**FENOLOGIA E CARBOIDRATOS DE RESERVA DO CAQUIZEIRO (*Diospyros
kaki* L.) ‘RAMA FORTE’ EM CLIMA TROPICAL**

CARLOS EDUARDO CORSATO

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade
de São Paulo, para obtenção do título de
Doutor em Ciências, Área de Concentração:
Fitotecnia.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Julho - 2004

**FENOLOGIA E CARBOIDRATOS DE RESERVA DO CAQUIZEIRO (*Diospyros
kaki* L.) ‘RAMA FORTE’ EM CLIMA TROPICAL**

CARLOS EDUARDO CORSATO

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **JOÃO ALEIXO SCARPARE FILHO**

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade
de São Paulo, para obtenção do título de
Doutor em Ciências, Área de Concentração:
Fitotecnia.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Julho - 2004

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Corsato, Carlos Eduardo
Fenologia e carboidratos de reserva do caquizeiro (*Diospyros kaki* L.) 'Rama Forte'
em clima tropical / Carlos Eduardo Corsato. - - Piracicaba, 2004.
42 p.

Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004.
1. Caqui 2. Carboidratos 3. Climatologia tropical 4. Fenologia I. Título

CDD 634.451

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos meus pais:

Déa e Perseo

Ofereço

À minha esposa : Clarice

Pelo exemplo...

e

aos meus filhos: Sofia e Tiago

o legado a quem DEUS me confiou

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me dar forças e sabedoria para a realização desse trabalho;

Ao Prof. Dr. João Alexio Scarpore Filho pela oportunidade, orientação e exemplo de profissionalismo e simplicidade;

À UNIMONTES – Universidade Estadual de Montes Claros, por me conceder a oportunidade de realizar o Doutorado;

À FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pela bolsa de estudos concedida;

Aos professores e funcionários do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP, Setor de Horticultura, em especial o Prof. Ângelo Pedro Jacomino e Luciane A. L Toledo pela amizade. Aos técnicos de campo Davi, Aparecido, Éder, seu Chico e Erreinaldo pela solicitude e amizade;

Aos professores e funcionários do Departamento de Ciências Agrárias da UNIMONTES, Campus de Janaúba, pela amizade e incentivo;

À minha esposa Clarice, por não me deixar esmorecer nas dificuldades e agüentar bravamente um marido, pai, profissional e doutorando muitas vezes preocupado e dividido;

À todos os colegas da ESALQ (Produção Vegetal), principalmente aqueles com quem formamos equipe, fizemos disciplinas ou simplesmente convivemos, em especial à Silvana C.S. Bueno, Maria Cecília de Arruda , Aline de Holanda, Carlos Suguitani, Eliane e Patrícia pelo apoio e amizade;

Ao Prof. Quirino Carmelo do Departamento de Nutrição Mineral de Plantas da ESALQ/USP e funcionários Lara, Marcos e Udso pela estrutura de laboratório e orientação na moagem das amostras;

À família Bordieri, em especial à Yeda, Alcides e Valéria (e à pequenina Clara) pela hospitalidade e momentos de descontração nas etapas finais da realização desse trabalho;

À minha mãe pelos telefonemas preocupados e carinhosos durante a redação desse trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	viii
SUMMARY.....	x
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Histórico da cultura.....	3
2.2 Importância sócio-econômica.....	3
2.3 Centro de origem e caracterização botânica.....	4
2.4 Fenologia do caquizeiro.....	5
3 CARACTERIZAÇÃO DOS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DO CAQUIZEIRO	
‘ RAMA FORTE’ EM CLIMA TROPICAL	10
Resumo.....	10
Summary.....	11
3.1 Introdução.....	11
3.2 Material e Métodos.....	13
3.2.1 Caracterização da área de estudo.....	13
3.2.2 Condução do pomar.....	13
3.2.3 Caracterização fenológica.....	15
3.3 Resultados e Discussão.....	16
3.3.1 Brotação das gemas.....	16
3.3.2 Elongação do ramo.....	17
3.3.3 Florescimento.....	17
3.3.4 Desenvolvimento dos frutos.....	19

	Página
3.3.5 Abortamento de frutos.....	21
3.3.6 Senescência das folhas e dormência das plantas.....	22
3.3.7 Considerações finais.....	22
3.4 Conclusões.....	23
4 FLUTUAÇÃO DE CARBOIDRATOS DE RESERVA DO CAQUIZEIRO ‘RAMA FORTE’ EM CLIMA TROPICAL.....	25
Resumo.....	25
Summary.....	26
4.1 Introdução.....	26
4.2 Material e Métodos.....	28
4.2.1 Caracterização da área de estudo.....	28
4.2.2 Condução do pomar.....	28
4.2.3 Caracterização fenológica e coleta de material.....	29
4.2.4 Análise dos carboidratos de reserva.....	30
4.3 Resultados e Discussão	30
4.4 Conclusões.....	37
5 CONCLUSÕES.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

FENOLOGIA E CARBOIDRATOS DE RESERVA DO CAQUIZEIRO (*Diospyros kaki* L.) ‘ RAMA FORTE ‘ EM CLIMA TROPICAL NO BRASIL

Autor : CARLOS EDUARDO CORSATO

Orientador: Prof. Dr. JOÃO ALEXIO SCARPARE FILHO

RESUMO

A década de 90 foi caracterizada por uma grande expansão no mercado Brasileiro e mundial de frutas, em especial nas frutas de outono, como o caqui (*Diospyros kaki* L.). Embora a quase totalidade da produção nacional de caqui seja destinada ao mercado interno, o Brasil vem se consolidando nos últimos anos como país exportador dessa fruta para países do continente americano e europeu. Por essa razão, o cultivo dessa fruteira vem se constituindo numa importante atividade agrícola para pequenos produtores no Brasil. O conhecimento da fenologia e de como varia o conteúdo em carboidratos de reserva do caquizeiro em clima tropical é de grande importância para o estudo do desenvolvimento dessa espécie nessas condições. A falta de informações dessa natureza para o caquizeiro cultivado no Brasil motivou o presente estudo com a variedade Rama Forte, a mais cultivada e consumida no país. O trabalho foi conduzido em um pomar localizado na área experimental, setor de horticultura, da escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) em Piracicaba – SP, no período 2002/2003. A fenologia foi caracterizada desde a brotação das gemas até a abscisão foliar. A variação dos teores de carboidratos de reserva em ramos e em raízes é

descrita tendo por base os diferentes períodos de coleta de material no campo, e discutidos em função dos estádios fenológicos da planta e das estações do ano. As plantas estudadas passaram pelos estádios de dormência, brotação, alongação, florescimento, frutificação, senescência e abscisão foliar. As curvas de crescimento do fruto exibiram o padrão sigmoidal duplo, sendo que o crescimento em diâmetro se antecipou em relação ao acúmulo de massa. O crescimento do cálice se estabilizou ao final do último estágio de desenvolvimento dos frutos. Da brotação das gemas no final do inverno até a maturação dos frutos no início do outono passaram-se 199 dias. Após o florescimento foram produzidos apenas frutos sem sementes, com duração de 161 dias até a sua maturação. Ocorreram dois picos no abortamento de frutos. Os primeiros sintomas de senescência das folhas foram registrados a partir do último estágio de desenvolvimento dos frutos, dois meses e meio após a formação da copa ter sido concluída. Da brotação das gemas até o completo desfolhamento somaram-se 287 dias no decorrer de toda a primavera, verão e outono. A análise dos teores dos carboidratos de reserva mostrou que ocorreram variações significativas ($P \leq 0,05$) no teor de amido e de açúcares solúveis totais nos órgãos amostrados. O amido se constitui numa importante fonte de material de reserva a ser mobilizada durante o ciclo do caquizeiro. Em relação aos açúcares solúveis totais, o amido mostrou maiores variações significativas, tanto no ramo como na raiz ao longo do período estudado. A recomposição no estoque de carboidratos de reserva nos ramos e nas raízes ocorreu durante o período de atividade fotossintética.

