamanho menor que o padrão normal. No Brasil, pode-se citar, entre outras cultivares de pessegueiro “macho-estéreis”, a ‘Baronesa’, que não apresenta formação de pólen (Centelhas-Quezada et al., 2000), sendo, portanto, dependente de polinização cruzada.

Em relação à produção de pólen, os pessegueiros mais adaptados ao clima subtropical chegam a produzir de 1.000 a 2.000 grãos de pólen por antera e até 80.000 grãos de pólen por flor (Barbosa et al., 1989). No entanto, segundo Bassols (1980), a produção e a germinação do pólen do pessegueiro não são constantes ao longo dos anos. De acordo com Kozai et al. (2004), altas temperaturas na pré-floração possuem grande influência na quantidade de pólen produzida, podendo, dependendo da intensidade, causar esterilidade dos grãos.

Dados obtidos com o pessegueiro ‘Granada’, nas safras de 2004 e 2005, mostraram que o número de grãos de pólen por antera variou entre 91 e 643, dependendo do ano e da condição térmica a que as plantas foram submetidas, ficando muito abaixo do potencial de produção de pólen da espécie e dos níveis encontrados por (Barbosa et al., 1989), corroborando a informação de Bassols (1980). Raseira (2005) - informação pessoal também obteve, na safra de 2005 com o pessegueiro ‘Okinawa’ destinado à produção de caroços, de 200 a 400 grãos de pólen por antera, considerando uma baixa produção para a espécie.

A elevação das temperaturas diurnas do ar no interior da estufa (acima de 25°C) promoveu, na média dos dois anos estudados, redução significativa da produção de pólen viável. Esse fator atuou de

forma prejudicial durante a meiose polínica e/ou promoveu degeneração dos micrósporos (grãos de pólen) após a sua formação e liberação nos lóculos (Nava, 2007).

De acordo com a cultivar, a viabilidade do pólen do pessegueiro varia de 70-95%, quando bem conservados ou recém-extraídos das anteras, sob condições de laboratório (Barbosa et al., 1989). Segundo Barbosa (1990) e Raseira (comunicação pessoal, 2004), a viabilidade dos grãos de pólen de pessegueiros, desde que armazenados em ambiente frio e seco, pode ser mantida por vários meses. Entretanto, a viabilidade dos grãos de pólen do pessegueiro pode ser influenciada por diversos fatores internos, como o estado nutricional da planta (Williams, 1970), e fatores externos, como temperatura e grau de hidratação dos mesmos (Martinez-Tellez, 1981).

De acordo com Sukhvilul et al. (2000), o efeito da temperatura na germinação de grãos de pólen é inconsistente e pode variar entre espécies e entre as cultivares da mesma espécie. No entanto, Weinbaum et al. (1984) observaram, em pessegueiros, um pico de germinação do pólen a 20°C, mas que se manteve relativamente alta mesmo a 28 ou 30°C. Para Kozai et al. (2004), a inibição da fecundação em pessegueiros sob temperaturas acima de 25°C não é devida à reduzida viabilidade do pólen.

Dados obtidos com o pessegueiro ‘Granada’, nas safras de 2004 e 2005, mostraram que a viabilidade dos grãos de pólen foi baixa, ficando entre 0,67% e 50,53% e entre 0 e 5,68% nas temperaturas de germinação *in vitro* de 20 e 25°C, respectivamente, dependendo do ano e das condições térmicas a que as plantas foram submetidas. As temperaturas elevadas (acima de 25°C) durante a pré-floração e floração reduziram significativamente a viabilidade do pólen, consequência, em grande parte, do elevado percentual de grãos de pólen degenerados ou abortivos na sua constituição morfológica (Nava, 2007).