FENOLOGY AND CARBOHYDRATE RESERVES IN PERSIMMON (*Diospyros kaki* L.) RAMA FORTE IN TROPICAL CLIMATE

Author : CARLOS EDUARDO CORSATO

Adviser: Prof. Dr. JOÃO ALEXIO SCARPARE FILHO

SUMMARY

The decade of 90 was characterized by a great expansion in the Brazilian and world-wide market of fruits, in special in the autumn fruits, as persimmon (*Diospyros kaki* L.). Although almost the totality of the national production of persimmon either destined to the domestic market, Brazil comes if consolidating in the last years as exporting country of this fruit for countries of the American and European continent. Therefore, persimmon crop comes if constituting in an important agricultural activity for small growers in Brazil. The knowledge of the phenology of persimmon tree and how their reserve in carbohydrate content varies in tropical climate is of great importance for the study of persimmon's tree in these conditions. The lack of information of this nature for the persimmon cultivated in Brazil motivated the present study with the ' Rama Forte' variety, the most cultivated and consumed in the country. The work was lead in an orchard located in the sector of horticulture, in the Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), in Piracicaba, SP, during 2002/2003 growing cicle. The phenology of tree was characterized from budbreak to leaf fall, and carboydrate reserves in stems and roots was described for different times of plant material collected in the field, and argued based on phenological stages. The mixed buds had passed the

stages of dormancy, budbreak, shoot elongation, bloom, fruition, leaf senescence and leaf fall successively. The curves of growth of the fruit had shown the double sigmoidal standard and growth of fruit diameter preceded that of fresh and dry weight. Calyx growth stabilized in the end of the last stage of fruit development. From budbreak, in the end of winter to the maturation of fruits, in the beginning of autumn was recorded 199 days. Only seedless fruits were produced. From flowering to fruit maturity 161 days was registered. Two peaks in the abortion of fruits had occurred. The first symptoms of leaf senescence had been registered from the last stage of fruit development, two months after the canopy have been concluded. From budbreak to the complete leaf fall 287 days was recorded during all the spring, summer and autumn growing seasons. Starch and total soluble sugars content fluctuated in roots and stems throughout ($P \leq 0,05$) phenological stages of persimmons tree. Starch fluctuations showed to be more prone to significant variations in relation to the total soluble sugars in the stems as in the root. Two peaks of starch depletion was registered. The stem and root tissue started to accumulate starch during the net exporting photoassimilates by leaf photosynthesis. These results indicate that root and stem tissues play a role as a carbohydrate reserve pools to be mobilized for shoot elongation, flowering and for the maintenance of the tree during the lack of photosynthesis activity of persimmon tree.

1 INTRODUÇÃO

O caqui é uma fruta mais conhecida entre os povos de descendência oriental. No entanto, o hábito do seu consumo vem se popularizando ao redor do mundo, inclusive no Brasil. Apesar da produção nacional de caqui ter crescido 20,6 % no período de 1997 a 2000, essa fruta é desconhecida na maior parte do país. Dependendo da variedade, o caqui encontra mercado para consumidores de variadas classes sociais e tem, por essa razão, bastante espaço para crescer.

A necessidade do aprimoramento tecnológico e do gerenciamento da cadeia produtiva já se faz sentir entre os produtores paulistas de caqui, que recentemente tem se organizado em associações e cooperativas e, graças a parcerias firmadas com o SEBRAE e CATI já está em andamento o programa integrado para a produção do caqui no Brasil. Com a recente padronização da classificação dos frutos viabilizada pelo Programa Horti & Fruti Padrão da CEAGESP o produtor paulista vem, desde 1997, se consolidando como exportador do produto.

O conhecimento da fenologia e de como varia o conteúdo em carboidratos de reserva no decorrer do desenvolvimento das plantas tem se constituído na base para o desenvolvimento de modelos fenológicos e de produção. Esses modelos tem sido empregados na avaliação das técnicas de manejo em inúmeras espécies vegetais que vem sendo cultivadas com sucesso ao redor do mundo; no caso brasileiro citam-se a pomicultura, a citricultura e o cultivo da cana de açúcar.

A falta de informações dessa natureza para o caquizeiro cultivado em condições tropicais, em especial no Brasil, motivou o presente estudo. Esse trabalho teve como objetivos descrever os estádios fenológicos do caquizeiro e a flutuação de carboidratos de reserva solúveis e insolúveis em ramos e raízes no decorrer do seu desenvolvimento.

A variedade Rama Forte, por ser altamente produtiva e a mais consumida no Brasil foi escolhida para a realização desse trabalho.

Espera-se com esses resultados, complementar a escassa literatura a respeito do desenvolvimento do caquizeiro no Brasil, sobretudo nas condições do interior paulista; a maior região produtora de caqui no país.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Histórico da cultura

Tendo como centro de origem as montanhas centrais da China, país onde é cultivado a milhares de anos, a dispersão do caquizeiro para o resto do mundo se deu após sua introdução no Japão, a 1300 anos, quando se espalhou para regiões de clima subtropical e tropical (George, et al., 1994a). Sua introdução no Brasil ocorreu no final do século XIX trazido por imigrantes franceses, onde passou a ser explorado comercialmente. Tendo chegado a São Paulo em 1890, a expansão da cultura no país só ocorreu em 1920 com a chegada de imigrantes japoneses, que trouxeram outras variedades e o domínio da produção (Sato & Assumpção, 2002).

2.2 Importância sócio-econômica

O mercado de frutas no Brasil e no comércio internacional é o que mais se expandiu na década de 90, em torno de 6% ao ano, segundo o Instituto Brasileiro de Frutas (IBRAF). Para as frutas de clima subtropical o crescimento é ainda maior. O caqui e outras frutas de outono, como figo, uvas finas, etc..., tem maior vantagem de colocação no mercado devido à pequena diversidade de frutas disponíveis nesse período. Em razão disso existe demanda reprimida, que pode ser aproveitada desde que o setor produtivo procure se ajustar ao mercado (Camargo Filho et. al, 2003).

Hoje no Brasil, a participação dos principais estados produtores de caqui está distribuída entre os estados de São Paulo (58,39%), Rio Grande do Sul (17%), Paraná (13,56%), e Rio de Janeiro (6,7%); outros estados produtores são Santa Catarina, Minas

Gerais, Espírito Santo, Bahia e Mato Grosso do Sul. De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2000), o caqui contribuiu com R\$47,8 milhões no valor da produção agrícola brasileira, sendo o estado de São Paulo responsável por 56% desse total com produção de 84,4 mil toneladas, através da exploração de 3400 ha. No período de 1997-2000 a produção nacional de caqui cresceu 20,6%, sendo praticada predominantemente por pequenos produtores. No estado de São Paulo as principais regiões produtoras são Mogi das Cruzes, Campinas, Sorocaba, Itapeva, e Itapetininga (Pereira, 2002).

Desde 1997 o Brasil vem se consolidando como exportador do produto para países da Europa, América do Norte e América do Sul (Camargo Filho et. al, 2003). Atualmente, os principais países produtores de caqui no mundo são Japão, China, Israel, Brasil, Itália e França.

2.3 Centro de origem e caracterização botânica

Pertencente a família das ebenáceas, o gênero *Diospyros* agrega predominantemente espécies sempre verdes encontradas em climas subtropicais e tropicais. No entanto, um pequeno número de espécies adaptou-se ao clima temperado ao redor do mundo dando origem a algumas espécies de hábito decíduo. Dentre estas, a de maior valor comercial é o caquizeiro (*Diospyros kaki* L.), que tem como centro de origem genética as montanhas centrais da China. O caquizeiro pode ser considerado a espécie que teve a maior adaptação ao clima tropical se comparada a outras fruteiras de hábito decíduo, sendo atualmente cultivada com sucesso em vários países de clima tropical e subtropical (Mowat et al., 1995). A árvore suporta bem o calor, desde que o inverno seja frio e ocorra na época certa. Aspectos relativos à ecofisiologia do caquizeiro bem como suas limitações ambientais foram amplamente revisadas por Mowat & George (1994).

A fruta do caqui tem forma esférica, levemente achatada, de coloração alaranjada, roxo-clara a roxo-escuro. Independente da variedade considerada o fruto é quase só polpa, de aparência gelatinosa e fria. A fruta concentra elevada quantidade de

caroteno (vitamina A) e vitaminas dos complexos B e C, com polpa constituída basicamente de mucilagem e pectina, responsáveis pela aparência característica da fruta. Com teor de açúcar variando de 14% a 18%, o caqui supera, nesse quesito, o da maioria das frutas de consumo popular.

A maioria das variedades comerciais de caqui tem tendência a produzir frutos por partenocarpia, portanto sem a necessidade de estímulo de polinização. Por essa razão, na maioria das variedades comerciais as plantas apresentam apenas flores femininas. Dependendo da fonte de estímulo responsável por desencadear a formação do fruto (se por partenocarpia ou por polinização e fecundação), algumas variedades sofrem alterações na polpa, especialmente na coloração e na quantidade de tanino solúvel (grupo variável); ao passo que outras não (grupo constante - caqui doce com polpa amarela), mantendo suas características de origem intactas, independente desse fator, isto é, de possuírem ou não sementes (Matos, 1997).

A fruta é degustada basicamente *in natura* à mesa; contudo as embalagens não são adequadas à venda em supermercados. Dessa forma, a preparação do caqui em unidades prontas para o consumidor teriam significativos avanços com agregação de valor ao produto. O mercado de restaurantes com produto picado (fresh-cut) ou suco pronto é outra faixa a ser explorada (Camargo Filho et.al, 2003). Embora muito pouco difundidos, existem alguns preparados como bolos, biscoitos e mousses. Muito apreciada pelos descendentes de japoneses no Brasil, a passa de caqui desidratado é praticamente a única forma artesanal de conservar a fruta na entressafra (Sato & Assumpção, 2002).