Em relação aos gametas femininos, a formação de um saco embrionário normal e funcional está intimamente relacionada com a regularidade durante a megasporogênese e megagametogênese (Cerovic & Micic, 1999). Embora a ocorrência de atraso no desenvolvimento do saco embrionário e o abortamento de óvulos sejam aspectos muito importantes do processo de reprodução sexual em plantas superiores, o seu estudo tem sido frequentemente negligenciado (Pimenta & Polito, 1982; Furokawa & Bukovac, 1989) e pouco descrito como causa da baixa frutificação das frutíferas (Furokawa & Bukovac, 1989). Segundo Rodrigo & Herrero (1998), o óvulo primário é o maior e o mais desenvolvido, possuindo maior chance de ser fecundado (Rodrigo e Herrero, 1998;

Albuquerque et al., 2002). No entanto, segundo Albuquerque et al. (2002), o desenvolvimento dos óvulos na antese é variável entre as espécies e entre as cultivares da mesma espécie.

Sacos embrionários maduros na antese foram ocasionalmente encontrados na maioria das cultivares de damasqueiros (Burgos & Egea, 1994; Egea & Burgos, 1994; Egea & Burgos, 1998). Em cerejeira-azeda (*Prunus cerasus* L.), Furukawa & Bukovac (1989) observaram que óvulos com saco embrionário imaturo na antese não foram viáveis ou funcionais. Para os mesmos autores, óvulos funcionais (ou potencialmente funcionais) são aqueles que apresentam saco embrionário com mais de quatro núcleos na antese (sacos embrionários imaturos). Por outro lado, Albuquerque et al. (2000) consideraram óvulos viáveis apenas os que apresentavam saco embrionário completo e alongado (com oito núcleos e sete células). Óvulos viáveis são também caracterizados por altos níveis de amido, nos tegumentos e nucelo, fonte potencial para o suplemento de açúcares (Pimenta & Polito, 1982).

Para Egea & Burgos (1998), a má-formação dos óvulos em flores de damasqueiros consiste de um nucelo (megasporângio) não completamente coberto pelos tegumentos, bem como sacos embrionários alongados, porém desprovidos de núcleos. Outras anomalias, como óvulos pequenos e esféricos, unidos e subdesenvolvidos, com nucelo anormal ou incompletamente protegido pelos tegumentos, também estão associadas à esterilidade nesta espécie (Lillecrapp et al., 1999).

Segundo Ishida et al. (1979), citados por Kozai et al. (2004), em pessegueiros, as flores sob condições naturais levaram, geralmente, cinco dias a partir da antese para alcançarem o estágio de maturidade completa do saco embrionário. De acordo com Albuquerque et al. (2000), 2.000 graus-hora de desenvolvimento pós-antese correspondem a um tempo suficiente para o desenvolvimento dos óvulos do estágio de quatro núcleos (saco embrionário imaturo) até a sua completa maturidade.

A taxa de crescimento do ovário (Rodrigo & Herrero, 2002b), do óvulo primário (Rodrigo & Herrero, 1998) e do saco embrionário (Rodrigo & Herrero, 1998; Sharman, 1997), do estágio pré ao pós-polinização, pode ocorrer na ausência da polinização, como parte integrante de um programa temporal de desenvolvimento, controlado geneticamente, a exemplo do que ocorre em flores de cerejeira-azeda e de pessegueiro (Ishida et al., 1979, citados por Kozai et al., 2004) e de damasqueiros (Albuquerque et al., 2000).

No entanto, de acordo com Sharman (1997),

a polinização em algumas espécies do gênero *Prunus*, a exemplo do damasqueiro, autorregularia o desenvolvimento do óvulo e do gametófito feminino, bem como a sua maturação, preparando-o para ser fecundado. Nestes casos, a polinização atuaria, primeiramente, como coordenadora do desenvolvimento do gametófito feminino.

Segundo Albuquerque et al. (2000), a falta de fecundação dos óvulos que alcançam a maturidade tardiamente, provavelmente, é devida à degeneração do gametófito masculino, que tem vida limitada. O mesmo autor sugere que este problema ocorre devido à falta de sincronismo entre o tempo necessário para o saco embrionário terminar o seu desenvolvimento e o tempo de vida útil do tubo polínico, sobretudo sob altas temperaturas.