2.4 Fenologia do caquizeiro

De acordo com Mowat & George (1994), o crescimento do fruto do caquizeiro exhibe uma curva do tipo sigmoidal ou sigmoidal dupla, estando subdividida em dois estágios de intensa atividade, os estágios I e III, intercalada por um estágio de pouca atividade, o estágio II. O estágio I está associado aos processos de divisão e diferenciação celular com duração média de 60 a 100 dias. Durante o estágio III, cuja

duração variando de 40 a 50 dias, ocorrem os processos de alongação e maturação celular. O significado do estágio II, cuja duração varia de 20 a 40 dias é ainda incerto, e parece refletir fatores de influência genética, fisiológica e ambiental responsáveis pela finalização do estágio I e início do estágio III. A época de ocorrência da brotação das gemas é importante, uma vez que influencia o período de duração do desenvolvimento do fruto. Seu atraso reduz esse período dificultando a perda natural da adstringência (George et al., 1994a); ao passo que a sua antecipação coloca em risco o desenvolvimento das brotações em regiões sujeitas a geadas. Falhas ou atraso na brotação das gemas poderão ocorrer devido ao baixo nível de carboidratos de reserva acumulados, ou à perda precoce das folhas devido o ataque de pragas, doenças ou a ocorrência de adversidades climáticas (Mowat et al. , 1995).

Um aspecto incomum presente no caqui é o tamanho do seu cálice nos estágios iniciais do seu desenvolvimento. Na antese, o cálice chega a ser responsável por mais de 50% do peso total do fruto. A presença de estômatos no cálice parece exercer grande influência nos processos de fotossíntese, respiração e transpiração, além de ser uma importante fonte de hormônios que podem influenciar a queda de frutos. Estudos envolvendo a remoção de partes do cálice e mesmo danos acidentais decorrentes de tratos culturais ou ataque de pragas e doenças no cálice, revelaram que o correu inibição de 50 a 75% no desenvolvimento do fruto (George et al., 1997).

O hábito de florescimento do caquizeiro é complexo, variando de monóico a dióico. Em algumas variedades podem ocorrer flores femininas e masculinas na mesma planta; sendo raros os casos de variedades com flores hermafroditas (Tombolato, 1989). Suas flores surgem durante a estação de crescimento, a partir de gemas localizadas nas axilas dos ramos mistos. Em climas subtropicais o florescimento geralmente ocorre cerca de 35 dias após a brotação das gemas, podendo variar de uma a duas semanas dependendo da variedade (George et al., 1997).

A temperatura também influencia no seu florescimento. Na Austrália, cuja temperatura média na primavera é de 21⁰ C, o florescimento ocorre 30 dias após a brotação das gemas e dura de 7 a 10 dias; na Nova Zelândia, devido o seu clima temperado ameno e temperatura média na primavera de 14⁰ C, o florescimento tem

início 75 dias após brotação das gemas, finalizando entre 14 e 28 dias (Mowat & George, 1994 e Mowat et al., 1995).

O caquizeiro é uma fruteira sujeita à alternância de produção. A mais comum é a bianual embora, no Japão, Mowat & George (1994) tenham relatado a existência de ciclos de alternância espaçados em até 4,2 anos. Segundo esses autores, no Japão, o abortamento fisiológico de frutos é considerado um dos maiores responsáveis pela alternância de produção. Fatores de natureza fisiológica, ambiental e genética, bem como a interação entre eles tem sido responsabilizados por esse fenômeno (Mowat & George, 1994). Entre os fatores fisiológicos envolvidos com o abortamento natural de frutos de caqui sem sementes destacam-se: a) a elevada competitividade por fotoassimilados entre fruto e ramo, sobretudo quando os frutos se desenvolvem em ramos vegetativos muito vigorosos, b) a carência de uma fonte própria de hormônios de crescimento nos frutos partenocárpicos, presente nos frutos com sementes (George et al., 1997) e c) predominância de temperaturas elevadas durante o verão, no início do desenvolvimento dos frutos (Mowat et al., 1995).

Apesar do seu crescimento lento o caquizeiro atinge portes que variam de três a quinze metros, levando de sete a oito anos para atingir a maturidade. O tronco, quando cultivado em pomares é curto e tortuoso e a copa profusamente ramificada. Por essa razão a planta deve receber poda de formação durante os três primeiros anos.

O caquizeiro entra em produção comercial a partir do terceiro ano, daí para frente a frutificação cresce progressivamente até o 15 anos, quando se estabiliza. No Brasil, os estados do Rio de Janeiro e São Paulo detêm as maiores produtividades médias no país, respectivamente 25 e 23 t.ha⁻¹, ao passo que nos demais estados não chega a 14 t.ha⁻¹ (Sato & Assumpção, 2002). A colheita do caqui paulista ocorre de fevereiro a junho, com pico nos meses de março e abril.

O sistema radicular está concentrado na camada situada entre 20 e 30 cm da superfície do solo. Seu crescimento ocorre em um ou dois fluxos durante a estação de crescimento e parece ser influenciado pelo crescimento de ramos e dos frutos (Mowat & George, 1994).

O desenvolvimento do caquizeiro segue um padrão sazonal cíclico que se repete a cada ano, embora nem sempre com a mesma intensidade e duração entre os diferentes estádios fenológicos considerados. Seus órgãos de crescimento são perfeitamente distinguíveis (sistema radicular e sistema aéreo composto por ramos vegetativos e reprodutivos) e dependentes um do outro, competindo por nutrientes e carboidratos. Caso o balanço entre o crescimento vegetativo e reprodutivo não seja mantido, a produção de frutos é comprometida (Collins & George, 1996).

Segundo Wardlaw (1990), em espécies lenhosas decíduas, o armazenamento de carboidratos assume importância, principalmente durante o período de dormência, quando os órgãos de armazenamento mantêm seus níveis de carboidratos de reserva elevados, podendo se estender por vários meses.

Amido e açúcares solúveis (sacarose e derivados) são os principais carboidratos de reserva derivados da glicose, formada durante a fotossíntese. O primeiro é imóvel na célula, sendo sintetizado nos cloroplastos dos tecidos fotossintetizantes, ao passo que o segundo tem alta mobilidade em células e tecidos, sendo descarregado no floema após síntese no citosol das células. Uma vez translocada para drenos não fotossintetizantes, a sacarose é rapidamente convertida em frutose e glicose, entre outros açúcares solúveis, por enzimas invertases. Uma vez nesses órgãos, esses açúcares poderão ser utilizados de três formas: a) na respiração para a síntese de energia e de outros compostos; b) ser armazenados no vacúolo para posterior uso na respiração ou c) ser convertido em amido nos órgãos de reserva para uso em situações de baixa atividade fotossintética na parte aérea (Taiz & Zeiger, 2002).

Até o momento que precede o início da exportação de fotoassimilados pelos tecidos fotossintetizantes recém formados na parte aérea, a cada novo ciclo a planta, assim como todos os órgãos em desenvolvimento são totalmente dependentes dos carboidratos de reserva presentes nos órgãos de armazenamento. Essa dependência vai diminuindo na medida em que aumenta a quantidade de fotoassimilados exportados pela copa em expansão (Darnell & Birkhold, 1996).

A partir do conhecimento dos estádios fenológicos e do entendimento das necessidades dos diferentes órgãos em relação à planta toda, as práticas de manejo podem ser modificadas e programadas buscando-se a melhoria da produção.

De acordo com George et al. (1994a), a fenologia do caquizeiro já foi bastante estudada em países de clima temperado, como no Japão, ao passo que em condições de clima tropical existem uns poucos estudos que abordam esse assunto. Informações sobre a flutuação dos carboidratos de reserva em condições tropicais para o caquizeiro cultivado são, por sua vez, praticamente inexistentes.

3 CARACTERIZAÇÃO DOS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DO CAQUIZEIRO 'RAMA FORTE' EM CLIMA TROPICAL

Resumo

O cultivo do caqui se constitui numa importante atividade agrícola para pequenos produtores no Brasil. O conhecimento da fenologia do caquizeiro em clima tropical é de grande importância para o estudo do desenvolvimento dessa espécie nessas condições. A falta de informações dessa natureza para o caquizeiro cultivado no Brasil motivou esse trabalho com a variedade Rama Forte, a mais cultivada e consumida nos países. Tendo como objetivo a descrição fenológica dessa variedade, foi conduzido um estudo num pomar localizado na área experimental, setor de Horticultura, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), em Piracicaba, SP. As plantas estudadas passaram pelos estádios de dormência, brotação, alongação dos ramos, florescimento, frutificação, senescência e abscisão foliar. As curvas de crescimento do fruto exibiram o padrão sigmoidal duplo, sendo que o crescimento em diâmetro se antecipou em relação ao acúmulo de massa. O crescimento do cálice se estabilizou ao final do último estágio de desenvolvimento dos frutos. Do inchamento da gemas no final do inverno até a maturação dos frutos no início do outono passaram-se 203 dias. Após o florescimento foram produzidos apenas frutos sem sementes, com duração de 161 dias até a sua maturação. Ocorreram dois picos no abortamento de frutos. Os primeiros sintomas de senescência das folhas ocorreram a partir do último estágio de desenvolvimento dos frutos, dois meses e meio após a formação da copa ter sido concluída. Da brotação das gemas até o completo desfolhamento somaram-se 287 dias no decorrer de toda a primavera, verão e outono.