Por outro lado, Pimenta & Polito (1983) observaram que um significativo atraso no desenvolvimento do saco embrionário na antese não afetou a frutificação efetiva em amendoeiras (*Prunus dulcis*). Albuquerque et al. (2000) observaram que a taxa de crescimento do tubo polínico reduziu muito ou paralisou totalmente, logo após a polinização, até os estágios finais de diferenciação do saco embrionário, voltando a crescer normalmente após o término deste evento.

De acordo com Lillecrapp et al. (1999) e Pimenta & Polito (1982), enquanto o desenvolvimento incompleto das estruturas ovulares e do saco embrionário parece ter uma base genética, a degeneração e o abortamento do óvulo parecem ser de origem ambiental (Lillecrapp et al., 1999), podendo explicar os resultados variáveis de frutificação em função de cultivar, localização do pomar e ano de cultivo.

Albuquerque et al. (2000) observaram em várias cultivares de damasqueiros, de alto requerimento de frio, boa proporção de óvulos funcionais, mesmo estas não tendo o seu requerimento de frio satisfeito. Por outro lado, Egea e Burgos (1998) observaram um padrão contrário em duas cultivares de damasqueiros de alto requerimento em frio, que tiveram um pequeno atraso no desenvolvimento dos seus óvulos, mesmo tendo elas sido completamente satisfeitas em frio, contribuindo com a hipótese de Lillecrapp et al. (1999).

Com relação à temperatura durante o florescimento, Beppu et al. (2001) não observaram diferenças no estágio de maturidade ou desenvolvimento dos óvulos em flores em antese de damasqueiros mantidos a 15°C e a 25°C. Segundo Egea & Burgos (1998), altas temperaturas na pré-floração somente induziram um leve atraso na maturidade dos óvulos, não gerando evidências concretas de estarem relacionadas com a baixa frutificação das

plantas de damasqueiros. Resultados obtidos com o pessegueiro 'Granada' (Nava, 2007) corroboram Egea & Burgos (1998). Para Nava (2007), apesar de as elevadas temperaturas (acima de 25°C) na pré-floração e floração terem contribuído com o inadequado desenvolvimento dos óvulos e com a baixa frutificação do pessegueiro 'Granada', o fator genético parece estar contribuindo de forma decisiva para esses resultados.

Quanto aos aspectos nutricionais das plantas, as reservas de amido no óvulo primário decrescem após a fecundação e parecem desempenhar importante papel na nutrição do saco embrionário. Em pessegueiro, o decréscimo no conteúdo de amido da epiderme nucelar tem sido relatado como indicador de desenvolvimento e alongamento do saco embrionário (Arbeloa & Herrero, 1991).

Em relação à degeneração dos óvulos, no gênero *Prunus*, este evento está correlacionado ao acúmulo de calose e depleção das reservas de amido, numa sequência de eventos pouco clara (Rodrigo & Herrero, 1998). Segundo esses autores, em damasqueiros, a degeneração do óvulo secundário ocorre antes da fecundação do óvulo primário e é independente da polinização. Segundo Cerovic & Micic (1999), em cerejeira-azedada, tanto a falta de homologia entre cromossomos irmãos durante a meiose, quanto o efeito do ambiente podem resultar na degeneração precoce do saco embrionário.

Para Thompson & Liu (1973), a degeneração e o abortamento de óvulos têm sido correlacionados a vários fatores, entre os quais, temperatura elevada e reduzida atividade de divisão celular no tecido nucelar (Williams, 1965). A aplicação de reguladores de crescimento, geralmente o ácido giberélico, normalmente aumenta a senescência ovular em damasqueiros (Egea & Burgos, 1998). Além disso, Baldini (1992) salienta também que a fertilidade ovular é negativamente afetada pelo uso de fungicidas na pré-floração e floração. Alguns sinais do abortamento dos óvulos tornam-se evidentes quatro dias após a polinização. Eles incluem a paralisação do seu crescimento, seguida da separação dos tegumentos do tecido nucelar. Em torno do sexto dia após a polinização, a separação dos tegumentos torna-se mais avançada, e as células do tecido nucelar tornam-se murchas e colapsadas (Pimenta & Polito, 1982).

CONCLUSÃO

Através dessa revisão bibliográfica, foi possível verificar que o processo de fixação de frutos do pessegueiro, que aparentemente é simples, mostra-

se bastante complexo e altamente dependente da passagem, com êxito, por cada estágio fenológico. Por isso, a habilidade dos técnicos e produtores em integrar os fatores porta-enxerto, cultivar, ambiente e manejo adequado das plantas é crucial para o sucesso ou fracasso no cultivo dessa espécie frutífera.

REFERÊNCIAS

ALBURQUERQUE, N.; BURGOS, L.; EGEEA, J. Apricot flower bud development and abscission related to chilling, irrigation and type of shoots. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 98, n. 3, p. 265-276, 2003.

ALBURQUERQUE, N.; BURGOS, L.; EGEEA, J. Consequences to fertilization of the developmental stages of apricot ovules at anthesis. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford Kent, v. 75, p. 662-666, 2000.

ALBURQUERQUE, N.; BURGOS, L.; EGEEA, J. Variability in the developmental stage of apricot ovules at anthesis and its relationship with fruit set. **Annals of Applied Biology**, Wellesbourne, v. 141, n. 2, p. 147-152, 2002.

ARBELOA, A.; HERRERO, M. Development of the ovular structures in peach [*Prunus persica* (L.) Batsch]. **New Phytologist**, Oxford, v. 118, n. 4, p. 527-534, 1991.

BALDINI, E. **Arboricultura general**. Madrid: Mundi-Prensa, 1992. 379p.

BARBOSA, W.; CAMPO-DALL'ORTO, F.A.; OJIMA, M. et al. **Ecofisiologia do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do pessegueiro em região subtropical**. Campinas: IAC, 1990. 37p. (Documentos IAC, 17).

BARBOSA, W.; CAMPO-DALL'ORTO, F.A.; OJIMA, M. **Comportamento vegetativo e reprodutivo do pessegueiro IAC Tropical**. Campinas: IAC, 1989. Boletim científico.

BASSO, C.; SUZUKI, A. Adubação de fruteiras de clima temperado. In: SEMINÁRIO SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 1, 2001. Florianópolis. **Anais...** p.134-140.