CARACTERIZATION OF PHENOLOGICAL STAGES OF PERSIMMON ‘RAMA FORTE’ GROWN IN TROPICAL CLIMATE

Summary

Persimmon crop has been explored commercially by small growers in Brazil. The knowledge of the phenology of persimmon in tropical climate is of great importance for the study of their development in these conditions. The lack of information of this nature for persimmon crop in Brazil motivated this work with ‘Rama Forte variety, the most cultivated and consumed in this country. Having as objective the describing the phenology stages of this variety, was lead a study in an orchard located in the experimental area of the Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), in Piracicaba, SP. The mixed buds had passed the stages of dormancy, budbreak, shoot elongation, bloom, fruition, leaf senescence and leaf fall. The curves of growth of the fruit had shown the double sigmoidal standard and growth of fruit diameter preceded that of fresh and dry weight. Calyx growth stabilized in the end of the last stage of fruit development. From budbreak, in the end of winter, to the maturation of fruits in the beginning of autumn, was recorded 199 days. Only seedless fruits were produced. From flowering to fruit maturity 161 days was registered. Two peaks in the abortion of fruits had occurred. The first symptoms of leaf senescence had been registered from the last stage of fruit development, two months after the canopy have been concluded. From budbreak to the complete leaf fall 287 days was recorded, during all the spring, summer and autumn growing seasons.

3.1 Introdução

Pertencente a família das ebenáceas, o gênero *Diospyros* agrega predominantemente espécies sempre verdes encontradas em climas subtropicais e tropicais ao redor do mundo. No entanto, um pequeno número de espécies adaptou-se ao clima temperado, dando origem a algumas espécies de hábito decíduo. Dentre elas a de maior valor

comercial é o caquizeiro (*Diospyros kaki* L.). Sua introdução no Brasil ocorreu no final do século XIX, no entanto, a expansão da cultura no país só ocorreu em 1920 com a chegada de imigrantes japoneses que trouxeram outras variedades e o domínio da produção. Hoje no Brasil, a participação dos principais estados produtores de caqui está concentrada nas regiões sul e sudeste sendo responsáveis, respectivamente por 30% e 65% da produção brasileira (Sato & Assumpção, 2002). Apesar da produção nacional de caqui ter crescido 20,6% no período de 1997 a 2000, essa fruta é desconhecida na maior parte do país. Dependendo da variedade, o cultivo caqui encontra mercado para consumidores de variadas classes sociais e tem, por essa razão, bastante espaço para crescer.

O desenvolvimento do caquizeiro segue um padrão sazonal cíclico que se repete a cada ano, embora nem sempre com a mesma intensidade e duração entre os diferentes estádios fenológicos considerados. Seus órgãos de crescimento são perfeitamente distinguíveis (sistema radicular e sistema aéreo composto por ramos vegetativos e reprodutivos) e dependentes um do outro, competindo por nutrientes e carboidratos (Collins & George, 1996).

A partir do conhecimento dos estádios fenológicos e do entendimento das necessidades das suas diferentes fases em relação à planta toda, as práticas de manejo podem ser modificadas e programadas buscando-se a melhoria da produção. A fenologia do caquizeiro já foi bastante estudada em países de clima temperado, principalmente no Japão (George et al., 1994a). Em condições de clima tropical e subtropical existe uma grande limitação de trabalhos que descrevam os eventos fenológicos dessa espécie. Em vários países, assim como no Brasil, os trabalhos desenvolvidos com o caquizeiro abordam uns poucos aspectos do ciclo, tratados na maioria das vezes de forma isolada dos demais (Tombolato, 1989; Collins & George, 1996; Mizobutsi et al., 1996 e Mowat et al., 1997), fato que dificulta o entendimento da relação entre os diferentes estádios fenológicos.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi descrever a fenologia do caquizeiro desde a brotação das gemas até o desfolhamento das plantas, durante um ciclo de produção, visando complementar as informações a respeito do comportamento do caquizeiro no

Brasil, especialmente nas condições do interior paulista, a maior região produtora de caqui no país.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi conduzido na área experimental do Departamento de Produção Vegetal, Setor de Horticultura da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), em Piracicaba, SP. O município está localizado a 546 m de altitude, 22° 42’ 30’’ de latitude sul e 47° 38’ 00’’ de longitude oeste. O clima da região é do tipo Cwa – tropical de altitude com estiagem de inverno (Köpen), com temperatura média anual de 21,4° C e chuvas concentradas de outubro a março (Figura 1) somando 1.257 mm anuais (Sentelhas & Pereira, 2000).

Por ser altamente produtiva e a mais cultivada e consumida no Brasil, a variedade de caqui Rama Forte, do grupo variável, foi escolhida para a realização desse trabalho. A área experimental consistiu de um pomar com seis anos de idade, formado por 33 plantas da variedade Rama Forte enxertadas sobre a variedade Pomelo e cercadas por caquizeiros de outras variedades. As plantas estavam espaçadas em 5 x 4 m e dispostas em três linhas paralelas, com 11 plantas cada uma. O solo na região é do tipo terra roxa estruturada eutrófica, textura argilosa.

3.2.2 Condução do pomar

Os tratos culturais foram iniciados na última semana de julho/2002, quando as plantas, ainda dormentes, passaram por uma poda de limpeza para a remoção dos ramos secos, doentes e mal situados, mantendo-se a arquitetura em “taça”. Nesse mesmo período foi efetuada a amostragem do solo e iniciadas as adubações de cobertura de acordo com Ojima et al. (1998).

A desbrota foi efetuada 15 dias após o início da brotação das gemas, eliminando-se ramos muito vigorosos, mal localizados ou em excesso, deixando-se quatro brotações por ramo, em média. A partir desta data o pomar foi conduzido da forma convencional, mantendo-se apenas as adubações e o controle fitossanitário.

Figura 1 - Variação climática mensal em Piracicaba, SP durante o ciclo do caquizeiro 'Rama Forte'

3.2.3 Caracterização fenológica

A fenologia das plantas foi caracterizada pelos seguintes descritores: brotação das gemas, alongação dos ramos, florescimento, frutificação, abortamento de frutos, senescência e abscisão das folhas; durante o 6º ciclo produtivo do pomar, no período 2002/2003.

Para a brotação das gemas e para o florescimento foi considerado o período de tempo em que as plantas manifestaram esses eventos. Para a alongação dos ramos foi considerado, por sua vez, o tempo em que um determinado número de ramos amostrados registrou aumento no seu comprimento.

A partir da segunda quinzena de agosto foram selecionadas 11 plantas ao acaso e, com frequência semanal, conduzidas as estimativas visuais da brotação das gemas e do florescimento em cada uma delas, registrando-se os valores na forma de porcentagem.

Das onze plantas selecionadas anteriormente, sete foram utilizadas para a avaliação do crescimento dos ramos, diâmetro e queda de frutos.

Quando as plantas atingiram 50% das gemas no estágio de ponta verde, foram selecionados e marcados na periferia e altura mediana da copa, quatro ramos equidistantes com 25 cm de comprimento, cujas brotações apicais possuísem até 1 cm. A distância entre a base e o ápice do ramo originado de cada brotação foi medida com régua a cada três dias, até a estabilização do seu comprimento.

Da mesma forma, ao se observar 50% do florescimento concluído, foram selecionados sete ramos com o mesmo número de frutos, utilizando-se o mesmo critério de localização citado anteriormente. Procedeu-se então, ao registro semanal do diâmetro (Pereira et al., 1987) de um fruto por ramo, utilizando paquímetro manual.

Sob a projeção da copa de cada uma das sete plantas foram instaladas telas coletoras confeccionadas em sombrite, e fixadas ao solo em quatro pontos equidistantes como o auxílio de estacas de madeira. Semanalmente, do início do florescimento até o período de colheita, flores e frutos caídos de cada planta eram coletados e contados.

Simultaneamente à quantificação do seu diâmetro, foi iniciada a avaliação semanal do acúmulo de massa pelos frutos através de coletas periódicas e pesagens

desses frutos. A cada coleta, e com o mesmo critério de localização empregado para a avaliação do crescimento das brotações, três ramos produtivos com o mesmo número de frutos foram marcados em sete plantas selecionadas ao acaso, tendo um de seus frutos removidos para análise. Uma vez destacados do ramo, os frutos eram levados ao laboratório e após a remoção e descarte dos seus pedicelos, os cálices eram cuidadosamente destacados, registrando-se o seu peso fresco, assim como de cada fruto individualmente. Após secagem a 80°C por 72 horas em estufa com circulação forçada de ar, cálice e fruto foram novamente pesados para a obtenção dos respectivos pesos secos. Para evitar a remoção contínua de frutos das mesmas plantas, foi estabelecido um sistema de rodízio entre grupos de sete plantas que, alternadamente eram selecionados a cada semana de coleta, procedendo-se a esse sistema até que os frutos atingissem o ponto de maturação, definido como aqueles frutos com coloração alaranjada escura e uniforme.

Nas mesmas plantas onde foram instaladas as redes coletoras para a avaliação da queda de frutos, foi registrada a data inicial e final da queda natural das folhas.

Finalizado o florescimento foram escolhidas três plantas a fim de se conhecer a relação entre o número de ramos mistos e vegetativos. Fitas plásticas de cores diferentes com 20 cm de comprimento foram levemente amarradas na extremidade de cada ramo em cada uma das plantas, sendo uma cor para ramo misto e outra para vegetativo. Concluída a identificação de cada ramo com as respectivas cores, todas as fitas foram então retiradas, contando-se o número de fitas de cada cor.