- BASSOLS, M.C.M. **Frutificação efetiva, germinação do pólen e número de grãos de pólen por antera em pessegueiro**. Pelotas: UEPAE Cascata, 1980. 3p.
- BENNETT, W.F. **Stone fruit**: peaches and nectarines. In: NUTRIENT deficiencies e toxicities in crop plants. 3rd ed. Minnesota: The American Phytopathological Society, 1996. 202p.
- BEPPU, K.; SUEHARA, T.; KATAOKA, I. Embryo sac development and fruit set of 'Satohnishiki' sweet cherry as affected by temperature, GA₃ and paclobutrazol. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Kagawa, v. 70, p. 157-162, 2001.
- BURGOS, J.; BERENQUER, T.; EGEE, J. Embryo sac development in pollinated and nonpollinated flowers of two apricot cultivars. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 70, p. 35-39, 1995.
- BURGOS, J.; EGEE, J. Apricot embryo-sac development in relation to fruit set. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 68, p. 203-208, 1994.
- BROWN, D.S. The relation of temperature to the flower bud drop of peaches. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.71, p. 77-87, 1958.
- CENTELHAS-QUEZADA, A. et al. Macho esterilidade em acessos de pessegueiro [*Prunus persica* (L.) Batsch]. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE FRUTEIRAS, 2., Viçosa, 2000. **Anais...** Viçosa: UFV, 2000. p. 172.
- CEROVIC, R.; MICIC, N. Functionality of embryo sacs as related to their viability and fertilization success in sour cherry. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 79, n. 3-4, p. 227-235, 1999.
- CEROVIC, R.; RUZIC, D. Senescence of ovules at different temperatures and their effect on the behavior of pollen tubes in sour cherry. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 51, n. 3-4, p. 321-327, 1992.
- CHAPLIN, M.H.; STEBBINS, R.L.; WESTWOOD, M.N. Effect of fall-applied boron sprays on fruit set of 'Italian' prune. **HortScience**, Alexandria, v. 12, n. 5, p. 500-501, 1977.
- CHILDERS, N.F. **Modern Fruit Science**. 8. ed. New Jersey: Horticultural Publications, 1983. 912p.
- COUVILLON, G.A.; LLOYD, D.A. Effect of date of defoliation on flower and leaf bud development in the peach [*Prunus persica* (L.) Batsch]. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 99, p. 514-517, 1978.
- CROSSA-RAYNAUD, P.; SOLEILE, B.; MARTINEZ-TELLES, J. et al. Peach flowers sterility and its consequences on productivity. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 173, p. 93-102, 1985.
- EDWARDS, G.R. Ten years experience with temperate fruits in the tropics. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 279, p. 47-51, 1990.
- EGEE, J.; BURGOS, L. Effective pollination period as related to stigma receptivity in apricot. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 52, n. 1-2, p. 77-83, 1992.
- EGEE, J.; BURGOS, L. Fructification problems in continental apricot cultivars growing under Mediterranean climate. Ovule development at anthesis in two climatic areas. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v. 73, p. 107-110, 1998.
- EGEE, J.; BURGOS, L. Year-to-year variation in the developmental stage of the embryo sac at anthesis in flowers of apricot (*Prunus armeniaca* L.). **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 69, p. 315-318, 1994.
- EGEE, J.; BURGOS, L.; GARCIA, J.E.; EGEE, L. Stigma receptivity and stile performance in several apricot cultivars. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 66, p. 19-25, 1991.
- EREZ, A.; YABLOWITZ, Z.; KORCINSKI, R. Greenhouse peach growing. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 465, p. 593-600, 1998.
- EREZ, A.; YABLOWITZ, Z.; KORCINSKI, R.; ZILBERSTINE, M.; FOKKEMA, N.J. Greenhouse-growing of stone fruits: effect of temperature on competing sinks. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 513, p. 417-425, 2000.
- FAUST, M. **Physiology of temperate zone fruit trees**. New York: John Wiley & Sons, 1989. 338p.
- FURUKAWA, Y.; BUKOVAC, M.J. Embryo sac development in sour cherry during the pollination period as related to fruit set. **HortScience**, Alexandria, v. 24, p. 1005-1008, 1989.