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Brotação das gemas

Os ramos dormentes produzidos na última estação de crescimento exibiam aspecto arredondado, cor pardo acinzentada, e glabros com lenticelas, onde se inseriam de cinco a vinte gemas. Enquanto dormentes, as gemas, de formato cordiforme, estavam protegidas por um par brácteas lenhosas de coloração marrom escura. Semelhante a data

registrada por George et al. (1994a), a brotação das gemas ocorreu naturalmente dentro das condições climáticas locais, sob temperatura média de 20°C (Figura 1). Ela teve início no final do inverno de 2002 (dia Juliano 243), quatro dias após o inchamento das gemas (Figura 2a). Passados 13 dias todas as plantas mostravam mais de 60% das suas gemas no estágio de ponta verde, atingindo 100% após 26 dias do início do processo. O inchamento das gemas foi caracterizado pelo seu intumescimento, expondo uma pilosidade dourada na região apical da mesma.

3.3.2 Elongação dos ramos

As brotações das gemas vegetativas e mistas ocorreram simultaneamente. Assim, já na primeira semana, foram observados dois tipos de brotações; brotos mistos com folhas e botões florais e brotos vegetativos constituídos somente por folhas. A relação entre os dois tipos de brotações foi de 1,13 ramos vegetativos para cada ramo misto. Os ramos mistos surgiram das gemas terminais, ao passo que aquelas localizadas na região mediana e inferior originaram apenas ramos vegetativos.

Brotações novas de aspecto anguloso e verde amareladas alongaram-se por quatro semanas, sendo que nos primeiros dez dias já haviam atingido a metade do seu comprimento máximo (Figura 2b). A partir da análise dos resultados, pode-se assumir que 60 dias após o início da brotação das gemas a copa já estava totalmente formada. No Japão, Mowat & George (1994) relataram que esse período foi de 75 dias.

Nos primeiros dias de novembro foram observados alguns ramos em alongação, seus frutos, contudo, abortaram espontaneamente ainda no início do desenvolvimento. Segundo Mowat et al. (1995), condições que estimulam o vigor podem induzir a um segundo fluxo de brotações nas gemas terminais na mesma estação de crescimento. Os frutos originados desses ramos ocorrem em pequeno número, não adquirem valor comercial e, quando não são abortados naturalmente, estão sujeitos aos efeitos do inverno devendo ser, por essas razões, desbastados no início do seu desenvolvimento.

3.3.3 Florescimento

Figura 2 – Brotação da gema (a), elongação do ramo (b) e florescimento (c) do caquizeiro variedade Rama Forte, cultivado em Piracicaba, SP no ciclo 2002/2003. Barras verticais indicam o desvio padrão. Agosto: Dias Juliano 212 a 242; Setembro: 243 a 272

Após 31 dias do início da brotação das gemas, ocorreu um florescimento vigoroso com flores exclusivamente do sexo feminino e coloração amarelo creme. O florescimento se prolongou por 16 dias, sob uma temperatura média de 20°C. Passados seis dias mais de 50% das flores já estavam abertas em todas as plantas observadas.

3.3.4 Desenvolvimento dos frutos

As curvas de acúmulo de massa e aumento em diâmetro dos frutos seguiram o padrão sigmoidal duplo (Figura 3). A duração do estágio I foi de 70 dias (até o dia Juliano 357); coincidindo com a duração do estágio I da variedade Fuyu no Japão, conforme citação de George et al. (1997). Os frutos atingiram a metade do diâmetro máximo no meio do estágio I de crescimento (Figura 3a), cerca 35 dias após a antese (Dia Juliano 322), o que evidencia que a taxa de aumento do diâmetro dos frutos foi maior no estágio I em relação ao III. Com isso, ocorreu uma antecipação de 42 dias em relação à data em que frutos atingiram a metade dos respectivos pesos seco (Figura 3c) e fresco (Figura 3b) máximos, cujo registro se deu na em 31 de dezembro (dia Juliano 364). Tais resultados se assemelham aos obtidos por George et al. (1994a), ao observarem que o aumento máximo no crescimento em diâmetro do caqui Fuyu ocorreu algumas semanas antes em relação aos respectivos aumentos máximos do peso fresco e seco dos frutos.

De acordo com Mowat & George (1994), o tempo total requerido para a formação do cálice é de 98 dias, estabilizando-se ao final do estágio II, ao passo que dos frutos varia de 120 a 190 dias, dependendo da variedade e do clima. O desenvolvimento do cálice do fruto da variedade Rama Forte, avaliado pelo acúmulo de massa fresca e seca, Figuras 3d e 3e respectivamente, teve duração de 147 dias (287 a 322 dias Juliano), estabilizando-se, contudo, ao final do estágio III. O desenvolvimento do fruto (Figuras 3a, 3b e 3c), do início das avaliações até atingir o estágio de maturação, teve duração de 161 dias (287 a 448 dias Juliano).

Durante o estágio III, no primeiro decêndio de fevereiro, foi observada

Figura 3 – Estágios do desenvolvimento ontogenético e mudanças sazonais no crescimento do fruto e do cálice do caquizeiro variedade Rama Forte cultivado em Piracicaba, SP. Barras verticais indicam desvio padrão

a mudança na coloração dos frutos, que passaram a adquirir tonalidade verde-alaranjada, atingindo a coloração padrão de colheita na primeira quinzena do outono. O estágio III transcorreu por 63 dias (385 a 448 dias Juliano) a partir do fim do estágio II. A tendência

de aumento no diâmetro e no peso dos frutos observado além das últimas datas registradas pode estar relacionada à presença de umidade relativa elevada ou de chuvas. Segundo Mowat & George (1994), esses fatores estimulam o crescimento excessivo dos frutos durante o estágio III, predispondo-os a um dano conhecido como ruptura da cutícula “cuticular cracking”, que também facilita a entrada de fitopatógenos.

3.3.5 Abortamento dos frutos

O abortamento de frutos teve início quatro dias após o início do florescimento, concentrando-se durante a primavera. A partir dessa data ocorreram dois picos distintos na quantidade de flores e frutos abortados. O primeiro ocorreu 21 dias após o início do florescimento (Figura 4), quando foram coletados 447 frutos (37 %) de um total de 1.181 nas sete plantas amostradas. George et al. (1997) cita a ocorrência do primeiro pico de abortamento de frutos de caqui entre 20 e 30 dias após o florescimento e relaciona esse período à época em que raízes e ramos atingem seus níveis mais baixos nas reservas de amido.

Figura 4 - Abortamento de frutos de caqui variedade Rama Forte no ciclo 2002/2003 em Piracicaba, SP. n = 7 plantas. Barras verticais indicam o desvio padrão

O segundo pico ocorreu 48 dias após o início do florescimento, quando 517 frutos foram abortados, 43% em relação ao total. O abortamento dos 20% restantes esteve distribuído antes do primeiro e após o segundo pico.

De um modo geral, foi observada a uniformidade no tamanho dos frutos abortados dentro de cada semana de coleta ao longo de todo o período amostrado. Esse fato, contudo, não ocorreu na semana referente à ocorrência do primeiro pico onde frutos de vários tamanhos foram abortados naquele período, sendo 70% constituídos de fruto pequenos (menos de 0,5 cm) e médios (até 1 cm). Segundo George et al. (1994b), frutos sem sementes são fracos competidores por nutrientes e carboidratos em relação aos pontos de crescimento vegetativo.

3.3.6 Senescência das folhas e dormência das plantas

A partir da última semana de fevereiro/2003 algumas folhas, antes com coloração verde escura e brilhante, passaram a exibir tonalidades laranja-avermelhadas entre as nervuras, dando início ao processo de senescência das mesmas. Na segunda semana de maio todas as folhas já mostravam algum sintoma de senescência. A queda das folhas teve início na última semana de abril, sendo que 50 dias após todas as plantas se encontravam totalmente desfolhadas, caracterizando visivelmente o início da entrada em um novo período de dormência.

3.3.7 Considerações finais

A partir da análise dos períodos de ocorrência e duração dos estádios fenológicos nas condições da área estudada (Tabela 1) foi registrado que, do inchamento da gemas no final do inverno, até a maturação dos frutos no início do outono, passaram-se 203 dias. Entre o florescimento e a maturação dos frutos transcorreram 163 dias. As folhas mostraram os primeiros sintomas de senescência a partir do último estágio de desenvolvimento dos frutos, dois meses e meio após a formação da copa ter sido

concluída. Da brotação das gemas até o completo desfolhamento somaram-se 287 dias no decorrer de toda a primavera, verão e outono.

Esses resultados mostram que houve semelhança nas datas de ocorrência dos estádios fenológicos para o caquizeiro cultivado em Piracicaba, São Paulo, em relação às registradas para outras variedades em países com latitudes próximas (George et al., 1994a e Mowat et al., 1995).