- GAO, D.S.; LI, X. L.; SHU, H.R. Effects of chemical defoliation on the endodormancy of peach trees. **Journal of Fruit Science**, Baton Rouge, v. 19, n. 4, p. 269-271, 2002.
- GARCIA, J.E.; EGEE, J.; BERENQUER, T. The floral biology of certain apricot cultivars in Murcia. **Advances in Horticultural Science**, Firenze, v. 2, p. 84-87, 1988.
- GAUDE, T.; MCCORMICK, S. Signaling in pollen-pistil interactions. **Cell & Developmental Biology**, Palo Alto, v. 10, p. 139-147, 1999.
- GEORGE, A.P.; NISSEN, R.J. Effects of water stress, nitrogen and paclobutrazol on flowering, yield and fruit quality of the low-chill peach cultivar, 'Flordaprince'. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 49, n. 3-4, p. 197-209, 1992.
- GRADZIEL, T.M.; WEINBAUM, S.A. High relative humidity reduces anther dehiscence in apricot, peach and almond. **HortScience**, Alexandria, n. 34, n. 2, p. 322-325, 1999.
- GUERRERO-PRIETO, V.M.; VASILAKAKIS, M.D.; LOMBARD, P.B. Factors controlling fruit set of 'Napoleon' sweet cherry in western Oregon. **HortScience**, Alexandria, v. 20, p. 913-914, 1985.
- GUERRIERO, R.; VITI, R.; BARTOLINI, S. Winter changes in the appearance of flower cup anomalies in an Italian late blooming variety. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 192, p. 49-56, 1985.
- HANSCH, P.E. Heritability of fruit quality traits in peach and nectarine breeding stocks dwarfed by the dw gene. **HortScience**, Alexandria, v. 21, n. 5, p. 1193-1195, 1986.
- HANSON, E.J.; BREEN, P.J. Xylem differentiation and boron accumulation in 'Italian' prune flower buds. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 110, n. 4, p. 566-570, 1985.
- HARROLD, T.J. Comparative study of the developing and aborting fruits of *Prunus persica*. **Botanical Gazette**, Chicago, v. 96, p. 585-620, 1935.
- HERRERO, M. From pollination to fertilization in fruit trees. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 11, n. 1, p. 27-32, 1992.
- HERRERO, M. Factors affecting fruit set in 'Agua de Aranjuez' pear. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 139, p. 91-96, 1983.
- HERRERO, M.; ARBELOA, A. Influence of the pistil on pollen tube kinetics in peach (*Prunus persica*). **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 76, p. 1441-1447, 1989.
- HERRERO, M.; HORMAZA, J.I. Pistil strategies controlling pollen tube growth. **Sexual Plant Reproduction**, Heidelberg, v. 9, n. 6, p. 343-347, 1996.
- JRAIDI, M.B. **Contribution a l'etude de l'adaptation varietale du pecher aux conditions de milieu: anomalies florales et receptivite des ovules**. 1983. 169 f. These (Docteur) - Universite de Paris-Sud, Paris, 1983.
- JEFFRIES, C.F.; BRAIN, P.; STOTT, K.G.; BELCHER, A.R. Experimental system and a mathematical model for studying temperature effects on pollen-tube growth and fertilization in plum. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v. 5, n. 3, p. 231-236, 1982.
- KOZAI, N.; BEPPU, K.; MOCHIOKA, R.; BOONPRAKOB, U.; SUBHADRABANDHU, S.; KATAOKA, I. Adverse effects of high temperature on the development of reproductive organs in 'Hakuho' peach trees. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v. 79, n. 4, p. 533-537, 2004.
- LEITE, G.B. Evolução da dormência e a heterogeneidade na brotação. In: ENFRUTE – ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 8., 2005, Fraiburgo. **Anais...** Caçador: Epagri, 2005. p. 269-275.
- LILLECRAPP, A.M.; WALLWORK, M.A.; SEDGLEY, M. Female and male sterility cause low fruit set in a clone of the 'Trevatt' variety of apricot (*Prunus armeniaca*). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 82, n. 3-4, p. 255-263, 1999.
- LLOYDE, J.; COUVILOON, G.A. Summer defoliation effects on peach spring bud development. **HortScience**, Alexandria, v. 13, p. 53-54, 1974.
- LLOYDE, J.; FIRTH, D. Effect of defoliation time of depth of dormancy and subsequent vegetative and reproductive development in low-chill peaches. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.279, 1990.

- LOESCHER, W.H.; McCAMANT, T.; KELLER, J.D. Carbohydrate reserves, translocation, and storage in woody plant roots. **HortScience**, Alexandria, v. 25, p. 274-281, 1990.
- MCLAREN, G.F.; FRASER, J.A. Pollination compatibility of 'Sundrop' apricot and its progeny in the 'Clutha' series. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 24, p. 47-53, 1996.
- MARIATH, J.E.A.; SANTOS, R.P.; BITTENCOURT JR., N.S. Flor. In: GLÓRIA, B.A.; GUERREIRO, S.M.C. **Anatomia vegetal**. Viçosa: UFV, 2003. p. 329-373.
- MARTINEZ-TELLEZ, J.J.; **Contribution à l'étude de la biologie floral et de la fécondation des Prunus notamment chez le pêcher (*P. persica* L. Batsch)**. Bordeaux: Université Bordeaux II, 1981. 156f. Tese (Docteur) - Université Bordeaux II, Bordeaux, 1981.
- MARTINEZ-TELLEZ, J.J.; CROSSA-REYNAUD, P. Contribution à l'étude de processus de la fécondation chez trois espèces de *Prunus*: *P. persica* (L.) Batsch., *P. cerasifera* Ehrh., *P. mahaleb* L. grâce à l'utilisation de couples de variétés mâle-stériles et mâle-fertiles. **Agronomy**, Madison, v. 2, p. 240-333, 1982.
- MEDEIROS, A.R.M. Efeito da temperatura controlada na germinação dos grãos de pólen e crescimento do tubo polínico em pessegueiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 5., Pelotas, 1979. **Anais...** Pelotas: SBF, 1979. v. 2, p. 407-416
- MONET, R.; BASTARD, Y. Effect d'une température modérément élevée 25°C, sur les bourgeons floraux du pêcher. **Physiologie Végétale**, Paris, v. 9, n. 2, p. 209-226, 1971.
- MONET, R.; BASTARD, Y. Les mécanismes de la floraison chez le pêcher. **Bulletin Technical Information**, Paris, v. 248, p. 173-176, 1970.
- NAVA, G.A. **Desenvolvimento floral e frutificação de pessegueiros [*Prunus persica* (L.) Batsch] cv. Granada, submetidos a distintas condições térmicas durante o período de pré-floração e floração**. 2007. 158f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- NYÉKI, J.; SZABÓ, Z.; BENEDEK, P.; SZALAY, L. Nectar production and pollination in peach. **International Journal of Horticultural Science**, Alexandria, v. 6, n. 3, p. 123-126, 2000.
- NYÉKI, J.; SZABÓ, Z.; ANDRÁSFALVY, A.; SOLTÉSZ, M.S.I. Open pollination and autogamy of peach and nectarines varieties. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 465, p. 279-284, 1998.
- NYOMORA, A.M.S.; BROWN, P.H.; PINNEY, K.; POLITO, V.S. Foliar application of boron to almond trees affects pollen quality. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 125, p. 265-270, 2000.
- PÉREZ, F.J.; BURGOS, B. Alterations in the pattern of peroxidase isoenzymes and transient increases cycle of grapevine buds: the effect of hydrogen cyanamide. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v.43, n.3, p.213-220, 2004. (não consta no texto)
- PIMENTA, E.; POLITO, V.S. Ovule abortion in 'Nonpareil' almond [*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb]. **American Journal of Botany**, St Louis, v. 69, n. 6, p. 913-920, 1982.
- PIMENTA, E.; POLITO, V.S. Embryo sac development in almond [*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb] as affected by cross-, self- and non-pollination. **Annals of Botany**, Kidlington Oxford, v. 51, p. 469-479, 1983.
- RADICE, S.; ONTIVERO, M.; GIORDANI, E. et al. Morphology and physiology of pollen grains of Italian *Prunus persica* (L.) Batsch cultivars grown in Argentina. **Advances in Horticultural Science**, Firenze, v. 17, n. 2, p. 93-96, 2003.
- RAGEAU, R. Novos conceitos em dormência de frutíferas de clima temperado. In: ENFRUTE – ENCONRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO, 5., Fraiburgo, 2002. **Anais...** Caçador: Epagri, 2002. p. 185-201.
- RASEIRA, M.C.; QUEZADA, A.C. Classificação botânica, origem e evolução. In: RASEIRA, M.C.; QUEZADA, A.C. **Pêssego: produção**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2003. p. 31-35.
- REISER, L.; FISCHER, R.L. The ovule and the embryo sac. **The plant Cell, Rockville**, v. 5, p. 1291-1301, 1993.