Tabela 1. Tempo transcorrido entre os diferentes estádios fenológicos do caquizeiro variedade Rama Forte, em Piracicaba, SP no ciclo 2002/2003

Estádio fenológico	Duração (dias)
Gema inchada a Ponta verde	4
Ponta verde ao término da elongação do ramo	30
Término da elongação do ramo a mudança de cor da corola	4
Mudança de cor da corola a antese	2
Antese ao secamento das pétalas	2
Secamento das pétalas a fruto maduro	161
Total	264

3.4 Conclusões

O registro fenológico da gema do caquizeiro pode ser caracterizada por 11 estádios fenológicos (Figura 5) que se manifestam sucessivamente, sendo designados por: gema dormente, gema inchada, ponta verde, ramo em elongação, término da elongação e abertura do cálice dos botões, mudança de cor da corola, antese, secamento e queda de pétalas, fruto verde, fruto maduro, queda das folhas.

Figura 5 – Estádios fenológicos do caqui variedade Rama Forte: (A) gema dormente, (B) gema inchada, (C) ponta verde, (D1 e D2) ramo em elongação, (E) término da elongação e abertura do cálice dos botões, (F) mudança de cor da corola, (G) antese, (H) secamento e queda das pétalas do botão, (I) fruto verde, (J) fruto maduro, (K) planta desfolhada (dormente)

4 FLUTUAÇÃO DE CARBOIDRATOS DE RESERVA DO CAQUIZEIRO ‘ RAMA FORTE ‘ EM CLIMA TROPICAL

Resumo

O mercado de frutas no Brasil e no comércio internacional, sobretudo para as frutas de outono como o caqui, é o que mais se expandiu na década de 90. Desde então o Brasil vem se consolidando como país exportador dessa fruta. O conhecimento de como variam os carboidratos de reserva no caquizeiro em clima tropical é de grande importância para o estudo do seu desenvolvimento nessas condições. Por essa razão, esse estudo teve como principal objetivo descrever a variação dos carboidratos de reserva solúvel e insolúvel no decorrer de um ciclo do seu desenvolvimento. O trabalho foi conduzido em um pomar localizado na área experimental da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) em Piracicaba, SP, no ciclo 2002/2003. A análise dos teores dos carboidratos de reserva mostrou que ocorreram variações significativas ($P \leq 0,05$) no teor de amido e de açúcares solúveis totais nos órgãos amostrados. Em relação aos açúcares solúveis totais, o amido mostrou maiores variações significativas, tanto no ramo como na raiz ao longo do período estudado. A recomposição no estoque de carboidratos de reserva nos ramos e nas raízes ocorreu durante o período de atividade fotossintética. O amido se constitui numa importante fonte de material de reserva a ser mobilizada no início e no final do ciclo do caquizeiro.

CARBOYDRATE RESERVES FLUCTUATIONS IN PERSIMMON ‘RAMA FORTE’ IN TROPICAL CLIMATE

Summary

Persimmon (*Diospyros kaki* L.) have been explored commercially by small growers in Brazil. The knowledge of persimmon's phenology and carbohydrate fluctuations in tropical climate is of great importance for the development study of persimmon in these conditions. The lack of information about this subject for persimmon in Brazil motivated this inquiry. The study was lead in a persimmon orchard in the Escola Suprior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, in Piracicaba, SP, during 2002/2003 growing cycle. Carbohydrate reserves content in stems and roots was described for different times of plant material collected in the field, and argued based on the phenology of trees. Budbreak commenced in winter. Starch and total soluble sugars content fluctuated in roots and stems throughout ($P \leq 0,05$) phenologycal stages of persimmons tree. Starch fluctuations showed to be more prone to significant variations in relation to the total soluble sugars in the stems as in the root. Two peaks of starch depletion was registered. The stem and root tissue started to accumulate starch during the net exporting photoassimilates by leaf photosynthesis. These results indicate that root and stem tissues play a role as a carbohydrate reserve pools to be mobilized for shoot elongation, flowering and for the maintenance of the tree during the lack of photosynthesis activity of persimmon tree.

4.1 Introdução

Embora tenha como centro de origem regiões de clima temperado, o caquiizeiro vem sendo, atualmente, cultivado com sucesso em vários países de clima tropical e subtropical (Mowat et al., 1995). Tendo chegado ao Brasil em 1890, sua exploração foi impulsionada a partir de 1920 após a chegada de imigrantes japoneses. A cultura do

caqui é tida hoje no Brasil, como uma importante atividade para a agricultura familiar, sendo praticada principalmente nas regiões sudeste e sul do país (Sato & Assumpção, 2002). Dependendo da variedade, o caqui encontra mercado para consumidores de diferentes classes sociais e a expansão no seu consumo tem, por essa razão, bastante espaço para crescer no país.

O caquizeiro é uma espécie lenhosa cujos órgãos de crescimento são perfeitamente distinguíveis (sistema radicular e sistema aéreo composto por ramos vegetativos e reprodutivos) e dependentes um do outro, competindo por nutrientes e por carboidratos. Caso o balanço vegetativo/reprodutivo não seja mantido, a produção de frutos é comprometida (Collins & George, 1996).

De acordo com Carvalho et al. (1998), o modelo usual das flutuações dos carboidratos totais disponíveis tem sido descrito como único, onde os níveis caem nas raízes e bases do caule na primavera com o começo do novo crescimento, alcançando valor mínimo no meio do verão ou no começo do florescimento, aumentando no outono durante a maturação e declinando no inverno com a respiração da planta em dormência.

Segundo Wardlaw (1990), em espécies lenhosas decíduas o armazenamento de carboidratos assume importância principalmente durante o período de dormência, quando os órgãos de armazenamento mantêm seus níveis de carboidratos de reserva elevados.

A forma como são utilizados os fotoassimilados (Larcher, 2000) em espécies lenhosas é essencial para o entendimento dos mecanismos responsáveis pelo controle dos processos fenológicos como o crescimento de ramos, o florescimento e a produção de frutos (Liu et al., 1999). Por essa razão, essas informações têm sido muito utilizadas na avaliação das técnicas de manejo, visando desde a erradicação de espécies vegetais indesejadas até o aumento da produção em espécies de interesse econômico.

A flutuação de carboidratos tem sido estudada em diversas espécies cultivadas variando de fruteiras decíduas como noz pecã (Smith et al., 1986); macieira, (Yoshioka et al., 1988), mirtilo (Darnell & Birkhold, 1996), a espécies sempre verdes como abacate (Liu et al., 1999) e também em espécies de cerrado como o marmeleiro (Carvalho et al., 1998) e em gramíneas forrageiras (Cecato et al., 2001). Em países tropicais, assim como

no Brasil, praticamente não existem informações que abordem a relação entre o desenvolvimento fenológico e a variação dos carboidratos de reserva para o caquizeiro.

Por essa razão, esse trabalho teve como objetivo analisar como variam os níveis de carboidratos de reserva, em especial o amido (a forma insolúvel) e os açúcares solúveis totais (glicose e derivados) em raízes e ramos do caquizeiro, no decorrer dos estádios fenológicos. Por ser altamente produtiva e a mais cultivada e consumida no Brasil, a variedade Rama Forte foi escolhida para a realização desse estudo.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi conduzido na área experimental do Departamento de Produção Vegetal, Setor de Horticultura da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), em Piracicaba, SP. O município está localizado a 546 m altitude, a 22° 42’ 30’’ de latitude sul e 47° 38’ 00’’ de longitude oeste. O clima da região é do tipo Cwa – tropical de altitude com estiagem de inverno (Köpen), com temperatura média anual de 21,4 °C e chuvas concentradas de outubro a março somando 1.257 mm anuais (Sentelhas & Pereira, 2000).

A área experimental consistiu de um pomar de caquis com seis anos de idade, formado por 33 plantas da variedade Rama Forte enxertadas sobre a variedade Pomelo, cercadas por caquizeiros de outras variedades. As plantas estavam espaçadas em 5 x 4 m e dispostas em três linhas paralelas, com onze plantas cada uma. O solo na região é do tipo terra roxa estruturada eutrófica, textura argilosa.

4.2.2 Condução do Pomar

Na última semana de julho/2002 as plantas, ainda dormentes, passaram por uma poda de limpeza, mantendo sua arquitetura em “taça”. Nesse mesmo período foi efetuada a análise de solo dando início às adubações de cobertura segundo recomendação de Ojima et al. (1998). Quinze dias após o início da brotação das gemas foi efetuada a desbrota deixando-se, em média, quatro brotações por ramo. A partir desta data o pomar foi conduzido da forma convencional, mantendo-se apenas as adubações e o controle fitossanitário.

4.2.3 Caracterização fenológica e coleta de material

O monitoramento da fenologia das plantas foi efetuada durante o ciclo 2002/2003, enfocando-se os seguintes estádios fenológicos: brotação das gemas, florescimento, desenvolvimento dos frutos, senescência e queda das folhas.

A partir da segunda quinzena de agosto foram selecionadas 11 plantas ao acaso e, considerando o período de tempo em que elas manifestavam cada um desses eventos, foram definidas as datas de início e fim dos respectivos estádios fenológicos.

Sob a projeção da copa de sete plantas selecionadas ao acaso, foram instaladas telas coletoras confeccionadas em sombrite, e fixadas ao solo em quatro pontos equidistantes com o auxílio de estacas de madeira. Semanalmente, do início do florescimento até a maturação dos frutos, flores e frutos caídos de cada planta eram coletados e contados. Nessas mesmas plantas foi registrada, também, a data inicial e final da queda natural das folhas.