- RODRIGO, J.; HERRERO, M. Effects of pre-blossom temperatures on flower development and fruit set in apricot. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 92, n. 2, p. 123-135, 2002a.
- RODRIGO, J.; HERRERO, M. The onset of fruiting in apricot (*Prunus armeniaca* L.). **Journal of Applied Botany**, Goettingen, v. 76, p. 13-19, 2002b.
- RODRIGO, J.; HERRERO, M. Influence of intraovular reserves on ovule fate in apricot (*Prunus armeniaca* L.). **Sexual Plant Reproduction**, Heidelberg, v. 11, n. 2, p. 86-93, 1998.
- ROMBOLÁ, A.D.; TOSELLI, M.; SCUDELLARI, D.; TAGLIAVINI, M.; MARANGONI, B. A nutrição das frutas de caroço na fruticultura ecológica. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE FRUTAS DE CAROÇO - PÊSSEGOS, NECTARINAS E AMEIXAS, 1., 2000, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: UFRGS, 2000. p. 41-60.
- RYUGO, K. **Fruit culture: its science and art**. Davis: University of California, 1988. 344p.
- SACHS, S.; CAMPOS, A.D. O pessegueiro. In: MEDEIROS, C.A.B.; RASEIRA, M.C.B. **A cultura do pessegueiro**. Brasília: Embrapa - SPI, 1998. p. 13-19.
- SANZOL, J.; HERRERO, M. The "effective pollination period" in fruit trees. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 90, n. 1-2, p. 1-17, 2001.
- SEDGLEY, M.; GRIFFIN, A.R. **Sexual reproduction of tree crops**. London: Academic Press, 1989. 378p.
- SHARMAN, D.O.N. Pollination regulation of flower development. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 48, p. 547-574, 1997.
- SHERMAN, W. B.; LYRENE, P. M. Bloom time in low-chill peaches. **Fruit Varieties Journal**, University Park, v. 52, p. 226-228, 1998.
- STÖSSER, R.; AVARI, S.F. Pollen tube growth and fruit set as influenced by senescence of stigma, style and ovules. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 139, p. 13-22, 1983.
- SUKHVIBUL, N.; WHILEY, A.W.; VITHANAGE, V.; SMITH, M.K.; DOOGAN, V.J.; HETHERINGTON, S.E. Effect of temperature on pollen germination and pollen tube growth of four cultivars of mango (*Mangifera indica* L.). **The Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Kent, v.75, n.2, p.64-68, 2000.
- SZABÓ, Z.; NYÉKI, J. Floral biology and fertility in peaches. **International Journal of Horticultural Science**, Alexandria, v. 6, n. 1, p. 10-15, 2000.
- SZABO, Z.; NYEKI, J.; SZALAY, L.; GEIBEL, M.; FISCHER, M.; FISCHER, C. Autofertility of peach varieties in a variety collection. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 1, n.38, p. 131-134, 2000.
- SZABO, Z.; TIMON, B.; FELHÖSNÉ-VÁEZI, E. Morphological characteristics of flowers of several peach varieties. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 374, p. 127-130, 1996.
- THOMPSON, M.M; LIU, L.J. Temperature, fruit set, and embryo sac development in 'Italian' Prune. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 98, n. 2, p. 193-197, 1973.
- TROMP, J.; BORSBOOM, O. The effect of autumn and spring temperature on fruit set and on the effective pollination period in apple and pear. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 60, n. 1-2, p. 23-30, 1994.
- WEIGUANG, Y.; LAW, S.E.; WETZSTEIN, H.Y. An in vitro study of fungicide effects on pollen germination and tube growth in almond. **HortScience**, Alexandria, v. 38, n. 2, p. 1086-1088, 2003.
- WEINBAUM, S.A.; PARFITT, D.E.; POLITO, V.S. Differential cold sensitivity of pollen grain germination in two *Prunus* species. **Euphytica**, Dordrecht, v. 33, n. 2, p. 419-426, 1984.
- WESTWOOD, M.N. **Temperate-zone pomology**. São Francisco: W.H. Freeman and Company, 1978. 428p.
- WILLIAMS, R.R. Factors affecting pollination in fruit trees. In: LUCKWILL, L.C.; CUTTING, C.V. **Physiology of tree crops**. London: Academic Press, 1970. p. 193-207.

WILLIAMS, R.R. The effect of summer nitrogen applications on the quality of apple blossom. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, n. 40, p. 31-41, 1965.

WOJCIK, P.; KOWALCZYK, W.; JAKUBCZYK, H. et al. Effect of boron fertilization on growth, yield, fruit quality and mineral composition of plum leaves. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.86, 1998.

WOLUKAU, J.N.; ZHANG, S.; XU, G.; CHEN, D. The effect of temperature, polyamines and polyamine synthesis inhibitor on in vitro pollen germination and pollen tube growth of *Prunus mume*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 99, n. 3-4, p. 289-299, 2004.