De setembro/2002 a agosto/2003 foi conduzida, com frequência mensal, em intervalos de tempo fixos, a amostragem de raízes e de ramos em sete plantas escolhidas ao acaso no pomar. A cada amostragem, três ramos produtivos localizados na periferia e altura mediana da copa e com o mesmo número de frutos eram coletados em cada planta. Frutos e folhas eram então removidos com tesoura de poda e os ramos acondicionados em sacos de papel formando sete amostras compostas a cada mês de coleta. Segmentos de raízes com cerca de 20 cm de comprimento foram removidos com

enxada, sob a projeção da copa, numa profundidade média de 10 cm, sempre buscando aquelas com diâmetro em torno de 1 cm.

A fim de se evitar a remoção contínua de material vegetal sempre das mesmas plantas, foi feito um sorteio dividindo-se o pomar em grupos de sete plantas. A cada mês procedeu-se ao revezamento do grupo amostrado, até o final das coletas.

4.2.4 Análise dos carboidratos de reserva

Após a coleta no campo, o material acondicionado em sacos de papel era identificado e mantido em freezer (-5 °C) por 48h para a inativação das enzimas do catabolismo de carboidratos e, em seguida, por 72h a 80°C em estufa de circulação forçada de ar para obtenção de peso constante. Após a secagem, as amostras sofreram uma pré-moagem em moinho Wiley com peneira de 20 meshes e, em seguida, uma nova moagem com peneira de 40 meshes (Carvalho et al., 1998).

Para a determinação dos açúcares solúveis totais foi utilizado o método de Somogyi & Nelson, que emprega o reagente fenol sulfúrico descrito em Passos (1996). Para o amido foi utilizando o método de espectroscopia de refletância de infravermelho proximal (NIRS), (Barton, 1989). As amostras foram escaneadas sendo coletados os espectros NIRS na faixa de 1100 a 2498 nm, utilizando-se o equipamento modelo NIRS 5000 (NIRSystem, Silver Spring, MD, USA) acoplado ao computador equipado com o software Win ISI II versão 6,2 (Intrasoft International, PA). O teor de amido foi então estimado utilizando-se a curva de calibração do equipamento

A análise estatística individual para cada carboidrato analisado, em raízes e em ramos, foi realizada considerando-se o delineamento inteiramente casualizado com sete repetições. Para a análise da variância e a comparação das médias foi empregado o teste Tukey utilizando o sistema para análises estatísticas (ESTAT - V 2.0), UNESP, Jaboticabal.

4.3 Resultados e Discussão

A análise dos teores de amido e de açúcares solúveis totais mostrou que ocorreram variações significativas ($P \leq 0,05$) na flutuação desses carboidratos entre os diferentes estádios fenológicos do caquizeiro (Figuras 1 e 2).

Dentro de um mesmo período amostrado, a flutuação do amido (Figura 1a) e dos açúcares solúveis totais (Figura 1b) no ramo e na raiz foi, de modo geral, bastante semelhante. A flutuação do amido em relação aos açúcares solúveis totais no ramo (Figura 2a), em alguns períodos se mostrou antagônico e em outros coincidentes, o mesmo sendo observado para na raiz (Figura 2b).

No decorrer do período estudado o amido mostrou maiores variações significativas, com períodos de depleção e de reposição, em relação aos açúcares solúveis totais, tanto no ramo como na raiz.

A brotação das gemas ocorreu naturalmente dentro das condições climáticas locais (Figura 3), tendo iniciado em 01/09 no (final do inverno), quatro dias após o inchamento das mesmas. Passados 13 dias todas as plantas mostravam mais de 60% das suas gemas brotadas, atingindo 100% após 27 dias do início do processo. Brotações novas de aspecto anguloso e verde amareladas alongaram-se por quatro semanas, sendo que nos primeiros dez dias já haviam atingido a metade do seu comprimento máximo. Após 30 dias do início da brotação das gemas ocorreu um florescimento vigoroso, com flores de coloração amarelo creme, exclusivamente do sexo feminino, que se estendeu por 16 dias sob uma temperatura média de 20°C (Figura 3). Passados seis dias mais de 50% das flores já estavam abertas em todas as plantas observadas.

No período compreendido entre a brotação das gemas, a elongação dos ramos e o florescimento, os ramos registraram queda significativa ($P \leq 0,05$) no teor de amido (Figura 1a) sendo que em outubro a raiz atingiu a máxima depleção nesse carboidrato. O fato da diminuição no teor de amido nesse período ter sido significativa apenas para o ramo sugere que as brotações, por disporem de um suprimento suficiente em reservas localizadas próximo às gemas, foram menos dependentes daquela proveniente de órgãos mais distantes. Darneel & Birkhold (1996), cita estudos mostrando que as reservas contidas nos ramos de cereja, também foram consumidas antes daquela contida nas raízes durante a brotação. Em oposição, nesse mesmo intervalo ocorreu elevação

significativa ($P \leq 0,05$) no teor de açúcares solúveis totais no ramo (Figura 1b), mas não na raiz. Esses resultados evidenciam que ocorreu mobilização das reservas de amido no ramo (Figura 2a) mostrando que existe relação entre a variação nos teores carboidratos de reserva e o início de um novo ciclo de crescimento do caquizeiro. De acordo com Darnell & Birkhold, (1996), aproximadamente um terço das reservas acumuladas são empregadas no desenvolvimento de novas folhas as quais, posteriormente, contribuirão para a formação de outras folhas e para o crescimento das planta.

Durante a primavera foram registrados dois picos no abortamento de frutos, o primeiro no dia 23/10 e o segundo em 20/11. Na ocorrência do primeiro pico, aos 24 dias após o início do florescimento, 37% de um total de 1.181 frutos foram abortados. Esse período coincide com o relato de George et al. (1997) ao afirmar que o primeiro pico na queda de frutos de caqui normalmente coincide com o momento em que ocorrem os níveis mais baixos de amido no ramo. No segundo pico ocorreu em 24/11, quando 43% do total foram abortados. Embora o crescimento das raízes não tenha sido avaliado no presente estudo, George et al. (1997) relataram que o segundo pico seria coincidente com o máximo desenvolvimento do sistema radicular.

Os frutos se desenvolveram do florescimento na primavera até o início do outono sendo que, em fevereiro, no meio do verão, foi observada a mudança na sua coloração, que passou a exibir tonalidades amarelo-alaranjadas. Na última semana de março alguns frutos já estavam prontos para serem colhidos. Nos meses subsequentes ao início do desenvolvimento dos frutos ocorreu um aumento progressivo no acúmulo de amido, tanto na raiz quanto no ramo, até atingir o pico no mês de abril, num nível significativo em relação àquele registrado durante a elongação dos ramos (Figura 1a). Esse aumento, também registrado por Yoshioka et al. (1988) em macieira, evidencia que a partir do florescimento os carboidratos fotossintetizados na estação corrente passaram a suprir não só o desenvolvimento dos frutos e a respiração da planta, como também iniciar a reposição dos tecidos armazenadores de reservas, tanto na raiz quanto nos ramos. Embora a contribuição das reservas contidas na raiz para o desenvolvimento dos frutos

Figura 1- Flutuação de amido (a) e de açúcares solúveis totais (b) do caquizeiro variedade Rama Forte no período de setembro/2002 a agosto/2003. $n = 7$ amostras compostas. —●— raiz; —●— ramo. A ocorrência e a duração dos estádios fenológicos estão nas barras horizontais. Barras verticais indicam o desvio padrão

Figura 2 - Flutuação de amido (—●—) e de açúcares solúveis totais (—●—) em ramos (a) e em raízes (b) do caquizeiro variedade Rama Forte no período de setembro/2002 a agosto/2003. n=7 amostras compostas. A ocorrência e a duração dos estádios fenológicos estão nas barras horizontais. Barras verticais indicam o desvio padrão

não tenha sido analisada no presente estudo, o crescente aumento nos teores de amido registrados a partir do florescimento também sugere a independência das reservas contidas na raiz para o desenvolvimento desses frutos. Segundo Darnell & Birkhold (1996), a dependência dos carboidratos de reserva vai diminuindo na medida em que aumenta a quantidade de fotoassimilados exportados pela copa em expansão. O teor de amido no ramo em abril (Figura 1a), período de amadurecimento dos frutos, foi significativamente superior ($P \leq 0,05$) em relação àquele registrado em fevereiro, início do último estágio de desenvolvimento dos frutos (Mowat & George, 1994). Para a raiz, contudo, essa diferença não foi significativa. Darnell & Birkhold (1996), relataram que no decorrer do período do crescimento em mirtilo, os assimilados em excesso que se encontravam nos órgãos subterrâneos foram reconduzidos e estocados no tronco e nos ramos.

Em fevereiro, final do verão, foram observadas as primeiras folhas em senescência. Com a aproximação do outono, a evolução da senescência das folhas foi acompanhada de forte queda ($P \leq 0,05$) no teor de amido a partir de abril no ramo e na raiz (Figuras 2a e 2b respectivamente) atingindo em junho no ramo e em julho na raiz, níveis inferiores a 1/3 em relação àqueles registrados em abril. A queda no teor de amido no ramo foi significativa ($P \leq 0,05$) entre abril e maio e entre maio e junho, mas em nenhum desses períodos para a raiz. Em junho, o teor de amido no ramo atingiu o teor mais baixo ($P \leq 0,05$) em relação a todos os demais meses estudados. Na última semana de abril teve início à queda de folhas sendo que, no final do outono, já na primeira semana de junho, as plantas estavam totalmente desfolhadas. Nesse mesmo período foi observado um significativo aumento no teor de açúcares solúveis totais verificado entre maio e julho no ramo e entre junho e agosto na raiz. De outubro a junho a variação dos açúcares solúveis totais no ramo não foram significativas.

O antagonismo na flutuação entre açúcares solúveis totais e amido entre maio e junho no ramo e entre junho e julho na raiz, evidencia a ocorrência de um novo período de mobilização de parte das reservas insolúveis para a forma solúvel (Figuras 2a e 2b). Yoshioka et al. (1988) relaciona essa mobilização a um mecanismo de tolerância ao resfriamento e ao congelamento decorrente da queda da temperatura na transição

outono/inverno. Esses autores sugerem, ainda, que a planta já estaria mobilizando os açúcares solúveis necessários ao suprimento de energia e de esqueletos de carbono necessários ao desenvolvimento de novas brotações e de frutos por ocasião da primavera seguinte.

Figura 3 - Variação climática mensal em Piracicaba, SP durante o ciclo do caquizeiro

A partir de julho, quando a temperatura do ar registrava ligeira elevação (Figura 3), o significativo antagonismo ($P \leq 0,05$) entre amido e açúcares solúveis totais no ramo (Figura 2a), indica que houve retorno da forma solúvel para a forma insolúvel, isto é,

para amido. Nesse mesmo período, houve uma recuperação significativa nos teores de amido na raiz e no ramo ($P \leq 0,05$), para níveis correspondentes àqueles verificados em abril. Na raiz, amido e açúcares solúveis totais registraram aumento nesse mesmo período (Figura 2b). Conforme citação de Carvalho et al. (1998), os carboidratos de reserva das raízes podem ser acumulados até depois da queda das folhas.

4.4 Conclusões

Os teores de amido e de açúcares solúveis totais em ramos e em raízes variam no decorrer do ciclo do caquizeiro ‘Rama Forte’.

O amido se constitui numa importante fonte de material de reserva a ser mobilizada no início (estádios de brotação, alongação e florescimento) e no final do ciclo (estádio de dormência) do caquizeiro.

Durante o período de atividade fotossintética ocorre a recomposição no estoque de amido de reserva nos ramos e nas raízes.

A flutuação no teor de açúcares solúveis totais é mais estável em relação àquela observada para o amido.

5 CONCLUSÕES

A fenologia dos ramos do caquizeiro ‘Rama Forte’ pode ser caracterizada por onze estádios fenológicos que se manifestam sucessivamente, e que são diferenciados pela presença e pela morfologia das gemas, das folhas, flores e frutos.

Os teores de amido e de açúcares solúveis totais presentes nos tecidos lenhosos dos ramos e da raiz do caquizeiro variam dependendo do estágio fenológico da planta.

O amido se constitui numa importante fonte de material de reserva a ser mobilizado no início e final do ciclo do caquizeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTON, F.E. **Considerations of chemical analysis: near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) analysis of forage quality.** Washington: USDA, ARS, 1989. 68p. (Handbook, 643).
- CARVALHO, F.C.; FILHO, J.A.A.; RÊGO, M.C.; TELES, F.F.F. Flutuação dos níveis de carboidratos de reserva disponíveis nas raízes e no caule do marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n. 4, p.670-675, 1998.
- CECATO, U.; CANO, C.C.P.; BORTOLO, M.; HERLING, V.R.; CANTO, M.W.; CASTRO, C.R.C. Teores de carboidratos não estruturais, nitrogênio total e peso de raízes em coastcross-1 (*Cynodon dactylon* L. Pers) patejado por ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n. 3, p.644-650, 2001.
- COLLINS, R.J.; GEORGE, A.P. Managing crop load on non-astringent persimmon (*Diospyros kaki* L.) grown in the sub-tropics **Acta Horticulturae**, n. 436, p.251-260, 1996.
- DARNELL, R.L.; BIRKHOLD, K.B. Carbohydrate contribution to fruit development in two phenologically distinct rabbiteye blueberry cultivars. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.121, n.6, p.1132-1136, 1996.

CAMARGO FILHO; W.P.C; MAZZEI, A.R., ALVES, H.S. Mercado de caqui: variedades, estacionalidade e preços. **Informações Econômicas**, v.33, n.10, p.81-88, 2003.

GEORGE, A.P.; COLLINS, R.J.; RASMUSSEN, T.S. Phenological cycling of non-astringent persimmon in subtropical Australia. **Journal of Horticultural Science**, v.69, n.5, p.937-946, 1994a.

GEORGE, A.P.; MOWAT, A.D.; COLLINS, R.J. The pattern and control of reproductive development in non-astringent persimmon (*Diospyros kaki* L.): a review. **Scientia Horticulturae**, v.70, p.93-122, 1997.

GEORGE, A.P.; NISSEN, R.J.; COLLINS, R.J. Effects of temperature and pollination on growth, flowering and fruit set of the non-astringent persimmon cultivar Fuyu under controlled temperatures. **Journal of Horticultural Science**, v.69, n.2, p.225-230, 1994b.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.
www.sidra.ibge.gov.br. (20 de jan.2002)

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. cap. 2, p. 69-182: O balanço de carbono nas plantas.

LIU, X.; ROBINSON, P.W.; MADORE, M.A.; WITNEY, G.W.; ARPAIA, M.L. Hass avocado carbohydrate fluctuations. I. Growth and Phenology. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.124, n.6, p.671-675, 1999.

MATOS C.S. A influência da polinização sobre a fisiologia, constituição e formação dos frutos do caquizeiro. **Agropecuária Catarinense**, v.10, n.2, p.5-7, 1997.

- MIZOBUTSI, G.P.; BRUCKNER, C.H.; SALOMÃO, L.C.C.; NEVES, J.C.L. Efeito da aplicação de cianamida hidrogenada e óleo mineral em sete variedades de caquizeiro. **Revista Ceres**, v.44, n1, p.547-556, 1997.
- MOWAT, A.D.; GEORGE, A.P. Persimmon. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P.C. (Ed.). **Handbook of environmental physiology of fruit crops: temperate crops**. Boca Raton: CRC Press, 1994. v. 1, cap.8, p.209-232
- MOWAT, A.D.; GEORGE, A.P., COLLINS, R.J. Cultivation of persimmon (*Diospyros kaki* L.) under tropical conditions. **Acta Horticulturae**, n.409, p.141-149, 1995.
- MOWAT, A.D.; GEORGE, A.P., COLLINS, R.J. Macro-climatic effects on fruit development and maturity of non-astringent persimmon (*Diospyros kaki* L. cv. Fuyu). **Acta Horticulturae**, n.436, p.195-202, 1997.
- OJIMA, M.; DALL'ORTO, F.A.C.; BARBOSA, W.; A.F.C.; RIGITANO, O.; MARTINS, F.P.; SANTOS, R.R. Caqui - *Diospyros kaki* L. In: FHAL, J.I.; CAMARGO, M.B.P. de ; PIZZINATO, M.A.; BETTI, J.A.; MELO, A.M.T. de ; DEMARLA, I.C.; FURLANI, A.M.C. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. Campinas: IAC, 1998. 6.ed. p.109-110. (IAC. Boletim, 200).
- PASSOS, L. **Métodos analíticos e laboratoriais em fisiologia vegetal**. Coronel Pacheco: Embrapa, CNPGL, 223p. 1996.
- PEREIRA, J.F.M.; FELICIANO, A.J.; RASEIRA, M.C.B; SILVA, J.B. Curvas de crescimento, época de raleio e previsão do tamanho final do fruto em três cultivares de pessegueiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 22, n. 9/10, p.965-974, 1987.
- PEREIRA, R.A. Produção Integrada de caqui como fator de desenvolvimento da fruticultura paulista. **Hortifruti**, n. 26, p.4-5, 2002.

SATO, G.S.; ASSUMPÇÃO, R. Mapeamento e análise da produção do caqui no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, v.32, n.6, p.47-54, 2002.

SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, A.R. A maior estiagem do século? **Notícias Piracena**, v.6. n.50, p.1, 2000.

SMITH, M.W.; MACNEW, R.W.; AGER, P.L.; COTTEN, B.C. Seasonal changes in the craboidrate concentration in pecan shoots and their relationship to flowering. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.11, n.4, p.558-561, 1986.

TAIZ, L.; ZAIGER, E. **Plant physiology**. New York: The Benjamin & Cummings, 2002. 565p.

TOMBOLATO, A.F.C. Polinização e formação de sementes em caquizeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.8, p.993-996, 1989.

WARDLAW, I.F. The control of carbon partitioning in plants. **New Phytologist**, v.116, p.341-381, 1990.

YOSHIOKA, H., NAGAI, K., AOBA, K., FUKUMOTO, M. Seasonal Changes of carbohydrates metabolism in apple trees. **Scientia Horticulturae**, v.36, p.219-227, 1988.